

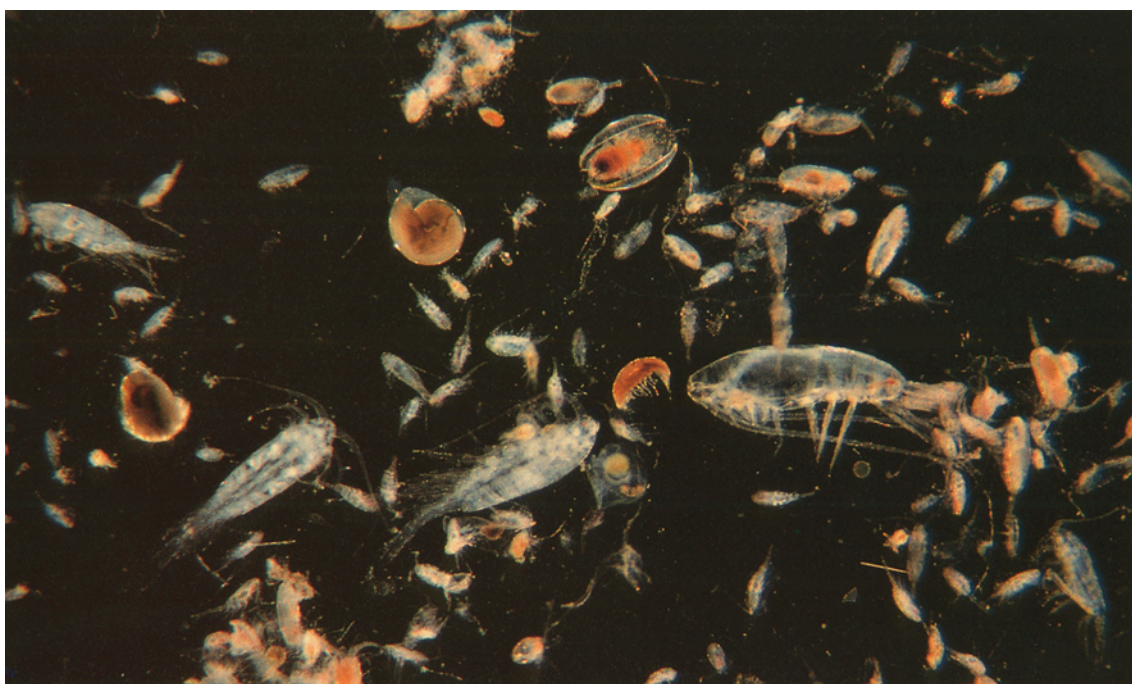
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ - ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΈΤΟΣ 2006-2007

**ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΖΩΟΠΛΑΓΚΤΟΥ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟ
ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ : Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ
ΚΑΛΛΟΝΗΣ ΝΗΣΟΥ ΛΕΣΒΟΥ**

**ΜΠΕΛΕΣΗ ΔΕΣΠΟΙΝΑ
ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΙΡΤΣΗΣ

ΜΥΤΙΛΗΝΗ 2007

Ευχαριστίες...

Για την παρούσα εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή κ. Γεώργιο Τσιρτσή, καθηγητή του τμήματος Επιστημών της Θάλασσας, της Σχολής Περιβάλλοντος για την βοήθειά και συμπαράστασή του σε όλη την διάρκεια της φοίτησής μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών αλλά και για την ολοκλήρωση της εν λόγω διπλωματικής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τις καθηγήτριες κ. Καραντανέλλη και κ. Βαγή, του τμήματος Επιστημών της Θάλασσας, για την παραχώρηση του εργαστηρίου της Χημείας που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δειγμάτων. Επιπλέον την κ. Γατίδου του τμήματος Περιβάλλοντος, για την παραχώρηση του εργαστηρίου και την βοήθειά της στην ολοκλήρωση των αναλύσεων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και να αφιερώσω την διπλωματική αυτή στην οικογένειά μου για την ανιδιοτελή συμπαράσταση και βοήθεια που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια, καθώς επίσης και στην συνάδελφο και φίλη Καλλιόπη Δεσποτάκη που με βοήθησε και με στήριξε σε δύσκολες στιγμές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1. Χωρική και χρονική κατανομή ζωοπλαγκτού σε παράκτιες περιοχές.....	7
1.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την βιομάζα ζωοπλαγκτού.....	9
1.3. Περί ημίκλειστων θαλάσσιων οικοσυστημάτων υπό την επίδραση της λεκάνης απορροής.....	11
1.4. Δυναμική ζωοπλαγκτού.....	12
1.5. Ζωοπλαγκτονικές κοινότητες στις Ελληνικές θάλασσες.....	13
1.5.1.1. Παράκτιες περιοχές.....	14
1.5.1.2. Σύνθεση Βιοκοινοτήτων.....	15
1.5.2.1. Μεσοπελαγικά Νερά.....	17
1.5.2.2. Σύνθεση Βιοκοινοτήτων.....	19
1.5.3. Μακροζωοπλαγκτόν.....	21
1.5.4. Εξάρσεις μεδουσών.....	22
1.5.5. Κτενοφόρα.....	22
1.5.6. Ευφαισιώδη.....	23
1.5.7. Βιολογικός κύκλος και μεταβολισμός.....	24
1.6. Δευτερογενής παραγωγή.....	24
1.7. Ο ρόλος του μεσοζωοπλαγκτού στο τροφικό πλαγκτονικό δίκτυο.....	25
1.8. Χωρική κατανομή ζωοπλαγκτού.....	26
1.8.1. Παράκτια νερά.....	26
1.8.2. Μεσοπελαγικά νερά.....	26
2. ΣΤΟΧΟΣ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	27
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	28
3.1 Περιοχή μελέτης του κόλπου Καλλονής.....	28
3.2 Σχέδιο δειγματοληψίας.....	30
3.3. Αναλυτική μεθοδολογία περί ζωοπλαγκτού.....	32
3.4 Ξηρή βιομάζα - Dry weight.....	36
3.5. Οργανική ξηρή βιομάζα – Ash free dry weight.....	37
3.6. Στατιστική ανάλυση.....	39
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	40
4.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	40
4.2 Στατιστική επεξεργασία.....	62
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	68
6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	76
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	89

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κόλπος Καλλονής αποτελεί ένα ημίκλειστο θαλάσσιο οικοσύστημα το οποίο περιλαμβάνει μια πλούσια βιοποικιλότητα χλωρίδας και πανίδας. Το δίκτυο των ποταμών που εκρέει στον κόλπο επηρεάζει έντονα τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν, συμβάλλοντας στην δημιουργία εποχιακών ευτροφικών συνθηκών στο εσωτερικό του τμήμα. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην μελέτη της δυναμικής του ζωοπλαγκτού και της πιθανής επίδρασής του από την λεκάνη απορροής του κόλπου. Η μελέτη της δυναμικής του ζωοπλαγκτού επικεντρώνεται στην χωρική και χρονική περιγραφή του προτύπου κατανομής αλλά και στην πιθανή σύνδεσή του με τις αβιοτικές παραμέτρους.

Το ζωοπλαγκτόν κατέχει καθοριστική θέση στην τροφική αλυσίδα καθώς μεταφέρει την οργανική ενέργεια που παράγεται από τα μονοκύτταρα άλγη μέσω την φωτοσύνθεσης στα υψηλότερα τροφικά επίπεδα όπως και στα αποθέματα πελαγικών ψαριών που εκμεταλλεύεται ο άνθρωπος. Ως δευτερεύων παραγωγός ενέργειας του οικοσυστήματος αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της θαλάσσιας έρευνας. Παρόλα αυτά ελάχιστες είναι οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Αξίζει να αναφερθεί η σπουδαιότητα του ζωοπλαγκτού στις υδατοκαλλιέργειες, εφόσον αποτελεί την αρχική τροφή των εκτρεφόμενων ιχθυδίων.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ζωοπλαγκτόν κατέχει καθοριστική θέση στην τροφική αλυσίδα καθώς μεταφέρει την οργανική ενέργεια που παράγεται από τα μονοκύτταρα άλγη μέσω την φωτοσύνθεσης στα υψηλότερα τροφικά επίπεδα όπως και στα αποθέματα πελαγικών ψαριών που εκμεταλλεύεται ο άνθρωπος. Η διαθεσιμότητα του ζωοπλαγκτού στο κατάλληλο μέγεθος και στην κατάλληλη χρονική και χωρική κατανομή κατά την διάρκεια της πρώτης περιόδου σίτισης των λαρβών ψαριών αποτελούν την γνωστή ισότιμη/άνιση υπόθεση (Cushing, 1990). Εκτός από την θήρευση, θεωρείται ως η πιο σημαντική περιβαλλοντική παράμετρος που ελέγχει την ετήσια τάξη μεγέθους βάση του μεγάλου αριθμού εμπορικών αποθεμάτων ψαριών, τα οποία ως γνωστό είναι ευάλωτα σε ισχυρές διακυμάνσεις. Η κατανάλωση του ζωοπλαγκτού καθορίζει το ποσό και την σύνθεση της κάθετης ροής σωματιδίων. Αυτό δεν προμηθεύει μόνο τις βενθικές κοινότητες, αλλά συμβάλει επίσης στην απομάκρυνση του ανθρωπογενούς διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από την ατμόσφαιρα μέσω της ιζηματοποίησης και του εγκλωβισμού των οργανικών και ανόργανων ενώσεων του άνθρακα.

Είναι πολύ σημαντικό να ενισχυθεί, η συγκριτικά πενιχρή γνώση της οικολογίας του ζωοπλαγκτού από όλες τις απόψεις, με μια κοινή προσπάθεια με βάση των ενδοϊσοδύναμων μεθόδων για την κατανόηση και την πρόβλεψη των επιπτώσεων των περιβαλλοντικών αλλαγών στα αποθέματα ψαριών. Είναι επίσης απαραίτητο να γνωρίζουμε τον ρόλο του ζωοπλαγκτού στην μοντελοποίηση του κύκλου των βασικών βιογεωχημικών στοιχείων όπως ο άνθρακας, το άζωτο και ο φώσφορος στην θάλασσα.

Τόσο οι ωκεανοί και οι θάλασσες, όσο και τα γλυκά νερά, περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό μικροσκοπικών οργανισμών που κολυμπούν ελεύθερα ή αιωρούνται μέσα στο νερό. Αυτοί οι οργανισμοί αποτελούν το πλαγκτόν. Αυτό περιλαμβάνει τόσο τα φυτά (φυτοπλαγκτόν) όσο και τα ζώα (ζωοπλαγκτόν) που αποτελείται από αντιπροσώπους σχεδόν όλων των ομάδων του ζωικού βασιλείου, είτε στην ώριμή τους κατάσταση, είτε σε ενδιάμεσα αναπτυξιακά τους στάδια. Μερικά μάλιστα είδη περνούν όλη τους την ζωή ανάμεσα στο πλαγκτόν (ολοπλαγκτόν), ενώ άλλα μόνο στα προνυμφικά τους στάδια (μεροπλαγκτόν)

(Λαζαρίδου –Δημητριάδου, 1992).

Το **πλαγκτόν (πλάνητες)** περιλαμβάνει το σύνολο των μικροσκοπικών, συνήθως, οργανισμών των οποίων η κινητική ικανότητα είναι μικρότερη από την κινητική ικανότητα του θαλασσινού νερού. Γι' αυτό, οι πλαγκτονικοί οργανισμοί μετακινούνται παθητικά με τις κινήσεις των ρευμάτων. Τα πλαγκτονικά φυτά και άλλοι μικροσκοπικοί αυτότροφοι οργανισμοί ονομάζονται συνολικά **φυτοπλαγκτόν** και είναι οι πιο σημαντικοί πρωτογενείς παραγωγοί σε πολλά θαλάσσια οικοσυστήματα. Το ζωικό πλαγκτόν ονομάζεται **ζωοπλαγκτόν**. Το πλαγκτόν ανάλογα με το μέγεθός του διακρίνεται σε: **μακροπλαγκτόν** (οργανισμοί μεγαλύτεροι του 1mm), **μικροπλαγκτόν** (ζωικοί και σπάνια φυτικοί οργανισμοί μεγέθους από 60 έως 1000μm), **νανοπλαγκτόν** (κυρίως φυτικοί οργανισμοί μεγέθους από 5 έως 60μm) και **υπερπλαγκτόν** (οργανισμοί μεγέθους κάτω των 5μm, κυρίως μικροφύκη και βακτήρια). Το ζωοπλαγκτόν διακρίνεται επίσης σε **ολοπλαγκτόν** (ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί που ολόκληρος ο κύκλος της ζωής τους είναι πλαγκτονικός π.χ. πρωτόζωα, κωπήποδα, αμφίποδα) και **μεροπλαγκτόν** (προνύμφες, αυγά διαφόρων ομάδων οργανισμών).

Το ζωοπλαγκτόν έχει ουσιαστική σημασία στην μελέτη της βιοποικιλότητας της χλωρίδας στα υδάτινα οικοσυστήματα. Περιλαμβάνουν αντιπροσώπους από όλες σχεδόν τις τάξεις του ζωικού βασιλείου και βρίσκονται στο πελαγικό περιβάλλον είτε ως ενήλικα άτομα (ολοπλαγκτόν) είτε ως αυγά ή λάρβες (μεροπλαγκτόν). Με την κάθετη κυριαρχία και των δυο μορφών ζωοπλαγκτού και την παρουσία τους σε διάφορα βάθη, το ζωοπλαγκτόν είναι ικανό να καθορίζει την μεταφορά ενέργειας σε δεύτερο τροφικό επίπεδο. Οι οργανισμοί αυτοί τρέφονται με φυτοπλαγκτόν και διευκολύνουν στην μετατροπή των φυτικών υλών σε ζωικό ιστό και αποτελούν την βασική τροφή για τα ανώτερα ζώα συμπεριλαμβανομένων των ψαριών και συγκεκριμένα τις λάρβες τους. Η παρουσία και η κατανομή του ζωοπλαγκτού επηρεάζει τις πελαγικές αλιευτικές προσπάθειες. Τα ψάρια αναπαράγονται σε περιοχές που έχουν άφθονους πλαγκτονικούς οργανισμούς, έτσι ώστε τα νεαρά άτομα να διαθέτουν επαρκή τροφή για την επιβίωση αλλά και την ανάπτυξή τους. Ορισμένοι πλαγκτονικοί οργανισμοί είναι ικανοί να συγκεντρώνουν ραδιοϊσότοπα και να αποτελούν δείκτες ρύπανσης, η μελέτη των οποίων είναι σημαντική και ουσιαστική για την επιστήμη του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Οι διάφορες μορφές του πλαγκτού είτε ασβεστούχα είτε πυριτικά όστρακα συμβάλουν καθοριστικά στα ιζήματα του πυθμένα. Το ζωοπλαγκτόν ποικίλει σε σύγκριση με το φυτοπλαγκτόν, η μεταβλητότητά του σε οποιοδήποτε υδάτινο οικοσύστημα επηρεάζεται κυρίως από τις ημερήσιες κάθετες μεταναστεύσεις και τις εποχές. Η εκτίμηση της παραγωγής ζωοπλαγκτού σε οποιαδήποτε περιοχή θα εξαρτηθεί κατά ένα μεγάλο μέρος από την ακριβή μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί και η οποία περιλαμβάνει την συλλογή δειγμάτων, την σταθεροποίηση, την συντήρηση, την ανάλυση και υπολογισμών των δεδομένων.

1.1. Χωρική και χρονική κατανομή ζωοπλαγκτού σε παράκτιες περιοχές.

Η σταθερότητα του θαλάσσιου στοιχείου και η ανάμειξή του από τα ρεύματα έχουν σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη κοσμοπολίτικων οργανισμών που όμως είναι σπάνιοι. Το θαλάσσιο περιβάλλον είναι ποικίλο, αρκεί να δει κανείς την αλατότητα, τον φωτισμό κ.λ.π. Μόνο στα μεγάλα βάθη παρουσιάζεται ομοιομορφία, γι' αυτό οι οργανισμοί που ζουν στα βαθιά νερά είναι κοσμοπολίτες, όπως π.χ. το μυσιδώδες *Cnathophausia gigas*. Αντίθετα, οι περισσότεροι από τους οργανισμούς του πλαγκτού εντοπίζονται σε συγκεκριμένης ποιότητας νερά, π.χ. το κωπήποδο *Paracalanus parvus* εντοπίζεται σε όλα τα τροπικά και εύκρατα νερά, αλλά απουσιάζει από τα πολικά (Davis, 1955). Η υδρομέδουσα *Sarsia tubulosa* είναι παρούσα μόνο στις βόρειες εύκρατες περιοχές. Το ευφαισεώδες *Thysanopoda acutifrons* απαντάται μόνο στα υποπολικά νερά (Einarsson, 1945).

Τα βαθυπελαγικά είδη συνήθως είναι παρόντα και στους δύο πόλους. Στα ανώτερα στρώματα η ίδια ομάδα συνήθως εμφανίζεται στις πολικές περιοχές (Αρκτική και Ανταρκτική) όχι με το ίδιο είδος, αλλά με δυο πολύ συγγενικά που καλύπτουν την ίδια λειτουργία στο οικοσύστημα. Τα περισσότερα λοιπόν πλαγκτονικά είδη στην πραγματικότητα έχουν "περιορισμένες" (συγκεκριμένες) επιφάνειες κατανομής.

Οι επιφάνειες κατανομής των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών είναι πολλές, εντούτοις είναι δυνατόν να διακρίνουμε δυο βασικούς τύπους γεωγραφικής κατανομής, την Νηριτική και την Πελαγική.

Η πρώτη χαρακτηρίζεται από έντονες διακυμάνσεις των οικολογικών παραγόντων (θερμοκρασία, αλατότητα), ενώ η δεύτερη από μεγαλύτερη έκταση και σταθερότητα. Οι δυο βιότοποι διαφέρουν μεταξύ τους όχι μόνο στην θερμοκρασία και την αλατότητα, αλλά και τα θρεπτικά άλατα, το αιωρούμενο υλικό κ.λ.π. Διαφέρουν δηλαδή ως προς την ποιότητα του νερού.

Το νηριτικό πλαγκτόν χαρακτηρίζεται επίσης από την αφθονία των προνυμφών των βενθικών οργανισμών. Αντίθετα, στο πελαγικό οι μεροπλαγκτονικοί οργανισμοί είναι σπανιότεροι και απ' αυτούς διακρίνουμε κυρίως προνύμφες νηκτού. Τέλος, μερικοί οργανισμοί απαιτούν ενδιάμεσες συνθήκες (μεταξύ νηριτικού και πελαγικού περιβάλλοντος).

Στο πλαγκτόν η γεωγραφική κατανομή δεν είναι σταθερή, αλλά ποικίλει με το χρόνο ανάλογα με τη μετακίνηση των μαζών του νερού και τα ρεύματα. Η μετακίνηση των θαλάσσιων μαζών μπορεί να προκαλέσει διαφοροποίηση της πλαγκτονικής πανίδας.

Πολλοί βενθικοί οργανισμοί που οι προνύμφες τους ανήκουν στο πλαγκτόν, αναπαράγονται συγκεκριμένες εποχές μέσα στο χρόνο. Οι οργανισμοί που έχουν συνεχή αναπαραγωγική περίοδο είναι ελάχιστοι. Ο χρόνος εμφάνισης και παραμονής των αυγών και των προνυμφών ποικίλει ανάλογα με το είδος του οργανισμού στο οποίο ανήκουν. Για παράδειγμα, ο πλουτέας του αχινού *Arbacia lixula* δεν απαντάται στη Villefranche (N. Γαλλία) παρά μόνο κατά τις θερμές εποχές. Το μέγιστο της αναπαραγωγικής περιόδου του οργανισμού εντοπίζεται μετά τους 20 °C (Fenaux, 1962). Αντίστοιχο φαινόμενο στην ίδια περιοχή, παρατηρείται με τις προνύμφες των πολυχαίτων *Oweniides* που εμφανίζονται από τον Νοέμβριο μέχρι τον Μάρτιο (Sentz, 1962).

Στα Σκανδιναβικά νερά παρόμοια φαινόμενα παρατηρούνται με τις προνύμφες των θυσανόποδων *Balanus balanoides*. Στη θάλασσα Mourmansk (Rzepishevsky, 1962), οι ναύπλιοι πρωτοεμφανίζονται στο πλαγκτόν τον Ιανουάριο. Η πυκνότητά τους αυξάνεται προοδευτικά με την πάροδο του χρόνου φθάνοντας στα τέλη Μαρτίου αρχικά τα 100 άτομα/m³ και ξαφνικά μέσα σε 2 με 3 μέρες πολλαπλασιάζονται με συντελεστή 100, φθάνοντας ορισμένες φορές τα 30.000 άτομα/m³. Τότε τα θυσανόποδα αντιπροσωπεύουν το 99% του ζωοπλαγκτού. Όλοι οι παράγοντες που σχετίζονται με την αναπαραγωγική δραστηριότητα των οργανισμών που οι προνύμφες τους είναι πλαγκτονικές επηρεάζουν τη σύνθεση του ζωοπλαγκτού (Αποστολοπούλου, Μ.,

Βερροϊόπουλος, Γ., 1999).

1.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την βιομάζα ζωοπλαγκτού.

Η μελέτη της βιομάζας αποτελεί την βάση για την ανάλυση της θρεπτικής αξίας του πλαγκτού που επιτυγχάνεται μέσω του νερού, της τέφρας των πρωτεϊνών, των λιπιδίων, και του άνθρακα (Brandt, 1898). Η γνώση που αποκτήθηκε για την δομή των βιοκοινοτήτων του πλαγκτού προέκυψε από την μελέτη των λειτουργιών του και την χωρική και χρονική του θέση αλλά και του ρόλου τους μέσα στο οικοσύστημα. Τα πρότυπα κατανομής της συγκέντρωσης του ζωοπλαγκτού σε όρους αριθμού ατόμων ή βιομάζας, εκφράζονται με χωρικά και χρονικά διαγράμματα (Haury et al., 1978).

Κατά την δειγματοληψία σημαντικό ρόλο παίζει το άνοιγμα ματιού του διχτυού που χρησιμοποιείται για την συλλογή των δειγμάτων, και στα δείγματα αυτά που περιλαμβάνουν μια ποικιλία οργανισμών ονομάζεται σεστόν (seston). Αυτό περιλαμβάνει κυρίως ζωντανούς αλλά και νεκρούς οργανισμούς καθώς επίσης οργανική και ανόργανη ύλη. Το πλαγκτόν αντιστοιχεί στους ζωντανούς οργανισμούς του σεστόν, τα κατάλοιπα (detritus) στους νεκρούς οργανισμούς και στην οργανική και ανόργανη ύλη. Η οργανική ύλη που βρίσκεται στο δείγμα είναι γνωστή ως τριπτόν (tripton) και η ανόργανη ύλη ως τέφρα (ash free content). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση τέτοιων ανάμικτων δειγμάτων δεν διαφέρουν για τους ζωντανούς και νεκρούς οργανισμούς, εκτός από τον καθορισμό της τριφωσφορικής αδενοσίνης- ATP.

Τα κωπήποδα και τα αναπτυσσόμενα τους στάδια αποτελούν το σημαντικότερο κομμάτι του ζωοπλαγκτού καθώς επίσης τα κλαδοκεραιωτά, τα μεγάλα καρκινοειδή, οι χαιτόγναθοι, τα χιτινόζωα και τα κνιδόζωα. Αυτές οι ταξινομικές ομάδες διαφέρουν μεταξύ τους στο περιεχόμενο νερού και τέφρας καθώς επίσης και στα βιοχημικά περιεχόμενα, τα οποία αντιπροσωπεύουν την θρεπτική τους αξία για τους ανώτερους θηρευτές και έχουν σημαντικό ρόλο στο τροφικό δίκτυο.

Γενικά υπάρχουν δυο τύποι ποσοτικής ανάλυσης, ο καθορισμός της βιομάζας και η μέθοδος της καταμέτρησης. Μια συνδυασμένη μέθοδος περιλαμβάνει και την καταμέτρηση των οργανισμών αλλά και τον υπολογισμό της βιομάζας, χρησιμοποιώντας δείκτες βιομάζας, που καθορίζονται άμεσα αλλά και μέσω

μορφομετρικών χαρακτηριστικών. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται τελικά εξαρτώνται από τον σκοπό της μελέτης, το κόστος της ανάλυσης, τις τεχνικές συνθήκες των εργαστηρίων και τις απαιτήσεις για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Η συγκέντρωση της βιομάζας γενικά εκφράζεται ως μέσος όρος μάζας ανά όγκο νερού, για παράδειγμα mg m^{-3} , ή σε σχέση με την επιφάνεια της θάλασσας ως mg m^{-2} . Οι πληροφορίες για όλη την στήλη του νερού είναι απαραίτητες και αυτό εκφράζεται μέσω των αβιοτικών παραμέτρων.

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή του ζωοπλαγκτού είναι το βάθος, η τροφική κατάσταση της περιοχής και το εύρος της θερμοκρασίας. Το βάθος της περιοχής διαχωρίζει το νηριτικό από το ωκεάνιο πλαγκτόν. Το νηριτικό πλαγκτόν διαμένει στα παράκτια νερά, μέχρι τα 200m στα όρια της υφαλοκρηπίδας. Τα χαρακτηριστικά του νηριτικού πλαγκτού είναι η αναλογία μεγέθους των λαρβών και ειδών του μεροπλαγκτού με τα βενθικά αυγά. Η εγγύτητα στον πυθμένα της θάλασσας ευνοεί μια ανταλλαγή μεταξύ των κοινοτήτων πλαγκτού και βένθους.

Το ωκεάνιο ζωοπλαγκτόν χαρακτηρίζεται από την γενική απουσία του μεροπλαγκτού και την παρουσία ξεχωριστών κατακόρυφων μεταναστών. Ανάμεσα σε αυτούς, είναι για παράδειγμα μεγάλα είδη κωπηπόδων και ευφαισιωδών. Η καθημερινή μετανάστευση ξεκινά από την δύση του ηλίου και μειώνεται την αυγή, και πολλές φορές επεκτείνεται σε μεγάλα βάθη. Η εποχική κάθετη μετακίνηση που παρατηρείται για αρκετά είδη κωπηπόδων του γένους *Calanus* σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη λαμβάνει χώρα μέχρι τα 500-1000m βάθος. Οι επιπελαγικές (0-200m) και μεσοπελαγικές ζώνες (200-1000m) είναι οι περιοχές στις οποίες κυριαρχεί το ζωοπλαγκτόν. Σε περιοχές κάτω των 1000m βάθος στην βαθυπελαγική ζώνη, η συγκέντρωσή τους γενικά μειώνεται λογαριθμικά με το βάθος (Vinogradov, 1997).

Η κατανομή των ειδών γενικά ελέγχεται από την θερμοκρασία και την εξελικτική ηλικία των ωκεάνιων περιοχών. Η μεγαλύτερη αφθονία εμφανίζεται σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές ενώ οι μικρότερες σε ακραίο περιβάλλον όπως οι πολικές περιοχές και τα υφάλμυρα νερά. Εξαιτίας της σταθερής ανταλλαγής νερού μέσω των ωκεάνιων ρευμάτων, αρκετά είδη ευνοούνται από μια εκτεταμένη και παγκόσμια κατανομή μέσα στα όρια των κλιματικών συνθηκών. Αυτό ακριβώς συμβαίνει στην θερμή υδρόσφαιρα, περιλαμβάνοντας και τους τρεις ωκεανούς. Οι σποραδικές εμφανίσεις των νηριτικών ειδών που παρατηρούνται από τις αρχές του

21^{ου} αιώνα σε μεγάλες ποσότητες, γενικά οφείλονται στις μεγάλες ποσότητες των νερών στα έρμα των πλοίων εξαιτίας των διεθνών δικτύων μεταφοράς (Carlton and Geller, 1993).

Στην μελέτη της κατανομής και του εποχιακού κύκλου του θαλάσσιου ζωοπλαγκτού προκύπτουν δυσκολίες καθώς το θαλάσσιο οικοσύστημα είναι ένα ιδιαίτερος δυναμικό περιβάλλον με σταθερή κίνηση και ανάμιξη των τεράστιων μαζών νερού. Οι παρατηρήσεις σε ένα σταθμό δειγματοληψίας γενικά αποτελούνται από εναλλαγές ζωοπλαγκτονικών πληθυσμών είτε από την εισαγωγή μεταναστευτικών ειδών είτε εποχιακές αλλαγές των υπαρχόντων πληθυσμών. Κάθε δειγματοληψία πλαγκτού θα πρέπει να συνοδεύεται από μια αναλυτική ωκεανογραφική καταγραφή, ειδικά μετρήσεις αλατότητας και χρήση υδροδυναμικών μοντέλων έτσι ώστε να μπορεί να αναλυθεί η επίδραση των αλλαγών των μαζών του νερού.

1.3. Περί ημίκλειστων θαλάσσιων οικοσυστημάτων υπό την επίδραση της λεκάνης απορροής.

Τα ημίκλειστα θαλάσσια οικοσυστήματα, όπως για παράδειγμα η περιοχή μελέτης της εν λόγω εργασίας, ο κόλπος Καλλονής, χαρακτηρίζονται από έντονες διακυμάνσεις αβιοτικών παραμέτρων. Η επιπρόσθετη παρουσία του μεγάλου δικτύου ποταμών στην συγκεκριμένη περιοχή και ο σχετικά χαμηλός κύκλος ανανέωσης υδάτων (20 ημέρες) του κόλπου συμβάλουν στην δημιουργία ενός ιδιαίτερου προτύπου κατανομής τόσο στην πανίδα όσο και στην χλωρίδα. Στον κόλπο Καλλονής σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες έχουν καταγραφεί φυτοπλαγκτονικές εξάρσεις, οι οποίες προέρχονται πιθανότατα από τα θρεπτικά συστατικά που εισέρχονται στον κόλπο μέσω των υπαρχόντων ποταμών. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής υποστηρίζουν την άποψη ότι οι μέτριες εισαγωγές θρεπτικών μπορούν να έχουν μια ευεργετική επίδραση στη λειτουργία των παράκτιων οικοσυστημάτων, που υποκινεί την ταξινομική ποικιλομορφία μέσω της αύξησης των διαφορετικών ταξινομικών ομάδων. Αντίθετα, μια ξαφνική εισαγωγή υψηλών θρεπτικών συγκεντρώσεων, μπορεί να έχει επιπτώσεις στη φυσική κυριαρχία των οργανισμών, να έχει επίσης αρνητική επίπτωση στην ποικιλομορφία μέσω της επικράτησης ενός είδους, και τέλος μπορεί να αυξήσει τη πιθανότητα μιας

επιβλαβούς φυτοπλαγκτονικής έξαρσης (Spatharis et al., 2007).

Γενικότερα, η λεκάνη απορροής ελέγχει τους περιβαλλοντικούς παραμέτρους και επομένως επηρεάζει τις βιοκοινότητες που διαβιούν στο οικοσύστημα. Τα έντονα καιρικά φαινόμενα σε συνδυασμό με την γεωργική και κτηνοτροφική εκμετάλλευση της λεκάνης απορροής του κόλπου, επιφέρουν ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες οι οποίες είναι υπεύθυνες για την κυριαρχία ορισμένων ειδών έναντι κάποιων άλλων. Στον κόλπο Καλλονής έχει παρατηρηθεί η κυριαρχία των κωπηπόδων και των κλαδοκεραιωτών κυρίως τους μήνες Νοέμβριο και Φεβρουάριο.

1.4. Δυναμική ζωοπλαγκτού.

Το ζωοπλαγκτόν αποτελεί ένα κεντρικής σημασίας συστατικό για τα θαλάσσια οικοσυστήματα, παρέχοντας ένα σύνδεσμο μεταξύ της πρωτογενούς παραγωγής του φυτοπλαγκτού και των υψηλότερων τροφικών επιπέδων, όπως τα εκμεταλλευόμενα αποθέματα ψαριών. Για τον λόγο αυτό, το ζωοπλαγκτόν είναι αρκετά σημαντικό τόσο από οικονομικής άποψης όσο και οικολογικής.

Στην οικολογία δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ροή ενέργειας και τον τροφικό κύκλο στα οικοσυστήματα. Η θεωρία των τροφικών επιπέδων (Lindeman, 1942) έχει οδηγήσει στην ποσοτική περιγραφή των περίπλοκων οικολογικών συστημάτων. Αυτό έχει αποτελέσει την βάση για την ενασχόληση με τέτοια θέματα όπως η οικολογική μεταφορά των τροφικών αποθεμάτων και η τροφική δομή. Στην προσπάθεια αυτή έχουν σχεδιαστεί διάφορα μοντέλα τα οποία είναι ικανά να περιγράψουν την δομή του τροφικού δικτύου, τα πρότυπα ροής και τα αποθέματα ενέργειας.

Ωστόσο, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα ζωοπλαγκτονικά είδη και στην δυναμική των πληθυσμών τους στην θαλάσσια οικολογία. Αυτό στηρίζεται μερικώς στο γεγονός πως οι φυσικές διαδικασίες έχουν μεγάλη επιρροή στο πλαγκτόν. Πρόσφατες μελέτες επικεντρώνονται στην επίδραση των κλιματικών και φυσικών ωκεανογραφικών δυνάμεων στα θαλάσσια οικοσυστήματα δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην δυναμική των πληθυσμών του ζωοπλαγκτού. Η κάθετη κατανομή του ζωοπλαγκτού καθορίζει το διατροφικό δίκτυο στο οποίο ανήκουν και επηρεάζει την οριζόντια κατανομή τους. Αυτό επίσης επηρεάζει την επικάλυψη στην κατανομή με

πληθυσμούς θηρευτών. Η κάθετη κατανομή των ειδών επίσης καθορίζει την πιθανότητα να θηρευτούν από άλλους οργανισμούς όπως πλαγκτονοφάγα ψάρια. Επομένως, η συμπεριφορά των οργανισμών είναι σημαντική τόσο για την κατανομή όσο και για τις τροφικές αλληλεπιδράσεις και τελικά την δυναμική των πληθυσμών.

1.5. Ζωοπλαγκτονικές κοινότητες στις Ελληνικές θάλασσες.

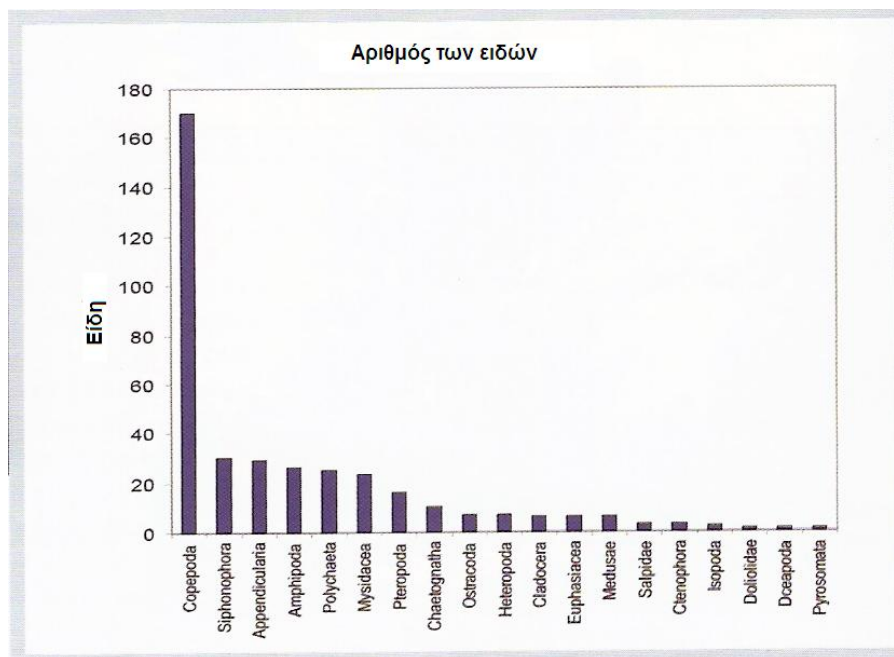
Το μεσοζωοπλακτόν περιλαμβάνει οργανισμούς μεγαλύτερους από 200μm και μικρότερα από 2mm, ενώ στο μακροζωοπλακτόν περιλαμβάνονται ζώα με μέγεθος μεγαλύτερο από 2mm. Το μεσοζωοπλακτόν διακρίνεται σε μεροπλακτόν (οργανισμούς που είναι πλαγκτονικοί ένα μέρος της ζωής τους π.χ. λάρβες βενθικών οργανισμών, αυγά ψαριών και λάρβες) και ολοπλακτόν (οργανισμοί που είναι πλαγκτονικοί σε όλο τον κύκλο της ζωής τους).

Οι Ελληνικές θάλασσες, εξαιτίας της ιδιόμορφης τοπογραφίας και βαθυμετρίας αλλά και της ύπαρξης μεγάλης ποικιλομορφίας ενδιστοιχισμάτων μπορούν να συντηρούν μια πλούσια βιοποικιλότητα μεσοζωοπλαγκτού. Τα περισσότερα από τα επικρατούντα μεσοζωοπλαγκτονικά είδη στις Ελληνικές Θάλασσες είναι γενικά κοινά είδη στα Μεσογειακά νερά.

Μέχρι τις αρχές του 1970, η διαθέσιμη πληροφορία του μεσοζωολαγκτού στις Ελληνικές Θάλασσες ήταν περιορισμένη και κυρίως ποιοτική. Ο αριθμός των μελετών του μεσοζωοπλαγκτού στις Ελληνικές Θάλασσες αυξήθηκε αισθητά μέχρι τα τέλη του '70. Το μακροζωοπλακτόν μελετήθηκε περιστασιακά είτε από δείγματα που συλλέχθηκαν από δίκτυα μεσοζωοπλαγκτού είτε σε περιπτώσεις πληθυσμιακών εκρήξεων μεδουσών και κτενοφόρων.

Βασιζόμενοι στις διαθέσιμες πληροφορίες, στις Ελληνικές Θάλασσες έχουν καταγραφεί 367 είδη, κατανεμημένα σε διάφορες ταξινομικές ομάδες (Σχήμα 1). Το μεροπλακτόν αντιπροσωπεύεται από τις λάρβες βενθικών γαστερόποδων, δίθυρων, πολυχαίτων, εχινόδερμων, δεκαπόδων, θυσανοπόδων καθώς επίσης και από αυγά και λάρβες ψαριών (τα τελευταία θεωρούνται ξεχωριστή ομάδα που ονομάζεται ιχθυοπλακτόν). Ο αριθμός των μεσοζωοπλαγκτονικών ειδών που καταγράφηκε στις Ελληνικές θάλασσες απεικονίζει τόσο την δειγματοληπτική όσο

και την ταξινομική προσπάθεια. Οι ομάδες που έχουν μελετηθεί περισσότερο είναι τα κωπήποδα και τα κλαδοκεραιωτά, οι οποίες επικρατούν στις μεσοζωοπλαγκτονικές κοινότητες.



Σχήμα 1. Αριθμός των ειδών μεσοζωοπλαγκτού ανά ταξινομική ομάδα.

1.5.1.1. Παράκτιες περιοχές

Στις παράκτιες περιοχές, η βιομάζα και η αφθονία του ζωοπλαγκτού ποικίλουν αρκετά : από $1,59 \text{ mg m}^{-3}$ (Βόρειος Ευβοϊκός κόλπος) έως 100 mg m^{-3} (κόλπος Ελευσίνας) και από 40 άτομα m^{-3} (παράκτια περιοχή Ρόδου) έως $22782 \text{ άτομα m}^{-3}$ (Αμβρακικός κόλπος), αντίστοιχα. Βασιζόμενοι σε ολοκληρωμένα δεδομένα, η ελάχιστη ετήσια μέση βιομάζα βρέθηκε στον Κορινθιακό κόλπο ($4,14 \text{ mg m}^{-3}$) και η μέγιστη στον Παγασητικό κόλπο ($17,06 \text{ mg m}^{-3}$). Στην παράκτια περιοχή της Ρόδου βρέθηκε η ελάχιστη μέση ετήσια αφθονία μεσοζωοπλαγκτού (181 άτομα m^{-3}), ενώ η μέγιστη βρέθηκε στον κόλπο Καλλονής (νήσος Λέσβου). Οι υψηλότερες τιμές βιομάζας και αφθονίας καταγράφηκαν στο Ανατολικό παρά στο δυτικό μέρος της Ελληνικής ακτογραμμής. Είναι πιο παραγωγικές αν και είναι ασταθείς και συχνά απρόβλεπτες, οι ημίκλειστες περιοχές που γειτνιάζουν σε μεγάλες πόλεις, οι οποίες δέχονται τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα (κόλπος Ελευσίνας, εσωτερικός Σαρωνικός, κόλπος Θεσσαλονίκης, εσωτερικός

Παγασητικός) ή εισροές γλυκών νερών από ποτάμια (π.χ. Θερμαϊκός, Μαλιακός και βόρειος Ευβοϊκός κόλπος). Παρόλα αυτά, ισχυρές χωρικές διαφορές βρέθηκαν μεταξύ αρκετών κόλπων (Σαρωνικός, Θερμαϊκός και Μαλιακός), εξαιτίας των διαφορών στις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, το χωρικό μοτίβο δεν ήταν συνεπές κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Η βιομάζα και η αφθονία του μεσοζωοπλαγκτού χαρακτηρίζονται από δεδομένη εποχιακή διακύμανση στις παράκτιες περιοχές, γεγονός που αποκαλύπτει ένα καθαρό ετήσιο κύκλο. Γενικά, ένα μέγιστο της βιομάζας και της αφθονίας παρατηρείται την άνοιξη. Ωστόσο, οι μέγιστες τιμές το καλοκαίρι είναι συχνό φαινόμενο. Ειδικά σε κλειστές περιοχές (κόλπος Ελευσίνας, Αμβρακικός κόλπος, και κόλπος Θεσσαλονίκης) εξαιρετικά υψηλές τιμές παρατηρήθηκαν προς το τέλος του χειμώνα. Η μελέτη της διαχρονικής μεταβλητότητας στην αφθονία του μεσοζωοπλαγκτού στον κόλπο του Σαρωνικού δείχνει συνεχείς και δεδομένους ετήσιους κύκλους κατά την διάρκεια της δεκαετούς περιόδου και μια ήπια αυξητική τάση να παρουσιάζεται από το 1989 έως το 1998.

1.5.1.2. Σύνθεση Βιοκοινοτήτων

Γενικά, τα κωπήποδα επικρατούν στο μεσοζωοπλαγκτόν, αλλά η συμβολή τους (σχετική αφθονία) ποικίλει αξιοσημείωτα ανάμεσα στις περιοχές και τις εποχές, με υψηλές τιμές στις ψυχρές περιόδους, και χαμηλές σε θερμές εποχές. Το τελευταίο συμβαίνει εξαιτίας της επικράτησης των κλαδοκεραιωτών στους κλειστούς κόλπους κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Οι οργανισμοί του μεροπλαγκτού είναι σε αφθονία το καλοκαίρι στα παράκτια νερά όπου οι κωπηλάτες έχουν μεγάλους πληθυσμούς το καλοκαίρι αλλά και προς το τέλος του χειμώνα και αρχές της άνοιξης (Sioκου-Frangου, 1996). Ανάμεσα στα 117 είδη κωπηπόδων και τα 6 είδη κλαδοκεραιωτών που βρέθηκαν στις Ελληνικές παράκτιες περιοχές, ένας σχετικά μικρός αριθμός ειδών κωπηπόδων και κλαδοκεραιωτών (13 είδη) αποτελούν περίπου την μισή κοινότητα μεσοζωοπλαγκτού καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Βάσει δειγμάτων που συλλέχθηκαν τον Ιούλιο του 1998, ορισμένα είδη έχουν καθοριστεί από την ανάλυση της μεσοζωοπλαγκτονικής κοινότητας από τα κεντρικά ελληνικά παράκτια νερά: τα συλλεγμένα δείγματα από την ανατολική πλευρά

(Παγασητικός, βόρειος και νότιος Ευβοϊκός και Σαρωνικός κόλπος), τα δείγματα του Πατραϊκού κόλπου και τα δείγματα του Κορινθιακού κόλπου. Η αλατότητα και η θερμοκρασία φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην μεταβολή της δομής της κοινότητας (Ramfos et al.). Σε αντίθεση, ο Θερμαϊκός κόλπος δέχεται εκροές από μεγάλα ποτάμια και μια μικρή επίδραση από την ανοικτή θάλασσα, η οποία χαρακτηρίζεται από την σχετική αφθονία νηριτικών και ευρύαλων ειδών (*Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Penilia avirostris*, *Podon polyphemoides*).

Μερικές παράκτιες περιοχές παρουσιάζουν διαφορές στην σύνθεση των κοινοτήτων από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω (Πίνακας 1). Οι ημίκλειστες και ευτροφικές περιοχές δέχονται αστικά και βιομηχανικά λύματα και εκροές από γεωργικές καλλιέργειες (κόλπος Ελευσίνας, κόλπος Θεσσαλονίκης, και κόλπος Καλλονής) και εμφανίζουν μια ιδιαίτερη βιοκοινότητα που χαρακτηρίζεται από χαμηλή βιοποικιλότητα ειδών και υψηλή επικράτηση ελάχιστων ειδών. Αντίθετα, η βιοκοινότητα των οργανισμών της παράκτιας περιοχής της Ρόδου χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό ειδών. Η παρουσία πολλών ειδών που επικρατούν σε αυτά τα αβαθή και ζεστά νερά, αποδίδουν ένα πελαγικό και υποτροπικό χαρακτήρα σε αυτή την βιοκοινότητα, η οποία πρέπει να σχετίζεται στην μεγάλη επικοινωνία αυτής της περιοχής με τις γειτονικές ανοικτές θάλασσες (Νότιο Αιγαίο και θάλασσα της Λεβαντίνης).

Πίνακας 1. Τα επικρατούντα είδη σε επιλεγμένες παράκτιες περιοχές.

Ευτροφικές περιοχές (κόλπος Ελευσίνας, κόλπος Θεσσαλονίκης, κόλπος Καλλονής)	Ολιγοτροφικές περιοχές (παράκτια περιοχή Ρόδου)
<i>Acartia clausi</i>	<i>Oithona plumifera</i>
<i>Podon polyphemoides</i>	<i>Clausocalanus furcatus</i>
<i>Paracalanus parvus</i>	<i>Oncaea media</i>
<i>Pseudoevadne tergestina</i>	<i>Oncaea mediterranea</i>
<i>Centropages ponticus</i>	<i>Mecynocera clausi</i>
<i>Penilia avirostris</i>	<i>Lucicutia flavicornis</i>

Μια εμφανής εποχιακή διακύμανση της σύνθεσης των βιοκοινοτήτων παρατηρήθηκε στις μεσοπελαγικές περιοχές, περίπου παρόμοιες με τις άλλες Μεσογειακές περιοχές. Η διαφοροποίηση εκείνων των συναθροίσεων οφείλεται στην μεταβλητότητα των περιβαλλοντικών παραμέτρων (π.χ. θερμοκρασία, και επιρροή από την ανοικτή θάλασσα).

Τα εύρη των τιμών της βιοποικιλότητας και της κυριαρχίας σε αρκετές ελληνικές παράκτιες περιοχές παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Στις περιορισμένες περιοχές στις οποίες παρατηρείται ρύπανση (Κόλπος Ελευσίνας και κόλπος

Θεσσαλονίκης), οι βιοκοινότητες του μεσοζωοπλαγκτού έχουν γενικά χαμηλή βιοποικιλότητα και υψηλές τιμές επικράτησης συγκρινόμενες με άλλες περιοχές, γεγονός που υποδηλώνει την διατάραξη και την ευαισθησία αυτών των συστημάτων. Ωστόσο, η βιοποικιλότητα αυξάνεται και η επικράτηση μειώνεται σε περιοχές με ελάχιστες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις είτε με απουσία αυτών, και με αυξανόμενη επίδραση από την ανοικτή θάλασσα (π.χ. στην παράκτια περιοχή της Ρόδου).

Πίνακας 2. Τα εύρη των δεικτών της βιοποικιλότητας και της κυριαρχίας στις ελληνικές παράκτιες περιοχές.

Περιοχή	Δείκτης βιοποικιλότητας Shannon-Wiener (bits ind. ⁻¹)	Δείκτης κυριαρχίας (%)	Πηγές
Σαρωνικός κόλπος	1,73-4,23	33-75	Siokou-Frangou, 1999
Θερμαϊκός κόλπος	1,49-3,38	33,8-68,5	NCMR, 1996
Παράκτια περιοχή Ρόδου	3,58-4,58	1,4-33,7	Siokou-Frangou & Papathanassiou, 1989
Κόλπος Ελευσίνας	0,04-2,9	33,5-99,8	Siokou-Frangou, 1999
Κόλπος Θεσσαλονίκης	1,42-2,73	46,8-77,1	NCMR, 1996

1.5.2.1. Μεσοπελαγικά Νερά

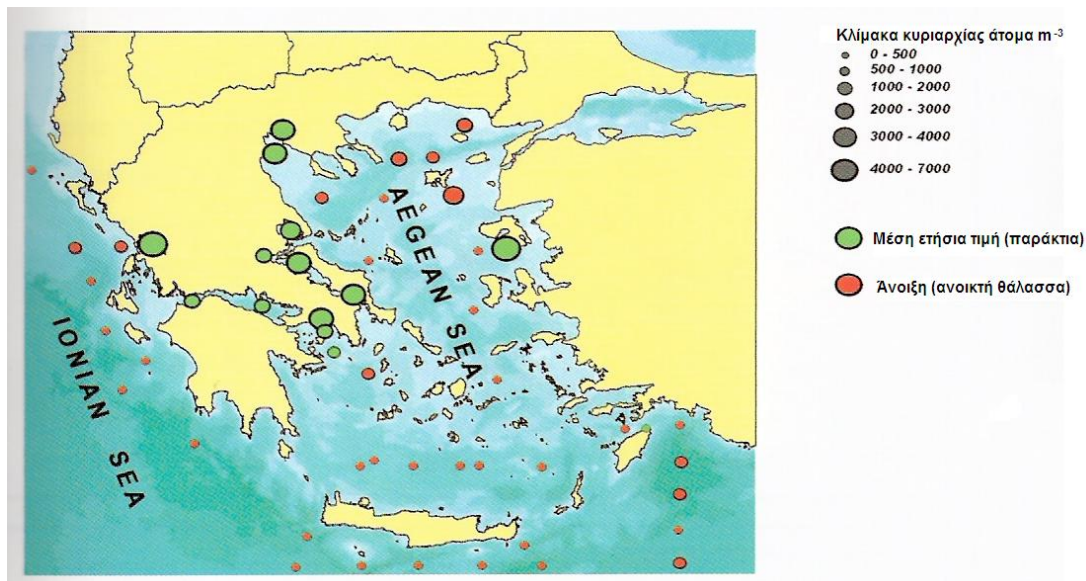
Η βιομάζα και η αφθονία του μεσοζωοπλαγκτού είναι γενικά μικρότερη στα μεσοπελαγικά νερά, συγκρινόμενες με παράκτιες περιοχές (Σχήμα 2). Ένα ξεχωριστό μοτίβο μείωσης της επικράτησης του μεσοζωοπλαγκτού παρατηρήθηκε κατά μήκος του βόρειου-νότιου άξονα του Αιγαίου Πελάγους κατά την διάρκεια θερμών αλλά και ψυχρών εποχών. Στο Ιόνιο Πέλαγος και στη Βορειοδυτική θάλασσα της Λεβαντίνης παρατηρήθηκαν παρόμοιες τιμές με αυτές του Νοτίου Αιγαίου, γεγονός που υποδεικνύει τον έντονο ολιγοτροφικό χαρακτήρα της Ανατολικής Μεσογείου (AZON, 1986). Αυτό το διακεκριμένο χωρικό μοτίβο ισχύει επίσης για τις τιμές της βιομάζας (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Τα εύρη της βιομάζας (mg m⁻³) στην ζώνη των 0-100m των ελληνικών μεσοπελαγικών νερών.

Εποχή	Περιοχή		
	Βόρειο Αιγαίο (1997)	Νότιο Αιγαίο (1997)	Ιόνιο (2000)

Άνοιξη	8,4-20,5	4,5-7,2	1,2-5,5
Φθινόπωρο	4,8-12,8	3,6-7,2	2,4-4,6

Στα ελληνικά μεσοπελαγικά νερά, οι υψηλότερες τιμές βιομάζας και κυριαρχίας (μέχρι 66,8 mg m⁻³ και 11.732 άτομα m⁻³ αντίστοιχα στην 0-20m ζώνη – Μάιος 1997) εντοπίστηκαν στον βορειοανατολικό μέρος του Αιγαίου, μία περιοχή που βρίσκεται μετά από μια εκτεταμένη κορυφογραμμή και επηρεάζεται από τις εκροές της Μαύρης θάλασσας. Εσωτερικά της έντονης ολιγοτροφικής θάλασσας της Λεβαντίνης, η περιμετρική περιοχή της Ρόδου αποτελεί μια ιδιαίτερη ζώνη εξαιτίας των πλούσιων μεσοζωοπλαγκτονικών κοινοτήτων σε περιόδους όπου ακολουθούνται από μία βαθειά κατακόρυφη ανάμειξη και φυτοπλαγκτονική έξαρση, πχ. την άνοιξη του 1992 (Siokou-Frangou et al., 1999). Βάσει των δεδομένων που συλλέχθηκαν εξαμηνιαία από το 1988 έως το 2000, οι υψηλότερες τιμές εντοπίστηκαν στις αρχές της άνοιξης παρά στο τέλος καλοκαιριού - αρχές φθινοπώρου πάντα σε όρους βιομάζας (Πίνακας 3) και κυριαρχίας.



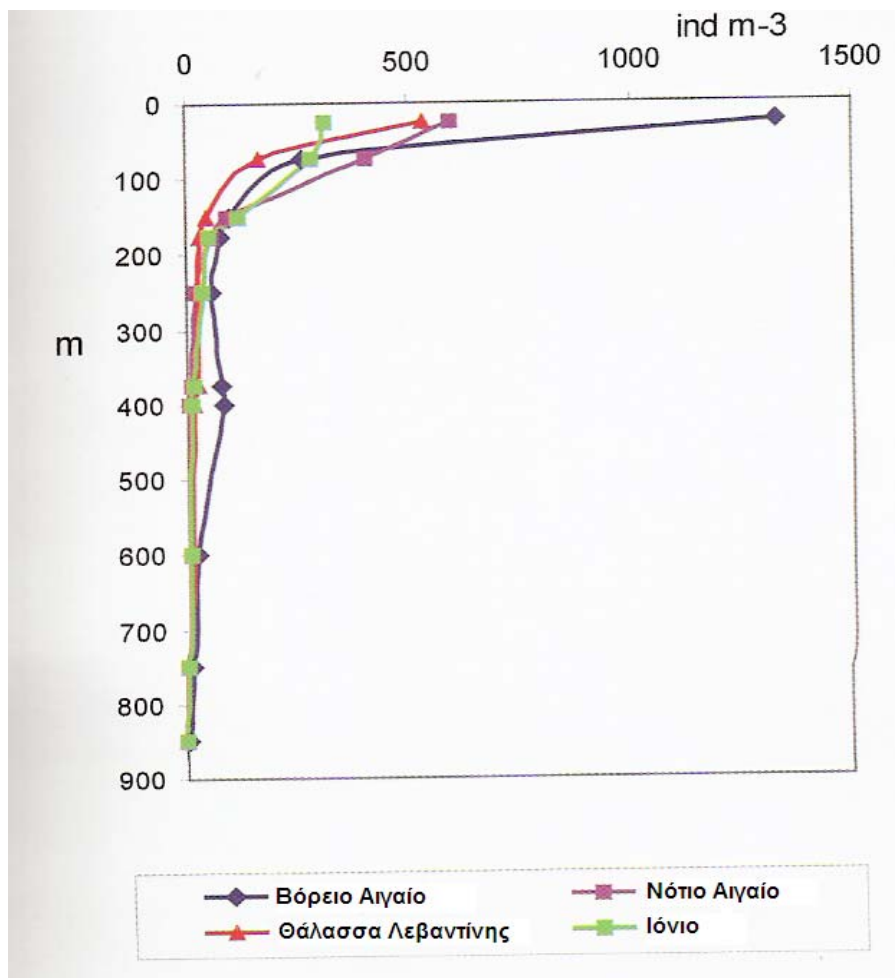
Σχήμα 2. Η κατανομή της κυριαρχίας του ολικού μεσοζωοπλαγκτού (άτομα m⁻³) σε παράκτιες περιοχές και μεσοπελαγικά νερά (Siokou-Frangou et al., 1999).

Η μείωση της κυριαρχίας και βιομάζας του μεσοζωοπλαγκτού με το βάθος είναι ένα γενικό μοτίβο στους παγκόσμιους ωκεανούς καθώς επίσης και στις ελληνικές θάλασσες. Μία απότομη μείωση της κυριαρχίας παρατηρήθηκε στο Βόρειο Αιγαίο μεταξύ 50 και 200m όπου το κάθετο μοτίβο κατανομής φαίνεται να

είναι σχεδόν παρόμοιο με το Νότιο Αιγαίο, το Ανατολικό Ιόνιο και την Βορειοδυτική θάλασσα της Λεβαντίνης (Σχήμα 3). Οι τιμές που εντοπίστηκαν μεταξύ 500 και 1000m είναι δέκα φορές μικρότερες από αυτές της ανώτερης ζώνης, όπου < 1 άτομο m^{-3} βρέθηκε κάτω από τα 1000m. Η ημερήσια κάθετη μετανάστευση του μεσοζωοπλαγκτού παρατηρήθηκε τόσο για τα πελαγικά νερά σε ευρεία κλίμακα όσο και στα νηριτικά νερά (Fragoroulou & Lykakis, 1990) σε μικρότερη κλίμακα.

1.5.2.2. Σύνθεση Βιοκοινοτήτων

Τα κωπήποδα είναι με διαφορά η επικρατούσα ομάδα οργανισμών σε όλες τις θάλασσες, αλλά στο Βόρειο Αιγαίο η σχετική τους κυριαρχία μειώνεται αξιοσημείωτα (κάτω από 30%) στην ζώνη των 0-50m κατά την διάρκεια θερμών περιόδων, όταν επικρατούν τα κλαδοκεραιωτά (πάνω από 51% του ολικού μεσοζωοπλαγκτού). Η κυριαρχία των κλαδοκεραιωτών είναι λιγότερο σημαντική στο νότιο Αιγαίο και αρκετά λιγότερη σε άλλες θάλασσες. Οι κωπηλάτες οργανισμοί εμφανίζονται κυρίως στην επιπελαγική ζώνη (0-100m), όπου η συμβολή των χαιτογνάθων και των οστρακοδών αυξάνεται από την επιφάνεια έως κάτω τα 500m (Mazzocchi et al., 1997)



Σχήμα 3. Η κάθετη κατανομή της κυριαρχίας του μεσοζωοπλαγκτού (άτομα m^{-3}) στο βόρειο και νότιο Αιγαίο (Μάρτιος 1997) και της βορειοδυτικής Λεβαντίνης και του ανατολικού Ιονίου (Πηγή δεδομένων : NCMR, 1988).

Η κατανομή των κωπηπόδων δείχνει καθαρή κάθετη ζωνοποίηση σε όλες τις περιοχές, ένα κοινό μοτίβο στους παγκόσμιους ωκεανούς. Αξιοσημείωτα δείγματα βρέθηκαν στην επιπελαγική, στην μεσοπελαγική και στην βαθυπελαγική ζώνη (Πίνακας 4). Επιπλέον, εντοπίστηκε χωρικός διαχωρισμός ανάμεσα στις περιοχές της επιπελαγικής ζώνης: η βιοκοινότητα του βόρειου Αιγαίου είναι διαφορετική από αυτή του νοτίου Αιγαίου, του Ιονίου και της θάλασσας της Λεβαντίνης, όπου εμφανίζονται περισσότερες ομοιότητες στην μεσοπελαγική και βαθυπελαγική ζώνη. Γενικά, η μεσοζωοπλαγκτονική βιοκοινότητα του βορείου Αιγαίου διαφέρει ανάμεσα στις ανατολικές μεσογειακές θάλασσες, πιθανώς να σχετίζεται με την τοπογραφία, την υδρολογία και την κυκλοφορία των νερών στην περιοχή αυτή (Siokou-Frangou et al., 2004).

Πίνακας 4. Τα είδη των κωπηπόδων που κυριαρχούν στις ελληνικές θάλασσες.

Περιοχή		Βόρειο Αιγαίο		Νότιο Αιγαίο
Εποχή				
Ζώνη		Ψυχρή περίοδος	Θερμή περίοδος	Ψυχρή και θερμή περίοδος
Επιπελαγική (0-100m)		<i>Clausocalanus paululus</i> <i>Clausocalanus pergens</i> <i>Centropages typicus</i> <i>Acartia clausi</i> <i>Clausocalanus parapergens</i>	<i>Penilia avirostris</i> <i>Temora stylifera</i> <i>Evadne spinifera</i> <i>Oncaea media</i> <i>Farranula rostrata</i>	<i>Clausocalanus furcatus</i> <i>Clausocalanus paululus</i> <i>Farranula rostrata</i> <i>Oithona plumifera</i> <i>Oithona setigera</i> <i>Oncaea media</i>
Μεσοπελαγική (100-500m)		<i>Clausocalanus paululus</i> <i>Oithona setigera</i> <i>Lucicutia flavicornis</i> <i>Pleuromamma gracilis</i> <i>Lucicutia gemina</i>		<i>Oithona setigera</i> <i>Haloptilus longicornis</i> <i>Lucicutia flavicornis</i> <i>Pleuromamma gracilis</i> <i>Spinocalanus sp.</i> <i>Lucicutia gemina</i>
Βαθυπελαγική (500-2000m)		<i>Calanus helgolandicus</i> (Βόρειο Αιγαίο) <i>Eucalanus monachus</i> (Νότιο Αιγαίο) <i>Oncaea ornate</i> <i>Monacilla typical</i> <i>Spinocalanus sp.</i> <i>Mormonilla minor</i>		
Περιοχή		Ιόνιο		Βορειοδυτική Λεβαντίνη
Εποχή				
Ζώνη		Ψυχρή και θερμή περίοδος		Ψυχρή και θερμή περίοδος
Επιπελαγική (0-100m)		<i>Clausocalanus furcatus</i> <i>Clausocalanus paululus</i> <i>Oithona plumifera</i> <i>Farranula rostrata</i> <i>Oithona setigera</i> <i>Oncaea media</i>		<i>Clausocalanus furcatus</i> <i>Clausocalanus paululus</i> <i>Oithona plumifera</i> <i>Oithona setigera</i> <i>Farranula rostrata</i> <i>Oncaea media</i>
Μεσοπελαγική (100-500m)		<i>Haloptilus longicornis</i> <i>Oithona setigera</i> <i>Oncaea mediterranea</i> <i>Lucicutia flavicornis</i> <i>Lucicutia gemina</i> <i>Pleuromamma gracilis</i>		
Βαθυπελαγική (500-2000m)		<i>Eucalanus monachus</i> <i>Spinocalanus sp.</i> <i>Mormonilla minor</i> <i>Oncaea sp.</i>		

1.5.3. Μακροζωοπλαγκτόν

Οι μελέτες του μακροζωοπλαγκτού στα ελληνικά νερά είναι σποραδικές και αφορούν κυρίως είδη ή ομάδες, οι οποίες προσελκύουν το ερευνητικό ενδιαφέρον είτε λόγω της μαζικής τους εμφάνισης είτε εξαιτίας της επίδρασης της ανθρωπογενούς παρέμβασης και των διάφορων διεργασιών του οικοσυστήματος. Οι οργανισμοί του μακροζωοπλαγκτού που έχουν μελετηθεί

είναι οι μέδουσες, τα κτενοφόρα και τα ευφαισιώδη.

1.5.4. Εξάρσεις μεδουσών

Μεγάλες συγκεντρώσεις πληθυσμών της σκυφομέδουσας *Pelagia noctiluca* εντοπίστηκαν σε όλες τις ελληνικές ακτογραμμές το διάστημα 1981-1983. Παρόμοιες συναθροίσεις παρατηρήθηκαν την ίδια περίοδο στην Αδριατική θάλασσα, στο ανατολικό Ιόνιο και στην θάλασσα της Λεβαντίνης. Η ανάλυση των χρονοσειρών αποκάλυψαν πως οι εξάρσεις που εμφανίστηκαν του *Pelagia noctiluca* στην Μεσόγειο δεν είναι πρόσφατο φαινόμενο, αλλά ένα φυσιολογικό και επαναλαμβανόμενο φαινόμενο, μια βιολογική έκφραση του πελαγικού οικοσυστήματος ως αντίδραση στις διακυμάνσεις των φυσικών περιβαλλοντικών παραμέτρων (UNEP, 1991). Από την άλλη άποψη, η εμφάνιση μεγάλων πληθυσμών της σφυμέδουσας *Aurelia aurita* και *Rhizostoma pulmo* στον κόλπο της Ελευσίνας και στον κόλπο Θεσσαλονίκης και στον εσωτερικό Θερμαϊκό πρέπει να σχετίζεται με την επιτυχημένη προσαρμογή στις ευτροφικές συνθήκες αυτών των περιοχών (Parathanassiou et al., 1987).

1.5.5. Κτενοφόρα

Στις αρχές του 1980, το αρπακτικό κτενοφόρο *Mnemiopsis leidyi* εισήλθε από απορροές της Μαύρης θάλασσας (Vinogradou et al., 1992), το οποίο άσκησε τεράστια επίδραση στο πελαγικό οικοσύστημα. Όσον αφορά το Αιγαίο, τα είδη αυτά καταγράφηκαν αρχικά στον Σαρωνικό κόλπο, στο τέλος της άνοιξης-καλοκαίρι 1990 (45-75 άτομα m⁻²). Μέχρι τότε η επικράτησή τους μειωνόταν μέχρι το 1996 και μετά έγιναν σπάνια σε αυτήν την περιοχή (Chiganova et al., 2001). Ωστόσο, ένας μεγάλος πληθυσμός καταγράφηκε τον Ιανουάριο του 1998. Ο οργανισμός *Mnemiopsis leidyi* επικρατούσε (3 άτομα m⁻²) τον Μάιο του 1995 στον κόλπο Καλλονής (Λέσβο). Τον Ιούνιο του 1988 η επικράτησή του ήταν 1,5-2,5 άτομα m⁻² στο βορειοανατολικό Αιγαίο και τον Σεπτέμβριο του 1998 καταγράφηκε η μεγαλύτερη κυριαρχία του κοντά στο στενό των Δαρδανελίων (2,5 άτομα m⁻²). Επίσης, πληθυσμοί παρατηρήθηκαν το καλοκαίρι σε αρκετές

παράκτιες περιοχές του Αιγαίου (Σκύρος, Λήμνος, Αλόνησος και στην Χαλκιδική) την περίοδο 1991-1996 (Chiganova et al., 2001). Κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών πληθυσμοί του *Mnemiopsis* καταγράφηκαν κυρίως γύρω από την Λήμνο καθώς επίσης και στον βόρειο Ευβοϊκό κόλπο. Γενικά, η κυριαρχία του *Mnemiopsis* στο βόρειο Αιγαίο (μέγιστο 150 άτομα m⁻²) βρέθηκε να είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με την Μαύρη θάλασσα (μέγιστο 7600 άτομα m⁻², Vinogradou et al., 1989).

Η παρουσία του *Mnemiopsis* στο Αιγαίο οφείλεται κυρίως στην είσοδο των νερών από την Μαύρη θάλασσα στο βόρειο Αιγαίο. Το μέγεθος των ατόμων που συλλέχθηκαν στα νερά του Αιγαίου (2-14cm), ήταν μικρότερα από αυτά που παρατηρήθηκαν στην Μαύρη θάλασσα (Shiganova et al., 2004).

Πρόσφατες ανέκδοτες πειραματικές εργασίες προτείνουν πως ο ρυθμός αναπαραγωγής του *Mnemiopsis leidyi* είναι υψηλότερος στην Μαύρη θάλασσα και μικρότερος στο Αιγαίο, αν και το ειδικό βάρος αναπαραγωγής είναι υψηλότερο στην Κασπία θάλασσα και μικρότερο στο Αιγαίο. Ο μικρός ρυθμός αναπαραγωγής στο Αιγαίο οφείλεται τόσο στην μικρή συγκέντρωση θηραμάτων (μεσοζωοπλαγκτόν) όσο και στην υψηλή αλατότητα της περιοχής. Ο ρυθμός αναπνοής είναι επίσης μικρότερος στο Αιγαίο και στην Κασπία θάλασσα από ότι στην Μαύρη θάλασσα, το οποίο πιθανώς συνδέεται με την ωσμωρύθμιση εξαιτίας των μεγάλων διαφορών στην αλατότητα.

1.5.6. Ευφαισιώδη

Τα ευφαισιώδη συνεισφέρουν αρκετά στην πλαγκτονική βιομάζα καθ' όλη την διάρκεια του έτους και θεωρούνται μια σημαντική πηγή τροφής για τους πληθυσμούς ψαριών (Williams & Fragoroulu, 1985). Στα ελληνικά νερά τα ευφαισιώδη έχουν καταγραφεί στα παράκτια νερά του Πατραϊκού κόλπου (Ιόνιο πέλαγος) και στα πελαγικά νερά του βορείου Αιγαίου. Στον Πατραϊκό κόλπο το *Nyctiphanes couchi* βρέθηκε να μεταναστεύει την νύχτα κατά την διάρκεια της δημιουργίας του εποχικού θερμοκλινούς, ενώ οντογενετικές μεταναστεύσεις ειδών επίσης παρατηρήθηκαν στην ίδια περιοχή (Fragoroulu & Lykakis, 1990). Η

μελέτη ποιοτικών και ποσοτικών δειγμάτων από βάθη 250-1000m στο βόρειο Αιγαίο (χρησιμοποιώντας τράτα μέσης αλιείας) αποκάλυψε την παρουσία 8 ειδών, εκ των οποίων το *Nematoscelis megalops* επικρατούσε κυρίως στα 500m βάθος (Mavidis et al., 2004).

1.5.7. Βιολογικός κύκλος και μεταβολισμός.

Τέσσερις στις πέντε γενεές του *Acartia clausi* βρέθηκε όλη την διάρκεια του έτους στον Σαρωνικό κόλπο, το μέσο μήκος γενεάς υπολογίστηκε 28,6 σε εύρος θερμοκρασιών στην περιοχή 13 °C – 25 °C (Christou & Verriopoulos, 1993). Οι μελέτες για την αναπνοή, τις εκκρίσεις αμμωνίου και φωσφόρου στους πληθυσμούς του μεσοζωοπλαγκτού στις παράκτιες περιοχές του Σαρωνικού κόλπου αποκάλυψαν μικρότερους μεταβολικούς ρυθμούς από αυτούς που αναφέρθηκαν στην ανατολική Μεσόγειο (Christou & Moraitou-Apostolopoulou, 1995).

1.6. Δευτερογενής παραγωγή.

Στο βορειοανατολικό Αιγαίο παρατηρήθηκε η υψηλότερη παραγωγή κωπηπόδων, ενώ η παραγωγή στο υπόλοιπο βόρειο και νότιο Αιγαίο ήταν παρόμοια (Πίνακας 5). Η αυξανόμενη παραγωγή του βορειοανατολικού Αιγαίου σχετίζεται κυρίως με την επιρροή από την υδρολογία και τοπογραφία.

Πίνακας 5. Η παραγωγή των κωπηπόδων ($\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$) στο βορειοανατολικό Αιγαίο, στο υπόλοιπο βόρειο Αιγαίο και στο νότιο Αιγαίο.

Εποχές	Βορειοανατολικό Αιγαίο	Βόρειο Αιγαίο	Νότιο Αιγαίο
Άνοιξη 1997	41	5	5
Φθινόπωρο 1997	58	15	6

1.7. Ο ρόλος του μεσοζωοπλαγκτού στο τροφικό πλαγκτονικό δίκτυο.

Στο πελαγικό τροφικό δίκτυο το μεσοζωοπλαγκτόν αποτελεί το συνδετικό κρίκο ανάμεσα στους παραγωγούς χαμηλού επιπέδου (φυτοπλαγκτόν, μικρόβια) και των ανώτερων θηρευτών (ψάρια). Η μελέτη της μεταφοράς του άνθρακα μέσω του πελαγικού τροφικού δικτύου στο Αιγαίο την άνοιξη του 1997, αποκάλυψε μια διαφοροποίηση της συνεισφοράς του μεσοζωοπλαγκτού κατά μήκος του βόρειου-νότιου άξονα: τα κωπήποδα καταναλώνουν μεγαλύτερη αναλογία των μεγάλων οργανισμών στο νότιο Αιγαίο (14%) από ότι στο βορειοανατολικό (6,2%) και το βόρειο (1%). Αυτά τα ευρήματα σχετίζονται με την πολύ μικρή βιομάζα βλεφαριδοφόρων που βρέθηκε στο βορειοανατολικό και βόρειο Αιγαίο, καθώς σε αυτές τις περιοχές κυριαρχούν τα κωπήποδα. Για αυτό το λόγο, το μικροβιακό τροφικό δίκτυο αναπτύσσεται στο βορειοανατολικό και βόρειο Αιγαίο, ενώ στο νότιο μπορεί να χαρακτηριστεί ως "πολυφάγο" [όπου και οι χορτοφάγοι οργανισμοί αλλά και οι μικροβιακοί έχουν σημαντικούς ρόλους στο τροφικό δίκτυο (Siokou-Frangou et al., 2002)]. Η επικράτηση των κλαδοκεραιωτών και η σημαντική παρουσία των κωπηλατών (και τα δυο ικανά να τραφούν με πικοπλαγκτόν και νανοπλαγκτόν) το καλοκαίρι στο βόρειο και στο βορειοανατολικό Αιγαίο, συνεπάγεται πιο αποδοτικές διαδρομές στο τροφικό δίκτυο στις περιοχές αυτές. Η αυξανόμενη βιομάζα μεσοζωοπλαγκτού και η παραγωγή κωπηπόδων, οδηγεί στην υπόθεση πως υπάρχει καλύτερη μεταφορά ενέργειας μέσω του μεσοζωοπλαγκτού στο βόρειο Αιγαίο παρά στο νότιο. Για αυτό το λόγο, υποθέτουμε πως αυτή η διαφορά στον βαθμό μεταφοράς της τροφικής ενέργειας θα επηρεάσει τα υψηλότερα τροφικά επίπεδα, ψάρια και βένθος.

1.8. Χωρική κατανομή ζωοπλαγκτού

1.8.1. Παράκτια νερά

Οι πιο παραγωγικές παράκτιες περιοχές σε όρους επικράτησης και βιομάζας μεσοζωοπλαγκτού φαίνεται να είναι οι κλειστοί και ημίκλειστοι κόλποι που επηρεάζονται από τις ανθρωπογενείς επιδράσεις, όπως ο Αμβρακικός και ο Θερμαϊκός κόλπος (ειδικά στο εσωτερικό τμήμα) καθώς και ο κόλπος της Ελευσίνας. Εκτός από τις παράκτιες περιοχές που είναι έντονα επηρεασμένες από την ανοικτή θάλασσα, τα σταθερά αποθέματα γενικά είναι παρόμοια με άλλες μεσογειακές περιοχές. Το ίδιο ακριβώς ισχύει και για τις συναθροίσεις ειδών.

1.8.2. Μεσοπελαγικά νερά

Τα μεγαλύτερα σταθερά αποθέματα έχουν καταγραφεί στο βορειοανατολικό Αιγαίο, ενώ το νότιο Αιγαίο, το Ιόνιο και η θάλασσα της Λεβαντίνης αποτελούν περιοχές με σχετικά χαμηλές τιμές κυριαρχίας μεσοζωοπλαγκτού, όπου απεικονίζει τον έντονο ολιγοτροφικό χαρακτήρα της Ανατολικής Μεσογείου. Μια αντίστοιχη διαφορά ανάμεσα στις περιοχές είναι οι συναθροίσεις των ειδών στην επιπελαγική και στην βαθυπελαγική ζώνη, όπου οι μεσοπελαγικές συναθροίσεις φαίνονται να είναι λιγότερο ομοιογενείς. Το σταθερό απόθεμα και η σύνθεση των κοινοτήτων φαίνεται να επηρεάζεται από τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής.

2. ΣΤΟΧΟΣ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της δυναμικής της βιομάζας ζωοπλαγκτού στον κόλπο Καλλονής και η πιθανή επίδραση της λεκάνης απορροής σε αυτήν. Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε έλεγχος της πιθανής επίδρασης των αβιοτικών παραμέτρων, οι οποίοι επηρεάζονται από τα εκβολικά συστήματα της λεκάνης απορροής του κόλπου. Το κλειστό θαλάσσιο οικοσύστημα του κόλπου δέχεται επιρροές από τα τρία μεγάλα ποτάμια που εκρέουν και παρατηρούνται διακυμάνσεις των αβιοτικών παραμέτρων σε όλες τις εποχές. Η παρουσία των διακυμάνσεων αυτών οδηγεί στην μελέτη της επίδρασής τους στην βιομάζα της βιοποικιλότητας ζωοπλαγκτού.

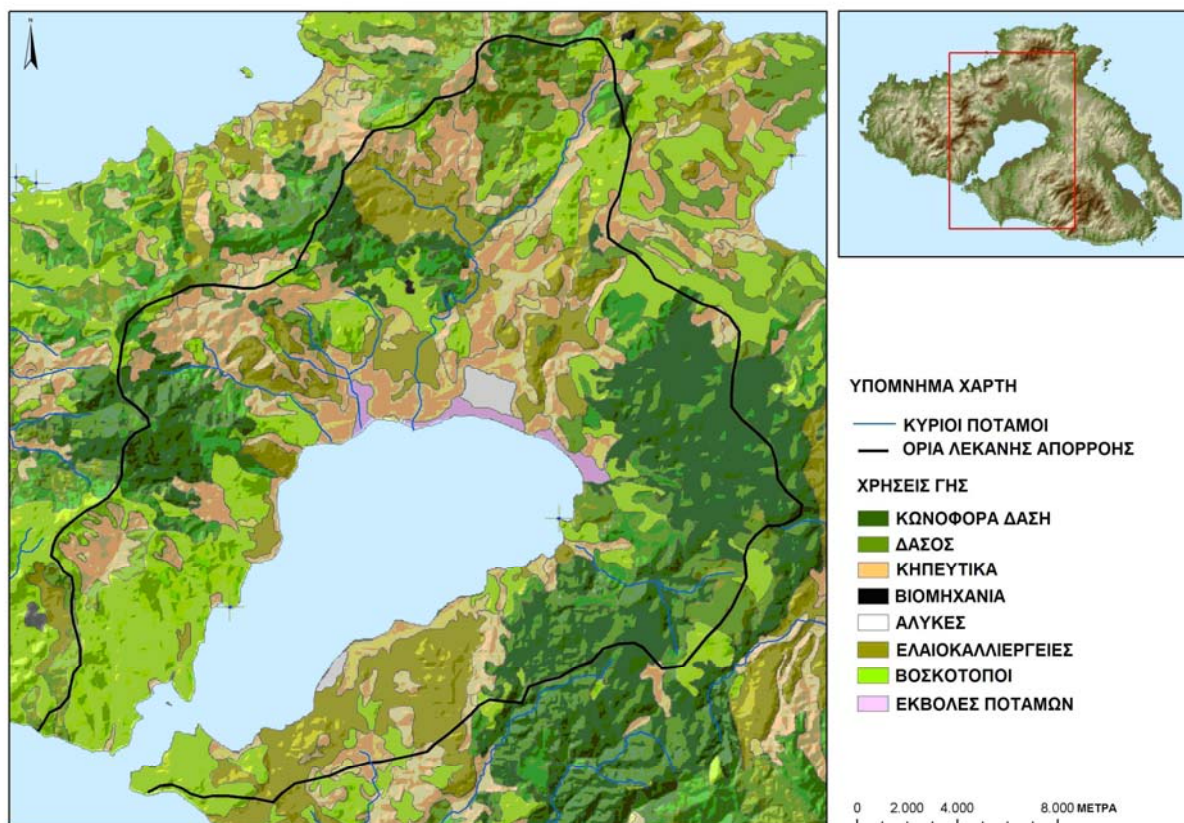
Μέσω διαδοχικών μηνιαίων δειγματοληψιών, που πραγματοποιήθηκαν σε οκτώ σταθμούς που καλύπτουν σχεδόν όλο τον κόλπο, επιχειρήθηκε να μελετηθεί χρονικά και χωρικά η βιομάζα του ζωοπλαγκτού. Οι δειγματοληψίες διήρκεσαν 13 μήνες, έτσι ώστε να μελετηθεί ένα ετήσιο πρότυπο κατανομής του ζωοπλαγκτού. Οι θέσεις δειγματοληψίας καλύπτουν το σύνολο του κόλπου (εσωτερικά και στο δίαυλο επικοινωνίας με την ανοικτή θάλασσα) με αποτέλεσμα να μελετηθεί και χωρικό πρότυπο κατανομής των οργανισμών αυτών. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αβιοτικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αλατότητα, χλωροφύλλη α, νιτρικά, νιτρώδη, πυριτικά, φωσφορικά και αμμωνία) στο σύνολο των σταθμών και σε όλη την στήλη του νερού. Το σύνολο των μετρήσεων αυτών μπορούν να περιγράψουν χωρικά και χρονικά της δυναμική βιομάζας του ζωοπλαγκτού.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Περιοχή μελέτης του κόλπου Καλλονής

Ο κόλπος Καλλονής (Σχήμα 4), είναι μια ημίκλειστη αβαθής περιοχή, βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού της Λέσβου (βορειοανατολικό Αιγαίο, Ελλάδα), με γεωγραφικές συντεταγμένες γεωγραφικού μήκους από 26° 04" σε 26° 18" και γεωγραφικό πλάτος από 39° 04" σε 39° 12". Αποτελεί τον μεγαλύτερο κόλπο του νησιού (από τους δυο υπάρχοντες), με έκταση περίπου 110km². Ο κόλπος έχει ένα επίμηκες σφαιρικό σχήμα προσανατολισμένο ΝΔ-ΒΑ με σχετικά σταθερό μήκος 20 km και πλάτος κυμαινόμενο από 1-10km. Το βόρειο τμήμα είναι ευρύτερο (η απόσταση των ακτών είναι περίπου 10 km), και πιο αβαθής (περίπου 10m βάθος) εξαιτίας των ιζημάτων που καλύπτουν το 80% του πλάτους του (Millet and Lamy, 2002). Στο βορειότερο τμήμα του κόλπου εκρέουν οι περισσότεροι ποταμοί, οι οποίοι αποβάλλουν μεγάλες ποσότητες φερτών υλικών. Αυτές οι ποσότητες έχουν επιμηκύνει τις ισοβαθείς σε αρκετή απόσταση από την ακτή, για παράδειγμα έχουν μεταφέρει την ισοβαθή των 7m από τα 400m στα 1000m μακριά από την ακτογραμμή. Το νοτιότερο τμήμα είναι στενό (περίπου 4km απόσταση μεταξύ της βόρειας και νότιας ακτής), και σχετικά βαθύ (μέσο βάθος 20m) με ανομοιόμορφο πυθμένα. Στη νότια περιοχή, ο κόλπος συνδέεται με την ανοικτή θάλασσα μέσω ενός στενού διαύλου με 2km πλάτος, 2km μήκος και 25m βάθος (Panayotidis et al., 1999).

Το κλίμα του νησιού είναι τυπικό μεσογειακό, με ζεστό και ξηρό καλοκαίρι από τον Μάιο μέχρι τον Σεπτέμβριο και με ήπιες βροχοπτώσεις τον χειμώνα (μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης 65cm). Η μορφολογία της περιοχής αποτελείται από λόφους και χαμηλή βλάστηση η οποία χρησιμοποιείται κυρίως από την γεωργία και την κτηνοτροφία. Εξαιτίας της χαμηλής βλάστησης ο κόλπος επηρεάζεται έντονα από τους δυνατούς ανέμους, όπου σε αντίθεση με τα αβαθή νερά του αποτελεί ένα σύστημα με έντονη ανάμιξη νερών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απουσία του θερμοκλινούς τους καλοκαιρινούς μήνες και την έντονη ανάμιξη των νερών καθ' όλη την διάρκεια του έτους.



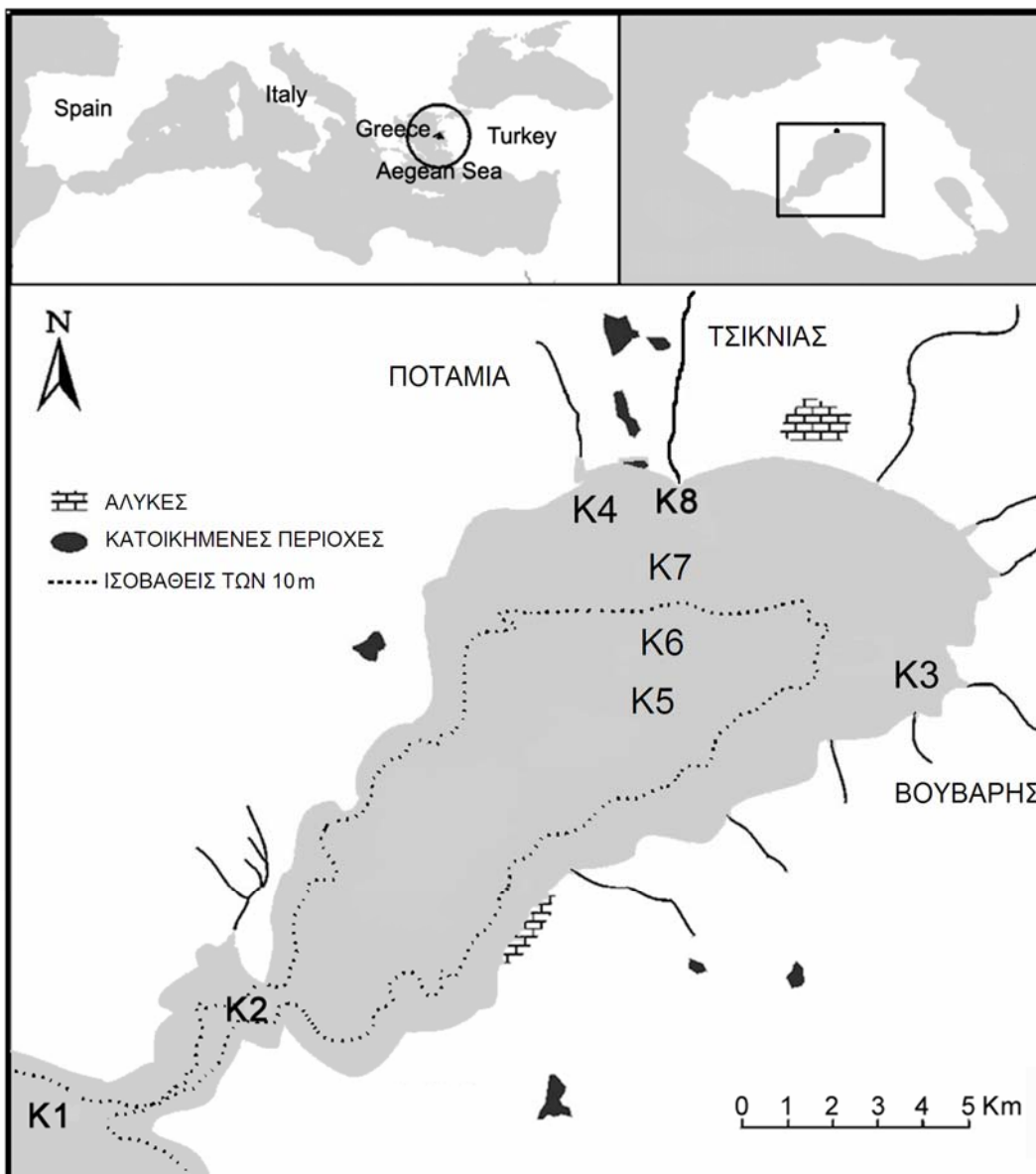
Σχήμα 4. Η λεκάνη απορροής του κόλπου Καλλονής. Οι χρήσεις γης (CORINE) και τα δίκτυα των ποταμών (Ourania Lampaki & Kostas Karistinakis).

Σύμφωνα με την βάση δεδομένων της CORINE, τα 413km² της λεκάνης απορροής του κόλπου Καλλονής καλύπτονται κυρίως από βοσκότοπους (26%), κωνοφόρα δάση (22%), κηπευτικά (18%), ελαιοκαλλιέργειες (16%), μακία βλάστηση (2%) και κατοικημένες περιοχές (0,3%) (Σχήμα 4). Η χρήση των λιπασμάτων συνήθως γίνεται την περίοδο Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου, όπου και παρατηρούνται οι μεγαλύτερες κατακρημνίσεις. Οι ποσότητες των λιπασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στον κόλπο της Καλλονής το 2004 εκτιμήθηκαν περίπου στους 628 τόνους, οι οποίες περιλάμβαναν 105 τόνους N, 61 τόνους P₂O₅, και K₂O. Σημαντικές ποσότητες ανόργανου αζώτου και φωσφόρου καταλήγουν στον κόλπο της Καλλονής κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών κυρίως μέσω του δικτύου των ποταμών που υπάρχουν σε ολόκληρη την λεκάνη απορροής. Έχει εκτιμηθεί πως οι βασικές πηγές αζώτου στον κόλπο προέρχονται από τις απορροές της γεωργίας και της κτηνοτροφίας (67%) και ακολουθούν τα ακατέργαστα αστικά λύματα (32%). Για τον ανόργανο φώσφορο οι κύριες πηγές προέρχονται από την γεωργία (86%) και τα αστικά λύματα (14%) (Kostoroulou et al., 2007).

Κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, το οικοσύστημα του κόλπου έχει υποστεί πιέσεις εξαιτίας των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στην ευρύτερη περιοχή του κόλπου. Τα απόβλητα των πόλεων και των χωριών της περιοχής καταλήγουν ακατέργαστα μέσα στον κόλπο. Άλλες πηγές θρεπτικών, οργανικών ουσιών και αποβλήτων που εισέρχονται στον κόλπο είναι οι κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, οι γεωργικές εκτάσεις, τα ελαιοτριβεία, τα γαλακτοκομεία, και οι βιομηχανίες μαρμάρου. Η εντατική αλιεία στον κόλπο έχει οδηγήσει σε μια σημαντική μείωση των βιολογικών αποθεμάτων συμπεριλαμβανομένων ψαριών και δίθυρων. Αξίζει να αναφερθεί ότι ο κόλπος της Καλλονής και η ευρύτερη περιοχή αποτελεί ένα σημαντικό ενδιαίτημα για την βιοποικιλότητα καθώς ένα μεγάλο μέρος της περιοχής καλύπτεται από εκβολές ποταμοχειμάρων, αλυκές, πευκοδάση και καλαμώνες. Για τον λόγο αυτό σχεδόν όλη η περιοχή ανήκει στο δίκτυο NATURA 2000 ως μια από τις «ειδικές περιοχές διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος».

3.2 Σχέδιο δειγματοληψίας

Τα δείγματα ζωοπλαγκτού συλλέχθηκαν από 8 σταθμούς δειγματοληψίας, δυο σταθμούς στο στόμιο του κόλπου και έξι εσωτερικά του κόλπου (Σχήμα 5). Οι οκτώ σταθμοί δειγματοληψίας ζωοπλαγκτού καλύπτουν κυρίως το εσωτερικό τμήμα του κόλπου με τους σταθμούς K3, K4, K8 να καλύπτουν τις εκβολές των ποταμών Βούβαρη, Ποταμιά και Τσικνιά, αντίστοιχα. Επίσης, οι σταθμοί K1, K2 καλύπτουν το στόμιο του κόλπου, οι σταθμοί K5, K6 την ισοβαθή των 10 m και τέλος ο σταθμός K7 ολοκληρώνει το σύνολο της δειγματοληπτικής περιοχής κατά μήκος του κόλπου από το εσωτερικό του έως τις εκβολές του ποταμού Τσικνιά (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Χάρτης του κόλπου Καλλονής ο οποίος προσδιορίζει τους οκτώ σταθμούς δειγματοληψίας.

Οι δειγματοληψίες στον κόλπο Καλλονής ήταν μηνιαίες (με εξαίρεση τους μήνες Νοέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάιο στους οποίους έγιναν δυο δειγματοληψίες), διήρκεσαν δεκατρείς μήνες και πραγματοποιήθηκαν από τον Ιούλιο του 2004 έως τον Ιούλιο του 2005 (Πίνακας 6). Οι δειγματοληψίες περιλάμβαναν επίσης μετρήσεις αβιοτικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αλατότητα, χλωροφύλλη α, νιτρικά, νιτρώδη, πυριτικά, φωσφορικά και αμμωνία) σε όλη την στήλη του νερού στην οποία συλλέχθηκαν τα δείγματα ζωοπλαγκτού.

Πίνακας 6. Οι δειγματοληψίες ζωοπλαγκτού και αβιοτικών παραμέτρων στον κόλπο Καλλονής.

A/A	Ημερομηνία	Έτος
1	7 Ιουλίου	2004
2	5 Αυγούστου	2004
3	9 Σεπτεμβρίου	2004
4	15 Οκτωβρίου	2004
5	12 Νοεμβρίου	2004
6	25 Νοεμβρίου	2004
7	16 Δεκεμβρίου	2004
8	13 Ιανουαρίου	2005
9	18 Ιανουαρίου	2005
10	18 Φεβρουαρίου	2005
11	25 Φεβρουαρίου	2005
12	16 Μαρτίου	2005
13	26 Απριλίου	2005
14	8 Μαΐου	2005
15	26 Μαΐου	2005
16	9 Ιουνίου	2005
17	13 Ιουλίου	2005

3.3. Αναλυτική μεθοδολογία περί ζωοπλαγκτού

Οι μετρήσεις ζωοπλαγκτού πραγματοποιήθηκαν με δίχτυ δειγματοληψίας ζωοπλαγκτού (Σχήμα 6) με άνοιγμα ματιού 55 μ m, σε όλη την στήλη του νερού. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο και έγινε καταμέτρηση και συστηματική κατάταξη των οργανισμών σε επίπεδο οικογένειας. Η δειγματοληψία μεσοζωοπλαγκτού συνήθως εκτελείται με κάθετη ή πλάγια σύρση πλαγκτονικών δικτυών (με μέγεθος δικτυού να ποικίλει από 180 έως 280 μ m) σε ιδιαίτερες ζώνες (0-20/50m, 50-100m, 100-200m, 200-300m, 300-500m, 500-700m, 700-1000m, 1000m στον πυθμένα) ή σχεδόν από τον πυθμένα στην επιφάνεια (σταθμοί σε αβαθή νερά). Αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχουν προβλήματα στην σύγκριση των διαθέσιμων δεδομένων ζωοπλαγκτού, κυρίως εξαιτίας της ασυνέπειας της συχνότητας των δειγμάτων (μηνιαία, εποχιακά, εξαμηνιαία) και

των δειγματοληπτικών περιόδων. Για τον λόγο αυτό στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να ξεπεραστούν τα προβλήματα αυτά με την συλλογή και τον διαχωρισμό σε ταξινομικές ομάδες και μηνιαίες δειγματοληψίες έτσι ώστε να προσδιοριστεί ετήσιο πρότυπο κατανομής.



Σχήμα 6. Το δίχτυ δειγματοληψίας πλαγκτού.

Με την χρήση βαρομετρικών μεθόδων της ξηρής βιομάζας (Dry weight) και της οργανικής βιομάζας (Ash free dry weight) εκτιμήθηκε η καθαρή βιομάζα του ζωοπλαγκτού και η καθαρή οργανική ύλη των οργανισμών. Στις συγκεκριμένες μεθόδους υπεισέρχονται σφάλματα καθώς η ζωντανή μάζα των οργανισμών μπορεί να διαφέρει από την νωπή, επειδή η απώλεια του οργανικού υλικού προκαλεί συρρίκνωση στους νεκρούς οργανισμούς. Καθώς η ξήρανση των φίλτρων πραγματοποιείται στους 60 °C (για την απομάκρυνση της υγρασίας από την ατμόσφαιρα) και στους 500 °C (απομάκρυνση της πιθανής οργανικής ύλης που υπάρχει στα φίλτρα), οι παραπάνω θερμοκρασίες μπορούν να αλλοιώσουν και να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά των φίλτρων. Για αυτή την διαδικασία απαιτείται μεγάλη προσοχή ειδικά όταν αναμένονται πολύ μικρά ποσά βιομάζας. Τα φίλτρα πρέπει να διατηρούνται ξηρά πριν την πρώτη μέτρηση του βάρους. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα σε ξηραντήρα κενού αέρος (Σχήμα 7) χρησιμοποιώντας χλωριούχο ασβέστιο (CaCl_2) ή silica gel ως μέσο ξήρανσης.

Επιπλέον, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα σφαλμάτων κατά την αποθήκευση των δειγμάτων και για το λόγο αυτό τα φίλτρα με τα δείγματα αποθηκεύονται σε αλουμινένια τριβλία. Η αποθήκευση του δείγματος συν του φίλτρου σε αλουμινένιο τριβλίο έχει δυο πλεονεκτήματα. Με αυτό εμποδίζονται οι απώλειες α) κατά την διάρκεια των πολυάριθμων χειρισμών (βάζοντας το δείγμα με το φίλτρο στην πλαστική σακούλα, η μεταφορά στο χωνευτήριο καταμέτρησης κ.τ.λ.) και β) από την πιθανή διαρροή της οργανικής ύλης μετά τον θάνατο και την συρρίκνωση των οργανισμών. Επομένως, όλες οι στερεές ουσίες παραμένουν στο αλουμινένιο χωνευτήριο. (Williams and Robins, 1982, Postel, 1990).

Η ξήρανση στους 60 °C σε φούρνο ξήρανσης (Σχήμα 8) προτείνεται για περίπου 24 ώρες (Lovegrove, 1962, 1966). Υψηλότερη θερμοκρασία πρέπει να αποφεύγεται αποκλείοντας έτσι την απώλεια πτητικών οργανικών υλών, για παράδειγμα πάνω από το 8% των λιπιδίων στους 105 °C. Οι οργανισμοί με ένυδρους σκελετούς περιέχουν δεσμευμένο νερό, το οποίο απομακρύνεται μόνο σε θερμοκρασίες πάνω από 140 °C και είναι παρόν στα δείγματα που ξηραίνονται στους 60 °C. Το πρόβλημα αυτό είναι γνωστό σε κάποιες φυτοπλαγκτονικές ομάδες, μεγάλα καρκινοειδή όπως βραχύουρα και ζελατινοειδές πλαγκτόν. Η θερμοκρασία των 70 °C (Bamstedt, 1974) χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς για να ξηραθούν μυσιδώδη, δεκάποδα και κωπήποδα, ώστε να πραγματοποιηθούν βιοχημικές αναλύσεις (Raymont et al., 1969, 1971a).

Ο χρόνος ξήρανσης εξαρτάται από την ποσότητα της ύλης και το μέγεθος των οργανισμών και κυμαίνεται από μερικές ώρες έως μια ημέρα. Η σταθερότητα της βιομάζας επιτεύχθηκε μετά από 18-22 ώρες σε ένα σύνολο δειγμάτων από 1,6g έως 2,7g ξηρής μάζας (Postel, 1990).

Στην μέθοδο της οργανικής ύλης (Ash free dry weight) απαιτείται μεγάλη προσοχή στους χειρισμούς καθώς παρατηρούνται σφάλματα κατά την διάρκεια της μέτρησης. Τα δείγματα πρέπει να αποθηκεύονται και να αποφεύγεται η επαφή με την ατμόσφαιρα καθώς υπάρχει μεγάλη πιθανότητα αλλοίωσης των ποσών της οργανικής ύλης.

Η διακύμανση της τέφρας και των ανόργανων ουσιών των δειγμάτων, εξαρτάται από την σύνθεση των ειδών. Τα δείγματα στα αβαθή νερά εμπεριέχουν το κίνδυνο να συλλεχθεί ένα σημαντικό ποσό μεταλλικών στοιχείων εξαιτίας της ανάμειξης από την επίδραση του αέρα ή των παλιρροιών.

Η μέτρηση της τέφρας και κατ' επέκταση της οργανικής ύλης των

ζωοπλαγκτονικών οργανισμών ακολουθείται από την ανάλυση της ξηρής βιομάζας. Τα ήδη ξηραμένα και ζυγισμένα δείγματα σε φίλτρα fiber glass στα αλουμινένια τριβλία, καίγονται σε ένα κλίβανο στους 500⁰C τουλάχιστον για 12 ώρες επειδή έχουν βρεθεί ίχνη οργανικής ύλης μετά από 3 ώρες καύσης. Μια ακριβής θερμοκρασία είναι επίσης σημαντική για την βέλτιστη διαδικασία οξειδωσης. Μικρότερη θερμοκρασία δεν εγγυάται ολοκληρωμένη καύση ενώ μερικά ανόργανα άλατα μπορεί να γίνουν ασταθή σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Αυτό είναι σημαντικό σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται παλαιότεροι κλίβανοι, όπου οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας περίπου 70⁰C, είναι πολύ πιθανές.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια του πειράματος όπως προαναφέρθηκε ήταν η μέθοδος του ξηρού βάρους (Dry weight) και η μέθοδος της οργανικής βιομάζας (Ash-free Dry weight). Η πρώτη μέθοδος υπολογίζει την βιομάζα των οργανισμών που βρίσκεται στο δείγμα, αφού αρχικά έχει απομακρυνθεί τελείως η υγρασία και τα σωματικά υγρά των οργανισμών. Η δεύτερη μέθοδος μέσω της καύσης των οργανισμών και την μέτρηση της εναπομείνουσας τέφρας, προσδιορίζει την οργανική ύλη των οργανισμών ή ορθότερα την καθαρή οργανική ύλη.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την περάτωση των ανωτέρω μετρήσεων ήταν: φίλτρα διήθησης Glass fiber, ξηραντήρας, συσκευή διήθησης με αντλία κενού, απεσταγμένο νερό, ζυγαριά ακριβείας, κλίβανος και πυραντήριο.



Σχήμα 7. Ο ξηραντήρας που χρησιμοποιήθηκε για την απομάκρυνση της υγρασίας στα δείγματα ζωοπλαγκτού.



Σχήμα 8. Ο κλίβανος που χρησιμοποιήθηκε για την ξήρανση στους 60 °C των δειγμάτων ζωοπλαγκτού.

3.4 Ξηρή βιομάζα - Dry weight

Η μέθοδος μέτρησης του ξηρού βάρους γίνεται με την αφυδάτωση των οργανισμών και την μέτρηση του βάρους τους. Αρχικά, τα φίλτρα αφυδατώνονται σε κλίβανο στους 60 °C για 24 ώρες (Σχήμα 8) και στην συνέχεια γίνεται μέτρηση του καθαρού βάρους τους χωρίς υγρασία στην ζυγαριά ακριβείας. Τα φίλτρα τοποθετούνται σε ξηραντήρα (Σχήμα 7) μέχρι να γίνει η μέτρηση του βάρους τους έτσι ώστε να μην δεσμεύσουν την υγρασία που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Τα φίλτρα τοποθετούνται μέσα σε αλουμινένια τριβλία έτσι ώστε να αποφευχθεί η επαφή τους με σκόνη από τις επιφάνειες του εργαστηρίου. Τα αλουμινένια τριβλία ξηραίνονται και ζυγίζονται με την ίδια ακριβώς διαδικασία, όπως τα φίλτρα και αριθμούνται.

Στην συνέχεια τα φίλτρα τοποθετούνται στην συσκευή διήθησης και τα δείγματα διηθούνται. Η συσκευή καθαρίζεται πάντα με απεσταγμένο νερό έτσι ώστε να απομακρύνονται όλοι οι οργανισμοί και τα πιθανά κατάλοιπα από τα δείγματα. Αφού ολοκληρωθεί η διήθηση των δειγμάτων τα φίλτρα με τους διηθημένους οργανισμούς και τα αλουμινένια τριβλία τοποθετούνται εκ νέου στον κλίβανο για αφυδάτωση στους 60 °C για 24 ώρες. Τέλος, γίνεται μέτρηση του βάρους των δειγμάτων στην ζυγαριά ακριβείας και προσδιορίζεται η βιομάζα των οργανισμών. Τα φίλτρα πρέπει να διατηρούνται χωρίς υγρασία πριν την μέτρηση

του βάρους. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα σε ξηραντήρα κενού αέρος χρησιμοποιώντας χλωριούχο ασβέστιο (CaCl_2) ή silica gel ως μέσο ξήρανσης. Η διαφορά του βάρους των φίλτρων πριν και μετά την διήθηση αποτελεί την ξηρή βιομάζα του ζωοπλαγκτού. Στην περίπτωση που το φίλτρο ζυγιστεί με το αλουμινένιο τριβλίο τότε η συγκέντρωση της ξηρής βιομάζας τελικά υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο :

$$\begin{aligned} \text{Ξηρή βιομάζα (mg m}^{-3}\text{)} &= \text{ξηραμένο δείγμα με φίλτρο σε αλουμινένιο τριβλίο} \\ &\quad \text{(mg)} - \text{φίλτρο (mg)} - \text{αλουμινένιο τριβλίο (mg)} \\ &\quad / \text{ποσότητα φιλτραρισμένου νερού (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

3.5. Οργανική ξηρή βιομάζα – Ash free dry weight

Ο προσδιορισμός της οργανικής βιομάζας πραγματοποιείται μετά την ανάλυση της ξηρής βιομάζας. Τα ήδη ξηραμένα και ζυγισμένα δείγματα σε φίλτρα fiber glass στα αλουμινένια τριβλία, χρησιμοποιούνται για την νέα μέτρηση. Μετά την μέτρηση της ξηρής βιομάζας, τα διηθημένα φίλτρα με το ζωοπλαγκτόν και τα αλουμινένια τριβλία τοποθετούνται σε πυραντήριο στους 500°C για 24 ώρες. Σε αντίστοιχες μελέτες που έχουν γίνει με λιγότερες ώρες καύσης βρέθηκαν ίχνη οργανικής ύλης. Μια ακριβής θερμοκρασία είναι επίσης σημαντική για την βέλτιστη διαδικασία οξειδωσης. Μικρότερη θερμοκρασία δεν εγγυάται ολοκληρωμένη καύση ενώ μερικά ανόργανα άλατα μπορεί να γίνουν ασταθή σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Αυτό είναι σημαντικό σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται παλαιότεροι κλίβανοι στους οποίους οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας είναι πολύ πιθανές.

Η ανάλυση της επίδρασης των διαφορετικών αρχικών συνθηκών για την αποτέφρωση πλαγκτού κωπηπόδων οδηγεί σε λιγότερα σφάλματα (Bamstedt, 1974). Ξεκινώντας από θερμοκρασία δωματίου και φτάνοντας 500°C μέσα σε μισή ώρα είναι η μέθοδος με την οποία παράγονται οι μικρότερες σίγουρες παύσεις μεταξύ των παράλληλων δειγμάτων και είναι οι πιο εύκολες, συγκρινόμενες είτε με την θερμοκρασία έναρξης δωματίου, και αυξάνοντας 50°C κάθε μισή ώρα μέχρι να φτάσει τους 500°C , είτε ξεκινώντας με την μέγιστη

θερμοκρασία. Στην επόμενη περίπτωση υπάρχει ο κίνδυνος τα ανόργανα στοιχεία να συνυπολογίζονται με τα οργανικά, τα οποία είναι δύσκολο να απομακρυνθούν. Επομένως, ακολουθείται διαδικασία σταδιακής αύξησης της θερμοκρασίας στον κλίβανο μέχρι να επιτευχθεί η απαιτούμενη των 500 °C, το οποίο διαρκεί συνήθως περίπου 2 ώρες. Αφού τα δείγματα παραμείνουν εκεί για 24 ώρες, τοποθετούνται σε ξηραντήρα έτσι ώστε να αποφευχθεί η δέσμευση υγρασίας της ατμόσφαιρας και ζυγίζονται εκ νέου. Είναι αρκετά σημαντικό για την ακρίβεια της μεθόδου να γίνει η μέτρηση του κάθε δείγματος με την λιγότερη πιθανή έκθεση στην ατμόσφαιρα γι' αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητο η χρήση ζυγού ακριβείας με ξηραντικό μέσο όπως silica gel. Τα φίλτρα ζυγίζονται με τα αλουμινένια τριβλία επομένως η συγκέντρωση της οργανικής βιομάζας τελικά υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο :

$$\text{Οργανική βιομάζα (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{\text{ξηραμένο δείγμα με φίλτρο σε αλουμινένιο τριβλίο (mg)} - \text{τέφρα στο φίλτρο και στο αλουμινένιο τριβλίο (mg)}}{\text{ποσό του φιλτραρισμένου νερού (m}^3\text{)}}$$

Η τέφρα του δείγματος που παραμένει στο φίλτρο αποτελεί την ανόργανη ύλη των οργανισμών που διηθήθηκαν, επομένως η διαφορά από την ξηρή βιομάζα που έχει ήδη υπολογιστεί αποτελεί την οργανική ύλη του ζωοπλαγκτού.

Ο υπολογισμός του φιλτραρισμένου νερού υπολογίζεται από τον όγκο του νερού που διηθήθηκε από το πλαγκτονικό δίκτυο κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας. Η διάμετρος του πλαγκτονικού δικτιού είναι 38,5cm, επομένως ο όγκος του νερού του κάθε δείγματος υπολογίζεται από τον τύπο :

$$\text{Όγκος φιλτραρισμένου νερού (m}^3\text{)} = \pi \cdot R^2 \cdot d$$

$$\text{όπου } \pi = 3,14159$$

$$R = 38,5/2 = 19,25 \text{ cm} = 0,1925 \text{ m}$$

$$d = \text{βάθος σε m στο οποίο διεξήχθη η δειγματοληψία}$$

3.6. Στατιστική ανάλυση

Για τον έλεγχο των πιθανών ομοιοτήτων ή διαφορών χρονικά αλλά και χωρικά πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Η στατιστική αυτή ανάλυση των δεδομένων της δειγματοληψίας έγινε με τα στατιστικά πακέτα SPSS 15 και STATGRAPHICS XV 15.

Με την χρήση της δοκιμής ANOVA έγινε συσχέτιση των αποτελεσμάτων της ξηρής βιομάζας αλλά και της οργανικής βιομάζας του ζωοπλαγκτού ανάμεσα στους σταθμούς δειγματοληψίας αλλά και στις εποχές ανάμιξης και στρωμάτωσης. Με την δοκιμή αυτή έγινε προσπάθεια να διευκρινιστεί η σχέση του ζωοπλαγκτού τόσο με τον χρόνο (εποχές στρωμάτωσης και ανάμιξης) όσο και με τον χώρο (σταθμούς δειγματοληψίας).

Με την μη παραμετρική συσχέτιση Spearman's (Correlation) έγινε προσπάθεια να συσχετιστούν οι αβιοτικοί παράμετροι με το ζωοπλαγκτόν, το οποίο αντιπροσωπεύεται από την ξηρή και την οργανική βιομάζα.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

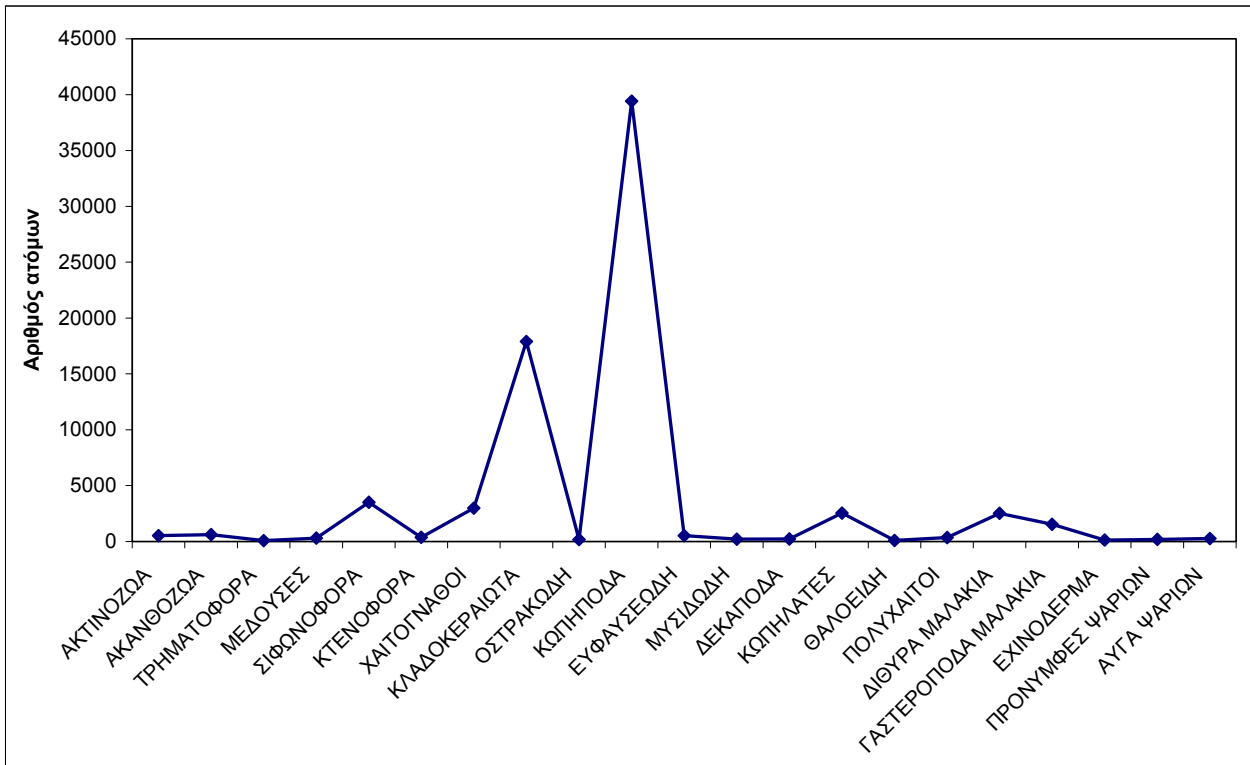
Οι δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στον κόλπο Καλλονής τα έτη 2004 και 2005 αποκάλυψαν μια πλούσια βιοκοινότητα ζωοπλαγκτονικών οργανισμών. Από τα αποτελέσματα της καταμέτρησης των δειγμάτων (Πίνακας 7), προέκυψε η κυριαρχία ορισμένων ταξινομικών ομάδων όπως τα κωπήποδα, τα κλαδοκεραιωτά, τα σιφωνοφόρα, οι χαιτόγναθοι, οι κωπηλάτες και τα δίθυρα μαλάκια.

Πίνακας 7. Οι αντιπροσωπευτικές οικογένειες ζωοπλαγκτού στον κόλπο Καλλονής.

Ζωοπλαγκτονική ομάδα	Συνολικός αριθμός ατόμων	Ελάχιστος αριθμός ατόμων	Μέγιστος αριθμός ατόμων	Μέσος αριθμός ατόμων
ΑΚΤΙΝΟΖΩΑ	516	0	516	5
ΑΚΑΝΘΟΖΩΑ	618	0	618	7
ΤΡΗΜΑΤΟΦΟΡΑ	82	0	82	1
ΜΕΔΟΥΣΕΣ	290	0	290	3
ΣΙΦΩΝΟΦΟΡΑ	3503	0	3503	37
ΚΤΕΝΟΦΟΡΑ	369	0	369	4
ΧΑΙΤΟΓΝΑΘΟΙ	2989	0	2989	32
ΚΛΑΔΟΚΕΡΑΙΩΤΑ	17892	0	17892	190
ΟΣΤΡΑΚΩΔΗ	173	0	173	2
ΚΩΠΗΠΟΔΑ	39412	7	39412	419
ΕΦΑΥΣΕΩΔΗ	524	0	524	6
ΜΥΣΙΔΩΔΗ	209	0	209	2
ΔΕΚΑΠΟΔΑ	228	0	228	2
ΚΩΠΗΛΑΤΕΣ	2544	0	2544	27
ΘΑΛΟΕΙΔΗ	90	0	90	1
ΠΟΛΥΧΑΙΤΟΙ	349	0	349	4
ΔΙΘΥΡΑ ΜΑΛΑΚΙΑ	2529	0	2529	27
ΓΑΣΤΕΡΟΠΟΔΑ				
ΜΑΛΑΚΙΑ	1540	0	1540	16
ΕΧΙΝΟΔΕΡΜΑ	138	0	138	1
ΠΡΟΝΥΜΦΕΣ				
ΨΑΡΙΩΝ	184	0	184	2
ΑΥΓΑ ΨΑΡΙΩΝ	254	0	254	3

(Παρασκευά Κωνσταντίνα, 2007)

Στο Σχήμα 9 απεικονίζεται ο αριθμός ατόμων σε κάθε ζωοπλαγκτονική ομάδα. Είναι εμφανής, η κυριαρχία των κωπηπόδων (39412 άτομα) και των κλαδοκεραιωτών (17892 άτομα) σε όλη σχεδόν την περιοχή μελέτης του κόλπου Καλλονής. Παρόλα αυτά είναι αξιοσημείωτη η παρουσία μια πλούσιας βιοκοινότητας με αρκετές οικογένειες ζωοπλαγκτονικών οργανισμών.



Σχήμα 9. Το σύνολο των οργανισμών σε κάθε ζωοπλαγκτονική ομάδα.

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της ξηρής και οργανικής βιομάζας αλλά και των αβιοτικών παραμέτρων σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας στον κόλπο Καλλονής κατά την εποχή στρωμάτωσης. Η εποχή της στρωμάτωσης αντιστοιχεί στους μήνες Μάιο έως Οκτώβριο.

Πίνακας 8. Περιληπτικά στατιστικά στοιχεία (μέση τιμή και εύρος) της ξηρής βιομάζας, της οργανικής βιομάζας και των αβιοτικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αλατότητα και χλωροφύλλη α) για τους σταθμούς (Κ1-Κ8) κατά την εποχή στρωμάτωσης (Μάιος-Οκτώβριος) στην περιοχή μελέτης του κόλπου Καλλονής.

Σταθμός	Ξηρή βιομάζα (mgr/m ³)	Οργανική βιομάζα (mgr/m ³)	Θερμοκρασία (°C)	Αλατότητα (‰)	Χλωροφύλλη α (μg/l)
K1	5,835 0,344-26,629	2,812 0,258-11,940	21,35 18,60-23,87	38,54 36,82-39,29	0,10 0,013-0,237
K2	7,228 3,780-13,057	5,730 3,264-8,934	22,76 20,27-25,30	39,05 38,30-39,78	0,396 0,011-0,749
K3	35,656 23,193-47,459	21,867 10,952-39,514	24,31 20,02-27,95	39,49 38,45-40,60	0,840 0,292-1,496
K4	22,364 7,731-67,001	11,269 6,657-21,475	24,62 20,05-29,90	39,53 38,45-40,70	0,643 0,054-1,494
K5	34,031 6,271-95,778	16,469 5,583-25,555	23,62 18,76-27,30	39,28 38,09-40,44	0,438 0,148-1,173
K6	19,613 18,611-20,616	14,495 13,529-15,462	21,27 18,97-23,57	38,29 37,83-38,75	0,985 0,302-1,669
K7	28,361 9,878-70,437	13,890 7,516-21,475	23,91 18,97-28,70	39,21 37,83-40,64	0,974 0,246-1,665
K8	76,020 27,488-124,554	30,923 24,052-37,796	21,44 18,99-23,89	38,18 37,38-38,98	1,167 0,793-1,543

Στον Πίνακα 9 περιλαμβάνονται οι μέσες τιμές των αβιοτικών παραμέτρων και της βιομάζας (ξηρή και οργανική) κατά την εποχή ανάμιξης σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας στον κόλπο Καλλονής. Η περίοδος της εποχής αυτής αντιστοιχεί στους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο.

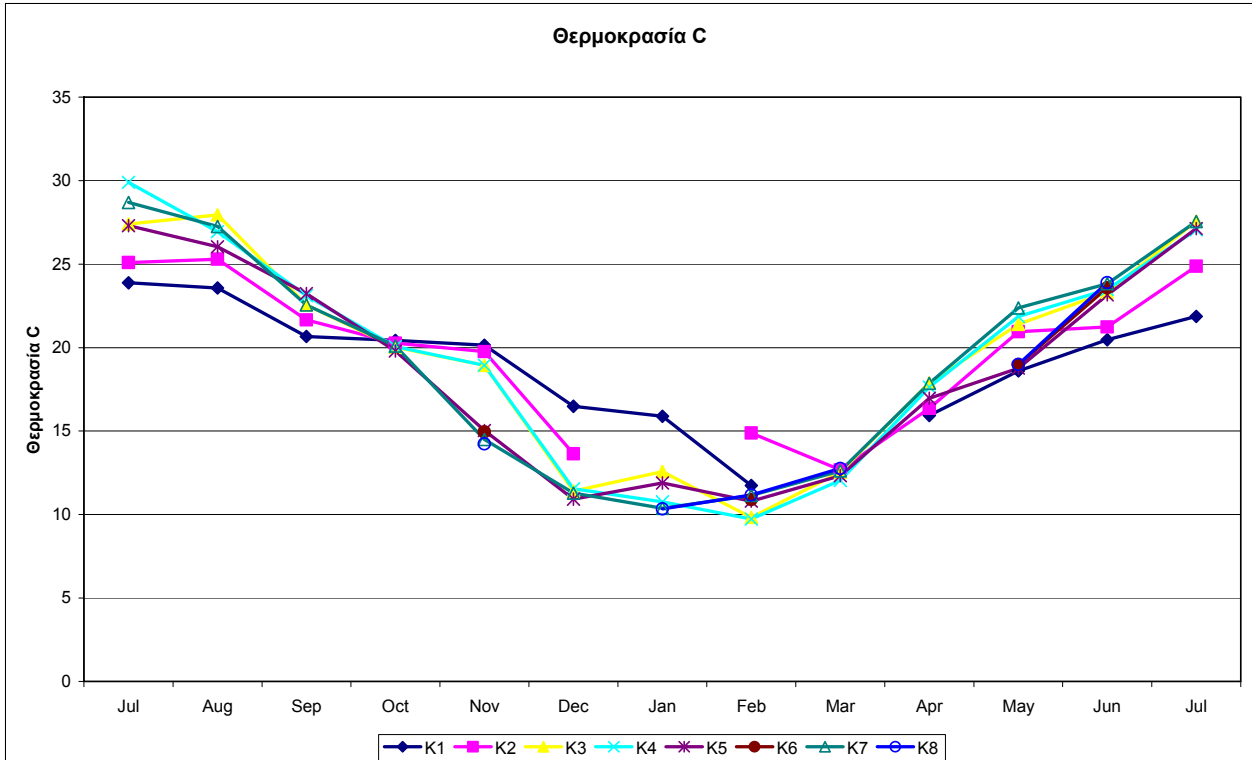
Πίνακας 9. Περιληπτικά στατιστικά στοιχεία (μέση τιμή και εύρος) της ξηρής βιομάζας, της οργανικής βιομάζας και των αβιοτικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αλατότητα και χλωροφύλλη α) για τους σταθμούς (Κ1-Κ8) κατά την εποχή ανάμιξης (Νοέμβριος-Απρίλιος) στην περιοχή μελέτης του κόλπου Καλλονής.

Σταθμός	Ξηρή βιομάζα (mgr/m ³)	Οργανική βιομάζα (mgr/m ³)	Θερμοκρασία (⁰ C)	Αλατότητα (‰)	Χλωροφύλλη α (μg/l)
K1	3,914 1,632-8,289	2,239 1,160-3,550	16,03 11,74-20,14	38,71 37,69-39,16	0,223 0,028-0,467
K2	8,057 1,890-20,959	3,436 1,460-4,553	15,46 12,67-19,76	38,68 37,34-39,51	0,843 0,302-2,377
K3	32,054 12,885-99,299	11,513 7,044-16,149	13,86 9,83-18,93	38,49 36,89-40,08	0,974 0,335-2,937
K4	45,941 8,934-165,785	24,574 5,841-64,854	13,44 9,72-18,94	37,96 35,04-40,21	1,203 0,546-2,695
K5	17,452 4,467-48,390	9,888 3,264-28,347	13,05 10,07-18,81	38,49 36,37-40,05	1,235 0,584-3,096
K6	10,737 6,156-14,603	8,065 5,870-10,308	11,86 9,72-14,96	37,68 36,29-40,03	2,607 1,301-3,409
K7	29,105 6,013-65,570	15,775 5,440-35,219	13,31 9,65-19,13	38,10 35,65-40,26	1,277 0,318-3,271
K8	23,822 7,445-65,856	11,109 6,442-19,757	11,61 9,58-14,23	37,31 35,68-39,50	1,956 0,804-3,560

Σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας ζωοπλαγκτού έγινε μέτρηση των αβιοτικών παραμέτρων, πιο συγκεκριμένα της θερμοκρασίας, της αλατότητας, της χλωροφύλλης α, των νιτρικών, των νιτρωδών, των πυριτικών, των φωσφορικών και της αμμωνίας. Για κάθε σταθμό δειγματοληψίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε διάφορα βάθη. Σε κάθε παράμετρο υπολογίστηκε η μέση τιμή σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας για κάθε εποχή (Πίνακας 8 και 9).

Στην προσπάθεια να γίνει συσχέτιση των σταθμών δειγματοληψίας, πραγματοποιήθηκε έλεγχος για κάθε αβιοτική παράμετρο, ξεχωριστά. Για το λόγο αυτό, έγιναν διαγράμματα των μέσων τιμών των παραμέτρων σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας. Μεγάλο μειονέκτημα στην παρούσα εργασία αποτέλεσε το γεγονός της απουσίας μετρήσεων των αβιοτικών παραμέτρων σε αρκετούς σταθμούς δειγματοληψίας.

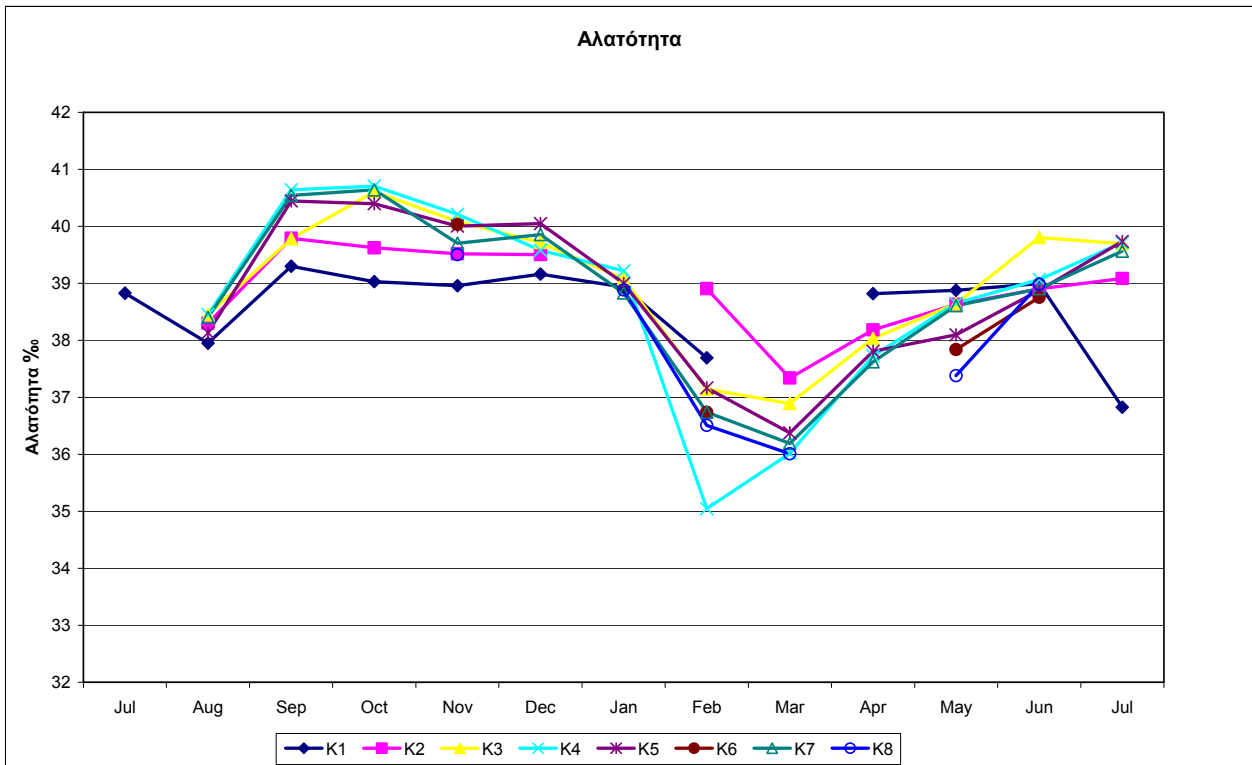
Στο Σχήμα 10 απεικονίζεται το χρονοδιάγραμμα της θερμοκρασίας σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας. Στο σύνολο των σταθμών ακολουθείται το ίδιο πρότυπο στην θερμοκρασία με εξαίρεση τους σταθμούς K1 και K2 (που βρίσκονται στο στόμιο του κόλπου), οι οποίοι έχουν σταθερότερες τιμές σε σχέση με τους σταθμούς που βρίσκονται εσωτερικά του κόλπου.



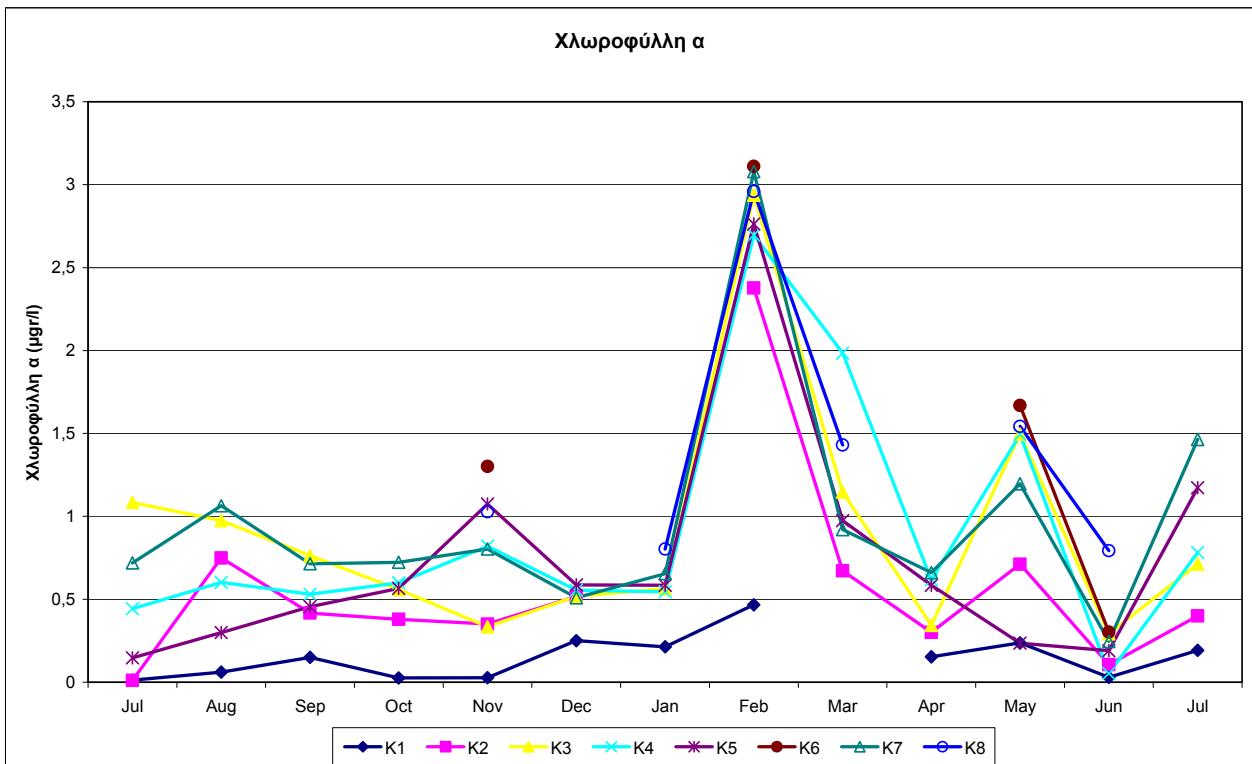
Σχήμα 10. Η μέση θερμοκρασία σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.

Στο χρονοδιάγραμμα της αλατότητας (Σχήμα 11), οι διακυμάνσεις είναι ήπιες και ισχύει για όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας, με εξαίρεση κάποιες έντονες διακυμάνσεις εσωτερικά του κόλπου. Γενικά, σε όλους τους σταθμούς επικρατεί το ίδιο μοτίβο, υψηλή αλατότητα στο τέλος του καλοκαιριού και αρχές του φθινοπώρου και με έντονη μείωση (κυρίως Φεβρουάριο και Μάρτιο) στο τέλος του χειμώνα.

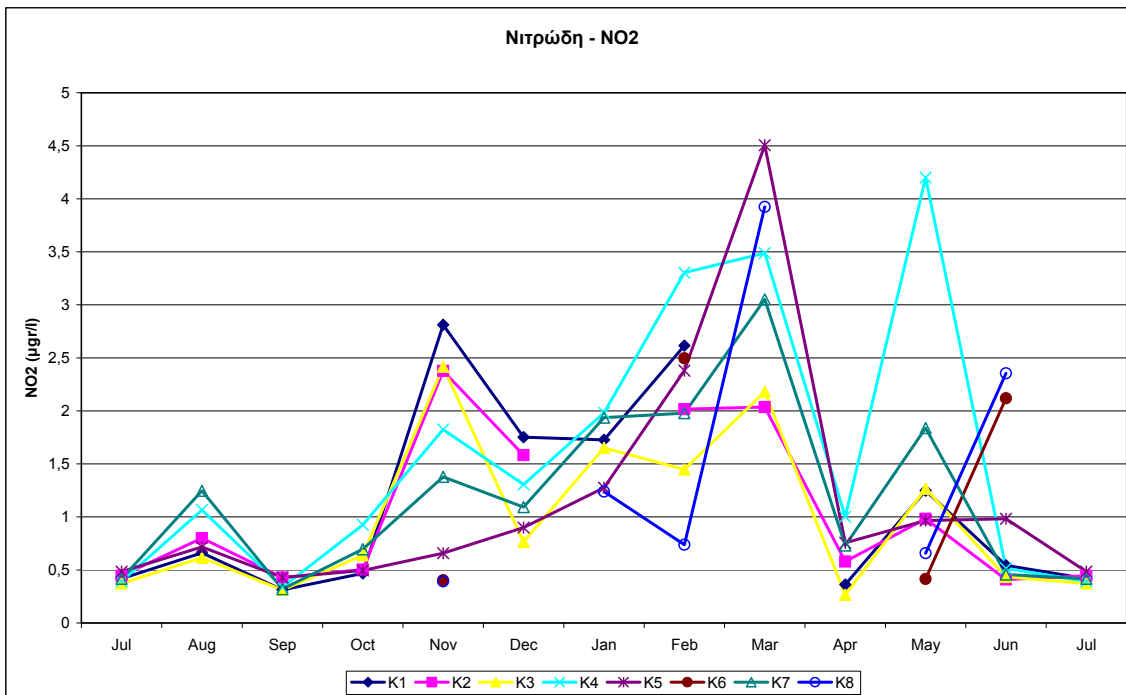
Στην περίπτωση της χλωροφύλλης α (Σχήμα 12), οι διακυμάνσεις είναι έντονες και διαφορετικές σε κάθε σταθμό. Αυτό που είναι εμφανές στο διάγραμμα αυτό, είναι δυο κατακόρυφες και έντονες αυξομειώσεις στις τιμές της χλωροφύλλης α, τον μήνα Φεβρουάριο και στο τέλος της άνοιξης, τον μήνα Μάιο. Σε όλους τους σταθμούς ισχύει το ίδιο πρότυπο κατανομής με εξαίρεση τον σταθμό K1 που βρίσκεται εξωτερικά του κόλπου.



Σχήμα 11. Η μέση αλατότητα σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.

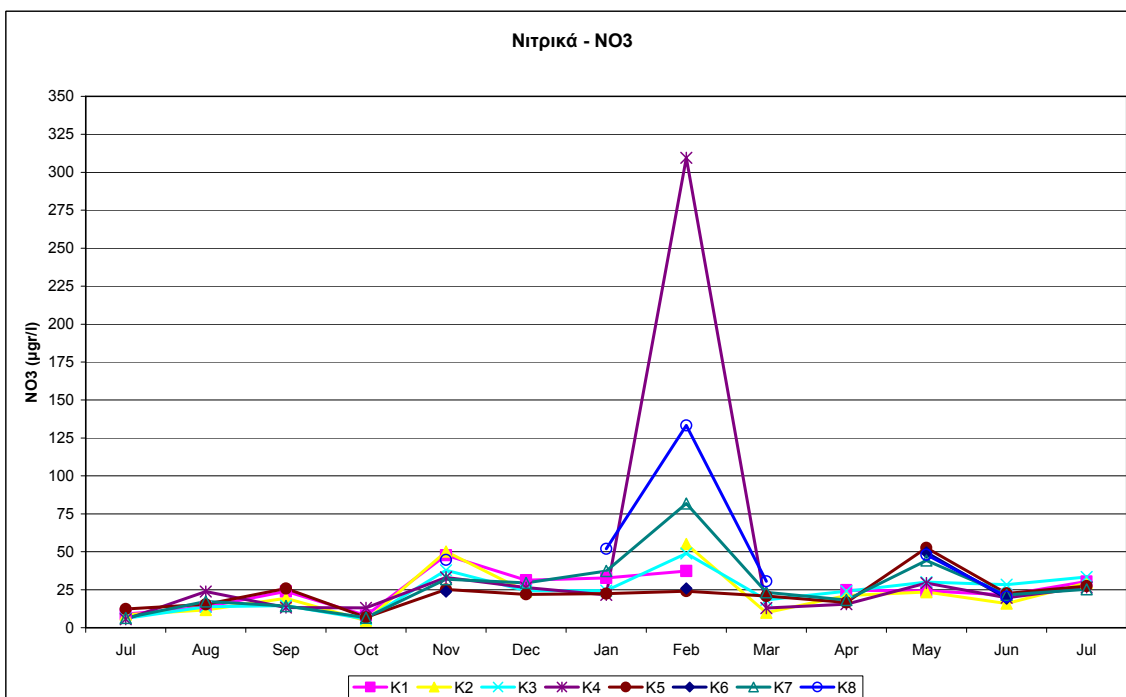


Σχήμα 12. Η μέση χλωροφύλλη α σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.



Σχήμα 13. Η μέση τιμή των νιτρωδών σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.

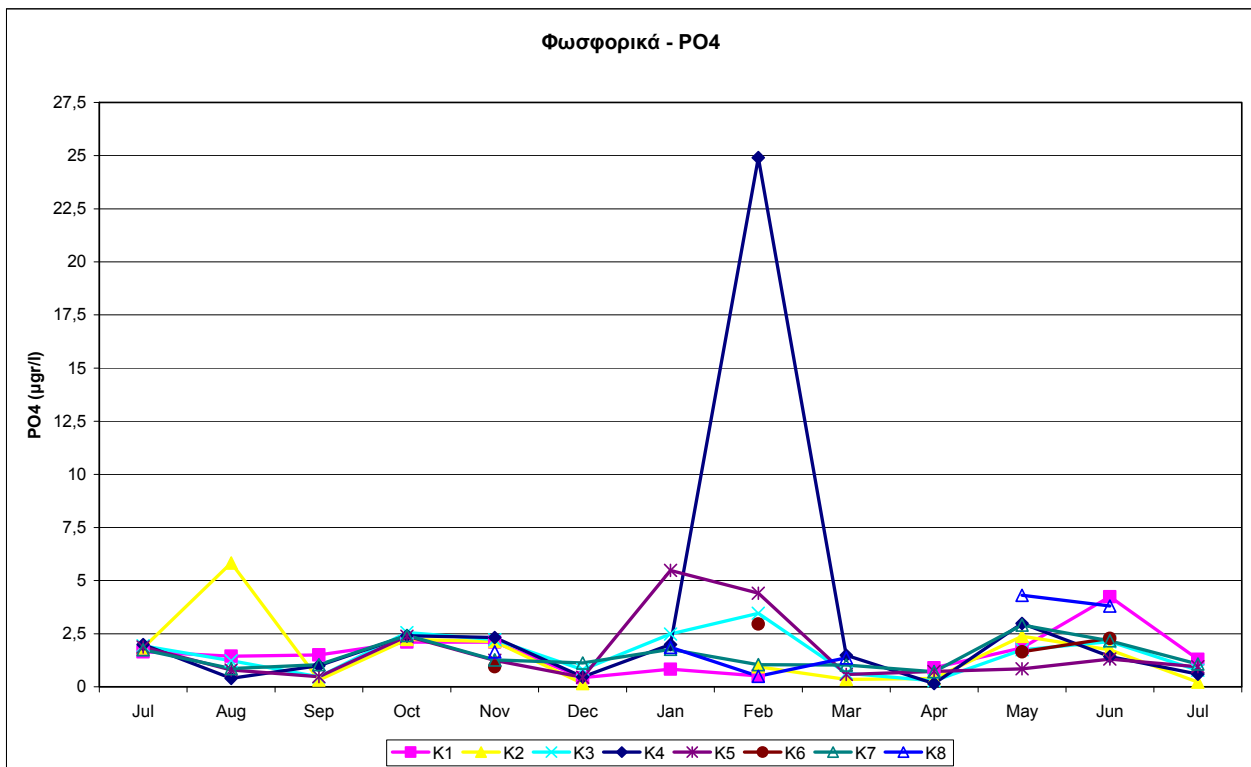
Στα νιτρώδη (Σχήμα 13), οι διακυμάνσεις είναι έντονες και λαμβάνουν χώρα σε όλους σχεδόν τους σταθμούς δειγματοληψίας τους μήνες Νοέμβριο, Μάρτιο, Μάιο και Ιούνιο. Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, μεγάλο μειονέκτημα στο συγκεκριμένο διάγραμμα αποτελεί η έλλειψη δεδομένων για αρκετούς σταθμούς δειγματοληψίας. Παρόλα αυτά παρατηρούνται έντονες αυξομειώσεις στο τέλος της εποχής ανάμιξης και σχεδόν σε όλη την διάρκεια της εποχής στρωμάτωσης.



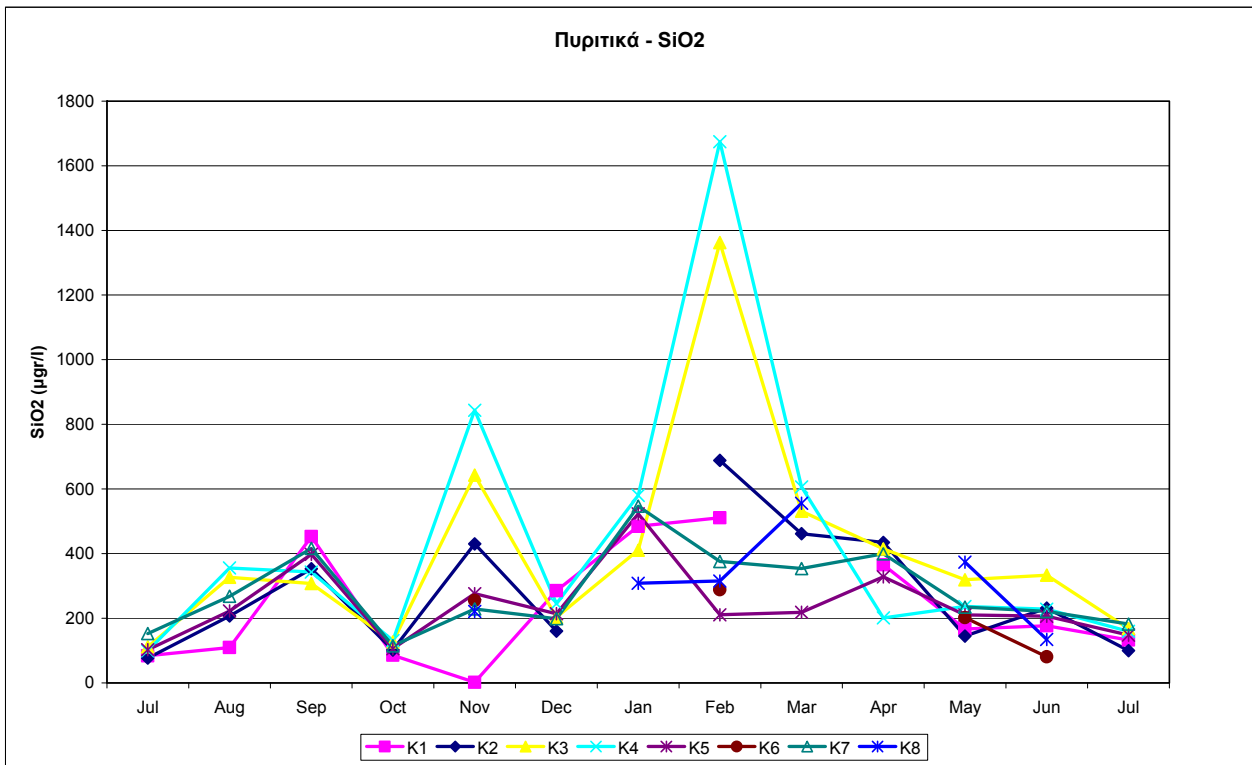
Σχήμα 14. Η μέση τιμή των νιτρικών σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.

Στο χρονοδιάγραμμα των νιτρικών (Σχήμα 14), οι τιμές εμφανίζονται σταθερές για όλους τους σταθμούς σε όλη σχεδόν την διάρκεια της δειγματοληψίας. Εξαιρέση αποτελεί η έντονη αύξηση του σταθμού K4 (στις εκβολές του ποταμού Ποταμιά), η ήπια αύξηση του σταθμού K8 (στις εκβολές του ποταμού Τσικνιά) και τέλος η ηπιότερη αύξηση του σταθμού K7 (εσωτερικά του κόλπου), τον μήνα Φεβρουάριο. Σε γενικές γραμμές, οι έντονες αυξήσεις των νιτρικών λαμβάνουν χώρα κυρίως στα εκβολικά συστήματα των ποταμών.

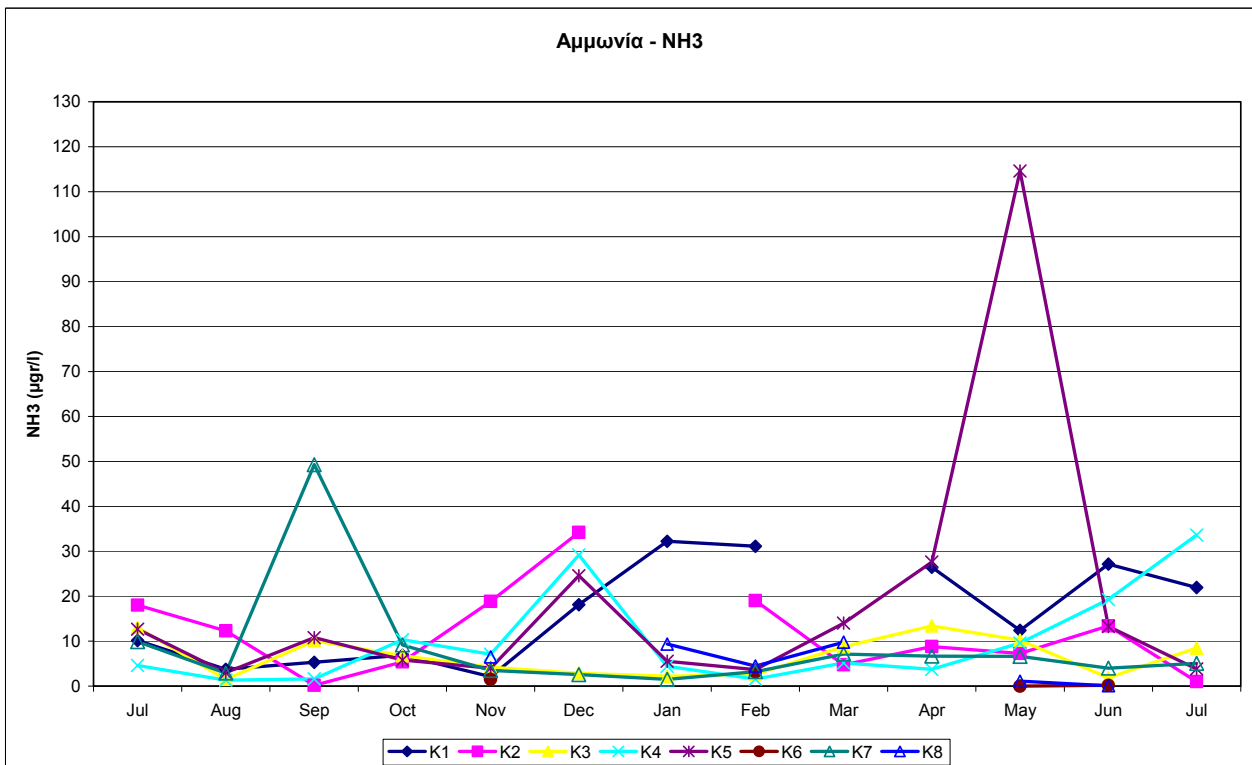
Τα φωσφορικά (Σχήμα 15) ακολουθούν το ίδιο πρότυπο κατανομής σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας με μόνη εξαίρεση τον σταθμό K4 (στις εκβολές του ποταμού Ποταμιά), ο οποίος εμφανίζει μια έντονη αύξηση στο τέλος του χειμώνα, τον μήνα Φεβρουάριο. Στην περίπτωση των φωσφορικών, τα δεδομένα είναι ανεπαρκή για αρκετούς σταθμούς δειγματοληψίας. Παρόλα αυτά από το διάγραμμα προκύπτει ένα πρότυπο κατανομής παρόμοιο με των υπολοίπων θρεπτικών.



Σχήμα 15. Η μέση τιμή των φωσφορικών σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.



Σχήμα 16. Η μέση τιμή των πυριτικών σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.



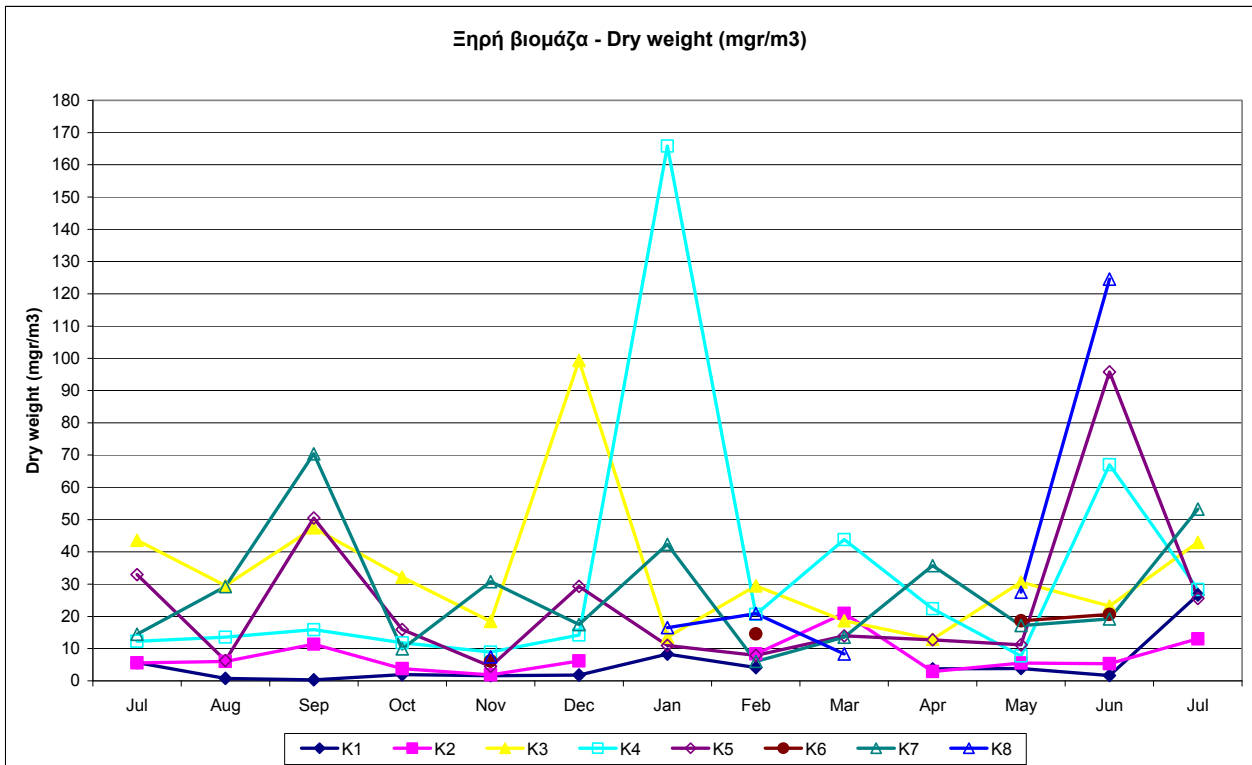
Σχήμα 17. Η μέση τιμή της αμμωνίας σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.

Τα πυριτικά (Σχήμα 16), παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις σχεδόν όλο τον χρόνο με εντονότερες κατά την εποχή ανάμιξης. Παρατηρούνται έντονες αυξομειώσεις τόσο στην εποχή ανάμιξης όσο και στην εποχή στρωμάτωσης. Οι έντονες αυξήσεις των πυριτικών εμφανίζονται κυρίως στους σταθμούς K4 (στις εκβολές του ποταμού Ποταμιά) και K3 (στις εκβολές του ποταμού Βούβαρη) τους μήνες Νοέμβριο και Φεβρουάριο.

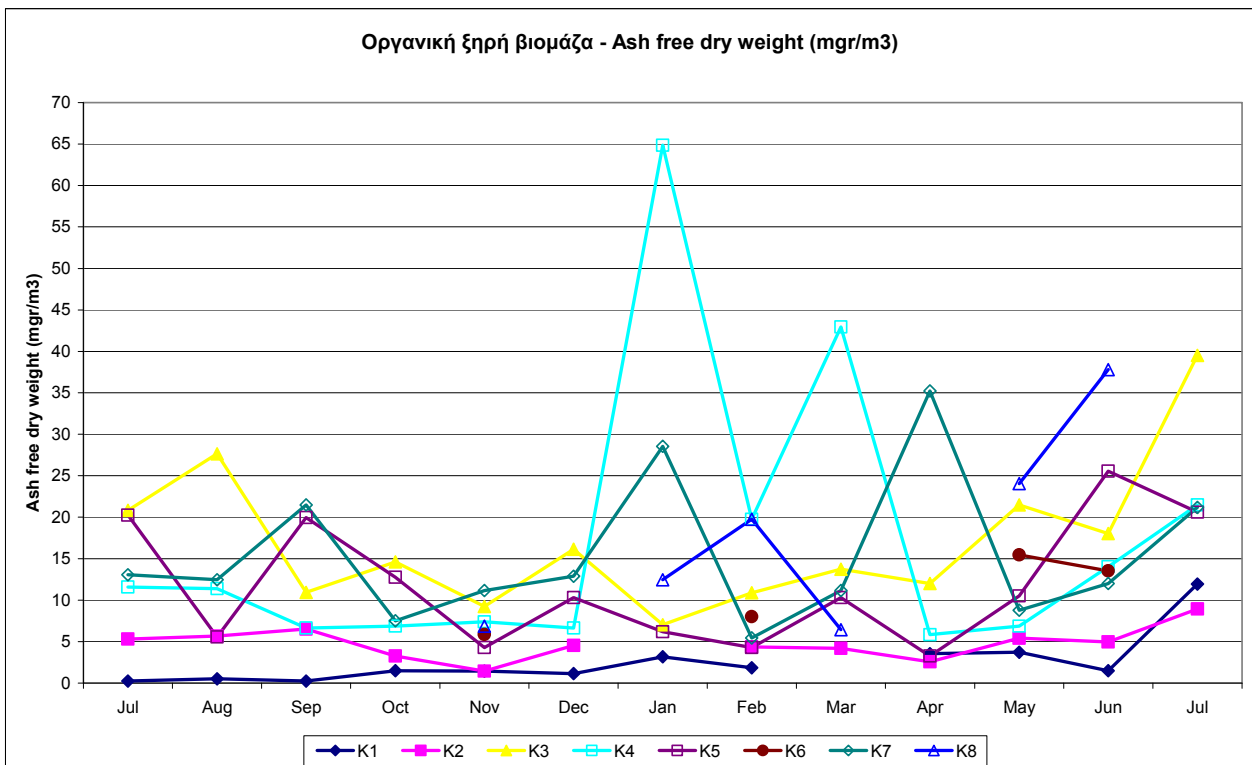
Στην περίπτωση της αμμωνίας (Σχήμα 17), η κατανομή παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις σε όλη την διάρκεια της δειγματοληψίας. Τους μήνες Μάιο και Σεπτέμβριο οι σταθμοί K5 και K7 που βρίσκονται εσωτερικά του κόλπου και μπροστά από τις εκβολές του ποταμού Τσικνιά εμφανίζουν τα μέγιστα ποσά αμμωνίας.

Από τα ανωτέρω αποτελέσματα των αβιοτικών παραμέτρων, προκύπτει ένα πρότυπο κατανομής γενικά σταθερό, το οποίο όμως παρουσιάζει εποχιακές εξάρσεις κυρίως κοντά στις εκβολές των ποταμών της λεκάνης απορροής του κόλπου. Η θερμοκρασία και η αλατότητα παρουσιάζουν σε όλη την διάρκεια της δειγματοληψίας σταθερές τιμές χωρίς έντονες διακυμάνσεις και το ίδιο πρότυπο ισχύει σε όλους τους σταθμούς με εξαίρεση τους δυο (K1 και K2) που βρίσκονται στο στόμιο του κόλπου. Η χλωροφύλλη α, όπως και τα υπόλοιπα θρεπτικά εμφανίζουν γενικά το ίδιο μοτίβο με έξαρση των τιμών στο τέλος της εποχής ανάμιξης.

Στο Σχήμα 18 παρουσιάζονται οι τιμές της ξηρής βιομάζας ζωοπλαγκτού για όλους τους σταθμούς σε όλη την διάρκεια δειγματοληψίας. Οι διακυμάνσεις είναι έντονες σε όλους τους σταθμούς με εξάρσεις ζωοπλαγκτού τους μήνες Σεπτέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο και Ιούνιο. Οι σταθμοί K4 (στις εκβολές του ποταμού Ποταμιά), K8 (στις εκβολές του ποταμού Τσικνιά), K3 (στις εκβολές του ποταμού Βούβαρη) και K7 (εσωτερικά του κόλπου - κοντά στις εκβολές του ποταμού Τσικνιά) εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές ζωοπλαγκτού. Γενικότερα, οι σταθμοί εσωτερικά του κόλπου και πιο συγκεκριμένα κοντά στις εκβολές των ποταμών εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές βιομάζας ζωοπλαγκτού. Στους σταθμούς αυτούς όμως απουσιάζουν δείγματα για ορισμένους μήνες, παρόλα αυτά τα παρόντα αποτελέσματα υποδεικνύουν μια έντονη παρουσία του ζωοπλαγκτού. Οι σταθμοί K1 και K2 που βρίσκονται στο στόμιο του κόλπου παρουσιάζουν τα ελάχιστα ποσά ξηρής βιομάζας ζωοπλαγκτού.



Σχήμα 18. Η ξηρή βιομάζα ζωοπλαγκτού σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.

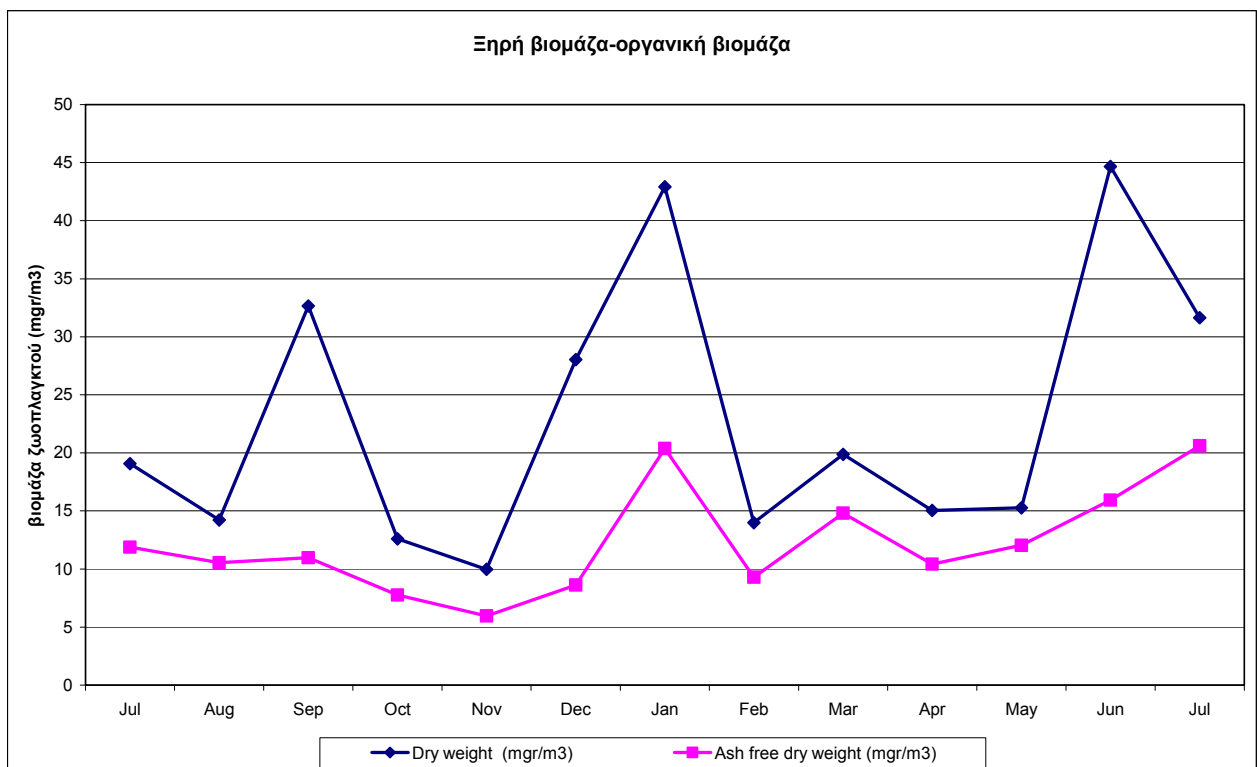


Σχήμα 19. Η οργανική ξηρή βιομάζα ζωοπλαγκτού σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.

Οι τιμές της οργανικής βιομάζας ζωοπλαγκτού για όλη την περίοδο της δειγματοληψίας και σε όλους τους σταθμούς, απεικονίζονται στο Σχήμα 19. Όπως

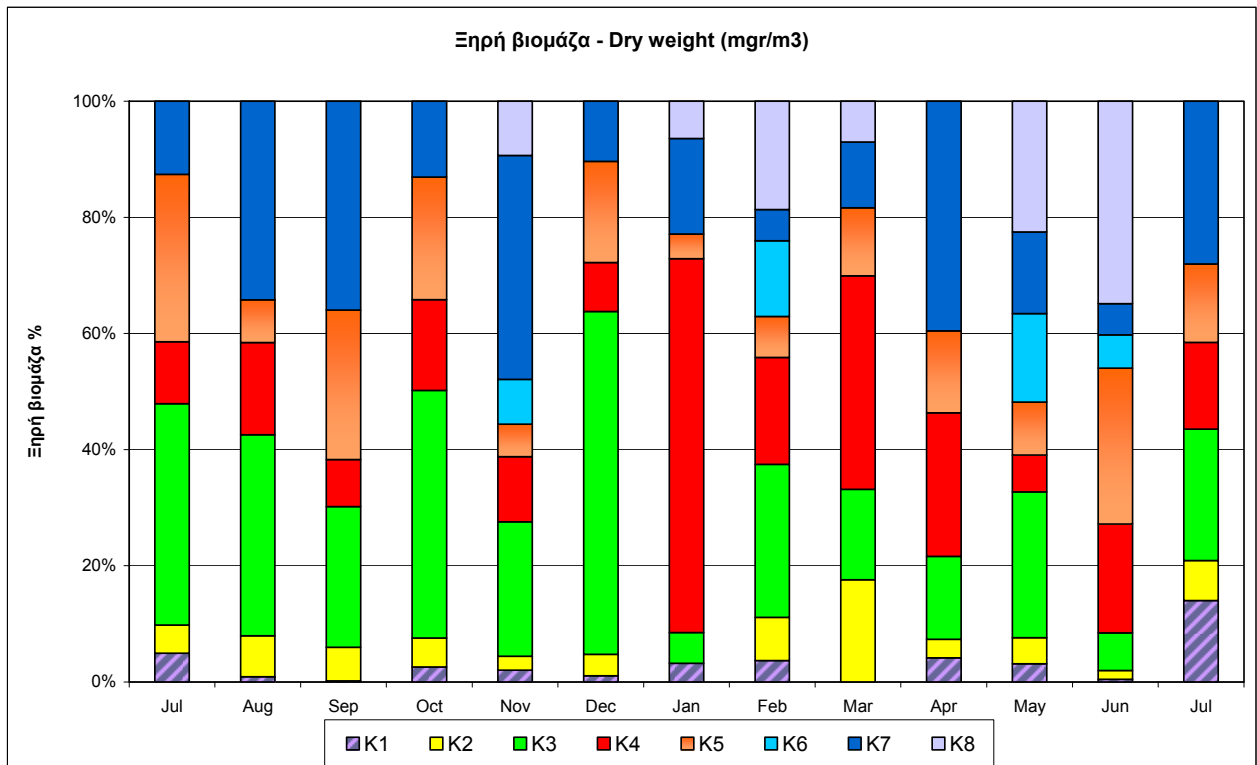
ακριβώς παρατηρήθηκε και στην ξηρή βιομάζα, οι σταθμοί εσωτερικά του κόλπου εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές βιομάζας ζωοπλαγκτού. Οι σταθμοί K4 (στις εκβολές του ποταμού Ποταμιά), K8 (στις εκβολές του ποταμού Τσικνιά), K3 (στις εκβολές του ποταμού Βούβαρη) και K7 (εσωτερικά του κόλπου- κοντά στις εκβολές) εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές οργανικής βιομάζας ζωοπλαγκτού. Η απουσία δειγμάτων εξακολουθεί να αποτελεί μειονέκτημα της προσπάθειας να περιγραφούν επαρκώς οι σταθμοί δειγματοληψίας κοντά στα εκβολικά συστήματα. Οι σταθμοί K1 και K2 που βρίσκονται στο στόμιο του κόλπου παρουσιάζουν τα ελάχιστα ποσά οργανικής βιομάζας ζωοπλαγκτού, όπως και στην περίπτωση της ξηρής βιομάζας.

Τα αποτελέσματα της ξηρής βιομάζας συμπίπτουν με αυτά της οργανικής βιομάζας ζωοπλαγκτού (Σχήμα 20) με εξαίρεση κάποιους μήνες. Η απόκλιση των τιμών αυτών πιθανότατα οφείλεται στα σφάλματα των δυο μεθόδων εκτίμησης της βιομάζας. Στην περίπτωση της ξηρής βιομάζας, στην οποία παρατηρούνται και οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις, τα σφάλματα είναι μεγαλύτερα εφόσον δεν υπάρχει δυνατότητα να απομακρυνθούν κατάλοιπα τα οποία δεν αντιστοιχούν σε ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς (π.χ. άμμος, φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί).

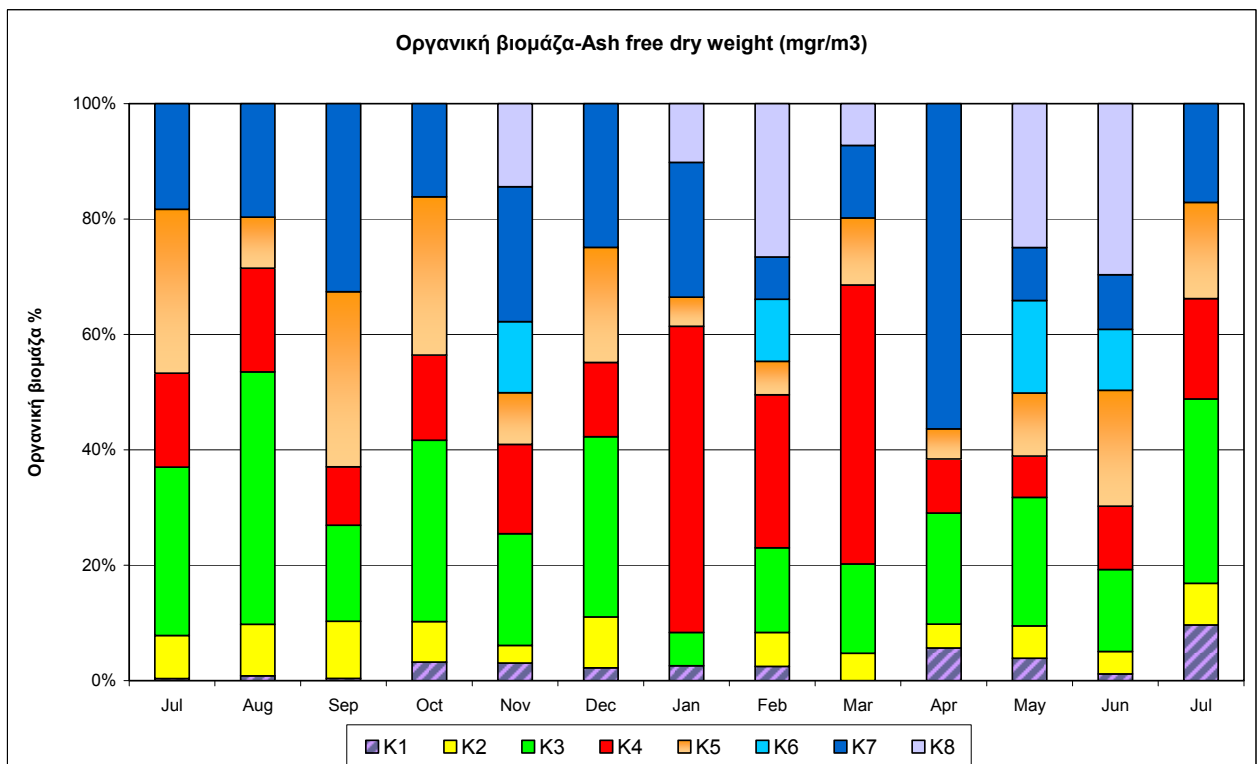


Σχήμα 20. Η ξηρή και η οργανική ξηρή βιομάζα ζωοπλαγκτού σε όλους τους σταθμούς την περίοδο της δειγματοληψίας.

Στην περίπτωση της οργανικής βιομάζας τα σφάλματα είναι λιγότερα εφόσον στην μέθοδο αυτή εκτιμάται η καθαρή οργανική ύλη, στην οποία απουσιάζουν τα κατάλοιπα όπως η άμμος αλλά όχι πιθανοί φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί.



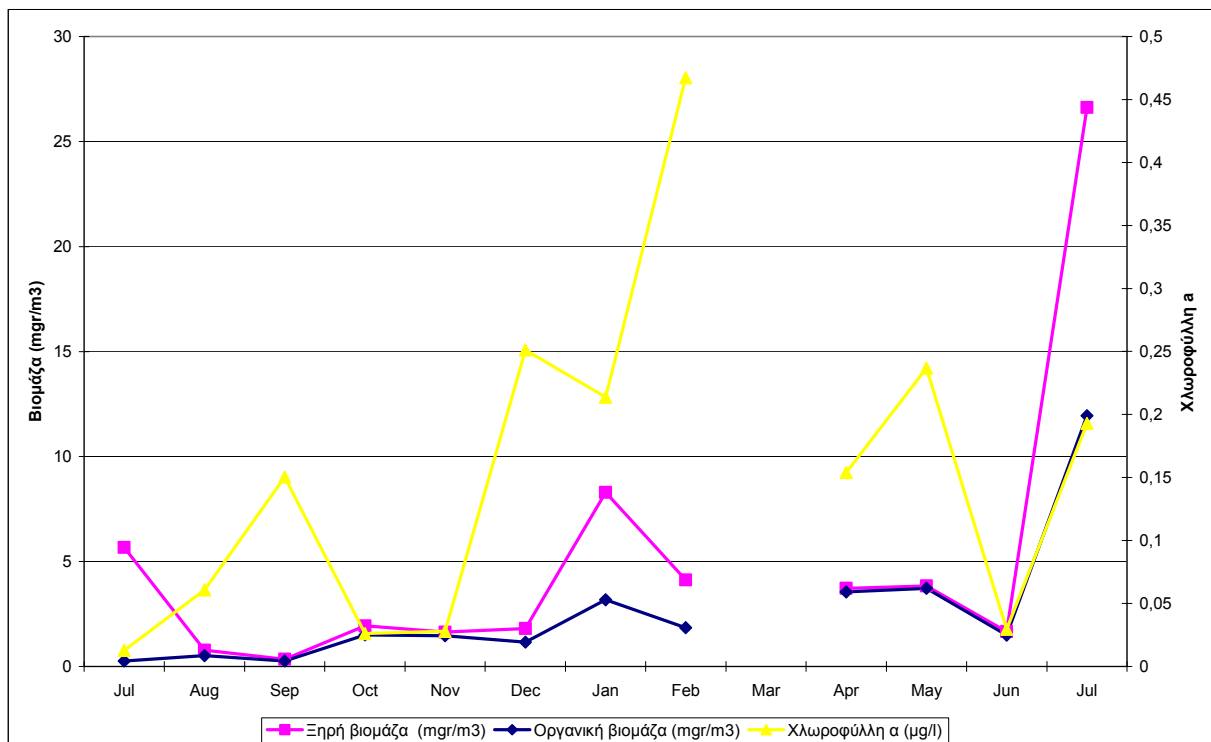
Σχήμα 21. Τα ποσοστά % ξηρής βιομάζας ζωοπλαγκτού σε κάθε σταθμό την περίοδο της δειγματοληψίας.



Σχήμα 22. Τα ποσοστά % της οργανικής ξηρής βιομάζας ζωοπλαγκτού σε κάθε σταθμό την περίοδο της δειγματοληψίας.

Στο Σχήμα 21 απεικονίζονται τα ποσοστά % ξηρής βιομάζας ζωοπλαγκτού που αντιστοιχούν σε κάθε σταθμό για όλη την διάρκεια δειγματοληψίας. Στους σταθμούς K3, K4 και K7, οι οποίοι βρίσκονται κοντά στις εκβολές των ποταμών Ποταμιά και Τσικνιά, παρατηρούνται τα μεγαλύτερα ποσοστά βιομάζας ζωοπλαγκτού.

Τα ποσοστά % της οργανικής βιομάζας ζωοπλαγκτού για όλη την διάρκεια της δειγματοληψίας εμφανίζονται στο Σχήμα 22. Τα μεγαλύτερα ποσοστά βιομάζας αντιστοιχούν όπως και στην περίπτωση της ξηρής βιομάζας (Σχήμα 21) στους σταθμούς K3, K4 και K7.

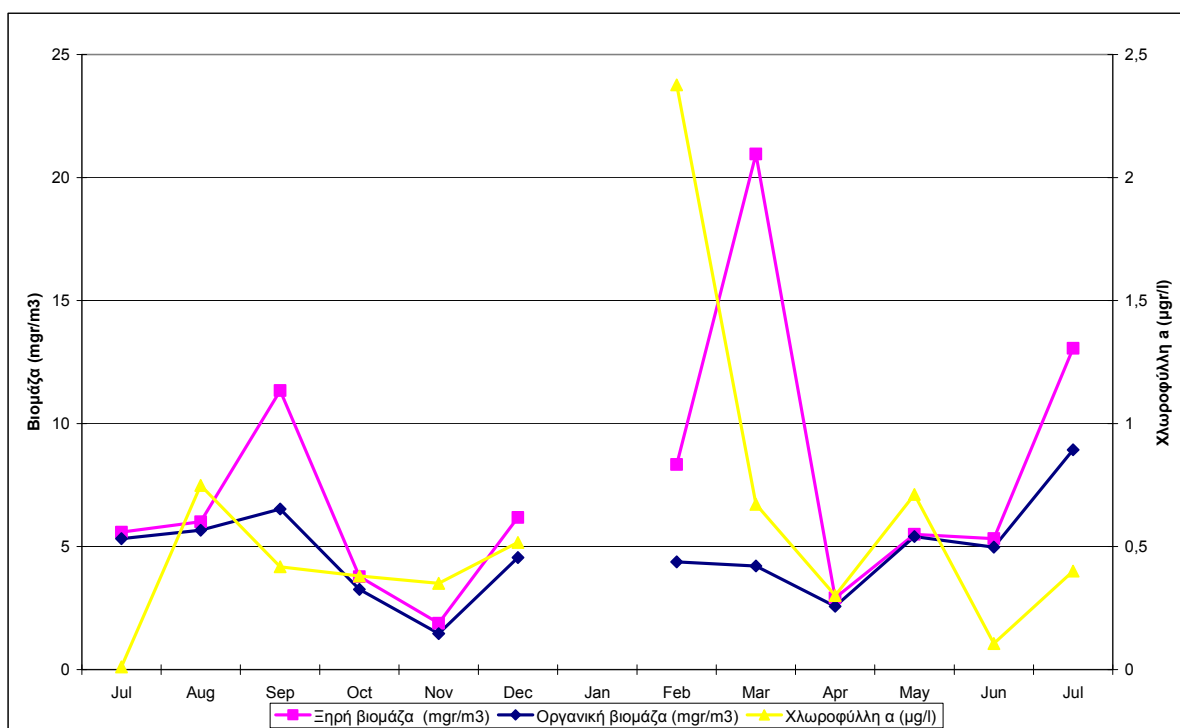


Σχήμα 23. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την χλωροφύλλη α για τον σταθμό δειγματοληψίας K1.

Στην προσπάθεια να προσδιοριστεί χρονικά και χωρικά η κατανομή του ζωοπλαγκτού, δημιουργήθηκαν διαγράμματα για κάθε σταθμό δειγματοληψίας. Οι σταθμοί δειγματοληψίας που επιλέχθηκαν ήταν οι K1, K2, K5 και K7. Τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένοι σταθμοί, ήταν τα διαθέσιμα δεδομένα που υπήρχαν για όλη την περίοδο της δειγματοληψίας αλλά και η χωρική τους θέση στον κόλπο. Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται σε ευθεία από το στόμιο του κόλπου έως το εσωτερικό του, κοντά στις εκβολές του ποταμού Τσικνιά.

Το Σχήμα 23 περιλαμβάνει την ξηρή και οργανική βιομάζα ζωοπλαγκτού

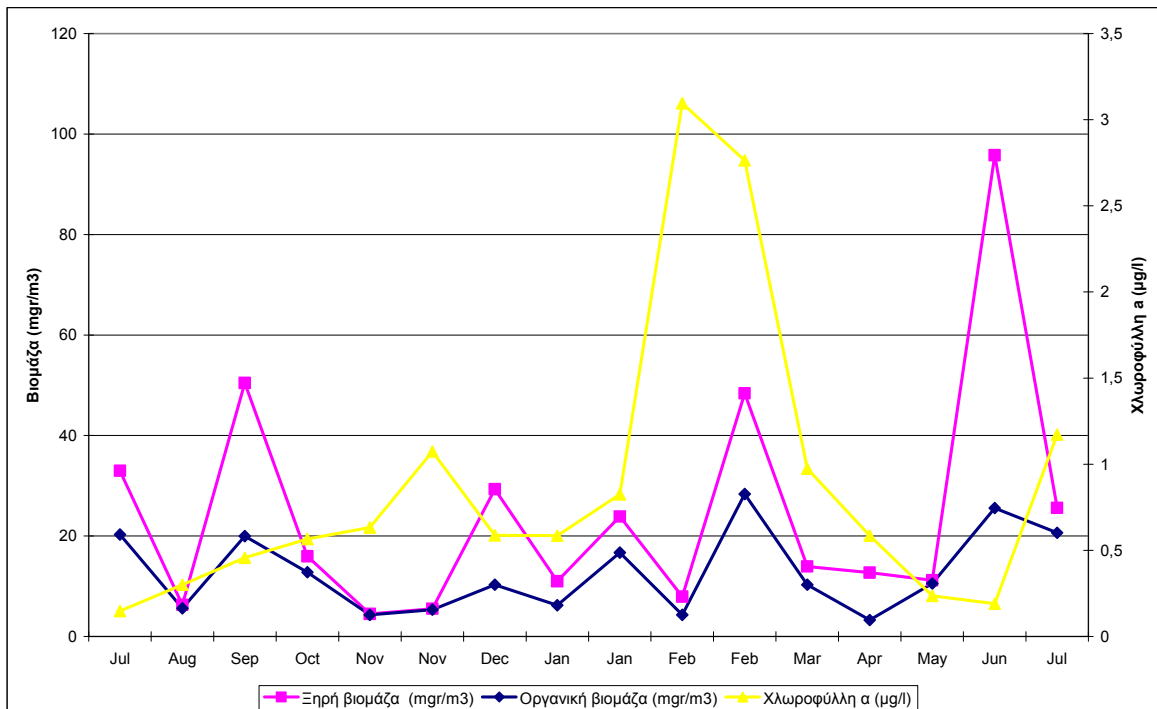
αλλά και την χλωροφύλλη α, για τον σταθμό δειγματοληψίας K1. Από το ανωτέρω διάγραμμα προκύπτει πως μετά από κάθε αύξηση της χλωροφύλλης α, ακολουθεί αύξηση της βιομάζας ζωοπλαγκτού. Η απουσία της δειγματοληψίας του μήνα Μαρτίου, καθιστά δύσκολο να προσδιοριστεί επαρκώς η έντονη αύξηση της χλωροφύλλης α τον μήνα Φεβρουάριο. Από τα δεδομένα του μήνα Απριλίου προκύπτει μείωση, για την οποία δεν μπορεί να εξακριβωθεί αν ήταν σταδιακή ή κατακόρυφη. Επίσης, είναι αδύνατο να προβλεφθεί η βιομάζα ζωοπλαγκτού, καθώς τον μήνα Φεβρουάριο παρατηρείται κατάρρευση και η επόμενη δειγματοληψία παρουσιάζει σταδιακή ύφεση μέχρι τις αρχές του καλοκαιριού στην οποία εμφανίζεται μια έντονη αύξηση. Τα επίπεδα χλωροφύλλης α στις αρχές του καλοκαιριού είναι μικρότερα από αυτά του μήνα Φεβρουαρίου ενώ το αντίθετο ισχύει για την βιομάζα ζωοπλαγκτού.



Σχήμα 24. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την χλωροφύλλη α για τον σταθμό δειγματοληψίας K2.

Το χρονοδιάγραμμα χλωροφύλλης α και βιομάζας ζωοπλαγκτού για τον σταθμό K2 παρουσιάζεται στο Σχήμα 24. Η απουσία της δειγματοληψίας του μήνα Ιανουαρίου περιορίζει την εκτίμηση της βιομάζας καθώς τα αποτελέσματα του επόμενου μήνα είναι ακριβώς στα ίδια επίπεδα. Επομένως δεν είναι δυνατόν να εξακριβωθεί αν στον σταθμό K2 ισχύει ότι ακριβώς και για τον σταθμό K1 στην ίδια περίοδο δειγματοληψίας. Η έντονη αύξηση της χλωροφύλλης α τον μήνα

Φεβρουάριο ακολουθείται από αύξηση της βιομάζας ζωοπλαγκτού ενώ στην συνέχεια παρατηρείται σταδιακή πτώση τόσο της βιομάζας όσο και της χλωροφύλλης α. Τον μήνα Μάιο αυξάνονται παράλληλα η βιομάζα και η χλωροφύλλη α, ενώ τον Ιούνιο παρατηρείται η κατάρρευση της χλωροφύλλης και η σταθεροποίηση της βιομάζας. Παρόλο που η χλωροφύλλη μειώνεται αισθητά τον Ιούνιο, η βιομάζα τον επόμενο μήνα εμφανίζει την μέγιστη αύξηση σε όλη την διάρκεια της δειγματοληψίας. Τον μήνα Ιούλιο που παρατηρείται η έντονη αύξηση του ζωοπλαγκτού, η χλωροφύλλη αυξάνεται με ήπιο ρυθμό.



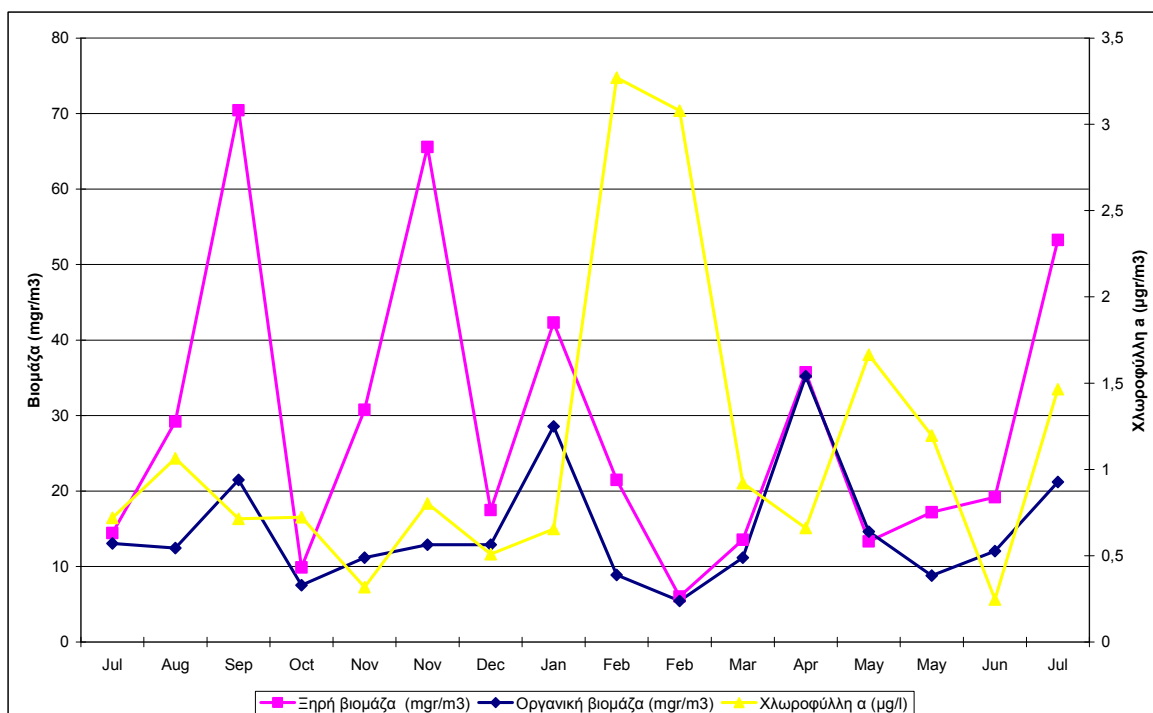
Σχήμα 25. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την χλωροφύλλη α για τον σταθμό δειγματοληψίας Κ5.

Στον σταθμό Κ5, ο οποίος βρίσκεται στο εσωτερικό τμήμα του κόλπου, οι διακυμάνσεις της χλωροφύλλης και της βιομάζας είναι έντονες και παρατηρούνται σε όλη σχεδόν την διάρκεια της δειγματοληψίας (Σχήμα 25). Η κατακόρυφη αύξηση της χλωροφύλλης α τον μήνα Φεβρουάριο, ακολουθείται από αύξηση της βιομάζας ζωοπλαγκτού. Παρόλα αυτά η βιομάζα ζωοπλαγκτού εμφανίζει μέγιστες τιμές τον μήνα Ιούνιο χωρίς πιθανόν να επηρεάζεται από την κατάρρευση της χλωροφύλλης α. Η αύξηση της χλωροφύλλης α τον μήνα Ιούλιο συμπίπτει με την μείωση της βιομάζας ζωοπλαγκτού μέχρι τα επίπεδα των μέσων τιμών της, σε όλη την διάρκεια της δειγματοληψίας.

Στο χρονοδιάγραμμα του σταθμού Κ7, ο οποίος βρίσκεται κοντά στις εκβολές του ποταμού Τσικνιά (Σχήμα 26), παρατηρούνται έντονες διακυμάνσεις σχεδόν όλο

το χρόνο. Στην περίπτωση αυτή έχουμε επιπρόσθετες δειγματοληψίες τους μήνες Νοέμβριο, Φεβρουάριο και Μάιο, στους οποίους εμφανίζονται μέγιστες τιμές τόσο της χλωροφύλλης όσο και της βιομάζας.

Η βιομάζα ζωοπλαγκτού εμφανίζει έντονες αυξομειώσεις τους μήνες Σεπτέμβριο και Νοέμβριο παρά τα μικρά ποσοστά χλωροφύλλης α που παρατηρούνται το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αξιοσημείωτο αποτελεί το γεγονός της έντονης αύξησης της χλωροφύλλης τον μήνα Φεβρουάριο και της ταυτόχρονης μείωσης της βιομάζας στις χαμηλότερες τιμές σε όλη την διάρκεια της δειγματοληψίας. Τον μήνα Ιούλιο παρατηρείται ταυτόχρονη αύξηση της χλωροφύλλης και της βιομάζας ζωοπλαγκτού.

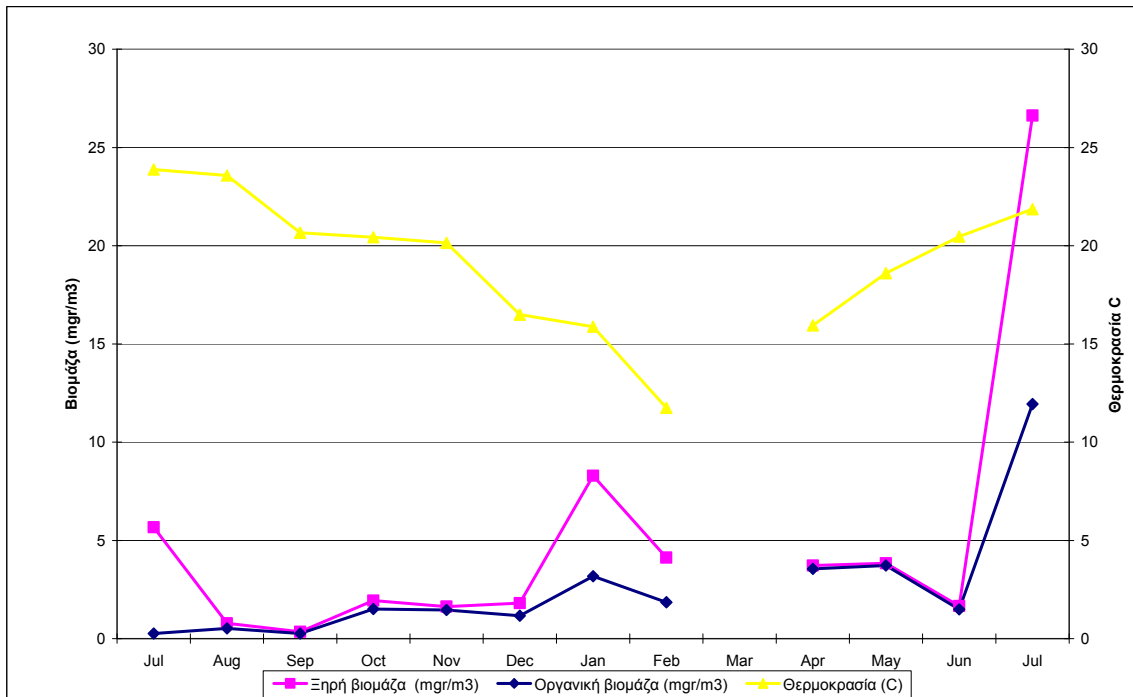


Σχήμα 26. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την χλωροφύλλη α για τον σταθμό δειγματοληψίας K7.

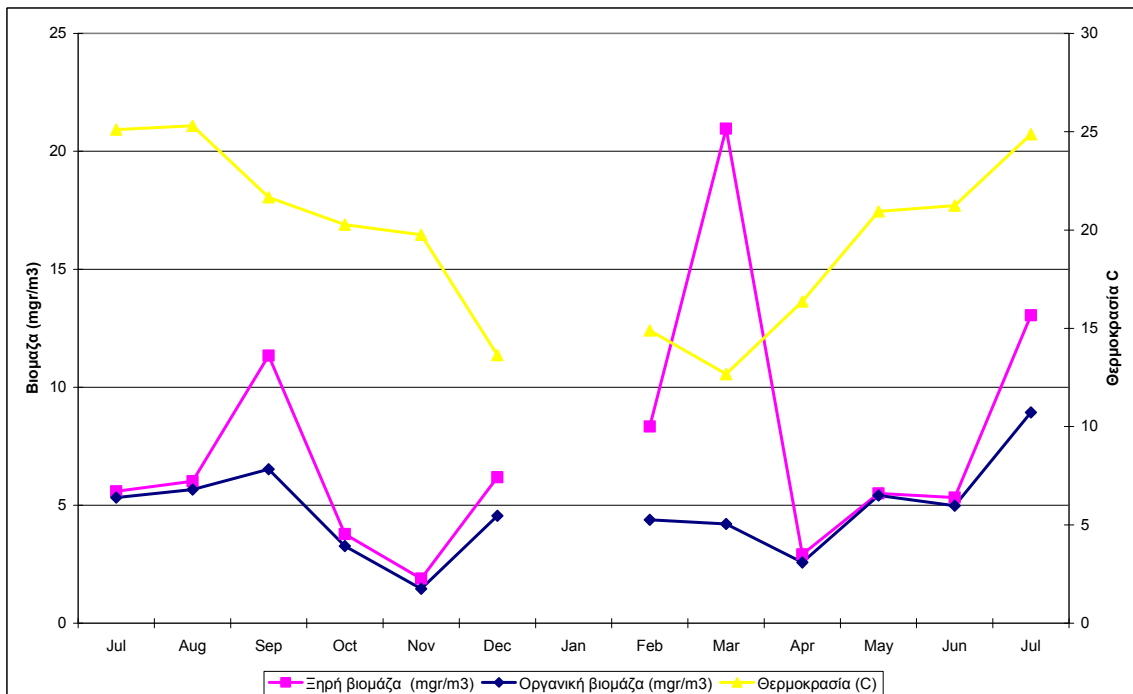
Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει το ίδιο σχεδόν πρότυπο κατανομής βιομάζας και χλωροφύλλης α για όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας. Με εξαίρεση τον σταθμό K7 για τους δυο μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο, εμφανίζεται αύξηση της βιομάζας ζωοπλαγκτού μετά από την αύξηση της χλωροφύλλης α.

Η επόμενη αβιοτική παράμετρος που μελετήθηκε χωρικά και χρονικά με την κατανομή του ζωοπλαγκτού είναι η θερμοκρασία. Η απουσία μετρήσεων για τους σταθμούς δειγματοληψίας K1 και K2 αποτελεί μειονέκτημα της συγκεκριμένης μελέτης.

Για τον σταθμό K1 που βρίσκεται στο στόμιο του κόλπου, η θερμοκρασία δεν φαίνεται να επηρεάζει την βιομάζα ζωοπλαγκτού (Σχήμα 27). Εξαιρέση αποτελεί η δειγματοληψία Ιουλίου, στην οποία παρατηρείται ταυτόχρονη αύξηση θερμοκρασίας και βιομάζας ζωοπλαγκτού.



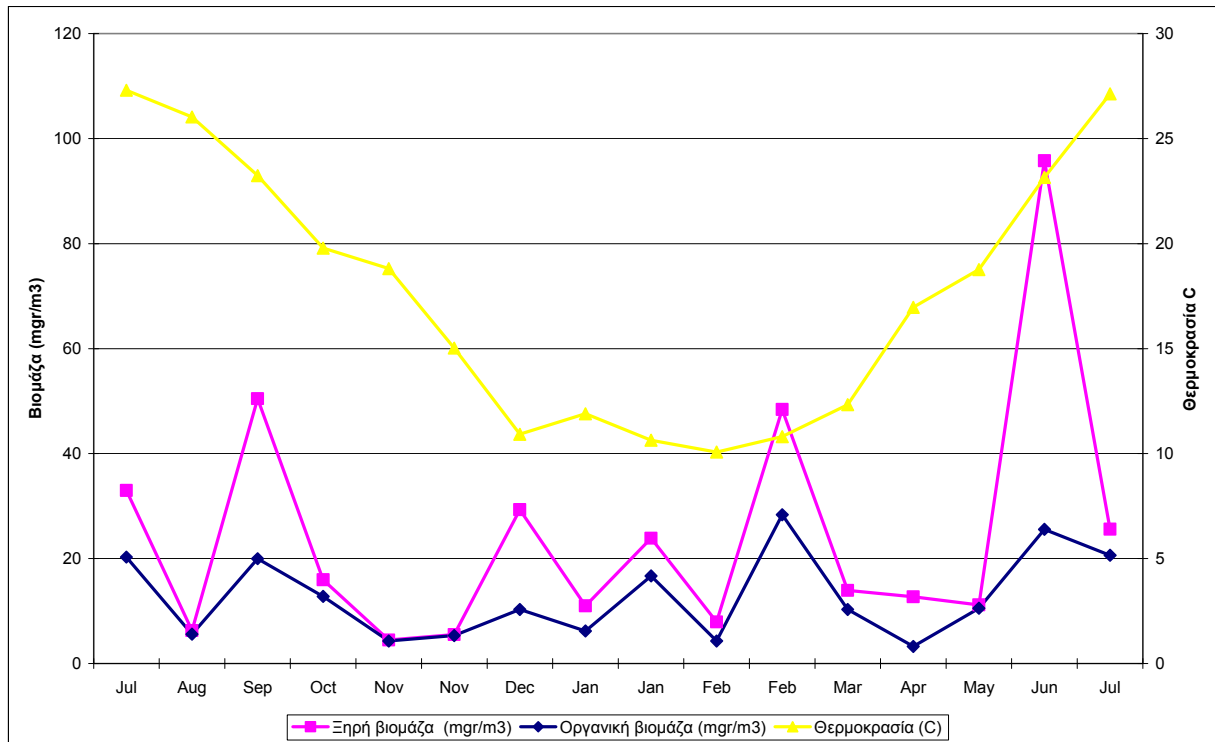
Σχήμα 27. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την θερμοκρασία για τον σταθμό δειγματοληψίας K1.



Σχήμα 28. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την θερμοκρασία για τον σταθμό δειγματοληψίας K2.

Στο χρονοδιάγραμμα του σταθμού K2 (Σχήμα 28), ο οποίος βρίσκεται στο

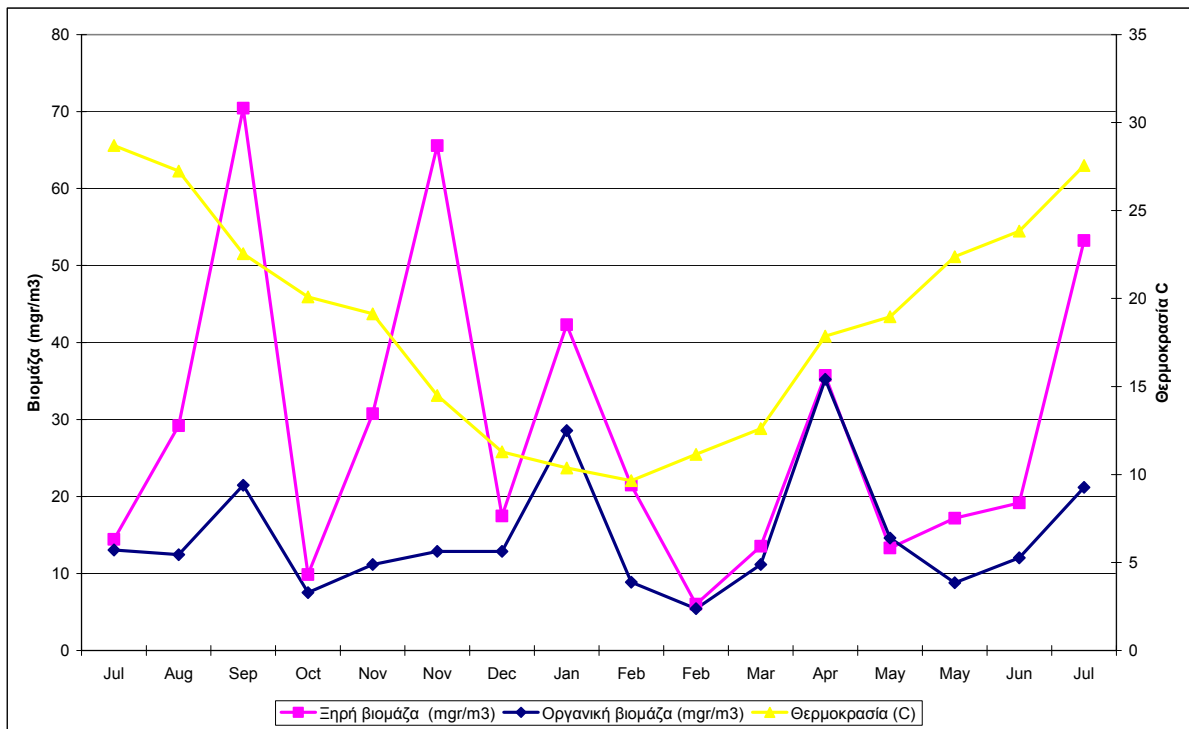
στόμιο του κόλπου, οι διακυμάνσεις της βιομάζας του ζωοπλαγκτού επηρεάζονται από την πτώση της θερμοκρασίας. Τον μήνα Σεπτέμβριο, η βιομάζα μειώνεται με παράλληλη πτώση της θερμοκρασίας. Το ίδιο ακριβώς φαινόμενο παρατηρείται και τον μήνα Μάρτιο, στον οποίο η πτώση της θερμοκρασίας ακολουθείται από μείωση της βιομάζας ζωοπλαγκτού. Τέλος, στην δειγματοληψία του Ιουλίου εμφανίζεται ταυτόχρονη αύξηση θερμοκρασίας και βιομάζας.



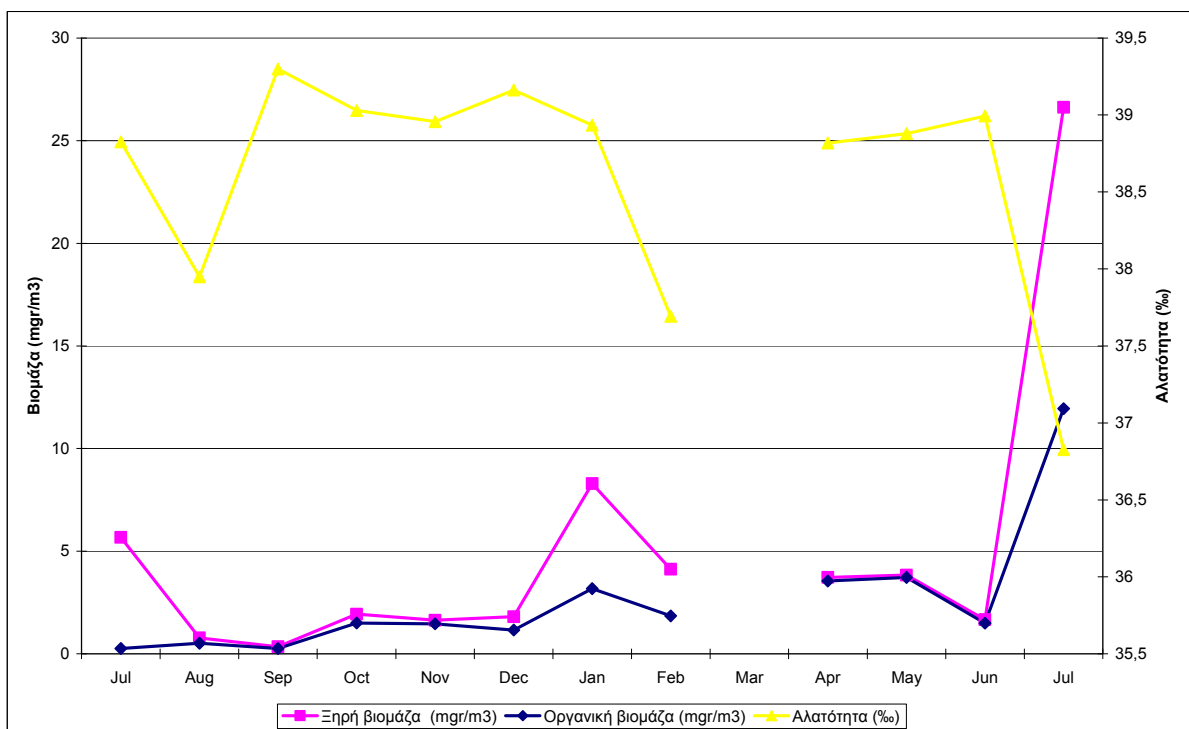
Σχήμα 29. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την θερμοκρασία για τον σταθμό δειγματοληψίας K5.

Στον σταθμό K5 (Σχήμα 29) παρατηρείται το ίδιο πρότυπο κατανομής με τους άλλους δυο προαναφερόμενους σταθμούς K1 και K2, η πτώση της θερμοκρασίας ακολουθείται με μείωση της βιομάζας ζωοπλαγκτού. Τον μήνα Ιούλιο, η άνοδος της θερμοκρασίας συμπίπτει με αύξηση της βιομάζας, ενώ στην συνέχεια παρατηρείται μείωση της βιομάζας στα επίπεδα των μέσων τιμών της.

Στο χρονοδιάγραμμα του σταθμού K7 (Σχήμα 30), οι αυξομειώσεις της βιομάζας παρατηρούνται σε όλη την διάρκεια της δειγματοληψίας παρόλο που η θερμοκρασία μειώνεται σταδιακά. Τον Απρίλιο, η έντονη άνοδος της θερμοκρασίας επιφέρει αύξηση της βιομάζας ζωοπλαγκτού ενώ το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και τον μήνα Ιούλιο.



Σχήμα 30. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την θερμοκρασία για τον σταθμό δειγματοληψίας K7.

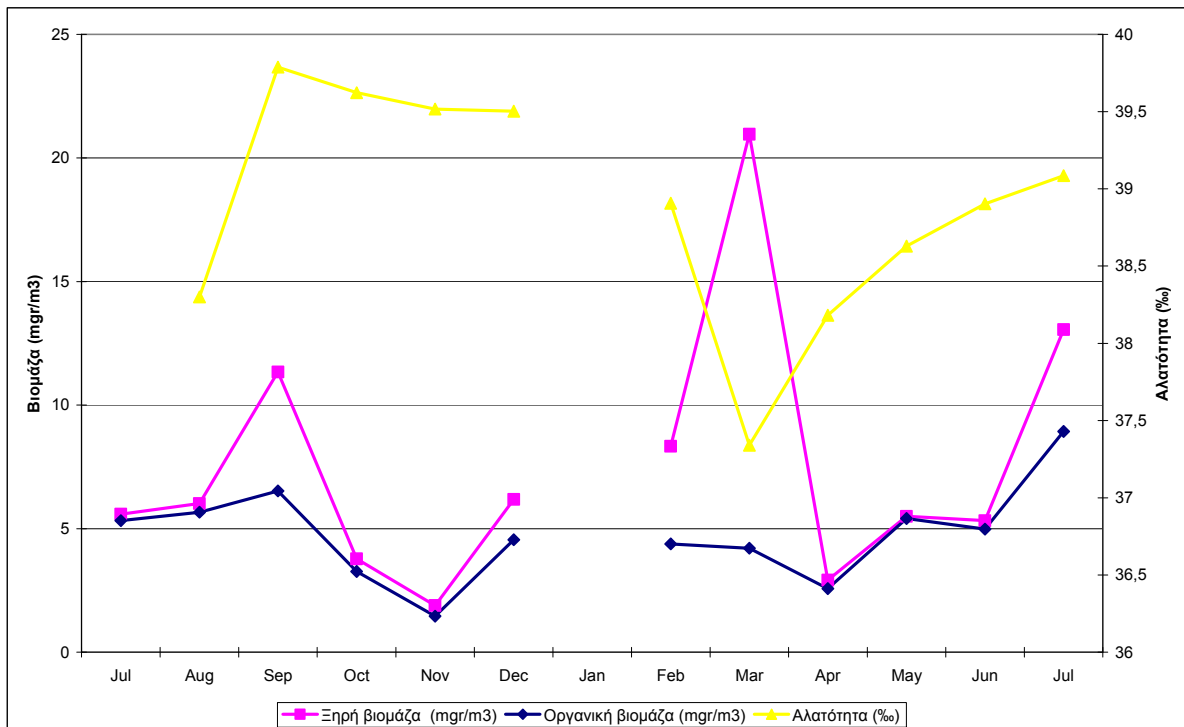


Σχήμα 31. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την αλατότητα για τον σταθμό δειγματοληψίας K1.

Από τα ανωτέρω αποτελέσματα προκύπτει το ίδιο σχεδόν πρότυπο κατανομής βιομάζας και θερμοκρασίας για όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας. Γενικότερα, η άνοδος της θερμοκρασίας φαίνεται να επηρεάζει την βιομάζα του

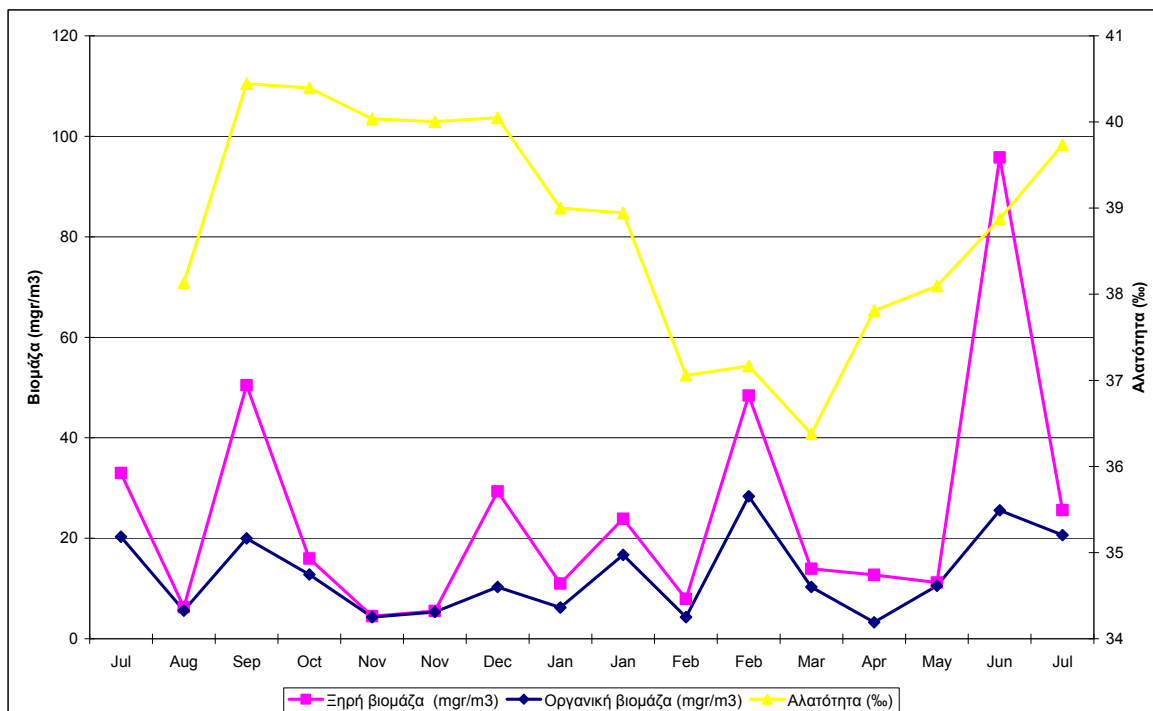
ζωοπλαγκτού, με εξαίρεση κάποιους σταθμούς. Η τελευταία αβιοτική παράμετρος που μελετήθηκε είναι η αλατότητα.

Στον σταθμό Κ1 (Σχήμα 31), η μείωση της αλατότητας συμπίπτει με μείωση της βιομάζας ζωοπλαγκτού, όπως προκύπτει στις δειγματοληψίες Αυγούστου και Φεβρουαρίου. Παρόλα αυτά στην δειγματοληψία του Ιούλη, η κατακόρυφη μείωση της αλατότητας δεν φαίνεται να επηρεάζει την βιομάζα ζωοπλαγκτού καθώς τον μήνα αυτόν εμφανίζει τις μέγιστες τιμές της.



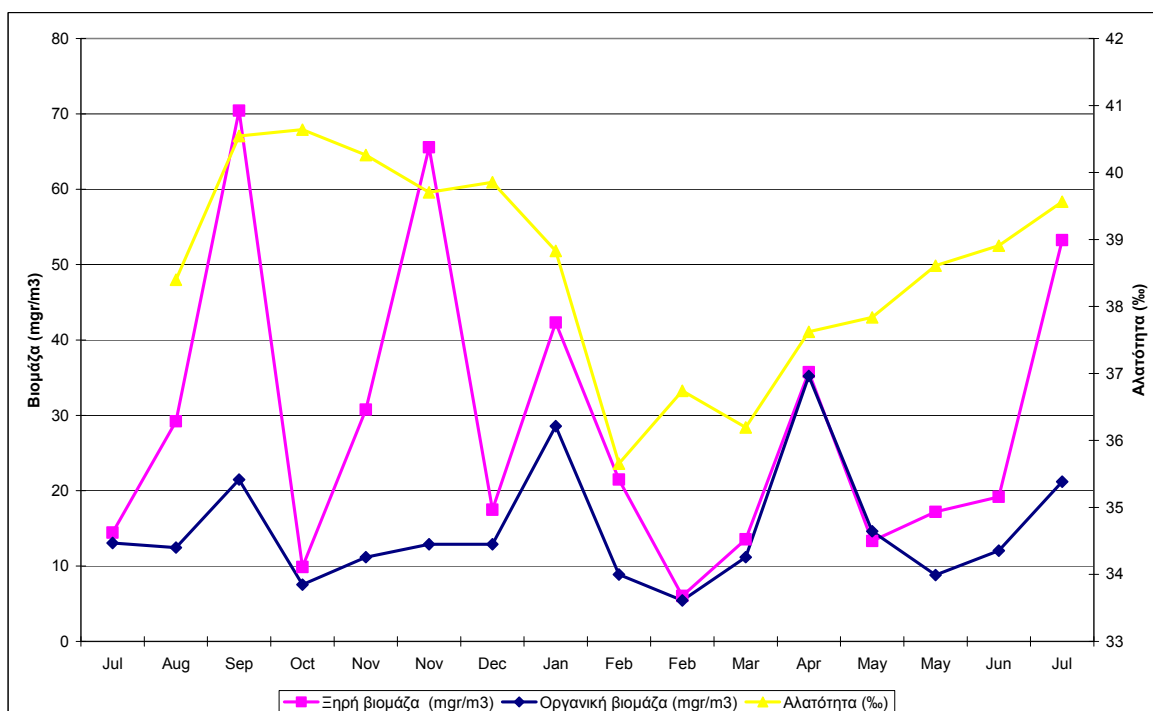
Σχήμα 32. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την αλατότητα για τον σταθμό δειγματοληψίας Κ2.

Στο χρονοδιάγραμμα του σταθμού Κ2 (Σχήμα 32), η αύξηση της αλατότητας συμπίπτει με την αύξηση της βιομάζας ζωοπλαγκτού στην δειγματοληψία του Σεπτεμβρίου. Τον Μάρτιο στον οποίο παρατηρείται κατακόρυφη μείωση της αλατότητας, η βιομάζα του ζωοπλαγκτού αυξομειώνεται. Στην δειγματοληψία αυτή, η ξηρή βιομάζα εμφανίζει τις μέγιστες τιμές της σε όλη την διάρκεια της δειγματοληψίας. Ενώ, τους επόμενους μήνες παρατηρείται σταδιακή αύξηση της αλατότητας με ταυτόχρονη αύξηση της βιομάζας.



Σχήμα 33. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την αλατότητα για τον σταθμό δειγματοληψίας K5.

Στον σταθμό K5 (Σχήμα 33), προκύπτει όπως και στους προηγούμενους σταθμούς, η ίδια ακριβώς σχέση μεταξύ της βιομάζας και της αλατότητας. Η αύξηση της αλατότητας συνοδεύεται από αύξηση της βιομάζας ζωοπλαγκτού με εξαίρεση την δειγματοληψία του μήνα Φεβρουαρίου. Παρόλα αυτά, η σταθεροποίηση της αλατότητας συμπίπτει με σταδιακή αύξηση του ζωοπλαγκτού.



Σχήμα 34. Χρονοδιάγραμμα της ξηρής και οργανικής βιομάζας με την αλατότητα για τον σταθμό δειγματοληψίας K7.

Τέλος, στο Σχήμα 34 απεικονίζεται η σχέση μεταξύ βιομάζας και αλατότητας για τον σταθμό δειγματοληψίας K7. Ο σταθμός αυτός ο οποίος βρίσκεται στο εσωτερικό τμήμα του κόλπου παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις τόσο στην ξηρή βιομάζα όσο και στην αλατότητα. Οι μέγιστες τιμές της ξηρής βιομάζας συμπίπτουν με τις μέγιστες τιμές της αλατότητας.

Γενικά, σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας εμφανίζεται το ίδιο πρότυπο κατανομής με εξαίρεση κάποιους σταθμούς που βρίσκονται εσωτερικά του κόλπου. Από τα ανωτέρω αποτελέσματα προκύπτει σχέση μεταξύ των αβιοτικών παραμέτρων και της βιομάζας ζωοπλαγκτού. Η αύξηση των αβιοτικών παραμέτρων που μελετήθηκαν (χλωροφύλλη α, θερμοκρασία και αλατότητα) φαίνεται να επηρεάζουν την βιομάζα του ζωοπλαγκτού. Στους εσωτερικούς σταθμούς δειγματοληψίας που παρατηρήθηκαν και οι μεγαλύτερες μεταβολές των αβιοτικών παραμέτρων, οι διακυμάνσεις της βιομάζας είναι εντονότερες σε σχέση πάντα με τους σταθμούς κοντά στο στόμιο του κόλπου (K1 και K2).

4.2 Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με την χρήση των στατιστικών πακέτων SPSS 15 και STATGRAPHICS XV 15.

Η πρώτη στατιστική ανάλυση έγινε με την χρήση της παραμετρικής δοκιμής Multivariate ANOVA. Η δοκιμή εφαρμόστηκε στα δεδομένα της ξηρής βιομάζας και της ash free βιομάζας. Επειδή όμως η δοκιμή είναι παραμετρική θα πρέπει αρχικά να πραγματοποιηθεί έλεγχος στις παραμέτρους της κανονικότητας και της ομοσκεδαστικότητας. Ο έλεγχος της κανονικότητας έγινε με την δοκιμή **Kolmogorov-Smirnov**.

Παράμετρος	Στατιστικό κριτήριο Z	Επίπεδο σημαντικότητας %
Ξηρή βιομάζα	1.877	0,2
Ash free βιομάζα	1.550	1,6

Οι παράμετροι δεν ακολουθούν κανονική κατανομή, εφόσον ανήκουν στο 5% επίπεδο εμπιστοσύνης και για τον λόγο αυτό τα δεδομένα και των δυο παραμέτρων λογαριθμίστηκαν και έγινε εκ νέου έλεγχος κανονικότητας με την δοκιμή **Kolmogorov-Smirnov**.

Παράμετρος	Στατιστικό κριτήριο Z	Επίπεδο σημαντικότητας %
Ξηρή βιομάζα	0,793	55,6
Ash free βιομάζα	1,008	26,2

Τα λογαριθμισμένα δεδομένα και των δυο παραμέτρων ακολουθούν κανονική κατανομή εφόσον ανήκουν στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Επομένως, οι αναλύσεις τόσο της ξηρής βιομάζας αλλά και όσο της Ash free βιομάζας έγιναν με τις λογαριθμισμένες τιμές.

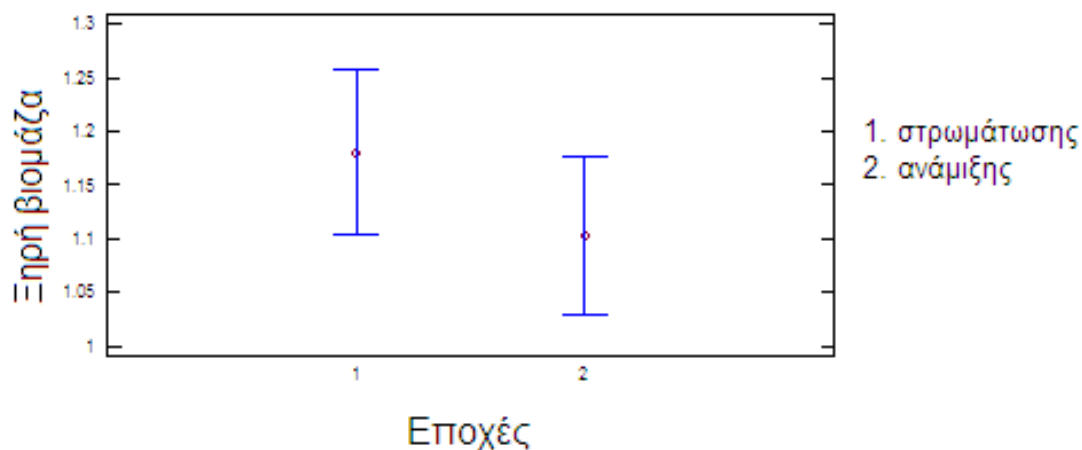
Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο παραμετρικός έλεγχος ANOVA, εφόσον τα δεδομένα πληρούν τις προϋποθέσεις της κανονικότητας και ομοσκεδαστικότητας. Ο έλεγχος έγινε και για τις δύο παραμέτρους, ξηρή βιομάζα και Ash free βιομάζα, ως προς τους δυο παράγοντες την εποχικότητα και τους

σταθμούς δειγματοληψίας. Τα αποτελέσματα της δοκιμής ANOVA για την ξηρή βιομάζα είναι τα ακόλουθα :

Παράμετρος	Στατιστικό κριτήριο <i>Mean Square</i>	Επίπεδο σημαντικότητας %
Εποχή	0,134614	30,47
Σταθμοί	1,52078	0,00

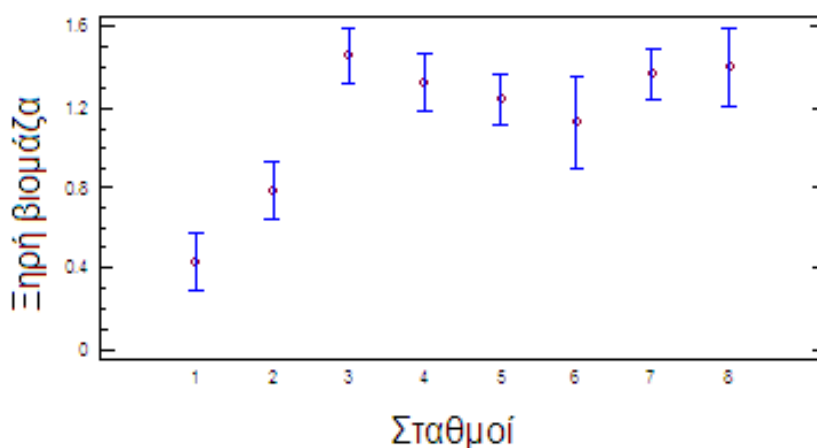
Από τον ανωτέρω πίνακα προκύπτει πως η ξηρή βιομάζα των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών διαφέρει ανάμεσα στους σταθμούς δειγματοληψίας (ανήκει στο επίπεδο εμπιστοσύνης 5%) αλλά όχι ανάμεσα στις εποχές ανάμιξης και στρωμάτωσης (ανήκει στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95%).

Για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων έγιναν διαγράμματα των μέσων τιμών της ξηρής βιομάζας με την δοκιμή LSD.



Σχήμα 35. Συσχέτιση της ξηρής βιομάζας ανάμεσα στις εποχές.

Στο Σχήμα 35, απεικονίζεται η συσχέτιση της ξηρής βιομάζας με την εποχικότητα. Είναι ευδιάκριτη η επικάλυψη των τιμών μέσα στο διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Επομένως, η ξηρή βιομάζα των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών στην εποχή ανάμιξης δεν διαφέρει ιδιαίτερα από την εποχή στρωμάτωσης.



Σχήμα 36. Συσχέτιση της ξηρής βιομάζας ανάμεσα στους σταθμούς.

Από το Σχήμα 36, προκύπτει πως υπάρχει διαφορά στην ξηρή βιομάζα ανάμεσα στους σταθμούς δειγματοληψίας με τους σταθμούς 1 και 2 να διαφέρουν αισθητά από τους υπόλοιπους.

Πίνακας 10. Η ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας με την δοκιμή LSD.

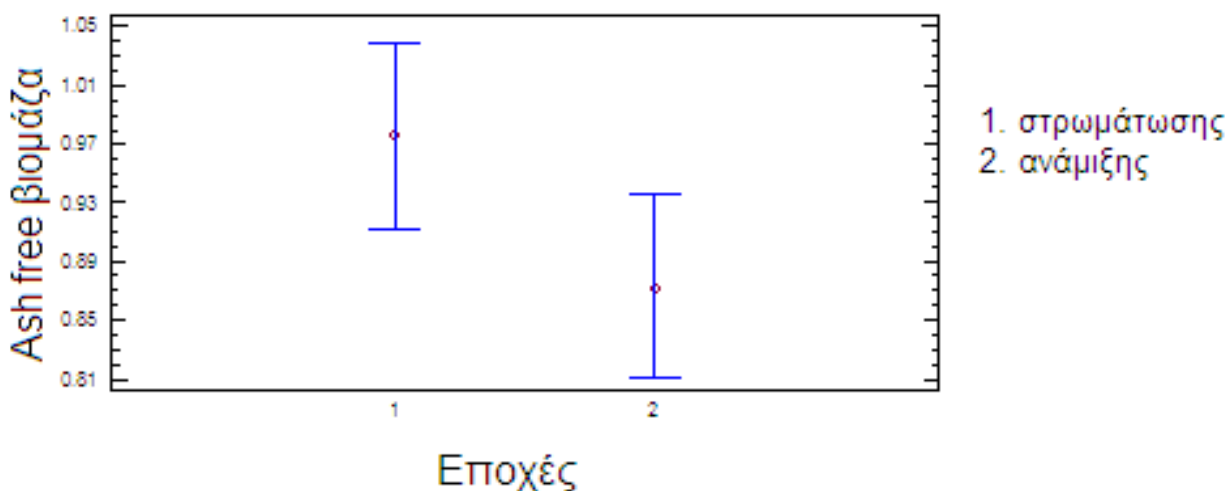
Σταθμοί	Μέση τιμή	LS Sigma	Ομαδοποίηση σταθμών
K1	0,432531	0,102746	X
K2	0,786582	0,102746	X
K6	1,127	0,159058	XX
K5	1,24016	0,0889404	X
K4	1,32675	0,0985774	X
K7	1,36278	0,0888191	X
K8	1,40023	0,135223	X
K3	1,46047	0,0985774	X

Η δοκιμή LSD (Πίνακας 10) ομαδοποιεί τους σταθμούς δειγματοληψίας σε ομάδες σύμφωνα με τις μέσες τιμές της ξηρής βιομάζας. Από τον ανωτέρω πίνακα προκύπτουν τρεις ομάδες από σταθμούς. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τον σταθμό K1, η δεύτερη ομάδα από τους σταθμούς K2 και K6, ενώ η τρίτη ομάδα από τον K6 και τους υπόλοιπους σταθμούς K5, K4, K7, K8 και K3. Ο σταθμός K6 ανήκει και στις δυο ομάδες καθώς βρίσκεται οριακά κοντά τόσο στον σταθμό K2 όπου δημιουργούν μια ξεχωριστή ομάδα όσο και στους υπόλοιπους σταθμούς που βρίσκονται εσωτερικά του κόλπου.

Τα αποτελέσματα της παραμετρικής δοκιμής ANOVA για την Ash free βιομάζα είναι τα ακόλουθα :

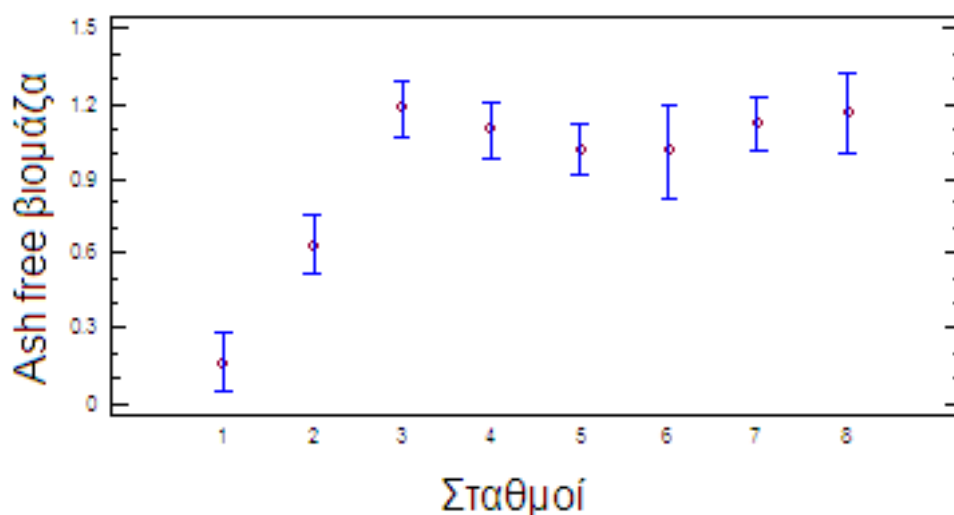
Παράμετρος	Στατιστικό κριτήριο <i>Mean Square</i>	Επίπεδο σημαντικότητας %
Εποχή	0,239376	10
Σταθμοί	1,47473	0,00

Από τον ανωτέρω πίνακα προκύπτει πως η Ash free βιομάζα των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών διαφέρει ανάμεσα στους σταθμούς δειγματοληψίας (ανήκει στο επίπεδο εμπιστοσύνης 5%) αλλά όχι ανάμεσα στις εποχές ανάμιξης και στρωμάτωσης (ανήκει στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95%), ότι ακριβώς ισχύει και για την ξηρή βιομάζα.



Σχήμα 37. Συσχέτιση της ash free βιομάζας ανάμεσα στις εποχές.

Στο Σχήμα 37 απεικονίζεται η σχέση της Ash free βιομάζας με την εποχικότητα. Διακρίνεται η επικάλυψη των τιμών και στις δυο εποχές μέσα στο διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Επομένως, η Ash free βιομάζα των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών στην εποχή ανάμιξης δεν διαφέρει ιδιαίτερα από αυτήν της εποχής στρωμάτωσης.



Σχήμα 38. Συσχέτιση της Ash free βιομάζας ανάμεσα στους σταθμούς.

Από το Σχήμα 38 προκύπτει πως υπάρχει διαφορά στην ash free βιομάζα ανάμεσα στους σταθμούς δειγματοληψίας με τους σταθμούς 1 και 2 να διαφέρουν αισθητά από τους υπόλοιπους.

Πίνακας 11. Η ομαδοποίηση των σταθμών δειγματοληψίας με την δοκιμή LSD.

Σταθμοί	Μέση τιμή	LS Sigma	Ομαδοποίηση σταθμών
K1	0,164784	0,0850837	X
K2	0,63229	0,0850837	X
K6	1,0115	0,131715	X
K5	1,01902	0,0736512	X
K4	1,09575	0,0816315	X
K7	1,12106	0,0735507	X
K8	1,16432	0,111977	X
K3	1,18265	0,0816315	X

Η στατιστική ανάλυση με την δοκιμή LSD (Πίνακας 11) ομαδοποιεί τους σταθμούς δειγματοληψίας σε ομάδες σύμφωνα με τις μέσες τιμές της ash free βιομάζας. Από τον ανωτέρω πίνακα προκύπτουν τρεις ομάδες από σταθμούς. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τον σταθμό K1, η δεύτερη ομάδα από τον σταθμό K2, ενώ η τρίτη ομάδα από τους υπόλοιπους σταθμούς K6, K5, K4, K7, K8 και K3. Οι σταθμοί K1 και K2 διαφέρουν από τους υπόλοιπους σταθμούς οι οποίοι βρίσκονται εσωτερικά του κόλπου.

Στην ξηρή και ash free βιομάζα αλλά και στις αβιοτικές παραμέτρους πραγματοποιήθηκε μη παραμετρική συσχέτιση Spearman's και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12. Συσχέτιση των αβιοτικών παραμέτρων με την ξηρή βιομάζα.

Δοκιμή Spearman's		Ξηρή βιομάζα (mgr/m3)	Ash free βιομάζα (mgr/m3)	Θερμ. (°C)	Χλωρ. (μg/l)	Αλατ (‰)	Νιτρικά NO2 (μg/l)	Νιτρώδη NO3 (μg/l)	Φωσφ. PO4 (μg/l)	Πυριτικά SiO2 (μg/l)
Ξηρή βιομάζα (mgr/m3)	Στατιστικό κριτήριο	1,00								
	Επίπεδο σημ. %	-								
Ash free βιομάζα (mgr/m3)	Στατιστικό κριτήριο	0,869 (**)	1,00							
	Επίπεδο σημ. %	0,00	-							
Θερμ. (°C)	Στατιστικό κριτήριο	0,025	0,113	1,00						
	Επίπεδο σημ. %	81,4	27,9	-						
Χλωρ. (μg/l)	Στατιστικό κριτήριο	0,317(**)	0,361(**)	-0,384(**)	1,00					
	Επίπεδο σημ. %	0,2	0,00	0,00	-					
Αλατότητα (‰)	Στατιστικό κριτήριο	0,021	-0,015	0,350(**)	-0,381(**)	1,00				
	Επίπεδο σημ. %	84,2	89,3	0,1	0,00	-				
Νιτρικά NO2 (μg/l)	Στατιστικό κριτήριο	0,024	-0,056	-0,564(**)	0,331(**)	-0,443(**)	1,00			
	Επίπεδο σημ. %	82,1	59,2	0,00	0,1	0,00	-			
Νιτρώδη NO3 (μg/l)	Στατιστικό κριτήριο	0,001	0,024	-0,484(**)	0,375(**)	-0,247(*)	0,378(**)	1,00		
	Επίπεδο σημ. %	99,2	81,7	0,00	0,00	2	0,00	-		
Φωσφορ. PO4 (μg/l)	Στατιστικό κριτήριο	-0,019	0,043	-0,079	0,218(*)	-0,089	0,258(*)	0,127	1,00	
	Επίπεδο σημ. %	85,5	67,8	45,1	3,5	40,5	1,2	22,4	-	
Πυριτικά SiO2 (μg/l)	Στατιστικό κριτήριο	0,093	-0,008	-0,571(**)	0,371(**)	-0,273(**)	0,398(**)	0,473(**)	0,028	1,00
	Επίπεδο σημ. %	37,4	94	0,00	0,00	1	0,00	0,00	79,1	-
Αμμωνία NH3 (μg/l)	Στατιστικό κριτήριο	-0,172	-0,259(*)	-0,012	-0,227(*)	0,031	-0,079	-0,081	-0,173	-0,001
	Επίπεδο σημ. %	9,8	1,2	91	2,8	77,1	45,2	43,8	9,6	99,3

* Η συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 5%.

** Η συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 1%.

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συσχέτισης των αβιοτικών παραμέτρων με την ξηρή και οργανική βιομάζα. Τα κελιά που έχουν χρωματιστεί κόκκινα υποδεικνύουν τις μεγαλύτερες συσχετίσεις. Από αυτά λοιπόν προκύπτει πως την μεγαλύτερη συσχέτιση έχουν η ξηρή με την οργανική βιομάζα (0,00 %), η χλωροφύλλη με την ξηρή βιομάζα, την οργανική βιομάζα και την θερμοκρασία (0,2%, 0,00%, 0,00% αντίστοιχα), η αλατότητα με την θερμοκρασία και την χλωροφύλλη α (0,1%, 0,00%) και η αμμωνία με την οργανική βιομάζα (1,2%).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στον κόλπο Καλλονής παρατηρήθηκε μια πλούσια βιοποικιλότητα ζωοπλαγκτού σχεδόν καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Τα αποτελέσματα της καταμέτρησης των δειγμάτων αποκάλυψαν την κυριαρχία ορισμένων ταξινομικών ομάδων όπως τα κωπήποδα και τα κλαδοκεραιωτά τα οποία κυριαρχούν σε όλο το Αιγαίο πέλαγος αλλά και γενικότερα σε όλη την Μεσόγειο. Η παρουσία και άλλων ταξινομικών ομάδων με σημαντικές συναθροίσεις σε όλο σχεδόν τον κόλπο αποτελεί ένδειξη της πλούσιας βιοποικιλότητας του οικοσυστήματος αυτού.

Ο κόλπος Καλλονής είναι ένα μεσοτροφικό οικοσύστημα το οποίο εμφανίζει εποχιακές ευτροφικές τάσεις. Ο ευτροφικός αυτός χαρακτήρας είναι υπεύθυνος για την αφθονία αλλά και την πλούσια βιοποικιλότητα της περιοχής. Ο συνδυασμός του μεγάλου δικτύου ποταμών που εκρέουν σε αυτόν τον αβαθή κόλπο (μέγιστο βάθος 10 m εσωτερικά) αλλά και της σχετικά μικρής ανανέωσης των υδάτων (20 ημέρες), οι διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών παραμέτρων είναι έντονες. Οι διακυμάνσεις αυτές πιθανότατα οφείλονται για την επικράτηση ορισμένων ειδών στην περιοχή, τα οποία έχουν μεγαλύτερο εύρος ανοχής αβιοτικών παραμέτρων.

Το δίκτυο των ποταμών είναι υπεύθυνο για τις διακυμάνσεις της αλατότητας αλλά και για τις εξάρσεις της χλωροφύλλης α, καθώς τροφοδοτούν τον κόλπο με γλυκά νερά αλλά και με θρεπτικά συστατικά. Το μικρό σχετικά βάθος του κόλπου ευνοεί επίσης την αύξηση της θερμοκρασίας κυρίως κατά τους θερμούς μήνες αλλά και την αύξηση της χλωροφύλλης μέσω της φωτοσύνθεσης. Η έξαρση της χλωροφύλλης ερμηνεύεται ως ανάπτυξη των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, οι οποίοι κατά κύριο λόγο αποτελούν την διαθέσιμη τροφή ενός μεγάλου μέρους του ζωοπλαγκτού, τους φυτοφάγους ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς. Επομένως, η λεκάνη απορροής του κόλπου Καλλονής αποτελεί ένα δυναμικό σύστημα, το οποίο ελέγχει έντονα τα πρώτα διατροφικά στρώματα του τροφικού δικτύου.

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι η χωρική και η χρονική μελέτη της βιομάζας του ζωοπλαγκτού σε αυτό το δυναμικό οικοσύστημα, αλλά και η πιθανή συσχέτιση της βιομάζας με τους αβιοτικούς παράγοντες. Από τα ανωτέρω

προκύπτει η σύνδεση της βιομάζας ζωοπλαγκτού με τους αβιοτικούς παραμέτρους του κόλπου. Το δίκτυο δειγματοληψίας καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα του κόλπου και οι μηνιαίες δειγματοληψίες καλύπτουν ένα ορισμένο χρονικό ορίζοντα, στον οποίο μπορεί να διευκρινιστεί ένα ετήσιο πρότυπο κατανομής.

Στα παράκτια νερά γενικότερα, η στρωματοποίηση των υδάτων είναι ποικιλόμορφη και το τυπικό μικροβιακό δίκτυο τροφής αλλάζει συνεχώς καθώς επίσης και η κυριαρχία ορισμένων ειδών. Η άμεση συσχέτιση που υπάρχει ανάμεσα στους οργανισμούς μέσω του διατροφικού δικτύου αποτελεί την βασικότερη αιτία διακύμανσης της αφθονίας αλλά και της κυριαρχίας ορισμένων ειδών. Γενικότερα, στις ευτροφικές περιοχές και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή την οποία εξετάζουμε, παρατηρείται σχεδόν σε όλη την διάρκεια του έτους η κυριαρχία των κωπηπόδων αλλά και των κλαδοκεραιωτών.

Το ζωοπλαγκτόν γενικότερα φαίνεται να αντιδρά στις αλλαγές της αλατότητας και να επηρεάζεται έντονα από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας αλλά και από την θήρευση των ανώτερων οργανισμών. Συνήθως, η μείωση της αλατότητας ερμηνεύεται ως μείωση της διαθέσιμης τροφής. Στην περίπτωση των κλαδοκεραιωτών, η μείωση της κυριαρχίας τους οφείλεται στην μείωση της αλατότητας ενώ στα κωπήποδα η κυριαρχία τους αυξάνεται με τις έντονες εποχιακές ευτροφικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

Τα κλαδοκεραιωτά κυριαρχούν κυρίως το καλοκαίρι καθώς η αναπαραγωγή τους λαμβάνει χώρα την άνοιξη. Από προηγούμενες μελέτες έχει εντοπιστεί αρνητική συσχέτιση μεταξύ της βιομάζας τους και της χλωροφύλλης α, ενώ φαίνεται να σχετίζονται έντονα με την θερμοκρασία και την αλατότητα. Οι ευτροφικές συνθήκες φαίνεται να τους ευνοούν, παρόλα αυτά έχει παρατηρηθεί αύξηση των πληθυσμών τους ακόμα και σε περιόδους με μικρή διαθεσιμότητα τροφής. Σημαντικό ρόλο στην αύξηση των πληθυσμών τους αποτελεί το γεγονός της αναπαραγωγικής τους διαδικασίας που επιτυγχάνεται με την παρθενογένεση.

Στην περίπτωση των κωπηπόδων ισχύει ένα διαφορετικό πρότυπο κατανομής καθώς μπορούν να ανεχθούν χαμηλές αλατότητες γεγονός το οποίο ευνοεί την επικράτησή τους κοντά σε εκβολικά συστήματα αλλά και σε παράκτιες περιοχές γενικότερα. Οι διαφορετικές διατροφικές συνήθειες αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα με τον οποίο διαχωρίζονται τα είδη. Γενικότερα, από προηγούμενες μελέτες έχει παρατηρηθεί αρνητική συσχέτιση με την χλωροφύλλη

α και την θερμοκρασία. Επιπρόσθετα, στα κωπήποδα έχει παρατηρηθεί μια κάθετη ημερήσια μετανάστευση με την οποία κατά την διάρκεια της νύχτας οι οργανισμοί μετακινούνται στα επιφανειακά στρώματα των υδάτων. Επομένως, οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται στην βιομάζα τους οφείλονται στην συνεχή μετακίνησή τους.

Η σχετικά μικρή ανάπτυξη που παρατηρείται γενικότερα στις χαμηλές θερμοκρασίες και η αλλαγή των διατροφικών συνηθειών σε μυσιδώδη και ψάρια, μειώνουν το ζωοπλαγκτόν κατά την διάρκεια του φθινοπώρου. Την άνοιξη παρόλο που υπάρχει αφθονία τροφής εξαιτίας της ανάμιξης των νερών και της εισαγωγής θρεπτικών συστατικών που ευνοούν την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού, η βιομάζα του ζωοπλαγκτού εμφανίζει μικρή και σταδιακή αύξηση καθώς περιοριστικός παράγοντας αποτελεί η χαμηλή θερμοκρασία. Στα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία φαίνεται να ευνοούνται ιδιαίτερα οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στα εκβολικά συστήματα των ποταμών. Σε ορισμένες περιπτώσεις η μείωση του φυτοπλαγκτού επηρεάζει έντονα την ανάπτυξη του ζωοπλαγκτού καθώς λαμβάνουν χώρα πολύπλοκες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Στις αρχές του καλοκαιριού εξαιτίας του ευτροφισμού, το ζωοπλαγκτόν παρουσιάζει έντονη αύξηση. Η επάρκεια της διαθέσιμης τροφής σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη των ζωοπλαγκτονικών βιοκοινοτήτων. Αντίθετα, η πτώση της θερμοκρασίας παίζει ουσιαστικό ρόλο στην κατάρρευση αρκετών ταξινομικών ομάδων, μείωση της αφθονίας και των επικρατούντων ειδών. Στο τέλος του καλοκαιριού και στις αρχές του φθινοπώρου το ζωοπλαγκτόν εξακολουθεί να μειώνεται δραματικά εξαιτίας της θήρευσης από τους ανώτερους οργανισμούς αλλά και της σταδιακής πτώσης της θερμοκρασίας κυρίως στις ευτροφικές περιοχές. Αξίζει να σημειωθεί πως ελάχιστα είναι τα ευρύθερμα και ευρύαλα ζωοπλαγκτονικά είδη για αυτό και επηρεάζονται με τις σταδιακές αλλαγές των αβιοτικών παραμέτρων.

Το φθινόπωρο λαμβάνουν χώρα συχνές εξάρσεις φυτοπλαγκτού οι οποίες συνοδεύονται από αύξηση του ζωοπλαγκτού, επομένως παρατηρείται συσχέτιση μεταξύ τους. Τον χειμώνα οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν σε όλο τον κόλπο περιορίζουν την ανάπτυξη του ζωοπλαγκτού σε συνδυασμό πάντα με την μικρή διαθεσιμότητα τροφής που επικρατεί την εποχή αυτή. Συμπερασματικά,

προκύπτει πως υπάρχει άμεση σύνδεση των αβιοτικών παραμέτρων κυρίως χλωροφύλλης α, θερμοκρασίας και αλατότητας με την βιομάζα ζωοπλαγκτού.

Η μελέτη της βιομάζας ζωοπλαγκτού έγινε μέσω της ξηρής και οργανικής βιομάζας. Οι παράκτιες περιοχές γενικότερα περιέχουν σημαντικά ποσά τέφρας $53\pm 13\%$ ξηρής βιομάζας (Nagao et al., 2000), το οποίο πιθανώς σχετίζεται με την επαναιώρηση των ιζημάτων και εισαγωγή ανόργανων συστατικών εξαιτίας των μικρών βαθών αλλά και των εκροών των ποταμών. Επομένως, στα παράκτια νερά η ξηρή βιομάζα θεωρείται ανεπαρκής στον καθορισμό της καθαρής βιομάζας ζωοπλαγκτού εφόσον υπάρχει κίνδυνος να υπερεκτιμηθεί λόγω εισαγωγής ανόργανων συστατικών που συνυπολογίζονται. Σε αυτή την περίπτωση η οργανική βιομάζα θεωρείται περισσότερο αξιόπιστη καθώς με την μέθοδο αυτή έχουμε ολική απομάκρυνση της ανόργανης ύλης άρα και λιγότερα σφάλματα στην εκτίμηση της καθαρής βιομάζας ζωοπλαγκτού.

Η πραγματική βιομάζα, δηλαδή το οργανικό περιεχόμενο που περιλαμβάνεται στην ξηρή βιομάζα εξαρτάται άμεσα από την σύνθεση των ζωοπλαγκτονικών βιοκοινοτήτων. Αυτό ισχύει διότι το περιεχόμενο της τέφρας του ζωοπλαγκτού ποικίλει μεταξύ των μη ζελατινοειδών οργανισμών όπως τα καρκινοειδή 2-37% (Omori, 1969) και των ζελατινοειδών οργανισμών όπως οι μέδουσες 60-73% (Clarke et al., 1992). Η μόλυνση από ανόργανα υλικά όπως φυτοπλαγκτόν (detritus) και επαναιωρούμενο υλικό είναι πολύ πιθανές πηγές σφαλμάτων στην εκτίμηση της βιομάζας. Αυτά τα προβλήματα εντοπίζονται κυρίως σε παράκτια αβαθή νερά καθώς το περιβάλλον είναι πιο επιρρεπές στις διακυμάνσεις από τα ποτάμια και τις επαναιωρήσεις και το ζωοπλαγκτόν χαρακτηρίζεται από εναλλαγές οργανισμών. Για όλους τους παραπάνω λόγους παρατηρούνται διαφορές στα αποτελέσματα της ξηρής και της οργανικής βιομάζας σε ορισμένους σταθμούς δειγματοληψίας.

Στις παράκτιες περιοχές δεν έχει παρατηρηθεί εποχιακή διακύμανση της τέφρας. Όπως προαναφέρθηκε τα μεγάλα ποσοστά τέφρας οφείλονται κυρίως στις απορροές από τα ποτάμια αλλά και στις επαναιωρήσεις από την ανάμιξη των αβαθών υδάτων. Η σωματιδιακή οργανική ύλη που βρίσκεται στα ιζήματα του πυθμένα και οι απορροές της ύλης αυτής από τα ποτάμια είναι οι πιο πιθανές πηγές των μεγάλων ποσών της τέφρας που παρατηρούνται. Επιπρόσθετος λόγος πιθανότατα είναι η μόλυνση από διάτομα, καθώς οι οργανισμοί αυτοί περιέχουν μεγάλες ποσότητες πυριτίου, το οποίο είναι καθαρή ανόργανη ύλη.

Επομένως, για την αποφυγή μεγαλύτερων σφαλμάτων λαμβάνεται έντονα υπόψη η οργανική βιομάζα για τον προσδιορισμό της καθαρής βιομάζας ζωοπλαγκτού.

Από καθαρά βιολογικής άποψης η θήρευση, η ενεργή κίνηση, η κάθετη μετακίνηση και η αναπαραγωγή μπορούν να επηρεάσουν την δυναμική και την κυριαρχία των ζωοπλαγκτονικών κοινοτήτων, οδηγώντας σε διαφορετικές χωρικές συναθροίσεις (Folt and Burns, 1999). Η αφθονία του μικροζωοπλαγκτού ποικίλει ιδιαίτερα και είναι απρόβλεπτη σε παράκτιες περιοχές, εφόσον το ζωοπλαγκτόν καταναλώνεται από βενθικούς οργανισμούς.

Το χρονικό και χωρικό πρότυπο των βιοκοινοτήτων επηρεάζονται από διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους, από τον ανταγωνισμό ή την θήρευση, από τυχαία γεγονότα και γενικότερα από περίπλοκες αλληλεπιδράσεις όλων των ανώτερων παραμέτρων. Στα εκβολικά συστήματα το πιθανό εύρος του ζωοπλαγκτού καθορίζεται από την αλατότητα, την θερμοκρασία, την διαθεσιμότητα τροφής και την θολότητα των νερών.

Οι ανθρωπογενείς επιδράσεις (γεωργία και κτηνοτροφία) προκαλούν ευτροφικές συνθήκες, οι οποίες ευνοούν την βιολογική παραγωγή, κυρίως δηλαδή τα πρώτα επίπεδα του τροφικού δικτύου. Ενώ η ρύπανση τόσο από τις γεωργικές δραστηριότητες όσο και από τις αστικές περιοχές συμβάλει στην εισαγωγή αναερόβιων μικροβιακών φορτίων, τα οποία περιορίζουν την ανάπτυξη και διατήρηση των ζωοπλαγκτονικών βιοκοινοτήτων. Επομένως, η λεκάνη απορροής δέχεται αρκετές πιέσεις οι οποίες ενισχύονται από την παρουσία των ποταμών.

Από την μελέτη των αβιοτικών παραμέτρων, της θερμοκρασίας, της αλατότητας, της χλωροφύλλης α, των νιτρικών, των νιτρωδών, των πυριτικών, των φωσφορικών και της αμμωνίας, προέκυψε ένα πρότυπο κατανομής με έντονες εποχιακές διακυμάνσεις.

Η θερμοκρασία, η οποία αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη της βιομάζας ζωοπλαγκτού, παρουσίασε ηπιότερες διακυμάνσεις σε σχέση με τις υπόλοιπες αβιοτικές παραμέτρους. Εξαιρέση αποτελούν οι σταθμοί δειγματοληψίας που βρίσκονται στο στόμιο του κόλπου καθώς επηρεάζονται από την ανοικτή θάλασσα και πλησιάζουν τα πρότυπα των ωκεανών. Επομένως, οι διακυμάνσεις είναι ηπιότερες και τους χειμερινούς μήνες οι τιμές της διατηρούνται σε υψηλότερα επίπεδα από αυτά των εσωτερικών σταθμών του κόλπου.

Τα αποτελέσματα της αλατότητας έδωσαν ένα πρότυπο κατανομής παρόμοιο σε όλους σχεδόν τους σταθμούς δειγματοληψίας. Εξαίρεση αποτελούν οι σταθμοί δειγματοληψίας που βρίσκονται κοντά στα εκβολικά συστήματα, και παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις αλατότητας τους χειμερινούς μήνες εξαιτίας των βροχοπτώσεων και την εισαγωγή γλυκών μαζών από το δίκτυο των ποταμών. Επίσης, το στενό στόμιο του κόλπου περιορίζει την συχνή ανανέωση των υδάτων από την ανοικτή θάλασσα, οπότε η αλατότητα διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα στις ίδιες τιμές.

Στην περίπτωση της χλωροφύλλης α, το πρότυπο κατανομής είναι διαφορετικό για κάθε σταθμό. Οι σταθμοί που ακολουθούν το ίδιο μοτίβο είναι αυτοί που βρίσκονται εσωτερικά του κόλπου και κοντά στις εκβολές των ποταμών. Η απουσία δεδομένων για αρκετούς σταθμούς δειγματοληψίας αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την περιγραφή τόσο χρονικά όσο και χωρικά του κόλπου Καλλονής. Παρόλα αυτά τα υπάρχοντα δεδομένα συγκλίνουν στο ίδιο σχεδόν πρότυπο. Τον χειμώνα και συγκεκριμένα το μήνα Φεβρουάριο παρατηρείται σε όλους τους σταθμούς εσωτερικά του κόλπου, κατακόρυφη αύξηση της χλωροφύλλης α. Αυτό συμβαίνει από τον συνδυασμό των έντονων βροχοπτώσεων που λαμβάνουν χώρα την εποχή αυτή και το δίκτυο των ποταμών που εισάγουν στον κόλπο θρεπτικά συστατικά για την φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Το ίδιο ακριβώς παρατηρείται και την άνοιξη, όπου μειώνονται τα θρεπτικά αλλά έχουμε σταδιακή άνοδο της θερμοκρασίας. Στις αρχές του καλοκαιριού παρατηρείται μια κατακόρυφη μείωση της χλωροφύλλης α, η οποία πιθανότατα οφείλεται στην κατανάλωση των φυτοπλακτονικών οργανισμών από το ζωοπλαγκτόν.

Οι υπόλοιπες αβιοτικές παράμετροι ακολουθούν το ίδιο σχεδόν πρότυπο κατανομής σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας. Με εξαίρεση τα νιτρώδη και την αμμωνία, οι υπόλοιπες παράμετροι κυμαίνονται σε σταθερά επίπεδα εκτός από τον μήνα Φεβρουάριο όπου έχουμε μια κατακόρυφη αύξηση των τιμών. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στις βροχοπτώσεις του χειμώνα σε συνδυασμό με τις εισροές από τα ποτάμια. Στην περίπτωση των νιτρωδών παρατηρούνται αυξήσεις σε όλη την διάρκεια του έτους, οι οποίες πιθανώς σχετίζονται με τον συνδυασμό τυχαίων γεγονότων ή περιβαλλοντικών παραμέτρων. Η αμμωνία αποτελεί την μόνη αβιοτική παράμετρο που δεν ακολουθεί το ίδιο πρότυπο κατανομής σε όλους τους σταθμούς αλλά και με τις υπόλοιπες αβιοτικές παραμέτρους. Η μεγαλύτερη αύξηση εντοπίζεται την άνοιξη, γεγονός που επιβεβαιώνεται από την πτώση της βιομάζας ζωοπλαγκτού.

Επίσης, παρατηρούνται αυξήσεις σε ορισμένους σταθμούς εσωτερικά του κόλπου που πιθανώς οφείλεται στην θνησιμότητα και άρα αποσύνθεση των οργανισμών που διαβιούν στον κόλπο.

Στην βιομάζα του ζωοπλαγκτού παρατηρούνται έντονες διακυμάνσεις σε όλη την διάρκεια της δειγματοληψίας. Τον μήνα Ιανουάριο παρατηρείται μια κατακόρυφη αύξηση του ζωοπλαγκτού, η οποία όμως προηγείται της αύξησης της χλωροφύλλης α. Επομένως, η συγκεκριμένη αύξηση δεν οφείλεται στην αύξηση της χλωροφύλλης αλλά σε άλλους παράγοντες. Η πιο πιθανή εκδοχή είναι η μετακίνηση των πληθυσμών από την ανοικτή θάλασσα στην οποία επικρατούν σταθερότερες συνθήκες προς το εσωτερικό του κόλπου ή από τα κατώτερα στρώματα της στήλης του νερού. Η συγκεκριμένη αύξηση μπορεί επίσης να οφείλεται σε τυχαία γεγονότα καθώς επίσης ενδέχεται και μεγάλο πλήθος σφαλμάτων κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας.

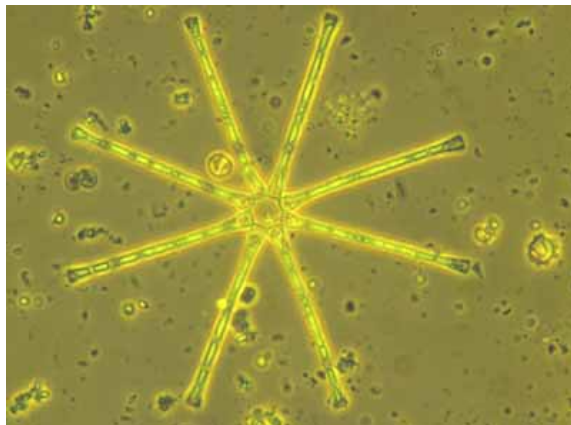
Η επόμενη μεγάλη αύξηση του ζωοπλαγκτού πραγματοποιείται στις αρχές του καλοκαιριού και πιθανότατα σχετίζεται τόσο με την άνοδο της θερμοκρασίας όσο και με την έξαρση των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών. Η αύξηση της διαθέσιμης τροφής σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας φαίνεται να ευνοεί τις ζωοπλαγκτονικές βιοκοινότητες. Το ίδιο ακριβώς πρότυπο παρατηρείται και στις αρχές του φθινοπώρου, με την βιομάζα να αυξάνεται σταδιακά και να καταρρέει τον επόμενο μήνα.

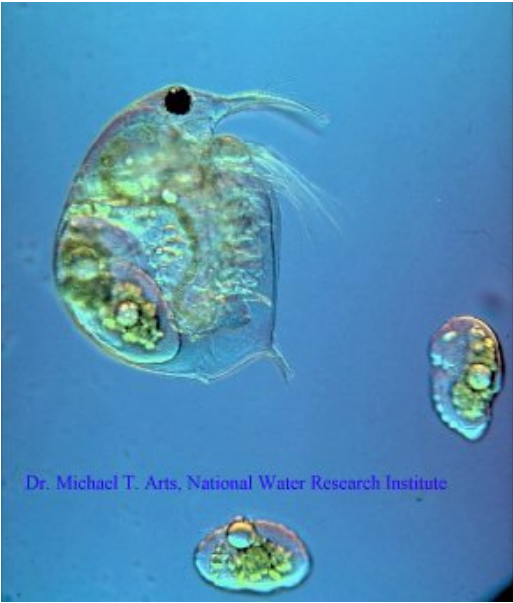
Η απουσία δεδομένων για αρκετούς σταθμούς δειγματοληψίας καθιστά αδύνατη την ολοκληρωμένη χωρική και χρονική περιγραφή της βιομάζας ζωοπλαγκτού. Από τα αποτελέσματα όμως προκύπτει πως οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ζωοπλαγκτονικών οργανισμών λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό τμήμα του κόλπου και πιο συγκεκριμένα κοντά στις εκβολές των ποταμών. Για τους λόγους αυτούς επιλέχθηκαν τέσσερις σταθμοί δειγματοληψίας που βρίσκονται σε ευθεία από το στόμιο του κόλπου έως το εσωτερικό του, κοντά στις εκβολές του ποταμού Τσικνιά.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους σταθμούς αυτούς έδωσαν το ίδιο πρότυπο κατανομής για τους σταθμούς που βρίσκονται στο στόμιο του κόλπου και για αυτούς που βρίσκονται στο εσωτερικό του. Η αύξηση της χλωροφύλλης α και της θερμοκρασίας συνοδεύεται από αύξηση της βιομάζας του ζωοπλαγκτού. Η απουσία δεδομένων αποτέλεσε ξανά περιοριστικό παράγοντα για την ολοκληρωμένη περιγραφή της βιομάζας του ζωοπλαγκτού.

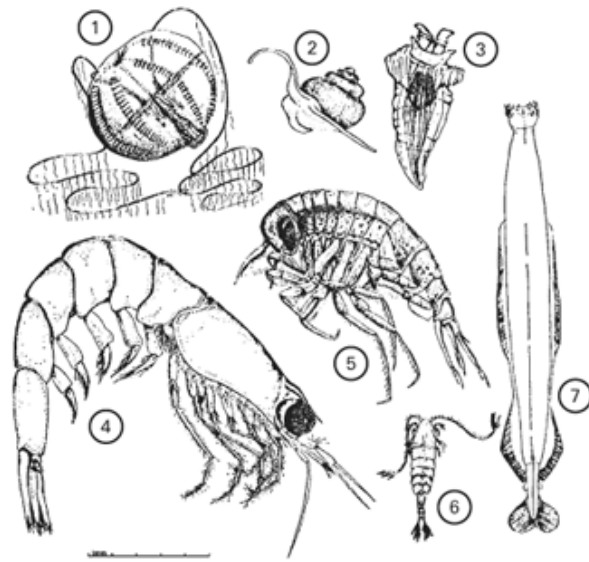
Τα στατιστικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων της δειγματοληψίας επιβεβαίωσαν τις προηγούμενες υποθέσεις. Μεταξύ των σταθμών δεν υπάρχει συσχέτιση αλλά εντοπίζεται ανάμεσα στις εποχές. Δηλαδή στον κόλπο Καλλονής υπάρχει χρονικό πρότυπο κατανομής αλλά δεν εντοπίζεται χωρικό εκτός κάποιων εξαιρέσεων, των σταθμών που βρίσκονται κοντά στις εκβολές των ποταμών. Τέλος, στην συσχέτιση που πραγματοποιήθηκε ανάμεσα στις αβιοτικές παραμέτρους και την βιομάζα για το σύνολο των σταθμών, προέκυψε πως την μεγαλύτερη συσχέτιση έχει η ξηρή με την οργανική βιομάζα καθώς επίσης η βιομάζα με την χλωροφύλλη α. Τα στατιστικά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τα πρότυπα κατανομής που προέκυψαν από τα γραφήματα και συγκλίνουν στο γεγονός πως υπάρχει εποχικότητα στον κόλπο Καλλονής απλά δεν λαμβάνει χώρα σε όλη την έκτασή του αλλά μόνο στα εκβολικά συστήματα των ποταμών.

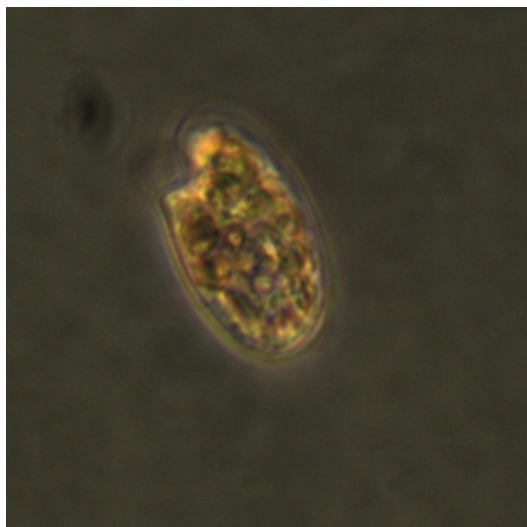
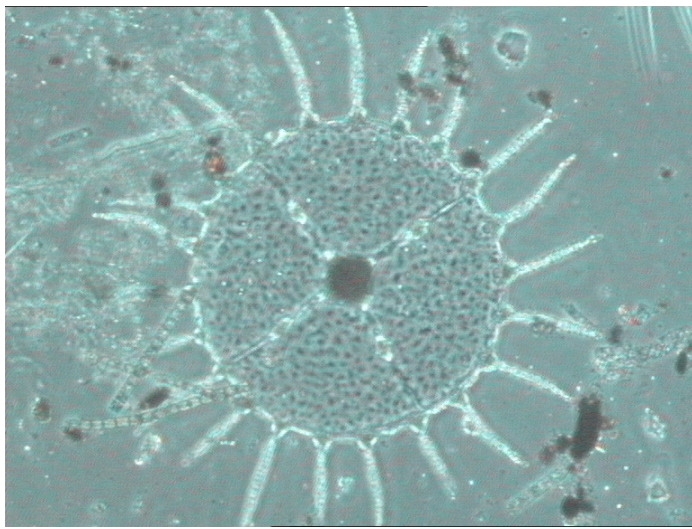
6. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ





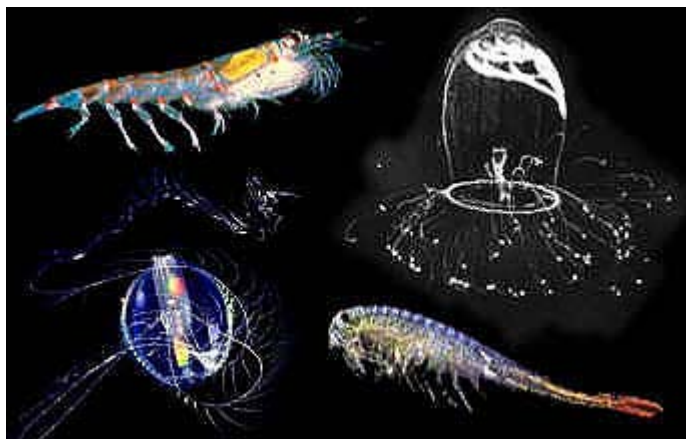
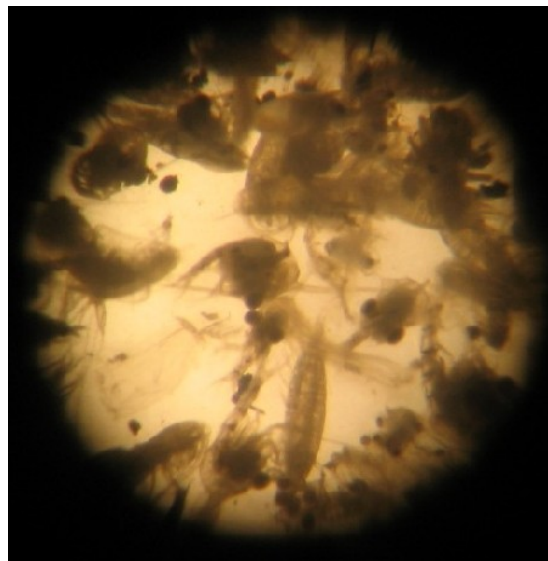


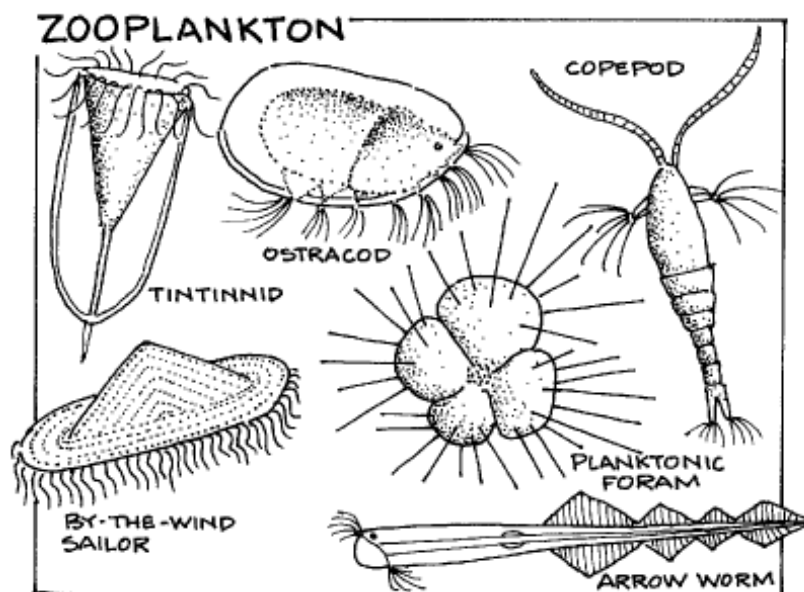
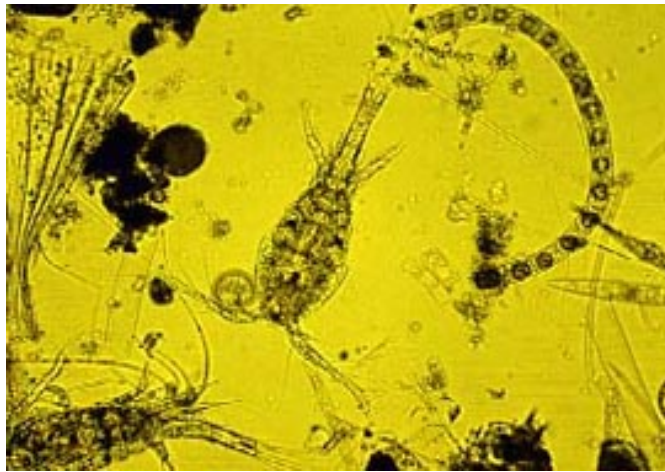


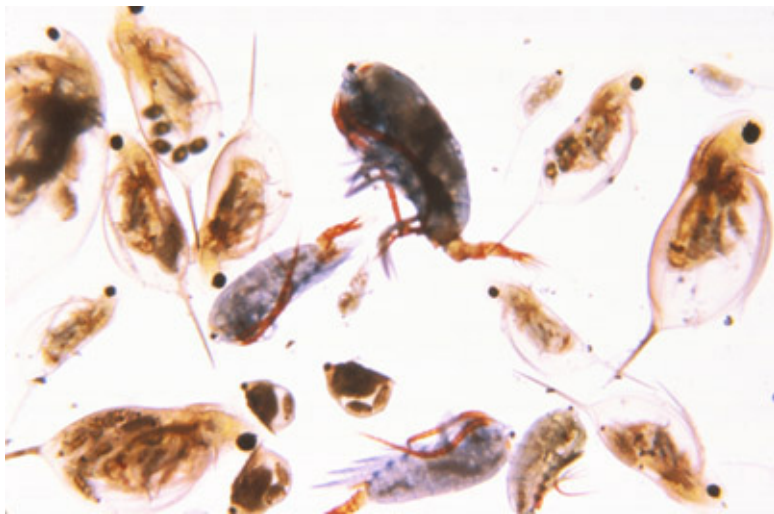
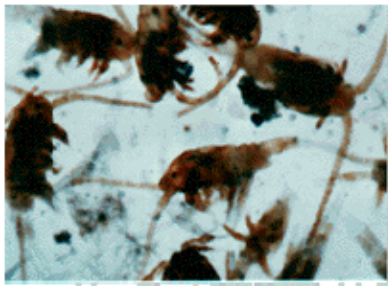
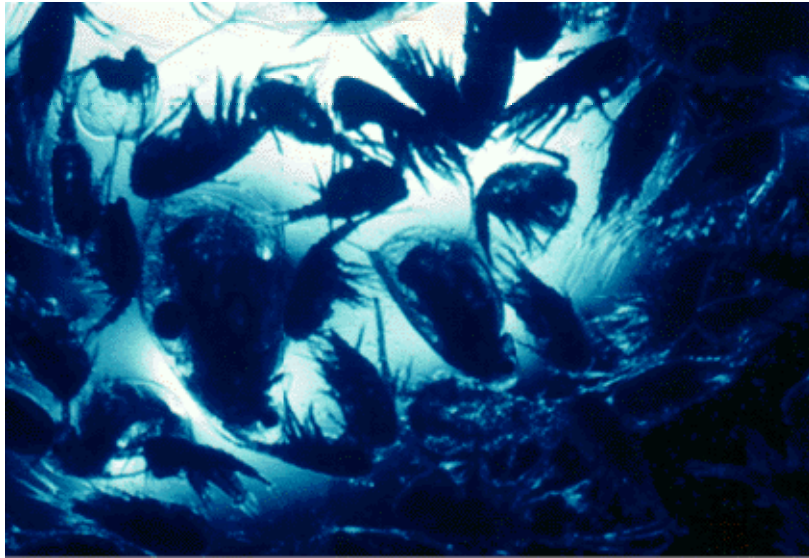


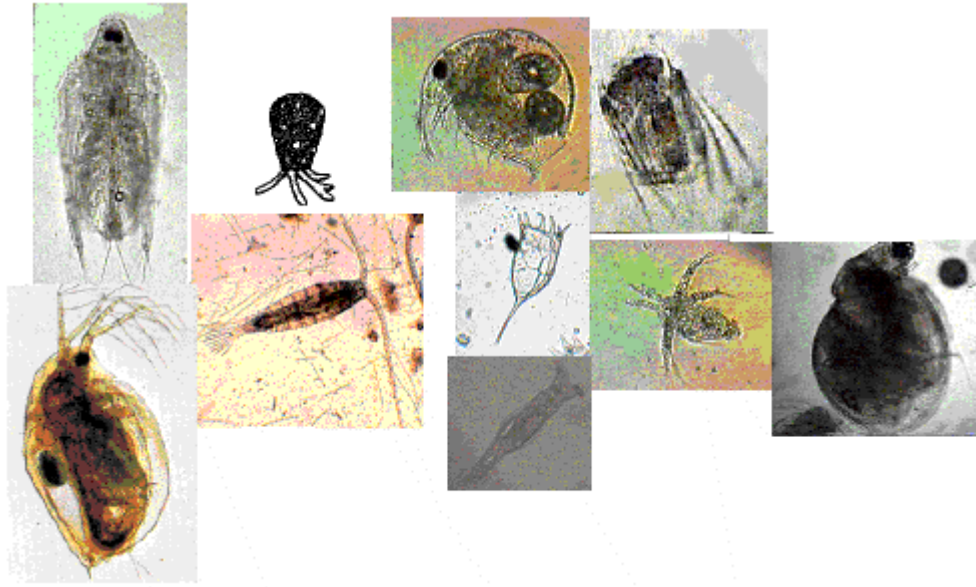


The water flea, *Moinodaphnia macleaya*









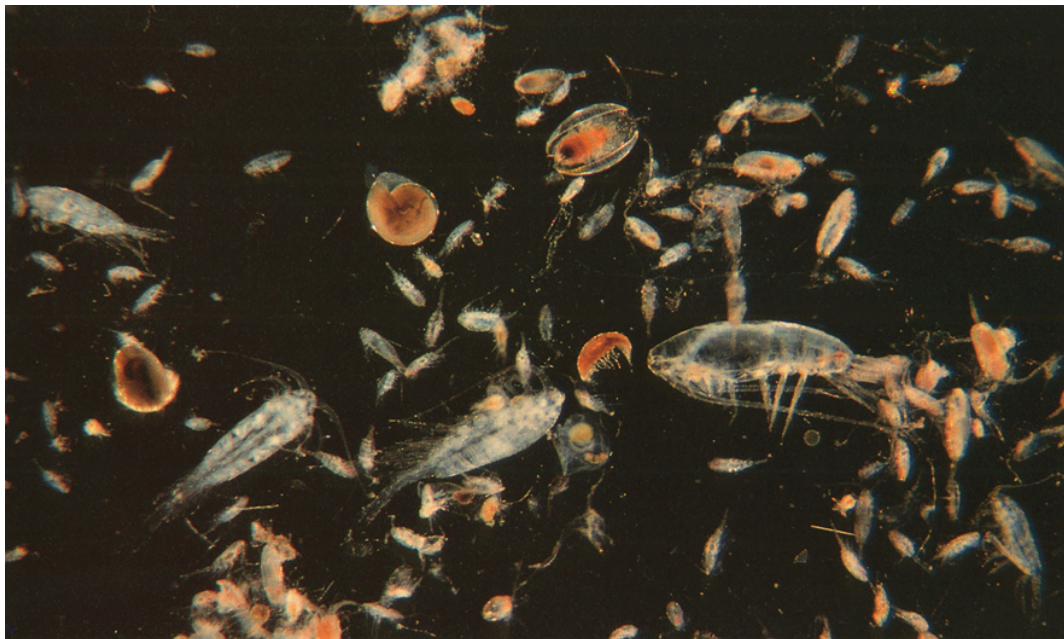


Krill (euphausids): comparing carapaces

Thysanoessa raschii



Meganyctiphanes norvegica

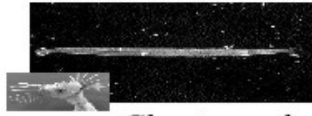




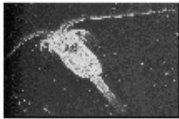
Decapod Larvae



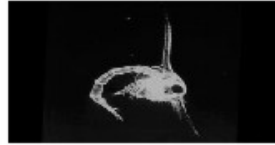
Nauplii



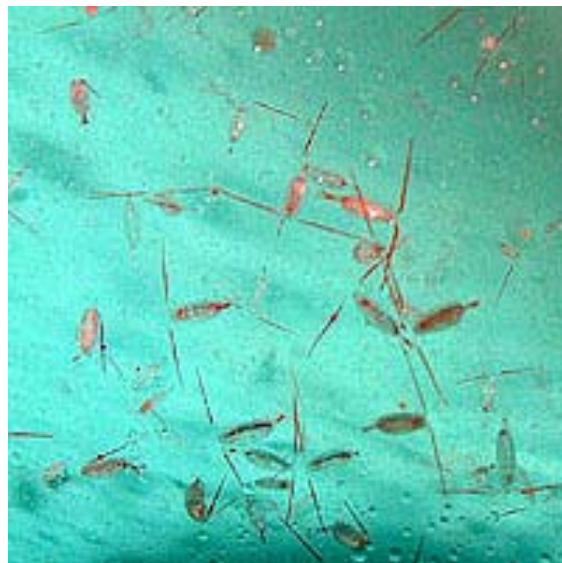
Chaetognaths

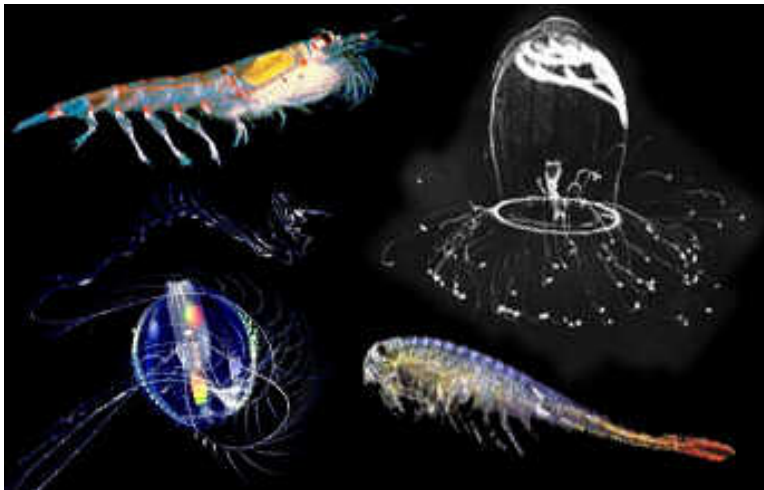


Copepods




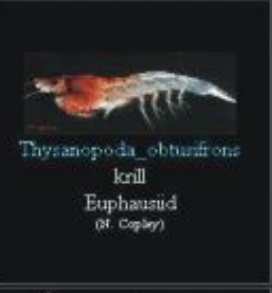







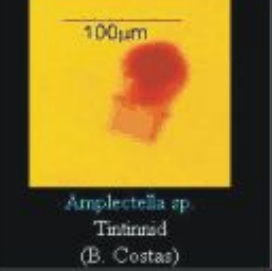
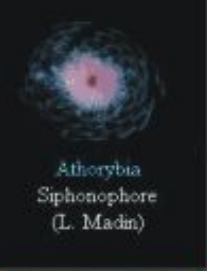

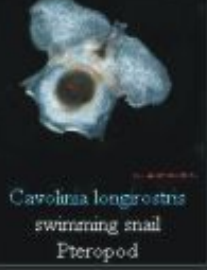
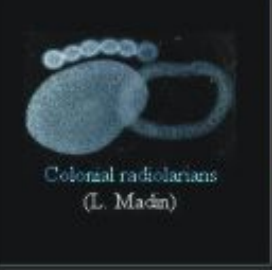


Crab
Zoea





CMarZ gallery animals

These are some of the zooplankton found on the CMarZ April cruise in the Sargasso Sea. Unless otherwise noted, photos were taken by Russ Hoperoft, Univ. of Alaska.

 <p>pteropod juveniles swimming snails Pteropod mollusc</p>	 <p><i>Thysanopoda obtusifrons</i> krill Euphausiid (H. Copley)</p>	 <p><i>Sapphirina metallina</i> Copepod</p>	 <p><i>Stylocheiron affine</i> krill Eye with enlarge cones. Euphausiid (H. Copley)</p>
 <p><i>Tomopteris</i> sp. swimming worm Polychaete</p>	 <p><i>Valdaniella insignis</i> This crustacean lives very deep, > 1000m. Female with purple egg sacs Copepod</p>	 <p>white_nemertines Nemertine</p>	 <p>Three-Gilled Angry Bosun Fish 'Discovered' by Bruce Cowden, the Brown's Bosun</p>
 <p><i>Alacia valdaniacae</i> Ostracod</p>	 <p>100µm <i>Amplectella</i> sp. Tintinnid (B. Costas)</p>	 <p><i>Athorybia</i> Siphonophore (L. Madin)</p>	 <p><i>Cardiopoda</i> sp. Shell-less mollusc Heteropod (L. Madin)</p>
 <p><i>Cavolina longirostris</i> swimming snail Pteropod</p>	 <p>Colonial radiolarians (L. Madin)</p>	 <p>10µm <i>Codonellopsis</i> sp. Tintinnid (B. Costas)</p>	 <p><i>Dobolella</i> sp. Siphonophore (L. Madin)</p>

[Home](#)[Previous Page](#)[Next Page](#)

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αποστολοπούλου, Μ., Βερροϊόπουλος, Γ., 1999. Σημειώσεις του Μαθήματος Πλαγκτολογία. Παρασκευά Κωνσταντίνα, 2007. Πτυχιακή εργασία με θέμα : Χωρική και χρονική ανάλυση βιοκοινωνικών ζωοπλαγκτού σε παράκτια θαλάσσια οικοσυστήματα : Η περίπτωση του κόλπου Καλλονής. Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Σχολή Περιβάλλοντος.
- Alexander, R.R. and Griffiths, J.M., 1993. Basic biochemical methods. Wiley-Liss, New York, 345 pp.
- Anderson, T.R. and Hessen, D.O., 1991. Carbon, nitrogen, and phosphorus content of fresh-water zooplankton, *limnol. Oceanogr.*, 36: 807-814
- Andrew, N.L. and Mapstone, B.D., 1987. Sampling and the description of spatial pattern in marine ecology, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 25: 39-90
- Bakus, G.J., 1990. Quantitative ecology and marine biology. A.A. Balkema, Rotterdam, 157 pp.
- Banase, K., 1995. Zooplankton : Pivotal role in the control of ocean production. *ICES Journal of marine science*, 52: 265-277
- Beers, J.R., 1976. Determination of zooplankton biomass. In zooplankton fixation and preservation, pp. 35-84. H.F. Steedman (ed.). UNESCO Press, Paris, 350 pp
- Hardy, A., 1970. The open sea : Its natural history. Part I: The world of plankton, 2nd edition, Collins, London, 335 pp.
- Carpton, J.T. and Geller, J.B. 1993. Ecological roulette: the global transport of non-indigenous marine organisms. *Science*, 261 :78-82
- Cushing, D.H., 1990. Plankton production and year-class strength in fish- populations: an update of the match / mismatch hypothesis. *Advances in marine biology*, 26: 249-293
- Dejen, E., Vijverbergh, J., Nagelkerke, L., Sibbing, F., (2003). Temporal and spatial distribution of microcrustacean zooplankton in relation to turbidity and other environmental factors in a large tropical lake (L. Tana, Ethiopia). *Hydrobiologia* (2004) 513 : 39-49,
- Frazer, J., 1962. Nature adrift. The story of marine plankton. G.T. Foulis, London, 178 pp.
- Feike, M., Heerkloss, R., Rieling, T., Schubert, H. (2007). Studies on the zooplankton community of a shallow lagoon of the Southern Baltic Sea : long term trends, seasonal changes, and relations with physical and chemical parameters. *Hydrobiologia* (2007) 577 : 95-106
- Gurney, R., 1939. Bibliography of the larvae of decapod Crustacea. London (reprinted 1960, Engelmann, Weinheim, Germany), 306 pp.
- Harris, R. (ed.), 1995. ICES Symposium "Zooplankton production" 1994. *ICES Journal of marine science*, 52 : 261-773
- Huntley, M.E. and Lopez, D.G., 1992. Temperature dependent production of marine copepods : a global synthesis. *American Naturalist*, 140 : 201-242
- Huntley, M.E. and Niller, P.P. 1995. Physical control of population dynamics in the Southern Ocean. *ICES Journal of marine science*, 52: 457-468
- ICES, 2000. Zooplankton methodology manual
- Jiang, S., Dickey, T., Steinberg, D., Madin, L., 2007. Temporal variability of zooplankton biomass from ADCP backscatter time series data at the Bermuda Testbed Mooring site. *Deep sea research I* 54 (2007) 608-636
- Johansson, S., 1992. Regulating factors for coastal zooplankton community structure in the northern Baltic proper. Department of zoology and Department of systems Ecology, Stockholm University.
- Lespilette, M., Boge, G., Richard, S., Jamet, J.L., Origin and characteristics of the zooplankton phosphatase activity in a coastal ecosystem of the Mediterranean sea (Toulon Bay). *Marine environmental research* 63 (2007) 445-456
- Nagao, N., Toda, T., Takahashi, K., Hamasaki, K., Kikuchi, T., Taguchi, S., 2000. High ash content in net- Plankton samples from shallow coastal water : Possible source of error in dry weight measurement of zooplankton biomass. *Journal of oceanography*, vol. 57, pp. 105 to 107
- Newell, G.E. and Newell, R.C., 1973. Marine plankton. A practical guide. Revised edition, Hutchinson (Educational) Biological monographs, London, 244 pp.
- Papathanassiou, E. & Zenetos, A., 2005. State of the Hellenic marine environment, V.3:194-203
- Pollumae, A., Kotta, J., 2007. Factors describing the distribution of the zooplankton community in the gulf of Finland in the context of interactions between native and introduced predatory cladocerans. *Oceanologia*, 49 (2), 2007. pp. 277-290
- Porri, F., McQuaid, C., Froneman, W., 2007. Spatio-temporal variability of small copepods

(especially *Oithona plumifera*) in shallow nearshore waters off the south coast of South Africa. Elsevier Press.

Raymont, J.E.G., 1983. Plankton and productivity in the oceans. Zooplankton, 2nd edition, vol.2. Pergamon Press, Oxford, 824 pp.

Sieburth, J. McN., Smetacek, V. and Lenz, J., 1978. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, 23 : 1256-1263

Soetaert, K., Van Rijswijk., 1993. Spatial and temporal patterns of the zooplankton in the Westerschelde estuary. *Marine ecology progress series vol. 97*: 47-59

Spatharis, S., Danielidis, D., Tsirtsis, G., 2007. Recurrent *Pseudo-nitzschia calliantha* (Bacillariophyceae) and *Alexandrium insuetum* (Dinophyceae) winter blooms induced by agricultural runoff. Elsevier Press.

Spatharis, S., Tsirtsis, G., Danielidis, D., 2007. Effects of pulsed nutrient inputs on phytoplankton assemblage structure and blooms in an enclosed coastal area. Elsevier Press.

Steele, J.H., 1977. Some comments on plankton patches. In spatial pattern in plankton communities, pp. 1-20. J.H. Steele (ed.), Plenum Press, New York, 470 pp.

Todd, C.D. and Laverack, M.S. 1991. Coastal marine zooplankton: a practical manual for students. Cambridge University Press, Cambridge, 106 pp.

Vincent, D., Luczak, C., Sautour, B., 2002. Effects of a brief climatic event on zooplankton community structure and distribution in Arcachon Bay (France). *Marine biology* (2002), 82, 21-30

Vinogradov, M.E., 1997. Some problems of vertical distribution of meso- and macrozooplankton in the ocean. *Advances in marine biology* 32: 1-92

Πηγές φωτογραφικού παραρτήματος :

<http://drake.marin.k12.ca.us/stuwork/rockwater/PLANKTON/zoodrawings.gif>

<http://www.octopus.gma.org/onlocation/zooplankton.gif>

<http://www.clas.ufl.edu/.../Oceanography/images/zooplankton.jpg>

<http://www.britannica.com>

http://www.ri.net/schools/West_Warwick/manateeproject/ocean/animals.htm

http://www.mar-eco.no/learning-zone/_data/page/93/Krill3.jpg

http://www.wellesley.edu/Biology/Faculty/Mmoore/Images/Research_zooplankton/zooplankton.jpg

http://www.mna.it/italiano/Scopri_Antartide/img/zooplankton.jpg

<http://www.foundation.uconn.edu/SiteImages/2007-02-zooplankton.jpg>

http://www.osl.gc.ca/guide_sp/en/invert/group/image/zooplankton.jpg

<http://members.a1.net/aquatech/zooplankton.gif>

http://www.uncw.edu/aquarius/archive/2000/7_2000/img/zooplankton.jpg

http://students.washington.edu/ejduffy/ps_salmon/zooplankton-methods.jpg

<http://www.flmnh.ufl.edu/fish/Gallery/Describe/baskingshark/zooplankton.JPG>

<http://science.kennesaw.edu/~jdirnber/limno/LecIntro/zooplankton.gif>

[http://www.absc.usgs.gov/research/seabird_foragefish/marinehabitat/images/Zoops\(flat\).jpg](http://www.absc.usgs.gov/research/seabird_foragefish/marinehabitat/images/Zoops(flat).jpg)

http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/04fire/logs/hirez/zooplankton_hirez.jpg

<http://evodevo.uoregon.edu/images/daphnia.gif>

http://www.gla.ac.uk/centres/marinstation/research/bask-shark/shark_food_450.jpg

http://myweb.facstaff.wvu.edu/~mendens/randWalkmagic/Oxyrrhis_marina.jpg

<http://content.answers.com/main/content/img/McGrawHill/boating/f0212-01.png>

<http://www.ecoserve.ie/projects/basicc/images/zooplankton.jpg>

<http://www.seriestemporales-ieo.net/en/galeria/galeria5/Copepodo.jpg>

<http://www.cnas.missouristate.edu/zooplankton/images/bos-sas.jpg>

http://www.whoi.edu/cms/images/ncopley/2005/12/v3_slide0076_image003_17910.gif

http://www.dow.wau.nl/aew/News/Lake_Climate/daphniaschoolplaat.JPG

http://images.livescience.com/images/ig46_sea_Colonial_Jelly_09.jpg

http://www.epa.gov/glnpo/monitoring/plankton/images/diatoms/asterinellaformosa02_sm.jpg

http://www.vanaqua.org/aquanew/uploads/zooplankton_VAMSC_sm.jpg

http://www.cmarz.org/CMarZ_Cruise_April/Cruise_Report/reportofvronaldh/nancypage.jpg

http://www.windows.ucar.edu/earth/polar/images/copepod_hopcroft_sm.jpg

<http://www.sciencefriday.com/news/050207/daphnia.jpg>

<http://www.seriestemporales-ieo.net/en/galeria/galeria5/Medusa.jpg>

http://content.cdlib.org/xtf/data/13030/6r/kt167nb66r/figures/kt167nb66r_fig222.gif

http://www.hubbardbrook.org/mirrorlake_kids_tour/buttons/images/plankeyebut.gif

<http://www.sea.ee/Sektorid/merebioloogia/eesti/fotod/zooplankton.jpg>