The background of the cover is a photograph of fishing equipment. In the upper left, there is a large, tangled mass of light-colored, fibrous material, possibly dried seaweed or a type of net. To the right and in the lower half, there are dark fishing nets with several red floats attached. In the bottom center, a circular net is filled with several fresh fish, likely sea bream, with silvery scales and reddish fins. The overall lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows.

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΙΩΑΝΝΑ Χ. ΣΑΛΒΑΡΙΝΑ

ΒΙΟΛΟΓΟΣ

ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΟΛΒΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ-ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Θεσσαλονίκη 2006

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΙΩΑΝΝΑ Χ. ΣΑΛΒΑΡΙΝΑ
ΒΙΟΛΟΓΟΣ

**ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΟΛΒΗΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ-ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2006

ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI
FACULTY OF SCIENCES
SCHOOL OF BIOLOGY

IOANNA C. SALVARINA
BIOLOGIST

DIET AND TROPHIC LEVELS OF FISHES OF THE LAKE
VOLVI SYSTEM

MASTER DISSERTATION
FIELD OF STUDY: HYDROBIOLOGY- AQUACULTURE

THESSALONIKI, 2006

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Δήμητρα Χ. Μπόμπορη^{1,3}, Λέκτορας Τμήματος Βιολογίας Α.Π.Θ.

Ευαγγελία Θ. Μιχαλούδη^{2,3}, Λέκτορας Τμήματος Βιολογίας Α.Π.Θ.

Κωνσταντίνος Ι. Στεργίου³, Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Βιολογίας Α.Π.Θ.

¹ Επιβλέπουσα

² Συνεπιβλέπουσα

³ Μέλη της εξεταστικής επιτροπής

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ιχθυολογίας του τομέα Ζωολογίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά την επιβλέπουσά μου Λέκτορα Δήμητρα Μπόμπορη για τη βοήθεια και τη στήριξη της κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής. Επίσης ευχαριστώ τη συνεπιβλέπουσα Λέκτορα Ευαγγελία Μιχαλούδη για τη βοήθειά της. Για τις πολύ χρήσιμες υποδείξεις, συμβουλές και συζητήσεις μας ευχαριστώ θερμά τον Αναπ. Καθηγητή Κων/νο Στεργίου. Όλους τους παραπάνω ευχαριστώ επιπλέον και για την εύστοχη κριτική και τις παρατηρήσεις τους στο κείμενο.

Θερμά ευχαριστώ για τη βοήθεια και την προθυμία της να με βοηθήσει την Καθηγήτρια Lourdes Encina από το Πανεπιστήμιο της Σεβίλλης.

Σε διάφορα στάδια κατά την εκπόνηση της εργασίας με βοήθησαν και οι υποψήφιοι Διδάκτορες Παρασκευή Καραχλέ (M.Sc.) και Δημήτρης Μουτόπουλος (M.Sc.) και ο Δρ. Αθανάσιος Τσίκληρας, τους οποίους και ευχαριστώ πολύ. Ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω και σε όλους τους προπτυχιακούς φοιτητές του εργαστηρίου Ιχθυολογίας για τη βοήθειά τους, αλλά και το ευχάριστο κλίμα εργασίας στο εργαστήριο. Ιδιαίτερα όμως ευχαριστώ τον Γεράσιμο Καββαδία για τη βοήθειά του στις δειγματοληψίες, τη Σάνη Δεληγιώργη και τον Χάρη Αποστολίδη. Ευχαριστώ επίσης και τους συμφοιτητές μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών για τη βοήθεια όπου χρειάστηκε και την καλή συνεργασία μας κατά τη διάρκεια των σπουδών μας.

Η πραγματοποίηση της εργασίας αυτής δε θα ήταν δυνατή χωρίς τη βοήθεια των ψαράδων από τη λίμνη Βόλβη, του κ. Χρήστου Χρυσανίδη και του κ. Βύρωνα Μαυρουδή, τους οποίους και ευχαριστώ θερμά.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω τους φίλους μου Δρ. Νικόλαο Δεληολάνη, εκτός από τη βοήθειά του σε δειγματοληψία και για τις

συμβουλές του, τη Βασιλική Κουστένη (M.Sc.) για την κριτική ανάγνωση τμήματος της εργασίας, τη φιλόλογο Ελένη Τελλίδου για διορθώσεις στο κείμενο και τη Βασιλική Κοκκάλα για τη βοήθειά της σε δειγματοληψία. Επίσης, ευχαριστώ πολύ και όλους τους άλλους φίλους μου που ο καθένας με τον τρόπο του βοήθησε περισσότερο ή λιγότερο κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας και ιδιαίτερα τους Αρετή, Ελευθερία, Ελένη και Μιχάλη για το ενδιαφέρον τους και τη γενικότερη συμπαράσταση στις δυσκολίες που προέκυπταν.

Τέλος, ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου τη μητέρα μου Γλυκερία και τον αδερφό μου Χαράλαμπο, για την οικονομική ενίσχυση, την πρόθυμη βοήθειά τους σε δειγματοληψίες, αλλά πολύ περισσότερο για τη στήριξη σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

αφιερώνεται σ' όσους ανθρώπους αποτελούν έμπνευση για μένα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Διατροφικές συνήθειες των ψαριών.....	1
1.2 Σημασία της γνώσης της διατροφής των ψαριών.....	2
1.3 Τροφικά επίπεδα.....	2
1.4 Έρευνες για τη διατροφή των ψαριών.....	4
1.5 Σκοπός έρευνας.....	6
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	7
3. ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ.....	13
3.1 Δειγματοληψίες.....	13
3.2 Επεξεργασία δειγμάτων.....	14
3.3 Ανάλυση στομαχικού περιεχομένου.....	16
3.4 Στρατηγική διατροφής.....	17
3.5 Τροφικά επίπεδα.....	18
3.6 Ανάλυση δεδομένων-Στατιστική επεξεργασία.....	19
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	21
4.1 Κατά μήκος συνθέσεις.....	21
4.2 Δείκτης κενότητας.....	23
4.3 Βαθμός πληρότητας.....	24
4.4 Σύνθεση διατροφής.....	25
4.4.1 Σύνολο ειδών.....	25
4.4.2 <i>Abramis brama</i>	26
4.4.3 <i>Alburnus alburnus</i>	32
4.4.4 <i>Carassius gibelio</i>	33
4.4.5 <i>Perca fluviatilis</i>	35
4.4.6 <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	36
4.4.7 <i>Vimba melanops</i>	38
4.5 Πολυμεταβλητή ανάλυση.....	39
4.6 Στρατηγική διατροφής.....	42

4.7 Τροφικά επίπεδα.....	45
4.8 Τροφικά επίπεδα και ολικό μήκος.....	46
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	49
5.1 Εποχική μεταβολή της έντασης της διατροφής.....	49
5.2 Σύνθεση της διατροφής όλων των ειδών.....	51
5.3 <i>Abramis brama</i>	52
5.4 <i>Alburnus alburnus</i>	53
5.5 <i>Anguilla anguilla</i>	54
5.6 <i>Carassius gibelio</i>	55
5.7 <i>Chalcalburnus chalcoides</i>	55
5.8 <i>Cyprinus carpio</i>	55
5.9 <i>Esox lucius</i>	56
5.10 <i>Perca fluviatilis</i>	56
5.11 <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	58
5.12 <i>Vimba melanops</i>	59
5.13 Στρατηγική διατροφής.....	59
5.14 Τροφικές ομάδες- τροφικά επίπεδα.....	60
5.15 Συμπεράσματα.....	63
6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	65
7. ABSTRACT.....	66
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	67
8.1 Ελληνόγλωσση	67
8.2 Ξενόγλωσση.....	70
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	1
I Φωτογραφίες ψαριών.....	1
II Φωτογραφίες γαστρεντερικών σωλήνων.....	5

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Διατροφικές συνήθειες των ψαριών

Η τροφή για τα ψάρια, όπως και για όλους τους ζωικούς οργανισμούς, είναι απαραίτητη για την εκπλήρωση βασικών λειτουργιών και για την ίδια τους την επιβίωση (Wootton 1999). Η αύξηση και η ευρωστία των ψαριών, σχετίζονται άμεσα όχι μόνο με την ποσότητα αλλά και την ποιότητα της τροφής. Για παράδειγμα ο ρυθμός αύξησης των κυπρινοειδών της λίμνης Balaton σχετίζεται άμεσα με τη διαθεσιμότητα της τροφής και τις τροφοληπτικές στρατηγικές των ψαριών (Specziár *et al.* 1997). Απαραίτητη είναι επίσης η τροφή και για επιτυχημένη αναπαραγωγή, για εξασφάλιση της κίνησης και τη λειτουργία της ομοιόστασης στα ψάρια (Wootton 1996).

Η κατανάλωση της τροφής από τα ψάρια, καθορίζεται από τη διαθεσιμότητα της λείας και την ικανότητά της να διαφεύγει, την ορατότητα στην υδάτινη στήλη, την ενεργητική επιλογή από τα ψάρια και το μέγεθος του σώματός τους (Bohl 1982). Το είδος και κυρίως το μέγεθος της τροφής που θα καταναλώσει ένα ψάρι εξαρτάται κατά πολύ και από τα ανατομικά του χαρακτηριστικά, π.χ. μέγεθος του στόματος (Norton 1991), μήκος γαστρεντερικού σωλήνα, φυσιολογία πέψης, παρουσία και δομή φαρυγγικών ή κοινών δοντιών, σχήμα σώματος και στόματος και τις φυσιολογικές προσαρμογές που έχει ώστε να μπορεί να καταναλώσει και να πέψει το συγκεκριμένο είδος τροφής (Welcomme 2001).

Με δεδομένη την ποικιλότητα των μεγεθών των ψαριών και των βιοτόπων όπου ζουν, είναι επόμενο και οι διατροφικές τους συνήθειες να παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλότητα (Pauly *et al.* 2000). Στα πρώτα στάδια της ζωής τους τα ψάρια και μετά την απορρόφηση του λεκιθικού τους σάκου συνήθως τρέφονται με ζωοπλαγκτό. Ορισμένα είδη παραμένουν ζωοπλαγκτοφάγα και στο στάδιο του ενήλικου ατόμου (π.χ. το είδος *Engraulis encrasicolus*: Froese & Pauly 2006 (Froese & Pauly 2006, παγκόσμια διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια για τα ψάρια), ενώ άλλα μεταβάλλουν τη διατροφή τους ανάλογα με τις οντογενετικές μεταβολές (π.χ. τα είδη *Gymnocephalus cernuus*, *Perca fluviatilis*, *Lepomis gibbosus*: Rezsú & Specziár 2006). Υπάρχουν είδη φυτοφάγα, θρυμματοφάγα, βενθοφάγα, ζωοπλαγκτοφάγα, ιχθυοφάγα και παμφάγα (Wootton 1999). Άλλα είδη εμφανίζουν εξειδικευμένη διατροφή καταναλώνοντας μία κατηγορία τροφής σε μεγάλο ποσοστό (>65% του όγκου του συνόλου της τροφής) και άλλα γενικευμένη, όταν η διατροφή τους περιλαμβάνει αρκετές κατηγορίες τροφής (<35% του όγκου της

τροφής) (Sibbing & Nagelkerke 2001). Τα ψάρια συχνά αλλάζουν τις διατροφικές τους συνήθειες ανάλογα με την εποχή, τον ημερήσιο κύκλο, το βιότοπο και τη διαθεσιμότητα της τροφής (Keast 1978, Wootton 1999).

1.2. Σημασία της γνώσης της διατροφής των ψαριών

Η γνώση της διατροφής των ψαριών είναι σημαντική σύμφωνα με τους Stergiou & Karrouzi (2002) γιατί συμβάλλει στην κατανόηση: (i) του ρόλου τους στο τροφικό πλέγμα και στο οικοσύστημα όπου αυτά ανήκουν, (ii) της δομής ενός τροφικού πλέγματος, (iii) των διαειδικών και συχνά ανταγωνιστικών σχέσεων και αλληλεπιδράσεων (τροφικός ανταγωνισμός και σχέσεις λείας-θηρευτή, (iv) των επιπτώσεων των ξενικών ειδών που εισάγονται σε ένα οικοσύστημα, (v) των οντογενετικών μεταβολών και (vi) της επιλογής ενδαιτήματος. Ορισμένα από τα παραπάνω έχουν εφαρμοστεί και στα εσωτερικά νερά (Greenberg & Dahl 1998, Garcia-Berthou 1999, Persson & Bronmark 2002, Encina *et al.* 2004, Rezsú & Specziár 2006 και Jang *et al.* 2006).

Η κατανομή των ψαριών ανάλογα με τον τύπο διατροφής τους σχετίζεται με το γεωγραφικό πλάτος (Pauly 2000), ενώ η γνώση της διατροφής των ψαριών έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων της αποψίλωσης των δασών σε ποτάμια οικοσυστήματα (Bojsen 2005), αλλά και για την κατασκευή οικολογικών μοντέλων (Pauly & Christensen 2000). Όσον αφορά τα καλλιεργούμενα είδη, η γνώση της διατροφής τους είναι απαραίτητη για τον καθορισμό των διατροφικών τους απαιτήσεων και την εξασφάλιση γρηγορότερης αύξησης (Palomares & Sa-a 2000). Τέλος, οι πληροφορίες για τη διατροφή των ειδών είναι χρήσιμες για τον υπολογισμό του τροφικού τους επιπέδου (Pauly & Christensen 2000, Pauly & Sa-a 2000).

1.3. Τροφικά επίπεδα

Ο πιο απλός τρόπος για να περιγραφεί ένα οικοσύστημα ως προς τη ροή ενέργειας και βιομάζας είναι να εκφραστεί ως ένα τροφικό πλέγμα, χωρίζοντας για παράδειγμα τη συνολική βιομάζα σε παραγωγούς, φυτοφάγους οργανισμούς (ή 1^{ης} τάξης καταναλωτές), 1^{ης} τάξης σαρκοφάγους (ή 2^{ης} τάξης καταναλωτές) κ.ο.κ. (Lindeman 1942) όπου κάθε κρίκος αντιπροσωπεύει ένα τροφικό επίπεδο, που παίρνει τιμές ακέραιες. Επειδή όμως παρατηρήθηκε ότι οι οργανισμοί σπάνια τρέφονται μόνο με μια κατηγορία τροφής, γεννήθηκε η ιδέα του κλασματικού τροφικού επιπέδου (Odum & Heald 1975, από Stergiou & Polunin 2000) που υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις

κατηγορίες τροφής διαφορετικών τροφικών επιπέδων και τα ποσοστά με τα οποία αυτές συμμετέχουν στη διατροφή ενός είδους. (Στη συνέχεια όταν χρησιμοποιείται ο όρος ‘τροφικό επίπεδο’ δηλώνει ‘κλασματικό τροφικό επίπεδο’.)

Το τροφικό επίπεδο εκφράζει τη σχετική θέση ενός είδους στο τροφικό πλέγμα. Στο θαλάσσιο περιβάλλον οι ζωικοί οργανισμοί μπορούν να έχουν τροφικό επίπεδο που κυμαίνεται από 2 μέχρι 5,5, αν και το τελευταίο είναι σπάνιο ακόμα και σε μεγάλα ψάρια και έχει σημειωθεί μόνο σε πολύ εξειδικευμένους θηρευτές θαλάσσιων θηλαστικών, όπως η όρκα (*Orcina orca*), το ρινοδέλφιο (*Tursiops truncatus*) και η πολική αρκούδα (*Ursus maritimus*) (Pauly *et al.* 1998a, Kaschner *et al.* 2004).

Στα θαλάσσια οικοσυστήματα το τροφικό επίπεδο σύμφωνα με τους Stergiou & Polunin (2000): (i) αντανακλά την πολυπλοκότητα και βιοποικιλότητα ενός οικοσυστήματος, (ii) έχει αποδειχθεί χρήσιμο στην αλιευτική βιολογία και (iii) είναι χρήσιμο στη διαχείριση τόσο των ιχθυοαποθεμάτων όσο και ολόκληρου του οικοσυστήματος. Η εκτίμηση της πρωτογενούς παραγωγής που χρειάζεται για να στηρίξει την αλιεία (Pauly & Christensen 1995) και του τροφικού επιπέδου των ψαριών, σε συνδυασμό με τα οικολογικά χαρακτηριστικά ενός οικοσυστήματος είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του βαθμού της εκμετάλλευσης που μπορεί να ‘ανεχτεί’ ένα οικοσύστημα (Stergiou & Polunin 2000).

Με τη βοήθεια χρονοσειρών δεδομένων της παγκόσμιας αλιευτικής παραγωγής στα θαλάσσια οικοσυστήματα και με βάση τα τροφικά επίπεδα των κυριότερων ειδών που συμμετέχουν σε αυτή, εκτιμήθηκε ότι μειώνεται με την πάροδο των χρόνων το μέσο τροφικό επίπεδο των αλιευμάτων, μια και η αλιεία αφαιρεί κυρίως τα μεγαλύτερα άτομα που κατά κανόνα έχουν υψηλό τροφικό επίπεδο. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως ‘fishing down food webs’ (Pauly *et al.* 1998b). Πιο λίγο έχει διερευνηθεί αν ισχύει το φαινόμενο αυτό στα εσωτερικά νερά (Pauly *et al.* 2001, Allan *et al.* 2005). Η εκτίμηση του τροφικού επιπέδου είναι δυνατόν να συμβάλλει στην αξιολόγηση των επιπτώσεων της αλιείας αλλά και άλλων ανθρωπογενών δράσεων στα υδάτινα οικοσυστήματα.

Το τροφικό επίπεδο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και σε συγκριτικές μελέτες οικοσυστημάτων ή μεμονωμένων ειδών στο χώρο ή στο χρόνο (Jennings *et al.* 1997) και αποτελεί καλό δείκτη για την εκτίμηση των οικολογικών αλλαγών (Stergiou & Polunin 2000).

Τα τροφικά επίπεδα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και για περιγραφές του ρόλου των ψαριών στα οικοσυστήματα και των αντιδράσεων τους σε αλλαγές της έντασης της αλιείας με τη βοήθεια του προγράμματος ανάπτυξης οικολογικών μοντέλων

Ecopath. Με το Ecosim είναι δυνατόν να γίνουν προσομοιώσεις και προβλέψεις για υποθετικά ερωτήματα (Walters *et al.* 1997) και με το Ecospace να γίνουν χωρικά μοντέλα των οικοσυστημάτων (Walters 1998). Ακόμα, με τη βοήθεια των τροφικών επιπέδων των ειδών είναι δυνατόν να σχηματιστεί η τροφική πυραμίδα ενός οικοσυστήματος ή μιας περιοχής με βάση το πρότυπο του Lindeman (Pauly *et al.* 2000).

Το τροφικό επίπεδο, τέλος, έχειδειχθεί ότι σχετίζεται με το ολικό μήκος των ψαριών (Pauly *et al.* 2001, Stergiou & Karpouzi 2002), το μέγεθος του στόματος (Karpouzi & Stergiou 2003) και το μήκος του εντέρου (Καραχλέ & Στεργίου 2006α).

1.4. Έρευνες για τη διατροφή των ψαριών

Η διατροφή των ψαριών έχει διερευνηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, εκτενέστερα για τα θαλάσσια είδη και σε μικρότερο βαθμό για τα είδη των εσωτερικών νερών. Ωστόσο, αρκετές από τις δημοσιευμένες εργασίες παρέχουν μόνο ποιοτικές πληροφορίες ή η μέθοδος εκτίμησης της σύνθεσης της διατροφής που χρησιμοποιείται δεν παρέχει αξιόλογη πληροφορία (Palomares & Sa-a 2000). Ολιγάριθμες είναι ακόμα οι έρευνες στις οποίες έχουν υπολογιστεί τα τροφικά επίπεδα των ειδών (π.χ. Vander Zanden *et al.* 1997).

Σχετικά με τη διατροφή των θαλάσσιων ειδών ψαριών της Ελλάδας έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες (βλέπε Stergiou & Karpouzi 2002, Καραχλέ & Στεργίου 2006β, Karachle & Stergiou 2006). Υπό εξέλιξη βρίσκεται επίσης και η διδακτορική διατροφή της Π.Κ. Καραχλέ (Εργαστήριο Ιχθυολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Α.Π.Θ) που θα δώσει πληροφορίες για τη διατροφή 76 ειδών ψαριών από το Βόρειο Αιγαίο.

Η διατροφή των ψαριών των εσωτερικών νερών της Ελλάδας έχει μελετηθεί για 17 (Πίνακας 1.1) από τα 135 είδη που απαντούν στη χώρα (Boboti & Economidis 2006), ενώ το τροφικό επίπεδο έχει υπολογιστεί μόνο για ένα είδος, το *Lepomis gibbosus* στη λίμνη Κερκίνη (Γιαπής 2003). Όσον αφορά τη διατροφή των ψαριών της λίμνης Βόλβης, όπου διεξήχθη η παρούσα έρευνα, δεδομένα διατροφής ψαριών υπάρχουν μόνο για ένα είδος, το *Alosa macedonica* (Κλεανθίδης 2001) για το οποίο όμως δεν έχει υπολογιστεί το τροφικό του επίπεδο.

Πίνακας 1.1 Είδη ψαριών από οικοσυστήματα της Ελλάδας για τα οποία έχει γίνει έρευνα της διατροφής τους. Κοινά ονόματα από Froese & Pauly (2006).

Table 1.1 Fish species from Greek freshwater that research of their diet was found. Common names were taken from Froese & Pauly (2006).

Είδος	Κοινό όνομα	Σύστημα	Αναφορά
<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	Σίρκο	Κορόνεια	Πολίτου 1993
<i>Alosa macedonica</i> (Vinciguerra, 1921)	Λιπαριά	Βόλβη	Κλεανθίδης 2001
<i>Barbus albanicus</i> Steindachner, 1870		Κρεμαστά	Daoulas & Economidis 1989
<i>Gasterosteus aculeatus</i> , Linnaeus, 1758	Αγκαθερό	Συστήματα Ν.Φθιώτιδας	Νταουλάς & Οικονόμου 2000
<i>Lepomis gibbosus</i> Linnaeus, 1758	Σπαράκι	Κερκίνη	Γιαπής 2003
<i>Leuciscus cephalus albus</i> Bonaparte, 1838 ¹	Τυλινάρι	Λίμνη Μόρνου	Οικονόμου <i>et al.</i> 1997
<i>Leuciscus svallize</i> (Heckel & Kner, 1858)	Δροσίνα	Κρεμαστά	Economou <i>et al.</i> 1991
<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758	Περκί	Δοϊράνη	Νεοφύτου 1993
<i>Pseudophoxinus beoticus</i> (Stephanidis, 1939)	Πασκόβιζα	Συστήματα Ν.Βοιωτίας	Economidis 1995
<i>Pseudophoxinus stymphalicus</i> (Valenciennes, 1844)	Ντάσκα	συστήματα Δυτ. Ελλάδα	Οικονόμου 2000
<i>Rutilus rubilio</i> (Bonaparte, 1837)		Τριχωνίδα	Νταουλάς, 1981, Daoulas & Economidis 1984
<i>Rutilus alburnoides hellenicus</i> Stephanidis, 1971 ²	Γουρνάρα	Τριχωνίδα	Daoulas 1986
<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	Μουρμουρίτσα	Ρήχιος	Koutrakis <i>et al.</i> 2003
<i>Rutilus pleurobipunctatus</i> Stephanidis, 1939 ³		Λίμνη Κρεμαστών	Νταουλάς & Κουσουρή 1984
<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801)	Ποταμοσαλιέρα	Τριχωνίδα	Ψαρράς <i>et al.</i> 1997
<i>Scardinius acarnanicus</i> Economidis, 1991 ⁴	Τσερούκλα	Λυσιμαχία, Τριχωνίδα	Ηλιάδου 1981, Iliadou 1991
<i>Salmo trutta fario</i> Linnaeus, 1758	-	Ασπροπόταμος	Papageorgiou <i>et al.</i> 1984

Έγκυρο όνομα (valid name) (από Froese & Pauly 2006): ¹ *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758), ² *Tropidophoxinellus hellenicus* (Stephanidis, 1971), ³ *Telestes pleurobipunctatus* (Stephanidis, 1939). ⁴ αναφέρεται ως *S. erythrophthalmus* αλλά πρόκειται για *S. acarnanicus*

1.5. Σκοπός παρούσας έρευνας

Με δεδομένο το γεγονός ότι τα ψάρια συνήθως συνιστούν σημαντικό τμήμα των υδάτινων συστημάτων και της σημασίας των ερευνών της διατροφής των ψαριών όπως φάνηκε παραπάνω, πραγματοποιήθηκε η εργασία αυτή. Σκοπός ήταν να συμπληρωθεί το κενό στην πληροφορία για τη διατροφή των ειδών των ελληνικών εσωτερικών υδάτων και ιδιαίτερα του συστήματος της λίμνης Βόλβης, μιας από τις μεγαλύτερες λίμνες της Ελλάδας, και να δοθούν για πρώτη φορά δεδομένα διατροφής για αρκετά είδη ψαριών από το ίδιο σύστημα.

Επιμέρους στόχοι της έρευνας ήταν:

- (i) ο υπολογισμός των τροφικών επιπέδων,
- (ii) η διερεύνηση πιθανών μεταβολών της διατροφής σε σχέση με την εποχή και το ολικό μήκος των ψαριών και
- (iii) η διερεύνηση της σχέσης του τροφικού επιπέδου με το ολικό μήκος.

Τέλος, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας όσον αφορά τη διατροφή και τα τροφικά επίπεδα των ειδών θα καταχωρηθούν στη FishBase (Froese & Pauly 2006).

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η λίμνη Βόλβη, μια από τις μεγαλύτερες φυσικές λίμνες στην Ελλάδα (Εικ. 2.1), βρίσκεται στην κεντρική Μακεδονία και απέχει περίπου 20 km από την πόλη της Θεσσαλονίκης. Βρίσκεται σε υψόμετρο 37 m, η έκταση της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης είναι 1247 km², η έκταση της λίμνης είναι 68,6 km², το μέσο βάθος της 13,5 m και το μέγιστο βάθος 23,5 m (Παυλίδης *et al.* 1984). Είναι τεκτονικής προέλευσης και αποτελεί υπόλειμμα της μεγάλης λίμνης της Μυγδονίας, που σχηματίστηκε κατά το Κατώτερο Πλειστόκαινο (Ψιλοβίκος 1977).

Είναι μια λίμνη θερμομονομικτικού τύπου 2^{ης} τάξης, που εμφανίζει τυπική θερμική στρωμάτωση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ενώ από το Σεπτέμβριο ως τον Απρίλιο η θερμοκρασία του νερού παραμένει σχεδόν σταθερή σε όλη την υδάτινη στήλη εξαιτίας της ανάμιξης των ανώτερων με τα κατώτερα στρώματα του νερού από τη δράση των ανέμων (Σίνης 1981). Με βάση φυσικές, χημικές και βιολογικές (φυτοπλαγκτό) παραμέτρους, η λίμνη χαρακτηρίζεται ελαφρώς ως μέτρια εύτροφη (Μουστάκα 1988).



Εικόνα 2.1 Λίμνη Βόλβη (βόρεια πλευρά).
Figure 2.1 Lake Volvi (north side).

Οι ακτές της λίμνης είναι ομαλές, χαμηλές και αμμώδεις στη νότια πλευρά, απότομες και βραχώδεις στη βόρεια και χαμηλές, αμμώδεις και ιλυώδεις στην ανατολική και δυτική πλευρά. Ο βυθός στη μεγαλύτερή του έκταση αποτελείται από ίζημα λεπτής ιλύος (< 20 μm), ενώ σε μικρότερη έκταση καλύπτεται από αδρή ιλύ, λεπτή άμμο, αδρή άμμο και κόκκους (Παυλίδης *et al.* 1984). Η λίμνη τροφοδοτείται από τα νερά της λεκάνης απορροής που φθάνουν με τη μορφή χειμάρρων, ενώ χύνονται σε αυτήν και τα νερά δυο θερμομεταλλικών πηγών, που βρίσκονται στις νότιες ακτές της. Η απορροή της λίμνης Βόλβης, όταν ανεβαίνει η στάθμη της, γίνεται από την ανατολική όχθη μέσω του ποταμού Ρήχιου, που διατρέχει την κοιλάδα της Ρεντίνας και εκβάλλει στο Στρυμονικό κόλπο (Σίνης 1981). Ωστόσο σήμερα η επικοινωνία αυτή έχει χαθεί εξαιτίας της μείωσης της στάθμης του νερού στη λίμνη (Κλεανθίδης 2001). Παλαιότερα η λίμνη επικοινωνούσε και με τη λίμνη Κορώνεια διαμέσου αποστραγγιστικής τάφρου. Από τη λίμνη Βόλβη γίνεται απευθείας άντληση νερού με τρία αντλιοστάσια και πλήθος άλλων μικρών αντλιών που χρησιμοποιούν μεμονωμένα οι αγρότες.

Η λίμνη Βόλβη, μαζί με τη γειτονική λίμνη Κορώνεια και τα στενά της Ρεντίνας, εκτός από τη Διεθνή Σύμβαση Ramsar, προστατεύονται και ως περιοχή κοινοτικού ενδιαφέροντος που περιλαμβάνεται στο δίκτυο 'ΦΥΣΗ 2000'. Ακόμα, σύμφωνα με την κοινοτική Οδηγία 69/409/ΕΟΚ αποτελεί 'Ειδικά Προστατευόμενη Περιοχή για τα Πουλιά' και περιλαμβάνεται στη διεθνή σύμβαση της Βαρκελώνης ως 'Ειδικά Προστατευόμενη Μεσογειακή Περιοχή'. Η περιοχή αριθμεί περίπου 204 είδη πουλιών και αποτελεί σημαντικό τόπο αναπαραγωγής για το σταχτοτσικνιά (*Ardea cinerea*) και άλλα είδη, ενώ εκεί βρίσκουν τροφή και τα δύο είδη πελεκάνων *Pelecanus crispus* και *P. onocrotalus* (Παυλίδης *et al.* 1984). Από το 2004 η περιοχή έχει χαρακτηριστεί ως Εθνικό Πάρκο (ΦΕΚ248/Δ/2004).

Η φυτοπλαγκτική κοινωνία της λίμνης Βόλβης έχει μελετηθεί από τους Μουστάκα (1988), Γκέλης *et al.* (2004) και Κατσιάπη (2004), που έδειξαν ότι η λίμνη είναι ένα οικολογικά σταθερό σύστημα με προβλέψιμα γεγονότα διαδοχής φυτοπλαγκτικών οργανισμών (Μουστάκα 1988, Γκέλης *et al.* 2004). Η λιμναία βλάστηση και οι φυτοκοινωνίες που την απαρτίζουν περιγράφονται από τους Παυλίδης *et al.* (1984) και την Παπαστεργιάδου (1990).

Όσον αφορά τη ζωοπλαγκτική κοινωνία της Βόλβης, αυτή έχει ερευνηθεί εκτεταμένα (Ζαρφτζιάν 1989, Κλεανθίδης 2001, Σαλβαρίνα 2004) και παρουσιάζει τυπική δομή και δυναμική όπως περιγράφεται στο μοντέλο εποχικότητας του πλαγκτού, γνωστό ως PEG-model (Plankton Ecology Group) για εύτροφες λίμνες (Sommer *et al.*

1986). Ο κύριος παράγοντας που καθορίζει τη σύνθεση και τη δομή της είναι η θήρευση από τα ψάρια (Ζαρφτζιάν 1989) και ειδικά το είδος *Alosa macedonica* που ασκεί έντονη και επιλεκτική θήρευση καθόλη τη διάρκεια του έτους, κυρίως στα μεγαλόσωμα είδη και άτομα του ζωοπλαγκτού (Κλεανθίδης 2001) και το οποίο βρίσκεται σε μεγάλους πληθυσμούς (Κοκκινάκης *et al.* 2000). Η επίδραση της θήρευσης φάνηκε και την περίοδο 2001-2002 όταν παρατηρήθηκε αυξημένη αφθονία ζωοπλαγκτού που αφορούσε κυρίως στη μικρή κλάση μεγέθους (<300 μm), ενώ το είδος *Daphnia cucullata* που ήταν σχετικά άφθονο στο παρελθόν (Ζαρφτζιάν 1989) δε βρέθηκε (Σαλβαρίνα *et al.* 2005).

Στη βενθική μακροπανίδα της λίμνης καταγράφονται ολιγόχαιτοι, μαλάκια (δίθυρα και γαστερόποδα), προνύμφες εντόμων των οικογενειών Chironomidae, Chaoboridae, Ceratopogonidae και της τάξης Odonata, βδέλλες, νηματώδεις και σπόγγοι (Οικονομίδης 1991). Τα μαλάκια συμμετέχουν με το μεγαλύτερο ποσοστό στη συνολική βιομάζα του βένθους στην αβαθή ζώνη και τα Chironomidae στη βαθιά ζώνη (Οικονομίδης 1991). Οι πληθυσμοί του δίθυρου *Dreissena polymorpha* παρουσιάζουν μείωση (προσωπική επικοινωνία με ψαράδες) γεγονός που συμφωνεί και με την αμελητέα παρουσία της προνύμφης του είδους στο ζωοπλαγκτό (Σαλβαρίνα 2004).

Στην ιχθυοπανίδα της λίμνης Βόλβης καταγράφονται 21 είδη ψαριών (Πίνακας 2.1), από τα οποία 1 είναι ενδημικό (*Alosa macedonica*), 6 είναι πλέον σπάνια, 4 είναι αρκετά άφθονα (Πίνακας 2.2) και 10 είναι τα είδη με αλιευτικό ενδιαφέρον (Πίνακας 2.3). Άλλα 3 είδη (*Barbus cyclolepis*, *Cobitis strumicae*, *Leuciscus cephalus*) αναφέρεται ότι διαβιούν στο ευρύτερο σύστημα της λίμνης Βόλβης. Τη μεγαλύτερη αλιευτική παραγωγή για το έτος 2002 είχαν τα είδη *Rutilus rutilus*, *Carassius gibelio*, *Abramis brama* και *Cyprinus carpio* (Πίνακας 2.3). Αυτή όμως δεν αντικατοπτρίζει την αφθονία ή τη βιομάζα τους στη λίμνη. Σύμφωνα με τους Κοκκινάκη *et al.* (2000) τα πιο άφθονα είδη είναι τα *R. rutilus* και *A. macedonica* (Πίνακας 2.3). Κατά καιρούς διενεργούνται εμπλουτισμοί στη λίμνη Βόλβη, συνήθως με τα εμπορικά είδη *C. carpio* (τα έτη 1992, 1994, 1995) και *P. fluviatilis* (το 2000) (Υπουργείο Γεωργίας 2001). Τέσσερις διδακτορικές διατριβές έχουν εκπονηθεί για είδη ψαριών της λίμνης Βόλβης (Σίνης 1981, Κοκκινάκης 1992, Βαλούκας 1999, Κλεανθίδης 2001).

Τα είδη ψαριών (Παράρτημα I) που εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα φαίνονται στον πίνακα 2.1. Τα είδη αυτά επιλέχθηκαν με βάση την αφθονία τους και την έλλειψη δεδομένων διατροφής τους από τη λίμνη Βόλβη. Στον πίνακα 2.1 δίνονται επίσης πληροφορίες για τη διατροφή όλων των ειδών με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία.

Πίνακας 2.1 Είδη ψαριών της λίμνης Βόλβης (¹ Economidis & Sinis 1982, ² Economidis 1991, ³ Υπουργείο Γεωργίας 2001, ⁴ είδη που αλιεύθηκαν από τους Κοκκινάκη *et al.* 2000. Επιστημονικά ονόματα σύμφωνα με Kottelat (1997), κοινά ονόματα από Froese & Pauly (2006). Τροφικές συνήθειες (⁵ Lelek 1987, ⁶ Michel & Oberdorff 1995, ⁷ Politou *et al.* 1993, ⁸ Κλεανθίδης 2001, ⁹ Froese & Pauly 2006, ¹⁰ Ηλιάδου 1981, ¹¹ Kangur *et al.* 1999). Με έντονα γράμματα: τα είδη που εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα.

Table 2.1. Fish species of Lake Volvi and their diet. Scientific names were according to Kottelat (1997), common names were taken from Froese & Pauly (2006). Bold letters: the species that were examined in the present study.

Είδος	Κοινό όνομα	Τροφικές συνήθειες	Αναφορές
<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758)	Λεστιά	ζωοπλαγκτό στα νεαρά στάδια, βένθος, προνύμφες Chironomidae, μαλάκια, μικρά καρκινοειδή, φυτά, μεγάλα άτομα τρώνε και μικρά ψάρια	1,2,3,4,6,9
<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	Σίρκο	ζωοπλαγκτό, προνύμφες εντόμων	1,2,3,4,7
<i>Alosa macedonica</i> (Vinciguerra, 1921)	Λιπαριά	ζωοπλαγκτό	1,2,3,4,8
<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	Χέλι	αρπακτικό, βένθος	1,2,3,4,5,6,11
<i>Aspius aspius</i> (Linnaeus, 1758)	Ασπρογρίβαδο	αρπακτικό	1,2,3,4,9
<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	Πεταλούδα	παμφάγο	1,2,3,4,9
<i>Chalcariburnus chalcoides</i> (Güldenst, 1772)	Γελάρτζα	πλαγκτό, έντομα	1,2,3,4,9
<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827)	Βελάνιτσα	βενθικά διάτομα, φύκη, μικρά ασπόνδυλα και θρύμματα	3,9
<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	Γριβάδι	ζωοπλαγκτοφάγο στα νεαρά στάδια, παμφάγο	3,4,5,6
<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758	Τούρνα	αρπακτικό	3,4,9
<i>Gambusia affinis</i> (Baird & Girard, 1853)	Κουνουπόψαρο	ζωοπλαγκτό, έντομα, θρύμματα	1,2,3,9
<i>Knipowitschia caucasica</i> (Berg, 1916)	Ποντογωβιός	μικρά καρκινοειδή, προνύμφες εντόμων	1,2,3,4,9
<i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Τυλινάρι	αρπακτικό, κυρίως έντομα & φυτά	1,2,3,5
<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	Κέφαλος	ζωοπλαγκτό, φύκη	3,8,11
<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758	Περκί	ψάρια, ζωοπλαγκτό στα νεαρά στάδια	1,2,3,5,11
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	Τσιρώνι	παμφάγο με μεγάλη ικανότητα για προσαρμογή, πλαγκτό, μαλάκια, υδρόβια έντομα, φυτά	1,2,3,4,5,6
<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	Μουρμουρίτσα	κυρίως φυτοφάγο	1,2,3,4,9
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	Κοκκινοφτέρα	φυτοπλαγκτό στα νεαρά στάδια, φυτά	1,2,3,4,9,10
<i>Silurus aristotelis</i> (Agassiz, 1857)	Γλανίδι	αρπακτικό	3,9
<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758	Γουλιανός	αρπακτικό	1,2,3,9
<i>Vimba melanops</i> (Heckel, 1837)	Μαλαμίδα	ασπόνδυλα, φυτά	1,2,3,4,9

Πίνακας 2.2 Αφθονία των ειδών ψαριών που αλιεύθηκαν από τη λίμνη Βόλβη το έτος 2002 και ποσοστό συμμετοχής κάθε είδους στις συνολικές συλλήψεις (Κοκκινάκης *et al.* 2000).

Table 2.2 Fish species abundance from Lake Volvi in 2002 and their percentages to the total capture (Kokkinakis *et al.* 2000).

Είδος	αριθμός ατόμων	%
<i>Abramis brama</i>	198	1,4
<i>Alburnus alburnus</i>	4	0,0
<i>Alosa macedonica</i>	2525	17,8
<i>Carassius gibelio</i>	267	1,9
<i>Chalcalburnus chalcoides</i>	87	0,6
<i>Cyprinus carpio</i>	24	0,2
<i>Esox lucius</i>	4	0,0
<i>Perca fluviatilis</i>	3	0,0
<i>Rutilus rutilus</i>	10872	76,8
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	26	0,2
<i>Vimba melanops</i>	138	1,0
σύνολο	14148	100

Πίνακας 2.3 Αλιευτική παραγωγή (kg), λίμνη Βόλβη, 2002 (Τμήμα Αλιείας, Επαρχείο Λαγκαδά).

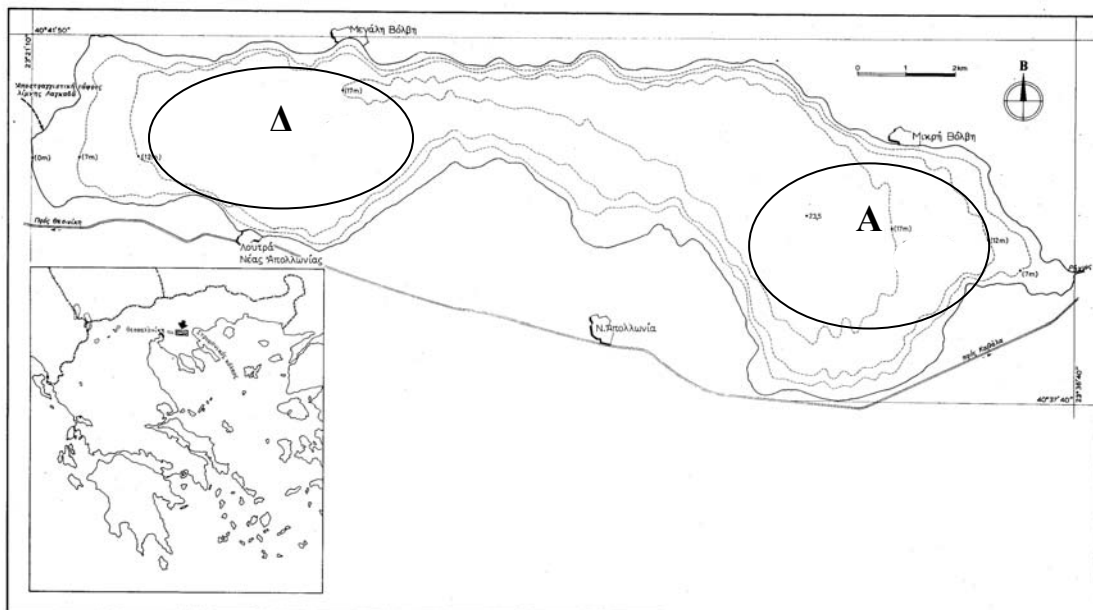
Table 2.3. Fish species landings (Kg) from lake Volvi in 2002 (Department of Fisheries, Lagadas Courthouse).

Είδος	παραγωγή (kg)
<i>Abramis brama</i>	4747,0
<i>Alosa macedonica</i>	1149,0
<i>Anguilla anguilla</i>	16,0
<i>Carassius gibelio</i>	4999,0
<i>Chalcalburnus chalcoides</i>	28,5
<i>Cyprinus carpio</i>	4583,5
<i>Esox lucius</i>	929,0
<i>Mugil cephalus</i>	2,0
<i>Rutilus rutilus</i>	5122,5
<i>Perca fluviatilis</i>	205,0
διάφορα	1064,0
σύνολο	22845,5

3. ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Δειγματοληψίες

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν κυρίως στη δυτική υπολεκάνη της λίμνης Βόλβης και ανοιχτά του οικισμού Μεγάλη Βόλβη. Συμπληρωματικά, ένας μικρότερος αριθμός ψαριών ορισμένων ειδών αλιεύθηκε και από την ανατολική υπολεκάνη, ανοιχτά του οικισμού Μικρή Βόλβη (Εικ. 3.1).



Εικόνα 3.1 Λίμνη Βόλβη. Σημειώνονται οι ευρύτερες περιοχές δειγματοληψίας, 2005-2006. (Δ: δυτική υπολεκάνη, Α: ανατολική υπολεκάνη) (Υ.Ε.Β. 1964, τροποποιημένος με τα στοιχεία του Ψιλοβίκου 1977).

Figure 3.1 Lake Volvi. The sampling sites are noted, 2005-2006. (Δ: west sub-basin, Α: east sub-basin) (Υ.Ε.Β. 1964, modified with the data of Psilovikos 1977).

Οι δειγματοληψίες ήταν εποχικές και κάλυψαν ένα έτος (από το καλοκαίρι του 2005 μέχρι το καλοκαίρι του 2006). Κάθε εποχική δειγματοληψία διαρκούσε συνήθως τρεις ως τέσσερις ημέρες, ώστε να συγκεντρωθεί ικανοποιητικός αριθμός ατόμων.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν δίχτυα με άνοιγμα ματιού (από κόμπο σε κόμπο) 12 ως 60 mm. Η πόντισή τους γινόταν με τη δύση του ηλίου και η ανάδυσή τους το επόμενο πρωί, από επαγγελματία ψαρά. Στις έρευνες της διατροφής των ψαριών προτιμάται η παραμονή των δικτυών στο νερό λίγες ώρες ώστε να μην προχωρήσει η πέψη (Bowen 1996). Αρχικά δοκιμάστηκε αυτό, αλλά πιάστηκε πολύ μικρός αριθμός ατόμων και έτσι προτιμήθηκε να παραμένουν τα δίχτυα όλη τη νύχτα στο νερό. Για το

είδος *A. alburnus* όμως η πόντιση των διχτύων γινόταν κατά τη διάρκεια της ημέρας (περίπου στις 12.00) και παρέμεναν 1-2 ώρες στο νερό (Πολίτου 1991) μια και έτσι αλιεύονταν ικανοποιητικός αριθμός ατόμων.

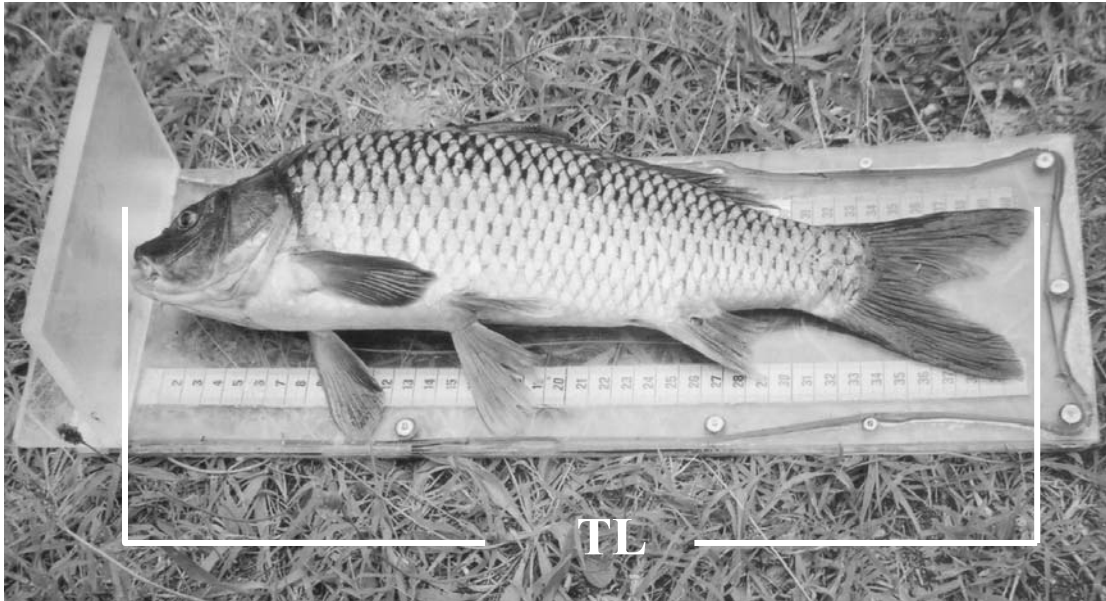
Σε κάθε δειγματοληψία έγινε προσπάθεια συλλογής τουλάχιστον 30 ενήλικων ατόμων από κάθε είδος, ώστε το δείγμα να θεωρείται στατιστικά σημαντικό. Στην περίπτωση όμως που ένα είδος δεν ήταν ιδιαίτερα άφθονο, όπως π.χ. το *Cyprinus carpio*, ο αριθμός των ατόμων περιοριζόταν σε όσα ήταν δυνατό να συλληχθούν στο διάστημα των τριών-τεσσάρων ημερών της δειγματοληψίας. Με τη βοήθεια δεδομένων από τη βιβλιογραφία (Froese & Pauly 2006) εκτιμήθηκε αν τα άτομα που συλλέγονταν ήταν ενήλικα, δηλαδή αν είχαν ολικό μήκος τουλάχιστον ίσο με αυτό στην πρώτη γεννητική ωριμότητα (TL_{mat}). Αμέσως μετά την αφαίρεσή τους από τα δίχτυα, τα ψάρια τοποθετούνταν σε βαρέλια με διάλυμα φορμόλης 10% έτσι ώστε να διακοπεί η πέψη (Bowen 1996) και μεταφέρονταν στο εργαστήριο. Σε ορισμένες περιπτώσεις και κατ' εξαίρεση, τα ψάρια τοποθετήθηκαν αρχικά σε κατάψυξη (-20 °C) και αργότερα αφού αποψύχθηκαν έγινε η αφαίρεση των στομαχιών, τα οποία τοποθετούνταν σε φορμόλη για την περαιτέρω επεξεργασία τους.

3.2 Επεξεργασία δειγμάτων

Τα ψάρια παρέμεναν τουλάχιστον μερικές μέρες στη φορμόλη, ώστε να σταθεροποιηθεί καλύτερα το στομαχικό περιεχόμενο. Στη συνέχεια μετρούνταν σε κάθε άτομο το ολικό βάρος (TW) με ακρίβεια 0,01 g και το ολικό μήκος (TL) με ακρίβεια 0,1 cm. Το ολικό μήκος μετριόταν από το πρόσθιο άκρο της κεφαλής (με το στόμα κλειστό) ως το τέλος του ουραίου πτερυγίου, τοποθετημένο έτσι ώστε να είναι σε φυσική θέση (Εικ.3.2).

Για την ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου αφαιρούταν το στομάχι ή ο γαστρεντερικός σωλήνας στα ψάρια χωρίς διακριτό στομάχι. Στα τελευταία χρησιμοποιούνταν μόνο το πρόσθιο 1/3 ή 2/3 τμήμα του γαστρεντερικού σωλήνα, ανάλογα με το είδος. Στο τελευταίο τμήμα η τροφή είναι συνήθως σε προχωρημένη πέψη και έτσι είναι δύσκολα ή καθόλου αναγνωρίσιμη. Συγκεκριμένα για τα είδη *Alburnus alburnus* και *Chalcalburnus chalcoides* χρησιμοποιούνταν το πρόσθιο 1/3 του γαστρεντερικού σωλήνα (Politou *et al.* 1993), ενώ για τα είδη *Abramis brama*, *Vimba melanops*, *Carassius gibelio*, *Cyprinus carpio* και *Scardinius erythrophthalmus* τα πρώτα 2/3 του γαστρεντερικού σωλήνα (Vasek *et al.* 1993, Vasek & Kubecka 2004).

Στη συνέχεια η έκφραση στομαχικό περιεχόμενο και στομάχι θα χρησιμοποιείται και για το περιεχόμενο του γαστρεντερικού σωλήνα και το γαστρεντερικό σωλήνα αντίστοιχα.



Εικόνα 3.2 Μέτρηση ολικού μήκους ψαριού (TL, cm).
Figure 3.2 Measurement of the total length (TL, cm) of the fish.

Σημειώνεται ότι στα μεγάλα ψάρια συνήθως η μέτρηση μήκους και βάρους είχε γίνει στο πεδίο καθώς και η αφαίρεση των στομαχιών και η τοποθέτησή τους σε βαζάκια με διάλυμα φορμόλης 10%.

Το στομάχι αφήνονταν λίγα λεπτά σε διηθητικό χαρτί, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία και έπειτα ζυγίζονταν σε ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας 0,1 mg. Στο θάλαμο του ζυγού υπήρχε πηκτή πυριτίου (silica gel) για την απορρόφηση όσο το δυνατό περισσότερο της υγρασίας. Στη συνέχεια το στομάχι ανοίγονταν, αφαιρούνταν το περιεχόμενο και το άδειο πλέον στομάχι ζυγίζονταν. Από τη διαφορά των δυο βαρών υπολογιζόταν το βάρος του στομαχικού περιεχομένου. Παράλληλα καταγραφόταν και ο βαθμός πληρότητας του στομαχιού σύμφωνα με την κλίμακα του Lebedev (1946, από Κλεανθίδης 2001) που παίρνει τιμές από 0 έως 5:

- 0 κενό στομάχι,
- 1 ίχνη τροφής,
- 2 εμφανής παρουσία περιορισμένης τροφής,
- 3 μισή πληρότητα,
- 4 μεγάλη πληρότητα,
- 5 τροφή σε μεγάλη πυκνότητα, στομάχι με μορφή διογκωμένου ασκού.

3.3 Ανάλυση στομαχικού περιεχομένου

Το στομαχικό περιεχόμενο αρχικά εξεταζόταν σε στερεοσκόπιο και όταν κρίνονταν αναγκαίο και σε μικροσκόπιο. Η αναγνώριση των κατηγοριών τροφής γινόταν στο κατώτερο δυνατό ταξινομικό επίπεδο.

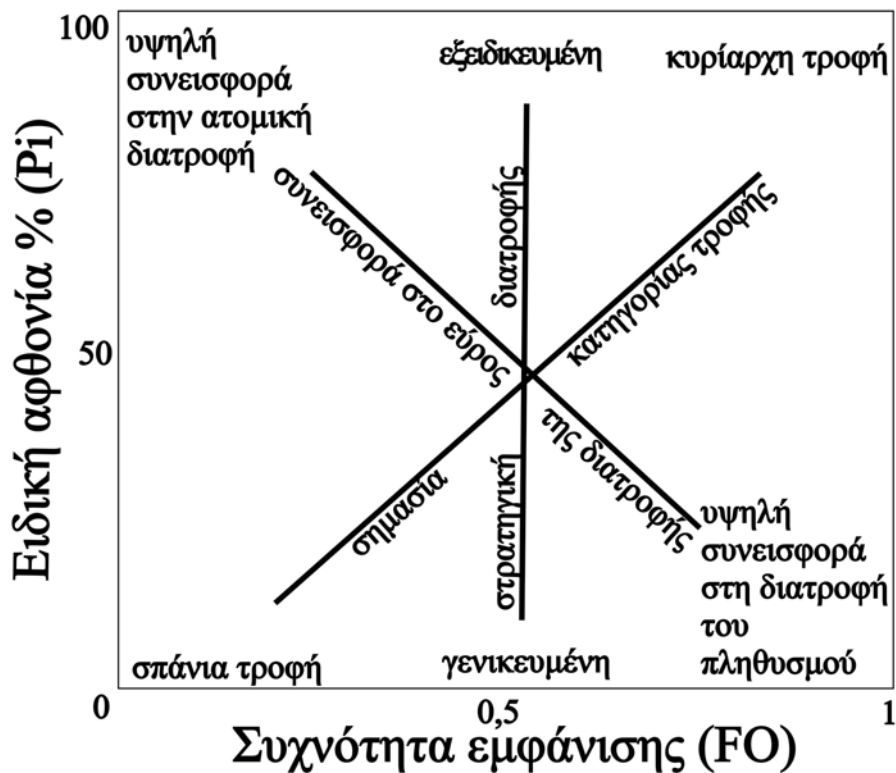
Υπολογίστηκε η συχνότητα εμφάνισης επί τοις εκατό κάθε κατηγορίας τροφής (FO%, frequency of occurrence) (Hyslop 1980), δηλαδή εκφράστηκε ο αριθμός των στομαχιών, στα οποία βρέθηκε κάθε κατηγορία τροφής ως ποσοστό επί του συνόλου των στομαχιών που είχαν τροφή. Αυτή είναι μια απλή και γρήγορη μέθοδος, που χρησιμοποιείται ευρέως και επομένως επιτρέπει συγκρίσεις με αποτελέσματα άλλων ερευνητών. Η μέθοδος αυτή σύμφωνα με τους Palomares & Sa-a (2000) και Stergiou & Karpouzi (2002) δεν είναι καλός δείκτης της συνεισφοράς της κάθε κατηγορίας τροφής στη διατροφή, ειδικά όταν χρησιμοποιείται μόνη της. Ωστόσο, η ποιοτική αυτή μέθοδος μπορεί να δώσει το φάσμα της διατροφής ενός είδους καθώς και τις εποχικές διακυμάνσεις στη σύνθεση της διατροφής. (Hop *et al.* 1992).

Για την ποσοτική ανάλυση της διατροφής χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του βάρους (Hyslop 1980) είτε άμεσα είτε έμμεσα. Δηλαδή ζυγίζονταν όσες κατηγορίες τροφής ήταν δυνατόν να ζυγιστούν (π.χ. ψάρια), ενώ το βάρος των μικρότερων οργανισμών υπολογιζόταν είτε με αφαίρεση από το συνολικό βάρος της τροφής των βαρών των κατηγοριών που είχαν ζυγιστεί, είτε με τη βοήθεια της αριθμητικής μεθόδου. Στην τελευταία περίπτωση γινόταν καταμέτρηση των οργανισμών (π.χ. ζωοπλαγκτικών ή βενθικών), στο στερεοσκόπιο ή στο μικροσκόπιο, σε ολόκληρο το στομαχικό περιεχόμενο ή σε υπόδειγμα αυτού όταν ήταν αρκετά πυκνό το στομαχικό περιεχόμενο. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια τιμών ατομικού βάρους από τη βιβλιογραφία (ζωοπλαγκτό: Ζαρφτζιάν 1989, Μιχαλούδη 1997, Chironomidae: Οικονομίδης 1991 και νηματώδεις και οστρακώδη: Wolfram-Wais *et al.* 1999) υπολογιζόταν και το βάρος αυτών των κατηγοριών τροφής. Το βάρος κάθε κατηγορίας τροφής εκφράστηκε ως ποσοστό του συνολικού βάρους για κάθε άτομο. Το βάρος από πέτρες ή βλέννα που συχνά υπήρχαν στα στομάχια κάποιων ειδών δε συνυπολογιζόταν στο συνολικό βάρος του στομαχικού περιεχομένου. Η μέθοδος του βάρους (W%) αν και είναι πιο δύσκολη και χρονοβόρα σε σχέση με τη μέθοδο της συχνότητας εμφάνισης, παρέχει πληροφορίες για τη συμμετοχή κάθε κατηγορίας τροφής στο σύνολο της τροφής. Επίσης επειδή η αξία της κάθε τροφής είναι περίπου ανάλογη με το βάρος της (εκτός από τα μαλάκια) τα δεδομένα σε ποσοστά κατά βάρος αντιπροσωπεύουν αρκετά ικανοποιητικά τη σχετική σημασία κάθε κατηγορίας τροφής στη διατροφή ενός είδους (Bowen 1996).

Η κατά βάρος σύνθεση της τροφής υπολογίστηκε συνολικά για κάθε είδος. Για τα πιο άφθονα είδη υπολογίστηκε επιπλέον ανά εποχή και ανά κλάση ολικού μήκους ώστε να μπορεί να διερευνηθεί αν υπάρχουν εποχικές μεταβολές ή μεταβολές που σχετίζονται με το μέγεθος του ψαριού. Η επιλογή του αριθμού και του εύρους των κλάσεων ολικού μήκους έγινε έτσι ώστε να υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός ατόμων σε κάθε κλάση.

3.4. Στρατηγική διατροφής

Τα αποτελέσματα της διατροφής απεικονίστηκαν με τη βοήθεια της μεθόδου Costello (1990), όπως αυτή έχει τροποποιηθεί από τους Amundsen *et al.* (1996) (επεξηγηματικό διάγραμμα στην Εικ. 3.3).



Εικόνα 3.3 Επεξηγηματικό διάγραμμα για την ερμηνεία της στρατηγικής διατροφής, της συνεισφοράς στο εύρος διατροφής και της σημασίας της κάθε κατηγορίας τροφής, σύμφωνα με τη μέθοδο Costello τροποποιημένη από Amundsen *et al.* (1996).

Figure 3.3 Explanatory diagram for the interpretation of feeding strategy, niche width contribution and food category significance, according to Costello method modified by Amundsen *et al.* (1996).

Με τη μέθοδο αυτή απεικονίζεται σε ένα διάγραμμα στον άξονα y η ειδική αφθονία κάθε κατηγορίας τροφής (prey-specific abundance %, Pi) και στον άξονα x η

συχνότητα εμφάνισης (frequency of occurrence, FO με κλίμακα 0-1). Η ειδική αφθονία P_i κάθε κατηγορίας τροφής i υπολογίζεται με τον τύπο:

$$P_i = (\sum S_i / \sum S_{ii}) \times 100,$$

όπου: S_i = το συνολικό βάρος της κατηγορίας τροφής i από όλα τα στομάχια και
 S_{ii} = το συνολικό βάρος όλου του στομαχικού περιεχομένου μόνο των στομαχιών όπου περιλαμβάνεται η τροφή i .

Αυτή η μέθοδος απεικόνισης δίνει πληροφορίες για τη σημασία της κάθε κατηγορίας τροφής, αλλά και για τη στρατηγική διατροφής, δηλαδή αν είναι εξειδικευμένη ή γενικευμένη. Δείχνει επίσης, αν υπάρχει ποικιλία στις κατηγορίες τροφής τόσο στη διατροφή κάθε ατόμου όσο και στο σύνολο του πληθυσμού

3.5 Τροφικά επίπεδα

Το τροφικό επίπεδο (troph) ενός είδους ορίζεται ως το μέσο τροφικό επίπεδο των κατηγοριών τροφής που συνιστούν τη διατροφή του συν το 1. Ο τύπος με τον οποίο υπολογίζεται είναι (Pauly *et al.* 1998a, Pauly & Christensen 2000a):

$$\text{troph}_i = 1 + \sum_{j=1}^G DC_{ij} \cdot \text{troph}_j$$

όπου:

troph_i = τροφικό επίπεδο είδους i ,

DC_{ij} : το κλάσμα της κατηγορίας τροφής j στη διατροφή του είδους i ,

troph_j : το κλασματικό τροφικό επίπεδο του j ,

G : ο αριθμός των κατηγοριών τροφής στη διατροφή του είδους i .

Έτσι όπως ορίζεται το τροφικό επίπεδο ενός υδρόβιου καταναλωτή φαίνεται ότι μπορεί να πάρει τιμές από 2 για φυτοφάγους/διηθηματοφάγους μέχρι 5,5 για ιχθυοφάγους/σαρκοφάγους οργανισμούς (Pauly *et al.* 1998a, Pauly & Palomares 2000, Kaschner *et al.* 2004).

Για κάθε είδος υπολογίστηκε το μέσο τροφικό του επίπεδο, αλλά και το τροφικό επίπεδο για κάθε κλάση μήκους, όταν υπήρχε ικανοποιητικός αριθμός ατόμων.

Για τον υπολογισμό των τροφικών επιπέδων των ειδών ψαριών που εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα, χρησιμοποιήθηκαν τα ποσοστά βάρους κάθε κατηγορίας τροφής, τα οποία εισήχθησαν στο πρόγραμμα TrophLab (Pauly *et al.* 2000) Το TrophLab είναι μια βάση δεδομένων Access που έχει καταχωρημένα τροφικά επίπεδα για διάφορες κατηγορίες τροφής και δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού των τροφικών επιπέδων και των τυπικών σφαλμάτων τους τόσο με ποιοτικά όσο και με ποσοτικά δεδομένα. Στη

δεύτερη περίπτωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποσοστά βάρους, όγκου ή αριθμητικής συμμετοχής.

3.6 Ανάλυση δεδομένων - Στατιστική επεξεργασία

Η σύνθεση του αλιεύματος ως προς το ολικό του μήκος, απεικονίστηκε με τις κατά μήκος συνθέσεις των πιο άφθονων ειδών. Οι κλάσεις ολικού μήκους είχαν εύρος 1 cm για τα είδη των οποίων το μήκος φθάνει τα 20 cm, και 2 cm για τα είδη που φθάνουν τα 30 cm (Anderson & Gutreuter 1983).

Για κάθε είδος επίσης, υπολογίστηκε ο δείκτης κενότητας V σύμφωνα με τον τύπο (Hureau 1966):

$$V = (E / T) * 100,$$

όπου E = αριθμός κενών στομαχιών και

T = συνολικός αριθμός των ατόμων που εξετάστηκαν.

Τα ψάρια με άδεια στομάχια, όπως και αυτά στα οποία η τροφή είχε υποστεί σε μεγάλο βαθμό πέψη, δεν συμπεριλήφθηκαν στις αναλύσεις της διατροφής. Στην περίπτωση αυτή τα άτομα δεν λαμβάνονταν υπόψη στην ανάλυση στομαχικού περιεχομένου, όπως επίσης και αυτά των οποίων το στομάχι ή ο γαστρεντερικός σωλήνας είχε καταστραφεί.

Η μέση τιμή του βαθμού πληρότητας υπολογίστηκε συνολικά για κάθε είδος, για κάθε εποχή ανά είδος και για κάθε εποχή για το σύνολο των ειδών. Στον υπολογισμό δεν περιλήφθηκαν τα στομάχια με τροφή σε πέψη. Οι εποχικές μεταβολές του μέσου βαθμού πληρότητας ερευνήθηκαν με την ανάλυση διακύμανσης μιας κατεύθυνσης (one-way ANOVA) και το Fisher's LSD post-hoc test (Zar 1999).

Οι διαφορές στη σύνθεση της διατροφής κατά βάρος σε σχέση με το είδος διερευνήθηκαν με πολυμεταβλητή ανάλυση (multivariate analysis) και συγκεκριμένα με τη μέθοδο της ανάλυσης δένδρογράμματος (Cluster analysis) και της ανάλυσης σε πολλαπλές διαστάσεις (MDS, multidimensional scaling) που βασίστηκαν στη χρήση του δείκτη ομοιότητας Bray & Curtis (1957) και υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του Primer (Clarke & Gorley 2001). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε πολλαπλές διαστάσεις θεωρήθηκαν αποδεκτά όταν η τιμή του συντελεστή συμπίεσης (stress) δεν ξεπερνούσε το 0,2 (Clarke & Warwick 1994). Επιπλέον απαιτείται τα αποτελέσματα των δυο μεθόδων (ανάλυσης δένδρογράμματος και ανάλυσης σε πολλαπλές διαστάσεις) να συμφωνούν, ώστε να θεωρείται ικανοποιητική η απεικόνιση (Field *et al.* 1982). Για να

βρεθούν ποιες κατηγορίες τροφής συνεισέφεραν περισσότερο στην ομοιομορφία και ανομοιομορφία μέσα στις ομάδες, έγινε ανάλυση ποσοστιαίας ομοιότητας (SIMPER).

Το τροφικό επίπεδο κάθε κλάσης μήκους συσχετίστηκε με το μέσο (L_i , cm, midpoint) της κλάσης για κάθε είδος. Για το *P. fluviatilis*, το μοναδικό είδος στο οποίο βρέθηκε να αυξάνει το τροφικό επίπεδο με το ολικό μήκος, εκφράστηκε η σχέση αυτή με την εξίσωση (Cortés 1999, Stergiou & Karpouzi 2002):

$$\mathbf{troph}_{L_i} = \mathbf{troph}_{L_{\infty}} (1 - e^{-KL_i}),$$

όπου $\mathbf{troph}_{L_{\infty}}$ = το ασυμπτωτικό τροφικό επίπεδο και

K = ο ρυθμός με τον οποίο πλησιάζεται το $\mathbf{troph}_{L_{\infty}}$,

και τα οποία υπολογίστηκαν με τον αλγόριθμο του Marquardt (1963) για μη γραμμική συσχέτιση.

Το τροφικό επίπεδο του κάθε είδους συσχετίστηκε με απλή γραμμική παλινδρόμηση, με το μέγιστο ολικό μήκος του κάθε είδους (TL_{max}) στην παρούσα έρευνα (Stergiou & Karpouzi 2002).

Για τις παραπάνω αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν το Excel και τα στατιστικά προγράμματα Statistica, Statview και Statgraphics Plus 5.0.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Κατά μήκος συνθέσεις

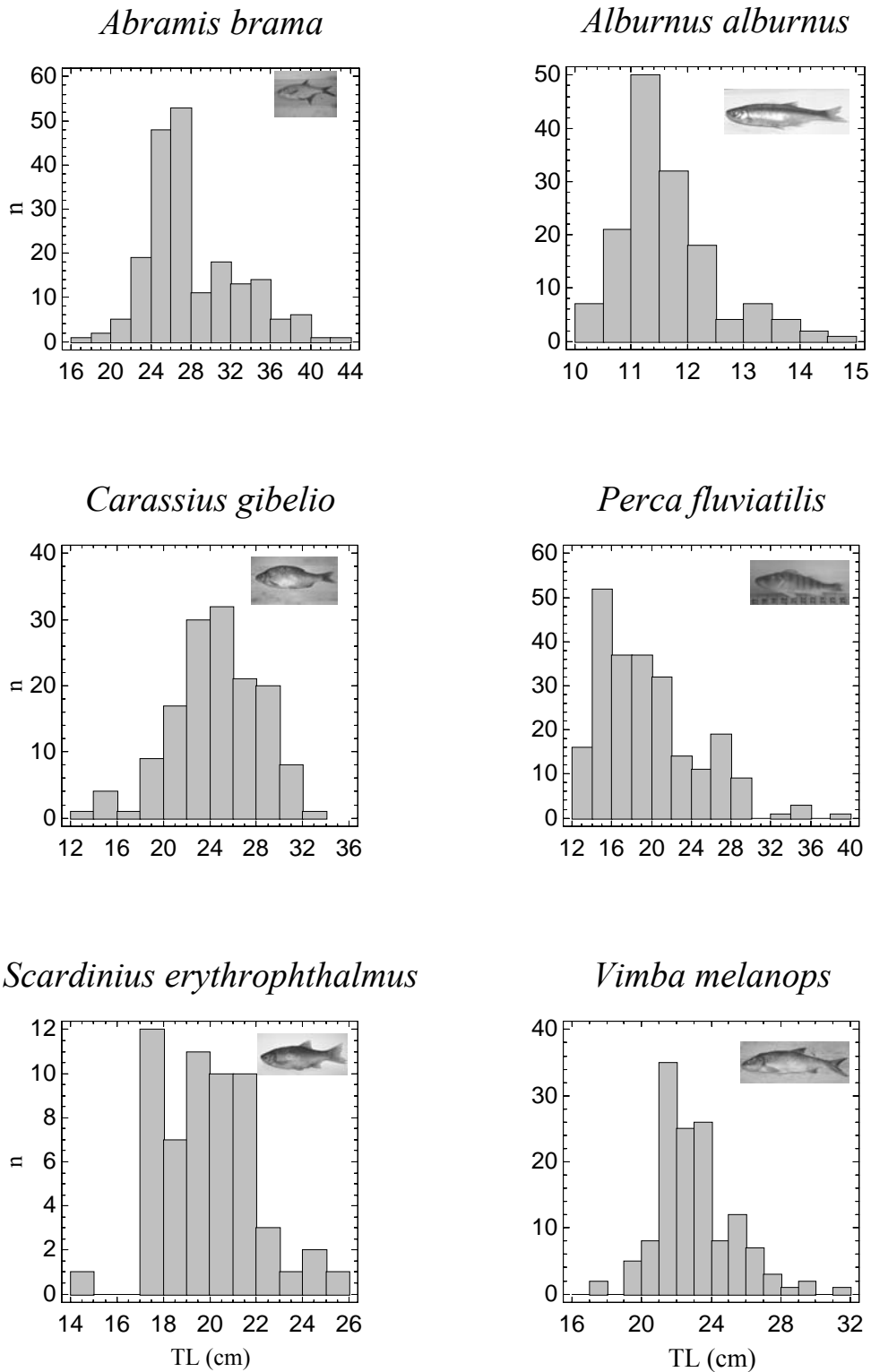
Συνολικά αλιεύθηκαν 966 άτομα, που ανήκαν σε 10 είδη και 4 οικογένειες (Πίνακας 4.1). Τα μισά περίπου άτομα ανήκαν στα είδη *Perca fluviatilis* (24,1%) και *Abramis brama* (21,4%), ενώ από τα είδη *Anguilla anguilla* και *Esox lucius* συλλέχθηκαν μόνο ένα και τρία άτομα αντίστοιχα. Συνολικά, το καλοκαίρι αλιεύθηκαν 222 άτομα, το φθινόπωρο 217, το χειμώνα 319 και την άνοιξη, 205 άτομα. Το μεγαλύτερο σε μήκος άτομο ανήκε στο είδος *Cyprinus carpio* (49 cm, TW) και το μικρότερο στο είδος *Alburnus alburnus* (10,2 cm, TL), ενώ το βαρύτερο άτομο ανήκε στο είδος *A. brama* (1229 g, TW) και το ελαφρύτερο ανήκε στο είδος *A. alburnus* (8,3 g, TL) (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1 Περιγραφική στατιστική ανάλυση του ολικού μήκους (TL, cm) και του ολικού βάρους (TW, g) των ειδών, λίμνη Βόλβη, 2005-2006. mean \pm s.e.: μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα, min: ελάχιστη τιμή, max: μέγιστη τιμή, n: αριθμός ατόμων.

Table 4.1 Descriptive statistics of total length (TL, cm) and total weight (TW) of species, Lake Volvi, 2005-2006. min: minimum, max: maximum, n: number of specimens.

Οικογένεια	Είδος	N	TL (cm)			TW (g)		
			min	max	mean \pm s.e.	min	max	mean \pm s.e.
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	1	32,0			110,0		
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i>	207	17,5	44,0	28,1 \pm 0,3	54,3	1229,0	288,1 \pm 13,6
	<i>Alburnus alburnus</i>	146	10,2	14,9	11,7 \pm 0,1	8,3	22,9	12,2 \pm 0,2
	<i>Carassius gibelio</i>	144	12,9	32,3	24,6 \pm 0,3	35,6	586,1	283,5 \pm 10,0
	<i>Cyprinus carpio</i>	26	14,4	49,0	30,8 \pm 2,1	209,9	1000,0	668,3 \pm 107,9
	<i>Chalcalburnus chalcoides</i>	7	15,1	19,8	16,7 \pm 0,6	26,9	65,8	37,7 \pm 5,3
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	58	15,0	25,5	19,9 \pm 0,3	41,8	281,9	122,5 \pm 6,1
	<i>Vimba melanops</i>	141	16,0	31,7	23,0 \pm 0,2	37,2	354,4	144,7 \pm 4,0
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	3	28,2	40,1	33,9 \pm 3,4	176,9	436,3	307,1 \pm 74,9
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	233	12,9	38,7	19,6 \pm 0,3	31,6	900,0	144,0 \pm 9,2
	Σύνολο	966	10,2	49,0	21,7 \pm 0,2	8,3	1229,0	178,3 \pm 5,4

Στην εικόνα 4.1 απεικονίζονται οι κατά μήκος συνθέσεις των πιο άφθονων ειδών. Όλες οι κατά μήκος συνθέσεις στο σύνολο των ατόμων εμφάνισαν περισσότερες από μια κορυφές.



Εικόνα 4.1 Κατά μήκος (TL, cm) συνθέσεις των ειδών, λίμνη Βόλβη 2005- 2006.
Figure 4.1 Length frequency distributions (TL, cm) of species, Lake Volvi, 2005-2006.

4.2 Δείκτης κενότητας

Ο δείκτης κενότητας από το σύνολο των ατόμων όλων των ειδών της παρούσας έρευνας είχε την τιμή 35,8%. Ο συνολικός εποχικός δείκτης κενότητας είχε υψηλότερες τιμές το φθινόπωρο και το χειμώνα σε σχέση με τις άλλες εποχές (Πίνακας 4.2). Στα είδη *A. alburnus*, *P. fluviatilis* και *S. erythrophthalmus* καταγράφηκαν υψηλές τιμές το φθινόπωρο, στο *A. brama* το χειμώνα και στο *C. gibelio* το καλοκαίρι. Ο υψηλότερος δείκτης κενότητας μεταξύ των ειδών καταγράφηκε για το είδος *C. carpio* (65,4%), με τα είδη *S. erythrophthalmus* (61,5%) και *A. brama* (58,9%) να ακολουθούν. Το είδος *A. alburnus* ήταν αυτό με το χαμηλότερο δείκτη κενότητας (18,5%), αν εξαιρέσουμε τα *A. anguilla* και *C. chalcoides* που είχαν δείκτη κενότητας μηδενικό, των οποίων όμως τα άτομα που πιάστηκαν ήταν πολύ λίγα.

Συνολικά 328 άτομα (Πίνακας 4.2) από όλα τα είδη είχαν άδεια στομάχια και 21 είχαν στομάχια με τροφή σε προχωρημένη πέψη (τα τελευταία ανήκαν στο είδος *P. fluviatilis*), επομένως δε χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις της διατροφής και τον υπολογισμό των τροφικών επιπέδων. Τελικά, οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε 617 άτομα.

Πίνακας 4.2 Αριθμός κενών στομαχιών και δείκτης κενότητας (%) ανά εποχή και στο σύνολο, ανά είδος, λίμνη Βόλβη, 2005-2006. (n= αριθμός των ατόμων).

Table 4.2 Number of empty stomachs and vacuity index (%) per season and total, per species, lake Volvi, 2005-2006. (n= number of specimens).

Είδος	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Ανοιξη	Σύνολο
<i>A. brama</i>	18 (47,4%) (n= 38)	29 (54,7%) (n= 53)	52 (69,3%) (n= 75)	23 (56,1%) (n= 41)	122 (58,9%) (n=207)
<i>A. alburnus</i>	5 (19,2%) (n= 26)	12 (35,3%) (n= 34)	4 (10,3%) (n= 39)	6 (12,8%) (n= 47)	27 (18,5%) (n=146)
<i>A. anguilla</i>	0 (n= 1)				0 (n= 1)
<i>C. carpio</i>	2 (28,6%) (n= 7)	9 (90,0%) (n= 10)	3 (50,0%) (n= 6)	3 (100%) (n= 3)	17 (65,4%) (n= 26)
<i>C. gibelio</i>	11 (32,4%) (n= 34)	11 (27,5%) (n= 40)	6 (14,6%) (n= 41)	3 (10,3%) (n= 29)	31 (21,5%) (n=144)
<i>C. chalcoides</i>	0 (n= 1)		0 (n= 1)	0 (n= 5)	0 (n= 7)
<i>E. lucius</i>	1 (50,0%) (n= 2)	0 (n= 1)			1 (33,3%) (n= 3)
<i>P. fluviatilis</i>	4 (5,8%) (n= 59)	17 (47,2%) (n= 36)	20 (31,7%) (n= 63)	7 (13,0%) (n= 54)	48 (22,6%) (n=212)
<i>S. erythrophthalmus</i>	1 (12,5%) (n= 8)	18 (75,0%) (n= 24)	16 (61,5%) (n= 26)		35 (61,5%) (n= 58)
<i>V. melanops</i>	16 (44,4%) (n= 36)	6 (31,6%) (n= 19)	21 (32,8%) (n= 64)	4 (18,2%) (n= 22)	47 (33,3%) (n=141)
Σύνολο	58 (27,3%) (n=212)	108 (49,8%) (n=217)	122 (28,7%) (n=315)	46 (22,9%) (n=201)	328 (35,8%) (n=945)

4.3 Βαθμός πληρότητας

Ο μέσος εποχικός και συνολικός βαθμός πληρότητας για κάθε είδος φαίνεται στον πίνακα 4.3. Οι χαμηλότερες τιμές του βαθμού πληρότητας γενικά σημειώθηκαν το φθινόπωρο και το χειμώνα και οι υψηλότερες την άνοιξη και το καλοκαίρι. Ο βαθμός πληρότητας κάλυψε όλο το εύρος (0-5) της κλίμακας Lebedev και ο μέσος βαθμός πληρότητας για το σύνολο των ατόμων που εξετάστηκαν ήταν $1,6 \pm 0,1$. Ο μέσος βαθμός πληρότητας ανά είδος κυμάνθηκε από $0,7 \pm 0,1$ (για το είδος *S. erythrophthalmus*) μέχρι $2,3 \pm 1,2$ (για το είδος *E. lucius*).

Πίνακας 4.3 Μέσος βαθμός πληρότητας \pm τυπικό σφάλμα των στομαχιών των ειδών, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Table 4.3 Mean fullness index \pm s.e. of the stomachs of species, Lake Volvi, 2005-2006.

Είδος	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Σύνολο
<i>A. brama</i>	$1,2 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,1$
<i>A. alburnus</i>	$1,6 \pm 0,3$	$1,5 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,1$
<i>A. anguilla</i>	1,0				1,0
<i>C. carpio</i>	$1,9 \pm 0,7$	$0,4 \pm 0,3$	$1,0 \pm 0,3$	0,0	$0,9 \pm 0,3$
<i>C. gibelio</i>	$2,1 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,3$	$1,9 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,1$
<i>C. chalcoides</i>	3,0		3,0	$1,8 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,3$
<i>E. lucius</i>	$1,5 \pm 1,5$	4,0			$2,3 \pm 1,2$
<i>P. fluviatilis</i>	$2,0 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,3$	$1,5 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,1$
<i>S. erythrophthalmus</i>	$1,9 \pm 0,5$	$0,4 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,2$		$0,7 \pm 0,1$
<i>V. melanops</i>	$1,4 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,3$	$1,8 \pm 0,2$	$1,3 \pm 0,3$	$1,7 \pm 0,1$
Σύνολο	$1,7 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$

Στατιστικά σημαντικές διαφορές (ANOVA, Fisher's LSD-test, $P < 0,005$) σημειώθηκαν μεταξύ ορισμένων εποχών σε 5 είδη (*A. brama*, *A. alburnus*, *C. gibelio*, *P. fluviatilis*, *S. erythrophthalmus*), ενώ για το σύνολο των ειδών στατιστικά σημαντικά διέφερε ο μέσος βαθμός πληρότητας μεταξύ των εποχών καλοκαίρι-χειμώνας, καλοκαίρι-άνοιξη, άνοιξη-φθινόπωρο και άνοιξη-χειμώνας (Πίνακας 4.4).

Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα ANOVA – Fisher’s LSD post-hoc test για τη σύγκριση του μέσου βαθμού πληρότητας, ανάμεσα στις εποχές, για κάθε είδος, λίμνη Βόλβη, 2005-2006. Δίνεται το P για τις στατιστικά σημαντικές διαφορές. n.s.: μη σημαντική διαφορά ($P>0,05$). Κ: καλοκαίρι, Φ: φθινόπωρο, Χ: χειμώνας, Α: άνοιξη.

Table 4.4 Results of ANOVA – Fisher’s LSD test of regression of mean fullness index between seasons, for each species, lake Volvi, 2005-2006. P is given for the statistical significant differences. n.s.: non significant difference ($P>0,05$). Κ: summer, Φ: autumn, Χ: winter, Α: spring.

Είδος	ANOVA για το σύνολο των εποχών		Fisher’s LSD post hoc-test για τα ζεύγη εποχών					
	F	P	Κ-Φ	Κ-Χ	Κ-Α	Φ-Χ	Φ-Α	Χ-Α
<i>A. brama</i>	4,43	0,0049	n.s.	n.s.	n.s.	P=0,004	n.s.	n.s.
<i>A. alburnus</i>	5,84	0,0009	n.s.	n.s.	P=0,0018	n.s.	P=0,0003	P=0,0189
<i>C. carpio</i>	2,67	0,0700	P=0,0212	n.s.	P=0,0342	n.s.	n.s.	n.s.
<i>C. gibelio</i>	1,11	0,3500	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>C. chalcoides</i>	5,14	0,0780	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>P. fluviatilis</i>	4,61	0,0038	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	P=0,02	P=0,0004
<i>S. erythrophthalmus</i>	8,28	0,0007	n.s.	P=0,0006	P=0,0002	n.s.	n.s.	n.s.
<i>V. melanops</i>	0,70	0,5500	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Σύνολο	9,23	<0,0001	n.s.	P=0,0167	P=0,0094	n.s.	P=0,0007	P<0,0007

4.4 Σύνθεση διατροφής

4.4.1 Σύνολο ειδών

Στον πίνακα 4.5 φαίνεται η παρουσία κάθε κατηγορίας τροφής στη διατροφή των ειδών που εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα και στον πίνακα 4.6 δίνονται αναλυτικά τα είδη ζωοπλαγκτικών οργανισμών που βρέθηκαν στα στομάχια ανά είδος ψαριού. Η ποσοστιαία κατά βάρος σύνθεση της διατροφής κάθε είδους φαίνεται στην εικόνα 4.2. Στον πίνακα 4.7 αναγράφονται η συχνότητα εμφάνισης (FO%) και το ποσοστό κατά βάρος συμμετοχής (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά είδος. Να σημειωθεί ότι όπου αναφέρονται τα Chironomidae εννοούνται οι προνύμφες και νύμφες αυτής της οικογένειας των δίπτερων εντόμων.

Οι κατηγορίες τροφής που βρέθηκαν στα περισσότερα είδη (Πίνακας 4.5) ήταν τα Chironomidae, τα αρθρόποδα και τα ψάρια και ακολουθούν τα θρύμματα, τα μακρόφυτα και το ζωοπλαγκτό. Οι ομάδες ζωοπλαγκτού που βρέθηκαν στα περισσότερα είδη ήταν τα κλαδοκερωτά και τα κωπήποδα και λιγότερο τα τροχόζωα (Πίνακας 4.5 και 4.6). Πιο σπάνια ήταν τα δίθυρα, τα οστρακώδη, οι ολιγόχαιτοι, η

οικογένεια εντόμων Ceratorogonidae και τα αμφίποδα. Οι κατηγορίες τροφής με την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης (FO%) ήταν τα αρθρόποδα ($\leq 100\%$), τα ψάρια ($\leq 100\%$), το ζωοπλαγκτό ($\leq 89,4\%$), τα θρύμματα ($\leq 69,9\%$), τα Chironomidae ($\leq 63,5\%$) και τα μακρόφυτα ($\leq 56,5$) (Πίνακας 4.7).

Οι κατηγορίες τροφής που συμμετείχαν με υψηλά κατά βάρος ποσοστά στη διατροφή των ειδών (Πίνακας 4.7) ήταν τα ψάρια (ώς και 100% στα είδη *A. anguilla* και *E. lucius*), το ζωοπλαγκτό (73,5% για το *A. alburnus*), τα Chironomidae (32,1% για το *A. brama*), τα αρθρόποδα (88,9% για το *C. carpio*, 58,4% για το *V. melanops* και 51,7% για το *C. chalcoides*), αλλά και τα θρύμματα (51,6% για το *C. gibelio*). Το φυτοπλαγκτό (Πίνακας 4.7), ενώ σε ορισμένα είδη όπως τα *S. erythrophthalmus*, *C. gibelio*, *A. brama*, *A. alburnus* είχε σχετικά μεγάλη συχνότητα εμφάνισης (ώς 56,5%), η κατά βάρος συμμετοχή του ήταν αμελητέα (ώς 4,7%). Το ίδιο ισχύει και για τα μακρόφυτα, που εμφανίζονταν συχνά στη διατροφή των περισσότερων ειδών, αλλά η κατά βάρος συμμετοχή τους ήταν σχετικά χαμηλή, με εξαίρεση το *S. erythrophthalmus* στο οποίο έφθασε το 37,6% (Πίνακας 4.7, Εικ. 4.2).

Στη συνέχεια, και για τα είδη που ήταν τα πιο άφθονα, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις της διατροφής τους όσον αφορά την κατά βάρος συμμετοχή κάθε κατηγορίας τροφής ανά εποχή και ανά κλάση ολικού μήκους.

4.4.2 *Abramis brama*

Οι κατηγορίες τροφής με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης, αλλά και κατά βάρος συμμετοχή στη διατροφή του είδους *A. brama* ήταν τα θρύμματα (FO: 67,1%, W: 45,5%) και τα Chironomidae (FO: 63,5%, W: 32,1%) (Πίνακας 4.7, Εικ. 4.2). Τα θρύμματα είχαν υψηλότερη κατά βάρος συμμετοχή το φθινόπωρο (71,1%), ενώ τα Chironomidae την άνοιξη (74,6%) (Εικ. 4.3). Η εξέταση της μεταβολής της διατροφής του *A. brama* ανά κλάση ολικού μήκους δε φαίνεται να ακολουθεί κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο (Εικ. 4.3). Η παρουσία του ζωοπλαγκτού (κλαδοκερωτά και κωπήποδα) σημειώθηκε στη σύνθεση της διατροφής μόνο των δύο μικρότερων κλάσεων (22-28 cm TL), ενώ απουσίαζε από τις μεγαλύτερες (>28 cm TL) (Εικ. 4.4).

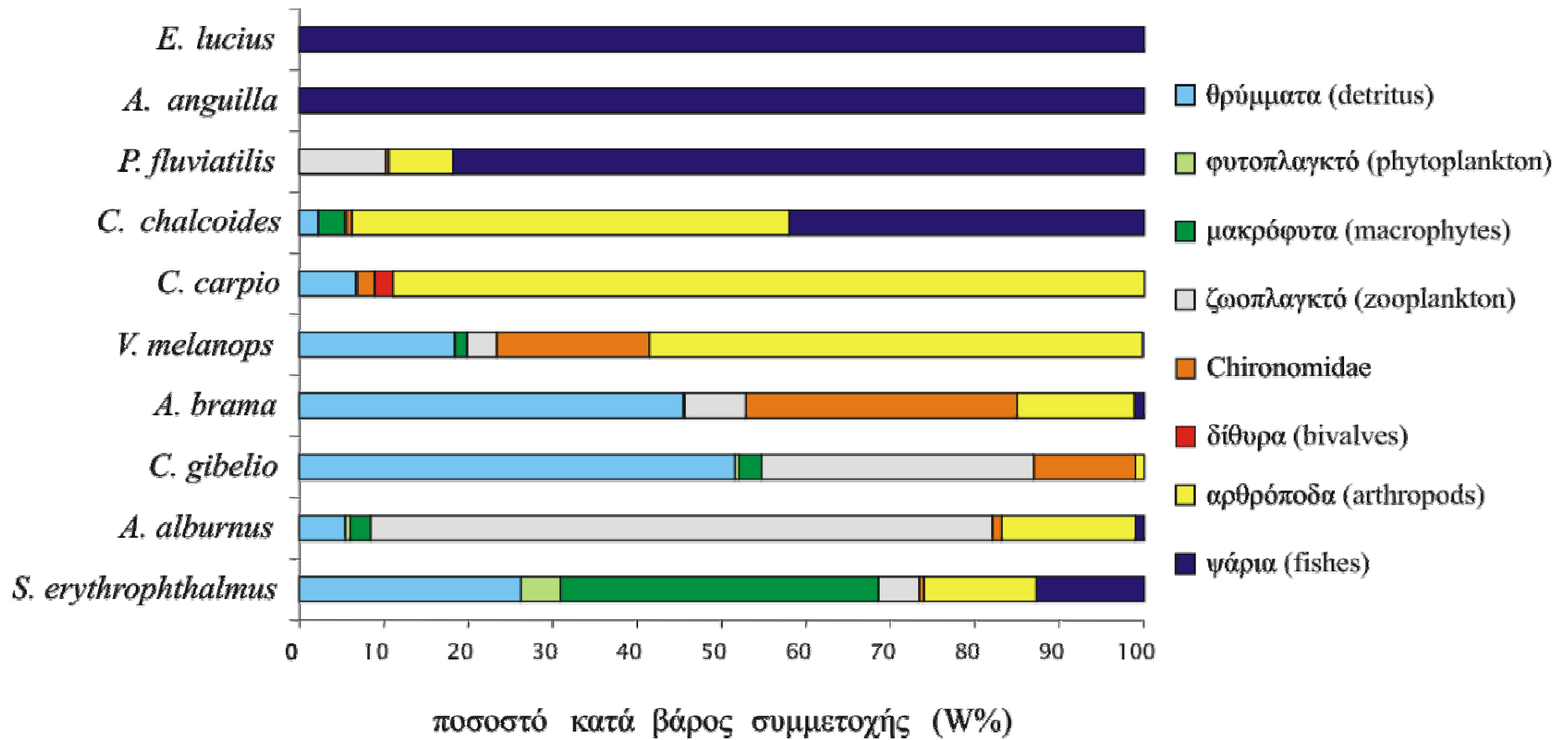
Πίνακας 4.5 Κατηγορίες τροφής που βρέθηκαν στη διατροφή των ειδών, λίμνη Βόλβη, 2005-2006. +: παρουσία.
Table 4.5 Food categories found in the diet of species, Lake Volvi, 2005-2006. +: presence.

Είδος	Κατηγορία τροφής																
	θρύμ	φυτ	μακρ	τροχ	κλαδ	κωπ	αμφ	οστρ	chir	cer	έντ	αρθρ	δίθ	ολιγ	νημ	ψάρια	
<i>A. alburnus</i>	+	+	+	+	+	+			+		+	+				+	+
<i>A. brama</i>	+	+	+		+	+		+	+	+	+	+				+	+
<i>A. anguilla</i>																	+
<i>C. carpio</i>	+	+	+		+	+			+			+	+				
<i>C. chalcoides</i>	+		+			+			+		+	+					+
<i>C. gibelio</i>	+	+	+	+	+	+		+	+			+				+	
<i>E. lucius</i>																+	+
<i>P. fluviatilis</i>					+	+			+			+	+				+
<i>S. erythrophthalmus</i>	+	+	+	+	+	+			+		+	+				+	+
<i>V. melanops</i>	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+	+		+

θρύμ: θρύμματα (detritus), φυτ: φυτοπλαγκτό (phytoplankton), μακρ: μακρόφυτα (macrophyta), τροχ: τροχόζωα (rotifers), κλαδ: κλαδοκερωτά (cladocerans), κωπ: κωπήποδα (copepods), αμφ: αμφίποδα (amphipods), οστρ: οστρακώδη (ostracods) chir: Chironomidae (προνύμφες & νύμφες, larvae & pupae), cer: Ceratopogonidae, έντ: έντομα (insects), αρθρ: αρθρόποδα (arthropods), δίθ: δίθυρα (bivalves), ολιγ: ολιγόχαιτοι (oligochaets), νημ: νηματώδεις (nematods) Ψάρια (fishes).

Πίνακας 4.6 Είδη ζωοπλαγκτικών οργανισμών που βρέθηκαν στα στομάχια των ειδών των ψαριών, λίμνη Βόλβη, 2005 -2006. +: παρουσία
Table 4.6 Zooplankton species that were found in the stomachs of fish species, Lake Volvi, 2005-2006. +: presence

είδος	<i>A. brama</i>	<i>A. alburnus</i>	<i>C. gibelio</i>	<i>C. chalcoides</i>	<i>C. carpio</i>	<i>P. fluviatilis</i>	<i>S. erythrophthalmus</i>	<i>V. melanops</i>
Rotifera								
		+						
		+	+					
		+						
		+	+					+
		+						
		+						
		+	+					+
Cladocera								
			+	+				
	+	+	+		+	+	+	+
			+					
		+					+	
	+	+	+			+		
	+					+		
Copepoda								
		+						
	+	+	+	+	+	+	+	+
			+					



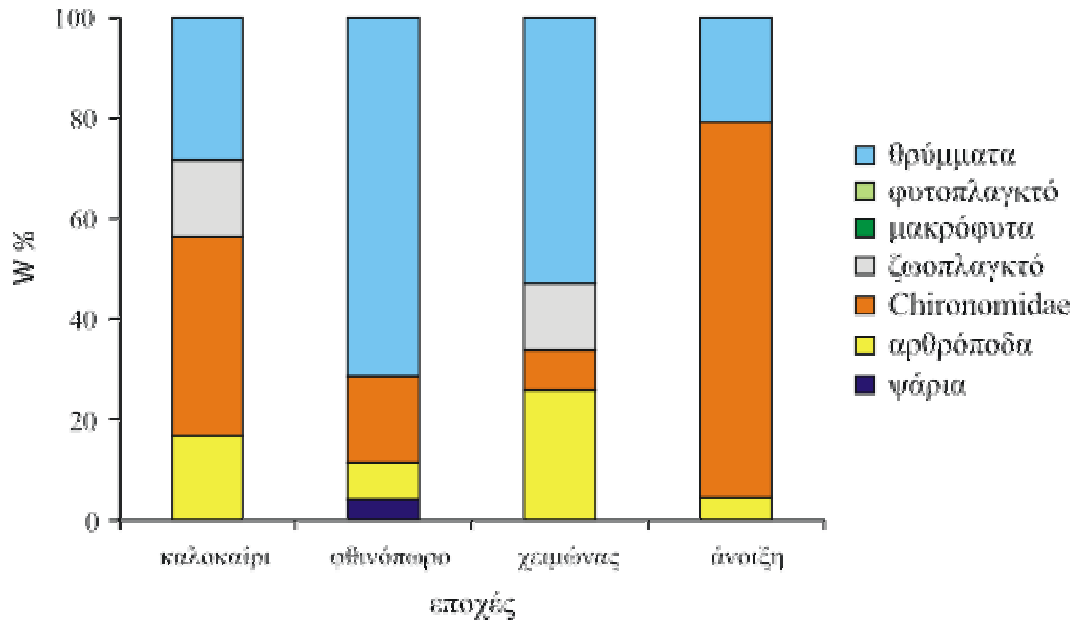
Εικόνα 4.2. Ποσοστό (%) της κατά βάρος συμμετοχής κάθε κατηγορίας τροφής σε κάθε είδος, λίμνη Βόλβη, 2005-2006. ζωοπλαγκτό: τροχόζωα, κλαδοκερωτά, κωπήποδα, Chironomidae: προνύμφες & νύμφες, αρθρόποδα: εκτός από: ζωοπλαγκτό & Chironomidae
Figure 4.2 Percentage (%) of the weight contribution for each food category to the diet of each species, Lake Volvi, 2005-2006.

Πίνακας 4.7 Συχνότητα εμφάνισης (FO%) και συμμετοχή κατά βάρος (W%) της κάθε κατηγορίας τροφής στη διατροφή των ειδών, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

* παρουσία <0,001%. Κατηγορίες τροφής όπως στον πίνακα 4.5, ζωοπ: ζωοπλαγκτό (τροχοζώα, κλαδοκερωτά, κοπήποδα).

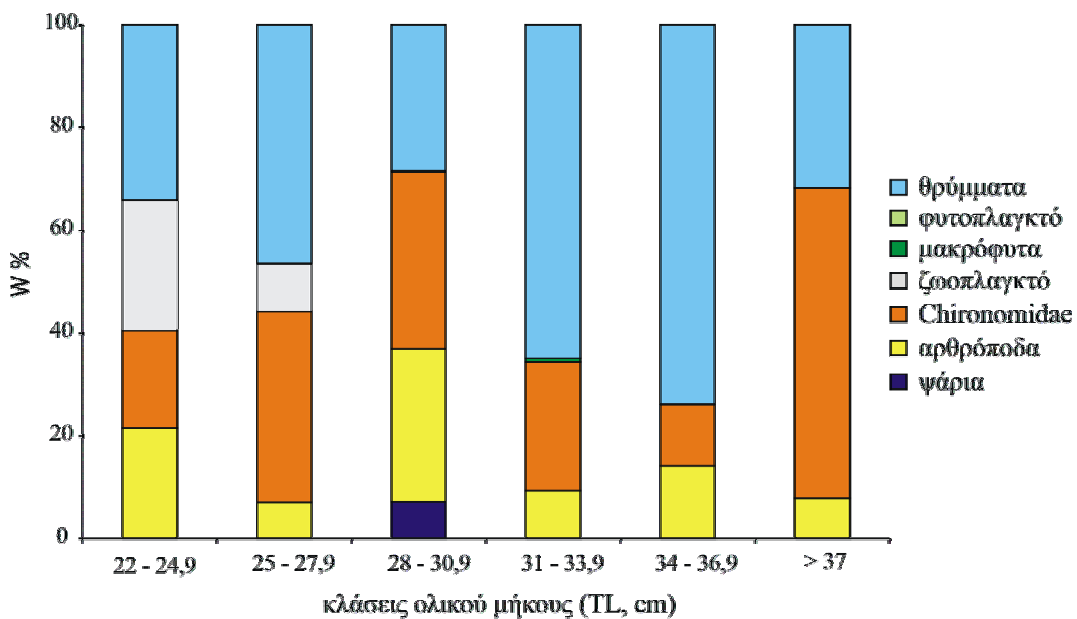
Table 4.7 Frequency of occurrence (FO%) and contribution to the weight (W%) of each food category, to the diet of each species, Lake Volvi, 2005-2006. * presence < 0.001%. Food categories: the same as in table 4.5, ζωοπ: zooplankton (rotifers, cladocerans, copepods).

Είδος		Κατηγορία τροφής									
		θρύμ	φυτ	μακρ	ζωοπ	οστρ	νημ	chir	δίθ	αρθρ	ψάρια
<i>A. brama</i>	FO%	67,1	23,5	12,9	45,9	1,2	5,9	63,5	0,0	32,9	1,2
	W%	45,5	0,0	0,2	7,2	*	*	32,1	0,0	13,9	1,2
<i>A. alburnus</i>	FO%	10,9	30,3	7,6	77,3	0,0	5,0	1,7	0,0	17,6	1,7
	W%	5,5	0,6	2,4	73,5	0,0	0,0	1,2	0,0	15,8	1,0
<i>A. anguilla</i>	FO%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	W%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
<i>C. gibelio</i>	FO%	69,9	48,7	37,2	89,4	2,7	22,1	20,4	0,0	6,2	0,0
	W%	51,6	0,5	2,6	32,3	0,0	0,0	12,0	0,0	1,0	0,0
<i>C. chalcoides</i>	FO%	14,3	0,0	28,6	14,3	0,0	0,0	14,3	0,0	57,1	42,9
	W%	2,3	0,0	3,2	0,1	0,0	0,0	0,7	0,0	51,7	42,0
<i>C. carpio</i>	FO%	22,2	11,1	22,2	22,2	0,0	0,0	22,2	22,2	100,0	0,0
	W%	6,7	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	2,0	2,1	88,9	0,0
<i>E. lucius</i>	FO%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	W%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
<i>P. fluviatilis</i>	FO%	0,0	0,0	3,0	36,0	0,0	0,0	4,3	*	9,8	81,7
	W%	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,4	0,0	7,6	81,8
<i>S. erythrophthalmus</i>	FO%	47,8	56,5	56,5	17,4	0,0	4,3	8,7	0,0	34,8	13,0
	W%	26,2	4,7	37,6	4,7	0,0	*	0,6	0,0	13,3	12,8
<i>V. melanops</i>	FO%	48,9	19,1	23,4	7,4	0,0	4,3	35,1	0,0	82,1	1,1
	W%	18,4	0,1	1,4	3,5	0,0	*	18,1	0,0	58,4	0,1



Εικόνα 4.3 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά εποχή, στη διατροφή του είδους *Abramis brama*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.3 Weight contribution (W%) of each food category per season, to the diet of species *Abramis brama*, Lake Volvi, 2005-2006.

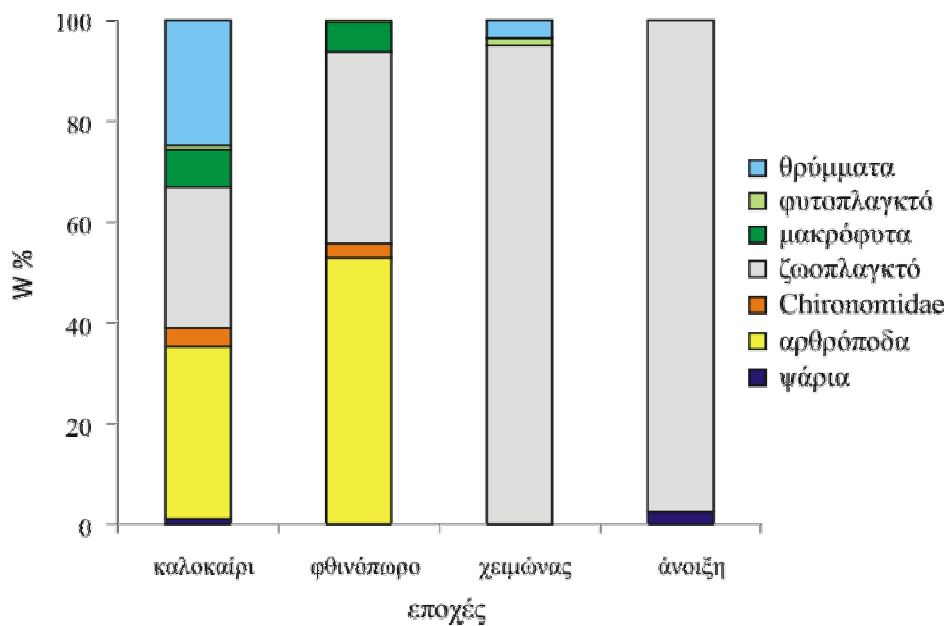


Εικόνα 4.4 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά κλάση ολικού μήκους (TL, cm), στη διατροφή του είδους *Abramis brama*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.4 Weight contribution (W%) of each food category per total length (TL, cm) class, to the diet of species *Abramis brama*, Lake Volvi, 2005-2006.

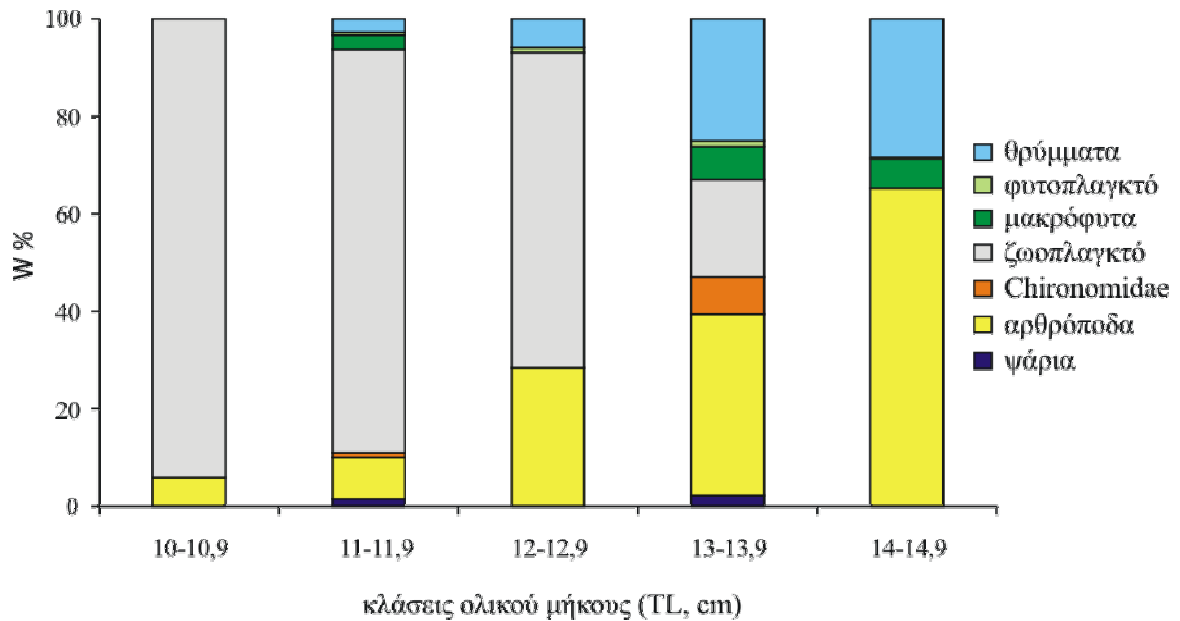
4.4.3 *Alburnus alburnus*

Στη διατροφή του είδους *A. alburnus* το ζωοπλαγκτό εμφάνισε την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης (77,3%) και συμμετοχή κατά βάρος (73,5%) από όλες τις κατηγορίες τροφής (Πίνακας 4.7). Το χειμώνα και την άνοιξη η διατροφή του είδους αποτελούνταν σχεδόν αποκλειστικά από ζωοπλαγκτό. Το φθινόπωρο υπερείχαν αρθρόποδα (52,8%W) έναντι του ζωοπλαγκτού (38,1%W), ενώ το καλοκαίρι υψηλά ποσοστά κατά βάρος στη διατροφή του *A. alburnus* κατείχαν μαζί με το ζωοπλαγκτό (28%) τα θρύμματα (24,8%) και τα άλλα αρθρόποδα (19,9%) (Εικ. 4.5). Παρατηρήθηκε ακόμα, ότι το ζωοπλαγκτό (τροχόζωα, κλαδοκερωτά, κωπήποδα) προτιμούνταν περισσότερο από τα ψάρια των πρώτων κλάσεων ολικού μήκους (10-13 cm TL), ενώ στις επόμενες κλάσεις μήκους (>13 cm TL) η συμμετοχή του μειωνόταν με ταυτόχρονη αύξηση της συμμετοχής άλλων κατηγοριών τροφής, όπως τα αρθρόποδα και τα θρύμματα (Εικ. 4.6).



Εικόνα 4.5 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά εποχή, στη διατροφή του είδους *Alburnus alburnus*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

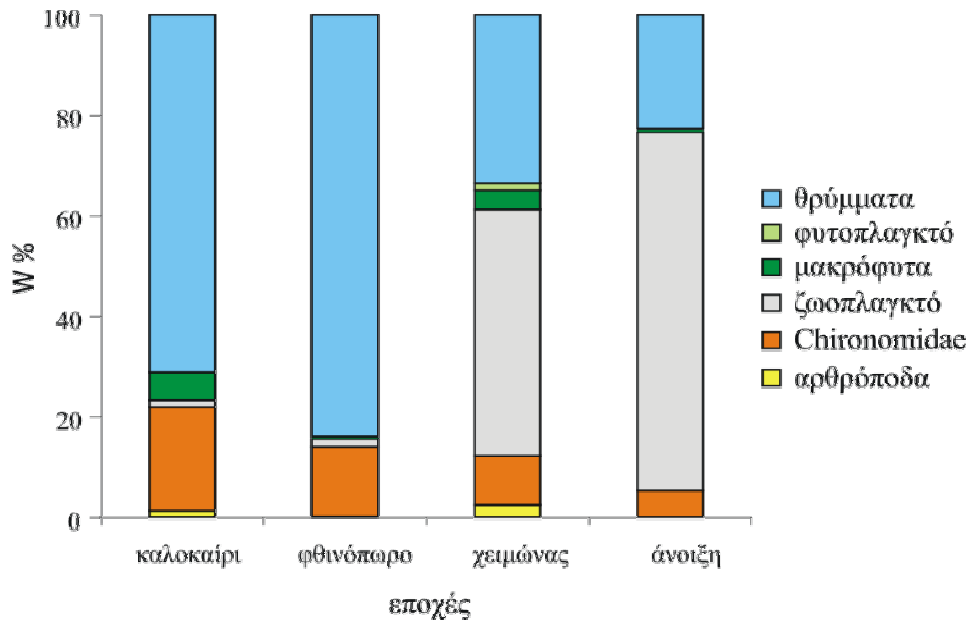
Figure 4.5 Weight contribution (W%) of each food category per season, to the diet of species *Alburnus alburnus*, Lake Volvi, 2005-2006.



Εικόνα 4.6 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά κλάση ολικού μήκους (TL, cm), στη διατροφή του είδους *Alburnus alburnus*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.
Figure 4.6 Weight contribution (W%) of each food category per total length (TL, cm) class, to the diet of species *Alburnus alburnus*, Lake Volvi, 2005-2006.

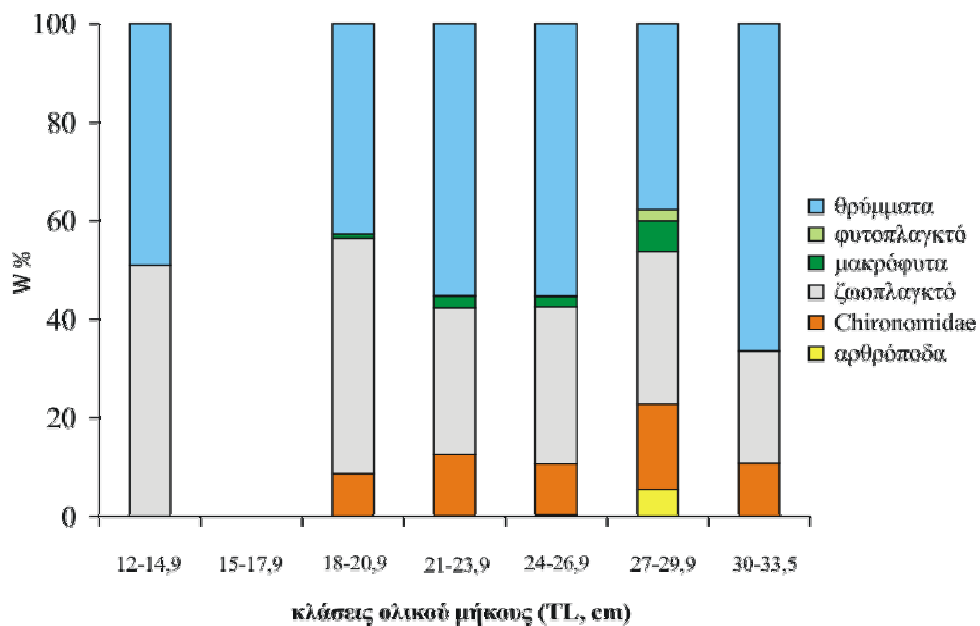
4.4.4 *Carassius gibelio*

Η διατροφή του είδους *C. gibelio* περιελάμβανε κυρίως θρύμματα και ζωοπλαγκτό (Εικ. 4.2). Συνολικά το ζωοπλαγκτό (τροχοζώα, κλαδοκερωτά, κοπήποδα) (Πίνακας 4.5 και 4.6) ήταν η κατηγορία τροφής με την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης (84,4%) (Πίνακας 4.7), ενώ υψηλότερη κατά βάρος συμμετοχή είχαν τα θρύμματα (51,6%) (Πίνακας 4.7). Το φυτοπλαγκτό και τα μακρόφυτα αν και είχαν συχνότητα εμφάνισης 48,7% και 37,1% αντίστοιχα, ωστόσο η κατά βάρος συμμετοχή τους ήταν πολύ μικρή (0,51% και 2,6% αντίστοιχα) (Πίνακας 4.7). Παρατηρήθηκε εποχικό πρότυπο με μεγαλύτερη κατά βάρος συμμετοχή των θρυμμάτων το καλοκαίρι και το φθινόπωρο και του ζωοπλαγκτού το χειμώνα και την άνοιξη (Εικ. 4.7). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε συγκεκριμένο πρότυπο στη μεταβολή της διατροφής με το ολικό μήκος (Εικ. 4.8). Τα θρύμματα και το ζωοπλαγκτό ήταν οι δύο κατηγορίες τροφής που συμμετείχαν στη διατροφή όλων των κλάσεων ολικού μήκους με υψηλά ποσοστά (38,1 - 66,4% και 22,7 - 47,8% αντίστοιχα) (Εικ. 4.8).



Εικόνα 4.7 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά εποχή, στη διατροφή του είδους *Carassius gibelio*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.7 Weight contribution (W%) of each food category per season, to the diet of species *Carassius gibelio*, Lake Volvi, 2005-2006.

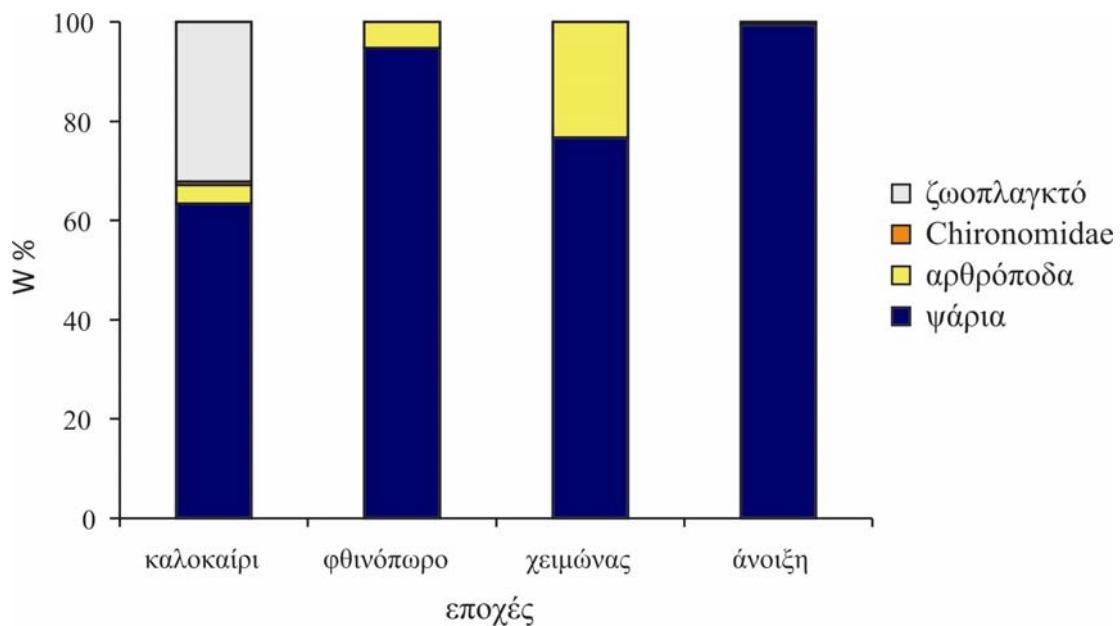


Εικόνα 4.8 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά κλάση ολικού μήκους (TL, cm), στη διατροφή του είδους *Carassius gibelio*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.8 Weight contribution (W%) of each food category per total length (TL, cm) class, to the diet of species *Carassius gibelio*, Lake Volvi, 2005-2006.

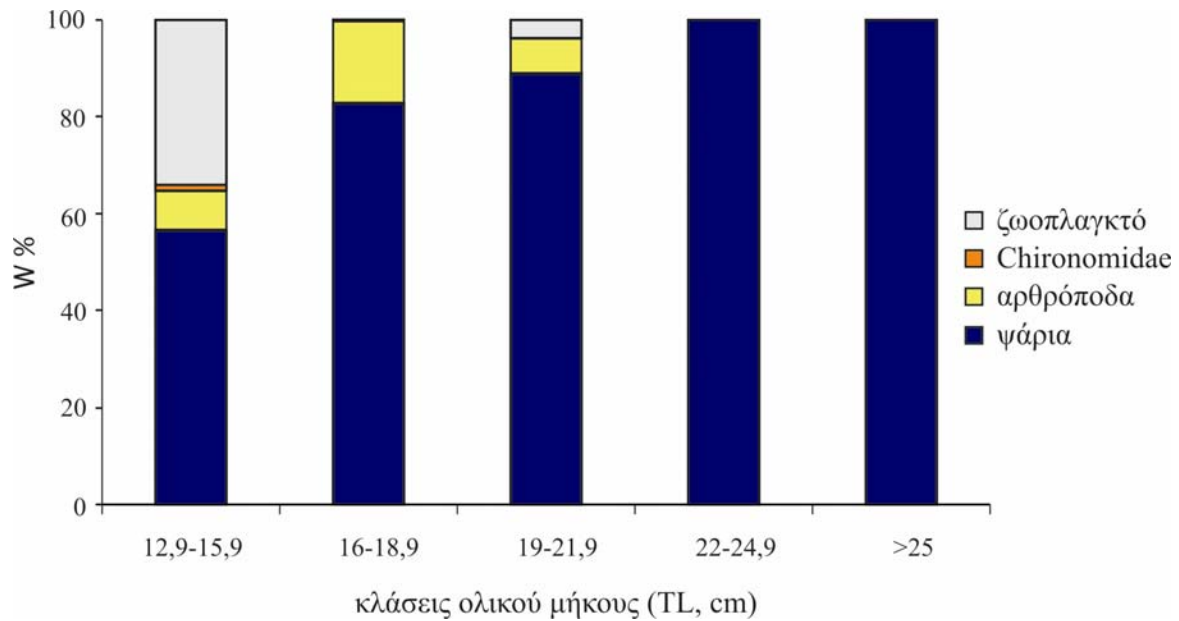
4.4.5 *Perca fluviatilis*

Τα ψάρια είχαν συνολικά την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης (81,7%) και κατά βάρος συμμετοχής (81,8%) από όλες τις κατηγορίες τροφής στη διατροφή του είδους *P. fluviatilis* (Πίνακας 4.7, Εικ. 4.2). Ακολούθησαν το ζωοπλαγκτό (κλαδοκερωτά και κωπήποδα) (36,0%FO και 10,3%W) και τα αρθρόποδα (9,78%FO και 7,6%W) (Πίνακας 4.7). Τη διατροφή του *P. fluviatilis* το φθινόπωρο και την άνοιξη συνιστούσαν σχεδόν αποκλειστικά τα ψάρια, ενώ το χειμώνα συμμετείχαν επιπλέον τα αρθρόποδα (23,3%W) και το καλοκαίρι το ζωοπλαγκτό (32,1%W) (Εικ. 4.9). Η κατά βάρος συμμετοχή των ψαριών στη διατροφή του είδους αυξανόταν με την αύξηση του ολικού μήκους, ενώ η συμμετοχή του ζωοπλαγκτού περιοριζόταν στην πρώτη κλάση μήκους (12-16 cm TL) (Εικ. 4.10).



Εικόνα 4.9 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά εποχή στη διατροφή του είδους *Perca fluviatilis*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.9 Weight contribution (W%) of each food category per season, to the diet of species *Perca fluviatilis*, Lake Volvi, 2005-2006.

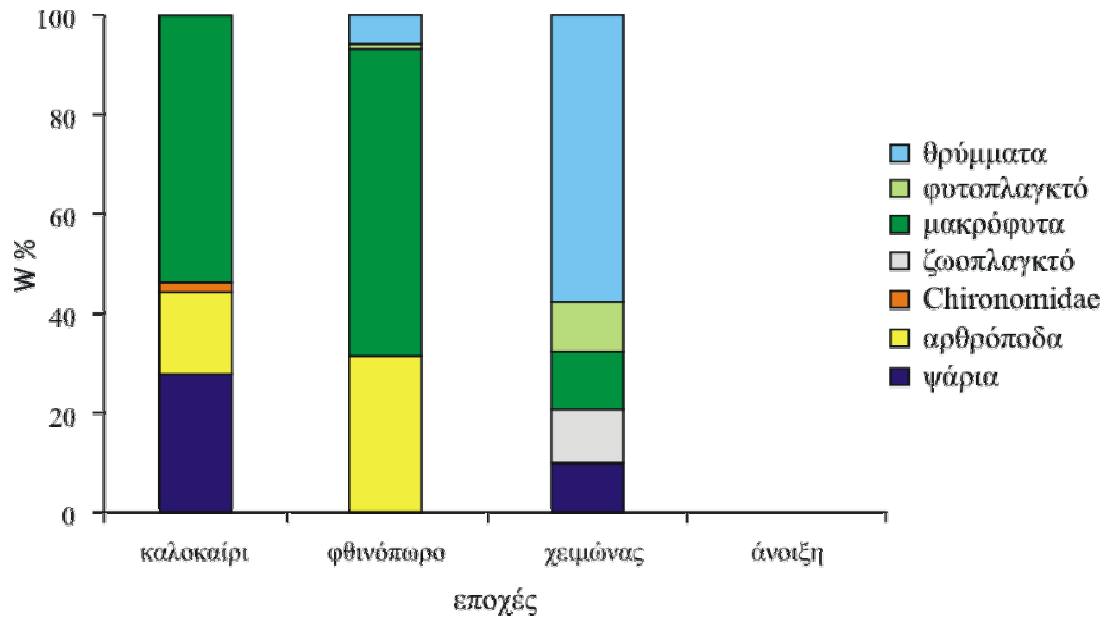


Εικόνα 4.10 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά κλάση ολικού μήκους (TL, cm), στη διατροφή του είδους *Perca fluviatilis*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.10 Weight contribution (W%) of each food category per total length (TL, cm) class, to the diet of species *Perca fluviatilis*, Lake Volvi, 2005-2006.

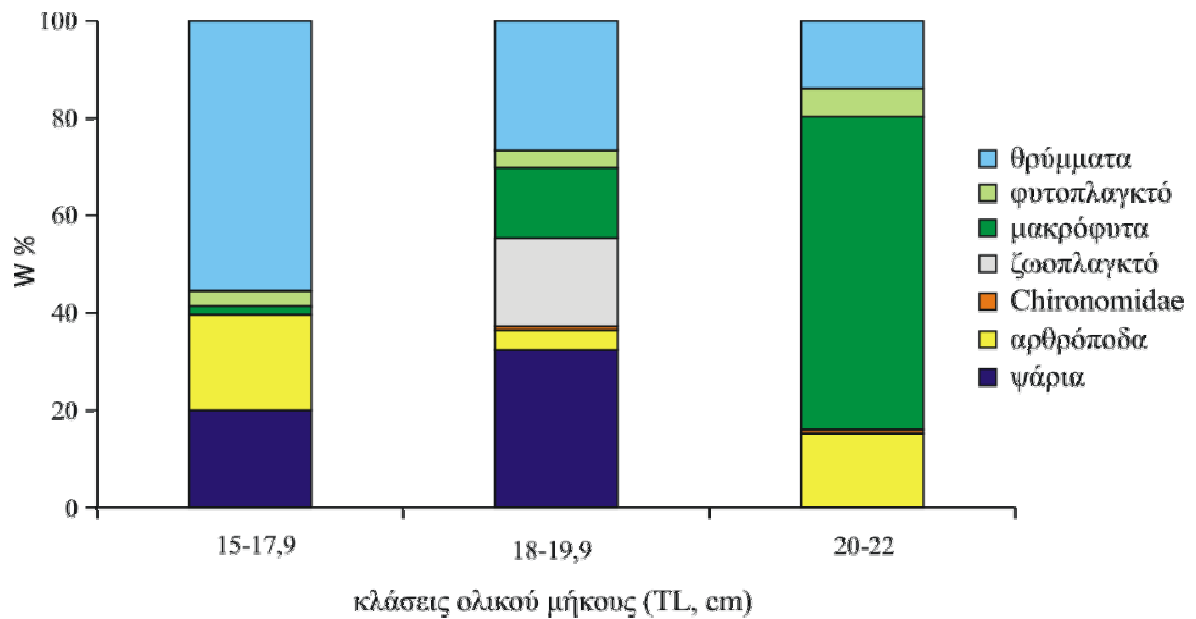
4.4.6 *Scardinius erythrophthalmus*

Στη διατροφή του είδους *S. erythrophthalmus* συμμετείχαν κυρίως τα μακρόφυτα (37,6%W) και τα θρύμματα (26,2%W) (Πίνακας 4.7, Εικ. 4.2). Η διατροφή του *S. erythrophthalmus* φαίνεται πως μεταβαλλόταν ανάλογα με την εποχή (Εικ. 4.11). Το καλοκαίρι και το φθινόπωρο το μεγαλύτερο ποσοστό κατά βάρος συμμετοχής στη διατροφή του είδους είχαν τα μακρόφυτα (53,8% και 45,1% αντίστοιχα). Αντίθετα, το χειμώνα τα θρύμματα είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό κατά βάρος συμμετοχής (58,9%) (Εικ. 4.11). Την άνοιξη δεν αλιεύθηκαν άτομα αυτού του είδους. Το φυτοπλαγκτό αν και εμφανιζόταν συχνά στη διατροφή (56,5%FO), είχε χαμηλό ποσοστό συμμετοχής κατά βάρος (4,7%). Η διατροφή όμως φαίνεται να διαφοροποιείται και με τις κλάσεις ολικού μήκους. Το ποσοστό συμμετοχής των θρυμμάτων παρουσίασε μείωση με την αύξηση του ολικού μήκους, ενώ αντίθετα αυξήθηκε η συμμετοχή των μακρόφυτων (Εικ. 4.12).



Εικόνα 4.11 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά εποχή στη διατροφή του είδους *Scardinius erythrophthalmus*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.11 Weight contribution (W%) of each food category per season to the diet of the species *Scardinius erythrophthalmus*, Lake Volvi, 2005-2006.

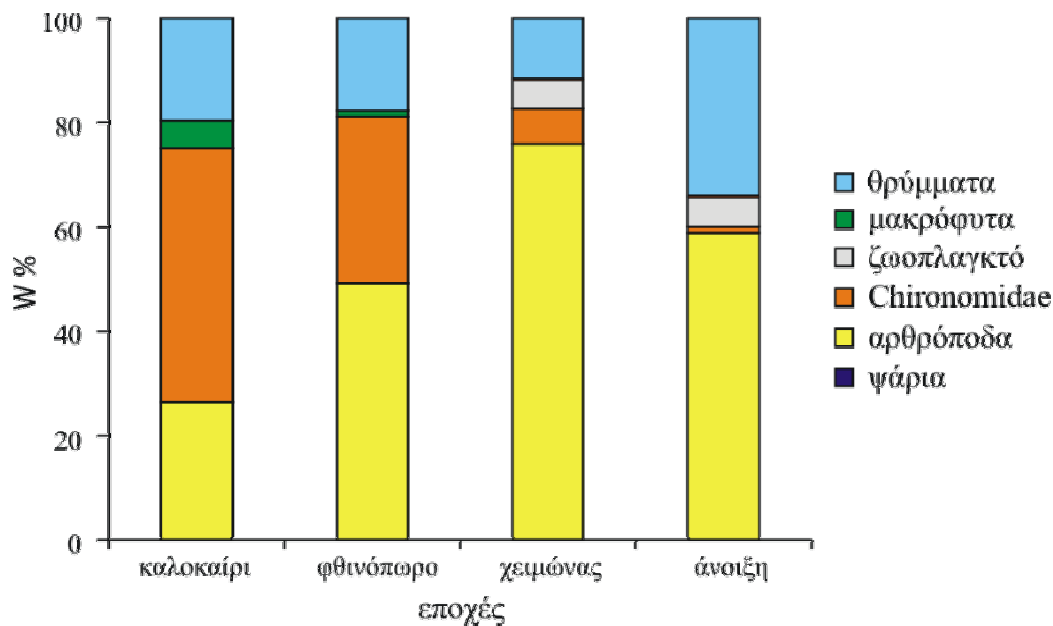


Εικόνα 4.12 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά κλάση ολικού μήκους (TL, cm), στη διατροφή του είδους *Scardinius erythrophthalmus*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.12 Weight contribution (W%) of each food category per total length class (TL, cm) to the diet of the species *Scardinius erythrophthalmus*, Lake Volvi, 2005-2006.

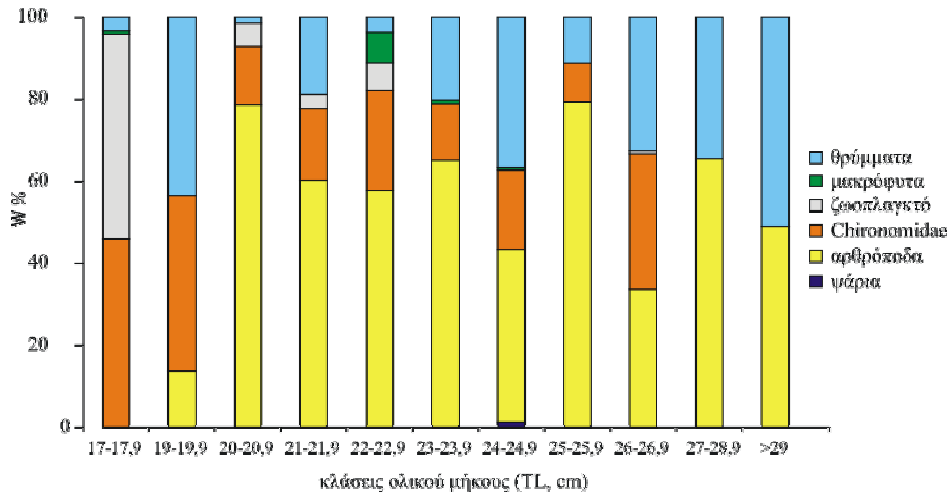
4.4.7 *Vimba melanops*

Η κατηγορία τροφής με το υψηλότερο ποσοστό κατά βάρος συμμετοχής στη διατροφή του είδους *V. melanops* ήταν τα αρθρόποδα (58,4%) (Πίνακας 4.7), με μεγαλύτερη συμμετοχή το χειμώνα (75,7%W) (Εικ. 4.13). Επίσης, τα Chironomidae είχαν μεγάλα ποσοστά κατά βάρος συμμετοχής το καλοκαίρι (48,7%) και το φθινόπωρο (31,9%) (Εικ. 4.13). Η παρουσία μακρόφυτων καταγράφηκε μόνο το καλοκαίρι, ενώ του ζωοπλαγκτού μόνο το χειμώνα και την άνοιξη (Εικ. 4.13). Η εξέταση της διατροφής του είδους ανά κλάση ολικού μήκους, έδειξε ότι το ζωοπλαγκτό (τροχοζώα, κλαδοκερωτά, κοπήποδα) απαντήθηκε κυρίως στην πρώτη κλάση ολικού μήκους (17-18 cm TL), ενώ η διατροφή των δυο τελευταίων κλάσεων (>27 cm TL) περιελάμβανε μόνο αρθρόποδα και θρύμματα. Γενικά όμως, δεν παρατηρήθηκε κάποιο πρότυπο μεταβολής της διατροφής με το ολικό μήκος (Εικ. 4.14).



Εικόνα 4.13 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά εποχή στη διατροφή του είδους *Vimba melanops*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.13 Weight contribution (W%) of each food category per season to the diet of the species *Vimba melanops*, Lake Volvi, 2005-2006.



Εικόνα 4.14 Ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) κάθε κατηγορίας τροφής ανά κλάση ολικού μήκους (TL, cm), στη διατροφή του είδους *Vimba melanops*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.13 Weight contribution (W%) of each food category per total length (TL, cm) class to the diet of the species *Vimba melanops*, Lake Volvi, 2005-2006.

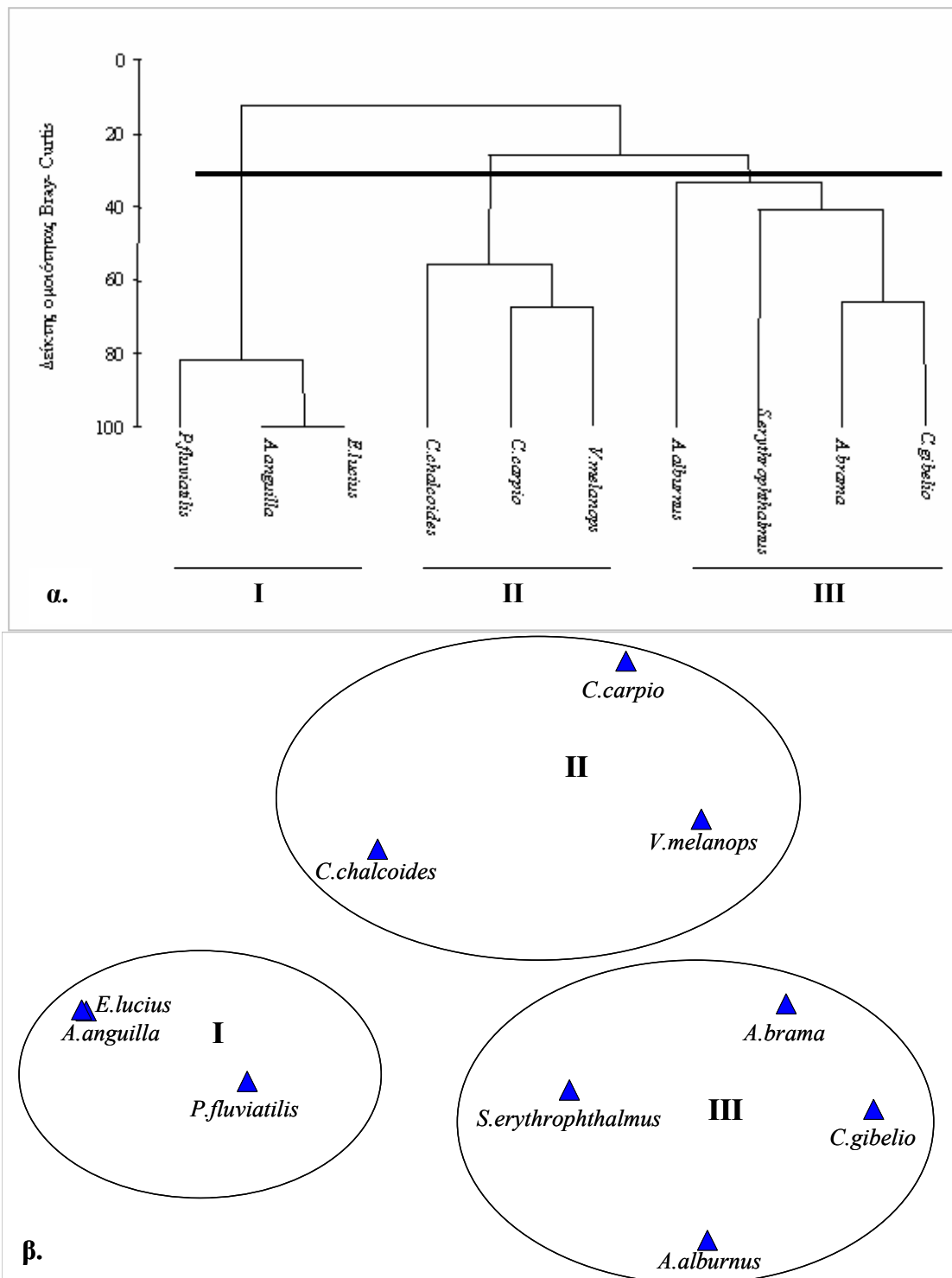
4.5 Πολυμεταβλητή ανάλυση

Με βάση την ποσοστιαία κατά βάρος σύνθεση της διατροφής όλων των ειδών (Πίνακας 4.8) έγινε η ανάλυση δένδρογράμματος (CLUSTER) και η ανάλυση σε πολλαπλές διαστάσεις (MDS). Στις αναλύσεις συμπεριλήφθηκαν και τα είδη *A. anguilla*, *E. lucius* και *C. chalcaburnus* από τα οποία υπήρχαν ελάχιστα άτομα, καθώς η διατροφή τους στην παρούσα εργασία συμφωνεί με την πλειονότητα των πληροφοριών από τη βιβλιογραφία (Froese & Pauly 2006).

Στην ανάλυση δένδρογράμματος (Εικ. 4.15.α) ξεχωρίζουν τρεις ομάδες σε επίπεδο σημαντικότητας 33%. Η πρώτη (I) περιλαμβάνει τα είδη *A. anguilla*, *E. lucius* και *P. fluviatilis*, η δεύτερη (II) τα είδη *C. chalcoides*, *C. carpio* και *V. melanops* και η τρίτη (III) τα είδη *A. alburnus*, *S. erythrophthalmus*, *A. brama* και *C. gibelio*. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με την ανάλυση πολλαπλών διαστάσεων (Εικ. 4.15.β). Ο συντελεστής συμπίεσης $r=0,08$ δείχνει ικανοποιητική απεικόνιση.

Από την ανάλυση ομοιομορφίας βρέθηκαν οι σημαντικότερες κατηγορίες τροφής καθώς και τα ποσοστά με τα οποία συνεισέφεραν αυτές στην ομοιομορφία και ανομοιομορφία των ομάδων (Πίνακες 4.8 και 4.9 αντίστοιχα). Στην ομοιομορφία της ομάδας I συνεισέφεραν αποκλειστικά τα ψάρια, στην ομάδα II κυρίως τα ψάρια και τα αρθρόποδα και στην ομάδα III κυρίως τα θρύμματα και το ζωοπλαγκτό (Πίνακας 4.8). Αυτές οι κατηγορίες τροφής είναι αντίστοιχα και οι επικρατέστερες στη διατροφή των ειδών της κάθε ομάδας (Πίνακας 4.7, Εικ. 4.2). Στην ανομοιομορφία μεταξύ των

ομάδων I-II και I-III συνεισέφεραν κυρίως τα ψάρια και μεταξύ των ομάδων II-III τα αρθρόποδα (Πίνακας 4.9).



Εικόνα 4.15 α. Ανάλυση δενδρογράμματος (CLUSTER) και **β.** ανάλυση σε πολλαπλές διαστάσεις (MDS), με βάση το δείκτη ομοιότητας Bray-Curtis της κατά βάρος σύστασης της τροφής των ψαριών, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Table 4.15 α. Dendrogram for group-average clustering and **β.** Multidimensional scaling ordination (MDS), based on Bray-Curtis similarities between weight contribution of diet of species, Lake Volvi, 2005-2006.

Πίνακας 4.8 Ανάλυση ποσοστιαίας ομοιότητας (SIMPER) για τις τρεις κύριες ομάδες της πολυμεταβλητής ανάλυσης. Συμ%= ποσοστιαία συμμετοχή και Αθρ%= αθροιστική ποσοστιαία συμμετοχή των κατηγοριών τροφής στην ομοιομορφία μέσα στις ομάδες.

Table 4.8 Simper analysis. Contribution of each food category to the average Bray-Curtis similarity (%) within each of the three main groups indicated by multivariate analysis. Συμ.%= percentage contribution and Αθρ.%= cumulative percentage contribution.

Ομάδα I (μέση ομοιομορφία 87,85)		
Κατηγορία τροφής	Συμ.%	Αθρ.%
ψάρια	100	100
Ομάδα II (μέση ομοιομορφία 59,52)		
Κατηγορίες τροφής	Συμ.%	Αθρ.%
αρθρόποδα	90,55	90,55
Ομάδα III (μέση ομοιομορφία 41,29)		
Κατηγορίες τροφής	Συμ.%	Αθρ.%
θρύμματα	46,22	46,22
ζωοπλαγκτό	24,59	70,81
αρθρόποδα	17,57	88,38
Chironomidae	6,5	94,88

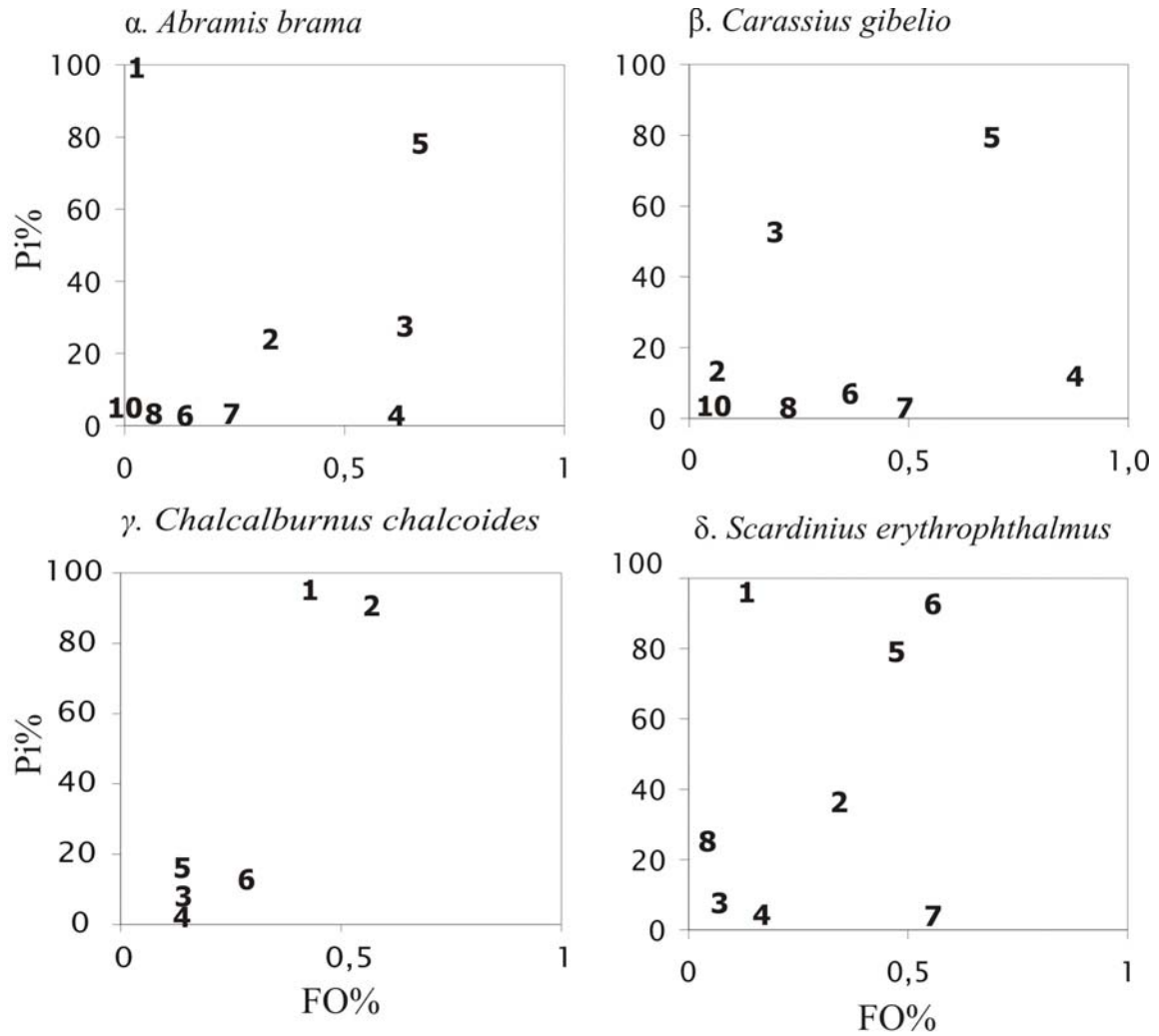
Πίνακας 4.9 Ανάλυση ποσοστιαίας ανομοιότητας (SIMPER) για τις τρεις κύριες ομάδες της πολυμεταβλητής ανάλυσης. Συμ%= ποσοστιαία συμμετοχή και Αθρ%= αθροιστική ποσοστιαία συμμετοχή των κατηγοριών τροφής στην ανομοιομορφία μέσα στις ομάδες.

Table 4.9 Simper analysis. Contribution of each food category to the average Bray-Curtis unsimilarity (%) within each of the three main groups indicated by multivariate analysis. Συμ.%= percentage contribution and Αθρ.%= cumulative percentage contribution.

Ομάδες I & II (Μέση ανομοιομορφία 82,89)		
Κατηγορίες τροφής	Συμ.%	Αθρ.%
ψάρια	48,18	48,18
αρθρόποδα	38,48	86,66
θρύμματα	5,51	92,17
Ομάδες II & III (Μέση ανομοιομορφία 74,01)		
Κατηγορίες τροφής	Συμ.%	Αθρ.%
αρθρόποδα	37,36	37,36
ζωοπλαγκτό	19,05	56,41
θρύμματα	17,18	73,59
ψάρια	10,29	83,88
Chironomidae	7,89	91,77
Ομάδες I & III (Μέση ανομοιομορφία 91,44)		
Κατηγορίες τροφής	Συμ.%	Αθρ.%
ψάρια	49,31	49,31
θρύμματα	17,61	66,92
ζωοπλαγκτό	15,01	81,93
Chironomidae	6,20	88,13
μακρόφυτα	5,84	93,98

4.6 Στρατηγική διατροφής

Τα είδη που εξετάστηκαν παρουσίασαν διαφορές όχι μόνο ως προς τη σύνθεση της διατροφής τους αλλά και στη στρατηγική διατροφής που ακολουθούν (Εικ.4.16). Έτσι τα περισσότερα είδη εμφάνισαν περισσότερο μικτή παρά γενικευμένη ή εξειδικευμένη στρατηγική διατροφής. Είχαν δηλαδή ποικίλους βαθμούς εξειδίκευσης και γενίκευσης. Υπάρχουν κατηγορίες τροφής που προτιμούνταν περισσότερο, είτε από το συνολικό πληθυσμό, αλλά σε χαμηλά ποσοστά κατά βάρος συμμετοχής, είτε από λίγα άτομα, αλλά σε υψηλά ποσοστά (υψηλή συνεισφορά στην ατομική διατροφή, BPC between-phenotype component). Πιο αναλυτικά, το είδος *A. brama*, (Εικ. 4.16α) ενώ παρουσίασε μικτή διατροφή, φαίνεται ότι τα θρύμματα ήταν κυρίαρχη κατηγορία στη διατροφή του και τα Chironomidae είχαν υψηλή συμμετοχή στη διατροφή του πληθυσμού. Στο ίδιο είδος τα ψάρια βρέθηκαν να έχουν υψηλή συνεισφορά στην ατομική διατροφή. Το *C. gibelio* (Εικ. 4.16β), ενώ και αυτό εμφάνισε σχετικά γενικευμένη διατροφή, προτιμούσε τα θρύμματα, ενώ και το ζωοπλαγκτό επιλέγονταν από πολλά άτομα, αλλά σε μικρότερα ποσοστά κατά βάρος. Τα είδη *C. chalcoides* (Εικ. 4.16γ) και *S. erythrophthalmus* (Εικ. 4.16δ) είχαν και αυτά μικτή στρατηγική διατροφής και το *V. melanops* αν και παρουσίασε προτίμηση ως προς τα αρθρόποδα, ωστόσο δεν παρουσίασε μεγάλη εξειδίκευση στη διατροφή του (Εικ. 4.16ε). Τέλος, τα είδη *C. carpio* (Εικ. 4.16στ) και *P. fluviatilis* (Εικ. 4.16ζ) παρουσίασαν εξειδικευμένη διατροφή, επιλέγοντας τα αρθρόποδα και τα ψάρια αντίστοιχα. Το *A. alburnus* (Εικ. 4.16η) εμφάνισε και αυτό εξειδίκευση στη διατροφή του, επιλέγοντας κυρίως ζωοπλαγκτό, παράλληλα όμως έδειξε και υψηλή μεταξύ των ατόμων του είδους εξειδίκευση, με τα ψάρια, τα αρθρόποδα και τα Chironomidae να έχουν μεγάλη συνεισφορά στην ατομική διατροφή και όχι στη διατροφή του πληθυσμού.

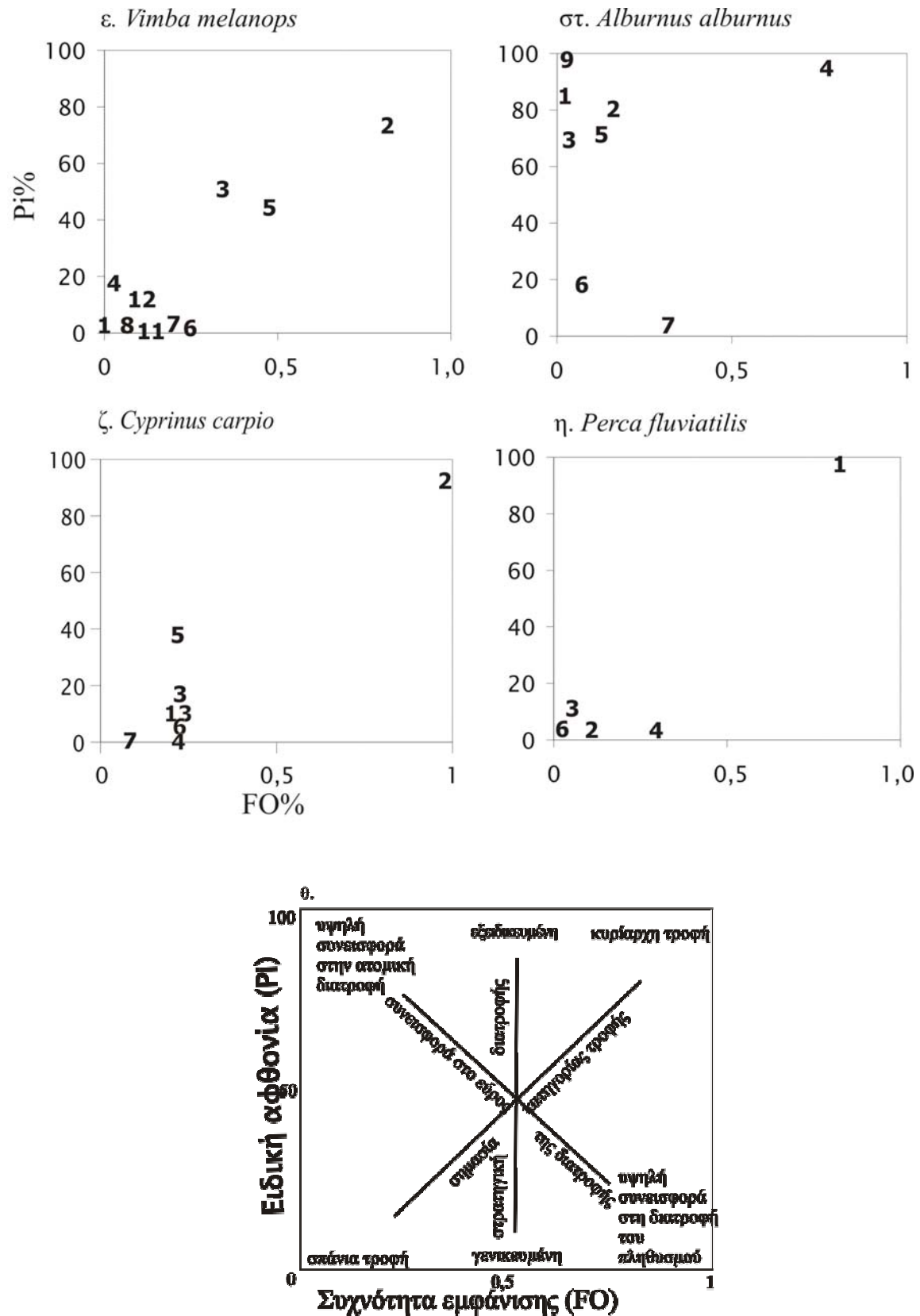


Εικόνα 4.16 Διάγραμμα στρατηγικής της διατροφής των ειδών, λίμνη Βόλβη, 2005-2006. Pi%: ειδική αφθονία κάθε κατηγορίας τροφής, FO: συχνότητα εμφάνισης της τροφής αυτής. (συνεχίζεται)

1: ψάρια, 2: αρθρόποδα, 3: Chironomidae, 4: ζωοπλαγκτό, 5: θρύμματα, 6: μακρόφυτα, 7: φυτοπλαγκτό, 8: νηματώδεις, 9: έντομα, 10: οστρακώδη, 11: ολιγόχαιτοι 12: αμφίποδα, 13: δίθυρα. 4.16θ: επεξηγηματικό διάγραμμα (βλ. Εικ.3.3)

Figure 4.16 Feeding strategy diagrams for species, Lake Volvi, 2005-2006. Pi%: specific abundance of each food category, FO: frequency of occurrence of each food category. (to be continued)

1: fishes, 2: arthropods, 3: Chironomidae, 4: zooplankton, 5: detritus, 6: macrophytes, 7: phytoplankton, 8: nematods, 9: insects, 10: ostracods, 11: oligochaits, 12: amphipods, 13: bivalves. 4.16θ. explaining diagram (see Fig.3.3)



Εικόνα 4.16 (ολοκληρώνεται).
Figure 4.16 (completed).

4.7 Τροφικά επίπεδα

Τα τροφικά επίπεδα των ειδών που μελετήθηκαν, όπως αυτά υπολογίστηκαν από τις κατά βάρος συνθέσεις της διατροφής τους (Πίνακας 4.7) και το πρόγραμμα Trophlab δίνονται στον πίνακα 4.10. Το χαμηλότερο τροφικό επίπεδο υπολογίστηκε για το είδος *C. gibelio* ($2,5 \pm 0,22$) και ακολουθούν τα είδη *S. erythrophthalmus* ($2,58 \pm 0,32$) και *A. brama* ($2,7 \pm 0,29$), ενώ το υψηλότερο τροφικό επίπεδο για τα είδη *A. anguilla* ($4,5 \pm 0,8$) και *E. lucius* ($4,5 \pm 0,8$) (Πίνακας 4.10).

Στον πίνακα 4.10 σημειώνεται επίσης το μέσο τροφικό επίπεδο για κάθε είδος που υπολογίστηκε από τις τιμές που αναφέρονται στη FishBase (Froese & Pauly 2006) και αφορούν κυρίως Ευρωπαϊκές χώρες, καθώς και το εύρος των τιμών αυτών. Τα τροφικά επίπεδα που υπολογίστηκαν στην παρούσα έρευνα για τα είδη *A. alburnus*, *C. gibelio*, *E. lucius* και *P. fluviatilis* κυμαίνονται μέσα στο εύρος των τιμών που αναφέρονται στη FishBase. Για το είδος *A. brama* υπολογίστηκε χαμηλότερο τροφικό επίπεδο και για τα είδη *A. anguilla* και *C. carpio* υψηλότερο τροφικό από αυτά που αναφέρονται στη Fishbase. Για τα είδη *C. chalcoides*, *S. erythrophthalmus* και *V. melanops* δε βρέθηκαν υπολογισμένα τροφικά επίπεδα στη βιβλιογραφία.

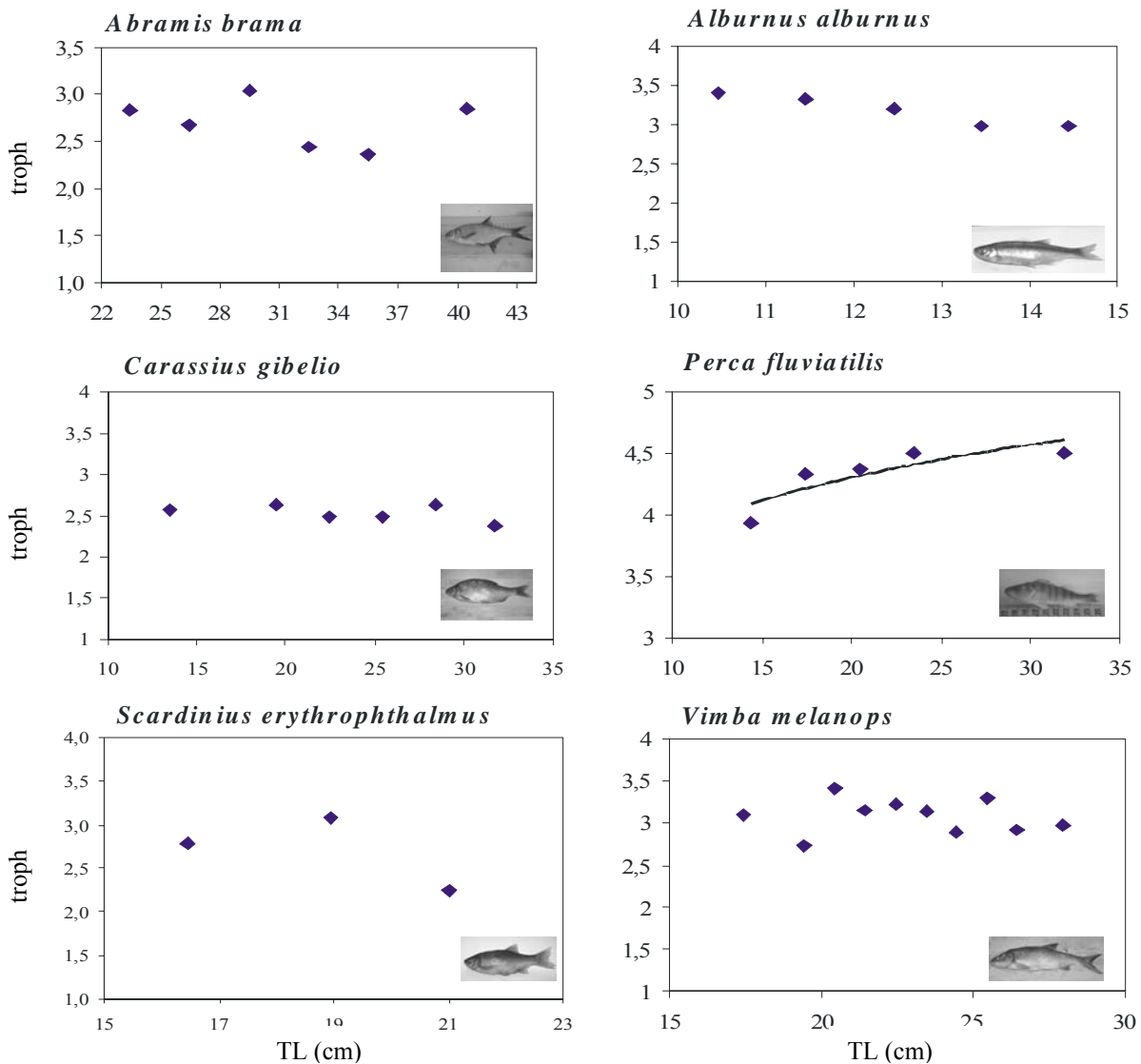
Πίνακας 4.10 Τροφικό επίπεδο (troph) \pm τυπικό σφάλμα (s.e.) των ειδών, λίμνη Βόλβη, 2005-2006, εύρος τροφικών επιπέδων, μέσο τροφικό επίπεδο και πλήθος αναφορών από Froese & Pauly (2006). * συμπεριλαμβάνονται και ανώριμα άτομα.

Table 4.10 Trophic level (troph) \pm s.e. of species, Lake Volvi, 2005-2006. n: number of specimens, range of trophic levels, average trophic level and number of references (N) from Froese & Pauly (2006). * juveniles are included. n: the number of specimens in the present study.

Είδος	αριθμός ατόμων (n)	troph \pm s.e.	εύρος troph FishBase	troph \pm s.e. FishBase	πλήθος αναφορών (N)
<i>A. brama</i>	85	$2,70 \pm 0,29$	2,9-3,2	$3,0 \pm 0,1$	2
<i>A. alburnus</i>	119	$3,00 \pm 0,18$		3,0	1*
<i>A. anguilla</i>	1	$4,50 \pm 0,80$	2,9-3,5	$2,9 \pm 0,6$	2*
<i>C. carpio</i>	9	$3,38 \pm 0,36$	2,1-3,1	$2,6 \pm 0,1$	11*
<i>C. gibelio</i>	113	$2,50 \pm 0,22$	2,5-2,8	$2,5 \pm 0,1$	4
<i>C. chalcoides</i>	7	$3,80 \pm 0,58$			
<i>E. lucius</i>	2	$4,50 \pm 0,80$	3,8-4,5	$4,4 \pm 0,1$	10*
<i>P. fluviatilis</i>	164	$4,28 \pm 0,74$	3,2-4,4	$3,7 \pm 0,3$	4*
<i>S. erythrophthalmus</i>	23	$2,58 \pm 0,32$			
<i>V. melanops</i>	94	$3,13 \pm 0,34$			
Σύνολο	617	$3,44 \pm 0,46$			

4.8 Τροφικά επίπεδα και ολικό μήκος

Προκειμένου να δειχθεί αν μεταβάλλεται το τροφικό επίπεδο με το ολικό μήκος των ειδών, υπολογίστηκε το τροφικό επίπεδο κάθε κλάσης ολικού μήκους. Οι κλάσεις ολικού μήκους που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι ίδιες με αυτές που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο της σύνθεσης της διατροφής. Η σχέση των υπολογιζόμενων τροφικών επιπέδων με το μέσο κάθε κλάσης δίνεται στην εικόνα 4.17.

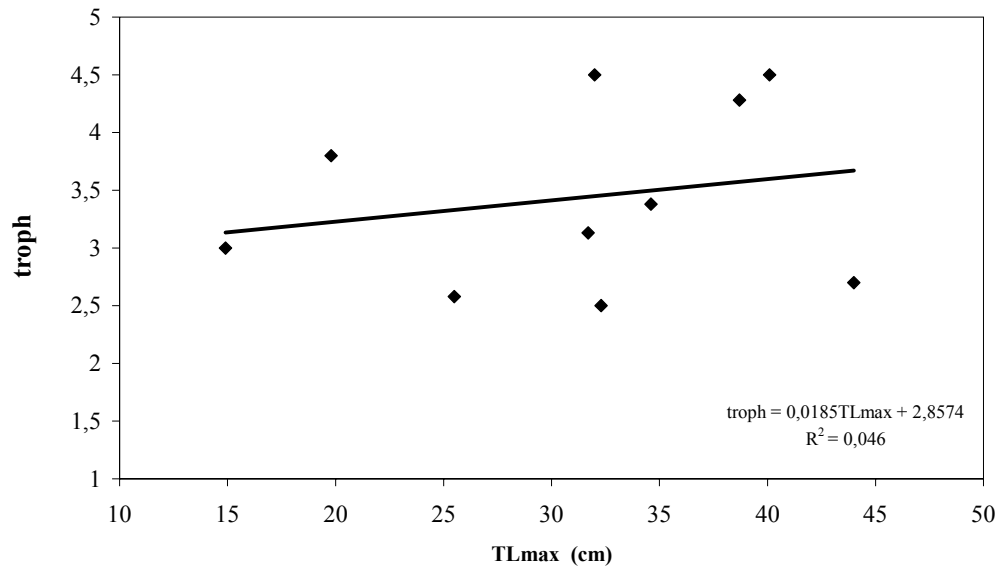


Εικόνα 4.17 Μεταβολή του τροφικού επιπέδου ανά κλάση μήκους (TL, cm) (με το μέσο της κλάσης αυτής) για κάθε είδος, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 4.17 Variation of trophic level per size class (TL, cm) (with the mean of this size class), for each species, Lake Volvi, 2005-2006.

Παρατηρήθηκε ότι στα περισσότερα είδη το τροφικό επίπεδο δεν μεταβάλλεται με το ολικό μήκος. Στα είδη *A. alburnus* και *C. gibelio* εμφανίστηκε μια μικρή πτωτική τάση. Στο *P. fluviatilis* το τροφικό επίπεδο φαίνεται ότι αυξάνει ασυμπτωτικά με το μήκος. Μόνο για το είδος αυτό, για το οποίο βρέθηκε ότι υπάρχει μεταβολή του τροφικού επιπέδου με το ολικό μήκος. Το ασυμπτωτικό τροφικό επίπεδο ($trophL_{\infty}$) για το *P. fluviatilis* είναι $4,7 \pm 0,115$, και ο ρυθμός K με τον οποίο αυτό αποκτιέται είναι $0,143 \pm 0,020$ /έτος ($R: 0,941$).

Στη συνέχεια συσχετίστηκε το μέγιστο ολικό μήκος (TL_{max}) που καταγράφηκε στην παρούσα έρευνα για κάθε είδος (Πίνακας 4.1) με το μέσο τροφικό επίπεδο που υπολογίστηκε για το είδος αυτό. Δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική σχέση ($P > 0,05$) (Εικ. 4.18).



Εικόνα 4.18 Τροφικό επίπεδο των ειδών: *Abramis brama*, *Alburnus alburnus*, *Anguilla anguilla*, *Carassius gibelio*, *Chalcalburnus chalcoides*, *Cyprinus carpio*, *Esox lucius*, *Perca fluviatilis*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Vimba melanops*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006, με το μέγιστο ολικό μήκος τους (TL_{max}) που καταγράφηκε στην παρούσα έρευνα.

Figure 4.18 Trophic level of: *Abramis brama*, *Alburnus alburnus*, *Anguilla anguilla*, *Carassius gibelio*, *Chalcalburnus chalcoides*, *Cyprinus carpio*, *Esox lucius*, *Perca fluviatilis*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Vimba melanops*, Lake Volvi, 2005-2006, with their maximum total length (TL_{max}) that was recorded in the present study.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Εποχική μεταβολή της έντασης της διατροφής

Η εποχική μεταβολή της έντασης της διατροφής αντικατοπτρίζεται από τις μεταβολές του δείκτη κενότητας και του βαθμού πληρότητας. Ο δείκτης κενότητας (Πίνακας 4.2), που είναι ένας αντίστροφος δείκτης της τροφικής δραστηριότητας, είχε τις υψηλότερες τιμές όταν ο βαθμός πληρότητας (Πίνακας 4.3) είχε χαμηλές τιμές και το αντίστροφο. Αυτό συμφωνεί και με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών (Νταουλάς 1981, Πολίτου 1993, Κλεανθίδης 2001).

Οι υψηλές τιμές του δείκτη κενότητας και οι χαμηλές του βαθμού πληρότητας κατά το φθινόπωρο και το χειμώνα πιθανόν σχετίζονται με τις χαμηλές θερμοκρασίες τις εποχές εκείνες. Έχει σημειωθεί θετική σχέση μεταξύ της ποσότητας της τροφής και της θερμοκρασίας του νερού τόσο στο είδος *Alosa macedonica* στη Βόλβη (Κλεανθίδης 2001) όσο και στο *Alburnus alburnus* στην Κορώνεια (Πολίτου 1993).

Άλλος παράγοντας που επηρεάζει την ένταση της διατροφής είναι η αναπαραγωγική περίοδος. Συχνά αναφέρεται ότι τα ψάρια δεν τρέφονται κατά την περίοδο αυτή. Χαμηλή τροφική δραστηριότητα κατά την αναπαραγωγική περίοδο σημειώνεται και για τα θαλάσσια είδη ψαριών *Siganus luridus* (Ανατ. Μεσόγειος, Stergiou 1988), *Pampus argenteus* (Κουβέιτ, Dadzie *et al.* 2000) και *Trachurus trachurus* (Ανατ. Αδριατική, Jardas *et al.* 2004).

Ο Νταουλάς (1981) αναφέρει για το είδος *Rutilus rubilio* στην Τριχωνίδα ότι η τροφική του δραστηριότητα σχετίζεται με την γεννητική ωριμότητα, τα μεγαλύτερα ψάρια τρέφονται λιγότερο γιατί μεγάλο χώρο στη σπλαγγχνική κοιλότητα καταλαμβάνουν οι γονάδες, ενώ τα μικρότερα ψάρια τρέφονται περισσότερο γιατί έχουν αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις.

Σύμφωνα με τους Tsikliras *et al.* (2005) οι χαμηλότερες τιμές του δείκτη κενότητας για το θαλάσσιο είδος *Sardinella aurita* σημειώνονται την άνοιξη και το καλοκαίρι και αυτό συνδέεται με την αναπαραγωγική περίοδο που συμπίπτει με εκείνη την εποχή. Κατά την αναπαραγωγή τα ψάρια χρειάζονται περισσότερη ενέργεια για να ανταπεξέλθουν στις υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις (Wootton 1999). Και στην παρούσα έρευνα οι χαμηλότερες τιμές του δείκτη κενότητας (Πίνακας 4.2) και οι υψηλότερες του βαθμού πληρότητας (Πίνακας 4.3) γενικά, καταγράφηκαν την άνοιξη, τότε δηλαδή που

τα μελετούμενα είδη στη λίμνη Βόλβη βρίσκονται στην αναπαραγωγική τους περίοδο (Απρίλιος-Μάιος) (Κοκκινάκης *et al.* 2000). Πιθανόν, να σχετίζεται η αυξημένη τροφική δραστηριότητα των ψαριών με την αναπαραγωγή, με την επιφύλαξη ότι κάποια είδη ίσως είχαν ολοκληρώσει την αναπαραγωγή τους καθώς οι δειγματοληψίες έγιναν στα τέλη της άνοιξης (κυρίως τέλη Μαΐου).

Οι Morato *et al.* (2000) δε βρήκαν εμφανή σχέση μεταξύ της τροφικής δραστηριότητας του θαλάσσιου είδους *Serranus atricauda* στις Αζόρες (Β.Α. Ατλαντικός) και της αναπαραγωγής του ή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Προτείνουν ότι οι μεταβολές στο βαθμό πληρότητας (υπολογισμένος ως ποσοστό του βάρους της τροφής στο συνολικό βάρος του σώματος) μάλλον σχετίζονται με τα είδη τροφής που καταναλώνονται παρά με οποιονδήποτε άλλο βιοτικό ή αβιοτικό παράγοντα. Στην παρούσα έρευνα το γεγονός ότι σε ορισμένα είδη σημειώθηκε πολύ υψηλότερος δείκτης κενότητας (Πίνακας 4.2) από τα άλλα, πιθανόν να σχετίζεται με τις διατροφικές τους συνήθειες. Τα θρύμματα είναι μια πηγή τροφής που η διαθεσιμότητά της είναι σχεδόν πάντα εξασφαλισμένη (Ahlgren 1990), ενώ η παρουσία του ζωοπλαγκτού και των Chironomidae από την άλλη ποικίλλει ανάλογα με την εποχή (Ζαρφτζιάν 1989 και Οικονομίδης 1991 αντίστοιχα). Και οι Chappaz *et al.* (1999) αποδίδουν το γεγονός ότι το χειμώνα τα άτομα του ζωοπλαγκτοφάγου είδους *A. alburnus* σε μια αλπική λίμνη της Γαλλίας βρέθηκε να έχουν άδεια στομάχια στη μείωση του ζωοπλαγκτού εκείνη την περίοδο. Τα ιχθυοφάγα ψάρια σε λίμνες του Καναδά συνήθως έχουν υψηλούς δείκτες κενότητας (Beaudoin *et al.* 1999) συγκριτικά με τα άλλα είδη. Το ιχθυοφάγο *P. fluviatilis* παρόλα αυτά στην παρούσα έρευνα δεν είχε ιδιαίτερα υψηλό δείκτη κενότητας σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη (Πίνακας 4.2).

Ο βαθμός πληρότητας και ο δείκτης κενότητας είναι πιθανόν να επηρεάζονται και από παράγοντες όπως η ώρα που κάθε είδος παρουσιάζει το μέγιστο της τροφικής του δραστηριότητας, ο ρυθμός πέψης και η ώρα της δειγματοληψίας (Persson 1979, 1982, Πολίτου 1993). Οι Koutrakis *et al.* (2003) αποδίδουν το μεγάλο βαθμό κενότητας του είδους *Rhodeus amarus* στον τρόπο σύλληψής του, που ήταν με δίχτυα και βολκούς που παρέμεναν στο νερό για 24 ώρες. Επίσης, η πέψη της τροφής μετά τη σύλληψη μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια χρήσιμης πληροφορίας για τη διατροφή (Bowen 1996). Ίσως και στην παρούσα έρευνα ο υψηλός δείκτης κενότητας και ο χαμηλός βαθμός πληρότητας να σχετίζονται με τη διάρκεια παραμονής των διχτυών στο νερό. Στο είδος *A. alburnus* εξάλλου, ο δείκτης κενότητας (Πίνακας 4.2) ήταν πολύ χαμηλότερος από ότι στα υπόλοιπα είδη. Πιθανόν αυτό να συνδέεται με το γεγονός ότι τα δίχτυα για το

είδος αυτό παρέμεναν πολύ λιγότερες ώρες από τα υπόλοιπα στο νερό. Ακόμα και το καλοκαίρι όμως ο βαθμός πληρότητας δεν είχε ιδιαίτερα υψηλές τιμές (Πίνακας 4.3). Πιθανόν για αυτό να ευθύνεται ο υψηλός ρυθμός πέψης που σημειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με τον Almeida (2003) ο ρυθμός πέψης έχει θετική εξάρτηση από τη θερμοκρασία και για το λόγο αυτό ο βαθμός πληρότητας είναι χαμηλός και τους θερμούς μήνες.

5.2 Σύνθεση της διατροφής όλων των ειδών

Ορισμένες κατηγορίες τροφής, όπως τα ψάρια, τα θρύμματα, τα αρθρόποδα, τα Chironomidae και το ζωοπλαγκτό παρατηρήθηκαν πιο συχνά και σε μεγαλύτερα ποσοστά κατά βάρος συμμετοχής από άλλες στη διατροφή των ψαριών της παρούσας έρευνας (Πίνακας 4.7). Αυτό μπορεί να είναι ενδεικτικό της προτίμησης των συγκεκριμένων κατηγοριών τροφής, αλλά και αποτέλεσμα της βραδύτερης πέψης των συγκεκριμένων κατηγοριών τροφής συγκριτικά με τις υπόλοιπες. Για παράδειγμα τα καρκινοειδή με χιτινώδη εξωσκελετό, είναι δυνατόν να παραμένουν αναλλοίωτα για μεγαλύτερο διάστημα στο στομάχι (Wootton 1999), ενώ άλλες κατηγορίες τροφής, όπως τα Tubificidae (Kennedy 1969) ή τα πρωτόζωα πέπτονται πιο γρήγορα και αφήνουν λίγα αναγνωρίσιμα κομμάτια στο στομάχι (Bowen 1996). Τα ψάρια που καταναλώνονται από τα ιχθυοφάγα είδη, ακόμα και αν βρίσκονται σε προχωρημένη πέψη, είναι αναγνωρίσιμα χάρη στο σκελετό και τα λέπια τους.

Τα ψάρια επιλέγουν συγκεκριμένες κατηγορίες τροφής με βάση τη διαθεσιμότητά της, αλλά και την ικανότητα και τις προσαρμογές που έχει αναπτύξει κάθε είδος για τη σύλληψη και κατανάλωση ορισμένων κατηγοριών τροφής. Επίσης, συχνά τα είδη διαχωρίζουν τα ενδιααιτήματά τους, ώστε να μπορούν να τρέφονται με τις ίδιες κατηγορίες τροφής και να συνυπάρχουν στο ίδιο σύστημα (Mendelson 1975). Συχνά ο βαθμός αλληλεπικάλυψης της διατροφής των ειδών μπορεί να είναι υψηλός όταν τα είδη ζουν σε διαφορετικά ενδιααιτήματα (Keast 1978).

Σε όλα τα είδη της παρούσας έρευνας παρατηρήθηκε αλληλεπικάλυψη της διατροφής τους σε ένα βαθμό με κάποιο άλλο είδος (Εικ. 4.2). Τα περισσότερα είδη μοιράζονταν ορισμένες κατηγορίες τροφής, όπως τα ψάρια, τα Chironomidae, τα αρθρόποδα και το ζωοπλαγκτό. Πιθανόν, ενώ καταναλώνουν την ίδια ευρύτερη κατηγορία τροφής, όπως για παράδειγμα το ζωοπλαγκτό, να διαφέρουν τα είδη αυτού που καταναλώνει το κάθε είδος ψαριού (Πίνακας 4.5 και 4.6). Οι Wolfram-Wais *et al.* (1999) παρατήρησαν ότι δυο είδη ψαριών (*Lepomis gibbosus* και *Pseudorasbora parva*),

παρά το γεγονός ότι και τα δυο προτιμούν Chironomidae το πρώτο επιλέγει είδη που ζουν στο ίζημα, ενώ το δεύτερο επιφυτικά είδη.

Οι προνύμφες και νύμφες της οικογένειας των Chironomidae γενικά είναι μια κατηγορία τροφής που καταναλώνονταν συχνά και σε υψηλά κατά βάρος ποσοστά από ορισμένα είδη (Πίνακας 4.7). Η αφθονία τους είναι υψηλή στη λίμνη Βόλβη καθόλη τη διάρκεια του έτους, ενώ εμφανίζει τις μέγιστες τιμές στο βένθος κυρίως την ψυχρή περίοδο (Οικονομίδης 1991). Τα είδη *A. brama* και *C. gibelio* είχαν καταναλώσει υψηλότερα ποσοστά Chironomidae την άνοιξη (Εικ. 4.3, Εικ. 4.7). Τότε, σύμφωνα με τον Οικονομίδη (1991) οι νύμφες των Chironomidae αναδύονται και μεταμορφώνονται και κατά την ανάδυσή τους είναι πιο ευάλωτες στη θήρευση από τα ψάρια.

Σχετικά με το ζωοπλαγκτό, γενικά φαίνεται να προτιμούνται και από περισσότερα είδη, αλλά και σε υψηλότερα ποσοστά, τα καρκινοειδή (κλαδοκερωτά και κωπήποδα) σε αντίθεση με τα πολύ μικρότερα σε μέγεθος τροχόζωα (Πίνακας 4.5 και 4.6). Αυτό συμφωνεί και με τη διαπίστωση του Κλεανθίδη (2001) ότι το είδος *A. macedonica* στη Βόλβη δείχνει επιλεκτική προτίμηση στο μεγαλόσωμο ζωοπλαγκτό αλλά και των Brooks & Dodson (1965) για επιλεκτική θήρευση από τα ψάρια στο μεγαλόσωμο ζωοπλαγκτό. Τα τροχόζωα δεν προτιμούνται λόγω του μικρού μεγέθους τους και της χαμηλής τους θερμοδικής αξίας (Sarvala *et al.* 1988).

Η παρουσία του φυτοπλαγκτού ήταν συχνή στα περισσότερα είδη ψαριών στην παρούσα έρευνα, αλλά η κατά βάρος συμμετοχή του σχεδόν αμελητέα, με εξαίρεση το είδος *S. erythrophthalmus* (Πίνακας 4.7). Είναι πιο πιθανό το φυτοπλαγκτό να καταναλώνεται τυχαία μαζί με άλλες κατηγορίες τροφής, παρά να αποτελεί επιθυμητή κατηγορία τροφής από τα ψάρια.

5.3 *Abramis brama*

Για το είδος *A. brama* έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες, λόγω της εμπορικής του αξίας και επειδή είναι ένα κοινό ψάρι στις εύκρατες λίμνες και τα ποτάμια της Ευρασίας. Στην παρούσα έρευνα βρέθηκε ότι η διατροφή του *A. brama* περιελάμβανε σε μεγαλύτερο ποσοστό κατά βάρος θρύμματα (45,5%) και Chironomidae (32,1%) (Πίνακας 4.7). Οι δύο αυτές κατηγορίες καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος στη διατροφή του ίδιου είδους και στη λίμνη Balaton στην Ουγγαρία (Specziár *et al.* 1997). Στη λίμνη Balaton σε προγενέστερη έρευνα δεν έχουν σημειωθεί θρύμματα στη διατροφή του, ενώ οι κυριότερες κατηγορίες τροφής είναι το βένθος (Chironomidae), το ζωοπλαγκτό και τα μαλάκια (κυρίως το γένος *Dreissena*) (Biró *et al.* 1991). Στη λίμνη

Βόλβη παρόλα αυτά δε βρέθηκε να έχει καταναλώσει μαλάκια. Αυτό πιθανόν να συμβαίνει επειδή το δίθυρο *Dreissena polymorpha* που παλαιότερα ήταν άφθονο στη λίμνη, τώρα έχει μειωθεί, όπως αναφέρουν οι τοπικοί ψαράδες και όπως προκύπτει από την απουσία της προνύμφης του στο πλαγκτό την περίοδο 2002-2003 (Σαλβαρίνα 2004).

Η διατροφή του *A. brama* στην παρούσα έρευνα σε γενικές γραμμές συμφωνεί με τις πληροφορίες που παρέχουν στην επισκόπησή τους οι Michel & Oberdorff (1995) για τη διατροφή του είδους σε ευρωπαϊκές λίμνες.

Οι Persson & Hansson (1999) βρήκαν ότι η κατανάλωση βενθικών εντόμων από το είδος αυτό αυξάνεται με την αύξηση του ολικού μήκους του σώματος του ψαριού. Στην παρούσα έρευνα (Εικ. 4.3 και 4.4) όπως και στη λίμνη Balaton (Biró *et al.* 1991, Specziár *et al.* 1997) δε βρέθηκε εμφανές πρότυπο με βάση την εποχή ή το ολικό μήκος, παρά μόνο στη λίμνη Balaton μια τάση να αυξάνει το βένθος όσο αυξάνει το ολικό μήκος (Biró *et al.* 1991). Στην παρούσα έρευνα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή των Chironomidae στη διατροφή του είδους *A. brama* κατά την άνοιξη. Αυτό, όπως προαναφέρθηκε, πιθανά οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την άνοιξη σημειώνεται η ανάδυση και μεταμόρφωση των νυμφών των Chironomidae στη Βόλβη και τότε είναι πιο ευάλωτα στη θήρευση από τα ψάρια (Οικονομίδης 1991).

Οι Specziár *et al.* (1997) προτείνουν ότι η στρατηγική της διατροφής του είδους αυτού είναι μάλλον γενικευμένη και αυτό φαίνεται να συμφωνεί και με τα παρόντα αποτελέσματα. Το ίδιο φαίνεται και από την απεικόνιση με τη βοήθεια της μεθόδου Costello στην παρούσα εργασία (Εικ. 4.16α), αλλά και σ' αυτήν των Specziár *et al.* (1997), όμως ενώ εκεί η κύρια τροφή είναι τα Chironomidae, στη λίμνη Βόλβη ήταν τα θρύμματα.

5.4 *Alburnus alburnus*

Στην παρούσα έρευνα η διατροφή του είδους *A. alburnus* περιελάμβανε κυρίως ζωοπλαγκτό και θρύμματα (Πίνακας 4.7). Η διατροφή του ίδιου είδους ερευνήθηκε και στη γειτονική λίμνη Κορώνεια (Πολίτου 1993) όπου ο ζωοπλαγκτικός χαρακτήρας της διατροφής του είδους είναι πιο έντονος. Στη λίμνη Κορώνεια το *A. alburnus* καταναλώνει σχεδόν αποκλειστικά ζωοπλαγκτό (Πολίτου 1993), ενώ στη λίμνη Βόλβη βρέθηκε να καταναλώνει και άλλες κατηγορίες τροφής όπως θρύμματα, φυτοπλαγκτό, μακρόφυτα, ακόμα και ψάρια (Πίνακας 4.5). Η στενοφαγία του *A. alburnus* στην Κορώνεια είχε αποδοθεί στον ευτροφισμό των νερών και την αφθονία του ζωοπλαγκτού, από το οποίο δεν έλειπαν τα μεγάλωσωμα κλαδοκερωτά (Πολίτου 1993).

Η διαφορά αυτή στη διατροφή του *A. alburnus* στις δυο λίμνες πιθανόν σχετίζεται με τη διαφορετική ποσοτική μέθοδο εκτίμησής της που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε περίπτωση. Στην Κορώνεια χρησιμοποιήθηκε η αριθμητική μέθοδος (Πολίτου 1993), ενώ στην παρούσα έρευνα η μέθοδος του βάρους (Πίνακας 4.7) και όπως είναι αναμενόμενο η πρώτη ευνοεί μικροσκοπικούς οργανισμούς που μπορεί να έχουν μεν μεγάλη αφθονία, το ποσοστό της κατά βάρος συμμετοχής τους όμως είναι μικρό. Έτσι στη λίμνη Κορώνεια φαίνεται πως επικρατεί αποκλειστικά το ζωοπλαγκτό (Πολίτου 1993), ενώ στη λίμνη Βόλβη το ζωοπλαγκτό είχε και πάλι το υψηλότερο ποσοστό συμμετοχής κατά βάρος, αλλά και άλλες κατηγορίες τροφής είχαν αξιοσημείωτα ποσοστά (θρύμματα, αρθρώποδα) (Πίνακας 4.7).

Συμμετοχή στη διατροφή του *A. alburnus* και άλλων κατηγοριών τροφής εκτός του ζωοπλαγκτού, όπως έντομα και φυτοπλαγκτό, έχει αναφερθεί και από τους Vinni *et al.* (2000) σε δυο λίμνες της Φινλανδίας. Και σε αυτή την περίπτωση όμως η συμμετοχή του ζωοπλαγκτού ήταν πολύ μεγαλύτερη (>62% με την ογκομετρική μέθοδο).

Το *A. alburnus* φαίνεται να έχει επικάλυψη στις διατροφικές του συνήθειες στη λίμνη Βόλβη κυρίως με το σχεδόν αποκλειστικά ζωοπλαγκτοφάγο *A. macedonica* (Κλεανθίδης 2001) αλλά και με άλλα είδη ψαριών που καταναλώνουν ζωοπλαγκτό στα νεαρά στάδια.

5.5 *Anguilla anguilla*

Το ένα άτομο του είδους *A. anguilla* που εξετάστηκε είχε καταναλώσει ψάρια (Πίνακας 4.7). Διατροφή με ψάρια, ζωοβένθος και ζωοπλαγκτό αναφέρεται και στη Fishbase (Froese & Pauly 2006) ενώ οι Michel & Oberdorff (1995) χαρακτηρίζουν το είδος ως βενθοφάγο με τάσεις ιχθυοφαγίας. Στην εύτροφη λίμνη Vöörtsjäärn της Εσθονίας το *A. anguilla* (30-83 cm SL) καταναλώνει σχεδόν αποκλειστικά Chironomidae (Kangur *et al.* 1999) και ανταγωνίζεται με τα επίσης βενθοφάγα είδη *A. brama* και *Gymnocephalus cernuus* αν και το καθένα δείχνει μια εξειδίκευση στο προνυμφικό στάδιο των Chironomidae που προτιμά. Οι ίδιοι συγγραφείς προτείνουν ότι προκειμένου να μειωθεί ο τροφικός ανταγωνισμός μεταξύ των βενθοφάγων ειδών στη λίμνη Vöörtsjäärn και να εξασφαλιστεί τροφή για το εμπορικό είδος *A. anguilla* θα μπορούσε να ελεγχθεί ο πληθυσμός του *A. brama*.

5.6 *Carassius gibelio*

Η διατροφή του *C. gibelio* στη λίμνη Βόλβη όπως καταγράφηκε στην παρούσα έρευνα μοιάζει αρκετά με αυτή του ίδιου είδους στη λίμνη Balaton στην Ουγγαρία (Specziár *et al.* 1997). Και στις δυο περιπτώσεις το *C. gibelio* καταναλώνει θρύμματα σε μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής κατά βάρος και έπειτα ζωοπλαγκτό (Πίνακας 4.7, Εικ. 4.7 και 4.8).

Το *C. gibelio* σύμφωνα με τους Specziár *et al.* (1997) εμφανίζει διαφορετική διατροφή από τα υπόλοιπα κυπρινοειδή που εξετάστηκαν. Σε περιοχές όπου τα θρύμματα ήταν άφθονα, όπως η βραχώδης παραλιακή ζώνη και οι καλαμιώνες, έδειχνε εξειδίκευση για αυτά, ενώ σε περιοχές με λιγότερα θρύμματα, όπως το πελαγικό τμήμα της λίμνης καταναλώνει ζωοπλαγκτό.

Επειδή το είδος *C. gibelio* δεν εμφανίζει τροφικό ανταγωνισμό με άλλα κυπρινοειδή (Specziár *et al.* 1997) εμφανίζει γρήγορη αύξηση, γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε διαχειριστικές εφαρμογές.

5.7 *Chalcalburnus chalcoides*

Για τη διατροφή του *C. chalcoides* δεν υπάρχουν διαθέσιμες πολλές πληροφορίες. Συνήθως τρέφεται με ζωοβένθος και ζωοπλαγκτό (Froese & Pauly 2006). Στην παρούσα έρευνα η διατροφή του περιελάμβανε κυρίως αρθρόποδα και ψάρια και σε πολύ μικρό ποσοστό ζωοπλαγκτό (Πίνακας 4.7). Εξαιτίας όμως του μικρού αριθμού ατόμων (Πίνακας 4.1) που εξετάστηκε, τα αποτελέσματα δε θεωρούνται αρκετά αντιπροσωπευτικά. Οι Winkler & Orellana (1992, αδημοσ.στοιχεία των Herzig, Orellana & Winkler) αναφέρουν ότι το *C. chalcoides mento* καταναλώνει κυρίως ζωοπλαγκτό και μερικές φορές και μικρά ψάρια

5.8 *Cyprinus carpio*

Το κοινό και εμπορικό είδος *C. carpio* έχει βρεθεί ότι σε μικρά μεγέθη (<15cm) καταναλώνει κυρίως ζωοπλαγκτό (κωπήποδα και κλαδοκερωτά), ενώ όσο μεγαλώνει διευρύνονται οι τροφικές του προτιμήσεις προς τα γαστερόποδα, οστρακώδη, θρύμματα, αμφίποδα και Chironomidae για τα οποία δείχνει επιλεκτική προτίμηση (Khan 2003). Στην παρούσα έρευνα η κυριότερη κατηγορία τροφής του είδους *C. carpio* ήταν τα αρθρόποδα, αλλά παρουσία στη διατροφή του είχαν και άλλες κατηγορίες τροφής όπως τα θρύμματα και τα δίθυρα μαλάκια (Πίνακας 4.7, Εικ. 4.2). Τα τελευταία δεν είχαν μεγάλο ποσοστό συμμετοχής κατά βάρος στη διατροφή του (2,1%) (Πίνακας 4.7), σε

αντίθεση με τη λίμνη Balaton, όπου το *C. carpio* βρέθηκε ότι καταναλώνει σε μεγαλύτερο ποσοστό κατά βάρος (61,3%) το δίθυρο μαλάκιο *Dreissena polymorpha* (Specziár *et al.* 1997). Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς το *C. carpio* καταναλώνει επίσης θρύμματα, ένα είδος αμφίποδου και προνύμφες Chironomidae. Τα τελευταία ενώ βρίσκονται σε χαμηλά ποσοστά συμμετοχής κατά βάρος είναι παρόντα συνέχεια στη διατροφή του. Αλλά και στη λίμνη Βόλβη τα Chironomidae είχαν μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης (22,2%) συγκριτικά με τη συμμετοχή τους κατά βάρος (2%) (Πίνακας 4.7).

Η αμελητέα κατά βάρος συμμετοχή των φυτών στη διατροφή του *C. carpio* στην παρούσα έρευνα, αποδίδεται πιθανόν στην αφθονία των ζωικής προέλευσης τροφών, όπως δείχθηκε και από τον Khan σε δύο λίμνες της Αυστραλίας (2003). Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι η διατροφή του είδους αυτού ήταν εξειδικευμένη, με προτίμηση για τα αρθρόποδα (Εικ. 4.16ζ). Εξειδικευμένη διατροφή του είδους ως προς το δίθυρο *Dreissena* sp. παρατηρήθηκε και από τους Specziar *et al.* (1997). Σημειώνεται ότι έχει αναφερθεί ότι το *C. carpio* διαθέτει μασητική συσκευή που είναι εξειδικευμένη και ευνοεί επίσης την παμφαγία (Sibbing 1982).

5.9 *Esox lucius*

Η διατροφή του *E. lucius* στην παρούσα έρευνα αποτελούνταν αποκλειστικά από ψάρια. Παρά το μικρό αριθμό του δείγματος (2 άτομα) το αποτέλεσμα αυτό είναι σε πλήρη συμφωνία με αυτό του Keast (1978) (λίμνη Opinicon, Ontario, Καναδάς) και την πλειονότητα των αναφορών στη Fishbase (Froese & Pauly 2006) που αφορούν σε λίμνες της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Επίσης και οι Vander Zanden *et al.* (1997) βρήκαν ότι τα ψάρια αποτελούσαν σε ποσοστό περίπου 80% την τροφή του *E. lucius* σε λίμνες της Βόρειας Αμερικής. Σύμφωνα με τους Beaudoin *et al.* (1999) το είδος αυτό σε λίμνες του Καναδά κατανάλωνε και άλλες κατηγορίες τροφής όπως αμφίποδα και Odonata, αλλά και πάλι το μεγαλύτερο ποσοστό κατά βάρος ήταν τα ψάρια, σε λίμνες όμως που το *E. lucius* ήταν το μοναδικό ψάρι, έτρωγε κυρίως ασπόνδυλα και πολύ λιγότερο ψάρια.

5.10 *Perca fluviatilis*

Το *P. fluviatilis* συμμετέχει στην κοινότητα των ιχθυοφάγων ψαριών στις περισσότερες εύκρατες ευρωπαϊκές λίμνες και γενικά θεωρείται σημαντικός θηρευτής σε λίμνες με υψηλή διαύγεια (Dörner *et al.* 2003). Μπορεί να ελέγξει την αφθονία ψαριών της ηλικίας 0 (Dörner *et al.* 1999) και έτσι να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο

στη δομή της κοινωνίας των ψαριών. Το *P. fluviatilis* είναι ένα από τα είδη των εσωτερικών υδάτων που έχει μελετηθεί αρκετά, πιθανόν λόγω των παραπάνω ιδιοτήτων του και της υψηλής εμπορικής του αξίας. Αρκετές έρευνες έχουν γίνει σχετικά με τις ανταγωνιστικές σχέσεις που αναπτύσσει με άλλα είδη που έχουν τις ίδιες με αυτό τροφικές προτιμήσεις τουλάχιστον σε κάποια φάση της ζωής τους (π.χ. Persson & Hansson 1999, Dieterich *et al.* 2004, Kahl & Radke 2006).

Η διατροφή του *P. fluviatilis* κατά την παρούσα έρευνα γενικά συμφωνεί με τα ευρήματα άλλων ερευνητών για το ίδιο είδος σε λίμνες της Ευρώπης (επισκόπηση από Michel & Oberdorff 1995). Στις περισσότερες περιπτώσεις το *P. fluviatilis* τρέφεται σε μεγαλύτερο βαθμό με ψάρια, όπως και στην παρούσα έρευνα. Τα ψάρια συνιστούσαν το μεγαλύτερο μέρος της διατροφής στα μεγαλύτερα άτομα, ενώ το ζωοπλαγκτό, τα Chironomidae και τα αρθρόποδα συμμετείχαν στη διατροφή των μικρότερων μεγεθών των ατόμων του είδους που εξετάστηκαν στη λίμνη Βόλβη. Αυτές οι κατηγορίες τροφής αναφέρονται για τη διατροφή του είδους και από τους Michel & Oberdorff (1995). Όσο αυξάνεται το μήκος του *P. fluviatilis* τόσο μειώνεται η συμμετοχή των παραπάνω κατηγοριών τροφής, τόσο στην παρούσα έρευνα, όσο και σε έρευνες που αναφέρουν οι Michel & Oberdorff (1995).

Η διατροφή του *P. fluviatilis* διερευνήθηκε και στη λίμνη Δοϊράνη από τον Νεοφύτου (1993) με τη μέθοδο της συχνότητας εμφάνισης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά υψηλότερα ποσοστά στη διατροφή του έχουν τα είδη *Gammarus* spp., *Asellus aquaticus* και τα ψάρια.

Το υψηλό ποσοστό συμμετοχής του ζωοπλαγκτού στη διατροφή του είδους *P. fluviatilis* το καλοκαίρι (Εικ. 4.8) πρέπει να αποδοθεί στη μεγαλύτερη συμμετοχή (63,6%) των ατόμων της πρώτης κλάσης μήκους (TL 12,9-15,9 cm) συγκριτικά με τις υπόλοιπες εποχές (όπου τα άτομα της κλάσης αυτής είχαν συμμετοχή <17%). Το καλοκαίρι το μέσο ολικό μήκος των ατόμων ήταν $15,7 \pm 0,3$ cm, ενώ τις υπόλοιπες εποχές ήταν μεγαλύτερο από 18,9 cm.

Για το *P. fluviatilis* έχει αναφερθεί και κανιβαλισμός (Michel & Oberdorff 1995). Στην παρούσα έρευνα δεν αναγνωρίστηκαν τα ψάρια που βρέθηκαν στα στομάχια, εκτός από ελάχιστα που ήταν σε πολύ καλή κατάσταση και ανήκαν πιθανά στο είδος *A. macedonica* και κάποια άλλα που κατατάχτηκαν με επιφύλαξη στα κυπρινοειδή.

Οι Dörner *et al.* (2003) σύγκριναν τις διατροφικές συνήθειες μεγάλων ατόμων του *P. fluviatilis* σε δύο λίμνες της κεντρικής Ευρώπης με διαφορετικό βαθμό

τροφισμού και συμπέραναν ότι η διαθεσιμότητα τροφής είναι ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει τη διατροφική συμπεριφορά του είδους αυτού, μια και στη μια λίμνη κατανάλωνε περισσότερα Chironomidae, ενώ στην άλλη μικρά ψάρια. Και στις δυο λίμνες η αφθονία των Chironomidae ήταν υψηλή, ενώ στη δεύτερη η αφθονία των μικρών ψαριών ήταν υψηλότερη συγκριτικά με την πρώτη.

Το είδος *P. fluviatilis* είναι σχεδόν το μοναδικό ιχθυοφάγο, με εξαίρεση τα *A. aspius*, *E. lucius* και *A. anguilla* που βρίσκονται σε πολύ μικρούς πληθυσμούς στη λίμνη (Κοκκινάκης *et al.* 2000), δεν υπάρχουν άλλα είδη που καταναλώνουν αποκλειστικά ψάρια. Αυτό σημαίνει ότι το είδος αυτό δεν ανταγωνίζεται για την τροφή του στη λίμνη Βόλβη. Αυτό ισχύει τουλάχιστον για τα μεγάλα άτομα, ενώ τα μικρά άτομα πιθανόν ανταγωνίζονται με άλλα πλαγκτοφάγα ψάρια. Μια πιο λεπτομερής εξέταση όμως του ζωοπλαγκτού που καταναλώνουν έδειξε (Πίνακας 4.6) ότι το *P. fluviatilis* κατανάλωνε μεγάλους αριθμούς του μεγαλόσωμου αρπακτικού κλαδοκερωτού *Leptodora kindtii* το οποίο όμως σπάνια καταναλωνόταν από τα άλλα ζωοπλαγκτοφάγα είδη της παρούσας έρευνας.

5.11 *Scardinius erythrophthalmus*

Το είδος *S. erythrophthalmus* ανταγωνίζεται λιγότερο καλά το συγγενικό του είδος *R. rutilus* και έτσι καταφεύγει συνήθως στην παραλιακή ζώνη, όπου καταναλώνει συνήθως μακρόφυτα και πολύ λιγότερο θρύμματα σε σχέση με το *R. rutilus* και *C. carpio* (Garcia-Berthou & Moreno-Amich 2000).

Η διατροφή του είδους *S. erythrophthalmus* στην παρούσα έρευνα περιελάμβανε κυρίως μακρόφυτα και θρύμματα (Πίνακας 4.7), ενώ παρόμοια διατροφή βρέθηκε για το ίδιο είδος και στην Ισπανία (Garcia-Berthou & Moreno-Amich 2000). Παρά το μικρό αριθμό του δείγματος που εξετάστηκε στην παρούσα έρευνα, το *S. erythrophthalmus* βρέθηκε να καταναλώνει μεγαλύτερη ποικιλία τροφών συγκριτικά με το *Scardinius acarnanicus* στις λίμνες Λυσιμαχία και Τριχωνίδα (Ηλιάδου 1981). Εκεί η διατροφή του περιελάμβανε κυρίως μακρόφυτα και φυτοπλαγκτό. Μακρόφυτα έχουν καταγραφεί στη διατροφή του *S. erythrophthalmus* σε λίμνη της Νέας Ζηλανδίας από τους Lake *et al.* (2002), οι οποίοι σημειώνουν ότι το είδος αυτό αν βρεθεί σε μεγάλους πληθυσμούς και δεν θηρεύεται είναι δυνατόν να προκαλέσει μεταβολές στη βιοκοινωνία των μακρόφυτων. Οι ίδιοι επισημαίνουν ότι καταρρεύσεις των μακρόφυτων και μεταβολή της διαύγειας των νερών συχνά έχουν αποδοθεί στην κατανάλωση μακρόφυτων από το είδος αυτό. Στη λίμνη Βόλβη το *S. erythrophthalmus* βρίσκεται σε πολύ μικρούς

πληθυσμούς (Κοκκινάκης *et al.* 2000), και δεν υπάρχουν ενδείξεις ανάλογων επιπτώσεων λόγω των διατροφικών του συνθηθειών.

Όσον αφορά τώρα τη μεταβολή της διατροφής του με το ολικό μήκος του σώματός του, ο Kane (1995, από Lake *et al.* 2002) βρήκε ότι το ποσοστό κατά όγκο συμμετοχής σε μακρόφυτα αυξάνει με την αύξηση του μήκους, κάτι που παρατηρήθηκε και στην παρούσα έρευνα (για το ποσοστό κατά βάρος συμμετοχής) (Εικ. 4.12).

5.12 *Vimba melanops*

Λίγες πληροφορίες είναι διαθέσιμες για τη διατροφή του *V. melanops* σε άλλα συστήματα. Σύμφωνα με αυτές καταναλώνει βενθικά φύκη και βενθικούς ασπόνδυλους οργανισμούς (για σύνοψη Froese & Pauly 2006). Στην παρούσα έρευνα βρέθηκαν επιπλέον στη διατροφή του και θρύμματα, Chironomidae και ζωοπλαγκτό (Πίνακας 4.7). Από την εποχική ανάλυση της διατροφής του παρατηρήθηκε ότι το *V. melanops* τρώει περισσότερα Chironomidae το καλοκαίρι και το φθινόπωρο και λίγα το χειμώνα, περίοδο κατά την οποία αναφέρονται από τον Οικονομίδη (1991) οι μεγαλύτερες αφθονίες στο βένθος των προνυμφών των Chironomidae.

5.13 Στρατηγική διατροφής

Τα είδη των χαμηλών και μέσων τροφικών επιπέδων συνήθως έχουν μεγαλύτερη πλαστικότητα στη διατροφή τους (Gu *et al.* 1997). Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας γενικά συμφωνούν με αυτό. Δηλαδή, από τα οκτώ είδη των οποίων διερευνήθηκε η στρατηγική διατροφής, το είδος *P. fluviatilis* που είχε υψηλότερο τροφικό επίπεδο (Πίνακας 4.10), έδειξε εξειδικευμένη διατροφή (Εικ. 4.16η). Αντίθετα, τα περισσότερα από τα υπόλοιπα είδη με χαμηλότερα τροφικά επίπεδα (Πίνακας 4.10) εμφάνισαν μικτή στρατηγική διατροφής και πιθανόν ευκαιριακό χαρακτήρα (Εικ. 4.16α-ζ).

Ορισμένα είδη που δείχνουν γενικευμένη διατροφή που περιλαμβάνει διάφορες κατηγορίες τροφής πιθανόν να έχουν και διαφορετικές στρατηγικές σύλληψης ανάλογα με την κάθε τροφή (Vassilopoulou 2006). Όπως σημειώνει ο Uiblein (1992) μετά από πειράματα σχετικά με τη στρατηγική αναζήτησης τροφής σε τέσσερα κυπρινοειδή, τα είδη *C. chalcoides mento* και *Vimba elongata* είναι κατάλληλα προσαρμοσμένα για ευκαιριακή συμπεριφορά και αξιοποίηση του ενδαιτήματός τους σε αντίθεση με το *A. brama* που δεν έχει την ικανότητα να ανταποκρίνεται τόσο αποτελεσματικά σε γρήγορα

μεταβαλλόμενες συνθήκες. Ο Uiblein (1992) καταλήγει ότι τα κυπρινοειδή όταν αναζητούν τροφή, ακολουθούν κανόνες επιλογής της τροφής που είναι ειδικοί για κάθε είδος και σχετίζονται με την ικανότητά τους να ανταποκρίνονται σε γρήγορα μεταβαλλόμενες καταστάσεις και με το βαθμό αναζήτησης της τροφής.

5.14 Τροφικές ομάδες – τροφικά επίπεδα

Η πολυμεταβλητή ανάλυση που έγινε με βάση την ποσοστιαία κατά βάρος σύνθεση της διατροφής στην παρούσα έρευνα, διαχώρισε τα είδη σε τρεις τροφικές ομάδες (Εικ. 4.15). Οι ομάδες αυτές ονομάστηκαν με βάση την κατηγορία τροφής που είχε το μεγαλύτερο ποσοστό στη διατροφή των ειδών κάθε ομάδας που ήταν και οι κατηγορίες τροφής που συνεισέφεραν περισσότερο στην ομοιομορφία μέσα στις ομάδες, όπως έδειξε η ανάλυση ομοιομορφίας (SIMPER) (Πίνακας 4.8).

Οι ομάδες αυτές και το εύρος των τροφικών τους επιπέδων ήταν (I) η ομάδα των ιχθυοφάγων ψαριών που περιλαμβάνει τα είδη *A. anguilla*, *E. lucius* και *P. fluviatilis*, (trophs 4,26-4,50), (II) η ομάδα των παμφάγων ψαριών με έμφαση στα αρθρόποδα που περιλαμβάνει τα είδη *C. chalcoides*, *C. carpio* και *V. melanops*, (trophs 3,13-3,80) και (III) η ομάδα των παμφάγων ψαριών με έμφαση στα θρύμματα και στο ζωοπλαγκτό που περιλαμβάνει τα είδη *A. brama*, *A. alburnus*, *C. gibelio* και *S. erythrophthalmus*, (trophs 2,50-3,00). Τα τροφικά επίπεδα των ειδών, έτσι όπως ομαδοποιήθηκαν από την πολυμεταβλητή ανάλυση της διατροφής τους, δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις μέσα στις ομάδες I και III, ενώ στην ομάδα II το εύρος είναι μεγαλύτερο.

Έρευνες που να διαχωρίζουν τα ψάρια ανάλογα με τη διατροφή τους σε τροφικές ομάδες είναι λιγιστές για τα εσωτερικά νερά. Για τις τροφικές ομάδες αυτές πολύ συχνά χρησιμοποιείται ο όρος feeding ή trophic guilds (Welcomme 2001) για τα ψάρια των εσωτερικών νερών, ενώ οι Stergiou & Karpouzi (2002) χρησιμοποίησαν τον όρο “λειτουργικές τροφικές ομάδες” (functional trophic groups) για να κατατάξουν έναν μεγάλο αριθμό ψαριών της Μεσογείου με βάση το τροφικό τους επίπεδο.

Η κατάταξη των ψαριών της παρούσας έρευνας σε τροφικές ομάδες δε συμφωνεί απόλυτα με την κατάταξη των ίδιων ειδών από άλλους ερευνητές σε άλλα συστήματα. Για παράδειγμα το *C. carpio* κατατάσσεται στα θρυμματοφάγα (Welcomme 2001), ενώ στην παρούσα έρευνα κατατάχθηκε στα παμφάγα με έμφαση στα αρθρόποδα. Αλλά και ο αριθμός των τροφικών ομάδων μπορεί να διαφέρει ανάμεσα σε διαφορετικά οικοσυστήματα. Αυτός καθορίζεται από παράγοντες όπως τα διαθέσιμα τροφικά

αποθέματα, ο αριθμός και η μορφολογική ποικιλότητα των ειδών. Ωστόσο ο βαθμός της ταξινόμησης των κατηγοριών τροφής που μπορεί να διαφέρει μεταξύ των ερευνητών μπορεί να επηρεάσει τον αριθμό των ομάδων που αυτοί θα σχηματίσουν (Pusey *et al.* 1995). Επίσης, η κατάταξη των ειδών σε τροφικές ομάδες συχνά είναι δύσκολη, εξαιτίας ορισμένων χαρακτηριστικών της διατροφικής συμπεριφοράς τους, όπως τις οντογενετικές αλλαγές, τις εποχικές μεταβολές των τροφικών αποθεμάτων αλλά και μεταβολές της διατροφής λόγω μετανάστευσης σε άλλα ενδιαίτηματα (Wootton 1996).

Το τροφικό επίπεδο εκφράζει τη θέση ενός οργανισμού στο τροφικό πλέγμα του οικοσυστήματος όπου διαβιεί. Έτσι είναι εύλογο να διαφέρει το τροφικό επίπεδο του ίδιου είδους σε διαφορετικές περιοχές, ανάλογα με τις διαφορετικές τροφικές προτιμήσεις σε κάθε μία από αυτές. Μεγάλες διαφοροποιήσεις του τροφικού επιπέδου του ίδιου είδους σε διαφορετικά οικοσυστήματα, πιθανόν αποτελούν και μια ένδειξη της πλαστικότητας στις διατροφικές του συνήθειες και του ευκαιριακού του χαρακτήρα. Έτσι λοιπόν η τροφική θέση του πληθυσμού ενός είδους σε ένα οικοσύστημα δεν εκφράζει απαραίτητα και τη θέση άλλων πληθυσμών του ίδιου είδους σε άλλα οικοσυστήματα (Vander Zanden *et al.* 1997). Επομένως και η επίδραση της παρουσίας ενός θηρευτή στο τροφικό πλέγμα μπορεί να διαφέρει από λίμνη σε λίμνη (Vander Zanden *et al.* 1997) και αυτό είναι κάτι που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στις διαχειριστικές προτάσεις.

Γενικά τα τροφικά επίπεδα που υπολογίστηκαν στην παρούσα έρευνα κυμαίνονταν στο εύρος αυτών που αναφέρονται στη FishBase (Froese & Pauly 2006) για τα ίδια είδη σε άλλα συστήματα (Πίνακας 4.10). Εντοπίστηκαν όμως και διαφορές που πιθανόν οφείλονται στη συμμετοχή ανώριμων ατόμων και σε χωροχρονικές μεταβολές στις διατροφικές συνήθειες, τις διαφορετικές μεθόδους που πιθανόν χρησιμοποιήθηκαν από κάθε ερευνητή αλλά και στα διαφορετικά εύρη μηκών που εξετάστηκαν σε κάθε περίπτωση (Karachle & Stergiou 2006). Ο αριθμός των στομαχιών που εξετάζονται βρέθηκε ότι δεν έχει στατιστικά σημαντική σχέση με τη διαφορά ανάμεσα στα τροφικά επίπεδα που υπολογίστηκαν για περίπου 70 είδη ψαριών από το Βόρειο Αιγαίο και τα τροφικά επίπεδα που αναφέρονται για τα είδη αυτά στη FishBase (Karachle & Stergiou 2006). Το τροφικό επίπεδο που υπολογίζεται από μικρό αριθμό ατόμων ενός είδους επομένως είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί, αν δεν υπάρχουν άλλες διαθέσιμες πληροφορίες (Karachle & Stergiou 2006).

Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας διαπιστώθηκε ότι το τροφικό επίπεδο αυξάνει με το ολικό μήκος του σώματος μόνο στο είδος *P. fluviatilis* (Εικ.4.17).

Οι Stergiou & Karpouzi (2002) βρήκαν ότι το τροφικό επίπεδο θαλάσσιων ειδών αυξάνει ασυμπτωτικά με το μήκος και αυτό ισχύει τόσο για άτομα του ίδιου είδους, όσο και μεταξύ των ειδών. Η σχέση αυτή όμως δεν ισχύει πάντα για τα φυτοφάγα είδη (Stergiou & Karpouzi 2002). Στην παρούσα έρευνα βρέθηκε ότι δεν ισχύει ούτε και για τα παμφάγα με προτίμηση στα αρθρόποδα και τα παμφάγα με προτίμηση στα θρύμματα και το ζωοπλαγκτό (Εικ. 4.17). Αυτό πιθανόν οφείλεται στο ότι οι κατηγορίες τροφής που καταλάωναν τα είδη αυτά δεν ανήκουν σε πολύ διαφορετικά τροφικά επίπεδα, σε αντίθεση με τις κατηγορίες τροφής που καταλάωνε το *P. fluviatilis* (Εικ. 4.2 και Πίνακας 4.7). Στην τελευταία περίπτωση η ασυμπτωτική σχέση μεταξύ τροφικού επιπέδου και μήκους ερμηνεύεται με τη θεωρία της επιλογής λείας, σύμφωνα με την οποία στα περισσότερα είδη το μέγεθος της λείας που καταναλώνεται από ένα θηρευτή μπορεί να αυξάνει παράλληλα με την αύξηση του μήκους του θηρευτή (Pauly *et al.* 1998b, Stergiou & Karpouzi 2002). Ο ρυθμός K (Κεφ. 4.7) με τον οποίο υπολογίστηκε ότι θα έφθανε το είδος *P. fluviatilis* στο ασυμπτωτικό τροφικό επίπεδο χαρακτηρίζεται χαμηλός (Froese *et al.* 2000). Όσον αφορά τα είδη της παρούσας έρευνας δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική σχέση ($p > 0,05$) μεταξύ του τροφικού τους επιπέδου και του μέγιστου μήκους τους (Εικ. 4.18).

Τα είδη *A. anguilla*, *C. carpio*, *E. lucius* και *P. fluviatilis*, για τα οποία υπολογίστηκαν τα υψηλότερα τροφικά επίπεδα στην παρούσα έρευνα (Πίνακας 4.10), είναι και αυτά που έχουν υψηλότερη εμπορική αξία και αποτελούν στόχο αλίευσης στη λίμνη Βόλβη (Πίνακας 2.3 και προσ. επικ. με τοπικούς ψαράδες) αν και δεν επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό λόγω της χαμηλής αφθονίας τους στη λίμνη (Πίνακας 2.2). Στα θαλάσσια οικοσυστήματα έχει σημειωθεί μείωση του τροφικού επιπέδου των παγκόσμιων αλιευμάτων ('fishing down marine food webs') επειδή η αλιεία απομακρύνει κυρίως τα μεγάλα σε μέγεθος άτομα που ανήκουν και σε υψηλότερα τροφικά επίπεδα (Pauly *et al.* 1998α). Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας σε συνδυασμό με τα δεδομένα αλιευτικής παραγωγής από τη λίμνη Βόλβη θα ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για τη διερεύνηση του φαινομένου του 'fishing down food webs' στη λίμνη καθώς και στην εφαρμογή μοντέλων διαχείρισης (Ecopath) και πρόβλεψης (Ecosim), λαμβάνοντας υπόψη και άλλες βιολογικές παραμέτρους του συστήματος. Τέλος, η τροφική κατάταξη των ειδών σύμφωνα με τις διατροφικές τους συνήθειες, έρχεται σε συμφωνία με παλαιότερες επιστημονικές (Μπόμπορη & Οικονομίδης 2000) μικρής παρουσίας ανώτερων θηρευτών στη λίμνη, γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται

υπόψη σε μελλοντικούς σχεδιασμούς ενίσχυσης των ιχθυοπληθυσμών με εμπλουτισμούς.

5.15 Συμπεράσματα

❖ Ο δείκτης κενότητας συνολικά για όλα τα είδη της παρούσας έρευνας είχε την τιμή 35,8%.

❖ Ο μέσος βαθμός πληρότητας από όλα τα άτομα των ειδών της παρούσας έρευνας είχε την τιμή $1,6 \pm 0,1$.

❖ Τόσο ο δείκτης κενότητας όσο και ο βαθμός πληρότητας εμφάνισαν εποχικές μεταβολές.

❖ Οι κατηγορίες τροφής που είχαν τις υψηλότερες συχνότητες εμφάνισης ήταν τα ψάρια (≤ 100), τα αρθρόποδα ($\leq 100\%$), το ζωοπλαγκτό ($\leq 89,4\%$), τα θρύμματα ($\leq 69,9\%$), τα Chironomidae ($\leq 63,5\%$), τα μακρόφυτα ($\leq 56,5\%$) και το φυτοπλαγκτό ($\leq 56,5\%$).

❖ Οι κατηγορίες τροφής που είχαν την υψηλότερη κατά βάρος συμμετοχή ήταν τα ψάρια ($\leq 100\%$), τα αρθρόποδα ($\leq 88,9\%$), το ζωοπλαγκτό ($\leq 73,5\%$), τα θρύμματα ($\leq 51,6\%$) και τα Chironomidae ($\leq 32,1\%$).

❖ Στα είδη *A. brama*, *A. alburnus*, *C. gibelio*, *S. erythrophthalmus* και *V. melanops* η σύνθεση της διατροφής παρουσίασε εποχικές διακυμάνσεις.

❖ Το είδος *P. fluviatilis* παρουσίασε μεταβολή της διατροφής του με το ολικό μήκος σώματός του.

❖ Τα είδη *A. brama*, *C. gibelio*, *C. chalcoides*, *S. erythrophthalmus* & *V. melanops* είχαν μικτή στρατηγική διατροφής, ενώ τα *A. alburnus*, *C. carpio* και *P. fluviatilis* έδειξαν εξειδικευμένη διατροφή, σύμφωνα με τη μέθοδο Costello (τροπ. από Amundsen *et al.* 1996).

❖ Το τροφικό επίπεδο των ειδών που εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα κυμάνθηκε από 2,5 (για το είδος *C. gibelio*) μέχρι 4,5 (για τα είδη *A. anguilla* και *E. lucius*).

❖ Μόνο για το ιχθυοφάγο είδος *P. fluviatilis* βρέθηκε ότι το τροφικό επίπεδο αυξάνει ασυμπτωτικά με το ολικό μήκος του. ($\text{troph}_{TL_i} = 0,039 * TL_i + 3,44$)

❖ Δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική σχέση ($p > 0,05$) μεταξύ του τροφικού επιπέδου των ειδών και του μέγιστου μήκους τους όπως καταγράφηκε στην παρούσα έρευνα.

❖ Με βάση την πολυμεταβλητή ανάλυση της κατά βάρος σύνθεσης της διατροφής τους, τα είδη της παρούσας έρευνας χωρίστηκαν σε 3 τροφικές ομάδες:

- ιχθυοφάγα (trophs 4,28-4,50),
- παμφάγα με προτίμηση στα αρθρόποδα (trophs 3,13-3,80),
- παμφάγα με προτίμηση στα θρύμματα και στο ζωοπλαγκτό (trophs 2,50-3,00).

❖ Γενικά, η παρουσία των ανώτερων θηρευτών στην ιχθυοπανίδα της λίμνης Βόλβης ήταν μικρή.

6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ερευνήθηκε η διατροφή ψαριών της λίμνης Βόλβης. Συνολικά αλιεύθηκαν 966 άτομα, από 10 είδη και 4 οικογένειες. Ο δείκτης κενότητας ήταν 34% και ο μέσος βαθμός πληρότητας $1,6 \pm 0,1$ και οι δυο αυτοί δείκτες είχαν εποχικές μεταβολές. Υπολογίστηκε η συχνότητα εμφάνισης (FO%) και η ποσοστιαία κατά βάρος συμμετοχή (W%) της κάθε κατηγορίας τροφής στο σύνολο της τροφής κάθε είδους.

Για τα 6 πιο άφθονα είδη διερευνήθηκε η μεταβολή της διατροφής τους (W%) ανά εποχή και ανά κλάση ολικού μήκους. Στα είδη *Abrama brama*, *Alburnus alburnus*, *Carassius gibelio*, *Scardinius erythrophthalmus* και *Vimba melanops* παρατηρήθηκαν εποχικές μεταβολές στη διατροφή τους και στο είδος *Perca fluviatilis* καταγράφηκε μεταβολή της διατροφής του με το ολικό μήκος. Η διερεύνηση της στρατηγικής της διατροφής έδειξε ότι τα είδη *A. alburnus*, *Cyprinus carpio* και *P. fluviatilis* είχαν εξειδικευμένη διατροφή και τα *A. brama*, *C. gibelio*, *Chalcalburnus chalcoides*, *S. erythrophthalmus* και *V. melanops* μικτή στρατηγική διατροφής.

Υπολογίστηκε το τροφικό επίπεδο κάθε είδους, με βάση την κατά βάρος σύνθεση της διατροφής, που κυμάνθηκε από 2,5 (για το *C. gibelio*) μέχρι 4,5 (για τα *A. anguilla* και *E. lucius*). Διερευνήθηκε η μεταβολή του τροφικού επιπέδου με το ολικό μήκος για τα 6 πιο άφθονα είδη και βρέθηκε ότι μόνο για το είδος *P. fluviatilis* το τροφικό επίπεδο αυξάνεται ασυμπτωτικά με το μήκος. Το τροφικό επίπεδο των ειδών δε βρέθηκε να έχει στατιστικά σημαντική σχέση με το μέγιστο ολικό μήκος τους, όπως αυτό καταγράφηκε στην παρούσα έρευνα. Η πολυμεταβλητή ανάλυση (ανάλυση δένδρογράμματος και ανάλυση σε πολλαπλές διαστάσεις) επί την κατά βάρος σύνθεση της διατροφής ομαδοποίησε τα είδη σε 3 τροφικές ομάδες. Οι ομάδες με βάση τις κατηγορίες τροφής που συνεισέφεραν περισσότερο στη διατροφή των ειδών κάθε ομάδας ονομάστηκαν ως εξής: παμφάγα με προτίμηση στα θρύμματα και το ζωοπλαγκτό (troph 2,5-3,0), παμφάγα με προτίμηση στα αρθρόποδα (troph 3,13 -3,80) και ιχθυοφάγα (troph 4,28-4,5). Γενικά, η παρουσία των ανώτερων θηρευτών (ιχθυοφάγα ψάρια) στη λίμνη ήταν μειωμένη. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό και με άλλα δεδομένα (π.χ. αλιευτικής παραγωγής) στη διαχείριση του συστήματος της λίμνης Βόλβης.

7. ABSTRACT

In the present study the diet of fishes from Lake Volvi was studied. In total 966 specimens were caught belonging to 10 species and 4 families. The total vacuity index was 34% and the mean fullness index 1.6 ± 0.1 . Both exhibited seasonal changes. The frequency of occurrence (FO%) and the percentage of weight contribution (W%) of each food category to the total weight of food for each species were calculated. The latter was further calculated per season and per total length class for the 6 most abundant species.

Seasonal changes in the diet of *Abramis brama*, *Alburnus alburnus*, *Carassius gibelio*, *Scardinius erythrophthalmus* and *Vimba melanops* were recorded while for *Perca fluviatilis* the diet varied with the total length. The analysis of feeding strategy showed that species *A. alburnus*, *C. carpio* and *P. fluviatilis* had specialized feeding strategy and the species *A. brama*, *C. gibelio*, *C. chalcoides*, *S. erythrophthalmus* and *V. melanops* showed mixed feeding strategy.

The trophic level for each species was calculated based on the weight contribution of diet. It ranged from 2.5 (for *C. gibelio*) to 4.5 (for *A. anguilla* and *E. lucius*). The change of trophic level with total length was examined for the 6 most abundant species and it was found that only for species *Perca fluviatilis* it increased asymptotically. No statistically significant relationship was found between the trophic level and the maximum total length of each species. Multivariate analysis (cluster analysis and multidimensional scaling) of diet weight composition grouped the species into 3 trophic groups. These groups according to the food categories that contributed the most to the diet of species of each group were named as follow: omnivores with preference to detritus and zooplankton (troph 2.5-3.0), omnivores with preference to arthropods (troph 3.13-3.80) and piscivores (troph 4.28-4.5). In general the presence of top predators (piscivorous fishes) in lake Volvi was low. The results of the present study can be used together with other data (e.g. fish landings) for the management of the lake Volvi.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

8.1. Ελληνόγλωσσα βιβλιογραφία

- Βαλούκας, Β.Α., 1999. Βιολογία, δυναμική, και εκτίμηση του πληθυσμού του είδους *Abramis brama* (Pisces, Cyprinidae) της Λίμνης Βόλβης. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 277 σελ.
- Γιάπης, Α.-Ι., 2003. Οικολογική μελέτη του σπαρακιού (*Lepomis gibbosus* (L.) στη λίμνη Κερκίνη. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 232σελ.
- Γκέλης, Σ., Μιχαλούδη, Ε., Βαρδάκα, Ε., Κατσιάπη, Μ., Παντελιδάκης, Κ., Λαναράς, Θ. & Μουστάκα-Γούνη, Μ., 2004. Λίμνες Βόλβη-Κορώνεια: Σταθερότητα; 1^ο Συμπόσιο Συμβουλίου Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 11-12 Νοεμβρίου 2004.
- Ζαρφτζιάν, Μ.Ε., 1989. Εποχικές διακυμάνσεις και χωρική κατανομή των πλαγκτικών ασπονδύλων της Λίμνης Βόλβης. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 249 σελ.
- Ηλιάδου, Κ., 1981. Συμβολή στη βιολογία των ψαριών *Scardinius erythrophthalmus* και *Parasilurus aristotelis* των λιμνών Λυσιμαχία και Τριχωνίδα. Διατριβή επί διδακτορία. Πανεπιστήμιο Πάτρας. 180 σελ.
- Καραχλέ, Π.Κ. & Στεργίου, Κ.Ι., 2006α. Σχέση ανάμεσα στο μήκος εντέρου, τη διατροφή και το τροφικό επίπεδο για μερικά είδη ψαριών στο Β-ΒΔ Αιγαίο. 8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Θεσσαλονίκη 4-8 Ιουνίου 2006.
- Καραχλέ, Π.Κ. & Στεργίου, Κ.Ι., 2006β. Τροφικά επίπεδα για μερικά είδη ψαριών από το Β-ΒΔ Αιγαίο 8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Θεσσαλονίκη 4-8 Ιουνίου 2006.
- Κατσιάπη, Σ., 2004. Μεταβολές στην επικράτηση των πλαγκτικών κυανοβακτηρίων στη λίμνη Βόλβη κατά τη θερινή περίοδο του 2002. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας Α.Π.Θ., 90 σελ.
- Κλεανθίδης, Π., 2001. Βιολογία της αναπαραγωγής, τροφικές συνήθειες και δυναμική πληθυσμού του ενδημικού ψαριού *Alosa macedonica* (Vinciguerra, 1921) της

- λίμνης Βόλβης. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 352 σελ.
- Κοκκινάκης, Α., 1992. Συγκριτική μελέτη της βιολογίας και της δυναμικής του ψαριού *Chalcalburnus chalcoides macedonicus* Stephanidis, 1971 (Pisces: Cyprinidae) των συστημάτων Βόλβης και Βιστονίδας. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης., 261 σελ.
- Κοκκινάκης, Α., Κριάρης, Ν. & Σίνης, Α., 2000. Μελέτη ιχθυοπανίδας και καθορισμού «κλειστών περιοχών»/οριοθέτηση αλιευτικών ζωνών και αντιμετώπισης της αμφίδρομης κίνησης των ψαριών στις λίμνες Κορώνεια και Βόλβη και των χειμάρρων αυτών. ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. / ΙΝ.ΑΛ.Ε / Α.Π.Θ. Τελική Έκθεση, 227 σελ.
- Μιχαλούδη, Ε., 1997. Σύνθεση των ειδών, αφθονία και βιομάζα των ζωοπλαγκτικών οργανισμών της Μικρής Πρέσπας. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 199 σελ.
- Μουστάκα, Μ., 1988. Εποχιακές διακυμάνσεις, ετήσια περιοδικότητα και χωρική κατανομή των φυτοπλαγκτικών πληθυσμών της λίμνης Βόλβης. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 230 σελ.
- Μπόμπορη, Δ. & Οικονομίδης, Π.Σ., 2000. Αλιευτική διαχείριση της Βόλβης. Θεωρητικές και πρακτικές προσεγγίσεις. 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων. Διαχείριση αλιευτικών πόρων και υδατοκαλλιεργειών. Μεσολόγγι 20-23 Ιανουαρίου 2000, σελ. 157-160.
- Νεοφύτου, Χ., 1993. Οικολογική μελέτη της πέρκης (*Perca fluviatilis* L.) στη λίμνη Δοϊράνη. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 4 (3): 38-47.
- Νταουλάς, Χ., 1981. Συμβολή στη βιολογία του *Rutilus rubilio* (Bonaparte, 1837), (PISCES: Cyprinidae), της Τριγωνίδας. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 143 σελ.
- Νταουλάς, Χ. & Κουσουρής, Θ., 1984. Ημερήσιος ρυθμός διατροφής του *Rutilus pleurobipunctatus*, Stephanidis (Pisces, Cyprinidae) στη λίμνη των Κρεμαστών. Α' Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Αθήνα, 14-17 Μαΐου 1984, σελ. 559-564.
- Νταουλάς, Χ. & Οικονόμου, Α.Ν., 2000. Οικολογικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του *Gasterosteus aculeatus* L., στη Φθιώτιδα. 9^ο Πανελλήνιο συνέδριο Ιχθυολόγων, Μεσολόγγι, 20-23 Ιανουαρίου 2000. σελ. 161-164.

- Οικονομίδης, Γ.Β., 1991. Βιονομική μελέτη της βενθικής μακροπανίδας της λίμνης Βόλβης. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 211 σελ.
- Οικονόμου, Α.Ν., 2000. *Pseudophoxinus stymphalicus*: ένα «επιτυχημένο» ψάρι των γλυκών νερών της Ελλάδας. 9^ο Πανελλήνιο συνέδριο Ιχθυολόγων, Μεσολόγγι, 20-23 Ιανουαρίου 2000. σελ. 169-172.
- Οικονόμου, Α.Ν., Νταουλιάς Χ. & Στουμπούδη, Μ.Θ., 1997. Στοιχεία της βιολογίας του *Leuciscus cephalus albus* στη φραγμαλίμνη του Μόρνου. Πρακτικά 5^{ου} Πανελλήνιου Συμπόσιου Ωκεανογραφίας & Αλιείας. Καβάλα 15-18 Απριλίου 1997. σελ. 265-268.
- Παπαστεργιάδου, Ε.Σ., 1990. Φυτοκοινωνιολογική και οικολογική μελέτη των υδρόβιων μακροφυτών (υδρόφυτων), στη Βόρεια Ελλάδα. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 266 σελ.
- Παυλίδης, Γ., Γκούτνερ, Β., Ζαρφτζιάν, Μ., Διαμαντόπουλος, Ι., Τζώρτζη, Π., Κόκκας, Δ., Εμινόγλου, Χ., 1984. Πρόγραμμα οριοθέτησης υγροτόπων σύμβασης Ramsar. Α΄ φάση, Υγροβιότοπος λιμνών Κορώνειας-Βόλβης. Δ/ση Περιβάλλοντος ΥΧΟΠ, 146 σελ.
- Πολίτου, Χ.Γ., 1993. Βιολογία και δυναμική του ψαριού *Alburnus alburnus* (L., 1758) στη λίμνη Κορώνεια. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 123 σελ.
- Σαλβαρίνα, Ι., 2004. Δυναμική των ζωοπλαγκτικών πληθυσμών στη λίμνη Βόλβη. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Βιολογίας Α.Π.Θ., 59 σελ.
- Σαλβαρίνα, Ι., Μιχαλούδη, Ε. & Σίνης, Α., 2005. Τι έχει αλλάξει στη ζωοπλαγκτική κοινωνία της λίμνης Βόλβης τα τελευταία 18 χρόνια; 12^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων. Δράμα. 13-16 Οκτωβρίου. σελ. 270-273.
- Σίνης, Α.Ι., 1981. Η αυτοοικολογία του ενδημικού είδους *Alosa (Caspialosa) macedonica* (Vinciguerra), (Pisces: Clupeidae), της λίμνης Βόλβης. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 198 σελ.
- Υπουργείο Γεωργίας, 2001. Αλιευτική διαχείριση λιμνών (φυσικών και τεχνητών) και αξιοποίηση των υδάτινων πόρων σε ορεινές και μειονεκτικές περιοχές των νομών: Ροδόπης, Φλώρινας, Πέλλας, Κιλκίς, Σερρών, Ιωαννίνων, Ευρυτανίας, Κοζάνης, Καρδίτσας, Καστοριάς, Θεσσαλονίκης, Αιτωλοακαρνανίας, Βοιωτίας, Αρκαδίας, Ηλείας, Αχαΐας, Γρεβενών, Θεσπρωτίας, Ημαθίας, Άρτας.

Επιχειρησιακό πρόγραμμα PESCA 2001. Κλαδικές Μελέτες. ΤΕΙ Ηγουμενίτσας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, ΕΚΘΕ, ΙΝΑΛΕ.

Ψαρράς, Θ., Μπαρμπιέρι-Τσελίκη Π. & Οικονόμου, Α.Ν., 1997. Πρώτα δεδομένα πάνω στη διατροφή και βιολογία της αναπαραγωγής του *Salaria fluviatilis*. Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συμπόσιου Ωκεανογραφίας & Αλιείας. Καβάλα 15-18 Απριλίου 1997. σελ. 261-264.

Ψιλοβίκος, Α.Α., 1977. Παλαιογεωγραφική εξέλιξις της λεκάνης και της λίμνης της Μυγδονίας (Λαγκαδά-Βόλβης). Διατριβή επί Διδακτορία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 156 σελ.

8.2. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Ahlgren, M.O., 1990. Nutritional significance of facultative detritivory to the juvenile white sucker (*Catostomus commersoni*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 47: 49–54.

Allan, J.D., Abell, R., Hogan, Z., Revenga, C., Taylor, B.W., Welcomme, R.L. & Winemiller, K., 2005. Overfishing of Inland Waters. BioScience 55: 1041-1051.

Almeida, P.R., 2003. Feeding ecology of *Liza ramada* (Risso, 1810) (Pisces, Mugilidae) in a south-western estuary of Portugal. Estuarine, Coastal and Shelf Science 57: 313-323.

Amundsen, P.A., Gabler, H.M. & Staldvik, F.J., 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costelo (1990) method. Journal of Fish Biology 48: 607-614.

Anderson, R.O. & Gutreuter, S.J., 1983. Length, Weight, and Associated Structural Indices. In: Nielsen, L.A. & Johnson D.L. eds. Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland: 283-300.

Beaudoin, C.P., Tonn, W.M., Prepas, E.E., & Wassenaar, L.I., 1999. Individual specialization and trophic adaptability of northern pike (*Esox lucius*): an isotope and dietary analysis. Oecologia 120: 386-396.

Biró, S., Sadek, S.E. & Paulovits, G., 1991. The food of bream (*Abramis brama* L.) in two basins of Lake Balaton of different trophic status. Hydrobiologia 209: 51-58.

Bobori, D. & Economidis, P.S., 2006. Freshwater fishes of Greece: Their biodiversity, fisheries and habitats. Aquatic Ecosystem Health & Management 9 (4): 407-418.

Bohl, E., 1982. Food Supply and Prey Selection in Planktivorous Cyprinidae. Oecologia 53: 134-138.

- Bojsen, B.H., 2005. Diet and condition of three fish species (Characidae) of the Andean foothills in relation to deforestation. *Environmental Biology of Fishes* 73: 61-73.
- Bowen, S.H., 1996. Quantitative description of the diet. In: Murphy BR & Willis DW, eds. *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland: 513-532.
- Bray, J.R. & Curtis, J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- Brooks, J. & Dodson, S.I., 1965. Predation, Body Size and Competition of Plankton. *Science* 150: 28-35.
- Chappaz, R., Doucende, D. & Barthelemy, R., 1999. Patterns of change in zooplankton community structures and the selective feeding of Bleak, *Alburnus alburnus* (L.) in the Serre Ponçon dam between 1980 and 1996. *Hydrobiologia* 391: 127-134.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N., 2001. *PRIMER v5: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth. 91 pp.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M., 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Natural Environment Research Council, UK, 114 pp.
- Cortés, E., 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science* 56: 707-717.
- Costello, M.J., 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology* 36: 261-263.
- Dadzie, S., Abou-Seedo, F. & Al-Qattan, E., 2000. The food and feeding habits of the silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen), in Kuwait waters. *Journal of Applied Ichthyology* 16: 61-67.
- Daoulas, C.C., 1986. Diurnal feeding pattern of *Rutilus alburnoides hellenicus* Stephanides (Pisces, Cyprinidae) in Lake Trichonis, Greece. *Acta Hydrobiologica* 28 (1/2): 749-776.
- Daoulas, C.C. & Economidis, P.S., 1984. The feeding of *Rutilus rubilio* (Bonaparte) (Pisces, Cyprinidae) in lake Trichonis, Greece. *Cybium* 8 (2): 29-38.
- Daoulas, C.C. & Economidis, P.S., 1989., Age, growth and feeding of *Barbus albanicus* Steindachner in the Kremasta Reservoir, Greece. *Archiv für Hydrobiologie* 114 (4): 591-601.

- Dieterich, A., Baumgartner, D. & Eckmann, R., 2004. Competition for food between Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) and ruffe (*Gymnocephalus cernuus* [L.]) over different substrate types. *Ecology of Freshwater Fish* 13: 236-244.
- Dörner, H., Berg, S., Jacobsen, L., Hulsmann, S., Brojerg, M. & Wagner, A., 2003. The feeding behaviour of large perch *Perca fluviatilis* (L.) in relation to food availability: a comparative study. *Hydrobiologia* 505-509: 427-434.
- Dörner, H., Wagner, A. & Benndorf, J., 1999. Predation by piscivorous fish on age-0 fish: spatial and temporal variability in a biomanipulated lake (Bautzen reservoir, Germany). *Hydrobiologia* 408-409: 39-46.
- Economidis, P.S., 1991. Checklist of freshwater fishes of Greece. Recent status of threats and protection. Hellenic Society for the Protection of Nature, 47 pp.
- Economidis, P.S., 1995. Endangered freshwater fishes of Greece. *Biological Conservation* 72: 201-211.
- Economidis, P.S. & Sinis, A.I., 1982. Les poissons du système des lacs Koronia et Volvi (Macédoine, Grèce) considérations systématiques et zoogéographiques. *Biologia Gallo-Hellenica* 9 (2): 291-236.
- Economou, A.N., Daoulas, Ch. & Economidis, P., 1991. Observations on the biology of *Leuciscus 'svallize'* in the Kremasta reservoir (Greece). *Hydrobiologia* 213 (2): 99-111.
- Field, J.G., Clarke, K.R. & Warwick, R.M., 1982. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8: 37-52.
- Froese, R., Palomares, M.L.D. & Pauly, D., 2000. Estimation of Life History Key Facts. In: Froese, R. & D. Pauly, Editors. *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines. 344 pp.
- Froese, R. & Pauly, D. Editors. 2006. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Froese & Pauly 2006, version (10/2006).
- Garcia-Berthou, E., 1999. Food of introduced mosquitofish: ontogenetic diet shift and prey selection. *Journal of Fish Biology* 55: 135-147.
- Garcia-Berthou, E. & Moreno-Amich, R., 2000. Rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) introduced to Iberian peninsula: feeding ecology in Lake Banyoles. *Hydrobiologia* 436: 159-164.
- Greenberg, L.A. & Dahl, J., 1998. Effect of habitat type on growth and diet of brown trout, *Salmo trutta* L., in stream enclosures. *Fisheries Management and Ecology* 5: 331-348.

- Gu, B., Schelske, C.L. & Hoyer, M.V., 1997. Intrapopulation Feeding Diversity in Blue Tilapia: Evidence from Stable-Isotope Analyses. *Ecology* 78: 2263-2266.
- Jang, M.-H., Joo, G.-L. & Lucas, M., 2006. Diet of introduced largemouth bass in Korean rivers and potential interactions with native fishes. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 315-320.
- Jardas, I., Santic, M. & Pallaoro, A., 2004. Diet composition and feeding intensity of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Osteichthyes: Carangidae) in the eastern Adriatic. *Marine Biology* 144: 1051-1056.
- Jennings, S., Reñones, O., Morales-Nin, B., Polunin, N.V.C., Moranta, J. & Coll, J., 1997. Spatial variation in the ¹⁵N and ¹³C stable isotope composition of plants, invertebrates and fishes on Mediterranean reefs: implications for the study of trophic pathways. *Marine Ecology Progress Series* 146: 109-116.
- Hop, H., Gjøsæter, J. & Danielssen, D.S., 1992. Seasonal feeding ecology of cod (*Gadus morhua* L.) on the Norwegian Skagerrak coast. *ICES, Journal of Marine Science* 49: 453-461.
- Hureau, J. C., 1966. Biologie comparée de quelques poissons antartique (Nototheniidae). *Bulletin of the Institute of Oceanography of Monaco* 68, 1-244.
- Hyslop, E.J., 1980. Stomach content analysis- a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17: 411-429.
- Iliadou, K., 1991. Feeding of *Scardinius acarnanicus* Stephanidis, 1939 (Pisces: Cyprinidae) from lakes Lysimachia and Trichonis, Greece. *Journal of Fish Biology* 38: 669-680.
- Kahl, U. & Radke, R.J., 2006. Habitat and food resource use of perch and roach in a deep mesotrophic reservoir: enough space to avoid competition? *Ecology of Freshwater Fish* 15: 48-56.
- Kangur, K., Kangur, A. & Kangur, P., 1999. A comparative study on the feeding of eel, *Anguilla anguilla* (L.), bream, *Abramis brama* (L.) and ruffe, *Gymnocephalus cernuus* (L.) in Lake Vortsjarv, Estonia. *Hydrobiologia* 408/409: 65-72.
- Karachle, P.K & Stergiou, K.I., 2006. Trophic levels of north Aegean Sea fishes and comparisons with those from FishBase. In: Palomares, M.L.D., Stergiou, K.I., Pauly, D. (eds.) *Fishes in Databases and Ecosystems*. Fisheries Centre Research Reports 14 (4): 22-26. Fisheries Centre, University of British Columbia.

- Karpouzi, V. & Stergiou, K.I., 2003. The relationships between mouth size and shape and body length for 18 species of marine fishes and their trophic implications. *Journal of Fish Biology* 62: 1353-1365.
- Kaschner K, Stergiou, K.I., Weingartner, G. & Kumagai, S., 2004. Trophic levels of marine mammals and overlap in resource utilization between marine mammals and fisheries in the Mediterranean Sea. Investigating the roles of cetaceans in marine ecosystems. CIESM Workshop Monograph no 25, 144 pp. (ed. Briand, F.)
- Keast, A., 1978. Trophic and spatial interrelationships in the fish species of an Ontario temperate lake. *Environmental Biology of Fishes* 3: 7-31.
- Kennedy, C.R., 1969. Tubificid oligochaetes as food of dace. *Journal of Fish Biology* 1: 11-15.
- Khan, T.A., 2003. Dietary studies on exotic carp (*Cyprinus carpio* L.) from two lakes of western Victoria, Australia. *Aquatic Sciences* 65: 272-286.
- Kottelat, M., 1997. European freshwater fishes. An heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR) with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. *Biologia, section Zoology, Vol. 52/suppl. 5.* 272 pp.
- Koutrakis, E.T., Kokkinakis, A.K., Tsikliras, A.C. & Eleftheriadis, E.A., 2003. Characteristics of the European Bitterling *Rhodeus amarus* (Cyprinidae) in the Rihios River, Greece. *Journal of Freshwater Ecology* 18: 615-624.
- Lake, M.D., Hicks, B.J., Wells, R.D.S. & Dugdale, T.M., 2002. Consumption of submerged aquatic macrophytes by rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L.) in New Zealand. *Hydrobiologia* 470: 13-22
- Lelek, A., 1987. The freshwater fishes of Europe. Vol. 9. Threatened fishes of Europe/ ed. By the Europ. Committee for the conservation of Nature and Natural Resources, Council of Europe.
- Lindeman, R.L., 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23(4):399-418.
- Mendelson, J., 1975. Feeding Relationships among Species of Notropis (Pisces: Cyprinidae) in a Wisconsin Stream. *Ecological Monographs* 45: 199-232.
- Michel, P. & Oberdorff, T., 1995. Feeding habits of fourteen European freshwater fish species. *Cybiurn* 19 (1): 5-46.
- Morato, T., Santos, R.S. & Andrade, J.P., 2000. Feeding habits, seasonal and ontogenetic diet shift of blacktail comber, *Serranus atricauda* (Pisces:

- Serranidae), from the Azores, north-eastern Atlantic. *Fisheries Research* 49: 51-59.
- Norton, S.F., 1991. Capture success and diet of cottid fishes: the role of predator morphology and attack kinematics. *Ecology* 72 (5): 1807-1819.
- Palomares, M.L. & Sa-a, P., 2000. The diet table. In: Froese, R. & D. Pauly, Editors. 2000. *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines. 344 pp.
- Papageorgiou, N.C., Neophytou, C.N. & Vlachos, C.G., 1984. The age, growth, and reproduction of brown trout (*Salmo trutta fario*) in the Aspropotamos stream. *Acta Hydrobiologica*, 25/26, 451-467.
- Pauly, D., 2000. Herbivory as a low-latitude phenomenon. In: Froese, R. & D. Pauly, Editors. 2000. *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines. 344 pp.
- Pauly, D. & Christensen, V., 1995. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374: 255-257.
- Pauly, D. & Christensen, V., 2000. Trophic level of fishes. In: Froese, R. & D. Pauly, Editors. 2000. *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines. 344 pp.
- Pauly, D, Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres, Jr.F., 1998b. Fishing Down Marine Food Webs. *Science* 279: 860-863.
- Pauly, D., Froese, R. & Palomares, Ma.L., 2000. FISH ON LINE A draft guide to learning and teaching ichthyology using the FishBase information system. FishBase. World Wide Web electronic publication. Froese & Pauly 2000, version 2000.
- Pauly, D., Froese, R. & Rius, J.F., 2000. Trophic Pyramids. In: Froese, R. & D. Pauly, Editors. 2000. *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines. 344 pp.
- Pauly, D, Palomares, Ma.L., Froese, R., Sa-a, P., Vakily, M., Preikshot, D. & Wallace, S., 2001. Fishing down Canadian aquatic food webs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 51-62.
- Pauly, D. & Sa-a, P., 2000. Estimating trophic levels from individual food items. In: Froese, R. & D. Pauly, Eds. 2000. *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines. 344 pp.

- Pauly, D., Trites, A.W., Capuli, E. & Christensen, V., 1998a. Diet composition and trophic levels of marine mammals. *ICES Journal of Marine Science* 55: 467-481.
- Persson, L., 1979. The effects of temperature and different food organisms on the rate of gastric evacuation in perch (*Perca fluviatilis*). *Freshwater Biology* 9: 99-104.
- Persson, L., 1982. Rate of food evacuation in roach (*Rutilus rutilus*) in relation to temperature, and the application of evacuation rate estimates for studies on the rate of food consumption. *Freshwater Biology* 12: 203-210.
- Persson, A. & Bronmark, C., 2002. Foraging capacities and effects of competitive release on ontogenetic diet shift in bream, *Abramis brama*. *Oikos* 97: 271-281.
- Persson, A. & Hansson, L.-A., 1999. Diet shift in fish following competitive release. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 70-78.
- Politou, C.Y., Economidis, P.S. & Sinis, A.I., 1993. Feeding biology of bleak, *Alburnus alburnus*, in Lake Koronia, northern Greece. *Journal of Fish Biology* 43: 33-43.
- Pusey, B.J., Read, M.G. & Arthington, A.H., 1995. The feeding ecology of freshwater fishes in two rivers of the Australian wet tropics. *Environmental Biology of Fishes* 43: 85-103.
- Rezsű, E. & Specziar, A., 2006. Ontogenetic diet shift profiles and size-dependent diet partitioning of ruffe *Gymnocephalus cernuus*, perch *Perca fluviatilis* and pumpkinseed *Lepomis gibbosus* in Lake Balaton. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 339-349.
- Sarvala, J., Rajasilta, M., Hangelin, C., Hirvonen, A., Kiiskilä, M. & Saarikari, V., 1988. Spring abundance, growth and food of 0+ vendace (*Coregonus albula* L.) and whitefish (*C. lavaretus* L. s.1) in Lake Pyhäjärvi, SW Finland. *Finnish Fish. Res.*, 9: 221-233.
- Sibbing, F.A., 1982. Pharyngeal Mastication and Food Transport in the Carp (*Cyprinus carpio* L.): A Cineradiographic and Electromyographic Study. *Journal of Morphology* 172: 223-258.
- Sibbing, F.A. & Nagelkerke, L.A.J., 2001. Resource partitioning by Lake Tana barbs predicted from fish morphometrics and prey characteristics. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10: 393-437.
- Sommer, U., Gliwicz, Z.M., Lampert, W. & Duncan, A., 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh water. *Archiv für Hydrobiologie* 106: 433-471.

- Specziar, A, Tolg, L. & Biró, P., 1997. Feeding strategy and growth of cyprinids in the littoral zone of Lake Balaton. *Journal of Fish Biology* 51: 1109-1124.
- Stergiou, K.I., 1988. Feeding habits of the Lessepsian migrant *Siganus luridus* in the eastern Mediterranean, its new environment. *Journal of Fish Biology* 33: 531-543.
- Stergiou, K.I. & Karpouzi, V.S., 2002. Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 11: 217-254.
- Stergiou, K.I. & Polunin, 2000. *In*: Briand, F. (ed.), *Fishing Down the Mediterranean Food Webs?* Vol. 12. CIESM Workshop Series, 73–78.
- Tsikliras, A.C., Torre, M. & Stergiou, K.I., 2005. Feeding habits and trophic level of round sardinella (*Sardinella aurita*) in the northeastern Mediterranean (Aegean Sea, Greece). *Journal of Biological Research* 3: 67-75.
- Uiblein, F., 1992. Food searching decisions in four cyprinid species. *Environmental Biology of Fishes* 33: 47-52.
- Vander Zanden, M.J., Cabana, G. & Rasmussen, J.B., 1997. Comparing trophic position of freshwater fish calculated using stable nitrogen isotope ratios ($\delta^{15}\text{N}$) and literature dietary data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 1142-1158.
- Vasek, M., Kubecka, J. & Seda, J., 2003. Cyprinid predation on zooplankton along the longitudinal profile of a canyon-shaped reservoir. *Archiv für Hydrobiologie* 156 (4): 535-550.
- Vasek, M. & Kubecka, J., 2004. In situ diel patterns of zooplankton consumption by subadult/adult roach *Rutilus rutilus*, bream *Abramis brama*, and bleak *Alburnus alburnus*. *Folia Zoologica* 53 (2): 203-214.
- Vassilopoulou, V., 2006. Dietary habits of the deep-sea flatfish *Lepidorhombus boscii* in north-eastern Mediterranean waters. *Journal of Fish Biology* 69: 1202-1220.
- Vinni, M., Horppila, J., Olin, M., Ruuhijarvi, J. & Nyberg, K., 2000. The food, growth and abundance of five co-existing cyprinids in lake basins of different morphometry and water quality. *Aquatic Ecology* 34: 421-431.
- Walters, C., 1998. Ecosim and Ecospace: basic considerations. *In*: Pauly (ed.), *Use of Ecopath with Ecosim to evaluate strategies for sustainable exploitation of multispecies resources*. University of British Columbia, Vancouver, Fisheries Centre Research Reports 6 (2): 11-14.

- Walters, C., Christensen, V. & Pauly, D., 1997. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic massbalance assessments. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7: 139–172.
- Welcomme, R.L., 2001. *Inland Fisheries. Ecology and Management*. Blackwell Science. 358 pp.
- Winkler, H. & Orellana, C.P., 1992. Functional responses of five cyprinid species to planktonic prey. *Environmental Biology of Fishes* 33: 53-62.
- Wolfram-Wais, A., Wolfram, G., Auer, B., Mikschi, E. & Hain, A., 1999. Feeding habits of two introduced fish species (*Lepomis gibbosus*, *Pseudorasbora parva*) in Neusiedler See (Austria), with special reference to chironomid larvae (Diptera: Chironomidae). *Hydrobiologia* 408-409: 123-129.
- Wootton, R.J., 1996. *Fish Ecology*. Chapman and Hall. 212 pp.
- Wootton, R.J., 1999. *Ecology of Teleost Fishes*. 2nd ed. Kluwer Academic Publishers. 386 pp.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical analysis (fourth edition)* by Prentice-Hall, Inc. 663 pp.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Φωτογραφίες ψαριών

Φωτογραφίες των ειδών της παρούσας έρευνας. Επιστημονικά ονόματα σύμφωνα με Kottelat (1997), κοινά ονόματα από Froese & Pauly (2006).

Photos of the species of the present research. Scientific names according to Kottelat (1997), common names were taken from Froese & Pauly (2006).



Εικόνα 9.1 *Abramis brama* (λεστιά), λίμνη Βόλβη.
Figure 9.1 *Abramis brama* (bream), Lake Volvi.



Εικόνα 9.2 *Alburnus alburnus* (σίρκο), λίμνη Βόλβη.
Figure 9.2 *Alburnus alburnus* (bleak), Lake Volvi.



Εικόνα 9.3 *Anguilla anguilla* (χέλι), Ρεντίνα.
Figure 9.3 *Anguilla anguilla* (eel), Rentina stream.



Εικόνα 9.4 *Carassius gibelio* (πεταλούδα), λίμνη Βόλβη.
Figure 9.4 *Carassius gibelio* (Prussian carp), Lake Volvi.



Εικόνα 9.5 *Chalcalburnus chalcoides* (γελάρτζα), λίμνη Βόλβη.
Figure 9.5 *Chalcalburnus chalcoides* (Danube bleak), Lake Volvi.



Εικόνα 9.6 *Cyprinus carpio* (γριβάδι), λίμνη Δοϊράνη.
Figure 9.6 *Cyprinus carpio* (carp), Lake Doirani.



Εικόνα 9.7 *Esox lucius* (τούρνα), λίμνη Βόλβη.
Figure 9.7 *Esox lucius* (pike), Lake Volvi.



Εικόνα 9.8 *Perca fluviatilis* (περκί), (Froese & Pauly 2006).
Figure 9.8 *Perca fluviatilis* (perch) (Froese & Pauly 2006).



Εικόνα 9.9 *Scardinius erythrophthalmus* (κοκκινοφτέρα), λίμνη Βόλβη.
Figure 9.9 *Scardinius erythrophthalmus* (rudd), Lake Volvi.



Εικόνα 9.10 *Vimba melanops* (μαλαμίδα), λίμνη Βόλβη.
Figure 9.10 *Vimba melanops* (Macedonian vimba), Lake Volvi.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Γαστρεντερικοί σωλήνες ψαριών



Εικόνα 9.11 Ο γαστρεντερικός σωλήνας του είδους *Abramis brama*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.
Figure 9.11 The intestine of the species *Abramis brama*, Lake Volvi, 2005-2006.



Εικόνα 9.12 Πεπτικό σύστημα του είδους *Esox lucius*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.
Figure 9.12 Stomach and intestine of *Esox lucius*, Lake Volvi, 2005-2006.



Εικόνα 9.13 Στομάχια του είδους *Perca fluviatilis* (το αριστερό περιέχει ψάρι), λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 9.13 Stomachs of the species *Perca fluviatilis* (the left one contains fish), Lake Volvi, 2005-2006.



Εικόνα 9.14 Στομαχικό περιεχόμενο του είδους *Abramis brama*, λίμνη Βόλβη, 2005-2006.

Figure 9.14 Stomach content of the species *Abramis brama*, Lake Volvi, 2005-2006.