

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ  
Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών "ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ"  
Σε συνεργασία με το Τμήμα Βιολογίας

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ  
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΩΝ  
ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ ΚΑΙ ΤΟ ΧΩΡΟ ΣΤΗ  
ΦΡΑΓΜΟΛΙΜΝΗ ΜΠΡΑΜΙΑΝΩΝ ΛΑΣΙΘΙΟΥ

---

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ:

---

Ε. ΣΤΕΦΑΝΟΥ\* Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης  
Μ. ΜΥΛΩΝΑΣ\*\* Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης  
Α. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης

ΟΥΡΑΝΙΑ Λ. ΚΟΥΤΣΑΚΗ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

\*1<sup>ος</sup> Επιβλέπων Καθηγητής

\*\*2<sup>ος</sup> Επιβλέπων Καθηγητής

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2001

## Πρόλογος

Η διατριβή αυτή πραγματοποιήθηκε, στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος "Επιστήμες και μηχανική Περιβάλλοντος", του τμήματος Χημείας Πανεπιστημίου Κρήτης και είναι προϊόν συνεργασίας του Χημικού και του Βιολογικού τμήματος του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Το θέμα της διατριβής: καταγραφή και μελέτη μεταβολής φυσικοχημικών παραγόντων και μακροασπονδύλων, σε σχέση με το χρόνο και το χώρο στη φραγμολίμνη Μπραμιανών Λασιθίου, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, λόγω της μεγάλης ετήσιας διακύμανσης της στάθμης του νερού, που παρατηρείται στη φραγμολίμνη. Επί πλέον είναι πρωτότυπο γιατί δεν έχουν διεξαχθεί ανάλογες μελέτες στην Κρήτη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον 1ο Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Ε. Στεφάνου, για την ανάθεση αυτής της εργασίας, για τις χρήσιμες συμβουλές του, την διόρθωση και την κρίση του συγγράμματος, καθώς και για τη στήριξη που μου παρείχε κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω γιατί μου επέτρεψε να χρησιμοποιήσω την υλικοτεχνική υποδομή και τους χώρους του Εργαστηρίου Περιβαλλοντικών Χημικών Διεργασιών (ΕΠΕΧΗΔΙ) για την πραγματοποίησή της.

Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον 2ο Επιβλέποντα Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Μ. Μυλωνά, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην ανάθεση αυτής της εργασίας και για την κρίση της. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω, για την διάθεση της υλικοτεχνικής υποδομής και των χώρων του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον Καθηγητή κ. Α. Ελευθερίου, γιατί δέχτηκε να κρίνει τη διατριβή αυτή, ως μέλος της εξεταστικής επιτροπής, αλλά και για τις χρήσιμες συμβουλές του. Ευχαριστώ επίσης το Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης, για την παροχή του χώρου και του εξοπλισμού, για την διεξαγωγή των αναλύσεων του σωματιδιακού οργανικού άνθρακα.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην Δρ. κ. Αικατερίνη Βορεάδου, για την συνεχή παρακολούθηση της μελέτης, για την παροχή του δειγματολήπτη της μακροπανίδας, για τη βοήθειά της σε θέματα ταξινόμησης της μακροπανίδας και την παροχή ταξινομικών κλειδών, για τις συζητήσεις και τις συμβουλές της, καθώς και για τη διόρθωση του παρόντος συγγράμματος.

Ευχαριστώ θερμά τον Δρ. κ. Αντώνη Κουβαράκη, για τη βοήθεια που μου πρόσφερε, στην εφαρμογή μεθόδων χημικής ανάλυσης του νερού, ιδιαίτερα για τη βοήθειά του στην εκμάθηση της ιοντικής χρωματογραφικής ανάλυσης, για τις χρήσιμες συζητήσεις που είχαμε, καθώς και για τις εύστοχες παρατηρήσεις και τις συμβουλές του.

Ευχαριστώ ξεχωριστά τον κ. Μιχάλη Δρετάκη, γιατί με έφερε σε επαφή με το πεδίο μελέτης, μεταδίδοντάς μου την αγάπη που έτρεφε γι αυτό, για την υπόδειξη των σταθμών και του τρόπου δειγματοληψίας της μακροπανίδας και για την βοήθειά του στις εποχικές δειγματοληψίες. Επίσης τον ευχαριστώ για τις ιδέες του και την προθυμία του να με βοηθήσει όταν προέκυπταν, διάφορα προβλήματα στην πορεία της μελέτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Πέτρο Λυμπεράκη και τον κ. Stephen Roberts, για τις καταδύσεις που έκαναν μέχρι και 20 m βάθος. Έτσι πραγματοποιήθηκαν οι εποχικές δειγματοληψίες της μακροπανίδας, που ζει στα βαθιά, καθώς και οι δειγματοληψίες νερού για την κατασκευή του οξυκλινούς.

Ευχαριστώ τον Καθηγητή Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης κ. Παύλο Δασκαλάκη, καθώς και την περιβαλλοντική ομάδα του Σχολείου του (Τ.Ε.Ε. Ιεράπετρας), για τη διάθεση της βάρκας στο πεδίο μελέτης με σκοπό την πραγματοποίηση των εποχικών δειγματοληψιών της μακροπανίδας.

Ευχαριστώ τον κ. Μανώλη Τσαπάκη, για τη βοήθειά του στο στήσιμο της μεθόδου Winkler και για την στήριξη και ενθάρρυνσή του, όταν μελετούσα τις στατιστικές μεθόδους, καθώς και τον κ. Φώτη Πανταζόπουλο, για την προσφορά βιβλιογραφικού υλικού και εμπειρίας, για το στήσιμο της μεθόδου Winkler.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτρη Ποδάρα, για την βοήθειά του, στη επιλογή και χρήση των στατιστικών μεθόδων που εφαρμόστηκαν, την κ. Ελένη Χατζηγιάννη για τις εύστοχες παρατηρήσεις της και τον Καθηγητή του ΤΕΙ Ηρακλείου κ. Γ. Μαρκάκη, για τις παρατηρήσεις και τις προτάσεις του, πάνω στο κεφάλαιο της στατιστικής ανάλυσης.

Ευχαριστώ την κ. Κωνσταντίνα Οικονόμου, για την ουσιαστική βοήθειά που μου πρόσφερε στην εκμάθηση της λειτουργίας του αναλυτή του οργανικού άνθρακα και της ιοντικής χρωματογραφικής ανάλυσης, και τον κ. Γιώργο Κουβαράκη, γιατί ήταν πρόθυμος να με βοηθήσει όταν αντιμετώπιζα δυσκολίες στην ανάλυση των ιόντων.

Επίσης ευχαριστώ τον Δρ. Αποστόλη Τριχά, για την βοήθειά του στην ταξινόμηση των ώριμων Κολεοπτέρων και την κ. Σίλια Αντωνίου, για την βοήθειά της στην ταξινόμηση των Μαλακίων.

Ευχαριστώ όλους τους συνεργάτες, τους συναδέλφους και φίλους, που ανήκουν στο Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Χημικών Διεργασιών και στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, για το πνεύμα συνεργασίας και συναδελφικότητας που επέδειξαν.

Ευχαριστώ τέλος την οικογένειά μου, Βαγγέλη και Γιώργο Καρατζή, για την κατανόηση που έδειξαν και για την ηθική στήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής της μελέτης, καθώς και τη μητέρα μου Αρετή Κουτσάκη, για την πολύπλευρη συμπαράστασή της

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦ. 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	9
1.1 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ - ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ.....	9
1.2 ΛΙΜΝΕΣ.....	11
1.2.1 Διαίρεση μιας λίμνης σε ζώνες.....	11
1.2.2 Στρωματοποίηση στις λίμνες.....	12
1.2.3 Φωτοσύνθεση - μια σημαντική λειτουργία στις λίμνες.....	13
1.2.4 Τροφική κατάσταση στο νερό μιας λίμνης.....	13
1.2.5 Εξέλιξη ή ωρίμανση ή γήρανση μιας λίμνης.....	15
1.3 ΦΡΑΓΜΑΤΑ.....	15
1.3.1 Χρησιμότητα - συνέπειες από την κατασκευή τους.....	15
1.3.2 Συνέπειες από τη διακύμανση της στάθμης του νερού ενός υδατικού ταμιευτήρα.....	16
1.4 ΑΣΠΟΔΥΛΑ.....	17
1.5 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΩΝ ΠΟΥ ΖΟΥΝ ΣΕ ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ.....	18
<b>ΚΕΦ. 2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ</b> .....	20
2.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	20
2.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ.....	21
<b>ΚΕΦ. 3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	24
3.1 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	24
3.1.1 Θερμοκρασία.....	24
3.1.2 ΡΗ.....	24
3.1.3 Διαλυμένο οξυγόνο.....	24
3.1.4 Ιόντα.....	26
3.1.5 Χλωριότητα.....	28
3.1.6 Αλατότητα.....	28
3.1.7 Ολική σκληρότητα.....	28
3.1.8 Αγωγιμότητα.....	28
3.1.9 Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS).....	29
3.1.10 Ακλαλικότητα.....	29

3.1.11	Ολικός Οργανικός Άνθρακας στο νερό (TOC).....	30
3.1.12	Σωματιδιακός Οργανικός Άνθρακας στο ίζημα (POC).....	31
<b>3.2</b>	<b>ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....</b>	<b>35</b>
3.2.1	Δειγματολήπτης - συλλογή δειγμάτων.....	35
3.2.2	Κοσκίνισμα - διαλογή - συντήρηση.....	35
3.2.3	Υγρή βιομάζα - taxa/L - αφθονία.....	36
3.2.4	Δείκτης ποικιλότητας Shannon - Wiener, H' .....	36
3.2.5	Δείκτης ομοιομορφίας J'.....	37
<b>3.3</b>	<b>ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....</b>	<b>37</b>
3.3.1	Συσχέτιση (correlation).....	37
3.3.2	Παλινδρόμηση (regression).....	38
3.3.3	Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA).....	38
3.3.4	Ανάλυση Ομαδοποίησης (Cluster Analysis).....	39
3.3.5	Μη Παραμετρικές Μέθοδοι.....	39
3.3.5.α	<i>Kruskal-Wallis ANOVA by ranks</i> .....	40
3.3.5.β	<i>Mann-Whitney U Test (1947)</i> .....	41
3.3.5.γ	<i>Friedman ANOVA and Kendall Coefficient Of Concordance</i> .....	41
<b>ΚΕΦ. 4</b>	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....</b>	<b>42</b>
4.1.1	Στάθμη του νερού.....	42
4.1.2	Θερμοκρασία και pH.....	42
4.1.3	Διαλυμένο οξυγόνο.....	44
4.1.4	Ύπαρξη θερμοκλινούς και οξυκλινούς τον Μάϊο.....	45
4.1.5	Χλώριο, χλωριότητα, αλατότητα.....	46
4.1.6	Βρώμιο.....	49
4.1.7	Θειϊκά ανιόντα.....	50
4.1.8	Μαγνήσιο, ασβέστιο και ολική σκληρότητα.....	51
4.1.9	Κάλιο.....	53
4.1.10	Νάτριο.....	53
4.1.11	Αγωγιμότητα.....	54
4.1.12	Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS).....	55
4.1.13	Εισροή θαλασσινού νερού στη φραγμολίμνη Μπραμιανών.....	55
4.1.14	Άζωτο (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	58
4.1.15	Ορθοφωσφορικά ανιόντα.....	59
4.1.16	Ολική αλκαλικότητα.....	59
4.1.17	Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) στο νερό και σωματιδιακός οργανικός άνθρακας (POC) στο ίζημα.....	60
4.1.18	Τροφική κατάσταση του νερού στη φραγμολίμνη.....	63
4.1.19	Ανάλυση ομαδοποίησης (Cluster analysis): Εποχικότητα των φυσικοχημικών παραγόντων.....	63
4.1.20	Ανάλυση των Κυρίων Συνιστωσών (PCA): Οι κύριες περιβαλλοντικές συνιστώσες στο νερό της φραγμολίμνης.....	64

4.2	ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	68
4.2.1	Καταγραφή μακροπανίδας.....	68
4.2.2	Υγρή βιομάζα.....	69
4.2.3	Ποικιλότητα μακροπανίδας.....	70
4.2.4	Μηνιαία μεταβολή της συνολικής αφθονίας της μακροπανίδας, στις ακτές της φραγμολίμνης και το παράδοξο του Ιουλίου.....	74
4.2.5	Σχετικές αφθονίες της μακροπανίδας και πληθυσμιακή έκρηξη των Εφημεροπτέρων (Baetidae), τον Σεπτέμβριο.....	75
4.2.6	Ποσοστό επί του συνόλου των ατόμων και συχνότητα εμφάνισης των διαφόρων ταξινομικών ομάδων των μακροασπονδύλων.....	81
4.2.7	Ανάλυση των Κυρίων Συνιστωσών (PCA): Οι διάφορες ταξινομικές κατηγορίες της μακροπανίδας, εμφανίζουν μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ τους.....	84
4.2.8	Ανάλυση Ομαδοποίησης (Cluster analysis): Οι αφθονίες των μακροασπονδύλων συσχετίζονται με τις εποχές.....	86
4.2.9	Εποχική μεταβολή της αφθονίας της μακροπανίδας.....	88
4.2.10	Διαφοροποίηση της αφθονίας της πανίδας στο χώρο.....	90
4.3	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΦΘΟΝΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΤΗΣ ΜΑΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ.....	94

## **ΚΕΦ. 5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....96**

5.1	ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	96
5.1.1	Μεταβολή της ποιότητας του νερού στη φραγμολίμνη Μπραμιανών, τα τελευταία 12 χρόνια - υπερδιπλασιασμός της αγωγιμότητας.....	96
5.1.2	Σύγκριση της ιοντικής σύστασης του νερού της φραγμολίμνης Μπραμιανών, με την αντίστοιχη της λίμνης Κουρνά και 13 ταμιευτήρων της Ελλάδας.....	97
5.1.3	Η θέση της φραγμολίμνης των Μπραμιανών, σε σχέση με άλλους υδατικούς ταμιευτήρες και λίμνες στον κόσμο αν συγκριθούν ως προς την ιοντική τους σύσταση.....	99
5.1.4	Υψηλές τιμές του διαλυμένου οξυγόνου στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών, σε σχέση με άλλα επιφανειακά νερά στον κόσμο.....	100
5.2	ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	101
5.2.1	Βιολογικές ομάδες που υπάρχουν στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών, σε σχέση με αυτές που υπάρχουν στη λίμνη Αγιάς και σε 13 υδατικούς ταμιευτήρες της Ελλάδας.....	101
5.2.2	Συνολική αφθονία, βιομάζα και ποικιλότητα μακροπανίδας στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών και σε άλλους υδατικούς ταμιευτήρες και λίμνες.....	103
5.2.3	Επίδραση του βάθους και της εποχής, στα μεγέθη της αφθονίας, της βιομάζας και της ποικιλότητας της μακροπανίδας, στη φραγμολίμνη Μπραμιανών.....	104

<b>ΚΕΦ. 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>107</b>
<b>ΚΕΦ. 7 ΠΕΡΙΛΗΨΗ - SUMMARY.....</b>	<b>111</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>115</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>125</b>

## ΚΕΦ.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιστημονική γνώση έχει αξία, όταν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί στην καθημερινή ζωή και να βελτιώσει ή να διευκολύνει τη ζωή του ανθρώπου. Για να φτάσει όμως κανείς στην εφαρμοσμένη επιστήμη, απαιτείται να έχει δημιουργήσει προηγουμένως, γερά θεμέλια στις βασικές επιστήμες. Με αυτή την έννοια, η προσπάθεια να γνωρίσουμε και να κατανοήσουμε το περιβάλλον μας, δεν αντανακλά μόνο ένα πάθος ή μια απλή ικανοποίηση προσωπικής περιέργειας.

Εφόσον καταγράψουμε τα στοιχεία του περιβάλλοντος (φυσικοχημικά και βιολογικά) και μπορέσουμε να ερμηνεύσουμε τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους, τότε θα έχουμε κάνει ένα σημαντικό βήμα στην κατανόηση του περιβάλλοντος..

Ποια είναι η ποιότητα του νερού; Πώς μεταβάλλεται με την εποχή; Ποια υδρόβια μακροασπόνδυλα διαβιούν στην τεχνητή λίμνη των Μπραμιανών; Ποια μακροασπόνδυλα κυριαρχούν; Ποια απουσιάζουν; Πώς μεταβάλλονται με την εποχή, ως προς την αφθονία, την ποικιλότητα και την βιομάζα τους; Υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την αφθονία και την ποικιλότητα μεταξύ των μακροασπονδύλων που ζουν στις ακτές και αυτών που ζουν στα βαθύτερα σημεία της φραγμολίμνης;

Τα παραπάνω είναι μερικά ερωτήματα στα οποία θα προσπαθήσουμε να δώσουμε απαντήσεις.

Επειδή η μελέτη που ακολουθεί αφορά τα μακροασπόνδυλα και το νερό μέσα στο οποίο ζουν, κρίνεται σκόπιμο να δοθούν εισαγωγικά, μερικά γενικά στοιχεία.

Συγκεκριμένα αναφέρονται κάποια στοιχεία σχετικά με την κατανομή του νερού στην επιφάνεια της γης. Από αυτά φαίνεται η σχετικά περιορισμένη ποσότητα του γλυκού νερού, που είναι απαραίτητο αγαθό, για τον άνθρωπο και όλους τους οργανισμούς.

Επίσης αναφέρονται τα είδη του νερού, ως προς την αλατότητά τους καθώς και κάποιες τιμές της αλατότητας, που έχουν παρατηρηθεί, μια και το πρόβλημα της υφαλμύρισης φαίνεται ότι θα μας απασχολήσει στην παρούσα μελέτη.

Οι φραγμολίμνες πέρα από κάποιες διαφορές, παρουσιάζουν βασικές ομοιότητες με τις λίμνες, γι αυτό θεωρείται αναγκαίο, να δοθούν κάποια στοιχεία που αφορούν τις λίμνες, τα οποία θα είναι πιθανόν χρήσιμα στην μελέτη που ακολουθεί.

Συγκεκριμένα δίδονται κάποιοι βασικοί ορισμοί εννοιών (ζώνες, τροφικές καταστάσεις λιμνών κ.λ.π.) και περιγράφονται κάποια φαινόμενα που παίζουν σημαντικό ρόλο στη ζωή μιας λίμνης π.χ. φωτοσύνθεση, στρωματοποίηση κ.λ.π.

Μια μικρή αναφορά, για τους λόγους που οδηγούν στην κατασκευή φραγμάτων και για τις δυσμενείς ή ευνοϊκές συνέπειες από την δημιουργία τους, προσδιορίζει περισσότερο το χώρο στον οποίο κινείται η παρούσα μελέτη.

Τέλος δίδονται γενικά στοιχεία για τα ασπόνδυλα, που είναι οι οργανισμοί που θα μας απασχολήσουν και ένας κατάλογος με κάποιες μελέτες μακροπανίδας που ζει σε υδατικούς ταμιευτήρες.

### 1.1 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ – ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Κάθε μορφή ζωής στη γη, εξαρτάται από το νερό.

Το νερό στην επιφάνεια της γης κατανέμεται κυρίως στους ωκεανούς, ενώ πολύ μικρό ποσοστό,  $0,125 \cdot 10^6 \text{ Km}^3$  ή 0,01%, αντιστοιχεί στις λίμνες (Πίνακας 1.1.α).



*Πίνακας 1.1.α Κατανομή του νερού στην επιφάνεια της γής*

Αποθήκη	Ποσοστό, %
Ωκεανοί	97,25
Καλύμματα πάγου - χιόνι - παγετώνες	2,05
Υπόγεια νερά	0,68
Λίμνες	0,01
Υγρασία εδάφους	0,005
Ατμόσφαιρα	0,001
Ποτάμια	0,0001
Βιόσφαιρα	0,00004
Σύνολο	100

after Berner E.K. & Berner R.A., 1987. The global Water Cycle:  
Geochemistry and Environment, p.13. From Andrews et al, 1996

Τα νερά διαιρούνται ανάλογα με τα ολικά διαλυμένα στερεά που περιέχουν στις κατηγορίες που αναφέρονται στον Πίνακα 1.1.β, που ακολουθεί.

*Πίνακας 1.1.β Κατάταξη των νερών με βάση τα ολικά διαλυμένα στερεά που περιέχουν*

Είδος νερού	TDS (Ολ. Διαλ. Στερεά), mg/L
Γλυκά (fresh)	1.000
Υφάλμυρα (brackish)	1.000-20.000
Αλμυρά ή αλατούχα (saline)	περίπου 35.000
Υπέραλα ή υπεραλατούχα (brines)	πάνω από 35.000

J.I.Drever, 1997

Οι τιμές της αλατότητας στους ανοικτούς ωκεανούς, είναι 32 g/L - 37 g/L περίπου, στις εκβολές είναι μικρότερες από 1 g/L και σε ορισμένα υπεραλατούχα περιβάλλοντα, ξεπερνούν τα 300 g/L (Andrews et al, 1996).

Στις θάλασσες που δεν εκβάλλουν μεγάλα ποτάμια και η εξάτμιση λόγω των ανέμων και της θερμοκρασίας είναι μεγάλη, η ποσότητα των αλάτων είναι μεγάλη, όπως συμβαίνει στη Μεσόγειο.

Στη Βαλτική θάλασσα, που εκβάλλουν πολλά ποτάμια και η εξάτμιση είναι μικρή λόγω ψύχους, η ποσότητα των αλάτων είναι μικρότερη.

Τα νερά των θαλασσών εμφανίζουν, από μικρές έως πολύ μεγάλες τιμές της αλατότητας (Πίνακας 1.1.γ).

*Πίνακας 1.1.γ Αλατότητες μερικών θαλασσών, σε g/L*

Θάλασσα	Αλατότητα, g/L	Θάλασσα	Αλατότητα, g/L
Βαλτική	3,0-8,0	Κασπία	127-285
Εύξεινος Πόντος	18-22	Νεκρή	192-260
Μεσόγειος	38-41	Ερυθρά	225-326
Σουέζ	60		

Ξένος, 2000

## 1.2 ΛΙΜΝΕΣ

### 1.2.1 Διαίρεση μιας λίμνης σε ζώνες

Σύμφωνα με τον Barnes, 1988, όπως οι ωκεανοί διαίρονται κατακόρυφα και οριζόντια σε ζώνες, έτσι και οι λίμνες ακολουθούν παρόμοια διαίρεση, παρόλο που έχουν μικρότερο μέγεθος:

- Λιμναία (limnetic) ζώνη. Το επιφανειακό στρώμα του νερού της λίμνης, μέσα στο οποίο διεισδύει το φως και μπορεί να γίνει φωτοσύνθεση. Αντιστοιχεί στην ευφωτική ζώνη των ωκεανών. Στη λιμναία – ευφωτική ζώνη, φτάνει πάνω από το 1% της ακτινοβολίας που πέφτει στην επιφάνεια του νερού.

Το βάθος της ευφωτικής ζώνης (Andrews et al, 1996), μεταβάλλεται με:

1. Την κλίση των ακτίνων του ήλιου
  2. Την ποσότητα του φωτός που απορροφούν τα αιωρούμενα σωματίδια (π.χ. πλαγκτόν)
  3. με την παρουσία έγχρωμων ουσιών στο νερό.
- Παράλια (littoral) ζώνη. Ξεκινάει από τις ακτές και τελειώνει στο χαμηλότερο επίπεδο του πυθμένα, που μπορεί να φτάσει το φως.

Η παράλια ζώνη συνήθως (Sarkka, 1983):

1. Καλύπτεται από υδρόβια βλάστηση
2. Έχει μεγαλύτερη παραγωγή από την πελαγική
3. Δέχεται εντονότερη ανθρώπινη επίδραση
4. Χαρακτηρίζεται από πιο έντονα αποτελέσματα της διακύμανσης της στάθμης του νερού.

Η παράλια ζώνη, εκτείνεται βαθύτερα στις oligotροφικές λίμνες

- Ζώνη απόθεσης ή βαθύαλη (profundal). Βρίσκεται κάτω από την παράλια ζώνη και φτάνει μέχρι τα βαθύτερα σημεία της λίμνης (Barnes, 1980)
- Ανάμεσα στην παράλια ζώνη και στη ζώνη απόθεσης, βρίσκεται η υποπαράλια (sublittoral) ζώνη (Armitage, 1997).

Σύμφωνα με τον Brinkhurst, 1974, στις oligotροφικές λίμνες, οι βενθικοί πληθυσμοί, έχουν σχετικά ψηλές τιμές στην παράλια ζώνη, μέγιστες στην υποπαράλια και μειώνονται βαθύτερα, μέχρι να αποκτήσουν ελάχιστη τιμή στη ζώνη απόθεσης (profundal). Έτσι δημιουργείται μία σιγμοειδής καμπύλη της διακύμανσης του πληθυσμού με το βάθος.

Σύμφωνα με τον Kaster & Jacobi, 1978, η βενθική πυκνότητα, μειώνεται από την παράλια ζώνη έως τη ζώνη απόθεσης, στις λίμνες και στους υδατικούς ταμιευτήρες που δεν εμφανίζουν διακύμανση της στάθμης του νερού.

Στους υδατικούς ταμιευτήρες όμως που υπάρχει διακύμανση της στάθμης του νερού, οι μεγαλύτερες αφθονίες βρίσκονται αμέσως κάτω από τη ζώνη απόσυρσης του νερού (Grimas, 1961, Fillion, 1967).

## 1.2.2 Στρωματοποίηση στις λίμνες

### Θερμική στρωματοποίηση:

Η θερμοκρασία είναι πρωταρχικός παράγοντας ελέγχου του περιβάλλοντος των λιμνών. Αντίθετα με το αλμυρό νερό, που η πυκνότητά του αυξάνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας, το γλυκό νερό φτάνει στη μέγιστη πυκνότητα, στους 4° C.

Στην εύκρατη ζώνη την άνοιξη και το καλοκαίρι, τα θερμά νερά παραμένουν στην επιφάνεια, ενώ το πυκνότερο κρύο νερό παραμένει στον πυθμένα. Μικρή κυκλοφορία λαμβάνει χώρα, μεταξύ ανώτερου και κατώτερου στρώματος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται στρωματοποίηση της λίμνης.

Όταν φτάσει το φθινόπωρο και η θερμοκρασία του επιφανειακού στρώματος του νερού χαμηλώσει, το νερό γίνεται πυκνότερο και βουλιάζει προκαλώντας ανάμιξη μεταξύ των νερών επιφάνειας και βυθού.

Το χειμώνα οι συνθήκες σταθεροποιούνται και αν το επιφανειακό στρώμα παγώσει, ο πάγος επιπλέει ενώ το βαρύτερο νερό των 4° C είναι στον πυθμένα. Το γεγονός ότι το νερό κάτω από την επιφάνεια διατηρείται σε υγρή μορφή, παίζει σημαντικό ρόλο για τη ζωή στις λίμνες.

Την άνοιξη με το λιώσιμο των πάγων, ακολουθεί δεύτερη ανάμιξη (Barnes, 1982).

Η ανακύκλωση του νερού στις λίμνες ελέγχεται σε μεγάλο βαθμό από τις διαφορές της πυκνότητας, που οφείλονται γενικά σε διαφορές της θερμοκρασίας. Κατά την περίοδο της θερινής στρωματοποίησης, δημιουργούνται συνήθως τρία στρώματα στο νερό:

1. Επιλίμνιο: Είναι το άνω στρώμα, θερμό και αραιό, με αερόβιες συνθήκες.
2. Μεταλίμνιο: Είναι η ζώνη μετάβασης, κάτω από το επιλίμνιο, όπου η θερμοκρασία μειώνεται απότομα.
3. Υπολίμνιο: Είναι το κάτω ψυχρό στρώμα, όπου είναι δυνατόν να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες.

Υπάρχουν λίμνες που εμφανίζουν περισσότερα από ένα μεταλίμνια και άλλες ρηχές λίμνες που έχουν μόνο επιλίμνιο.

Οι λίμνες ανάλογα με το πόσες φορές το έτος εμφανίζουν ανάμιξη διακρίνονται σε:

1. Μονομικτικές και
2. Διμικτικές

Κατά την περίοδο της στρωματοποίησης το DO στο υπολίμνιο, καταναλώνεται κατά την αερόβια αποικοδόμηση της οργανικής ύλης, που πέφτει από το επιλίμνιο.

### Περίπτωση 1<sup>η</sup>

Αν η λίμνη είναι ολιγοτροφική, η ποσότητα της οργανικής ύλης που παράγεται στο επιλίμνιο είναι μικρή, λόγω μικρής διαθεσιμότητας θρεπτικών. Το νερό είναι οξυγονωμένο σε όλα τα βάθη.

### Περίπτωση 2<sup>η</sup>

Αν η λίμνη είναι ευτροφική, η παροχή των θρεπτικών είναι υψηλή, η φωτοσυνθετική παραγωγή είναι ψηλή και το υπολίμνιο αναερόβιο.

Σε πολλές τροπικές λίμνες, οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ μέρας και νύχτας, προκαλούν συχνή ανάμιξη και εμποδίζουν τη στρωματοποίηση.

Θερμική στρωματοποίηση μπορεί να προκληθεί μετά από μια ασυνήθιστα κρύα περίοδο, οπότε δημιουργείται ένα σταθερό επιλίμνιο πάνω από το κρύο νερό.

#### Χημική Στρωματοποίηση:

Μπορεί να συμβεί αν δημιουργηθούν νερά υψηλής αλατότητας κατά τη διάρκεια μιας πολύ ξηρής περιόδου, τα οποία καλύπτονται στη συνέχεια από πιο αραιά νερά, επιφανειακά. Αυτή η στρωματοποίηση μπορεί να διατηρηθεί χρόνια.

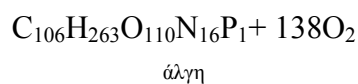
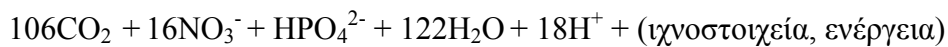
Οι λίμνες που δεν υφίστανται ανάμιξη κάθε έτος, συνήθως επειδή τα βαθιά νερά είναι περισσότερο αλατούχα από τα επιφανειακά νερά, ονομάζονται Μερομικτικές (Drever, 1997)

### 1.2.3 Φωτοσύνθεση - μια σημαντική λειτουργία στις λίμνες

Κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική ενέργεια υπό μορφή χημικών δεσμών, στα φυτά και στα άλγη. Η οργανική ύλη που παράγεται, αποτελεί βασική πηγή τροφής για τους οργανισμούς, που ζουν στα επιφανειακά νερά.

Η μέση σύσταση της οργανικής ύλης στο πλαγκτόν είναι περίπου  $C_{106} H_{263} O_{110} N_{16} P_1$  (Redialled et al, 1963).

Στη φωτοσύνθεση εκτός από  $CO_2$ , το άζωτο, ο φώσφορος και διάφορα ιχνοστοιχεία, είναι απαραίτητα επίσης, όπως φαίνεται και από την παρακάτω εξίσωση, που περιγράφει τη φωτοσύνθεση.



(Stumm & Morgan, 1981, Drever, 1997).

Η παραγωγή  $O_2$  κατά τη φωτοσύνθεση, είναι πηγή ζωής για τους οργανισμούς, που ζουν στο νερό.

Ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο, είναι επίσης σημαντικός, στις περιπτώσεις που υπάρχει υπερκορεσμός του νερού σε οξυγόνο, λόγω έντονης φωτοσύνθεσης.

### 1.2.4 Τροφική κατάσταση στο νερό μιάς λίμνης

Ο ορισμός της τροφικής κατάστασης του νερού μιας λίμνης, άλλοτε στηρίζεται στα αποτελέσματα\* και άλλοτε στις αιτίες\*\*.

\*Ο ευτροφισμός, συνδέεται με την αύξηση της πρωτογενούς παραγωγικότητας.

\*\*Ο ευτροφισμός, συνδέεται με την ύπαρξη υψηλών επιπέδων θρεπτικών, στο νερό π.χ. P, N.

Συνήθως τα υψηλά επίπεδα των θρεπτικών, συσχετίζονται με την υψηλή παραγωγικότητα, αλλά αυτό δεν συμβαίνει πάντα:

Μεγάλος αριθμός στοιχείων ή ενώσεων, είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των αλγών π.χ. Ρi, Μn, βιταμίνες κ.λ.π. Αν όλα είναι διαθέσιμα εκτός από ένα, που απουσιάζει ή βρίσκεται σε πολύ μικρή συγκέντρωση, τότε περιορίζεται η ανάπτυξη των αλγών και το στοιχείο αυτό θεωρείται περιοριστικό.

Στις λίμνες, συχνότερα εμφανίζεται ως περιοριστικό στοιχείο ο Ρ και πιο σπάνια το Ν (Baker, 1994, Baird C., 1995)

Η ταξινόμηση των νερών σε τροφικές κατηγορίες, φαίνεται στον Πίνακα 1.2.4.α.

Πίνακας 1.2.4.α Τροφικές κατηγορίες νερών και όρια προσδιορισμού τους

Τροφική κατηγορία	TP, µg/L* (Ολικός φώσφορος)	TP, µg/L** (Ολικός φώσφορος)	M.O.** Chl α, µg/L	max** Chl α, µg/L
Υπερολιγοτροφική		μικρότερο από 4	μικρότερο από 1	μικρότερο από 2,5
Ολιγοτροφική	μικρότερο από 30	μικρότερο από 10	μικρότερο από 2,5	μικρότερο από 8
Μεσοτροφική	30-70	10,0-35,0	2,5-8	8,0-25,0
Ευτροφική	μεγαλύτερο από 70	35-100	8,0-25,0	25-75
Υπερτροφική ή Πολυτροφική ή Δυστροφική		μεγαλύτερο από 100	μεγαλύτερο από 25	μεγαλύτερο από 75

Τροφική κατηγορία	M.O.** Secchi, m	min** Secchi, m	% κορεσμός DO*** στο πυθμένα στο τέλος της στρωματοποίησης	DOC, mg/L****
Υπερολιγοτροφική	μεγαλύτερο από 12	μεγαλύτερο από 6	70%	περίπου 2
Ολιγοτροφική	μεγαλύτερο από 6	μεγαλύτερο από 3	30-70%	
Μεσοτροφική	6,0-3,0	3,0-1,5	0-30%	
Ευτροφική	3,0-1,5	1,5-0,7		περίπου 10
Υπερτροφική ή Πολυτροφική ή Δυστροφική	μικρότερο από 1,5	μικρότερο από 0,7		0

Πηγές: \*Salas & Martino, 1988 from Olvera et al, 1998, \*\*OECD, 1982 from Ryding & Rast, 1989 & from Mason, 1995, \*\*\*Κουιμπής et al, 1998, \*\*\*\*Thurman, 1985 from Baker, 1994 & from Drever, 1997

Μερικά επί πλέον χαρακτηριστικά, ολιγοτροφικών και ευτροφικών λιμνών, περιλαμβάνονται στον Πίνακα 1.2.4.β.

Τα αποτελέσματα του ευτροφισμού δεν είναι τόσο φανερά στις ρηχές περιοχές, που κυριαρχεί η διακύμανση της στάθμης του νερού (Marsall, 1978).

Πίνακας 1.2.4.β Χαρακτηριστικά ολιγοτροφικών και ευτροφικών λιμνών

	Ολιγοτροφική	Ευτροφική
Βάθος*	Βαθύτερη	Πιο ρηχή
Θερινό DO στο υπολίμνιο*	παρόν	χαμηλό ή απόν
Συγκέντρωση DO - προφίλ**	Αυξάνεται με το βάθος	Μειώνεται με το βάθος
Αλλη*	Μεγάλη ποικιλότητα, μικρή πυκνότητα και παραγωγικότητα	Μικρή ποικιλότητα, μεγάλη πυκνότητα και παραγωγικότητα
Ανθηση*	κυρίαρχα: Χλωροφύκη	κυρίαρχα: Κυανοβακτήρια
Ροή θρεπτικών*	Σπάνια	Συχνή
Ροή θρεπτικών*	Χαμηλή	Υψηλή
Ζωϊκή παραγωγή*	Χαμηλή	Υψηλή
Φυτοπλαγτόν***	Εμφανίζει περιοδικότητα	Δεν εμφανίζει περιοδικότητα
Καλοκαιρινή βιομάζα***	Αυξάνεται	Οχι
Chironomidae που κυριαρχούν στην profunda****	Tanytarsus/Orthoclaadiinae	Chironomus

Πηγές: \*Mason, 1995, \*\*Wetzel, 1983 from Drever, 1997, \*\*\*Vollenweider, 1968 & Sommer, 1986 from Reynolds, 1984,

\*\*\*\*Marshall, 1978

### 1.2.5 Εξέλιξη ή ωρίμανση ή γήρανση μιας λίμνης

Η εισροή θρεπτικών στις λίμνες, προκαλεί την παραγωγή μεγάλης ποσότητας φωτοσυνθετικής βιομάζας (φυτών) και μικρότερη αύξηση της ζωικής βιομάζας.

Η νεκρή βιομάζα συγκεντρώνεται στο βυθό της λίμνης, όπου αποσυντίθεται μερικά, αναγεννώντας θρεπτικά όπως: CO<sub>2</sub>, P, N και K.

Αν η λίμνη δεν είναι τόσο βαθιά, τα φυτά που έχουν τις ρίζες τους στο βυθό, αναπτύσσονται και επιταχύνουν τη συσσώρευση των στερεών υλικών στη λεκάνη.

Τελικά δημιουργείται ένα έλος, που γεμίζει και στη θέση του εμφανίζεται στη συνέχεια χέρσος.

Η διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω είναι φυσική αλλά πολύ αργή, απαιτεί αιώνες ή χιλιετίες για να πραγματοποιηθεί.

Η ανθρώπινη δραστηριότητα όμως, επιταχύνει πολύ αυτή την διαδικασία (Manahan, 1994).

## 1.3 ΦΡΑΓΜΑΤΑ

### 1.3.1 Χρησιμότητα - συνέπειες από την κατασκευή τους

Οι λόγοι για τους οποίους μπορεί να κατασκευαστεί ένα φράγμα είναι πολλοί:

1. Για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
2. Για αποθήκευση νερού και χρησιμοποίησή του, ως πόσιμο ή για αρδευτικούς σκοπούς
3. Για πρόληψη πλημμύρας
4. Για βελτίωση της ποιότητας του νερού, σε χαμηλότερα σημεία του ποταμού (μείωση του ευτροφισμού)
5. Για βελτίωση της τροφοδοσίας, πριν από άλλο φράγμα.

Συνήθως αν και τα φράγματα - υδατικοί ταμιευτήρες κατασκευάζονται για κάποιο σκοπό, εξελίσσονται στη συνέχεια, είτε σε κέντρα αναψυχής και τουριστικής δραστηριότητας (Στράτος, Ταυρωπός) ή σε περιοχές εγκατάστασης ιχθυοκαλλιέργειας (Κρεμαστά) ή σε υγρότοπους μεγάλης οικολογικής σημασίας (Θεοδωρακάκης et al, 2000).

Δυσμενείς επιπτώσεις από την κατασκευή και την λειτουργία των φραγμάτων, παρατηρήθηκαν σε ορισμένες περιπτώσεις π.χ.

1. Το φράγμα του Ασσουάν. Μετά το 1970 που κατασκευάστηκε, συνέβη σοβαρή οικολογική διαταραχή στην κοιλάδα του Νείλου και στην ανατολική Μεσόγειο:

- Η πλούσια λάσπη που μεταφέρει ο Νείλος, αποτίθεται πριν από το φράγμα, στη λίμνη Νάσσερ.
- Οι αρδευόμενες περιοχές, δεν πλημμυρίζουν πια και δεν εμπλουτίζονται σε φυσικά λιπάσματα
- Δεν γίνεται έκπλυση των εδαφών, άρα δεν απομακρύνονται τα άλατα, που συσσωρεύονται στο έδαφος, με αποτέλεσμα να χάνει το έδαφος τη γονιμότητά του.
- Οι φερτές ύλες, δεν αποβάλλονται πια στη Μεσόγειο, με συνέπεια την κατακόρυφη μείωση της ιχθυοπανίδας, στην ανατολική Μεσόγειο (Λυκάκης, 1977).

2. Φράγμα Tucurú, στην Αμαζονία. Η λειτουργία του από το 1984 και μετά, προκάλεσε περιβαλλοντικό κόστος:

- Απώλεια δάσους (απώλειες οικοσυστημάτων)
- Παρεμπόδιση της μετανάστευσης των ψαριών

- Δημιουργία ανοξικών περιβαλλόντων, με την αποσύνθεση της βλάστησης και παραγωγή CH<sub>4</sub>, που είναι αέριο θερμοκηπίου (Fearnside, 2001).
3. 446 μεγάλα φράγματα, που κατασκευάστηκαν στην Αυστραλία, μείωσαν τις πλημμύρες και την κάλυψη των εδαφών με νερό, αλλά οι συνέπειες ήταν στη συνέχεια (Kingsford, 2000):
- μείωση της βλάστησης και
  - μείωση των υδρόβιων πτηνών.

Από τα παραπάνω παραδείγματα φαίνεται, ότι πριν την κατασκευή ενός φράγματος, πρέπει να εξετάζονται σοβαρά οι πιθανές επιπτώσεις από την κατασκευή τους.

Υπάρχουν βέβαια παραδείγματα, που δείχνουν ότι ένα φράγμα εξελίσσεται, σε σημαντικό υγρότοπο.

Σύμφωνα με την απογραφή των Ελληνικών υγροτόπων που έγινε το 1993, 25 τεχνητές λίμνες εντάσσονται σε αυτούς (Πίνακας 1.3.1).

*Πίνακας 1.3.1. Υγροτόποι της Ελλάδας (τύπος, αριθμός ανά τύπο και έκταση)*

Τύπος υγροτόπου	Αριθμός ανά τύπο	Έκταση σε στρέμματα	% συνολικής επιφάνειας
Δέλτα	12	680.300	35,58
Ελη	75	58.326	2,88
Λίμνες	56	597.673	29,5
Λιμνοθάλασσες	60	287.665	14,2
Πηγές	17	1.331	0,06
Εκβολές	42	42.646	2,1
Τεχνητές λίμνες	25	358.235	17,68
Ποταμοί	91		
Σύνολο	378	2.026.176	100

Πηγή: Ζαλίδης & Ματζαβέλας, 1994

### 1.3.2 Συνέπειες από τη διακύμανση της στάθμης του νερού ενός υδατικού ταμιευτήρα

Όταν το επίπεδο της στάθμης του νερού ενός υδατικού ταμιευτήρα, μεταβάλλεται τότε:

1. Αλλάζει (λόγω διαφόρων διεργασιών) η χημική σύσταση του νερού (McLachlan, 1970)
2. Στη ζώνη απόσυρσης του νερού, περιορίζονται τα μακρόφυτα (Grimas, 1965, Quennerstedt, 1958)
3. Διαβρώνεται το υπόστρωμα, με έκθεση στον αέρα ή σε πάγο (Paterson & Fernando, 1969).
4. Διαβρώνεται το υπόστρωμα και αλλάζει (Grimas, 1961)
5. Καταστρέφεται το βένθος και τα αυγά των ψαριών, στην παράλια ζώνη (Sarkka, 1983)
6. Βενθικές κοινωνίες μετακινούνται σε βαθύτερα σημεία (Sarkka, 1983)
7. Μειώνονται τα είδη και η αφθονία των κοινωνιών των ασπόνδυλων (Sarkka, 1983)
8. Μετακινείται το λεπτό ίζημα και συσσωρεύεται σε βαθύτερα σημεία (Sarkka, 1983)
9. Οι ετήσιες διακυμάνσεις του νερού, μπορεί να έχουν μόνιμες συνέπειες, με μείωση της ποικιλότητας των ζώων που ζουν στη λάσπη (Marshall, 1978).

Η επιτυχής εγκατάσταση της βενθικής πανίδας, σε ζώνες διακύμανσης του νερού, εξαρτάται από:

1. το ελάχιστο επίπεδο του νερού
2. Τη διάρκεια και την εποχή απόσυρσης του νερού

3. Την ικανότητα του βένθους, να επιβιώνει στις περιοχές που εκτίθενται στον αέρα ή να μπορεί να επανεποικίζει τις περιοχές από όπου έφυγε, μετά την επιστροφή του νερού (Kaster & Jacobi, 1978).

#### 1.4 ΑΣΠΟΝΔΥΛΑ

Υπάρχουν πάνω από 1 εκατομμύριο καταγραμμένα είδη ζώων και από αυτά, μόνο το 5% έχουν σπονδυλική στήλη. Τα υπόλοιπα αποτελούν τα ασπόνδυλα, που είναι μια τεράστια ομάδα. Οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των ασπονδύλων, ως προς το μέγεθος, τις προσαρμογές κλπ. είναι μεγάλες.

Από τα περιβάλλοντα του γλυκού νερού, της θάλασσας και της χέρσου, το πιο σταθερό είναι το θαλάσσιο. Η δράση των κυμάτων, των κατακόρυφων και των οριζόντιων ρευμάτων κλπ. εξασφαλίζουν καλή ανάμιξη και κατά συνέπεια σχετικά σταθερές συγκεντρώσεις, των διαλυμένων αερίων και αλάτων.

Στη θάλασσα συναντάμε τα μεγαλύτερα ασπόνδυλα.

Αντίθετα το γλυκό νερό, είναι πολύ λιγότερο σταθερό μέσο. Στις μικρές λίμνες μεταβάλλονται: το διαλυμένο οξυγόνο, η θολερότητα και ο όγκος του νερού. Στις μεγάλες λίμνες, το περιβάλλον αλλάζει ριζικά με το βάθος.

Τα ασπόνδυλα μπορεί να βρίσκονται στη στήλη του νερού ή στο βυθό, δηλαδή μέσα ή πάνω στο ίζημα ή ανάμεσα στη βλάστηση του βυθού. Τα ασπόνδυλα που ζουν στο βυθό, ονομάζονται βενθικά ασπόνδυλα ή απλά βένθος.

Ως μακροασπόνδυλα, ορίζονται τα ασπόνδυλα, που περνούν από κόσκινο Νο 30 ( με άνοιγμα πόρων 0,595 mm) και είναι συνήθως βενθικοί οργανισμοί (Method 10010. St. Methods).

Ανάλογα με το είδος της τροφής, που καταναλώνουν τα μακροβενθικά ασπόνδυλα, μπορούν να διαιρεθούν σε δύο μεγάλες τροφικές ομάδες (Πίνακας 1.4).

Πίνακας 1.4 Τροφικές ομάδες ασπόνδυλων

Θρυμματοφάγοι ή /και χορτοφάγοι (κυρίως)	Αρπακτικά (κυρίως)
Oligochaeta	Nematoda
Cladocera	Hirudinea
Asellus aquaticus	Plecoptera
Ephemeroptera (χορτοφάγα)	Trichoptera (σαρκοφάγα)
Chironomidae (χορτοφάγα)	Tanipodinae
Gastropoda	Ceratopogonidae
	Acari

Πηγή: Sarkka, 1983

Ανάλογα με το αν οι οργανισμοί περνούν όλη τη ζωή τους μέσα στο νερό ή ένα μέρος μόνο και στη συνέχεια το εγκαταλείπουν, διακρίνονται σε:

- 1) Ολολιμνική πανίδα (π.χ. Ολιγόχαιτοι, Καρκινοειδή).
- 2) Μερολιμνική πανίδα (π.χ. ορισμένα Έντομα)



## 1.5 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΑΚΡΟΑΣΠΟΝΔΥΛΩΝ ΠΟΥ ΖΟΥΝ ΣΕ ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ

*Διεθνώς:*

Οι ερευνητικές εργασίες, που αφορούν στη σύνθεση των βιοκοινωνιών ασπόνδυλων σε τροποποιημένες λίμνες, ξεκινούν από το 1935: Huitfeldt- kaas, 1935, Stube, 1958, Meshkova, 1960, Grimas, 1961, 1962, 1965a,b, Hynes, 1961, Hunt, 1970, Morishita, 1973 και Armitage, 1977 (from Armitage, 1977).

Από αρκετούς επιστήμονες έχει μελετηθεί η εποίκιση και η εξέλιξη των βιοκοινωνιών των ασπόνδυλων, σε υδατικούς ταμιευτήρες που δημιουργήθηκαν μετά την κατασκευή φραγμάτων σε ποτάμια: Nursall, 1952, Mel'nikov & Lubyonov, 1958, Tseed, 1962, Morduchai & Boltovskoi, 1961 Morduchai et al 1972, Sokolova, 1963, Sokolova et al, 1972, Fillion, 1967, Paterson & Fernando, 1969, Aggus, 1971, McLachlan & McLachlan, 1971, Peterka, 1972, Benson & Hudson, 1975, Armitage, 1977 (Armitage, 1977).

Μελέτες που αφορούν τη σύσταση του βένθους, της παράλιας ζώνης και τα αποτελέσματα της διακύμανσης της στάθμης του νερού στην πανίδα έχουν γίνει από τους: Sarkka, 1972, Toivonen et al, 1982, Grimas, 1961, 1965, Hakkari & Granberg, 1977, Sarkka, 1983, Tomas, 1966, Nursall, 1969, McLachlan, 1974a (Marshall 1978) και Fillion 1967, Kaster & Jacobi, 1978. (Kaster & Jacobi, 1978).

Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν αρκετές μελέτες, που αφορούν την διαχείριση των υδατικών ταμιευτήρων π.χ. μελέτη των συνεπειών από την κατασκευή του φράγματος, στην τροφική οργάνωση της κοινωνίας των ψαριών (De Mérona et al, 2001).

Η ολοκληρωμένη χρήση ενός υδατικού ταμιευτήρα, για ψάρεμα, αναψυχή, τουρισμό, εκτός από το σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε (V.Olvera-Viascán et al, 1998).

*Στην Ελλάδα:*

Αναφορά στη σύνθεση της μακροπανίδας και στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υδατικών ταμιευτήρων της ΔΕΗ της Ελλάδας, έγινε, από τους Θεοδωρακάκη et al, 2000 και από τους Δρετάκη et al έγινε αναφορά για τη σύνθεση της μακροπανίδας στη ημιφυσική λίμνη Αγίας Χανίων. Από τους Petridis & Sinis, 1993, μελετήθηκε η κατανομή της μακροπανίδας με το βάθος, στον υδατικό ταμιευτήρα του Ταυρωπού Καρδίτσας.

**Οι στόχοι αυτής της μελέτης είναι:**

1. Η καταγραφή και η μελέτη της μεταβολής των στοιχείων του περιβάλλοντος (φυσικοχημικές και βιολογικές παράμετροι) σε σχέση με το χρόνο, στη φραγμολίμνη Μπραμιανών Λασιθίου.
2. Η μελέτη της παράλιας ζώνης (μέχρι βάθους 0,3 m), επειδή παρουσιάζεται ενδιαφέρον, λόγω της διακύμανσης της στάθμης του H<sub>2</sub>O και λόγω ευκολίας πρόσβασης.
3. Επίσης η σύγκριση της μακροπανίδας της παράλιας ζώνης με την αντίστοιχη, στα βαθύτερα σημεία της φραγμολίμνης (2 m-20 m βάθος).

**Το έναυσμα για τη μελέτη αυτή δόθηκε από:**

1. Την έντονη παρουσία υδρόβιων πτηνών στη φραγμολίμνη. Η αφθονία τροφής είναι ένας από τους παράγοντες που ερμηνεύουν τη μεγάλη προσέλευση των πουλιών σε ένα τόπο. Τα

μακροασπόνδυλα αποτελούν τροφή για τα πουλιά, γιατί θέλουμε να ελέγξουμε αν υπάρχει μεγάλη αφθονία-βιομάζα μακροασπονδύλων στη φραγμολίμνη

2. Το ότι ο συγκεκριμένος υγρότοπος είναι μια φραγμολίμνη με μεγάλη διακύμανση της στάθμης του νερού παρουσιάζει ενδιαφέρον γιατί:

I. αναμένονται μικροί αριθμοί ειδών, μικρές αφθονίες της πανίδας των ακτών, καθώς και μειωμένη ποικιλότητα (βλ. παράγραφο 1.3.2),

II. η περιβαλλοντική έρευνα στο πεδίο των φραγμολιμνών, στην Ελλάδα είναι περιορισμένη και στην Κρήτη, απουσιάζει.

## ΚΕΦ.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ

### 2.1 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μελέτη αυτή έχει διεξαχθεί τη χρονική περίοδο, από τον Ιούνιο 1999 έως το Σεπτέμβριο του 2000.

Η φραγμολίμνη των Μπραμειανών που μελετήθηκε, περικλείεται μεταξύ των στιγμάτων, 350 02'18'' Β, 350 03'36'' Α και 350 03' 36'' Β, 250 41'24'' Α. Βρίσκεται σε απόσταση 5 Km δυτικά της Ιεράπετρας (Εικ. 2.1).



Εικ. 2.1 Η θέση της φραγμολίμνης Μπραμειανών (κοντά στην Ιεράπετρα) και οι θέσεις των πηγών Μαλαύρας, Καλαμαύκας και Μύρτου από όπου μεταφέρεται με αγωγούς νερό στη φραγμολίμνη.

Βόρεια της φραγμολίμνης υπάρχει το ορεινό συγκρότημα της Δίκτης και νότια, η περιοχή είναι ελεύθερη προς τη θάλασσα. Η απόσταση από τη θάλασσα είναι περίπου 2 Km.

Βορειοανατολικά του φράγματος, βρίσκεται ο λόφος Κεφάλια (312 m), βορειοδυτικά η Μεγάλη Κορυφή (1141 m) κοντά στο χωριό Καλαμαύκα και λίγο νοτιότερα η κορυφή Εσταυρωμένος (951 m), βόρεια του χωριού Ανατολή.

Η λεκάνη απορροής καλύπτεται από Νεογενή (Μειοκαινικά) ιζήματα, όπου επικρατούν οι μάργες και οι ασβεστόλιθοι (Φασουλάς, 2000).

Τα νοτιοανατολικά παράλια της Κρήτης, αποτελούν την πιο άνυδρη περιοχή της Ελλάδας και ολόκληρης της Ευρώπης, με βροχοπτώσεις στον Ξηρόκαμπο που δεν φτάνουν τα 300 mm (Grove et al, από Βαρδινογιάννη, 1994).

Η περιοχή της Ιεράπετρας, ανήκει στην ξηροθερμική ζώνη. Ορισμένα στοιχεία που δείχνουν την εικόνα της περιοχής και προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό της Ιεράπετρας, φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

*Πίνακας 2.1 Στοιχεία του κλίματος της περιοχής Ιεράπετρας, 1981-1995*

Ιεράπετρα:	ελάχιστη	μέγιστη
Θερμοκρασία δεκαετίας 1981-1990, 0C	11,4	27,4
Μεση υγρασία δεκαετίας 1981-1990, %	2900%	6900%
έτος:	1994	1995
Ηλιοφάνεια, ώρες	3171	3170,2
Βροχοπτώσεις, mm	504,9	299,7

Σύμφωνα με στοιχεία της Διεύθυνσης Δασών η ετήσια εξάτμιση φτάνει στο σημαντικό μέγεθος των 1630 mm!!!

Το φράγμα των Μπραμιανών, κατασκευάστηκε το 1986, για να καλύψει τις αρδευτικές ανάγκες 30.000 καλλιεργούμενων στρεμμάτων της Ιεράπετρας.

Είναι η μεγαλύτερη φραγμολίμνη στην Κρήτη. Όταν η στάθμη του νερού είναι μέγιστη (72 m), η επιφάνεια που αντιστοιχεί είναι 1050 στρέμματα (1,05 Km<sup>2</sup>) και ο όγκος του νερού είναι 15 106 m<sup>3</sup>. Όταν η στάθμη είναι η ελάχιστη προβλεπόμενη (48 m), η επιφάνεια είναι μόλις 100 στρέμματα (0,1 Km<sup>2</sup>).

Το νερό εισρέει στη φραγμολίμνη, κατά ένα μικρό μέρος από τον χειμάρρο του Κόρακα (Μπραμιανός) ο οποίος στερεύει τη θερμή περίοδο. Το νερό της φραγμολίμνης προέρχεται κυρίως από πηγές. Ένας αγωγός μεταφέρει νερό από την πηγή της Μαλαύρας που βρίσκεται στα βόρεια παράλια της Κρήτης και ένας άλλος από τις πηγές της Καλαμαύκας και του Μύρτου (Εικ. 2.1).

Σήμερα η φραγμολίμνη των Μπραμιανών, είναι ο σημαντικότερος τόπος διαχείμασης υδρόβιων πουλιών της Κρήτης και μεγάλης σημασίας σταθμός μεταναστευτικών πουλιών, που σταματάνε για ξεκούραση και διατροφή (Δρετάκης Μ., 1996).

## 2.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ

Ο σχεδιασμός των δειγματοληψιών στοχεύει κυρίως στη μελέτη των ακτών (ποιότητα νερού και μακροπανίδα) και κατά δεύτερο λόγο, στη μελέτη της μακροπανίδας των βαθύτερων σημείων.

Η επιλογή των σταθμών έγινε με κριτήριο, την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη εκπροσώπηση των διαφορετικών περιβαλλόντων της φραγμολίμνης.

Έχουν επιλεγεί 4 σταθμοί δειγματοληψίας στις ακτές, A, B, C, D για τη μελέτη της μακροπανίδας και της ποιότητας του νερού και ο σταθμός F για τη μελέτη της ποιότητας του νερού (Εικ.2.2.α).

- Ο σταθμός A, βρίσκεται κοντά στην εισροή της Καλαμαύκας και Μύρτου, στις δυτικές ακτές της φραγμολίμνης.
- Ο σταθμός B, είναι στο άκρο μιας χερσονήσου, που βρίσκεται στις βορειοδυτικές ακτές.
- Ο σταθμός C, είναι δίπλα στην εισροή του χειμάρρου του Κόρακα (Μπραμιανού), σε βόρεια θέση.
- Ο σταθμός D, βρίσκεται ανατολικά, κοντά στην εισροή του νερού της Μαλαύρας.
- Ο σταθμός F τέλος, βρίσκεται στο φράγμα, νοτιοανατολικά.

Οι δειγματοληψίες στους παραπάνω σταθμούς γινόταν κάθε μήνα, από τον Οκτ. 1999 έως τον Σεπτ. 2000. Τα δείγματα χαρακτηρίζονται από ένα κωδικό, που αποτελείται από ένα γράμμα (σταθμός) και ένα αριθμό (μήνας) π.χ. A1 = δείγμα που έχει ληφθεί από το σταθμό Α, τον Ιανουάριο.

Στα μηνιαία δείγματα των ακτών, προσδιορίστηκαν οι φυσικοχημικοί παράμετροι, η αφθονία και η ποικιλότητα της μακροπανίδας.

Από τον Ιούνιο 2000 έως τον Σεπτέμβριο 2000 πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες (μία ανά μήνα) στις εισροές, για τη μέτρηση φυσικοχημικών παραγόντων. Οι σταθμοί ήταν: A' = εισροή Καλαμαύκας (και Μύρτου) και D' = εισροή Μαλαύρας.

Στις ακτές επίσης πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία τον Ιανουάριο 2000 και μία τον Αύγουστο 2000. Οι σταθμοί που επιλέχτηκαν ήταν περιμετρικά του ταμιευτήρα οι: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k (Εικ.2.2.α), για τη μελέτη της συνολικής υγρής βιομάζας της μακροπανίδας των ακτών.

Εποχικές δειγματοληψίες έγιναν τους μήνες: Ιούν.1999, Οκτ.2000, Ιαν. 2000 και Μάιο 2000, για τη μελέτη της μακροπανίδας που ζει από βάθος 2 m, έως τα βαθύτερα σημεία της φραγμολίμνης, 20 m περίπου. Οι σταθμοί ήταν οι: Xo, X, Ψo, Ψ, Zo, Z (Εικ.2.2.α).

Οι κωδικοί των δειγμάτων χαρακτηρίζονται από ένα ή δύο γράμματα, που δηλώνουν το σταθμό και από ένα αριθμό, που αντιστοιχεί στο μήνα δειγματοληψίας. Στο τέλος του κωδικού μπορεί να αναφέρεται μέσα σε παρένθεση, το βάθος του δειγματοληπτικού σταθμού π.χ. Xo5(2,5 m) = δείγμα που πήραμε από το σταθμό Xo, τον Μάιο, από βάθος 2,5 m.

Τον Μάιο 2000 πραγματοποιήθηκαν ποιοτικές δειγματοληψίες στις εισροές, για να συγκρίνουμε τα είδη της μακροπανίδας που υπάρχουν στις εισροές με αυτά που υπάρχουν στη φραγμολίμνη.

Τα δείγματα, ήταν τα: A'5 = Καλαμαύκας - Μάιο, C'5 = Μπραμιανού - Μάιο, D'5 = Μαλάγρας - Μάιο.

Τα σύμβολα I, II, III, IV αντιστοιχούν στις τέσσερις εποχές, φθινόπωρο = I, χειμώνας = II, άνοιξη = III και καλοκαίρι = IV.

Το σύμβολο E, δηλώνει τη μέση τιμή των δειγμάτων βάθους (2 m-20 m).

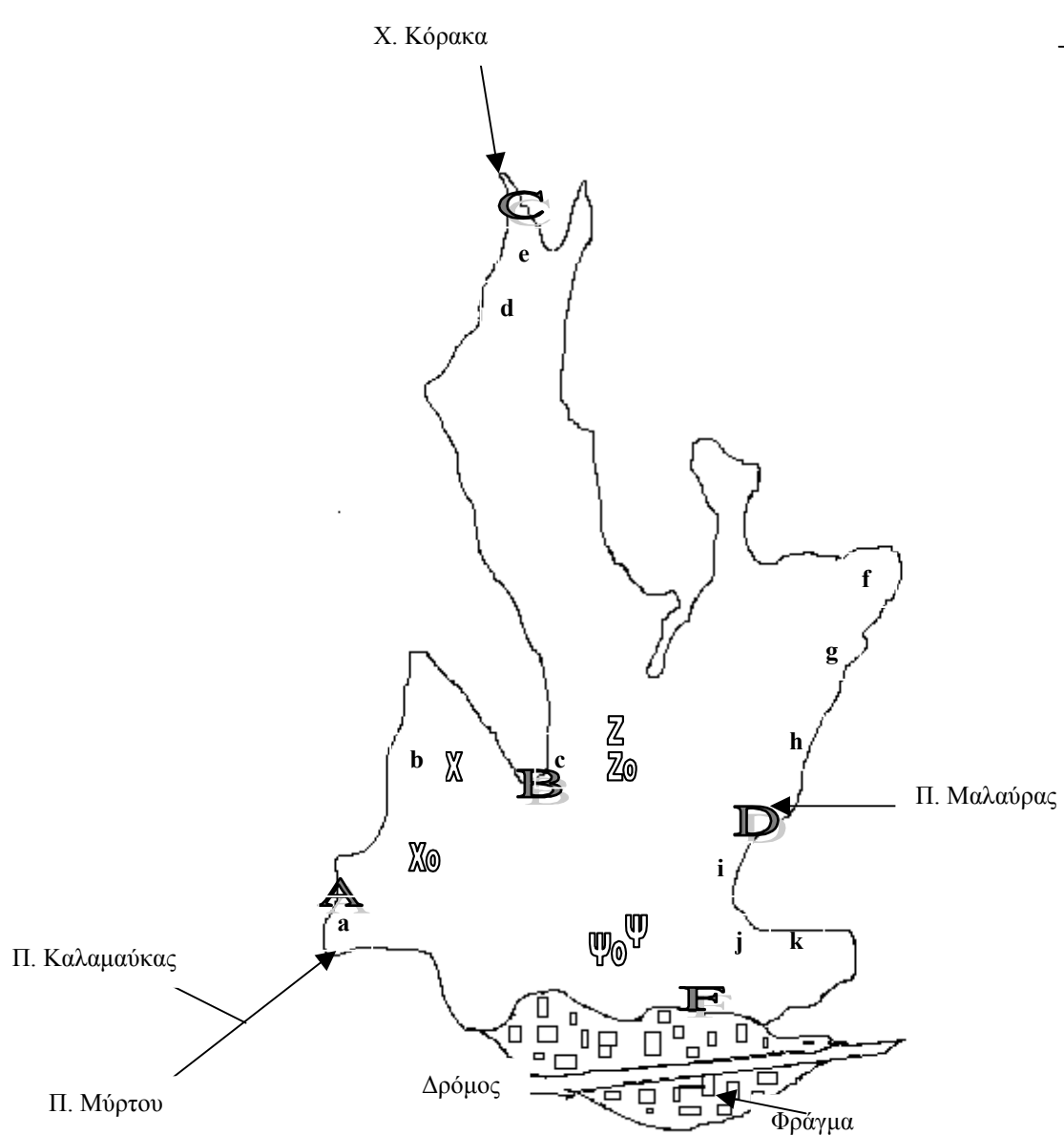
Το δείγμα βάθους E(2 m-20 m) του καλοκαιριού (IV), προκύπτει ως η μέση τιμή των δειγμάτων, Xo7(2 m), X7(12 m), Ψo7(16 m), Ψ7(20 m), Zo7(4 m), Z7(12 m).

Το δείγμα βάθους E(8,5 m- 13 m) του φθινοπώρου (I), προκύπτει ως η μέση τιμή των δειγμάτων X10(8,5 m), Ψ10(13 m), Z10(11 m).

Το δείγμα βάθους E(3 m-14 m) του χειμώνα (II), προκύπτει ως η μέση τιμή των δειγμάτων, Xo1(3 m), X1(7 m), Ψ1(14 m), Z1(8 m).

Τέλος το δείγμα βάθους E(2,5 m-15 m) της άνοιξης (III), προκύπτει ως η μέση τιμή των δειγμάτων, Xo5(2,5 m), X5(6 m), Ψ5(15 m), Z5(13 m).

Εικ.2.2.α Φραγμολίμνη Μπραμανών :  
Θέσεις δειγματοληψίας, 1999 - 2000



## ΚΕΦ.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 3.1 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

#### 3.1.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία μετρήθηκε με υδραργυρικό θερμόμετρο Lobotherm-N.

#### 3.1.2 pH

Το pH, μετρήθηκε στο εργαστήριο με πεχάμετρο τύπου CG840B της SCHOTT. Η θερμοκρασία του πεχάμετρου ήταν ρυθμισμένη στους 20<sup>0</sup>C - 25<sup>0</sup>C, ανάλογα με την θερμοκρασία που επικρατούσε στο εργαστήριο. Το ηλεκτρόδιο έμενε εμβαπτισμένο στο δείγμα για 15 min - 20 min, μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξη.

Τα δείγματα συλλέχτηκαν σε μπουκάλια πολυαιθυλενίου χωρητικότητας 20 mL περίπου, που είχαν πλυθεί πριν τη χρήση με νερό υψηλής καθαρότητας, προερχόμενο από σύστημα Modulab<sup>®</sup> της US-Filter, χωρίς αέρα και η συντήρηση έγινε σε ψυγείο (4<sup>0</sup>C).

Η μέτρηση του pH γινόταν την ίδια μέρα, αμέσως μετά την επιστροφή από την δειγματοληψία. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα δείγματα συντηρήθηκαν στο ψυγείο και αναλύθηκαν την επόμενη μέρα, αφού απέκτησαν πρώτα θερμοκρασία δωματίου (Method 2310. Acidity. Standard Methods APHA, 1995).

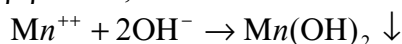
#### 3.1.3 Διαλυμένο οξυγόνο

Το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο (DO), μετρήθηκε με τη μέθοδο *Winkler*.

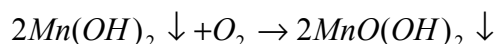
Η μέθοδος αυτή είναι η πιο ακριβής και αξιόπιστη τιτλοδοτική διαδικασία για τη ανάλυση του διαλυμένου οξυγόνου. Οι πειραματικοί αναλυτές υποστηρίζουν ότι έχει ακρίβεια  $\pm 50 \mu\text{g} / \text{L}$ , όταν η ανίχνευση του τελικού σημείου γίνεται οπτικά και  $\pm 5 \mu\text{g} / \text{L}$ , όταν η ανίχνευση του τελικού σημείου γίνεται ηλεκτρομετρικά (Method 4500-0. Standard Methods. APHA, 1995).

Στην παρούσα μελέτη η ανίχνευση του τελικού σημείου γίνεται οπτικά.  
*Αρχή της μεθόδου:*

Τα ιόντα  $\text{Mn}^{2+}$  σε αλκαλικό περιβάλλον,



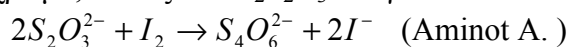
οξειδώνονται από το οξυγόνο που είναι διαλυμένο στο νερό, παράγοντας έτσι ιόντα Mn ανώτερης οξειδωτικής κατάστασης που καθιζάνουν ως  $\text{MnO}(\text{OH})_2$ .



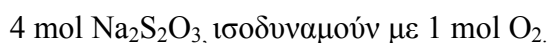
Παρουσία ιόντων ιωδίου σε όξινο περιβάλλον, τα  $\text{Mn}^{4+}$  ανάγονται σε  $\text{Mn}^{2+}$  (αρχική μορφή), ενώ ελευθερώνεται ιώδιο ισοδύναμο προς το διαλυμένο οξυγόνο.



Τιτλοδοτώντας με διάλυμα  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , το μοριακό ιώδιο ανάγεται σε ιόντα ιωδίου και με προσθήκη διαλύματος αμύλου, μπορούμε να παρακολουθήσουμε την αλλαγή του χρώματος του διαλύματος, από μπλε σε άχρωμο, καθώς το  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ανάγει το ιώδιο σε ιόντα ιωδίου.



Από την ποσότητα του  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  που καταναλώνεται μέχρι τον αποχρωματισμό του δείγματος, υπολογίζεται η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου, αφού όλες οι παραπάνω αντιδράσεις βαίνουν ποσοτικά. Συγκεκριμένα :



Ο τύπος που θα μας δώσει τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, είναι:

$$[\text{O}_2], \text{ mmol/L} = \frac{M \cdot V \cdot 1000}{4(U - V_1 - V_2)}$$

$$\text{ή}$$

$$[\text{O}_2], \text{ mg/L} = \frac{M \cdot V \cdot 1000 \cdot 32}{4(U - V_1 - V_2)}$$

όπου:  $M$ , η μοριακή συγκέντρωση του διαλύματος  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$V$ , ο όγκος του διαλύματος  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  που καταναλώθηκε

$U$ , ο όγκος του δείγματος

$V_1$ , ο όγκος του διαλύματος  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KI}$  και

$V_2$ , ο όγκος του διαλύματος  $\text{Mn}^{2+}$  που χρησιμοποιήθηκε.

Το πρότυπο διάλυμα  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  προερχόταν από αμπούλα και χρησιμοποιήθηκε αυτούσιο ή μετά από αραίωση, οπότε έγινε έλεγχος της συγκέντρωσής του.

Έλεγχος της συγκέντρωσης του διαλύματος  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Πρέπει να γίνεται σε κάθε περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθεί η αμπούλα αμέσως μετά το άνοιγμά της. Η συγκέντρωση μπορεί να αλλάξει για διάφορους λόγους, π.χ. λόγω παρουσίας μικροβίων ή με έκθεση στο φως.

Η διαδικασία περιλαμβάνει τιτλοδότηση ενός διαλύματος  $\text{KIO}_3$  (έχει ξηρανθεί στους  $105^\circ\text{C}$ , επί μία ώρα) με περίσσεια  $\text{KI}$ , όπου έχουμε ρίξει λίγες σταγόνες  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , με τιτλοδότη το διάλυμα του  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Όταν το διάλυμα αποκτήσει αχνή χρώμα, προσθέτουμε διάλυμα αμύλου και συνεχίζουμε την τιτλοδότηση, μέχρι να αποχρωματιστεί.

Ο υπολογισμός της συγκέντρωσης του διαλύματος του  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , γίνεται από τον τύπο:

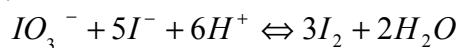
$$N = M = \frac{6 \cdot M_{\text{KIO}_3} \cdot 1000}{214 \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}$$

όπου:  $M_{\text{KIO}_3}$  = μάζα  $\text{KIO}_3$  σε g

$V$  = όγκος διαλύματος

Ο τύπος προκύπτει με βάση τις παρακάτω αντιδράσεις:

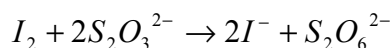
1. Το  $\text{IO}_3^-$ , οξειδώνει το  $\text{I}^-$  σε  $\text{I}_2$  σε όξινο περιβάλλον



και



2. Το  $I_2$  ανάγεται σε  $I^-$ , παρουσία του αναγωγικού  $Na_2S_2O_3$



και τις ισοδυναμίες των mol που ισχύουν:

$$1 \cdot mol I_2 \equiv 3 \cdot mol I^- \equiv 6 \cdot mol S_2O_3^{2-}.$$

(Skoog, 1997)

Τα αντιδραστήρια  $MnCl_2$ ,  $HCl$ ,  $NaOH$ ,  $KJO_3$ ,  $KI$ ,  $H_2SO_4$  και το διάλυμα αμύλου, που χρησιμοποιήσαμε, ήταν εργαστηριακής ποιότητας.

Η συλλογή των δειγμάτων έγινε σε γυάλινες φιάλες B.O.D., καλά πλυμένες με νερό υψηλής καθαρότητας, απουσία αέρα.

Η ώρα της δειγματοληψίας σε κάθε σταθμό, ήταν περίπου η ίδια, κάθε μήνα.

Η προσθήκη των διαλυμάτων  $MnCl_2$  και  $NaOH$ , γινόταν αμέσως στο πεδίο και η ανάλυση των δειγμάτων γινόταν την επόμενη μέρα. Τα δείγματα, παρέμεναν σε θερμοκρασία δωματίου μέχρι την ανάλυση.

Ο υπολογισμός του κορεσμού (%) του νερού σε οξυγόνο, έγινε με βάση τις μετρήσεις της θερμοκρασίας, τις μετρήσεις της χλωριότητας και με τη βοήθεια Πίνακα προσδιορισμού της διαλυτότητας του οξυγόνου στο νερό για ατμοσφαιρική πίεση 101,3  $KPa$  (Method 4500-0. Standard Methods APHA, 1995).

### 3.1.4 Ιόντα

Τα ιόντα,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$  και τα  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , αναλύθηκαν με ιοντική χρωματογραφία (Method 4110. Standard Methods, 1995, Χατζηγιάννου, 1997, Καμπιώτη, 2000).

*Αρχή της μεθόδου:*

Ο διαχωρισμός των ιόντων βασίζεται στην ιδιότητά τους να ανταλλάσσονται αμφίδρομα μεταξύ των ιοντικών θέσεων μιας στερεής αδιάλυτης φάσης και μιας εξωτερικής υγρής φάσης. Ανάλογα με το μέγεθος ή το φορτίο τους, το κάθε ιόν έχει διαφορετική συγγένεια με τη στερεή ή την υγρή φάση. Ο χρόνος κατακράτησης στη στήλη, σύμφωνα με τα προηγούμενα, είναι διαφορετικός για κάθε ιόν κι έτσι τα διαφορετικά ιόντα εκλύονται σε διαφορετικό χρόνο και διαχωρίζονται. (Χατζηγιάννου & Κούππαρης, 1997).

Η ανίχνευση των ιόντων γίνεται αγωγιμομετρικά, αφού ελαττωθεί το σήμα υποβάθρου που οφείλεται στον εκλουτή, με τη χρήση ενός καταστολέα του σήματος αυτού.

Η συγκέντρωση του κάθε ιόντος στο δείγμα υπολογίζεται από την επιφάνεια κορυφής που εμφανίζεται σε συγκεκριμένο χρόνο, στην οθόνη του υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος με τον ανιχνευτή.

Για τη μετατροπή της επιφάνειας κορυφής σε συγκέντρωση, κατασκευάζεται καμπύλη αναφοράς με τη βοήθεια προτύπων διαλυμάτων, που πρέπει να έχουν συντελεστή γραμμικότητας (R), τουλάχιστον 0,9.

Τα δείγματα φιλτράρονται πριν την ανάλυση με φίλτρο διαμέτρου πόρων 0,45  $\mu m$ .

Το σύστημα ιοντικής χρωματογραφίας που χρησιμοποιήθηκε, περιλαμβάνει:

Αντλία υψηλής πίεσης Alltech Mod 325, αυτόματο δειγματολήπτη Marathon, προστήλη IonPac AG4A (4 mm) και στήλη IonPac AG4A (4 mm) της Dionex, αγωγιμομετρικό ανιχνευτή 320 Alltech και καταστολέα μεμβράνης SRS-II (4 mm).

Αντίστοιχα τα κατιόντα αναλύθηκαν σε ιοντικό χρωματογράφο που αποτελείται από: Αντλία υψηλής πίεσης Marathon IV, αυτόματο δειγματολήπτη Marathon, προστήλη IonPac CS12 (4 mm), στήλη IonPac CG12 (4 mm), καταστολέα CSRS-I (4 mm) και αγωγιμομετρικό ανιχνευτή Dionex CMD-II.

Οι συνθήκες λειτουργίας των δύο οργάνων ήταν (Πίνακας 3.1.4):

Πίνακας 3.1 Συνθήκες ανάλυσης ανιόντων και κατιόντων.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΑΝΙΟΝΤΑ	ΚΑΤΙΟΝΤΑ
Διάλυμα έκλουσης	NaHCO <sub>3</sub> (2,7 mM)/NaCO <sub>3</sub> (0,3 mM)	MSA (μεθανοσουλφονικό οξύ)
Ταχύτητα ροής εκλουτή	1,5 mL/min	1 mL/min
Όγκος αναλυόμενου δείγματος	20 ή 100 µL	100 µL
Ρεύμα καταστολέα	1	1

Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των πρότυπων διαλυμάτων και των διαλυτών έκλουσης ήταν υψηλής καθαρότητας (μεγαλύτερης από 99,5%), των εταιριών Merk ή Fluka και το νερό που χρησιμοποιήθηκε ήταν επίσης υψηλής καθαρότητας, παρασκευασμένο από σύστημα της Modulab<sup>®</sup> της US-Filter.

Τα πρότυπα διαλύματα αναλύονταν στην αρχή και στο τέλος της διαδικασίας και οι καμπύλες αναφοράς παρουσίαζαν συντελεστές γραμμικότητας (R), από 0,97 έως 1.

Το όριο ανίχνευσης επηρεάζεται από το μέγεθος του δείγματος που αναλύεται, από την ευαισθησία, την κλίμακα ρύθμισης της αγωγιμομετρικής κυψελίδας και από τον τρόπο ολοκλήρωσης των κορυφών.

Γενικά οι ανιχνεύσιμες συγκεντρώσεις για τα ανιόντα, είναι περίπου 0,1 mg/L, με όγκο αναλυόμενου δείγματος 100 µL και κλίμακα λειτουργίας του αγωγιμομετρικού ανιχνευτή 10 µS/cm.

Συγκεκριμένα για τα ισχυρά ανιόντα τα όρια ανίχνευσης σε mg/L είναι:

Cl<sup>-</sup>: 0,035, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>: 0,022, Br<sup>-</sup>: 0,110, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 0,035, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>: 0,110, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: 0,350 (Method 4010. Standard Methods, APHA, 1995).

Για τα κατιόντα, τα όρια ανίχνευσης και η ακρίβεια είναι:

Na: 0,03 mg/L και 1%, Mg: 0,06 mg/L και <5%, Ca: 0,38 mg/L και <10%, αντίστοιχα (Nixon, 1996).

Αλλάζοντας τις συνθήκες, τα όρια ανίχνευσης μπορεί να χαμηλώσουν στα: 0,002 mg/L για τα ανιόντα και από 0,002 mg/L έως 0,005 mg/L για τα κατιόντα, για αναλυόμενο όγκο δείγματος 100 µL. Οι ανακτήσεις για όλα τα ιόντα είναι μεγαλύτερες από 99%, ενώ η επαναληψιμότητα που προσδιορίστηκε από επαναλαμβανόμενες αναλύσεις προτύπων διαλυμάτων και δειγμάτων, κυμαίνεται στο ± 5% (Καμπιώτη, 2000).

Η δειγματοληψία για την ανάλυση των ιόντων έγινε σε μπουκαλάκια πολυαιθυλενίου, χωρητικότητας 20 mL περίπου, πλυμένα με νερό παρασκευασμένο από τη συσκευή Modulab<sup>®</sup> της US-Filter.

Τα δείγματα συντηρήθηκαν στο ψυγείο, με χλωροφόρμιο υψηλής καθαρότητας σε αναλογία 1 mL ανά 250 mL δείγματος, για να ανασταλεί η βακτηριακή δραστηριότητα.

Η μέθοδος συντήρησης των ιόντων με χλωροφόρμιο προτιμήθηκε από την συντήρηση στην κατάψυξη, μετά τα αποτελέσματα ιοντικής ανάλυσης 13 και 14 δειγμάτων νερού αντίστοιχα, για τα ιόντα: Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Br<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> και K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, Ca<sup>++</sup>. (Εικ.3.1.1.α και Εικ.3.1.1.β).

Η διάρκεια αποθήκευσης ήταν ένας έως πέντε μήνες. Στην περίπτωση που η αποθήκευση ξεπερνούσε τους τρεις μήνες, προσθέταμε στα δείγματα εκ νέου χλωροφόρμιο.

### 3.1.5 Χλωριότητα

Η χλωριότητα  $\{Cl\}$ , δεν είναι ίση με τη συγκέντρωση των ιόντων του  $Cl^-$ , όμως για πρακτικούς λόγους θεωρούμε ότι η συγκέντρωση του  $Cl^-$  (σε g/Kg διαλύματος), είναι σχεδόν ίση με την χλωριότητα στο θαλασσινό νερό. (Method 4500-0. APHA,1995).

Το χλώριο αποτελεί το κυριότερο συστατικό στο θαλασσινό νερό, περίπου 19.354 mg/L, το βρώμιο βρίσκεται σε συγκεντρώσεις περίπου 67 mg/L και τα άλλα αλογόνα είναι σε ακόμα μικρότερες συγκεντρώσεις (Drever, 1997, Stumm & Morgan, 1981).

Μια καλύτερη προσέγγιση της χλωριότητας θα ήταν το άθροισμα των συγκεντρώσεων  $Cl^-$  και  $Br^-$  αντί για τη συγκέντρωση του  $Cl^-$  μόνο, αφού σύμφωνα με τους Jacobsen & Knudsen (Ξένος, 2000), η χλωριότητα αναφέρεται στα αλογόνα συνολικά.

$$\{Cl\} = \text{Χλωριότητα} = [Cl^-, \text{mg/L}] + [Br^-, \text{mg/L}]$$

### 3.1.6 Αλατότητα

Η αλατότητα, S υπολογίζεται από την χλωριότητα,  $\{Cl\}$ , με τη βοήθεια του εμπειρικού τύπου:  $S = 1,80655 \{Cl\}$  (Method 4500-0, APHA,1995, Stumm & Morgan, 1981)

### 3.1.7 Ολική σκληρότητα

Η ολική σκληρότητα υπολογίστηκε από τις συγκεντρώσεις των ιόντων  $Ca^{2+}$  και  $Mg^{2+}$  και με τη βοήθεια του εμπειρικού τύπου:

$$\text{Σκληρότητα (mg CaCO}_3\text{/L)} = [Ca^{2+}, \text{mg/L}] 2,497 + [Mg^{2+}, \text{mg/L}] 4,118$$

(Method 2340B, APHA, 1995 & Drever, 1997).

Η σκληρότητα μπορεί να εκφραστεί (Dean,1995), σε Γαλλικούς βαθμούς ( $1 \text{ mg CaCO}_3\text{/L} = 0,1 \text{ Γαλλικοί βαθμοί}$ ), σε Γερμανικούς βαθμούς ( $1 \text{ mg CaCO}_3\text{/L} = 0,056 \text{ Γερμανικοί βαθμοί}$ ), σε Αμερικανικούς βαθμούς ( $1 \text{ mg CaCO}_3\text{/L} = 0,058 \text{ Αμερικάνικοι βαθμοί}$ ) κ.λ.π.

Σύμφωνα με την κλίμακα που χρησιμοποιείται από τη U.S. Geological Survey, η ταξινόμηση του βαθμού σκληρότητας του νερού περιγράφεται στον Πίνακα 3.1.7.

Πίνακας 3.1.7 Κατάταξη του νερού\* με βάση τη σκληρότητά του.

Είδος νερού	Σκληρότητα, mg CaCO <sub>3</sub> /L
Μαλακό	0-60
Μέτρια σκληρό	60-120
Σκληρό	121-180
Πολύ σκληρό	μεγαλύτερη από 180

\*U.S.Geological Survey, Dean, 1995

### 3.1.8 Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα είναι ένα μέτρο της ικανότητας του νερού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα και είναι αντίστροφα ανάλογη, προς την αντίσταση που παρουσιάζει το νερό, στην δίοδο του ηλεκτρικού

ρεύματος:  $G = 1/R$ . Η μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι, το  $1 \text{ mmho/cm} = 1 \text{ mS/cm}$  και στο S.I, το  $1 \text{ mS/m}$ .

Η αγωγιμότητα του νερού εξαρτάται από:

*Την συγκέντρωση των ιόντων.*

*Το είδος των ιόντων. Όσο πιο μικρά είναι τα ιόντα, τόσο πιο ευκίνητα είναι και άρα προκαλούν αύξηση της αγωγιμότητας.*

*Τη θερμοκρασία του νερού. Η ιοντική κινητικότητα αυξάνεται με την θερμοκρασία, περίπου 1 έως 3 % ανά βαθμό K.*

(Method 2510. Standard Methods, APHA, 1995).

Το αγωγιμομετρικό κύτταρο γενικά, αποτελείται από μια γέφυρα Wheatstone και περιέχει ένα ζευγάρι από εύκαμπτα ηλεκτρόδια π.χ. πλατίνας.

Στη γέφυρα αυτή, εξισορροπείται η αγωγιμότητα του άγνωστου δείγματος, με την αγωγιμότητα γνωστών διαλυμάτων.

Σποραδικά ελέγχεται η καλή λειτουργία του οργάνου, με την μέτρηση της αγωγιμότητας μιας σειράς προτύπων διαλυμάτων KCl και την κατασκευή καμπύλης αναφοράς.

Το αγωγιμόμετρο συνοδεύεται από θερμομόμετρο, για την αναγωγή της αγωγιμότητας στην ίδια θερμοκρασία, π.χ.  $25^{\circ}\text{C}$  (AWWA Manual, 1997).

Η αγωγιμότητα μετρήθηκε άμεσα με ηλεκτρικό αγωγιμόμετρο τύπου YSI Model 32.

Τα δείγματα συλλέχτηκαν σε μπουκαλάκια πολυαιθυλενίου των 20 mL περίπου, καλά πλυμένα με αντιδραστήριο νερό και συντηρήθηκαν με χλωροφόρμιο για 1-11 μήνες, μέχρι την μέτρηση της αγωγιμότητας.

### 3.1.9 Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Σε ένα δείγμα νερού υπολογίζονται κατά προσέγγιση τα TDS, αν γνωρίζουμε την αγωγιμότητα (EC) του δείγματος, με βάση την εμπειρική σχέση:

$$\text{TDS, mg/L} = [\text{EC, mS/cm}] \times 670$$

(Csuros, 1997).

### 3.1.10 Αλκαλικότητα

Η αλκαλικότητα (Alk) του νερού προσδιορίστηκε με ογκομέτρηση (Method 2320 B. Standard Methods, APHA, 1995 & AWWA Manual, 1997).

Η αλκαλικότητα είναι η ικανότητα του νερού να δέχεται πρωτόνια και οφείλεται κυρίως στα ιόντα:  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  και  $\text{OH}^-$ . Στα φυσικά νερά επικρατούν τα  $\text{HCO}_3^-$  ανιόντα (Στεφάνου, 1999 & Dean, 1995).

*Αρχή της μεθόδου:*

Τα κατιόντα  $\text{H}^+$  που υπάρχουν σε διάλυμα οξέος π.χ. HCl ή  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , εξουδετερώνουν σταδιακά την αλκαλικότητα, όταν προσθέτουμε το διάλυμα του οξέος στο δείγμα. Η προσθήκη του οξέος οδηγεί σε βαθμιαία μείωση του pH. Όταν το pH φτάσει στο τελικό σημείο, παρατηρείται αλλαγή του χρώματος του δείκτη που έχουμε προσθέσει στο δείγμα.

Η αλκαλικότητα ενός δείγματος μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το τελικό σημείο του pH, που χρησιμοποιήθηκε.

Από τον όγκο του διαλύματος του οξέος που καταναλώθηκε μέχρι το τελικό σημείο του pH, υπολογίζουμε την αλκαλικότητα με τη βοήθεια του τύπου:

$$Alk, mgCaCO_3 / L = \frac{V_{\text{διαλ.οξέος}} \cdot N_{\text{διαλ.οξέος}} \cdot 5000}{V_{\text{δείγματος}}}$$

Η Αλκαλικότητα μπορεί να εκφραστεί και σε μονάδες, mg HCO<sup>3-</sup>/L, δεδομένου ότι:

$$1 \text{ mg CaCO}_3/\text{L} = 61/50 \text{ mg HCO}_3^-/\text{L}.$$

Ως τιτλοδότης, χρησιμοποιήθηκε πρότυπο διάλυμα HCl 0,1M για την ανάλυση των δειγμάτων του Νοεμβρίου 1999 και πρότυπο διάλυμα H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01M για την ανάλυση των υπόλοιπων δειγμάτων.

Ο όγκος του αναλυόμενου δείγματος ήταν 100 mL για τα δείγματα του Νοεμβρίου και 50 mL για τα υπόλοιπα δείγματα.

Σε κάθε σειρά αναλύσεων γινόταν έλεγχος της συγκέντρωσης του τιτλοδότη χρησιμοποιώντας πρότυπο διάλυμα Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (το Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ήταν υψηλής καθαρότητας και πριν τη χρήση του ξηραίνονταν, στους 250<sup>0</sup>C επί 4 ώρες).

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβανόταν τρεις φορές και η μέτρηση της αλκαλικότητας των δειγμάτων και του λευκού, γινόταν επίσης τρεις φορές.

Η τυπική απόκλιση μεταξύ των τριών (σε ορισμένες περιπτώσεις δύο) μετρήσεων ήταν μικρότερη από 7,0%.

Ο δείκτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν, το πορτοκαλί του μεθυλίου (ηλιανθίνη), που αλλάζει χρώμα σε pH από 3,2 έως 4,4 (περίπου 3,7) και γίνεται από πορτοκαλί, ροζ. Έτσι μετρήθηκε η ολική αλκαλικότητα ή αλκαλικότητα του πορτοκαλί του μεθυλίου (Χατζηγιάννου, 1991).

Η συλλογή των δειγμάτων έγινε σε πλαστικά μπουκάλια των 0,5 L περίπου, καλά πλυμένα από το προς ανάλυση νερό, καλά κλεισμένα και απουσία αέρα.

Συντηρήθηκαν σε φορητό ψυγείο μέχρι το εργαστήριο και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ψυγείο (4<sup>0</sup>C).

Ο χρόνος αποθήκευσης ήταν δύο έως δεκατέσσερις μέρες. (Method 2310 B, f. Standard Methods, APHA, 1995)

Πριν την ανάλυση τα δείγματα έμεναν εκτός ψυγείου, για να αποκτήσουν τη θερμοκρασία δωματίου. Ποτέ δεν έγινε οποιαδήποτε κατεργασία απομάκρυνσης παρεμβαλλουσών ουσιών, γιατί κι αυτές μπορεί να συμβάλλουν στην αλκαλικότητα.

### 3.1.11 Ολικός Οργανικός Ανθρακας στο νερό (TOC)

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για αυτή την ανάλυση, ήταν ο αναλυτής ολικού οργανικού άνθρακα Model 700 TOC Analyzer

*Αρχή λειτουργίας του οργάνου:*

Το δείγμα αρχικά εισάγεται σε θάλαμο αντίδρασης και οξινίζεται με φωσφορικό οξύ. Ο ανόργανος άνθρακας οξειδώνεται σε CO<sub>2</sub> και απομακρύνεται με ρεύμα αζώτου.

Το CO<sub>2</sub> στη συνέχεια, κατακρατείται συγκεντρωμένο, σε ένα μοριακό κόσκινο - παγίδα στους 25<sup>0</sup>C, από όπου με θερμική εκρόφηση (200<sup>0</sup>C), οδηγείται σε ανιχνευτή IR (φασματοφωτόμετρο υπερύθρου), που έχει ρυθμιστεί στο μήκος κύματος απορρόφησης του CO<sub>2</sub>, αν θέλουμε να μετρήσουμε τον ολικό ανόργανο άνθρακα (TIC).

Στη συνέχεια, προστίθεται το ισχυρό οξειδωτικό Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (υπερθειικό νάτριο) υπό μορφή διαλύματος, το οποίο αντιδρά γρήγορα με τον οργανικό άνθρακα στους 100<sup>0</sup>C, σχηματίζοντας CO<sub>2</sub>,

που ανιχνεύεται επίσης στον IR, μετρώντας έτσι το συνολικό οργανικό άνθρακα (TOC) (Method 5310, Standard Methods. APHA, 1995 & Operator's Manual, 1989).

Ο όγκος του αναλυόμενου δείγματος ήταν 1 mL.

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης του TOC γίνεται με τη βοήθεια μιας καμπύλης αναφοράς που φτιάχνεται από πρότυπα διαλύματα φθαλικού καλίου,  $K_8H_5O_4$  (KHP). Η ανάλυση των προτύπων διαλυμάτων γίνεται στην αρχή και στο τέλος της αναλυτικής διαδικασίας, ενώ ενδιάμεσα αναλύονται λευκά και πρότυπα διαλύματα που δεν πρέπει να αποκλείουν πάνω από 10%, από τις αρχικές συγκεντρώσεις. Κάθε δείγμα αναλύεται τρεις φορές.

Το νερό που χρησιμοποιείται είναι υψηλής καθαρότητας, προερχόμενο από το σύστημα Modulab<sup>®</sup> της US-Filter. Το  $H_3PO_4$  που χρησιμοποιείται είναι 85% της Merck (pro analysis), το υπερθειικό νάτριο είναι της FLUCA καθαρότητας μεγαλύτερης από 99% (microselect).

Η ανάκτηση της μεθόδου είναι  $98,7\% \pm 2\%$  και η επαναληψιμότητα κυμαίνεται μέχρι 5% (Καμπιώτη, 2000)

Το όριο ανίχνευσης είναι 0,05 mg οργανικού άνθρακα/L. (Method 5310, Standard Methods. APHA, 1995).

Τα δείγματα είχαν συλλεχθεί σε γυάλινα δοχεία BOD των 250 mL, χωρίς αέρα και πριν τη χρήση τους, είχαν πλυθεί με νερό υψηλής καθαρότητας και είχαν θερμανθεί στους  $550^{\circ}C$ , για 4 ώρες. (Fung et al, 1996).

Σαν συντηρητικό χρησιμοποιήθηκε πυκνό  $H_3PO_4$ , για να χαμηλώσει το pH περίπου στο 2 και η φύλαξη έγινε στο ψυγείο ( $4^{\circ}C$ ). Τα μπουκάλια ήταν καλυμμένα με αλουμινόχαρτο για να μην περνάει το φως.

Οι αναλύσεις έγιναν 22-2-5 μέρες και 4,5 μήνες αντίστοιχα μετά τη δειγματοληψία.

### 3.1.12 Σωματιδιακός Οργανικός Άνθρακας στο ίζημα (POC)

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε, ήταν η μέθοδος της *Υγρής Οξειδωσης* (Parsons et al, 1984 & Strickland, 1972).

*Διαδικασία ανάλυσης:*

Μικρή ποσότητα (1-3 g) ομογενοποιημένου δείγματος, ξεπλένεται με 5 mL  $Na_2SO_4$  περίπου, πάνω σ' ένα προζυγισμένο φίλτρο, GF/F διαμέτρου πόρων 47-mm, με τη βοήθεια μιας αντλίας κενού, προς απομάκρυνση του χλωρίου.

Τα φίλτρα με το ξεπλυμένο δείγμα, τοποθετούνται σε αποστειρωμένα τρυβλία και ξηραίνονται με ψύξη στους  $-23^{\circ}C$  επί μία ώρα. Μετά την ξήρανση ζυγίζονται, για να υπολογίσουμε το βάρος του ιζήματος.

Το δείγμα τοποθετείται σε κωνική φιάλη και προστίθεται διάλυμα ορθοφωσφορικού οξέος (5 mL), για να απομακρυνθεί το χλώριο που έχει μείνει. Αφού καλυφθεί η φιάλη με αλουμινόχαρτο, τοποθετείται πάνω σε θερμαινόμενη πλάκα ( $100^{\circ}-110^{\circ}C$ ) για μισή ώρα. Στη συνέχεια προστίθενται χρωμικό οξύ (10 mL), ως οξειδωτικό και συνεχίζεται η θέρμανση για μία ώρα ακόμα. Αφού αποκτήσει τη θερμοκρασία δωματίου, γίνεται προσθήκη αντιδραστήριου νερού (240 mL περίπου) και 0,5 mL δείκτη, N-φαινυλο-ανθρακικό οξύ (αλλάζει χρώμα από ιώδες σε απαλό πράσινο).

Ο τιτλοδότης FAS (σιδηροθειικό αμμώνιο) χορηγείται με ψηφιακή προχοίδα και η ανάδευση γίνεται μαγνητικά.

Ο υπολογισμός του λευκού γίνεται χρησιμοποιώντας φίλτρα χωρίς δείγμα.

Ο POC προσδιορίζεται τελικά από τον τύπο:

$$\mu\text{g C/g} = \{[(A \times F) - T] \times \text{FAS Eq}\} / W \text{ (or Vol)}$$

όπου:

*A = M.O. του όγκου του τιτλοδότη που καταναλώθηκε για τα λευκά*

*F = όγκος του χρωμικού οξέος που προστέθηκε στο δείγμα*

*T = όγκος του τιτλοδότη που καταναλώθηκε για το δείγμα*

*W = βάρος του δείγματος*

*Vol = όγκος του αντιδραστηρίου νερού*

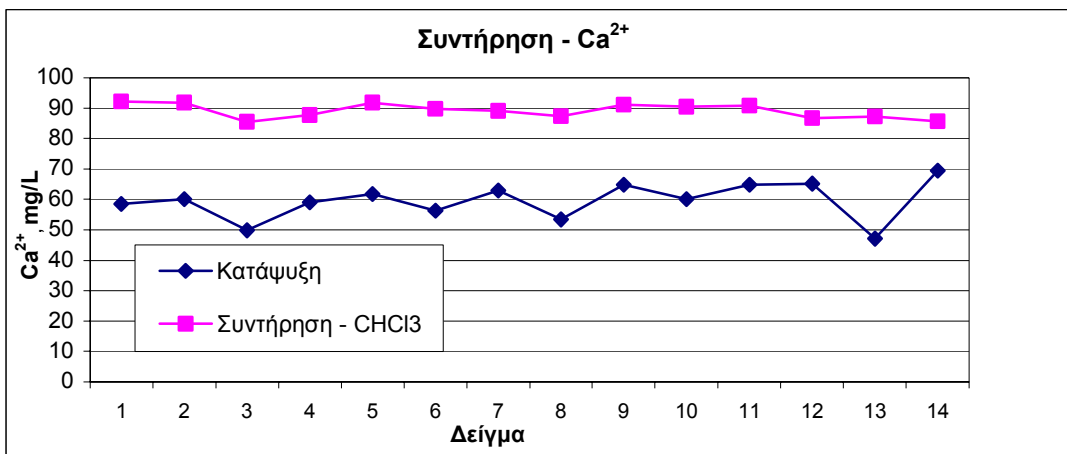
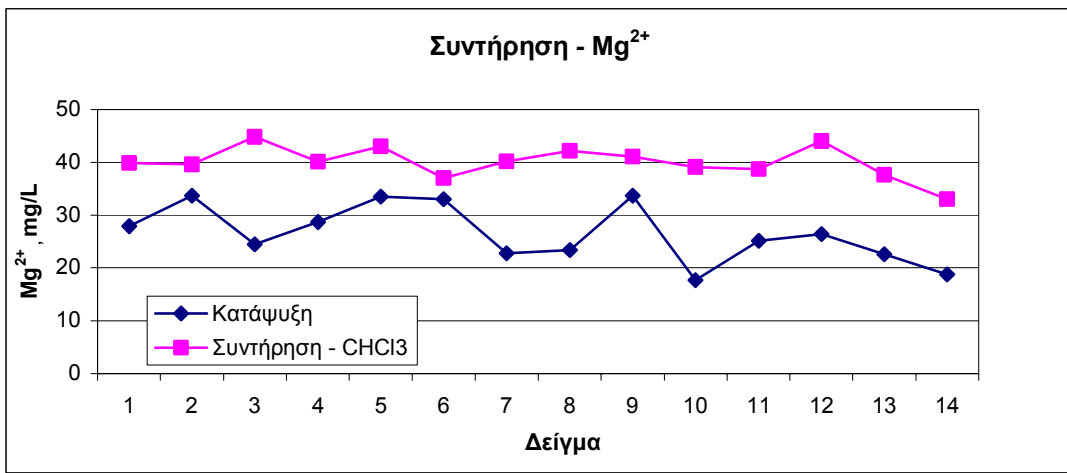
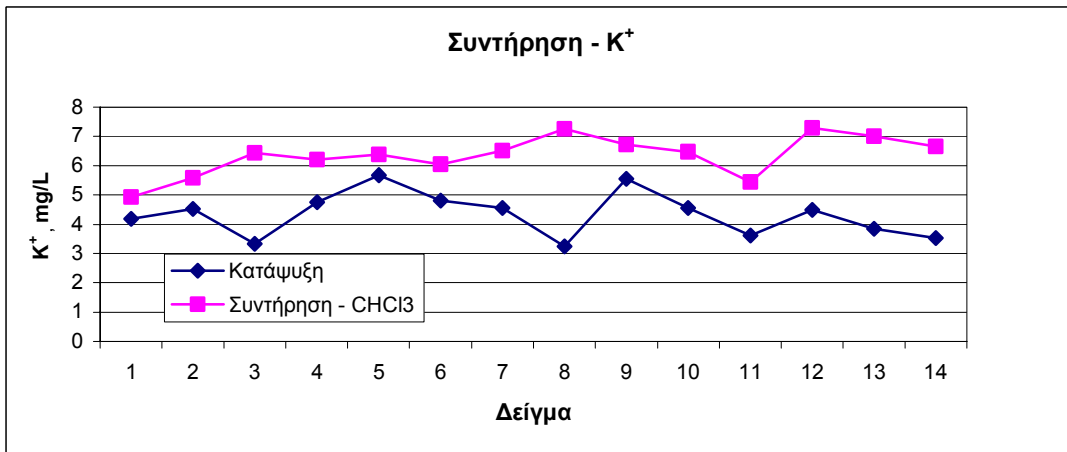
*FAS Eq = συντελεστής που λαμβάνεται από την βαθμονόμηση (πρέπει να είναι περίπου 300).*

*Η βαθμονόμηση γίνεται με πρότυπο διάλυμα γλυκόζης, γνωστής συγκέντρωσης σε C.*

*Τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε ήταν:*

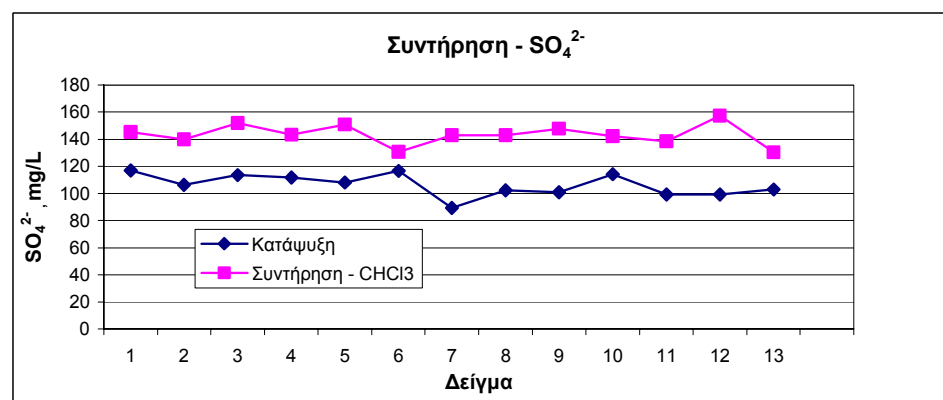
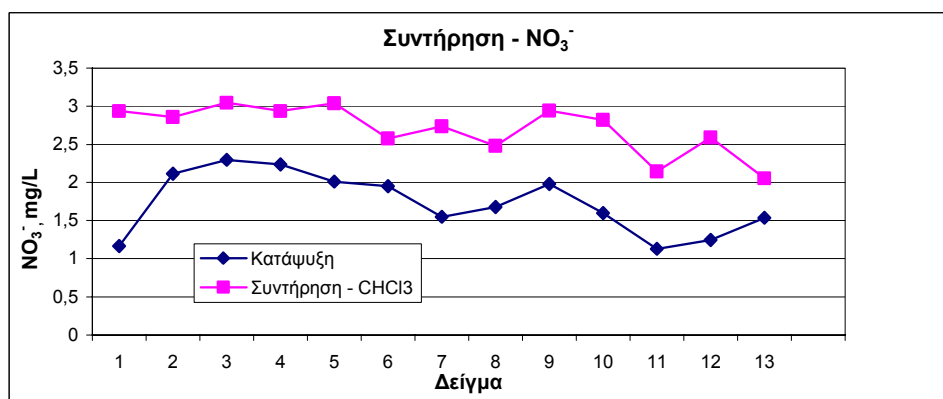
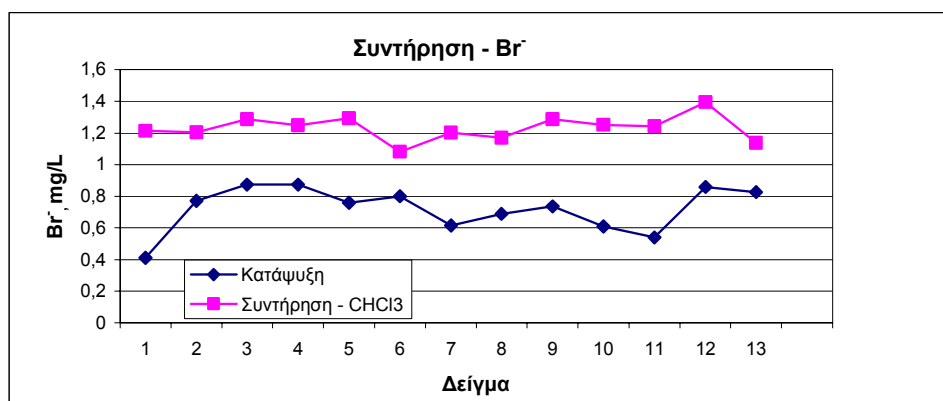
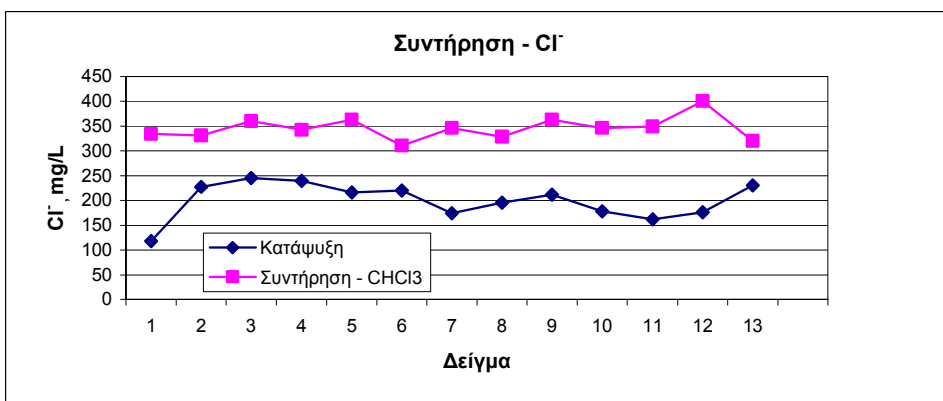
*Φίλτρα υάλου, GF/F, 47 mm Whatman<sup>®</sup> και αντιδραστήρια εργαστηριακής ποιότητας.*

Τα δείγματα είχαν συλλεγεί με corer, και αντιστοιχούσαν σε βάθος 0-2 και 2-4 cm από την επιφάνεια του πυθμένα. Τοποθετήθηκαν σε πλαστικά σακουλάκια και συντηρήθηκαν στην κατάψυξη (-23<sup>0</sup>), μέχρι την ανάλυσή τους.



Εικ.3.1.4.α Δεκατέσσερα δείγματα νερού συντηρήθηκαν με δύο διαφορετικούς τρόπους. Τα ιόντα  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ , και  $Ca^{2+}$  συντηρήθηκαν καλύτερα με χλωροφόρμιο, παρά στην κατάψυξη.





Εικ.3.1.4.β Δεκατερεία δείγματα νερού συντηρήθηκαν με δύο διαφορετικούς τρόπους. Τα ιόντα Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> και SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> συντηρήθηκαν καλύτερα με χλωροφόρμιο, παρά στην κατάψυξη.

## 3.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

### 3.2.1 Δειγματολήπτης - συλλογή δειγμάτων

Τα μακροασπόνδυλα συλλέχτηκαν με δειγματολήπτη τύπου φτυαριού - "σέσουλας" με ανοξείδωτο δίχτυ, διαμέτρου πόρων 0,3 mm.

Ο δειγματολήπτης τοποθετείται με μικρή κλίση (σχεδόν κάθετα) στο ίζημα του βυθού.

Η μέθοδος δειγματοληψίας ήταν η ίδια τόσο στις ακτές όσο και στα βαθιά.

Για την πραγματοποίηση των δειγματοληψιών στα βαθύτερα σημεία, χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος δειγματολήπτης και έγιναν καταδύσεις με τη βοήθεια φιάλης οξυγόνου.

Το βάθος διεύδυσης μέσα στο ίζημα ήταν περίπου 10 cm, η δειγματοληπτική επιφάνεια 10 cm × 15 cm, δηλαδή 150 cm<sup>2</sup> ή 0,015 m<sup>2</sup> και η χωρητικότητα ήταν περίπου 1,5 L-2 L. Ο όγκος του δείγματος υπολογίζεται και με ογκομετρικό δοχείο για μεγαλύτερη ακρίβεια.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του δειγματολήπτη είναι:

1. είναι ελαφρύς, μικρός και εύχρηστος
2. Ο χειριστής - που πρέπει να είναι πάντα ο ίδιος - μπορεί να ασκήσει πίεση και να πάρει δείγμα και από σκληρό υπόστρωμα.
3. Δεν διαταράσσει πολύ τον πυθμένα κατά την δειγματοληψία, άρα δεν χάνονται ευκίνητα είδη της πανίδας.
4. Οι οργανισμοί ανασύρονται μαζί με το ίζημα, με συνέπεια να συλλαμβάνονται και οι οργανισμοί που είναι προσκολλημένοι εκεί, όπως ορισμένα Δίπτερα, Τριχόπτερα κ.λ.π. (Βορεάδου, 1993)

### 3.2.2 Κοσκίνισμα - διαλογή - συντήρηση

#### *Κοσκίνισμα*

Το ίζημα ογκομετρείται και κοσκινίζεται επί τόπου, με κόσκινο διαμέτρου πόρων 0,425 mm.

Το μέγεθος των πόρων 0,5 ή 1 mm, θεωρείται κατάλληλο για αναλύσεις της βενθικής μακροπανίδας (Eleftheriou & Holme, 1984).

Εναλλακτικά, το ίζημα μεταφέρεται στο εργαστήριο, με πλαστικά βαρελάκια, συντηρημένο με αιθανόλη 70%, όπου γίνεται το κοσκίνισμα (Method 10500, Standard Methods, APHA 1995).

#### *Διαλογή*

Η διαλογή των ασπόνδυλων γίνεται με στερεοσκοπικό μικροσκόπιο, τύπου Leica, μεγέθυνσης 10 × 40 και ο προσδιορισμός τους, με τη βοήθεια κλειδών, που αναφέρονται αναλυτικά στον Πίνακα 4.2.1.

#### *Συντήρηση*

Το υλικό που προκύπτει μετά το κοσκίνισμα ή μετά τη διαλογή, φυλάσσεται σε γυάλινα δοχεία και συντηρείται με αιθανόλη 70% (Method 10500, Standard Methods, APHA 1995).

### 3.2.3 Υγρή Βιομάζα - taxa/L - αφθονία

#### *Υγρή Βιομάζα*

Τα βενθικά μακροασπόνδυλα, τοποθετήθηκαν πάνω σε χαρτί, όπου στραγγίστηκε το μεγαλύτερο μέρος του διαλύματος αλκοόλης 70% και ζυγίστηκαν νωπά (Danell et al, 1981). Τα

μαλάκια ζυγίστηκαν με τα κελύφη τους (Sjoberg et al, 1981). Στη συνέχεια έγινε αναγωγή στο λίτρο.

#### *Taxa/L*

Έγινε επίσης ο υπολογισμός του αριθμού των ταξινομικών ομάδων ανά λίτρο ιζήματος (Βορέαδου, 1993).

#### *Αφθονία*

Υπολογίστηκε για κάθε δείγμα, τόσο η σχετική αφθονία, δηλαδή ο αριθμός των ατόμων μιας ταξινομικής ομάδας ανά λίτρο ιζήματος, όσο και η συνολική αφθονία, δηλαδή ο συνολικός αριθμός ατόμων ανά λίτρο (Βορέαδου, 1993).

Στην περίπτωση της συνολικής αφθονίας και της βιομάζας, έγινε αναγωγή και στο  $m^2$  για να συγκριθούν ενδεικτικά με βιβλιογραφικά δεδομένα.

### 3.2.4 Δείκτης ποικιλότητας Shannon - Wiener, $H'$ (Zar, 1999)

Είναι ένας δημοφιλής δείκτης, που εκφράζει ποσοτικά την ποικιλότητα και χρησιμοποιείται από το 1948 μέχρι σήμερα. Εξ αιτίας του ότι έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως, αποτελεί ένα καλό μέτρο σύγκρισης μεταξύ των πληθυσμών.

Ο υπολογισμός του γίνεται με βάση τον τύπο:

$$H' = -\sum p_i \log p_i, i=1-k$$

Όπου  $p_i$  είναι ο αριθμός ατόμων της ταξινομικής ομάδας  $i$ , στο δείγμα προς το σύνολο των ατόμων στο δείγμα και  $k$  = ο αριθμός των ταξινομικών ομάδων.

Στη παρούσα μελέτη υπενθυμίζεται ότι γίνεται αναγωγή στο λίτρο.

Η βάση του  $\log$  που χρησιμοποιείται πιο συχνά είναι το 10, το  $e$  και το 2. Εχοντας υπολογίσει τον δείκτη  $H'$ , σε μία συγκεκριμένη λογαριθμική βάση, μπορούμε στη συνέχεια να τον μετατρέψουμε σε μία άλλη, πολλαπλασιάζοντας απλά με ένα συντελεστή όπως δείχνει ο Πίνακας 3.2.4.

Ο δείκτης  $H'$  λαμβάνει υπόψη και την αφθονία του δείγματος και τον αριθμό των διαφορετικών ταξινομικών ομάδων (taxa), που υπάρχουν στο δείγμα.

Είναι γνωστό ότι ο δείκτης  $H'$ , υποεκτιμά την ποικιλότητα εκείνου του πληθυσμού, από τον οποίο έχει ληφθεί το δείγμα (Bowman et al, 1971). Το πρόβλημα αυτό ελαττώνεται με την αύξηση του μεγέθους του δείγματος.

Η μέγιστη δυνατή ποικιλότητα, προσδιορίζεται από τον τύπο:

$$H'_{\max} = \log k$$

όπου  $k$  = ο αριθμός των διαφορετικών ταξινομικών κατηγοριών στο δείγμα. Αν όλες οι ομάδες που υπάρχουν έχουν τον ίδιο αριθμό ατόμων, τότε:

$$H' = H'_{\max}$$

Πίνακας 3.2.4 Μετατροπή του Δείκτη Shannon σε διαφορετική  $\log$  βάση

Μετατρέπουμε από:			
Μετατρέπουμε σε:	Βάση 2	Βάση $e$	Βάση 10
Βάση 2	1	1,4427	3,3219
Βάση $e$	0,6931	1	2,3026
Βάση 10	0,301	0,4343	1

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο φυσικός λογάριθμος (με βάση το  $e$ ).

### 3.2.5 Δείκτης Ομοιομορφίας J'

Η ποσότητα J', αναφέρεται ως evenness (Pielou, 1966), αλλά αναφέρεται επίσης και ως Ομοιογένεια ή Ομοιοκατανομή ή Σχετική Ποικιλότητα (Zar, 1999).

Ο δείκτης J', εκφράζει την παρατηρούμενη ποικιλότητα σαν ένα κλάσμα της μέγιστης δυνατής ποικιλότητας, όπως φαίνεται από τον τύπο:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad (\text{Zar, 1999})$$

Ο δείκτης J', δεν επηρεάζεται από την λογαριθμική βάση που έχει χρησιμοποιηθεί, για τον προσδιορισμό του H' και H'\_{\max}.

Αφού το k υποεκτιμά συνήθως τον αριθμό των διαφορετικών ταξινομικών κατηγοριών σ' ένα πληθυσμό, ο δείκτης J' του δείγματος υπερεκτιμά, την ομοιοκατανομή που υπάρχει στον πληθυσμό (Zar, 1999).

## 3.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τη Στατιστική Ανάλυση των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκαν το Στατιστικό Πρόγραμμα Statistica, το EXCEL και οι παρακάτω Στατιστικές Μέθοδοι :

### 3.3.1 Συσχέτιση (correlation)

Είναι μια "δύσκολη" τεχνική Ανάλυσης στο κεφάλαιο της Στατιστικής.

Οι μεταβλητές που συσχετίζονται, αντιμετωπίζονται με την ίδια βαρύτητα (συμμετρικά).

Δεν είναι εύκολο να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα μελετώντας ανά δύο τους παράγοντες γιατί δεν υπάρχει πάντα σχέση αιτίας - αποτελέσματος. Συχνά υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τους παράγοντες που μελετάμε και τους κάνουν να μεταβάλλονται ανάλογα (Μαρκάκης, 2000).

*Απλή Γραμμική Συσχέτιση Pearson:*

Η λέξη "απλή" δηλώνει, ότι μόνο δύο μεταβλητές εξετάζονται ταυτόχρονα.

Ο Συντελεστής Γραμμικής Συσχέτισης του Pearson ή δείκτης συσχέτισης ( R ), είναι ένα μέτρο της έντασης της γραμμικής σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών, χωρίς να προσδιορίζει τη φύση αυτής της σχέσης.

Αν οι δύο παράγοντες δεν μεταβάλλονται γραμμικά, τότε δεν αποτελεί έγκυρο μέτρο.

Αν υπάρχουν ακραίες τιμές, επειδή ο συντελεστής συσχέτισης είναι πολύ ευαίσθητος, μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα.

Η συσχέτιση που υπολογίζεται, ισχύει μόνο για το συγκεκριμένο εύρος τιμών που μελετάμε, γιατί έξω από αυτά τα όρια, μπορεί να αλλάξει.

Μετά την εύρεση του συντελεστή συσχέτισης και την διαπίστωση ότι υπάρχει γραμμική σχέση, το ερώτημα που προκύπτει είναι, αν αυτή η γραμμική σχέση ισχύει όχι μόνο για το δείγμα που μελετήσαμε, αλλά και για ολόκληρο τον πληθυσμό από τον οποίο προέρχεται το δείγμα. Γι αυτό γίνεται έλεγχος, για το αν ισχύει η μηδενική υπόθεση "μη ύπαρξης σχέσης", στο επίπεδο σημαντικότητας  $p = 0,05$ . Για να γίνει αυτός ο έλεγχος πρέπει τα δείγματα να έχουν επιλεγεί τυχαία και το μέγεθος του δείγματος να μην είναι πολύ μικρό ( $>10$ ) ή να προέρχεται από κανονικό πληθυσμό.

### *Συσχέτιση Spearman*

Είναι το μη παραμετρικό ανάλογο (βλ. 3.3.5) της συσχέτισης Pearson. Σύμφωνα με τον Elliot (1977), ο μη παραμετρικός συντελεστής Spearman ανιχνεύει και μη γραμμικές σχέσεις.

Επιλέχτηκε η συσχέτιση Pearson για τη γραμμική συσχέτιση συγκέντρωσης ιόντων, επειδή είναι πιο ευαίσθητη και η συσχέτιση Spearman για τη συσχέτιση μεταξύ φυσικοχημικών παραγόντων, με βιολογικούς παράγοντες. Η συσχέτιση Spearman επιλέχτηκε, επειδή δεν επηρεάζεται από τις ακραίες τιμές που παρατηρούνται στους βιολογικούς πληθυσμούς και επειδή αναγνωρίζει και μη γραμμικές σχέσεις (Zar, 1999 & Pagano et al, 2000).

### **3.3.2 Παλινδρόμηση (regression)**

Είναι μια Στατιστική τεχνική που διερευνά τη φύση της σχέσης μεταξύ δύο συνεχών μεταβλητών. Οι μεταβλητές δεν αντιμετωπίζονται συμμετρικά, αλλά η μία (X), θεωρείται ανεξάρτητη (independent, explanatory) και η άλλη (Y), εξαρτημένη (dependent, response).

Η κατανόηση μιας τέτοιας σχέσης βοηθάει στο να γίνει κάποια πρόβλεψη, όμως η γραμμή Παλινδρόμησης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα όρια των παρατηρούμενων τιμών.

Αφού κατασκευαστεί μια γραμμή Παλινδρόμησης, στη συνέχεια πρέπει να ελεγχθεί αν προσαρμόζεται καλά στα παρατηρούμενα δεδομένα. Γι αυτό το λόγο υπολογίζουμε τον συντελεστή προσδιορισμού ( $R^2$ ) του Pearson, που δείχνει το ποσοστό της μεταβλητότητας μεταξύ των παρατηρούμενων τιμών της Y, το οποίο εξηγείται από τη γραμμή Παλινδρόμησης της Y επί την X. Στην Παλινδρόμηση υποθέτουμε ότι για κάθε X, οι τιμές του Y προέρχονται τυχαία, από κανονικό πληθυσμό (Μαρκάκης, 2000, Pagano, 2000 & Zar, 1999).

Παλινδρόμηση εφαρμόσαμε, για να διερευνηθεί ο τρόπος μεταβολής της συγκέντρωσης ορισμένων ιόντων.

### **3.3.3 Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA)**

Είναι μια μέθοδος διάταξης (ordination) και αποτελεί ένα πρώτο βήμα για παραπέρα έρευνα. Εφαρμόζεται ευρέως σε οικολογικές μελέτες και μπορεί να:

1. Ανιχνεύει τη δομή - σχέση μεταξύ των μεταβλητών.
2. Απλοποιεί - μειώνει τους παράγοντες.

Από ένα χάος συγκεντρωμένων στοιχείων, ξεχωρίζει τα πιο σημαντικά και αντικαθιστά αυτά που δρουν με τον ίδιο τρόπο, με "συνιστώσες". Προκαλεί δηλαδή μια συμπίκνωση των μεταβλητών, διευκολύνοντας την ανάλυση και την ερμηνεία (Gardiner et al).

Παρόλο που η PCA εξασφαλίζει την όσο το δυνατόν μικρότερη απώλεια πληροφορίας, ένα μικρό ποσοστό της διασποράς που δεν ερμηνεύεται, πιθανότατα έχει μεγάλη σημασία, π.χ. σπάνια είδη που βρίσκονται σε πολύ μικρές αφθονίες, γίνονται δυσδιάκριτα ή εξαφανίζονται στη PCA, ενώ έχουν μεγάλη βιολογική σημασία (Cao et al, 1998).

Στην πολυμεταβλητή ανάλυση (π.χ. PCA), τα σπάνια είδη απλά προσθέτουν "θόρυβο", όμως η παρουσία τους δείχνει οικολογικές συνθήκες, οι οποίες είναι κατάλληλες για ευαίσθητες ομάδες και αποτελούν ένδειξη ποιότητας περιβάλλοντος στη θέση αυτή (Karr, 1991).

Επειδή απαιτούνται κανονικοί πληθυσμοί για την εφαρμογή της PCA, μετασχηματίσαμε τα στοιχεία που διαθέτουμε και μελετήσαμε ξεχωριστά τους φυσικοχημικούς από τους βιολογικούς παράγοντες.

Συγκεκριμένα, στα φυσικοχημικά στοιχεία έγινε τυποποίηση (standardization), για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα των διαφορετικών μονάδων μέτρησης και να αποκτήσουν τα στοιχεία ίσα αρχικά βάρη, σύμφωνα με τον τύπο:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

όπου  $X$  = τιμή,  $\mu$  = μέση τιμή και  $\sigma$  = τυπική απόκλιση.

Στα Βιολογικά στοιχεία, έγινε κανονικοποίηση, με μετασχηματισμό διπλής τετραγωνικής ρίζας. Ο μετασχηματισμός αυτός έχει το πλεονέκτημα να μειώνει την επίδραση των πολύ ψηλών τιμών αφθονίας που εμφανίζουν ορισμένες ομάδες της μακροπανίδας, σε σχέση προς κάποιες άλλες που έχουν πολύ μικρές ή μηδενικές τιμές (Field et al, 1982).

Γενικά οι μετασχηματισμοί γίνονται για να πετύχουμε κάποιες προϋποθέσεις, αλλά συχνά ικανοποιούνται παράλληλα και άλλες (Zar, 1999).

Επιχειρήθηκε μείωση των διαστάσεων των δεδομένων, τόσο στα φυσικοχημικά όσο και στα βιολογικά στοιχεία.

Κάποια δεδομένα δεν έγιναν αποδεκτά από την PCA, όπως τα Psychodidae, γιατί δεν εμφανίζουν διασπορά, ο TOC και ο POC, γιατί έχουν μικρό αριθμό δειγμάτων (στην PCA πρέπει ο αριθμός των μεταβλητών να είναι μικρότερος από τον αριθμό των δειγμάτων).

### 3.3.4 Ανάλυση Ομαδοποίησης (Cluster Analysis)

Είναι μια Ημιποσοτική Πολυμεταβλητή Στατιστική τεχνική, μια Ανάλυση Ταξινόμησης (Classification). Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται όταν δεν έχουμε εξ αρχής κάποιες υποθέσεις, αλλά είμαστε ακόμα στη διερευνητική φάση της μελέτης.

Όταν τα δεδομένα παρατήρησης, δημιουργούν ένα "βουνό" από πληροφορίες, η Ανάλυση Ομαδοποίησης τα οργανώνει σε σημαντικές ομάδες, που μπορεί κανείς να τις χειριστεί πιο εύκολα.

Τα στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους ανάλογα με το βαθμό ομοιότητας που έχουν. Πρώτα συνδέονται τα πιο όμοια, που εμφανίζουν την μικρότερη απόσταση (distance) και στη συνέχεια τα πιο ανόμοια.

Όταν κάποια στοιχεία είναι όμοια μεταξύ τους, τότε σχηματίζουν αθροίσματα τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με συνδέσεις (linkage). Δημιουργείται έτσι ένα δενδρόγραμμα.

Η απόσταση μεταξύ των αθροισμάτων - ομάδων δείχνει πόσο διαφέρει η μια ομάδα από την άλλη.

Στην παρούσα μελέτη επιλέξαμε *Euclidean distances*, δηλαδή γεωμετρικές αποστάσεις στο χώρο πολλαπλής κατεύθυνσης και τη σύνδεση "*weighted pair-group average*", η οποία μετράει την απόσταση που υπάρχει μεταξύ του κέντρου βάρους των ομάδων και επί πλέον λαμβάνει υπόψη, το διαφορετικό μέγεθος των ομάδων - στάθμιση (Statistica Manual).

Επειδή οι αποστάσεις επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις διαφορές στην κλίμακα μέτρησης, έγινε μετασχηματισμός των στοιχείων (βλ. PCA).

### 3.3.5 Μη Παραμετρικές Μέθοδοι

Επειδή οι Μη Παραμετρικές Μέθοδοι απαιτούν λιγότερες προϋποθέσεις για τους πληθυσμούς που μελετάμε, λέγονται και Μέθοδοι Ελεύθερες - Κατανομής (distribution free methods).

Για να χρησιμοποιηθούν ορισμένες παραδοσιακές παραμετρικές μέθοδοι, θα πρέπει να τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις:

1. Τα στοιχεία, πρέπει να λαμβάνονται τυχαία από τον πληθυσμό.
2. Οι πληθυσμοί πρέπει να εμφανίζουν ίσες διασπορές (Ομοσκεδαστικότητα).

3. Τα αποτελέσματα των επιπέδων ενός παράγοντα να είναι προσθετικά.

Αν τα στοιχεία αποκλίνουν κάπως από την κανονικότητα και την ομοσκεδαστικότητα, είναι δυνατόν, να οδηγήσουν σε πλαστά συμπεράσματα (Zar, 1999).

Τέτοιου είδους προβλήματα αντιμετωπίζονται με τις Μη Παραμετρικές Διαδικασίες, οι οποίες βασίζονται στις διατάξεις (ranks) των δεδομένων και όχι στις ίδιες τις τιμές τους. Τα δεδομένα ταξινομούνται κατά σειρά αύξοντος ή μειούμενου μεγέθους και παίρνουν αντίστοιχα βαθμούς κατάταξης 1,2,3 κ.λ.π.

Η επιλογή Μη Παραμετρικών Μεθόδων έχει μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα (Pagano et al, 2000 & Statistica Manual, 1999).

*Μειονεκτήματα:*

1. Αν οι προϋποθέσεις που απαιτούνται για ένα παραμετρικό έλεγχο τηρούνται, τότε ο μη παραμετρικός έλεγχος, έχει μικρότερη ισχύ, από την αντίστοιχη παραμετρική τεχνική. Υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα σφάλματος τύπου II, δηλαδή, να αποδεχθούμε λανθασμένη "μηδενική" υπόθεση.
2. Είναι λιγότερο ειδικές και ευέλικτες.
3. Δεν χρησιμοποιούν όλη την πληροφορία που είναι γνωστή για μια κατανομή, επειδή βασίζονται στις διατάξεις.

*Πλεονεκτήματα:*

1. Είναι οι πιο κατάλληλες όταν το μέγεθος του δείγματος είναι μικρό.
2. Οι πληθυσμοί που μελετάμε, δεν χρειάζεται ν' ακολουθούν κανονική κατανομή.
3. Είναι λιγότερο ευαίσθητες στο σφάλμα μέτρησης.
4. Τελικά οι Μη Παραμετρικές Μέθοδοι μας επιτρέπουν να επεξεργαστούμε στοιχεία "χαμηλής" ποιότητας.

Επιλέχτηκαν οι μη παραμετρικές μέθοδοι:

- Συσχέτιση Spearman
- Kruskal-Wallis ANOVA
- Mann-Whitney U Test
- Friedman ANOVA and Kendall Coefficient Of Concordance

Η επιλογή των μεθόδων έγινε με κριτήριο το μικρό μέγεθος του δείγματος που διαθέταμε και την μη ύπαρξη κανονικότητας στους πληθυσμούς της μακροπανίδας.

### 3.3.5.α Kruskal-Wallis ANOVA by ranks

Είναι μια μη παραμετρική Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA), οφείλει το όνομά της σε δύο Αμερικανούς Στατιστολόγους και εφαρμόζεται από το 1952.

Χρησιμοποιήσαμε αυτή τη μέθοδο, σε δείγματα που προέκυψαν ως η μέση τιμή κάποιων αρχικών δειγμάτων που ανήκουν στην ίδια εποχή.

Συγκεκριμένα τα δείγματα του *Φθινοπώρου (I)*, προέκυψαν ως η μέση τιμή των δειγμάτων του Οκτωβρίου και του Νοεμβρίου,

τα δείγματα του *Χειμώνα (II)*, από τα δείγματα του Δεκεμβρίου, του Ιανουαρίου, του Φεβρουαρίου και του Μαρτίου,

της *Ανοιξης (III)*, από τα δείγματα του Απριλίου και του Μαΐου,

ενώ τα δείγματα του *Καλοκαιριού (IV)*, προέκυψαν από τα δείγματα του Ιουνίου, του Ιουλίου, του Αυγούστου και του Σεπτεμβρίου.

Στα δείγματα του Φθινοπώρου και της Ανοιξης δηλαδή, αντιστοιχούν δύο επαναληπτικά δείγματα, ενώ στα δείγματα του Χειμώνα και του Καλοκαιριού, αντιστοιχούν τέσσερα επαναληπτικά δείγματα.

Ο Πίνακας που εισάγουμε έχει δυο στήλες, στην πρώτη στήλη τοποθετούνται οι κωδικοί των δειγμάτων, προσέχοντας να έχουν τον ίδιο κωδικό τα επαναληπτικά δείγματα και στην δεύτερη στήλη τοποθετούνται οι τιμές της παραμέτρου που μελετάμε π.χ. της αφθονίας.

Με αυτή την ανάλυση, διερευνούμε αν υπάρχει εποχική διαφοροποίηση στα δείγματα κάθε σταθμού, εξετάζοντάς τα, ως προς την συνολική αφθονία, τον αριθμό των ομάδων ανά λίτρο (taxa/L) και ως προς τις σχετικές αφθονίες ορισμένων ομάδων της μακροπανίδας ξεχωριστά (Zar, 1999).

### **3.3.5.β Mann-Whitney U Test (1947)**

Αν η Kruskal-Wallis ANOVA, οδηγήσει σε απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης, περί μη ύπαρξης διαφοροποίησης μεταξύ των διαφόρων εποχών (ως προς την αφθονία ή τα taxa /L), τότε εφαρμόζουμε το Mann-Whitney U Test.

Εισάγουμε τον ίδιο πίνακα που χρησιμοποιήσαμε και στην Kruskal-Wallis ANOVA και ελέγχουμε τις εποχές ανά δύο, σε κάθε σταθμό.

Ο στατιστικός έλεγχος αυτός, είναι ο ίδιος, με ένα έλεγχο Kruskal-Wallis, δύο δειγμάτων.

Είναι το μη παραμετρικό ανάλογο του t-test, με το οποίο γίνεται σύγκριση δύο δειγμάτων, ως προς τις μέσες τιμές τους (Zar, 1999).

### **3.3.5.γ Friedman ANOVA and Kendall Coefficient Of Concordance**

Είναι μια μη παραμετρική Ανάλυση Διακύμανσης, η οποία συνδιάζεται με ένα μη παραμετρικό έλεγχο τον Kendall Coefficient of Concordance (Statistica Manual).

Χρησιμοποιήσαμε τον ίδιο πίνακα με αυτόν της Kuskal-Wallis και τον επιλέξαμε, είτε ολόκληρο, είτε ανά εποχή, για να ελέγξουμε την "μηδενική" υπόθεση περί μη ύπαρξης διαφοροποίησης μεταξύ των θέσεων (ως προς τη αφθονία ή τα taxa / L ), για ολόκληρο το έτος και για κάθε εποχή ξεχωριστά.



## ΚΕΦ.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 4.1 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

#### 4.1.1 Στάθμη του νερού

Η διακύμανση της στάθμης του νερού (Εικ.4.1.1), ήταν πολύ μεγάλη. Έφτασε τα 10 m περίπου: από τα 62,25 m τον Ιούνιο του 1999 έφτασε στα 52,6 m, τον Νοέμβριο 1999.



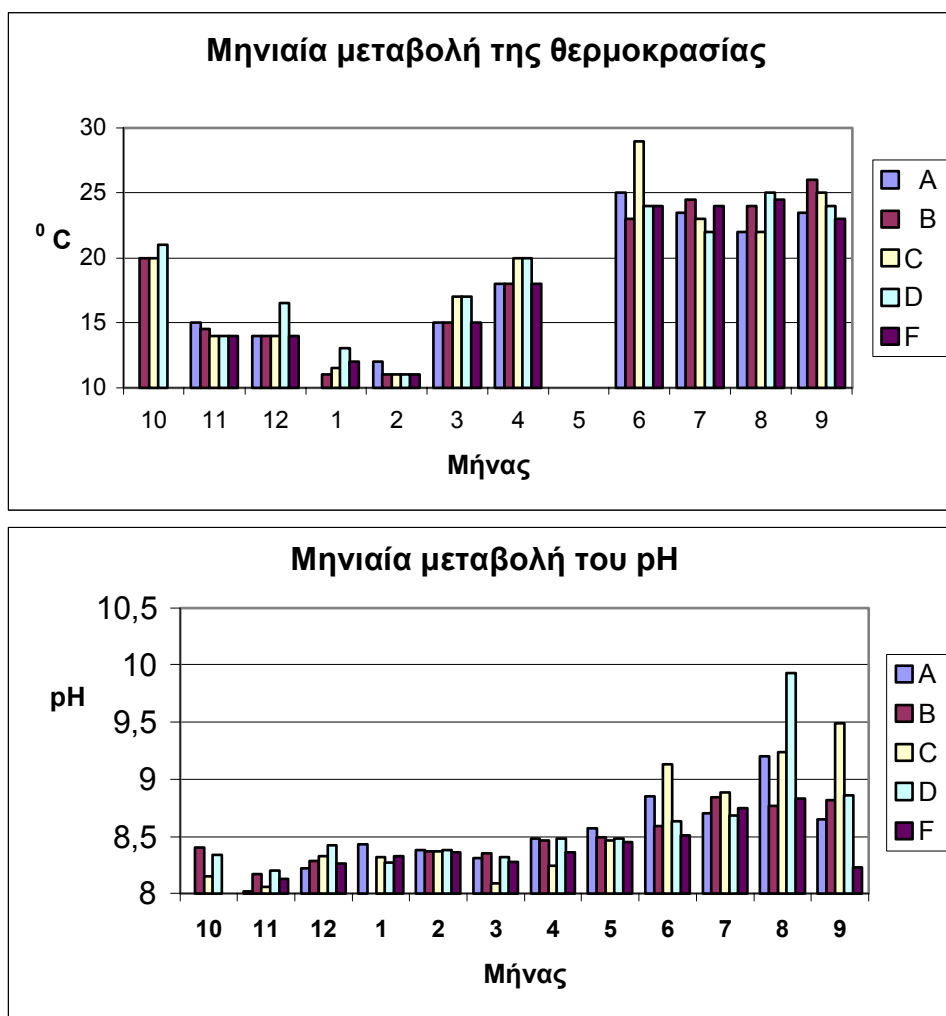
Εικ. 4.1.1 Μηνιαία μεταβολή της στάθμης του νερού στη φραγμολίμνη αμαπτραμιανών, Ιούν. 1999 - Σεπτ. 2000

#### 4.1.2 Θερμοκρασία και pH

Οι τιμές της **θερμοκρασίας** (Εικ. 4.1.2 & Παράρτημα I, Πίνακας 1), κυμάνθηκαν από  $10^{\circ}C$  τον Ιανουάριο έως  $29^{\circ}C$  τον Ιούνιο, με μέση τιμή  $18,35 \pm 5,2^{\circ}C$  και συντελεστή μεταβλητότητας 28,4%.

Το **pH** (Εικ. 4.1.2 & Παράρτημα I, Πίνακας 1), μετρήθηκε  $8,51 \pm 0,4$ , με συντελεστή μεταβλητότητας 4,3%, που σημαίνει ότι υπάρχει ομοιογένεια, όσον αφορά στο pH στη φραγμολίμνη.

Τα δύο αυτά μεγέθη παρουσιάζουν παρόμοια τάση μεταβολής, εμφανίζοντας ελάχιστες τιμές το χειμώνα και μέγιστες το καλοκαίρι.



Εικ. 4.1.2 Μηνιαία μεταβολή της θερμοκρασίας και του pH του νερού στη φραγμολίμνη Μπραμιανών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Η αύξηση του pH το καλοκαίρι, μπορεί να οφείλεται στην απομάκρυνση των διαφόρων μορφών των ανθρακικών (ειδών):

1. λόγω καταβύθισης του  $\text{CaCO}_3$ , σαν αποτέλεσμα της εξάτμισης (Drever, 1997)
  2. λόγω έντονης φωτοσύνθεσης ( Smith & Maasdan, 1994, from Perona, 1999)
- ή
3. λόγω μειωμένης διαλυτότητας του  $\text{CO}_2$ , που προέρχεται από την ατμόσφαιρα, εξ αιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας του νερού.

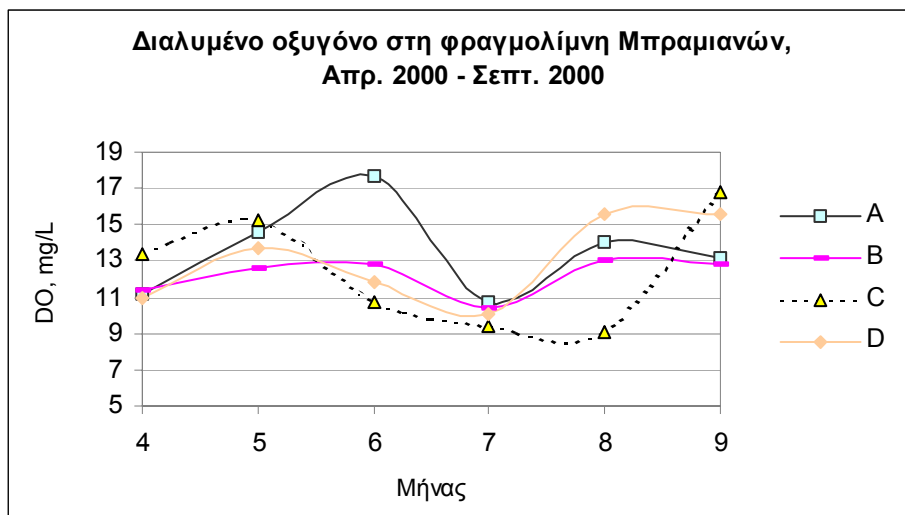
Η αντίθετη τάση μεταβολής που παρουσιάζει η αλκαλικότητα (βλ. παράγραφο 4.1.16) σε σχέση με το pH, επιβεβαιώνει την ορθότητα των μετρήσεων.

### 4.1.3 Διαλυμένο οξυγόνο

Οι μετρήσεις του DO (Εικ. 4.1.3.α & Παράρτημα I, Πίνακας 1) στη φραγμολίμνη, έγιναν από τον Απρίλιο έως και τον Σεπτέμβριο και η μέση συγκέντρωσή του βρέθηκε  $12,3 \pm 2,3 \text{ mg/L}$ , με συντελεστή μεταβλητότητας 21%.

Ο κορεσμός του νερού σε DO, κυμαίνεται από 87,5 - 213,4%, με μέση τιμή - τυπική απόκλιση,  $147 \pm 35,7 \text{ mg/L}$  και συντελεστή μεταβλητότητας 24,3%.

Οι παραπάνω μετρήσεις αφορούν τις ακτές της φραγμολίμνης.



Τον Ιούλιο παρατηρήθηκε απότομη μείωση του DO, που συσχετίζεται με μείωση του POC (βλ. παράγραφο 4.1.17) στους σταθμούς A και B. Πιθανότατα οφείλεται σε αύξηση της αποικοδομητικής δραστηριότητας.

Ο σταθμός C παρουσιάζει μικρότερες συγκεντρώσεις DO και μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οργανικού υλικού - TOC στο νερό και POC στο ίζημα (Εικ. 4.1.17.α και β) - σε σχέση με τους άλλους σταθμούς A, B, D, από τον Ιούνιο έως και τον Αύγουστο 2000.

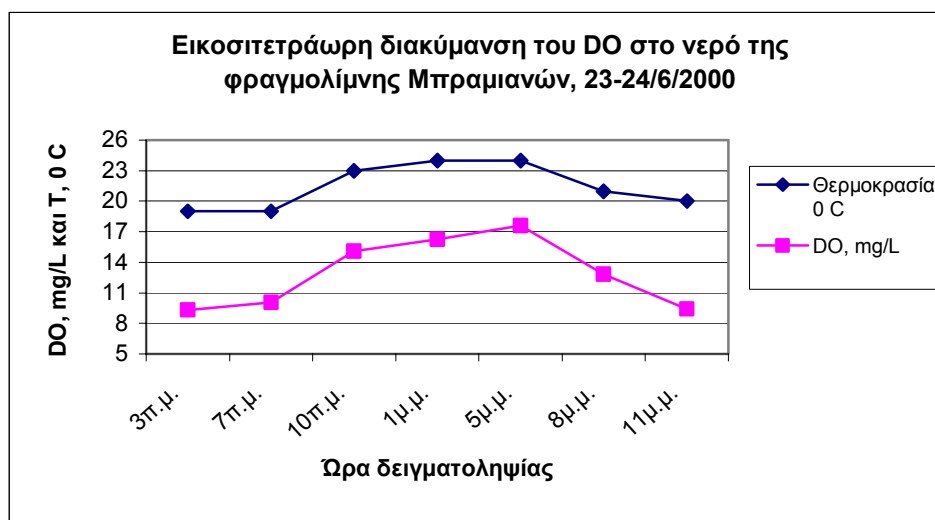
Κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου, από 23 έως 24 Ιουνίου, η διακύμανση του DO στο σταθμό A, ήταν πολύ έντονη (Πίνακας 4.1.3 και Εικ. 4.1.3.β).

Πίνακας 4.1.3 Μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου κατά την διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου (23-24/6/2000):

Ωρα	Θερμοκρασία, 0 C	DO, mg/L	Διαλυτότητα	% κορεσμός
3π.μ.	19	9,30	8,792	105,79
7π.μ.	19	10,08	8,792	114,66
10π.μ.	23	15,09	8,143	185,31
1μ.μ.	24	16,26	7,994	203,40
5μ.μ.	24	17,63	7,994	220,49
8μ.μ.	21	12,85	8,456	151,91
11μ.μ.	20	9,43	8,621	109,39

Στο διάγραμμα της Εικ. 4.1.3.β, φαίνεται η παράλληλη μεταβολή του DO και της θερμοκρασίας. Αυτό συμβαίνει γιατί η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι συνάρτηση της ηλιοφάνειας, η οποία καθορίζει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα.

Η ελάχιστη τιμή του DO, καταγράφηκε στις 3 π.μ. και ήταν  $9,3 \text{ mg/L}$  ή  $105,85\%$  κορεσμός του νερού σε οξυγόνο. Η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στις 5μμ περίπου και ήταν  $17,6 \text{ mg/L}$  ή  $220,5\%$  κορεσμός.



Εικ. 4.1.3.β Η μεταβολή της συγκέντρωσης του DO και της θερμοκρασίας στη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου στο σταθμό Α, στη φραγμολίμνη Μπραμειανών, Ιούν. 2000.

Το φαινόμενο της εικοσιτετράωρης διακύμανσης του DO, μπορεί να αποδοθεί στη διαδικασία της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που κορυφώνεται τις μεσημεριανές ώρες και οδηγεί στην μεγάλη παραγωγή οξυγόνου.

Φυσαλίδες οξυγόνου, που έχει παραχθεί μέσω της φωτοσυνθετικής διαδικασίας, ελευθερώνονται στο νερό, κατευθύνονται προς την επιφάνεια και στη συνέχεια στην ατμόσφαιρα, γεγονός με το οποίο συμφωνεί η διαπιστωμένη κατάσταση υπερκορεσμού τις απογευματινές ώρες.

Αντίθετα τη νύχτα, λόγω της απουσίας του φωτός, η φωτοσυνθετική παραγωγή του οξυγόνου σταματά και το συγκεντρωμένο στο νερό οξυγόνο, καταναλώνεται μέσω της αναπνοής.

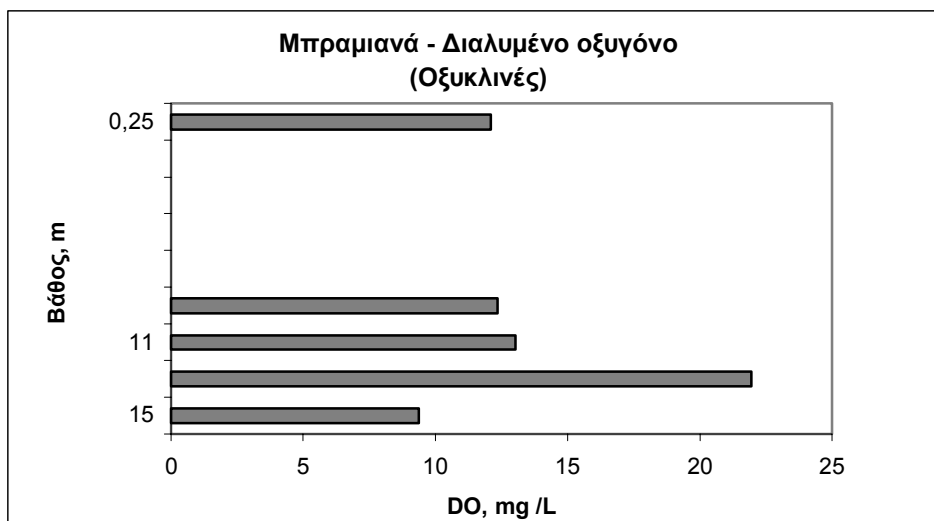
Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η ώρα της δειγματοληψίας, είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για τη συγκέντρωση του DO στο νερό.

#### 4.1.4 Υπαρξη θερμοκλινούς και οξυκλινούς τον Μάιο

Σύμφωνα με προσωπική μαρτυρία του κ. Π. Λυμπεράκη, ο οποίος έκανε κατάδυση στη φραγμολίμνη στις 20/5/2000, η θερμοκρασία του νερού στη φραγμολίμνη παρουσίαζε απότομη μείωση σε βάθος 12 m περίπου, πράγμα που σημαίνει ότι το θερμοκλινές βρίσκεται σ' αυτό το βάθος.

Επίσης κάτω από το θερμοκλινές, διαπίστωσε την ύπαρξη πολυάριθμων μικροσκοπικών Καρνινοειδών του γένους *Daphnia*, που αποτελούν μέρος του ζωοπλαγτού και έχουν υψηλές απαιτήσεις σε οξυγόνο.

Η ύπαρξη οξυκλινούς (Εικ. 4.1.4) διαπιστώθηκε στις 20/5/2000.



Εικ. 4.1.4 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του DO με το βάθος, στις 20-5-2000, δείχνει την ύπαρξη οξυκλινούς στη φραγμολίμνη Μπραμιανών.

Ακριβώς πάνω από τον πυθμένα το DO εμφανίζεται μειωμένο, λόγω της κατανάλωσής του μέσω της διαδικασίας της αποικοδόμησης της οργανικής ύλης. Η ελάττωση αυτή δεν είναι σημαντική, πιθανόν λόγω του ότι η διαφάνεια του νερού, επιτρέπει το πέρασμα του φωτός στα μεγαλύτερα βάθη και η φωτοσύνθεση που πραγματοποιείται εκεί, το ανανεώνει.

Στη ζώνη του θερμοκλινούς και αμέσως κάτω από αυτήν, όπου υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση DO, παρατηρήθηκε η μεγάλη συνάθροιση των Καρκινοειδών του γένους *Daphnia*, μια που το περιβάλλον είναι ιδιαίτερα ευνοϊκό.

Πάνω από το οξυκλινές, υπάρχει σχετικά μικρότερη συγκέντρωση DO, γιατί η ψηλότερη θερμοκρασία οδηγεί σε μικρότερη διαλυτότητα και το οξυγόνο που παράγεται εφόσον δεν καταναλώνεται με την αναπνοή, μεταφέρεται προς τα πάνω και ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

#### 4.1.5 Χλώριο, χλωριότητα, αλατότητα

Τα **ιόντα Cl<sup>-</sup>** (Εικ. 4.1.5.α & Παράρτημα I, Πίνακας 1), εμφανίζουν πολύ μεγάλη συγκέντρωση. Η μέση ετήσια τιμή - τυπική απόκλιση είναι,  $387 \pm 80$  mg/L, η μέγιστη τιμή 572,3 mg/L και ο συντελεστής μεταβλητότητας 20,7%.

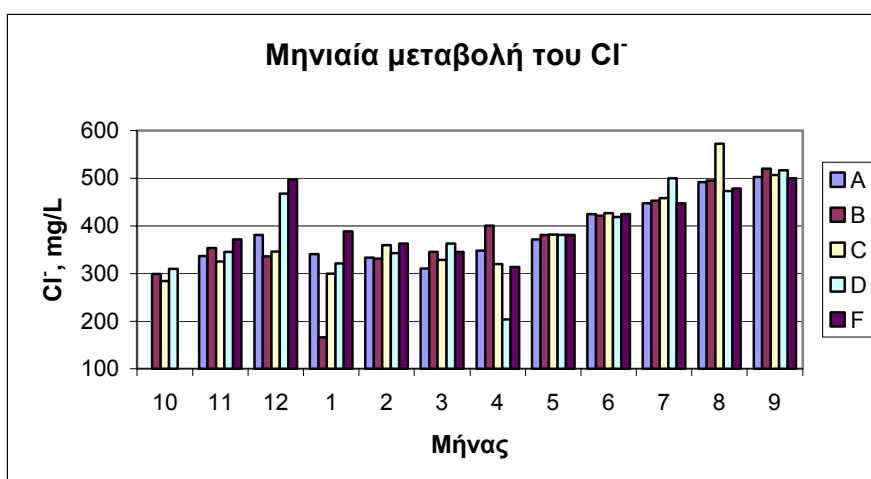
Η μεγάλη τιμή του συντελεστή μεταβλητότητας οφείλεται κυρίως στις χρονικές διακυμάνσεις.

Οι μεγάλες συγκεντρώσεις του Cl<sup>-</sup>, εντοπίζονται τους θερμούς μήνες, ιδιαίτερα τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο.

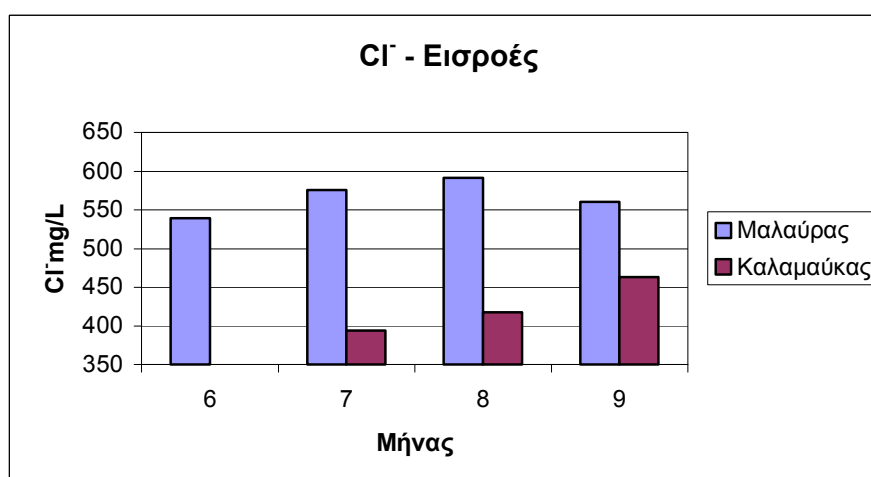
Το ιόν του Cl<sup>-</sup> συμπεριφέρεται συντηρητικά (δεν παίρνει μέρος σε αντιδράσεις και διατηρεί την συγκέντρωσή του, εκτός εάν γίνει αραίωση με νερό χαμηλής συγκέντρωσης Cl<sup>-</sup>). Από τη στιγμή που εισέρχεται στη θάλασσα, παραμένει  $131 \times 10^6$  χρόνια (Andrews et al, 1996).

Εξετάστηκε η συγκέντρωση των ιόντων Cl<sup>-</sup> στο νερό των δύο εισροών (Εικ. 4.1.5.β), κατά την καλοκαιρινή περίοδο και βρέθηκαν τα εξής:

- υπάρχει τάση αύξησης της συγκέντρωσης των ιόντων  $Cl^-$ , από τον Ιούνιο 2000 έως τον Αύγουστο 2000, στην εισροή της Μαλαύρας και από τον Ιούλιο 2000 έως τον Σεπτέμβριο 2000, στην εισροή της Καλαμαύκας.
- οι συγκεντρώσεις των ιόντων  $Cl^-$  είναι ψηλότερες στο νερό της εισροής της Μαλαύρας παρά στην εισροή της Καλαμαύκας.
- οι συγκεντρώσεις των ιόντων  $Cl^-$  στο νερό της φραγμολίμνης, είναι χαμηλότερες από τις αντίστοιχες στην εισροή της Μαλαύρας και ψηλότερες από τις αντίστοιχες στην εισροή της Καλαμαύκας.



Εικ. 4.1.3.α Μηνιαία μεταβολή της συγκέντρωσης των ιόντων  $Cl^-$  στη φραγμολίμνη Μπραμινιών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.



Εικ. 4.1.3.β Συγκέντρωση των ιόντων  $Cl^-$ , στις εισροές της φραγμολίμνης Μπραμινιών, Ιούν. 2000 - Σεπτ. 2000.

Οι παρατηρήσεις αυτές οδηγούν στη σκέψη ότι οι αυξημένες τιμές της συγκέντρωσης  $Cl^-$  στο νερό της φραγμολίμνης, οφείλονται σε εισαγόμενο  $Cl^-$ , που προέρχεται κυρίως από την εισροή της Μαλαύρας. Οι πηγές της Μαλαύρας βρίσκονται κοντά στο χωριό Παχειά Άμμος, στα βόρεια

παράλια της Κρήτης. Υποθέτουμε ότι λόγω υπεράντλησης του νερού το καλοκαίρι, ο υδροφόρος ορίζοντας κατέρχεται, με συνέπεια να εισέρχεται το νερό της θάλασσας στις πηγές της Μαλαούρας.

Σημαντικός παράγοντας στον οποίο οφείλεται η μεγάλη συγκέντρωση των ιόντων  $Cl^-$ , μπορεί να θεωρηθεί και η εξάτμιση η οποία, τους θερμούς μήνες, προκαλεί συμπύκνωση των ιόντων στο νερό.

Η άρδευση τους θερμούς μήνες, προκαλεί αύξηση της αλατότητας του εδάφους, ενώ κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων εκπλύνονται τα άλατα από το έδαφος που περιβάλλει τη φραγμολίμνη.

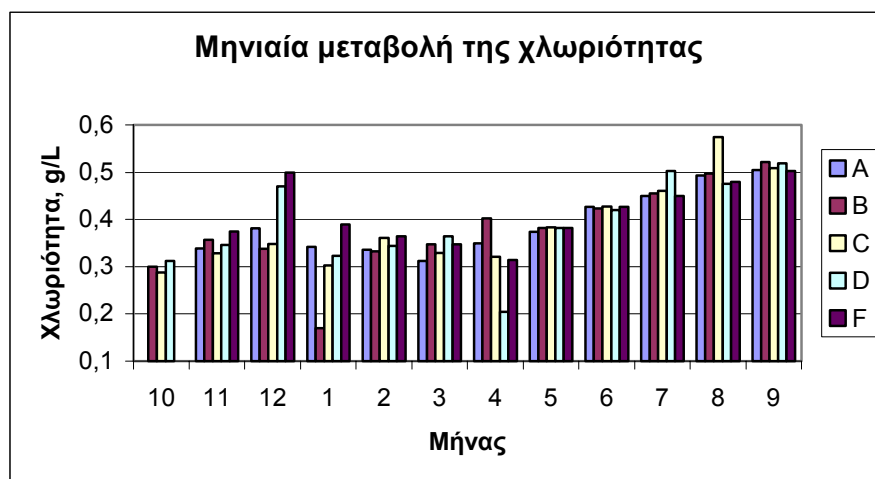
Ετσι συμβάλλουν κατά ένα μέρος στην αύξηση της αλατότητας του νερού της φραγμολίμνης, τον χειμώνα (Drever, 1997).

Η εν λόγω αύξηση της αλατότητας, είναι εμφανής τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο του 1999 στη συγκεκριμένη φραγμολίμνη, αφού οι πρώτες βροχοπτώσεις σημειώθηκαν τον Νοέμβριο 1999 (Εικ. 4.1.3.α).

Η αύξηση της αλατότητας, τους θερμούς μήνες, δεν μπορεί να αποδοθεί στην άρδευση, αφού δεν υπάρχουν βροχοπτώσεις και δεν συμβαίνει έκπλυση του εδάφους, για να μεταφερθούν άλατα, από τον περιβάλλοντα χώρο στη φραγμολίμνη.

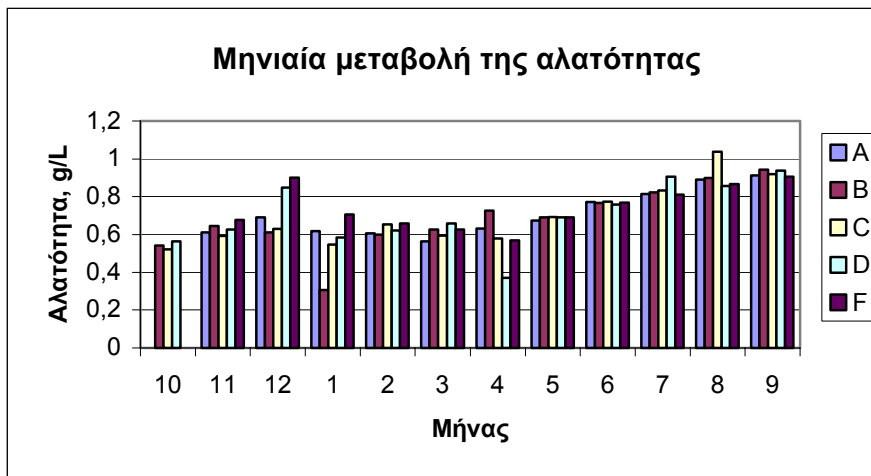
Η **χλωριότητα: {Cl}** (Εικ. 4.1.5.γ & Παράρτημα I, Πίνακας 1), εμφανίζει μέση ετήσια τιμή  $0,39 \pm 0,08$  g/L και συντελεστή μεταβλητότητας 20,7%. Παρουσιάζει την ίδια τάση μεταβολής που εμφανίζει και το  $Cl^-$ , όπως είναι αναμενόμενο, αφού η {Cl} οφείλεται κυρίως στη συγκέντρωση των ιόντων του  $Cl^-$ .

Η **αλατότητα: S** (Εικ. 4.1.5.δ% & Παράρτημα I, Πίνακας 1), έχει μέση ετήσια τιμή  $0,7 \pm 0,15$  g/L και συντελεστή μεταβλητότητας 20,67%.



Εικ. 4.1.3.γ Μηνιαία μεταβολή της χλωριότητας στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμειανών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Η τάση μεταβολής που παρουσιάζει η αλατότητα, είναι η ίδια με αυτήν που παρουσιάζει το  $Cl^-$  και η {Cl}, κάτι που είναι αναμενόμενο αφού είναι γραμμική συνάρτηση της συγκέντρωσης του  $Cl^-$ .

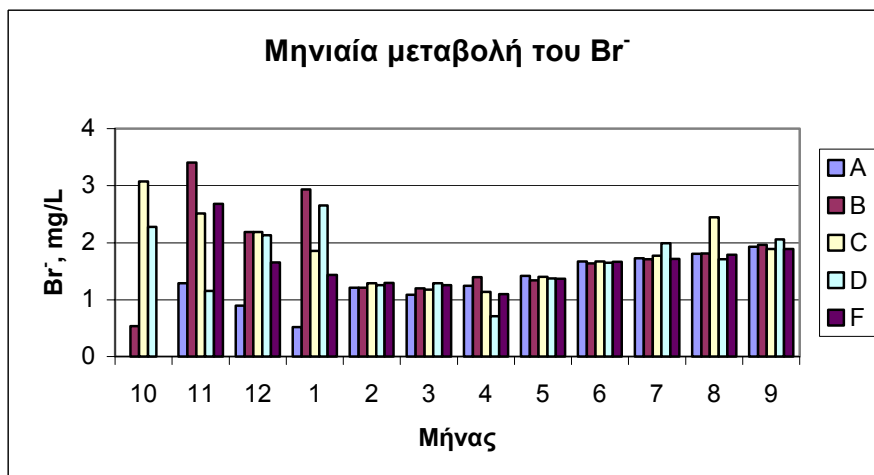


Εικ. 4.1.5.δ Μηνιαία μεταβολή της αλατότητας στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμινών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

#### 4.1.6 Βρώμιο

Το βρώμιο (Εικ. 4.1.6.α & Παράρτημα I, Πίνακας 1), εμφανίζει μέση ετήσια συγκέντρωση  $1,66 \pm 0,59 \text{ mg/L}$  και συντελεστή μεταβλητότητας 35%.

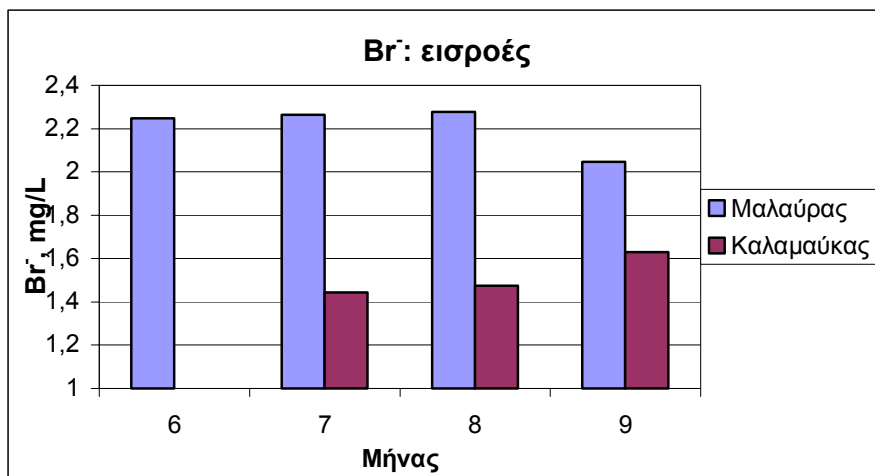
Η τάση μείωσης τους χειμερινούς μήνες, οφείλεται πιθανόν στην αραίωση που υφίσταται λόγω των βροχοπτώσεων, ενώ αυξάνεται τους θερμότερους μήνες, που η εξάτμιση προκαλεί συμπύκνωση των ιόντων στο νερό.



Εικ. 4.1.6.α Μηνιαία μεταβολή του Br<sup>-</sup> στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμινών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Η εισαγωγή ιόντων Br<sup>-</sup> (Εικ. 4.1.6.β), μέσω της εισροής της Μαλαύρας, αυξάνει τη συγκέντρωση του Br<sup>-</sup> στη φραγμολίμνη, ενώ αντίθετα λειτουργεί, η εισροή της Καλαμαύκας, αφού το νερό αυτό είναι φτωχότερο σε ιόντα Br<sup>-</sup>, από το νερό της φραγμολίμνης.





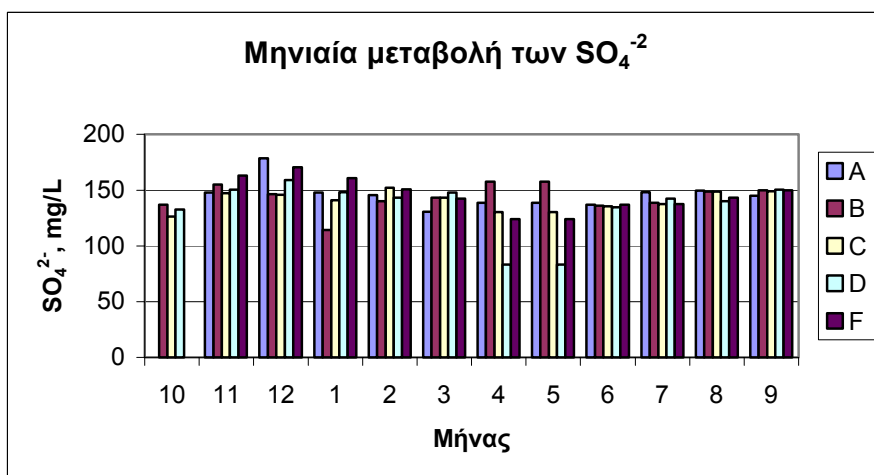
Εικ. 4.1.6.β Συγκέντρωση των ιόντων Br<sup>-</sup>, στις εισροές της φραγμολίμνης Μπραμινιών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

#### 4.1.7 Θεϊκά ανιόντα

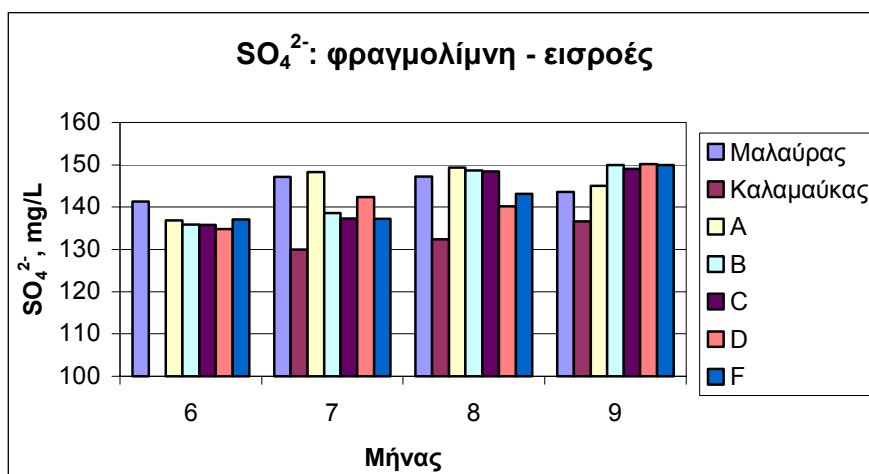
Τα θεϊκά ανιόντα (Εικ. 4.1.7.α & Παράρτημα Ι, Πίνακας 1) έχουν μέση ετήσια συγκέντρωση  $141,89 \pm 13,97 \text{ mg/L}$  και συντελεστή μεταβλητότητας 9,85%, δηλαδή η σύσταση του νερού ως προς τα SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, μπορεί να θεωρηθεί ομοιογενής.

Οι συγκεντρώσεις των SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> στη φραγμολίμνη, σε πολλές περιπτώσεις, ξεπερνούν τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις της εισροής της Καλαμαύκας και της Μαλαύρας (Εικ. 4.1.7.β).

Αυτό υποδηλώνει ότι τα SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> δεν εισάγονται μέσω των εισροών στη φραγμολίμνη, αλλά μάλλον παράγονται με διάβρωση.



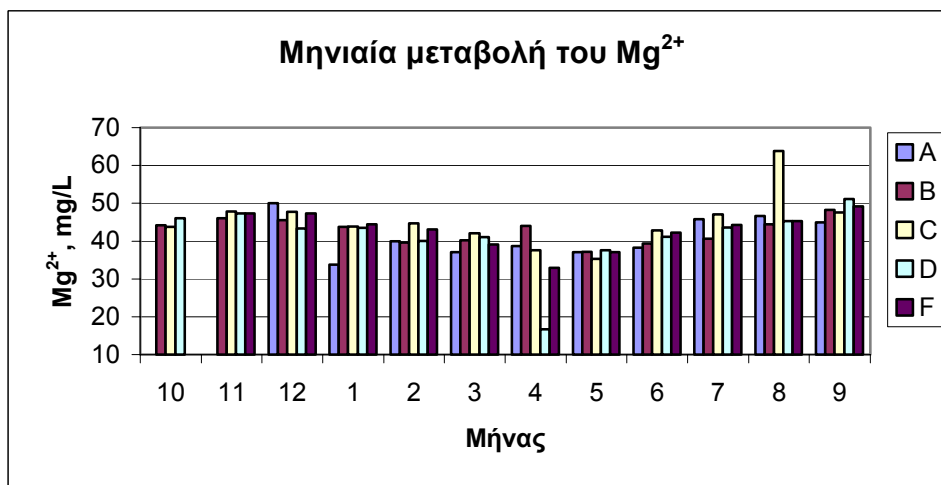
Εικ. 4.1.7.α Μηνιαία μεταβολή των SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμινιών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.



Εικ. 4.1.7.β Συγκέντρωση των  $SO_4^{2-}$  ανιόντων στις εισροές και στους 5 σταθμούς δειγματοληψίας των ακτών της φραγμολίμνης Μπραμινών, Ιούν. 2000 - Σεπτ. 2000.

#### 4.1.8 Μαγνήσιο, ασβέστιο και ολική σκληρότητα

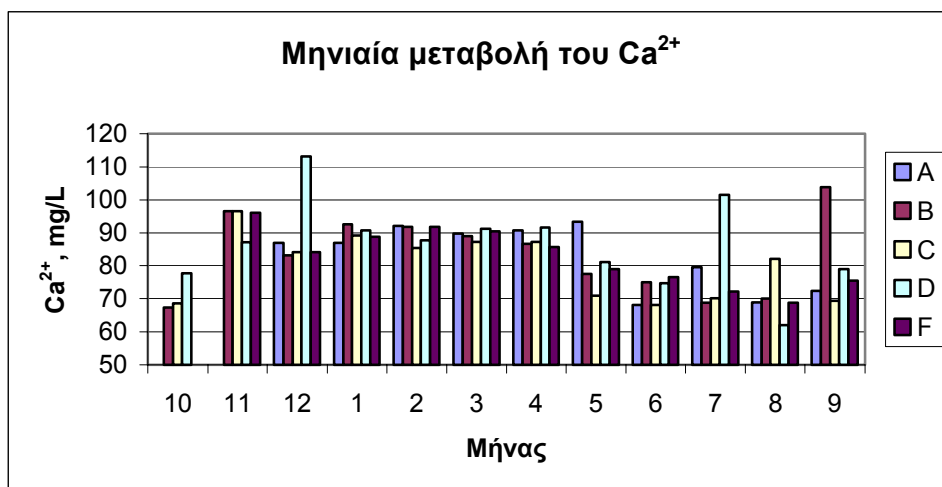
Το **μαγνήσιο** (Εικ. 4.1.8.α & Παράρτημα I, Πίνακας 1) έχει μέση ετήσια συγκέντρωση  $42,78 \pm 6,09 \text{ mg/L}$  και συντελεστή μεταβλητότητας 14,25%. Η συγκέντρωση του  $Mg^{2+}$ , εμφανίζει τάση αύξησης τους θερμούς μήνες και τάση μείωσης στο τέλος του χειμώνα και την άνοιξη, σαν αποτέλεσμα της εξάτμισης και της αραίωσης, αντίστοιχα.



Εικ. 4.1.8.α Μηνιαία μεταβολή του  $Mg^{2+}$  στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμινών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Το **ασβέστιο** (Εικ. 4.1.8.β & Παράρτημα I, Πίνακας 1), έχει μέση ετήσια συγκέντρωση  $83,12 \pm 10,7 \text{ mg/L}$  και συντελεστή μεταβλητότητας 12,86%.

Τα ιόντα  $Ca^{2+}$  που είναι διαλυμένα στο νερό οφείλονται στη διάβρωση των ασβεστολιθικών πετρωμάτων από τα οποία αποτελείται κυρίως η λεκάνη απορροής.



Εικ. 4.1.8.β Μηνιαία μεταβολή του Ca<sup>2+</sup> στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμμιανών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Οι μεγάλες τιμές του Ca<sup>2+</sup>, διευκολύνουν την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης, επειδή σταθερά οργανικά υλικά, όπως τα χουμικά οξέα, είναι δυνατόν να μετατραπούν σε ασταθή, παρουσία Ca<sup>2+</sup>. Συγκεκριμένα από το χουμικό οξύ και το Ca<sup>2+</sup> παράγεται ουδέτερο χουμικό ασβέστιο, που διασπάται πιο εύκολα από τα βακτήρια (Armitage, 1977, after Tseed, 1962).

Τα ιόντα Ca<sup>2+</sup> ρυθμίζουν επίσης την τοξικότητα των βαρέων μετάλλων (Baker, 1994), αφού καταλαμβάνουν κάποιες θέσεις πρόσδεσης, πάνω στις οργανικές ενώσεις, εμποδίζοντας τα βαρέα μέταλλα να προσδεθούν.

Οι χουμικές ενώσεις είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες σχηματισμού συμπλόκων, στα φυσικά νερά. Τα αδιάλυτα υλικά, χουμίνες, προσροφούν κατιόντα και τα διαλυτά, φουλβικά οξέα, συμπλοκοποιούν διάφορα μέταλλα. Είναι αναμενόμενος ο ανταγωνισμός μεταξύ του Ca<sup>2+</sup> και των άλλων μετάλλων κατά τον σχηματισμό συμπλόκων (Στεφάνου, 1999).

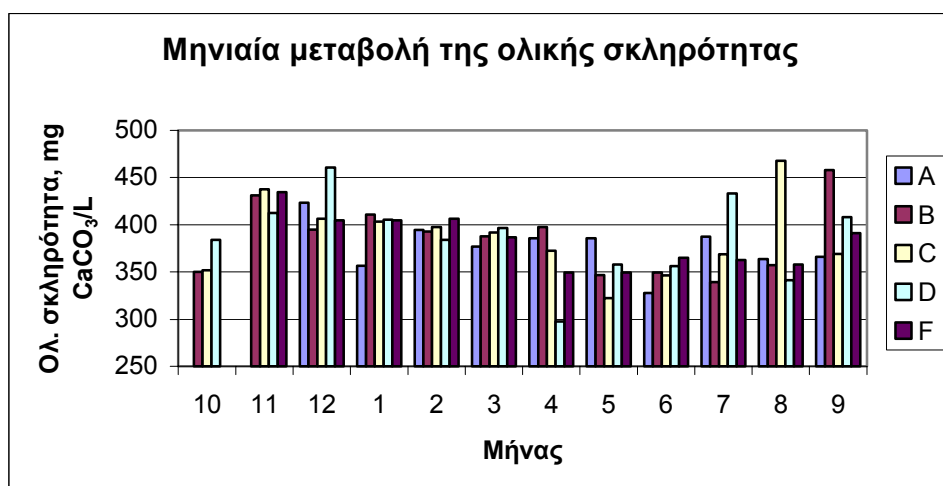
Το ασβέστιο, μειώνεται την καλοκαιρινή περίοδο.

Η εξάτμιση προκαλεί συμπύκνωση των ιόντων γενικά, αλλά όταν ξεπεραστεί κάποιο όριο αρχίζει η καταβύθιση των ιόντων τα οποία σχηματίζουν αδιάλυτα άλατα. Πρώτα - πρώτα σχηματίζεται το CaCO<sub>3</sub>, που είναι το λιγότερο διαλυτό άλατι, με συνέπεια να μειώνονται τα ιόντα Ca<sup>2+</sup> (Drever, 1997).

Η **ολική σκληρότητα** (Εικ. 4.1.8.γ & Παράρτημα I, Πίνακας 1), εμφανίζει μέση ετήσια τιμή 383,64 ± 34,94 mg/L και συντελεστή μεταβλητότητας 9,1%, δηλαδή το νερό της φραγμολίμνης παρουσιάζει ομοιογένεια ως προς τη σκληρότητα και μπορεί να χαρακτηριστεί συνολικά σαν "πολύ σκληρό" νερό (βλ. παράγραφο 3.1.7).

Η μεγάλη σκληρότητα του νερού, προκαλεί μεγαλύτερη τάση για απόθεση αδιάλυτων ανθρακικών αλάτων (Θ. Κουϊμτζή, 1994).

Επειδή η ολική σκληρότητα είναι συνάρτηση του Ca<sup>2+</sup>, παρουσιάζει μείωση τους καλοκαιρινούς μήνες.



Εικ. 4.1.8.β Μηνιαία μεταβολή της ολικής σκληρότητας, στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμινών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

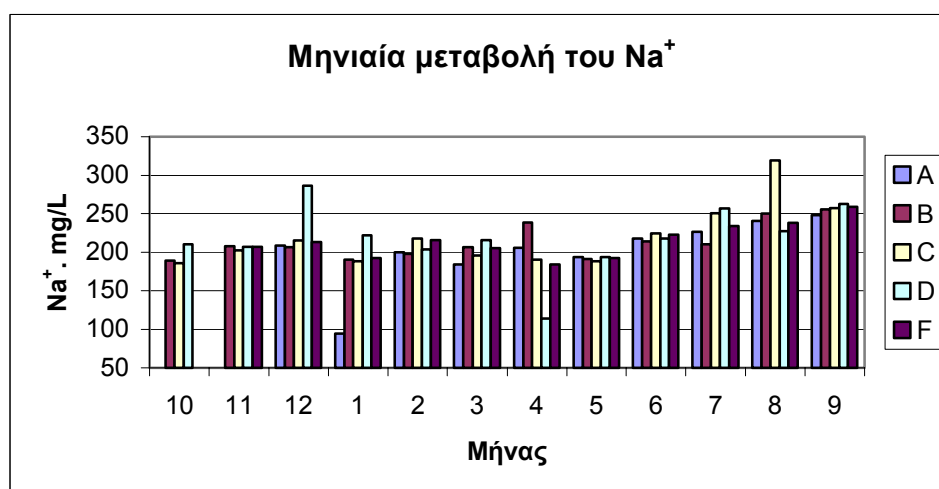
#### 4.1.9 Κάλιο

Το κάλιο (Παράρτημα I, Πίνακας 1) έχει μέση ετήσια συγκέντρωση  $5,91 \pm 1,07 \text{ mg/L}$  και συντελεστή μεταβλητότητας  $18,08\%$ .

#### 4.1.10 Νάτριο

Το νάτριο (Εικ. 4.1.10.α & Παράρτημα I, Πίνακας 1), εμφανίζει πολύ υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό της φραγμολίμνης.

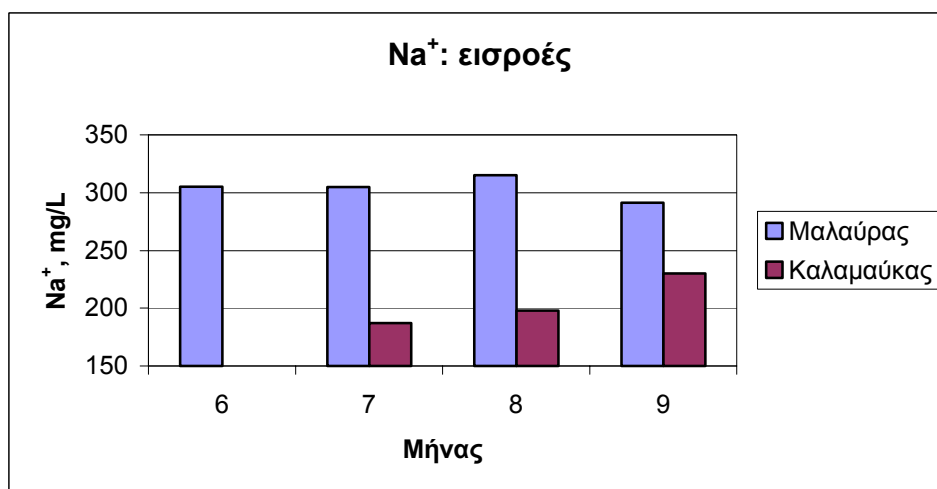
Η μέση ετήσια τιμή και η τυπική απόκλιση είναι  $213,86 \pm 34,48 \text{ mg/L}$ , ενώ ο συντελεστής μεταβλητότητας είναι  $16,1$ .



Εικ. 4.1.10α Μηνιαία μεταβολή του Na<sup>+</sup>, στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμινών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Η αυξητική τάση της συγκέντρωσης του  $\text{Na}^+$ , που εμφανίζεται τους θερμούς μήνες, μπορεί να αποδοθεί εν μέρει στην εξάτμιση, η οποία παίρνει μεγάλες τιμές στην περιοχή (βλ. παράγραφο 2.1) και εν μέρει στην εισροή της Μαλαύρας (Εικ.4.1.10.β).

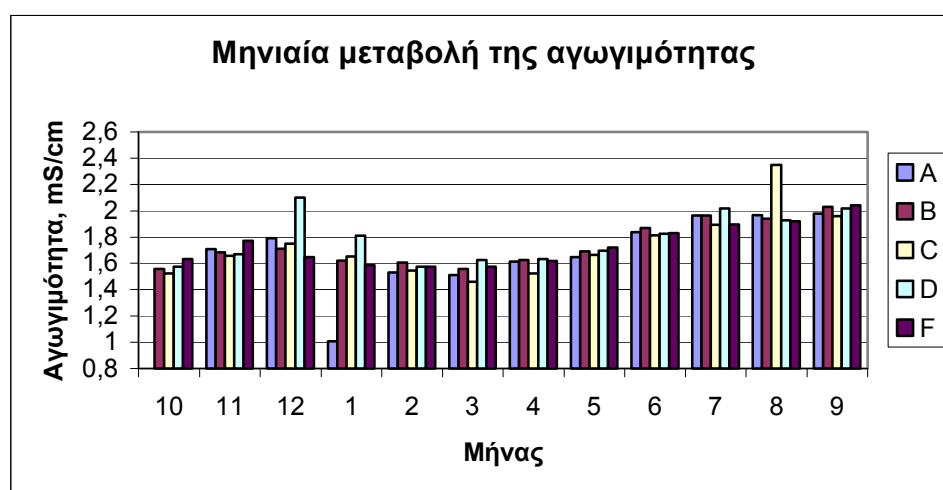
Η υπόθεση για εισαγωγή  $\text{Na}^+$ , μέσω της εισροής της της Μαλαύρας, υποστηρίζεται από το ότι η συγκέντρωση του  $\text{Na}^+$  είναι μεγαλύτερη στο νερό της Μαλαύρας, από την συγκέντρωση του  $\text{Na}^+$  στο νερό της φραγμολίμνης.



Εικ. 4.1.10.β Συγκέντρωση των ιόντων  $\text{Na}^+$ , στις εισροές της φραγμολίμνης Μπραμινιών, Ιούν. 2000 - Σεπτ. 2000.

#### 4.1.11 Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα (Εικ. 4.1.11 & Παράρτημα I, Πίνακας 1), έχει τιμές  $1,74 \pm 0,2 \text{ mS/cm}$  και συντελεστή μεταβλητότητας 11,98 %.



Εικ. 4.1.11 Μηνιαία μεταβολή της αγωγιμότητας, στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμινιών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Η τάση μεταβολής της αγωγιμότητας, ακολουθεί την τάση μεταβολής όλων των ιόντων (εκτός από τα  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  και  $\text{HCO}_3^-$ ), η οποία υπαγορεύεται από τα φαινόμενα της έμμεσης εισροής της θάλασσας αφενός και της εξάτμισης αφετέρου (βλ. παράγραφο 4.1.13).

Οι μετρήσεις των ιόντων με δύο διαφορετικούς μεθόδους (με ιοντική χρωματογραφία και με αγωγιμόμετρο), δίδουν ανάλογα αποτελέσματα. Αυτό επιβεβαιώνει την ορθότητα των μετρήσεων που έγιναν.

Η αγωγιμότητα στις εισροές (Παράρτημα I, Πίνακας 2) μετρήθηκε από τον Ιούνιο του 2000 έως τον Σεπτέμβριο του 2000 και βρέθηκε στην εισροή της Μαλαύρας 2,02 και 2,39 mS/cm αντίστοιχα, δηλαδή μεγαλύτερη από αυτήν του νερού της φραγμολίμνης. Αντίθετα η αγωγιμότητα στην εισροή της Καλαμαύκας, ήταν μικρότερη από την αγωγιμότητα του νερού της φραγμολίμνης τον Ιούλιο και τον Αύγουστο και μεγαλύτερη (~2,2 mS/cm) τον Σεπτέμβριο.

#### 4.1.12 Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Τα ολικά διαλυμένα στερεά (Παράρτημα I, Πίνακας 1), που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000, στο νερό των ακτών της φραγμολίμνης Μπραμιανών Λασιθίου, βρέθηκαν  $1165,82 \pm 139,71 \text{ mg/L}$  και ο συντελεστής μεταβλητότητας 11,98.

Σύμφωνα με τον Drever (βλ. Πίνακα 1.1.β) και τις παραπάνω μετρήσεις, τα νερά της λίμνης κατατάσσονται στα *υφάλμυρα (brackish) νερά*.

#### 4.1.13 Εισροή θαλασσινού νερού στη φραγμολίμνη Μπραμιανών

Η έμμεση εισροή θάλασσας μέσω των νερών της Μαλαύρας καθώς και η εξάτμιση, συμβάλλουν στη διαμόρφωση του ιοντικού περιεχομένου, στη φραγμολίμνη.

Σε μικρότερο ποσοστό μεταφέρονται άλατα από τη θάλασσα, μέσω της ατμόσφαιρας, ενώ στην αύξηση της αλατότητας συμβάλλει σε κάποιο βαθμό και η άρδευση.

Συσχετίζοντας τις συγκεντρώσεις ορισμένων ιόντων, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα, ότι υπάρχει σοβαρή ένδειξη, για εισροή θαλασσινού νερού στη φραγμολίμνη.

Συσχετίζοντας τις συγκεντρώσεις των ιόντων  $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$ , παρατηρούμε τα εξής:

- Αν τα συσχετίσουμε λαμβάνοντας τιμές από ολόκληρο το έτος, δεν βρίσκουμε σημαντική συσχέτιση.
- Αν πάρουμε τις τιμές που αντιστοιχούν στους μήνες Φεβρουάριο έως Σεπτέμβριο (Εικ. 4.1.13.α), εμφανίζεται πολύ ισχυρή γραμμική συσχέτιση με  $R^2 = 0,9691$ , η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης, αποδίδει κλίση,  $\text{Br}^-/\text{Cl}^- = 0,0044$  και το επίπεδο σημαντικότητας, δηλαδή η τιμή P είναι  $2,71 \cdot 10^{-30}$ .

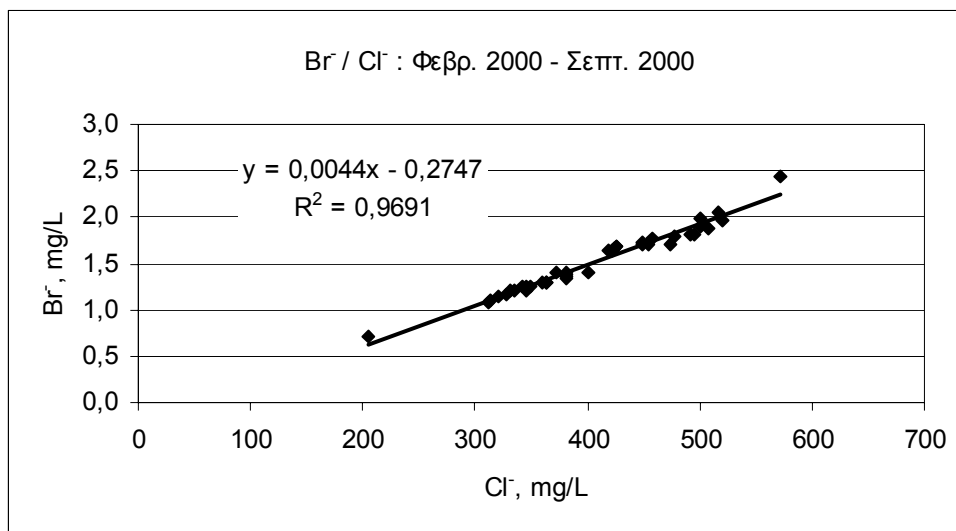
Η ύπαρξη πολύ ισχυρής γραμμικής σχέσης μεταξύ  $\text{Cl}^-$  και  $\text{Br}^-$ , την συγκεκριμένη χρονική περίοδο, μπορεί να αποδοθεί στην κοινή προέλευσή τους.

Επειδή ο λόγος  $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$  στη θάλασσα, είναι σταθερός και ίσος με 0,0035 (Stumm & Morgan, 1981) και 0,0039 για το Κρητικό πέλαγος (Καμπιώτη, 2000), μπορούμε να υποθέσουμε ότι τα ιόντα  $\text{Cl}^-$  και  $\text{Br}^-$ , μπορεί να προέρχονται από τη θάλασσα, αφού ο λόγος  $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$ , στο νερό της φραγμολίμνης (0,0044) είναι παραπλήσιος με τον αντίστοιχο στο θαλασσινό νερό.

Τους θερμούς μήνες, λόγω υπεράντλησης των υπόγειων νερών, χαμηλώνει ο υδροφόρος ορίζοντας και διεισδύει θαλασσινό νερό στις πηγές της Μαλαύρας οι οποίες βρίσκονται στα βόρεια παράλια της Κρήτης (Εικ. 2.1).

Οι πηγές της Μαλαύρας, τροφοδοτούν με νερό τη φραγμολίμνη μέσω αγωγών, προκαλώντας αύξηση της συγκέντρωσης των ιόντων  $\text{Cl}^-$  και άλλων "θαλασσινών" ιόντων, στο νερό της φραγμολίμνης.

Τόσο τα ιόντα  $\text{Cl}^-$  όσο και τα ιόντα  $\text{Br}^-$ , εισάγονται κυρίως με τα νερά της Μαλαύρας και όχι τόσο από την εισροή της Καλαμαύκας (Εικ. 4.1.5.β και Εικ. 4.1.6.γ).

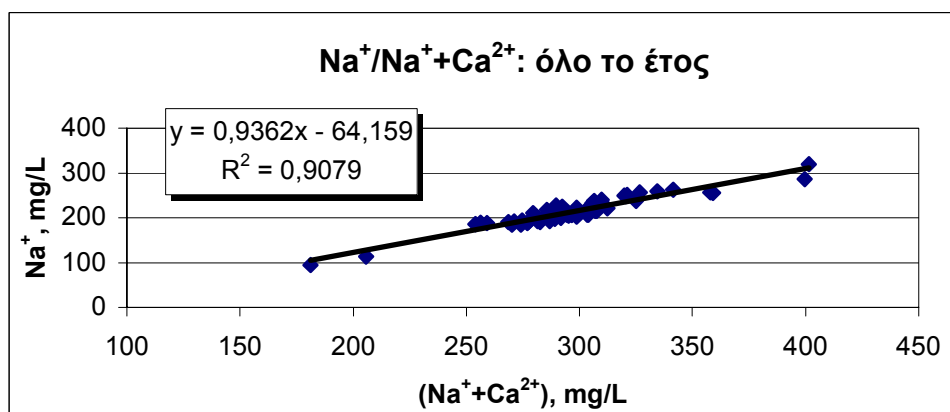


Εικ. 4.1.13.α Ο λόγος  $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$ , την περίοδο Φεβρ. 2000 - Σεπτ. 2000, στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμιανών.

Δευτερεύουσας σημασίας, μπορεί να θεωρηθεί η μεταφορά "θαλασσινών" ιόντων, από τη θάλασσα στη φραγμολίμνη μέσω της ατμόσφαιρας, την θερινή περίοδο.

Την περίοδο του καλοκαιριού δεν παρατηρούνται βροχοπτώσεις στην περιοχή και ο μόνος δρόμος μεταφοράς μέσω της ατμόσφαιρας είναι η ξηρή εναπόθεση και ο ψεκασμός με αιωρούμενα σταγονίδια.

Υπολογίζοντας το δείκτη  $\text{Na}^+/\text{Na}^+\text{+Ca}^{2+}$ , ενισχύουμε την υπόθεση περί εισροής θαλασσινού νερού στο φράγμα. Η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ των συγκεντρώσεων του  $\text{Na}^+$  και του αθροίσματος  $\text{Na}^+\text{+Ca}^{2+}$ , αποδίδει κλίση,  $\text{Na}^+/\text{Na}^+\text{+Ca}^{2+} = 0,9362$ , συντελεστή γραμμικότητας  $R^2 = 0,9079$  και επίπεδο σημαντικότητας  $P = 1,84 \cdot 10^{-6}$  (Εικ. 4.1.13.β).



Εικ. 4.1.13.β Ο λόγος  $\text{Na}^+/\text{Na}^+\text{+Ca}^{2+}$  στο νερό της φραγμολίμνης, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Αφού το κλάσμα  $\text{Na}^+/\text{Na}^++\text{Ca}^{2+}$  πλησιάζει τη μονάδα, σημαίνει ότι τα ιόντα του  $\text{Na}^+$  (θαλάσσια προέλευσης), υπερéχουν των ιόντων  $\text{Ca}^{2+}$  (χερσαίας προέλευσης). Δηλαδή τα κατιόντα έχουν κυρίως θαλάσσια προέλευση. Εξετάσαμε το δείκτη  $\text{Na}^+/\text{Na}^++\text{Ca}^{2+}$ , την θερινή περίοδο (Ιούν. 2000 - Σεπτ. 2000), τόσο στο νερό της εισροής της Μαλαούρας, που ευθύνεται για την εισροή μεγάλης συγκέντρωσης ιόντων στη φραγμολίμνη, όσο και στο νερό της φραγμολίμνης (Εικ. 4.1.13.γ).

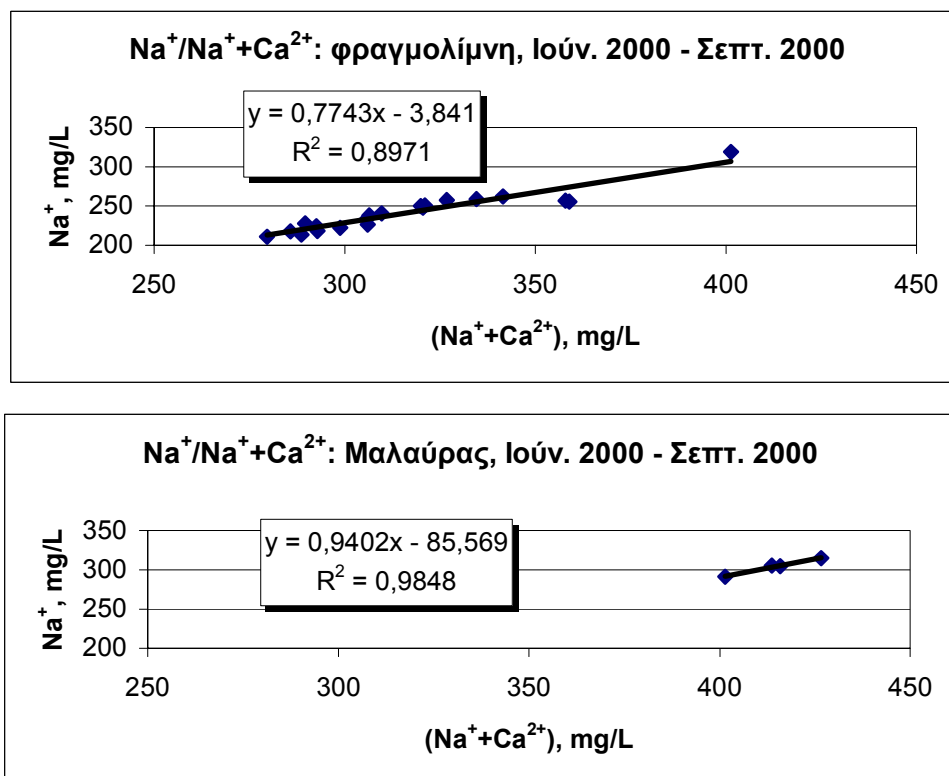
Ο δείκτης στην εισροή της Μαλαούρας έχει μεγαλύτερη τιμή (0,94 με  $R^2 = 0,9848$  και  $P = 0,0076$ ), σε σχέση με τον αντίστοιχο δείκτη, στο νερό της φραγμολίμνης (0,77 με  $R^2 = 0,8971$  και  $P = 2,51 \cdot 10^{-10}$ ), τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αυτό υποδηλώνει ότι το θαλασσινό νερό εισέρχεται την θερινή περίοδο στις πηγές της Μαλαούρας και στη συνέχεια μεταφέρεται στη φραγμολίμνη.

Η έντονη ξηρασία έχει σαν συνέπεια την εξάτμιση και αυτή με τη σειρά της αναμένεται να συμπυκνώνει τα ιόντα στο νερό της φραγμολίμνης. Τα ιόντα του  $\text{Ca}^{2+}$ , καταβυθίζονται ως  $\text{CaCO}_3$ , πρώτα απ' όλα τα άλλα ιόντα, προκαλώντας μείωση της συγκέντρωσής τους (Drever, 1997).

Αφού τα ιόντα του  $\text{Ca}^{2+}$  μειώνονται, ο λόγος  $\text{Na}^+/\text{Na}^++\text{Ca}^{2+}$  αυξάνεται, δηλαδή η εξάτμιση είναι βασικός παράγοντας στη διαμόρφωση της τιμής του δείκτη.

Τους μήνες Μάρτιο έως Μάιο, παρατηρείται η ψηλότερη τιμή του δείκτη  $\text{Na}^+/\text{Na}^++\text{Ca}^{2+}$ , στο νερό της φραγμολίμνης (0,95 με  $R^2 = 0,944$  και  $P = 1,64 \cdot 10^{-9}$ ).

Δυστυχώς την περίοδο αυτή δεν έχουμε στοιχεία για την εισροή της Μαλαούρας και έτσι, απλά υποθέτουμε ότι μπορεί να οφείλεται στο μεγαλύτερο όγκο του νερού της εισροής.



Εικ. 4.1.13.γ Ο λόγος  $\text{Na}^+/\text{Na}^++\text{Ca}^{2+}$  στο νερό της φραγμολίμνης και στο νερό της εισροής της Μαλαούρας, Ιούν.2000 - Σεπτ.2000.



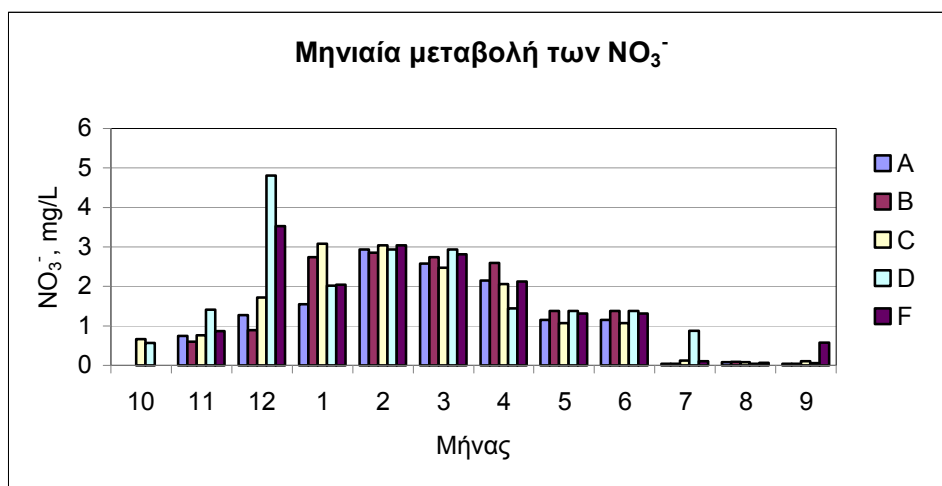
#### 4.1.14 Αζωτο ( $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{NH}_4^+$ )

Στη φραγμολίμνη δεν ανιχνεύτηκαν **νιτρώδη ιόντα**, με όριο ανίχνευσης περίπου 0,022 mg/L.

**Αμμωνιακά ιόντα**, ανιχνεύτηκαν μόνο τη χρονική περίοδο από Οκτώβριο 1999 έως Απρίλιο 2000, ενώ τους θερμούς μήνες εμφανίστηκε το εξής πρόβλημα στην ανάλυση των  $\text{NH}_4^+$  ιόντων:

Λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης των ιόντων  $\text{Na}^+$ , παρουσιάστηκε επικάλυψη των κορυφών τους με τις κορυφές των ιόντων  $\text{NH}_4^+$  στην ιοντική χρωματογραφία, επειδή εκλούονται γειτονικά και αρκετά κοντά. Για το λόγο αυτό δεν χρησιμοποιήσαμε τις μετρήσεις του  $\text{NH}_4^+$ , για παραπέρα ανάλυση.

Τα **νιτρικά ιόντα** (Εικ. 4.1.14 & Παράρτημα I Πίνακας 1), εμφανίζουν μέση ετήσια συγκέντρωση  $1,37 \pm 1,18 \text{ mg/L}$  και συντελεστή μεταβλητότητας 86%. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο, ενώ τους θερμότερους μήνες, υπάρχει τάση μείωσης, με ελάχιστες τιμές την περίοδο του καλοκαιριού.



Εικ. 4.1.14 Μηνιαία μεταβολή των  $\text{NO}_3^-$  στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμιανών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

#### Ερμηνεία:

Υποθέτουμε ότι ο σημαντικότερος τρόπος εισροής των  $\text{NO}_3^-$  στη φραγμολίμνη το φθινόπωρο και το χειμώνα είναι, η έκπλυση των καλλιεργούμενων περιοχών της λεκάνης απορροής και η μεταφορά τους (των  $\text{NO}_3^-$ ) στη φραγμολίμνη.

Το καλοκαίρι εισάγονται από την εισροή της Μαλαούρας (Παράρτημα I, Πίνακας 2), αφού έχει συγκέντρωση περίπου  $2 \text{ mg/L}$ , ενώ στη φραγμολίμνη υπάρχουν πολύ μικρότερες τιμές.

Η απομάκρυνση των  $\text{NO}_3^-$ , υποθέτουμε ότι γίνεται βιολογικά (με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης). Η χρησιμοποίηση των  $\text{NO}_3^-$ , ως πηγή αζώτου από τα φυτά και τα άλγη, οδηγεί τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα την καλοκαιρινή περίοδο, στα όρια εξάντλησης (Baird, 1999, Stumm & Morgan, 1981).

Η βιολογική απομάκρυνση, θα μπορούσε να συμβεί σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, αλλά αυτό που ενισχύει την υπόθεση ότι συμβαίνει πράγματι στη συγκεκριμένη φραγμολίμνη, είναι τα αποτελέσματα που έχουμε, από τις μετρήσεις του DO (βλ. παράγραφο 4.1.3).

Οι συγκεντρώσεις του DO είναι ψηλές και το νερό βρίσκεται σε κατάσταση υπερκορεσμού ως προς το DO (Παράρτημα I, Πίνακας 1).

Το DO, στο οποίο οφείλεται ο υπερκορεσμός του νερού, δεν μπορεί να προέρχεται από διάλυση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στο νερό, άρα οφείλεται στη έντονη φωτοσυνθετική δραστηριότητα στη φραγμολίμνη. Το οξυγόνο, όχι μόνο επαρκεί για την αναπνοή που λαμβάνει χώρα στη φραγμολίμνη, αλλά περισσεύει και δημιουργεί συνθήκες υπερκορεσμού στο νερό.

Το ότι η φωτοσύνθεση είναι έντονη, σημαίνει ότι η κατανάλωση των "θρεπτικών", όπως τα  $\text{NO}_3^-$ , η αλκαλικότητα ( $\text{HCO}_3^-$ ), τα  $\text{HPO}_4^{2-}$  κ.λ.π. (βλ. παράγραφο 1.2.3), θα είναι επίσης έντονη.

Η κατανάλωση των θρεπτικών στη φωτοσυνθετική λειτουργία, θα προκαλέσει κατά συνέπεια την μείωση της συγκέντρωσής τους στη φραγμολίμνη.

Η βιολογική απομάκρυνση των  $\text{NO}_3^-$  γίνεται αισθητή μόνο το καλοκαίρι, γιατί τότε η φωτοσύνθεση είναι εντονότερη λόγω μεγαλύτερης ηλιοφάνειας αλλά και γιατί δεν υπάρχουν βροχοπτώσεις που θα παρασύρουν θρεπτικά υλικά από την χέρσο στην φραγμολίμνη.

Αντίθετα την περίοδο των βροχοπτώσεων, τα θρεπτικά υλικά αναμένεται όχι μόνο να καταναλώνονται σε μικρότερο ποσοστό λόγω μειωμένης ηλιοφάνειας και φωτοσύνθεσης, αλλά και να εισέρχονται από την λεκάνη απορροής. Αυτό μπορεί να εξηγήσει τις αυξημένες σχετικά συγκεντρώσεις των  $\text{NO}_3^-$  την περίοδο του χειμώνα.

#### 4.1.15 Ορθοφωσφορικά ανιόντα

Ορθοφωσφορικά ιόντα δεν ανιχνεύθηκαν με την ιοντική χρωματογραφία (όριο ανίχνευσης περίπου 0,110 mg/L), αλλά υπολογίστηκε ότι έχουν μικρότερη συγκέντρωση από 0,07 mg/L.

*ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 1<sup>η</sup>*: Κατά την παρατήρηση των χρωματογραφημάτων, στη θέση έκλουσης των  $\text{PO}_4^{3-}$  ανιόντων διαπιστώθηκε η ύπαρξη μικρών κορυφών, περίπου 3 φορές μικρότερες από το μικρότερο standard των 0,029 mg/L, που χρησιμοποιήσαμε.

Στα περισσότερα δείγματα δεν υπάρχουν αυτές οι μικρές κορυφές που σημαίνει ότι οι συγκεντρώσεις των  $\text{PO}_4^{3-}$  είναι ακόμα μικρότερες.

Αν δεχθούμε ότι η max συγκέντρωση των  $\text{PO}_4^{3-}$ , είναι περίπου 0,01 mg/L, η max συγκέντρωση του ολικού P και πολύ περισσότερο η μέση ετήσια τιμή του ολικού φωσφόρου θα είναι μικρές επίσης.

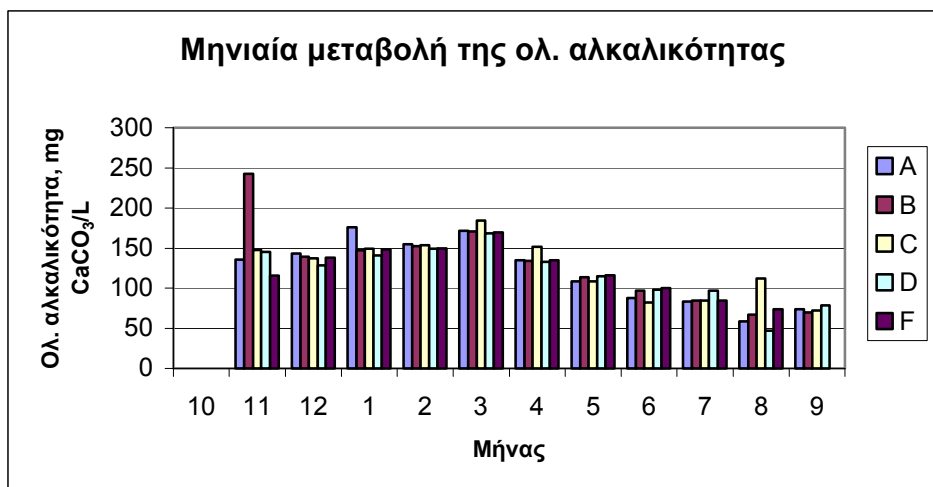
*ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 2<sup>η</sup>*: Ενδεικτικά αναλύθηκε ένα δείγμα, με μέγιστη συγκέντρωση  $\text{PO}_4^{3-}$ , με την χρωματογραφική μέθοδο του βαναδομολυβδενοφωσφορικού οξέος (Standards Methods, 19<sup>th</sup> edition). Το δείγμα είχε συντηρηθεί στην κατάψυξη για μία μέρα και η ανάλυση έγινε σε μήκος κύματος 400 nm. Το λευκό παρουσίασε απορρόφηση 0,235, ενώ το δείγμα 0,277. Ο ολικός αντιδρών φώσφορος υπολογίστηκε 0,072 mg/L.

Μπορούμε να πούμε λοιπόν, ότι η max συγκέντρωση του ολικού P στη φραγμολίμνη, είναι περίπου 0,07 mg/L, ενώ η μέση ετήσια τιμή θα είναι πιο μικρή. Σύμφωνα με αυτό, τα νερά της φραγμολίμνης είναι *ολιγοτροφικά ή μεσοτροφικά* (βλ. Πίνακα 1.2.4.α\*)

#### 4.1.16 Ολική αλκαλικότητα

Η ολική αλκαλικότητα ή αλκαλικότητα του πορτοκαλί του μεθυλίου (Εικ. 4.1.16 & Παράρτημα I, Πίνακας 1) εμφανίζει μέση ετήσια τιμή  $123,3 \pm 38,2 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ , με συντελεστή μεταβλητότητας 31%.

Η ολική αλκαλικότητα μειώνεται σαφώς από τον Μάρτιο 2000 έως τον Σεπτέμβριο 2000.



Εικ. 4.1.16 Μηνιαία μεταβολή της ολ. αλκαλικότητας στο νερό της φραγμολίμνης Μπραμιανών, Νοέμ. 1999 - Σεπτ. 2000.

#### Ερμηνεία:

Αφού στα φυσικά νερά, και στα pH που συναντάμε στη φραγμολίμνη, η αλκαλικότητα οφείλεται κυρίως στα  $\text{HCO}_3^-$  ανιόντα, μπορούμε να υποθέσουμε ότι η ελάττωση της αλκαλικότητας οφείλεται στην χρησιμοποίηση των  $\text{HCO}_3^-$ , ως πηγή άνθρακα από τα φυτά και τα άλγη (Στεφάνου, 1999, Smith et al, 1994, Stumm & Morgan, 1981, Perona, 1999).

Όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο 4.1.14, η έντονη φωτοσύνθεση τους θερμούς μήνες (που διαπιστώθηκε από την κατάσταση υπερκορεσμού του νερού σε οξυγόνο), είναι ένας παράγοντας κατανάλωσης των θρεπτικών.

Η εξάτμιση, η οποία είναι πολύ μεγάλη στη συγκεκριμένη περιοχή (βλ. παράγραφο 2.1), προκαλεί συμπύκνωση των ιόντων και καταβύθιση του πιο δυσδιάλυτου άλατος, του  $\text{CaCO}_3$  (Drever, 1997). Έτσι απομακρύνονται από την στήλη του νερού, τα ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  και τα  $\text{CO}_3^{2-}$  ιόντα. Τα  $\text{CO}_3^{2-}$  ιόντα, τα οποία συμβάλλουν στη διαμόρφωση της αλκαλικότητας μειώνονται άρα και η αλκαλικότητα μειώνεται επίσης. Δηλαδή η μεγάλη ξηρασία και η εξάτμιση που παρατηρούνται τους θερμούς μήνες στην περιοχή, προκαλούν μείωση της αλκαλικότητας (Drever, 1997).

Τους ψυχρούς μήνες αντίθετα, επειδή το νερό έχει μικρότερη θερμοκρασία, αναμένεται να διαλύεται περισσότερο ατμοσφαιρικό  $\text{CO}_2$  στο νερό, γεγονός που αυξάνει την αλκαλικότητα. Επίσης η μειωμένη ένταση της φωτοσύνθεσης τους ψυχρούς μήνες, λόγω μικρότερης ηλιοφάνειας, είναι αναμενόμενο να προκαλεί μικρότερη κατανάλωση θρεπτικών, όπως τα  $\text{HCO}_3^-$  ανιόντα (αλκαλικότητα), γεγονός που εξηγεί την αυξημένη αλκαλικότητα τους ψυχρούς μήνες.

#### 4.1.17 Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) στο νερό και σωματιδιακός οργανικός άνθρακας (POC) στο ίζημα

Ο TOC (Εικ. 4.1.17.α & Παράρτημα I, Πίνακας 1), υπολογίστηκε  $2,3 \pm 1,4 \text{ mg/L}$ , με συντελεστή μεταβλητότητας 58,7%.

Το Νοέμβριο παρατηρούνται οι μεγαλύτερες τιμές TOC, ιδιαίτερα στο σταθμό C και στο σταθμό F. Οι αυξημένες τιμές του Νοεμβρίου, μπορεί να οφείλονται:

1. στο συγκεντρωμένο οργανικό υλικό (χλωρίδα - πανίδα) που έχει παραχθεί στη φραγμολίμνη τους θερμότερους μήνες και δεν έχει αποικοδομηθεί και
2. στις πρώτες βροχοπτώσεις που ξέπλυναν και μετέφεραν οργανικό υλικό από την χέρσο που περιβάλλει τη φραγμολίμνη, ιδιαίτερα από τον χείμαρρο του Κόρακα (Μπραμιανό), που εκβάλλει κοντά στον σταθμό C.

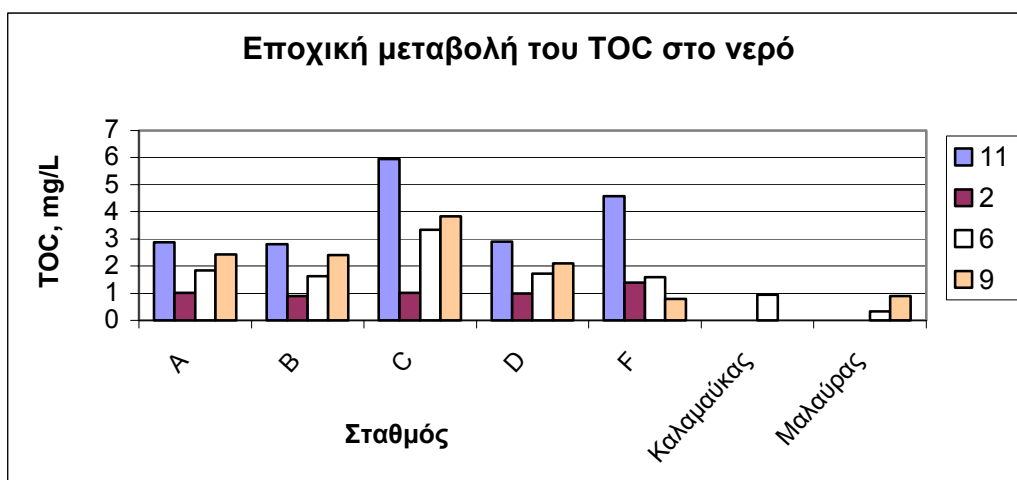
Μετά από μια παρατεταμένη περίοδο ξηρασίας συγκεντρώνεται μεγάλη ποσότητα οργανικού υλικού στη λεκάνη απορροής. Οι πρώτες βροχοπτώσεις εκπλύνουν και παρασύρουν το μεγαλύτερο μέρος από αυτό, ενώ οι βροχές που ακολουθούν μεταφέρουν μικρότερη ποσότητα οργανικής ύλης.

Οι μεγαλύτερες τιμές του TOC στο σταθμό C, μπορούν να αποδοθούν στη μεγαλύτερη αφθονία της πανίδας στην περιοχή αυτή και στα εκπλύματα της λεκάνης απορροής του Κόρακα που εισάγουν μεγάλη ποσότητα οργανικού υλικού.

Οι σχετικά ψηλές τιμές TOC το Νοέμβριο στο σταθμό F, μπορούν να εξηγηθούν από την ύπαρξη ρεύματος με κατεύθυνση Βορά - Νότου, που μεταφέρει μέρος της οργανικής ύλης, από το σταθμό C, προς το φράγμα (F).

Κατά τη διάρκεια του Χειμώνα, με την αναπνοή, καταναλώνεται οργανικό υλικό. Επίσης το νερό της βροχής που προστίθεται μέσα στη φραγμολίμνη, είναι φτωχότερο σε οργανική ύλη αν το συγκρίνουμε με τις εκπλύσεις των πρώτων βροχών. Αυτό προκαλεί αραίωση, με συνέπεια τις χαμηλότερες τιμές το Φεβρουάριο. Επί πλέον αραίωση προκαλούν οι εισροές, που μεταφέρουν νερό από τις πηγές Μαλαύρας, Καλαμαύκας και Μύρτου στη φραγμολίμνη.

Οι τιμές του Ιουνίου και του Σεπτεμβρίου, εμφανίζουν αυξητική τάση, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην αυξημένη βιολογική παραγωγή οργανικού υλικού στη φραγμολίμνη, τους ζεστούς μήνες.

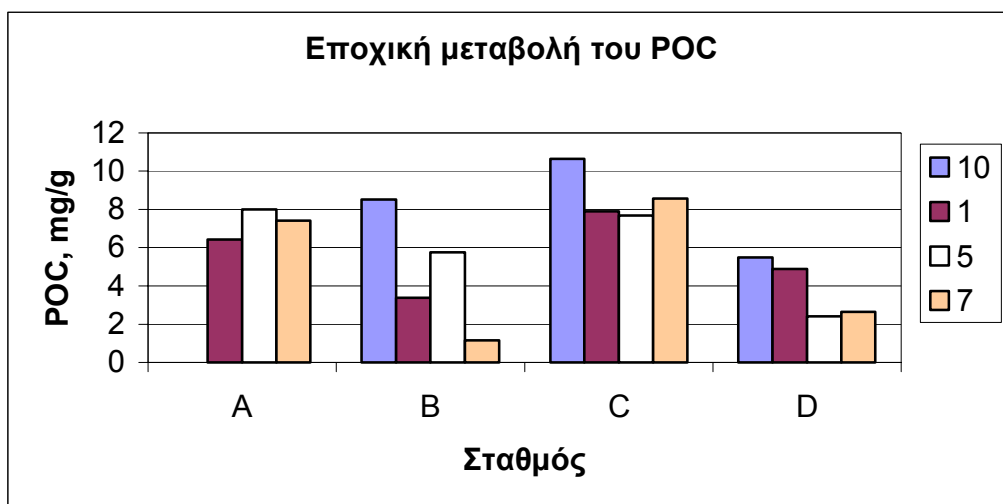


*Εικ. 4.1.17.α TOC στις ακτές και στις εισροές της φραγμολίμνης Μπραμιανών, Νοέμ. 1999 - Σεπτ. 2000.*

Το ότι παράγεται στο εσωτερικό της φραγμολίμνης ο TOC την καλοκαιρινή περίοδο, φαίνεται από το γεγονός ότι οι εισροές της Μαλαύρας και της Καλαμαύκας αυτή την περίοδο, έχουν πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις TOC, από ότι η φραγμολίμνη (Εικ. 4.1.17.α). Πρέπει να σημειωθεί ότι ο χείμαρρος Κόρακας ή Μπραμιανός στερεύει την αντίστοιχη περίοδο άρα ο μόνος δρόμος εισόδου νερού στη φραγμολίμνη είναι οι εισροές αυτές. Η εξάτμιση επίσης, μπορεί να συμπυκνώνει την οργανική ύλη στο νερό τη θερμή περίοδο.

Ο POC (Εικ. 4.1.17.β & Παράρτημα I, Πίνακας 1) στο ίζημα, βρέθηκε  $6 \pm 2,7 \text{ mg/g}$ , με συντελεστή μεταβλητότητας 44,8%.

Στο σταθμό C, παρατηρούνται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από τους υπόλοιπους σταθμούς, ενώ οι μικρότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται στο σταθμό D.



Εικ. 4.1.17.β Εποχική μεταβολή του POC στο ίζημα των ακτών της φραγμολίμνης Μπραμιανών, Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Οι μετρήσεις του POC, αναφέρονται στο επιφανειακό στρώμα του ιζήματος βάθους 0-2 cm, όπου παρατηρούνται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις της οργανικής ύλης.

Ενδεικτικά έγιναν κάποιες μετρήσεις του POC, σε ίζημα που προέρχεται από βάθος 2-4 cm (Πίνακας 4.1.17.α) και συμφωνούν με την παραπάνω παρατήρηση.

Πίνακας 4.1.14.α Ο POC σε δύο φέτες ιζήματος, 0-2 και 2-4 cm, από την επιφάνεια του πυθμένα, στη φραγμολίμνη Μπραμιανών.

ΔΕΙΓΜΑ	POC (mg/g)	
	0-2 cm	2-4 cm
D1	4,9	3,46
D7	2,66	2,27
A7	7,40	2,34

Κάποιες μετρήσεις που έγιναν σε βαθύτερα σημεία της φραγμολίμνης, δεν έδειξαν κάποια τάση, εκτός από τον Μάιο που φαίνεται μια αύξηση της συγκέντρωσης του POC στα βαθύτερα σημεία (Πίνακας 4.1.17.β).

Πίνακας 4.1.14.β Ο POC, σε βαθιά σημεία του πυθμένα της φραγμολίμνης Μπραμιανών.

ΔΕΙΓΜΑ, 0-2 cm	POC, mg/g
<b>Οκτώβριος 1999</b>	
X, 8,5m	3,05
<b>Ιανουάριος 2000</b>	
X, 5m	11,97
Z, 8m	5,51
<b>Μάϊος 2000</b>	
X0, 2,5m	3,40
X, 6m	6,14
Y, 15m	7,57
Z, 13m	6,19

#### 4.1.18 Τροφική κατάσταση του νερού στη φραγμολίμνη

Για το χαρακτηρισμό της τροφικής κατάστασης του νερού, βασιζόμαστε:

- στη μέση ετήσια συγκέντρωση του ολικού P
  - στη συγκέντρωση του διαλυτού οργανικού άνθρακα (DOC) και
  - στο διαλυμένο οξυγόνο (DO) στο νερό (βλ. παράγραφο 1.2.4).
1. Επειδή κάποια από τις ψηλότερες τιμές του ολικού φωσφόρου, **TP** ( βλ. παράγραφο 4.1.15), υπολογίστηκε 0,07 mg/L και επειδή στα περισσότερα δείγματα δεν ανιχνεύονται  $PO_4^{3-}$ , εκτιμάται ότι η μέση ετήσια συγκέντρωση του TP, θα είναι πολύ μικρότερη από 0,07 mg/L. Σύμφωνα με τα παραπάνω, αποκλείεται η περίπτωση του υπερτροφισμού (βλ. Πίνακα 1.2.4.α\*) και θεωρείται ότι υπάρχει πιθανότητα, τα νερά να είναι *ολιγοτροφικά έως μεσοτροφικά* (Ryding & Rast, 1989, after OECD 1982, Alvarez Cobelas et al, 1992, van Dijk et al, 1994, Kelly & Whitton, 1998).
  2. Η μέση ετήσια τιμή του TOC που μετρήθηκε, ήταν  $2,3 \pm 1,4$  mg/L, άρα ο DOC θα έχει μικρότερη τιμή. Η μέση ετήσια τιμή του **DOC** [DOC = 90-99% TOC (Ξένος, 2000)] στο νερό της φραγμολίμνης, θα είναι περίπου 2 mg/L, κάτι που υποδεικνύει (βλ. Πίνακα 1.4.α) *ολιγοτροφικό χαρακτήρα* των νερών (Baker, 1994, Ξένος, 2000, Drever, 1997).
  3. Η συγκέντρωση του **DO** στον πυθμένα της φραγμολίμνης ήταν 9,3 mg/L και η χλωριότητα ήταν περίπου 425 mg/L, την περίοδο της στρωματοποίησης (Μάιο). Η θερμοκρασία του νερού του πυθμένα δεν μετρήθηκε, αλλά αποκλείεται να ήταν μικρότερη από 11°C, που ήταν η θερμοκρασία των επιφανειακών νερών τον Χειμώνα, όταν επικρατούσε ανάμιξη των νερών της φραγμολίμνης.  
Σύμφωνα με στοιχεία που πήραμε από το Τμήμα Αλιείας Νομού Ηρακλείου, το νερό της φραγμολίμνης Μπραμιανών είχε ελάχιστη θερμοκρασία πυθμένα 11,5°C, (λίγο μεγαλύτερη από ότι στην επιφάνεια) από το Νοέμβριο 1987 έως το Μάιο 1988, ενώ από τον Απρίλιο 1988 και μετά η θερμοκρασία του νερού του πυθμένα, παρουσιάζει άνοδο.  
Σύμφωνα με τα προηγούμενα και με τη βοήθεια πίνακα, ο κορεσμός του νερού του πυθμένα σε οξυγόνο, υπολογίστηκε και είναι μεγαλύτερος από 88%. Αν στο τέλος της στρωματοποίησης ο κορεσμός του νερού σε DO, στον πυθμένα είναι το κατώτερο 70%, το νερό θεωρείται ολιγοτροφικό, (Κουϊμτζής et al, 1998). Δεν γνωρίζουμε ποια είναι ακριβώς η τιμή του κορεσμού του νερού % σε οξυγόνο, στο τέλος της περιόδου στρωματοποίησης, γι αυτό ο χαρακτηρισμός του νερού ως *ολιγοτροφικό*, γίνεται με κάποια επιφύλαξη.

Οι ενδείξεις που έχουμε μας μιλάνε, για *ολιγοτροφικές ή μεσοτροφικές συνθήκες* στη φραγμολίμνη. Για να έχουμε πληρέστερη εικόνα της τροφικής κατάστασης των νερών, πρέπει να μετρηθούν επίσης, η μέση και η μέγιστη ετήσια συγκέντρωση της Chl-a και η διαφάνεια των νερών, (Ryding & Rast, 1989, after OECD 1982).

#### 4.1.19 Ανάλυση ομαδοποίησης (Cluster analysis): Εποχικότητα των φυσικοχημικών παραγόντων

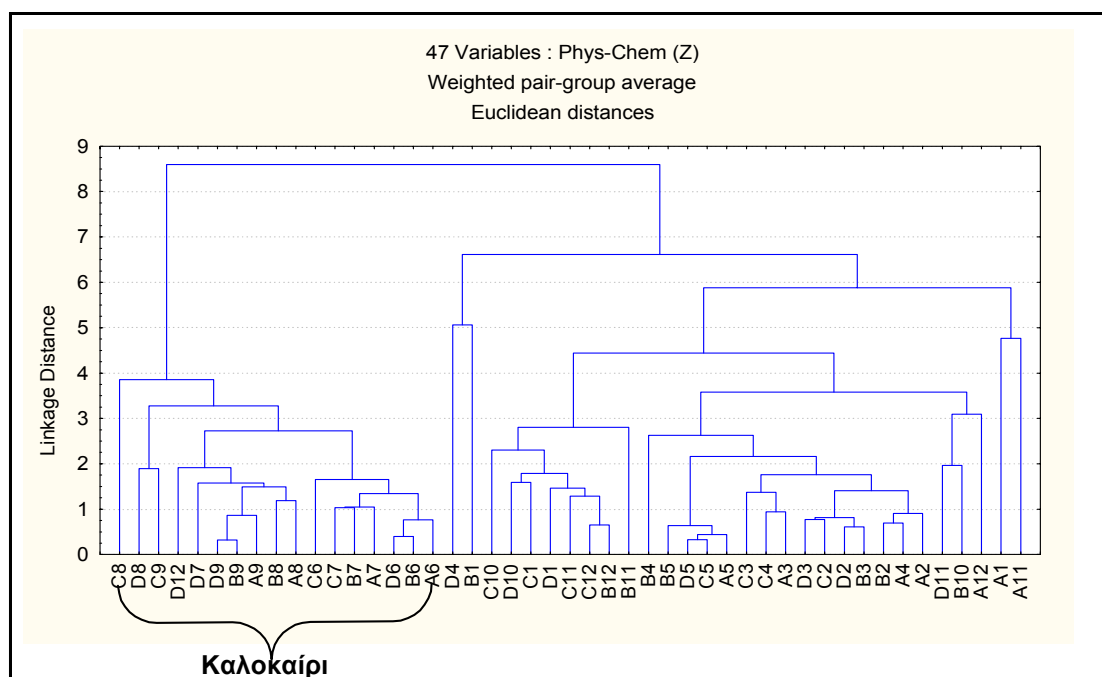
Εφαρμόζοντας την ανάλυση Ομαδοποίησης (Cluster analysis) (Εικ. 4.1.19) για όλα τα δείγματα, ως προς όλες τις φυσικοχημικές παραμέτρους που αναλύθηκαν, βρέθηκε ότι σχηματίζουν δύο μεγάλες ομάδες.

Τα δείγματα του **καλοκαιριού**, συγκεκριμένα τα δείγματα του Ιουνίου (6), Ιουλίου (7), Αυγούστου (8) και Σεπτεμβρίου (9), διαφοροποιούνται από όλα τα υπόλοιπα δείγματα, δείχνοντας

ότι υπάρχει σαφής διαφορά, μεταξύ των τιμών των παραμέτρων του καλοκαιριού, και των τιμών των παραμέτρων των υπόλοιπων εποχών.

Το καλοκαίρι είναι η περίοδος με τις υψηλότερες τιμές των συγκεντρώσεων των περισσότερων ιόντων, του TOC, της θερμοκρασίας, του pH και με τις ελάχιστες τιμές των ιόντων του  $\text{Ca}^{2+}$ , των  $\text{NO}_3^-$ , της αλκαλικότητας και της στάθμης του νερού.

Αυτή η τάση ομαδοποίησης των φυσικοχημικών παραγόντων ακολουθείται από όλα τα δείγματα που έχουν ληφθεί το καλοκαίρι, όπως υπογραμμίζεται στο διάγραμμα (Εικ. 4.1.19). Η παρουσία του δείγματος D12 (σταθμός D, τον Δεκέμβριο 1999), αποτελεί τη μοναδική εξαίρεση, στην ομάδα του καλοκαιριού



Εικ.4.1.19 Ομαδοποίηση μηνιαίων δειγμάτων νερού των ακτών της φραγμολίμνης με βάση τις τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων που μετρήθηκαν σε ένα έτος.

#### 4.1.20 Ανάλυση των Κυρίων Συνιστωσών (PCA): Οι κύριες περιβαλλοντικές (φυσικοχημικές) συνιστώσες στο νερό της φραγμολίμνης

Το ιοντικό περιεχόμενο του νερού (factor 1), τα θρεπτικά υλικά, η στάθμη του νερού (factor 2) και το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό (factor 3), αποτελούν τα βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού στη φραγμολίμνη (Πίνακας 4.1.20.α).

Η συμπύκνωση των 17 φυσικοχημικών παραμέτρων (Πίνακας 4.1.20.α), σε τρεις συνιστώσες τις: factor 1, factor 2, και factor 3, έγινε με Ανάλυση των Κυρίων Συνιστωσών (PCA).

Χρησιμοποιώντας όλες τις τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων, εκτός από τις τιμές του TOC και του POC (λόγω του μικρού αριθμού δειγμάτων που υπήρχαν), έγινε η εξαγωγή των Κυρίων Συνιστωσών, οι οποίες ερμηνεύουν το 83,65 %, της ολικής μεταβλητότητας (Πίνακας 4.1.20.β). Η πρώτη συνιστώσα ερμηνεύει το 59,6 % της μεταβλητότητας, η δεύτερη συνιστώσα ερμηνεύει το 17,6 % και η τρίτη το 6,5 %.

Αν πάρουμε ως ελάχιστο όριο της ολικής μεταβλητότητας που πρέπει να ερμηνεύεται το 80 % ( Gardiner et al, 1997), οι τρεις συνιστώσες είναι αρκετές για να ερμηνεύσουν τη μεταβλητότητα στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Πίνακας 4.1.20.α Οι Κύριες Συνιστώσες και οι φυσικοχημικές παραμέτροι με τις οποίες συσχετίζονται.

Factor Loadings (Varimax normalized) (new.sta)  
Extraction: Principal components  
(Marked loadings are > ,700000)

α/α	Παράμετρος	Factor 1	Factor 2	Factor 3
1	CL	<b>0,80</b>	0,59	0,02
2	BR	<b>0,80</b>	0,57	0,12
3	NO3	-0,18	<b>-0,94</b>	-0,14
4	SO4	<b>0,82</b>	0,21	-0,24
5	NA	<b>0,92</b>	0,34	0,03
6	K	<b>0,86</b>	-0,11	-0,15
7	MG	<b>0,90</b>	0,33	0,02
8	CA	0,23	-0,69	0,32
9	{CL}	<b>0,80</b>	0,59	0,03
10	S	<b>0,80</b>	0,59	0,03
11	HARD	<b>0,91</b>	-0,21	0,24
12	ALK	-0,18	<b>-0,92</b>	0,13
13	COND	0,62	0,65	0,30
14	PH	0,24	0,70	-0,32
15	T	0,18	0,52	-0,18
16	H2O_LEV	-0,52	<b>-0,72</b>	0,07
17	DO	0,00	0,21	<b>-0,87</b>

Πίνακας 4.1.20.β Ιδιοτιμές και μεταβλητότητα % των Κυρίων συνιστωσών.

Eigenvalues (new.sta)  
Extraction: Principal components

	Eigenval	% total Variance	Cumul. Eigenval	Cumul. %
1	10,12	59,56	10,12	59,56
2	2,98	17,55	13,11	77,11
3	1,11	6,54	14,22	83,65

Στον Πίνακα 4.1.20.α, φαίνεται ποιοι παράγοντες αντικαθίστανται από κάθε συνιστώσα.

Συγκεκριμένα:

- Η πρώτη συνιστώσα (factor 1), την οποία ονομάζουμε **ιοντικό περιεχόμενο**, αντιπροσωπεύει τα *ιόντα*,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ , την {CL}, την S και τη σκληρότητα στο νερό των ακτών της φραγμολίμνης.
- Η δεύτερη συνιστώσα (factor 2), που αντιπροσωπεύει την **κατανάλωση των θρεπτικών**, περιλαμβάνει τα  $NO_3^-$  ιόντα και την *αλκαλικότητα* ( $HCO_3^-$ ), που αποτελούν πηγές N και C αντίστοιχα για τα φυτά και τα άλγη, κατά τη φωτοσύνθεση.

Επίσης στη δεύτερη συνιστώσα περιλαμβάνεται και η *στάθμη του νερού*.

Κυρίως όμως αναμένεται, η μεταβολή της στάθμης του νερού θα επηρεάζει τη ζώνη απόσυρσης, προκαλώντας αύξηση της ποσότητας των θρεπτικών όταν ανεβαίνει η στάθμη του νερού και καλύπτει το έδαφος που ήταν εκτεθειμένο στην ατμόσφαιρα.



Το καλοκαίρι λόγω αύξησης του φωτός, αυξάνεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα, με συνέπεια να καταναλώνονται τα  $\text{NO}_3^-$  και τα  $\text{HCO}_3^-$  ιόντα ( Perona et al, 1999, after Smith & Maasdam, 1994, Στεφάνου, 1999). Επίσης λόγω μεγάλης θερμοκρασίας του νερού η διαλυτότητα του  $\text{CO}_2$  το καλοκαίρι είναι μικρότερη σε σχέση με το χειμώνα και δεν παρατηρείται εισροή  $\text{NO}_3^-$  από τη λεκάνη απορροής λόγω απουσίας βροχοπτώσεων. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών κατά συνέπεια αναμένεται να είναι μειωμένες το καλοκαίρι.

Παράλληλα το καλοκαίρι, λόγω εξάτμισης και κυρίως λόγω άντλησης, η στάθμη του νερού κατεβαίνει, με συνέπεια τα  $\text{NO}_3^-$ , τα  $\text{HCO}_3^-$  και η στάθμη του νερού, να παρουσιάζουν παρόμοια τάση μεταβολής.

Τα αντίθετα θα συμβαίνουν τους κρύους μήνες.

Άρα είναι αναμενόμενο, ότι τα θρεπτικά και η στάθμη του νερού θα παρουσιάζουν παρόμοια τάση μεταβολής τις διάφορες εποχές.

➤ Η τρίτη συνιστώσα (factor 3), είναι το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό (**DO**).

Στη συνέχεια τοποθετούμε τις φυσικοχημικές παραμέτρους σε διάγραμμα δύο διαστάσεων, παίρνοντας ως άξονες, τις δύο πρώτες συνιστώσες που εξηγούν το 77,1% της ολικής μεταβλητότητας (Εικ. 4.1.20).

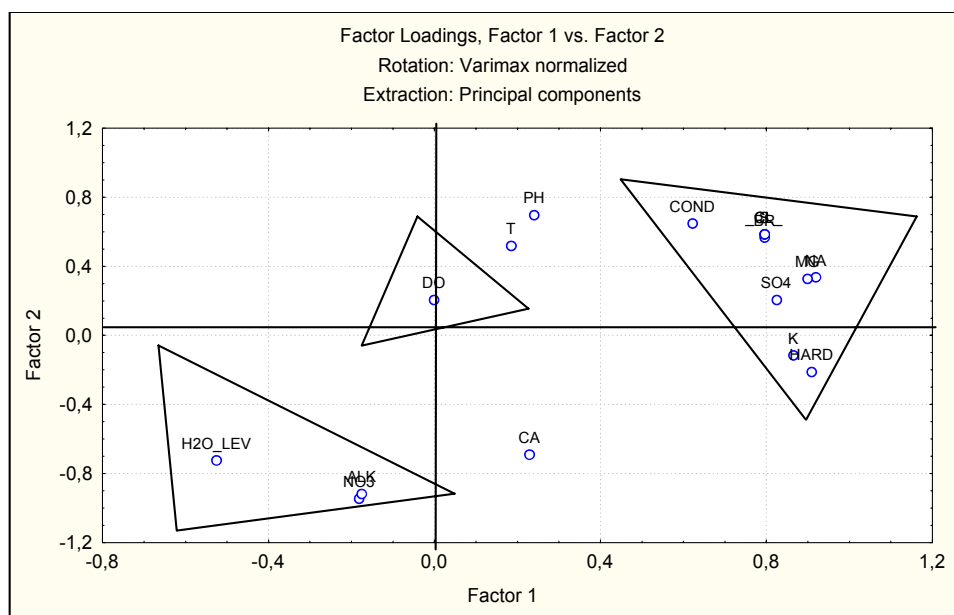
Στον οριζόντιο άξονα τοποθετούμε το ιοντικό περιεχόμενο του νερού (factor 1) και στον κατακόρυφο άξονα την κατανάλωση των θρεπτικών (factor 2). Τα σημεία που διακρίνονται στην επιφάνεια του διαγράμματος αντιστοιχούν στις 17 φυσικοχημικές παραμέτρους που επεξεργαστήκαμε στατιστικά με την PCA. Η θέση της κάθε μίας παραμέτρου μας πληροφορεί για τον τρόπο και τον βαθμό συσχέτισης που παρουσιάζει με την πρώτη συνιστώσα (factor 1) και τη δεύτερη συνιστώσα (factor 2).

*ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: η στάθμη του νερού ή **H2O LEV** (βλ. Παράρτημα I, επεξηγήσεις συντομογραφιών) παρουσιάζει αρκετά καλή αρνητική συσχέτιση με το ιοντικό περιεχόμενο του νερού των ακτών της φραγμολίμνης (factor 1) και ισχυρή αρνητική συσχέτιση με την κατανάλωση των θρεπτικών στο νερό (factor 2).*

*Συγκεκριμένα η στάθμη του νερού εμφανίζει συντελεστή συσχέτισης περίπου -0,52 με τον factor 1 και περίπου -0,7 με τον factor 2.*

*Αυτό σημαίνει ότι όταν το επίπεδο του νερού χαμηλώνει, το ιοντικό περιεχόμενο αυξάνεται, γιατί υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ τους. Επίσης δείχνει ότι όταν το επίπεδο του νερού χαμηλώνει, η κατανάλωση των θρεπτικών αυξάνεται, γιατί υπάρχει ισχυρή αρνητική σχέση μεταξύ τους, δηλαδή τα θρεπτικά μειώνονται.*

Ανάλογες συσχετίσεις μπορούμε να διαπιστώσουμε παρατηρώντας το διάγραμμα, μερικές από τις οποίες παραθέτουμε στη συνέχεια.



Εικ. 4.1.20 Συσχέτιση φυσικοχημικών παραγόντων, με τις δύο πρώτες κύριες συνιστώσες.

#### Συσχετίσεις:

- Η αλκαλικότητα και τα  $\text{NO}_3^-$ , συσχετίζονται αρνητικά με το ιοντικό περιεχόμενο του νερού της φραγμολίμνης (factor 1).
- Το pH και η θερμοκρασία, συσχετίζονται θετικά με το ιοντικό περιεχόμενο του νερού και με την κατανάλωση των θρεπτικών (factor 2).
- Η αγωγιμότητα, τα ιόντα  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , η {Cl} και η S, δημιουργούν μια ξεχωριστή ομάδα. Οι παράμετροι αυτοί συσχετίζονται θετικά, και εμφανίζουν σε ορισμένες περιπτώσεις αρκετά καλή συσχέτιση, με την κατανάλωση των θρεπτικών.
- Η θέση των ιόντων  $\text{Ca}^{2+}$ , είναι διαφορετική σε σχέση με τα υπόλοιπα ιόντα, υποδηλώνοντας διαφορετική συμπεριφορά. Συσχετίζονται θετικά με το ιοντικό περιεχόμενο, αλλά παρουσιάζουν αρκετά καλή αρνητική συσχέτιση με την κατανάλωση των θρεπτικών (όταν αυξάνεται η κατανάλωση των θρεπτικών, μειώνεται η συγκέντρωση των ιόντων  $\text{Ca}^{2+}$ ).
- Το DO, δεν συσχετίζεται με το ιοντικό περιεχόμενο, αλλά συσχετίζεται θετικά με την κατανάλωση των θρεπτικών.

## 4.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

### 4.2.1 Καταγραφή μακροπανίδας

Στην περιοχή της φραγμολίμνης, καταγράφηκαν 32 (28 στη φραγμολίμνη και 4 επί πλέον στις εισροές) διαφορετικές ταξινομικές ομάδες (taxa) μακροασπονδύλων (Πίνακας 4.2.1).

Στα 89 δείγματα ιζήματος που αναλύθηκαν, βρέθηκαν 9.481 μακροασπόνδυλα στις ακτές, 2.529 στα βαθιά και 616 στις εισροές, συνολικά δηλαδή καταμετρήθηκαν 12.626 άτομα (Παράρτημα I, Πίνακας 3).

Η ταξινόμηση έγινε μέχρι το επίπεδο της οικογένειας, σε ορισμένες περιπτώσεις μέχρι το επίπεδο γένους ή είδους και σε κάποιες περιπτώσεις μέχρι το επίπεδο φύλου.

Η ταξινόμηση βασίστηκε στη βιβλιογραφία, που αναφέρεται αναλυτικά στον Πίνακα 4.2.1.

Πίνακας 4.2.1 Μακροασπόνδυλα που συλλέχτηκαν από την περιοχή Μπραμιανών και οι πηγές ταξινόμησής τους (Ιούλ. 1999 - Σεπτ. 2000).

#### Μακροασπόνδυλα φραγμολίμνης Μπραμιανών

##### ANNELIDA

Oligochaeta (Tachet et al, 1980)

Helobdella stagnalis (Quigley, 1977)

##### CHLICERATA

Hydracarina (Fitter et al, 1986)

##### CRUSTACEA

Ostracoda (Barnes, 1982 & Fitter et al, 1986)

##### INSECTA

*Ephemeroptera*: Baetidae (Fitter et al, 1986 & Tachet et al, 1980)

*Odonata*: Libellulidae (Tachet et al, 1980)

Zygoptera (Tachet et al, 1980)

*Hemiptera*: Corixidae (Fitter et al, 1986 & Tachet et al, 1980 & Watercare III, 1998)

Pleidae O

Pleidae (Fitter et al, 1986 & Tachet et al, 1980)

Notonectidae (Fitter et al, 1986 & Tachet et al, 1980 & Watercare III, 1998)

*Coleoptera*: Berosus (Fitter et al, 1986 & Harde, 1984 & Watercar III, 1998 )

Hygrotus (Fitter et al, 1986 & Harde, 1984 & Watercare III, 1998)

Colymbetinae (Fitter et al, 1986 & Watercare III, 1998 )

Helmidae (Fitter et al, 1986 & Watercare III, 1998 )

*Halipidae* (Fitter et al, 1986): ένα άτομο, ποιοτική δειγματοληψία.

*Diptera*: Orthocladiinae (Tachet et al, 1980)

Tanyrodinae-pupae (Tachet et al, 1980)

Chironomini (Tachet et al, 1980)

Chironomus (Tachet et al, 1980)

Chironomidae-pupae (Tachet et al, 1980)

Tanytarsini (Tachet et al, 1980)

Psychodidae (Tachet et al, 1980)

Ceratopogonidae (Tachet et al, 1980 & Watercare III, 1998)

Diamesinae-pupae (Tachet et al, 1980)

##### MOLLUSCA

Hydrobiidae (Gloeer & Meier - Brook, 1994)

Bythyniidae (Gloeer & Meier - Brook, 1994)

Sphaeriidae (Gloeer & Meier - Brook, 1994)

(συνέχεια)

Μακροασπόνδυλα που βρέθηκαν μόνο στις εισροές	Δείγμα
NEMATODA (St. Methods, 1995)	[8Α']
CRUSTACEA	
Amphipoda (Fitter et al, 1986 & Tachet et al, 1980)	[8Γ']
Asseius (Fitter et al, 1986 & Tachet et al, 1980))	[8Δ']
ANNELIDA	
Lumbricidae (Tachet et al, 1980)	[8Δ']

Επί πλέον καταγράφηκε η εμφάνιση των μικροσκοπικών Καρκινοειδών, *Copepoda* και *Daphnia*, τα οποία αποτελούν μέρος του πλαγκτού, στις ακτές και στα βαθιά, αλλά δεν καταμετρήθηκαν αφού δεν ανήκουν στην μακροπανίδα που μας ενδιαφέρει.

Βρέθηκε μία ταξινομική ομάδα, που ανήκει στα Hemiptera και παρουσιάζει ομοιότητες με τα Pleidae, δηλαδή έχουν το χαρακτηριστικό ράμφος των Hemiptera, έχουν καμπουρωτό σώμα σαν βόμβα και είναι μικρότερα από 3 mm. Διαφέρουν όμως από τα Pleidae, στο ότι εμφανίζουν φύτρα φτερών, είναι ανοιχτόχρωμα καφέ με κόκκινα μάτια και είναι κάπως μικρότερα σε μέγεθος.

Επειδή δεν εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία, θα τα αναφέρουμε από τώρα και στο εξής **Pleidae O**.

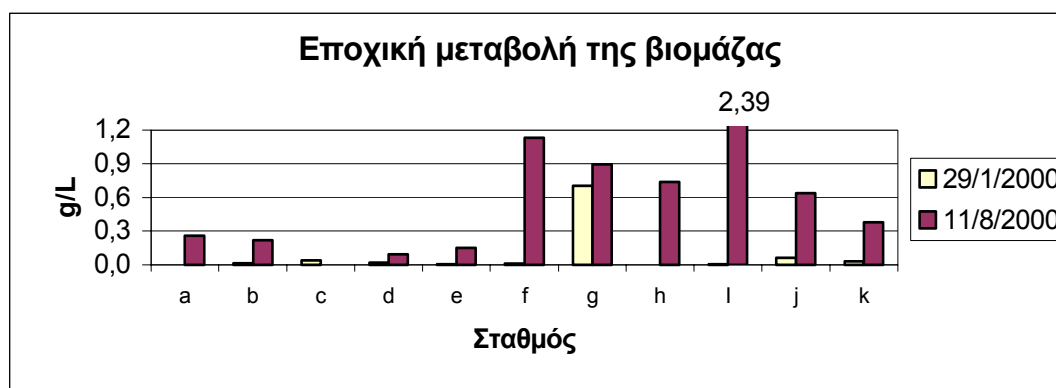
Τα Pleidae O, εμφανίζουν σημαντικές αφθονίες στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών, είναι κυρίως κολυμβητικοί οργανισμοί, κινούμενοι προς κάθε κατεύθυνση, πολύ γρήγορα και νευρικά.

#### 4.2.2 Υγρή βιομάζα

Η υγρή βιομάζα της μακροπανίδας (Εικ. 4.2.2.α & Παράρτημα II, Πίνακας 6), μετρήθηκε τον Ιανουάριο 2000 και τον Αύγουστο 2000 στις ακτές της φραγμολίμνης.

Τον **Ιανουάριο**, η βιομάζα έχει χαμηλές τιμές, από 0-23,53 g/m<sup>2</sup>, με μέση τιμή 2,7 g/m<sup>2</sup> ή από 0-705,88 mg/L με μέση τιμή 81 mg/L.

Τον **Αύγουστο**, η βιομάζα μετρήθηκε από 3-79,6 g/m<sup>2</sup>, με μέση τιμή 22,96 g/m<sup>2</sup> ή 92,59-2389,47 mg/L με μέση τιμή 688,93 mg/L.



Εικ. 4.2.2.α Υγρή βιομάζα στις ακτές της φραγμολίμνης, τον Ιανουάριο και τον Αύγουστο 2000.

Η βιομάζα είναι αυξημένη το καλοκαίρι, λόγω της αύξησης του αριθμού των ατόμων κάποιων ομάδων και λόγω της εμφάνισης κάποιων άλλων ομάδων που χαρακτηρίζονται από άτομα μεγάλου μεγέθους (αναπαραγωγική περίοδος).

Το καλοκαίρι η βιομάζα μοιράζεται σε διάφορες θέσεις (Εικ. 4.2.2.β), ενώ τον χειμώνα εμφανίζεται ουσιαστικά μόνο στη θέση g όπου υπάρχουν μόνο Hydrobiidae = 70/L (περίπου 89,5%) και Sphaeriidae = 8,24/L (περίπου 10,5%).

Η θέση i, που εμφανίζει τη μεγαλύτερη βιομάζα (2,39 g/L) τον Αύγουστο, χαρακτηρίζεται από μεγάλες σχετικές αφθονίες των Hydrobiidae = 193,16/L (48,3%), των Sphaeriidae = 123,16/L (31%) και των Diptera = 52,63/L (13%), τα ποσοστά αναφέρονται επί της συνολικής αφθονίας. Επίσης υπάρχουν αρκετά μεγάλα σε μέγεθος (έως 2 cm), Odonata = 1,05/L και Coleoptera = 5,26/L.

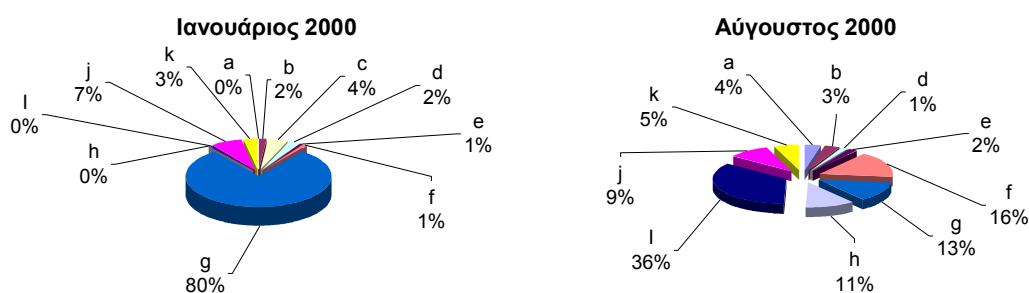
Οι θέσεις d και e, που είναι κοντά στο σταθμό C, εμφανίζουν την μικρότερη βιομάζα τον Αύγουστο (για τη θέση c δεν διαθέτουμε στοιχεία υγρής βιομάζας του Αυγούστου).

Οι θέσεις d και e χαρακτηρίζονται από μικρή αφθονία Diptera: 18,52/L στη θέση d και 5,45/L στη θέση e και Hydrobiidae: 8,15/L στη θέση d και 3,64/L στη θέση e, ενώ απουσιάζουν τα Odonata.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της βιομάζας στις θέσεις d και e, παρουσιάζουν τα Sphaeriidae: 25,19/L (45,34%) στη θέση d και 44,5/L (80,18%) στη θέση e.

Η απουσία των "μεγάλων" Odonata από τις θέσεις d και e, μπορεί να συνδεθεί με την μειωμένη τιμή του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, που μετρήθηκε στο σταθμό C, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο (Εικ. 4.1.3.α). Στο σταθμό αυτό, αυτούς τους μήνες, το νερό είχε ελάχιστο βάθος.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Όταν η βιομάζα εμφανίζεται αυξημένη, τα Hydrobiidae παρουσιάζουν μεγάλο ποσοστό συμμετοχής στη συνολική βιομάζα, ενώ όταν η βιομάζα έχει μικρή τιμή, το ποσοστό συμμετοχής των Hydrobiidae είναι μειωμένο. Άρα η συμβολή των Hydrobiidae στη διαμόρφωση της βιομάζας είναι σημαντική.



Εικ. 4.2.2.β Κατανομή υγρής βιομάζας %, στις διάφορες θέσεις των ακτών της φραγμολίνης Μπραμινών (Ιαν. 2000 και Αύγ. 2000).

### 4.2.3 Ποικιλότητα μακροπανίδας

Στο Παράρτημα II, Πίνακας 2 και Πίνακας 3, δίδονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των taxa/150 cm<sup>2</sup>, taxa/L και οι δείκτες H' και J', ενώ στα διαγράμματα των Εικ. 4.2.3.α και β, φαίνεται η μεταβολή των taxa/L στο χώρο σε κάθε εποχή ξεχωριστά.

Η διαχωριστική γραμμή που υπάρχει στα διαγράμματα μεταξύ των ακτών (A, B, C, D) και των βαθύτερων σημείων (E), τοποθετείται για να μας διευκολύνει στις συγκρίσεις. Επίσης τοποθετείται επειδή οι σταθμοί A, B, C και D αποτελούν μια ομοειδή ομάδα όσον αφορά το πρωτόκολλο δειγματοληψίας που εφαρμόστηκε, ενώ για τα βαθύτερα σημεία (E) έγινε σχετικά μικρότερης έκτασης δειγματοληψία με σκοπό να έχουμε κάποιες πρώτες ενδείξεις για την κατάσταση που επικρατεί στα βαθιά.

Η ομοιοκατανομή J', βρέθηκε 0,67 στα βαθιά και 0,69 στις ακτές (μέχρι 0,3 m βάθος).

Αν και η ποικιλότητα (H') θεωρείται μικρή, το περιβάλλον δεν βρίσκεται σε καθεστώς πίεσης, αφού η χαμηλή ποικιλότητα δεν συνδιάζεται με χαμηλή τιμή ομοιοκατανομής, J'.

Η ποικιλότητα (H'), στις **ακτές** της φραγμολίμνης κυμαίνεται από 0 έως 2,15, με μέση τιμή **1,02**.

Αν εξετάσουμε τον αριθμό των ταξινομικών ομάδων (taxa/150 cm<sup>2</sup> ή taxa/L), παρατηρούμε ότι η διακύμανση στις ακτές είναι πολύ μεγάλη, από 0 έως 18 και 15 αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα προέκυψαν από 48 δείγματα, τα οποία συλλέχτηκαν από τέσσερις σταθμούς, σε δώδεκα μηνιαίες δειγματοληψίες.

Η ποικιλότητα (H') στα **βαθύτερα σημεία** της φραγμολίμνης, εμφανίζει μικρότερο εύρος τιμών, από 0,38 έως 1,79 και μεγαλύτερη μέση τιμή **1,17**, σε σχέση με τις ακτές

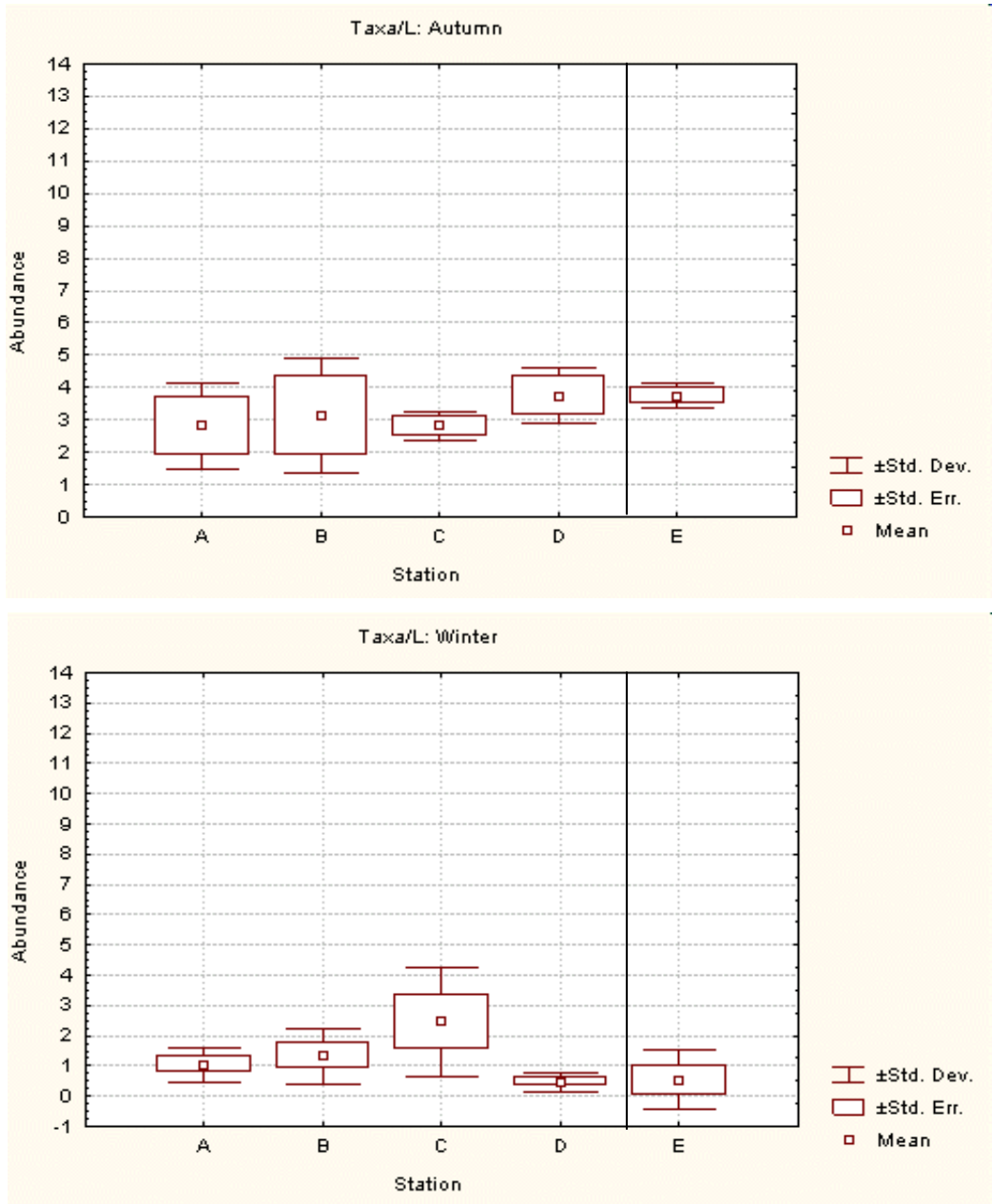
Στα βαθύτερα σημεία, η διακύμανση, 2-10 taxa/150 cm<sup>2</sup> και 0-18 taxa/L είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τις ακτές.

Οι ακτές μπορούν να φιλοξενήσουν περισσότερα είδη, αλλά παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις στις διάφορες εποχές, από καθόλου έως 15 είδη στο λίτρο, γι αυτό μπορεί κανείς να τις χαρακτηρίσει ασταθείς.

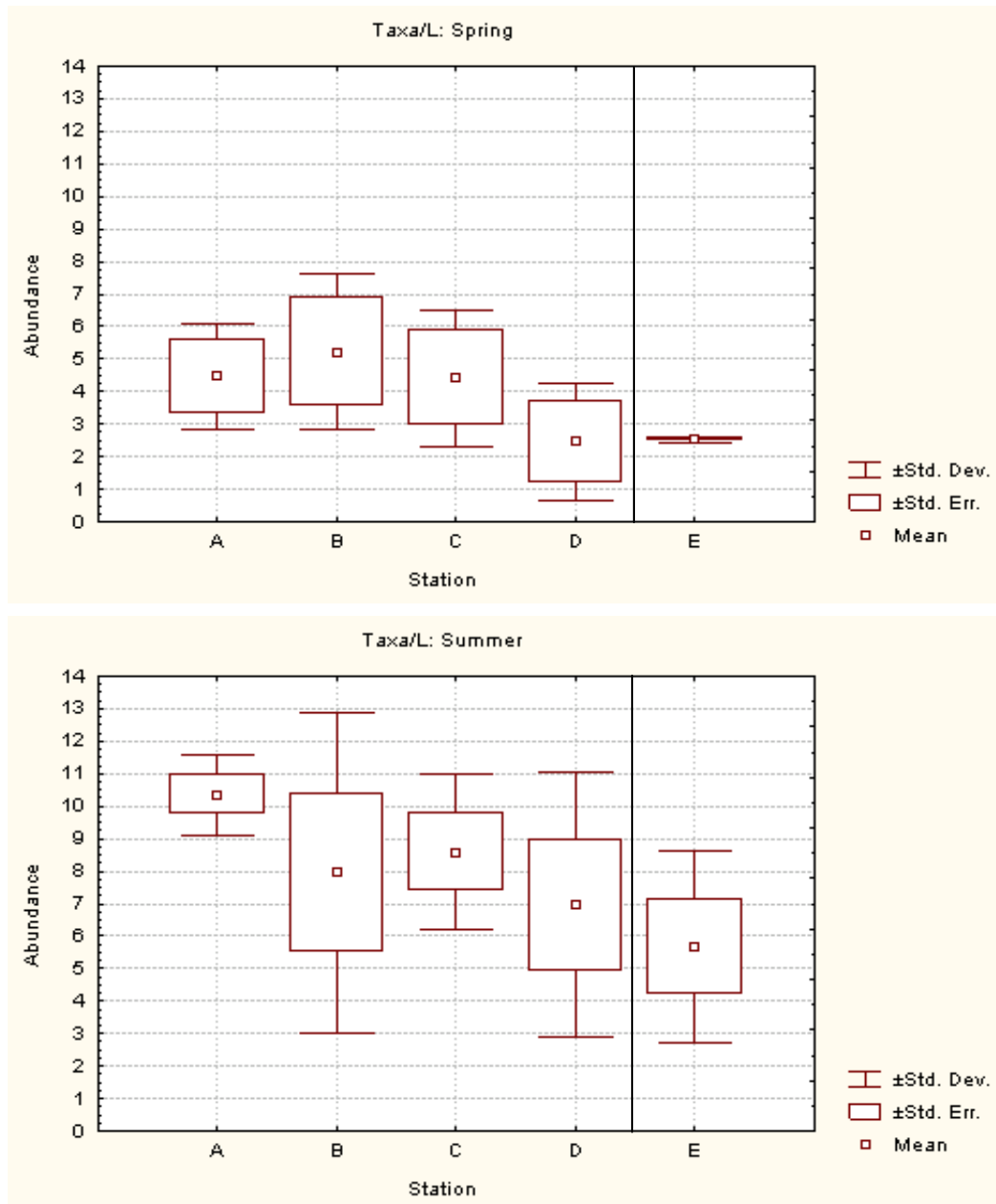
Τα βαθύτερα σημεία της φραγμολίμνης E (από 2-20 m βάθος), φιλοξενούν λιγότερα είδη, από 1,18 έως 5,88 είδη στο λίτρο, τα οποία όμως εμφανίζουν μικρότερες διακυμάνσεις στις διάφορες εποχές. (Εικ. 4.2.3.α. και 4.2.3.β).

Με στατιστική ανάλυση, Friedman ANOVA and Kendall Coefficient of Concordance όμως, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των διαφόρων σταθμών, ως προς τα taxa/L, ούτε ως προς το δείκτη H', σε κάθε εποχή ξεχωριστά (Παράρτημα III, Πίνακας 3 και Πίνακας 4).

Ο αριθμός taxa/L και η ποικιλότητα (H'), εμφανίζουν έντονες αυξητικές τάσεις τους θερμούς μήνες στις ακτές (Εικ. 4.2.3.γ).



Εικ. 4.2.3.α Αριθμός των ταξινομικών ομάδων ανά λίτρο, το φθινόπωρο και τον χειμώνα, στη φραγμολίμη των Μπραμινών ( 1999 - 2000).

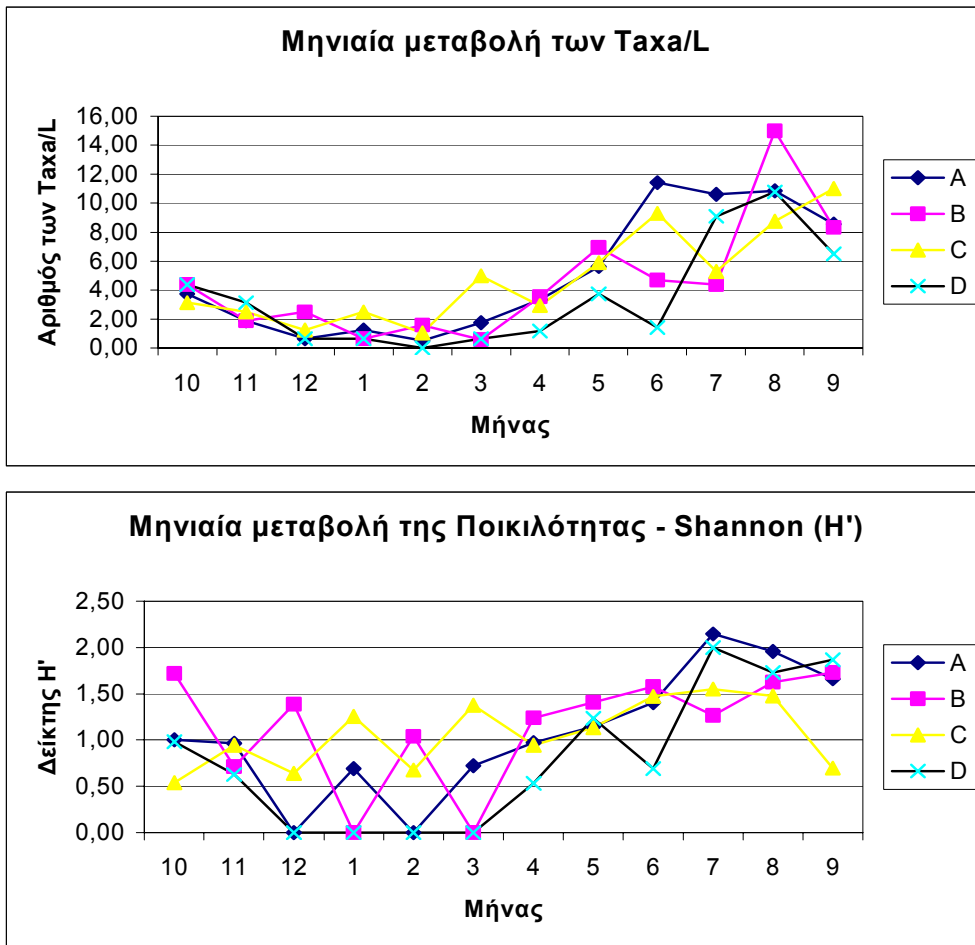


Εικ. 4.2.3.β Αριθμός των ταξινομικών ομάδων ανά λίτρο, την άνοιξη 2000 και το καλοκαίρι 2000, στη φραγμολίμνη των Μπραμινών.

. Με στατιστική ανάλυση, Kruskal-Wallis ANOVA, σε συνδιασμό με τον έλεγχο Mann-Whitney U Test, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση, ως προς τα taxa/L, μόνο μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, σε κάθε σταθμό των ακτών και στα βαθιά, ξεχωριστά (Παράρτημα ΙΙΙ, Πίνακας 1 και Πίνακας 2).

Δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των εποχών ως προς το δείκτη H', σε κανένα σταθμό.





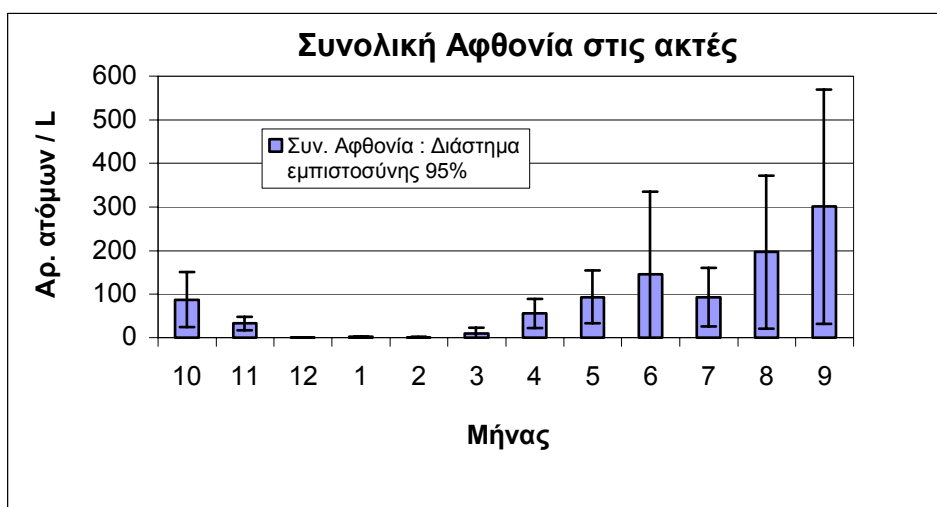
Εικ. 4.2.3.γ Μηνιαία μεταβολή του αριθμού των ομάδων/L ιζήματος και της ποικιλότητας (H') στους 4 σταθμούς δειγματοληψίας των ακτών (Μπραμιανά 1999 - 2000).

#### 4.2.4 Μηνιαία μεταβολή της συνολικής αφθονίας της μακροπανίδας, στις ακτές της φραγμολίμνης και το παράδοξο του Ιουλίου.

Η συνολική αφθονία των μακροσπονδύλων βρέθηκε ότι κυμαίνεται από 0 έως 45.462/m<sup>2</sup> ή 0-682/L στις ακτές και 400-17.465/m<sup>2</sup> ή 3,46-173,08/L στα βαθύτερα σημεία.

Υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές της συνολικής αφθονίας, ξεχωριστά για κάθε μήνα, χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες συνολικές αφθονίες των τεσσάρων σταθμών A, B, C και D των ακτών και τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης (Μαρκάκης, 2000).

Στο διάγραμμα συνολικής αφθονίας προς τους μήνες δειγματοληψίας (Εικ. 4.2.4), διακρίνεται η τάση της μακροπανίδας να αυξάνεται αριθμητικά τους θερμούς μήνες και να γίνεται ελάχιστη το χειμώνα.



Εικ. 4.2.4. Μηνιαία μεταβολή της συνολικής αφθονίας στις ακτές της φραγμαλίμνης.

Ο μήνας **Ιούλιος**, εκτρέπεται από αυτήν την τάση και εμφανίζει μειωμένη συνολική αφθονία, σε σχέση με τον Ιούνιο στις ακτές.

Η μείωση της συνολικής αφθονίας του Ιουλίου (Παράρτημα I, Πίνακας 3), οφείλεται κυρίως στο ότι μειώνονται τα **Pleidae O (Ημίπτερα)**, κατά δεύτερο λόγο τα Baetidae και λιγότερο τα Corixidae και τα Libellulidae.

Πιθανότατα, καθοριστικό ρόλο στη μείωση των Pleidae O, παίζει το **DO στο νερό**, το οποίο είναι μειωμένο σε όλους τους σταθμούς τον Ιούλιο (Εικ. 4.1.3.α). Αυτή η ιδέα ενισχύεται από την παρατηνόμενη μείωση των Pleidae O και τον Αύγουστο μόνο στο σταθμό C, όπου η συγκέντρωση του DO, παραμένει χαμηλή σχετικά με τους άλλους σταθμούς.

Η περίοδος του καλοκαιριού, που εμφανίζει τις ψηλότερες τιμές της συνολικής αφθονίας, είναι η πιο κατάλληλη για μελέτη της μακροπανίδας, κάτι που πρέπει να λαβαίνουμε υπόψη όταν σχεδιάζουμε ένα πρωτόκολλο δειγματοληψίας (US-EPA, from Karr & Chu., 1999).

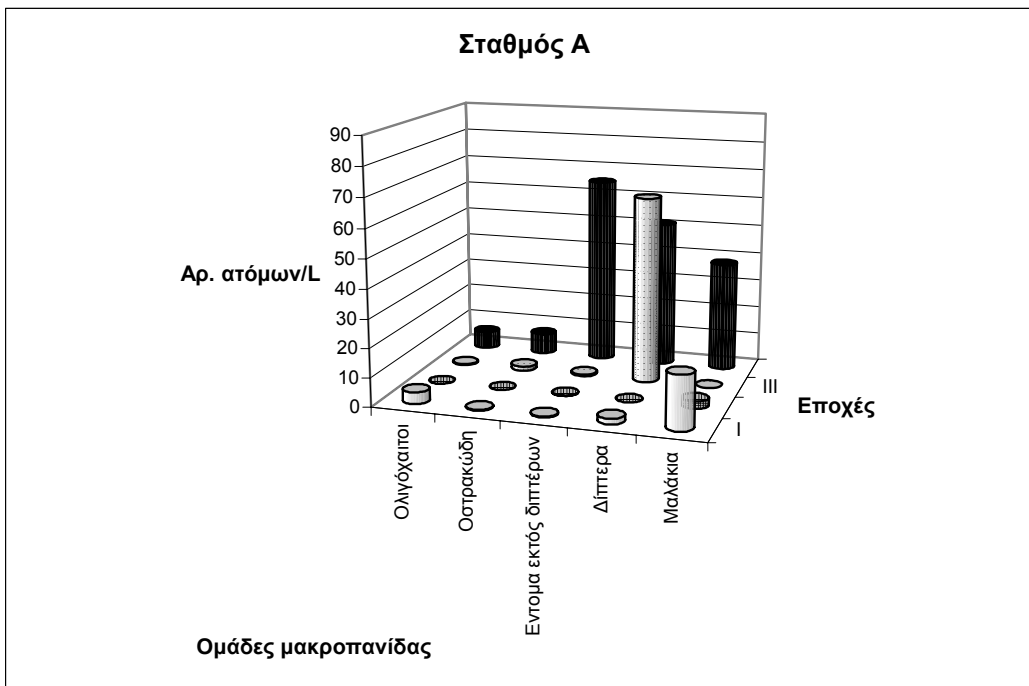
#### 4.2.5 Σχετικές αφθονίες της μακροπανίδας και πληθυσμιακή έκρηξη των Εφημερόπτερον (Baetidae), τον Σεπτέμβριο

Οι σχετικές αφθονίες (αριθμός ατόμων/λίτρο ιζήματος) των μακροασπονδύλων σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας ξεχωριστά, φαίνονται στο Παράρτημα I, Πίνακας 3 και Πίνακας 4.

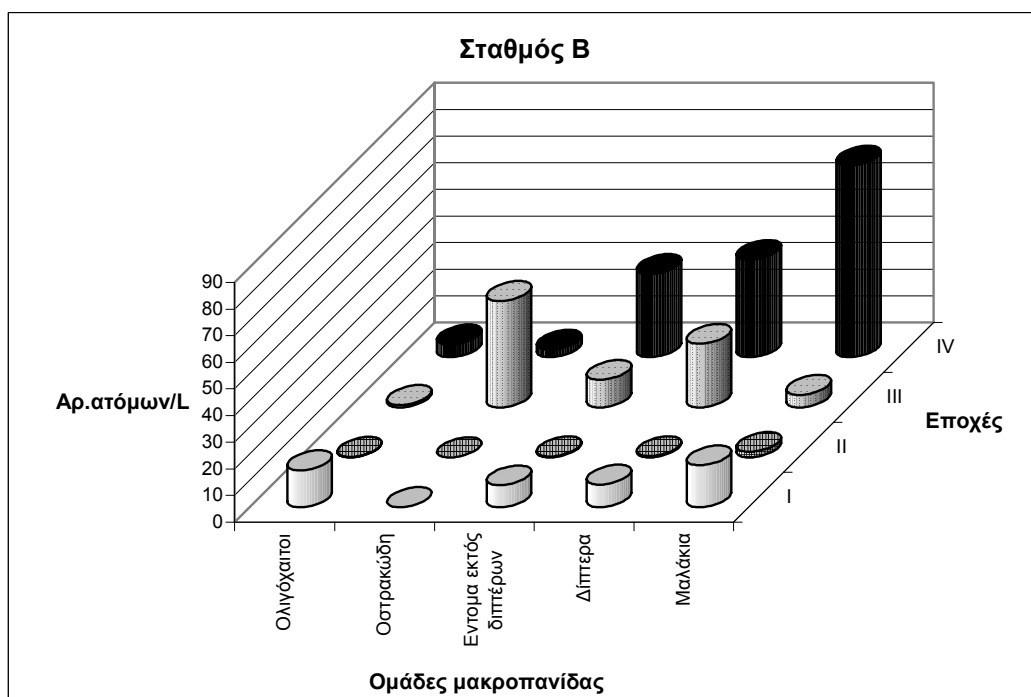
Μπορούμε να διακρίνουμε καθαρά, ότι *υπάρχουν πολλές μικρές έως και μηδενικές αφθονίες και λίγες αφθονίες, που έχουν σχετικά μεγάλες τιμές.*

Στα διαγράμματα που φαίνονται στις Εικ. 4.2.5.α, β, γ, δ, ε, παρουσιάζονται οι σχετικές αφθονίες ορισμένων μεγάλων ομάδων των μακροασπονδύλων, όπως αυτές διαμορφώνονται στις τέσσερις εποχές (φθινόπωρο = I, χειμώνας = II, άνοιξη = III, καλοκαίρι = IV), ανά σταθμό. Επί πλέον στα διαγράμματα των Εικ. 4.2.5.ζ και Εικ. 4.2.5.η διακρίνεται η χωροχρονική μεταβολή των Ολιγοχαιτών, Οστρακωδών, Μαλακίων και Εντόμων.

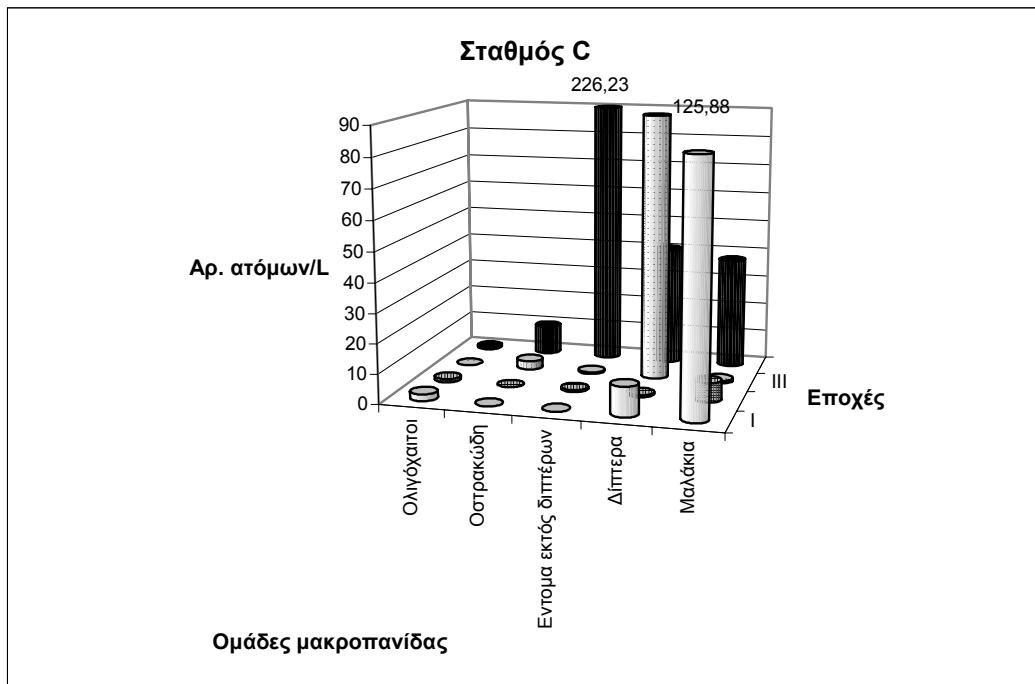
Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, οι μεγάλες αφθονίες της μακροπανίδας των ακτών οφείλονται κυρίως στα Έντομα και κατά δεύτερο λόγο στα Μαλάκια. Τα Έντομα εμφανίζουν παρόμοια τάση μεταβολής με τη θερμοκρασία και αποτελούνται κυρίως από Δίπτερα.



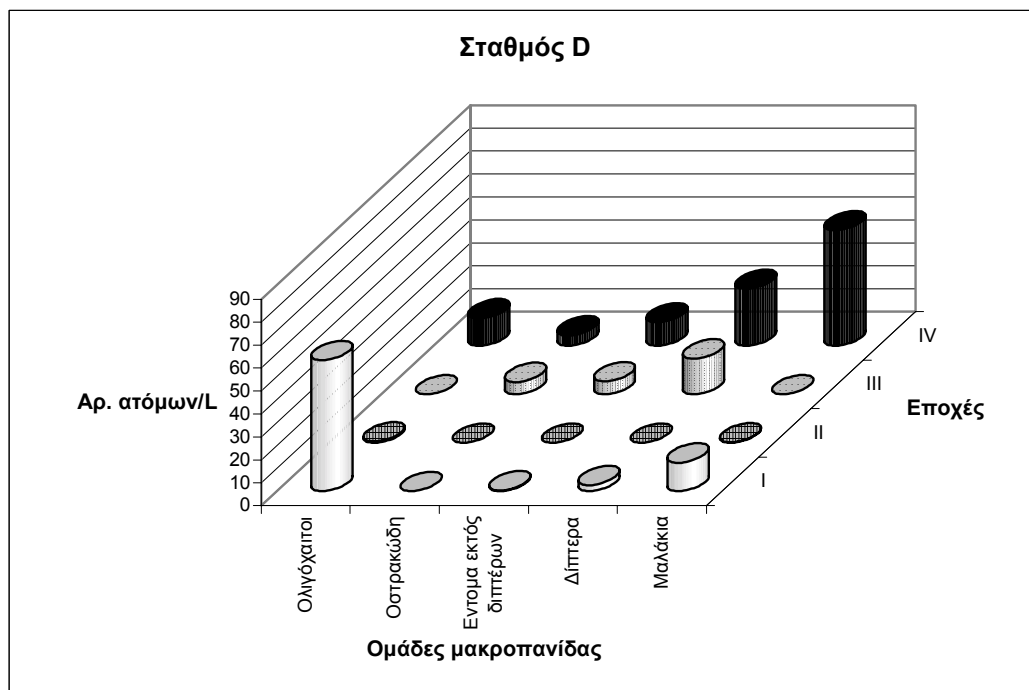
Εικ. 4.2.5.α Εποχική μεταβολή της σχετικής αφθονίας ορισμένων ομάδων της μακροπανίδας στο σταθμό Α. Μπραμιανά 1999 - 2000.



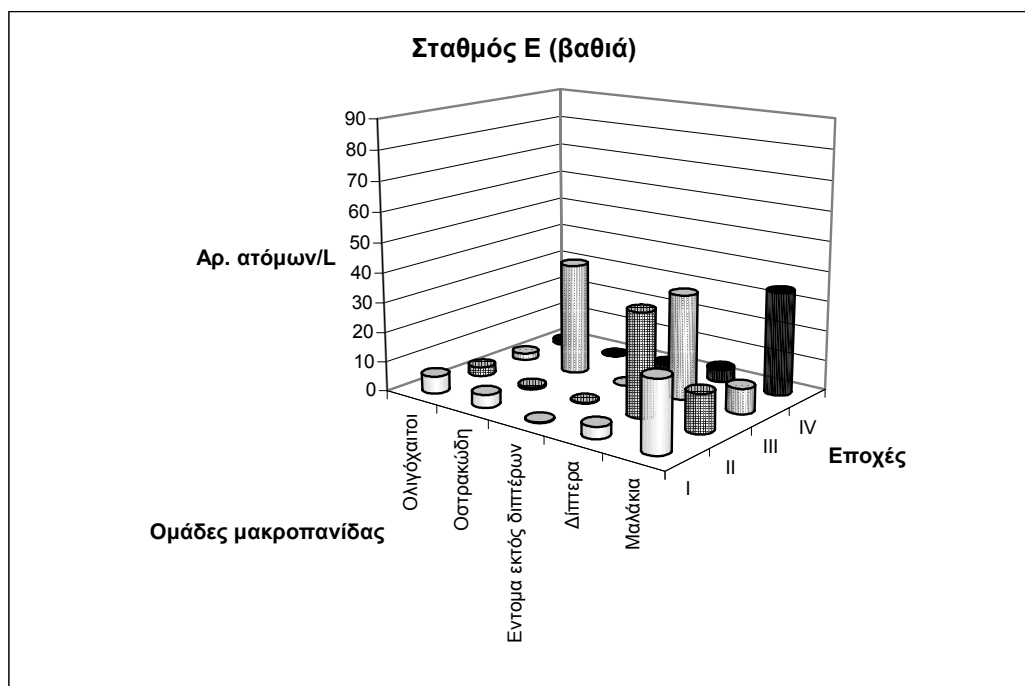
Εικ. 4.2.5.β Εποχική μεταβολή της σχετικής αφθονίας ορισμένων ομάδων της μακροπανίδας στο σταθμό Β. Μπραμιανά 1999 - 2000.



Εικ. 4.2.5.γ Εποχική μεταβολή της σχετικής αφθονίας ορισμένων ομάδων της μακροπανίδας στο σταθμό C. Μπραμιανά 1999 - 2000.



Εικ. 4.2.5.δ Εποχική μεταβολή της σχετικής αφθονίας ορισμένων ομάδων της μακροπανίδας στο σταθμό D. Μπραμιανά 1999 - 2000.



Εικ. 4.2.5.ε Εποχική μεταβολή της σχετικής αφθονίας ορισμένων ομάδων της μακροπανίδας στο σταθμό E (βαθιά). Μπραμιάνα 1999 - 2000.

Τα Δίπτερα εμφανίζουν τις μεγαλύτερες αφθονίες τους την άνοιξη (ακτές και βαθιά) και ξεπερνούν τις αφθονίες όλων των άλλων εντόμων μαζί, αυτή την εποχή. Αντιπροσωπεύονται κυρίως από τα Orthocladinae και τα Tanytarsini στις ακτές, ενώ στα βαθιά κυριαρχούν τα Orthocladinae και ακολουθούν τα Chironomus.

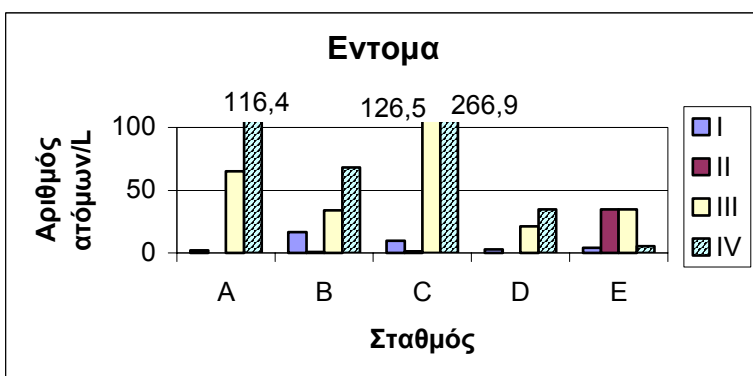
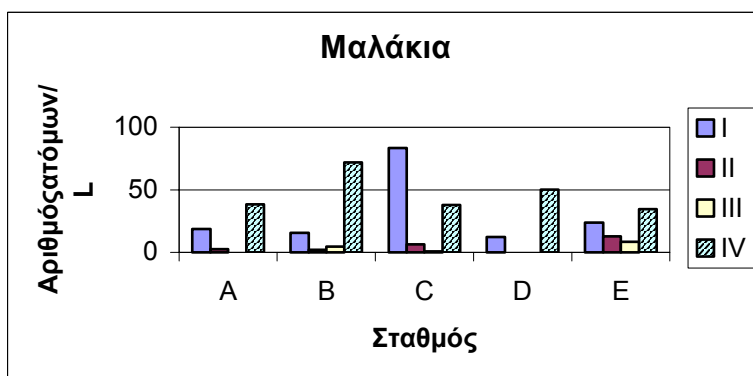
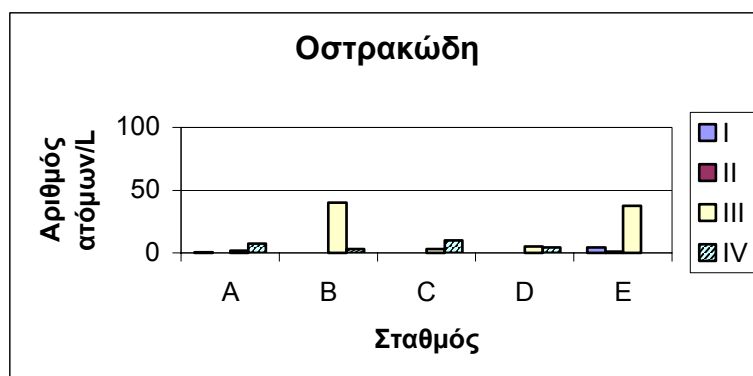
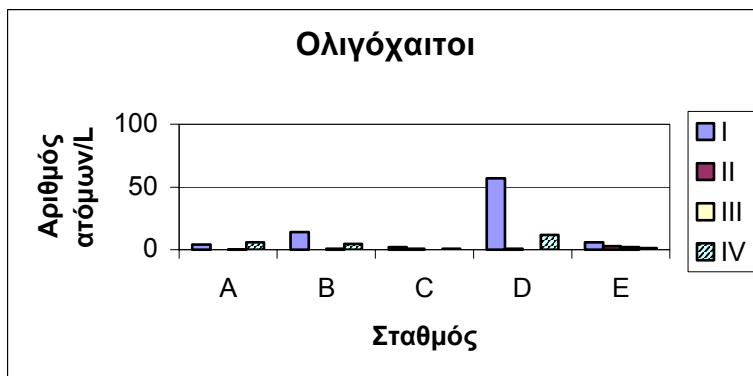
Τα υπόλοιπα Έντομα (εκτός από τα Δίπτερα), υπερέχουν των Διπτέρων μόνο το καλοκαίρι στους σταθμούς A και C. Συγκεκριμένα στο σταθμό A επικρατούν τα Ημίπτερα Pleidae O και στο σταθμό C τα Εφημερόπτερα Baetidae και τα Ημίπτερα Pleidae.

Τα Έντομα πλην των Διπτέρων, βρίσκονται κυρίως στις ακτές και κυρίως το καλοκαίρι ενώ είναι σχεδόν απόντα από τα βαθιά ολόκληρο το έτος.

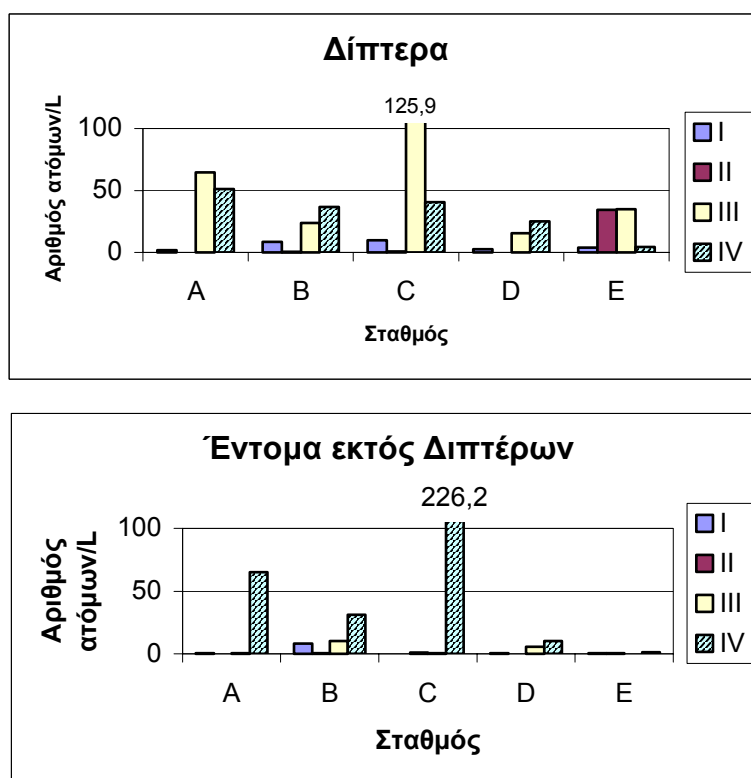
Το χειμώνα τα Έντομα σχεδόν εξαφανίζονται από τις ακτές, επίσης δεν υπάρχουν Οστρακάωδη, ενώ οι Ολιγόχαιτοι και τα Μαλάκια είναι ελάχιστα. Γιαυτό το λόγο οι χειμερινές αφθονίες είναι σχεδόν μηδενικές στις ακτές το χειμώνα

Στα βαθύτερα σημεία αντίθετα θα συναντήσουμε το χειμώνα κυρίως Δίπτερα, αρκετά Μαλάκια (κυρίως Hydrobiidae) και Ολιγόχαιτους. Οι αφθονίες των ομάδων αυτών το χειμώνα είναι μεγαλύτερες στα βαθιά από ότι είναι στις ακτές.

Τα Μαλάκια παρουσιάζουν τάση μείωσης από το φθινόπωρο έως την άνοιξη και αυξάνονται το καλοκαίρι (ακτές-βαθιά). Οι μέγιστες αφθονίες τους παρατηρήθηκαν το καλοκαίρι, εκτός από το σταθμό C ο οποίος παρουσιάζει μέγιστες αφθονίες των Μαλακίων το φθινόπωρο. Συγκεκριμένα η μεγάλη αφθονία των Μαλακίων το φθινόπωρο οφείλεται κυρίως στα Sphaeriidae του Οκτωβρίου.



Εικ. 4.2.5.ζ Χωροχρονική μεταβολή των Ολιγοχαίτων, Οστρακωδών, Μαλακίων και Εντόμων



Εικ. 4.2.5.η Χωροχρονική μεταβολή των Εντόμων πλην Διπτέρων και των Διπτέρων

Το φθινόπωρο και το καλοκαίρι στις ακτές συγκεντρώνονται μεγαλύτερες αφθονίες Μαλακίων από ότι στα βαθιά. Αντίθετα το χειμώνα και την άνοιξη οι αφθονίες των Μαλακίων είναι μεγαλύτερες στα βαθιά.

Τα Οστρακώδη παρουσιάζουν μέγιστες αφθονίες την άνοιξη (B, E) ενώ εξαφανίζονται από τις ακτές το χειμώνα και από τα βαθιά το καλοκαίρι.

Οι Ολιγόχαιτοι παρουσιάζουν μέγιστες αφθονίες το φθινόπωρο (B, D).

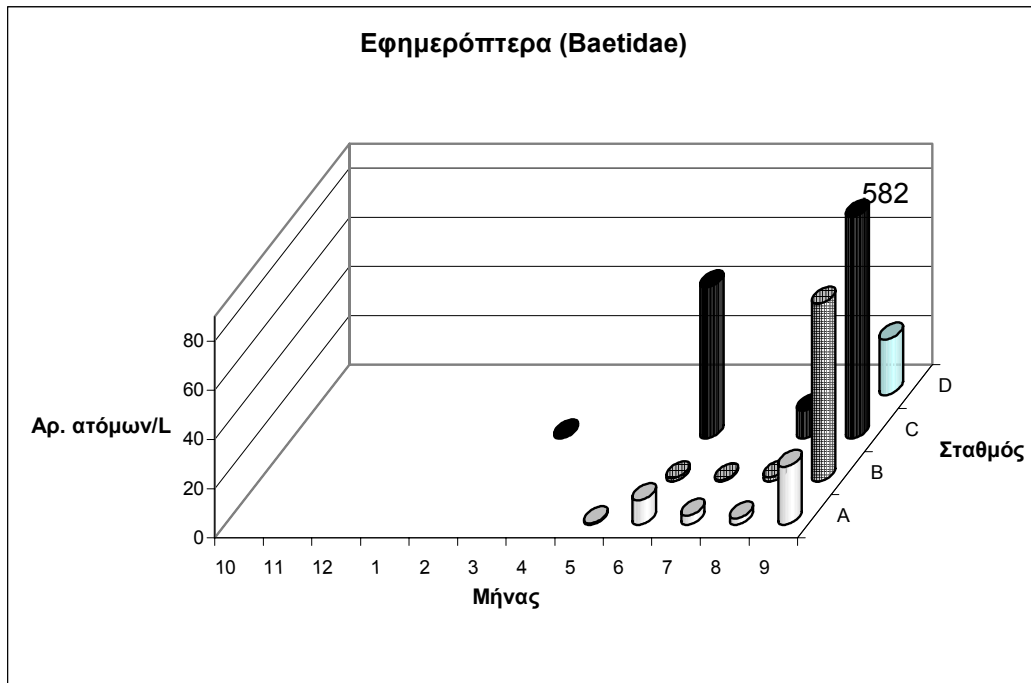
Μεγαλύτερες τιμές της σχετικής αφθονίας των Εντόμων γενικά, των Διπτέρων συγκεκριμένα και των Μαλακίων, παρατηρούμε στο σταθμό C και συσχετίζονται με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση TOC στο νερό και POC στο ίζημα (βλ. παράγραφο 4.1.17). Μεγαλύτερη σχετική αφθονία των Ολιγόχαιτων παρατηρούμε στο σταθμό D και των Οστρακωδών στα βαθύτερα σημεία.

Το Σεπτέμβριο παρατηρήθηκε μία πληθυσμιακή έκρηξη των Εφημεροπτέρων **Baetidae** (Εικ. 4.2.5.ζ & Παράρτημα I, Πίνακας 3) στις ακτές και ιδιαίτερα στο σταθμό C.

Τα Baetidae, εμφανίζονται το Μάρτιο με ένα άτομο στο σταθμό C και στη συνέχεια τον Μάιο, με ένα ακόμα άτομο στο σταθμό A και με αρκετά άτομα στις εισροές της Καλαμαύκας και της Μαλαύρας.

Τον Ιούνιο εμφανίζονται αρκετά στους σταθμούς A, B και C, με μεγαλύτερη αφθονία στο σταθμό C (86 άτομα). Τον Ιούλιο, δεν βρέθηκαν στους σταθμούς C και D.

Παρατηρήσαμε ακόμα ότι δεν υπάρχουν Baetidae στα βαθιά. Το βαθύτερο σημείο στο οποίο βρέθηκαν Baetidae είχε βάθος 2 m, στο δείγμα Xo7.



Εικ. 4.2.5.θ Πληθυσμιακή κατάσταση των Εφημεροπτέρων (Baetidae) στη φραγμολίμνη Μπραμινιών Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Ο **Σεπτέμβριος** είναι ο μήνας με τις μεγαλύτερες αφθονίες των Baetidae σε όλους τους σταθμούς (ιδιαίτερα στο σταθμό C) και είναι ο μοναδικός μήνας που βρέθηκαν Baetidae στο σταθμό D.

Πιθανότατα, ο Σεπτέμβριος χαρακτηρίζεται από έντονη αναπαραγωγική δραστηριότητα των Baetidae, γι αυτό παρατηρείται αυτή η πληθυσμιακή έκρηξη. Η έντονη παρουσία νεογέννητων Baetidae τον Σεπτέμβριο, αποτελεί ένδειξη για την αναπαραγωγική αιχμή, τον μήνα αυτό.

#### 4.2.6 Ποσοστό επί του συνόλου των ατόμων και συχνότητα εμφάνισης των διαφόρων ταξινομικών ομάδων των μακροασπονδύλων

Οι ταξινομικές ομάδες της μακροπανίδας, που εμφανίζονται τουλάχιστον στο 50% των δειγμάτων (Πίνακας 4.2.6.α), δηλαδή τα **πιο κοινά** (συχνά εμφανιζόμενα) είδη, είναι τα:

- *Oligochaeta*, *Orthocladinae*, *Hydrobiidae*, *Sphaeriidae*, στις ακτές και
- *Oligochaeta*, *Ostracoda*, *Orthocladinae*, *Chironomus*, *Hydrobiidae*, *Sphaeriida*, στα βαθιά.



**Πίνακας 4.2.6.α Συχνότητα παρουσίας των διαφόρων ειδών της μακροπανίδας, επί του συνόλου των δειγμάτων στη φραγμολίμνη Μπραμινών (Ιούλ. 1999 - Σεπτ. 2000).**

Μακροασπόνδυλα	σε 48 δείγματα των ακτών, %	σε 17 δείγματα, βάθους 2m - 20m, %
ANNELIDA		
Oligochaeta	<b>52,1</b>	<b>88,2</b>
Helobdella stagnalis	8,3	11,8
CHELICERATA		
Hydracarina	6,3	29,4
CRUSTACEA		
Ostracoda	39,6	<b>58,8</b>
INSECTA		
Baetidae	29,2	5,9
Libellulidae	12,5	11,8
Zygoptera	2,1	0,0
Corixidae	16,7	11,8
Pleidae O	43,8	0,0
Pleidae	18,8	0,0
Notonectidae	8,3	0,0
Berosus	35,4	5,9
Hygrotus	16,7	5,9
Colymbetinae	12,5	0,0
Helmidae-προνύμφες	4,2	0,0
Orthoclaadiinae-προνύμφες	<b>62,5</b>	<b>88,2</b>
Tanytarsini-προνύμφες	43,8	17,6
Chironomini-προνύμφες (εκτός Chironomus)	31,3	29,4
Chironomus-προνύμφες	33,3	<b>70,6</b>
Chironomidae-νύμφες	31,3	5,9
Tanyrodinae-νύμφες	10,4	0,0
Diamesinae-νύμφες	4,2	5,9
Psychodidae-νύμφες	2,1	0,0
Ceratorogonidae-προνύμφες	8,3	0,0
MOLLUSCA		
Hydrobiidae	<b>68,8</b>	<b>76,5</b>
Bythyniidae	2,1	0,0
Sphaeriidae	<b>52,1</b>	<b>88,2</b>
ΣΥΝΟΛΟ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	48	17

Οι ομάδες της μακροπανίδας που εμφανίζουν **αριθμητική υπεροχή** (Πίνακας 4.2.6.β), συγκεκριμένα ξεπερνούν το 10% του συνόλου των ατόμων είναι οι εξής:

- *Baetidae*, *Pleidae O*, *Orthoclaadiinae*, *Hydrobiidae*, *Sphaeriidae*, στις ακτές και
- *Ostracoda*, *Orthoclaadiinae*, *Chironomus*, *Hydrobiidae*, στα βαθιά.

Η επικράτηση των *Orthoclaadiinae* στα βαθιά, σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη των *Chironomidae*, αποτελεί ένδειξη ολιγοτροφισμού στη φραγμολίμνη (Marsall, 1978).

Πίνακας 4.2.6.β Ποσοστό ατόμων κάθε είδους, επί του συνόλου των ατόμων στη φραγμολίμνη Μπραμινών (Ιούλ. 1999 - Σεπτ. 2000).

Μακροασπόνδυλα	ακτές, %	βαθιά, 2 m - 20 m, %
<i>ANNELIDA</i>		
<i>Oligochaeta</i>	6,3	5,1
<i>Helobdella stagnalis</i>	0,2	2,7
<i>CHELICERATA</i>		
<i>Hydracarina</i>	0,1	0,3
<i>CRUSTACEA</i>		
<i>Ostracoda</i>	4,8	<b>17,6</b>
<i>INSECTA</i>		
<i>Baetidae</i>	<b>19,5</b>	0,2
<i>Libellulidae</i>	0,5	0,1
<i>Zygoptera</i>	0,0	0,0
<i>Corixidae</i>	0,8	0,3
<i>Pleidae O</i>	<b>10,7</b>	0,0
<i>Pleidae</i>	0,4	0,0
<i>Notonectidae</i>	0,2	0,0
<i>Berosus</i>	1,4	0,1
<i>Hygrotus</i>	0,2	0,1
<i>Colymbetinae</i>	0,2	0,0
<i>Helmidae-προνύμφες</i>	0,0	0,0
<i>Orthoclaadiinae-προνύμφες</i>	<b>13,9</b>	<b>15,3</b>
<i>Tanytarsini-προνύμφες</i>	9,7	0,7
<i>Chironomini-προνύμφες (εκτός Chironomus)</i>	2,0	1,1
<i>Chironomus-προνύμφες</i>	0,9	<b>13,5</b>
<i>Chironomidae-νύμφες</i>	0,8	0,1
<i>Tanyrodinae-νύμφες</i>	0,1	0,0
<i>Diamesinae-νύμφες</i>	0,0	0,1
<i>Psychodidae-νύμφες</i>	0,0	0,0
<i>Ceratopogonidae-προνύμφες</i>	0,1	0,0
<i>MOLLUSCA</i>		
<i>Hydrobiidae</i>	<b>15,0</b>	<b>34,7</b>
<i>Bythyniidae</i>	0,0	0,0
<i>Sphaeriidae</i>	<b>11,8</b>	8,1
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΤΟΜΩΝ ΜΑΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Ο Πίνακας 4.2.6.γ, δείχνει αν υπάρχουν (ή αν απουσιάζουν) οι διάφορες ταξινομικές ομάδες της μακροπανίδας που μελετήσαμε, στους σταθμούς A, B, C, D των ακτών και στους σταθμούς Xo-X, Ψo-Ψ και Zo-Z των βαθύτερων σημείων κατά την περίοδο μελέτης.

Παρατηρούμε ότι από τα Έντομα τα Ημίπτερα (*Corixidae*, *Pleidae*, *Pleidae O*, *Notonectidae*) βρίσκονται μόνο στις ακτές. Επίσης τα Κολεόπτερα (*Hygrotus*, *Colymbetinae*, *Helmidae*) καθώς και τα *Berosus* μέχρι βάθους 2,5 m και τα Εφημερόπτερα (*Baetidae*) μέχρι βάθους 2 m.

Σε όλους τους δειγματοληπτικούς σταθμούς βρέθηκαν τα *Oligochaeta*, τα *Ostracoda* τα *Libellulidae* πλην του Zo-Z, τα Δίπτερα (*Orthoclaadiinae*, *Tanytarsini* πλην του Ψo-Ψ, *Chironomini*, *Chironomus*) και τα Μαλάκια (*Hydrobiidae*, *Sphaeriidae*).

Τις πιο σπάνιες παρουσίες είχαν τα:

Ζυγόπτερα (βρέθηκαν μόνο στο σταθμό C), τα Tanypodinae (μόνο στους σταθμούς A και D, τα Diamesinae (μόνο στο σταθμό B και C), τα Psychodidae (μόνο στο σταθμό C) και τα Bythyniidae (μόνο το σταθμό D).

Πίνακας 4.2.6.γ Παρουσία - απουσία\* μακροασπονδύλων στις θέσεις των ακτών (A, B, C, D) και σε βαθύτερα σημεία (Χο-Χ, Ψο-Ψ, Ζο-Ζ) του ταμειυτήρα Μπραμινών. Οι δειγματοληψίες έγιναν από τον Ιούλ. 1999 έως τον Σεπτ. 2000.

	Ακτές				Βαθιά		
	A**	B	C	D	Χο-Χ (2 m-12 m)	Ψο-Ψ (13 m-20 m)	Ζο-Ζ (4 m-13 m)
<b>ANNELIDA</b>							
Oligochaeta	#	#	#	#	#	#	#
Helobdella stagnalis	#	#	#	#	#	0	0
<b>CHELICERATA</b>							
Hydracarina	#	#	0	0	0	#	#
<b>CRUSTACEA</b>							
Ostracoda	#	#	#	#	#	#	#
<b>INSECTA</b>							
Baetidae	#	#	#	#	#	0	0
Libellulidae	#	#	#	#	#	#	0
Zygoptera	0	0	#	0	0	0	0
Corixidae	#	#	#	0	0	0	0
Pleidae a	#	#	#	#	0	0	0
Pleidae b	#	#	#	#	0	0	0
Notonectidae	#	#	#	#	0	0	0
Berosus	#	#	#	#	#	0	0
Hygrotus	#	#	#	0	0	0	0
Colymbetinae	#	#	0	#	0	0	0
Helmiidae-προνύμφες	0	#	#	0	0	0	0
Orthoclaadiinae-προνύμφες	#	#	#	#	#	#	#
Tanytarsini-προνύμφες	#	#	#	#	#	0	#
Chironomini-προνύμφες (εκτός Chironomus)	#	#	#	#	#	#	#
Chironomus-προνύμφες	#	#	#	#	#	#	#
Chironomidae(?)-νύμφες	#	#	#	#	#	0	0
Tanypodinae(?)-νύμφες	#	0	0	#	0	0	0
Diamesinae(?)-νύμφες	0	#	#	0	0	0	0
Psychodidae-νύμφες	0	0	#	0	0	0	0
Ceratorogonidae-προνύμφες	#	#	#	0	0	0	0
<b>MOLLUSCA</b>							
Hydrobiidae	#	#	#	#	#	#	#
Bythyniidae	0	0	0	#	0	0	0
Sphaeriidae	#	#	#	#	#	#	#

\* 0 = απουσία, # = παρουσία

\*\* Αριθμός δειγμάτων : A=12, B=12, Γ=12, Δ=12, Χο-Χ=6, Ψο-Ψ=5, Ζο-Ζ=5

#### 4.2.7 Ανάλυση των Κυρίων Συνιστωσών (PCA): Οι διάφορες ταξινομικές κατηγορίες της μακροπανίδας, εμφανίζουν μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ τους

Στην PCA δεν χρησιμοποιήθηκαν οι ομάδες Haliplidae (ποιοτική δειγματοληψία), Psychodidae (γιατί δεν εμφανίζει διασπορά) και οι ομάδες που βρέθηκαν μόνο στις εισροές (Nematoda, Amphipoda, Asselus και Lumbricidae)

Έγινε προσπάθεια να αντικατασταθούν οι υπόλοιπες 26 ταξινομικές ομάδες της μακροπανίδας, από λίγες συνιστώσες, που θα ερμηνεύουν το μεγαλύτερο μέρος της μεταβλητότητας της αφθονίας της μακροπανίδας, για να διευκολυνθούμε στην ερμηνεία.

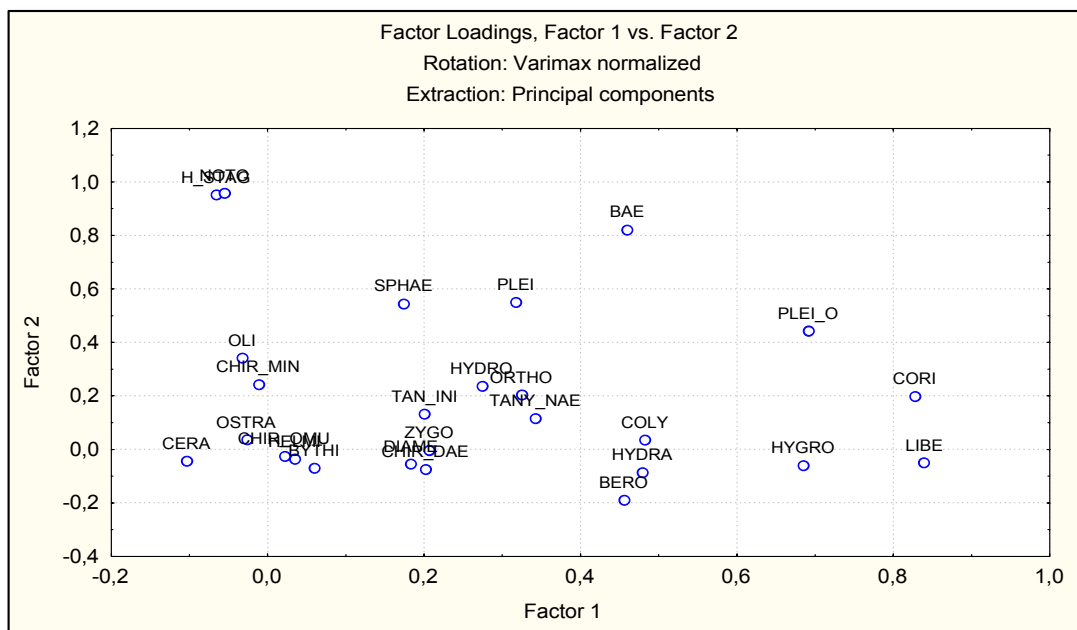
Γι αυτό το λόγο, εφαρμόστηκε η PCA (Πίνακας 4.2.7), χρησιμοποιώντας τις σχετικές αφθονίες των 48 δειγμάτων των ακτών, η οποία απέδωσε εννέα συνιστώσες!!!! Οι 9 συνιστώσες ερμηνεύουν το 82% της μεταβλητότητας, ενώ μόνο οι δύο πρώτες, ερμηνεύουν πάνω από το 10% της μεταβλητότητας).

Η PCA λοιπόν, δεν μας βοηθά ουσιαστικά στη μείωση των παραγόντων.

*Πίνακας 4.2.7 Ιδιοτιμές και % μεταβλητότητα που ερμηνεύουν οι 9 κύριες συνιστώσες.*

Eigenvalues (new.sta)				
Extraction: Principal components				
	Eigenval	% total Variance	Cumul. Eigenval	Cumul. %
1	7,32	28,16	7,32	28,16
2	3,49	13,41	10,81	41,57
3	2,33	8,96	13,14	50,53
4	1,95	7,52	15,09	58,04
5	1,50	5,77	16,59	63,81
6	1,43	5,49	18,02	69,30
7	1,18	4,54	19,20	73,84
8	1,10	4,24	20,30	78,08
9	1,04	4,00	21,34	82,08

Τοποθετήσαμε την πρώτη και την δεύτερη συνιστώσα στους άξονες x και y αντίστοιχα και κατασκευάστηκε το διάγραμμα (Εικ. 4.2.7).



Εικ. 4.2.7 Διάγραμμα δυο διαστάσεων των διαφόρων ομάδων των μακροασπονδύλων.

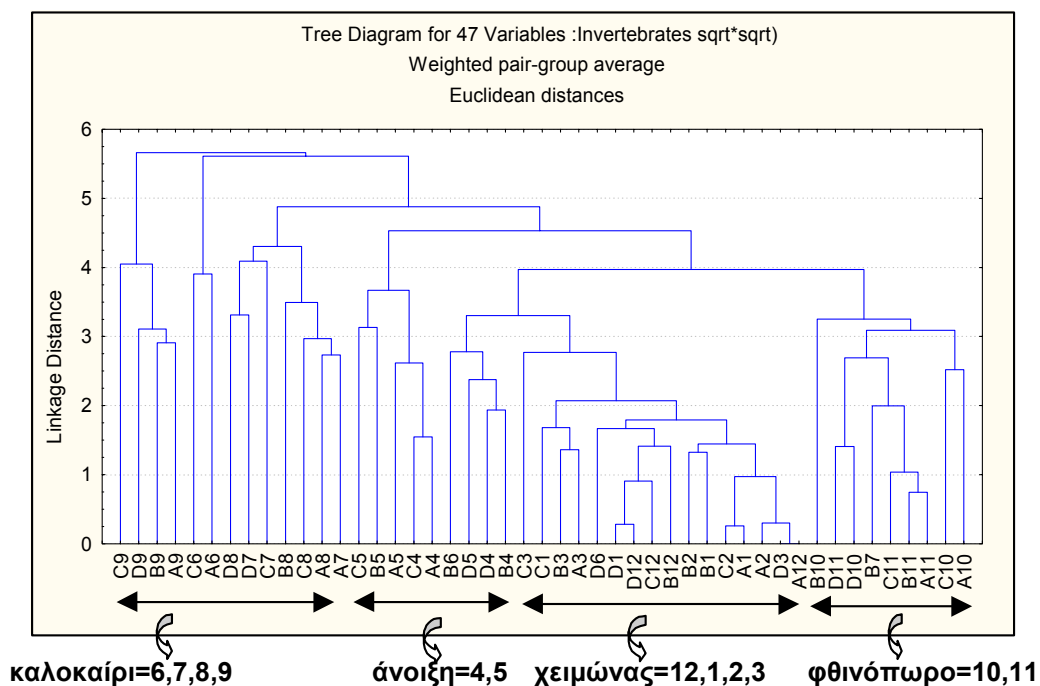
Στο διάγραμμα αυτό διακρίνεται ότι οι ταξινομικές ομάδες διασπείρονται σε μεγάλη έκταση και δεν ομαδοποιούνται, που σημαίνει ότι αυτό που κυριαρχεί, είναι η διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων των ασπόνδυλων.

Παρόλο που υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση ως προς την μεταβλητότητα των σχετικών αφθονιών των διαφόρων ομάδων της μακροπανίδας, τα δείγματα της μακροπανίδας των ακτών παρουσιάζουν ομαδοποιήσεις (βλ. παράγραφο 4.2.8). Αυτό συμβαίνει επειδή το κάθε δείγμα αποτελείται από ένα σύνολο ομάδων της μακροπανίδας που συμπεριφέρονται παρόμοια με το "σύνολο των ομάδων" κάποιων άλλων δειγμάτων.

#### 4.2.8 Ανάλυση Ομαδοποίησης (Cluster analysis): Οι αφθονίες των μακροασπονδύλων συσχετίζονται με τις εποχές

Για να προσεγγίσουμε τις σχετικές αφθονίες της μακροπανίδας, χρησιμοποιήσαμε όλα τα δείγματα των ακτών (48 δείγματα) και κατασκευάσαμε ένα δενδρόγραμμα, με ανάλυση Ομαδοποίησης (Cluster analysis), (Εικ. 4.2.8.α).

Τα δείγματα A10, C10, A11, B11, C11, B7, D10, D11, B10, σχηματίζουν μία ομάδα, που αποτελείται από τα δείγματα, που έχουν συλλεγεί τον Οκτώβριο (10) και τον Νοέμβριο (11). Την ομάδα αυτή την ονομάζουμε φθινόπωρο.



Εικ. 4.2.8.α Δενδρόγραμμα μηνιαίων δειγμάτων της σχετικής αφθονίας της πανίδας των ακτών στη φραγμολίμνη Μπραμιανών.

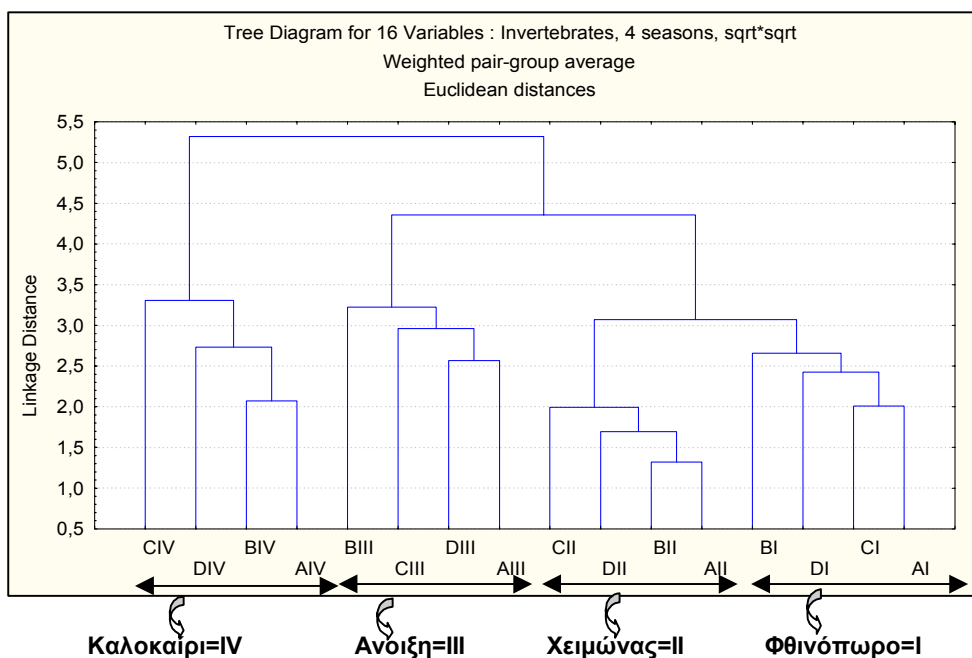
Μία δεύτερη ομάδα δειγμάτων σχηματίζεται από τα δείγματα, D3, A2, A1, C2, B1, B2, B12, C12, D12, D1, D6, A3, B3, C1 και C3, τα οποία προέρχονται από τους μήνες Δεκέμβριο (12), Ιανουάριο (1), Φεβρουάριο (2) και Μάρτιο (3). Την ομάδα αυτή την ονομάζουμε χειμώνα.

Δύο μικρές ομάδες από τα δείγματα, B4, D4, D5, B6 και από τα δείγματα, A4, C4, A5, B5, C5, των μηνών Απρίλιος (4) και Μάιος (5), αποτελούν την ομάδα της άνοιξης.

Τέλος τα: A7, A8, C8, B8, C7, D7, D8, A6, C6, A9, B9, D9, και C9, διαφέρουν πάρα πολύ από τις προηγούμενες ομάδες δειγμάτων και αντιστοιχούν στους μήνες Ιούνιο (6), Ιούλιο (7), Αύγουστο (8) και Σεπτέμβριο (9). Τα δείγματα αυτά αποτελούν την ομάδα του καλοκαιριού.

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των εποχών και ότι οι εποχές ορίζονται ως εξής:

- I → **Φθινόπωρο** = Οκτώβριος (10) + Νοέμβριος (11)
- II → **Χειμώνας** = Δεκέμβριος (12) + Ιανουάριος (1) + Φεβρουάριος (2) + Μάρτιος (3)
- III → **Άνοιξη** = Απρίλιος (4) + Μάιος (5)
- IV → **Καλοκαίρι** = Ιούνιος (6) + Ιούλιος (7) + Αύγουστος (8) + Σεπτέμβριος (9).



Εικ. 4.2.8.β Δενδρόγραμμα εποχικών δειγμάτων της σχετικής αφθονίας της πανίδας των ακτών στη φραγμολίμνη Μπραμινών.

Το δενδρόγραμμα της Εικ. 4.2.8.β, κατασκευάστηκε από 16 δείγματα, που πρέκυσαν ως οι μέσες τιμές των σχετικών αφθονιών των δειγμάτων κάθε σταθμού που ανήκουν στην ίδια εποχή

π.χ. το AI = προκύπτει ως η μέση τιμή του A10 και του A11, το CI = η μέση τιμή των C10 και C11, το CIV = η μέση τιμή των C6, C7, C8 και C9 κ.λ.π.

Στο δενδρόγραμμα αυτό φαίνεται πολύ καθαρά ότι:

- Υπάρχει ομαδοποίηση των δειγμάτων ανά εποχή
- Ο χειμώνας διαφέρει από το φθινόπωρο, η άνοιξη ξεχωρίζει από το φθινόπωρο και το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι είναι η πιο διαφορετική εποχή.

#### 4.2.9 Εποχική μεταβολή της αφθονίας της μακροπανίδας

Στα διαγράμματα της συνολικής αφθονίας της μακροπανίδας σε σχέση με την εποχή, σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας ξεχωριστά (Εικ. 4.2.9), παρατηρούμε τα εξής:

- Στους σταθμούς A, B, C, D των ακτών, υπάρχει η ίδια τάση μεταβολής της συνολικής αφθονίας. Οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται το χειμώνα (II) και οι μέγιστες το καλοκαίρι (IV).
- Στα βαθιά (E), τα μακροασπόνδυλα παρουσιάζουν μέγιστη συνολική αφθονία την άνοιξη.
- Τα διαγράμματα (Εικ. 4.2.9) δείχνουν αυτό που ήταν αναμενόμενο, δηλαδή οι αφθονίες των μακροασπονδύλων αυξάνονται την άνοιξη και το καλοκαίρι και μειώνονται το χειμώνα λόγω κύκλου ανάπτυξης.

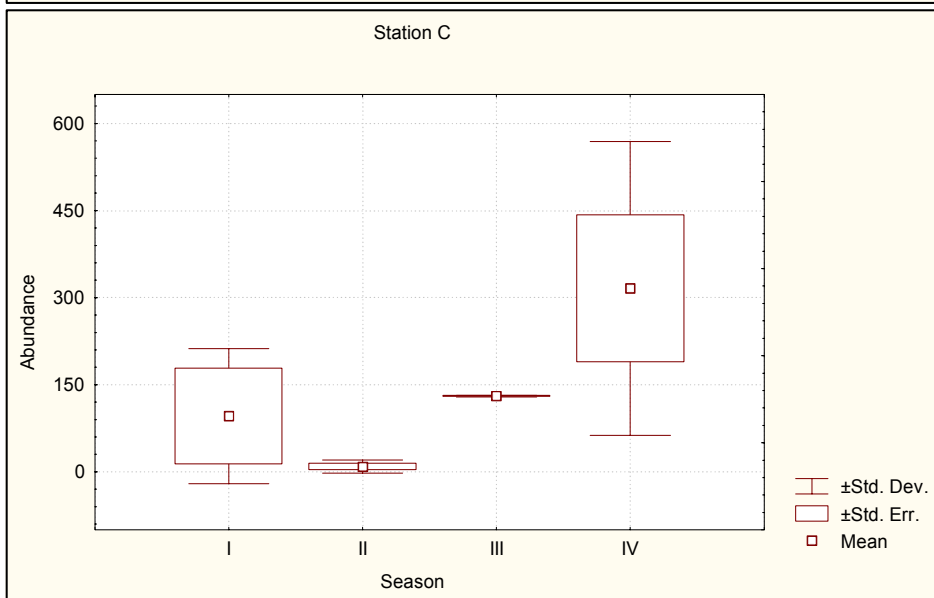
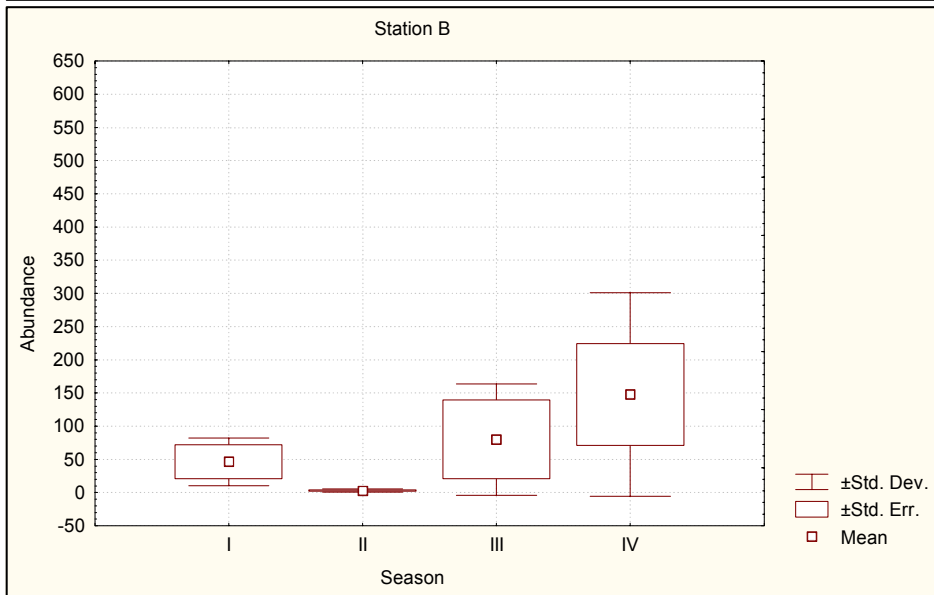
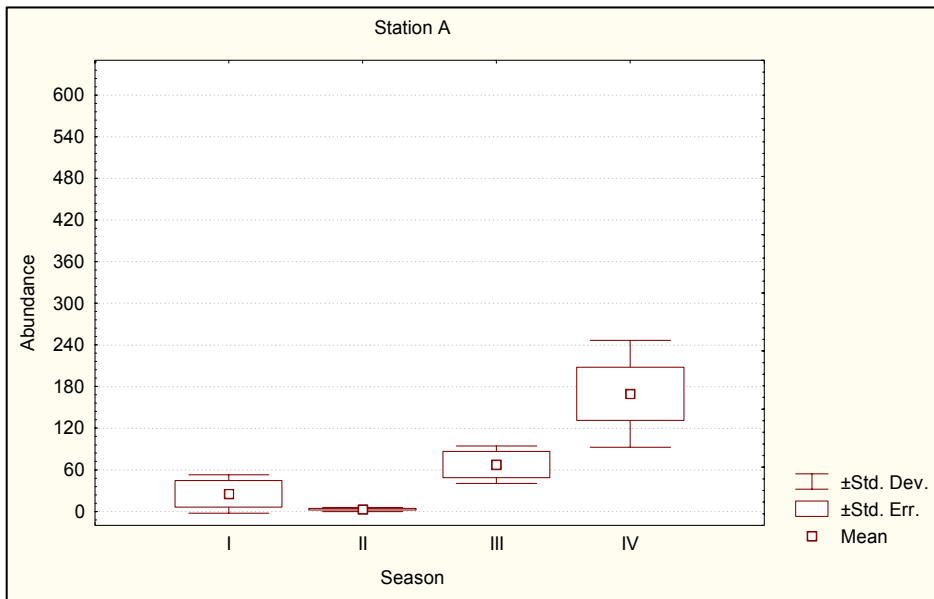
Έγινε μη παραμετρική ανάλυση διακύμανσης της συνολικής αφθονίας (Kruskal-Wallis ANOVA, σε συνδιασμό με τον έλεγχο Mann-Whitney U Test, για κάθε σταθμό ξεχωριστά.

Με αυτή την ανάλυση, προσπαθούμε να βρούμε αν υπάρχει, στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των εποχών και τα αποτελέσματα δίδονται στο Παράρτημα III, Πίνακας 1 και Πίνακας 2.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μόνο μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, και μόνο στους σταθμούς A και C

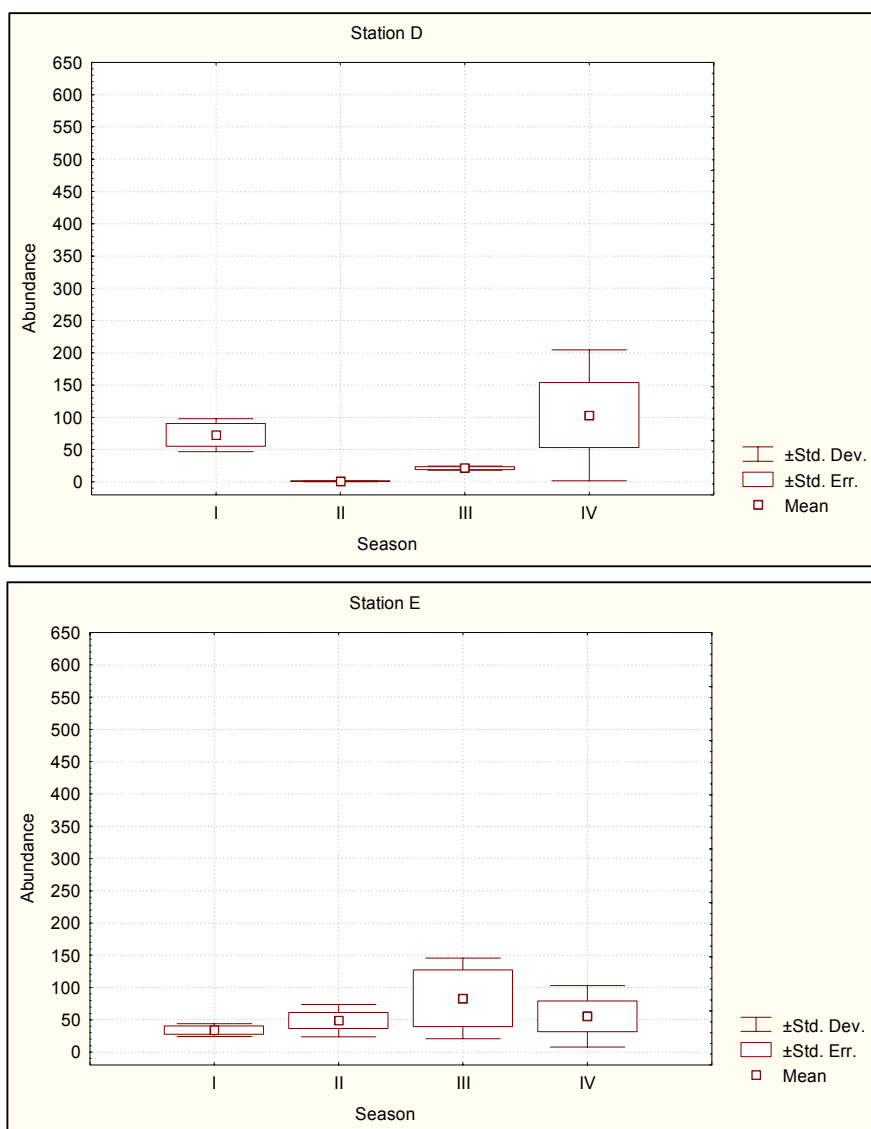
Τις ίδιες αναλύσεις, επαναλάβουμε και για τις σχετικές αφθονίες των πιο σημαντικών ομάδων (Παράρτημα III, Πίνακας 1 και Πίνακας 2).

Σε κάθε περίπτωση που παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική εποχική διαφοροποίηση της αφθονίας, ήταν μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού.



Εικ. 4.2.9 Συνέχεια στην επόμενη σελίδα.....





Εικ. 4.2.9 Εποχική μεταβολή της συνολικής αφθονίας της μακροπανίδας σε κάθε σταθμό ξεχωριστά.

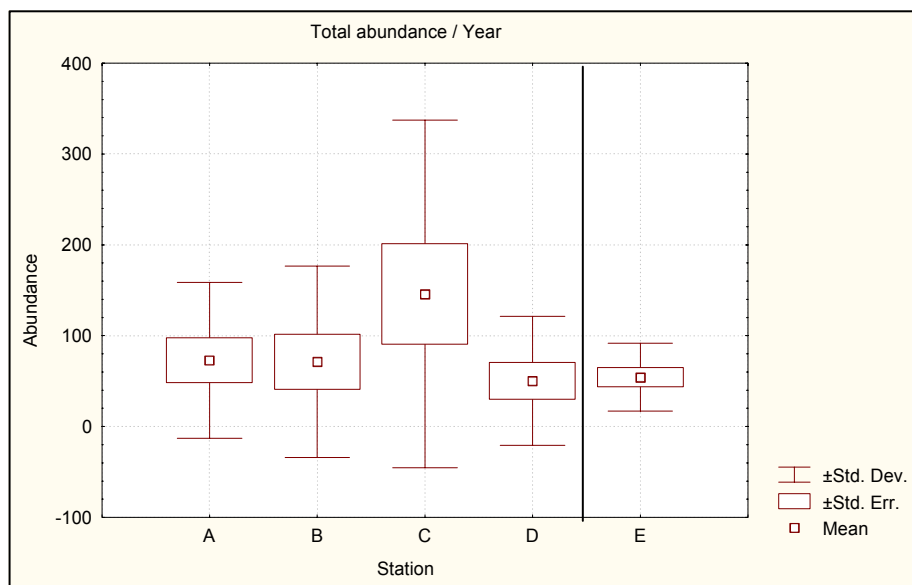
#### 4.2.10 Διαφοροποίηση της αφθονίας της πανίδας στο χώρο

Για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των σταθμών, ως προς την αφθονία των μακροασπονδύλων, εφαρμόσαμε τη μη παραμετρική ANOVA, Friedman ANOVA and Coefficient Of Concordance, για όλο το έτος και για κάθε εποχή ξεχωριστά.

Η τάση της **συνολικής αφθονίας** (Εικ. 4.2.10.α) της συνολικής αφθονίας της μακροπανίδας, στους υπό μελέτη σταθμούς, για όλο το έτος, δείχνει ότι υπάρχει μια τάση αύξησης της συνολικής αφθονίας στο σταθμό C. Η μεγάλη συνολική αφθονία στο σταθμό C, οφείλεται κυρίως στα Έντομα και κατά δεύτερο λόγο στα Μαλάκια (βλ. παράγραφο 4.2.5 και Εικ. 4.2.5.γ).

Η στατιστική ανάλυση (Friedman ANOVA), έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση της συνολικής αφθονίας, μεταξύ του σταθμού C και των σταθμών A και D, για όλο το έτος (Εικ. 4.2.10.α και Παράρτημα III, Πίνακας 3).

Στο διάγραμμα της Εικ. 4.2.10.α καθώς και στα επόμενα διαγράμματα των Εικ. 4.2.10.β και γ, υπάρχει μια γραμμή που διαχωρίζει τους σταθμούς των ακτών (A, B, C, D) που αποτελούν μια ενότητα, από το σταθμό του βάθους (E) ο οποίος είναι πολύ διαφορετικός από τους προηγούμενους. Η γραμμή αυτή επίσης μας υπενθυμίζει το διαφορετικό πρωτόκολλο δειγματοληψίας που εφαρμόστηκε στους σταθμούς A, B, C και D αφενός και στα βαθιά (E) αφετέρου.



Εικ. 4.2.10.α Η συνολική αφθονία της μακροπανίδας για όλο το έτος, στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών (1999 - 2000).

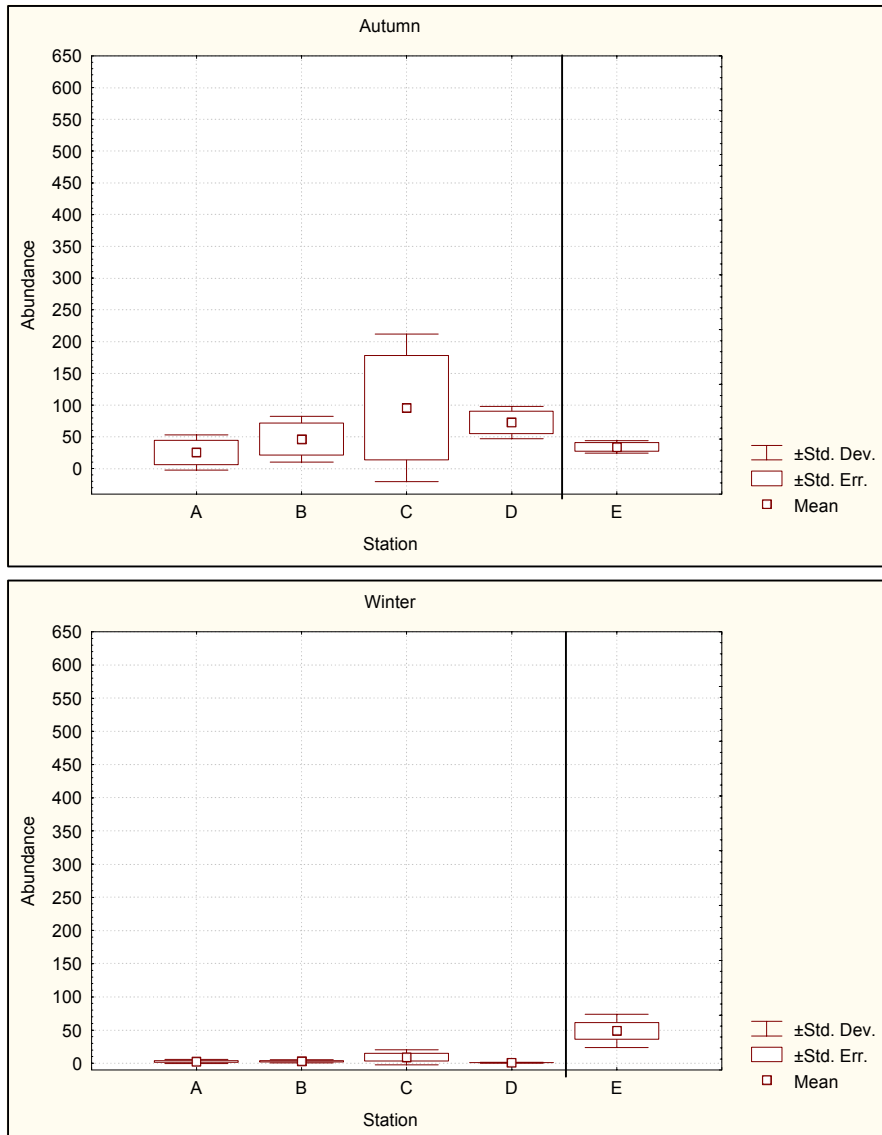
Η τάση της συνολικής αφθονίας κάθε εποχή ξεχωριστά (Εικ. 4.2.10.β και γ) δείχνει:

- Μεγαλύτερες τιμές συνολικής αφθονίας στο σταθμό C όλες τις εποχές, εκτός από το χειμώνα.
- Τον χειμώνα η συνολική αφθονία της μακροπανίδας είναι μεγαλύτερη στα βαθιά (E), σε σχέση με τις ακτές.

Η στατιστική ανάλυση (Friedman ANOVA) έδειξε ότι μόνο το χειμώνα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των διαφόρων σταθμών ως προς τη συνολική αφθονία της μακροπανίδας (Παράρτημα III, Πίνακας 3 και Πίνακας 4).

Συγκεκριμένα τα μακροασπόνδυλα εμφανίζουν μεγαλύτερες αφθονίες στα βαθιά E (2 m-20 m) σε σχέση με τις ακτές το χειμώνα (Εικ. 4.2.10.β). Επειδή το χειμώνα ανεβαίνει η στάθμη του νερού το έδαφος που ήταν εκτεθειμένο στην ατμόσφαιρα καλύπτεται από νερό. Απαιτείται κάποιος χρόνος για να μαλακώσει, να τροποποιηθεί και στη συνέχεια εποικίζεται από μακροασπόνδυλα.

Επαναλαμβάνοντας τη στατιστική ανάλυση Friedman ANOVA, για τις σχετικές αφθονίες ορισμένων σημαντικών ομάδων τις μακροπανίδας, καταλήγουμε σε κάποια συμπεράσματα (Παράρτημα III, Πίνακας 3 και Πίνακας 4).

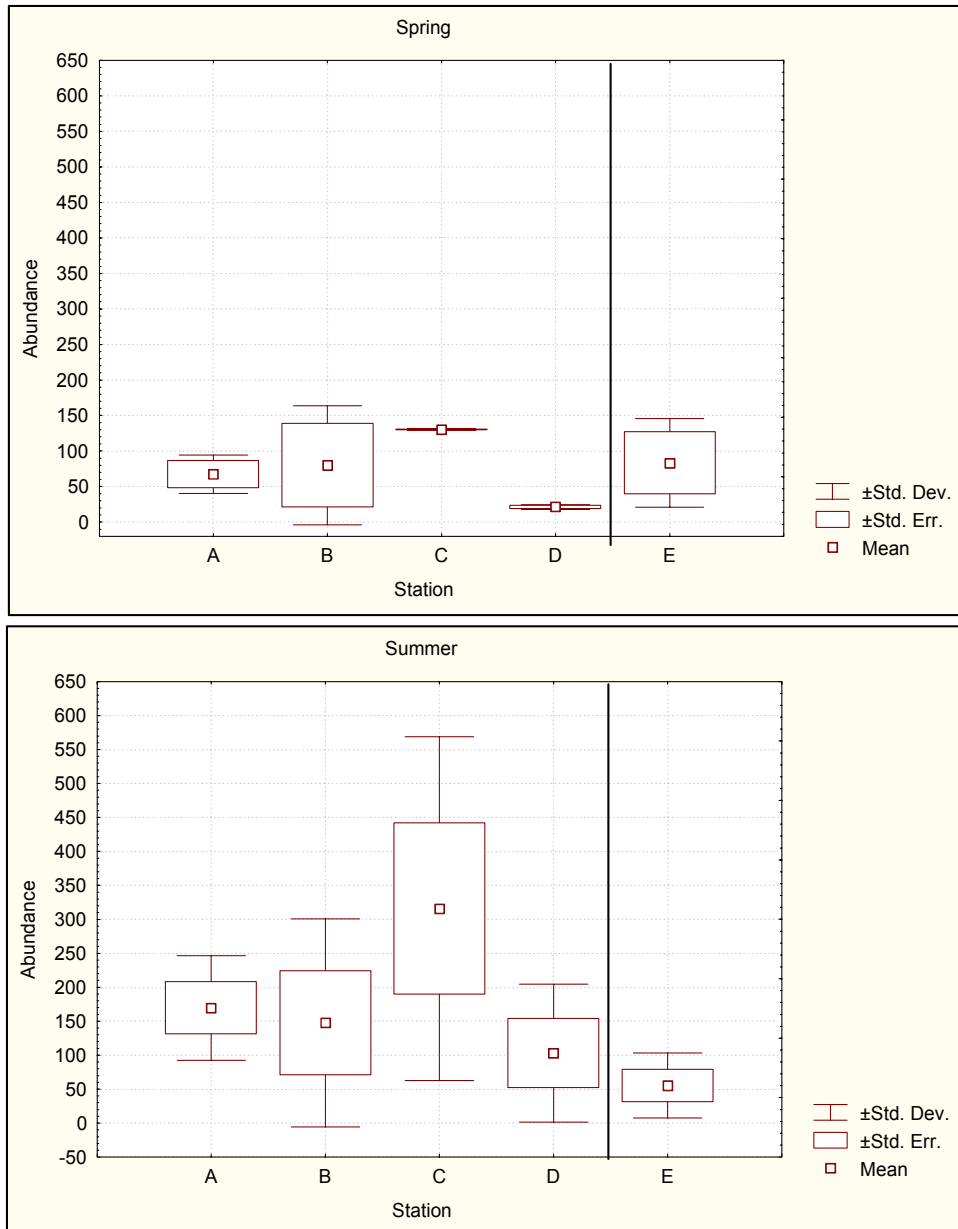


Εικ. 4.2.10.β Τάσεις μεταβολής της συνολικής αφθονίας, το φθινόπωρο και τον χειμώνα, στη φραγμολίμνη Μπραμειανών, (1999 - 2000).

- Τα **Baetidae** και τα **Hemiptera**, έχουν σημαντικά μεγαλύτερες αφθονίες στην παράλια ζώνη, ολόκληρο το έτος.  
Συγκεκριμένα, βρέθηκαν μόνο 2,3 Baetidae/L στο δείγμα X<sub>07</sub>, σε βάθος 2 m και 0,57 Notonectidae στο δείγμα X<sub>05</sub>, σε βάθος 2,5 m.
- Τα **Oligochaeta** και τα **Diptera**, έχουν σημαντικά μεγαλύτερες αφθονίες στα βαθιά, τον χειμώνα.
- Όσο αφορά στα **Ostracoda** υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των αφθονιών των ακτών και των βαθύτερων σημείων όλο το έτος.

Υπάρχουν σε μικρές αφθονίες στα βαθιά και απουσιάζουν τελείως από τις ακτές το χειμώνα. Το καλοκαίρι αντίθετα υπάρχουν στις ακτές και απουσιάζουν από τα βαθιά.

- Τα **Libellulidae**, τα **Coleoptera**, τα **Hydrobiidae** και τα **Sphaeriidae**, δεν δείχνουν σημαντικά μεγαλύτερη συγκέντρωση, σε κάποιο σταθμό.



Εικ. 4.2.10.γ Τάσεις μεταβολής της συνολικής αφθονίας, την άνοιξη και το καλοκαίρι, στη φραγμολίμνη Μπραμινών, (1999 - 2000).

### 4.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΦΘΟΝΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΤΗΣ ΜΑΚΡΟΠΑΝΙΔΑΣ

Οι συσχετίσεις που έγιναν αφορούν τις ακτές. Η μη παραμετρική συσχέτιση του Spearman που επιλέξαμε να εφαρμόσουμε, έδωσε τα αποτελέσματα που αναφέρονται στο Παράρτημα ΙΙΙ, Πίνακας 5.

Οι συντελεστές συσχέτισης Spearman ( $R_s$ ), που αναγράφονται στον Πίνακα 5, Παράρτημα ΙΙΙ, είναι μεγαλύτεροι από 0,5, ενώ όλες οι συσχετίσεις των φυσικοχημικών με τους βιολογικούς παράγοντες έγιναν ανά δύο, αλλά έδωσαν συντελεστή συσχέτισης μικρότερο από 0,5 και δεν αναγράφονται στον πίνακα, για λόγους οικονομίας.

Οι τιμές-P, που βρέθηκαν ήταν πολύ μικρές, άρα η πιθανότητα να μην ισχύει στον πληθυσμό, η συσχέτιση που βρέθηκε στο δείγμα που αναλύσαμε, είναι ελάχιστη, υπολογίστηκε μικρότερη από  $3,09 \cdot 10^{-4}$ .

- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: χειμώνας διαφέρει από το φθινόπωρο, η άνοιξη ξεχωρίζει από το φθινόπωρο και το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι είναι η πιο διαφορετική εποχή.
- Οι φυσικοχημικοί παράγοντες: θερμοκρασία, pH, συγκέντρωση των ιόντων  $Cl^-$ , γλωριότητα, αλατότητα και αγωγιμότητα, που συσχετίζονται με την συνολική αφθονία, τη σχετική αφθονία και τα taxa/L, εμφανίζουν θετική συσχέτιση.
- Η ομάδα των θρεπτικών ( $NO_3^-$ , Alk,  $H_2O$  Lev.), δηλαδή η δεύτερη συνιστώσα στη PCA ( βλ. παράγραφο 4.1.20), στο σύνολό της ή μέρος αυτής, συσχετίζεται αρνητικά με την συνολική αφθονία, τις σχετικές αφθονίες, καθώς και με τα taxa/L.  
Το καλοκαίρι όταν αυξάνονται οι αφθονίες της μακροπανίδας και τα taxa/L, τότε τα θρεπτικά και το επίπεδο του νερού μειώνονται.
- Η συγκέντρωση των ιόντων  $Ca^{2+}$ , και η σκληρότητα, συσχετίζονται αρνητικά με τις αφθονίες και τα taxa/L της μακροπανίδας, δείχνοντας μια διαφορετική συμπεριφορά από τα υπόλοιπα μεταλλικά ιόντα που εξετάσαμε. Τα ιόντα  $Ca^{2+}$ , μειώνονται τους θερμούς μήνες, όπως έχει ήδη αναφερθεί στη παράγραφο 4.1.2.
- Επίσης οι σχετικές αφθονίες συσχετίζονται θετικά με την συνολική αφθονία.

#### ΕΡΜΗΝΕΙΑ

**A.** Η κοινή αιτία που προκαλεί ανάλογη μεταβολή στις αφθονίες, στον αριθμό των ταξινομικών ομάδων της μακροπανίδας (taxa/L) και στους περισσότερους φυσικοχημικούς παράγοντες (θερμοκρασία, pH, συγκέντρωση  $Cl^-$ , γλωριότητα, αλατότητα, αγωγιμότητα), είναι η ΕΠΟΧΗ.

- Τους θερμούς μήνες προκαλείται αύξηση των περισσότερων ιόντων στο νερό ( $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ), λόγω εξάτμισης-συμπύκνωσης και εισροής θαλασσινού νερού.
- Μαζί με τη θερμοκρασία, αυξάνεται το pH, λόγω ελάττωσης της διαλυτότητας του  $CO_2$ , που προέρχεται από την ατμόσφαιρα, λόγω της καθίζησης των ανθρακικών αλάτων και λόγω της κατανάλωσης των  $HCO_3^-$  ιόντων μέσω της έντονης φωτοσύνθεσης.

- Παράλληλα τους θερμούς μήνες, παρατηρείται έντονη αναπαραγωγική δραστηριότητα στα διάφορα είδη της μακροπανίδας, ορισμένα μάλιστα υπάρχουν μόνο το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα εξαφανίζονται, π.χ. τα Baetidae, τα Hemiptera (Pleidae, Notonectidae), τα Diptera (Tanytarsini) και τα Dytiscidae (Hygrotus, Colymbetinae), ενώ τα Ostracoda, υπάρχουν λίγα μόνο στα βαθιά.

**B.** Η κοινή αιτία, που προκαλεί αντίθετα αποτελέσματα στην ομάδα των θρεπτικών και της στάθμης του νερού ( $\text{NO}_3^-$  - Alk -  $\text{H}_2\text{O}$  Lev.) από την μια και στην αφθονία και στον αριθμό των taxa/L της μακροπανίδας από την άλλη, είναι πάλι η ίδια, δηλαδή η ΕΠΟΧΗ.

Τους θερμούς μήνες:

- η αφθονία και τα taxa/L, αυξάνονται λόγω αναπαραγωγικού κύκλου και βελτίωσης των οικολογικών συνθηκών στις ακτές,
- η στάθμη του νερού ελαττώνεται, λόγω άντλησης για πότισμα των καλλιεργειών και λόγω εξάτμισης.
- τα  $\text{NO}_3^-$  μειώνονται λόγω έντονης φωτοσύνθεσης και της μη αναπλήρωσής τους από το εξωτερικό περιβάλλον της φραγμολίμνης.
- η Alk ( $\text{HCO}_3^-$  κυρίως), μειώνεται λόγω έντονης φωτοσύνθεσης και ελάττωσης της διαλυτότητας του  $\text{CO}_2$  που προέρχεται από την ατμόσφαιρα, λόγω υψηλότερης θερμοκρασίας του νερού, καθώς και λόγω καταβύθισης των ανθρακικών αλάτων, εξαιτίας της μεγάλης συμπύκνωσης.

**Γ.** Τα ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  και η σκληρότητα μειώνονται τη θερμή περίοδο (βλ. παράγραφο 4.1.8), τότε δηλαδή που η αφθονία της μακροπανίδας παρουσιάζει αύξηση. Στην περίπτωση αυτή η ΕΠΟΧΗ προκαλεί αντίθετες τάσεις, όπως και στην περίπτωση Β.

#### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:**

**Η δύναμη που κυριαρχεί, στην τελική διαμόρφωση των οικολογικών χαρακτηριστικών, είναι ο ΧΡΟΝΟΣ, γιατί η κάθε χρονική περίοδος χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένα φυσικοχημικά μεγέθη και διεργασίες (ένταση ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας, εξάτμιση, εισροή θάλασσας, φωτοσύνθεση κ.λ.π.) που καθορίζουν τις φυσικοχημικές αλλά και τις βιολογικές παραμέτρους.**

## ΚΕΦ.5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 5.1 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

#### 5.1.1 Μεταβολή της ποιότητας του νερού στη φραγμολίμνη Μπραμμιανών, τα τελευταία 12 χρόνια - υπερδιπλασιασμός της αγωγιμότητας

Συγκρίνοντας τις τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων, που μετρήθηκαν ένα χρόνο μετά την κατασκευή του φράγματος και 12 χρόνια αργότερα (Πίνακας 5.1.1), παρατηρούμε ότι:

- Υπάρχει σημαντική μείωση της στάθμης του νερού, λόγω αύξησης της αρδευόμενης έκτασης και λόγω μείωσης των βροχοπτώσεων.
- Αύξηση της σκληρότητας, λόγω αύξησης των ιόντων  $Ca^{2+}$  και  $Mg^{2+}$ , μέσω της διάβρωσης.
- Αύξηση του pH
- Πολύ μεγάλη αύξηση της αγωγιμότητας, λόγω εισόδου αλατούχου νερού στη φραγμολίμνη και έντονης εξάτμισης. Η κατάσταση επιδεινώνεται γιατί τα ιόντα  $Cl^-$  είναι πολύ σταθερά και δεν απομακρύνονται εύκολα. Ο μόνος τρόπος για να μειωθεί η συγκέντρωσή τους, από τη στιγμή που θα εισέλθουν στη φραγμολίμνη, είναι η εισαγωγή νερού, πολύ μειωμένης συγκέντρωσης ιόντων  $Cl^-$ .

Πίνακας 5.1.1 Σύγκριση φυσικοχημικών παραμέτρων που μετρήθηκαν στη φραγμολίμνη των Μπραμμιανών τα έτη: 1987-1988\* και 1999-2000.

Παράμετρος	Μονάδες μέτρησης	Έτος:1987-1988	Έτος:1999-2000	Μεταβολή
pH		8,1-8,3	8,5 (0,37)**	↗
Αγωγιμότητα	mS/cm	0,6-0,75	1,74 (0,21), max=2,35	↗
Ολ. Σκληρότητα	mg $CaCO_3/L$	280-300	443,2-524,5	↗
NO <sub>2</sub>	mg/L	0-0,05	ND	
PO <sub>4</sub>	mg/L	0,01	ND	
Θερμοκρασία	OC	11,5-26	11,1-26	
Στάθμη του νερού	m	56-68	52,6-62,25	↘

\*Τα στοιχεία που αναφέρονται στο 1987-1988, προέρχονται από το Υπ. Γεωργίας - Τμήμα Αλιείας Ν. Ηρακλείου.

\*\*Τα στοιχεία που αναφέρονται μέσα σε παρενθέσεις εκφράζουν τυπική απόκλιση.

- Ο κίνδυνος μείωσης της γονιμότητας του εδάφους λόγω αύξησης του  $Na^{2+}$ , είναι αισθητός (Drever, 1997). Το νερό με αγωγιμότητα 0,75-2 mS/cm, θεωρείται μέτριας ποιότητας και με αγωγιμότητα 2-3 mS/cm, αμφίβολης ποιότητας για άρδευση (Ανασταδιάδη, 2001, Διπλωματική

εργασία) και το όριο άρδευσης για θερμοκηπιακές καλλιέργειες είναι 1 mS/cm (Μισοπολικός, 1997).

➤ Οι υπόλοιπες παράμετροι (θερμοκρασία,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), διατηρήθηκαν περίπου στα ίδια επίπεδα.

Η χρήση του νερού της φραγμολίμνης ως πόσιμο, δεν είναι δυνατή με τις συνθήκες που επικρατούν σήμερα.

Τα ιόντα  $\text{Cl}^- = 387 \pm 80 \text{ mg/L}$ , με  $\text{max} = 572,3 \text{ mg/L}$  και  $\text{Na}^+ = 213,86 \pm 34,48 \text{ mg/L}$ , με  $\text{max} = 286,45 \text{ mg/L}$ , υπερβαίνουν κατά πολύ τα όρια, που είναι:

250 mg/L για το  $\text{Cl}^-$  και 200 mg/L για το  $\text{Na}^+$  (Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 30-8-80).

### 5.1.2 Σύγκριση της ιοντικής σύστασης του νερού της φραγμολίμνης Μπραμιανών, με την αντίστοιχη της λίμνης Κουρνά και 13 ταμιευτήρων της Ελλάδας

Οπώς φαίνεται από τον Πίνακα 5.1.2:

Τα ιόντα  $\text{Cl}^-$  στη φραγμολίμνη Μπραμιανών, έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση από ότι στην λίμνη Κουρνά. Αν συγκρίνουμε την συγκέντρωση  $\text{Cl}^-$  που υπάρχει στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών με τη συγκέντρωση του  $\text{Cl}^-$  στους 13 ταμιευτήρες, βλέπουμε ότι η φραγμολίμνη βρίσκεται σε πολύ υψηλή θέση. Μόνο οι ταμιευτήρες του Λούρου και του Καστρακίου έχουν ανώτερη τιμή.

Η αλκαλικότητα στη φραγμολίμνη, είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από τη λίμνη Κουρνά και χαμηλή σε σχέση με τους 13 ταμιευτήρες της ΔΕΗ στην Ελλάδα. Με βάση την αλκαλικότητα, οι ταμιευτήρες της Ελλάδας κατατάσσονται σε δύο μεγάλες ομάδες: *Ταμιευτήρες της Κεντρικής-Δυτικής Ελλάδας*, με μικρές τιμές αλκαλικότητας, 2,1-3,1 meq/L και *ταμιευτήρες της Βόρειας-Ανατολικής Ελλάδας*, με μεγαλύτερες τιμές, 3,2-4,6 meq/L (Θεοδωρακάκης et al, 2000).

Σύμφωνα με αυτή τη διαίρεση, τα Μπραμιανά ανήκουν στην κατηγορία των ταμιευτήρων της Κεντρικής-Δυτικής Ελλάδας.

Τα ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , η ολική σκληρότητα και τα  $\text{SO}_4^{2-}$  ανιόντα, έχουν μεγαλύτερες τιμές στην λίμνη Κουρνά, ενώ αντίθετα έχουν πολύ μικρότερες τιμές στους 13 ταμιευτήρες που εξετάζουμε σε σχέση με τη φραγμολίμνη Μπραμιανών.

Οι διαφορές αυτές οφείλονται στη γεωλογία του εδάφους των λεκανών απορροής. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων, αυξάνονται επί πλέον με την εισροή του νερού που προέρχεται από την πηγή της Μαλαύρας και με την εξάτμιση.



Πίνακας 5.1.2 Φυσικοχημικοί παράμετροι που μετρήθηκαν στο νερό της φραγμολίμνης των Μπραμιανών, της λίμνης Κουρνά\* και 13 ταμιευτήρων της ΔΕΗ\*\*

α/α	Τεχνητή λίμνη	Αλκαλικότητα, meq/L HCO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub> , mg/L	NO <sub>3</sub> , mg/L	NH <sub>4</sub> , mg/L	PO <sub>4</sub> , mg/L
<b>1</b>	<b>Μπραμιανά</b>	<b>2,46</b>	<b>ND</b>	<b>1,38</b>		<b>&lt;0,07</b>
2	Κουρνά	2,3	ND	3,2		ND
3	Κρεμαστά	2,144	0,002	0,07	0,5	0,88
4	Καστράκι	2,1799	0,002	0,12	0,49	0,12
5	Στράτος	2,338	0,004	0,09	0,24	0,92
6	Πουρνάρι	3,058	0,002	0,08	0,27	0,07
7	Λούρος	2,716	0,006	0,73	0,1	0,04
8	Αώος	3,012	0,005	0,09	0,15	0,08
9	Πλαστήρας	2,984	0,003	0,08	0,1	0,14
10	Αγρας	4,645	0,002	0,09	0,47	0,11
11	Πολύφυτο	3,454	0,01	0,16	0,36	0,16
12	Σφηκιά	3,208				0,16
13	Ασώματα	3,891	0,005	0,82	0,18	0,05
14	Αλιάκμονας	3,914	0,003	0,42	0,11	0,02
15	Λάδωνας	3,178	0,003	0,6	0,06	0,1

α/α	Τεχνητή λίμνη	Ολ. Σκληρότητα, mg CaCO <sub>3</sub> /L	Ca, mg/L	Mg, mg/L	SO <sub>4</sub> , mg/L	Cl, meq/L
<b>1</b>	<b>Μπραμιανά</b>	<b>383,73</b>	<b>83,12</b>	<b>42,78</b>	<b>142,03</b>	<b>10,96</b>
2	Κουρνά		113,4	48,3	340,7	8,4
3	Κρεμαστά	130,4	40,85	4,533	10	9,5
4	Καστράκι	120,3	38,11	6,113	16	12
5	Στράτος	94,32	28,94	5,45	15	10,7
6	Πουρνάρι	173,7	51,56	10,92	126	8,7
7	Λούρος	228,6	75,07	10,01	32	11
8	Αώος	75,97	17,23	7,998	7	2,8
9	Πλαστήρας	91,82	30,38	3,877	9	2,3
10	Αγρας	208,6	34,38	29,81	12	5,7
11	Πολύφυτο	143,4	25,81	19,18	26	4,4
12	Σφηκιά	135,9	27,89	16,1		2,1
13	Ασώματα	201,7	37,03	26,54	28	4,8
14	Αλιάκμονας	195,6	37,25	24,91	24	4,6
15	Λάδωνας	128,8	40,88	6,502	13	4,1

Πηγές: \* Αναστασιάδη, 2001, \*\* Θεοδωρακάκης et al, 2000

Τα  $PO_4^{3-}$  ανιόντα στη φραγμολίμνη (βλ. παράγραφο 4.1.15), βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, συγκριτικά με τους περισσότερους ταμιευτήρες.

**Τα  $NO_3^-$  ιόντα, εμφανίζουν έντονη εποχικότητα**, στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών. Εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές τον χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι γίνονται ελάχιστα (καταναλώνονται στη φωτοσύνθεση, βλ. παράγραφο 4.1.14).

Τα  $NO_3^-$  ανιόντα στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών, ξεπερνούν σε συγκέντρωση όλους τους ταμιευτήρες. Στη λίμνη Κουρνά όμως, η συγκέντρωση των  $NO_3^-$  είναι υπερδιπλάσια της αντίστοιχης των Μπραμιανών.

Η συγκέντρωση των  $NO_3^-$  ιόντων στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών, αντιπροσωπεύει την μέση τιμή 12 δειγμάτων (ένα κάθε μήνα).

Πρέπει να τονιστεί, ότι στον υπολογισμό της συγκέντρωσης αυτών των ιόντων, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή εποχικότητά τους και να προγραμματίζεται ανάλογα η δειγματοληψία.

### **5.1.3 Η θέση της φραγμολίμνης των Μπραμιανών, σε σχέση με άλλους υδατικούς ταμιευτήρες και λίμνες στον κόσμο, αν συγκριθούν ως προς την ιοντική τους σύσταση**

Από τη σύγκριση της ιοντικής σύστασης του νερού της φραγμολίμνης Μπραμιανών με 27 λίμνες της Βόρειας-Δυτικής Αμερικής (Drever, 1997, after Eugster et al, 1978), προκύπτει ότι η συγκέντρωση του  $Cl^-$  στα Μπραμιανά ξεπερνά κατά πολύ τη συγκέντρωση του  $Cl^-$  των 27 λιμνών. Συγκεκριμένα η ανώτερη τιμή που παρατηρείται στη λίμνη Kamloops, είναι 200 mg/Kg.

Τα υπόλοιπα ιόντα ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) και το pH, έχουν τιμές, που βρίσκονται μέσα στα όρια των τιμών των 27 λιμνών.

Η σύγκριση του νερού της φραγμολίμνης με την αλατούχο-αλκαλική λίμνη Magadi της Κένυα (Drever, 1997 after Jones et al, 1977), έδειξε ότι όλα τα ιόντα, εκτός των  $NO_3^-$ , έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στη φραγμολίμνη, αλλά το pH της λίμνης Magadi είναι πολύ μεγαλύτερο (9,3-10,5).

Σε 85 λίμνες της Σουηδίας, μετρήθηκε η ιοντική σύσταση του νερού, τα έτη 1970-1972 (Stumm and Morgan, 1981, from Almer et al). Από τη σύγκρισή τους με τη φραγμολίμνη των Μπραμιανών, προκύπτει ότι το pH του νερού στις λίμνες της Σουηδίας, είναι κατά πολύ μικρότερο (στις μισές δεν περνά το 6 και κυμαίνεται, από τιμές μικρότερες του 4,9 έως 7,2). Όλα τα άλλα ιόντα στις 85 Σουηδικές λίμνες, έχουν πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις από τις αντίστοιχες στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών.

Τέσσερις ταμιευτήρες της Νότιας-Ανατολικής Πολωνίας (Tomaszek, 2000), συγκρίθηκαν ως προς ορισμένες φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού, με τη φραγμολίμνη των Μπραμιανών.

Οι συγκεντρώσεις των  $NO_3^-$  της φραγμολίμνης, βρίσκεται μέσα στο εύρος των τιμών των ιόντων, που υπάρχει στους 4 ταμιευτήρες. Το pH, η θερμοκρασία και το διαλυμένο οξυγόνο αντίθετα, βρέθηκαν με κάπως μεγαλύτερες τιμές στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών.

*Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι, αυτό που κάνει τη φραγμολίμνη των Μπραμιανών να ξεχωρίζει, είναι η μεγάλη της περιεκτικότητα σε  $Cl^-$ .*

#### 5.1.4 Υψηλές τιμές του διαλυμένου οξυγόνου στη φραγμολίμνη των Μπραμνιανών, σε σχέση με άλλα επιφανειακά γλυκά νερά στον κόσμο

Η παρουσία του οξυγόνου στη φραγμολίμνη είναι έντονη:  $12,3 \pm 2,3$  mg/L, στις ακτές.

Τις απογευματινές ώρες της 24-6-2000, το DO έφτασε στα 17,63 mg/L (220,49% κορεσμός), λόγω της έντασης της φωτοσύνθεσης. Το ίδιο εικοσιτετράωρο, κατά τη διάρκεια της νύκτας, μετρήθηκε σχεδόν το μισό της απογευματινής συγκέντρωσης, συγκεκριμένα 9,3 mg/L (105,79% κορεσμός).

Στη θέση του οξυκλινούς, σε 13 m βάθος, η συγκέντρωση του DO, φτάνει στη μέγιστη τιμή των 22 mg/L.

Το μεγάλο εύρος τιμών του DO, κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό των δειγματοληψιών.

Αφού οι τιμές υπερκορεσμού, είναι πολύ ψηλές, μεγάλη ποσότητα DO, ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, εμπλουτίζοντάς την σε οξυγόνο.

Ψηλές τιμές του DO, αναφέρονται επίσης στη λίμνη Κουρνά, επιφανειακά: 11,39 mg/L (Αναστασιάδη, 2001) και στην περιοχή του θερμοκλινούς, στα 8 m: 16,21 mg/L (187% κορεσμός) από τους Kitching et al, 1976.

Από πολύ χαμηλές έως πολύ ψηλές συγκεντρώσεις, φτάνει το DO στο ποτάμι του Αγίου Λαυρεντίου στον Καναδά (Barth, 1999). Οι συγκεντρώσεις 2-16,2 mg/L, συνδιάζονται με Chl α = 0-63 μg/L, που προέρχεται από το φυτοπλαγτόν.

Στη λίμνη Ammer της Γερμανίας, μετρήθηκε το DO, κάτω από το θερμοκλινές, ίσο με 1 mg/L. Η max τιμή που καταγράφηκε επιφανειακά, ήταν 17 mg/L (150% κορεσμός), που συνδιάζεται με Chl α, που κυμαίνεται από 0 έως 14 μg/L (Joehnk, 2001).

## 5.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

### 5.2.1 Βιολογικές ομάδες που υπάρχουν στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών, σε σχέση με αυτές που υπάρχουν στη λίμνη Αγιάς και σε 13 υδατικούς ταμιευτήρες της Ελλάδας

Στους περισσότερους υδατικούς ταμιευτήρες της Ελλάδας, υπάρχουν τα είδη (taxa):

Αμφίποδα (γαρίδες των γλυκών νερών), Κωπήποδα, Κλαδοκεραιωτά (ψύλλοι του νερού), προνύμφες των εντόμων, όπως Οδοντόγναθα (ελικόπτερα), Κολεόπτερα (νεροσκάθαρα), Νευρόπτερα, Εφημερόπτερα, Δίπτερα (π.χ. σκνίπα), Πλεκόπτερα, Τριχόπτερα, Δίθυρα (μύδια) και σαλιγκάρια, τα περισσότερα από τα οποία είναι Πνευμονοφόρα (Θεοδωρακάκης et al, 2000).

Στην ημιφυσική λίμνη της Αγιάς Χανίων (Δρετάκης Μ. et al, 1995), αναφέρονται κυρίως τα είδη:

Νηματώδεις, Ολιγόχαιτοι, Αμφίποδα, Οδοντόγναθα, Κολεόπτερα, Εφημερόπτερα, Δίπτερα, Τριχόπτερα, Δίθυρα, Προσωβράγχια (σαλιγκάρια), Πνευμονοφόρα (σαλιγκάρια). Αντίθετα απουσιάζουν τα είδη: Νευρόπτερα, Πλεκόπτερα και Ημίπτερα.

Στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών υπάρχουν πολλά από τα προαναφερθέντα είδη, ενώ κάποια απουσιάζουν.

#### Είδη που δεν εντοπίστηκαν:

##### **Αμφίποδα**

Βρέθηκαν μόνο στην εισροή του Κόρακα (Μπραμιανός), ενώ απουσίαζαν από τη φραγμολίμνη.

Σύμφωνα με τον Hunt, 1970, το αμφίποδο *G. pulex*, ήταν σπάνιο στον ταμιευτήρα Llyn Celyn, 3 χρόνια μετά την πλήρωσή του.

Αντίθετα ο Armitage, 1977, αναφέρει, πολύ μεγάλη παρουσία Αμφιπόδων, στον ταμιευτήρα Cow Green και ο Hynes, 1961, στον ταμιευτήρα Llyn Tegid, που μειώνεται όμως στην παράλια ζώνη, λόγω διακύμανσης της στάθμης.

Η Τσιαούση, 1995, συσχετίζει τα Αμφίποδα με το είδος του υποστρώματος. Ο Fitter, 1986, υποστηρίζει ότι μπορεί κανείς να συναντήσει Αμφίποδα, σε όλα τα καθαρά νερά, ρέοντα ή μεγάλες λίμνες, αρκεί το υπόστρωμα, να τους εξασφαλίζει καταφύγιο από τους θηρευτές, όπως πέτρες, χαλίκια, βλάστηση κ.λ.π.

Δεν γνωρίζουμε γιατί δεν υπάρχουν στον ταμιευτήρα των Μπραμμιανών, πιθανόν να δυσκολεύονται να προσαρμοστούν στην απότομη μετάβαση, από το γλυκό νερό του χειμάρρου που έχουν συνηθίσει να ζουν, στο αλατούχο νερό της φραγμολίμνης ή λόγω της μεγάλης διακύμανσης της στάθμης του νερού.

### **Νηματώδεις**

### **Πλεκόπτερα**

Ενώ υπάρχουν σε ταμιευτήρες, απουσιάζουν από τη φραγμολίμνη Μπραμμιανών και από τη λίμνη της Αγιάς.

Τα Πλεκόπτερα, συνηθέστερα τα συναντάμε σε ποτάμια γρήγορης ροής (USA-EPA from McDonald et al, 1990), απουσιάζουν από το μαλακό ίζημα (Sarkka, 1983) και περιορίζονται σε διαβρωμένα υποστρώματα (Mason, 1995).

### **Τριχόπτερα**

Δεν βρέθηκαν στη φραγμολίμνη των Μπραμμιανών, ούτε στις εισροές (τον Μάιο), αντίθετα με την λίμνη της Αγιάς και τους άλλους ταμιευτήρες.

Σύμφωνα με τον Mason, 1995, σχετίζονται με τα μακρόφυτα, σύμφωνα με τον Hynes, 1970, προτιμούν περιβάλλοντα με υψηλή ροή και ορισμένο τύπο υποστρώματος και σύμφωνα με τον Sarkka, 1983, είναι ελάχιστα στο μαλακό ίζημα. Ογκόλιθοι χαλίκια, αδρή άμμος και γρήγορη ροή, συσχετίζονται με τα Τριχόπτερα (Τσιαούση, 1995).

### **Πνευμονοφόρα σαλιγκάρια**

Απουσιάζουν και από τη φραγμολίμνη και από τις εισροές των Μπραμμιανών, ενώ υπάρχουν σε μεγάλη αφθονία στους ταμιευτήρες γενικά και στην ημιφυσική λίμνη της Αγιάς.

*Τα Πλεκόπτερα, τα Τριχόπτερα και τα Πνευμονοφόρα σαλιγκάρια, πιθανόν να απουσιάζουν από τη φραγμολίμνη των Μπραμμιανών, επειδή δεν τους δόθηκε η ευκαιρία να φτάσουν εκεί, αφού δεν εντοπίστηκαν, ούτε στους χείμαρρους που εισρέουν στη φραγμολίμνη. Για να επιβεβαιωθεί αυτό το συμπέρασμα, πρέπει να μελετηθεί πιο συστηματικά η πανίδα των χείμαρρων που εισρέουν στη φραγμολίμνη.*

### **Ισόποδα (Asselus)**

Ισόποδα βρέθηκαν, στην ανατολική εισροή της φραγμολίμνης, όπου εκβάλλει το νερό της Μαλαύρας, τον Μάιο, ενώ δεν βρέθηκαν μέσα στη φραγμολίμνη. Η παραπάνω παρατήρηση συμφωνεί με την Τσιαούση, 1995, που τα βρήκε επίσης σε χείμαρρο. Ο Mellanby, 1986, αντίθετα υποστηρίζει ότι συνήθως τα συναντάμε σε λιμνάζοντα νερά.

### **Κουνούπια**

Είναι αξιοσημείωτο το ότι δεν βρέθηκε καμιά pronύμφη κουνουπιών στη φραγμολίμνη.

## 5.2.2 Συνολική αφθονία, βιομάζα και ποικιλότητα μακροπανίδας στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών και σε άλλους υδατικούς ταμιευτήρες και λίμνες

Παρακάτω γίνεται ενδεικτικά, σύγκριση της φραγμολίμνης Μπραμιανών με άλλους ταμιευτήρες (ως προς ορισμένες βιολογικές παραμέτρους), για να έχουμε μια προσεγγιστική εικόνα για την κατάσταση που επικρατεί.

### Συνολική αφθονία

Η συνολική αφθονία στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών ( $0-45.462/m^2$ ) είναι πολύ μεγάλη σχετικά με τις τιμές της συνολικής αφθονίας που αναφέρονται ενδεικτικά:

1. στον ταμιευτήρα Ταυρωπού Καρδίτσας:  $618/m^2$  (Petridis & Sinis, 1993)
2. στη λίμνη Konnevesi της Φινλανδίας:  $1.050-2.600 /m^2$  (Sarkka, 1983),
3. στον ταμιευτήρα Cow Green της Βόρειας Αγγλίας:  $2.286-6.440 /m^2$  (Armitage, 1977)
4. στον ταμιευτήρα Big Eau Plein των ΗΠΑ:  $2.018-13.781 /m^2$  (Kaster et al, 1978)
5. στο ταμιευτήρα Keystone της Οκλαχόμα:  $1319/m^2$  (Ranson & Dorris, 1972, from Kaster et al, 1978),

Αντίθετα πολύ μεγάλες αφθονίες παρατηρήθηκαν στον ταμιευτήρα Francis Case, μέρος του συστήματος του ποταμού Μισσούρι:  $60,620/m^2$ , μόνο Chrinomidae larvae!!!

### Υγρή βιομάζα των ακτών

Η βιομάζα που έχει μετρηθεί στη φραγμολίμνη Μπραμιανών και αφορά μόνο τις ακτές περίπου  $0-79,6 g/m^2$ , είναι μεγάλη συγκριτικά με τα στοιχεία που αναφέρονται παρακάτω:

1. Στη λίμνη Konnevesi της Φινλανδίας, από τις ακτές μέχρι βάθος 3 m, αναφέρονται τιμές βιομάζας, από 1,2 έως  $4,7 g/m^2$  (Sarkka, 1983).
2. Στον ταμιευτήρα Cow Green της Αγγλίας, σε βάθη από 3 έως 18 m, η βιομάζα κυμαίνεται από 0,57 έως  $29,61 g/m^2$  (Armitage, 1977).
3. Στον ταμιευτήρα Big Eau των ΗΠΑ, η βιομάζα του Αυγούστου ήταν 1,8 έως  $16 g/m^2$  (Kaster et al, 1978).

Όπως αναφέρει ο Armitage, 1977, η υγρή βιομάζα που μετρήθηκε σε 19 ταμιευτήρες, κυμαίνεται από 0,1 έως  $29,6 g/m^2$ , ενώ σε έναν από αυτούς, τον Mozhaisk, ένα χρόνο μετά την πλήρωσή του, μετρήθηκε η μέγιστη βιομάζα,  $171 g/m^2$ , στην παλιά κοίτη του ποταμού.

### **Ποικιλότητα (H')**

Η ποικιλότητα (H'), στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών είναι χαμηλή: 1,02 (0-2,15), στις ακτές και 1,17 (0,38-1,79) στα βαθιά.

Είναι παρόμοια με την H', που μετρήθηκε στον ταμιευτήρα του Ταυρωπού:  $H' = 1,84$ .

Αν συγκριθεί με την ποικιλότητα που βρέθηκε στη λίμνη Αγίας Χανίων (Δρετάκης et al, 1995) : 0,5 (0,1-1,3), είναι πολύ υψηλότερη στα Μπραμιανά.

Αντίθετα, η ποικιλότητα στα Μπραμιανά, θεωρείται πολύ χαμηλότερη, αν συγκριθεί με την ποικιλότητα (H'), της λίμνης Konnevesi της Φινλανδίας, που είναι 2,8 στις ακτές και 3,7 στα βαθιά (Sarkka, 1983).

Η σχετικά χαμηλή τιμή της ποικιλότητας στη φραγμολίμνη Μπραμιανών, μπορεί να οφείλεται:

1. Στους μεγάλους αριθμούς ατόμων ανά ταξινομική ομάδα
2. Στο ότι η ταξινόμηση των περισσότερων ομάδων, δεν έφτασε στο επίπεδο του είδους, με συνέπεια, να υποεκτιμάται ο δείκτης ποικιλότητας (H').

### **5.2.3 Επίδραση του βάθους και της εποχής, στα μεγέθη της αφθονίας, της βιομάζας και της ποικιλότητας της μακροπανίδας, στη φραγμολίμνη Μπραμιανών**

#### **Αφθονία**

Στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών ορισμένα είδη εντόμων, βρέθηκαν το καλοκαίρι, μόνο στις ακτές και μέχρι βάθους 2,5 m:

*Baetidae, Pleidae O, Pleidae, Notonectidae, Berosus και Colymbetinae*

Ερμηνεία: Ο λόγος που τα συναντάμε στις ακτές, είναι γιατί εκεί επικρατεί πλούσια βλάστηση, που τους παρέχει τροφή και καταφύγιο από τους θηρευτές.

Η παρατήρηση αυτή συμφωνεί με τον Sarkka, 1983, που υποστηρίζει ότι τα μερολιμνικά είδη (π.χ. έντομα), υπάρχουν στα πύο ρηχά νερά και τα ολολιμνικά, στα βαθύτερα σημεία.

- Οι δυνατές σαρκοφάγες προνύμφες των Libellulidae (ελικόπτερα) και των σκαθαριών Hygrotus αντίθετα, παρατηρήθηκαν τόσο στις ακτές, όσο και στα βαθιά, 13 και 16 m αντίστοιχα.
- Τα μικρά Καρκινοειδή Ostracoda, εγκαταλείπουν τις ακτές τον χειμώνα και μεταναστεύουν στα βαθιά. Το αντίθετο συμβαίνει το καλοκαίρι.
- Επίσης τα περισσότερα Δίπτερα και οι Ολιγόχαιτοι, έχουν μεγαλύτερες αφθονίες στα βαθιά, σε σχέση με τις ακτές, τον χειμώνα.

Ερμηνεία: Στις ακτές τον χειμώνα, με την ανοδο της στάθμης του νερού, καλύπτεται το έδαφος, που ήταν εκτεθειμένο μέχρι τότε στην ατμόσφαιρα. Για να τροποποιηθεί, ο νεοσχηματισμένος πυθμένας, να αναπτυχθεί βλάστηση και να μπορεί να δεχτεί ορισμένους οργανισμούς, απαιτείται κάποιος χρόνος.

Αυτή την χρονική περίοδο, δηλαδή τον χειμώνα, τα Ostracoda απουσιάζουν από τις ακτές και οι Ολιγόχαιτοι με τα περισσότερα δίπτερα, είναι αρκετά μειωμένα, σε σχέση με τα βαθύτερα σημεία.

Το χειμώνα γι αυτό το λόγο, η συνολική αφθονία είναι μεγαλύτερη στα βαθιά, από ότι στις ακτές.

➤ Η συνολική αφθονία, ολόκληρο το έτος, έχει την τάση, να εμφανίζει μεγαλύτερες πυκνότητες στο σταθμό C, ο οποίος βρίσκεται κοντά στο στόμιο εισόδου του χειμάρρου του Κόρακα (Μπραμιανού).

Επειδή βρέθηκαν σχετικά μεγαλύτερες τιμές TOC στο νερό και POC στο ίζημα, σε αυτή τη θέση, πιστεύουμε ότι υπάρχει μεγαλύτερη παροχή τροφής στους οργανισμούς, γιαυτό την προτιμάνε. Επίσης ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή λόγω αυξημένης αφθονίας της μακροπανίδας στο σταθμό C, παράγεται μεγάλη ποσότητα της οργανικής ύλης.

➤ Η στατιστική ανάλυση έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις, μόνο μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, σε ορισμένους σταθμούς (π.χ. A,C).

Η τάση μεταβολής της αφθονίας όμως είναι σαφής και δείχνει μικρότερες αφθονίες τους κρύους μήνες και αυξανόμενη αφθονία, όσο προχωράμε σε πιο ζεστούς μήνες.

Ερμηνεία: Το καλοκαίρι, η στάθμη του νερού κατεβαίνει, λόγω άντλησης για άρδευση και λόγω εξάτμισης. Οι ακτές χαρακτηρίζονται από πλούσια βλάστηση και μπορούν να φιλοξενήσουν διάφορες ομάδες μακροασπονδύλων, παρέχοντάς τους τροφή (φυτοφάγα - θρυμματοφάγα) και καταφύγιο από τους θηρευτές τους.

Επί πλέον κάποια είδη έχουν προσαρμόσει τον αναπαραγωγικό τους κύκλο, έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται τη θερμή περίοδο του έτους. Συγκεκριμένα τα *Baetidae*, *Pleidae*, *Notonectidae*, *Dytiscidae* και *Tanytarsini*, απαντώνται μόνο τη θερμή περίοδο (γεννιούνται άνοιξη - καλοκαίρι) και εξαφανίζονται τον χειμώνα.

Για τους δύο παραπάνω λόγους, εμφανίζεται η αφθονία της μακροπανίδας, να είναι αυξημένη στις ακτές το καλοκαίρι, σε σχέση με τον χειμώνα.

### **Βιομάζα των ακτών**

Το χειμώνα η βιομάζα των ακτών είναι κοντά στο μηδέν, επειδή κάποιες ομάδες της μακροπανίδας δείχνουν προτίμηση να ζούν στα βαθιά (Ostracoda, Oligochaeta, Diptera) και κάποιες άλλες εξαφανίζονται (Baetidae, Pleidae, Notonectidae, Dytiscidae, Tanytarcini).



Το καλοκαίρι αντίθετα, η βιομάζα στις ακτές αυξάνεται, επειδή τα μακροσπόνδυλα δεν δείχνουν προτίμηση στα βαθιά και οι ομάδες που είχαν εξαφανιστεί επανέρχονται (αναπαραγωγή).

Σύμφωνα με τον Sarkka, 1978, η βιομάζα είναι μέγιστη το καλοκαίρι στην ολιγοτροφική λίμνη Konnevesi της Φινλανδίας.

Η θέση g το χειμώνα (βλ. παράγραφο 4.2.2), συγκεντρώνει το 80% της βιομάζας που μετρήθηκε, οφειλόμενη στα σαλιγκάρια (Hydrobiidae) και στα δίθυρα ( Sphaeriidae).

Η τάση συγκέντρωσης των σαλιγκαριών και των δίθυρων στη συγκεκριμένη θέση, χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, με μεγαλύτερο μέγεθος δείγματος.

### **Ποικιλότητα**

Τα taxa/L διαφέρουν σημαντικά, μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας.

Η καλοκαιρινή αύξηση των taxa/L, οφείλεται στην εμφάνιση ορισμένων ειδών (μερολιμνική πανίδα) και στην επιστροφή των μικρών Καρκινοειδών Ostracoda, που είχαν αποσυρθεί τον χειμώνα στα βαθιά.

Η ποικιλότητα (H'), παρόλο που εμφανίζει την τάση να αυξάνεται τους θερμούς μήνες, δεν διαφέρει σημαντικά στις διάφορες εποχές, με βάση την στατιστική ανάλυση.

Το γεγονός αυτό ερμηνεύεται από την παράλληλη αύξηση, του αριθμού των ειδών και του αριθμού των ατόμων ανά είδος.

Στα βαθύτερα σημεία της φραγμολίμνης (2-20 m βάθος), υπάρχει μια ισορροπημένη κατάσταση με μικρότερες διακυμάνσεις στα taxa/L και στην ποικιλότητα (H'). Στις ακτές (μέχρι 0,30 m βάθος) αντίθετα, τα δύο αυτά μεγέθη εμφανίζουν μεγάλες εποχικές διακυμάνσεις, με μεγαλύτερα μέγιστα και μικρότερα ελάχιστα, σε σχέση με τα βαθύτερα σημεία.

Ερμηνεία: Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποδοθεί στη μεταβολή της στάθμης του νερού της φραγμολίμνης.

Οι ακτές διαθέτουν περισσότερη βλάστηση και περισσότερα διαφορετικά μικροπεριβάλλοντα, όταν η στάθμη του νερού είναι σε φάση καθόδου και μπορούν να δεχτούν πολλά διαφορετικά είδη. Όταν αντίθετα η στάθμη του νερού ανεβαίνει, ο νεοσχηματισμένος πυθμένας είναι αφιλόξενος.

Η παράλληλη αύξηση της αφθονίας, της βιομάζας και της ποικιλότητας, καθώς προχωράμε από τους κρύους μήνες του χειμώνα στους θερμότερους μήνες, υποδεικνύει ότι η φραγμολίμνη των Μπραμιανών, λειτουργεί ικανοποιητικά, εκμεταλλευόμενη την αυξημένη ενέργεια που εισρέει, αυτή την περίοδο.

## ΚΕΦ. 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### *Σχετικά με το νερό:*

- ✓ Η διακύμανση της στάθμης του νερού, στη φραγμολίμνη των Μπραμνιανών, είναι πολύ μεγάλη, περίπου 10 m στη διάρκεια ενός έτους. Το επίπεδο του νερού έπεσε από τα 69 m το 1988, στα 52 m το Νοέμβριο του 1999.
- ✓ Το νερό στη φραγμολίμνη των Μπραμνιανών, έχει ιδιαίτερα υψηλή αλατότητα, συγκρινόμενο με το νερό διαφόρων ταμιευτήρων της Ελλάδας, αλλά και παγκόσμια. Αυτό οφείλεται κυρίως στην εισροή θαλασσινού νερού μέσω των πηγών της Μαλαύρας και στην έντονη εξάτμιση, που παρατηρείται το καλοκαίρι.
- ✓ Υπερδιπλασιάστηκε η αγωγιμότητα του νερού της φραγμολίμνης μέσα σε 12 χρόνια, από το 1987-88 έως το 1999-2000. Σήμερα υπάρχει κίνδυνος μείωσης της γονιμότητας του εδάφους που αρδεύεται από το νερό της φραγμολίμνης, λόγω μεγάλης συγκέντρωσης  $\text{Na}^+$  και είναι ακατάλληλο να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο.
- ✓ Το νερό της φραγμολίμνης είναι πολύ σκληρό (383,7 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ).
- ✓ Τα οργανικά υλικά εισέρχονται στη φραγμολίμνη με τις πρώτες φθινοπωρινές βροχοπτώσεις, από τον χειμάρρο του Κόρακα (Μπραμνιανός) και παράγονται βιολογικά τους θερμούς μήνες.
- ✓ Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οργανικής ύλης παρατηρήθηκαν στην παλιά κοίτη του χειμάρρου Κόρακα (σταθμός C).
- ✓ Το νερό είναι από ολιγοτροφικό έως μεσοτροφικό.
- ✓ Τα  $\text{NO}_3^-$  ιόντα και η Alk εμφανίζουν έντονη εποχικότητα, μειώνονται με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.
- ✓ Τους θερμούς μήνες αυξάνονται οι συγκεντρώσεις των ιόντων,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , στο νερό της φραγμολίμνης και μειώνονται οι συγκεντρώσεις των  $\text{NO}_3^-$ , της Alk και του  $\text{Ca}^{2+}$ .

- ✓ Η φραγμολίμνη διαθέτει νερό που είναι πολύ πλούσιο σε οξυγόνο, με το οποίο εμπλουτίζεται σημαντικά η ατμόσφαιρα.
- ✓ Βρέθηκε μεγάλη διακύμανση του DO κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου, η οποία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό της δειγματοληψίας
- ✓ Τον Μάιο του 2000 καταγράφηκε η ύπαρξη θερμοκλινούς-οξυκλινούς, σε βάθος 12-13 m περίπου.
- ✓ Η ποιότητα του νερού στη φραγμολίμνη προσδιορίζεται κυρίως από τρεις παράγοντες:
  1. Την ιοντική του σύσταση.
  2. Τα θρεπτικά υλικά ( $\text{NO}_3^-$ , Alk) και το επίπεδο της στάθμης του νερού.
  3. Το DO.
- ✓ Οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων εξαρτώνται περισσότερο από την εποχή παρά από τη θέση δειγματοληψίας.

#### *Σχετικά με την μακροπανίδα:*

- ✓ Αμφίποδα και Ισόποδα βρέθηκαν στις εισροές της φραγμολίμνης, αλλά όχι μέσα στη φραγμολίμνη.
- ✓ Η πυκνότητα (συνολική αφθονία) και η βιομάζα έχουν μεγάλες τιμές, σχετικά με άλλους ταμιευτήρες και λίμνες. Η ποικιλότητα αντίθετα είναι σχετικά χαμηλή. Επειδή ο δείκτης ομοιοκατανομής J' έχει σχετικά μεγάλη τιμή το περιβάλλον δεν θεωρείται ότι είναι υπό πίεση.
- ✓ Οι ταξινομικές ομάδες που βρέθηκαν μόνο στις ακτές, μέχρι βάθος 2,5 m είναι οι εξής: *Εφημερόπτερα (Baetidae)*, *Ημίπτερα (Pleidae O, Pleidae, Notonectidae)* και τα *νεροσκάθαρα (Berosus, Colymbetinae)*.
- ✓ Οι ομάδες που βρέθηκαν μόνο την θερμή περίοδο στη φραγμολίμνη, ήταν οι εξής: *Εφημερόπτερα (Baetidae)*, *Ημίπτερα (Pleidae, Notonectidae)*, *νεροσκάθαρα (Hygrotus, Colymbetinae)* και τα *Δίπτερα (Tanytarsini)*.
- ✓ Τα μικρά Καρκινοειδή Ostracoda, υπάρχουν μόνο στις ακτές το καλοκαίρι και μόνο στα βαθιά το χειμώνα.

- ✓ Οι Ολιγόχαιτοι και τα Δίπτερα έχουν σημαντικά μεγαλύτερες αφθονίες το χειμώνα στα βαθιά, σε σχέση με τις ακτές.
- ✓ Οι λιβελούλες (*Libellulidae*) και τα νεροσκάθαρα (*Hygrotus*), βρέθηκαν και στις ακτές και σε βάθη μέχρι 13 m και 16 m αντίστοιχα.
- ✓ Τα σαλιγκάρια (*Hydrobiidae*) και τα δίθυρα (*Sphaeriidae*) βρίσκονται παντού και στις ακτές και στα μεγάλα βάθη (20 m).
- ✓ Η αναπαραγωγική περίοδος των Εφημεροπτέρων προσδιορίζεται το καλοκαίρι και ιδιαίτερα το Σεπτέμβριο.
- ✓ Η απουσία των Οδοντόγναθων και η μειωμένη παρουσία των Ημιπτέρων Pleidae O, συσχετίστηκαν με τη μείωση του DO τον Αύγουστο
- ✓ Τα κυρίαρχα είδη στις ακτές είναι τα Έντομα *Baetidae*, *Orthoclaadiinae*, *Pleidae O* και τα Μαλάκια *Hydrobiidae*, *Sphaeriidae*.  
Στα βαθιά είναι τα Μαλάκια *Hydrobiidae*, τα Δίπτερα *Orthoclaadiinae*, *Chironomus* και τα Καρκινοειδή *Ostracoda*.
- ✓ Τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στο χώρο και στο χρόνο, έχουν οι Ολιγόχαιτοι (*Oligochaeta*), τα Δίπτερα *Orthoclaadiinae*, τα Μαλάκια *Hydrobiidae* και *Sphaeriidae* στις ακτές και στα βαθιά επιπλέον τα Δίπτερα *Chironomus* και τα Οστρακώδη στα βαθιά.
- ✓ Υπάρχει τάση αύξησης της πυκνότητας της μακροπανίδας το καλοκαίρι, αλλά στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση βρέθηκε μόνο μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, στους σταθμούς A και C.
- ✓ Οι μέγιστες τιμές της αφθονίας βρέθηκαν το χειμώνα στις ακτές και την άνοιξη στα βαθιά.
- ✓ Οι μεγαλύτερες αφθονίες κατά τη διάρκεια του έτους, παρατηρούνται στην παλιά κοίτη του χειμάρρου (σταθμός C), με αφθονίες που διαφέρουν σημαντικά με τους σταθμούς A και D.
- ✓ Σημαντική διαφοροποίηση της συνολικής αφθονίας βρέθηκε το χειμώνα, μεταξύ των βαθιών και των ακτών (αυξημένη στα βαθιά).
- ✓ Η βιομάζα είναι σχεδόν μηδενική το χειμώνα και αυξάνεται το καλοκαίρι.

- ✓ Τα Hydrobiidae συμβάλλουν σημαντικά στην διαμόρφωση της τιμής της βιομάζας.
- ✓ Τα taxa/L αυξάνονται τους θερμούς μήνες και διαφέρουν σημαντικά μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, σε όλους τους σταθμούς. Η ποικιλότητα (H'), αν και αυξάνεται τους θερμούς μήνες, δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των εποχών, λόγω παράλληλης αύξησης της αφθονίας.
- ✓ Στην παράλια ζώνη τα taxa/L και η ποικιλότητα (H'), εμφανίζουν πολύ μεγάλες διακυμάνσεις αντίθετα με τα βαθιά, που εμφανίζουν μικρή διακύμανση με την αλλαγή των εποχών.
- ✓ Η παράλληλη αύξηση της αφθονίας, της βιομάζας και της ποικιλότητας, τους θερμούς μήνες, υποδηλώνει ότι η φραγμολίμη των Μπραμιανών εκμεταλλεύεται ικανοποιητικά την ενέργεια που εισάγεται .

### *Γενικά*

*Η κάθε ΕΠΟΧΗ επιδρά σημαντικά τόσο στα χαρακτηριστικά ποιότητας του νερού, όσο και στη μακροπανίδα. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι μια χρονική περίοδος που χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες διεργασίες λόγω μεταβολής της:*

*☞ ηλιοφάνειας, θερμοκρασίας, εξάτμισης, της στάθμης του νερού, της εισροής θαλασσινών ιόντων, της έντασης της φωτοσύνθεσης, της κατανάλωσης των θρεπτικών ουσιών π.χ. NO<sub>3</sub>, Alk κ.λ.π.*

## ΚΕΦ.7 ΠΕΡΙΛΗΨΗ - SUMMARY

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την καταγραφή και τη μελέτη της χωροχρονικής μεταβλητότητας των φυσικοχημικών παραγόντων και των μακροασπονδύλων, στη φραγμολίμνη των Μπραμιανών, αναλύθηκαν 178 δείγματα νερού, 115 δείγματα ιζήματος και καταμετρήθηκαν 12.626 άτομα.

Η μελέτη εστιάζεται κυρίως στις ακτές, οι οποίες υφίστανται άμεσα τις συνέπειες από τη διακύμανση της στάθμης του νερού (περίπου 10 m), την περίοδο της παρούσας μελέτης.

Οι δειγματοληψίες, πραγματοποιήθηκαν (μηνιαία ή εποχικά) από τον Ιούλιο 1999 έως τον Σεπτέμβριο 2000.

Μετρήθηκαν οι παράμετροι:  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$  και  $PO_4^{3-}$ , χλωριότητα, αλατότητα, ολική σκληρότητα, αγωγιμότητα, ολικά διαλυμένα στερεά, αλκαλικότητα, pH, στάθμη του νερού, DO, TOC (στο νερό), και POC (στο ίζημα).

Μετά την καταγραφή των μακροασπονδύλων, υπολογίστηκε η αφθονία (αρ. ατόμων/L), ο αριθμός Taxa / L, ο δείκτης ποικιλότητας  $H'$  και η ομοιοκατανομή  $J'$ .

Εγινε Στατιστική Ανάλυση των στοιχείων, χρησιμοποιώντας τις μεθόδους: Cluster Analysis, μη παραμετρική ANOVA, Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (PCA), Παλινδρόμηση και Συσχέτιση.

Υπάρχουν ενδείξεις, για εισροή θαλασσινού νερού στη φραγμολίμνη και ενδείξεις για τον ολιγοτροφικό έως μεσοτροφικό χαρακτήρα του νερού.

Τον Νοέμβριο 1999, εισήλθε οργανικός άνθρακας από τον χείμαρρο του Μπραμιανού με τις πρώτες βροχοπτώσεις, ενώ την άνοιξη-καλοκαίρι-φθινόπωρο, ο οργανικός άνθρακας παράγεται κυρίως βιολογικά, μέσα στη φραγμολίμνη.

Τον Μάιο του 2000, διαπιστώθηκε η ύπαρξη θερμοκλινούς και οξύκλινούς στα 12-13 m περίπου.

Γενικά τους θερμούς μήνες, η εξάτμιση, η εισροή θάλασσας και η φωτοσύνθεση είναι τα φαινόμενα που προκαλούν, την αύξηση της συγκέντρωσης των (περισσότερων) ιόντων ( $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $SO_4$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ) και τη μείωση των ιόντων  $Ca^{2+}$ , των  $NO_3^-$  ανιόντων και της αλκαλικότητας ( $HCO_3^-$ ).

Τα  $NO_3^-$  και  $HCO_3^-$  (αλκαλικότητα), ως θρεπτικά υλικά καταναλώνονται, λόγω αυξημένης φωτοσύνθεσης τους ζεστούς μήνες.

Καταγράφηκαν 28 διαφορετικές ταξινομικές ομάδες της μακροπανίδας στη φραγμολίμνη, η μία από τις οποίες παρουσίαζε σημαντικές ομοιότητες, αλλά και διαφορές με τα μέλη της οικογένειας Pleidae. Επειδή δεν εντοπίστηκε στη βιβλιογραφία, την αναφέρουμε ως **Pleidae O**.

Επί πλέον, τέσσερις ομάδες (Nematoda, Amphipoda, Asselus και Lumbricidae), βρέθηκαν μόνο στις εισροές.

Τα Baetidae, τα Orthoclaadiinae και τα Hydrobiidae κυριαρχούν στις ακτές, ενώ τα Ostracoda, τα Orthoclaadiinae, και τα Hydrobiidae στα βαθιά.

Μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στο χώρο και στο χρόνο, εμφανίζουν τα Oligochaeta, τα Orthoclaadiinae, τα Hydrobiidae και τα Sphaeriidae τόσο στις ακτές όσο και στα βαθιά, ενώ τα Chironomus εμφανίζονται με μεγάλη συχνότητα στα βαθιά.

Η αφθονία και βιομάζα στη φραγμολίμνη, παίρνουν μεγάλες τιμές, ενώ η ποικιλότητα σχετικά μικρές τιμές.

Με στατιστική ανάλυση, προέκυψε σημαντικά μεγαλύτερη συνολική αφθονία στα βαθιά, το χειμώνα, υποδηλώνοντας ένα πιο σταθερό και οικείο περιβάλλον, για την μακροπανίδα.

Οι ακτές, με την άνοδο της στάθμης του νερού τον χειμώνα, είναι αφιλόξενες. Αυτό ισχύει τουλάχιστον για τα *Oligochaeta* και τα *Diptera* τα οποία βρίσκονται σε σημαντικά μεγαλύτερες αφθονίες στα βαθιά και για τα *Ostracoda*, που υπάρχουν μόνο στα βαθιά.

Αντίθετα τα *Libellulidae*, τα *Coleoptera*, τα *Hydrobiidae* και τα *Sphaeriidae*, έχουν αφθονίες που δεν διαφέρουν σημαντικά, στα βαθύτερα σημεία και στις ακτές της φραγμολίμνης.

Τα *Baetidae*, ορισμένα *Hemiptera* και ορισμένα *Coleoptera*, βρέθηκαν τους ζεστούς μήνες, μόνο στις ακτές, μέχρι 2,5 m βάθος.

Μια μη αναμενόμενη μείωση της συνολικής αφθονίας τον Ιούλιο του 2001 που οφειλόταν, στα *Baetidae* και στα *Hemiptera*, συνδέθηκε με τη μείωση του DO που παρατηρήθηκε αυτό το μήνα. Η απουσία των *Odonata* από το σταθμό C, τον Αύγουστο, αποδόθηκε επίσης στο μειωμένο οξυγόνο.

Η ποικιλότητα (H') και ο αριθμός taxa/L, αυξάνονται τους ζεστούς μήνες.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η διαφοροποίηση του αριθμού των Taxa/L:

1. είναι σημαντική σε όλους τους σταθμούς, μόνο μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού.
2. δεν είναι σημαντική μεταξύ των διαφόρων σταθμών, σε οποιαδήποτε εποχή.

Τον Αύγουστο παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές Βιομάζας σε σχέση με τον Ιανουάριο.

Η συνολική αφθονία εμφανίζει τάση μείωσης τον χειμώνα και αυξητικές τάσεις το καλοκαίρι. Με ανάλυση ομαδοποίησης, εισάγοντας τις σχετικές αφθονίες όλων των δειγμάτων, προέκυψαν τέσσερις ομάδες, που αντιπροσωπεύουν τις τέσσερις εποχές.

Στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση όμως, ως προς την συνολική αφθονία, διαπιστώθηκε μόνο μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού και μόνο στις θέσεις A και C.

Τελικά, η αφθονία, η ποικιλότητα και η βιομάζα αυξάνονται παράλληλα τους θερμούς μήνες σε όλους τους σταθμούς των ακτών, υποδηλώνοντας ένα "υγιές" σύστημα.

## SUMMARY

### RECORDING AND STUDY OF SPATIAL-TEMPORAL VARIATION OF PHYSICO-CHEMICAL FACTORS AND MACROINVERTEBRATES IN BRAMIANA DAM-LAKE OF LASITHI

Samples of water and sediment were taken from Bramiana dam-lake once a month or seasonally, in order to record and study spatial and temporal variation of physico-chemical parameters and invertebrates which live there.

Because of great water fluctuation during a year, in Bramiana dam-lake, greatest attempt was made to study the marginal zone of the dam-lake.

The following physico-chemical parameters were determined: temperature, pH, dissolved oxygen, chloride, chlorinity, salinity, sulphate, magnesium, calcium, total hardness, potassium,

sodium, conductivity, total dissolved solids, nitrate, nitrite, phosphate, total alkalinity, total organic carbon (in water) and particulate organic carbon (in sediment).

The macroinvertebrates basically were identified up to a family taxonomic level. A list of macroinvertebrates which dwell in Bramiana dam-lake was drawn up and abundance, taxa/L of sediment, diversity (Shannon index,  $H'$ ), evenness index  $J'$  of macrofauna were determined too.

Data analysis was made using the statistical methods: cluster analysis, non parametric ANOVA, Principal Component Analysis, regression and correlation.

We estimate that sea water was inflow into dam-lake during warm period and that the dam-lake water was oligotrophic to mesotrophic.

We believe that organic carbon had been introduced into the dam-lake from Korakas (or Bramianos) stream, after the first rainfall in November 1999, while it was biologically produced in the dam-lake, during the spring-summer-autumn period.

It was recorded a thermocline-oxyclyne zone at a depth of between 12 and 13 m, in May 2000.

We consider that evaporation, sea water inflow as well as photosynthesis were the major factors which had caused an increase in concentration of  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Br^-$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  ions and a decrease in concentration of  $Ca^{2+}$ ,  $NO_3^-$ , and  $HCO_3^-$  ions during the warm period.

28 different taxa of macroinvertebrates were recorded in the dam-lake, but one of these is not referred in bibliography, so we were named Pleidae O, because of similarities-differences with members of Pleidae family.

Furthermore, 4 taxa were recorded only in the dam-lake inflows (Nematoda, Amphipoda, Asselus and Lumbricidae).

Baetidae, Orthocladiinae and Hydrobiidae were the major taxa of marginal (shore-line) fauna, while Ostracoda, Orthocladiinae and Hydrobiidae in deeper regions.

Oligochaeta, Orthocladiinae, Hydrobiidae and Sphaeriidae are most often present taxa in marginal zone, while the above taxa with Chironomus genus as well as, are the most often present taxa in deeper regions.

The abundance as well as, biomass of macrofauna were high, but diversity (Shannon index  $H'$ ) was relatively low in Bramiana dam-lake.

The employed non-parametric analyses of variance led to the conclusion that macroinvertebrates prefer to live in deeper regions during winter, because this environment is more constant and familiar for benthos.

When the water level of the dam-lake go up, Oligochaeta and Diptera are more abundant in the deeper zone. Ostracoda live only in the deeper zone and they are absent from the littoral.

In contrary, Libellulidae, Coleoptera, Hydrobiidae and Sphaeriidae dwell in shore-line zone and in deeper zone too.

Baetidae, some Hemiptera (Pleidae, Pleidae O, Notonectidae) and some Coleoptera (Berosus, Colymbetinae), were found only in the littoral zone (to a depth of 2,5 m), during warm period.

The decrease of total abundance due to low numbers of Baetidae and Hemiptera were correlated with DO decrease in July 2000. The Odonata absence were correlated with lower concentrations of DO in water, at station C on August of 2000 too.

Total abundance were decreased in winter, while it was increased during warm period.

Diversity ( $H'$ ) as well as taxa/L were increased during warm period.

According to statistical analysis:

1. Taxa/L variance was statistically significant only between winter and summer for every sampling station.



2. Taxa/L variance was not statistically significant between sampling stations for every season. Marginal biomass was higher in August 2000 than January 2000.

In conclusion, abundance, diversity and biomass of macroinvertebrates were increased at all marginal stations during warm period, showing a health system.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## *ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ*

Alvarez Cobelas M.A., Rubio-Olmo A., Muñoz Ruiz P., 1992. Eutrophication in Spanish freshwater ecosystems. *Limnetica*. 8: 263-266.

American Public Health Association APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.2310 Acidity. 19<sup>th</sup> Edition. Washington

American Public Health Association APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2340 Hardness by calculation. 19<sup>th</sup> Edition. Washington

American Public Health Association APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.2510, Conductivity. 19<sup>th</sup> Edition. Washington

American Public Health Association APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.4010 Determination of Anions by Ion Chromatography. 19<sup>th</sup> Edition. Washington

American Public Health Association APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.4500-0. 19<sup>th</sup> Edition. Washington.

American Public Health Association APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.4500-P C. Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method. 19<sup>th</sup> Edition. Washington.

American Public Health Association APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.5310, Total Organic Carbon . 19<sup>th</sup> Edition. Washington

American Public Health Association APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.10010 Introduction. 19<sup>th</sup> Edition. Washington.

American Public Health Association APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10500 Benthic Macroinvertebrates. 19<sup>th</sup> Edition. Washington.

American Public Health Association APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10550: Nematological examination. 19<sup>th</sup> Edition. Washington.

Aminot A.. Physico-Chemie, Oxygén dissus. Chapter 5: 76-77.

Andrews J.E., P.Brimblecombe, T.D.Jickells, P.S. Liss, 1996. An Introduction to Environmental Chemistry. University of East Anglia. 3: 100, 4: 116, 124.

Armitage P.D., 1977. Development of the macroinvertebrate fauna of Cow Green reservoir (Upper Teesdale) in the first five years of its existence. *Freshwater Biology*, 7: 441-454.

AWWA Manual, 1997. Simplified Procedures for Water Examination. 4<sup>th</sup> edition. American Water Works Association. 2: 41 - 44 & 11: 95 - 98.

Baird C., 1999. Environmental Chemistry. University of Western Ontario. Second edition. W.H. Freeman and Company New York. 8: 437-438.

Baker L.A., 1994. Environmental Chemistry of Lakes and Reservoirs (Developed from a symposium sponsored by the Division of Env. Chem. Inc., at the 201<sup>st</sup> National Society, Atlanta, Georgia, April 14-19, 1991). 5: 127, 7: 195 & 229.

Barnes R. D., 1982. Invertebrate Zoology. 4<sup>th</sup> edition. Saunders College Philadelphia & Holt Saunders Japan Tokyo. 1:1-5.

Barth J.A.C., J.Veizer, 1999. Carbon cycle in St. Lawrence aquatic ecosystems at Cornwall (Ontario), Canada: seasonal and spatial variations. *Chemical Geology*. 159: 107-128.

Bowman K. O. K. Hutcheson E. P. Odum, L. R. Shenton, 1971. Comments on the distribution of indices of diversity, 315-366. In G. P. Patil, E. C. Pielou, and W. E. Waters (eds.), *Statistical*

Ecology, Vol. 3. Many Species Populations, Ecosystems, and Systems Analysis. Pennsylvania State University Press, University Park.

Brinkhurst R.O., 1974. The benthos of lakes. The Macmillan Press Ltd., London.

Brundin L., 1957. The bottom faunistic lake type system and its application to the S.hemisphere. Verh. Int. Verein. Limnol., 13: 288-297.

Cao Y., D. D. Williams, N. E. Williams, 1988. How important are rare species in aquatic habitat bioassessment? Bull. N. Am. Benthol. Soc. 15: 109.

Cowell B.C., Hudson P.L., 1968. Some environmental factors influencing benthic invertebrates in two Missouri River Reservoirs. Reservoir Fishery Resources Symposium, p. 541-555. University of Georgia Press, Athens. Southern Division, American Fisheries Society Special Publication.

Csuros M., 1997. Environmental Sampling and Analysis(Lab Manual). 1<sup>st</sup> edition.

Danell. K. & Sjoberg K. 1982. Seasonal and diel changes in feeding behavior of some dabbling duck species on a breeding lake in northern Sweden. Ornis Scand. 13: 129-134.

De Mérona, 2001. Short term effects of Tucuruí Dam (Amazonia, Brasil) on the trophic organization of fish communities. Environmental Biology of Fishes, 60: 4: 375-392.

Dean A. J., 1995. Analytical Chemistry Handbook. University of Tennessee, Knoxville.22: 22.11-22.14.

Drever I. J., 1997. The Geochemistry of natural waters. Third edition. University of Wyoming. 1: 13, 6: 107, 118-119, 8: 159, 168, 15: 333, 336, 343-345, 350-351.

Eleftheriou A., Holme N.A., 1984. Macrophona techniques. Methods for the study of Marine Benthos, Home N.A., McIntyre A.D., eds-2<sup>nd</sup> edition, p.140-217. Blackwell Scientific Publications.

- Elliott J. M., 1977. Statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Freshwater Biol. Assoc.* 25: 157.
- Eugster H.P., L.A.Hardie, 1978. Saline lakes. In A.Lerman (Ed), *Lakes-Chemistry, Geology, Physics*, 237-293. New York: Springer-Verlag
- Fearnside P.M., 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management*, Vol.: 27, Issue: 3, p.:377-396.
- Field J. G., Clarke K. R., Warwick R. M., 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8; 37-52.
- Fillion D.B., 1967. The abundance end distribution of benthic fauna of three mountain reservoirs on the Kananaskis River in Alberta. *J.appl. Ecol.*, 4: 1-11.
- Fitter R., Manuel R., 1986. *Field Guide to the Freshwater Life of Britain and North-West Europe*. London.
- Fung Y. S., Zucheng Wu & Dao K. L., 1996. Determination of Total Organic Carbon in Water by thermal compustion - Ion cromatograohy. *Anal. Chem.*, 68: 2186.
- Gardiner P. W., Gardiner B., Gardiner B., 1997. *Statistics for the Biosciences*. Chapter 9: 325-334.
- Gloer P., Meier-Brook C., 1994. *Suesswassermollusken. Ein Bestimmungsschuessel fuer die Bundesrepublik Deutschland*. DJN, p.136.
- Grimas U., 1961. The bottom fauna of natural and impounded lakes in Northern Sweden (Ankarvattne and Blasjon). *Inst. Freshwater Res. Drottningholm. Rept.*, 44: 15-41.
- Grimas U., 1965. The short-term effect of artificial water level fluctuations upon the littoral fauna of Lake Kultsjon, Northern Sweden. *Inst. Freshwater Res. Drottningholm, Rept.*, 45: 5-21.
- Harde K. W., 1984. *A field Guide in colour to Beetles*. Octopus Books. London.

- Hunt P.C., 1970. Biological investigations in regulated reservoirs. Ph.D. thesis, University of Liverpool.
- Hynes H.B.N., 1961. The effects of water-level fluctuations on the littoral fauna. *Verh. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.* 14:652-656.
- Hynes H.B.N., 1970. *The Ecology of Running Waters*. Liverpool University Press.
- Joehnk K.D., L.Umlauf, 2001. *Ecological Modelling*. 136:67-80.
- Jones .F., H.P. Eugster, S.L.Rettig, 1977. Hydrochemistry of lake Magadi basin Kenya. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 41: 53-72.
- Karr J. R., 1991. Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management. *Ecol. Appl.* 1: 66-84.
- Kaster J.L., Jacobi G.Z., 1978. Benthic macroinvertebrates of a fluctuating reservoir. *Freshwater Biology*, 8: 283-290.
- Kelly MG., Whitton BA., 1998. Biological monitoring of eutrophication in rivers. *Hydrobiologia* 384: 55-67.
- Kingsford R.T., 2000. Ecological impacts of dams, water diversions and river management on floodplain wetlands in Australia. *Austral Ecology*, 25: 2: 109-127.
- Kitching J.A., J.J.Green, S.Loekwood, 1976. Report of the 1974 expedition to Crete (A Preliminary Biological Survey of Lake Kourna). University of East Anglia, England. p: 14-20.
- Krom M. D., Cress N., Breder S. & Gordon I. L., 1991. Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. *Limn. Oceanogr.* 36(3): 424-432. American Society of Limnology and Oceanography.
- Manahan S.E., 1994. *Environmental Chemistry*. Sixth edition, 7: 191-192.

- Marsall B.E., 1978. Aspects of the ecology of benthic fauna in Lake McIlwaine Rodesia. *Freshwater Biology*, 8:241-249.
- Mason C. F., 1995. *Biology of Freshwater Pollution*. Third edition. Department of Biology, University of Essex. 2: 47, 3: 86, 4: 93-94.
- McDonald B., W. Borden, J. Lathrop., 1990. *Citizen Stream Monitoring: A manual for Illinois*. Illinois Department of Energy and Natural Resources, ILENR/RE-WR-90/18.
- McLachnan S.M., 1970. The influence of lake level fluctuation and the thermocline on water chemistry in two gradually shelving areas in Lake Kariba. *Arch. Hydrobiol.*, 65: 499-510.
- Mellanby H., 1986. *Animal life in fresh water*. Chapman and Hall.
- Nixon S.C., 1996. European Freshwater monitoring network design. European Topic Center on Inland Waters. Appentdix C: 122.
- OIA analytical, 1989. Model 700 TOC, Total Organic Carbon Analyzer, Operator's Manual. Texas.
- Olvera-Viascán V., L.Bravo-Inclán, J.Sánchez-Chávez, 1998. Aquatic ecology and management assessment in Valle de Bravo reservoir and its watershed. 1: 277-290.
- Parsons T. R., Maita Y. & Lalli C. M., 1984. *A manual of Chemical and biological Method for Seawater Analysis*, Pergamon Press.
- Paterson C.G., Fernando C.H., 1969. The effect of winter drainage on reservoir benthic fauna. *Can. J. Zool.*, 47: 589-595.
- Perona E., Bonilla I., Mateo P., 1999. Spatial and temporal changes in water quality in a Spanish river. *The Science of the Total Environment*. 241: 75-90.
- Petridis D., Sinis A., 1993. Benthic macrophauna of Tauropos reservoir (central Greece). *Hydrobiologia*, 262: 1-12.

- Pielou E. C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.* 13: 131-144.
- Quennerstedt N., 1958. Effects of water level fluctuation on lake vegetation. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 13: 901-906.
- Ranson J.D., Dorris T.C., 1972. Analyses of benthic community structure in a reservoir by use of diversity indices. *Am. Midl. Nat.*, 87: 434-447.
- Redfield A.C., B.J.Ketchum, F.A.Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of sea water. In M.N.Hill (Ed.), *The sea*, 2: 26-77. New York: Wiley-Interscience.
- Reynolds C.S., 1984. Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwat. Biol.*, 14: 111-142.
- Ryding S-O, Rast W., 1989. *The control of eutrophication of lakes and reservoirs*. Parthenon, Paris.
- Sarkka J., 1983. A quantitative ecological investigation of the littoral zoobenthos of an oligotrophic Finnish lake. *Ann. Zool. Fennici*. 20: 157-178.
- Sjoberg K., Danell K., 1981. Food availability and utilization by ducks of a shallow brackish-water bay in northern Bothnian Bay. *Ann. Zool. Fenn.* 18: 253-261.
- Skoog A. D., West M. D., Holler J. F., 1997. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Seventh Edition. Saunders College Publishing. 17: 364-365.
- Smith DG, Maasdam R., 1994. New Zealand's National River Water Quality Network 1. Design and physico-chemical characterisation. *N Z J Mar. Freshwater Res.*, 1994. 28: 19-35.
- Statistica Manual. Stat Soft, Inc, 1984-1999.
- Strickland J. D. H. & Parsons T. R., 1972. *A practical handbook of seawater analysis*, Fish. Res. Bd. Canada. Bulletin 167.



- Stumm W., Morgan J., 1981. Aquatic Chemistry. 2<sup>th</sup> edition. New York. 9: 562, 567, 11: 740.
- Tachet H., Bournaud M., Richoux P., 1980. Introduction á l'étude des Macroinvertébrés des eaux douces. Université Lyon, Association Francaise de Limnologie.
- Thurman E. M., 1985. Organic Geochemistry of Natural Waters. Martinus Nijhoff/Juck: Boston, MA. 497pp.
- Tomaszek J.A., E.Czerwieniec, 2000. In situ chamber denitrification measurements in reservoir sediments: an example from southeast Poland. Ecological Engineering. 16: 61-71.
- US-EPA, 1999. Biological Indicators of Watershed Health. Premise 19: Sampling protocols are well defined for fishes and invertebrates.3-7.
- Van Dijk G.M., van Liere L., Admiraal W., Bannink B.A., Cappon JJ., 1994. Present state of the water quality of European rivers and implications for management. Sci. Total Environ.. 145: 187-195.
- Watercare III, 1998. Database : Critter Catalogue - Insecta. South Australian Government.
- Zar H. J., 1999. Biostatistical Analysis. Fourth edition. Department of Biological Sciences Northern Illinois University.4: 40-41, 8: 146, 10: 195-200, 13: 273-275, 17: 353-355, 19: 377-398.

### *ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ*

Αναστασιάδη Μ., 2001. Μελέτη της ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων σε διάφορες περιοχές των νομών Ηρακλείου και Χανίων. Διπλωματική εργασία. Τμήμα Χημείας, Ηράκλειο.

- Βαρδινογιάννη Κ., 1994. Βιογεωγραφία των χερσαίων μαλακίων στο νότιο νησιωτικό αιγαιακό τόξο. Διδ. Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθήνας: 330.
- Βορεάδου Α., 1993. Επιπτώσεις υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων στα οικοσυστήματα των τρεχούμενων νερών της Κρήτης. Διδ. Διατριβή. Τμήμα Βιολογίας. Πανεπιστήμιο Κρήτης.2: 47-48, 2: 55.
- Δρετάκης Μ., Μανέ Φ., Μαραβέγια Ε., 1995. Μελέτη της βενθικής μακροπανίδας των γλυκών νερών της Κρήτης. Αναφορά. Τμήμα Βιολογίας. Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Δρετάκης Μ., 1996. Τα υδρόβια και παρυδάτια πουλιά σε τέσσερις υγροτόπους της Κρήτης. Πληθυσμιακά και Οικολογικά στοιχεία. Μεταπτυχιακή διατριβή. Τμήμα Βιολογίας. Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Ζαλίδης Γ., Ματζαβέλας Α., 1994. Απογραφή Ελληνικών Υγροτόπων ως φυσικών πόρων. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας-Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων, Θεσσαλονίκη 1994.
- Θεοδωρακάκης Μ., Μάργαρης Σ. Ν., Καϊναδάς, (2000). Υγροβιότοποι της Δ.Ε.Η. Τμήμα Περιβάλλοντος Πανεπιστημίου του Αιγαίου. Μυτιλήνη. Εκδόσεις Καστανιώτη. 1: 18-25, 3: 38,42, 10: 117.
- Καμπιώτη Α., 2000. Μελέτη της επίδρασης των οργανικών προπομπών στο σχηματισμό των παραπροϊόντων απολύμανσης των υδάτων. Διδ. Διατριβή. Χημικό τμήμα. Πανεπιστήμιο Κρήτης. 2: 52-57.
- Κουϊμτζή Θ., Φυτιάνου Κ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., 1998. Χημεία Περιβάλλοντος. University Studio Press. Θεσσαλονίκη. 11: 214.
- Λυκάκης Ι.Ι., 1977. Μαθήματα Οικολογίας. Τμήμα Βιολογίας. Πάτρα.1: 6-9.
- Μαρκάκης Γ., 2000. Στατιστική. ΤΕΙ Κρήτης. Ηράκλειο. V: 124-142 και III: 85-87.
- Μισοπολικός Ν.Δ., 1997. Προβληματικά εδάφη. Αναφορά. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.. Θεσσαλονίκη

- Ξένος Κ.Δ., 2000. Χημική Ωκεανογραφία. Μακεδονικές Εκδόσεις.1: 34, 2: 122, 8: 275-276.
- Pagano M., Gauvreau K., 2000. Αρχές Βιοστατιστικής. Εκδόσεις "ΕΛΛΗΝ". 13: 303&314, 17: 405-414, 18: 423-442
- Στεφάνου Γ. Ε., (1999). Υδατική Χημεία. Τομέας Χημείας Περιβάλλοντος και Αναλυτικής Χημείας. Πανεπιστήμιο Κρήτης. 1: 6, 2: 15-20 και 2: 29-33.
- Τσιαούση Β., 1995. Εκτίμηση της ποιότητας των ρεόντων υδάτων και της εφαρμοσιμότητας των βιολογικών δεικτών με τη χρήση των βενθικών μακροασπονδύλων στο σύστημα του ποταμού Αγγίτη. Μεταπτυχιακή εργασία Θεσσαλονίκη.
- Φασουλάς Χ., 2000. Οδηγός Υπαίθρου για τη Γεωλογία της Κρήτης. Εκδ. Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης: 78. Ηράκλειο.
- Χατζηιωάννου Π. Θ., 1991. Εργαστηριακά Ασκήσεις Ποσοτικής Αναλυτικής Χημείας. Αθήνα.12: 130.
- Χατζηιωάννου Π. Θ, 1997. Ενόργανη Ανάλυση. Αθήνα. 16: 393-397.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.

<b>Επεξηγήσεις συντομογραφιών</b>	
{Cl} ή -Cl-	<i>Χλωριότητα</i>
S	<i>Αλατότητα</i>
HARD	<i>Σκληρότητα</i>
ALK	<i>Αλκαλικότητα</i>
COND	<i>Αγωγιμότητα</i>
H <sub>2</sub> O-LEV	<i>Στάθμη του νερού</i>
DO	<i>Διαλυμένο οξυγόνο</i>
TOC	<i>Ολικός οργανικός άνθρακας</i>
POC	<i>Σωματιδιακός οργανικός άνθρακας</i>
OLI	<i>Oligochaeta</i>
H-STAG	<i>Helobdella stagnalis</i>
HYDRA	<i>Hydracarina</i>
OSTRA	<i>Ostracoda</i>
BAE	<i>Baetidae</i>
LIBE	<i>Libellulidae</i>
ZYGO	<i>Zygoptera</i>
HEMI	<i>Hemiptera</i>
CORI	<i>Corixidae</i>
PLEI-O	<i>Pleidae O</i>
PLEI	<i>Pleidae</i>
NOTO	<i>Notonectidae</i>
COLEO	<i>Coleoptera</i>
BERO	<i>Berosus</i>
HYGRO	<i>Hygrotus</i>
COLY	<i>Colymbetinae</i>
HELMI	<i>Helmidae</i>
DIPTE	<i>Diptera</i>
ORTHO	<i>Orthoclaadiinae</i>
TAN-INI	<i>Tanytarsini</i>
CHIR-MIN	<i>Chironomini</i>
CHIR-OMUS	<i>Chironomus</i>
CHI-DAE	<i>Chironomidae</i>
TANY-NAE	<i>Tanypodinae</i>
DIAME	<i>Diamesinae</i>
CERA	<i>Ceratopogonidae</i>
HYDRO	<i>Hydrobiidae</i>
BYTHI	<i>Bythyniidae</i>
SPHAE	<i>Sphaeriidae</i>

Πίνακας 1\*. Μετρήσεις Φυσικοχημικών Παραγόντων, Οκτ. 1999 έως Σεπτ. 2000.

Δείγμα	Στάθμη νερού (m)	Θερμοκρασία (OC )	pH	DO		CI (mg/L)	Χλωριότητα (g/L)	Αλατότητα (g/L)
				(mg / L)	% κορεσμός			
A11	52,60	15,00	8,02	N.A.	N.A.	337,40	0,34	0,61
A12	52,85	14,00	8,22	N.A.	N.A.	380,72	0,38	0,69
A1	54,60	10,00	8,43	N.A.	N.A.	341,22	0,34	0,62
A2	56,40	12,00	8,38	N.A.	N.A.	334,18	0,34	0,61
A3	57,40	15,00	8,31	N.A.	N.A.	311,05	0,31	0,56
A4	57,30	18,00	8,48	11,22	125,09	348,64	0,35	0,63
A5	56,75	N.A.	8,57	14,54	N.A.	371,94	0,37	0,67
A6	55,45	25,00	8,85	17,63	220,49	425,47	0,43	0,77
A7	54,45	23,50	8,70	10,75	134,45	448,48	0,45	0,81
A8	53,25	22,00	9,20	14,07	169,52	491,95	0,49	0,89
A9	51,60	23,50	8,65	13,17	164,76	502,51	0,50	0,91
B10	53,50	20,00	8,40	N.A.	N.A.	298,81	0,30	0,54
B11	52,60	14,50	8,17	N.A.	N.A.	353,54	0,36	0,64
B12	52,85	14,00	8,29	N.A.	N.A.	336,14	0,34	0,61
B1	54,60	11,00	7,83	N.A.	N.A.	166,38	0,17	0,31
B2	56,40	11,00	8,37	N.A.	N.A.	331,29	0,33	0,60
B3	57,40	15,00	8,35	N.A.	N.A.	345,75	0,35	0,63
B4	57,30	18,00	8,46	11,34	126,45	400,70	0,40	0,73
B5	56,75	N.A.	8,49	12,63	N.A.	381,06	0,38	0,69
B6	55,45	23,00	8,59	12,78	154,04	422,29	0,42	0,77
B7	54,45	24,50	8,84	10,37	129,77	453,44	0,46	0,82
B8	53,25	24,00	8,77	13,02	162,93	495,42	0,50	0,90
B9	51,60	26,00	8,82	12,85	166,59	520,11	0,52	0,94
C10	53,50	20,00	8,15	N.A.	N.A.	284,99	0,29	0,52
C11	52,60	14,00	8,06	N.A.	N.A.	325,85	0,33	0,59
C12	52,85	14,00	8,33	N.A.	N.A.	346,02	0,35	0,63
C1	54,60	11,50	8,32	N.A.	N.A.	300,69	0,30	0,55
C2	56,40	11,00	8,37	N.A.	N.A.	360,21	0,36	0,65
C3	57,40	17,00	8,09	N.A.	N.A.	328,40	0,33	0,60
C4	57,30	20,00	8,24	13,41	155,60	319,72	0,32	0,58
C5	56,75	N.A.	8,46	15,27	N.A.	381,87	0,38	0,69
C6	55,45	29,00	9,13	10,76	129,74	426,53	0,43	0,77
C7	54,45	23,00	8,88	9,46	116,22	458,61	0,46	0,83
C8	53,25	22,00	9,24	9,02	108,77	572,26	0,57	1,04
C9	51,60	25,00	9,49	16,75	213,35	506,76	0,51	0,92
D10	53,50	21,00	8,34	N.A.	N.A.	309,78	0,31	0,56
D11	52,60	14,00	8,20	N.A.	N.A.	345,41	0,35	0,63
D12	52,85	16,50	8,42	N.A.	N.A.	467,71	0,47	0,85
D1	54,60	13,00	8,27	N.A.	N.A.	320,77	0,32	0,58
D2	56,40	11,00	8,38	N.A.	N.A.	342,86	0,34	0,62
D3	57,40	17,00	8,32	N.A.	N.A.	363,10	0,36	0,66
D4	57,30	20,00	8,48	10,98	120,72	204,27	0,20	0,37
D5	56,75	N.A.	8,48	13,66	N.A.	381,09	0,38	0,69
D6	55,45	24,00	8,63	11,87	140,37	418,14	0,42	0,76
D7	54,45	22,00	8,68	10,05	121,11	500,46	0,50	0,91
D8	53,25	25,00	9,93	15,61	198,85	473,06	0,47	0,86
D9	51,60	24,00	8,86	15,61	195,27	516,85	0,52	0,94
F11	52,60	14,00	8,13	N.A.	N.A.	371,83	0,37	0,68
F12	52,85	14,00	8,26	N.A.	N.A.	497,65	0,50	0,90
F1	54,60	12,00	8,33	N.A.	N.A.	388,71	0,39	0,70
F2	56,40	11,00	8,36	N.A.	N.A.	363,10	0,36	0,66
F3	57,40	15,00	8,28	N.A.	N.A.	345,75	0,35	0,63
F4	57,30	18,00	8,36	N.A.	N.A.	313,94	0,32	0,57
F5	56,75	N.A.	8,45	10,93	N.A.	380,97	0,38	0,69
F6	55,45	24,00	8,51	N.A.	N.A.	424,70	0,43	0,77
F7	54,45	24,00	8,75	6,99	87,46	448,07	0,45	0,81
F8	53,25	24,50	8,83	11,22	142,92	478,22	0,48	0,87
F9	51,60	23,00	8,23	7,80	95,85	500,44	0,50	0,91
M.T.	54,72	18,35	8,51	12,28	146,97	389,09	0,39	0,71
StDev	1,92	5,21	0,37	2,58	35,71	80,68	0,08	0,15
CV	3,52	28,39	4,32	21,02	24,30	20,73	20,67	20,67

\*N.A. = Δεν αναλύθηκε

N.D. = Δεν ανιχνεύθηκε

Πίνακας 1\*. Μετρήσεις Φυσικοχημικών Παραγόντων, Οκτ. 1999 έως Σεπτ. 2000.

Δείγμα	Br (mg/L)	SO4 (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	Σκληρότητα (mg CaCO3 /L)	K (mg/L)	Na (mg/L)	Αγωγιμότητα mS/cm	TDS mg/L
A11	1,29	147,76	N.A.	N.A.	N.A.	0,56	N.A.	1,71	1143,69
A12	0,89	178,60	50,11	86,97	423,50	5,20	208,72	1,79	1200,64
A1	0,52	147,65	33,85	86,97	356,53	3,26	94,21	1,01	676,7
A2	1,21	145,33	39,88	92,14	394,28	4,93	199,62	1,53	1026,44
A3	1,08	130,61	37,05	89,82	376,86	6,05	184,42	1,51	1012,37
A4	1,24	138,64	38,69	90,78	385,99	5,45	205,90	1,62	1082,05
A5	1,41	126,86	37,02	93,45	385,77	4,97	193,38	1,65	1104,83
A6	1,67	136,89	38,26	68,14	327,70	5,36	217,57	1,84	1232,13
A7	1,73	148,32	45,79	79,62	387,39	6,00	226,48	1,96	1315,88
A8	1,80	149,40	46,57	68,92	363,87	6,06	240,82	1,97	1318,56
A9	1,93	145,03	44,98	72,39	365,97	6,38	248,16	1,98	1326,6
B10	0,53	137,03	44,15	67,37	350,03	5,73	188,93	1,56	1043,19
B11	3,41	154,65	46,12	96,51	430,89	7,16	207,45	1,69	1128,95
B12	2,19	146,32	45,54	83,18	395,26	5,37	206,52	1,71	1147,71
B1	2,93	114,08	43,71	92,53	411,02	5,31	190,04	1,62	1085,4
B2	1,20	139,96	39,64	91,88	392,64	5,58	197,39	1,61	1076,02
B3	1,20	143,10	40,18	89,04	387,77	6,51	206,55	1,56	1045,2
B4	1,40	157,32	43,97	86,72	397,60	7,30	238,35	1,62	1088,08
B5	1,34	128,21	37,25	77,54	347,03	5,67	191,00	1,69	1134,31
B6	1,64	135,85	39,32	75,08	349,38	5,86	213,52	1,87	1251,56
B7	1,71	138,63	40,60	68,84	339,10	5,29	210,73	1,96	1314,54
B8	1,81	148,63	44,40	69,98	357,56	5,94	249,97	1,94	1298,46
B9	1,96	149,95	48,20	103,84	457,79	6,67	255,11	2,03	1360,1
C10	3,07	126,14	43,81	68,64	351,78	6,32	185,37	1,52	1020,41
C11	2,51	147,30	47,83	96,51	437,92	6,45	202,40	1,66	1108,85
C12	2,19	145,90	47,73	84,18	406,74	5,98	215,22	1,75	1172,5
C1	1,86	141,08	43,88	89,14	403,31	5,54	187,95	1,65	1106,84
C2	1,29	151,91	44,76	85,47	397,73	6,44	217,49	1,55	1035,15
C3	1,17	143,21	42,17	87,32	391,68	7,25	195,86	1,46	977,53
C4	1,14	130,24	37,63	87,21	372,69	7,01	190,15	1,52	1019,74
C5	1,40	128,22	35,30	70,92	322,45	5,00	188,17	1,66	1114,21
C6	1,67	135,78	42,75	68,22	346,38	6,68	224,31	1,81	1215,38
C7	1,76	137,36	46,98	70,19	368,72	6,31	250,91	1,89	1267,64
C8	2,44	148,38	63,85	82,16	468,10	8,11	319,22	2,35	1574,5
C9	1,89	149,04	47,56	69,46	369,28	6,77	257,34	1,96	1313,2
D10	2,28	132,37	46,11	77,70	383,90	6,66	210,19	1,57	1054,58
D11	1,16	150,14	47,37	87,04	412,40	5,92	207,28	1,67	1117,56
D12	2,12	158,75	43,31	113,10	460,77	6,94	286,45	2,10	1407
D1	2,65	148,27	43,50	90,71	405,64	5,91	221,79	1,81	1212,7
D2	1,25	143,22	40,04	87,72	383,93	6,21	203,82	1,57	1054,58
D3	1,29	147,67	41,05	91,11	396,54	6,73	215,96	1,62	1088,08
D4	0,71	83,06	16,71	91,66	297,67	4,51	114,05	1,63	1094,11
D5	1,37	127,46	37,61	81,21	357,65	5,29	193,56	1,70	1137,66
D6	1,65	134,83	41,13	74,72	355,96	5,53	218,12	1,83	1224,09
D7	1,99	142,44	43,64	101,49	433,12	6,79	256,46	2,02	1353,4
D8	1,71	140,20	45,26	62,11	341,45	6,12	227,48	1,93	1291,76
D9	2,06	150,19	51,19	79,03	408,14	6,93	262,43	2,02	1353,4
F11	2,68	162,86	47,30	96,00	434,50	5,62	207,36	1,63	1093,44
F12	1,65	170,65	47,31	84,13	404,87	5,92	213,07	1,77	1185,9
F1	1,44	160,46	44,46	88,87	405,00	5,42	192,60	1,65	1105,5
F2	1,29	150,75	43,07	91,74	406,42	6,39	215,89	1,59	1061,95
F3	1,25	142,30	39,07	90,45	386,73	6,47	204,90	1,58	1055,92
F4	1,09	124,07	33,02	85,66	349,86	6,66	184,54	1,62	1082,72
F5	1,37	127,45	37,06	78,93	349,72	4,80	192,29	1,72	1152,4
F6	1,66	137,06	42,25	76,58	365,19	5,70	222,28	1,83	1226,77
F7	1,71	137,26	44,26	72,31	362,81	5,90	233,56	1,90	1271,66
F8	1,78	143,12	45,27	68,73	358,06	5,66	237,74	1,92	1286,4
F9	1,89	149,91	49,24	75,52	391,35	6,38	259,02	2,04	1366,8
M.T.	1,66	142,03	42,78	83,12	383,73	5,91	213,86	1,74	1165,82
StDev	0,59	13,89	6,10	10,70	34,95	1,07	34,48	0,21	139,71
CV	35,17	9,78	14,25	12,88	9,11	18,08	16,12	11,98	11,98

\*N.A. = Δεν αναλύθηκε

N.D. = Δεν ανιχνεύθηκε

Πίνακας 1\*. Μετρήσεις Φυσικοχημικών Παραγόντων, Οκτ. 1999 έως Σεπτ. 2000.

Δείγμα	NO3 (mg/L)	NO2 (mg/L)	PO4 (mg/L)	Αλκαλικότητα (mg CaCO3 /L)	ΤΟC (νερό) (μg/L)	ΡΟC (ίζημα) (μg/L)
A11	0,75	N.D.	N.D.	135,35	2886,63	N.A.
A12	1,27	N.D.	N.D.	143,18	N.A.	N.A.
A1	1,55	N.D.	N.D.	175,85	N.A.	6438,68
A2	2,93	N.D.	N.D.	154,54	1001,86	N.A.
A3	2,58	N.D.	N.D.	171,39	N.A.	N.A.
A4	2,15	N.D.	N.D.	134,93	N.A.	N.A.
A5	1,16	N.D.	N.D.	108,37	N.A.	7998,93
A6	0,29	N.D.	N.D.	87,84	1829,77	N.A.
A7	0,04	N.D.	N.D.	83,30	N.A.	7398,33
A8	0,08	N.D.	N.D.	58,73	N.A.	N.A.
A9	0,04	N.D.	N.D.	73,75	2417,65	N.A.
B10	N.A.	N.D.	N.D.	N.A.	N.A.	8521,21
B11	0,60	N.D.	N.D.	242,85	2797,65	N.A.
B12	0,89	N.D.	N.D.	139,18	N.A.	N.A.
B1	2,74	N.D.	N.D.	147,35	N.A.	3374,66
B2	2,86	N.D.	N.D.	152,53	892,65	N.A.
B3	2,74	N.D.	N.D.	170,65	N.A.	N.A.
B4	2,59	N.D.	N.D.	134,44	N.A.	N.A.
B5	1,38	N.D.	N.D.	113,42	N.A.	5769,96
B6	0,41	N.D.	N.D.	97,10	1628,47	N.A.
B7	0,04	N.D.	N.D.	84,62	N.A.	1151,48
B8	0,10	N.D.	N.D.	67,26	N.A.	N.A.
B9	0,04	N.D.	N.D.	69,48	2401,84	N.A.
C10	0,67	N.D.	N.D.	N.A.	N.A.	10647,81
C11	0,76	N.D.	N.D.	147,85	5958,54	N.A.
C12	1,71	N.D.	N.D.	137,12	N.A.	N.A.
C1	3,08	N.D.	N.D.	148,85	N.A.	7901,92
C2	3,04	N.D.	N.D.	153,87	1015,24	N.A.
C3	2,48	N.D.	N.D.	184,69	N.A.	N.A.
C4	2,06	N.D.	N.D.	151,67	N.A.	N.A.
C5	1,07	N.D.	N.D.	108,37	N.A.	7664,13
C6	0,21	N.D.	N.D.	81,95	3345,83	N.A.
C7	0,12	N.D.	N.D.	84,29	N.A.	8579,55
C8	0,08	N.D.	N.D.	112,26	N.A.	N.A.
C9	0,11	N.D.	N.D.	72,43	3825,25	N.A.
D10	0,57	N.D.	N.D.	N.A.	N.A.	5500,00
D11	1,41	N.D.	N.D.	145,35	2904,73	N.A.
D12	4,80	N.D.	N.D.	128,18	N.A.	N.A.
D1	2,02	N.D.	N.D.	140,52	N.A.	4893,41
D2	2,94	N.D.	N.D.	148,85	985,20	N.A.
D3	2,94	N.D.	N.D.	168,44	N.A.	N.A.
D4	1,44	N.D.	N.D.	132,96	N.A.	N.A.
D5	1,38	N.D.	N.D.	114,76	N.A.	2403,92
D6	0,37	N.D.	N.D.	97,94	1707,47	N.A.
D7	0,88	N.D.	N.D.	96,85	N.A.	2659,09
D8	0,04	N.D.	N.D.	47,07	N.A.	N.A.
D9	0,05	N.D.	N.D.	78,84	2104,84	N.A.
F11	0,86	N.D.	N.D.	115,35	4581,13	N.A.
F12	3,53	N.D.	N.D.	137,85	N.A.	N.A.
F1	2,04	N.D.	N.D.	148,18	N.A.	N.A.
F2	3,04	N.D.	N.D.	149,52	1392,67	N.A.
F3	2,82	N.D.	N.D.	169,92	N.A.	N.A.
F4	2,12	N.D.	N.D.	134,93	N.A.	N.A.
F5	1,31	N.D.	N.D.	116,45	N.A.	N.A.
F6	0,47	N.D.	N.D.	100,12	1575,84	N.A.
F7	0,10	N.D.	N.D.	84,62	N.A.	N.A.
F8	0,07	N.D.	N.D.	73,50	N.A.	N.A.
F9	0,58	N.D.	N.D.	N.A.	786,91	N.A.
M.T.	1,38			123,33	2302,01	6060,20
StDev	1,18			38,23	1352,06959	2713,85
CV	86,08			31,00	58,734347	44,78

\*N.A. = Δεν αναλύθηκε

N.D. = Δεν ανιχνεύθηκε

**Πίνακας 2. Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων στις εισροές της φραγολίμνης Μπραμιανών**

Μαλαύρας	Δείγμα	Cl,mg/L	NO2, mg/L	Br, mg/L	NO3, mg/L	PO4
	D' 6	539,26	N.D.	2,25	14,77	N.D.
	D' 7	575,86	N.D.	2,26	2,11	N.D.
	D' 8	591,08	N.D.	2,28	2,01	N.D.
	D' 9	560,07	N.D.	2,05	2,09	N.D.
<i>M.T.</i>		566,57		2,21	5,25	
<i>StDev</i>		22,18		0,11	6,35	
<b>Καλαμαύκας</b>						
	A' 7	393,71	N.D.	1,44	1,38	N.D.
	A' 8	417,84	N.D.	1,47	0,33	N.D.
	A' 9	462,86	N.D.	1,63	0,05	N.D.
<i>M.T.</i>		424,80		1,52	0,59	
<i>StDev</i>		35,09		0,10	0,70	
Μαλαύρας	Δείγμα	SO4,mg/L	Na,mg/L	K, mg/L	Mg, mg/L	
	D' 6	141,29	305,22	7,39	44,28	
	D' 7	147,17	304,84	7,08	42,83	
	D' 8	147,19	315,06	8,07	44,25	
	D' 9	143,59	291,28	7,13	40,45	
<i>M.T.</i>		144,81	304,10	7,42	42,95	
<i>StDev</i>		2,89	9,77	0,46	1,80	
<b>Καλαμαύκας</b>						
	A' 7	130,03	186,96	5,35	46,57	
	A' 8	132,33	198,05	5,38	41,04	
	A' 9	136,66	229,94	5,93	45,39	
<i>M.T.</i>		133,01	204,98	5,55	44,34	
<i>StDev</i>		3,36	22,31	0,32	2,91	

**Πίνακας 2. Συνέχεια ...**

Μαλαύρας	Ca, mg/L	{Cl}, g/L	S, g/L	Σκληρότητα, mg CaCO3/L	Alk, mg CaCO3/L	
	D' 6	108,51	0,54	0,98	453,20	
	D' 7	111,14	0,58	1,04	453,82	118,01
	D' 8	111,56	0,59	1,07	460,69	
	D' 9	110,21	0,56	1,02	441,71	
<i>M.T.</i>		110,36	0,57	1,03	452,36	
<i>StDev</i>		1,35	0,02	0,04	7,87	
<b>Καλαμαύκας</b>						
	A' 7	87,27	0,40	0,71	409,60	134,54
	A' 8	82,10	0,42	0,76	373,95	
	A' 9	79,94	<b>0,46</b>	0,84	386,45	
<i>M.T.</i>		83,10	0,43	0,77	390,00	
<i>StDev</i>		3,76	0,04	0,06	18,09	
Μαλαύρας	T, °C	pH	DO	TOC, mg/L	Αγωγιμότητα, mg/L	
	17	7,97				
	D' 6			0,33	2,39	
	D' 7		7,64		2,32	
	D' 8				2,31	
	D' 9			0,90	2,02	
<i>M.T.</i>					2,26	
<i>StDev</i>					0,16	
<b>Καλαμαύκας</b>						
				0,93		
	A' 7		2,227642		1,638	
	A' 8				1,746	
	A' 9		11,70732		2,2	
<i>M.T.</i>					1,86	
<i>StDev</i>					0,30	



Πίνακας 3. Αριθμός ατόμων/L, στο σταθμό Α. Μπραμιανά: Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Δείγμα	A10	A11	A12	A1	A2	A3
Ογκος δείγματος (L)	1,6	1,6	1,6	1,6	2	1,7
Ημερομηνία δειγματοληψίας	27/10/1999	30/11/1999	27/12/1999	29/1/2000	27/2/2000	31/3/2000
<b>Μακροασπόνδυλα</b>						
Oligochaeta	5,68	2,52				
Helobdella stagnalis						
Hydracarina						
Ostracoda	0,63					
Baetidae						
Libellulidae						
Zygoptera						
Corixidae						
Pleidae O	0,63					0,59
Pleidae						
Notonectidae						
Berosus						
Hygrotus						
Colymbetinae						
Helmidae-προνύμφες						
Orthoclaadiinae-προνύμφες	3,15	0,63				
Tanytarsini-προνύμφες						
Chironomini-προνύμφες						
Chironomus-προνύμφες						
Chironomidae-νύμφες						
Tanypodinae-νύμφες						
Diamesinae-νύμφες						
Psychodidae-νύμφες						
Ceratorogonidae-προνύμφες						
Hydrobiidae	31,53	2,52	0,63	0,63	2,00	1,18
Bythyniidae						
Sphaeriidae	3,15			0,63		5,29
Σύνολο	44,77	5,68	0,63	1,26	2,00	7,06

Πίνακας 3. Αριθμός ατόμων/L, στο σταθμό Α. Μπραμιανά : Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Δείγμα	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Όγκος δείγματος (L)	1,8	1,6	1,4	1,6	1,2	1,4
Ημερομηνία δειγματοληψίας	21/4/2000	20/5/2000	23/6/2000	18/7/2000	11/8/2000	15/9/2000
<b>Μακροασπόνδυλα</b>						
Oligochaeta				1,25		22,86
Helobdella stagnalis						7,14
Hydracarina	0,56		0,71			
Ostracoda	1,11	1,89	26,43	1,25		0,71
Baetidae		0,63	10,00	3,75	2,50	23,57
Libellulidae			0,71		0,83	
Zygoptera						
Corixidae			5,71	2,50		0,71
Pleidae O		0,63	174,29	2,50	11,67	0,71
Pleidae			0,71	1,25	0,83	
Notonectidae						0,71
Berosus		0,63	3,57	3,13	3,33	
Hygrotus			1,43	1,25	1,67	
Colymbetinae			2,14	0,63		
Helmidiae-προνύμφες						
Orthoclaadiinae-προνύμφες	8,33	32,79	20,00	27,50	31,67	11,43
Tanytarsini-προνύμφες	33,33	43,51	30,71	25,00	33,33	4,29
Chironomini-προνύμφες				2,50	5,00	2,14
Chironomus-προνύμφες	0,56		0,71	1,88		
Chironomidae-νύμφες	4,44	5,04	0,71	2,50	2,50	
Tanypodinae-νύμφες		0,63	0,71	1,25	0,83	
Diamesinae-νύμφες						
Psychodidae-νύμφες						
Ceratorogonidae-προνύμφες		0,63				
Hydrobiidae			2,86	17,50	9,17	8,57
Bythyniidae						
Sphaeriidae				18,75	20,83	75,00
Σύνολο	48,33	86,39	281,43	114,38	124,17	157,86

Πίνακας 3. Αριθμός ατόμων/L, στο σταθμό Β. Μπραμιανά: Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Δείγμα	B10	B11	B12	B1	B2	B3
Ογκος δείγματος (L)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,9	1,7
Ημερομηνία δειγματοληψίας	27/10/1999	30/11/1999	27/12/1999	29/1/2000	27/2/2000	31/3/2000
<b>Μακροασπόνδυλα</b>						
Oligochaeta	13,23	14,49	0,63			
Helobdella stagnalis						
Hydracarina						
Ostracoda						
Baetidae						
Libellulidae						
Zygoptera						
Corixidae						
Pleidae O	2,52		0,63			
Pleidae						
Notonectidae						
Berosus	13,86		0,63			
Hygrotus						
Colymbetinae						
Helmidae-προνύμφες						
Orthoclaadiinae-προνύμφες	15,75	0,63				
Tanytarsini-προνύμφες						
Chironomini-προνύμφες	0,63				0,53	
Chironomus-προνύμφες						
Chironomidae-νύμφες						
Tanyrodinae-νύμφες						
Diamesinae-νύμφες						
Psychodidae-νύμφες						
Ceratopogonidae-προνύμφες				0,63	0,53	
Hydrobiidae	17,01	5,67	0,63		1,05	
Bythyniidae						
Sphaeriidae	8,82					6,47
Σύνολο	71,81	20,79	2,52	0,63	2,11	6,47

Πίνακας 3. Αριθμός ατόμων/L, σταθμό Β. Μπραμιανά: Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Δείγμα	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Ογκος δείγματος (L)	1,7	1,3	1,5	1,6	1,2	1,8
Ημερομηνία δειγματοληψίας	21/4/2000	20/5/2000	23/6/2000	18/7/2000	11/8/2000	15/9/2000
<b>Μακροασπόνδυλα</b>						
Oligochaeta	1,76	0,77	2,00	1,88	3,33	12,22
Helobdella stagnalis						0,56
Hydracarina					0,83	
Ostracoda	0,59	79,23	5,33		2,50	3,33
Baetidae			1,33	0,63	1,67	72,22
Libellulidae					2,50	
Zygoptera						
Corixidae					0,83	0,56
Pleidae O	0,59		0,67		0,83	35,00
Pleidae						1,11
Notonectidae						1,67
Berosus		20,00	0,67	0,63	0,83	
Hygrotus					0,83	
Colymbetinae					0,83	0,56
Helmidae-προνύμφες						0,00
Orthoclaadiinae-προνύμφες	7,65	13,08		2,50	77,50	27,22
Tanytarsini-προνύμφες	9,41	13,08	0,67	0,63	28,33	1,11
Chironomini-προνύμφες		1,54	0,67		0,83	
Chironomus-προνύμφες					3,33	0,56
Chironomidae-νύμφες	0,59	2,31		0,63	1,67	
Tanyrodinae-νύμφες						
Diamesinae-νύμφες					0,83	
Psychodidae-νύμφες						
Ceratorogonidae-προνύμφες						
Hydrobiidae		6,92		11,25	110,83	26,11
Bythyniidae						
Sphaeriidae		2,31			40,00	100,00
Σύνολο	20,59	139,23	11,33	18,13	278,33	282,22

Πίνακας 3. Αριθμός ατόμων/L, στο σταθμό C. Μπραμιανά: Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Δείγμα	C10	C11	C12	C1	C2	C3
Ογκος δείγματος (L)	1,55	1,55	1,55	1,55	1,9	1,4
Ημερομηνία δειγματοληψίας	27/10/1999	30/11/1999	27/12/1999	29/1/2000	27/2/2000	31/3/2000
<b>Μακροασπόνδυλα</b>						
Oligochaeta	0,65	3,87	1,29			2,86
Helobdella stagnalis						
Hydracarina						
Ostracoda						
Baetidae						0,71
Libellulidae						
Zygoptera						
Corixidae				0,65		
Pleidae O						
Pleidae						
Notonectidae						
Berosus			0,65			
Hygrotus						
Colymbetinae						
Helmidae-προνύμφες				0,65		
Orthoclaadiinae-προνύμφες	13,55	0,65				
Tanytarsini-προνύμφες						
Chironomini-προνύμφες						0,71
Chironomus-προνύμφες	5,16	0,65				
Chironomidae-νύμφες						
Tanyrodinae-νύμφες						
Diamesinae-νύμφες						
Psychodidae-νύμφες						1,43
Ceratorogonidae-προνύμφες						0,71
Hydrobiidae	154,19	8,39		1,94	1,58	13,57
Bythyniidae						
Sphaeriidae	4,52			1,94	1,05	5,71
Σύνολο	178,06	13,55	1,94	5,16	3,23	25,71

Πίνακας 3. Αριθμός ατόμων/L, στο σταθμό C. Μπραμανά: Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Δείγμα	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Ογκος δείγματος (L)	1,7	1,7	1,4	1,7	1,6	1
Ημερομηνία δειγματοληψίας	21/4/2000	20/5/2000	23/6/2000	18/7/2000	11/8/2000	15/9/2000
<b>Μακροασπόνδυλα</b>						
Oligochaeta			0,71			2,00
Helobdella stagnalis						2,00
Hydracarina						
Ostracoda	4,12	1,76		39,41		
Baetidae			61,43		11,25	582,00
Libellulidae			12,86		0,63	
Zygoptera					0,63	
Corixidae			18,57		1,25	
Pleidae O			153,57	5,88	6,25	30,00
Pleidae				0,59	0,63	8,00
Notonectidae						3,00
Berosus		0,59	2,86	1,76	0,63	
Hygrotus		0,59	0,71	1,18	1,88	
Colymbetinae						
Helmidae-προνύμφες						
Orthoclaadiinae-προνύμφες	15,29	69,41	25,71	24,12	80,00	7,00
Tanytarsini-προνύμφες	94,71	42,94	2,86		2,50	7,00
Chironomini-προνύμφες		11,18			0,63	5,00
Chironomus-προνύμφες	10,59			3,53	0,63	
Chironomidae-νύμφες	6,47	0,59	1,43			
Tanyrodinae-νύμφες						
Diamesinae-νύμφες		0,59				
Psychodidae-νύμφες						
Ceratorogonidae-προνύμφες						
Hydrobiidae		1,18	2,86	14,12	20,63	7,00
Bythyniidae						
Sphaeriidae		0,59	2,86	62,35	12,50	29,00
Σύνολο	131,18	129,41	288,57	152,94	140,00	682,00

Πίνακας 3. Αριθμός ατόμων/L, στο σταθμό D. Μπραμιανά: Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Δείγμα	D10	D11	D12	D1	D2	D3
Ογκος δείγματος (L)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6
Ημερομηνία δειγματοληψίας	27/10/1999	30/11/1999	27/12/1999	29/1/2000	27/2/2000	31/3/2000
<b>Μακροασπόνδυλα</b>						
Oligochaeta	38,69	75,41	0,66	1,97		
Helobdella stagnalis						
Hydracarina						
Ostracoda						
Baetidae						
Libellulidae						
Zygoptera						
Corixidae						
Pleidae O						
Pleidae						
Notonectidae						
Berosus						
Hygrotus						
Colymbetinae	0,66					
Helmidae-προνύμφες						
Orthoclaadiinae-προνύμφες	0,66	0,66				
Tanytarsini-προνύμφες	0,66					
Chironomini-προνύμφες						
Chironomus-προνύμφες	1,97	1,31				
Chironomidae-νύμφες						
Tanyrodinae-νύμφες						
Diamesinae-νύμφες						
Psychodidae-νύμφες						
Ceratorogonidae-προνύμφες						
Hydrobiidae	8,52	5,25				0,63
Bythyniidae						
Sphaeriidae	3,28	7,87				
Σύνολο	54,43	90,49	0,66	1,97	0,00	0,63

Πίνακας 3. Αριθμός ατομών/L, στο σταθμό D. Μπραμιάνα: Οκτ. 1999 - Σεπτ. 2000.

Δείγμα	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Όγκος δείγματος (L)	1,7	1,6	1,4	1,1	1,3	2
Ημερομηνία δειγματοληψίας	21/4/2000	20/5/2000	23/6/2000	18/7/2000	11/8/2000	15/9/2000
<b>Μακροασπόνδυλα</b>						
Oligochaeta			6,36	22,31	19,00	
Helobdella stagnalis					0,50	
Hydracarina						
Ostracoda	10,63	0,71	10,00	6,15	1,00	
Baetidae					22,50	
Libellulidae				1,54		
Zygoptera						
Corixidae						
Pleidae O	0,63		1,82	2,31	5,50	
Pleidae				1,54	0,50	
Notonectidae					3,50	
Berosus		0,71		0,77		
Hygrotus						
Colymbetinae				4,62		
Helmidae-προνύμφες						
Orthoclaadiinae-προνύμφες	4,38		6,36	33,08	1,00	
Tanytarsini-προνύμφες	1,88		1,82			
Chironomini-προνύμφες	0,63		20,00	27,69		
Chironomus-προνύμφες	0,63		4,55	0,77	0,50	
Chironomidae-νύμφες			1,82	0,77	0,50	
Tanypodinae-νύμφες					0,50	
Diamesinae-νύμφες						
Psychodidae-νύμφες						
Ceratopogonidae-προνύμφες						
Hydrobiidae			12,73	105,38	14,00	
Bythyniidae				0,77		
Sphaeriidae			20,91	36,15	12,00	
Σύνολο	18,75	1,43	86,36	243,85	81,00	



Πίνακας 4. Αριθμός ατόμων/L, στα βαθιά (Ε). Μπραμιανά: Ιούλι 1999 - Σεπτ.2000.

Μέση τιμή δειγμάτων εποχής Δείγμα Ογκος(L)	Καλοκαίρι (ΕΙV)						Φθινόπωρο (ΕΙ)		
	Χο7 (2m)	Χ7 (12m)	Υο7 (16m)	Υ7 (20m)	Ζο7 (4m)	Ζ7 (12m)	Χ10 (8,5m)	Υ10 (13m)	Ζ10 (11m)
13/7/1999	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
27/10/1999									
<b>Μακροασπόνδυλα</b>									
Oli	1,15	1,15	0,58		2,31	1,15	1,73	4,04	15,58
H stag		22,50			3,46				
Hydra			0,58		0,58				1,15
Ostra		0,58					1,73		13,85
Baeti	2,31								
Libe								0,58	
Zygo									
Cori	1,73				1,15				
Plei-O									
Plei									
Noto									
Bero									
Hygro			0,58						
Coly									
Helmi									
Ortho	0,58		0,58		1,15	7,50	1,15	2,88	4,04
Tany-ini									
Chir-ini									0,58
Chir-omus			0,58			0,58	0,58	1,73	
Chir-dae									
Tany-nae									
Diame	0,58								
Psycho									
Cera									
Hydro	17,88	66,35		2,88	160,38	10,96	21,35	1,15	10,38
Bythy									
Sphae	2,31		0,58	0,58	4,04	1,73	0,58	0,58	25,38
Σύνολο	26,54	90,58	3,46	3,46	173,08	28,27	27,12	10,96	70,96
M.T.συνολικής αφθονίας						54,23			36,35

Πίνακας 4. Αριθμός ατόμων/L, στα βαθιά Ε. Μπραμιανά: Ιούλ 1999 - Σεπτ.2000.

Μέση τιμή Δείγμα	Χειμώνας (EII)				Ανοιξη (EIII)			
	Χο1 (3m)	Χ1 (7m)	Υ1 (14m)	Z1 (8m)	Χο5 (2,5m)	Χ5 (6m)	Υ5 (15m)	Z5 (13m)
Ογκος(L)	2	1,7	2,2	1,9	1,7	1,6	1	2
	29/1/2000				20/5/2000			
<b>Μακροασπόνδυλα</b>								
Oli	1,50	3,53	6,82	0,53	4,04		3,00	2,00
H stag								
Hydra			0,45					0,50
Ostra		1,18	1,36	0,53	35,19	106,25	4,00	4,50
Baeti								
Libe		0,59						
Zygo								
Cori								
Plei-O								
Plei								
Noto								
Bero					0,58			
Hygro								
Coly								
Helmi								
Ortho	5,50	18,82	2,73	8,95	38,65	39,38	7,00	9,50
Tany-ini					3,46	2,50		0,50
Chir-ini			0,45	1,05	2,31			
Chir-omus	17,50	4,12	13,18	65,26	5,19	10,63	15,00	4,50
Chir-dae					0,58			
Tany-nae								
Diame								
Psycho								
Cera								
Hydro	2,00	23,53		15,91	0,58			1,00
Bythy								
Sphae		0,59	8,64	0,91	0,58	5,00	10,00	16,50
Σύνολο	26,50	52,35	33,64	82,73	91,15	163,75	39,00	39,00
M.T.συνολικής αφθονίας				29,34				83,23

Πίνακας 5. Ποιοτική δειγματοληψία από τις εισροές Μπραμιανών, 2000.

Δείγμα	A' 5 (ψηλά)	C' 5	D' 5
Ημερομηνία δειγματοληψίας	20/5/2000	20/5/2000	20/5/2000
<b>Μακροασπόνδυλα</b>			
Oligochaeta		2	2
Helobdella stagnalis			
Hydracarina			
Ostracoda		184	
Isopoda-Asellus			5
Amphipoda-Gammaridae		9	
Baetidae ή Siphonuridae	7	5	
Libellulidae			
Zygoptera			
Corixidae			
Pleidae O			
Pleidae			
Notonectidae			
Berosus			
Hygrotus			
Colymbetinae			
Helmidae - larvae			
Orthoclaadiinae-προνύμφες	1	26	24
Tanytarsini-προνύμφες	2	4	1
Chironomini-προνύμφες		26	50
Chironomus-προνύμφες		239	2
Chironomidae-νύμφες		1	6
Tanypodinae-νύμφες			
Diamesinae-νύμφες			
Psychodidae-νύμφες		1	2
Ceratorogonidae-προνύμφες			2
Hydrobiidae		2	
Bythyniidae			
Sphaeriidae		7	
Σύνολο	10	506	94

Πίνακας 6 Μπραμιανά: Ιανουάριος 2000 και Αύγουστος 2000, Αριθμός ατόμων/L

Δείγμα- Ιανουαρίου:	a	b	c	d	e	f	g	h	l	j	k
Όγκος δείγματος (L)	2,9	2,6	2,3	2,8	3,5	2,9	1,7	2,4	3	2,4	
Oligochaeta		0,38	0,87								
Helobdella stagnalis											
Hydracarina											
Ostracoda											
Baetidae											
Odonata		0,38									
Hemiptera											
Coleoptera			0,87								
Diptera	0,34			0,36						0,42	
Hydrobiidae		2,69	4,35	1,79	0,57	1,72	70,00			5,00	3,18
Bythyniidae											
Sphaeriidae			0,43	0,71	3,71	0,34	8,24		0,67	3,33	
<b>Σύνολο</b>	<b>0,34</b>	<b>3,46</b>	<b>6,52</b>	<b>2,86</b>	<b>4,29</b>	<b>2,07</b>	<b>78,24</b>	<b>0,00</b>	<b>0,67</b>	<b>12,08</b>	<b>3,18</b>
Δείγμα- Αυγούστου:	a	b	c	d	e	f	g	h	l	j	k
Όγκος δείγματος (L)	2,5	2,6		2,7	3,3	1,2	1,8	1,5	1,9	1,6	2,3
Oligochaeta	0,80	1,15			3,64		1,67	32,00	20,53	0,56	7,39
Helobdella stagnalis		0,38				1,67		2,67			
Hydracarina											
Ostracoda		1,15		0,37		0,83	1,67	5,33	1,05	0,56	0,43
Baetidae	4,00	3,46			1,82		1,11			4,44	3,91
Odonata	0,80	1,54				4,17	2,78	2,67	1,05	1,67	3,48
Hemiptera	11,20	7,69		3,33	5,45	12,50	2,78	1,33	2,11	1,11	1,30
Coleoptera	2,40	3,46			1,21	9,17	3,89	3,33	5,26	3,33	2,61
Diptera	10,80	37,31		18,52	5,45	25,83	174,44	156,00	52,63	157,78	133,91
Hydrobiidae	6,00	8,85		8,15	3,64	115,00	108,33	54,00	193,16	45,00	11,74
Bythyniidae											
Sphaeriidae	10,80	20,00		25,19	44,55	38,33	5,56	56,00	123,16	6,67	15,22
<b>Σύνολο</b>	<b>46,80</b>	<b>85,00</b>		<b>55,56</b>	<b>65,76</b>	<b>207,50</b>	<b>302,22</b>	<b>313,33</b>	<b>398,95</b>	<b>221,11</b>	<b>180,00</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.

Πίνακας 1. Υγρή βιομάζα μακροπανίδας ακτών  
φραγμολίμνης Μπραμιανών, 2000.

Δείγμα	Βιομάζα (mg/L)	
	29/1/2000	11/8/2000
a	0,00	256,00
b	15,38	219,23
c	39,13	N.A.
d	21,43	92,59
e	5,71	148,48
f	10,34	1133,33
g	705,88	894,44
h	0,00	740,00
l	3,33	2389,47
j	62,50	637,50
k	27,27	378,26
M.T.	81,00	688,93
min	0,00	92,59
max	705,88	2389,47
StDev	208,12	822,34

Πίνακας 2. Ταχα/150 cm<sup>2</sup>, ταχα/L, Δείκτης Η' και δείκτης J'  
στα βαθιά, Μπραμιανά: Οκτ. 2000 - Σεπτ. 2000.

Δείγμα	Ταχα/150 cm <sup>2</sup>	Ταχα / L	Δείκτης Η'	J'
<b>X10 (8,5 m)</b>	6,00	3,53	0,84	0,47
<b>Y10 (13 m)</b>	6,00	4,12	1,56	0,87
<b>Z10 (11 m)</b>	7,00	2,00	1,57	0,81
<b>Xo1 (3 m)</b>	4,00	4,12	0,96	0,69
<b>X1 (7 m)</b>	7,00	3,18	1,30	0,67
<b>Y1 (14 m)</b>	7,00	3,68	1,49	0,77
<b>Z1 (8 m)</b>	7,00	5,88	0,96	0,49
<b>Xo5 (2,5 m)</b>	10,00	3,13	1,38	0,60
<b>X5 (6 m)</b>	5,00	5,00	0,97	0,60
<b>Y5(15 m)</b>	5,00	4,00	1,46	0,90
<b>Z5 (13 m)</b>	8,00	4,12	1,56	0,75
<b>Xo7 (2 m)</b>	7,00	2,35	1,17	0,60
<b>X7 (12 m)</b>	4,00	3,53	0,66	0,48
<b>Yo7 (16 m)</b>	6,00	1,18	1,79	1,00
<b>Y7 (20 m)</b>	2,00	4,12	0,45	0,65
<b>Zo7 (4 m)</b>	7,00	3,53	0,38	0,20
<b>Z7 (12 m)</b>		3,53	1,44	0,80
M.T.	6,13	3,59	1,17	0,67
min	2,00	1,18	0,38	0,20
max	10,00	5,88	1,79	1,00
StDev	1,86	1,08	0,42	0,19

Πίνακας 3. Ταχα/150 cm<sup>2</sup>, ταχα/L, Δείκτης Η' και δείκτης J'  
στις ακτές, Μπραμιανά: Οκτ. 2000 - Σεπτ. 2000.

Δείγμα	Ταχα/150 cm <sup>2</sup>	Ταχα / L	Δείκτης Η'	J'
A10	6,00	3,75	1,00	0,56
A11	3,00	1,88	0,96	0,88
A12	1,00	0,63	0,00	
A1	2,00	1,25	0,69	1,00
A2	1,00	0,50	0,00	
A3	3,00	1,76	0,72	0,66
A4	6,00	3,33	0,97	0,54
A5	9,00	5,63	1,14	0,52
A6	16,00	11,43	1,40	0,51
A7	17,00	10,63	2,15	0,76
A8	13,00	10,83	1,96	0,76
A9	12,00	8,57	1,66	0,67
B10	7,00	4,38	1,72	0,88
B11	3,00	1,88	0,71	0,65
B12	4,00	2,50	1,39	1,00
B1	1,00	0,63	0,00	
B2	3,00	1,58	1,04	0,95
B3	1,00	0,59	0,00	
B4	6,00	3,53	1,24	0,69
B5	9,00	6,92	1,41	0,64
B6	7,00	4,67	1,58	0,81
B7	7,00	4,38	1,27	0,65
B8	18,00	15,00	1,63	0,56
B9	14,00	8,33	1,73	0,66
C10	5,00	3,13	0,54	0,33
C11	4,00	2,50	0,94	0,68
C12	2,00	1,25	0,64	0,92
C1	4,00	2,50	1,26	0,91
C2	2,00	1,05	0,67	0,97
C3	7,00	5,00	1,37	0,71
C4	5,00	2,94	0,95	0,59
C5	10,00	5,88	1,14	0,49
C6	13,00	9,29	1,47	0,57
C7	9,00	5,29	1,55	0,70
C8	14,00	8,75	1,48	0,56
C9	11,00	11,00	0,69	0,29
D10	7,00	4,38	0,98	0,50
D11	5,00	3,13	0,63	0,39
D12	1,00	0,63	0,00	
D1	1,00	0,63	0,00	
D2	0,00	0,00	0,00	
D3	1,00	0,63	0,00	
D4	2,00	1,18	0,53	0,77
D5	6,00	3,75	1,23	0,69
D6	2,00	1,43	0,69	1,00
D7	10,00	9,09	2,00	0,87
D8	14,00	10,77	1,73	0,66
D9	13,00	6,50	1,87	0,73
M.T.	6,60	4,48	1,02	0,69
min	0,00	0,00	0,00	0,29
max	18,00	15,00	2,15	1,00
StDev	4,95	3,74	0,61	0,18

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.

Πίνακας 1. Υπάρχει διαφοροποίηση μόνο μεταξύ των εποχών ΙΙ και ΙV και μόνο σε ορισμένους σταθμούς. Η εξαγωγή των τιμών-ρ, έγινε με Kruskal-Wallis ANOVA, αρχικά και Mann-Whitney U Test στη συνέχεια.

(STATISTICA)

Kruskal-Wallis		Mann-Whitney U Test		
Θέση	Τιμή-ρ*, μικρότερη από:	Θέση	Μεταξύ των εποχών:	Τιμή-ρ, μικρότερη από:
<b>Συν. Αφθονία</b>				
A	0,0208	A	II,IV	0,020928
C	0,0433	C	II,IV	0,020928
<b>Taxa L</b>				
A	0,0192	A	II,IV	0,020928
B	0,0403	B	II,IV	0,020928
C	0,0488	C	II,IV	0,020928
D	0,0345	D	II,IV	0,020928
E	0,0217	E	II,IV	0,020928
<b>Oligochaeta</b>				
B	0,0213	B	II,IV	0,020928
<b>Ostracoda</b>				
E	0,0361			
<b>Baetidae</b>				
A	0,0208	A	II,IV	0,020928
B	0,0151	B	II,IV	0,020928
<b>Hemiptera</b>				
A	0,0394	A	II,IV	0,020928
C	0,0247	C	II,IV	0,020928
<b>Coleoptera</b>				
A	0,0147	A	II,IV	0,020928
<b>Diptera</b>				
A	0,0221	A	II,IV	0,020928
C	0,0196	C	II,IV	0,020928
E	0,0356	E	II,IV	0,020928
<b>Hydrobiidae</b>				
A	0,0256	A	II,IV	0,020928

Εξετάστηκαν επίσης (και βρέθηκαν μεγάλες τιμές-ρ) τα:

Δείκτης Η'  
Libellulidae  
Sphaeriidae

\*ρ = Η πιθανότητα να ισχύει η μηδενική υπόθεση: "Δεν υπάρχει διαφοροποίηση στην αφθονία, μεταξύ των εποχών"  
Σε κάθε άλλη περίπτωση που δεν αναφέρεται, η τιμή - ρ είναι μεγαλύτερη από 0,05.

### Πίνακας 2. Kruskal-Wallis ANOVA - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

# Στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση παρατηρήθηκε μεταξύ Χειμώνα και Καλοκαιριού σε ορισμένους μόνο σταθμούς

Παράμετρος	Σταθμός
Συν. Αφθονία	A,C
Taxa / L	A,B,C,D,E
Oligochaeta	B
Ostracoda	E
Baetidae	A,B
Hemiptera	A,C
Coleoptera	A
Diptera	A,C,E
Hydrobiidae	A

# Δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση μεταξύ των εποχών στα:

Δείκτης Η'  
Libellulidae  
Sphaeriidae

Πίνακας 3. Υπάρχει προτίμηση (ή αποφυγή) κάποιων θέσεων από τα μακροασπόνδυλα ;  
 Η εξαγωγή των τιμών - p έγινε, με Friedman ANOVA and Kendall Coefficient Of Concordance  
 (STATISTIKA)

<b>Συν. Αφθονία</b>					
Όλο το έτος*	Μεταξύ των θέσεων*:	Τιμή - p**, μικρότερη από:			
	A,B,C,D,E	0,02975			
	A,C	0,00053			
	C,D	0,02093			
Χειμώνας	Μεταξύ των θέσεων:	Τιμή - p, μικρότερη από:			
	A,B,C,D,E	0,01892			
	A,C	0,04551			
	A,E	0,04551			
	B,E	0,04551			
	C,D	0,04551			
	C,E	0,04551			
	D,E	0,04551			
<b>Oligochaeta</b>			<b>Ostracoda</b>		
Χειμώνας	Μεταξύ των θέσεων:	Τιμή - p, μικρότερη από:	Χειμώνας	Μεταξύ των θέσεων:	Τιμή - p, μικρότερη από:
	A,B,C,D,E	0,02846		A,B,C,D,E	0,01737
	A,E	0,04551		A,E	0,08327
	B,E	0,04551		B,E	0,08327
	D,E	0,04551		C,E	0,08327
				D,E	0,08327
<b>Baetidae</b>			<b>Hemiptera</b>		
Όλο το έτος	Μεταξύ των θέσεων:	Τιμή - p, μικρότερη από:	Όλο το έτος	Μεταξύ των θέσεων:	Τιμή - p, μικρότερη από:
	A,B,C,D,E	0,01587		A,B,C,D,E	0,02948
	A,D	0,02535		A,E	0,00815
	A,E	0,02535		C,E	0,02535
	B,D	0,04551		D,E	0,04551
	C,D	0,04551	Καλοκαίρι	A,B,C,D,E	0,03757
	D,E	0,04551		A,E	0,04551
Καλοκαίρι	A,B,C,D,E	0,04276		B,C	0,04551
	B,D	0,04551		C,D	0,04551
				C,E	0,04551
<b>Diptera</b>					
Χειμώνας	Μεταξύ των θέσεων:	Τιμή - p, μικρότερη από:	Εξεταστηκαν επίσης (και βρέθηκαν μεγάλες τιμές - p) τα :		
	A,B,C,D,E	0,0137	<b>Taxa / L</b>		
	A,E	0,04551	<b>Libellulidae</b>		
	B,E	0,04551	<b>Coleoptera</b>		
	C,E	0,04551	<b>Hydrobiidae</b>		
	D,E	0,04551	<b>Sphaeriidae</b>		

\*Σε κάθε εποχή ή συνδυασμό θέσεων που δεν υπάρχει αναφορά, η τιμή - p είναι μεγαλύτερη από 0,05

\*\*p = Η πιθανότητα να ισχύει η μηδενική υπόθεση: "Δεν υπάρχει διαφοροποίηση στη Αφθονία, μεταξύ των θέσεων"

Πίνακας 4. Friedman ANOVA - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

# Διαφοροποίηση μεταξύ των θέσεων, παρατηρήθηκε στις παρακάτω περιπτώσεις:

Όλο το έτος	
Baetidae	Αποφεύγουν τη θέση D και τα βαθιά (E)
Hemiptera	Αποφεύγουν τη θέση B και τα βαθιά (E)
Το Καλοκαίρι	
Hemiptera	Προτιμούν τις θέσεις A και C
Το Χειμώνα	
Συν. Αφθονία	Προτιμά τα βαθιά (E), αποφεύγει τις μη σταθερές ακτές
Oligochaeta	Προτιμούν τα βαθιά (E) και τη θέση C.
Ostracoda ?	Προτιμούν τα βαθιά (E).
Diptera	Προτιμούν τα βαθιά (E).

# Καμμία προτίμηση, δεν να έχουν τα:

taxa/L  
 Δείκτης H'  
 Libellulidae  
 Coleoptera  
 Hydrobiidae  
 Sphaeriidae



Πίνακας 5. Συσχετίσεις Φυσικοχημικών με Βιολογικούς Παράγοντες

Παράμετρος I.	Παράμετρος II.	Συντελεστής Συσχέτισης Spearman (Rs)*	Τιμή - p	Παράμετρος I.	Παράμετρος II.	Συντελεστής Συσχέτισης Spearman (Rs)	Τιμή - p
Συν. Αφθονία	<b>NO3</b>	-0,6269660	0,0000024	<i>Berosus</i>	<b>NO3</b>	-0,62	<b>0,000035</b>
	<b>Alk</b>	-0,6304317	0,0000020		<b>Cl</b>	0,57	<b>0,0000249</b>
	<b>H2O Lev.</b>	-0,5449302	0,0000748		Na	0,52	0,0001555
	T	0,5482312	0,0000663		{Cl}	0,57	0,0000249
	Taxa/L	0,6025870	0,0000074		S	0,57	0,0000249
	Ostracoda	0,5026040	0,0002722		Cond	0,65	0,0000009
	Baetidae	0,5759820	0,0000184		PH	0,51	0,0002680
	Pleidae O	0,6614870	0,0000003	<i>Hygrotus</i>	<b>NO3</b>	-0,57	<b>0,0000338</b>
	Pleidae	0,5451720	0,0000616		<b>Alk</b>	-0,53	<b>0,0001228</b>
	Orthoclaadiinae	0,8753970	0,0000000		Cl	0,56	0,0000404
	Tanytarsini	0,6047170	0,0000053		Na	0,53	0,0001114
	Chironomus	0,5422520	0,0000686		{Cl}	0,56	0,0000404
	Hydrobiidae	0,6379180	0,0000011		S	0,56	0,0000404
Sphaeriidae	0,6636530	0,0000003		Cond	0,53	0,0001161	
				PH	0,56	0,0000391	
Taxa/L	<b>NO3</b>	-0,7255001	0,0000000	<i>Orthoclaadiinae</i>	<b>NO3</b>	-0,71	<b>0,0000000</b>
	<b>Ca</b>	-0,5636739	0,0000370		<b>Alk</b>	-0,69	<b>0,0000001</b>
	<b>Alk</b>	-0,7821347	0,0000000		<b>H2O Lev.</b>	-0,57	<b>0,0000341</b>
	<b>DO</b>	-0,6185712	0,0000036		Cl	0,54	0,0000995
	Cl	0,6276441	0,0000023		{Cl}	0,54	0,0000995
	{Cl}	0,6276441	0,0000023		S	0,54	0,0000995
	S	0,6276441	0,0000023		Cond	0,56	0,0000371
	Cond	0,5433186	0,0000794		T	0,64	0,0000013
	PH	0,6958008	0,0000001	<i>Tanytarsini</i>	<b>NO3</b>	-0,56	<b>0,0000371</b>
	T	0,7802330	0,0000000		<b>Ca</b>	-0,61	<b>0,0000053</b>
					<b>Hard</b>	-0,53	<b>0,0001348</b>
Oligochaeta	<b>H2O Lev.</b>	-0,5946311	0,0000105		<b>Alk</b>	-0,71	<b>0,0000000</b>
	<b>NO3</b>	-0,5992125	0,0000086		PH	0,55	0,0000533
Ostracoda	<b>Alk</b>	-0,6256716	0,0000026		T	0,78	0,0000000
	PH	0,5426290	0,0000814	<i>Chironomidae</i>	<b>Alk</b>	-0,66	<b>0,0000005</b>
Baetidae	T	0,6196020	0,0000034		Cl	0,56	0,0000395
	<b>Ca</b>	-0,5044174	0,0003000		{Cl}	0,56	0,0000395
Libellulidae	<b>Alk</b>	-0,5517362	0,0000582		S	0,56	0,0000395
	<b>NO3</b>	-0,5041062	0,0003030		PH	0,61	0,0000058
Pleidae O	<b>NO3</b>	-0,6341285	0,0000017		T	0,66	0,0000004
	<b>Alk</b>	-0,5580738	0,0000458	<i>Hydrobiidae</i>	<b>H2O Lev.</b>	-0,70	<b>0,0000000</b>
Pleidae	<b>NO3</b>	-0,5034653	0,0003093		Mg	0,70	0,0000001
				<i>Sphaeriidae</i>	K	0,54	0,0000919
				Mg	0,52	0,0001622	

\*Rs μεγαλύτερος από 0,5 και Τιμή - P μικρότερη από 0,001