

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Ν. Χ. ΝΕΟΦΥΤΟΥ

**Διερεύνηση των επιπτώσεων από την εγκατάσταση και
λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, με έμφαση
στην επιλογή δεικτών καθοριστικών του βαθμού της
προκαλούμενης ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΒΟΛΟΣ 2007

«Διερεύνηση των επιπτώσεων από την εγκατάσταση και λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, με έμφαση στην επιλογή δεικτών καθοριστικών του βαθμού της προκαλούμενης ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον».

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής

Κλαουδάτος Σπυρίδων, Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες, Π.Θ (επιβλέπων).

Καλλιανιώτης Αργύρης, Ερευνητής Α', Θαλάσσια Βιολογία, ΙΝΑΛΕ (μέλος).

Παναγιωτάκη Παναγιώτα, Επικ. Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Π.Θ. (μέλος).

Μέλη Επταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

Κλαουδάτος Σπυρίδων, Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες, Π.Θ (επιβλέπων).

Παναγιωτάκη Παναγιώτα, Επικ. Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Π.Θ. (μέλος).

Θεόδωρου Αθανάσιος, Καθηγητής, Ωκεανογραφία, με έμφαση στις σχέσεις φυτών και ζώων των θαλασσών και ωκεανών, τις φυσικές διεργασίες και την ανταλλαγή ενέργειας στο θαλάσσιο περιβάλλον και την κυκλοφορία, παλίρροια, κυματισμό και γεωμαγνητικά φαινόμενα των ωκεανών, Π.Θ.

Χιντήρογλου Χαρίτων, Καθηγητής, Θαλάσσια Βιολογία, Α.Π.Θ.

Βαφείδης Δημήτριος, Επικ. Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των θαλάσσιων Βενθικών ασπονδύλων και άμεση – έμμεση χρησικότητά τους, Π.Θ.

Κορμάς Κων/νος, Επικ. Καθηγητής, Οικολογία Υδάτινης στήλης με έμφαση στα Μικροβιακά και Τροφικά Είδη, Π.Θ.

Καστρίτση-Καθαρίου Ιωάννα, Επικ. Καθηγήτρια, Εφαρμοσμένη Ζωολογία-Υδατοκαλλιέργειες, Ε.Κ.Π.Α.

N. X. ΝΕΟΦΥΤΟΥ

**«Διερεύνηση των επιπτώσεων από την εγκατάσταση και λειτουργία
ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, με έμφαση στην επιλογή δεικτών
καθοριστικών του βαθμού της προκαλούμενης ρύπανσης στο θαλάσσιο
περιβάλλον»**

ISBN:

Νικόλαος Νεοφύτου, 2007: «Διερεύνηση των επιπτώσεων από την εγκατάσταση και λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, με έμφαση στην επιλογή δεικτών καθοριστικών του βαθμού της προκαλούμενης ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον» Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Ν. Ιωνία Μαγνησίας.

Αριθμός προκαταρκτικών σελίδων: VIII

Συνολικός αριθμός σελίδων της διατριβής: 214

Αριθμός Πινάκων: 19

Αριθμός Σχημάτων: 111

Αριθμός Εικόνων: 7

Αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών: 210

*Στη Λαμπρέτα
και στους γονείς μου*

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Κατ' αρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Σπυρίδωνα Κλαουδάτο, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, ο οποίος μου έδωσε τη δυνατότητα να εκπονήσω αυτή τη διατριβή και την επέβλεψε, υποστηρίζοντας και καθοδηγώντας με καθ' όλη τη διάρκειά της. Η συμβολή του στην επιλογή του θέματος ήταν καθοριστική. Επίσης τον ευχαριστώ για την ανεύρεση χρηματικών πόρων μέσω της ένταξής μου στο ερευνητικό πρόγραμμα “ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ” του Υπουργείου Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων (Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ. ΙΙ), καθώς και για τη γενική βοήθειά του σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αργύρη Καλλιανιώτη, Ερευνητή Α' του ΙΝ.ΑΛ.Ε. και την κα Παναγιώτα Παναγιωτάκη, Επικ. Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, για τις πολύτιμες τους επισημάνσεις, παραινέσεις και διορθώσεις κατά την εκπόνηση της διατριβής μου.

Ευχαριστίες επίσης απευθύνω:

Στο προσωπικό των δύο ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων του Παγασητικού κόλπου, “Υδροβίος Υδατοκαλλιέργεια Ε.Π.Ε.” & “Ιχθυοτροφεία Παγασητικού Α.Ε.” για την φιλοξενία τους για την πραγματοποίηση των δειγματοληψιών καθώς και για την πολύτιμη βοήθειά τους.

Στο Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος για τα μέσα που μου παρείχε για τη διεκπεραίωση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Στον κ. Ι. Γεωργουλάκη, Καθηγητή και Πρόεδρο του Τ.Γ.Ι.Υ.Π. για την παρότρυνσή του να ξεκινήσω αυτό το εγχείρημα.

Στον κ. Δ. Βαφείδη, Επικ. Καθηγητή του Τ.Γ.Ι.Υ.Π. για την παραχώρηση των κλειδών αναγνώρισης του μακροζωοβένθους καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του σχετικά με τις αναλύσεις της μακροπανίδας.

Στην κα Ε. Μεντέ, Επικ. Καθηγήτρια του Τ.Γ.Ι.Υ.Π., στον κ. Αθ. Εξαδάκτυλο, Λέκτορα του Τ.Γ.Ι.Υ.Π. και στον συνάδελφο κ. Ι.

Καραπαναγιωτίδη για τις πολύτιμες συμβουλές τους σχετικά με τις δημοσιεύσεις της διδακτορικής διατριβής.

Στον κ. Σπ. Σταυρακάκη, Ερευνητή του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. για την παραχώρηση των ιζηματοπαγίδων και για την πολύτιμη βοήθειά του στη χρήση αυτών.

Στον κ. Ν. Γκιτσάκη για τη βοήθεια στη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Στο συνάδελφο κ. Δ. Κλαουδάτο για την πολύτιμη βοήθειά του στην εκμάθηση του λογισμικού προγράμματος Primer.

Στους φίλους μου, που ήταν δίπλα μου όταν τους χρειαζόμουν.

Τέλος, στη σύζυγό μου και στους γονείς μου ένα μεγάλο ευχαριστώ για την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθειά τους, καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διδακτορικής μου διατριβής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ	VIII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	1
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	16
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	17
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	20
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ	25
2.1. Περιγραφή της ευρύτερης περιοχής έρευνας.....	25
2.2. Έρευνα στην ευρύτερη περιοχή μελέτης.....	29
3. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	34
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	39
4.1. Γενικά.....	39
4.2. Δειγματοληπτικό πλέγμα σταθμών.....	43
4.3. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.....	44
4.3.1. Υδάτινη στήλη.....	44
4.3.1.1. Θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο.....	44
4.3.1.2. Θρεπτικά άλατα.....	44
4.3.1.3. Ρυθμός ιζηματοπτώσεως αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα.....	47
4.3.2. Ίζημα.....	52
4.3.2.1. Κοκκομετρική ανάλυση.....	52
4.3.2.2. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας.....	53
4.4. Βιολογικά χαρακτηριστικά.....	54
4.4.1. Μακροζωοβένθος.....	54
4.4.2. Πειραματική αλιεία άγριων ψαριών.....	57
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	59
5.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.....	59
5.1.1. Υδάτινη στήλη.....	59
5.1.1.1. Θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο.....	59

5.1.1.2. Θρεπτικά άλατα.....	67
5.1.1.3. Ρυθμός ιζηματοαπόθεσης αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα.....	95
5.1.2. Ίζημα.....	96
5.1.2.1. Κοκκομετρική ανάλυση.....	96
5.1.2.2. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας.....	96
5.2. Βιολογικά χαρακτηριστικά.....	105
5.2.1. Μακροζωοβένθος.....	105
5.2.2. Πειραματική αλιεία άγριων ψαριών.....	150
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	160
6.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.....	160
6.1.1. Υδάτινη στήλη.....	160
6.1.1.1. Θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο.....	160
6.1.1.1.1. Θερμοκρασία.....	160
6.1.1.1.2. Αλατότητα.....	161
6.1.1.1.3. pH.....	161
6.1.1.1.4. Διαλυμένο οξυγόνο.....	162
6.1.1.2. Θρεπτικά άλατα.....	162
6.1.1.3. Ρυθμός ιζηματοαπόθεσης αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα.....	166
6.1.2. Ίζημα.....	170
6.1.2.1. Κοκκομετρική ανάλυση.....	170
6.1.2.2. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας.....	172
6.2. Βιολογικά χαρακτηριστικά.....	176
6.2.1. Μακροζωοβένθος.....	176
6.2.2. Πειραματική αλιεία άγριων ψαριών.....	182
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	185
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	191
ABSTRACT.....	212
ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	214

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 5.1.** Εποχιακές διακυμάνσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων στη στήλη του νερού (Θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) στους δειγματοληπτικούς σταθμούς των δύο περιοχών έρευνας (σελ. 60).
- Πίνακας 5.2.** Εποχιακές διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στη στήλη του νερού (αμμωνιακά, νιτρώδη και νιτρικά) στους δειγματοληπτικούς σταθμούς των δύο περιοχών έρευνας (σελ. 68).
- Πίνακας 5.3.** Εποχιακές διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στη στήλη του νερού (φωσφορικά και πυριτικά) στους δειγματοληπτικούς σταθμούς των δύο περιοχών έρευνας (σελ. 69).
- Πίνακας 5.4.** Ρυθμός ιζηματοαπόθεσης σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα στην περιοχή AS (σελ. 97).
- Πίνακας 5.5.** Ρυθμός ιζηματοαπόθεσης σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα στην περιοχή BS (σελ. 97).
- Πίνακας 5.6.** Κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος στους σταθμούς της περιοχής AS (σελ. 98).
- Πίνακας 5.7.** Κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος στους σταθμούς της περιοχής BS (σελ. 98).
- Πίνακας 5.8.** Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα, καθώς και ο λόγος αυτών στο ίζημα των δειγματοληπτικών σταθμών των δύο περιοχών έρευνας (σελ. 101).
- Πίνακας 5.9.** Εποχιακή διακύμανση των διαφόρων χαρακτηριστικών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS (σελ. 106).
- Πίνακας 5.10.** Εποχιακή διακύμανση των διαφόρων χαρακτηριστικών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS (σελ. 107).
- Πίνακας 5.11.** Μακροζωοβενθικά είδη που βρέθηκαν στις δύο περιοχές

έρευνας με το μέσο όρο του ποσοστού εμφάνισής τους (B: Βρυόζωα, C: Καρκινοειδή, Cn: Κοιλεντερωτά, E: Εχινόδερμα, M: Μαλάκια, N: Νημερτίνοι, P: Πολύχαιτοι, S: Σιπουνκουλοειδή) (σελ. 120).

Πίνακας 5.12: Μέσος όρος ποσοστού εμφάνισης (%) των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό μεγαλύτερο από το 1% της συνολικής αφθονίας στο σύνολο των σταθμών και των εποχών (+: ποσοστό εμφάνισης <1%, C: Καρκινοειδή, E: Εχινόδερμα, M: Μαλάκια, P: Πολύχαιτοι, S: Σιπουνκουλοειδή). Τα είδη ταξινομήθηκαν κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με το ποσοστό εμφάνισής τους, ξεκινώντας από τους σταθμούς που βρίσκονται στο κέντρο των δύο μονάδων (AS1 και BS1) (σελ. 122).

Πίνακας 5.13: Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ψαριών που αλιεύθηκαν στην περιοχή BS κατά την πρώτη πειραματική αλιεία (Σεπτέμβριος 2004) και το ποσοστό των σύμπηκτων ιχθυοτροφών (pellets) που βρέθηκαν στο στομάχι τους (σελ. 151).

Πίνακας 5.14: Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ψαριών που αλιεύθηκαν στην περιοχή BS κατά την δεύτερη πειραματική αλιεία (Οκτώβριος 2004) και το ποσοστό των σύμπηκτων ιχθυοτροφών (pellets) που βρέθηκαν στο στομάχι τους (σελ. 152).

Πίνακας 5.15: Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ψαριών που αλιεύθηκαν στην περιοχή AS κατά την τρίτη πειραματική αλιεία (Σεπτέμβριος 2005) και το ποσοστό των σύμπηκτων ιχθυοτροφών (pellets) που βρέθηκαν στο στομάχι τους (σελ. 153).

Πίνακας 6.1. Σύγκριση της συγκέντρωσης θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη των δύο περιοχών έρευνας με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών (σελ. 167).

Πίνακας 6.2. Σύγκριση της ροής του σωματιδιακού υλικού και του

οργανικού άνθρακα κάτω από τους ιχθυοκλωβούς των δύο περιοχών έρευνας με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών (σελ. 171).

Πίνακας 6.3. Σύγκριση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο ίζημα των δύο περιοχών έρευνας με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών (σελ. 175).

Πίνακας 6.4: Έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με τον βαθμό επίδρασης των υδατοκαλλιεργειών στο βένθος (σελ. 181).

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 5.1:** Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάρους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό AS1 (σελ. 61).
- Σχήμα 5.2:** Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάρους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό AS2 (σελ. 62).
- Σχήμα 5.3:** Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάρους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό AS3 (σελ. 63).
- Σχήμα 5.4:** Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάρους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό BS1 (σελ. 64).
- Σχήμα 5.5:** Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάρους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό BS2 (σελ. 65).
- Σχήμα 5.6:** Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάρους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό BS3 (σελ. 66).
- Σχήμα 5.7:** Διαγράμματα των συγκεντρώσεων (μέση τιμή και τυπική

- απόκλιση) των αμμωνιακών (μM) κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στις δύο περιοχές μελέτης (AS, BS) (σελ. 70).
- Σχήμα 5.8:** Διαγράμματα των συγκεντρώσεων (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) των νιτρικών (μM) κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στις δύο περιοχές μελέτης (AS, BS) (σελ. 70).
- Σχήμα 5.9:** Διαγράμματα των συγκεντρώσεων (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) των νιτρικών (μM) κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στις δύο περιοχές μελέτης (AS, BS) (σελ. 71).
- Σχήμα 5.10:** Διαγράμματα των συγκεντρώσεων (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) των φωσφορικών (μM) κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στις δύο περιοχές μελέτης (AS, BS) (σελ. 71).
- Σχήμα 5.11:** Διαγράμματα των συγκεντρώσεων (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) των πυριτικών (μM) κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στις δύο περιοχές μελέτης (AS, BS) (σελ. 72).
- Σχήμα 5.12:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS (σελ. 73).
- Σχήμα 5.13:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS (σελ. 73).
- Σχήμα 5.14:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS (σελ. 74).
- Σχήμα 5.15:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της

συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS (σελ. 74).

Σχήμα 5.16: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS (σελ. 75).

Σχήμα 5.17: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS (σελ. 75).

Σχήμα 5.18: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS (σελ. 76).

Σχήμα 5.19: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS (σελ. 76).

Σχήμα 5.20: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS (σελ. 77).

Σχήμα 5.21: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS (σελ. 77).

Σχήμα 5.22: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS (σελ. 78).

Σχήμα 5.23: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του

- 2005 στην περιοχή AS (σελ. 78).
- Σχήμα 5.24:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS (σελ. 79).
- Σχήμα 5.25:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS (σελ. 79).
- Σχήμα 5.26:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS (σελ. 80).
- Σχήμα 5.27:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS (σελ. 80).
- Σχήμα 5.28:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS (σελ. 81).
- Σχήμα 5.29:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS (σελ. 81).
- Σχήμα 5.30:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS (σελ. 82).
- Σχήμα 5.31:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS (σελ. 82).

- Σχήμα 5.32:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS (σελ. 83).
- Σχήμα 5.33:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS (σελ. 83).
- Σχήμα 5.34:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS (σελ. 84).
- Σχήμα 5.35:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS (σελ. 84).
- Σχήμα 5.36:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS (σελ. 85).
- Σχήμα 5.37:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS (σελ. 85).
- Σχήμα 5.38:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS (σελ. 86).
- Σχήμα 5.39:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS (σελ. 86).
- Σχήμα 5.40:** Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών

μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS (σελ. 87).

Σχήμα 5.41: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS (σελ. 87).

Σχήμα 5.42: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS (σελ. 88).

Σχήμα 5.43: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS (σελ. 88).

Σχήμα 5.44: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS (σελ. 89).

Σχήμα 5.45: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS (σελ. 89).

Σχήμα 5.46: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS (σελ. 90).

Σχήμα 5.47: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS (σελ. 90).

Σχήμα 5.48: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάρους και της απόστασης από το κέντρο της

συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS (σελ. 91).

Σχήμα 5.49: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS (σελ. 91).

Σχήμα 5.50: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS (σελ. 92).

Σχήμα 5.51: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS (σελ. 92).

Σχήμα 5.52: Κοκκομετρική σύσταση ιζήματος στους σταθμούς της περιοχής AS (σελ. 99).

Σχήμα 5.53: Κοκκομετρική σύσταση ιζήματος στους σταθμούς της περιοχής BS (σελ. 100).

Σχήμα 5.54: Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού υλικού στο ίζημα των σταθμών της περιοχής AS (σελ. 102).

Σχήμα 5.55: Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού υλικού στο ίζημα των σταθμών της περιοχής BS (σελ. 102).

Σχήμα 5.56: Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα στο ίζημα των σταθμών της περιοχής AS (σελ. 103).

Σχήμα 5.57: Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα στο ίζημα των σταθμών της περιοχής BS (σελ. 103).

Σχήμα 5.58: Εποχιακή διακύμανση του λόγου του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα και του οργανικού υλικού στο ίζημα των σταθμών της περιοχής AS (σελ. 104).

Σχήμα 5.59: Εποχιακή διακύμανση του λόγου του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα και του οργανικού υλικού στο ίζημα των σταθμών της περιοχής BS (σελ. 104).

Σχήμα 5.60: Εποχιακή διακύμανση του αριθμού των ειδών του

- μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS (σελ. 108).
- Σχήμα 5.61:** Εποχιακή διακύμανση της αφθονίας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS (σελ. 108).
- Σχήμα 5.62:** Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ποικιλότητας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS (σελ. 109).
- Σχήμα 5.63:** Εποχιακή διακύμανση του δείκτη αφθονίας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS (σελ. 109).
- Σχήμα 5.64:** Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ομοιομορφίας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS (σελ. 110).
- Σχήμα 5.65:** Εποχιακή διακύμανση της ξηρής βιομάζας του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS (σελ. 110).
- Σχήμα 5.66:** Εποχιακή διακύμανση του αριθμού των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS (σελ. 111).
- Σχήμα 5.67:** Εποχιακή διακύμανση της αφθονίας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS (σελ. 111).
- Σχήμα 5.68:** Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ποικιλότητας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS (σελ. 112).
- Σχήμα 5.69:** Εποχιακή διακύμανση του δείκτη αφθονίας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS (σελ. 112).
- Σχήμα 5.70:** Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ομοιομορφίας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS (σελ. 113).
- Σχήμα 5.71:** Εποχιακή διακύμανση της ξηρής βιομάζας του

μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS (σελ. 113).

- Σχήμα 5.72:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό AS1 (σελ. 114).
- Σχήμα 5.73:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό AS1 (σελ. 114).
- Σχήμα 5.74:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό AS2 (σελ. 115).
- Σχήμα 5.75:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό AS2 (σελ. 115).
- Σχήμα 5.76:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό AS3 (σελ. 116).
- Σχήμα 5.77:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό AS3 (σελ. 116).
- Σχήμα 5.78:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό BS1 (σελ. 117).
- Σχήμα 5.79:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό BS1 (σελ. 117).
- Σχήμα 5.80:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό BS2 (σελ. 118).

- Σχήμα 5.81:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό BS2 (σελ. 118).
- Σχήμα 5.82:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό BS3 (σελ. 119).
- Σχήμα 5.83:** Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό BS3 (σελ. 119).
- Σχήμα 5.84:** Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών της περιοχής AS, με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (A: Φθινόπωρο, S: Καλοκαίρι, Sp: Άνοιξη, W: Χειμώνας) (σελ. 123).
- Σχήμα 5.85:** Διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) των σταθμών της περιοχής AS, με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (A: Φθινόπωρο, S: Καλοκαίρι, Sp: Άνοιξη, W: Χειμώνας)(stress: 0,06) (σελ. 124).
- Σχήμα 5.86:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας στη διάρκεια του χρόνου (σελ. 125).
- Σχήμα 5.87:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (σελ. 126).
- Σχήμα 5.88:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου (σελ. 127).
- Σχήμα 5.89:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το

- κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του χειμώνα (σελ. 128).
- Σχήμα 5.90:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια της άνοιξης (σελ. 129).
- Σχήμα 5.91:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας (σελ. 130).
- Σχήμα 5.92:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού AS1 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας (σελ. 131).
- Σχήμα 5.93:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού AS2 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας (σελ. 132).
- Σχήμα 5.94:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού AS3 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας (σελ. 133).
- Σχήμα 5.95:** Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών της περιοχής BS, με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (A: Φθινόπωρο, S: Καλοκαίρι, Sp: Άνοιξη, W: Χειμώνας) (σελ. 134).
- Σχήμα 5.96:** Διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) των σταθμών της περιοχής BS, με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (A: Φθινόπωρο, S: Καλοκαίρι, Sp: Άνοιξη, W: Χειμώνας)(stress: 0,07) (σελ. 135).
- Σχήμα 5.97:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας στη διάρκεια του χρόνου (σελ. 136).
- Σχήμα 5.98:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (σελ. 137).
- Σχήμα 5.99:** Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών

ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου (σελ. 138).

Σχήμα 5.100: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του χειμώνα (σελ. 139).

Σχήμα 5.101: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια της άνοιξης (σελ. 140).

Σχήμα 5.102: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας (σελ. 141).

Σχήμα 5.103: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού BS1 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας (σελ. 142).

Σχήμα 5.104: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού BS2 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας (σελ. 143).

Σχήμα 5.105: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού BS3 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας (σελ. 144).

Σχήμα 5.106: Ποσοστιαία κατανομή των διαφόρων ειδών ψαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή BS κατά τη διάρκεια της πρώτης πειραματικής αλιείας (Σεπτέμβριος 2004) (σελ. 155).

Σχήμα 5.107: Ποσοστιαία κατανομή του στομαχικού περιεχομένου των ψαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή BS κατά τη διάρκεια της πρώτης πειραματικής αλιείας (Σεπτέμβριος 2004) (σελ. 155).

Σχήμα 5.108: Ποσοστιαία κατανομή των διαφόρων ειδών ψαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή BS κατά τη διάρκεια της δεύτερης πειραματικής αλιείας (Οκτώβριος 2004) (σελ. 156).

Σχήμα 5.109: Ποσοστιαία κατανομή του στομαχικού περιεχομένου των ψαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή BS κατά τη διάρκεια

της δεύτερης πειραματικής αλιείας (Οκτώβριος 2004) (σελ. 156).

Σχήμα 5.110: Ποσοστιαία κατανομή των διαφόρων ειδών ψαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή AS κατά τη διάρκεια της τρίτης πειραματικής αλιείας (Σεπτέμβριος 2005) (σελ. 157).

Σχήμα 5.111: Ποσοστιαία κατανομή του στομαχικού περιεχομένου των ψαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή AS κατά τη διάρκεια της τρίτης πειραματικής αλιείας (Σεπτέμβριος 2005) (σελ. 157).

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 2.1:** Η ευρύτερη περιοχή έρευνας (Παγασητικός κόλπος) με τη θέση εγκατάστασής της στον Ελλαδικό χώρο (σελ. 26).
- Εικόνα 4.1:** Χάρτης με τις θέσεις εγκατάστασης των δύο μονάδων (περιοχές AS και BS) στον Παγασητικό Κόλπο, τις συστοιχίες των ιχθυοκλωβών και τους σταθμούς δειγματοληψίας κατά μήκος του άξονα συμμετρίας (σελ. 40).
- Εικόνα 4.2:** Χαρακτηριστική άποψη της ιχθυοκαλλιέργειας με επωνυμία “Υδρόβιος Υδατοκαλλιέργεια ΕΠΕ” στον Όρμο Λημνιών της Μηλίνας (Περιοχή AS) (σελ. 41).
- Εικόνα 4.3:** Χαρακτηριστική άποψη της ιχθυοκαλλιέργειας με επωνυμία “Ιχθυοτροφεία Παγασητικού Α.Ε.”, στη θέση “Λαδικού” της κτηματικής περιφέρειας του Δ. Σούρπης (Περιοχή BS) (σελ. 41).
- Εικόνα 4.4:** Σχέδιο ιζηματοπαγίδας για τη συλλογή των υπολειμμάτων τροφής και των περιπτωμάτων των εκτρεφόμενων ψαριών (σχέδιο συγγραφέα) (σελ. 49).
- Εικόνα 4.5:** Φωτογραφία της ιζηματοπαγίδας για τη συλλογή των υπολειμμάτων τροφής και των περιπτωμάτων των εκτρεφόμενων ψαριών (σελ. 50).
- Εικόνα 5.1:** Χαρακτηριστική άποψη του στομάχου (πάνω) μετά του στομαχικού περιεχομένου (κάτω) ενός κέφαλου που αλιεύθηκε κατά τη διάρκεια της τρίτης πειραματικής αλιείας στην περιοχή AS (σελ. 158).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή είχε σαν σκοπό την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εγκατάσταση και τη λειτουργία των δύο ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων στον Παγασητικό κόλπο.

Η εκπόνησή της στηρίχθηκε πάνω σε τρεις βασικούς άξονες:

1. Στην καταγραφή και μελέτη των βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων του θαλάσσιου οικοσυστήματος στις θέσεις εγκατάστασης και λειτουργίας των δύο ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων και γύρω από αυτές.
2. Στην καταγραφή των επιπτώσεων στο βενθικό υπόστρωμα του θαλάσσιου οικοσυστήματος και κυρίως στο μακροζωοβένθος.
3. Στη σύλληψη των συγκεντρωμένων γύρω από κάθε συστοιχία ιχθυοκλωβών άγριων ψαριών, έτσι ώστε να διευκρινισθεί αν και κατά πόσο τα ψάρια αυτά καταναλώνουν τα υπολείμματα της τροφής που προσφέρεται για την εκτροφή των ψαριών των μονάδων.

Η στατιστική επεξεργασία των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στις τέσσερις εποχές του έτους και για τις δύο περιοχές έρευνας έδειξε μια σημαντική στατιστική διαφορά, εκτός από τα νιτρώδη στην περιοχή AS. Παρ' όλα αυτά οι συγκεντρώσεις τους σε καμία περίπτωση δεν ξεπέρασαν τα όρια πέραν των οποίων εμφανίζεται το φαινόμενο του ευτροφισμού ή δημιουργούνται σοβαρές βλάβες στους εκτρεφόμενους οργανισμούς.

Η εγκατάσταση ιζηματοπαγίδων έδειξε μια σημαντική μείωση της ροής του σωματιδιακού υλικού και του οργανικού άνθρακα όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο των ιχθυοκλωβών και όσο αυξάνεται το βάθος.

Οι αναλύσεις των ιζημάτων έδειξαν ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα καταγράφηκαν κατά την εποχή της άνοιξης και του καλοκαιριού, ενώ τα μικρότερα κατά την εποχή του φθινοπώρου και του χειμώνα. Επίσης, βλέπουμε μια σταδιακή μείωση στα ποσοστά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο των ιχθυοκλωβών.

Η στατιστική επεξεργασία των διαφόρων χαρακτηριστικών του μακροζωοβένθους έδειξε μια σημαντική εποχιακή διαφοροποίηση στον αριθμό, την αφθονία και τον δείκτη αφθονίας των ειδών μεταξύ όλων των σταθμών της περιοχής BS. Η παρουσία του είδους *Capitella capitata* κάτω από τους ιχθυοκλωβούς των δύο μονάδων αποτελεί ένα βιολογικό δείκτη που μας υποδεικνύει το βαθμό της προκαλούμενης ρύπανσης. Οι επιδράσεις της ιχθυοκαλλιέργειας στο βενθικό υπόστρωμα της περιοχής AS σταματούν σε απόσταση 50 m από το κέντρο των ιχθυοκλωβών, ενώ στην περιοχή BS εκτείνονταν και πέραν των 50 m.

Από το γεγονός ότι στο στομάχι του 53% των αλιευθέντων ψαριών της τρίτης πειραματικής αλιείας βρέθηκαν αποκλειστικά σύμπηκτα, συμπεραίνουμε ότι ο άγριος πληθυσμός ψαριών που βρίσκεται κάτω από τις συστοιχίες των ιχθυοκλωβών της AS περιοχής τρέφεται σε μεγάλο ποσοστό με τα υπολείμματα της τροφής που προσφέρεται για την εκτροφή των ψαριών της μονάδας.

Τέλος, παρά το γεγονός ότι ο Παγασητικός κόλπος είναι ένας ημίκλειστος κόλπος και θεωρητικά οι επιδράσεις των ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον του θα περίμενε κανείς να είναι ιδιαίτερα έντονη και εκτενής εντούτοις η παρούσα έρευνα δεν έδειξε κάτι τέτοιο. Κατά συνέπεια, με μία σωστή

χωροταξική μελέτη ο Παγασητικός κόλπος μπορεί να δεχθεί και άλλες ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες χωρίς να υπάρξει μελλοντικός κίνδυνος ανατροπής της οικολογικής ισορροπίας του από τη λειτουργία τους.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών υπήρξε ταχύτερη τα τελευταία 20 χρόνια με αιχμή του δόρατος την τεχνητή εκτροφή της τσιπούρας (*Sparus aurata* L.) και του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax* L.) όπου ο αριθμός των μονάδων πάχυνσης για το 2006 έφθασε τις 309 και των ιχθυογεννητικών σταθμών τους 38. Η παραγωγή σε ετήσια βάση, στα δύο αυτά κύρια εκτρεφόμενα είδη ξεπέρασε τους 65.000 τόνους (Δ/νση Υδατ/γειών Υπ. Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2006). Οι υδατοκαλλιέργειες, παρά τη θετική προσφορά τους στην εθνική οικονομία, δε φαίνεται να έχουν γίνει ευρύτερα αποδεκτές από το κοινωνικό σύνολο και αυτό γιατί οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούν στο υδάτινο περιβάλλον υπερεκτιμήθηκαν από τοπικούς κυρίως παράγοντες.

Γενικά, οι ιχθυοκαλλιέργειες σε χερσαίες εγκαταστάσεις δεν προκαλούν επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον γιατί πριν τη διοχέτευση των αποβλήτων τους στον υδάτινο αποδέκτη υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία. Επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον, εντός του οποίου δραστηριοποιούνται, πιθανό να προκαλούν οι εντατικές εκτροφές σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς επειδή δεν είναι δυνατή η εφαρμογή κάποιας μορφής επεξεργασίας των όποιων αποβλήτων τους (Klaoudatos *et al.*, 1996). Όμως, οι επιπτώσεις αυτές είναι περιορισμένης έκτασης και οι πιο σοβαρές απ' αυτές οφείλονται στα υπολείμματα της προσφερόμενης στα ψάρια τροφής και τα προϊόντα του μεταβολισμού τους. Από τη διεργασία αυτή προέρχεται και ο σημαντικότερος κίνδυνος υποβάθμισης του περιβάλλοντος, καθώς τα προϊόντα αυτά είναι βαρύτερα του θαλασσινού νερού και καθιζάνουν στο θαλάσσιο πυθμένα (Klaoudatos *et al.*, 1996). Έτσι, συσσωρεύονται σε μικρή σχετικά απόσταση από το σημείο

εγκατάστασης των ιχθυοκλωβών (ανάλογα με την ταχύτητα και τη φορά των ρευμάτων, το βάθος και την κλίση του πυθμένα κ.ά.) προκαλώντας χημικές αλλοιώσεις στο ίζημα του πυθμένα που επιδρούν στην συνέχεια στη βιοκοινωνία των βενθικών οργανισμών (Pearson and Rosenberg, 1978). Όμως, τόσο τα υπολείμματα της προσφερόμενης στα ψάρια τροφής όσο και τα περιττώματα είναι προϊόντα βιολογικής προέλευσης και άρα φιλικά προς το θαλάσσιο περιβάλλον. Παρ' όλα αυτά η αποικοδόμησή τους εμπλουτίζει το νερό με θρεπτικά συστατικά και μειώνει το διαλυμένο οξυγόνο.

Επομένως, το μόνο είδος «ρύπανσης» που μπορούν να προκαλέσουν είναι η υπέρμετρη αύξηση του φυτοπλαγκτού καθώς για παράδειγμα η αμμωνία και η ουρία που αποβάλλονται από τα ούρα των ψαριών, μετατρέπονται σε νιτρικά που προσλαμβάνονται από τα φυτά και τα φύκη και κατά συνέπεια ενισχύουν την ανάπτυξή τους. Μόνο στην περίπτωση που γίνει ανεξέλεγκτη αυτή η αύξηση μπορεί να εμφανισθεί το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Ένας άλλος θεωρητικός κίνδυνος είναι η ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων να είναι τόσο μεγάλη ώστε να μην επαρκεί το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο για την αποικοδόμησή της, με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται κάτω από αναερόβιες συνθήκες.

Σ' αυτό το σημείο, θα πρέπει να τονισθεί το γεγονός ότι μέχρι σήμερα η έρευνα όσον αφορά την επίδραση των υδατοκαλλιεργειών στο υδάτινο περιβάλλον έχει επικεντρωθεί κυρίως στην εκτροφή ιχθύων (ιδίως σολομού) στον Ατλαντικό Ωκεανό (Gillibrand *et al.*, 2002). Ωστόσο, οι συνθήκες που επικρατούν στη Μεσόγειο μεταβάλλουν σημαντικά την κατάσταση. Η μειωμένη παλιρροϊκή δράση, η υψηλότερη θερμοκρασία, η μεγαλύτερη

ηλιοφάνεια και ο ολιγοτροφικός χαρακτήρας της ανατολικής μεσογειακής λεκάνης δημιουργούν ένα διαφορετικό περιβάλλον, στο οποίο οι όποιες πιθανές επιπτώσεις είναι κρισιμότερες απ' ό,τι σένα ήδη μέσο-εύτροφο σύστημα. Το αντικείμενο αυτό, στην περιοχή της Μεσογείου άρχισε να μελετάται σχετικά πρόσφατα, με αποτέλεσμα η βιβλιογραφία να μην είναι τόσο πλούσια, όσο σε άλλους τομείς της θαλάσσιας έρευνας (Klaoudatos *et al.*, 2006).

Η επιλογή κατάλληλης θέσης εγκατάστασης μιας μονάδας εντατικής εκτροφής σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς είναι καθοριστική για την καλή λειτουργία και την μεγιστοποίηση της παραγωγής, καθώς υπάρχει άμεση σχέση των τιμών των αβιοτικών παραγόντων του υδάτινου περιβάλλοντος και της πορείας της εκτροφής. Παράλληλα καθορίζει και το βαθμό των επιπτώσεων που η λειτουργία της μονάδας προκαλεί στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Όσον αφορά τον Παγασητικό κόλπο, όπου πραγματοποιήθηκε η παρούσα έρευνα, οι κλιματολογικές συνθήκες, τα ανεμολογικά στοιχεία, η θερμοκρασία, η αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο και η κυκλοφορία του νερού επιτρέπουν την εγκατάσταση μονάδων για την εντατική εκτροφή τσιπούρας και λαβρακιού, ειδών ευρύτατα εκτρεφόμενων στη χώρα μας. Παρ' όλα αυτά, στον κόλπο αυτό δεν έχει σημειωθεί η ανάπτυξη της εντατικής εκτροφής ευρύαλων ιχθύων που παρατηρείται σε άλλους κλειστούς και ημίκλειστους κόλπους της χώρας μας. Σήμερα, στον κόλπο λειτουργούν μόλις δύο μονάδες εντατικής εκτροφής τσιπούρας και λαβρακιού σε πλωτούς κλωβούς. Συγκεκριμένα, στον Όρμο Λημνιών της Μηλίνας, λειτουργεί η μονάδα της εταιρείας "Υδροβίος Υδατοκαλλιέργεια ΕΠΕ" και στη θέση "Λαδικού" της

κτηματικής περιφέρειας του Δήμου Σούρπης, λειτουργεί η μονάδα των “Ιχθυοτροφείων Παγασητικού Α.Ε.”, με αδειοδότηση ετήσιας παραγωγής 130 και 92 tn, αντίστοιχα. Η έντονη τουριστική, βιομηχανική και γεωργική ανάπτυξη πολλών παράκτιων περιοχών φαίνεται ότι απέτρεψε την εγκατάσταση και λειτουργία περισσότερων μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας. Το δυτικό τμήμα του κόλπου πληρεί, από άποψη βάθους και σύστασης πυθμένα, τις προϋποθέσεις για την εγκατάσταση πλωτών κλωβών εκτροφής. Όμως, οι πολλαπλές αναπτυξιακές δραστηριότητες που παρατηρούνται προσδίδουν στην περιοχή αυτή βιομηχανικό χαρακτήρα. Επιπλέον, στο ανατολικό τμήμα του κόλπου τα τελευταία χρόνια συναντάται ιδιαίτερα αυξημένη τουριστική κίνηση και οικιστική ανάπτυξη. Παρ’ όλα αυτά, δεν είναι δυνατό να αποκλειστεί η περίπτωση περαιτέρω ανάπτυξης των υδατοκαλλιεργητικών δραστηριοτήτων στον κόλπο οι οποίες όμως θα πρέπει να συνδυαστούν με την πραγματοποίηση μελετών για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητάς του (carrying capacity) που θα καθορίσει τον αριθμό καθώς και την χωρητικότητά τους.

Με γνώμονα όλα τα παραπάνω εκπονήθηκε η παρούσα διδακτορική διατριβή, που **σκοπό** είχε την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εγκατάσταση και τη λειτουργία των δύο ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων στον Παγασητικό κόλπο και την πιθανή εύρεση κοινά αποδεκτών βιολογικών δεικτών οι οποίοι με μία απλή εκτίμηση να υποδεικνύουν το βαθμό της ρύπανσης που έχει προκληθεί, ώστε να λαμβάνονται όλα τα ενδεικνύμενα μέτρα για μια αειφορική διαχείριση του θαλάσσιου οικοσυστήματος του Παγασητικού κόλπου.

Για την εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής στηριχθήκαμε πάνω σε τρεις βασικούς άξονες:

4. στην καταγραφή και μελέτη των βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων του θαλάσσιου οικοσυστήματος στις θέσεις εγκατάστασης και λειτουργίας των δύο ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων και γύρω από αυτές,
5. στην καταγραφή των επιπτώσεων στο βενθικό υπόστρωμα του θαλάσσιου οικοσυστήματος και κυρίως στο μακροζωοβένθος και,
6. στη σύλληψη των συγκεντρωμένων γύρω από κάθε συστοιχία ιχθυοκλωβών άγριων ψαριών, έτσι ώστε να διευκρινισθεί αν και κατά πόσο τα ψάρια αυτά καταναλώνουν τα υπολείμματα της τροφής που προσφέρεται για την εκτροφή των ψαριών των μονάδων.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή περιλαμβάνει επτά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται κάποια εισαγωγικά στοιχεία, καθώς και ο σκοπός της εργασίας αυτής. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια γενική περιγραφή της ευρύτερης περιοχής έρευνας (Παγασητικός κόλπος), καθώς και μία σύντομη ανασκόπηση των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί σ' αυτή. Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθεται η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας όσον αφορά την επίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον. Το τέταρτο κεφάλαιο διαπραγματεύεται τη μεθοδολογία και τη λήψη των στοιχείων που αφορούν τις οικολογικές συνιστώσες του νερού και του ιζήματος, καθώς και την πειραματική αλιεία άγριων ψαριών. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα της έρευνας ενώ στο έκτο γίνεται σχολιασμός και συζήτησή τους. Στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται τα γενικά συμπεράσματα της έρευνας.

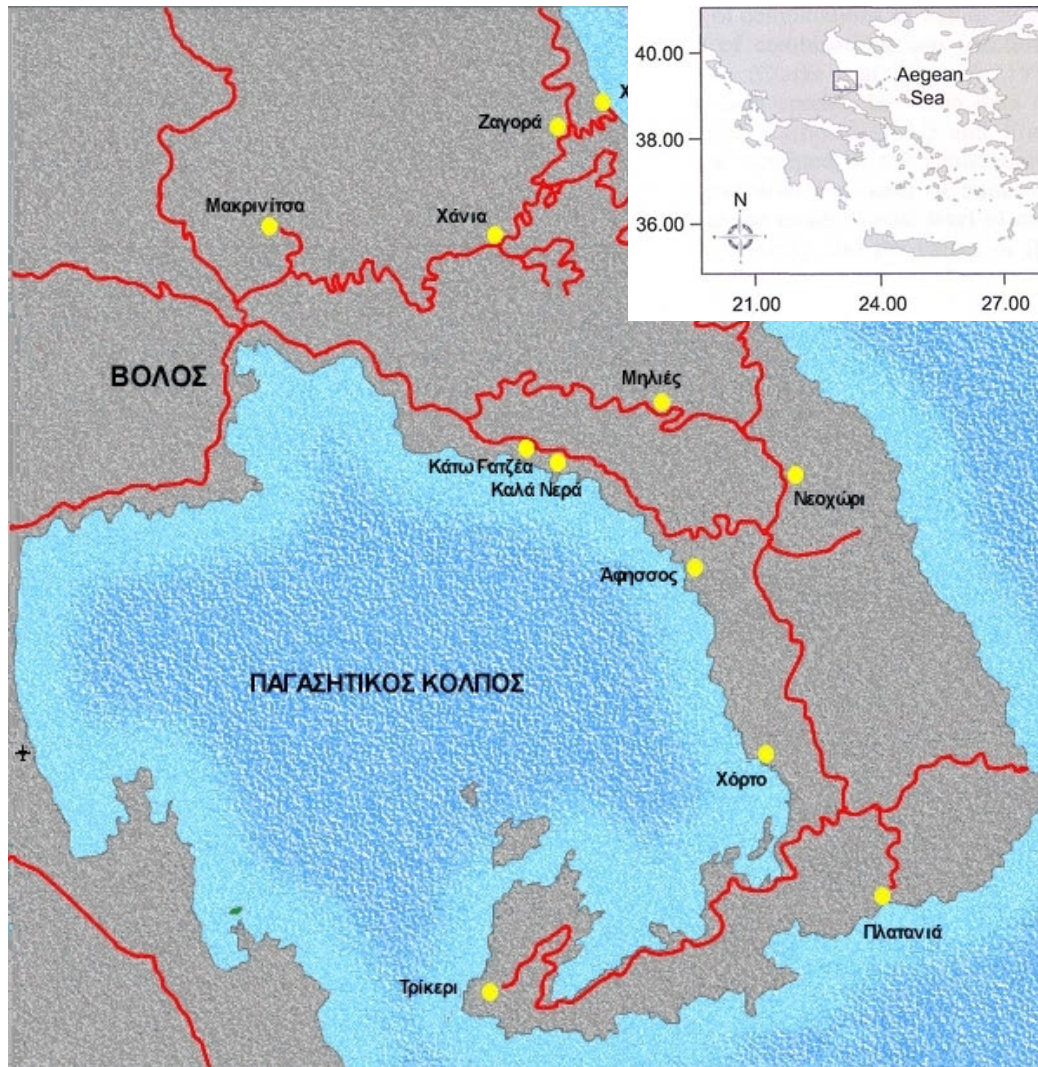
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1. Περιγραφή της ευρύτερης περιοχής έρευνας

Η ευρύτερη περιοχή έρευνας είναι ο Παγασητικός κόλπος (Εικ. 2.1). Ο κόλπος αυτός βρίσκεται στο δυτικό Αιγαίο Πέλαγος και περιβάλλεται από το Χαλκοδόνιο όρος (βόρεια), τα βουνά Γούρας (δυτικά), το όρος Όθρυς (νοτιοδυτικά) και τον εκτεταμένο όγκο του όρους Πήλιο (ανατολικά-νοτιοανατολικά). Το υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής δεν εμφανίζεται καλά αναπτυγμένο εξαιτίας της έντονης παρουσίας των ορεινών όγκων και των αντίστοιχων μεγάλων κλίσεων. Έτσι, στον κόλπο εκβάλλουν μόνο μικροί ποταμοί και χείμαρροι.

Ο Παγασητικός είναι ένας σχετικά αβαθής (μέσο και μέγιστο βάθος 69 και 102 m, αντίστοιχα) ημίκλειστος κόλπος, με επιφάνεια 520 Km² και μέσο όγκο 36 Km³. Οι μεγαλύτερες διαστάσεις του από βορρά προς νότο και ανατολή προς δύση είναι 16 και 17 Km, αντίστοιχα. Η ακτογραμμή του παρουσιάζει πολλές εγκολπώσεις, οι μεγαλύτερες από τις οποίες σχηματίζουν τους όρμους του Βόλου και του Αλμυρού. Επικοινωνεί με το Αιγαίο Πέλαγος μέσω του διαύλου του Τρίκερι, που βρίσκεται βόρεια της Εύβοιας με άνοιγμα 5,5 Km και βάθος 80 m. Στο δυτικό και βόρειο τμήμα του Παγασητικού εκβάλλουν μικρά ποτάμια και χείμαρροι, τα οποία εξομαλύνουν το ανάγλυφο της ξηράς. Γεωμορφολογικά, το μέγιστο βάθος παρατηρείται στο ανατολικό τμήμα του κόλπου, σε μια περιοχή σχήματος λεκάνης με έντονο ανάγλυφο. Στο δυτικό και βόρειο τμήμα ο πυθμένας παρουσιάζει ομαλή κλίση, ενώ στην ανατολική ακτή του το ανάγλυφο εμφανίζεται απότομο (Petihakis *et al.*, 2002).

Ο Παγασητικός συγκεντρώνει περιμετρικά του ένα σύνολο αστικών, βιομηχανικών, αγροτικών και τουριστικών δραστηριοτήτων. Στο βόρειο τμήμα



Εικόνα 2.1: Η ευρύτερη περιοχή έρευνας (Παγασητικός κόλπος) με τη θέση εγκατάστασής της στον Ελλαδικό χώρο.

του, βρίσκεται το λιμάνι και η βιομηχανική πόλη του Βόλου με πληθυσμό περίπου 120.000 κατοίκους. Το αστικό συγκρότημα του Βόλου, η βιομηχανική περιοχή, οι κωμοπόλεις και οι κοινότητες που βρίσκονται περιμετρικά του κόλπου, εξαρτώνται άμεσα από το θαλάσσιο χώρο (αλιεία, τουρισμός, θαλάσσιες συγκοινωνίες).

Ο Παγασητικός αποτελεί τον αποδέκτη αστικών λυμάτων, καθώς και βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων (ελαιοτριβεία, φυτοφάρμακα, λιπάσματα και ζωικά απόβλητα) από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή (Κολιού-Μήτσιου, 1991). Από τις αρχές της δεκαετίας του 1960, με την εξάπλωση του αστικού συγκροτήματος του Βόλου, την επέκταση της βιομηχανίας της περιοχής και την εντατικοποίηση της γεωργίας στο Θεσσαλικό κάμπο, ο κόλπος άρχισε να δέχεται σημαντικές ποσότητες των παραπάνω ρυπαντών. Μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων, πλούσιων σε φώσφορο, άζωτο και θείο, χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο στις εκτάσεις περιμετρικά του κόλπου, κυρίως λόγω της εντατικής καλλιέργειας δημητριακών και βάμβακος (Μήτσιος και συν., 2000). Ο προγραμματισμένος από το 1964 Βιολογικός Καθαρισμός Λυμάτων, του οποίου η κατασκευή άρχισε το 1979, τέθηκε τελικά σε λειτουργία το 1987 και μέχρι το 1998 ολοκληρώθηκε η σύνδεση των δύο βιομηχανικών περιοχών. Σήμερα, όλα τα λύματα και τα βιομηχανικά απόβλητα της μείζονος περιοχής του Βόλου υφίστανται βιολογική επεξεργασία με συνέπεια την αφαίρεση των αζωτούχων και των φωσφορικών ενώσεων πριν καταλήξουν στον κόλπο.

Ακόμη, τη δεκαετία του '60 λήφθηκε μια άλλη διαχειριστική απόφαση με σημαντικές συνέπειες στη σημερινή κατάσταση του Παγασητικού κόλπου. Αυτή ήταν η αποξήρανση της λίμνης Κάρλας και η σύνδεσή της με τον κόλπο

μέσω μιας σήραγγας, η οποία από το 1988 λειτουργεί περιοδικά μόνο τους υγρούς μήνες του έτους και έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταφορά σημαντικών ρυπαντικών φορτίων από το Θεσσαλικό κάμπο σ' αυτόν. Η εισροή υδάτων από τη σήραγγα προς τον κόλπο μέσω του χειμάρρου Ξηριά Βόλου, θεωρείται ότι ευθύνεται για τον παροδικό και περιστασιακό, πλην σημαντικό, εμπλουτισμό του εσωτερικού τμήματός του με θρεπτικά άλατα, καθώς και για την εμφάνιση του φαινομένου συσσώρευσης «ζελατινώδους αφρού» (Kesary *et al.*, 2002). Ο παραπάνω χειμάρρος επιβαρύνει σε περιορισμένη έκταση το θαλάσσιο περιβάλλον με υψηλές συγκεντρώσεις βρωμιούχων, φθοριούχων και νιτρικών ιόντων (Μήτσιος *και συν.*, 2000).

Κατά τη διάρκεια του 1982 παρατηρήθηκε έντονο το φαινόμενο της εμφάνισης «ζελατινώδους αφρού», ο οποίος κάλυψε ένα μεγάλο τμήμα του κόλπου δημιουργώντας μεγάλα προβλήματα στην αλιεία και τον τουρισμό. Ο αφρός αυτός δημιουργείται από τη συσσώρευση φυτοπλαγκτονικών κυττάρων, βακτηρίων, ζωοπλαγκτονικών απεκκριμάτων και ανόργανων μικροσκοπικών αιωρούμενων σωματιδίων. Το φαινόμενο αυτό μειώθηκε σημαντικά τα επόμενα χρόνια μέχρι το 1987 οπότε εμφανίστηκε εντονότερο. Η τελευταία φορά που παρατηρήθηκε το φαινόμενο αυτό, σε πολύ έντονο βαθμό, ήταν το καλοκαίρι του 1997 κατά μήκος της εσωτερικής περιμέτρου του κόλπου (Kesary *et al.*, 2002). Η εμφάνιση του φαινομένου αυτού στον Παγασητικό κόλπο, πιστεύεται ότι οφείλεται κυρίως στην εισροή θρεπτικών και τις υψηλές θερμοκρασίες του θέρους σε συνδυασμό με το μικρό του βάθος (Friligos, 1987). Σήμερα το φαινόμενο αυτό περιορίστηκε πάρα πολύ εξαιτίας του κλεισίματος της σήραγγας και της λειτουργίας της μόνο σε πολύ ακραίες περιπτώσεις.

Στον Παγασητικό κόλπο η αλιευτική παραγωγή προέρχεται κυρίως από τα γρι-γρι (61%) και τα μικρά παράκτια σκάφη (36,7%)(Stergiou *et al.*, 1997), καθώς η αλιεία με μηχανότρατα απαγορεύεται καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και στο σύνολο της έκτασης του κόλπου. Η αλιεία με γρι-γρι περιορίζεται στο χρονικό διάστημα από Μάρτιο έως Νοέμβριο. Αποτέλεσμα των παραπάνω μέτρων είναι οι πληθυσμοί των βενθοπελαγικών ειδών ιχθύων του να συγκαταλέγονται στους πλέον εύρωστους της χώρας μας (Πετράκης, 2000).

2.2. Έρευνα στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

Από το 1975 μέχρι σήμερα έχει παραχθεί ένας μεγάλος αριθμός εργασιών σχετικά με έρευνες που έγιναν στον Παγασητικό κόλπο. Οι περισσότερες από αυτές σχετίζονται με τη ρύπανση (Ferentinis and Varnavas, 1981), τα βαρέα μέταλλα (Satsmatzis and Voutsinou-Taliadouri, 1980: Grimanis *et al.*, 1982: Voutsinou-Taliadouri, 1982: Voutsinou-Taliadouri and Georgakopoulou-Grigoriadou, 1989: Papatheodorou and Alexandropoulou, 1996:) και τον ευτροφισμό του κόλπου (Friligos and Gotsis-Skretas, 1989: Friligos *et al.*, 1990: Friligos, 1992: Papachristou and Haritonidis, 1992), ενώ κάποιες άλλες με τα φυσικοχημικά (Gabrielides and Friligos, 1977: Gabrielides, 1978: Gabrielides and Theocharis, 1978: Friligos, 1988: Voutsinou-Taliadouri and Balopoulos, 1989: Barmpetseas and Zodiatou, 1990), τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά (Theodorou, 1995: Petihakis *et al.*, 2000a: Petihakis *et al.* 2000b: Petihakis *et al.*, 2002) και την υδρολογία. (Georgopoulos and Theocharis, 1983: Theocharis and Laskaratos, 1985). Επίσης, υπάρχουν ορισμένες έρευνες που αφορούν τη βιολογία και την

οικολογία συγκεκριμένων ειδών του κόλπου (Stergiou, 1991: Vasilopoulou, 1992: Amoutzopoulou and Haritonidis, 2005). Η βενθική κοινότητα του κόλπου μελετήθηκε από τον Bogdanos (1979). Τέλος, οι Georgakopoulou-Grigoriadou *et al.* (1997) ασχολήθηκαν με την ποιότητα των νερών του κόλπου, οι Smith *et al.* (1997) με την αλληλεπίδραση της τράτας και του θαλάσσιου περιβάλλοντος και οι Kesary *et al.* (2002) με τον περιβαλλοντικό σχεδιασμό του κόλπου.

Μετρήσεις που έγιναν την χρονική περίοδο 1975-76 έδειξαν ότι, οι εποχιακές διακυμάνσεις των τιμών θερμοκρασίας και αλατότητας στην επιφάνεια του Παγασητικού, ήταν μεγάλες (12-25,5 °C και 36-38 psu, αντίστοιχα) σε αντίθεση με αυτές των βαθύτερων στρωμάτων, όπου παρατηρήθηκε σχετική σταθερότητα (13-15 °C και 38-38,5 psu, αντίστοιχα) (Gabrielides and Theocharis, 1978). Οι μεγαλύτερες τιμές αλατότητας παρατηρήθηκαν στην ανατολική λεκάνη του κόλπου τις περισσότερες εποχές του έτους και ιδιαίτερα το χειμώνα. Η δυτική περιοχή του Παγασητικού εμφάνιζε την περίοδο αυτή χαμηλότερες αλατότητες σε σύγκριση με την ανατολική και το διάυλο του Τρίκερι, κυρίως τη βροχερή περίοδο του χρόνου λόγω των χερσαίων απορροών από την περιοχή του Αλμυρού. Στα ίδια αποτελέσματα έχουν καταλήξει και οι Theocharis and Laskaratos (1985). Οι εποχιακές κατακόρυφες κατανομές της θερμοκρασίας, της αλατότητας και της πυκνότητας καθιστούν εμφανή την παρουσία ισχυρής στρωμάτωσης, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες. Η στρωμάτωση διατηρήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, πλην του χειμώνα, οφειλόμενη κυρίως στην αντίστοιχη διατήρηση του αλοκλινούς (Theodorou, 1995: Θεοδώρου και συν., 1997). Επίσης, μετρήσεις που έγιναν το Σεπτέμβριο του 1992 φανέρωσαν έντονη

στρωμάτωση της υδάτινης στήλης, με την παρουσία τριών στρωμάτων στα βαθύτερα σημεία του κόλπου (βάθη άνω των 50 m) (Μπαρμπετσέας, 1993).

Μετρήσεις την περίοδο 1975-76 έδειξαν ότι στην επιφάνεια του Παγασητικού το διαλυμένο οξυγόνο το Φεβρουάριο κυμαίνονταν από 5,5-6 mg/l, ενώ τον Αύγουστο είχε τιμές 4,5-5 mg/l (Friligos, 1988) και ότι απαιτούνται 98 ημέρες για να μειωθεί το ποσοστό κορεσμού του στο 72% (Gabrielides, 1978). Ο κόλπος, εκτός από το βαθύ στρώμα του κεντρικού τμήματός του, εμφανίζεται κορεσμένος σε οξυγόνο όλες τις εποχές του έτους (Gabrielides and Theocharis, 1978). Μετρήσεις που έγιναν την χρονική περίοδο 1986-1989 έδειξαν ότι το διαλυμένο οξυγόνο εμφάνιζε μεγαλύτερες τιμές στην επιφάνεια σε σχέση με τα βαθύτερα στρώματα. Οι επιφανειακές τιμές του παρουσίαζαν ετήσια διακύμανση από 4,5-6 mg/l και πλησιάζουν τις τιμές κορεσμού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Theodorou, 1995: Θεοδώρου και συν., 1997). Κατά την ίδια περίοδο η κατανομή των φωσφορικών, των νιτρικών και της αμμωνίας στον κόλπο είναι ομοιόμορφη σε αντίθεση με αυτή των νιτρικών και των πυριτικών, ενώ τα τελευταία εμφανίσθηκαν ιδιαίτερα αυξημένα το χειμώνα (Gabrielides and Theocharis, 1978). Μετρήσεις θρεπτικών την περίοδο 1986-89 έδειξαν ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις τους παρατηρούνται στην έξοδο του κόλπου, όπου πραγματοποιείται η ανανέωση των νερών του. Η τιμή αναφοράς κάθε θρεπτικού για τα φωσφορικά, τα πυριτικά, τα αμμωνιακά, τα νιτρικά και τα νιτρώδη είναι 0,12, 1,18, 0,41, 0,16 και 0,37 $\mu\text{g-at/l}$, αντίστοιχα (Friligos, 1988). Γενικά, ο Παγασητικός χαρακτηρίζεται ως ολιγοτροφικός με ευτροφικές τάσεις στην περιοχή του όρμου του Βόλου, ενώ παρουσιάζει ελάχιστα αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών σε σχέση με το Αιγαίο Πέλαγος, με μικρές

εποχιακές διακυμάνσεις (Gabrielides and Friligos, 1977: Friligos, 1988). Είναι διακριτή μια μείωση όλων σχεδόν των αλάτων, με εξαίρεση τα πυριτικά, μετά τη λειτουργία του νέου αποχετευτικού αγωγού εκβολής λυμάτων στη θέση Αγκίστρι (Theodorou, 1995), αν και ο εσωτερικός κόλπος εξακολουθεί να εμφανίζεται ως μεσότροφος με ευτροφικά ξεσπάσματα (Petihakis *et al.*, 2002). Η χρονοσειρά των τιμών του λόγου N:P παρουσιάζει σημαντική διακύμανση σε σύγκριση με την αναλογία 16:1, υποδηλώνοντας ότι τόσο το άζωτο όσο και ο φώσφορος δρουν περιοριστικά για τη φυτοπλαγκτονική αύξηση σε διαφορετικές χρονικές περιόδους (Theodorou, 1995: Θεοδώρου και συν., 1997: Petihakis *et al.*, 2002).

Στο βόρειο και δυτικό τμήμα του Παγασητικού αποτίθεται από τους εποχιακούς ποταμούς πηλός και άργιλος, ενώ άμμος και αμμοπηλός αποτίθενται σε μία λεπτή παράκτια ζώνη. Στο μεγαλύτερο τμήμα του ο πυθμένας του κόλπου είναι καλυμμένος με ιλύ, εκτός από το βορειοδυτικό (περιοχή Αγχιάλου) και το ανατολικό τμήμα της εισόδου του που καλύπτονται με άμμο (Περισσοράτης και συν., 1993).

Η συγκέντρωση οργανικού άνθρακα στον όρμο του Βόλου δεν υπερβαίνει το 1%, γεγονός που δηλώνει ότι δεν υπάρχει σημαντικό πρόβλημα οργανικής ρύπανσης. Στον υπόλοιπο κόλπο οι τιμές του οργανικού άνθρακα κυμαίνονται από 0,16-1,3% (Voutsinou-Taliadouri and Georgakopoulou-Grigoriadou, 1989).

Την περίοδο 1975-76 στον Παγασητικό παρατηρήθηκε κυριαρχία των πολύχαιτων (56,1%), ακολουθούμενη από τα καρκινοειδή, τα μαλάκια και τα εχινόδερμα. Το βένθος του κόλπου δεν επηρεάζεται από την εποχή του έτους και ακολουθεί την κατανομή του ανόργανου διαλυμένου αζώτου (Bogdanos

and Satsmadjis, 1983). Κατά την περίοδο 1986-89 μετρήσεις επιβεβαίωσαν το γεγονός ότι οι πολύχαιτοι του γένους *Lubriconereis* αποτελούσαν την κυρίαρχη βενθική ομάδα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, τόσο σε είδη όσο και σε αριθμό ατόμων, ακολουθούμενοι από τα μαλάκια και τα καρκινοειδή. Από την οικολογική ανάλυση του μακροζωοβένθους προκύπτει ότι η κατάσταση στον κόλπο είναι σταθερή ιδιαίτερα μετά τη λειτουργία του νέου αποχετευτικού αγωγού λυμάτων στη θέση Αγκίστρι (Theodorou, 1995: Θεοδώρου και συν., 1997). Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το Μάιο του 1999, έδειξαν κυριαρχία των πολύχαιτων, ενώ εμφάνισαν μέγιστες τιμές αριθμού ειδών (99) και αφθονίας (3.290 άτομα/m^2) στον όρμο του Βόλου και έντονη πανιδική πενία στον κεντρικό κόλπο (Pancucci-Παπαδοπούλου και συν., 2000). Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 1992, η παρατηρηθείσα κατάσταση των βενθικών φανερόγαμων *Zostera nana* και *Posidonia oceanica* έδειξε ότι αρχίζει να διαφαίνεται ο κίνδυνος διατάραξης του οικοσυστήματος του Παγασητικού, κυρίως στον όρμο του Βόλου (Papachristou and Haritonidis, 1992).

3. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας όσον αφορά την επίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον. Όπως έχει προαναφερθεί, το αντικείμενο αυτό, στην περιοχή της Μεσογείου άρχισε να μελετάται σχετικά πρόσφατα, με αποτέλεσμα η βιβλιογραφία να μην είναι τόσο πλούσια όσο σε άλλους τομείς της έρευνας.

Όσον αφορά την επίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη, υπάρχει σε παγκόσμια κλίμακα ένας μεγάλος σχετικά αριθμός εργασιών. Οι περισσότερες από αυτές αφορούν εκτροφές σαλμοειδών, που είναι παλαιότερες και έχουν μελετηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Gowen and Bradbury, 1987: Gowen *et al.*, 1988: Ackefors and Enell, 1990: Hall *et al.*, 1990: Holby and Hall, 1991: Gowen and Ezzi, 1992: Hall *et al.*, 1992: Wildish *et al.*, 1993: Berry, 1996: Dosdat *et al.*, 1996: Davies, 2000: McGarvin, 2000: Gillibrand *et al.*, 2002). Στην περιοχή της Μεσογείου, οι περισσότερες έρευνες αφορούν εκτροφές τσιπούρας και λαβρακιού (Krom *et al.*, 1985: Porter *et al.*, 1987: Krom *et al.*, 1995: Kladatos *et al.*, 1996: Lupatsch and Kissil, 1998: Pitta *et al.*, 1999: Dosdat, 2001: Karakassis *et al.*, 2001: La Rosa *et al.*, 2002: Belias *et al.*, 2003: Karakassis *et al.*, 2003: Maldonado *et al.*, 2005: Kladatos *et al.*, 2006), ενώ υπάρχουν και μερικές που αφορούν άλλα είδη σε διαφορετικές περιοχές του κόσμου (Wu *et al.*, 1994: Davies and Slaski, 2002: Holmer *et al.*, 2002). Στις περισσότερες περιπτώσεις, η αύξηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων περιορίζεται χωρικά και χρονικά σε μικρή απόσταση γύρω από τους ιχθυοκλωβούς χωρίς να επηρεάζει την ευρύτερη περιοχή γύρω από

αυτούς (Pitta *et al.*, 1999: Belias *et al.*, 2003). Οι μοναδικές περιπτώσεις που έχει αναφερθεί συσσώρευση θρεπτικών αλάτων και ευτροφικές συνθήκες με τοξικές ανθίσεις φυκών, είναι σε ημίκλειστες θαλάσσιες περιοχές της Βαλτικής θάλασσας (Rosenthal *et al.*, 1988: Hakanson *et al.*, 1988: Samuelsen *et al.*, 1988: Walin and Hakanson, 1991: Enell, 1995: Nordvarg and Jahansson, 2002). Επίσης, έχουν γίνει και ορισμένες εργασίες στις οποίες προσπάθησαν να υπολογίσουν το ποσοστό επίδρασης των ιχθυοκαλλιεργειών στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων έναντι όλων των άλλων ανθρωπογενών επιδράσεων και τα αποτελέσματα αυτών συμπεραίνουν ότι το ποσοστό αυτό δεν ξεπερνά το 5% (Mäkinen, 1991: Folke *et al.*, 1994: Kliaoudatos *et al.*, 1996: Karakassis *et al.*, 2005). Παρ' όλα αυτά, ελάχιστες δημοσιεύσεις υπάρχουν για την επίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών στο πλαγκτόν, οι περισσότερες από τις οποίες αφορούν εκτροφές σε γλυκά (Stirling and Day, 1990: Persson, 1991) ή υφάλμυρα νερά (Wallin and Hakanson, 1991). Ο Beveridge (1996), σε μια βιβλιογραφική ανασκόπησή του αναφέρει, ότι οι περισσότερες έρευνες δεν κατάφεραν να συσχετίσουν τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων με τις συγκεντρώσεις του φυτοπλαγκτού.

Οι επιδράσεις των ιχθυοκαλλιεργειών στη χημική σύσταση του ιζήματος και κυρίως στην αύξηση του οργανικού υλικού κάτω από τους ιχθυοκλωβούς, έχει μελετηθεί από ένα μεγάλο αριθμό ερευνητών μεταξύ των οποίων είναι οι Ritz *et al.*, 1989: Hall *et al.*, 1990: Weston, 1990: Kupka-Hansen *et al.*, 1991: Hall *et al.*, 1992: Holmer, 1992: Holmer and Kristensen, 1992: Pocklington *et al.*, 1994: Findlay *et al.*, 1995: Hargrave *et al.*, 1997: Karakassis *et al.*, 1998: Karakassis *et al.*, 1999: McDougal and Black, 1999: Karakassis *et al.*, 2000:

McGhie *et al.*, 2000: Dominquez *et al.*, 2001: Heilskov and Homer, 2001: La Rosa *et al.*, 2001: Wildish *et al.*, 2001: Kempf *et al.*, 2002: Nickel *et al.*, 2003: Belias *et al.*, 2003: Porrello *et al.*, 2005. Είναι κοινά αποδεκτό από το σύνολο των ερευνών αυτών, ότι οι ιχθυοκαλλιέργειες έχουν μια σημαντική επίδραση στη χημική σύσταση του ιζήματος. Η παράμετρος αυτή με τη σειρά της επηρεάζει άμεσα τη σύσταση της μακροζωοβενθικής κοινότητας στο ίζημα, γεγονός που έχει ερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό αφού το μακροζωοβένθος θεωρείται ως ένας από τους πιο ευαίσθητους δείκτες των περιβαλλοντικών αλλαγών (Bilyard, 1987). Το σύνολο των ερευνών αυτών δείχνει μια σημαντική επίδραση στη σύνθεση του μακροζωοβένθους αλλά έχουμε μεγάλες διαφοροποιήσεις όσον αφορά τη χωρική έκταση της επίδρασης. Αυτή εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων όπως τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού, τη συγκέντρωση των θρεπτικών αλάτων, το βάθος, τη ρευμάτωση, την κοκκομετρική και χημική σύσταση του ιζήματος και επομένως θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να έχει μια ξεχωριστή αντιμετώπιση (Karakassis *et al.*, 2000). Οι περισσότερες έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι όποιες αρνητικές επιδράσεις δεν ξεπερνούν σε απόσταση τα 50 m από τους ιχθυοκλωβούς (Doyle *et al.*, 1984: Brown *et al.*, 1987: Gowen *et al.*, 1988: Lumb, 1989: Weston, 1990: Krost *et al.*, 1994: Karakassis *et al.*, 2000: Pearson and Black, 2001: Karakassis *et al.*, 2002: Brooks *et al.*, 2003), ενώ ελάχιστες είναι αυτές που αναφέρουν επιδράσεις σε μεγαλύτερη απόσταση (Johannessen *et al.*, 1994: Wu *et al.*, 1994: Wu, 1995). Επίσης, υπάρχουν ορισμένες έρευνες που συζητούν για μείωση της αφθονίας του μακροζωοβένθους (Tsutsumi *et al.*, 1991: Tsutsumi, 1995), ενώ κάποιες άλλες αναφέρουν ανοξικές συνθήκες και πλήρη απουσία μακροζωοβενθικών

οργανισμών κάτω από τους ιχθυοκλωβούς (Krost *et al.*, 1994: Beveridge, 1996). Τα παραπάνω γίνονται ακόμη πιο αισθητά στη Μεσόγειο θάλασσα, που είναι ένα ολιγοτροφικό περιβάλλον (Azon, 1986) στο οποίο ακόμη και η παραμικρή διατάραξη προκαλεί απόκριση του οικοσυστήματος. Το γεγονός αυτό, καθιστά τις έρευνες που έχουν λάβει χώρα στην περιοχή αυτή ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Οι έρευνες αυτές είναι αρκετές και είναι σχετικά πρόσφατες (Angel *et al.*, 1995: Karakassis *et al.*, 1998, 1999: Mazzola *et al.*, 1999: Karakassis *et al.*, 2000: Karakassis and Hatziyanni, 2000: Mazzola *et al.*, 2000: Mirto *et al.*, 2002: Karakassis *et al.*, 2003: Karakassis *et al.*, 2004: Kliaoudatos *et al.*, 2006). Κάποιοι άλλοι ερευνητές ασχολήθηκαν με τις επιδράσεις των ιχθυοκαλλιεργειών στη βενθική μικροβιολογία (Davies *et al.*, 1996). Τέλος, ορισμένοι ερευνητές προσπάθησαν να κατασκευάσουν κάποια βενθικά μοντέλα πρόβλεψης της προκαλούμενης επίδρασης στο περιβάλλον μεταξύ των οποίων είναι και οι Henderson *et al.*, 2001: Hyland *et al.*, 2005.

Η μαζική παρουσία άγριων πληθυσμών ψαριών κάτω και γύρω από τους ιχθυοκλωβούς των μονάδων έχει αναφερθεί από διάφορους ερευνητές (Carss, 1990: Beveridge, 1996: Dempster *et al.*, 2002: Machias *et al.*, 2004: Giannoulaki *et al.*, 2005: Machias *et al.*, 2005). Όμως, ελάχιστα έως καθόλου έχει μελετηθεί το φαινόμενο αυτό μέχρι σήμερα. Μόλις πρόσφατα ο Dempster (2002) μελέτησε τους άγριους πληθυσμούς ψαριών κάτω απ' τους ιχθυοκλωβούς με τη βοήθεια οπτικών παρατηρήσεων. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι ο μεγάλος αριθμός των ψαριών οφείλεται είτε στην προστασία που βρίσκουν κάτω απ' τους ιχθυοκλωβούς (θιγμοτροπισμός), είτε στο ότι ικανοποιούν τις τροφικές τους ανάγκες αφού βρίσκουν έτοιμη τροφή από τα σύμπηκτα (pellets) που διαφεύγουν απ' τα εκτρεφόμενα ψάρια, είτε

απ' τα περιπτώματά τους. Στα συμπεράσματα αυτά έχουν καταλήξει και άλλοι ερευνητές, όπως ο Robertson (1982) και οι Gowen and Brabury (1987). Όμως, μέχρι σήμερα κανείς δεν έχει υπολογίσει το ποσοστό της διαφεύγουσας τροφής που καταναλώνεται από τους άγριους πληθυσμούς ψαριών, ούτε και των περιπτώματων. Ο υπολογισμός αυτός θα βοηθούσε πολύ στην αποσαφήνιση της πραγματικής επίδρασης των υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον και της προσφοράς τους στην αύξηση της βιομάζας των άγριων ψαριών της περιοχής εγκατάστασής τους.

Επίσης, υπάρχουν και κάποιες δημοσιεύσεις που αναφέρονται στις επιδράσεις των ιχθυοκαλλιεργειών στη χημεία και τα παράσιτα της υδάτινης στήλης (Paroutsoglou et al., 1996), καθώς και στους θαλάσσιους λειμώνες (Delgado et al., 1999; Pergent et al., 1999; Ruiz et al., 2001).

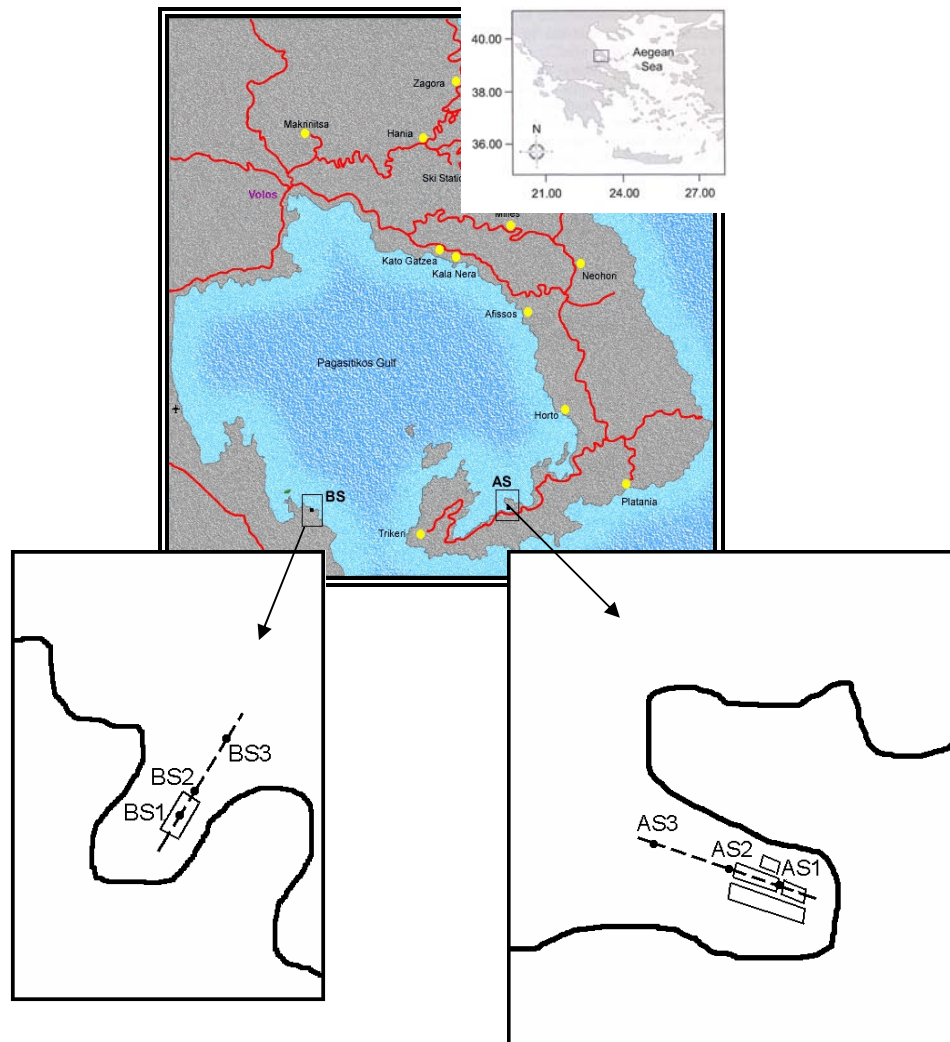
Τέλος, οι περισσότερες από τις παραπάνω έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι πρέπει να γίνουν περαιτέρω έρευνες πάνω στο θέμα αυτό, έτσι ώστε να βρεθούν κάποιοι βιολογικοί δείκτες, κοινά αποδεκτοί, που θα καθορίζουν το βαθμό της προκαλούμενης ρύπανσης, ώστε σε περίπτωση εντοπισμού τους να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την άρση και το μελλοντικό αποκλεισμό τους. Κάτι τέτοιο αρχίζει να διαφαίνεται και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης στα πλαίσια της χρηματοδότησης και των στόχων του έβδομου προγράμματος έρευνας.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. Γενικά

Σε κάθε μία από τις δύο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες του Παγασητικού κόλπου πραγματοποιήθηκαν τέσσερις εποχιακές δειγματοληψίες, τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο του 2004 και τον Ιανουάριο και τον Απρίλιο του 2005, έτσι ώστε να υπάρχει μία κατά το δυνατόν πιο ολοκληρωμένη άποψη για τις επιδράσεις των ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον (Εικ. 4.1). Εξ' άλλου από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας είναι γνωστό ότι οι εποχιακές δειγματοληψίες είναι ικανοποιητικές για την εκτίμηση και παρακολούθηση τέτοιων επιδράσεων (Pitta *et al.*, 1999; Karakassis *et al.*, 2000). Συγκεκριμένα, στον Όρμο Λημιώνα στη Μηλίνα, στις νοτιοανατολικές ακτές του Παγασητικού κόλπου, μεταξύ των οικισμών Τρίκερι και Μηλίνα όπου λειτουργεί η μονάδα της εταιρείας “Υδρόβιος Υδατοκαλλιέργεια ΕΠΕ” (Εικ. 4.2) και στη θέση “Λαδικού” της κτηματικής περιφέρειας του Δ. Σούρπης όπου λειτουργεί η μονάδα των “Ιχθυοτροφείων Παγασητικού Α.Ε.” (Εικ. 4.3).

Και στις δύο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες εκτρέφονται τα δύο βασικά είδη της μεσογειακής ιχθυοκαλλιέργειας, η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*). Η ιχθυοκαλλιέργεια που βρίσκεται στην περιοχή της Μηλίνας (περιοχή ΑΣ), λειτουργεί από το 1990, είναι δυναμικότητας 130 t και αποτελείται από 80 ιχθυοκλωβούς διαστάσεων από 5X5 m μέχρι 7,5X7,5 m. Το βάθος των διχτύων τους φθάνει τα 5 έως τα 7,5 m. Τα δίχτυα είναι κατασκευασμένα από νήματα χωρίς κόμβους με άνοιγμα ματιού από 5-17 mm ανάλογα με το μέγεθος των ψαριών που εκτρέφονται και



Εικόνα 4.1: Χάρτης με τις θέσεις εγκατάστασης των δύο μονάδων (περιοχές AS και BS) στον Παγασητικό Κόλπο, τις συστοιχίες των ιχθυοκλωβών και τους σταθμούς δειγματοληψίας κατά μήκος του άξονα συμμετρίας.



Εικόνα 4.2: Χαρακτηριστική άποψη της ιχθυοκαλλιέργειας με επωνυμία “Υδρόβιος Υδατοκαλλιέργεια ΕΠΕ” στον Όρμο Λημνιώνα της Μηλίνας (Περιοχή AS).



Εικόνα 4.3: Χαρακτηριστική άποψη της ιχθυοκαλλιέργειας με επωνυμία “Ιχθυοτροφεία Παγασητικού Α.Ε.”, στη θέση “Λαδικού” της κτηματικής περιφέρειας του Δ. Σούρπης (Περιοχή BS).

η τελική πυκνότητα της εκτροφής (ιχθυοφόρτιση) αναφέρεται ότι φθάνει τα 8 kg/m³. Κατά τη διάρκεια ενός πλήρους κύκλου εκτροφής γίνεται μία διαλογή όταν τα ιχθύδια φθάσουν περίπου στα 80-130 g. Η ιχθυοκαλλιέργεια που βρίσκεται στην περιοχή της Σούρπης (περιοχή BS), λειτουργεί από το 1994, είναι δυναμικότητας 92 t και αποτελείται από 18 ιχθυοκλωβούς διαστάσεων 7,5X15 m και 15X15 m. Το βάθος των διχτύων τους φθάνει τα 6 έως τα 10 m. Τα δίχτυα είναι κατασκευασμένα από νήματα χωρίς κόμπους με άνοιγμα ματιού από 5-14 mm και η τελική πυκνότητα της εκτροφής (ιχθυοφόρτιση) φθάνει τα 15 kg/m³. Αυτή η διαφορά της τελικής ιχθυοφόρτισης συντελεί ώστε, κατά τη γνώμη μας, η ετήσια παραγωγικότητα να είναι η αυτή και στις δύο μονάδες παρά τα διαφορετικά μεγέθη και τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων ιχθυοκλωβών. Κατά τη διάρκεια ενός πλήρους κύκλου εκτροφής γίνονται τρεις διαλογές. Η πρώτη γίνεται 2 μήνες μετά την είσοδο των ιχθυδίων, η δεύτερη όταν τα ψάρια έχουν φθάσει στα 90 g και η τελευταία στα 280 g. Η εκτροφή και των δύο μονάδων περιλαμβάνει την πάχυνση των ιχθυδίων και των δύο ειδών από το μέσο βάρος των 1,5 g/άτομο μέχρι το μέσο εμπορεύσιμο βάρος των 350 g/άτομο. Τα ιχθύδια τα προμηθεύονται από ελληνικούς ιχθυογεννητικούς σταθμούς και για τη διατροφή τους χορηγούνται σύμπηκτα (pellets) διαφόρων διαμετρημάτων, ανάλογα με το μέγεθος των εκτρεφόμενων ψαριών. Η μετατρεψιμότητα της τροφής ποικίλλει. Στην πρώτη μονάδα είναι περίπου 1,7 kg τροφής ανά 1kg ψαριού ενώ στη δεύτερη φθάνει τα 2 kg τροφής ανά 1kg ψαριού.

Η περιοχή εγκατάστασης της πρώτης μονάδας (περιοχή AS) είναι ένας ημίκλειστος κολπίσκος με βάθος κάτω από τις συστοιχίες των ιχθυοκλωβών 31-36 m, ενώ η δεύτερη μονάδα (περιοχή BS) βρίσκεται στις νοτιοδυτικές

ακτές του Παγασητικού Κόλπου, σε έναν μικρότερο μακρόστενο κολπίσκο με βάθος κάτω από τη συστοιχία των ιχθυοκλωβών 28-38 m. Η κλίση του θαλάσσιου πυθμένα της δεύτερης μονάδας είναι σχετικά μεγαλύτερη σε σχέση με την περιοχή όπου είναι εγκαταστημένη η πρώτη μονάδα (20% έναντι 10%). Και στις δύο περιοχές επικρατούν ισχυρά υπόγεια ρεύματα με κατεύθυνση από την ακτή προς το εσωτερικό του Παγασητικού κόλπου (Petihakis *et al.*, 2002). Στο συμπέρασμα αυτό μας οδήγησε και το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια των μετρήσεών μας τα φορητά καταγραφικά όργανα παρασύρονταν προς το εσωτερικό του Παγασητικού κόλπου, καθώς και οι μακροχρόνιες παρατηρήσεις των δυτών των δύο μονάδων.

Σε κάθε περιοχή επιλέχθηκε ένας σταθμός μάρτυρας, που και στις δύο περιπτώσεις απέιχε από το μέσο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών περίπου 300 m προς το εσωτερικό του Παγασητικού κόλπου σε βάθη περίπου 55 m και 50 m, αντίστοιχα. Η επιλογή ενός σταθμού μάρτυρα σε κάθε μία από τις δύο περιοχές έρευνας, είχε σαν σκοπό να μας δώσει τη δυνατότητα σύγκρισης των περιοχών που είναι εγκατεστημένες οι ιχθυοκαλλιέργειες με εκείνες που βρίσκονται σε μια εύλογη απόσταση και σύμφωνα με την βιβλιογραφία δεν επηρεάζονται από αυτές (Karakassis *et al.*, 2000; Brooks *et al.*, 2003).

4.2. Δειγματοληπτικό πλέγμα σταθμών

Σε κάθε μία από τις ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες υιοθετήθηκε ένα δειγματοληπτικό πλέγμα από τρεις σταθμούς (κατά μήκος του άξονα συμμετρίας της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών), με τον πρώτο να βρίσκεται στο κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κάθε μονάδας, το δεύτερο σε

απόσταση 50 m και τον τρίτο σε απόσταση 300 m από αυτό, σε διεύθυνση σύμφωνη με την κατεύθυνση των υπόγειων ρευμάτων (από την ακτή και προς το εσωτερικό του Παγασητικού κόλπου). Για την περιοχή AS οι τρεις σταθμοί ονομάστηκαν AS1, AS2 και AS3 και για την περιοχή BS, BS1, BS2 και BS3. Επιπλέον, οι σταθμοί AS1, AS2, BS1, BS2 ήταν οι κύριοι σταθμοί μετρήσεων της κάθε μονάδας, ενώ οι AS3 και BS3 ήταν οι σταθμοί μάρτυρες. Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού, καθώς και τα δείγματα του νερού και του ιζήματος λαμβάνονταν σε εποχιακή βάση και πάντα κατά το ίδιο χρονικό διάστημα της ημέρας (10:00-15:00). Εξαιρέση σ' αυτό το δειγματοληπτικό πρόγραμμα αποτέλεσαν η τοποθέτηση των ιζηματοπαγίδων, η κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος και η πειραματική αλιεία των άγριων ψαριών, για λόγους που παρατίθενται στα επιμέρους υποκεφάλαια.

4.3. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

4.3.1. Υδάτινη στήλη

4.3.1.1. Θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο

Σε κάθε έναν από τους 6 συνολικά σταθμούς, μετρήθηκαν σε εποχιακή βάση η θερμοκρασία, η αλατότητα, το pH και το διαλυμένο οξυγόνο στη στήλη με συνεχή καταγραφέα CTD (SEABIRD-19plus).

4.3.1.2. Θρεπτικά άλατα

Από κάθε σταθμό δειγματοληψίας και κάθε βάθος λήφθηκαν σε εποχιακή βάση, 5 δείγματα νερού με φιάλη Niskin 1ℓ, από την επιφάνεια, τα 5

m και κάθε 10 m βάθους από την επιφάνεια μέχρι τον πυθμένα, για αναλύσεις θρεπτικών (σύνολο 640 δείγματα νερού).

Για τη συντήρηση των θρεπτικών αλάτων (αμμωνιακά, νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά και πυριτικά), είχε προστεθεί στα δείγματα χλωριούχος υδράργυρος (1 ml HgCl₂ σε 1 l δείγματος) και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε κατάψυξη (-20°C), μέχρι τη διενέργεια των αναλύσεων στο εργαστήριο με φασματοφωτόμετρο τύπου SHIMADZU UV-1700, σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω.

Αμμωνιακά: Για τον προσδιορισμό των αμμωνιακών αλάτων, σε συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος νερού προστέθηκε ποσότητα αντιδραστηρίου φαινόλης-αλκοόλης, οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχος καταλύτης. Στη συνέχεια το μίγμα τοποθετήθηκε κάτω από υπεριώδες φως για την ανάπτυξη χρώματος για χρονικό διάστημα 40 λεπτών σε θερμοκρασία 22-27 °C και τελικά μετρήθηκε η οπτική απορρόφηση στα 640 nm έναντι δισαπτεσταγμένου νερού (Liddicoat *et al.*, 1974).

Νιτρικά: Ο προσδιορισμός των νιτρικών αλάτων στο θαλασσινό νερό βασίζεται στην ιδιότητά τους να ανάγονται ποσοτικά σε νιτρώδη κατά τη διέλευση από γυάλινη στήλη που περιέχει κόκκους καδμίου περιβαλλόμενων από μεταλλικό χαλκό. Τα νιτρώδη που προκύπτουν από την αναγωγή προσδιορίζονται με διαζώτωση με σουλφανιλαμίδα και σχηματισμό αζωχρώματος με N-(1-ναφθυλ)-αιθυλενοδιαμίνη. Το αζώχρωμα μετράται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 543 nm έναντι απεσταγμένου νερού. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται νιτρικό κάλιο (KNO₃) συγκέντρωσης 20 μg-at N l⁻¹ (Parsons *et al.*, 1984).

Νιτρώδη: Τα νιτρώδη άλατα του δείγματος του θαλασσινού νερού αφήνονται να αντιδράσουν με σουλφανιλαμίδα σε όξινο περιβάλλον. Η προκύπτουσα διαζωένωση αντιδρά με N-(1-ναφθυλ)-αιθυλενοδιαμίνη και σχηματίζει ένα έντονο αζώχρωμα που μετράται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 543 nm έναντι απεσταγμένου νερού. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται νιτρώδες νάτριο (NaNO_2) συγκέντρωσης 50 $\mu\text{g-at N l}^{-1}$ (Parsons *et al.*, 1984).

Φωσφορικά: Για τον προσδιορισμό των φωσφορικών αλάτων, το δείγμα αφήνεται να αντιδράσει με ένα σύνθετο αντιδραστήριο που περιέχει μολυβδικό οξύ και τρισθενές αντιμμώνιο. Το προκύπτον σύμπλεγμα ανάγεται για να δώσει τελικά ένα βαθυγάλαζο διάλυμα που μετράται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 885 nm. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται δισόξινο φωσφορικό κάλιο (KH_2PO_4) συγκέντρωσης 0,0816 g l^{-1} (Parsons *et al.*, 1984).

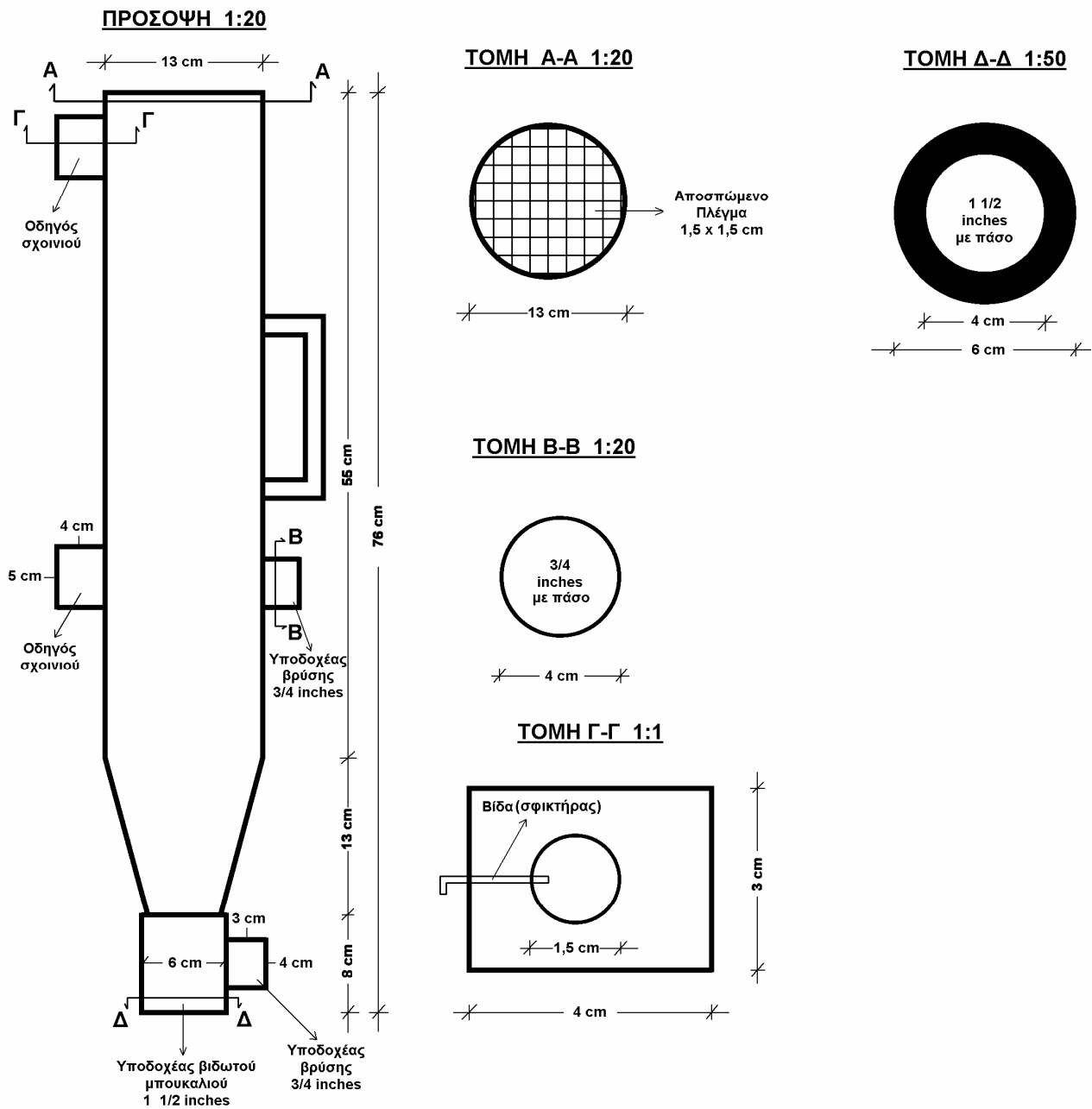
Πυριτικά: Για τον προσδιορισμό των πυριτικών αλάτων, το θαλασσινό νερό αφήνεται να αντιδράσει με μολυβδικό διάλυμα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, παράγοντας πυριτομολυβδικά, φωσφορομολυβδικά και αρσενομολυβδικά σύμπλοκα. Στη συνέχεια προστίθεται ένα αναγωγικό διάλυμα, που περιέχει θειική π-μεθυλ-αμινοφαινόλη και οξαλικό οξύ, που αντιδρά με το πυριτομολυβδικό σύμπλοκο για να δώσει ένα βαθυγάλαζο χρώμα ενώ ταυτόχρονα αποσυνθέτει τα φωσφορομολυβδικά και πυριτομολυβδικά σύμπλοκα. Το τελικό διάλυμα φασματοφωτομετρείται σε μήκος κύματος 810 nm έναντι απεσταγμένου νερού. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται διάλυμα πυριτοφθοριδίου (Na_2SiF_6) συγκέντρωσης 500 $\mu\text{g-at Si l}^{-1}$ (Parsons *et al.*, 1984).

Για τη στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων νερού όλων των σταθμών και για τις δύο περιοχές χρησιμοποιήθηκε η πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (three-way nested ANOVA) με τη χρήση του λογισμικού STATISTICA (έκδοση 6.0). Τα δεδομένα των θρεπτικών αλάτων συγκρίθηκαν εποχιακά για όλα τα βάθη και τους σταθμούς. Τα διαγράμματα με τις εποχιακές συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων, καθώς και αυτά με τις κατακόρυφες κατανομές τους έγιναν με τη χρήση του λογισμικού JMP (έκδοση 5.0.1).

4.3.1.3. Ρυθμός ιζηματοαπόθεσης αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα

Για τη συλλογή των υπολειμμάτων τροφής και των περιπτώματων των εκτρεφόμενων ψαριών έγινε εγκατάσταση ιζηματοπαγίδων για μία συνεχή περίοδο 15 ημερών και στις δύο ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες. Το χρονικό αυτό διάστημα καθορίστηκε μετά από δοκιμές, που έδειξαν ότι στο διάστημα αυτό συλλέγεται αρκετό υλικό ώστε να είναι δυνατή η εργαστηριακή ανάλυση. Πρώτα τοποθετήθηκαν στην περιοχή BS το φθινόπωρο του 2004 και στην άλλη περιοχή (AS) την ίδια εποχή του επόμενου έτους (2005). Σε κάθε περιοχή δειγματοληψίας τοποθετήθηκαν συνολικά 3 ιζηματοπαγίδες. Η πρώτη τοποθετήθηκε στο κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών της κάθε μονάδας και σε βάθος 5 m κάτω από το βαθύτερο σημείο των δικτύων τους. Η δεύτερη τοποθετήθηκε στο ίδιο σημείο με την πρώτη και σε βάθος 5 m πάνω από τον πυθμένα. Η τρίτη ιζηματοπαγίδα τοποθετήθηκε στο σταθμό μάρτυρα της κάθε μονάδας και σε βάθος 5 m πάνω από τον πυθμένα. Η ελάχιστη αυτή απόσταση των 5 m από την επιφάνεια του πυθμένα επιλέχθηκε για να

μειώσουμε κατά το δυνατόν την πιθανότητα επαναιώρησης σωματιδιακού υλικού από την επιφάνεια του ιζήματος (Luratsch *et al.*, 2003). Λόγω του μεγάλου χρονικού διαστήματος που ήταν αναγκαίο να μείνουν οι ιζηματοπαγίδες στη θάλασσα και της επικινδυνότητας απώλειας αυτών από τις καιρικές συνθήκες ή από κλοπή, το πρόγραμμα δειγματοληψιών με ιζηματοπαγίδες είχε διαφορετική συχνότητα από την υπόλοιπη δειγματοληψία. Οι ιζηματοπαγίδες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κατασκευασμένες από πλαστικό PVC και είχαν ύψος 76 cm και εσωτερική διάμετρο 13 cm (ύψος/εσωτ. διάμετρος=5,85) (Εικ. 4.4 και 4.5). Σύμφωνα με τους Knauer and Asper (1989), ο ελάχιστος λόγος ύψους προς εσωτερική διάμετρο, που πρέπει να έχουν οι ιζηματοπαγίδες έτσι ώστε τα αποτελέσματά τους να είναι κατά το δυνατόν πιο αξιόπιστα είναι τουλάχιστον 3. Επιπλέον, ο White (1990) αναφέρει ότι για συστήματα ή περιόδους μελέτης όπου τα ρεύματα είναι ασθενή ($<20 \text{ cm s}^{-1}$) ο λόγος αυτός θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 5, έτσι ώστε να ελαττώνεται σημαντικά η πιθανότητα συλλογής επαναιωρηθέντος υλικού. Στο κάτω άκρο των ιζηματοπαγίδων υπάρχει ειδικός υποδοχέας στον οποίο προσαρμόστηκε βιδωτό πλαστικό δοχείο (0,5ℓ) για τη συλλογή των υπολειμμάτων τροφής και των περιπτωμάτων των εκτρεφόμενων ψαριών. Επίσης, στο πλαϊνό τους μέρος φέρουν δύο βρύσες, μία στο μέσο και μία στο κάτω άκρο, για τη σταδιακή εκκένωσή τους από το θαλασσινό νερό, έτσι ώστε να μην έχουμε απώλειες του συλλεχθέντος υλικού. Η πόντιση τους έγινε με τη βοήθεια πλαστικού σχοινιού Φ10 mm, το οποίο πέρασε μέσα από τους δύο οδηγούς που βρίσκονται στην πλευρική επιφάνεια και στερεώθηκε σε συγκεκριμένο σημείο με τη βοήθεια σφικτήρα ανάλογα με το επιθυμητό βάθος. Για την αγκύρωση τους στον πυθμένα χρησιμοποιήθηκαν έρματα



Εικόνα 4.4: Σχέδιο ιζηματοπαγίδας για τη συλλογή των υπολειμμάτων τροφής και των περιττωμάτων των εκτρεφόμενων ψαριών (σχέδιο συγγραφέα).



Εικόνα 4.5: Φωτογραφία της ιζηματοπαγίδας για τη συλλογή των υπολειμμάτων τροφής και των περιττωμάτων των εκτρεφόμενων ψαριών.

(βαρίδια βάρους 15 Kg) τα οποία δέθηκαν στο κάτω άκρο του σχοινιού. Τέλος, για τη διατήρησή τους σε κάθετη θέση μέσα στην υδάτινη στήλη, χρησιμοποιήθηκε υποβρύχια πλαστική σημαδούρα όγκου 10ℓ, ενώ για τη διατήρηση του σχοινιού στην επιφάνεια της θάλασσας και για τον εντοπισμό της θέσης πόντισης χρησιμοποιήθηκε πλαστική σημαδούρα επιφανείας όγκου 20ℓ.

Η προετοιμασία των ιζηματοπαγίδων πριν την πόντιση καθώς επίσης και η αρχική επεξεργασία των δειγμάτων έγινε με βάση τις οδηγίες των Heussner *et al.*, (1990).

Μετά την ανάσυρση, τα δοχεία υποδοχής τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας 2-4°C, μέχρι να αναλυθούν στο εργαστήριο. Το πρώτο βήμα μετά το άνοιγμα των δοχείων είναι η αφαίρεση του υπερκείμενου υγρού (του μεγαλύτερου μέρους) και ο έλεγχος του pH. Οι κολυμβητές απομακρύνονται σε δύο στάδια. Το πρώτο περιλαμβάνει υγρό κοσκίνισμα με θαλασσινό φιλτραρισμένο νερό σε πλαστικό κόσκινο διαμετρήματος 1 mm το οποίο κατακρατά τους μεγάλους οργανισμούς. Το δείγμα ξεπλένεται προσεκτικά ώστε να διέλθει όλο από το κόσκινο. Προφανώς μεγάλα συσσωματώματα, τα οποία αποτελούν μέρος της πραγματικής ροής επαναφέρονται στο δείγμα. Οι μικρότεροι οργανισμοί απομακρύνονται με πολύ λεπτή λαβίδα χρησιμοποιώντας διοφθάλμιο μικροσκόπιο. Κατόπιν το δείγμα χωρίζεται σε υπο-δείγματα (sub-samples) με τη βοήθεια περισταλτικής αντλίας μεγάλης ακρίβειας, ενώ συγχρόνως αναδεύεται έτσι ώστε να βρίσκεται σε ομοιογενή κατάσταση. Τα υπο-δείγματα φιλτράρονται σε ανάλογα φίλτρα για τον προσδιορισμό της ολικής ροής της μάζας και των κύριων συνιστωσών.

Η ολική ξηρή μάζα του δείγματος προσδιορίζεται με ζύγισμα δύο ή και περισσότερων υπο-δειγμάτων. Τα πανομοιότυπα υπο-δείγματα φιλτράρονται σε προζυγισμένα Millipore (cellulose acetate membrane) διαμέτρου 47 mm και 0,45 μm διάμετρο οπών. Για τον προσδιορισμό οργανικού και ανόργανου άνθρακα χρησιμοποιούνται φίλτρα GFF.

Για τον προσδιορισμό του άνθρακα χρησιμοποιήθηκε στοιχειακός αναλυτής Fisons Instrument CHN τύπου EA-1108. Οι λειτουργικές παράμετροι ήταν σχεδόν όμοιες με αυτές που αναφέρονται από τους Venardo *et al.*, 1990, Cutter and Radford-Knoery, 1991 και Nieuwenhuize *et al.*, 1994.

Όσον αφορά τον υπολογισμό του οργανικού άνθρακα απαιτείται απομάκρυνση του ανόργανου κλάσματος με την επίδραση HCl 6N. Το δείγμα τοποθετείται σε θερμοκρασία 50-60°C για μία ώρα υπό την επίδραση HCl 6N. Μετά την απομάκρυνση του ανόργανου άνθρακα, το δείγμα αφήνεται για μία ώρα στους 60°C για να στεγνώσει. Κατόπιν μεταφέρεται σε μικρή κάψα κασσίτερου και συμπιέζεται μέχρις ότου σχηματισθεί μικρή σφαίρα. Οι σφαίρες τοποθετούνται στο δειγματοφορέα του οργάνου. Η ακρίβεια της μεθόδου είναι της τάξεως του 5%.

Ο προσδιορισμός του ολικού άνθρακα γίνεται με απ' ευθείας μέτρηση του δείγματος πριν τη μεταφορά του στην κάψα.

4.3.2. Ίζημα

4.3.2.1. Κοκκομετρική ανάλυση

Κατά τη διάρκεια της πρώτης εποχιακής δειγματοληψίας συλλέχθηκαν δείγματα ιζήματος με τη βοήθεια δειγματολήπτη τύπου Ekman από όλους

τους σταθμούς, για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής τους σύστασης (σύνολο 6 δείγματα), αφού σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ήταν αρκετή για την εξαγωγή των απαιτούμενων δεδομένων (Gray, 1981). Τα δείγματα αυτά τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία και στη συνέχεια καταψύχτηκαν στους -20°C μέχρι την ανάλυσή τους στο εργαστήριο. Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης έγινε σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφονται από τον Buchanan (1971).

4.3.2.2. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας

Κατά τη διάρκεια των τεσσάρων εποχιακών δειγματοληψιών συλλέχθηκαν και δείγματα ιζήματος για τον προσδιορισμό του ποσοστού του περιεχόμενου οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα (σύνολο 24 δείγματα). Η συλλογή των δειγμάτων αυτών έγινε με πλαστική σύριγγα εσωτερικής διαμέτρου 2,6 cm με κομμένο το κάτω άκρο, από επιφανειακό ίζημα που συλλέχθηκε με δειγματολήπτη τύπου Ekman. Οι σύριγγες με το δείγμα διατηρήθηκαν στους -20°C μέχρι την ανάλυσή τους στο Εργαστήριο. Το ποσοστό του περιεχόμενου οργανικού υλικού προσδιορίστηκε από τη διαφορά βάρους συγκεκριμένης ποσότητας ιζήματος (2-5 g) πριν και μετά την καύση στους 500°C για 4 ώρες. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του ποσοστού του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα, στηρίζεται στην υγρή οξειδωση των οργανικών ουσιών με διχρωμικό κάλιο και πυκνό θειικό οξύ. Η ποσότητα του διχρωμικού καλίου που καταναλώνεται, προσδιορίζεται με οπισθογκομέτρηση της περίσσειάς του με διάλυμα δισθενούς σιδήρου (Gaudette *et al.*, 1974).

4.4. Βιολογικά χαρακτηριστικά

4.4.1. Μακροζωοβένθος

Στη συλλογή δειγμάτων για τη μελέτη του μακροζωοβένθους χρησιμοποιήθηκε δειγματολήπτης τύπου Ekman (επιφάνειας 0,0225 m²), διότι σκοπός της έρευνας δεν ήταν η περιγραφή των βιοκοινοτήτων αλλά η ποιοτική μελέτη σε αδρές μονάδες ανάλυσης. Από κάθε σταθμό συλλέχθηκαν εποχιακά τρία δείγματα (σύνολο 72 δείγματα). Τα δείγματα αυτά αφού ξεπλύθηκαν με θαλασσινό νερό δια μέσου μεταλλικών κόσκινων διαμέτρου 0,5 mm (Bachelet, 1990), μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο μέσα σε πλαστικά δοχεία μαζί με διάλυμα φορμαλδεΰδης 10% και διάλυμα ερυθρού της Βεγγάλης 0,2%. Στη συνέχεια ακολούθησε η διαδικασία της ταξινόμησης των οργανισμών κάθε δείγματος σε πέντε βασικές ομάδες: πολύχαιτοι, δίθυρα, γαστερόποδα, καρκινοειδή και διάφορα. Τέλος, έγινε ο προσδιορισμός των οργανισμών στο δυνατότερο χαμηλό taxa με τη βοήθεια οπτικού στερεοσκοπίου (Olympus SZX9) και διαφόρων ταξινομικών κλειδών (Fauvel, 1923: Fauvel, 1927: Day, 1967a: Day, 1967b: Campbell, 1976: Fauchald, 1977: Hayward *et al.*, 1996: Zenetos, 1996).

Προκειμένου να φανεί η επίδραση των υδατοκαλλιεργειών στο μακροζωοβένθος υπολογίσθηκε η αφθονία (ανά είδος και συνολική ανά δείγμα), ο αριθμός των ειδών (ανά δείγμα), διάφοροι οικολογικοί δείκτες, καθώς και η ξηρή βιομάζα (συνολική ανά δείγμα).

Για την εκτίμηση της ποικιλότητας των ειδών, που είναι βασική παράμετρος για την περιγραφή μιας συνεύρεσης, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τρεις οικολογικοί δείκτες:

α) Ο δείκτης γενικής ποικιλότητας των Shannon-Wiener (Shannon and Weaver, 1949), που είναι ευρύτερης αποδοχής (Sanders, 1968: Pielou, 1969: Field, 1971: Edwards *et al.*, 1972: Burns, 1978) και δίνεται από τον τύπο:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2 p_i$$

όπου: p_i = Η σχετική αφθονία ενός είδους σε ένα συγκεκριμένο δείγμα μιας κοινότητας,

s = Ο αριθμός των ειδών.

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

όπου: n_i = Ο αριθμός ατόμων του i είδους,

N = Ο αριθμός ατόμων του δείγματος.

Ο δείκτης αυτός επηρεάζεται όχι μόνο από τον αριθμό των ειδών, αλλά και από το πόσο ομοιόμορφα είναι κατανεμημένα τα άτομα στα είδη (Sanders, 1968). Ο δείκτης μεγαλώνει όσο αυξάνει ο αριθμός των ειδών και όσο περισσότερο ομοιόμορφη γίνεται η εκπροσώπησή τους (Edwards *et al.*, 1972), ενώ είναι σχετικά ανεξάρτητος από το μέγεθος και την επιφάνεια του δείγματος.

β) Ο δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J') (Pielou, 1969).

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

όπου: H' = η ποικιλότητα όπως υπολογίστηκε από τον τύπο των Shannon-Wiener και

H'_{\max} = η θεωρητική μέγιστη τιμή του H' την οποία θα είχε το δείγμα αν τα άτομα ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένα μεταξύ των ειδών.

Ο δείκτης ομοιόμορφης κατανομής είναι απαραίτητο στοιχείο, γιατί δείχνει αν η διαφορά στην ποικιλότητα οφείλεται σε διαφορετικό αριθμό ειδών ή τον τρόπο κατανομής των ατόμων στα είδη.

γ) Ο **δείκτης αφθονίας των ειδών** (d) που δίνεται από τον παρακάτω τύπο του Margalef (1957).

$$d = \frac{S-1}{\ln N}$$

όπου: S = Ο αριθμός των ειδών σε κάθε δείγμα και

N = Ο αριθμός των ατόμων σε κάθε δείγμα.

Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η επίδραση του αριθμού των ειδών στις τιμές της ποικιλότητας.

Για τον προσδιορισμό της ξηρής βιομάζας, τα δείγματα του μακροζωοβένθους τοποθετήθηκαν σε ειδικό φούρνο (MEMMERT) σε θερμοκρασία 90⁰C για τρεις ημέρες και στη συνέχεια ζυγίσθηκαν σε ειδικό ζυγό ακριβείας (0,001 g).

Για να μειωθούν όσο γίνεται οι λαθεμένες εντυπώσεις που θα μπορούσαν να δημιουργηθούν από τις μεγάλες διαφορές της αφθονίας μεταξύ των κυρίαρχων και των σπάνιων ειδών, έγινε μετατροπή των τιμών

της αφθονίας με τη βοήθεια της τετραγωνικής ρίζας (Field *et al.*, 1982). Ακολούθησε η απεικόνιση, ομαδοποίηση και ιεράρχηση του βαθμού συγγένειας του μακροζωοβένθους όλων των σταθμών με την κατασκευή δένδρογραμμάτων και διαγραμμάτων πολυδιάστατης διάταξης (MDS)(Field *et al.*, 1982), με τη βοήθεια του δείκτη ομοιότητας των Bray-Curtis (Bray and Curtis, 1957). Τα MDS διαγράμματα χρησιμοποιήθηκαν για την δισδιάστατη απεικόνιση των χωρικών και χρονικών διαφορών στη σύνθεση των ειδών στις δύο περιοχές που μελετήθηκαν (AS και BS). Επίσης, κατασκευάστηκαν διαγράμματα αθροιστικής κυριαρχίας των ειδών (Dominance plot) σε σχέση με την απόσταση από τις μονάδες και την εποχή δειγματοληψίας, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναφέρεται από τον Warwick (1986). Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος PRIMER (έκδοση 5.1.2).

Για τη στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων μακροζωοβένθους όλων των σταθμών και για τις δύο περιοχές χρησιμοποιήθηκε η πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (two-way ANOVA)(Zar, 1984) με τη χρήση του λογισμικού STATISTICA (έκδοση 6.0). Η αφθονία των ειδών συγκρίθηκε εποχιακά για όλους τους σταθμούς.

4.4.2. Πειραματική αλιεία άγριων ψαριών

Έγιναν τέσσερις αλιευτικές προσπάθειες για τη σύλληψη των συγκεντρωμένων γύρω από κάθε συστοιχία ιχθυοκλωβών άγριων ψαριών, έτσι ώστε να διευκρινισθεί αν και κατά πόσο τα ψάρια αυτά καταναλώνουν τα υπολείμματα της τροφής που προσφέρεται για την εκτροφή των ψαριών της μονάδας. Οι δύο πρώτες πειραματικές αλιείες πραγματοποιήθηκαν στην

περιοχή BS το Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο του 2004, από αλιεία της περιοχής, με μανωμένα δίχτυα και άνοιγμα ματιού 28-30 mm. Τα δίχτυα ρίχτηκαν περιμετρικά των ιχθυοκλωβών κατά τις τελευταίες απογευματινές ώρες, λίγο πριν νυχτώσει, και ανελκύστηκαν τις πρώτες πρωινές ώρες (Nielsen and Johnson, 1989). Τα αλιευθέντα ψάρια τοποθετήθηκαν σε φορητό ψυγείο για τη μεταφορά τους στο εργαστήριο. Εκεί πραγματοποιήθηκαν σωματομετρήσεις των ψαριών (ολικό και μεσουραίο μήκος, ολικό και καθαρό βάρος, πλάτος) και αφαιρέθηκε το στομάχι για τον προσδιορισμό του ποσοστού των περιεχόμενων σύμπηκτων (Lagler *et al.*, 1977: Nielsen and Johnson, 1989: Νεοφύτου, 1997). Ο προσδιορισμός του στομαχικού περιεχομένου έγινε με τη βοήθεια οπτικού στερεοσκοπίου (Olympus SZX9) και ακολούθησε ο διαχωρισμός του σε δύο ομάδες. Η πρώτη αφορούσε τα σύμπηκτα (pellets) και η άλλη οτιδήποτε άλλο βρισκόταν μέσα στο στομάχι. Ο προσδιορισμός των περιεχόμενων σύμπηκτων έγινε με την βαρομετρική μέθοδο (Lagler *et al.*, 1977: Nielsen and Johnson, 1989: Νεοφύτου, 1997). Σύμφωνα με αυτήν, οι δύο ομάδες τροφής, αφυδατώθηκαν σε θερμοκρασία 90⁰C για τρεις ημέρες σε ειδικό φούρνο (MEMMERT) και στη συνέχεια ζυγίστηκαν, προστέθηκαν τα βάρη τους και υπολογίστηκε το εκατοστιαίο ποσοστό των περιεχόμενων σύμπηκτων. Η τρίτη πειραματική αλιεία πραγματοποιήθηκε στην περιοχή AS το Σεπτέμβριο του 2005 και η τέταρτη στην περιοχή BS το Σεπτέμβριο του 2006. Οι αλιείες αυτές έγιναν με δολωμένο αγκίστρι, χρησιμοποιώντας ως δόλωμα πολτοποιημένα σύμπηκτα ανάμεικτα με ψωμί, τυρί και λάδι. Πραγματοποιήθηκαν λίγο μετά το πρωινό τάϊσμα των εκτρεφόμενων ψαριών. Για τα αλιευθέντα ψάρια χρησιμοποιήθηκε η ίδια μεθοδολογία με τις δύο πρώτες πειραματικές αλιείες.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

5.1.1. Υδάτινη στήλη

5.1.1.1. Θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο

Στον Πίνακα 5.1 δίνονται οι εποχιακές διακυμάνσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων στη στήλη του νερού στους 6 σταθμούς δειγματοληψιών. Στα Σχήματα 5.1-5.6 απεικονίζεται η εποχιακή διακύμανση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού σε σχέση με το βάθος της υδάτινης στήλης στους 6 σταθμούς δειγματοληψιών.

Η ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας νερού ($11,6^{\circ}\text{C}$) καταγράφηκε κατά τη χειμερινή περίοδο στο σταθμό AS3, ενώ η μέγιστη ($27,8^{\circ}\text{C}$) καταγράφηκε κατά την καλοκαιρινή περίοδο στο σταθμό BS1 (Πιν. 5.1).

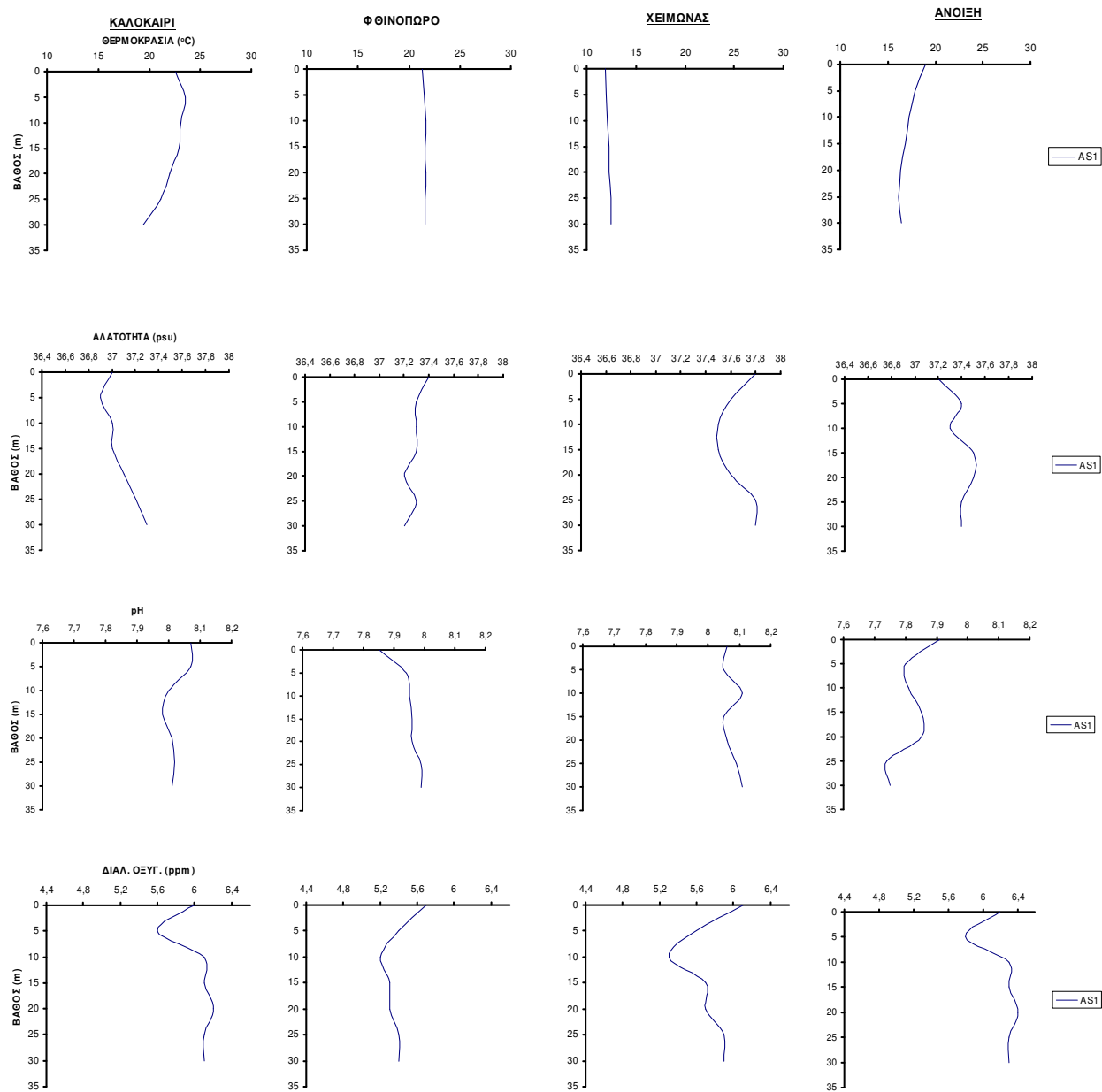
Στο σταθμό AS1 οι τιμές της αλατότητας κυμαίνονται από 36,9-37,8 psu, στον AS2 από 37,1-38,0 psu, στον AS3 από 37,0-37,8 psu, στον BS1 από 36,5-37,7 psu, στον BS2 από 36,7-37,7 και στον BS3 από 36,9-37,7 psu (Πιν. 5.1).

Οι τιμές του pH στο σταθμό AS1 κυμαίνονται από 7,74-8,11, στον AS2 από 7,76-8,13, στον AS3 από 7,78-8,13, στον BS1 από 7,75-8,06, στον BS2 από 7,86-8,05 και στον BS3 από 7,93-8,13 (Πιν. 5.1).

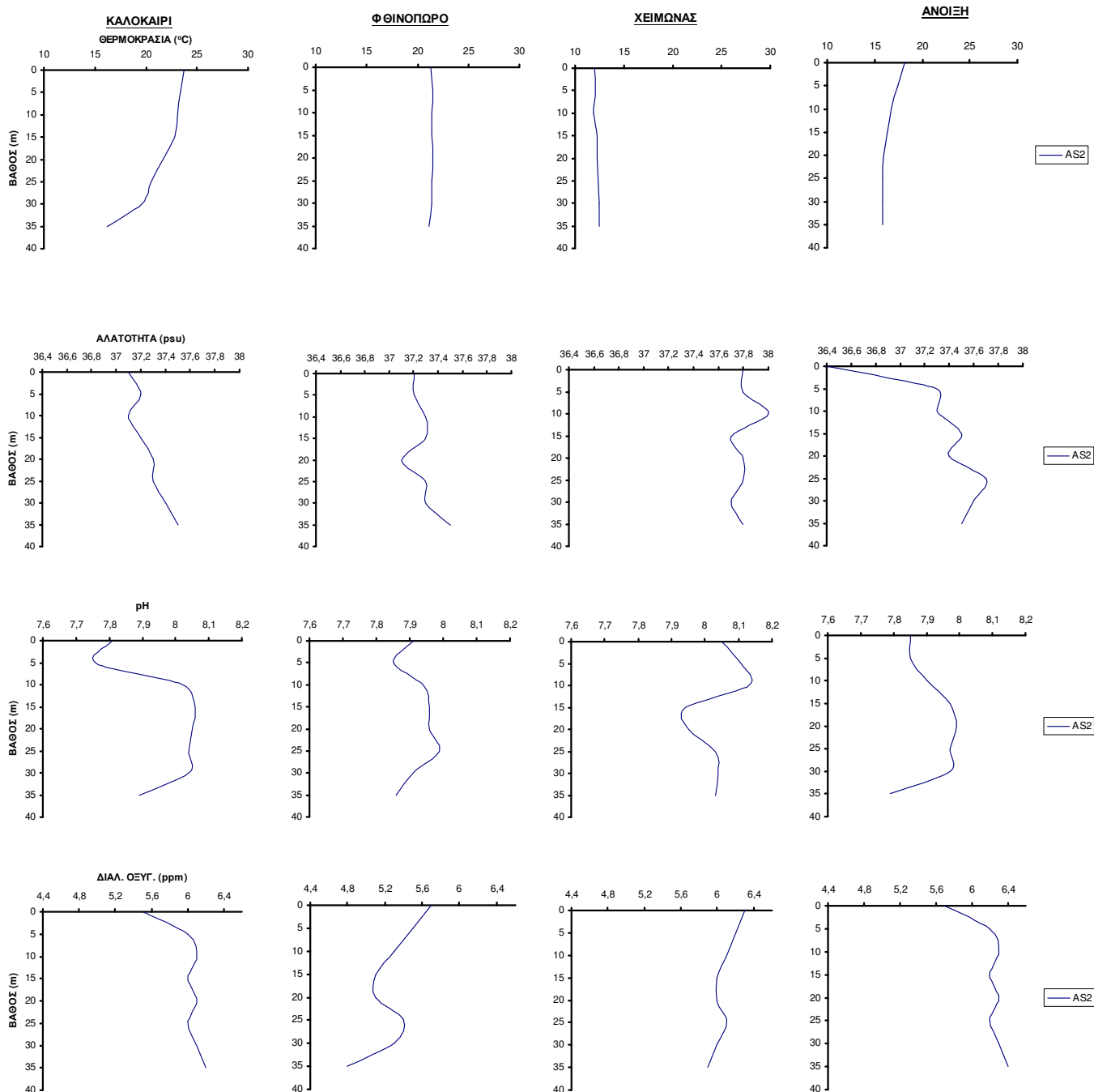
Στο σταθμό AS1 οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου κυμαίνονται από 5,2-6,4 ppm, στον AS2 από 4,8-6,4 ppm, στον AS3 από 5,0-6,5 ppm, στον BS1 από 5,0-6,4 ppm, στον BS2 από 4,6-6,2 ppm και στον BS3 από 5,1-6,5 ppm (Πιν. 5.1).

Πίνακας 5.1. Εποχιακές διακυμάνσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων στη στήλη του νερού (Θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) στους δειγματοληπτικούς σταθμούς των δύο περιοχών έρευνας.

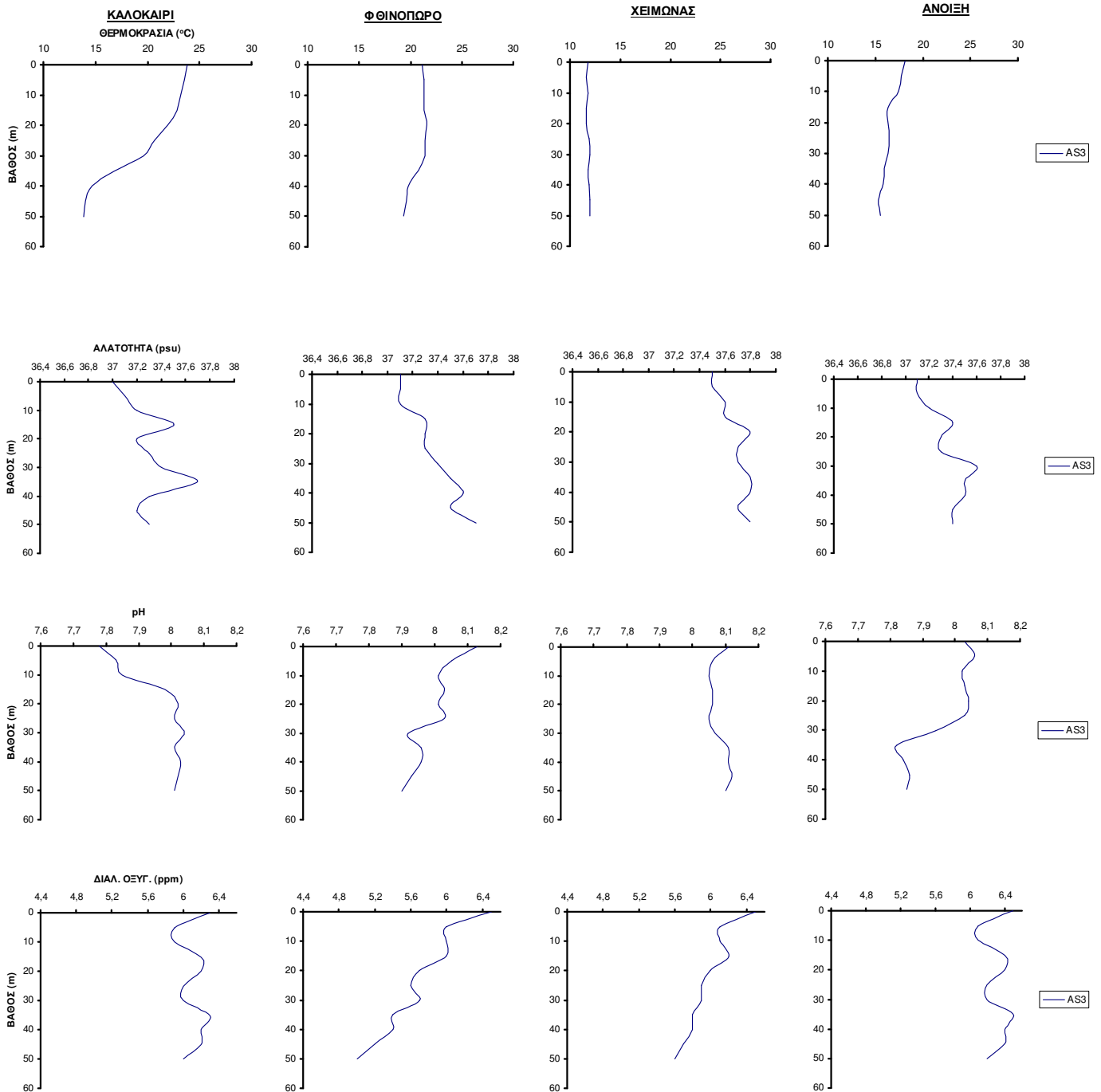
	Θερμοκρασία (°C)			Αλατότητα (psu)			pH			Διαλυμένο οξυγόνο (ppm)		
	AS1	AS2	AS3	AS1	AS2	AS3	AS1	AS2	AS3	AS1	AS2	AS3
Καλοκαίρι 04	19,4-23,5	16,2-23,7	13,9-23,8	36,9-37,3	37,1-37,5	37,0-37,7	7,98-8,07	7,76-8,06	7,78-8,04	5,6-6,2	5,5-6,2	5,9-6,3
Φθινόπωρο 04	21,3-21,7	21,1-21,5	19,3-21,6	37,2-37,4	37,1-37,5	37,1-37,7	7,85-7,99	7,85-7,99	7,90-8,13	5,2-5,7	4,8-5,7	5,0-6,5
Χειμώνας 05	11,9-12,5	11,9-12,5	11,6-12,0	37,5-37,8	37,7-38,0	37,5-37,8	8,05-8,11	7,94-8,13	8,05-8,12	5,3-6,1	5,9-6,3	5,6-6,5
Άνοιξη 05	16,1-18,9	15,8-18,1	15,3-18,1	37,2-37,5	36,4-37,7	37,1-37,6	7,74-7,91	7,79-7,99	7,82-8,06	5,8-6,4	5,7-6,4	6,1-6,5
	BS1	BS2	BS3	BS1	BS2	BS3	BS1	BS2	BS3	BS1	BS2	BS3
Καλοκαίρι 04	21,5-27,8	18,5-25,5	18,0-26,5	36,5-37,4	36,7-37,5	36,9-37,4	7,75-8,01	7,86-7,97	7,93-8,13	5,4-6,3	5,3-6,1	5,9-6,5
Φθινόπωρο 04	22,5-23,1	22,0-23,2	19,8-23,0	37,2-37,3	37,3-37,5	37,3-37,5	7,92-7,99	7,94-8,01	7,95-8,04	5,0-5,8	4,7-5,4	5,1-6,1
Χειμώνας 05	13,8-14,3	13,8-14,1	13,6-14,0	37,5-37,7	37,4-37,7	37,5-37,7	7,99-8,06	8,01-8,05	8,07-8,11	5,6-6,4	6,0-6,2	5,9-6,2
Άνοιξη 05	16,0-16,8	15,6-16,7	15,1-16,8	37,0-37,4	37,1-37,3	37,3-37,5	7,87-7,95	7,90-7,98	7,96-8,00	5,6-6,1	4,6-6,1	5,4-6,1



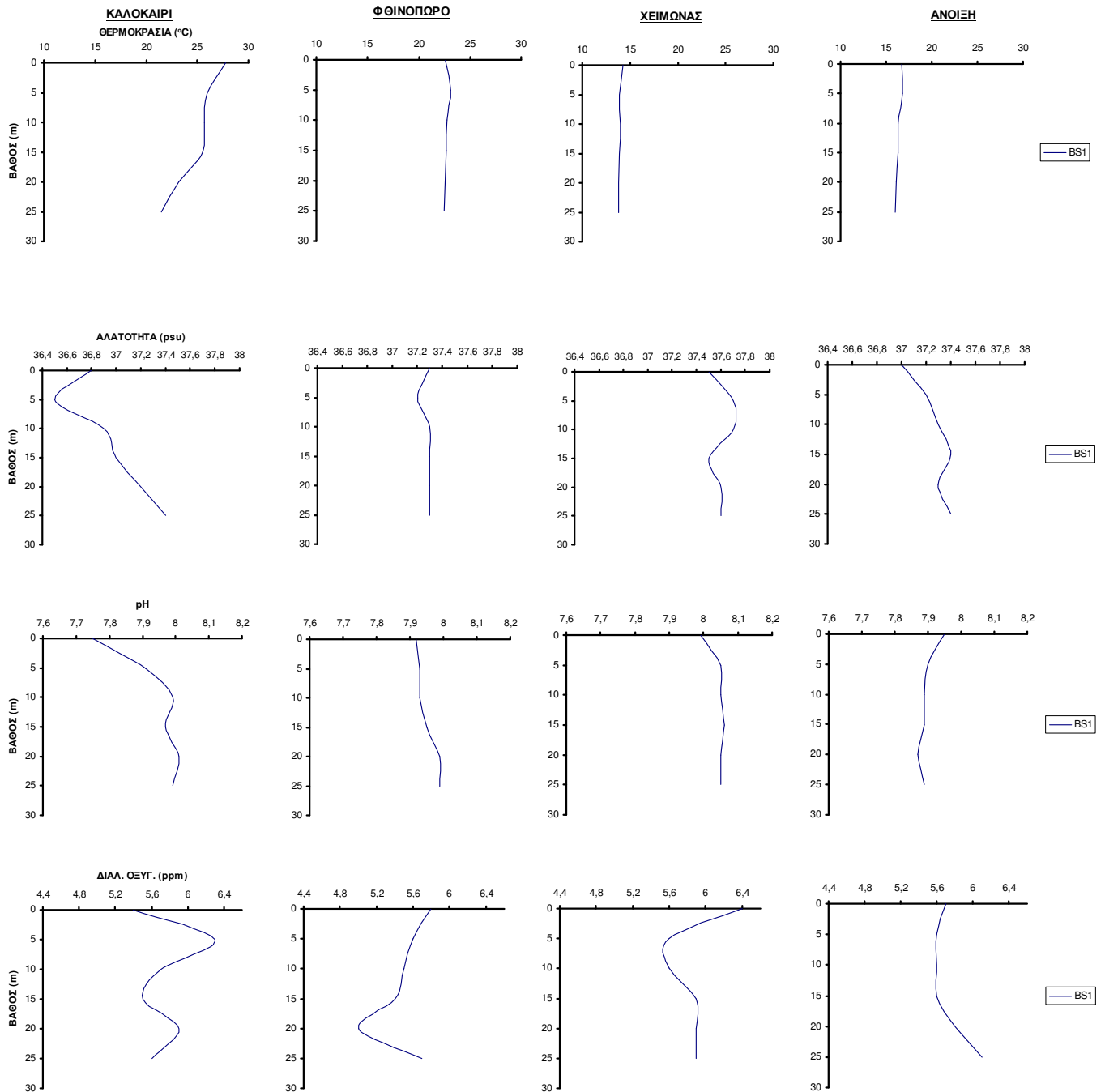
Σχήμα 5.1: Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάθους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό AS1.



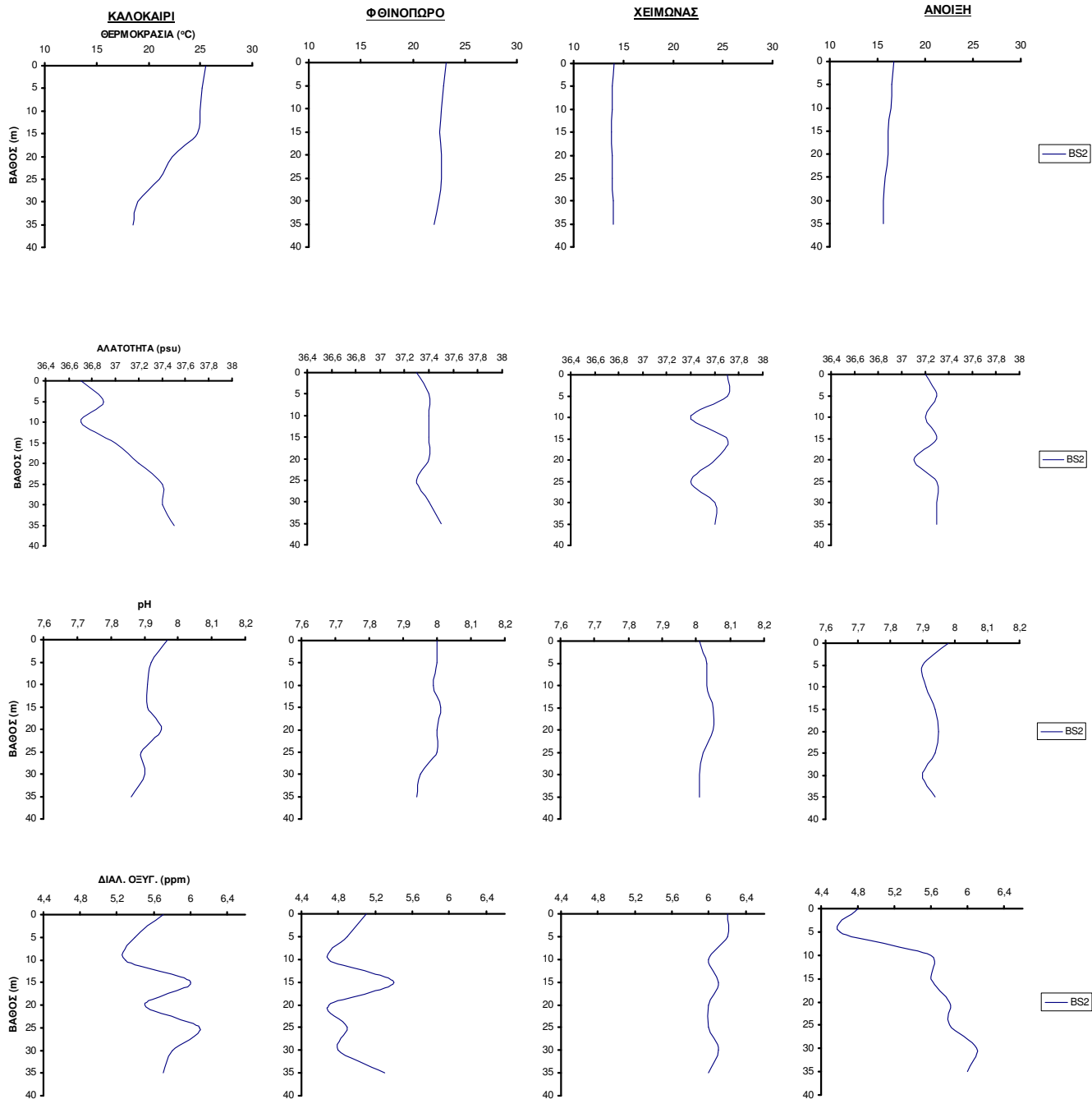
Σχήμα 5.2: Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάθους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό AS2.



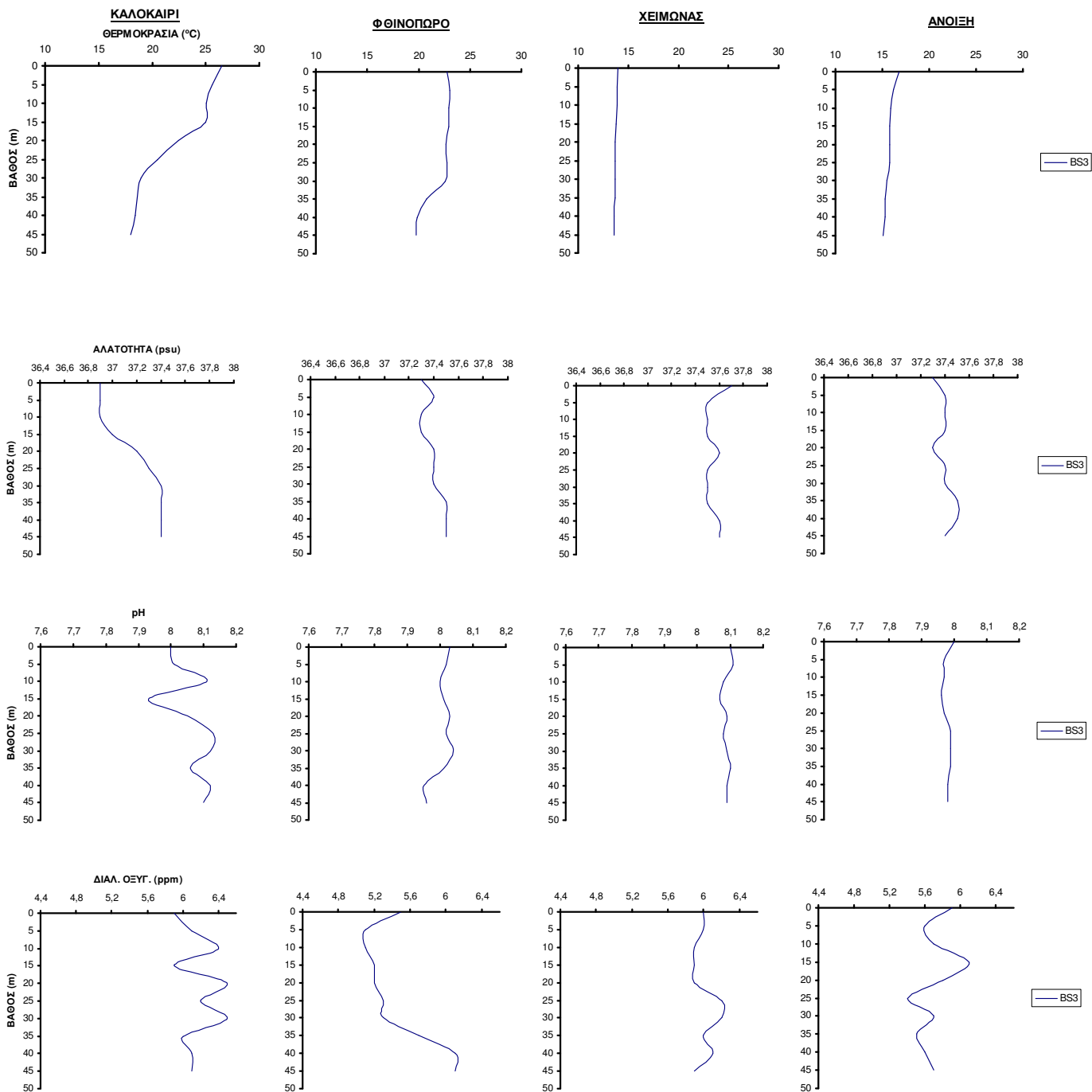
Σχήμα 5.3: Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάθους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό AS3.



Σχήμα 5.4: Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάθους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό BS1.



Σχήμα 5.5: Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάθους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό BS2.



Σχήμα 5.6: Κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο) μετά του βάθους στη διάρκεια τεσσάρων διαδοχικών εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στο σταθμό BS3.

5.1.1.2. Θρεπτικά άλατα

Στους Πίνακες 5.2-5.3 δίνονται οι εποχιακές διακυμάνσεις των θρεπτικών αλάτων του νερού στους 6 σταθμούς δειγματοληψιών ενώ στα Σχήματα 5.7-5.11 απεικονίζονται οι εποχιακές συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων του νερού στους ίδιους σταθμούς. Στα σχήματα 5.12-5.51 εμφανίζονται οι κατακόρυφες κατανομές των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων του νερού κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών στις δύο περιοχές έρευνας.

Η στατιστική επεξεργασία των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στις τέσσερις εποχές του έτους και για τις δύο περιοχές έρευνας έδειξε μια σημαντική στατιστική διαφορά, εκτός από τα νιτρώδη στην περιοχή AS. Συγκεκριμένα για την περιοχή AS:

$$\text{NH}_4: F_{320, 0,05}=59,593, p<0,001$$

$$\text{NO}_2: F_{320, 0,05}=2,02, p<0,11$$

$$\text{NO}_3: F_{320, 0,05}=35,124, p<0,001$$

$$\text{PO}_4: F_{320, 0,05}=60,026, p<0,001$$

$$\text{SiO}_2: F_{320, 0,05}=46,12, p<0,001$$

Για την περιοχή BS:

$$\text{NH}_4: F_{282, 0,05}=20,577, p<0,001$$

$$\text{NO}_2: F_{282, 0,05}=331,880, p<0,001$$

$$\text{NO}_3: F_{282, 0,05}=67,837, p<0,001$$

$$\text{PO}_4: F_{282, 0,05}=6,237, p<0,001$$

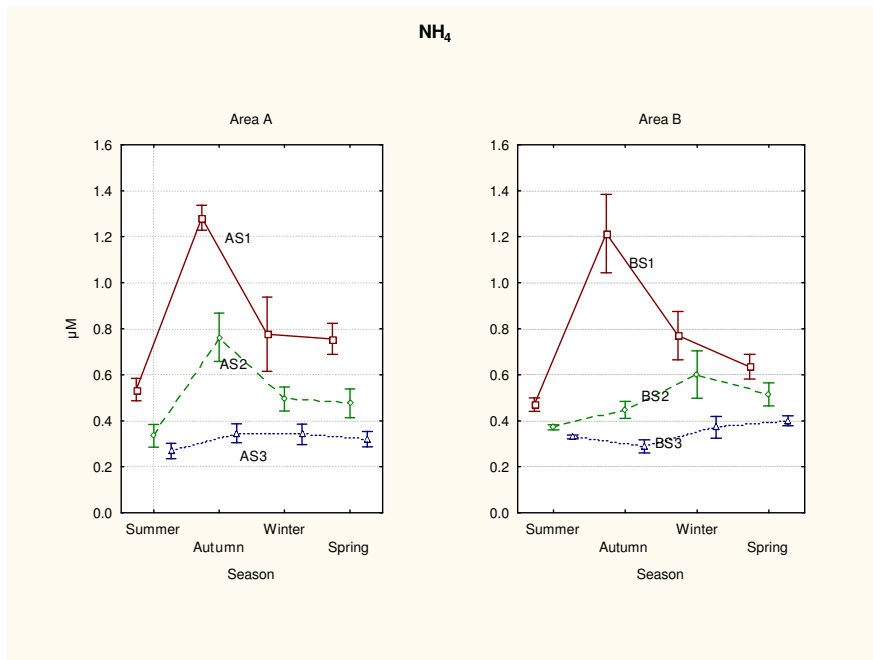
$$\text{SiO}_2: F_{282, 0,05}=33,538, p<0,001$$

Πίνακας 5.2. Εποχιακές διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στη στήλη του νερού (αμμωνιακά, νιτρώδη και νιτρικά) στους δειγματοληπτικούς σταθμούς των δύο περιοχών έρευνας.

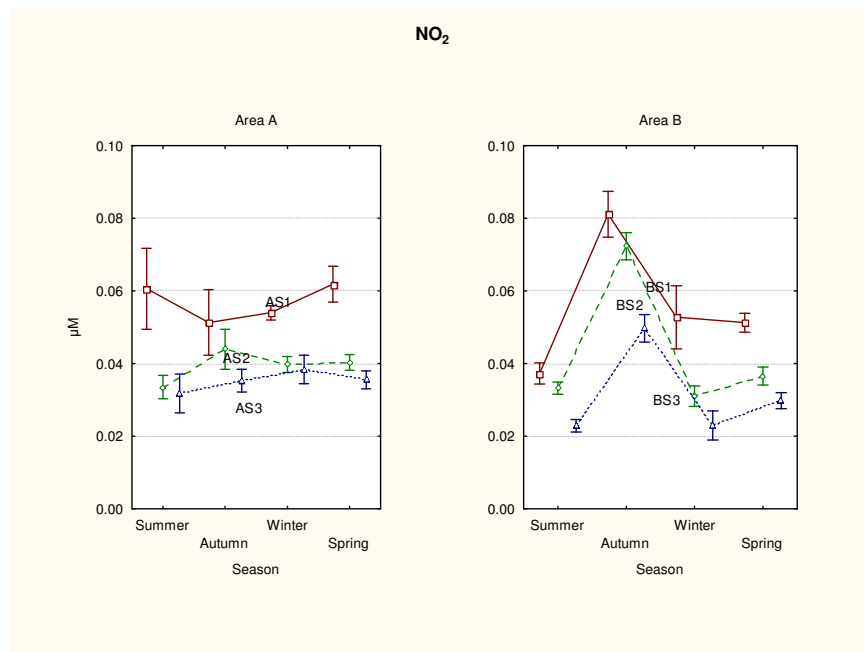
	NH₄ (μM)			NO₂ (μM)			NO₃ (μM)		
	AS1	AS2	AS3	AS1	AS2	AS3	AS1	AS2	AS3
Καλοκαίρι 04	0,40-0,75	0,22-0,53	0,18-0,47	0,03-0,09	0,02-0,04	0,01-0,06	1,30-2,57	0,83-1,37	0,47-1,05
Φθινόπωρο 04	1,14-1,46	0,41-1,14	0,19-0,56	0,02-0,08	0,02-0,06	0,02-0,04	1,30-2,30	0,91-1,55	0,73-1,25
Χειμώνας 05	0,35-1,49	0,27-0,63	0,09-0,46	0,05-0,06	0,03-0,05	0,03-0,06	0,93-1,91	0,61-1,27	0,50-1,01
Άνοιξη 05	0,55-1,02	0,25-0,68	0,14-0,43	0,05-0,08	0,03-0,05	0,02-0,04	1,45-1,71	0,85-1,27	0,64-1,00
	BS1	BS2	BS3	BS1	BS2	BS3	BS1	BS2	BS3
Καλοκαίρι 04	0,38-0,55	0,34-0,41	0,29-0,36	0,03-0,04	0,03-0,04	0,01-0,03	1,63-2,28	1,14-1,37	0,43-1,01
Φθινόπωρο 04	0,70-1,63	0,29-0,54	0,14-0,36	0,07-0,09	0,06-0,09	0,03-0,06	0,75-1,23	0,53-0,92	0,37-0,79
Χειμώνας 05	0,56-1,13	0,38-1,07	0,17-0,55	0,04-0,08	0,02-0,04	0,01-0,04	1,00-1,60	0,65-1,23	0,55-1,12
Άνοιξη 05	0,52-0,80	0,41-0,74	0,34-0,49	0,04-0,06	0,03-0,04	0,02-0,04	1,61-1,84	1,00-1,31	0,70-1,24

Πίνακας 5.3. Εποχιακές διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στη στήλη του νερού (φωσφορικά και πυριτικά) στους δειγματοληπτικούς σταθμούς των δύο περιοχών έρευνας.

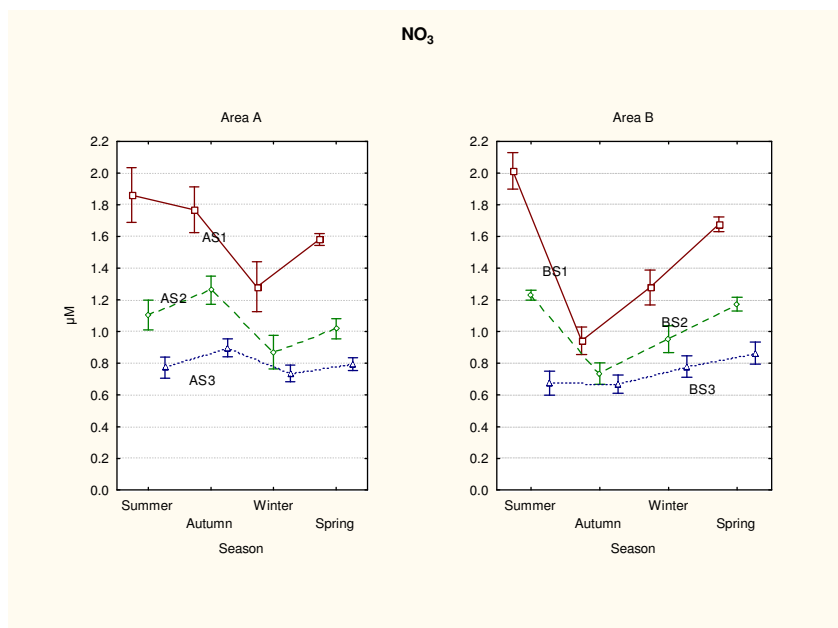
	PO ₄ (μM)			SiO ₂ (μM)		
	AS1	AS2	AS3	AS1	AS2	AS3
Καλοκαίρι 04	0,06-0,28	0,02-0,10	0,01-0,09	0,78-4,89	0,44-1,80	0,15-0,76
Φθινόπωρο 04	0,03-0,13	0,02-0,03	0,01-0,02	1,84-3,18	1,58-2,44	1,11-2,05
Χειμώνας 05	0,02-0,05	0,02-0,03	0,01-0,04	2,15-3,24	1,82-2,72	0,27-1,77
Άνοιξη 05	0,05-0,27	0,03-0,09	0,02-0,04	2,01-3,62	1,43-2,28	0,28-0,99
	BS1	BS2	BS3	BS1	BS2	BS3
Καλοκαίρι 04	0,05-0,06	0,02-0,06	0,01-0,03	1,58-1,93	0,80-1,10	0,40-1,08
Φθινόπωρο 04	0,03-0,25	0,03-0,07	0,00-0,02	1,78-2,31	1,42-2,06	0,94-1,22
Χειμώνας 05	0,04-0,09	0,04-0,06	0,01-0,04	1,48-2,43	1,00-2,35	0,67-1,93
Άνοιξη 05	0,05-0,08	0,04-0,06	0,02-0,04	1,72-2,21	1,12-1,87	0,90-1,58



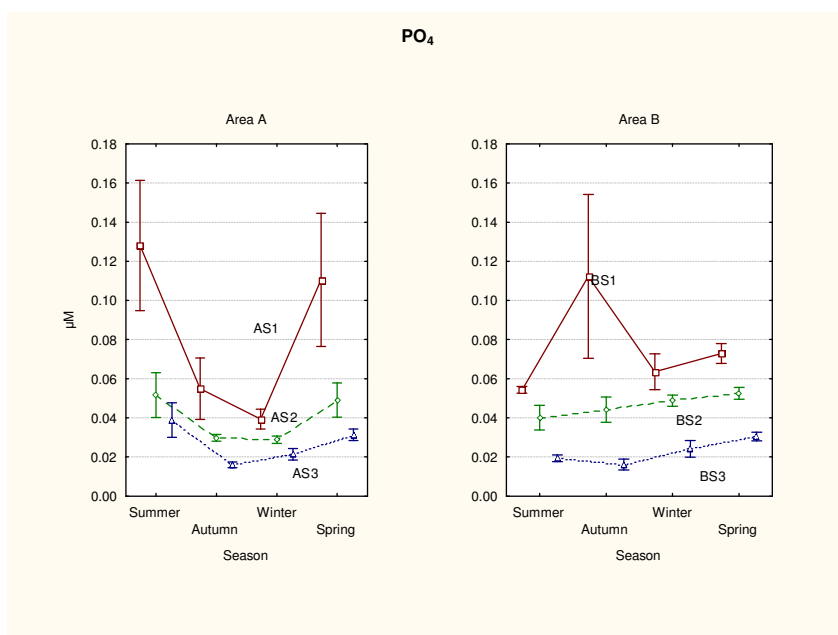
Σχήμα 5.7: Διαγράμματα των συγκεντρώσεων (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) των αμμωνιακών (µM) κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στις δύο περιοχές μελέτης (AS, BS).



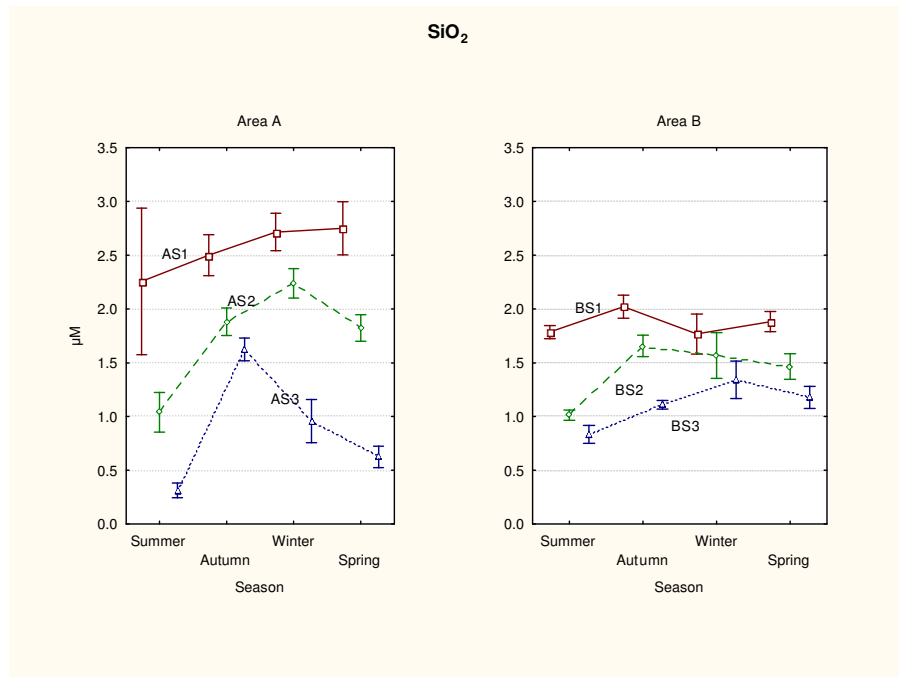
Σχήμα 5.8: Διαγράμματα των συγκεντρώσεων (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) των νιτρικών (µM) κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στις δύο περιοχές μελέτης (AS, BS).



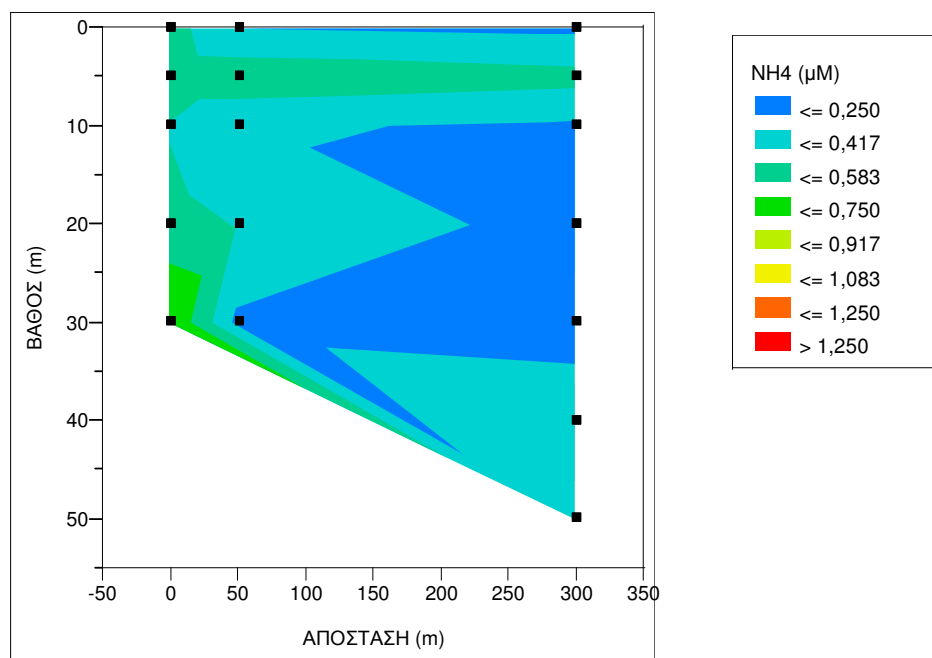
Σχήμα 5.9: Διαγράμματα των συγκεντρώσεων (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) των νιτρικών (µM) κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στις δύο περιοχές μελέτης (AS, BS).



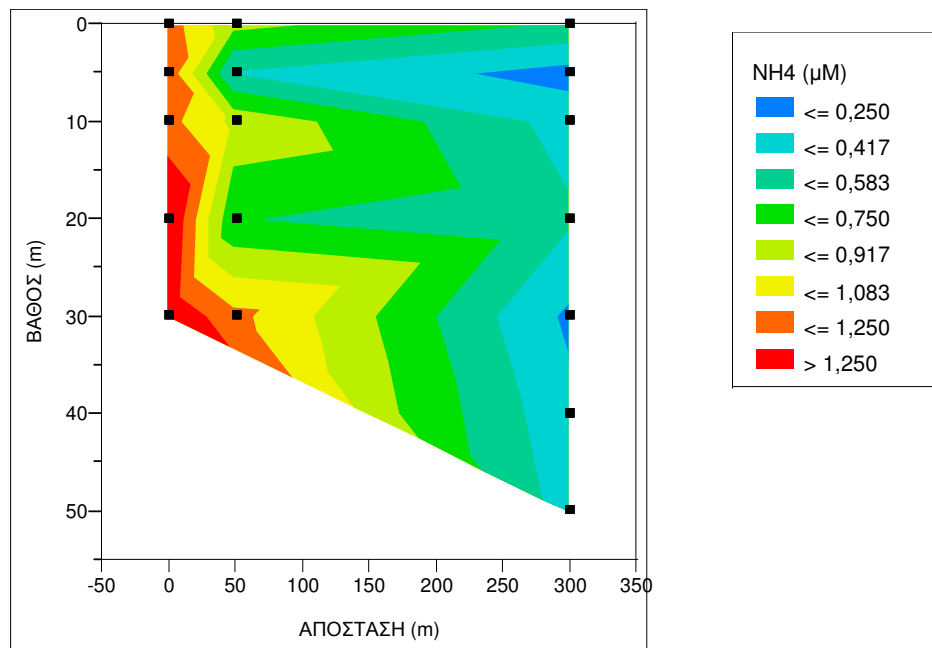
Σχήμα 5.10: Διαγράμματα των συγκεντρώσεων (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) των φωσφορικών (µM) κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στις δύο περιοχές μελέτης (AS, BS).



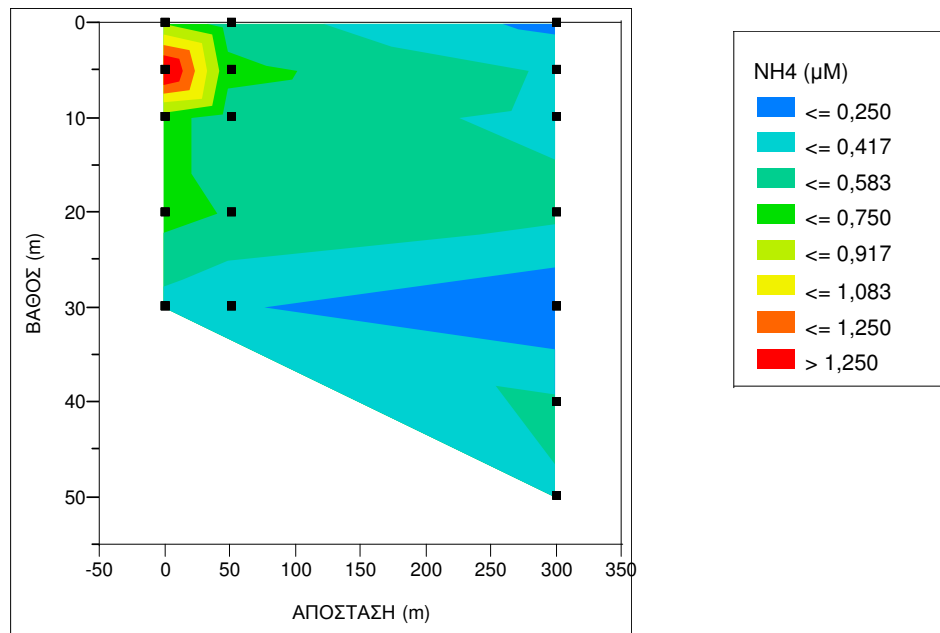
Σχήμα 5.11: Διαγράμματα των συγκεντρώσεων (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) των πυριτικών (µM) κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (Καλοκαίρι & Φθινόπωρο 2004, Χειμώνας & Άνοιξη 2005) στις δύο περιοχές μελέτης (AS, BS).



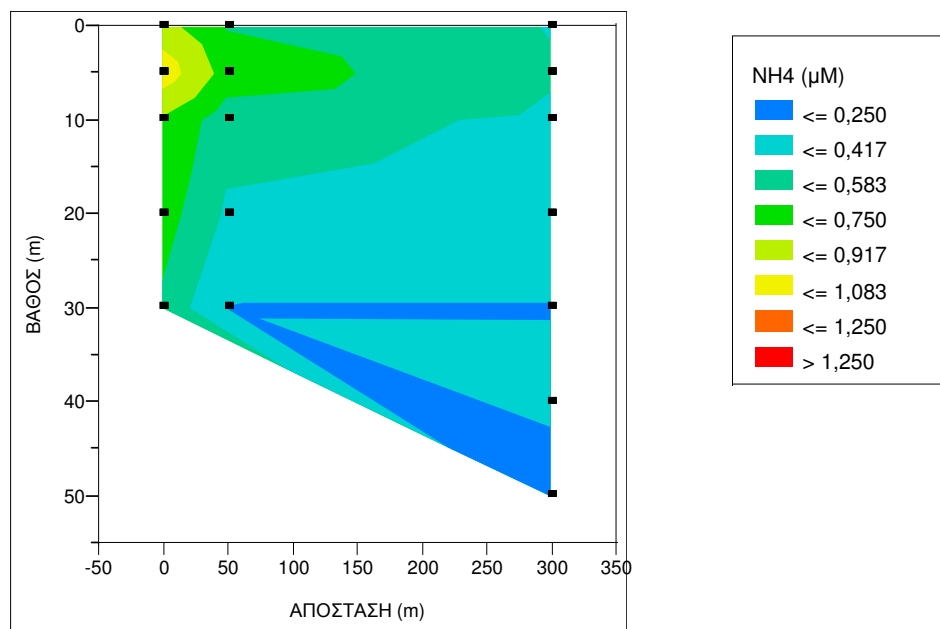
Σχήμα 5.12: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS.



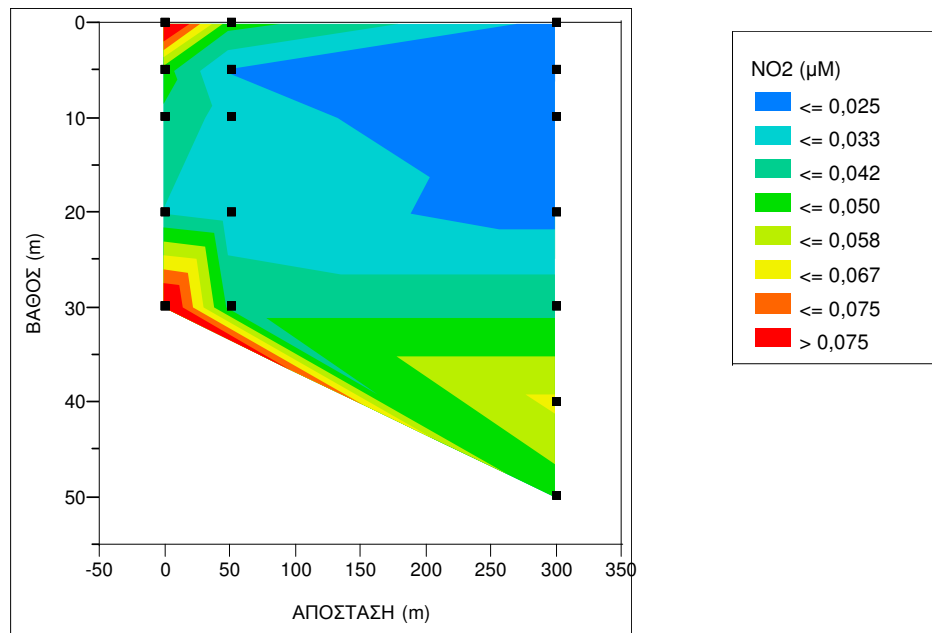
Σχήμα 5.13: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS.



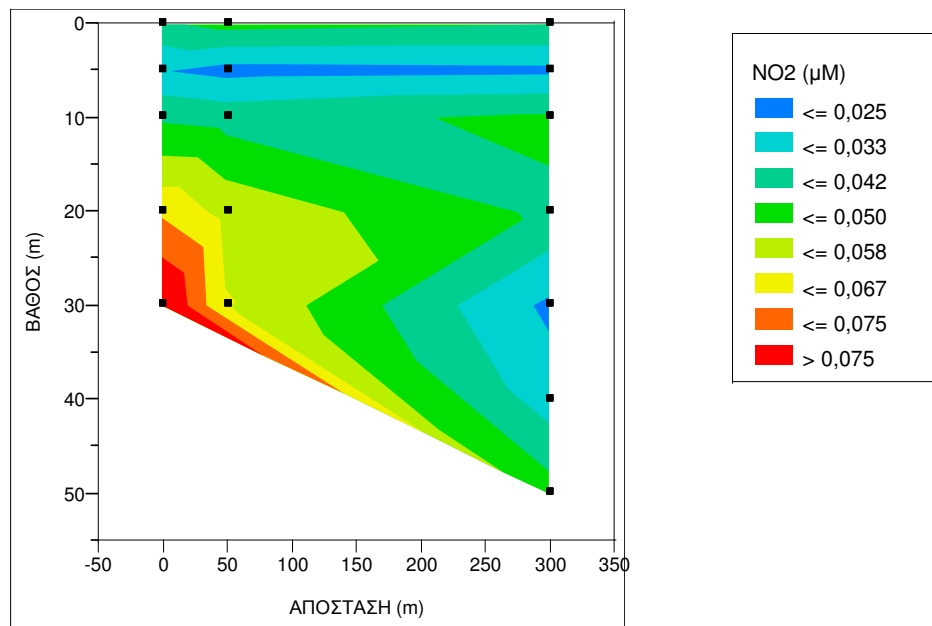
Σχήμα 5.14: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS.



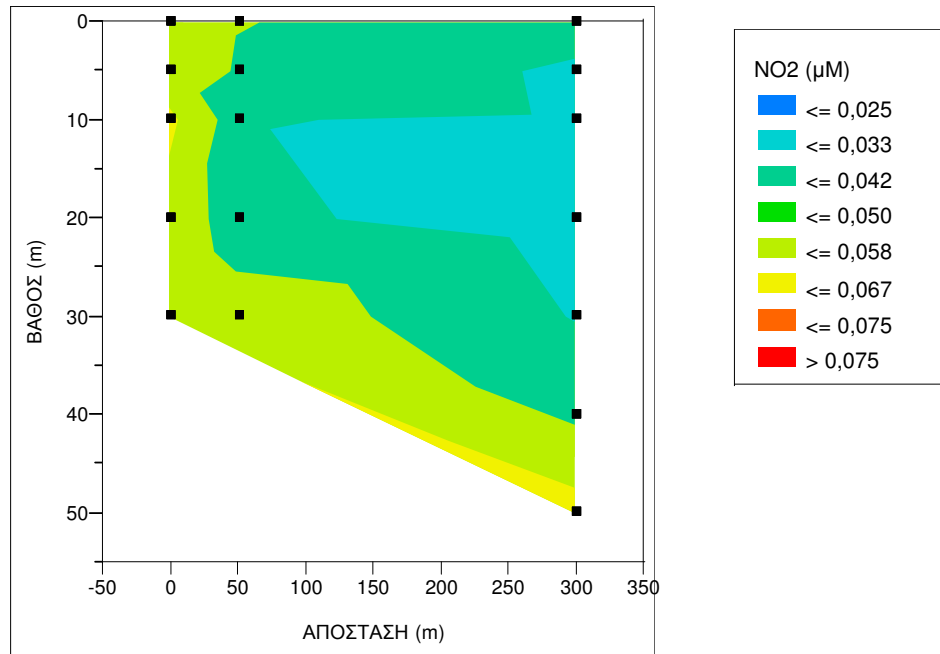
Σχήμα 5.15: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS.



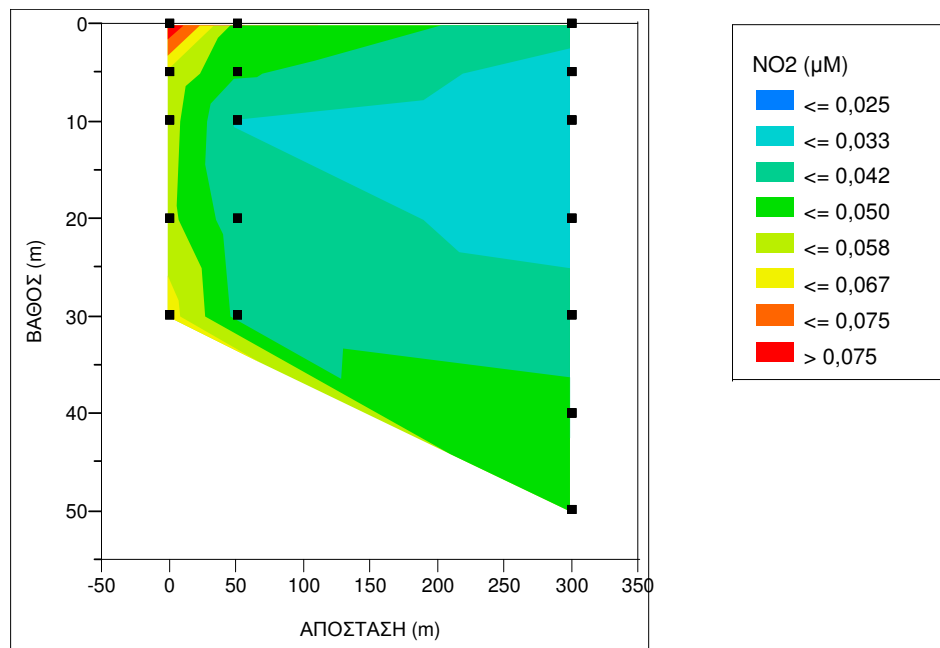
Σχήμα 5.16: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρωδών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS.



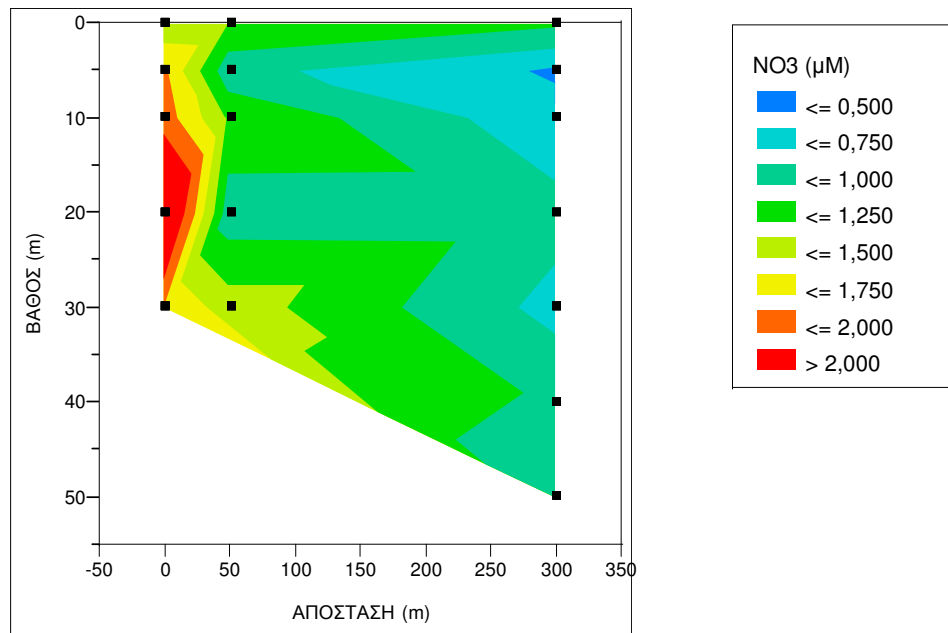
Σχήμα 5.17: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρωδών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS.



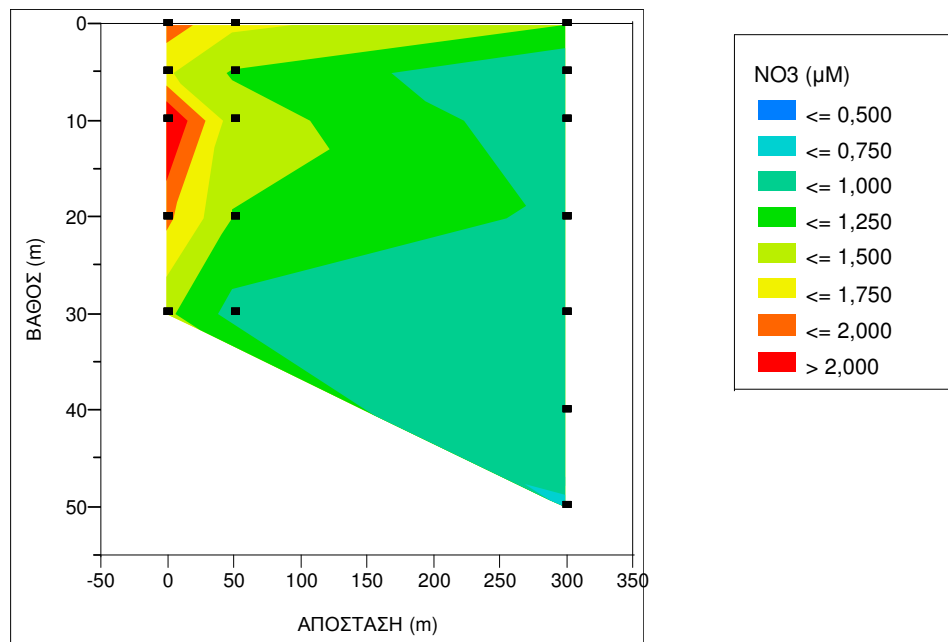
Σχήμα 5.18: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS.



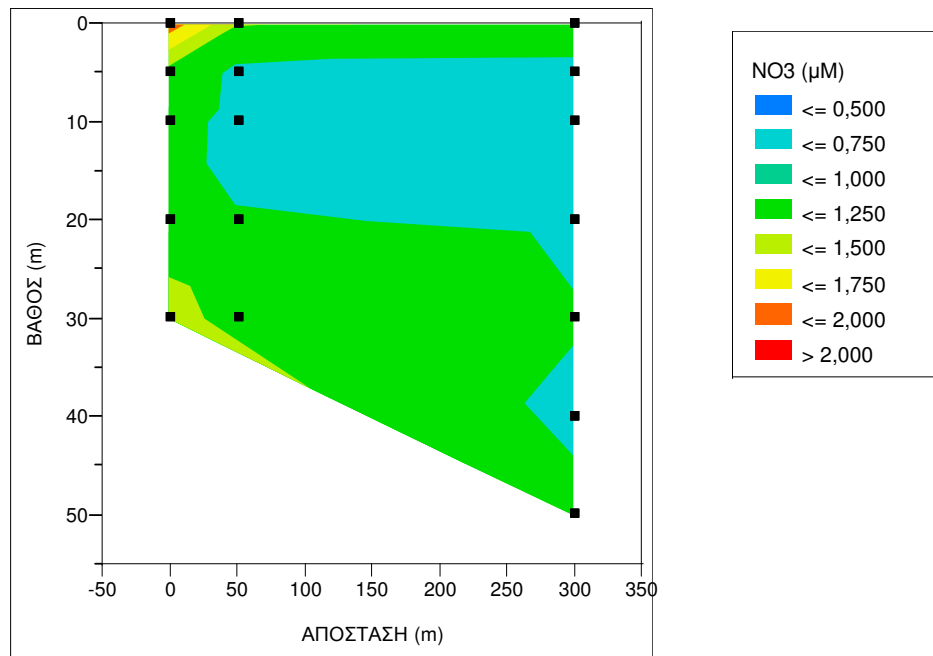
Σχήμα 5.19: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS.



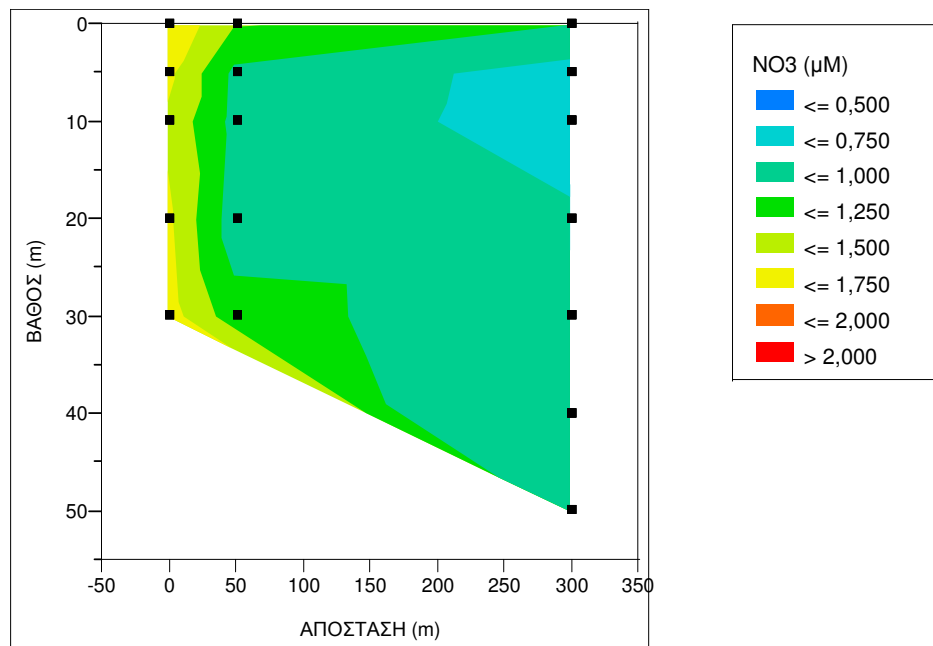
Σχήμα 5.20: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS.



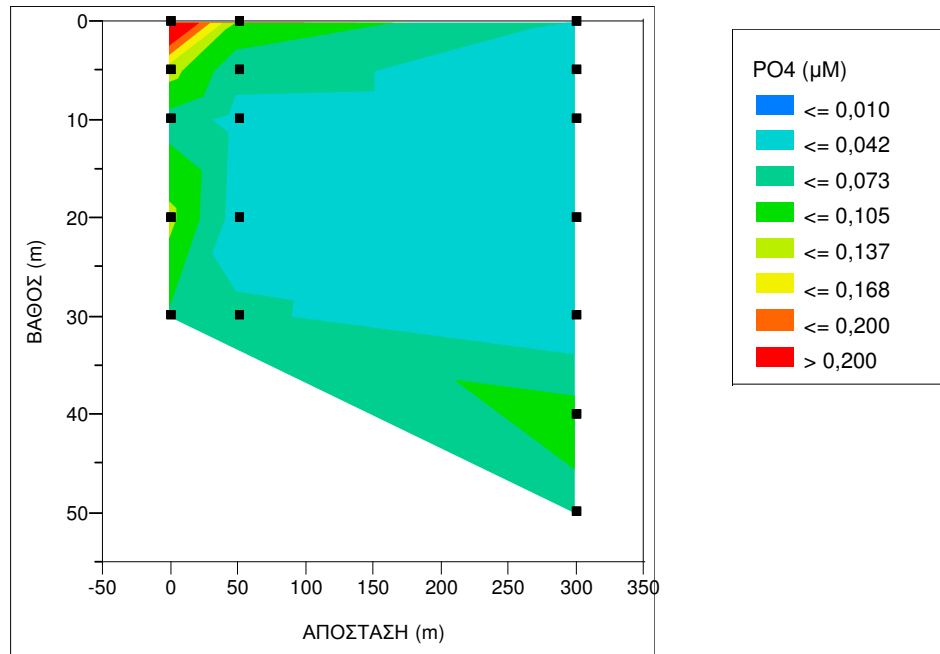
Σχήμα 5.21: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS.



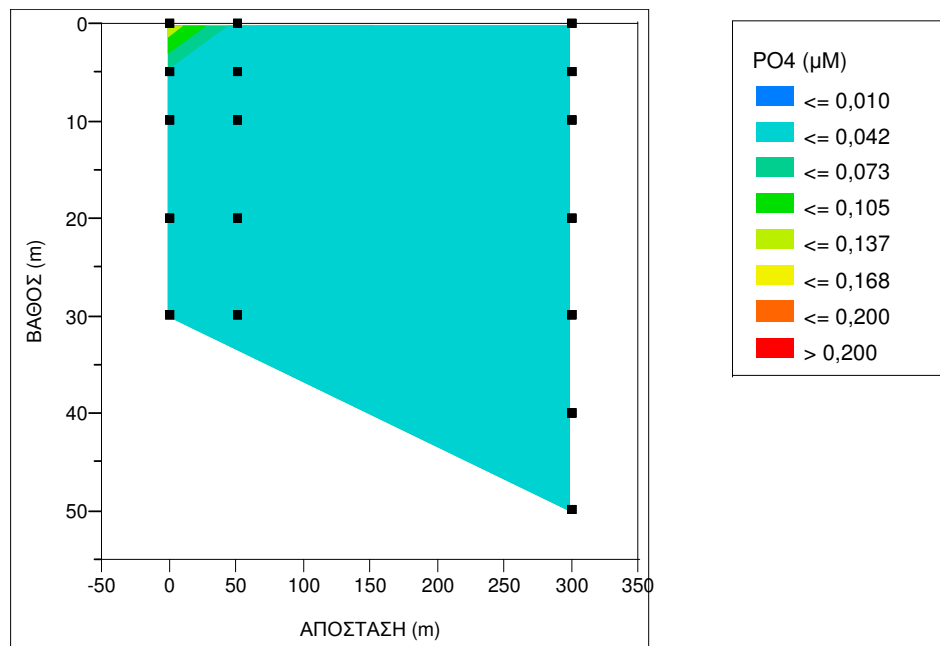
Σχήμα 5.22: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS.



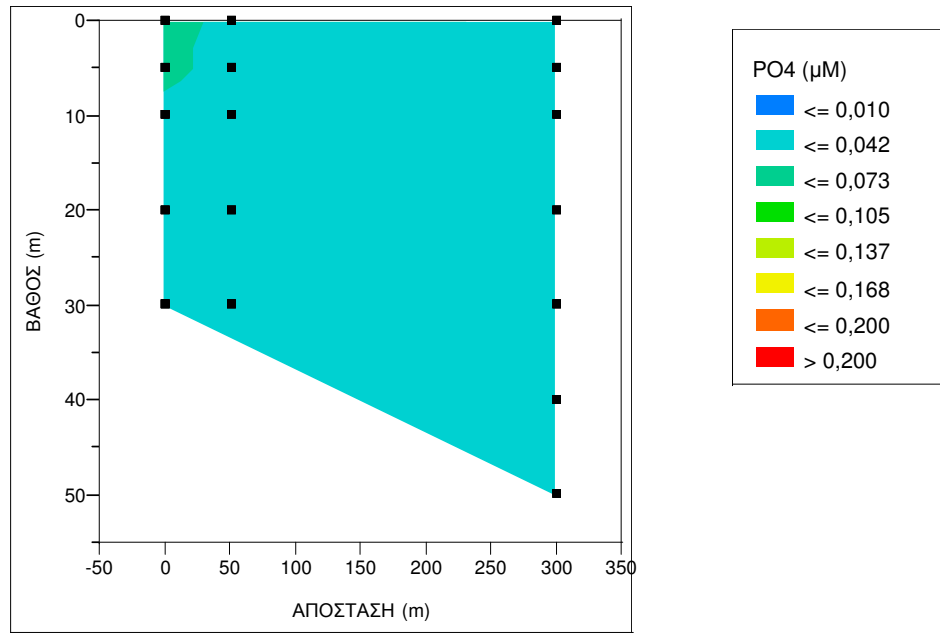
Σχήμα 5.23: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS.



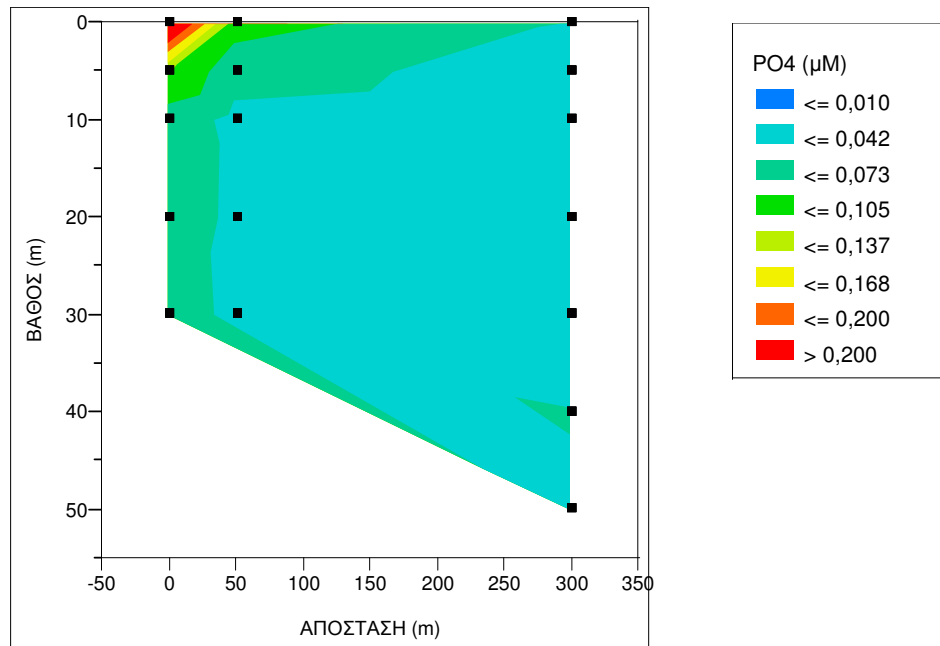
Σχήμα 5.24: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS.



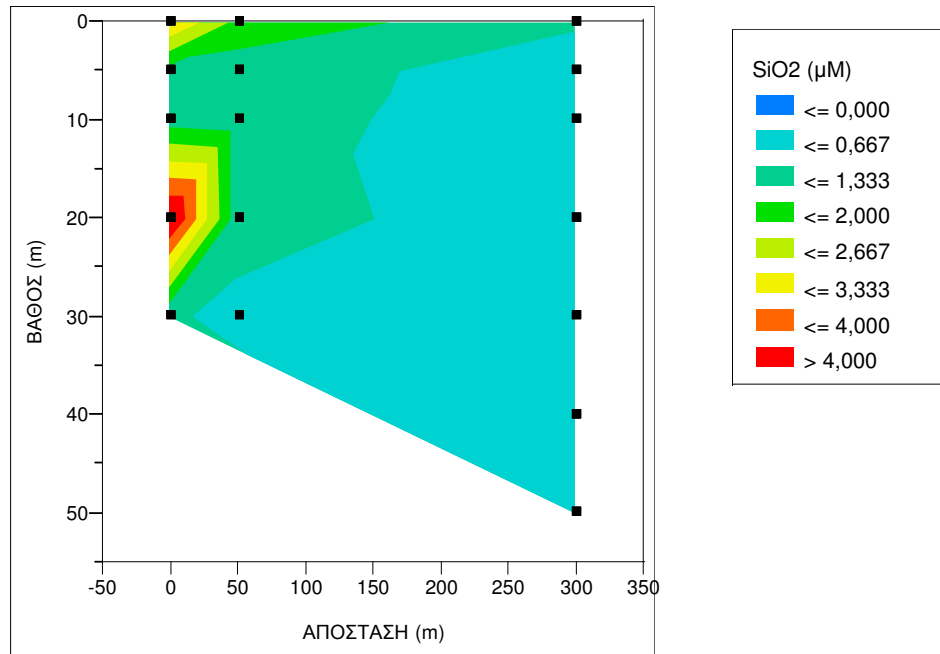
Σχήμα 5.25: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS.



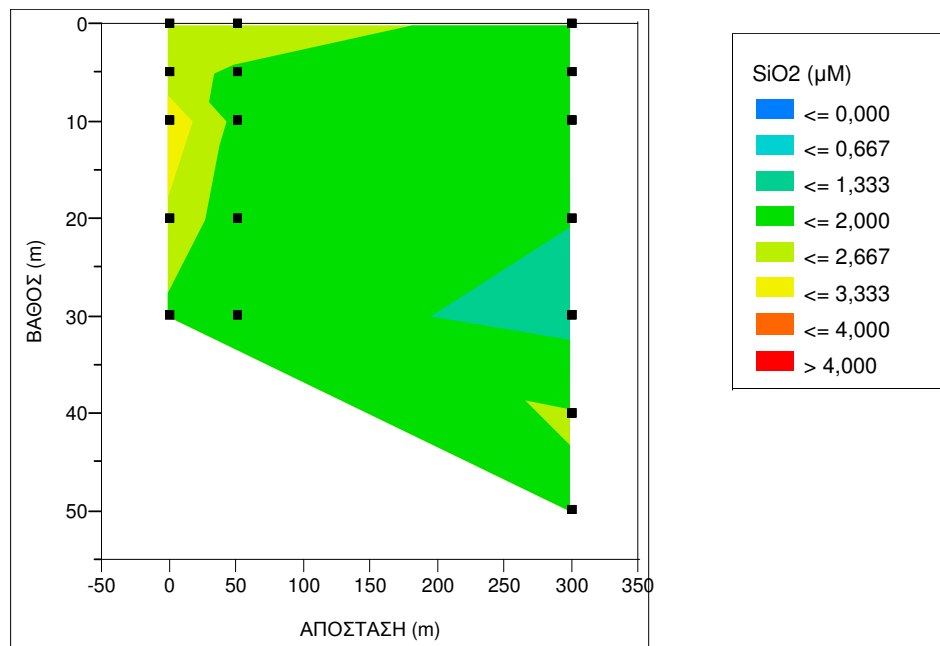
Σχήμα 5.26: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS.



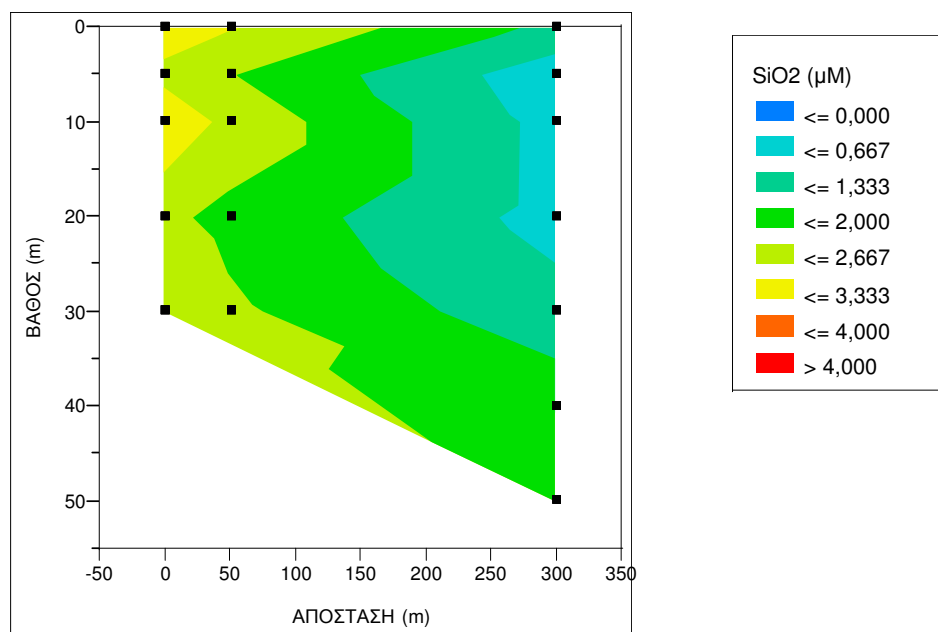
Σχήμα 5.27: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS.



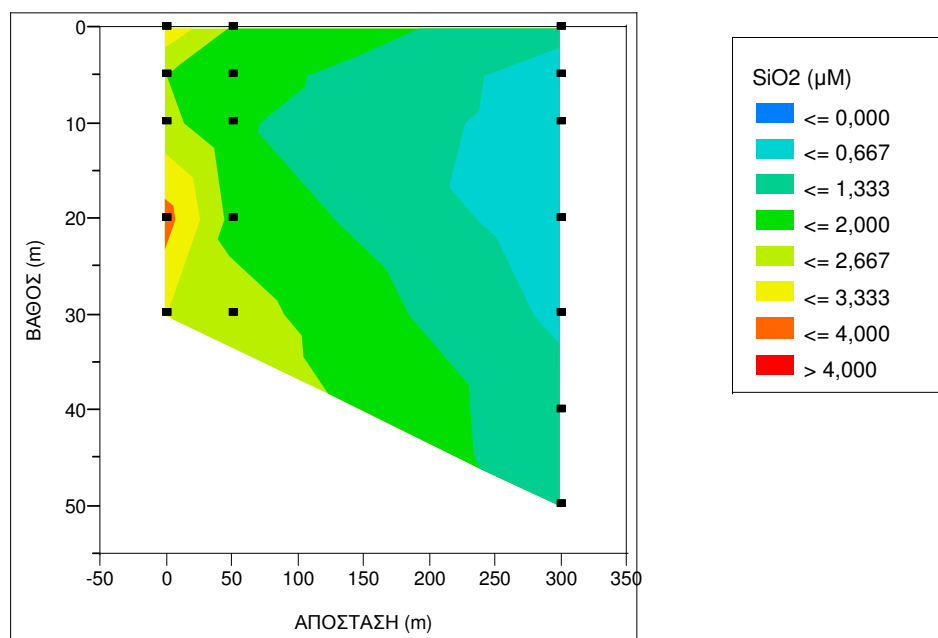
Σχήμα 5.28: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS.



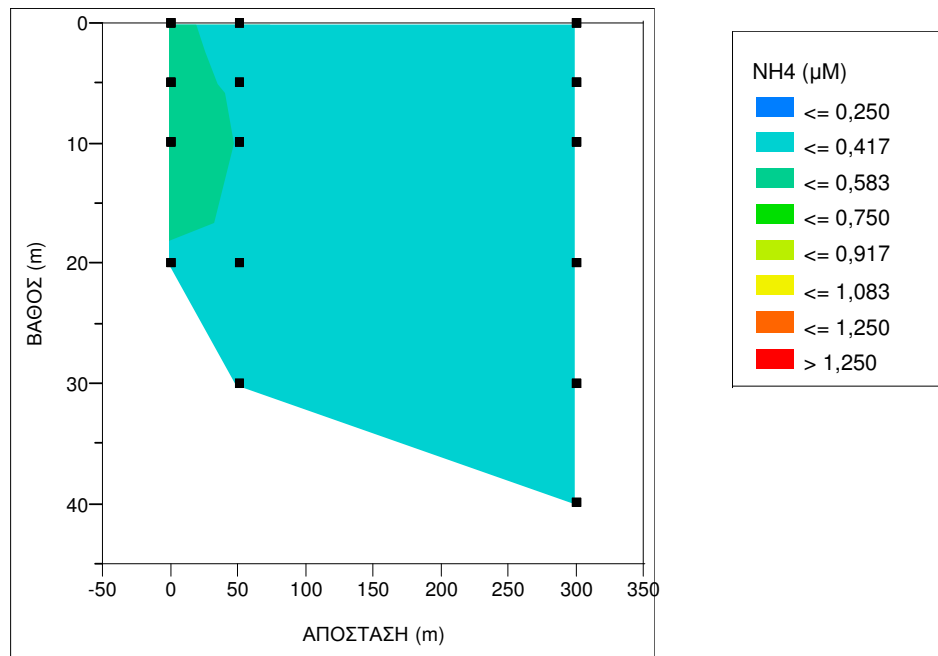
Σχήμα 5.29: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή AS.



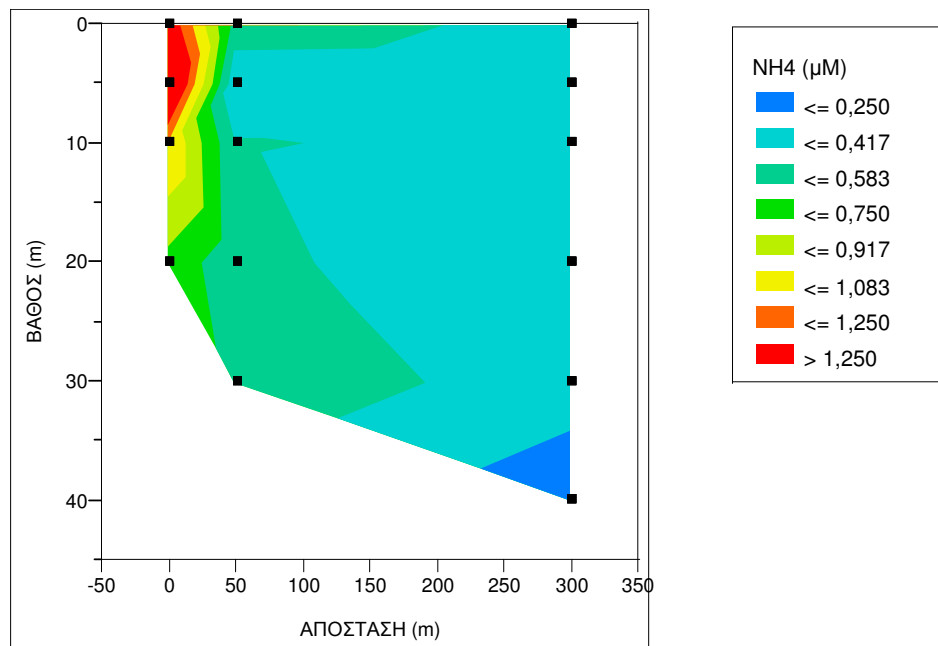
Σχήμα 5.30: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS.



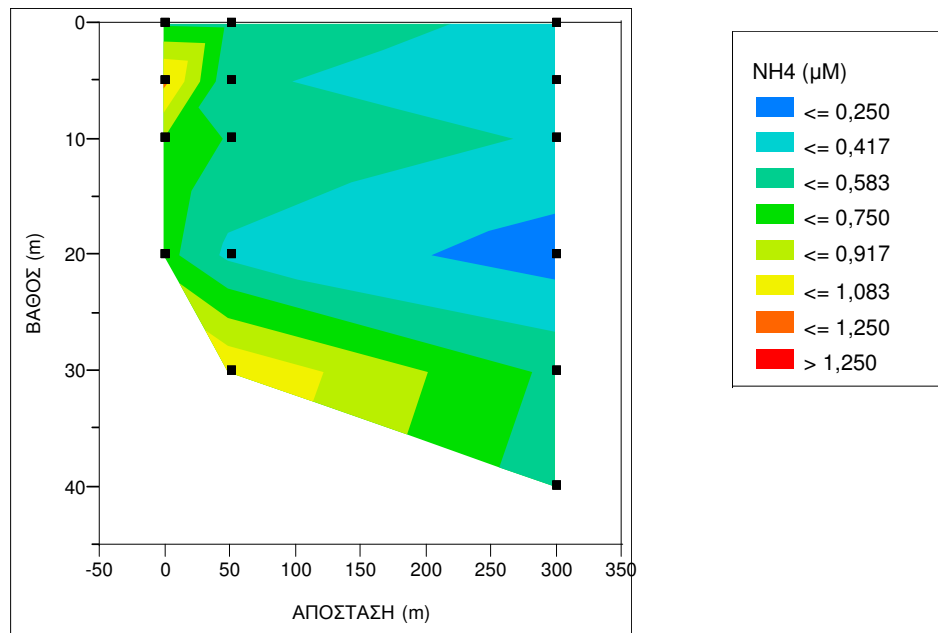
Σχήμα 5.31: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή AS.



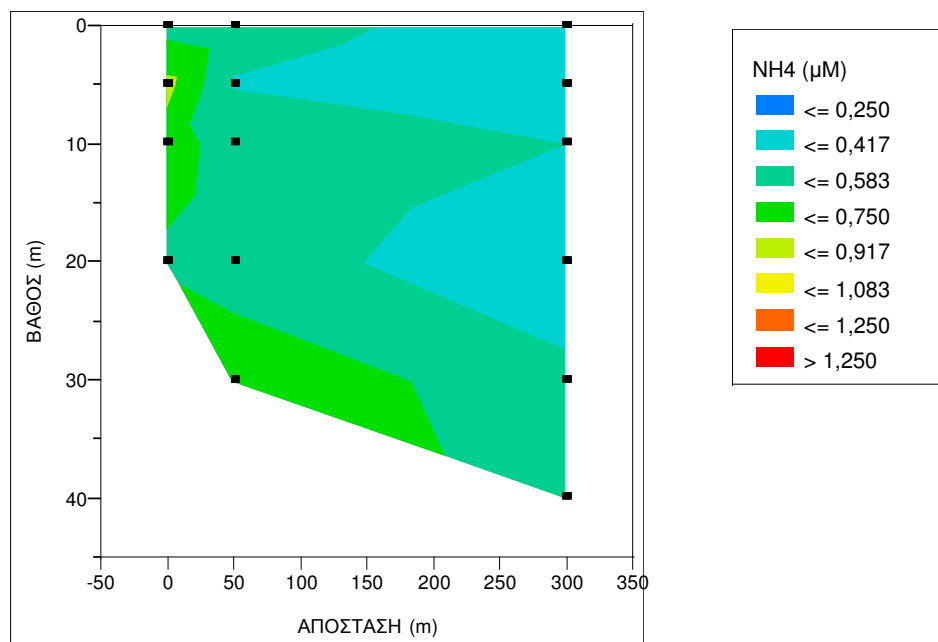
Σχήμα 5.32: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS.



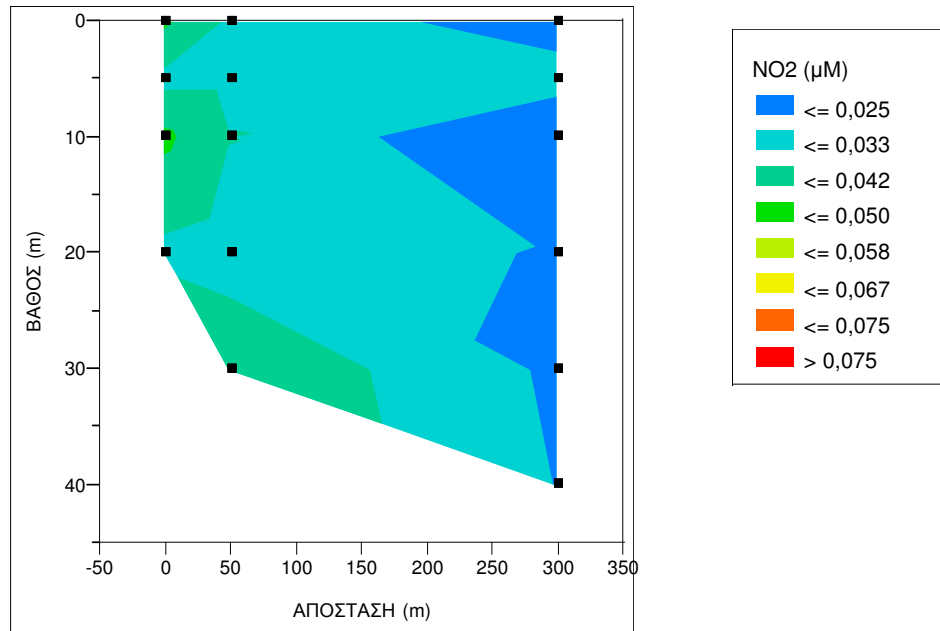
Σχήμα 5.33: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS.



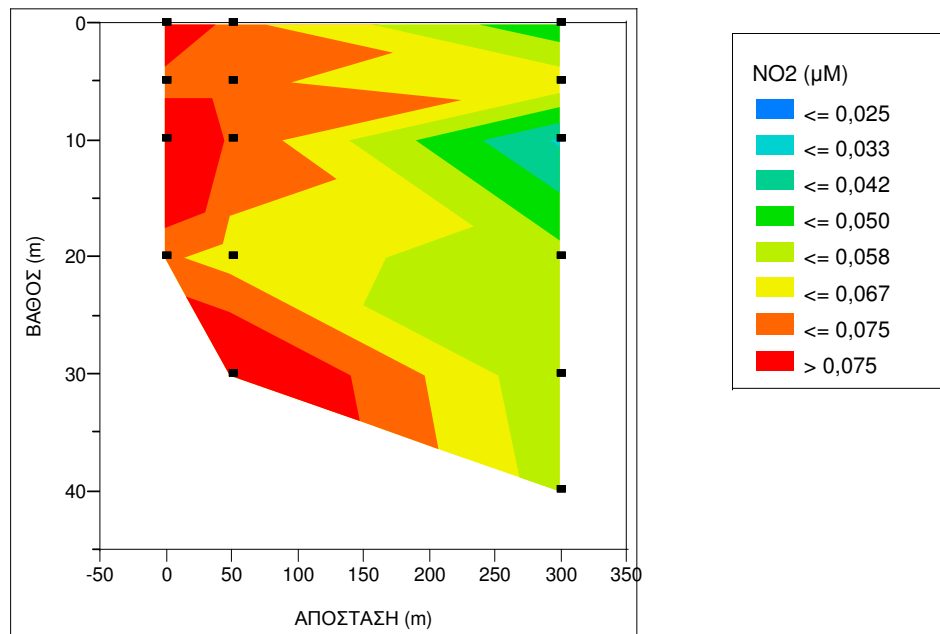
Σχήμα 5.34: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS.



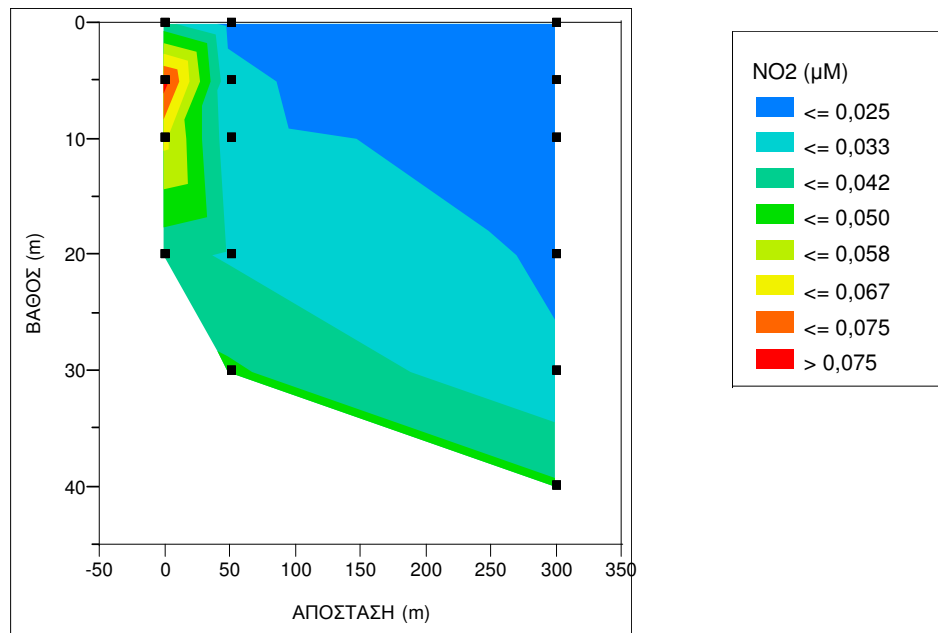
Σχήμα 5.35: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS.



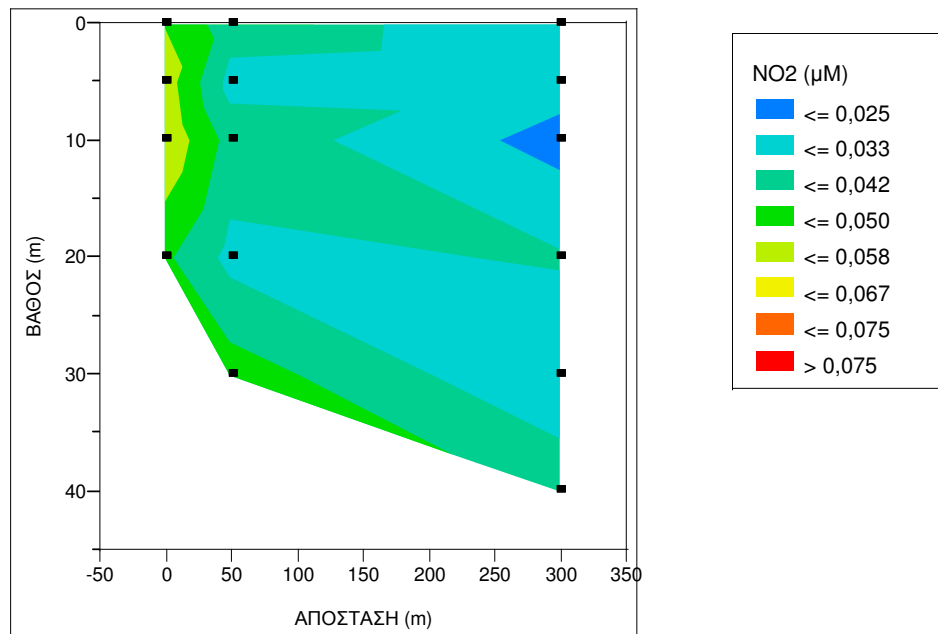
Σχήμα 5.36: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS.



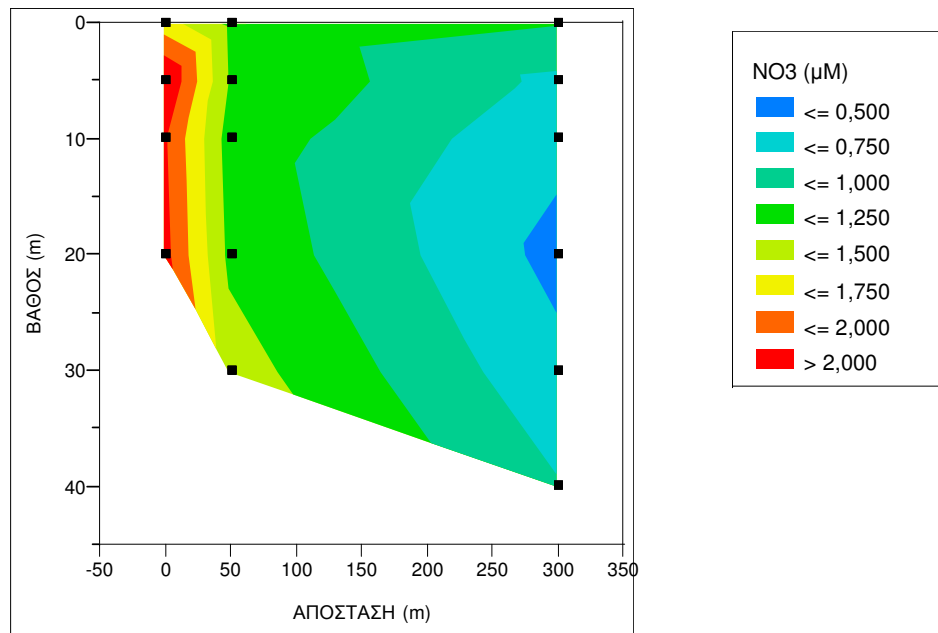
Σχήμα 5.37: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS.



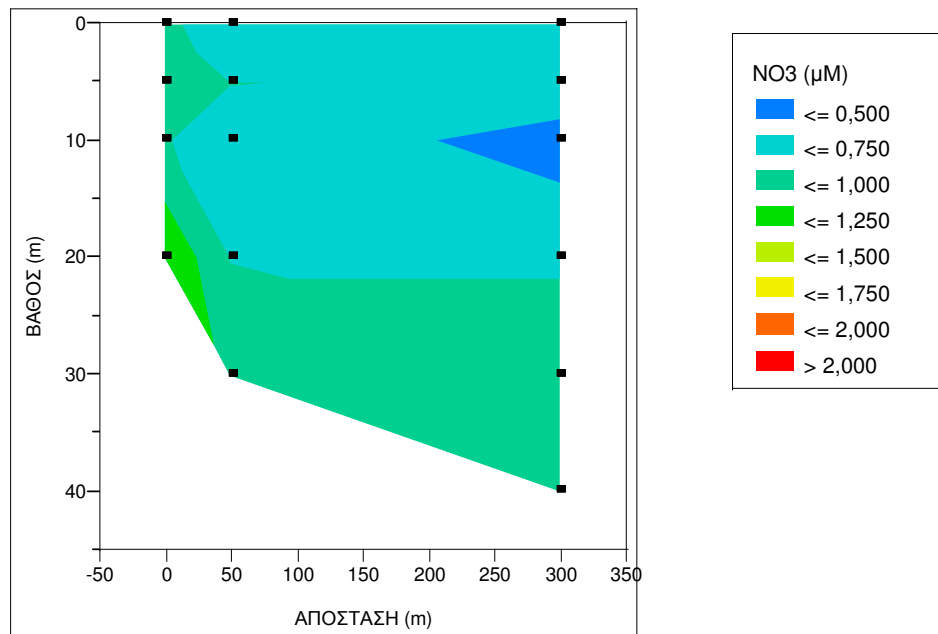
Σχήμα 5.38: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρωδών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS.



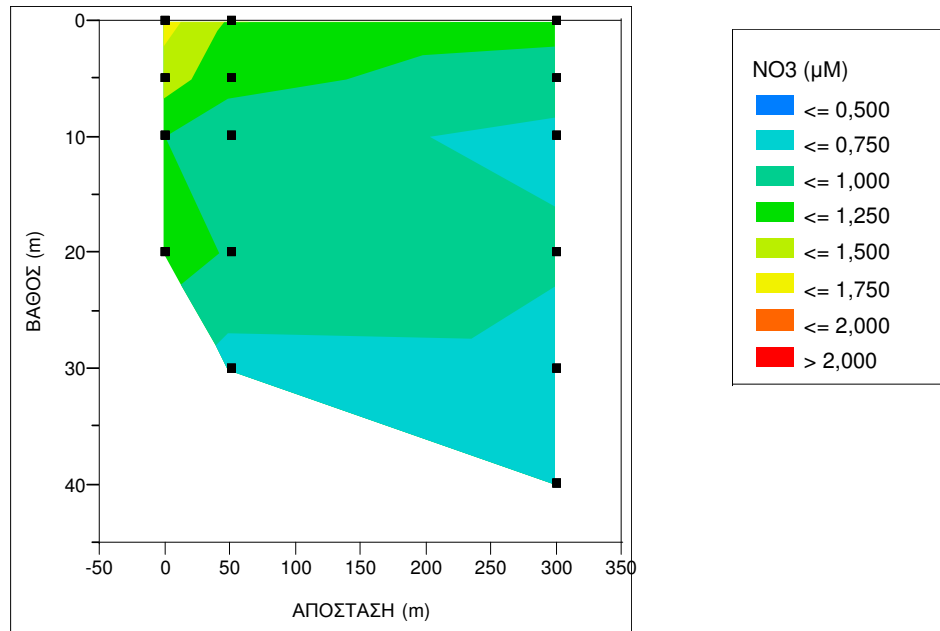
Σχήμα 5.39: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρωδών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS.



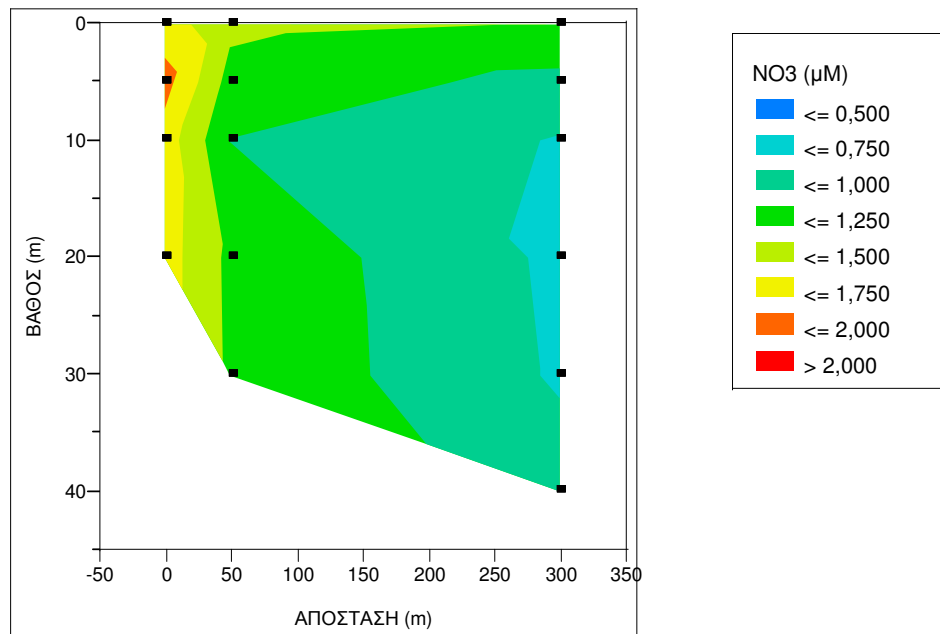
Σχήμα 5.40: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS.



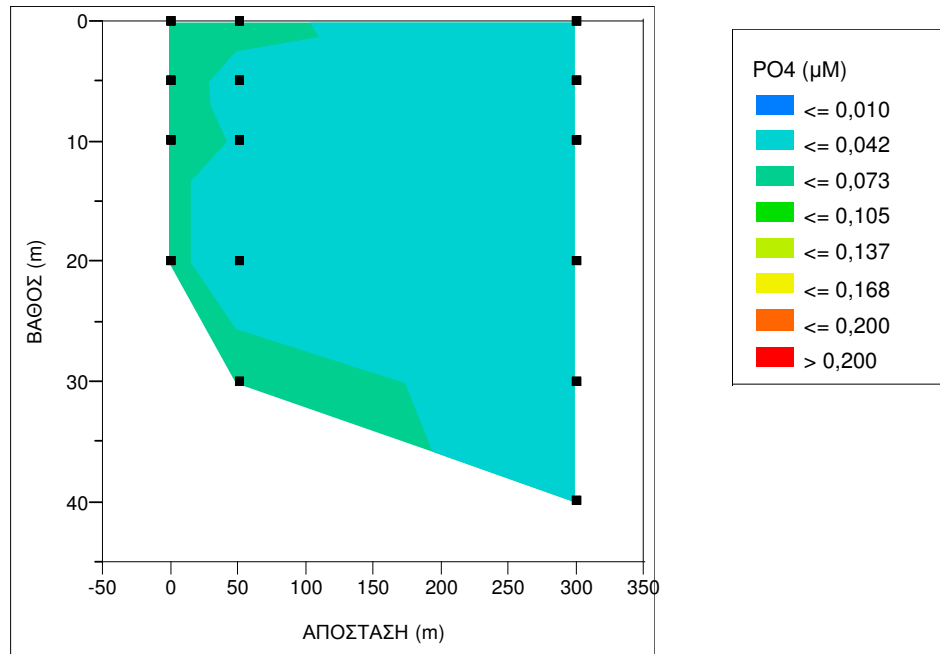
Σχήμα 5.41: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS.



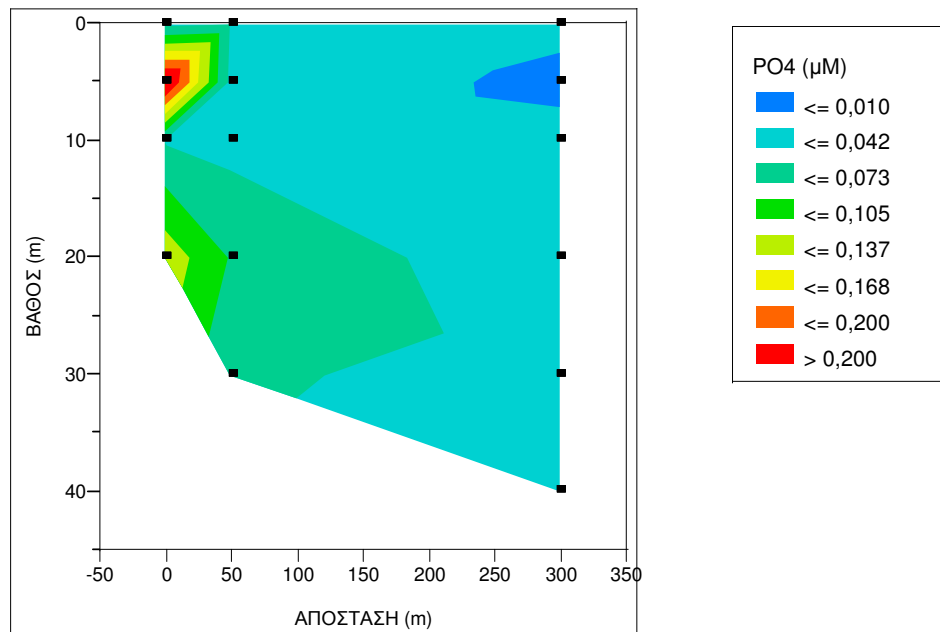
Σχήμα 5.42: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS.



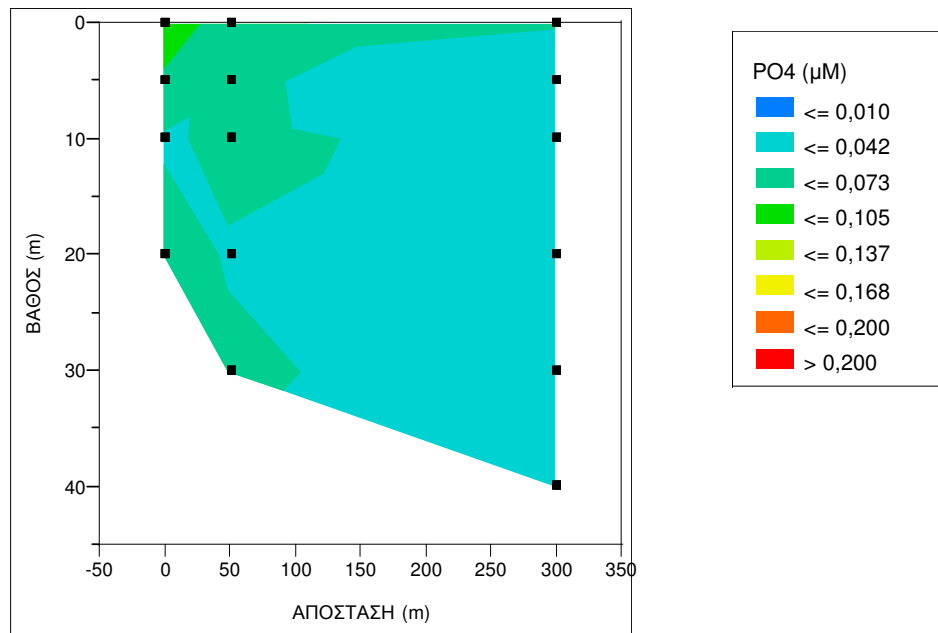
Σχήμα 5.43: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των νιτρικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS.



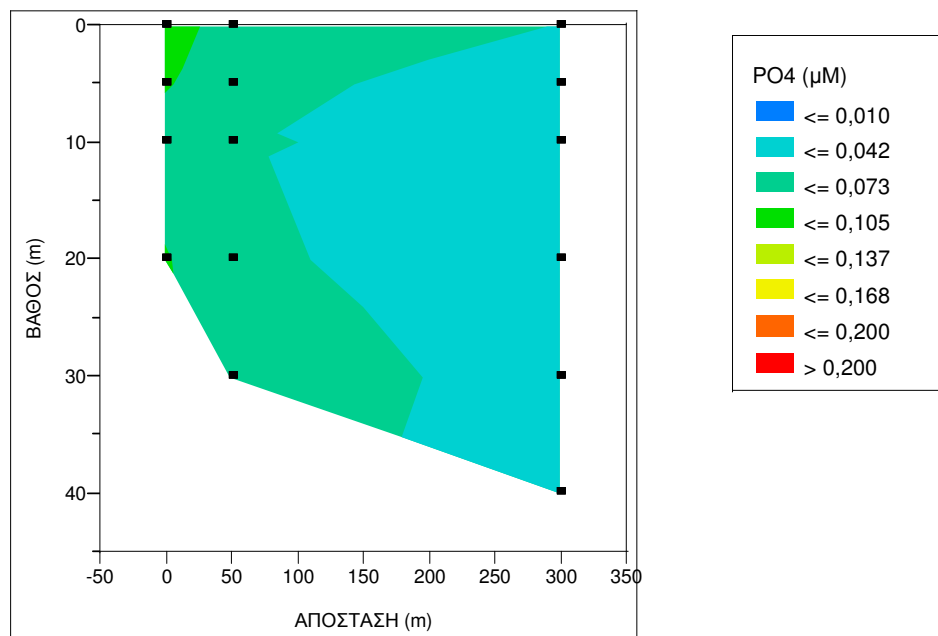
Σχήμα 5.44: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS.



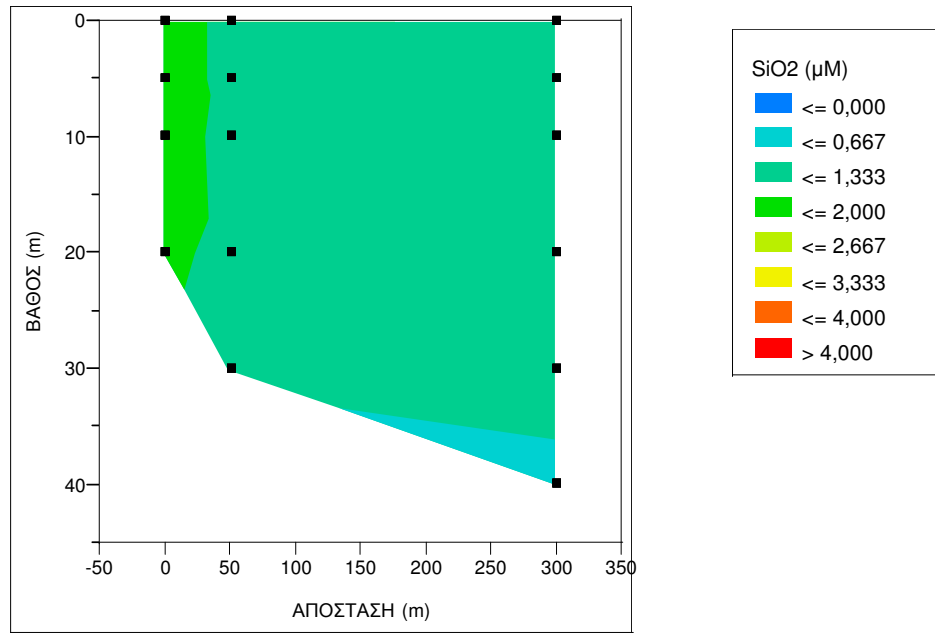
Σχήμα 5.45: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS.



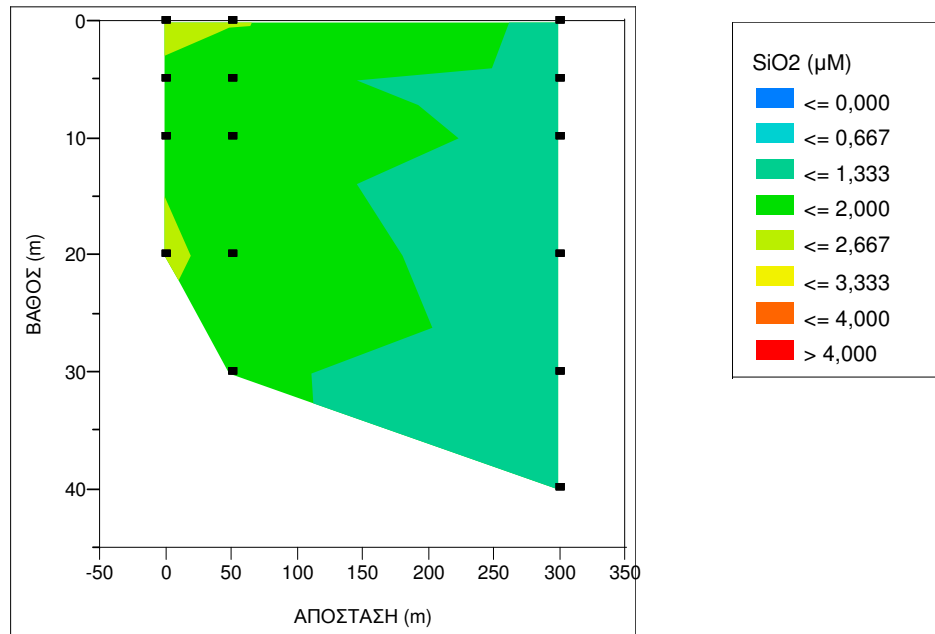
Σχήμα 5.46: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS.



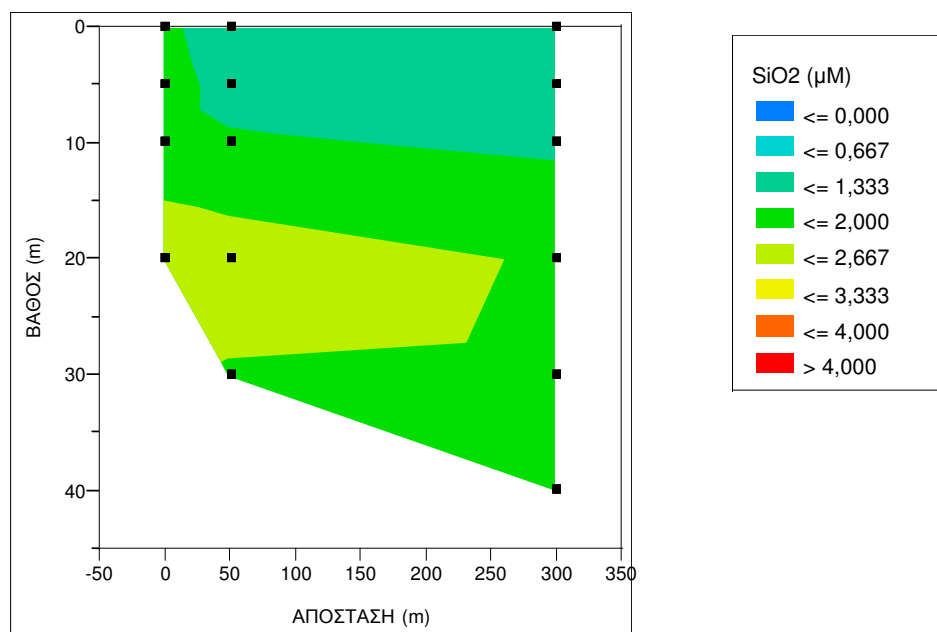
Σχήμα 5.47: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των φωσφορικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS.



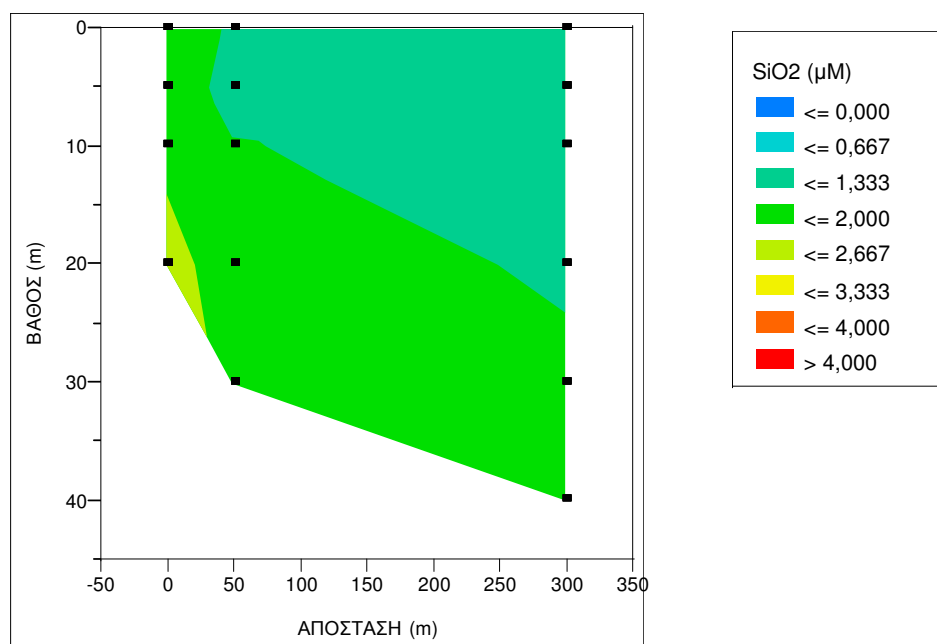
Σχήμα 5.48: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την καλοκαιρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS.



Σχήμα 5.49: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά τη φθινοπωρινή περίοδο του 2004 στην περιοχή BS.



Σχήμα 5.50: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την χειμερινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS.



Σχήμα 5.51: Διάγραμμα κατανομής των συγκεντρώσεων των πυριτικών μετά του βάθους και της απόστασης από το κέντρο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών κατά την εαρινή περίοδο του 2005 στην περιοχή BS.

Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις θρεπτικών, σε όλες τις εποχές, εμφανίζονται στους σταθμούς AS1 και BS1 που βρίσκονται στο κέντρο των δύο μονάδων από όπου και παρατηρείται μία στατιστικώς σημαντική σταδιακή μείωση, όσο πλησιάζουμε προς τους σταθμούς μάρτυρες των δύο περιοχών (AS3 και BS3) σε όλα τα βάθη της υδάτινης στήλης. Συγκεκριμένα για την περιοχή AS:

$$\text{NH}_4: F_{320, 0,05}=4,110, p<0,001$$

$$\text{NO}_2: F_{320, 0,05}=16,118, p<0,001$$

$$\text{NO}_3: F_{320, 0,05}=8,684, p<0,001$$

$$\text{PO}_4: F_{320, 0,05}=36,046, p<0,001$$

$$\text{SiO}_2: F_{320, 0,05}=12,335, p<0,001$$

Για την περιοχή BS:

$$\text{NH}_4: F_{282, 0,05}=9,119, p<0,001$$

$$\text{NO}_2: F_{282, 0,05}=15,692, p<0,001$$

$$\text{NO}_3: F_{282, 0,05}=4,972, p<0,001$$

$$\text{PO}_4: F_{282, 0,05}=7,116, p<0,001$$

$$\text{SiO}_2: F_{282, 0,05}=8,283, p<0,001$$

Όσον αφορά τα αμμωνιακά οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου για την περιοχή AS με μέγιστη τιμή 1,49 μM NH_4 σε βάθος 5 m στο σταθμό AS1 (Πιν. 5.2, Σχ. 5.14) και το φθινόπωρο για την περιοχή BS με μέγιστη τιμή 1,63 μM NH_4 σε βάθος 1-10 m στο σταθμό BS1 (Πιν. 5.2, Σχ. 5.33). Επίσης, στο σταθμό AS1 κατά την φθινοπωρινή περίοδο καταγράφηκαν σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακών σε όλη την υδάτινη στήλη (Σχ. 5.13). Γενικά, παρατηρήθηκε ότι

οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών μειώνονται με την αύξηση του βάθους (Σχ. 5.12-5.15 και 5.32-5.35).

Η μέγιστη τιμή νιτρωδών (NO_2) που καταγράφηκε ήταν $0,09 \mu\text{M}$ και για τις δύο περιοχές έρευνας (Πιν. 5.2). Από τα διαγράμματα κατακόρυφων κατανομών των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων, παρατηρήθηκε ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρωδών για την περιοχή AS καταγράφηκαν στο σταθμό AS1, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους εκτός από το χειμώνα, κυρίως στα επιφανειακά και στα βαθύτερα στρώματα του πυθμένα (Σχ. 5.16, 5.17 και 5.19). Για την άλλη περιοχή έρευνας, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρωδών καταγράφηκαν στους σταθμούς BS1 και BS2 κατά την φθινοπωρινή περίοδο σε όλο το βάθος της υδάτινης στήλης και σε απόσταση μέχρι και 225 m από τον πρώτο σταθμό (Σχ. 5.37).

Η μέγιστη συγκέντρωση νιτρικών που καταγράφηκε στην περιοχή AS ήταν $2,57 \mu\text{M NO}_3$, ενώ στην περιοχή BS ήταν $2,28 \mu\text{M NO}_3$ (Πιν. 5.2). Από τα διαγράμματα κατακόρυφων κατανομών των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων, παρατηρήθηκε ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρικών για την περιοχή AS καταγράφηκαν στο σταθμό AS1, κατά την καλοκαιρινή και τη φθινοπωρινή περίοδο σε βάθη $5\text{-}30 \text{ m}$ και $0\text{-}20 \text{ m}$, αντίστοιχα (Σχ. 5.20 και 5.21). Για την άλλη περιοχή έρευνας, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρικών καταγράφηκαν στο σταθμό BS1 κατά την καλοκαιρινή περίοδο σε όλο σχεδόν το βάθος της υδάτινης στήλης (Σχ. 5.40).

Στην περιοχή AS οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φωσφορικών καταγράφηκαν το καλοκαίρι σε αντίθεση με την περιοχή BS όπου οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις καταγράφηκαν κατά τη φθινοπωρινή περίοδο με μέγιστες τιμές $0,28 \mu\text{M PO}_4$ και $0,25 \mu\text{M PO}_4$, αντίστοιχα (Πιν. 5.3). Επίσης,

από τα διαγράμματα κατακόρυφων κατανομών των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων, παρατηρήθηκε ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φωσφορικών για την περιοχή AS καταγράφηκαν στο σταθμό AS1, κατά την καλοκαιρινή και την εαρινή περίοδο στα επιφανειακά κυρίως στρώματα (Σχ. 5.24 και 5.27), ενώ για την περιοχή BS, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φωσφορικών καταγράφηκαν στο σταθμό BS1 κατά την φθινοπωρινή περίοδο και σε βάθος 5 m (Σχ. 5.45).

Οι συγκεντρώσεις των πυριτικών ήταν χαμηλές και στις δύο περιοχές έρευνας με τις μικρότερες τιμές να καταγράφονται στην περιοχή BS. Οι μέγιστες τιμές που καταγράφηκαν ήταν 4,89 και 2,43 $\mu\text{M SiO}_2$, αντίστοιχα (Πιν. 5.3 και 5.10). Από τα διαγράμματα κατακόρυφων κατανομών των συγκεντρώσεων των πυριτικών αλάτων, παρατηρούμε ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις τους εμφανίστηκαν στο σταθμό AS1 κατά την καλοκαιρινή και την εαρινή περίοδο στα βαθύτερα στρώματα κοντά στον πυθμένα. Γενικά, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των πυριτικών εμφανίστηκαν στην περιοχή AS.

5.1.1.3. Ρυθμός ιζηματοαπόθεσης αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα

Οι τιμές του ρυθμού ιζηματοαπόθεσης στις δύο περιοχές έρευνας δίνονται στους Πίνακες 5.4 και 5.5. Στην περιοχή AS, η ολική ροή κάτω από τους ιχθυοκλωβούς κυμαίνεται από 6,51-8,88 $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$, ενώ η ροή του οργανικού άνθρακα κυμαίνεται από 0,74-0,84 $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$. Το ποσοστό του οργανικού άνθρακα κυμαίνεται από 9,46-11,37%. Οι αντίστοιχες τιμές για τον σταθμό AS3 είναι 3,73 $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$, 0,23 $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$ και 6,17%. Στην περιοχή BS, η ολική ροή κάτω από τους ιχθυοκλωβούς κυμαίνεται από 7,33-12,71 $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$.

$\text{m}^{-2} \text{day}^{-1}$, ενώ η ροή του οργανικού άνθρακα κυμαίνεται από 1,46-2,60 $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$. Το ποσοστό του οργανικού άνθρακα είναι περίπου 20%. Οι αντίστοιχες τιμές για τον σταθμό BS3 είναι 4,45 $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$, 0,57 $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$ και 12,81%.

5.1.2. Ίζημα

5.1.2.1. Κοκκομετρική ανάλυση

Η κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος στους σταθμούς των δύο περιοχών έρευνας δίνεται στους Πίνακες 5.6 και 5.7, καθώς και στα Σχήματα 5.52 και 5.53.

5.1.2.2. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας

Η εποχιακή διακύμανση των ποσοστών του περιεχόμενου οργανικού υλικού (ΟΥ) και οργανικού άνθρακα (ΟΑ), καθώς και ο λόγος αυτών (ΟΑ:ΟΥ) στα ιζήματα όλων των σταθμών έρευνας δίνεται στον Πίνακα 5.8 και στα Σχήματα 5.54-5.59.

Το ποσοστό του οργανικού υλικού στην περιοχή AS κυμαίνεται από 2,03-7,73%, ενώ στην περιοχή BS κυμαίνεται από 8,85-18,30%. Το ποσοστό του οργανικού άνθρακα κυμαίνεται από 0,21-1,58% και 1,52-4,21%, αντίστοιχα.

Ο λόγος οργανικού άνθρακα και οργανικού υλικού στο ίζημα της περιοχής AS κυμαίνεται από 0,10-0,21 και στην περιοχή BS από 0,14-0,25. Το μεγαλύτερο ποσοστό οργανικού άνθρακα έναντι του οργανικού υλικού είναι 25% και καταγράφηκε κατά την καλοκαιρινή περίοδο στο σταθμό BS1. Το αντίστοιχο ποσοστό για την περιοχή AS είναι 21% και καταγράφηκε κατά την ίδια περίοδο στο σταθμό AS1.

Πίνακας 5.4. Ρυθμός ιζηματοαπόθεσης σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα στην περιοχή AS.

A/A	Ημερ.	Σταθμός	Διάρκεια (ημέρες)	Βάθος (m)	Ολικό βάρος (g)	Ολική ροή ($\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$)	Ποσοστό οργ. άνθρακα (%)	Ροή οργ. άνθρακα ($\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$)
1	11-26/10/05	AS1	15	12,5	1,81	8,88	9,46	0,84
2	11-26/10/05	AS1	15	28,5	1,33	6,51	11,37	0,74
3	11-26/10/05	AS3	15	50	0,76	3,73	6,17	0,23

Πίνακας 5.5. Ρυθμός ιζηματοαπόθεσης σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα στην περιοχή BS.

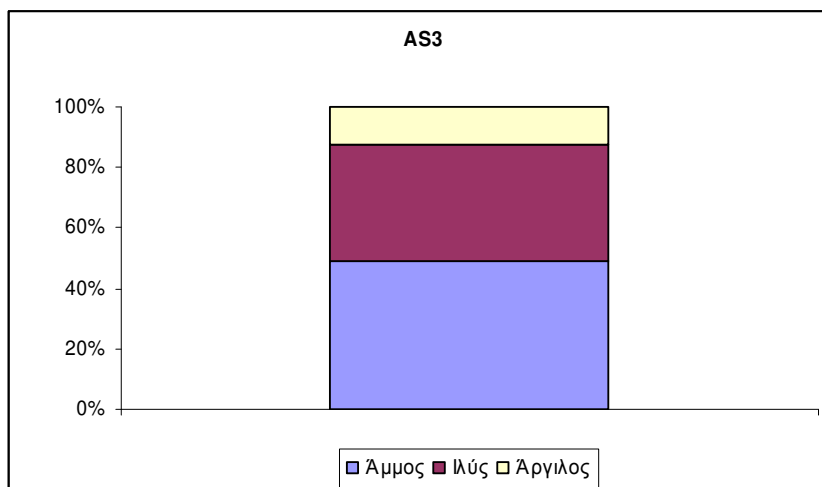
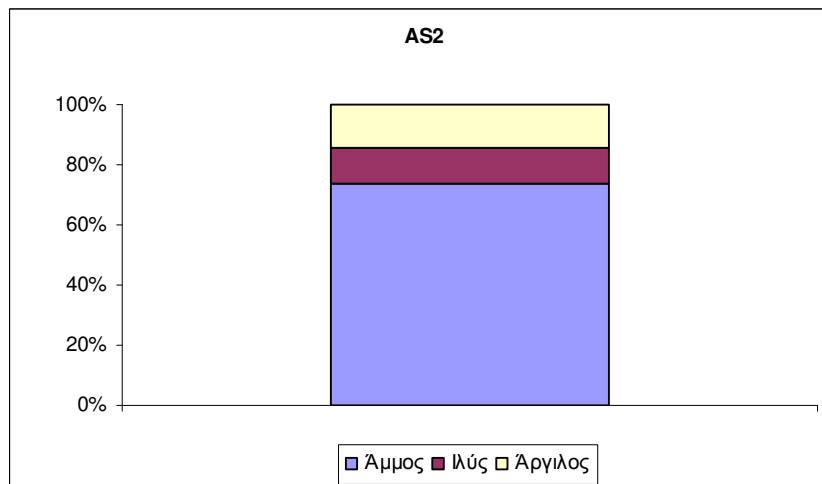
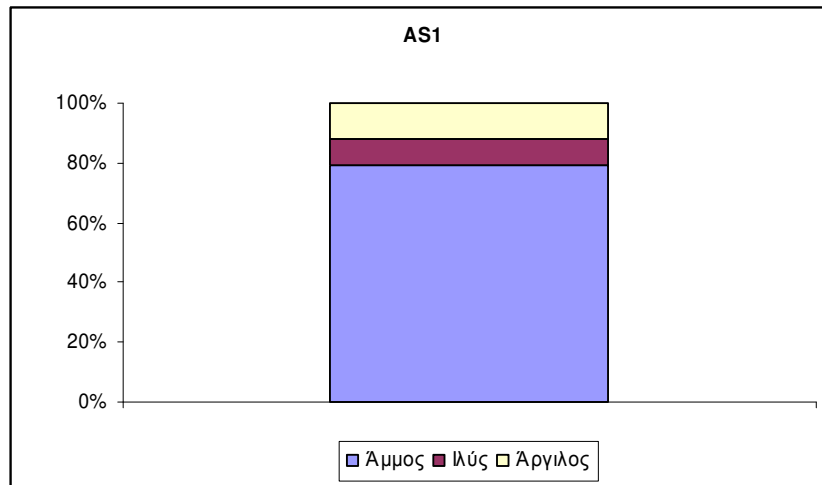
A/A	Ημερ.	Σταθμός	Διάρκεια (ημέρες)	Βάθος (m)	Ολικό βάρος (g)	Ολική ροή ($\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$)	Ποσοστό οργ. άνθρακα (%)	Ροή οργ. άνθρακα ($\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$)
1	11-26/10/04	BS1	15	15	2,60	12,71	20,48	2,60
2	11-26/10/04	BS1	15	28	1,50	7,33	19,98	1,46
3	11-26/10/04	BS3	15	45	0,91	4,45	12,81	0,57

Πίνακας 5.6. Κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος στους σταθμούς της περιοχής AS.

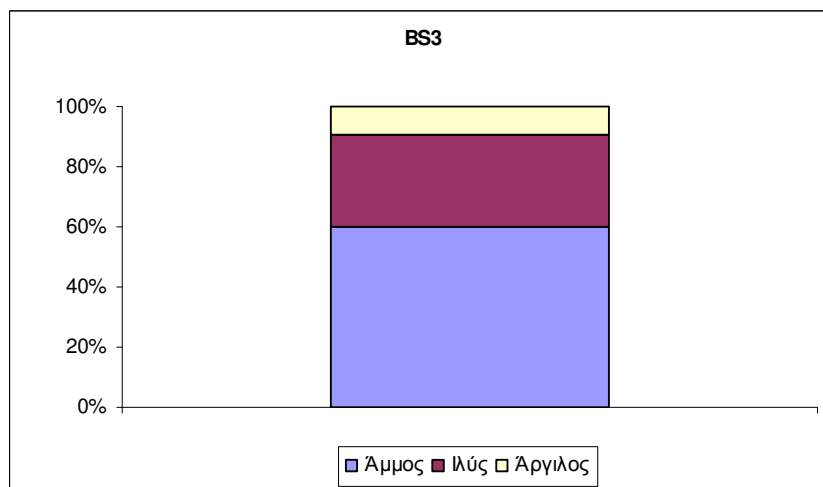
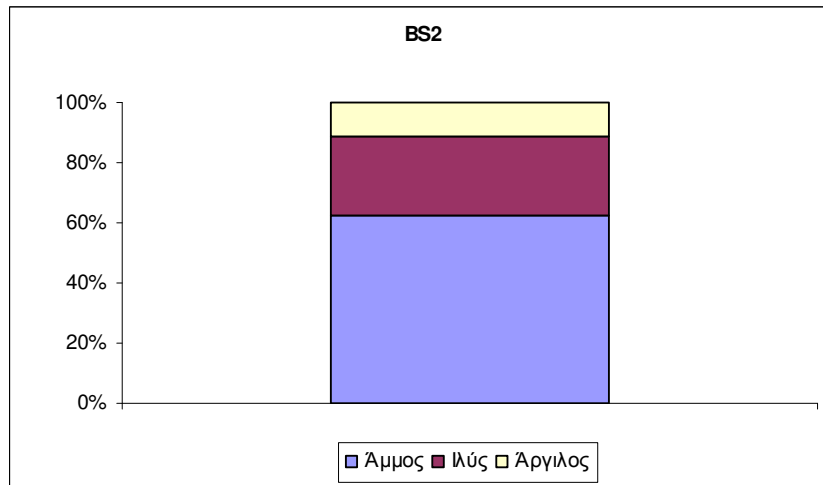
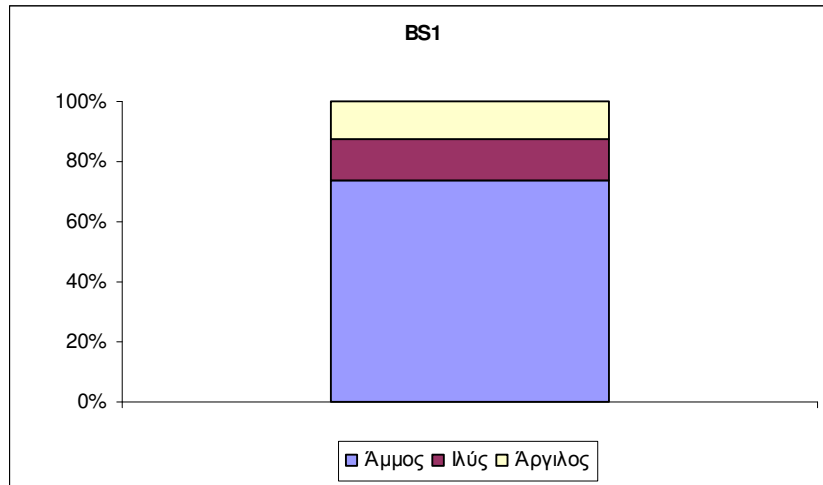
Σταθμός	Βάθος (m)	Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Άργιλος (%)
AS1	33,5	79,4	8,6	12,0
AS2	36	73,4	12,0	14,5
AS3	55	48,9	38,8	12,3

Πίνακας 5.7. Κοκκομετρική σύσταση του ιζήματος στους σταθμούς της περιοχής BS.

Σταθμός	Βάθος (m)	Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Άργιλος (%)
BS1	33	74,0	13,5	12,5
BS2	38	62,3	26,8	11,0
BS3	50	59,9	30,9	9,2



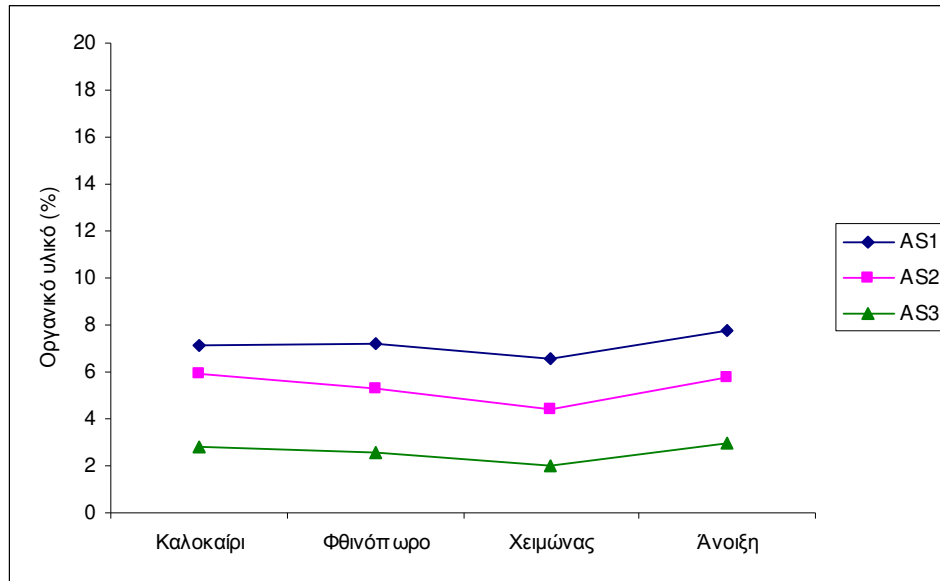
Σχήμα 5.52: Κοκκομετρική σύσταση ιζήματος στους σταθμούς της περιοχής AS.



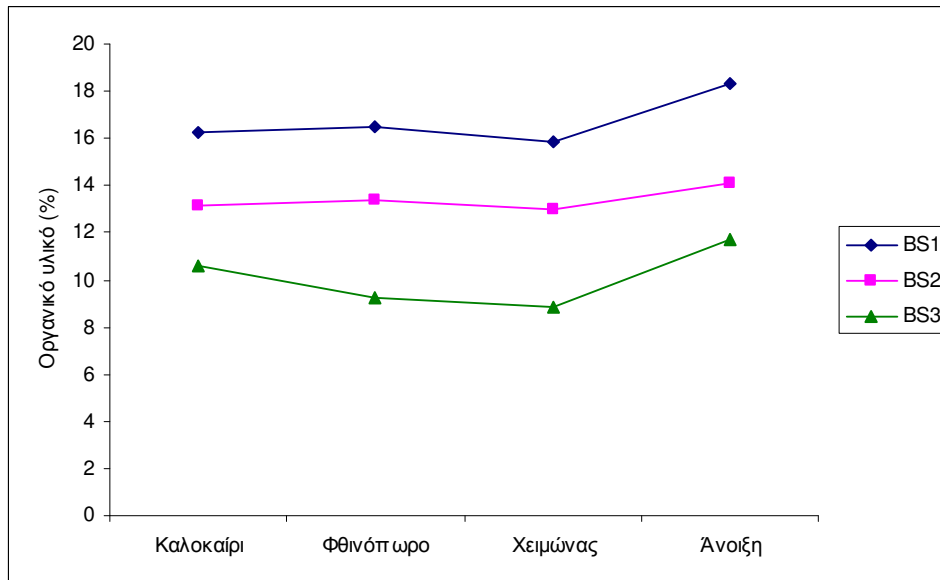
Σχήμα 5.53: Κοκκομετρική σύσταση ιζήματος στους σταθμούς της περιοχής BS.

Πίνακας 5.8. Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα, καθώς και ο λόγος αυτών στο ίζημα των δειγματοληπτικών σταθμών των δύο περιοχών έρευνας.

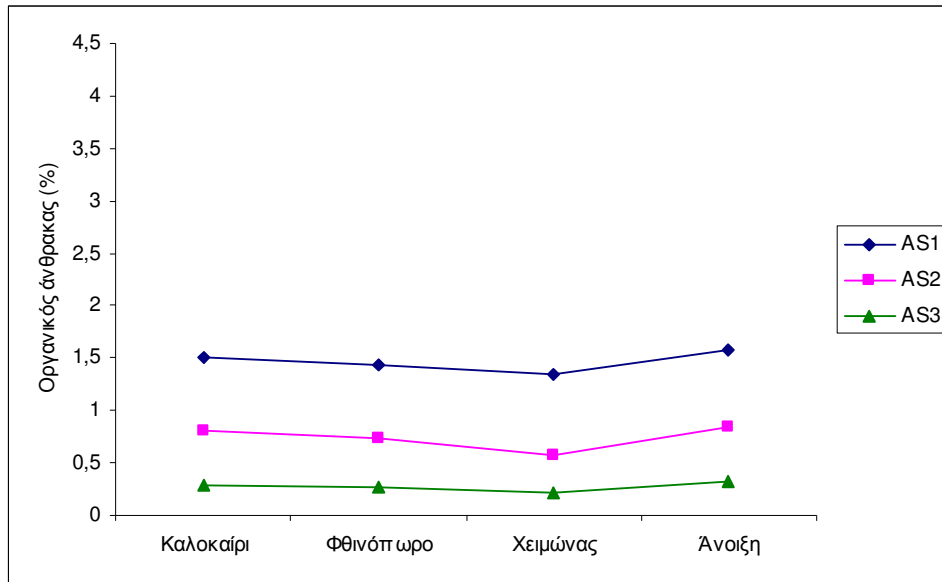
	Οργανικό υλικό (%)			Οργανικός άνθρακας (%)			ΟΑ:ΟΥ		
	AS1	AS2	AS3	AS1	AS2	AS3	AS1	AS2	AS3
Καλοκαίρι 04	7,12	5,93	2,78	1,51	0,81	0,28	0,21	0,14	0,10
Φθινόπωρο 04	7,21	5,28	2,54	1,43	0,73	0,27	0,20	0,14	0,11
Χειμώνας 05	6,59	4,39	2,03	1,35	0,57	0,21	0,20	0,13	0,10
Άνοιξη 05	7,73	5,78	2,97	1,58	0,84	0,32	0,20	0,14	0,11
	BS1	BS2	BS3	BS1	BS2	BS3	BS1	BS2	BS3
Καλοκαίρι 04	16,29	13,14	10,58	4,08	2,94	1,63	0,25	0,22	0,15
Φθινόπωρο 04	16,53	13,35	9,23	3,57	3,03	1,68	0,21	0,23	0,18
Χειμώνας 05	15,87	12,97	8,85	3,28	2,75	1,52	0,21	0,21	0,17
Άνοιξη 05	18,30	14,13	11,73	4,21	3,18	1,71	0,23	0,22	0,14



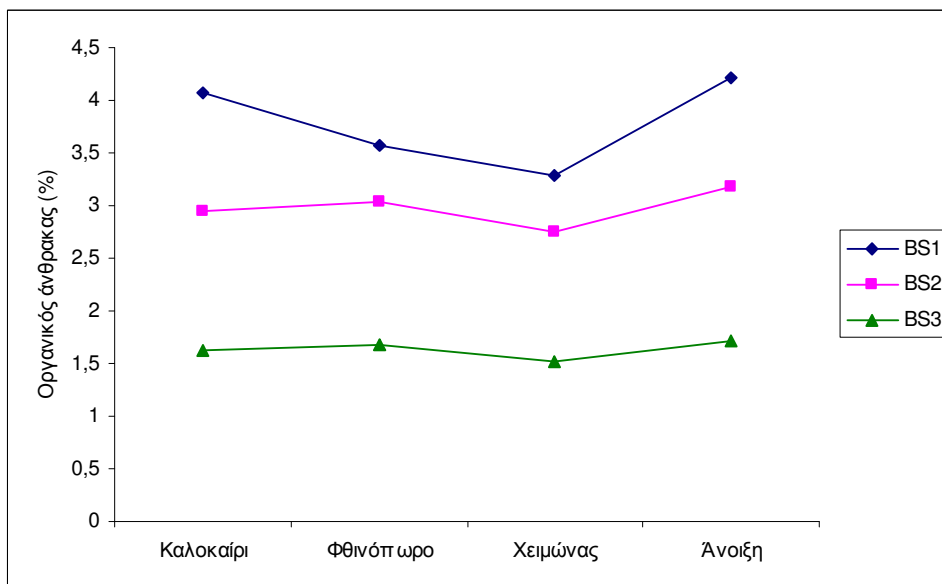
Σχήμα 5.54: Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού υλικού στο ίζημα των σταθμών της περιοχής AS.



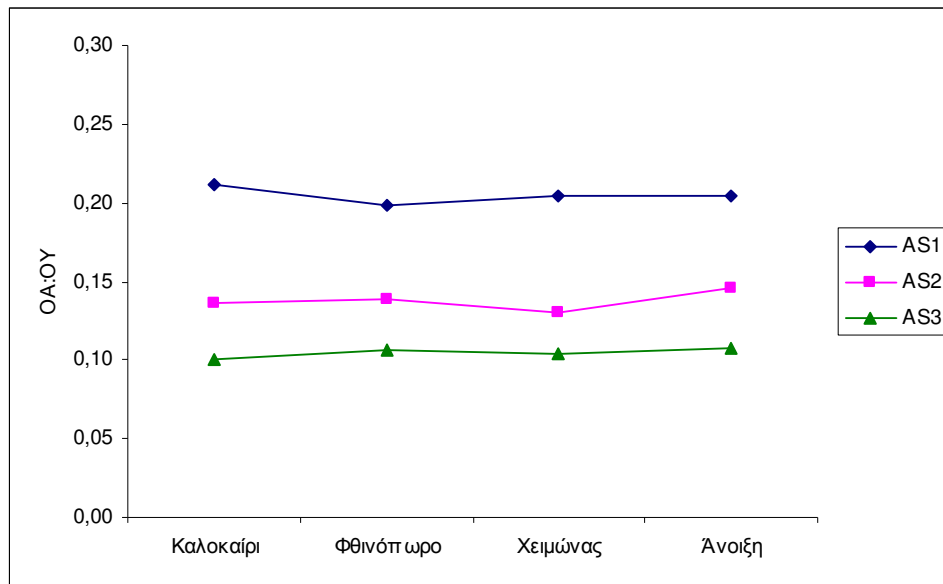
Σχήμα 5.55: Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού υλικού στο ίζημα των σταθμών της περιοχής BS.



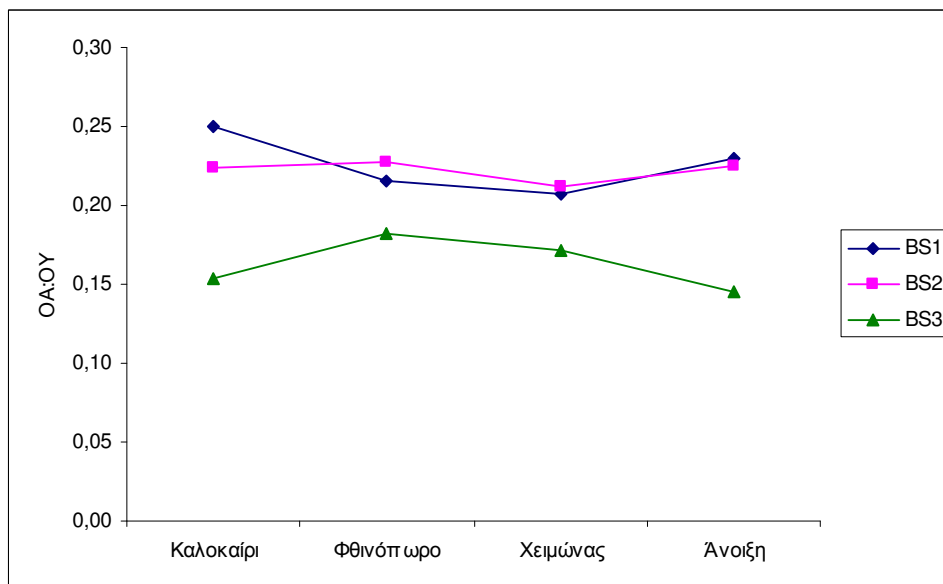
Σχήμα 5.56: Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα στο ίζημα των σταθμών της περιοχής AS.



Σχήμα 5.57: Εποχιακή διακύμανση του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα στο ίζημα των σταθμών της περιοχής BS.



Σχήμα 5.58: Εποχιακή διακύμανση του λόγου του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα και του οργανικού υλικού στο ίζημα των σταθμών της περιοχής AS.



Σχήμα 5.59: Εποχιακή διακύμανση του λόγου του περιεχόμενου οργανικού άνθρακα και του οργανικού υλικού στο ίζημα των σταθμών της περιοχής BS.

5.2. Βιολογικά χαρακτηριστικά

5.2.1. Μακροζωοβένθος

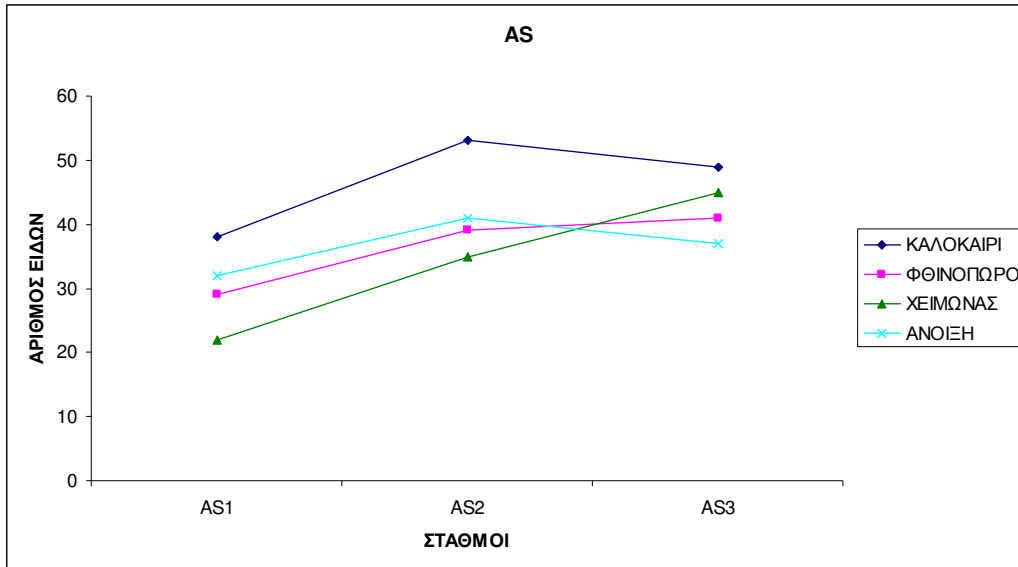
Η εποχιακή διακύμανση των διαφόρων χαρακτηριστικών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς των δύο ερευνοούμενων περιοχών δίνεται στους Πίνακες 5.9 και 5.10, καθώς και στα Σχήματα 5.60-5.71. Στα Σχήματα 5.72-5.83 δίνεται η εκατοστιαία κατανομή των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών και του αριθμού των ατόμων στους σταθμούς των δύο περιοχών έρευνας. Στον Πίνακα 5.11 αναφέρονται όλα τα μακροζωοβενθικά είδη που βρέθηκαν στις δύο περιοχές έρευνας με το ποσοστό εμφάνισής τους. Στον Πίνακα 5.12 φαίνονται τα κυρίαρχα είδη του μακροζωοβένθους ταξινομημένα κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με το ποσοστό εμφάνισής τους, ξεκινώντας από τους σταθμούς που βρίσκονται στο κέντρο των δύο μονάδων (AS1 και BS1). Στα Σχήματα 5.84 και 5.95 δίνονται τα δενδρογράμματα ομαδοποίησης των σταθμών της περιοχής AS και BS, αντίστοιχα, με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους, ενώ στα Σχήματα 5.85 και 5.96 απεικονίζεται το ίδιο πράγμα σε πολυδιάστατη διάταξη (MDS διαγράμματα). Στα Σχήματα 5.86-5.90 και 5.97-5.101 δίνονται τα διαγράμματα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών στους σταθμούς της περιοχής AS και BS, αντίστοιχα, σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας. Τέλος, στα Σχήματα 5.91-5.94 και 5.102-5.105 δίνονται τα διαγράμματα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών στους σταθμούς της περιοχής AS και BS, αντίστοιχα, σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας.

Πίνακας 5.9. Εποχιακή διακύμανση των διαφόρων χαρακτηριστικών του μακροζωβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS.

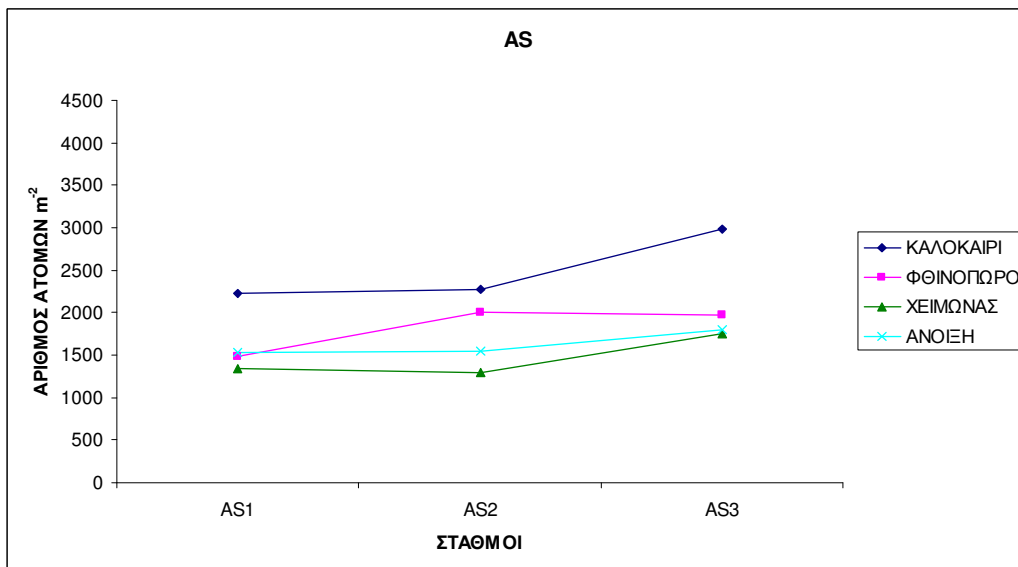
Σταθμός	Εποχή	Αριθμός ειδών	Αριθμός ατόμων (ind/m ²)	Δείκτης ποικιλότητας (H')	Δείκτης αφθονίας των ειδών (d)	Δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J')	Ξηρή βιομάζα (g/m ²)
AS1	Καλοκαίρι 04	38	2.222	2,699	4,801	0,7421	7,206
AS2	Καλοκαίρι 04	53	2.281	3,612	6,725	0,9097	7,516
AS3	Καλοκαίρι 04	49	2.978	3,589	6,001	0,9222	8,071
AS1	Φθινόπωρο 04	29	1.481	2,741	3,835	0,8140	6,440
AS2	Φθινόπωρο 04	39	2.000	3,283	4,999	0,8963	7,222
AS3	Φθινόπωρο 04	41	1.970	3,316	5,273	0,8929	7,114
AS1	Χειμώνας 05	22	1.348	2,427	2,914	0,7852	6,118
AS2	Χειμώνας 05	35	1.289	3,296	4,748	0,9270	5,456
AS3	Χειμώνας 05	45	1.748	3,422	5,893	0,8991	6,588
AS1	Άνοιξη 05	32	1.526	2,702	4,229	0,7798	6,535
AS2	Άνοιξη 05	41	1.541	3,381	5,450	0,9105	6,771
AS3	Άνοιξη 05	37	1.793	3,370	4,805	0,9332	7,252

Πίνακας 5.10. Εποχιακή διακύμανση των διαφόρων χαρακτηριστικών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS.

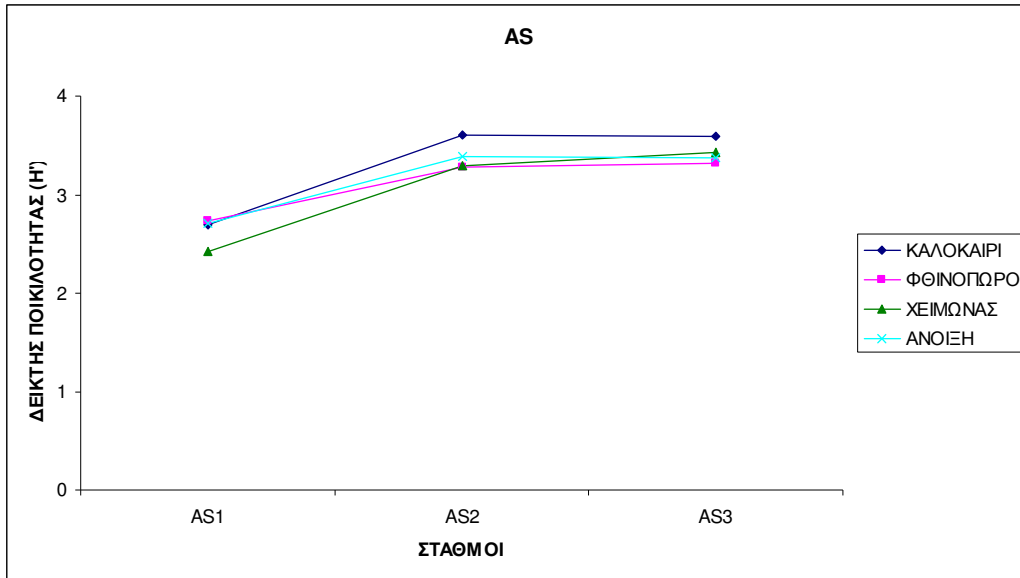
Σταθμός	Εποχή	Αριθμός ειδών	Αριθμός ατόμων (ind/m ²)	Δείκτης ποικιλότητας (H')	Δείκτης αφθονίας των ειδών (d)	Δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων (J')	Ξηρή βιομάζα (g/m ²)
BS1	Καλοκαίρι 04	31	3.452	1,557	3,682	0,4535	12,584
BS2	Καλοκαίρι 04	41	2.504	2,786	5,111	0,7503	8,426
BS3	Καλοκαίρι 04	49	2.933	3,437	6,012	0,8831	9,252
BS1	Φθινόπωρο 04	18	2.533	1,596	2,169	0,5522	8,352
BS2	Φθινόπωρο 04	32	2.148	2,717	4,040	0,7840	7,528
BS3	Φθινόπωρο 04	43	2.074	3,412	5,499	0,9070	6,998
BS1	Χειμώνας 05	23	1.600	1,902	2,982	0,6066	6,925
BS2	Χειμώνας 05	39	1.763	3,066	5,084	0,8368	7,317
BS3	Χειμώνας 05	37	1.852	3,296	4,785	0,9129	7,178
BS1	Άνοιξη 05	28	3.941	1,735	3,261	0,5206	13,071
BS2	Άνοιξη 05	50	3.363	2,948	6,034	0,7536	11,850
BS3	Άνοιξη 05	45	2.667	3,478	5,578	0,9136	8,756



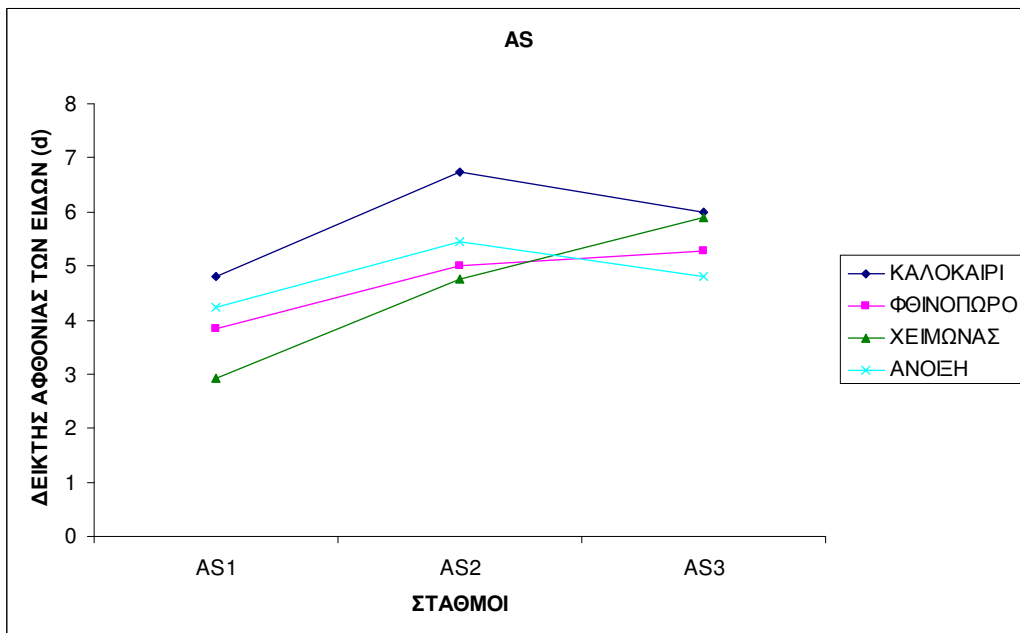
Σχήμα 5.60: Εποχιακή διακύμανση του αριθμού των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS.



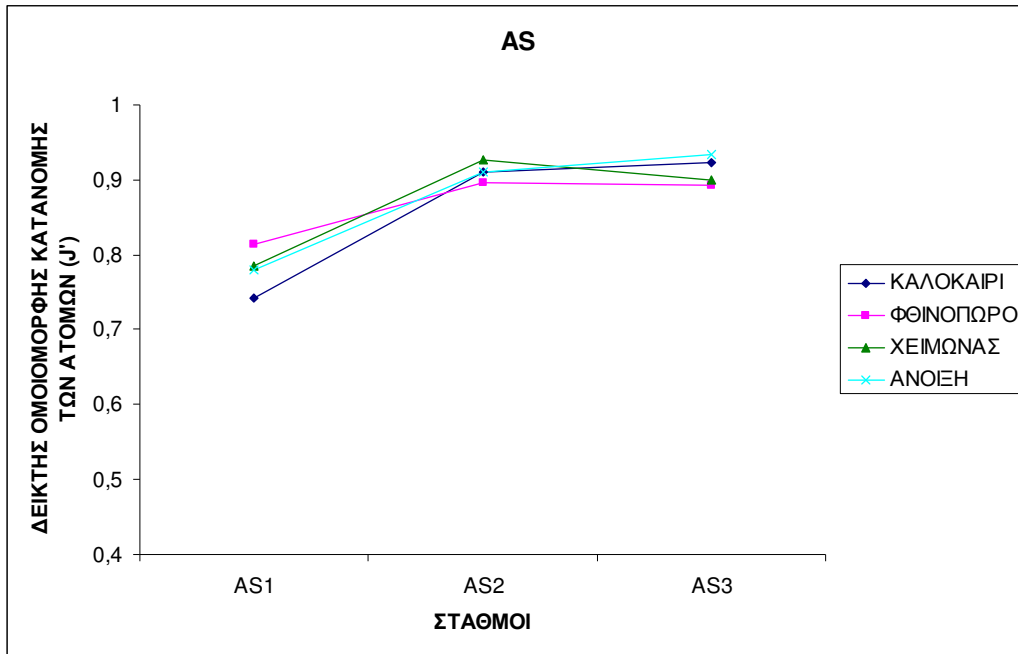
Σχήμα 5.61: Εποχιακή διακύμανση της αφθονίας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS.



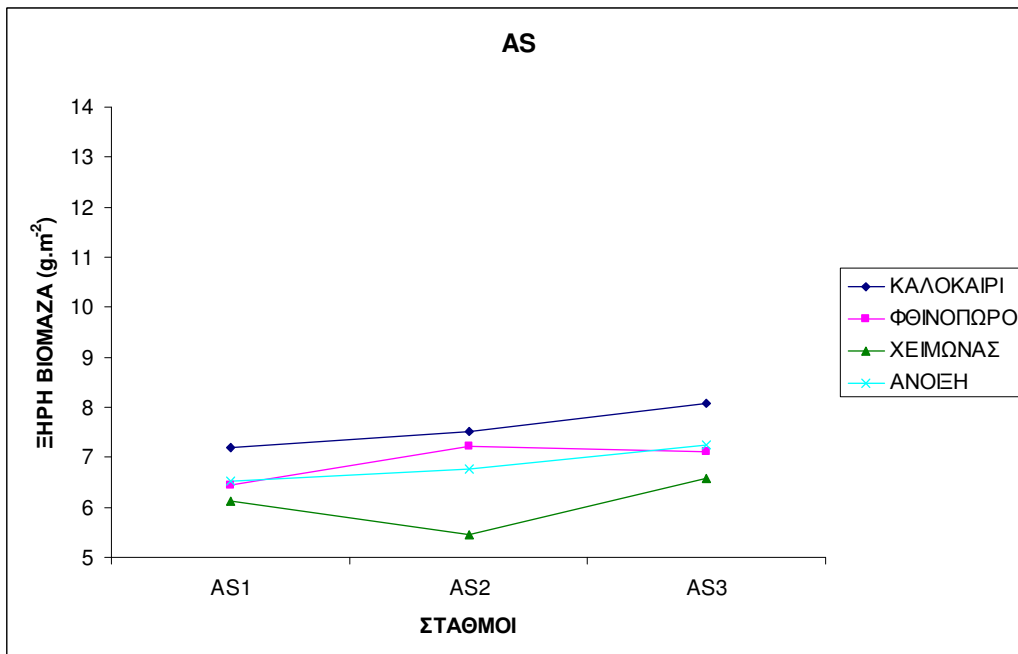
Σχήμα 5.62: Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ποικιλότητας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS.



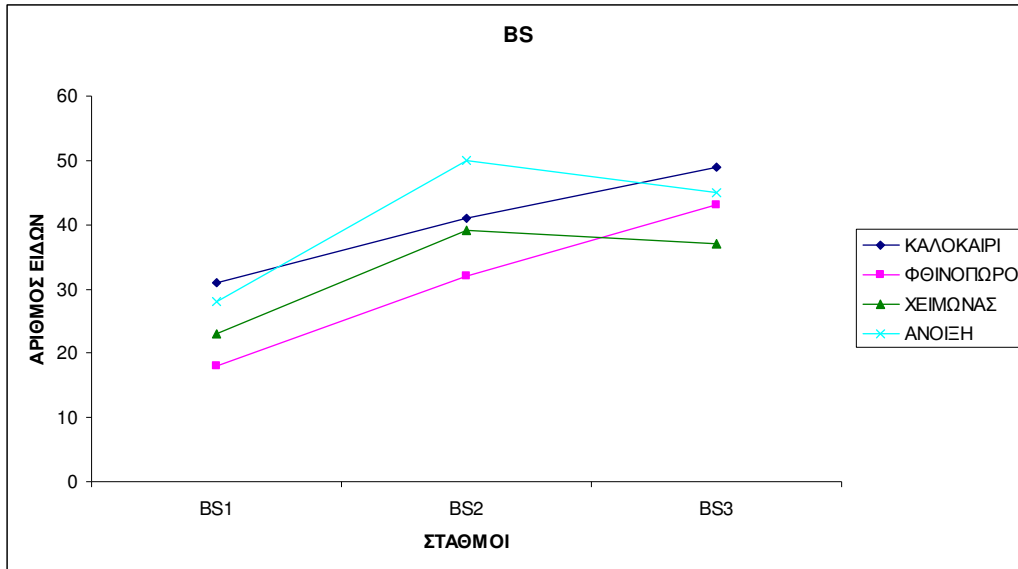
Σχήμα 5.63: Εποχιακή διακύμανση του δείκτη αφθονίας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS.



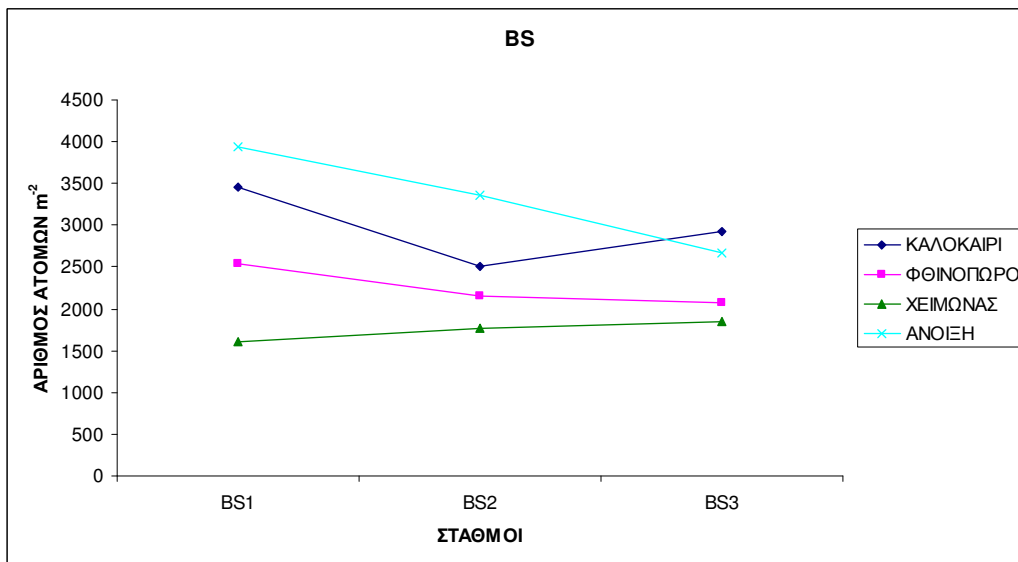
Σχήμα 5.64: Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ομοιομορφίας των ειδών του μακροζωβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS.



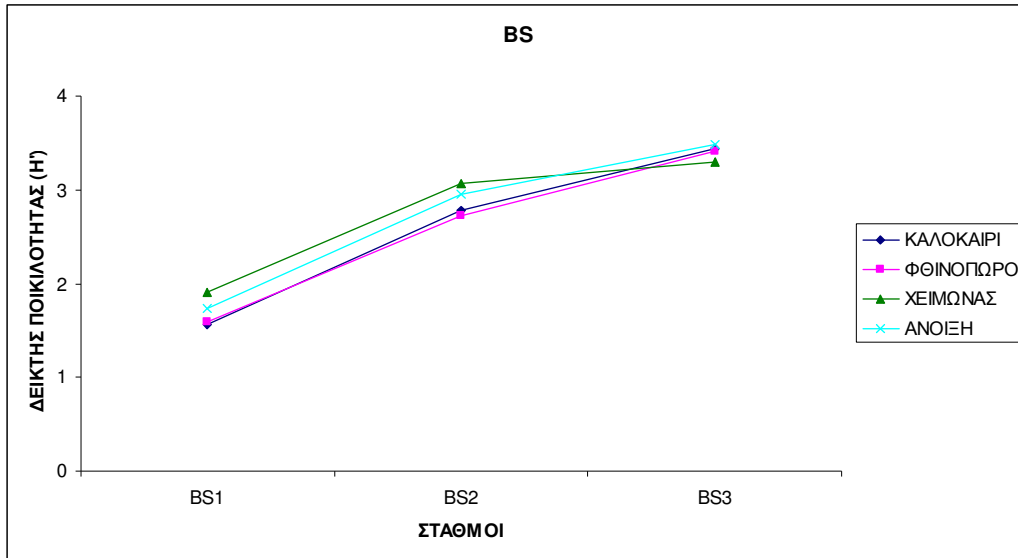
Σχήμα 5.65: Εποχιακή διακύμανση της ξηρής βιομάζας του μακροζωβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS.



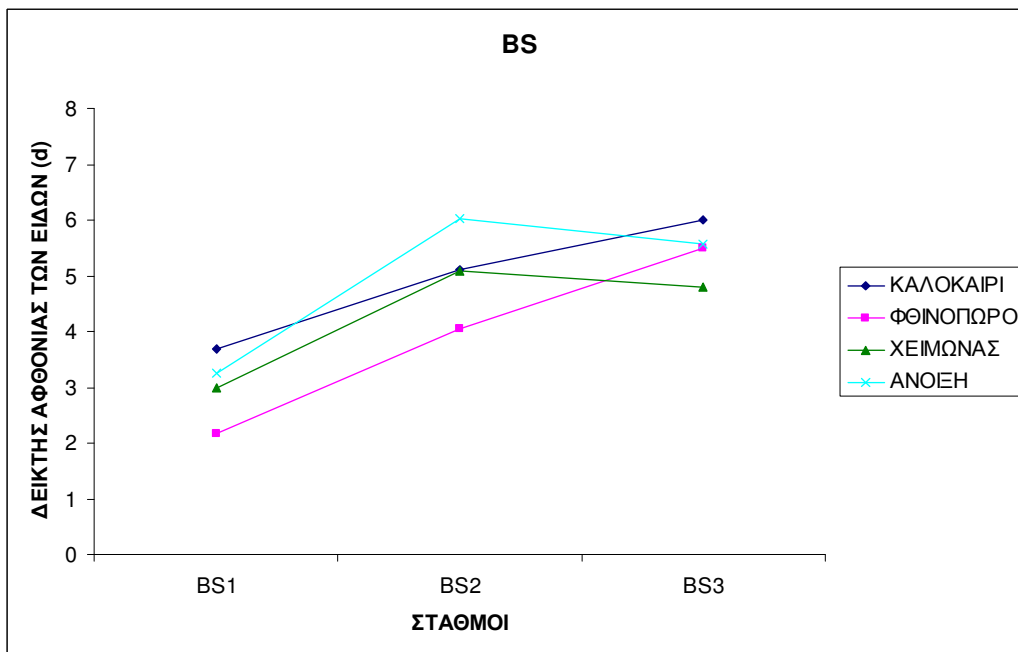
Σχήμα 5.66: Εποχιακή διακύμανση του αριθμού των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS.



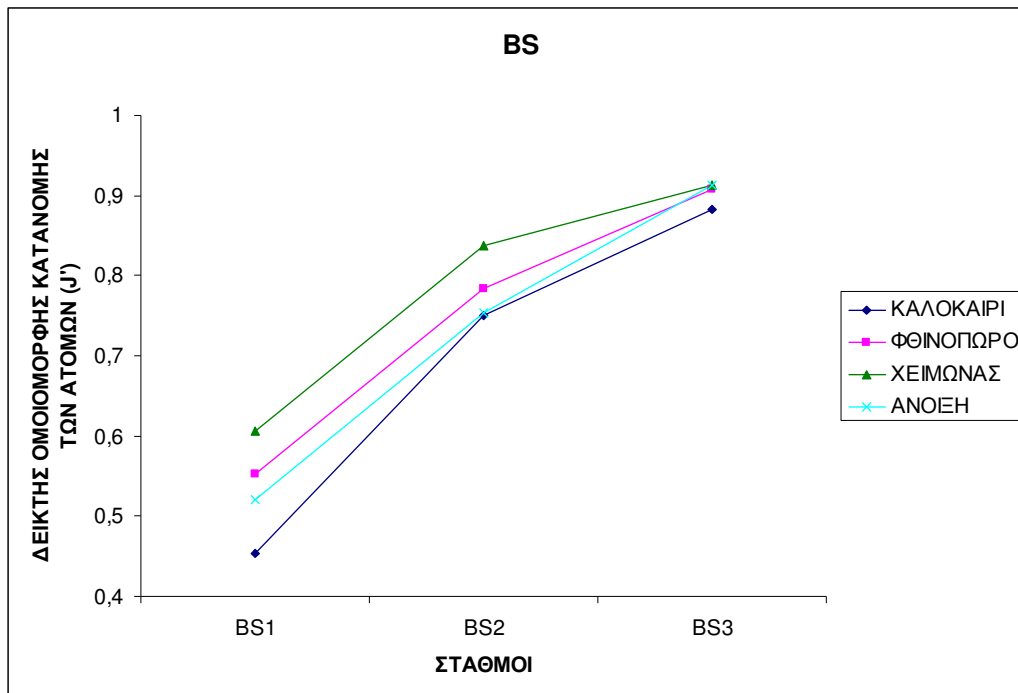
Σχήμα 5.67: Εποχιακή διακύμανση της αφθονίας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS.



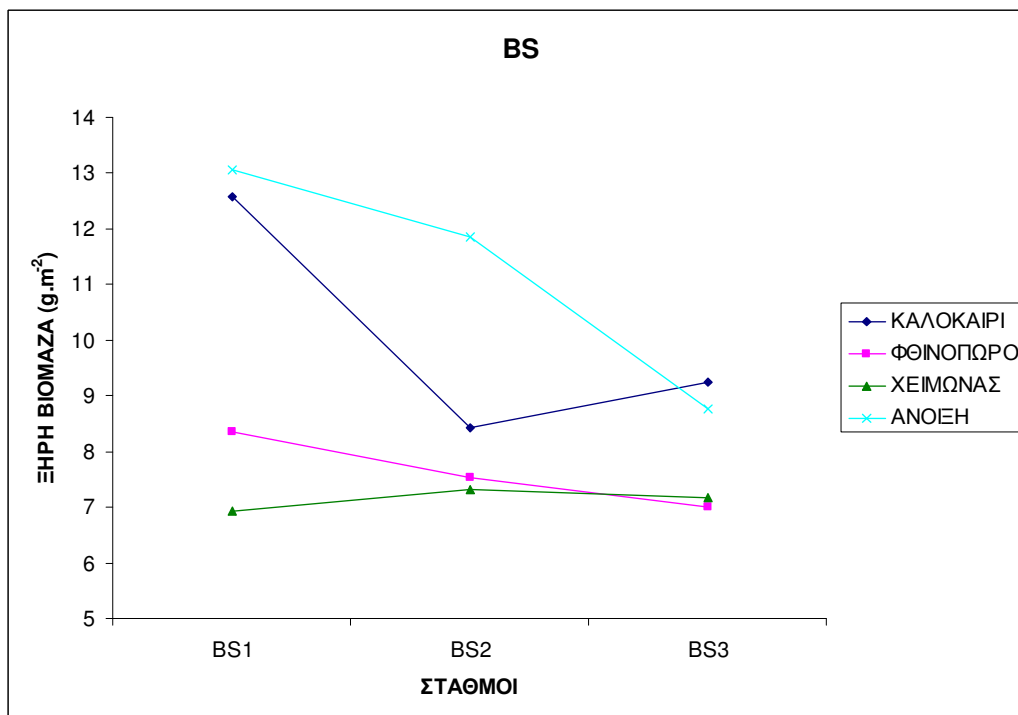
Σχήμα 5.68: Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ποικιλότητας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS.



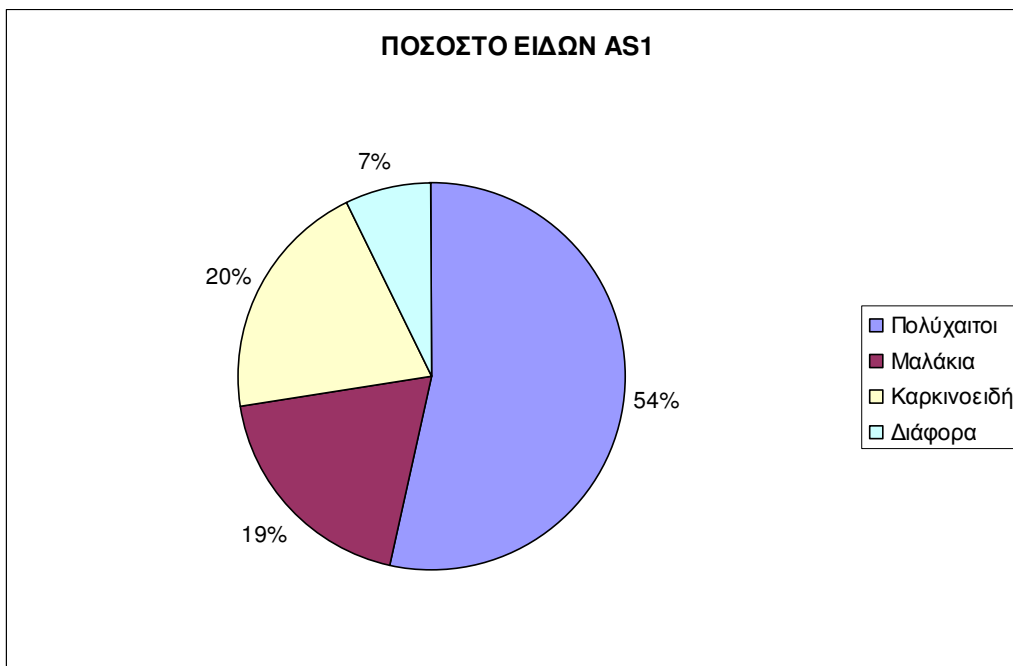
Σχήμα 5.69: Εποχιακή διακύμανση του δείκτη αφθονίας των ειδών του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS.



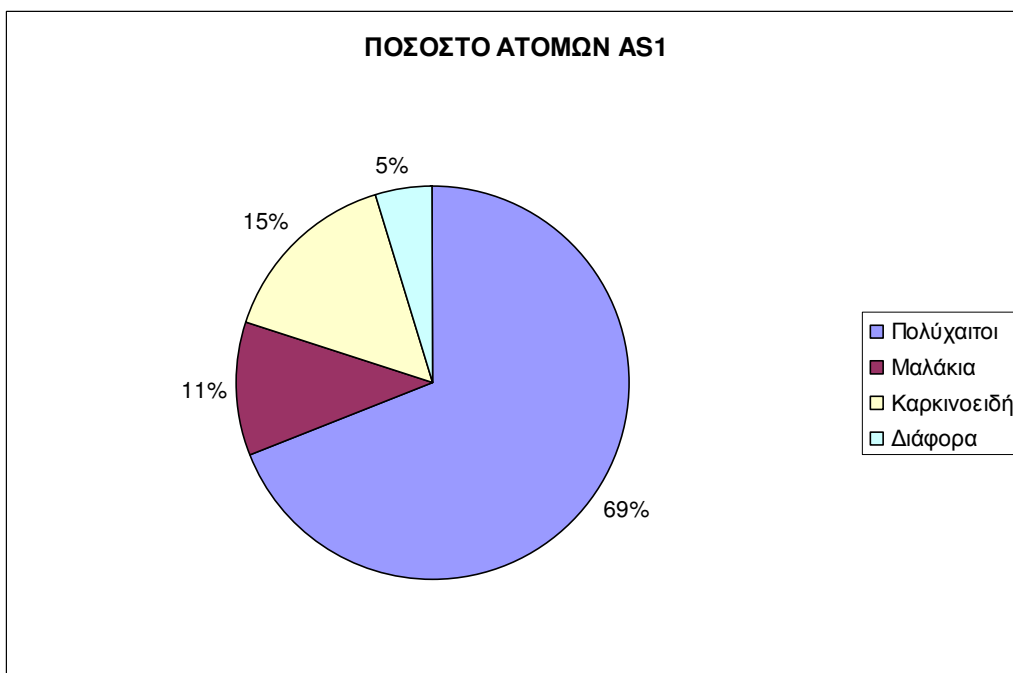
Σχήμα 5.70: Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ομοιομορφίας των ειδών του μακροζωβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS.



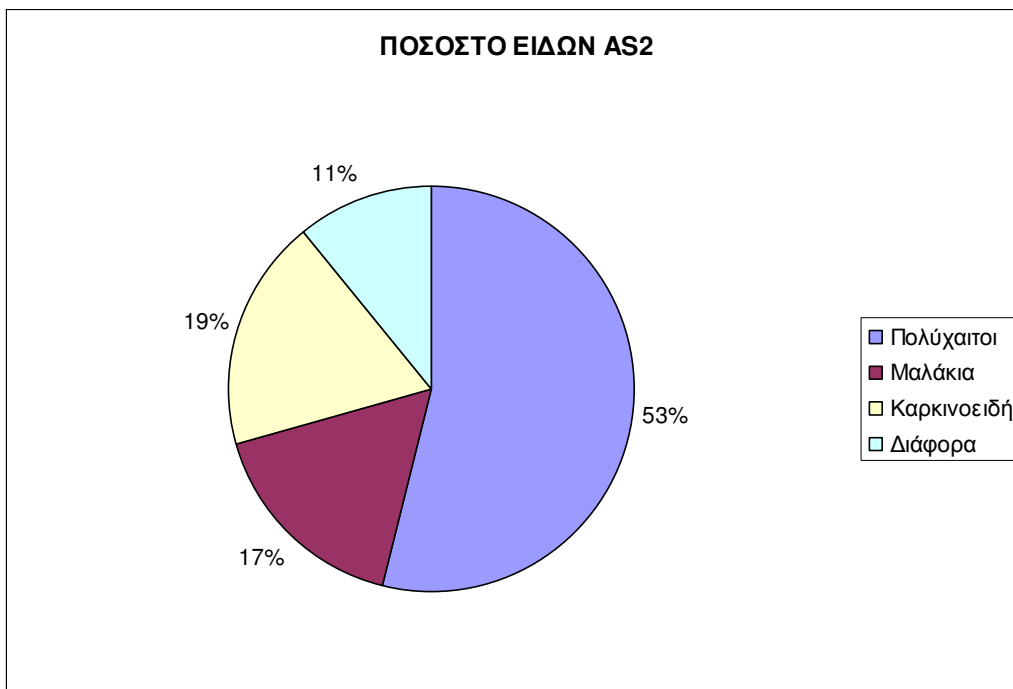
Σχήμα 5.71: Εποχιακή διακύμανση της ξηρής βιομάζας του μακροζωβένθους στους σταθμούς της περιοχής BS.



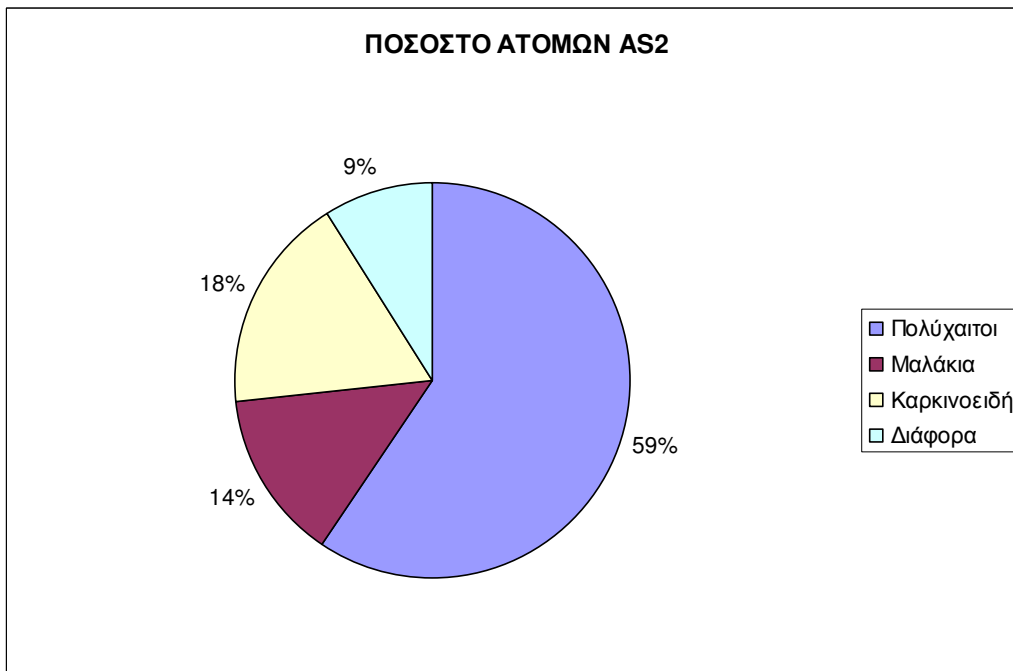
Σχήμα 5.72: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό AS1.



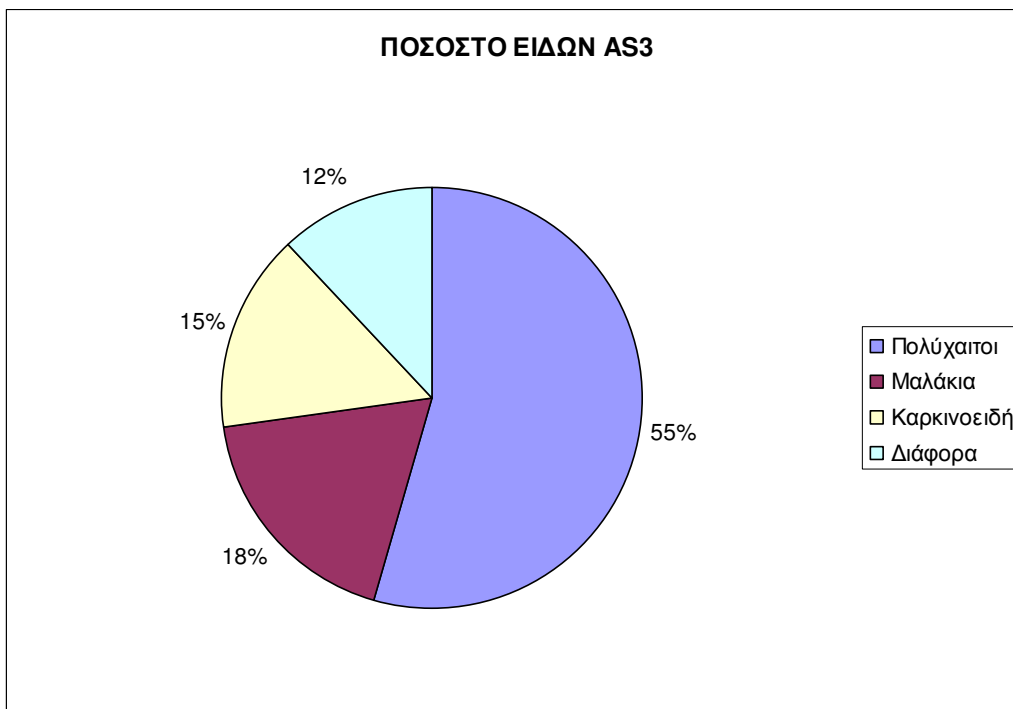
Σχήμα 5.73: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό AS1.



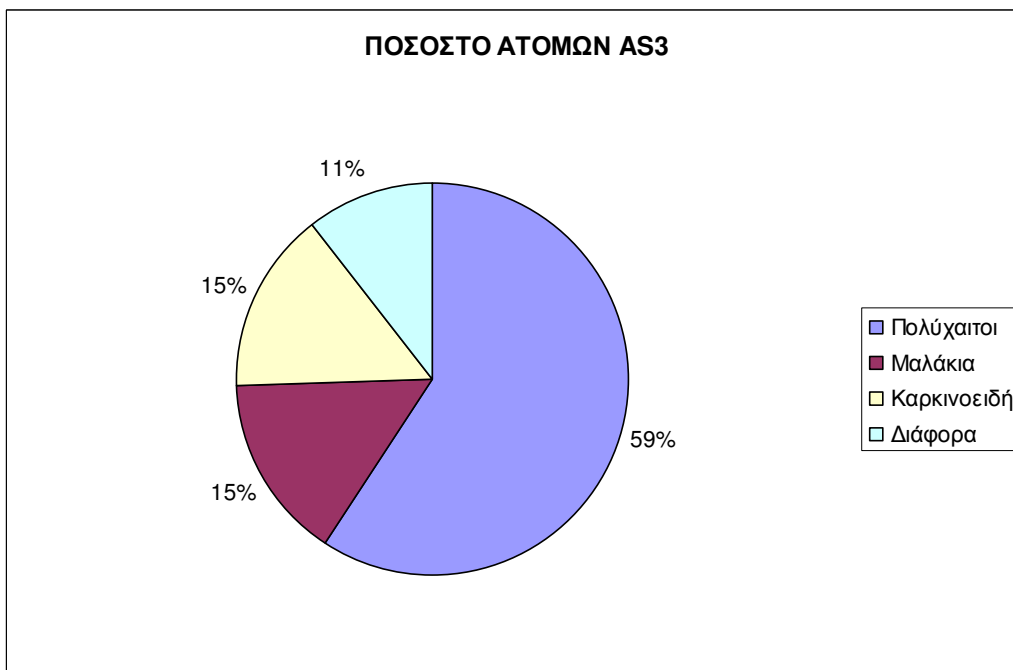
Σχήμα 5.74: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό AS2.



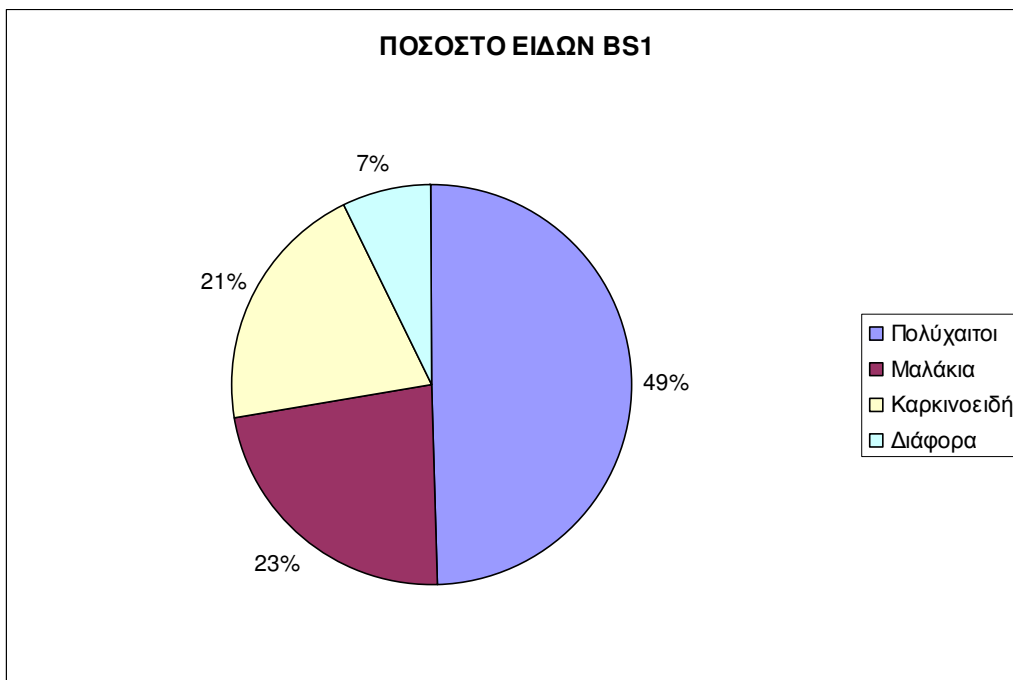
Σχήμα 5.75: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό AS2.



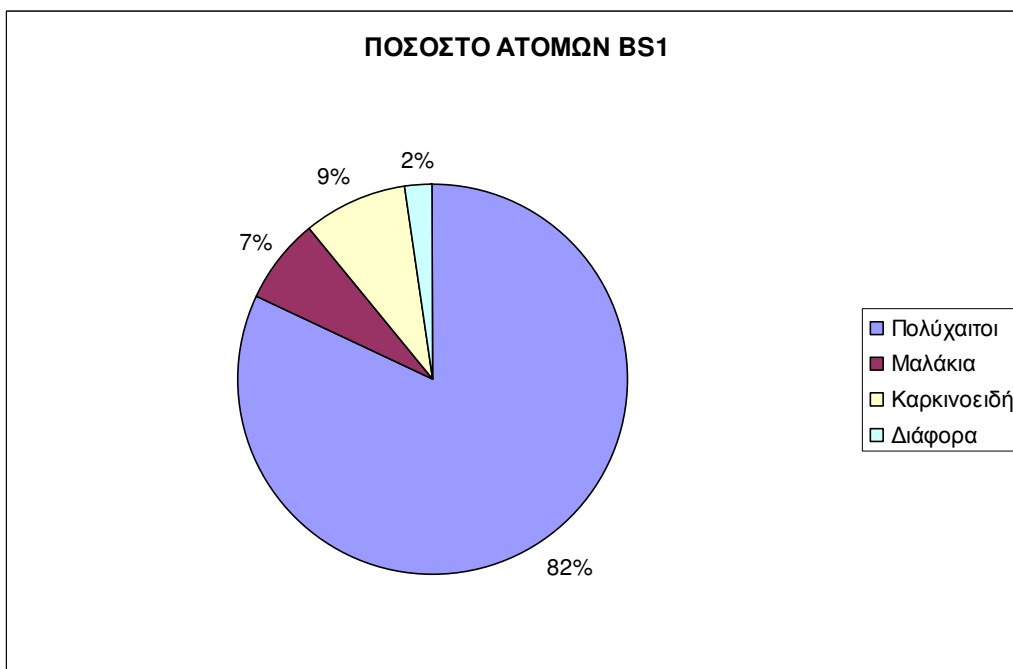
Σχήμα 5.76: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό AS3.



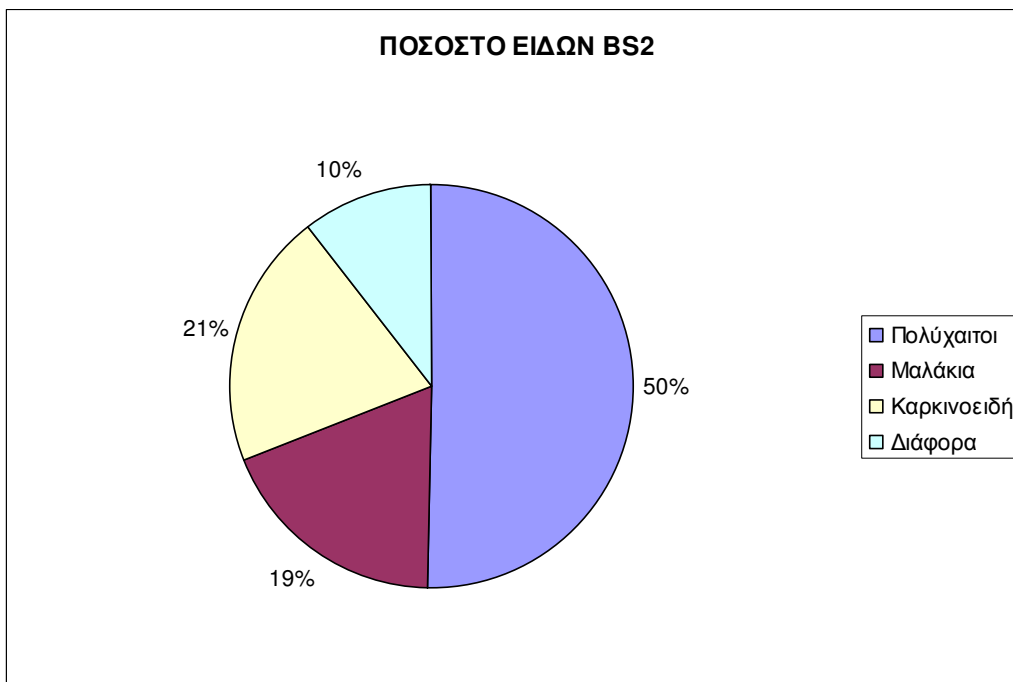
Σχήμα 5.77: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό AS3.



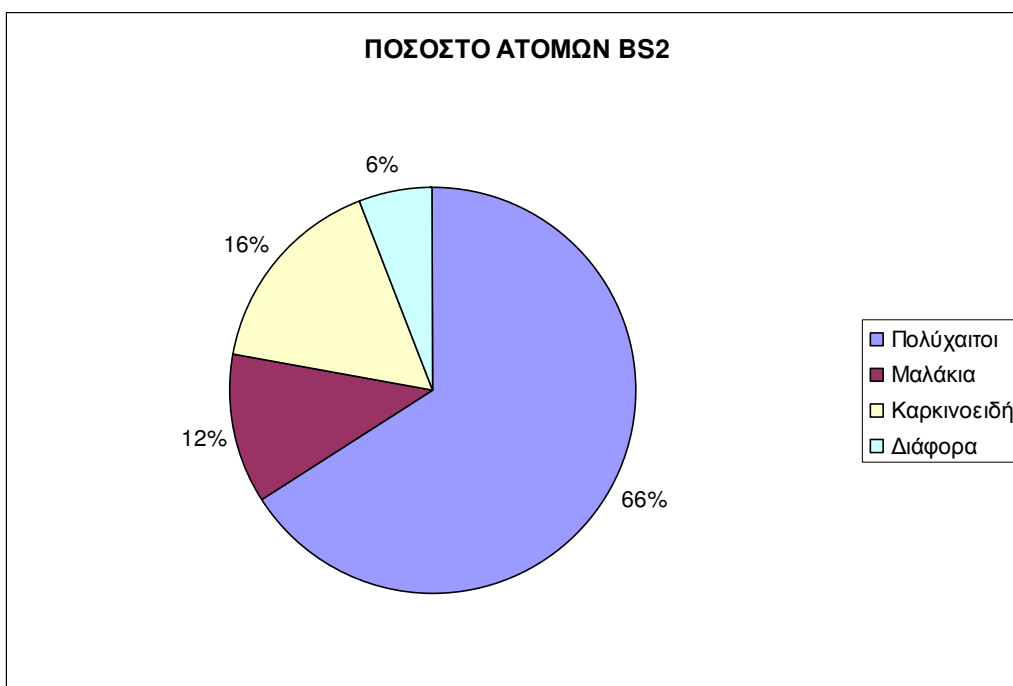
Σχήμα 5.78: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό BS1.



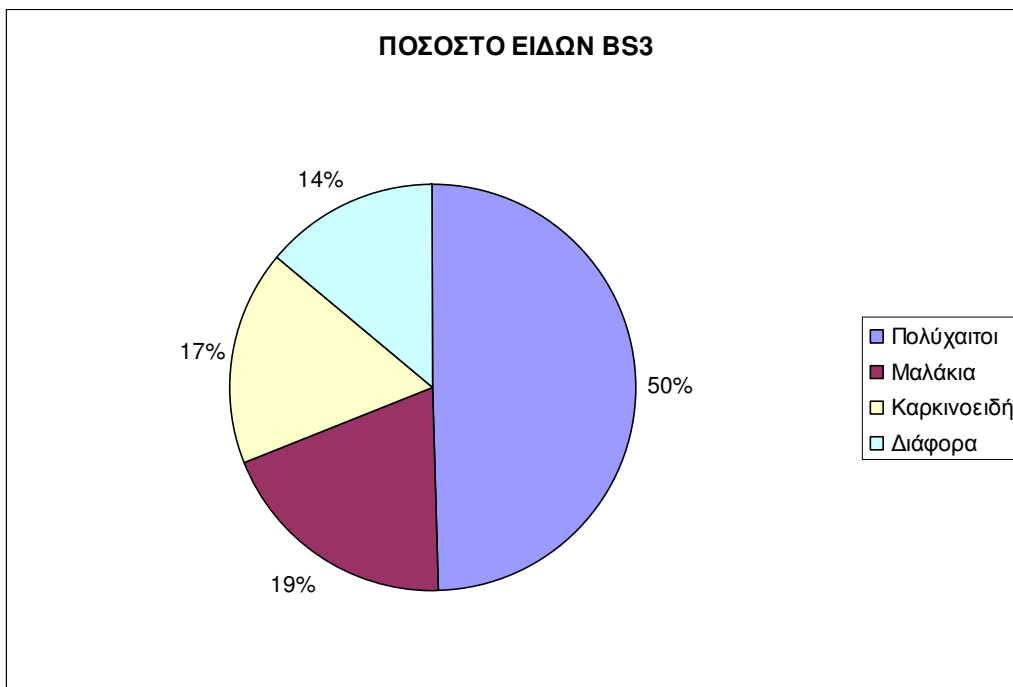
Σχήμα 5.79: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό BS1.



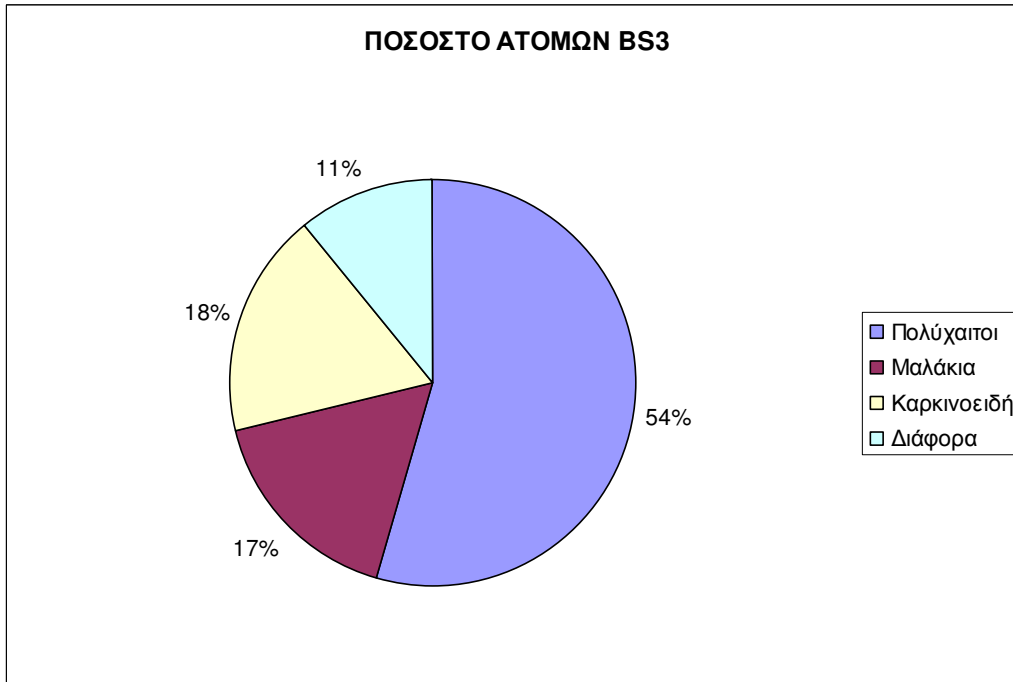
Σχήμα 5.80: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό BS2.



Σχήμα 5.81: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό BS2.



Σχήμα 5.82: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου των ειδών στο σταθμό BS3.



Σχήμα 5.83: Σχηματική απεικόνιση της εκατοστιαίας κατανομής των αφθονότερων φύλων και του συνόλου των ελαχίστων επί του συνόλου του αριθμού των ατόμων στο σταθμό BS3.

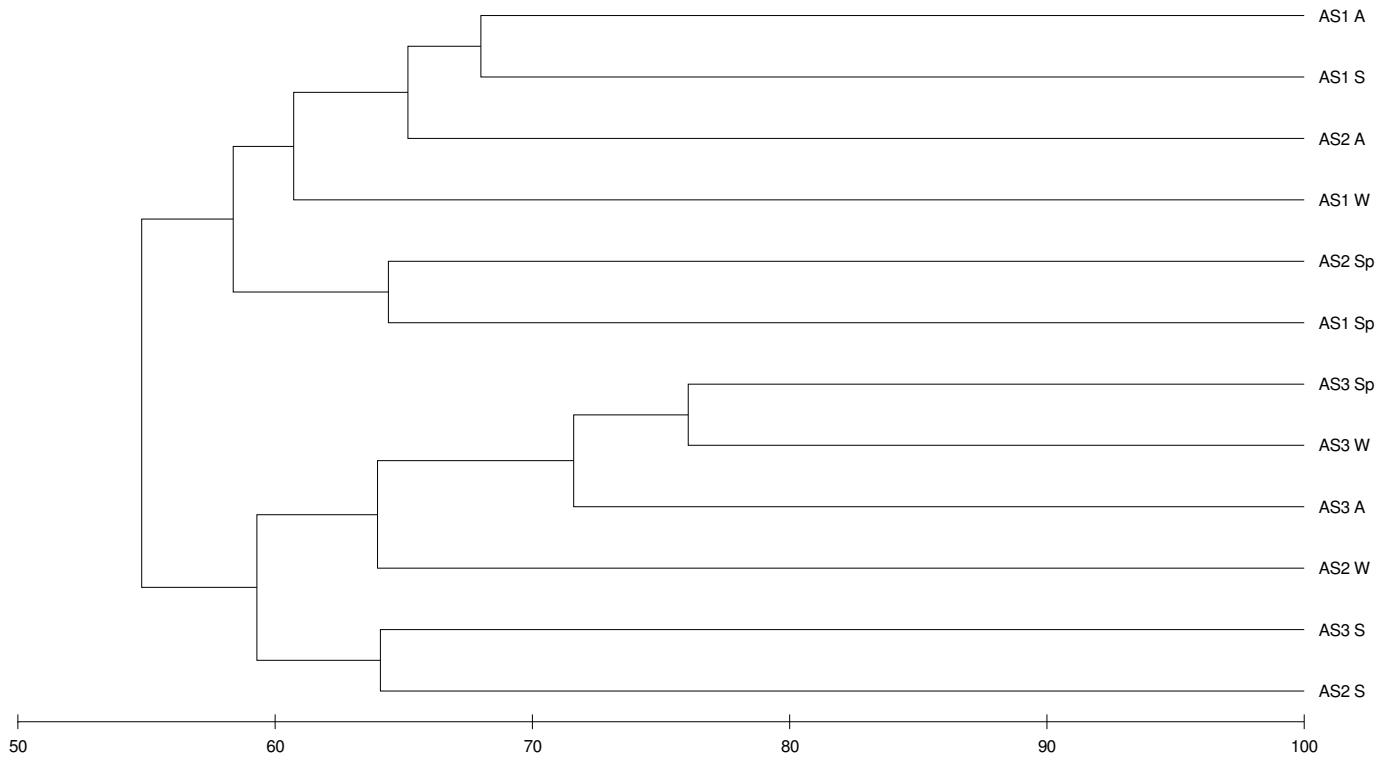
Πίνακας 5.11. Μακροζωοβενθικά είδη που βρέθηκαν στις δύο περιοχές έρευνας με το μέσο όρο του ποσοστού εμφάνισής τους (B: Βρυόζωα, C: Καρκινοειδή, Cn: Κοιλεντερωτά, E: Εχινόδερμα, M: Μαλάκια, N: Νημερτίνοι, P: Πολύχαιτοι, S: Σιπουνκουλοειδή).

ΕΙΔΟΣ	ΦΥΛΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ (%) .m ⁻²
<i>Alpheus sp.</i>	C	0,03
<i>Alvania montagui</i> (Payraudeau)	M	0,56
<i>Alvania scabra</i> (Philippi)	M	0,73
<i>Ampelisca diadema</i> (Costa)	C	4,02
<i>Amphiura filiformis</i> , Muller	E	1,17
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren)	P	0,28
<i>Apseudes latreilli</i> (Milne Edwards)	C	2,01
<i>Arca tetragona</i> , Poli	M	0,08
<i>Aricidea curviseta</i> , Day	P	0,70
<i>Aricidea fauveli</i> , Hartman	P	0,59
<i>Aricidea fragilis mediterranea</i> , Laubier	P	1,09
<i>Aspidosiphon muelleri</i> , Diesing	S	0,36
<i>Brissus unicolor</i> , Leske	E	0,34
Bryozoa-1	B	0,03
Bryozoa-2	B	0,08
Bryozoa-3	B	0,08
<i>Bulla sp.</i>	M	0,14
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius)	P	26,91
<i>Chaetozone setosa</i> , Malmgren	P	1,73
<i>Chrysallida sp.</i>	M	0,08
<i>Cirratullus cirratus</i> (Muller)	P	0,20
<i>Clymene sp.</i>	P	0,03
<i>Corbula gibba</i> (Olivi)	M	1,93
<i>Dentalium sp.</i>	M	1,68
<i>Dosinia exoleta</i> (Linnaeus)	M	0,06
<i>Ebalia cranchii</i> , Leach	C	0,48
<i>Echinocyamus pussilus</i> , Muller	E	0,42
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje)	P	0,14
<i>Falcidens gutturosus</i> (Kowaleski)	M	0,28
<i>Gammarus marinus</i> , Leach	C	0,39
<i>Glycera convoluta</i> , Keferstein	P	3,21
<i>Gnathia phallonajopsis</i> , Monod	C	0,42
<i>Goneplax rhomboides</i> (Linnaeus)	C	0,64
<i>Harpinia dellavallei</i> , Chevreux	C	4,64
<i>Hippomedon sp.</i>	C	0,03
<i>Hyalinoecia bilineata</i> , Baird	P	0,34
<i>Iphinoe serrata</i> , Norman	C	0,67
<i>Jaxea sp.</i>	C	0,03
<i>Labioleanira yhleni</i> (Malmgren)	P	0,50
<i>Leucothoe spinicarpa</i> (Abildgaard)	C	0,31
<i>Loripes lacteus</i> (Linnaeus)	M	0,03
<i>Lumbrineris gracilis</i> (Ehlers)	P	2,79

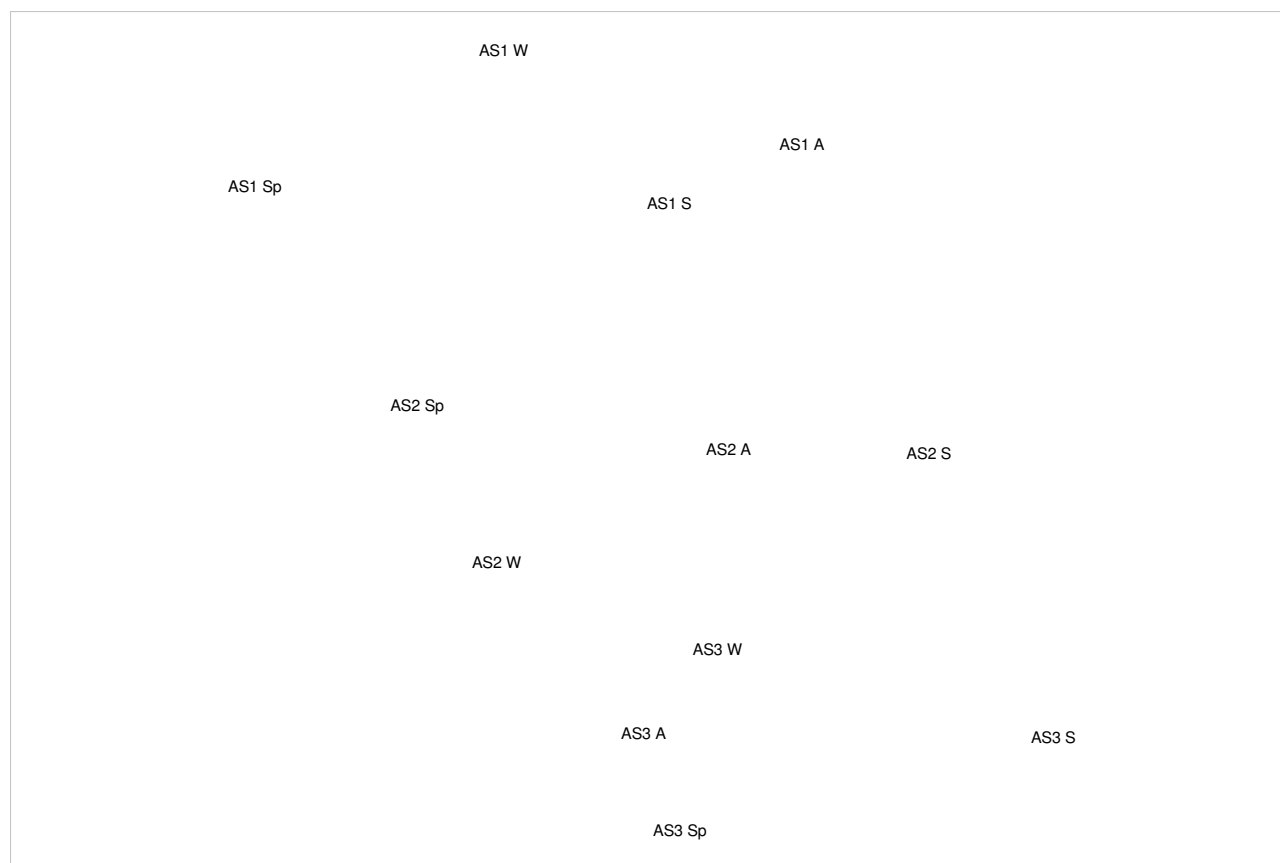
<i>Lumbrinereis impatiens</i> (Claparede)	P	0,34
<i>Lysianassa longicornis</i> (Lucas)	C	0,89
<i>Macoma tenuis</i> (Poli)	M	0,11
<i>Magelona papillicornis</i> , Muller	P	0,67
<i>Marphysa bellii</i> (Audouin et Milne - Edwards)	P	0,34
<i>Mellina palmata</i> , Grube	P	0,73
<i>Murex brandaris</i> , Linnaeus	M	0,08
<i>Myriochele heeri</i> , Malmgren	P	0,50
<i>Mytilus galloprovincialis</i> , Lamarck	M	1,34
<i>Naticarius sp.</i>	M	0,08
Nemertini-1	N	0,25
Nemertini-2	N	0,98
<i>Nephtys hystricis</i> , Mc. Intosh	P	4,25
<i>Nereis sp.</i>	P	0,03
<i>Notomastus latericeus</i> , Sars	P	1,03
<i>Nucula nucleus</i> (Linnaeus)	M	0,06
<i>Onchnesoma steenstrupi</i> , Koren & Danielssen	S	2,49
<i>Owenia fusiformis</i> , Delle Chiaje	P	1,34
<i>Paralacydonia paradoxa</i> , Fauvel	P	0,78
<i>Paraonis gracilis gracilis</i> (Tauber)	P	5,51
<i>Pectinaria capensis</i> (Pallas)	P	0,34
<i>Phascolosoma granulatum</i> , Leuckart	S	0,39
<i>Phyllodoce sp.</i>	P	0,03
<i>Podarke pallida</i> , Claparede	P	2,46
<i>Poecilochaetus serpens</i> , Allen	P	0,22
<i>Potamilla reniformis</i> (Muller)	P	0,53
<i>Prionospio ehlersi</i> , Fauvel	P	1,23
<i>Prionospio sp.</i>	P	0,03
<i>Psammobia depressa</i> (Pennant)	M	0,11
<i>Sabella sp.</i>	P	0,03
<i>Sarcodietyon roseum</i> (Philippi)	Cn	0,08
<i>Scaphander lignarius</i> (Linnaeus)	M	0,31
<i>Serpula sp.</i>	P	0,03
<i>Sertularella polyzonias</i> (Linnaeus)	Cn	0,14
<i>Spiophanes bombyx</i> (Claparede)	P	0,28
<i>Sternaspis scutata</i> (Renier)	P	0,56
<i>Syllis sp.</i>	P	0,03
<i>Syllis variegata</i> (Grube)	P	0,45
<i>Tellina pulchella</i> , Lamark	M	0,56
<i>Tellina serrata</i> , Brocchi	M	0,48
<i>Terebellides stroemi</i> , Sars	P	0,53
<i>Tharyx dorsobranchialis</i> (Kirkegaard)	P	5,51
<i>Thyasira flexuosa</i> (Montagu)	M	0,53
<i>Turbonilla lactea</i> (Linnaeus)	M	0,59
<i>Turitella communis</i> , Risso	M	0,89
<i>Turitella triplicata</i> , Monterosato	M	1,29
<i>Venus cassina</i> , Linnaeus	M	0,34
<i>Vermiliopsis infundibulum</i> (Philippi)	P	0,03

Πίνακας 5.12: Μέσος όρος ποσοστού εμφάνισης (%) των μακροζωοβενθικών ειδών που καταλαμβάνουν ποσοστό μεγαλύτερο από το 1% της συνολικής αφθονίας στο σύνολο των σταθμών και των εποχών (+: ποσοστό εμφάνισης <1%, C: Καρκινοειδή, E: Εχινόδερμα, M: Μαλάκια, P: Πολύχαιτοι, S: Σιπουνκουλοειδή). Τα είδη ταξινομήθηκαν κατά φθίνουσα σειρά σύμφωνα με το ποσοστό εμφάνισής τους, ξεκινώντας από τους σταθμούς που βρίσκονται στο κέντρο των δύο μονάδων (AS1 και BS1).

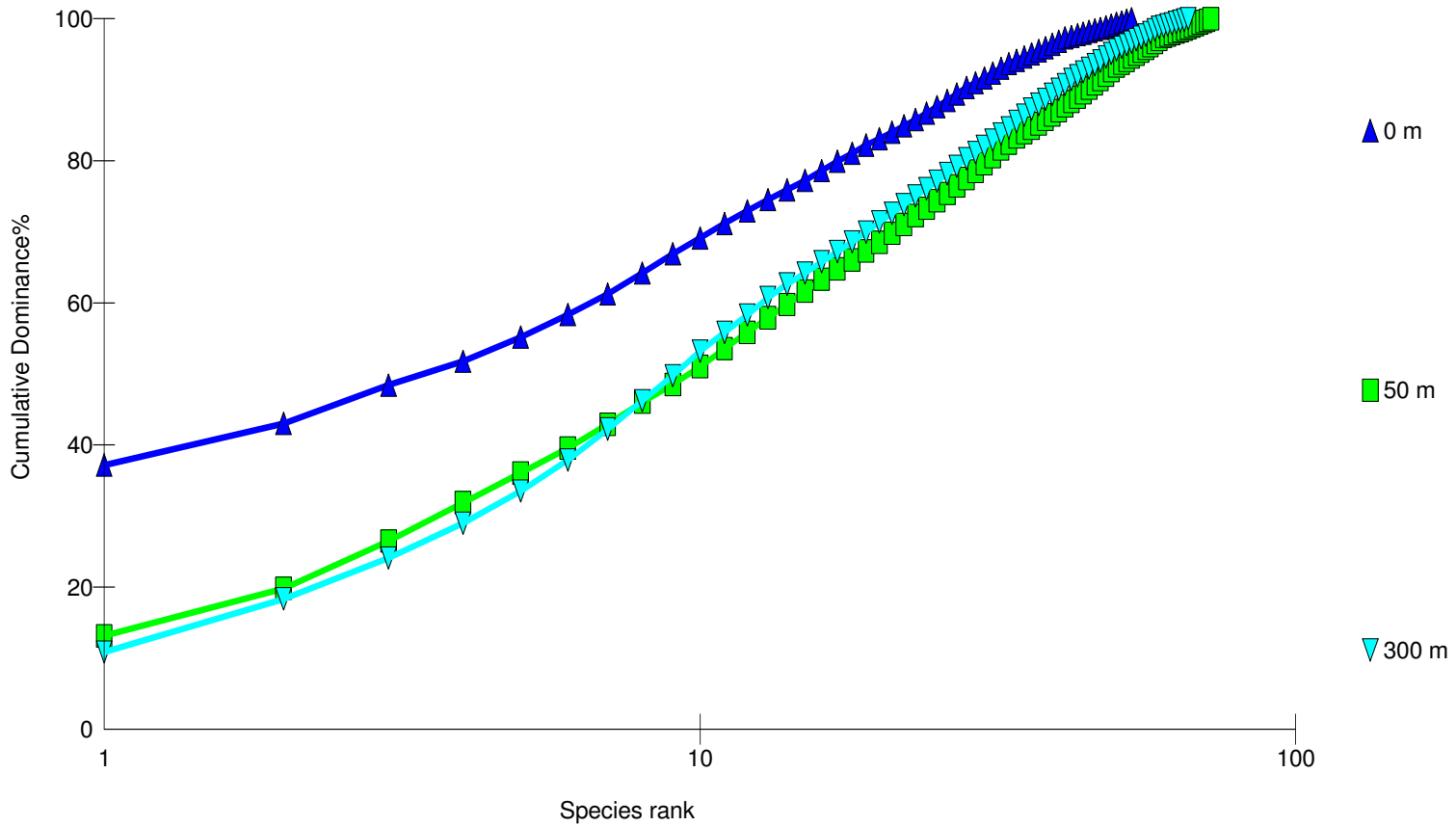
ΕΙΔΟΣ	ΦΥΛΟ	AS1	AS2	AS3	BS1	BS2	BS3
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius)	P	37	13	+	65	33	2
<i>Tharyx dorsobranchialis</i> (Kirkegaard)	P	5	7	6	4	7	5
<i>Harpinia dellavallei</i> , Chevreux	C	6	5	5	2	5	5
<i>Paraonis gracilis gracilis</i> (Tauber)	P	3	7	8	3	5	8
<i>Lumbrinereis gracilis</i> (Ehlers)	P	3	3	2	2	3	3
<i>Ampelisca diadema</i> (Costa)	C	2	4	4	3	5	5
<i>Podarke pallida</i> , Claparede	P	3	3	3	2	1	3
<i>Glycera convoluta</i> , Keferstein	P	3	3	5	1	2	5
<i>Chaetozone setosa</i> , Malmgren	P	2	4	+	2	+	1
<i>Apseudes latreilli</i> (Milne Edwards)	C	3	3	1	+	2	2
<i>Onchnesoma steenstrupi</i> , Koren & Danielssen	S	3	3	4	+	2	3
<i>Turitella triplicata</i> , Monterosato	M	2	1	+	+	1	2
<i>Aricidea fragilis mediterranea</i> , Laubier	P	1	1	2	1	1	+
<i>Owenia fusiformis</i> , Delle Chiaje	P	2	1	1	+	2	2
<i>Mytilus galloprovincialis</i> , Lamarck	M				2	4	1
<i>Corbula gibba</i> (Olivi)	M	1	1	4	+	+	4
<i>Amphiura filiformis</i> , Muller	E	1	1	3	+	+	2
<i>Prionospio ehlersi</i> , Fauvel	P	1	2	2	+	+	1
<i>Dentalium sp.</i>	M	+	2	3	+	1	3
<i>Notomastus latericeus</i> , Sars	P	+	2	2	+	1	+
<i>Nephtys hystricis</i> , Mc. Intosh	P		2	11		2	11
		80	67	68	92	81	72



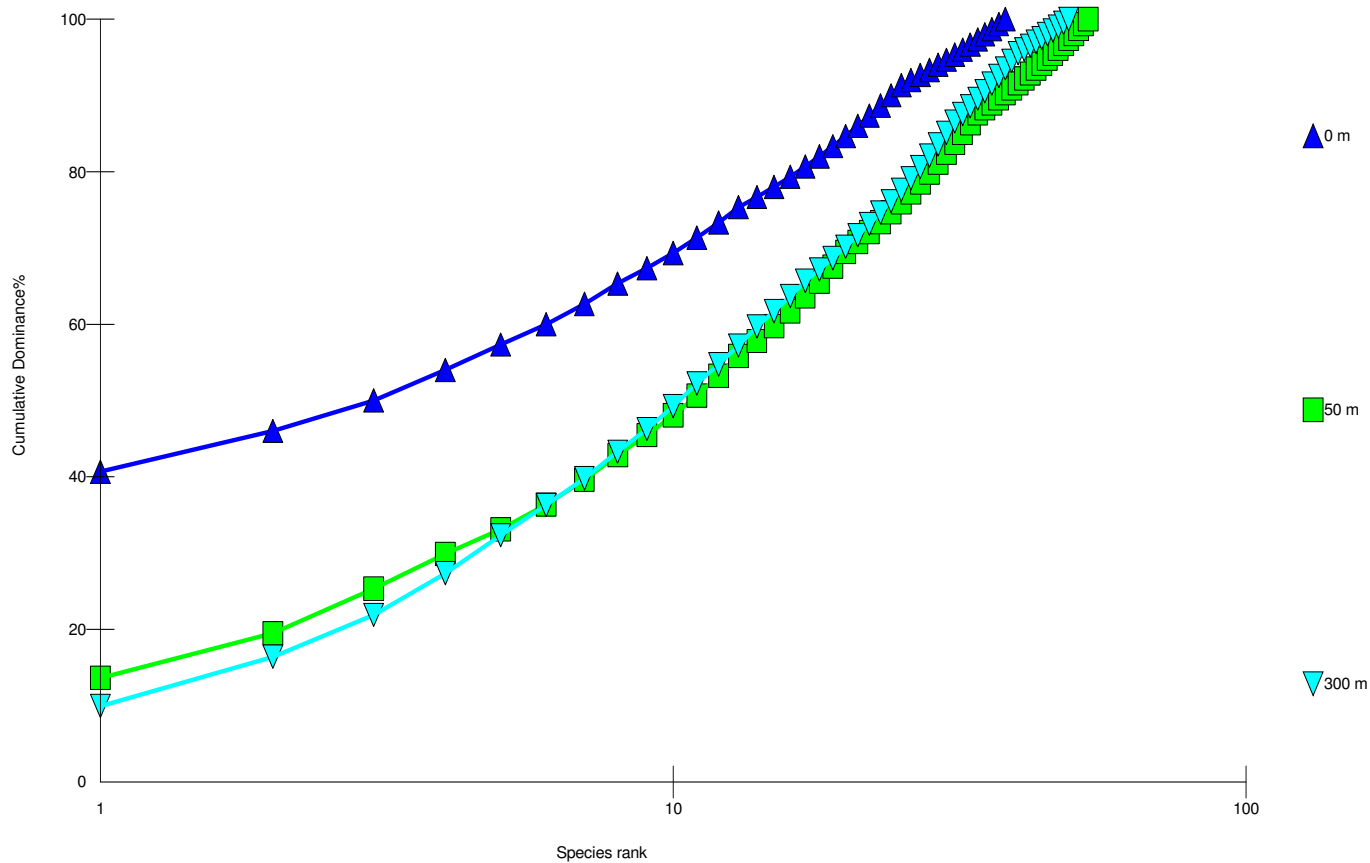
Σχήμα 5.84: Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών της περιοχής AS, με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (A: Φθινόπωρο, S: Καλοκαίρι, Sp: Άνοιξη, W: Χειμώνας).



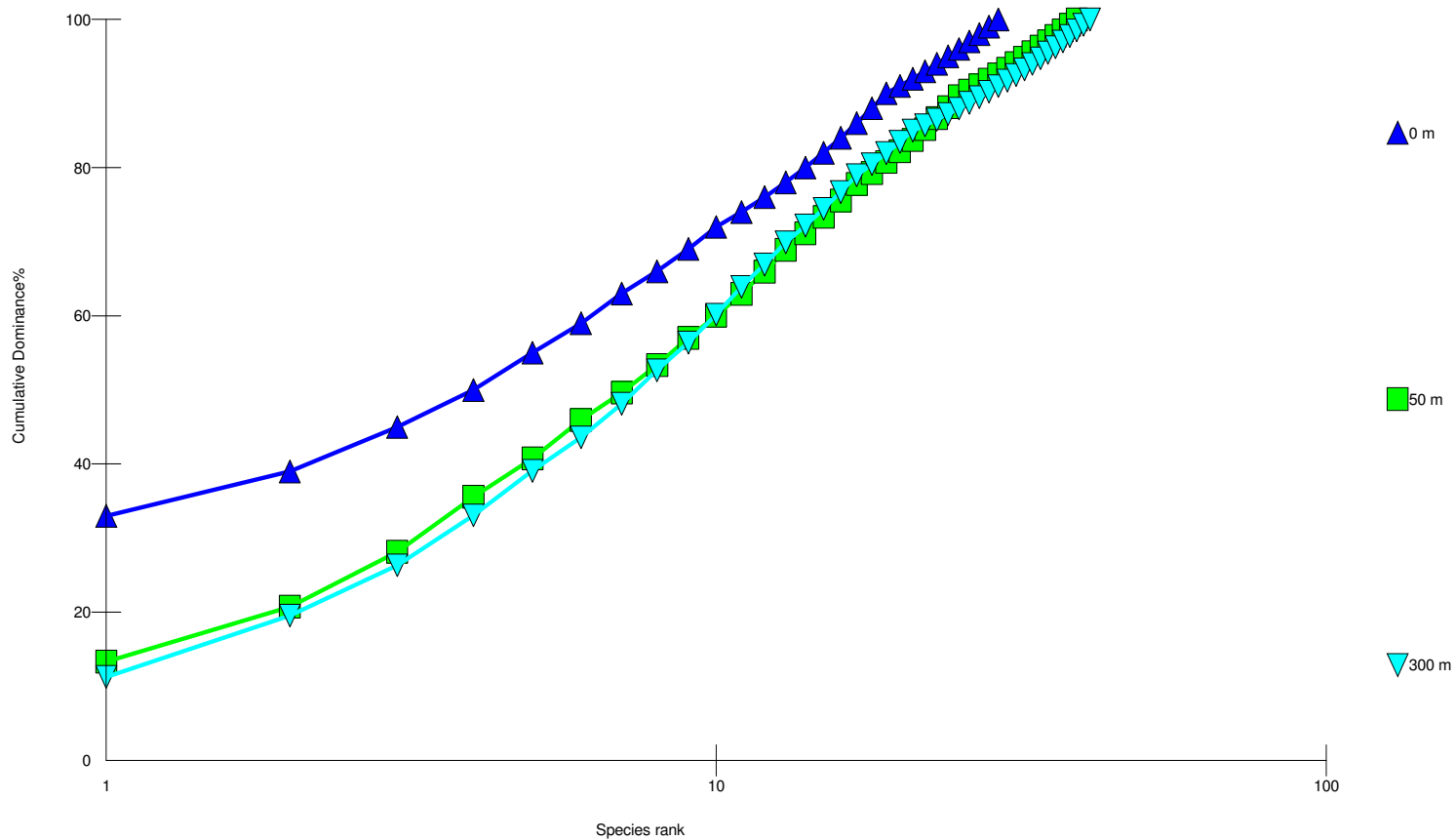
Σχήμα 5.85: Διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) των σταθμών της περιοχής AS, με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (A: Φθινόπωρο, S: Καλοκαίρι, Sp: Άνοιξη, W: Χειμώνας)(stress: 0,06).



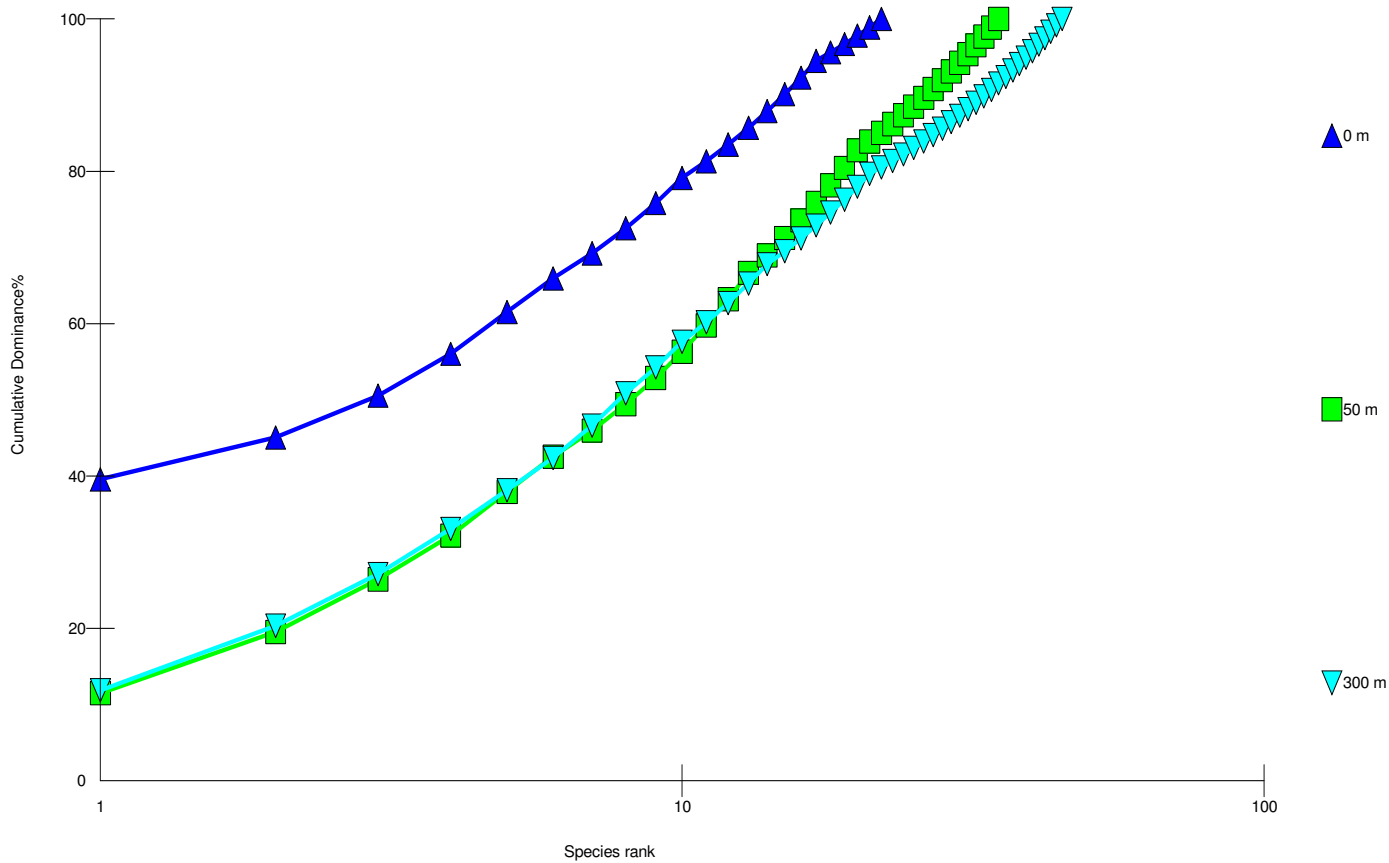
Σχήμα 5.86: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας στη διάρκεια του χρόνου.



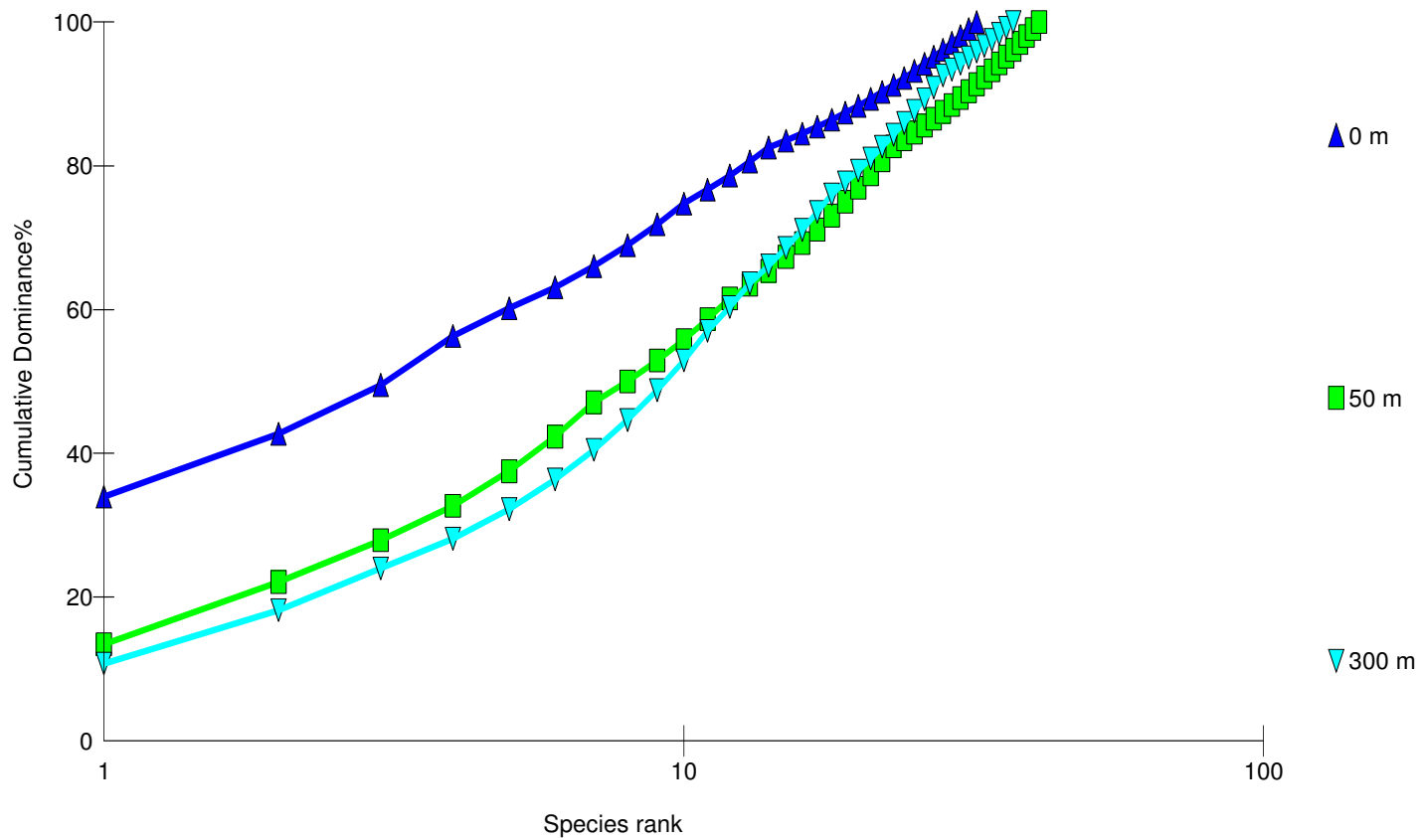
Σχήμα 5.87: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.



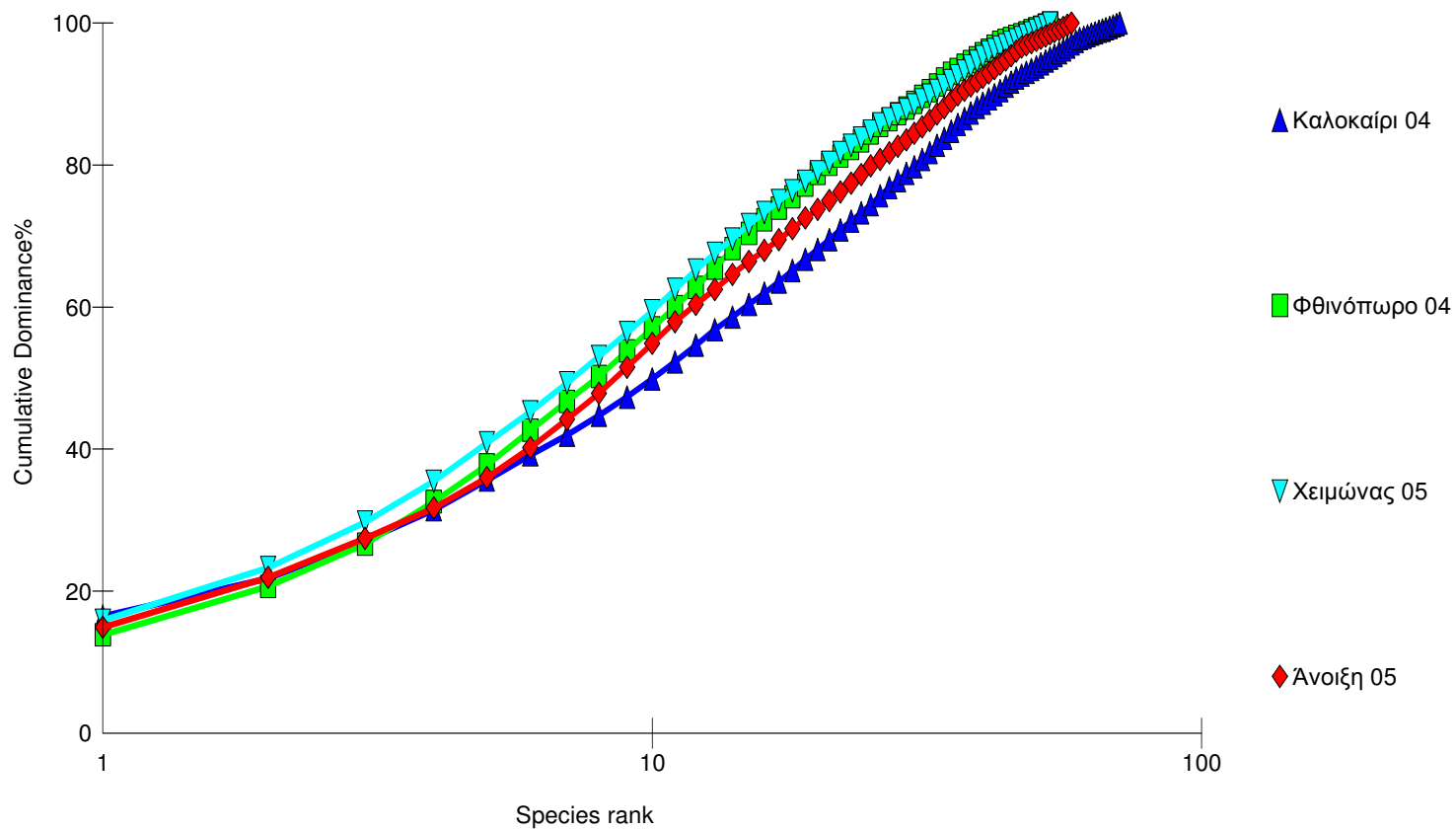
Σχήμα 5.88: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου.



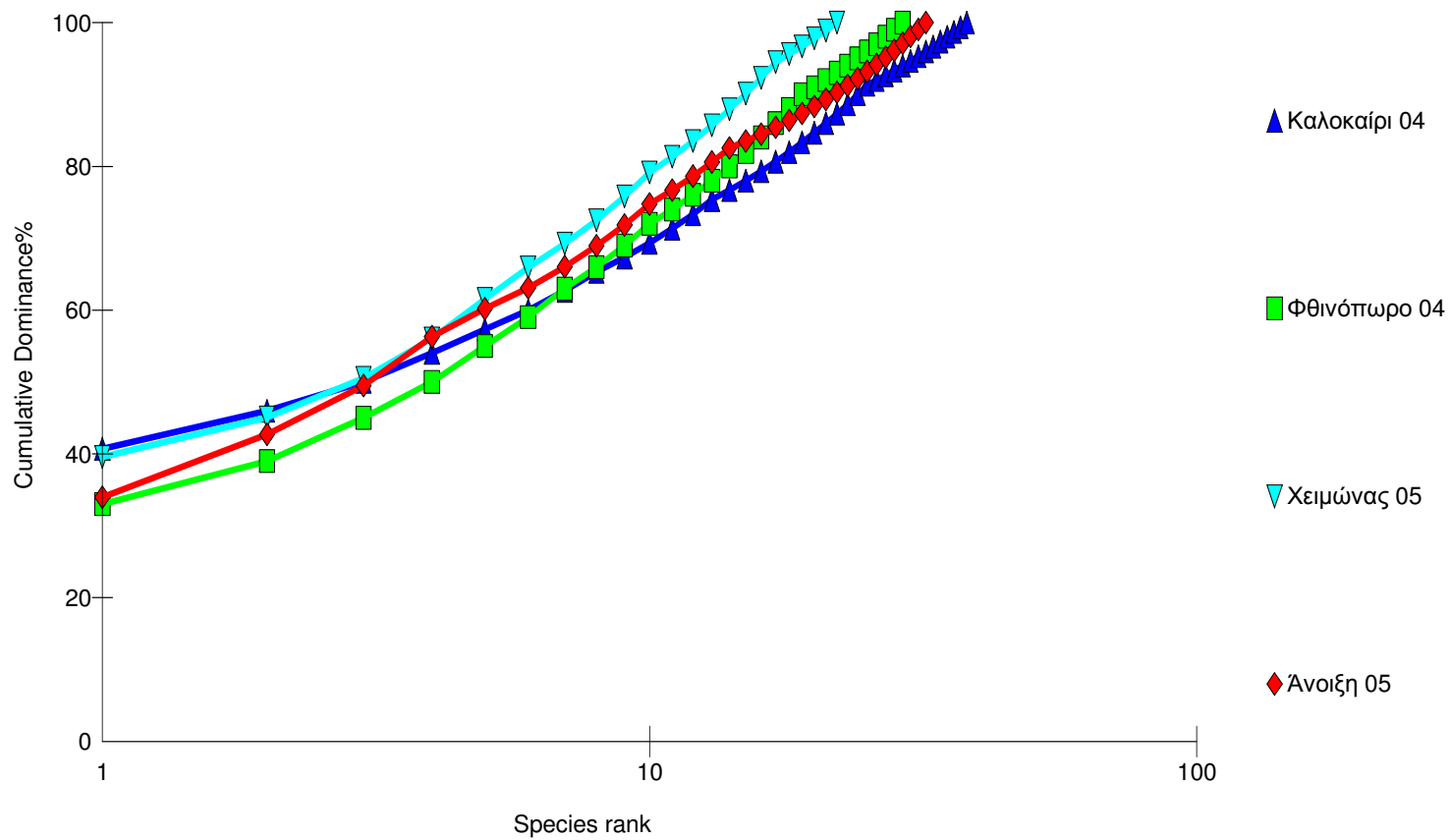
Σχήμα 5.89: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του χειμώνα.



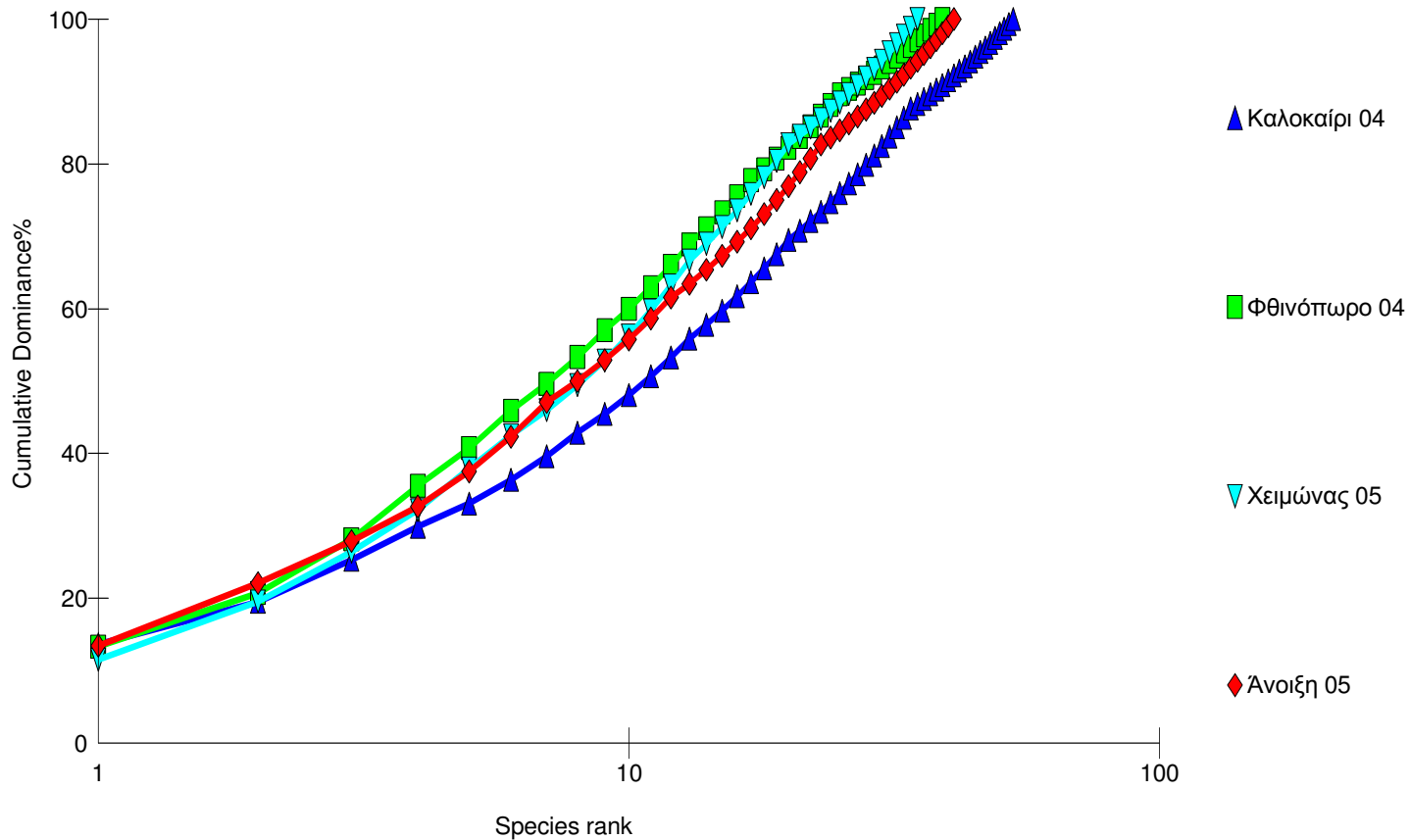
Σχήμα 5.90: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια της άνοιξης.



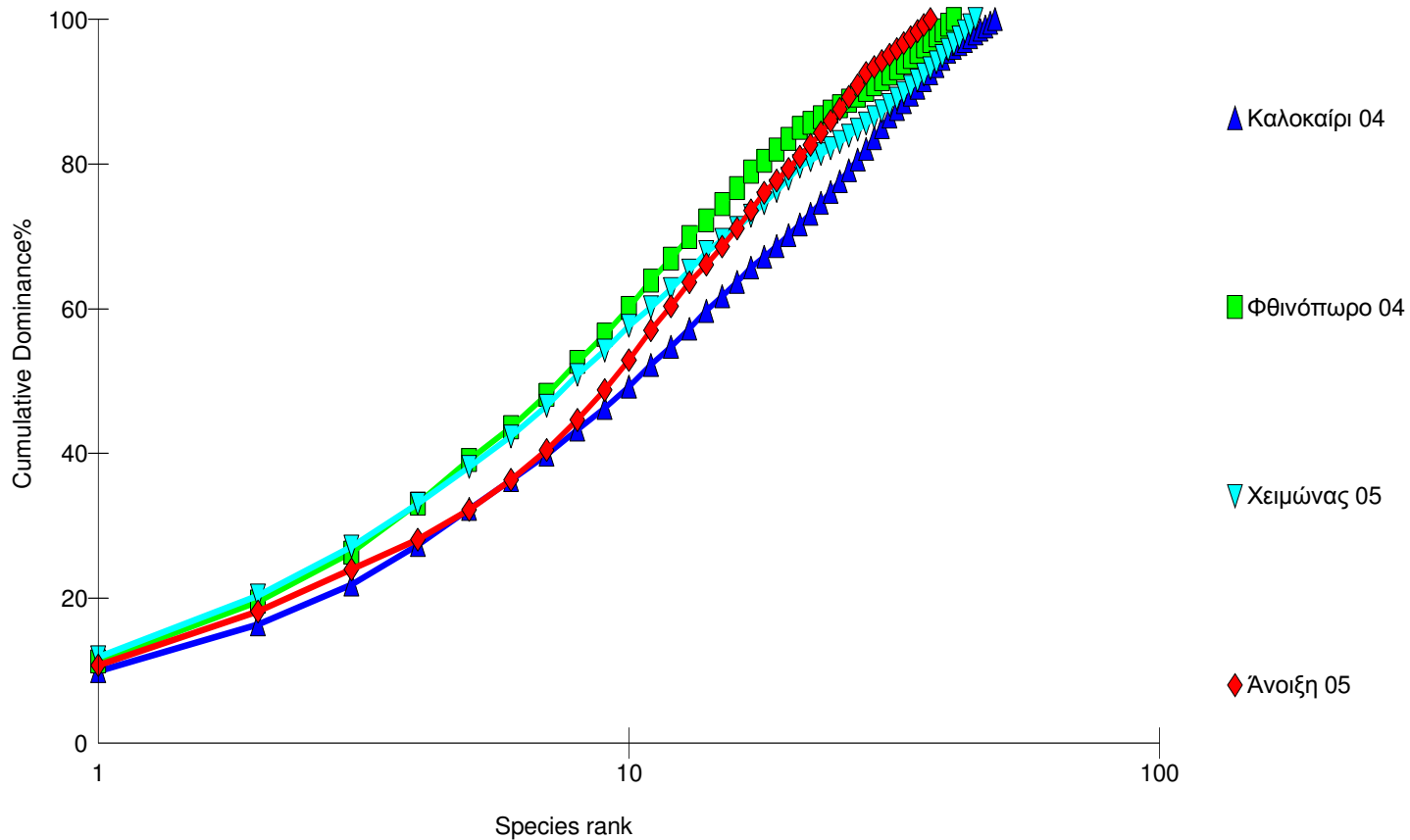
Σχήμα 5.91: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής AS σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας.



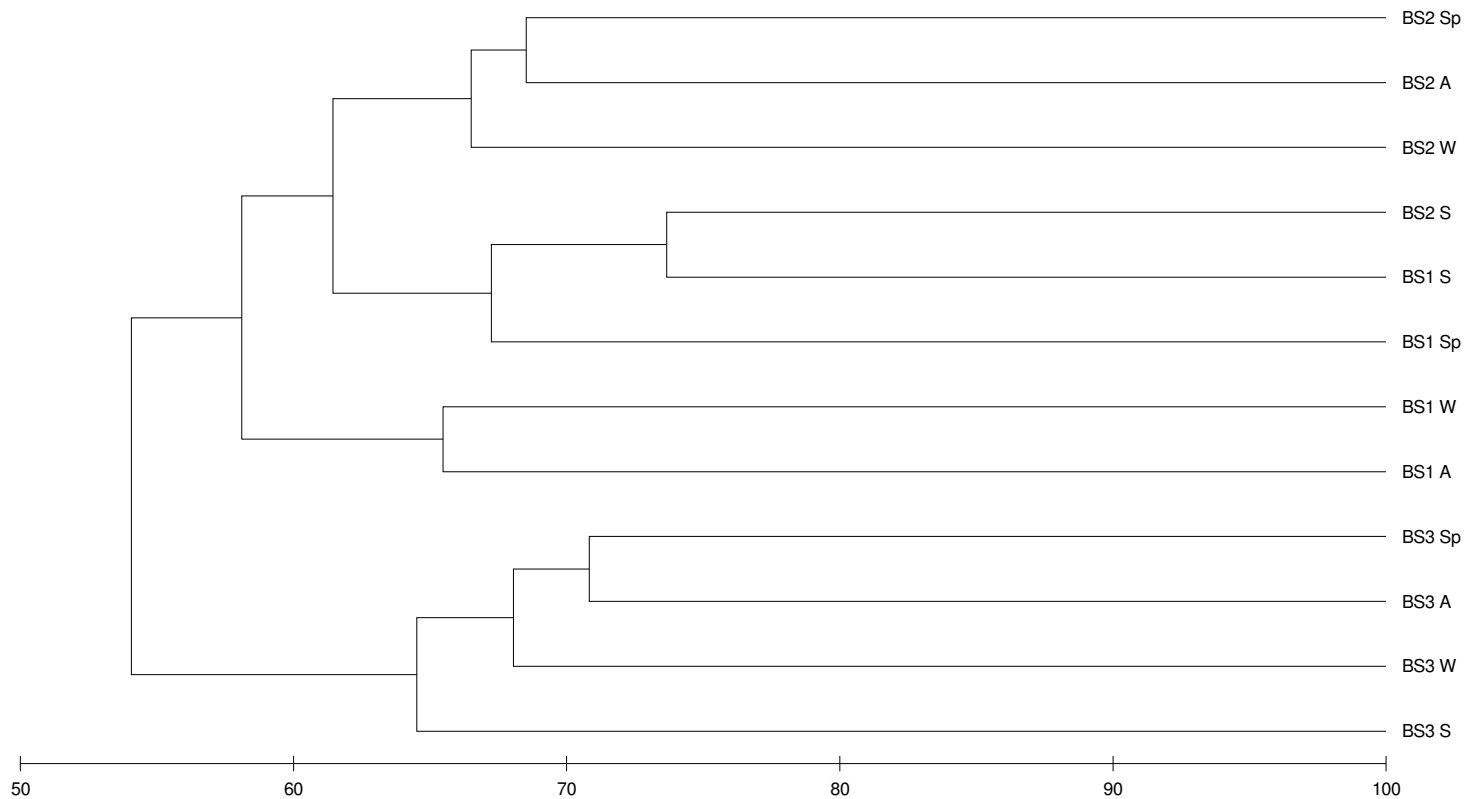
Σχήμα 5.92: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού AS1 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας.



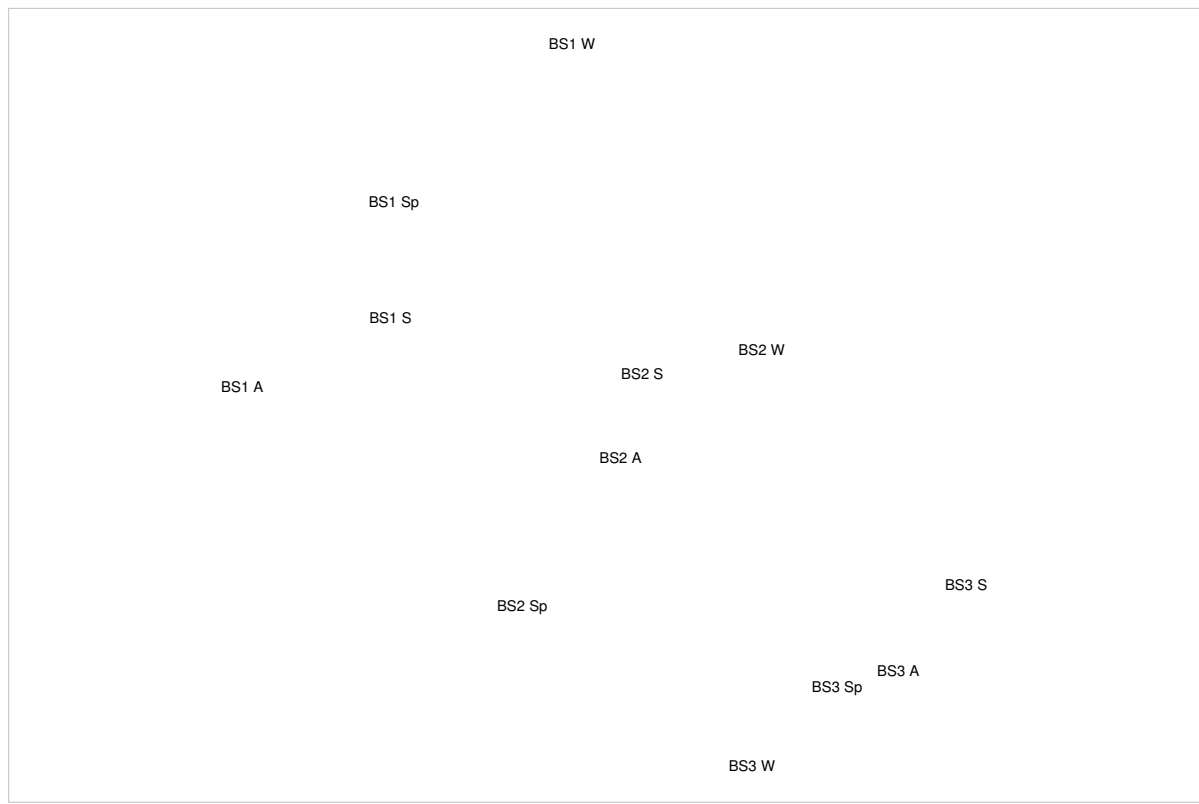
Σχήμα 5.93: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού AS2 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας.



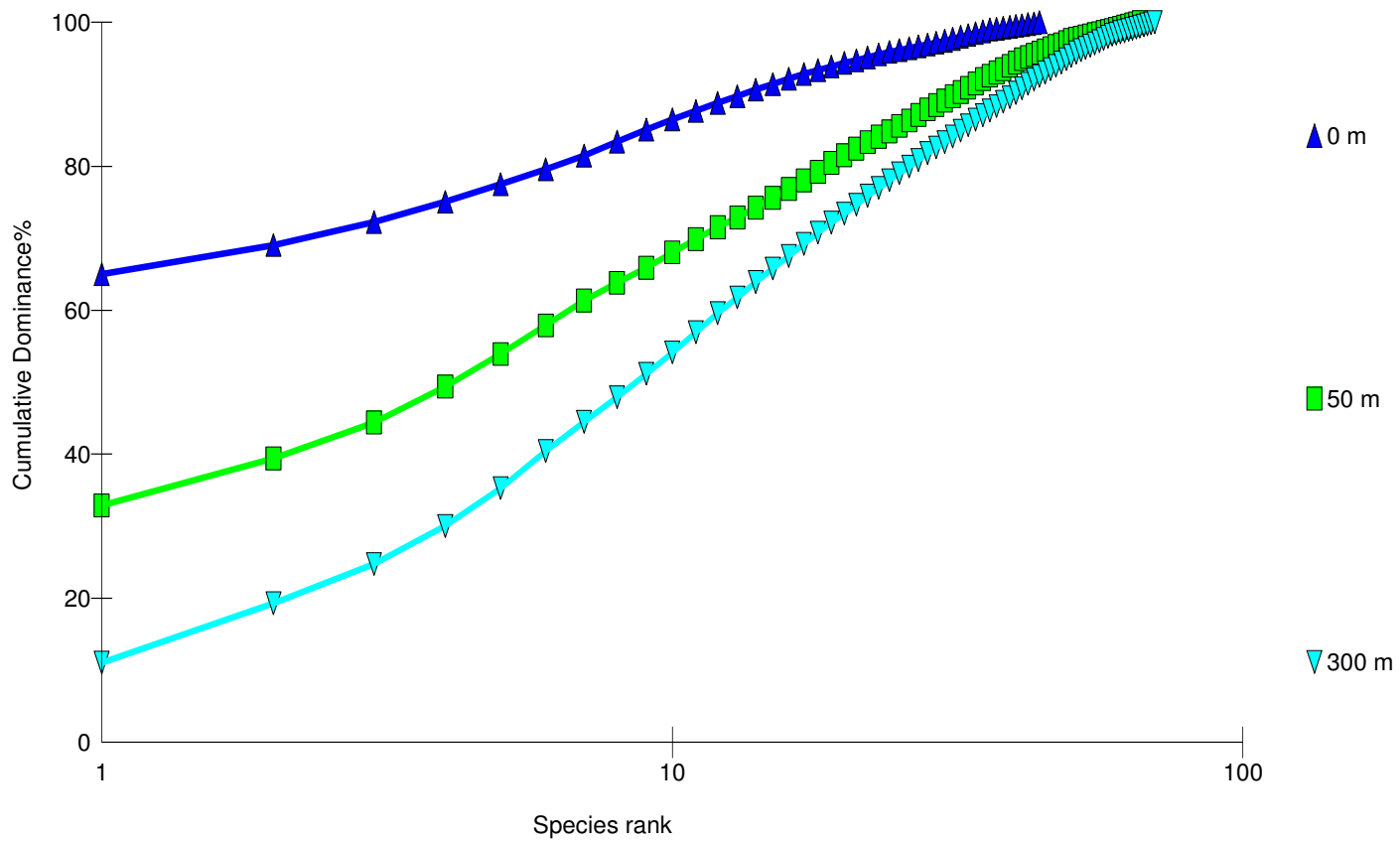
Σχήμα 5.94: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού AS3 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας.



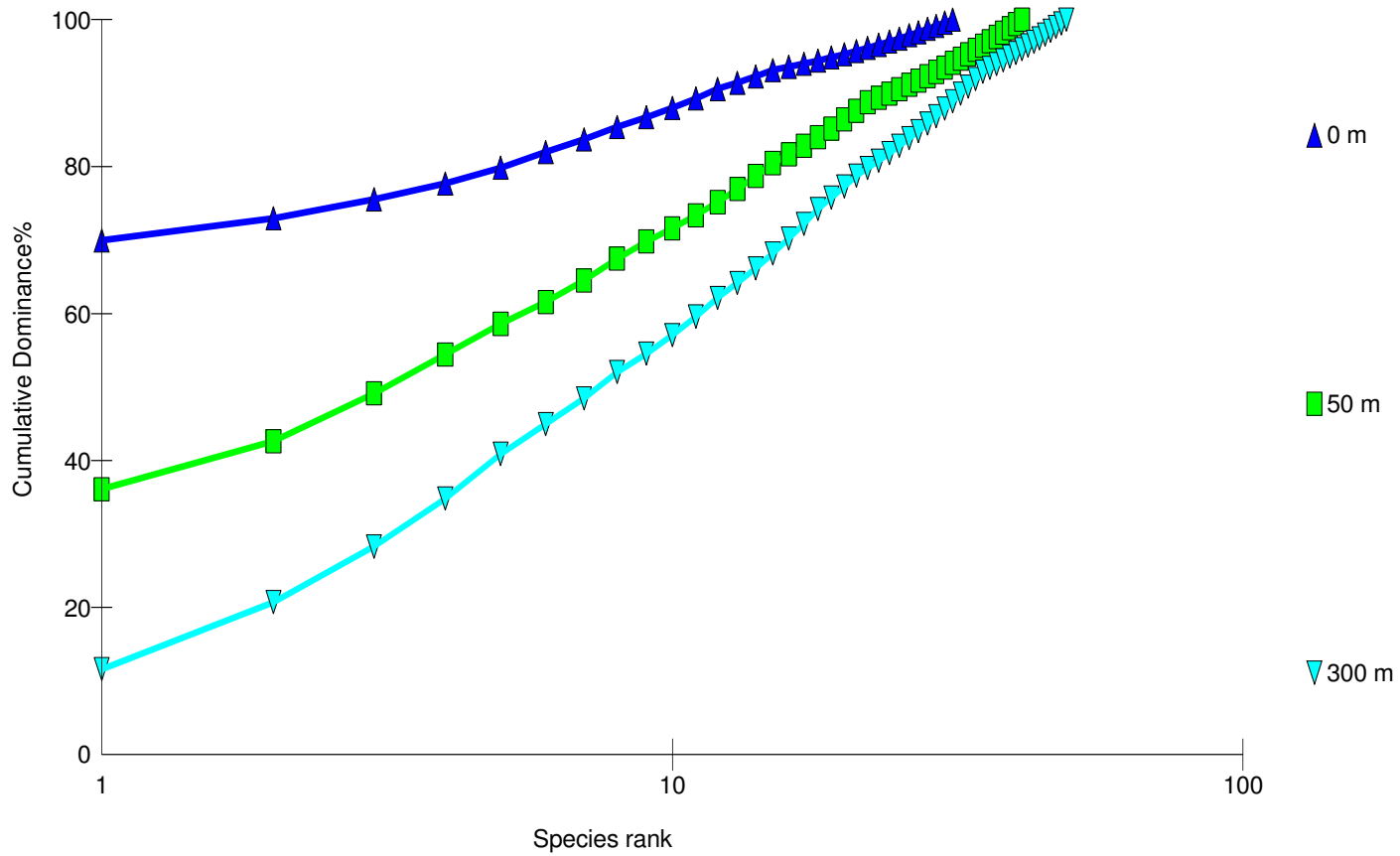
Σχήμα 5.95: Δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των σταθμών της περιοχής BS, με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (A: Φθινόπωρο, S: Καλοκαίρι, Sp: Άνοιξη, W: Χειμώνας).



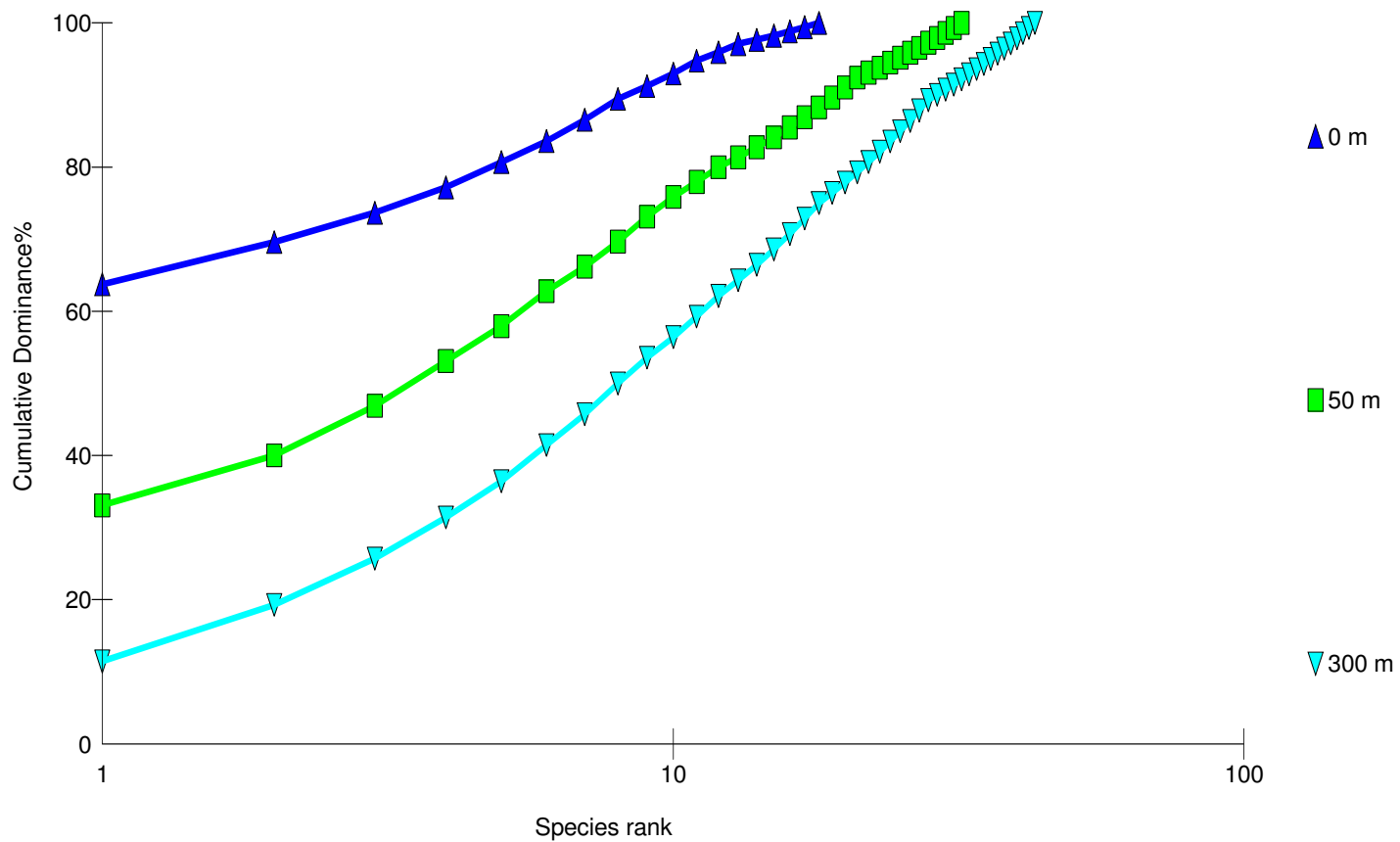
Σχήμα 5.96: Διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) των σταθμών της περιοχής BS, με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών (A: Φθινόπωρο, S: Καλοκαίρι, Sp: Άνοιξη, W: Χειμώνας)(stress: 0,07).



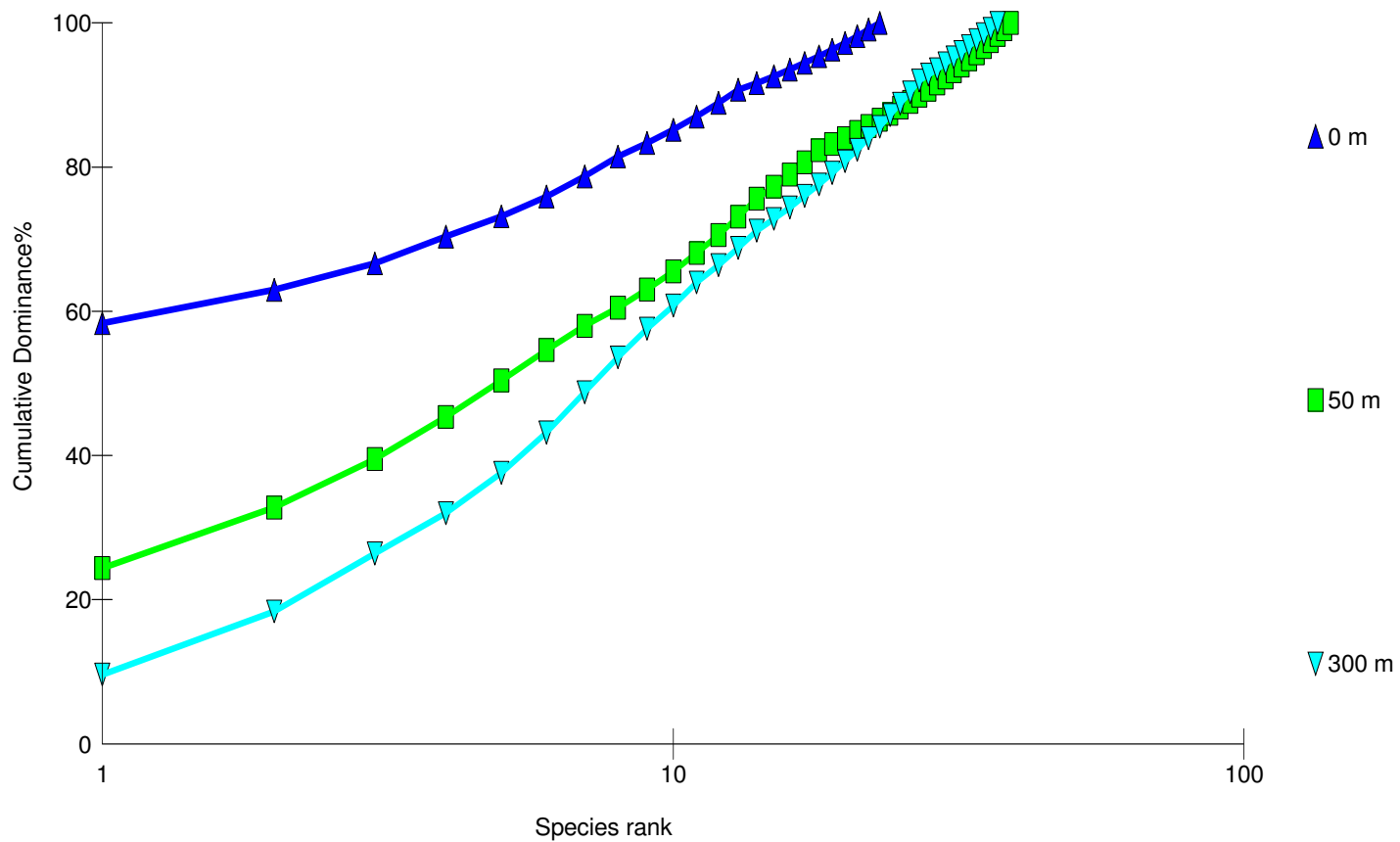
Σχήμα 5.97: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας στη διάρκεια του χρόνου.



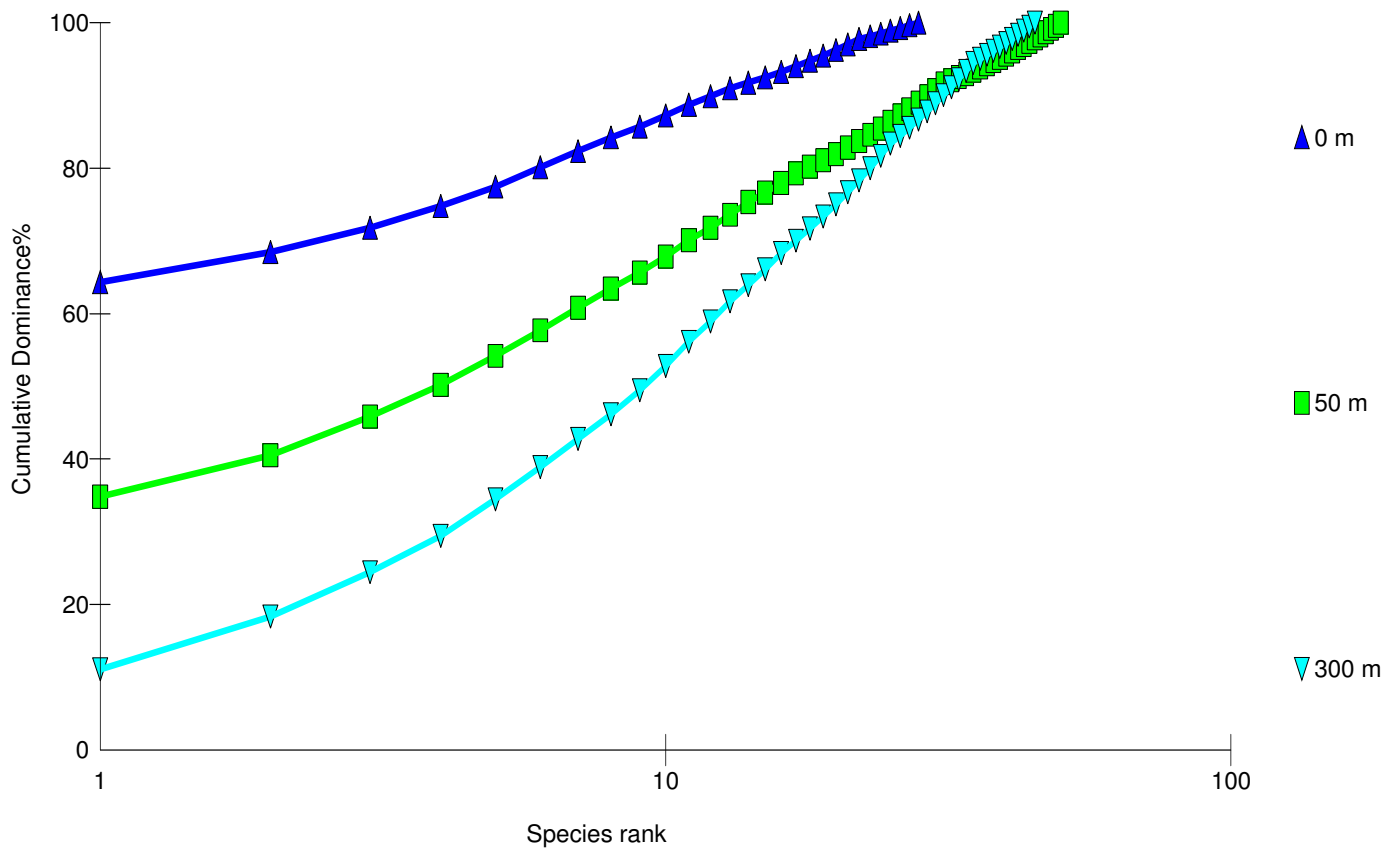
Σχήμα 5.98: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.



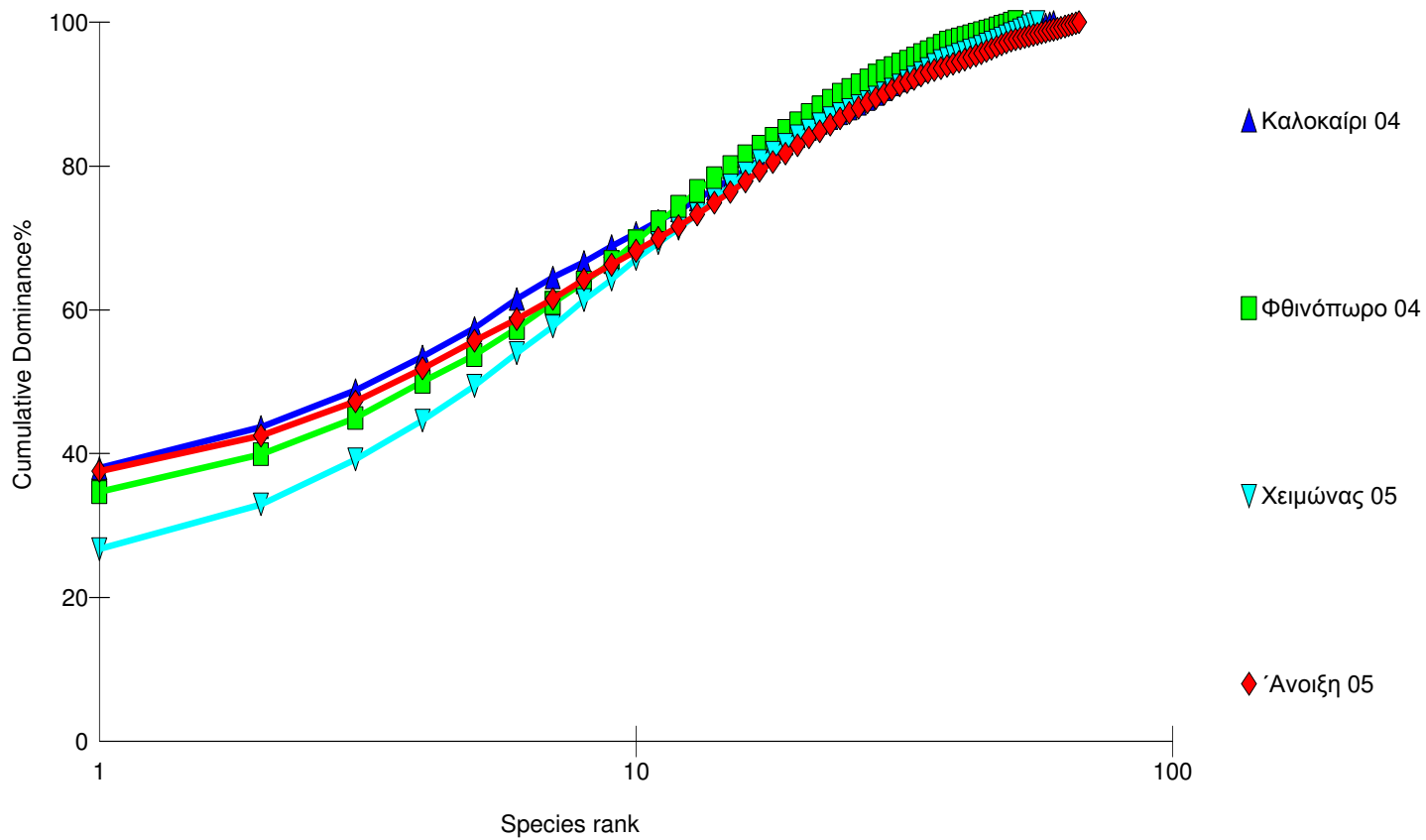
Σχήμα 5.99: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου.



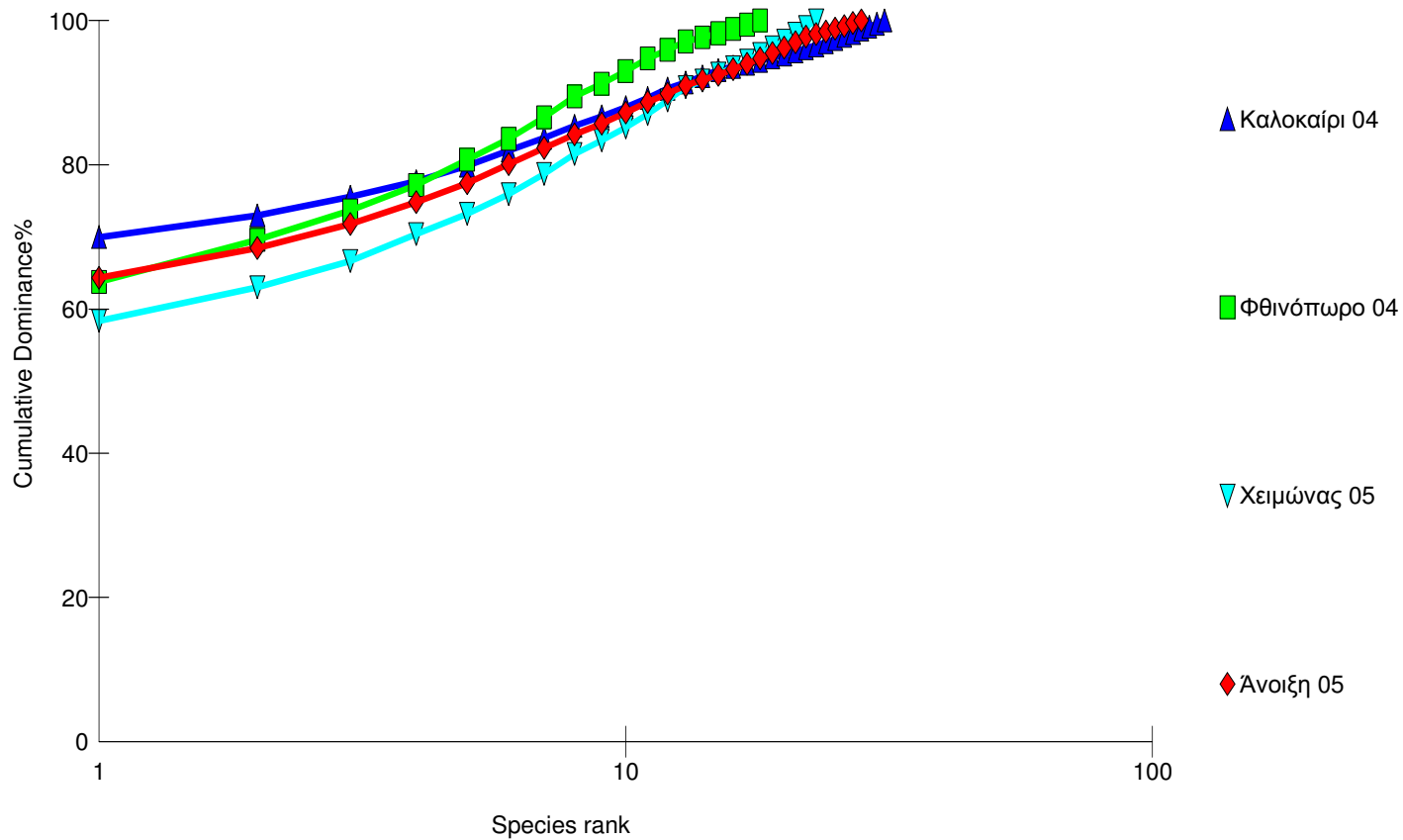
Σχήμα 5.100: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια του χειμώνα.



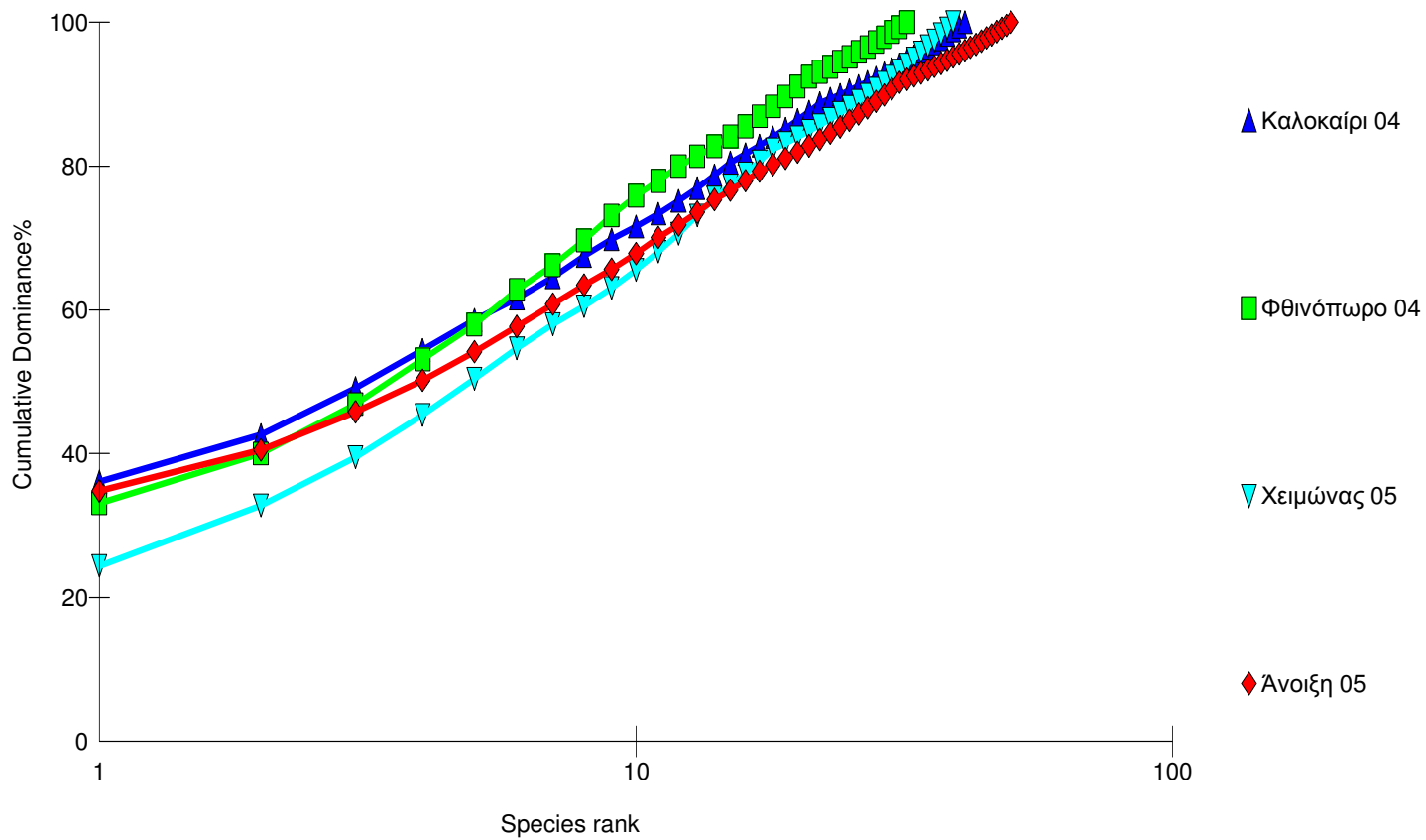
Σχήμα 5.101: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας κατά τη διάρκεια της άνοιξης.



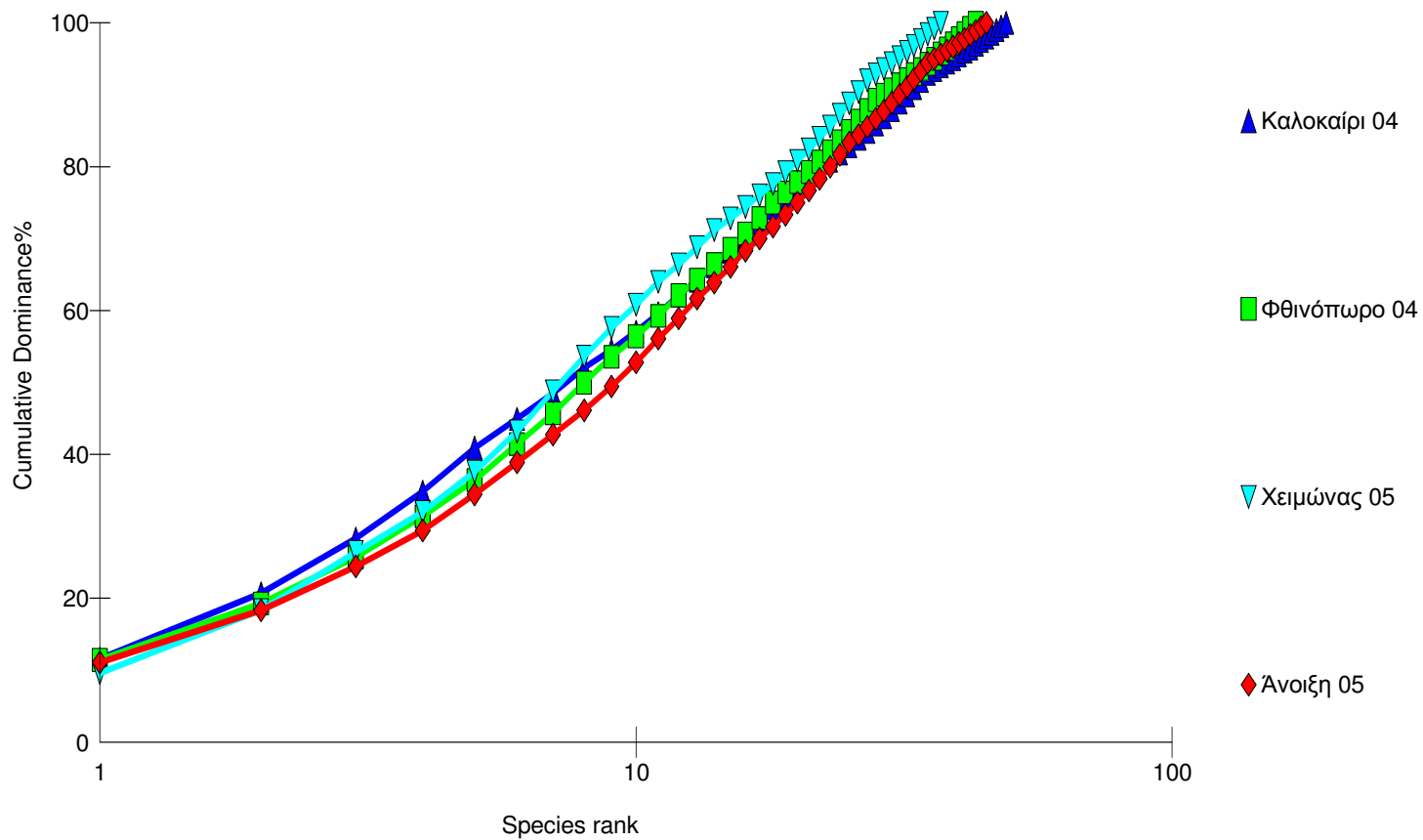
Σχήμα 5.102: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών της περιοχής BS σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας.



Σχήμα 5.103: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού BS1 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας.



Σχήμα 5.104: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού BS2 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας.



Σχήμα 5.105: Διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών ειδών του σταθμού BS3 σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας.

Η στατιστική επεξεργασία των διαφόρων χαρακτηριστικών του μακροζωοβένθους στις τέσσερις εποχές του έτους δεν έδειξε κάποια σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ όλων των σταθμών στις δύο περιοχές έρευνας, εκτός από τον αριθμό, την αφθονία και τον δείκτη αφθονίας των ειδών στην περιοχή BS.

Συγκεκριμένα για την περιοχή AS:

$$S: F_{24, 0,05}=1,40, p<0,256$$

$$N: F_{24, 0,05}=2,29, p<0,069$$

$$H': F_{24, 0,05}=1,31, p<0,290$$

$$d: F_{24, 0,05}=1,01, p<0,443$$

$$J': F_{24, 0,05}=1,87, p<0,127$$

Για την περιοχή BS:

$$S: F_{24, 0,05}=2,74, p<0,05$$

$$N: F_{24, 0,05}=5,37, p<0,001$$

$$H': F_{24, 0,05}=1,77, p<0,147$$

$$d: F_{24, 0,05}=2,56, p<0,05$$

$$J': F_{24, 0,05}=1,89, p<0,124$$

Όσον αφορά τον αριθμό των ειδών, οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίστηκαν κατά την εποχή της άνοιξης και του καλοκαιριού, και για τις δύο περιοχές έρευνας. Για την περιοχή AS, ο μεγαλύτερος αριθμός ειδών καταγράφηκε στον σταθμό AS2 κατά την καλοκαιρινή περίοδο (53 είδη), ενώ ο μικρότερος στον σταθμό AS1 κατά την χειμερινή περίοδο (22 είδη). Στην άλλη περιοχή έρευνας, ο μεγαλύτερος αριθμός ειδών καταγράφηκε στο σταθμό BS2 κατά την εποχή της άνοιξης (50 είδη), ενώ ο μικρότερος στο σταθμό BS1 κατά την εποχή του φθινοπώρου (18 είδη). Γενικά, και για τις δύο περιοχές έρευνας ο

μεγαλύτερος αριθμός των ειδών εμφανίστηκε στους σταθμούς AS2 και BS2, ενώ ο μικρότερος στους σταθμούς AS1 και BS1 (Πιν. 5.9-5.10, Σχ. 5.60 και 5.66).

Σχετικά με τον αριθμό των ατόμων κάθε είδους (αφθονία) τα αποτελέσματα είναι αντίστοιχα με αυτά που περιγράφηκαν παραπάνω για τον αριθμό των ειδών. Για την περιοχή AS, η μεγαλύτερη αφθονία καταγράφηκε στο σταθμό AS3 κατά την καλοκαιρινή περίοδο (2.978 ind/m^2), ενώ η μικρότερη στο σταθμό AS2 κατά τη χειμερινή περίοδο (1.289 ind/m^2). Στην περιοχή BS, η μεγαλύτερη αφθονία εμφανίστηκε στο σταθμό BS1 κατά την εποχή της άνοιξης (3.941 ind/m^2), ενώ η μικρότερη στον ίδιο σταθμό κατά την εποχή του χειμώνα (1.600 ind/m^2). Γενικά, η περιοχή BS εμφάνισε μεγαλύτερη αφθονία σε σχέση με την άλλη περιοχή έρευνας ακολουθώντας τον βασικό κανόνα ότι οι πλέον ρυπασμένες περιοχές έχουν μικρότερο αριθμό ειδών που μπορούν να επιβιώσουν και σε μεγαλύτερες αφθονίες (Gray, 1981). Στην περιοχή AS, οι μεγαλύτερες αφθονίες εμφανίστηκαν στο σταθμό AS3, σε αντίθεση με την περιοχή BS όπου οι μεγαλύτερες αφθονίες εμφανίστηκαν στο σταθμό BS1, με εξαίρεση τη χειμερινή περίοδο όπου υπερτερεί ο σταθμός BS3 (Πιν. 5.9-5.10, Σχ. 5.61 και 5.67).

Ο δείκτης ποικιλότητας στην περιοχή AS κυμάνθηκε μεταξύ 2,427-3,612, ενώ στην περιοχή BS μεταξύ 1,557-3,478. Γενικά, η περιοχή AS εμφάνισε μεγαλύτερη ποικιλομορφία ειδών σε σχέση με την άλλη περιοχή έρευνας. Οι χαμηλότερες τιμές του δείκτη ποικιλότητας σημειώθηκαν στους σταθμούς AS1 και BS1 καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι οι τιμές του ίδιου δείκτη στο σταθμό AS2 είναι παρόμοιες με αυτές του σταθμού AS3 καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, σε αντίθεση με την περιοχή BS όπου το

φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε μόνο κατά τη χειμερινή περίοδο (Πιν. 5.9-5.10, Σχ. 5.62 και 5.68).

Ο δείκτης αφθονίας των ειδών στην περιοχή AS κυμάνθηκε μεταξύ 2,914-6,725, ενώ στην περιοχή BS μεταξύ 2,169-6,034. Οι χαμηλότερες τιμές του δείκτη αφθονίας των ειδών καταγράφηκαν στους σταθμούς AS1 και BS1 καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Πιν. 5.9-5.10, Σχ. 5.63 και 5.69).

Ο δείκτης ομοιόμορφης κατανομής των ατόμων στην περιοχή AS κυμάνθηκε μεταξύ 0,7421-0,9332, ενώ στην περιοχή BS μεταξύ 0,4535-0,9136. Ομοίως με τους προηγούμενους δείκτες, οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν στους σταθμούς AS1 και BS1 καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στην περιοχή BS οι τιμές του δείκτη αυτού αυξάνονται όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της μονάδας. Το γεγονός αυτό παρατηρήθηκε και στην άλλη περιοχή έρευνας αλλά μόνο κατά την καλοκαιρινή και την εαρινή περίοδο, ενώ κατά την υπόλοιπη διάρκεια του έτους οι μεγαλύτερες τιμές καταγράφηκαν στο σταθμό AS2. Επίσης, οι σταθμοί της περιοχής BS εμφάνισαν μεταξύ τους μεγαλύτερες διαφορές στις τιμές του παραπάνω δείκτη σε σχέση με τους σταθμούς της περιοχής AS που ήταν πιο ομοιογενείς (Πιν. 5.9-5.10, Σχ. 5.64 και 5.70).

Η ξηρή βιομάζα του μακροζωοβένθους στους σταθμούς της περιοχής AS κυμάνθηκε μεταξύ 5,456-8,071 g/m², ενώ στους σταθμούς της περιοχής BS μεταξύ 6,925-13,071 g/m². Η περιοχή BS εμφάνισε μεγαλύτερες τιμές ξηρής βιομάζας σε σχέση με την άλλη περιοχή έρευνας (Πιν. 5.9-5.10, Σχ. 5.65 και 5.71).

Οι πολύχαιτοι αποτέλεσαν την κυρίαρχη βενθική ομάδα επί του συνόλου των ειδών και του αριθμού των ατόμων σε όλους τους σταθμούς των δύο

περιοχών έρευνας ακολουθούμενοι από τα μαλάκια και τα καρκινοειδή (Σχ. 5.72-5.83). Το ποσοστό των πολύχαιπων επί του συνόλου των ειδών στην περιοχή AS κυμάνθηκε από 53-55% και στην περιοχή BS από 49-50%. Οι σταθμοί AS1 και BS1 εμφάνισαν μεγαλύτερα ποσοστά αριθμού ατόμων που ανήκαν στην ομάδα των πολύχαιπων σε σχέση όλους τους υπόλοιπους σταθμούς δειγματοληψιών (69% και 82%, αντίστοιχα).

Ο συνολικός αριθμός των ατόμων που αναγνωρίστηκαν είναι 1.193 άτομα, τα οποία ανήκουν σε 90 διαφορετικά είδη (Πιν. 5.9-5.10, 5.11, Σχ. 5.60-5.61, 5.66-5.67). Τα είδη που καταλαμβάνουν ποσοστό εμφάνισης μεγαλύτερο από το 1% της συνολικής αφθονίας στο σύνολο των σταθμών και των εποχών και είναι επικρατέστερα έναντι των υπολοίπων είναι 21 (Πιν. 5.12). Από αυτά τα 12 ανήκουν στους πολύχαιτους, τα 4 στα μαλάκια, τα 3 στα καρκινοειδή, το 1 στα σιπουνκουλοειδή και το τελευταίο στα εχινόδερμα. Από όλα αυτά το επικρατέστερο είδος φαίνεται να είναι το *Capitella capitata*, το οποίο στους σταθμούς AS1 και BS1 έφτασε το ποσοστό εμφάνισης του 37% και 65%, αντίστοιχα. Τα ποσοστά εμφάνισης του είδους αυτού στους σταθμούς AS2 και BS2 μειώθηκαν αισθητά φτάνοντας το 13% και 33%, αντίστοιχα, ενώ στους σταθμούς μάρτυρες (AS3 και BS3) τα ποσοστά είναι ελάχιστα (<1% και 2%, αντίστοιχα). Στους σταθμούς μάρτυρες κυρίαρχο είδος είναι το *Nephtys hystrix* με ποσοστό εμφάνισης 11%, το οποίο απουσιάζει εντελώς από τους σταθμούς AS1 και BS1. Ένα άλλο είδος που βρέθηκε στους σταθμούς μάρτυρες σε μεγαλύτερα ποσοστά από τους υπολοίπους είναι το *Paraonis gracilis gracilis*, ενώ το *Tharyx dorsobranchialis* βρέθηκε γενικά σε μεγάλα ποσοστά, ιδιαίτερα στους σταθμούς AS2 και BS2. Επίσης, ένα άλλο είδος που βρέθηκε μόνο στους σταθμούς της περιοχής BS είναι το

Mytilus galloprovincialis (μύδι). Γενικά, παρατηρήθηκε μια διαφοροποίηση στη σύσταση των μακροζωοβενθικών ειδών που βρέθηκαν στους 6 σταθμούς δειγματοληψίας.

Ο υπολογισμός του βαθμού συγγένειας των σταθμών της περιοχής AS με βάση την πανιδική τους σύσταση κατά τη διάρκεια των τεσσάρων εποχών έδειξε δύο κύριες ομάδες (Σχ. 5.84). Η πρώτη περιλαμβάνει τον σταθμό AS1 κατά τη διάρκεια όλων των εποχών δειγματοληψίας, καθώς και τον σταθμό AS2 κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και της άνοιξης. Η δεύτερη περιλαμβάνει τον σταθμό AS3 κατά τη διάρκεια όλων των εποχών, καθώς και τον σταθμό AS2 κατά την χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο. Ο βαθμός συγγένειας των δύο αυτών ομάδων φτάνει περίπου στο 60%. Στο διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) παρατηρήθηκε ένας σαφής διαχωρισμός των σταθμών της περιοχής AS κατά τη διάρκεια όλων των εποχών (Σχ. 5.85). Το διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών οργανισμών της περιοχής AS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας, έδειξε ένα σαφή διαχωρισμό του σταθμού AS1 από τους σταθμούς AS2 και AS3 καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Σχ. 5.86-5.90). Το ίδιο διάγραμμα σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας δεν έδειξε κάποια διαφοροποίηση μεταξύ των σταθμών της περιοχής AS (Σχ. 5.91-5.94).

Ο υπολογισμός του βαθμού συγγένειας των σταθμών της περιοχής BS με βάση την πανιδική τους σύσταση κατά τη διάρκεια τεσσάρων εποχών έδειξε δύο κύριες ομάδες (Σχ. 5.95). Η πρώτη περιλαμβάνει τους σταθμούς BS1 και BS2, ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει μόνο το σταθμό BS3. Ο βαθμός συγγένειας των δύο αυτών ομάδων φτάνει περίπου στο 60%. Επιπλέον, η πρώτη ομάδα χωρίζεται σε τρεις υποομάδες. Η πρώτη υποομάδα

περιλαμβάνει το σταθμό BS1 κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα, η δεύτερη τον ίδιο σταθμό κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού, καθώς και τον σταθμό BS2 κατά την καλοκαιρινή περίοδο και η τρίτη το σταθμό BS2 κατά τη διάρκεια των υπόλοιπων τριών εποχών (φθινόπωρο, χειμώνας και άνοιξη). Στο διάγραμμα πολυδιάστατης διάταξης (MDS) παρατηρήθηκε, όπως και στην περίπτωση της περιοχής AS, ένας σαφής διαχωρισμός των σταθμών της περιοχής BS κατά τη διάρκεια όλων των εποχών (Σχ. 5.96). Το διάγραμμα αθροιστικής κυριαρχίας των μακροζωοβενθικών οργανισμών της περιοχής BS σε σχέση με την απόσταση από το κέντρο της μονάδας, έδειξε ένα σαφή διαχωρισμό όλων των σταθμών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Σχ. 5.97-5.101). Το ίδιο διάγραμμα σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας δεν έδειξε κάποια διαφοροποίηση μεταξύ των σταθμών της περιοχής BS (Σχ. 5.102-5.105).

5.2.2. Πειραματική αλιεία άγριων ψαριών

Τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ψαριών που αλιεύτηκαν στις δύο περιοχές έρευνας κατά τη διάρκεια των τριών πρώτων πειραματικών δειγματοληψιών αλιείας (Σεπτέμβριος & Οκτώβριος 2004, Σεπτέμβριος 2005) και το ποσοστό των σύμπηκτων ιχθυοτροφών (pellets) που βρέθηκαν στο στομάχι τους δίνονται στους Πίνακες 5.13-5.15. Στα Σχήματα 5.106-5.111, φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή των ειδών που αλιεύτηκαν καθώς και το στομαχικό περιεχόμενο αυτών κατά τη διάρκεια των ίδιων δειγματοληψιών. Η τέταρτη πειραματική αλιεία (Σεπτέμβριος 2006) που επιχειρήθηκε στην περιοχή BS απέβη άκαρπη αφού δεν καταφέραμε να συλλάβουμε ψάρια γύρω από τους ιχθυοκλωβούς, παρά τον μεγάλο αριθμό ψαριών που με

Πίνακας 5.13: Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ψαριών που αλιεύθηκαν στην περιοχή BS κατά την πρώτη πειραματική αλιεία (Σεπτέμβριος 2004) και το ποσοστό των σύμπηκτων ιχθυοτροφών (pellets) που βρέθηκαν στο στομάχι τους.

A/A	Είδος ψαριού	Κοινή ονομασία	Ολικό μήκος (cm)	Μεσουραίο Μήκος (cm)	Πλάτος (cm)	Ολικό βάρος (g)	Καθαρό βάρος (g)	Ποσοστό pellets (%)
1	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	27,0	23,6	7,550	256,46	238,12	0
2	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	35,4	31,1	9,610	575,66	515,20	+
3	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	27,1	23,8	7,615	267,20	251,59	+
4	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	30,1	26,7	8,360	366,59	344,40	+
5	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	27,8	24,5	7,380	300,25	274,93	+
6	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	28,4	24,7	7,975	313,33	285,18	+
7	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	22,6	19,7	6,280	145,19	137,48	0
8	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	26,1	23,2	6,930	220,95	210,76	+
9	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	26,8	23,6	7,090	226,71	220,06	+
10	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Λαβράκι	30,4	28,4	6,810	306,57	275,10	+
11	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Λαβράκι	33,2	31,6	7,640	405,58	350,75	+
12	<i>Sparus aurata</i>	Τσιπούρα	26,7	24,9	9,200	308,75	290,76	+
13	<i>Dentex dentex</i>	Συναγρίδα	29,1	25,7	8,555	337,25	324,97	0
14	<i>Mullus surmuletus</i>	Μπαρμπούνι	17,5	15,4	3,930	74,54	67,70	0
15	<i>Mullus surmuletus</i>	Μπαρμπούνι	18,0	16,0	4,055	75,32	69,69	0
16	<i>Uranoscopus scaber</i>	Λύχνος	17,2	17,2	3,355	80,33	73,90	0
17	<i>Torpedo torpedo</i>	Μουδιάστρα	29,4	28,5	20,200	547,25	457,20	+
18	<i>Diplodus sargus</i>	Σαργός	23,0	20,6	8,000	216,72	205,66	0

+ = Άδειο στομάχι

Πίνακας 5.14: Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ψαριών που αλιεύθηκαν στην περιοχή BS κατά την δεύτερη πειραματική αλιεία (Οκτώβριος 2004) και το ποσοστό των σύμπηκτων ιχθυοτροφών (pellets) που βρέθηκαν στο στομάχι τους.

A/A	Είδος ψαριού	Κοινή ονομασία	Ολικό μήκος (cm)	Μεσουραίο Μήκος (cm)	Πλάτος (cm)	Ολικό βάρος (g)	Καθαρό βάρος (g)	Ποσοστό pellets (%)
1	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	23,6	20,8	7,475	211,10	200,36	+
2	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	26,3	23,3	7,185	252,87	235,81	0
3	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	26,1	23,1	6,985	223,75	212,08	0
4	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	26,4	23,5	7,330	233,87	219,99	0
5	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	26,9	23,3	7,415	251,61	235,89	0
6	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	25,8	22,5	7,320	249,39	235,14	0
7	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	24,4	21,4	7,555	226,80	212,45	0
8	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	25,2	21,8	7,005	205,91	192,94	0
9	<i>Pagellus erythrinus</i>	Λυθρίνι	26,0	23,0	6,635	206,37	196,40	0
10	<i>Mugil cephalus</i>	Κέφαλος	51,9	45,2	8,480	1.133,52	985,34	+
11	<i>Mugil cephalus</i>	Κέφαλος	48,2	42,3	9,660	1.126,53	893,57	+
12	<i>Mullus surmuletus</i>	Μπαρμπούνι	20,3	17,8	5,000	113,77	106,02	0
13	<i>Mullus surmuletus</i>	Μπαρμπούνι	18,4	16,6	4,245	80,63	75,36	+

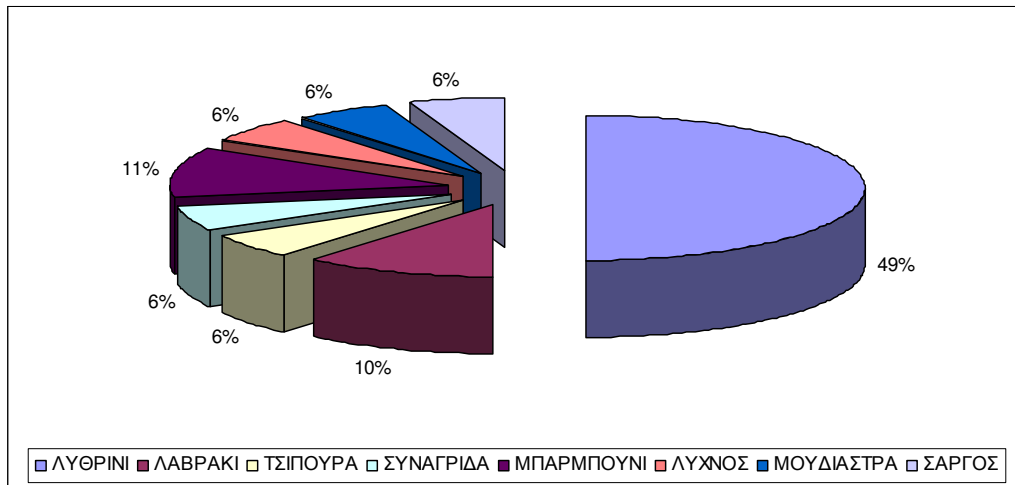
+ = Άδειο στομάχι

Πίνακας 5.15: Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ψαριών που αλιεύθηκαν στην περιοχή AS κατά την τρίτη πειραματική αλιεία (Σεπτέμβριος 2005) και το ποσοστό των σύμπτων ιχθυοτροφών (pellets) που βρέθηκαν στο στομάχι τους.

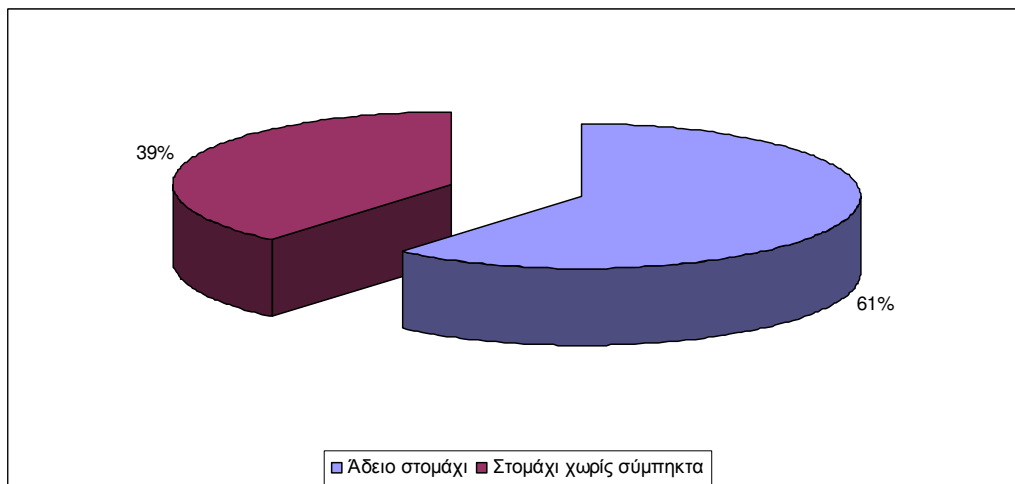
A/A	Είδος ψαριού	Κοινή ονομασία	Ολικό μήκος (cm)	Μεσουραίο Μήκος (cm)	Πλάτος (cm)	Ολικό βάρος (g)	Καθαρό βάρος (g)	Ποσοστό pellets (%)
1	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	41,5	36,5	7,770	611,41	591,24	100
2	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	36,5	31,9	7,485	482,17	450,18	100
3	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	35,6	31,2	6,940	453,60	425,23	+
4	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	40,2	34,6	7,360	522,04	499,95	+
5	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	36,2	32,4	7,195	415,93	396,14	100
6	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	29,1	25,1	6,115	237,67	228,19	100
7	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	33,1	28,5	6,705	372,77	350,71	+
8	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	27,2	23,8	6,050	206,98	195,02	+
9	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	25,9	22,6	5,330	171,44	160,31	+
10	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	32,6	28,8	6,500	325,76	310,80	86,7
11	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	39,4	34,5	7,835	547,24	525,35	100
12	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	29,0	24,7	5,675	217,58	203,78	100
13	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	37,3	32,2	7,220	466,64	445,65	+
14	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	28,1	24,8	5,900	211,27	201,45	+
15	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	29,6	25,9	6,385	285,55	260,34	100
16	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Κοκάλι	29,0	25,4	6,195	249,60	230,62	100
17	<i>Mugil cephalus</i>	Κέφαλος	41,0	36,3	8,610	687,25	582,36	100
18	<i>Sarpa salpa</i>	Σάλπα	40,7	36,7	11,520	1.037,22	927,91	100
19	<i>Sarpa salpa</i>	Σάλπα	40,4	36,3	12,380	1.098,02	991,30	100
20	<i>Sarpa salpa</i>	Σάλπα	37,5	33,1	11,680	868,16	775,04	100

21	<i>Boops boops</i>	Γόπα	38,2	33,6	8,560	676,14	634,63	+
22	<i>Sparus aurata</i>	Τσιπούρα	26,8	24,5	8,930	301,43	284,56	+
23	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Λαυράκι	28,8	27,3	6,060	239,38	205,87	+

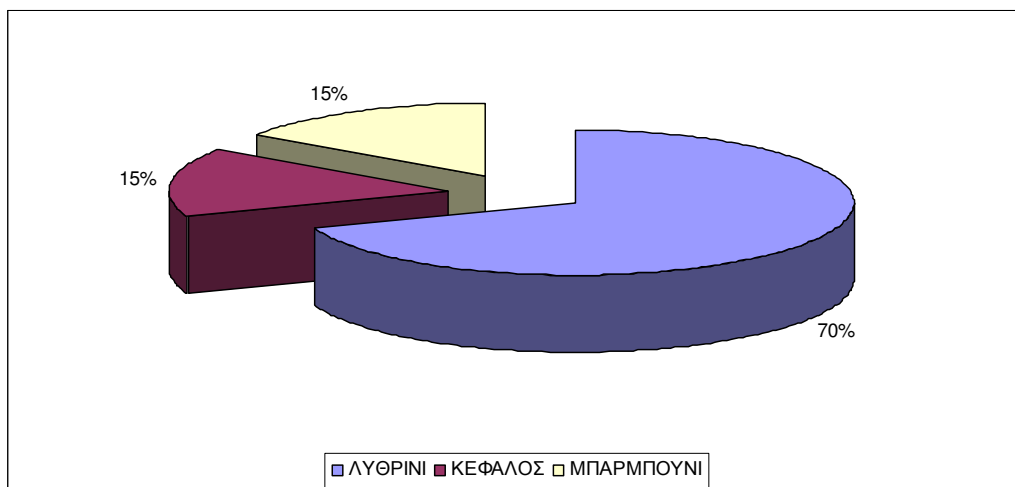
+ = Άδειο στομάχι



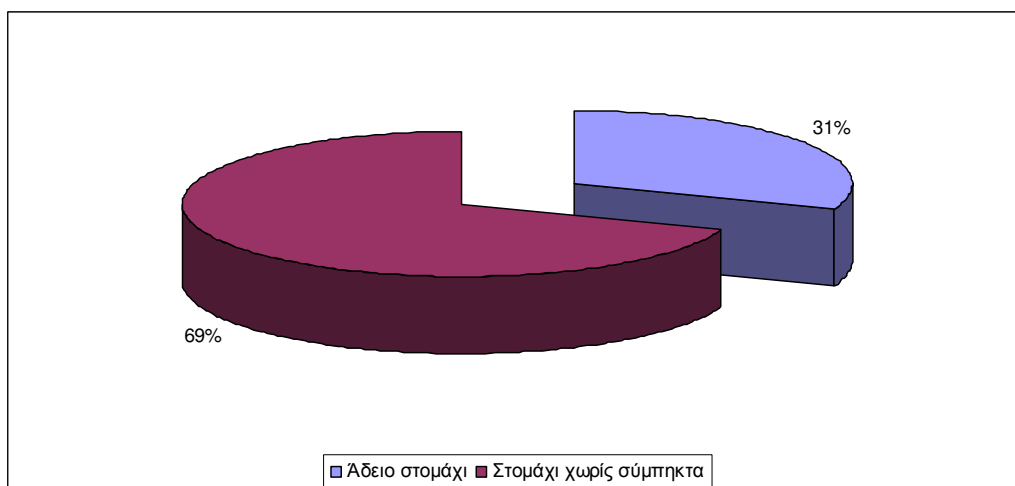
Σχήμα 5.106: Ποσοστιαία κατανομή των διαφόρων ειδών φαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή BS κατά τη διάρκεια της πρώτης πειραματικής αλιείας (Σεπτέμβριος 2004).



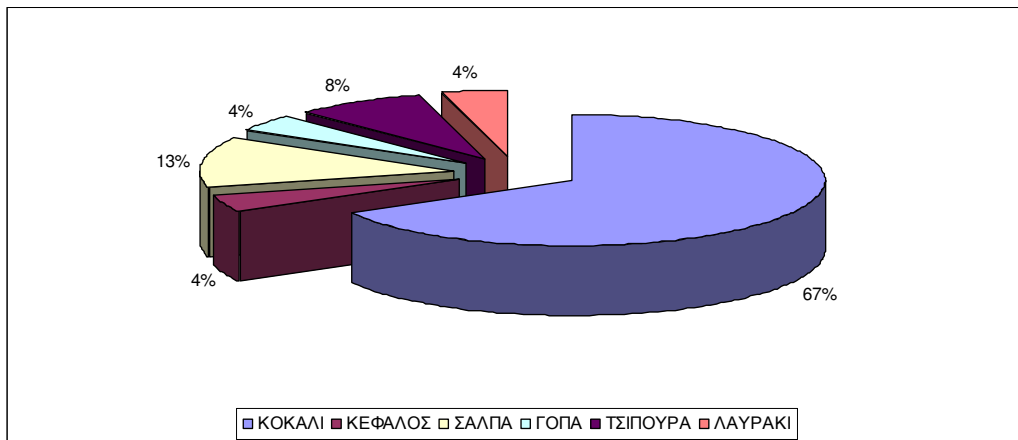
Σχήμα 5.107: Ποσοστιαία κατανομή του στομαχικού περιεχομένου των φαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή BS κατά τη διάρκεια της πρώτης πειραματικής αλιείας (Σεπτέμβριος 2004).



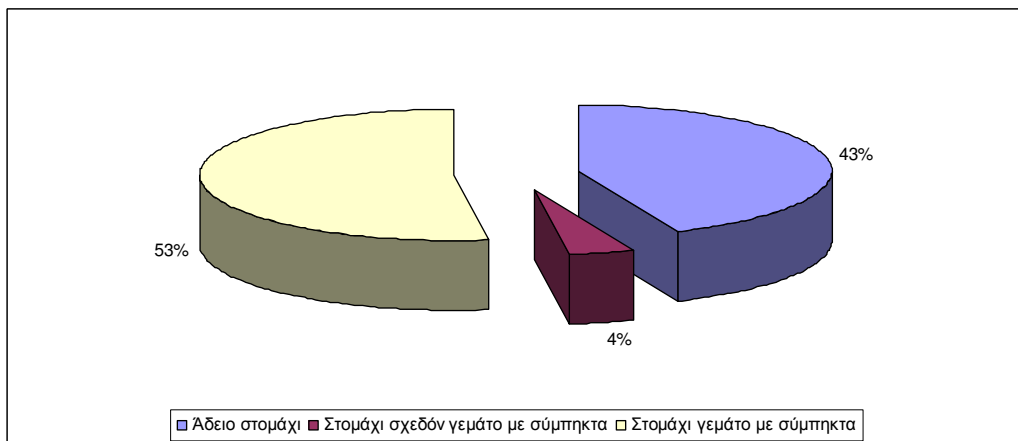
Σχήμα 5.108: Ποσοστιαία κατανομή των διαφόρων ειδών ψαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή BS κατά τη διάρκεια της δεύτερης πειραματικής αλιείας (Οκτώβριος 2004).



Σχήμα 5.109: Ποσοστιαία κατανομή του στομαχικού περιεχομένου των ψαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή BS κατά τη διάρκεια της δεύτερης πειραματικής αλιείας (Οκτώβριος 2004).



Σχήμα 5.110: Ποσοστιαία κατανομή των διαφόρων ειδών ψαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή AS κατά τη διάρκεια της τρίτης πειραματικής αλιείας (Σεπτέμβριος 2005).



Σχήμα 5.111: Ποσοστιαία κατανομή του στομαχικού περιεχομένου των ψαριών που αλιεύτηκαν στην περιοχή AS κατά τη διάρκεια της τρίτης πειραματικής αλιείας (Σεπτέμβριος 2005).



Εικόνα 5.1: Χαρακτηριστική άποψη του στομάχου (πάνω) μετά του στομαχικού περιεχομένου (κάτω) ενός κέφαλου που αλιεύθηκε κατά τη διάρκεια της τρίτης πειραματικής αλιείας στην περιοχή AS.

γυμνό οφθαλμό παρατηρούσαμε να κολυμπούν γύρω και κάτω από τους ιχθυοκλωβούς.

Το αποτέλεσμα της πρώτης πειραματικής αλιείας ήταν η σύλληψη 18 ατόμων ψαριών και της δεύτερης 13. Τα άτομα που αλιεύθηκαν στην πρώτη πειραματική αλιεία ανήκαν σε 8 διαφορετικά είδη με το 50% να αποτελείται από λυθρίνια ολικού μήκους από 22,6-35,4 cm. Το 61% των αλιευθέντων ψαριών είχαν άδειο στομάχι, ενώ το υπόλοιπο 39% είχε γεμάτο ή σχεδόν γεμάτο στομάχι χωρίς σύμπληκτα. Στην δεύτερη πειραματική αλιεία αλιεύτηκαν 3 διαφορετικά είδη με το 70% να αποτελείται από λυθρίνια ολικού μήκους από 23,6-26,9 cm. Το 31% των αλιευθέντων ψαριών είχαν άδειο στομάχι και το υπόλοιπο 69% είχε σχεδόν γεμάτο στομάχι χωρίς σύμπληκτα. Κατά την τρίτη πειραματική αλιεία αλιεύτηκαν συνολικά 23 ψάρια από 6 διαφορετικά είδη με το 67% να αποτελείται από κοκάλια ολικού μήκους 25,9-41,5 cm. Στο στομαχικό περιεχόμενο του 43% των αλιευθέντων ψαριών βρέθηκε μόνο το δόλωμα (άρα άδεια στομάχια) και στο υπόλοιπο 57% βρέθηκε το δόλωμα και καταναλωθείσα ποσότητα συμπλήκτων (στομάχι σχεδόν γεμάτο με σύμπληκτα 4% και στομάχι γεμάτο με σύμπληκτα 53%). Στην Εικόνα 5.1 φαίνεται το στομαχικό περιεχόμενο ενός κέφαλου (ολικό μήκος: 41 cm, ολικό βάρος: 687,25 g) που αλιεύτηκε κατά τη διάρκεια της τρίτης πειραματικής αλιείας στην περιοχή AS. Σ' αυτήν φαίνονται χαρακτηριστικά τα σύμπληκτα που κατανάλωσε το ψάρι αυτό και τα οποία φτάνουν σε ποσοστό το 100% του στομαχικού του περιεχομένου.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

6.1.1. Υδάτινη στήλη

6.1.1.1. Θερμοκρασία, αλατότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο

6.1.1.1.1. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία ως μία από τις βασικότερες φυσικές παραμέτρους στην περιοχή έρευνας, επιδρά ουσιαστικά στο μεταβολικό ρυθμό και στην κατανάλωση του οξυγόνου από τα εκτρεφόμενα είδη. Ειδικότερα, όσο η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται προς το βέλτιστο όριο των θερμοκρασιών για τα εκτρεφόμενα είδη, τόσο οι οργανισμοί αυτοί γίνονται περισσότερο δραστήριοι, καταναλώνουν περισσότερη τροφή και χρησιμοποιούν περισσότερο οξυγόνο. Τα βέλτιστα όρια για την ανάπτυξη της τσιπούρας και του λαβρακιού είναι μεταξύ 23-25 °C, ενώ τα όρια αντοχής τους είναι μεταξύ 5-34 °C (Dutrieux, 1984; Barnabe, 1980).

Η θερμοκρασία εμφάνισε την αναμενόμενη εποχιακή διακύμανση, με τις χαμηλότερες τιμές να καταγράφονται κατά την περίοδο του χειμώνα και τις υψηλότερες την καλοκαιρινή περίοδο. Κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου εμφανίσθηκε το φαινόμενο του θερμοκλινούς και στις δύο περιοχές έρευνας. Το φαινόμενο αυτό ήταν περισσότερο εμφανές στους σταθμούς AS3 και BS3 στα βάθη των 20-40 m και 15-30 m, αντίστοιχα (Σχ. 5.3 & 5.6) και διαχωρίζει την υδάτινη μάζα και στις δύο περιοχές έρευνας σε τρία ευδιάκριτα στρώματα. Τη φθινοπωρινή περίοδο η ύπαρξη θερμοκλινούς εμφανίσθηκε μόνο στους σταθμούς AS3 και BS3 και σε βάθος >40 m και >30 m, αντίστοιχα, ενώ τις υπόλοιπες εποχές (χειμώνας, άνοιξη), η μάζα του νερού

εμφανίσθηκε ομογενοποιημένη καθ' όλο το βάθος της σε όλους τους σταθμούς. Το φαινόμενο του θερμοκλινούς το οποίο εμφανίστηκε στις δύο περιοχές έρευνας, κυρίως κατά την καλοκαιρινή περίοδο, δε φαίνεται να επηρεάζει τη λειτουργία των δύο μονάδων αφού σε κάθε περίπτωση οι ιχθυοκλωβοί τους βρίσκονται πάνω από το διαχωριστικό επίπεδο, αφού το βάθος των δικτύων τους δεν ξεπερνά τα 10 m. Γενικά, εκτός από την περίοδο της άνοιξης, στην περιοχή BS καταγράφηκαν μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας σε σχέση με την άλλη περιοχή έρευνας.

6.1.1.1.2. Αλατότητα

Η αλατότητα είναι ένας άλλος φυσικός παράγοντας ο οποίος έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει τους οργανισμούς γιατί η μεταβολή της προκαλεί διαταραχή της ωσμωρυθμιστικής τους ικανότητας. Διάφορες έρευνες σε ευρύαλα θαλασσινά ψάρια (*S. auratus*, *D. labrax*, κ.ά.), διαπίστωσαν ότι στην πλειονότητά τους η επιβίωση και η ανάπτυξη είναι άριστη σε ενδιάμεσες αλατότητες από 20-35 psu (Febry and Lutz, 1987; Kelley, 1988; Κονίδης, 1992).

Από τα διαγράμματα της αλατότητας σε σχέση με το βάθος (Σχ. 5.1-5.6) παρατηρούμε σημεία ελάττωσης που οφείλονται στην ύπαρξη μαζών γλυκού νερού που εισέρχονται στη θαλάσσια μάζα σε διάφορα βάθη και στις δύο περιοχές έρευνας σε όλες τις δειγματοληψίες.

6.1.1.1.3. pH

Η ενεργός οξύτητα στο νερό εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα, τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα, του οξυγόνου,

διάφορων αλάτων και άλλων ενώσεων και ουσιών. Οι τιμές του pH κυμάνθηκαν εντός των επιτρεπτών ορίων που έχουν βρεθεί για τις ιχθυοκαλλιέργειες και οι οποίες σε φυσιολογικές συνθήκες είναι μεταξύ 6,5 και 9,0 (Boyd, 1981: Petit, 1989).

6.1.1.1.4. Διαλυμένο οξυγόνο

Για τους εκτρεφόμενους οργανισμούς τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου του νερού παίζουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο, ιδιαίτερα αν αναλογιστούμε ότι οι οργανισμοί αυτοί είναι εγκλωβισμένοι σε ένα μικρό σχετικά χώρο και σε μεγάλες πυκνότητες. Για το λόγο αυτό, τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου δεν θα πρέπει να πέφτουν κάτω από τα 5 ppm, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι οργανισμοί αυτοί δεν μπορούν να επιβιώσουν και σε χαμηλότερα επίπεδα (Klaoudatos *et al.*, 1996: Klaoudatos, 2002).

Η περιοχή AS εμφάνισε μεγαλύτερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με την BS, γεγονός που πιθανό να οφείλεται στην καλύτερη ανανέωση του νερού στην περιοχή AS.

6.1.1.2. Θρεπτικά άλατα

Οι μικρές συγκεντρώσεις των νιτρικών που καταγράφηκαν είναι γεγονός απολύτως φυσιολογικό αν αναλογιστούμε ότι τα νιτρικά σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα οξειδώνονται και μετατρέπονται σε νιτρικά (λειτουργεί το σύστημα απονιτροποίησης στο υδάτινο περιβάλλον)(US EPA 440/86, 1986). Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρικών που καταγράφηκαν στους σταθμούς BS1 και BS2 κατά την φθινοπωρινή περίοδο σε όλο το βάθος της υδάτινης στήλης και σε απόσταση μέχρι και 225 m από τον πρώτο

σταθμό, πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι για κάποιους λόγους στην περιοχή BS δεν λειτούργησε επαρκώς το σύστημα απονιτροποίησης κατά την περίοδο αυτή.

Η εμφάνιση των μεγαλύτερων συγκεντρώσεων των πυριτικών αλάτων στο σταθμό AS1 κατά την καλοκαιρινή και την εαρινή περίοδο κοντά στον πυθμένα, εξηγείται από το γεγονός ότι στα βαθύτερα αυτά στρώματα λαμβάνει χώρα η αργή διάλυση των εξωσκελετών των νεκρών διατόμων (πλαγκτονικά φυτά), τα οποία χρησιμοποιούν τα πυριτικά για το σχηματισμό του σκελετού τους (Θεοδώρου, 2004).

Και για τις δύο μονάδες που ερευνήσαμε, προέκυψε σημαντική στατιστική διαφορά στις τιμές των θρεπτικών (επίπεδο σημαντικότητας $<0,001$) σε σχέση με τις τιμές που μετρήθηκαν στους δύο σταθμούς μάρτυρες. Η μη σημαντική διαφορά που παρατηρήθηκε στα νιτρώδη της περιοχής AS, δείχνει ότι το σύστημα απονιτροποίησης λειτουργεί καλύτερα στην περιοχή αυτή. Παρ' όλα αυτά οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών σε καμία περίπτωση δεν ξεπέρασαν τα επιτρεπτά όρια πέραν των οποίων εμφανίζεται το φαινόμενο του ευτροφισμού ή δημιουργούνται σοβαρές βλάβες στους εκτρεφόμενους οργανισμούς (Sawyer, 1966). Επίσης, οι μέγιστες τιμές που καταγράφηκαν είναι κατά πολύ μικρότερες από αυτές που έχουν παρατηρηθεί στον Παγασητικό κόλπο από άλλους ερευνητές (Koliou-Mitsou, 2000: Petihakis *et al*, 2002). Ο Sawyer (1966) αναφέρει ότι για να αυξηθούν τα φυτικά κύτταρα στο υδάτινο περιβάλλον και να έχουμε ευτροφικές συνθήκες θα πρέπει οι κρίσιμες συγκεντρώσεις του ολικού αζώτου να ξεπεράσουν τα 0,3 mg/l και του φωσφόρου τα 0,01 mg/l. Στην δική μας έρευνα οι

συγκεντρώσεις αυτές δεν ξεπέρασαν τα 0,026 mg/l και τα 0,0028 mg/l, αντίστοιχα.

Οι Pitta *et al.* (1999), αναφέρουν ότι οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στην περιοχή των ιχθυοκλωβών μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερες εάν οι δειγματοληψίες πραγματοποιηθούν κατά τις πρώτες μεσημεριανές ώρες και μετά την προσφορά τροφής στα εκτρεφόμενα ψάρια. Με το γεγονός αυτό συμφωνούν και τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, αφού οι δειγματοληψίες μας πραγματοποιήθηκαν από τις 10:00-15:00 και οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στις περιοχές των ιχθυοκλωβών ήταν σημαντικά υψηλότερες σε σχέση με αυτές που καταγράφηκαν στους σταθμούς μάρτυρες. Ίσως αυτό να οφείλεται όχι μόνο στην προσφορά τροφής στα εκτρεφόμενα ψάρια αλλά και στην μείωση του ρυθμού ανανέωσης του νερού στις περιοχές των ιχθυοκλωβών. Το γεγονός αυτό έχει παρατηρηθεί και από την Inoue (1972), όπου μέσα στην περιοχή των ιχθυοκλωβών έχει βρεθεί περιορισμός της κίνησης του νερού από τη φυσική παρεμπόδιση της κίνησής του από τα δίχτυα και τους οργανισμούς που αναπτύσσονται πάνω σε αυτά. Έχει υπολογιστεί ότι η ταχύτητα του ρεύματος του νερού μπορεί να μειωθεί κατά 35-50% όταν παρεμβάλλεται δίχτυ με άνοιγμα ματιού 50 mm (Edwards and Edelsten, 1976). Στην παρούσα έρευνα το άνοιγμα ματιού των δικτύων των ιχθυοκλωβών ήταν μεταξύ 5 και 17 mm.

Οι πιο πάνω παρατηρήσεις ισχύουν στην περίπτωση που οι κλωβοί είναι τετράγωνοι και οι συστοιχίες τους σχηματίζονται με τον ένα στη συνέχεια του άλλου. Αυτό συμβαίνει και στη δική μας περίπτωση και εξηγεί την αύξηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στην περιοχή εγκατάστασης της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών των δύο περιοχών έρευνας. Ταυτόχρονα φαίνεται ότι το

κύριο αίτιο της προκαλούμενης ρύπανσης εντοπίζεται στις λειτουργικές διαδικασίες των εκτρεφόμενων ψαριών. Τα οργανικά τους απόβλητα (περιττώματα, ούρα, βλέννες, υπολείμματα τροφής) συγκεντρώνονται στο μέσο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών και στη συνέχεια διασκορπίζονται, για να εξαφανισθούν οι οποιεσδήποτε επιπτώσεις τους σε απόσταση 300 m από αυτό, καθώς οι συγκεντρώσεις τους στους σταθμούς μάρτυρες δε διαφέρουν από τις υπόλοιπες περιοχές του Παγασητικού κόλπου (Koliou-Mitsou, 2000: Petihakis *et al*, 2002). Επομένως, αυτή η αύξηση είναι τοπικά και χρονικά περιορισμένη και δεν επαρκεί για την εμφάνιση αυξημένης φυτοπλαγκτονικής παραγωγής και την εμφάνιση του φαινομένου του ευτροφισμού.

Οι τιμές των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στους σταθμούς AS₂ και BS₂, που βρίσκονται σε απόσταση 50 m από το κέντρο των δύο μελετούμενων μονάδων, δεν διαφέρουν κατά πολύ σε σχέση με αυτές που καταμετρήθηκαν στους δύο σταθμούς μάρτυρες (AS₃ και BS₃), παρ' όλες τις στατιστικά σημαντικές διαφορές που βρέθηκαν. Το γεγονός αυτό καταμαρτυρεί ότι οι επιπτώσεις των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων στη διαμόρφωση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στη στήλη του νερού περιορίζονται σε μικρή απόσταση γύρω από το μέσο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών, χωρίς να επηρεάζουν την ευρύτερη περιοχή γύρω από αυτές. Επίσης, τα αποτελέσματα της ανάλυσης των θρεπτικών δείχνουν πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις στη στήλη από εκείνες που έχουν εντοπιστεί από άλλους ερευνητές σε προστατευμένες περιοχές βορείων χωρών όπου φαίνεται ότι οι διαλυμένες ουσίες συσσωρεύονται (Beveridge, 1996) ή ακόμη προκαλούν ευτροφικές συνθήκες και τοξικές ανθίσεις φυκών (Rosenthal *et al.*, 1988: Hakanson *et al.*, 1988: Samuelsen *et al.*, 1988).

Συγκριτικά με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών (Πιν. 6.1), οι δύο περιοχές έρευνας έχουν συγκρίσιμες έως ελαφρώς χαμηλότερες συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων, παρ' όλο που οι μονάδες τους είναι εγκατεστημένες μέσα στον Παγασητικό που θεωρείται ένας ημίκλειστος κόλπος και θα περιμέναμε να έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις. Φυσικά, εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών σε μία περιοχή όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας εξαρτώνται και από τη δυναμικότητα της κάθε μονάδας, το βάθος του νερού εγκατάστασης, τη φύση και την κλίση του πυθμένα και βασικά από το είδος της προσφερόμενης τροφής και την ύπαρξη θαλάσσιων ρευμάτων. Άρα για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε δύο τέτοιες περιοχές θα πρέπει να αναφερόμαστε σε κοινή συνισταμένη όλων των παραπάνω παραγόντων.

6.1.1.3. Ρυθμός ιζηματοαπόθεσης αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα

Η περιοχή BS εμφάνισε μεγαλύτερο ποσοστό συγκέντρωσης σωματιδιακού υλικού (υπολείμματα τροφής, περιττώματα εκτρεφόμενων ψαριών, βλέννες, κ.λπ.) στις ιζηματοπαγίδες που τοποθετήθηκαν κάτω από τους ιχθυοκλωβούς σε σχέση με την περιοχή AS, παρ' όλο που η μονάδα της περιοχής AS θεωρητικά είναι πολύ μεγαλύτερης δυναμικότητας. Το γεγονός αυτό πιθανό να οφείλεται στην ορθολογικότερη διαχείριση της τροφής, σε καλύτερες συνθήκες ρευμάτωσης και στην μικρότερη πυκνότητα εκτροφής (ιχθυοφόρτιση) της μονάδας της περιοχής AS (8 kg/m^3 έναντι 15 kg/m^3 , αντίστοιχα) που προκαλεί μεγαλύτερη διασπορά των παραγόμενων

Πίνακας 6.1. Σύγκριση της συγκέντρωσης θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη των δύο περιοχών έρευνας με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών.

Περιοχή	Εκτρεφό- μενο είδος	NH ₄ μM	NO ₂ μM	NO ₃ μM	PO ₄ μM	SiO ₂ μM	Αναφορά
Κεφαλονιά	Τσιπούρα λαβράκι	0,16-1,79	0,03-0,2	0,29-1	0,02-0,07	0,69-1,38	Pitta <i>et al.</i> , 1999
Ιθάκη	Τσιπούρα λαβράκι	0,10-3,58	0,03-0,22	0,25-2,91	0,02-0,24	0,38-1,50	Pitta <i>et al.</i> , 1999
Σούνιο	Τσιπούρα λαβράκι	0,05-0,5	0,03-0,19	0,08-1,12	0,01-0,06	0,5-1,88	Pitta <i>et al.</i> , 1999
Παγασητικός κόλπος	-	0,05-3,2	0,01-0,32	0,07-2,21	0,03-0,31	0,01-11	Petihakis <i>et al.</i> , 2002
Ρεκαρ Μαλαισία	Περκόμορφα	0,01-12	0,01-28,8		0,01-1,68	0,5-82,5	Alongi <i>et al.</i> , 2003
Ισπανία	Τσιπούρα λαβράκι	-	Μεγ. Τιμή 0,54	Μεγ. Τιμή 4,33	Μεγ. Τιμή 0,48	Μεγ. Τιμή 4,33	Maldonado <i>et al.</i> , 2005
Χίος	Τσιπούρα λαβράκι	-	0,01-0,06	1,4-3,5	0,44-1,08	-	Klaoudatos <i>et al.</i> , 2006
AS1 Παγασητικός κόλπος	Τσιπούρα λαβράκι	0,09-1,49	0,01-0,09	0,47-2,57	0,01-0,28	0,15-4,89	Παρούσα εργασία
BS1 Παγασητικός κόλπος	Τσιπούρα λαβράκι	0,14-1,63	0,01-0,09	0,37-2,28	0-0,25	0,40-2,43	Παρούσα εργασία

αποβλήτων από την εκτροφή των ψαριών. Επίσης, παρατηρούμε μια σημαντική μείωση της ροής σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο των ιχθυοκλωβών. Μάλιστα, στους σταθμούς AS3 και BS3 που βρίσκονται σε απόσταση 300 m από το κέντρο των ιχθυοκλωβών, η ροή σωματιδιακού υλικού μειώνεται κατά 42,70% και 39,29%, αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο (5.1.1.2) και συνεπικουρεί στο συμπέρασμα ότι οι όποιες επιδράσεις από τις λειτουργικές διαδικασίες των εκτρεφόμενων ψαριών περιορίζονται γύρω από την εγγύς περιοχή εγκατάστασης των ιχθυοκλωβών. Τέλος, παρατηρούμε ότι η ροή σωματιδιακού υλικού μειώνεται σημαντικά με την αύξηση του βάθους. Το γεγονός αυτό μπορεί να ερμηνευθεί είτε με τη διασπορά των αποβλήτων λόγω ύπαρξης θαλάσσιων ρευμάτων είτε με την κατανάλωση της τροφής που διαφεύγει από τα άγρια ψάρια που βρίσκονται κάτω από τους ιχθυοκλωβούς. Οι μετρήσεις της ροής σωματιδιακού υλικού που έγιναν στους σταθμούς AS1 και BS1 στα 5 m πάνω από τον πυθμένα, παρουσιάζουν μια μείωση κατά 26,69% και 42,32%, αντίστοιχα, σε σχέση με αυτές που έγιναν στα 5 m κάτω από τους ιχθυοκλωβούς. Η μείωση αυτή εκτός από την ρευμάτωση οφείλεται σε ένα μεγάλο ποσοστό στην κατανάλωση της διαφυγούσας τροφής από τα άγρια ψάρια που βρίσκονται γύρω από τους ιχθυοκλωβούς. Το ποσοστό κατανάλωσης διαφυγούσας τροφής από άγρια ψάρια μπορεί να φτάσει μέχρι και το 80% (Vita *et al.*, 2004).

Η απόθεση οργανικού υλικού στον πυθμένα της θάλασσας από τα υπολείμματα των τροφών και τα περιττώματα των εκτρεφόμενων ψαριών έχει αναφερθεί και ερευνηθεί από πολλούς επιστήμονες (Brown *et al.*, 1987:

Ackefors and Enell, 1990: Gowen *et al.*, 1991: Seymour and Bergheim, 1991: Pillay, 1992: Klaoudatos *et al.*, 1996: Read and Fernades, 2003). Στο παραπάνω φαινόμενο πολύ σημαντικό ρόλο παίζει τόσο η ποιότητα όσο και η ποσότητα της προσφερόμενης τροφής (Persson, 1990: Cho and Bureau, 1997), ενώ οι απώλειες προς το περιβάλλον κυμαίνονται από 1-38% (Warren-Hansen, 1982: Ove Arup *et al.*, 1989: Thorpe *et al.*, 1990: Beveridge *et al.*, 1991). Η ελάττωση των απωλειών της τροφής αναφέρεται ότι μπορεί να φθάσει και το 70% ως αποτέλεσμα του ταΐσματος με το χέρι, ενώ με αυτόματες ταΐστρες οι απώλειες είναι μεγαλύτερες και μόνο το 30% της χορηγούμενης τροφής πολλές φορές προσλαμβάνεται από τους εκτρεφόμενους οργανισμούς (Thorpe *et al.*, 1990). Αυτές οι τιμές θεωρούνται εξωπραγματικές και εάν συνέβαιναν ποτέ καμία ιχθυοκαλλιεργητική μονάδα δε θα παρουσίαζε κέρδη. Κατά τους Klaoudatos *et al.* (1996), σε μετρήσεις που πραγματοποίησαν κάτω από τους ιχθυοκλωβούς της μονάδας “Fish Farm” στον κόλπο Καλλονής Λέσβου, με την τοποθέτηση κατάλληλου διχτυού (για τη συλλογή της διαφυγούσας τροφής και των περιπτωμάτων), αυτές οι απώλειες ουδέποτε ξεπέρασαν το 5% των προσφερόμενων συμπηκτων. Ο ρυθμός και η έκταση της ιζηματοποίησης εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, όπως το βάθος και τον όγκο της υδάτινης στήλης, τις κυρίαρχες υδρογραφικές και υδροδυναμικές συνθήκες, τις εγκαταστάσεις εκτροφής (γιατί τροποποιούν τη διεύθυνση και την ταχύτητα των ρευμάτων που κυριαρχούν στην περιοχή), κ.ά. (Κουσουρής και συν., 1995). Στις περισσότερες περιπτώσεις, το φαινόμενο αυτό περιορίζεται χωρικά σε μικρή απόσταση γύρω από τους ιχθυοκλωβούς χωρίς να επηρεάζει την ευρύτερη περιοχή

γύρω από αυτούς (Angel *et al.*, 1995). Η πλειονότητα των ερευνών γύρω από το θέμα αυτό αφορούν εκτροφές σαλμοειδών (Handy and Poxton, 1993).

Τα επίπεδα της ροής σωματιδιακού υλικού και οργανικού άνθρακα κάτω από τους ιχθυοκλωβούς των δύο περιοχών έρευνας του Παγασητικού κόλπου μπορούν να χαρακτηριστούν μάλλον χαμηλά συγκριτικά με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών (Πιν. 6.2).

6.1.2. Ίζημα

6.1.2.1. Κοκκομετρική ανάλυση

Όσον αφορά τον τύπο του ιζήματος στον Παγασητικό κόλπο, στο ανατολικό τμήμα του η πλειοψηφία των ιζημάτων είναι λεπτόκοκκα, ενώ στο δυτικό και το εσωτερικό τμήμα του τα ιζήματα περιέχουν μεγαλύτερο ποσοστό άμμου. Παρά το αυξημένο βάθος στον εξωτερικό κόλπο, το ίζημα γίνεται αμμώδες, λόγω της ανταλλαγής υδάτων με το Αιγαίο Πέλαγος, ενώ στο ίδιο βάθος στην περιοχή του δίαυλου των Ωρεών είναι ιλυώδες. Επίσης, ιλυώδη εμφανίζονται τα ιζήματα του κεντρικού κόλπου (Rancucci-Παπαδοπούλου και συν., 2000).

Είναι γνωστό ότι τα αδρά διαπαλιρροιακά ιζήματα στεγνώνουν γρήγορα και κατακρατούν λίγο νερό ή οργανικό υλικό και είναι, επομένως, αφιλόξενα ενδιστοιήματα. Από την άλλη πλευρά, τα λεπτά ιζήματα όπως π.χ. οι λάσπες, αποτελούνται από μερίδια πυκνά τοποθετημένα το ένα με το άλλο και αποκλείουν έτσι την παρουσία μιας μεσοδιαστηματικής πανίδας. Επίσης,

Πίνακας 6.2. Σύγκριση της ροής του σωματιδιακού υλικού και του οργανικού άνθρακα κάτω από τους ιχθυοκλωβούς των δύο περιοχών έρευνας με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών.

Περιοχή	Εκτρεφό- μενο είδος	Βάθος ιζηματο- παγίδων (m)	Ροή σωματιδιακού υλικού $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$	Ροή οργανικού άνθρακα $\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$	Αναφορά
-	Σαλμοειδή	-	-	4,93-85,76	Gowen and Bradbury, 1987
Gullmar Fjord Sweden	Σαλμοειδή	-	-	32,6-77,8	Hall et al., 1990
Norwegian	Σαλμοειδή	-	4-40	-	Kurca-Hansen <i>et al.</i> , 1991
Nubeena Tasmania	Σαλμοειδή	-	-	1,8-5,8	Ye <i>et al.</i> , 1991
8 διαφορετικές περιοχές	Σαλμοειδή	-	-	0,3-181	Hargrave, 1994
Swans Island	Σαλμοειδή	≈ 15	-	Μέση τιμή 5,0	Findlay <i>et al.</i> , 1995
Broughton Archipelago	Σαλμοειδή	20	Μεγ. τιμή 18,48	Μεγ. τιμή 4,46	Sutherland <i>et al.</i> , 2001
Cherbourg Bay France	Σαλμοειδή	≈ 11	-	3-69	Kempf <i>et al.</i> , 2002
Gulf of Aqaba Israel-Jordan	Τσιπούρα	22	26,50	5,50	Lupatsch <i>et al.</i> , 2003
Kusuura Bay Japan	Φαγκρί	≈ 18	-	Μέση τιμή 2,11	Tsutsumi <i>et al.</i> , 2006
AS1 Παγασητικός κόλπος	Τσιπούρα λαβράκι	12,5 & 28,5	6,51-8,88	0,74-0,84	Παρούσα εργασία
BS1 Παγασητικός κόλπος	Τσιπούρα λαβράκι	15 & 28	7,33-12,71	1,46-2,60	Παρούσα εργασία

αυτά τα ιζήματα επιτρέπουν περιορισμένη κυκλοφορία του νερού ανάμεσά τους και διατηρούν μικρές ποσότητες οξυγόνου. Οι μεσαίες και λεπτές άμμοι περιέχουν συνήθως μια άφθονη μειοπανίδα και μακροπανίδα, αλλά επειδή οι λάσπες έχουν περισσότερο οργανικό υλικό ανά μονάδα επιφάνειας, οι πανιδικές πυκνότητες είναι συχνά υψηλότερες σ' αυτές (Gray, 1981).

Όσον αφορά στην παρούσα έρευνα, τα ιζήματα όλων των δειγματοληπτικών σταθμών θα τα χαρακτηρίζαμε γενικά ως αμμοϊλυώδη. Ειδικότερα, τα ιζήματα των σταθμών που βρίσκονται κάτω από τους ιχθυοκλωβούς αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από άμμο, ενώ οι σταθμοί AS3 και BS3 αποτελούνται από λεπτότερα ιζήματα με μεγαλύτερα ποσοστά ιλύος σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνεται το βάθος της υδάτινης στήλης τόσο τα ιζήματα γίνονται περισσότερο λεπτόκοκκα. Γενικά, τα ιζήματα της περιοχής BS είναι περισσότερο λεπτόκοκκα από αυτά της περιοχής AS, ενώ ο τύπος των ιζημάτων και στις δύο περιοχές που ερευνήσαμε πλησιάζει περισσότερο προς τις μεσαίες και λεπτές άμμους.

6.1.2.2. Οργανικό υλικό και οργανικός άνθρακας

Στο θαλάσσιο περιβάλλον, η περιεκτικότητα των ιζημάτων σε οργανικό άνθρακα επιδρά στους υδρόβιους οργανισμούς άμεσα αφού επηρεάζει τη σύνθεση της βενθοκοινωνίας και έμμεσα αφού η οξειδωσή του πραγματοποιείται με ταυτόχρονη κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου όπου σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε ανοξικές συνθήκες στο ίζημα (Weston, 1990; Holmer and Kristensen, 1992).

Στον Παγασητικό κόλπο ο οργανικός άνθρακας χαρακτηρίζεται από χαμηλές συγκεντρώσεις και εμφανίζει μέγιστη τιμή στα λεπτόκοκκα ιζήματα του κεντρικού κόλπου, ενώ δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένος στον εσωτερικό κόλπο όπως θα αναμενόταν λόγω του ιδιαίτερου χαρακτήρα του. Το ποσοστό του οργανικού άνθρακα στο επιφανειακό στρώμα του ιζήματος του κόλπου κυμαίνεται από 0,68-1,73% (Αναγνώστου και συν., 1997).

Στην περιοχή BS παρατηρείται ότι τα ποσοστά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα είναι πολύ μεγαλύτερα από αυτά της περιοχής AS. Το γεγονός αυτό παρατηρείται και στη ροή του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και του οργανικού άνθρακα (βλέπε κεφ. 5.1.1.3), και πιθανόν όπως προαναφέρθηκε να οφείλεται στην ορθολογικότερη διαχείριση της τροφής (Μετατρεψιμότητα 1,7:1 έναντι 2:1), σε καλύτερες συνθήκες ρευμάτωσης και στην μικρότερη πυκνότητα εκτροφής (ιχθυοφόρτιση) (8 kg/m^3 έναντι 15 kg/m^3 , αντίστοιχα) της μονάδας της περιοχής AS έναντι της μονάδας της περιοχής BS. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά καταγράφηκαν κατά την εποχή της άνοιξης και του καλοκαιριού, ενώ τα μικρότερα κατά την εποχή του φθινοπώρου και του χειμώνα. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο αφού κατά τη φθινοπωρινή και τη χειμερινή περίοδο μειώνεται η ποσότητα της χορηγούμενης τροφής επειδή μειώνεται ή σταματάει η ανάπτυξη των ψαριών λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών του νερού (Χώτος και Ρογδάκης, 1992). Όσο απομακρυνόμαστε από τους σταθμούς AS1 και BS1, που βρίσκονται στο κέντρο των δύο μονάδων, παρατηρήθηκε μια σταδιακή μείωση στα ποσοστά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα του ιζήματος. Στους σταθμούς AS3 και BS3, τα ποσοστά αυτά κυμάνθηκαν μέσα στα όρια που έχουν παρατηρηθεί στον Παγασητικό κόλπο από άλλους ερευνητές

(Αναγνώστου και συν., 1997). Το γεγονός αυτό συμφωνεί με τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών (βλέπε κεφ. 5.1.1.2) και τη ροή του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού και του οργανικού άνθρακα (βλέπε κεφ. 5.1.1.3).

Το οργανικό υλικό που φτάνει στην επιφάνεια του ιζήματος, αποικοδομείται από τη βακτηριακή δράση (Gray, 1981). Ο οργανικός άνθρακας είναι ευκολότερα βιοαποικοδομήσιμο υλικό και αποτελεί μια πηγή τροφής για το μακροβένθος (Κορμάς, 1998). Στην παρούσα έρευνα το μακροζωοβένθος θα μπορούσε επίσης να αναπτυχθεί ταχύτερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο λόγω μεγαλύτερης προσφοράς τροφής στα εκτρεφόμενα ψάρια και άρα και διαθέσιμου οργανικού άνθρακα στο ίζημα του πυθμένα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι πιθανό ένα σημαντικό μέρος του οργανικού άνθρακα που προσδιορίσαμε να αποτελούν τα ίδια τα βακτήρια (Κορμάς, 1998) αλλά στην παρούσα έρευνα δεν υπάρχουν δεδομένα βιομάζας βακτηρίων του ιζήματος.

Τα επίπεδα του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο ίζημα της περιοχής AS μπορούν να χαρακτηριστούν μάλλον χαμηλά συγκριτικά με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών (Πιν. 6.3). Εξαίρεση αποτελεί η μονάδα τσιπούρας και λαβρακιού στο Σούνιο, όπου εμφάνισε λίγο μικρότερο ποσοστό οργανικού άνθρακα (Karakassis *et al.*, 2000). Αντίθετα, στην περιοχή BS το ποσοστό του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα είναι αρκετά υψηλό συγκριτικά με τις άλλες περιοχές, με εξαίρεση μια μονάδα εκτροφής σολομού στην περιοχή της Σκοτίας που εμφάνισε κάπως μεγαλύτερα ποσοστά οργανικού άνθρακα (Nickell *et al.*, 2003).

Πίνακας 6.3. Σύγκριση του περιεχόμενου οργανικού υλικού και οργανικού άνθρακα στο ίζημα των δύο περιοχών έρευνας με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών.

Περιοχή	Εκτρεφό- μενο είδος	Τύπος ιζήματος	Βάθος (m)	Οριζοντας ιζήματος (mm)	Οργανικό Υλικό (%)	Οργανικός Άνθρακας (%)	Αναφορά
Παγασητικός κόλπος	-	ιλύς & άργιλος	10-80	Επιφάνεια ιζήματος	-	0,68-1,73	Αναγνώστου και συν., 1997
Κεφαλονιά	Τσιπούρα λαβράκι	ιλύς	18-20	0-20	-	1-3,4	Karakassis <i>et al.</i> , 2000
Ιθάκη	Τσιπούρα λαβράκι	Άμμος & ιλύς	20-30	0-20	-	0.1-1.8	Karakassis <i>et al.</i> , 2000
Σούνιο	Τσιπούρα λαβράκι	Άμμος & ιλύς	13-20	0-20	-	0.25-1.35	Karakassis <i>et al.</i> , 2000
Cherbourg Bay France	Πέστροφα	ιλύς & άργιλος	≈ 11	-	6-15	2-4	Kempf <i>et al.</i> , 2002
Loch Cretan Scotland	Σολωμός	ιλύς	15-22	0-5	-	2.29-6.06	Nickell <i>et al.</i> , 2003
Hornillo Bay Spain	Τσιπούρα λαβράκι	Άμμος & ιλύς	10	0-30	Μέγ. τιμή ≈ 7,6	-	Vita <i>et al.</i> , 2004
Tyrrhenian Sea Italy	Λαβράκι μαγιάτικο	ιλύς & άργιλος	30-32	0-15	-	Μέση τιμή 1,75	Porrello <i>et al.</i> , 2005
AS Παγασητικός κόλπος	Τσιπούρα λαβράκι	Άμμος & ιλύς	31-55	Επιφάνεια ιζήματος	2,03-7,73	0,21-1,58	Παρούσα εργασία
BS Παγασητικός κόλπος	Τσιπούρα λαβράκι	Άμμος & ιλύς	28-50	Επιφάνεια ιζήματος	8,85-18,30	1,52-4,21	Παρούσα εργασία

6.2. Βιολογικά χαρακτηριστικά

6.2.1. Μακροζωοβένθος

Η στατιστικώς σημαντική διαφορά που βρέθηκε στον αριθμό, την αφθονία και τον δείκτη αφθονίας των ειδών της περιοχής BS, έναντι της περιοχής AS πρέπει να οφείλεται στη διαφορετική μορφή διαχείρισης των δύο ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων (διαφορετική εκτρεφόμενη βιομάζα, διαφορετική μετατρεψιμότητα παρεχόμενης τροφής, διαφορετική πυκνότητα εκτροφής) που οδηγούν σε διαφορετική ποσότητα οργανικής ύλης που καθιζάνει στο ίζημα. Η περιοχή BS φαίνεται πλέον επιβαρυνμένη έναντι της περιοχής AS παρά το ότι θεωρητικά εκτρέφει μικρότερη βιομάζα και κατά συνέπεια δίνει λιγότερη ποσότητα τροφής. Όμως η εκτρεφόμενη βιομάζα περιορίζεται σε μικρότερο χώρο με αποτέλεσμα η επίδραση στο περιβάλλον να είναι άμεση και εντονότερη. Όλα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα της ανάλυσης των θρεπτικών αλάτων στην υδάτινη στήλη, τη ροή του σωματιδιακού υλικού προς τον πυθμένα και τα ποσοστά του οργανικού υλικού και του οργανικού άνθρακα στο ίζημα του πυθμένα, τα οποία αναφέρθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια (5.1.1.2, 5.1.1.3 και 5.1.2.2).

Η αύξηση που παρατηρήθηκε στην αφθονία των μακροζωοβενθικών ειδών κατά την εαρινή και την καλοκαιρινή περίοδο ήταν αναμενόμενη, αφού κατά τις περιόδους αυτές τα ποσοστά της οργανικής ύλης στο ίζημα είναι αυξημένα λόγω των μεγαλύτερων ποσοτήτων προσφερόμενης τροφής προς τους εκτρεφόμενους οργανισμούς. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν και με άλλους ερευνητές που έχουν δημοσιεύσει ανάλογες εργασίες (Weston, 1990; Findlay *et al.*, 1995; Karakassis *et al.*, 2000). Ακόμη και στους σταθμούς AS1 και BS1 που βρίσκονται κάτω από το κέντρο των

ιχθυοκλωβών, ο ελάχιστος αριθμός ειδών που βρέθηκε ήταν 22 και 18, αντίστοιχα, αριθμοί που, σύμφωνα με τους Pearson and Rosenberg (1978), δεν αντιστοιχούν σε ρυπασμένες περιοχές. Σε έρευνα που διεξήχθη το Μάιο του 1999 στον Παγασητικό κόλπο σε 7 διαφορετικούς σταθμούς και αφορούσε την εξέλιξη των βενθικών βιοκοινωνιών, ο ελάχιστος αριθμός ειδών που βρέθηκε ήταν 19 είδη (σε σταθμό που βρίσκονταν στο μέσο του κόλπου) (Pancucci-Παπαδοπούλου και συν., 2000). Οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας και αφθονίας των ειδών αυξάνονται όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο των ιχθυοκλωβών, γεγονός που συμφωνεί και με άλλους ερευνητές (Karakassis *et al.*, 2000; Kliaoudatos *et al.*, 2006). Στον Παγασητικό κόλπο ο δείκτης ποικιλότητας κυμαίνεται από 3,26-5,42 και ο δείκτης αφθονίας από 3,38-12,1 (Pancucci-Παπαδοπούλου και συν., 2000). Οι σταθμοί AS2 και AS3 της περιοχής AS, καθώς και ο σταθμός BS3 της περιοχής BS βρέθηκαν εντός αυτών των ορίων, όσον αφορά τις τιμές του δείκτη ποικιλότητας, ενώ οι υπόλοιποι είχαν τιμές κάτω από αυτά τα όρια. Επίσης, ο σταθμός AS1 κατά τη χειμερινή περίοδο και ο σταθμός BS1 κατά τη διάρκεια όλων των εποχών εκτός του καλοκαιριού, βρέθηκαν εκτός των ανωτέρω ορίων, όσον αφορά τις τιμές του δείκτη αφθονίας. Το γεγονός αυτό πιθανόν να οφείλεται στις επιδράσεις των ιχθυοκαλλιεργειών σε συνδυασμό με τον τύπο του ιζήματος που ευνοεί ή όχι την ποικιλότητα και την αφθονία των ειδών. Γενικά, οι μεικτοί τύποι ιζημάτων (αμμώδης ιλύς) ευνοούν τους δείκτες αυτούς (Gray, 1974). Οι σταθμοί της περιοχής AS, βρέθηκαν πιο ομοιογενείς όσον αφορά την μακροζωοβενθική τους σύσταση σε σχέση με αυτούς της περιοχής BS. Το γεγονός αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των δειγμάτων, που έδειξαν ότι ο βαθμός επίδρασης της υδατοκαλλιέργειας

στο μακροζωοβένθος της περιοχής AS ήταν μικρότερος σε σχέση με αυτόν της BS. Οι τιμές της ξηρής βιομάζας στον Παγασητικό κόλπο κυμαίνονται από 0,267-8,671 g/m² (Pancucci-Παπαδοπούλου και συν., 2000). Στην παρούσα έρευνα, οι τιμές της ξηρής βιομάζας στους σταθμούς της περιοχής AS βρέθηκαν εντός των ορίων αυτών, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές που βρέθηκαν στους σταθμούς της περιοχής BS ήταν αναμενόμενες και συμφωνούν με όλα τα προηγούμενα αποτελέσματα.

Από έρευνες που έγιναν στον Παγασητικό κόλπο, από τους Bogdanos and Satsmadjis (1983) σε 39 διαφορετικούς σταθμούς βρέθηκαν συνολικά 353 είδη μακροζωοβένθους. Από αυτά, το μεγαλύτερο ποσοστό (91,9%) ανήκε στη βενθική ομάδα των πολύχαιτων (56,1%), των καρκινοειδών (15,8%), των μαλακίων (14,1%) και των εχινόδεσμων (5,9%). Επίσης, οι τέσσερις αυτές ομάδες αποτελούσαν το 96% των ατόμων που βρέθηκαν στον Παγασητικό κόλπο. Στην παρούσα έρευνα και στις δύο περιοχές βρέθηκαν τρεις κυρίαρχες βενθικές ομάδες (πολύχαιτοι, καρκινοειδή και μαλάκια). Τα ποσοστά για την περιοχή AS ήταν 54%, 17,%% και 18% και για την περιοχή BS 49,5%, 19% και 21%, αντίστοιχα. Τα ποσοστά αυτά συμφωνούν με τα προαναφερθέντα των Bogdanos and Satsmadjis (1983). Τα μεγάλα ποσοστά αριθμού ατόμων που ανήκαν στην ομάδα των πολύχαιτων και εμφανίστηκαν στους σταθμούς AS1 και BS1 (69% και 82%, αντίστοιχα), οφείλονται στην παρουσία του είδους *Capitella capitata*. Το είδος αυτό είναι καιροσκοπικό και συναντάται σε επιβαρυμένα ιζήματα με μεγάλα ποσοστά οργανικού υλικού και γι' αυτό αποτελεί από μόνο του ένα βιολογικό δείκτη που μας υποδεικνύει το βαθμό της ρύπανσης που έχει προκληθεί (Gray, 1981). Η παρουσία του είδους αυτού κάτω από ιχθυοκλωβούς έχει αναφερθεί από πολλούς

επιστήμονες μέχρι σήμερα (Brown *et al.*, 1987: Weston, 1990: Findlay *et al.*, 1995: Karakassis *et al.*, 2000: Nickell *et al.*, 2003: Kliaoudatos *et al.*, 2006: Mente *et al.*, 2006). Σε ορισμένες περιπτώσεις το ποσοστό εμφάνισης του είδους αυτού μπορεί να φτάσει και το 75% (Karakassis *et al.*, 2000). Στην παρούσα έρευνα το ποσοστό αυτό δεν ξεπέρασε το 65% (σταθμός BS1), ενώ στο σταθμό AS1 ήταν 37%. Το γεγονός αυτό μας υποδεικνύει ότι ο βαθμός επίδρασης της ιχθυοκαλλιέργειας στο βενθικό υπόστρωμα της περιοχής BS είναι μεγαλύτερος σε σχέση με αυτόν της περιοχής AS. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τους Bogdanos and Satsmadjis (1983), ο μέσος όρος αριθμού ατόμων του είδους αυτού στον Παγασητικό κόλπο ήταν μόλις 0,09 ind/m², ενώ στην παρούσα έρευνα έφτασε τα 594 ind/m², γεγονός που υποδηλώνει και πάλι την επίδραση των υδατοκαλλιεργειών στο βενθικό υπόστρωμα. Ένα άλλο μακροζωοβενθικό είδος που θα μπορούσε να αποτελέσει βιολογικό δείκτη μη ρυπασμένων περιοχών είναι το *Nephtys hystrix*, το οποίο απουσίαζε τελείως από τους σταθμούς AS1 και BS1 που βρίσκονταν κάτω από το κέντρο των ιχθυοκλωβών. Ανάλογα αποτελέσματα βρήκαν και οι Karakassis *et al.* (2000) σε έρευνα που διεξήγαγαν σε τρεις διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας. Τα είδη *Tharyx dorsobranchialis* και *Paraonis gracilis gracilis* είναι δύο από τα επικρατέστερα είδη του Παγασητικού κόλπου (Bogdanos and Satsmadjis, 1983), και άρα τα μεγάλα σχετικά ποσοστά εμφάνισής τους στους σταθμούς δειγματοληψιών της παρούσας έρευνας ήταν αναμενόμενα. Το είδος *Mytilus galloprovincialis*, που βρέθηκε μόνο στους σταθμούς της περιοχής BS, πιθανόν να ευνοείται από τις υδροβιολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή αυτή. Τέλος, η διαφοροποίηση που παρατηρήθηκε στη σύσταση των μακροζωοβενθικών οργανισμών στους 6

σταθμούς δειγματοληψίας, πιθανόν να οφείλεται στις επιδράσεις των ιχθυοκαλλιεργειών (αυξημένα ποσοστά οργανικής ύλης στο ίζημα) και στη διαφορετική σύσταση των ιζημάτων.

Η ομαδοποίηση των σταθμών της περιοχής AS με βάση το βαθμό συγγένειας του μακροζωοβένθους τους, έδειξε ότι οι όποιες επιδράσεις της ιχθυοκαλλιέργειας στην περιοχή αυτή σταματούν σε απόσταση 50 m από το κέντρο των ιχθυοκλωβών, αφού ο σταθμός AS2 βρέθηκε συγγενής με τον AS3 (σταθμός μάρτυρας της περιοχής AS). Αντίθετα, στην περιοχή BS φαίνεται ότι ο βαθμός επίδρασης ήταν μεγαλύτερος και εκτείνονταν πέραν των 50 m, αφού υπήρξε ένας σαφής διαχωρισμός μεταξύ των τριών σταθμών της περιοχής αυτής. Επίσης, βλέπουμε ότι οι επιδράσεις των ιχθυοκαλλιεργειών ήταν εντονότερες κατά την εαρινή και την καλοκαιρινή περίοδο, γεγονός αναμενόμενο αφού κατά τις περιόδους αυτές η ποσότητα της προσφερόμενης τροφής προς τους εκτρεφόμενους οργανισμούς ήταν μεγαλύτερη. Σύμφωνα με τους Karakassis *et al.* (2000), η επίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών στο βένθος, για την περιοχή της Μεσογείου, ποικίλει ανάλογα με τα επιμέρους χαρακτηριστικά των περιοχών όπου είναι εγκατεστημένες οι μονάδες. Τα αποτελέσματα των περισσότερων ερευνών που έχουν γίνει μέχρι σήμερα σ' αυτόν τον τομέα και που δίνονται στον Πίνακα 6.4 δείχνουν ότι οι όποιες επιδράσεις των υδατοκαλλιεργειών στο βενθικό υπόστρωμα περιορίζονται σε απόσταση 25-50 m από τους ιχθυοκλωβούς. Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας διαπιστώσαμε ότι η περιοχή AS ακολουθεί την παραπάνω παρατήρηση, ενώ η περιοχή BS, η οποία φαίνεται να είναι και η πιο επιβαρημένη, παρουσιάζει μια επέκταση των επιδράσεων πέρα από τα όρια αυτά (50 m). Στις διαπιστώσεις αυτές

Πίνακας 6.4: Έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με τον βαθμό επίδρασης των υδατοκαλλιεργειών στο βένθος.

Απόσταση καταγραφείσας επίδρασης	Αναφορά
20-45 m από τους ιχθυοκλωβούς	Doyle <i>et al.</i> , 1984
<25 m από τους ιχθυοκλωβούς	Brown <i>et al.</i> , 1987
<50 m από το άκρο των ιχθυοκλωβών	Lumb, 1989
<45 m από τους ιχθυοκλωβούς	Weston, 1990
<250 m από τους ιχθυοκλωβούς	Johannessen <i>et al.</i> , 1994
3-5 m από το άκρο των ιχθυοκλωβών	Krost <i>et al.</i> , 1994
1-1,5 Km από τους ιχθυοκλωβούς	Wu <i>et al.</i> , 1994
<1 Km από τους ιχθυοκλωβούς	Wu, 1995
25-50 m από τους ιχθυοκλωβούς	Κουσουρήs και συν., 1995
<25 m από τους ιχθυοκλωβούς	Karakassis <i>et al.</i> , 2000
<40 m από την μυδοκαλλιέργεια	Chamberlain <i>et al.</i> , 2001
<25 m από τους ιχθυοκλωβούς	Pearson and Black, 2001
< 50 m από τους ιχθυοκλωβούς	Brooks <i>et al.</i> , 2003
<50 m από το κέντρο των ιχθυοκλωβών (AS)	Παρούσα εργασία
50-300 m από το κέντρο των ιχθυοκλωβών (BS)	Παρούσα εργασία

κατέληξαν και οι επαγγελματίες δύτες των δύο μονάδων ύστερα από συνεχείς καταδύσεις και παρατηρήσεις του βενθικού υποστρώματος, δηλαδή ότι υπάρχει επίδραση των αποβλήτων στο βενθικό υπόστρωμα αλλά περιορίζεται σε μικρή απόσταση από το κέντρο των συστοιχιών των ιχθυοκλωβών. Σύμφωνα όμως με τους Paroutsoglou *et al.* (1996), οι οπτικές παρατηρήσεις δυτών κάτω από ιχθυοκλωβούς σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου δεν έδειξαν κάποια επίδραση των αποβλήτων των εκτρεφόμενων ψαριών στο βενθικό υπόστρωμα.

6.2.2. Πειραματική αλιεία άγριων ψαριών

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, οι δύο πρώτες πειραματικές αλιείες, που έλαβαν χώρα στην περιοχή BS απέβησαν άκαρπες για το σκοπό τον οποίο έγιναν. Αυτό προφανώς οφείλεται στο γεγονός ότι τα ψάρια κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών, όπου έγινε η αλιεία, δεν τρέφονται με υπολείμματα τροφών από τη μονάδα, ενώ αυτά που τυχόν είχαν καταναλώσει κάποιες ποσότητες κατά τη διάρκεια της ημέρας τις είχαν πέψει μέχρι τη στιγμή της σύλληψής τους. Επιπρόσθετα, η μέθοδος των διχτύων που χρησιμοποιήθηκε στις δύο αυτές πειραματικές αλιείες έχει το αρνητικό ότι στρεσάρει τα αλιευθέντα ψάρια και τους προκαλεί αναρρόφηση της τροφής προς το στόμα (regurgitation) με αποτέλεσμα το μεγάλο ποσοστό σφάλματος στην εκτίμηση των τροφικών συνηθειών (Nielsen and Johnson, 1989). Το γεγονός αυτό έγινε περισσότερο εμφανές στην πρώτη πειραματική αλιεία όπου το ποσοστό των αλιευθέντων ψαριών με άδειο στομάχι έφτασε το 61%. Επίσης, έχει αναφερθεί ότι η χρήση διχτύων δεν ενδείκνυται ως μέσο σύλληψης των άγριων πληθυσμών ψαριών κάτω και γύρω από τους

ιχθυοκλωβούς γιατί η λειτουργία τους παρεμποδίζεται από τα σχοινιά και τα μπλόκια ακύρωσης των ιχθυοκλωβών με αποτέλεσμα την υποεκτίμηση της αφθονίας και της βιομάζας των άγριων ψαριών (Harmelin-Vivien and Francour, 1992; Demster *et al.*, 2002). Σ' αυτό πιθανό να οφείλεται και ο μικρός σχετικά αριθμός ψαριών που αλιεύθηκαν κατά τις δύο πρώτες πειραματικές αλιείες (18 και 13, αντίστοιχα). Αντίθετα, η τρίτη πειραματική αλιεία που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή AS και έλαβε χώρα κατά τις πρώτες πρωινές ώρες και μετά το τάϊσμα των εκτρεφόμενων ψαριών είχε θετικά αποτελέσματα αφού αλιεύθηκαν 23 ψάρια εκ των οποίων το 57% είχε καταναλώσει κάποια ποσότητα σύμπληκτων. Τέλος, η αποτυχία εφαρμογής της μεθόδου αυτής στην τελευταία πειραματική αλιεία πιθανό να οφείλεται στις σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες νερού και στον ήπιο κυματισμό που επικρατούσαν τις ημέρες εκείνες στην περιοχή BS.

Το γεγονός ότι στο στομάχι του 53% των αλιευθέντων ψαριών της τρίτης πειραματικής αλιείας βρέθηκαν αποκλειστικά σύμπληκτα, καταμαρτυρεί ότι ο άγριος πληθυσμός ψαριών που βρίσκεται κάτω από τις συστοιχίες των ιχθυοκλωβών της AS περιοχής τρέφεται σε μεγάλο ποσοστό με τα υπολείμματα της τροφής που προσφέρεται για την εκτροφή των ψαριών της μονάδας. Αυτό βοηθάει σε μεγάλο βαθμό στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ιχθυοκαλλιέργειας στην υδάτινη στήλη και στο βενθικό υπόστρωμα.

Ο Carss (1990) σε ανάλογη έρευνα που πραγματοποίησε σε 5 διαφορετικές μονάδες εκτροφής σαλμοειδών στη δυτική Σκωτία (2 μονάδες εσωτερικών υδάτων και 3 θαλάσσιες) βρήκε ότι το ποσοστό των άγριων ψαριών που τρέφεται με σύμπληκτα κυμαίνεται μεταξύ 30-73,3% για τις

μονάδες των εσωτερικών υδάτων και μεταξύ 7-100% για τις θαλάσσιες. Επίσης, βρήκε ότι το ποσοστό αυτό μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους με το μεγαλύτερο να εμφανίζεται κατά τη χειμερινή περίοδο. Για την περιοχή της Μεσογείου δεν έχει πραγματοποιηθεί άλλη ανάλογη έρευνα μέχρι σήμερα. Άλλοι ερευνητές, προσπάθησαν με τη βοήθεια οπτικών (Dempster *et al.*, 2002; Vita *et al.*, 2004) και ακουστικών παρατηρήσεων (Giannoulaki *et al.*, 2005) να ερευνήσουν την αφθονία των άγριων πληθυσμών ψαριών γύρω απ' τις ιχθυοκαλλιέργειες. Οι Dempster *et al.* (2002) και οι Giannoulaki *et al.* (2005) συμπεραίνουν ότι η αφθονία των άγριων ψαριών είναι κατά πολύ μεγαλύτερη γύρω απ' τις ιχθυοκαλλιέργειες σε σχέση με τις περιοχές μάρτυρες που δεν υπάρχουν ιχθυοκαλλιέργειες. Επίσης οι Vita *et al.* (2004) βρήκαν ότι το 80% του οργανικού υλικού που φεύγει απ' τις μονάδες εκτροφής μπορεί να καταναλωθεί απ' τα άγρια ψάρια πριν φτάσει στον πυθμένα. Τέλος, οι Machias *et al.* (2004) ερεύνησαν την αφθονία των άγριων ψαριών πριν και μετά την εγκατάσταση και τη λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων και βρήκαν ότι αυτή μπορεί να αυξηθεί μέχρι και τέσσερις φορές. Το γεγονός αυτό δεν πρέπει να μας εκπλήσσει δεδομένου ότι η εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων ιχθυοκλωβών στις θάλασσες για τα ψάρια, είναι ανάλογη με την παρουσία οάσεων στην έρημο για τους ανθρώπους.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι τιμές της **θερμοκρασίας** εμφανίζουν την αναμενόμενη εποχιακή διακύμανση με τις χαμηλότερες να καταγράφονται κατά την περίοδο του χειμώνα και τις υψηλότερες την καλοκαιρινή περίοδο. Το φαινόμενο του θερμοκλινούς το οποίο εμφανίζεται στις δύο περιοχές έρευνας, κυρίως κατά την καλοκαιρινή περίοδο, δε φαίνεται να επηρεάζει τη λειτουργία των δύο μονάδων αφού σε κάθε περίπτωση οι ιχθυοκλωβοί τους βρίσκονται μέσα στο πρώτο από τα τρία υδάτινα στρώματα που δημιουργούνται εφ' όσον το βάθος των διχτύων τους δεν ξεπερνά τα 10 m.
- Από τη μελέτη των διαγραμμάτων της **αλατότητας** σε σχέση με το βάθος διαπιστώνουμε την ύπαρξη μαζών γλυκού νερού σε διάφορα βάθη και στις δύο περιοχές έρευνας σε όλες τις δειγματοληψίες, γεγονός ευεργετικό για τις ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες που έχουν εγκατασταθεί στις περιοχές αυτές.
- Οι τιμές του **pH** κυμαίνονται εντός των επιτρεπτών ορίων για την ανεμπόδιστη εκτροφή των ψαριών, οι οποίες σε φυσιολογικές συνθήκες είναι μεταξύ 6,5 και 9,0.
- Οι τιμές του **διαλυμένου οξυγόνου** κυμαίνονται σε ικανοποιητικά επίπεδα, με την περιοχή AS εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με την BS.
- Η στατιστική επεξεργασία των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στις τέσσερις εποχές του έτους και για τις δύο περιοχές έρευνας έδειξε μια σημαντική στατιστική διαφορά, εκτός από τα νιτρώδη στην περιοχή AS.
- Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις **θρεπτικών**, σε όλες τις εποχές δειγματοληψίας, εμφανίζονται στους σταθμούς AS1 και BS1 που

βρίσκονται στο κέντρο των δύο μονάδων και παρατηρείται μία στατιστικώς σημαντική σταδιακή μείωση όσο πλησιάζουμε προς τους σταθμούς μάρτυρες των δύο περιοχών (AS3 και BS3) σε όλα τα βάθη της υδάτινης στήλης.

- Οι συγκεντρώσεις των **θρεπτικών** σε καμία περίπτωση δεν ξεπέρασαν τα επιτρεπτά όρια (0,3 mg/l N και 0,01 mg/l P, Sawyer 1966) πέραν των οποίων εμφανίζεται το φαινόμενο του ευτροφισμού ή δημιουργούνται σοβαρές βλάβες στους εκτρεφόμενους οργανισμούς.
- Οι μέγιστες τιμές των **θρεπτικών** που καταγράφηκαν είναι κατά πολύ μικρότερες από αυτές που έχουν παρατηρηθεί στον Παγασητικό κόλπο από άλλους ερευνητές. Το γεγονός αυτό, επιτρέπει την αισιόδοξη άποψη ότι η εγκατάσταση και λειτουργία των δύο ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων δεν επιβαρύνει το υδάτινο περιβάλλον που όποια επιβάρυνση παρουσίαζε στο παρελθόν προέρχονταν από άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.
- Οι επιπτώσεις των δύο ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων στη διαμόρφωση των συγκεντρώσεων των **θρεπτικών αλάτων** στη στήλη του νερού περιορίζονται σε μικρή απόσταση γύρω από το μέσο της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών χωρίς να επηρεάζουν την ευρύτερη περιοχή γύρω από αυτές.
- Συγκριτικά με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών, οι δύο περιοχές έρευνας έχουν σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις **θρεπτικών αλάτων**, παρ' όλο που οι μονάδες τους είναι εγκατεστημένες μέσα στον Παγασητικό κόλπο που θεωρείται ένας ημίκλειστος κόλπος και θα περιμέναμε εντονότερη επίδραση στο υδάτινο περιβάλλον με την εμφάνιση υψηλότερων συγκεντρώσεων.

- Αν θεωρήσουμε ότι οι δύο μονάδες έχουν την ίδια δυναμικότητα παραγωγής, τότε η εμφάνιση μικρότερου ποσοστού συγκέντρωσης **σωματιδιακού υλικού** (υπολείμματα τροφής, περιπτώματα εκτρεφόμενων ψαριών, βλέννες, κ.λπ.) στις ιζηματοπαγίδες που τοποθετήθηκαν κάτω από τους ιχθυοκλωβούς της μονάδας AS έναντι των ιχθυοκλωβών της μονάδας BS, θα πρέπει να αποδοθεί τόσο στην ορθολογικότερη διαχείρισή της (μικρότερη ποσότητα προσφερόμενης τροφής, μικρότερη ιχθυοφόρτιση) όσο και στις καλύτερες συνθήκες ρευμάτωσης της περιοχής εγκατάστασής της.
- Διαπιστώσαμε την σημαντική μείωση της ροής **σωματιδιακού υλικού** και **οργανικού άνθρακα** όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο των ιχθυοκλωβών και όσο αυξάνεται το βάθος της υδάτινης στήλης.
- Τα επίπεδα της ροής **σωματιδιακού υλικού** και **οργανικού άνθρακα** κάτω από τους ιχθυοκλωβούς των δύο περιοχών έρευνας του Παγασητικού κόλπου μπορούν να χαρακτηριστούν μάλλον χαμηλά συγκριτικά με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών.
- Ο τύπος των **ιζημάτων** των δύο ερευνοούμενων περιοχών πλησιάζει περισσότερο προς τις μεσαίες και λεπτές άμμους.
- Στην περιοχή BS παρατηρείται ότι τα ποσοστά του **οργανικού υλικού** και του **οργανικού άνθρακα** είναι πολύ μεγαλύτερα από αυτά της περιοχής AS.
- Τα μεγαλύτερα ποσοστά του **οργανικού υλικού** και του **οργανικού άνθρακα** καταγράφηκαν κατά την εποχή της άνοιξης και του καλοκαιριού, ενώ τα μικρότερα κατά την εποχή του φθινοπώρου και του χειμώνα.

- Σταδιακή μείωση στα ποσοστά του **οργανικού υλικού** και του **οργανικού άνθρακα** του ιζήματος όσο απομακρυνόμαστε από τους σταθμούς AS1 και BS1.
- Τα επίπεδα του **οργανικού υλικού** και του **οργανικού άνθρακα** στο ίζημα της περιοχής AS μπορούν να χαρακτηριστούν μάλλον χαμηλά συγκριτικά με άλλες περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες μονάδες εκτροφής ψαριών, σε αντίθεση με την περιοχή BS.
- Η στατιστική επεξεργασία των διαφόρων χαρακτηριστικών του **μακροζωοβένθους** στις τέσσερις εποχές του έτους δεν έδειξε κάποια σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ όλων των σταθμών στις δύο περιοχές έρευνας, εκτός από τον αριθμό, την αφθονία και τον δείκτη αφθονίας των ειδών στην περιοχή BS.
- Αύξηση της αφθονίας των **μακροζωοβενθικών** ειδών κατά την εαρινή και την καλοκαιρινή περίοδο.
- Οι τιμές των δεικτών ποικιλότητας και αφθονίας των **μακροζωοβενθικών** ειδών αυξάνονται όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο των ιχθυοκλωβών.
- Οι σταθμοί της περιοχής AS, βρέθηκαν πιο ομοιογενείς όσον αφορά την **μακροζωοβενθική** τους σύσταση σε σχέση με αυτούς της περιοχής BS.
- Η παρουσία του είδους *Capitella capitata* στους σταθμούς AS1 και BS1 αποτελεί ένα **βιολογικό δείκτη** που μας υποδεικνύει το βαθμό της προκαλούμενης ρύπανσης.
- Η απουσία του είδους *Nephtys hystericis* από τους σταθμούς AS1 και BS1 μας υποδεικνύει ένα **βιολογικό δείκτη** μη ρυπασμένων περιοχών.

- Οι επιδράσεις της ιχθυοκαλλιέργειας στο **βενθικό** υπόστρωμα της περιοχής AS σταματούν σε απόσταση 50 m από το κέντρο των ιχθυοκλωβών, ενώ στην περιοχή BS εκτείνονταν και πέραν των 50 m.
- Από το γεγονός ότι στο στομάχι του 53% των αλιευθέντων ψαριών της τρίτης πειραματικής αλιείας βρέθηκαν αποκλειστικά σύμπληκτα, μπορούμε να πούμε ότι ο **άγριος πληθυσμός ψαριών** που βρίσκεται κάτω από τις συστοιχίες των ιχθυοκλωβών της AS περιοχής τρέφεται σε μεγάλο ποσοστό με τα υπολείμματα της τροφής που προσφέρεται για την εκτροφή των ψαριών της μονάδας.
- Η μοναδική παράμετρος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ένας **βιολογικός δείκτης**, που με απλό τρόπο θα μπορεί να μας υποδεικνύει το βαθμό της προκαλούμενης ρύπανσης των ιχθυοκαλλιεργειών στον Παγασητικό κόλπο, είναι το μακροζωοβένθος. Η παρούσα έρευνα έδειξε ότι η εμφάνιση ορισμένων καιροσκοπικών μακροζωοβενθικών ειδών, όπως για παράδειγμα του είδους *Capitella capitata*, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένας τέτοιος βιολογικός δείκτης.
- Παρά το γεγονός ότι ο Παγασητικός κόλπος είναι ένα ημίκλειστο σύστημα και θεωρητικά οι επιδράσεις των ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον του θα περίμενε κανείς να είναι ιδιαίτερα εκτενής εντούτοις η παρούσα έρευνα δεν έδειξε κάτι τέτοιο. Κατά συνέπεια, με μία σωστή χωροταξική μελέτη ο Παγασητικός κόλπος μπορεί να δεχθεί και άλλες **ιχθυοκαλλιεργητικές μονάδες** χωρίς να υπάρξει μελλοντικός κίνδυνος ανατροπής της οικολογικής ισορροπίας του από τη λειτουργία τους, αρκεί να τοποθετηθούν στα σωστά σημεία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αναγνώστου, Χ. Λ., Α. Σιούλας & Α. Π. Καραγεωργής, 1997.** Ο «Δείκτης Γεωσυσσώρευσης» στα επιφανειακά ιζήματα του Παγασητικού κόλπου. Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 97-100.
- Θεοδώρου, Α. Ι., Π. Παναγιωτάκη, Α. Μπουλαδάκη & Η. Πνευματικάτος, 1997.** Οικολογική κατάσταση του Παγασητικού κόλπου και δυνατότητες χρήσης παράκτιων περιοχών του για εκτροφή ιχθύων. Επιθεώρηση Ζωοτεχνικής Επιστήμης, 23: 29-49.
- Θεοδώρου, Α., 2004.** Ωκεανογραφία: Εισαγωγή στο Θαλάσσιο Περιβάλλον. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα, 712 σελ.
- Κολιού – Μήτσιου, Α., 1991.** Αναγνώριση, εκτίμηση και αντιμετώπιση των πηγών ρύπανσης του Παγασητικού κόλπου. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, 544-553.
- Κονίδης, Α., 1992.** Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των ιχθυοίων της τσιπούρας *Sparus aurata*, καλλιεργούμενων υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Διδακτορική Διατριβή, Παν/μιο Αθηνών, 135 σελ.
- Κορμάς, Α. Κ., 1998.** Περιγραφή και δυναμική οικολογικών συνιστωσών του οικοσυστήματος του Μαλιακού κόλπου. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Παν/μιο Αθηνών, 145 σελ.
- Κουσουρής, Θ. Σ., Γ. Δ. Φώτης & Α. Ι. Κονίδης, 1995.** Περιβάλλον & Υδατοκαλλιέργεια. Η αμφίδρομη σχέση των επιπτώσεων. Αθήνα, 187 σελ.
- Μήτσιος, Ι. Κ., Φ. Α. Γάτσιος & Δ. Α. Σαραντόπουλος, 2000.** Προσεγγίσεις στην εκτίμηση της ρύπανσης των ρεμάτων του Νομού Μαγνησίας από γεωργικές και άλλες δραστηριότητες. Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, 553-560.
- Μπαρμπετσέας, Σ., 1993.** Υδρολογικά χαρακτηριστικά Παγασητικού κόλπου κατά τον Σεπτέμβριο 1992. Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συμπόσιου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 477-478.
- Νεοφύτου, Χ. Ν., 1997.** Ιχθυολογία. University Studio Press. Θεσσαλονίκη, 290 σελ.

- Rancucci-Παπαδοπούλου, Μ., 2000.** Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Πολιτικής για την Αειφόρο Διαχείριση του Παγασητικού Κόλπου. Τελική Έκθεση. ΕΚΘΕ.
- Rancucci-Παπαδοπούλου, Μ., Μ. Σαλωμίδου, Ν. Σύμπουρα & Α. Ζενέτου, 2000.** Εξέλιξη των βενθικών βιοκοινωνιών στον Παγασητικό κόλπο. Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνέδριου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος, 23-26 Μαΐου, 322-327.
- Περισοράτης, Κ., Π. Ζαχαράκης & Α. Ανδρινόπουλος, 1993.** Ιζηματολογία των επιφανειακών ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου και του δίαυλου του Τρίκερι, Δ. Αιγαίο Πέλαγος. Τεχνική Έκθεση ΙΓΜΕ.
- Πετράκης, Γ., 2000.** Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Πολιτικής για την Αειφόρο Διαχείριση του Παγασητικού Κόλπου. Τελική Έκθεση. ΕΚΘΕ.
- Χώτος, Γ. & Ι. Ρογδάκης, 1992.** Υδατοκαλλιέργειες ευρύαλων ψαριών. Λαβράκι & Τσιπούρα. Τεχνικές της αναπαραγωγής και πάχυνσης. Εκδόσεις "ΙΩΝ". ISBN: 960-405-364-7.

B. ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ackefors, H. & M. Enell, 1990.** Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas. *Ambio.*, 19: 28-35.
- Alongi, D. M., V. C. Chong, P. Dixon, A. Sasekumar & F. Tirendi, 2003.** The influence of fish cage aquaculture on pelagic carbon flow and water chemistry in tidally dominated mangrove estuaries of peninsular Malaysia. *Mar. Env. Res.*, 55: 313-333.
- Amoutzopoulou-Schina, H. & S. Haritonidis, 2005.** Distribution and phenology of the marine phanerogam *Posidonia oceanica* in the Pagassitikos Gulf, Greece. *J. Biol. Res.*, 4: 203-211.
- Angel, D. L., P. Krost & H. Gordin, 1995.** Benthic implications of the net cage aquaculture in the oligotrophic Gulf of Aqaba. In: Rosenthal, H., B. Moav & H. Gordin (eds) Improving the knowledge base in modern aquaculture. *Eur. Aquacult. Soc. Spec. Publ.*, 25: 129-173.
- Azov, Y., 1986.** Seasonal patterns of phytoplankton productivity and abundance in near-shore oligotrophic waters of the Levant Basin (Mediterranean). *J. Plankton Res.*, 8: 41-53.
- Bachelet, G., 1990.** The choice of a sieving mesh size in the quantitative assessment of marine macrobenthos: a necessary compromise between aims and constraints. *Mar. Env. Res.*, 30: 21-35.
- Barmpetseas, S. & I. Zodiadou, 1990.** Physical characteristics of the Pagassitikos Gulf, Greece, in 1989. General Assembly. *Eur. Geoph. Soc.*, Copenhagen, 189p.
- Baranbe, G., 1980.** Expose synoptique des donnees biologiques sur le loup ou bar, *Dicentrarchus labrax* (Linne 1758). Synopsis FAO Peches, 70p.
- Belias, C. V., V. G. Bikas, M. J. Dassenakis & M. J. Scoullas, 2003.** Environmental impacts of coastal aquaculture in Eastern Mediterranean Bays. The case of Astakos Gulf, Greece. *Environ. Sci. & Pollut. Res.*, 10: 287-295.
- Berry, A. W., 1996.** Aquaculture and sea loch nutrient ratios: a hypothesis. In: Black KD (ed) Aquaculture and sea loch. The Scottish Association for Marine Science, Oban, 7-15.

- Beveridge, M. C. M., M. J. Phillips & R. M. Clarke, 1991.** A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. In Aquaculture and Water Quality (D. E. Brune & J. R. Tomasso, eds), 506-533p. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA.
- Beveridge, M., 1996.** Cage aquaculture. Fishing News Books. 346p.
- Bilyard, G. R., 1987.** The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. Mar. Pollut. Bull., 18: 581 –585.
- Bogdanos, K., 1979.** Macrozoobenthic study of Pagassitikos Gulf. Symp. Int. Zool. Ecol. Gr. Reg. Avois., Athina, Greece, 55-60.
- Bogdanos, K. & J. Satsmadjis, 1983.** The Macrozoobenthos of an Aegean embayment. Thalassographica, 6: 77-105.
- Boyd, C. E., 1981.** Water quality in warmwater fish ponds. Agricultural Experiment Station, Auburn University, 359p.
- Bray, J. R. & J. T. Curtis, 1957.** An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr., 27: 325-349.
- Brooks, K. M., A. R. Stierns, C. V. W. Mahnken & D. B. Blackburn, 2003.** Chemical and biological remediation of the benthos near Atlantic salmon farms. Aquacult., 219: 355-377.
- Brown, J. R., R. J. Gowen & D. M. McLusky, 1987.** The effects of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 109:39-51
- Buchanan, J. B., 1971.** Measurements of the physical and chemical environment. Sediments. In: Methods for the study of marine benthos. Ed. Holme and Mc Intyre. I.B.P. Handbook N0 16, Oxford: 30-52.
- Burns, G. R., 1978.** Distribution of benthos in a stagnant estuarine bay. Can. J. Zool., 56: 1664-1668.
- Campbell, A. C., 1976.** Guide to seashores and shallow seas of Britain and Europe. The Hamlyn Publishing Group Limited, London, 313p.
- Carss, D., 1990.** Concentrations of wild and escaped fishes immediately adjacent to fish farm cages. Aquacult., 90: 29-40.
- Chamberlain, J., T. F. Fernandes, P. Read, T. D. Nickell & I. M. Davies, 2001.** Impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis* L.) culture on the surrounding surficial sediment. ICES, J. Mar. Sci., 58: 411-416.

- Cho, C. Y. & D. P. Bureau, 1997.** Reduction of waste output from salmonid aquaculture through feeds and feeding. *Prog. Fish. Cult.*, 59: 155-160.
- Cutter, G. A. & J. Radford-Knoery, 1991.** Determination of carbon, nitrogen, sulfur and sulfur species in marine particles. In: D. C. Hurd and D. W. Spencer (Editors), *Marine particles: Analysis and characterization*. Am. Geophys. Union, *Geophys. Monogr.*, 63: 57-63.
- Davies, I. M., P. Smith, D. T. Nickell & P. G. Provost, 1996.** Interactions of salmon farming and benthic micro biology in sea lochs. In: Black, K. D. (ed) *Aquaculture and sea lochs*. The Scottish Association for Marine Science, Oban, 33-39.
- Davies, I. M., 2000.** Waste production by farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Scotland. ICES, CM, 2000/0:01.
- Davies, I. M. & R. J. Slaski, 2002.** Waste production by farmed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). Report FRS, Aberdeen, UK.
- Day, J. H., 1967a.** A monograph on the polychaeta of southern Africa – Part I. Errantia, Trustees of the British Museum (Natural History), London, 458p.
- Day, J. H., 1967b.** A monograph on the polychaeta of southern Africa – Part II. Sedentaria, Trustees of the British Museum (Natural History), London, 878p.
- Delgado, O., J. Ruiz, M. Perez, J. Romero & E. Ballestreros, 1999.** Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean bay: seagrass decline after loading cessation. *Oceanol. Acta*, 22: 109-117.
- Dempster, T., P. Sanchez-Jerez, J. T. Bayle-Sempere, F. Gimenez-Casalduero & C. Valle, 2002.** Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term temporal variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 242: 237-252.
- Dominquez, L. M., G. Calero, J. Martin & L. Robaina, 2001.** A comparative study of sediments under a marine cage farm at Gran Canaria Island (Spain): preliminary results. *Aquacult.*, 192: 225-231.
- Dosdat, A., E. Servais, R. Metailler, C. Huelvan & E. Desbruyeres, 1996.** Comparison of nitrogenous losses in five teleost fish species. *Aquacult.*, 141: 107-127.

- Dosdat, A., 2001.** Environmental impact of aquaculture in the Mediterranean: nutritional and feeding aspects. In: Proc. Seminar CIHEAM Network Technol. Aquacult. Mediterr. Cas. Options Mediterr., 55: 23-36.
- Doyle, J., M. Parker, T. Dunne, D. Baird & J. McArdle, 1984.** The impact of blooms on mariculture in Ireland. International council for the exploration of the sea, special meeting on the causes, dynamics and effects of exceptional marine blooms and related events. ICES, Copenhagen, Denmark.
- Dutrieux, E., 1984.** Elements pour une planification ecologique du milieu lagunaire Mediterranean. Application 1st Aquaculture, CEMAGREF, Section Amanagements Littoraux et Aquaculture, Montpellier, 152p.
- Edwards, R. W., K. Benson-Evans, M. A. Learner, P. Williams & R. Williams, 1972.** A biological survey of the river Taff. Wat. Poll. Contrlo., 24p.
- Edwards, A. & D. J. Edelsten, 1976.** Marine fish cages – the physical environment. Proc. Royal Soc. Edinburgh 75: 207-221.
- Enell, M., 1995.** Environmental impact of nutrients from Nordic fish farms. Wat. Sci. Technol., 31: 61-71.
- Fauchald, K., 1977.** The polychaete worms – Definitions and keys to the orders, families and genera. Natural History Museum of L.A., Los Angeles, 188p.
- Fauvel, P., 1923.** Faune de France – Polychetes errantes. Federation Francaise des Societes de Sciences Naturalles- Office Central de Faunistique, Paris, 486p.
- Fauvel, P., 1927.** Faune de France – Polychetes sedentaires. Federation Francaise des Societes de Sciences Naturalles- Office Central de Faunistique, Paris, 494p.
- Febry, R. & P. Lutz, 1987.** Energy partitioning in fish: activity related cost of osmoregulation in a euryhaline cichlid. J. Exp. Biol., 128: 63-85.
- Ferentinos, G. & S. P. Varnavas, 1981.** Marine pollution and oceanographic surveys for the protection of the marine environment from domestic sewage and industrial effluents. Int. Conf. Env. Poll., Thessaloniki, Greece, 596-692.

- Field, J. G., 1971.** A numerical analyses of changes in the soft bottom fauna along a transect across False Bay – S. Africa. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 7: 215-253.
- Field, J. G., K. R. Clarke & R. M. Warwick, 1982.** A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8: 37-52.
- Findlay, R. H., L. Watling & L. M. Mayer, 1995.** Environmental impact of salmon net-pen culture on marine benthic communities in Maine: a case study. *Estuar.*, 18: 145-179.
- Folke, N., N. Kautsky & M. Troell, 1994.** The costs of eutrophication from salmon farming: Implications for Policy. *J. Env. Manag.*, 40: 173-182.
- Friligos, N., 1987.** Eutrophication assessment in Greek coastal waters. *Toxic. Env. Chem.*, 15: 185-196.
- Friligos, N., 1988.** Nutrient enrichment and circulation of water masses in the Pagassitikos Gulf (Aegean Sea). *Oceanol. Acta*. In: *Oceanographie pelagique mediterraneenee* (Ed. Minas H. J. et Nival P.), 111-122.
- Friligos, N. & O. Gotsis-Skretas, 1989.** Eutrophication and red-tide in Aegean coastal waters. *Toxic. Env. Chem.*, 24: 171-180.
- Friligos, N., R. Psillidou & E. Xatzigeorgiou, 1990.** Eutrophic condition in Pagassitikos gulf. *J. Biol. Res.*, 63-78.
- Friligos, N., 1992.** Pagassitikos systems project: PSP-20 Cruise, 23-24 September 1992: Data report (PSP Data Report). NCMR, 44p.
- Gabrielides, G. & N. Friligos, 1977.** Nutrient distribution in Pagassitikos Gulf. *Thalas. Jugosl.* 13: 45-51.
- Gabrielides, G., 1978.** Some chemical aspects of Pagassitikos Gulf, Greece. *Rev. Int. Ocean. Med.*, 51-52.
- Gabrielides, G. P. & A. C. Theocharis, 1978.** Physical and chemical characteristics of Pagassitikos Gulf, Greece. *Thalas.* 2: 135-154.
- Gaudette, H. E., W. R. Flight, L. Toner & D. W. Folger, 1974.** An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *J. Sed. Petr.*, 44: 249-253.
- Georgakopoulou-Grigoriadou, E., F. G. Voutsinou-Taliadouri, O. Gotsis-Skretas & R. Psyllidou-Giouranovits, 1997.** Water quality assessment

- through organochlorine and biological analyses in a semi-enclosed embayment (Pagassitikos Gulf, Hellas). *Fres. Env. Bull.*, 6: 154-159.
- Georgopoulos, D. & A. Theocharis, 1983.** Hydrology of the region of Pagassitikos Gulf. *J. Biol. Res.*, 5-33.
- Giannoulaki, M, A. Machias, S. Somarakis & I. Karakassis, 2005.** Wild fish spatial structure in response to presence of fish farms. *J. Mar. Biol. Ass.*, 85: 1271-1277.
- Gillibrand, P. A., M. J. Gubbins, C. Greathead & I. M. Davies, 2002.** Scottish executive locational guidelines for fish farming: predicted levels of nutrient enhancement and benthic impact. Scottish Fisheries Research Report 63/2002. Fisheries Research Services, Aberdeen.
- Gowen, R. J. & N. B. Bradbury, 1987.** The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: A review. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 25: 563-575.
- Gowen, R. J., J. R. Brown, N. B. Bradbury & D. S. McLusky, 1988.** Investigations into benthic enrichment, hypereutrophication and eutrophication associated with mariculture in Scottish coastal waters (1984-1988). *Dep. Biol. Scien.*, The university of Stirling, Stirling.
- Gowen, R. J. & N. B. Bradbury, 1987.** The ecological impact of salmon farming in coastal waters: a review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 25: 563-575.
- Gowen, R. J., D. P. Weston & A. Ervick, 1991.** Aquaculture and the benthic environment: a review. In: Cowey, C. B. & C. Y. Cho (eds). *Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management. Nutritional Strategies and Aquaculture Waste.* University of Guelph, Guelph, ON, 186-205.
- Gowen, R. J. & I. A. Ezzi, 1992.** Assessment and prediction of the potential for hypereutrophication and eutrophication associated with cage culture of salmonids in Scottish coastal waters. Dunstaffnage Marine Laboratory, Oban Scotland and NERC. ISBN: 0-9518959-0-7.
- Gray, J., 1974.** Animal-sediment relationships. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 12: 223-261.

- Gray, J. S., 1981.** The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge University Press, New York, USA. ISBN: 0-521-28027-3.
- Grimanis, A. P., D. Zafeiropoulos, K. Papadopoulou, T. Economou & M. Vasilaki-Grimani, 1982.** Trace elements in *Mytilus galloprovincialis* from three gulfs of Greece. J. Et. Poll. Mar. Medit., Cannes, 319-322.
- Hakanson, L., A. Ervik, T. Maekinen & B. Moeller, 1988.** Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms. Nordic council of ministers, Copenhagen, 103p.
- Hall, P. O. G., L. G. Anderson, O. Holby, S. Kollberg & M. O. Samuelsson, 1990.** Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen. Mar. Ecol. Prog. Ser., 89: 81-91.
- Hall, P. O. J., O. Holby, S. Kollberg & M. O. Samuelsson, 1992.** Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen. Mar. Ecol. Prog. Ser. 89: 81-91.
- Handy, R. D. & M. G. Poxton, 1993.** Nitrogen pollution in mariculture: toxicity and excretion of nitrogenous compounds by marine fish. Rev. Fish Biol. Fish., 3: 205-241.
- Hargrave, B. T., 1994.** A benthic enrichment index. In: Hargrave, B.T. ed. Modelling Benthic Impacts of Organic Enrichment from Marine Aquaculture. Can. Technical Report Fish. Aquat. Sci., 1949: 79-91.
- Hargrave, B. T., G. A. Phillips, L. I. Doucette, M. J. White, T. G. Milligan, D. J. Wildish & R. E. Cranston, 1997.** Assessing benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture. Water Air Soil Pollut., 99: 641-650.
- Harmelin-Vivien, M. & P. Francour, 1992.** Trawling or visual censures? Methodological bias in the assessment of fish populations in seagrass beds. PSZN I: Mar. Ecol., 13: 41-51.
- Hayward, P., T. Nelson-Smith & C. Shields, 1996.** Guide des bords de mer. Mer du Nord Manche, Atl. Medit., 351p.
- Heilskov, A. C. & M. Homer, 2001.** Effects of benthic fauna on organic mineralization in fish-farm sediments: importance of size and abundance. ICES, J. Mar. Sci., 58: 427-234.

- Henderson, A., S. Gamito, I. Karakassis, P. Pederson & A. Smaal, 2001.** Use of hydrodynamic and benthic models for managing environmental impacts of marine aquaculture. *J. Appl. Ichthyol.*, 17: 163-172.
- Heussner, S., C. Ratti & J. Carbonne, 1990.** The PPS3 time-series sediment trap and the trap sample processing techniques used during the ECOMARGE experiment. *Cont. Shelf. Res.*, 10: 943-958.
- Holby, O. & P. O. J. Hall, 1991.** Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 70: 263-272.
- Holmer, M., 1992.** Impacts of aquaculture on surroundings sediments: generation of organic-rich sediments. In: De Pauw N., Joyce J. (eds). *Aquaculture and the environment*. European Aquaculture Society, Special Publication, nr. 16, Belgium, 155-175.
- Holmer, M. & E. Kristensen, 1992.** Impact of fish cage farming on metabolism and sulfate reduction of underlying sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 80:191-201.
- Holmer, M., N. Marba, J. Terrados, C. M. Duarte & M. D. Fortes, 2002.** Impacts of milkfish (*Chanos chanos*) aquaculture on carbon and nutrient fluxes in the Bolinao area, Philippines. *Mar. Pollut. Bull.*, 44: 685-696.
- Holmer, M., M. Perez & C. M. Duarte, 2003.** Benthic primary producers – a neglected environmental problem in Mediterranean maricultures? *Mar. Pollut. Bull.*, 46: 1372-1374.
- Hyland, J., L. Balthis, I. Karakassis, P. Magni, A. Petrov, J. Shine, O. Vestergaard & R. Warwick, 2005.** Organic carbon content of sediments as an indicator of stress in the marine benthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 295: 91-103.
- Inone, H., 1972.** On water exchange in a net cage stocked with the fish hamachi. *Bull. Jap. Soc. Fish.* 38: 167-176.
- Johannessen, P. J., H. Botnen & O. Tvedten, 1994.** Macrobenthos: before, during and after a fish farm. *Aquacult. Fish. Manage.*, 25: 55-66.
- Karakassis, I., M. Tsapakis & E. Hatziyanni, 1998.** Seasonal variability in sediment profiles beneath fish farm cages in the Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 162: 243-252.

- Karakassis, I., E. Hatziyanni, M. Tsapakis & W. Plaiti, 1999.** Benthic recovery following cessation of fish farming: a series of successes and catastrophes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 184: 205-218.
- Karakassis, I., M. Tsapakis, E. Hatziyanni, K. N. Papadopoulou & W. Plaiti, 2000.** Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 1462-1471.
- Karakassis, I. & E. Hatziyanni, 2000.** Benthic disturbance due to fish farming analyzed under different levels of taxonomic resolution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 203: 247-253.
- Karakassis, I., M. Tsapakis, E. Hatziyanni & P. Pitta, 2001.** Diel variation of nutrients and chlorophyll in sea bream and sea bass cages in the Mediterranean. *Fres. Env. Bull.*, 10: 278-283.
- Karakassis, I., M. Tsapakis, C. J. Smith & H. Rumohr, 2002.** Fish farming impacts in the Mediterranean studied through sediment profiling imagery (SPI). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 227: 125-133.
- Karakassis, I., N. K. Papadopoulou, A. Machias & D. Koutsoubas, 2003.** The environmental impact of fish farming on the marine environment. Final report to the EU, DGXIV, Contract Q5RS-2000-31151.
- Karakassis, I., K. N. Papadopoulou, E. Apostolaki & D. Koutsoubas, 2004.** Mesoscale effects of fish farming zones on macrobenthic communities in the Aegean Sea. *Rapports Commission Internationale Mer Méditerranée*, 37: 377.
- Karakassis, I., P. Pitta & M. D. Krom, 2005.** Contribution of fish farming to the nutrient loading of the Mediterranean. *Sci. Mar.*, 69: 313-321.
- Kelley, D. F., 1988.** The importance for estuaries for sea bass *Dicentrarchus labrax* (L.). *J. Fish. Biol.*, 33: 25-33.
- Kempf, M., M. Merceron, G. Cadour, H. Jeanneret, Y. Méar & P. Miramand, 2002.** Environmental impact of a salmonid farm on a well flushed marine site: II. Biosedimentology. *J. Appl. Ichthyol.*, 18: 51-60.
- Kesary, K., P. Panagiotidis & M. Pancucci-Papadopoulou, 2002.** Environmental planning in Pagassitikos Gulf and the potential relationship

with mucilage events. Proc. Of the VI Inter. Conf. Prot. Rest. Env., 395-402.

Klaoudatos, S., A. Conides & M. Chatziefstathiou, 1996. Environmental impact Assessment studies in floating cage culture systems in Greece. «Partnership in Coastal Zone Management». (Eds. J. Taussik and J. Mitchell), Samara Publishing Ltd, Cardigan, ISBN 1 873692 09 9: 525-533.

Klaoudatos, S. D., 2002. Environmental impact of aquaculture in Greece. Practical experiences. Cahier Options Mediterrannes «Environmental impact assessment of Mediterranean aquaculture farms», 55: 109-127.

Klaoudatos, S. D., D. S. Klaoudatos, J. Smith, K. Bogdanos & E. Papageorgiou, 2006. Assessment of site specific benthic impact of floating cage farming in the eastern Hios island, Eastern Aegean Sea, Greece. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 338: 96-111.

Knauer, G. & V. Asper, 1989. Sediment trap technology and sampling. U.S. Global Ocean Flux Study Rep. No 10.

Koliou-Mitsou, A., 2000. Development of an integrated policy for the sustainable management of Pagasitikos Gulf. Nutrients, Public Company of Water Resources, Magnisia, Volos.

Krom, M. D., C. Porter & H. Gordin, 1985. Nutrient budget of a marine fish pond in Eilat, Israel. Aquacult. 51: 65-80.

Krom, M. D., S. Ellner, J. van-Rijn & A. Neori, 1995. Nitrogen and phosphorus cycling and transformation in a prototype “non-polluting” integrated mariculture system, Eilat, Israel. Mar. Ecol. Prog. Ser., 118: 25-36.

Krost, P., T. Chrzan, H. Schomann & H. Rosenthal, 1994. Effects of a floating fish farm in Kiel Fjord on the sediment. J. Appl. Ichthyol., 10: 353-361.

- Kupla-Hansen, P., K. Pittman & A. Ervik, 1991.** Organic waste from marine fish farms-effects on the seabed: In: Kupka-Hansen P (ed) Marine aquaculture and the environment. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark, 105-119.
- La Rosa, T., S. Mirto, A. Mazzola & R. Danovaro, 2001.** Differential responses of benthic microbes and meiofauna to fish-farm disturbance in coastal sediments. *Environ. Poll.*, 112: 427-434.
- La Rosa, T., S. Mirto, E. Favaloro, B. Savona, G. Sara, R. Danovaro & A. Mazzola, 2002.** Impact on the water column biogeochemistry of a Mediterranean mussel and fish farm. *Wat. Res.*, 36: 713-721.
- Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller & D. R. May Passino, 1977.** Ichthyology. John Wiley & Sons, New York, 506 p.
- Liddicoat, M. I., S. Tibbits & E. I. Butler, 1974.** The determination of ammonia in seawater. *Limnol. Ocean.*, 20: 131-132.
- Lump, C. M., 1989.** Self-pollution by Scottish salmon farms?. *Mar. Pollut. Bull.*, 20: 375-379.
- Lupatsch, I. & G. W. Kissil, 1998.** Predicting aquaculture waste from gilthead seabream *Sparus aurata* culture using a nutritional approach. *Aquat. Living Res.*, 11: 265-268.
- Lupatsch, I., T. Katz & D. L. Angel, 2003.** Assessment of the removal efficiency of fish farm effluents by grey mullets: a nutritional approach. *Aquacult. Res.*, 34: 1367-1377.
- Machias, A., I. Karakassis, M. Labropoulou, S. Somarakis, K. N. Papadopoulou & C. Papaconstantinou, 2004.** Changes in wild fish assemblages after the establishment of a fish farming zone in a oligotrophic marine ecosystem. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 60: 771-779.
- Machias, A., I. Karakassis, S. Somarakis, M. Giannoulaki, K. N. Papadopoulou & C. Smith, 2005.** The response of demersal fish communities to the presence of fish farms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 288: 241-250.
- Mäkinen, T., 1991.** Nutrient load from marine aquaculture. In: Mäkinen T. (Ed), Marine aquaculture and environment. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 1-8.

- Maldonado, M., M. C. Carmona, Y. Echeverría & A. Riesgo, 2005.** The environmental impact of Mediterranean cage fish farms at semi-exposed locations: does it need a re-assessment? *Helgol Mar. Res.*, 59: 121:135.
- Margalef, R., 1957.** La teoria de information en ecologia. *Mem. Real. Acad. Cienc. Artes Barcelona*, 32: 373-449. [Information theory in ecology]. *Gen. Syst.*, 3: 36-71, (1958)(translated).
- Mazzola, A., S. Mirto & R. Danovaro, 1999.** Initial fish-farm impact on meiofaunal assemblages in coastal sediments of the Western Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.*, 38: 1126-1133.
- Mazzola, A., S. Mirto & R. Danovaro, 2000.** Fish-farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of meiofaunal resilience. *ICES, J. Mar. Sci.*, 57: 1454-1461.
- McDougall, N. & K. D. Black, 1999.** Determining sediment properties around a marine cage farm using acoustic ground discrimination: RoxAnn™. *Aquacult., Res.*, 30: 451-458.
- McGarvin, M., 2000.** Scotland's secret? Aquaculture, nutrient pollution, eutrophication and toxic blooms. WWF, Aberfeldy, Scotland.
- McGhie, T. K., C. Crawford, I. Mitchell & D. O'Brien, 2000.** The degradation of fish-cage waste in sediments during fallowing. *Aquacult.*, 187: 351-366.
- Mente, E., G. J. Pierce, M. B. Santos & C. Neofitou, 2006.** Effect of feed and feeding in the culture of salmonids on the marine aquatic environment: a synthesis for European aquaculture. *Aquacult. Int.*, 14: 499-522.
- Mirto, S., T. La Rosa, C. Gambi, R. Danovaro & A. Mazzola, 2002.** Nematode community response to fish-farm impact in the western Mediterranean. *Environ. Poll.*, 116: 203-214.
- Nickell, L. A., K. D. Black, D. J. Hughes, J. Overnell, T. Brand, T. D. Nickell, E. Breuer & S. M. Harvey, 2003.** Bioturbation, sediment fluxes and benthic community structure around a salmon cage farm in Loch Creran, Scotland. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 285-286: 221-233.
- Nielsen, L. A. & D. L. Johnson, 1989.** *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Virginia, 468 p.

- Nieuwenhuize, J., Y. E. M. Maas & J. J. Middelburg, 1994.** Rapid analysis of organic carbon and nitrogen in particulate matter. *Mar. Chem.*, 45: 217-224.
- Nordvarg, L. & T. Jahansson, 2002.** The effects of fish farm effluents on the water quality in the Aland archipelago, Baltic Sea. *Aquacult. Engineer.*, 25: 253-279.
- Ove Arup, Furano, Hydraulic Research (Asia) & WRc (Asia), 1989.** Assessment of the Environmental Impact of Marine Fish Culture in Hong Kong. Final Report submitted to the Environmental Protection Department, Hong Kong Government.
- Papachristou, E. & S. Haritonidis, 1992.** Present status of eutrophication in Pagassitikos Gulf, Magnesia, Greece. Biological indicators-pollution sources, 64p.
- Papatheodorou, G. & S. Alexandropoulou, 1996.** A comparative application of factor analysis in heavy metal concentrations: an example of Pagassitikos Gulf, Greece. *Proc. 3rd Intern. Conf. Env. Poll.*, 180-187.
- Papoutsoglou, S., M. J. Costello, E. Stamou & G. Tziha, 1996.** Environmental conditions at sea-cages and ectoparasites on farmed European sea-bass, *Dicentrarchus labrax* (L.) and gilt-head sea-bream, *Sparus aurata* L., at two farms in Greece. *Aquacult. Res.*, 27: 25-34.
- Parsons, T. R., Y. Maita & C. M. Lalli, 1984.** A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamon, Oxford.
- Pearson, T. H. & R. Rosenberg, 1978.** Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16: 229-311.
- Pearson, T. H. & K. D. Black, 2001.** The environmental impacts of marine fish cage culture. In: Black KD (ed) Environmental impacts of aquaculture. Academic Press and CRC Press, Sheffield, UK, 1-32.
- Pergent, G., S. Mendez, C. Pergent-Martini & V. Pasqualini, 1999.** Preliminary data on the impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows in the Mediterranean. *Oceanol. Acta*, 22: 95-107.

- Persson, G., 1990.** Eutrophication resulting from salmonid fish culture in fresh and salt waters: Scandinavian experiences. In: Cowey, C. B. & C. Y. Cho (eds). Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management. Nutritional Strategies and Aquaculture Waste. University of Guelph, Guelph, ON, 163-185.
- Persson, G., 1991.** Eutrophication resulting from salmonid fish culture in fresh and salt waters: Scandinavian experiences. In C. B. Cowey & C. Y. Cho (eds), Nutritional Strategies and Aquaculture Waste. Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. University of Guelph, Ontario, Canada: 163-185.
- Petihakis, G., G. Triantafyllou & A. Theodorou, 2000a.** A numerical approach to simulate nutrient dynamics and primary production of a semi-enclosed coastal ecosystem (Pagassitikos Gulf, Western Aegean, Greece). *Period. Biol.*, 102: 339-348.
- Petihakis, G., G. Triantafyllou & A. Theodorou, 2000b.** Enrichment of Pagassitikos Gulf by run off fertilizers: a modeling study. *Period. Biol.*, 102: 130-136.
- Petihakis, G., G. Triantafyllou, A. Koliou & A. Theodorou, 2002.** Exploring the dynamics of a marine ecosystem (Pagassitikos Gulf, Western Aegean, Greece) through the analysis of temporal and spatial variability of nutrients. *The Changing Coast. EUROCOAST/EUCC*. ISBN 972-85558-09-0.
- Petit, J., 1989.** Water supply treatment and recycling in aquaculture. In: *Aquaculture*, (Ed. G. Gilbert), Ellis Horwood Ltd., 2nd Edition, Vol. II, 63-196.
- Pielou, G. C., 1969.** An introduction to mathematical ecology. Ed. Wiley, N. York, 286p.
- Pillay, T. V. R., 1992.** *Aquaculture and the environment*. Fishing News Books, Oxford.

- Pitta, P., I. Karakassis, M. Tsapakis & S. Zivanovic, 1999.** Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the eastern Mediterranean. *Hydrobiol.*, 391: 181-194.
- Pocklington, P., D. B. Scott & C. T. Schaffer, 1994.** Polychaete response to different aquaculture activities. In: Dauvin, J. C., L. Laubier & D. J. Reish (eds) *Actes de la 4ème Conference internationale des Polychètes*. Mém. Mus. Nat. Hist. Nat., nr. 162, Paris, 511-520.
- Porrelo, S., P. Tomassetti, L. Manzueto, M. G. Finoia, E. Persia, I. Mercatali & P. Stipa, 2005.** The influence of marine cages on the sediment chemistry in the Western Mediterranean Sea. *Aquacult.*, 249: 145-158.
- Porter, C. B., M. D. Krom, M. G. Robins, L. Brickell & A. Davidson, 1987.** Ammonia excretion and total N budget for guilt-head seabream (*Sparus aurata*) and its effect on water quality conditions. *Aquacult.* 66: 287-297.
- Read, P. & T. Fernades, 2003.** Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe. *Aquacult.*, 226: 139-163.
- Ritz, D. A., M. Lewis & M. Shen, 1989.** Response to organic enrichment of infaunal macrobenthic communities under salmonid fish cages. *Mar. Biol.*, 103: 211-214.
- Robertson, D. R., 1982.** Fish feces as fish food on a Pacific coral reef. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 7: 253-266.
- Rosenthal, H., D. Weston, R. Gowen & E. Black, 1988.** Environmental impact of mariculture. ICES, Cooperative Research Report. 154: 1-83.
- Ruiz, J. M., M. Perez & J. Romero, 2001.** Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Mar. Pollut. Bull.*, 42: 749-760.

- Samuelson, O. B., A. Ervik & E. Solheim, 1988.** A qualitative and quantitative analysis of the sediment gas and diethylether extract of the sediment from salmon farms. *Aquacult.*, 74: 277-285.
- Sanders, H. L., 1968.** Marine benthic diversity: A comparative study. *The American Natur.*, 102: 243-282.
- Satsmatzis, I. & F. G. Voutsinou-Taliadouri, 1980.** Trace metals in the Pagassitikos Gulf. *Gr. Work. Conf. Ocean. Env. Prob.*, Aigina, Greece, 28p.
- Sawyer, C. N., 1966.** Basic concepts of Eutrophication. *J. Wat. Pollut. Cont. Fed.* 38: 737-744.
- Seymour, E. A. & A. Bergheim, 1991.** Towards a reduction of pollution from intensive aquaculture with reference to the farming of salmonids in Norway. *Aquacult. Eng.* 10: 73-88.
- Shannon, C. E. & N. Weaver, 1949.** The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA.
- Smith, C. J., K. N. Papadopoulou, A. A. Kallianiotis, G. Catalano & S. Diliberto, 1997.** The interaction between otter trawling and the marine environment. *Hell. Symp. Ocean. Fish.*, Kavala, Greece, 33-36.
- Stergiou, K. I., 1991.** On the ecology, biology and dynamics of the red bandfish *Cepola macrophthalma* in the Euboikos and Pagassitikos Gulfs. Thesis. University of Thessaloniki, 223p.
- Stergiou, K. I., E. D. Christou, D. Georgopoulos, A. Zenetos & C. Souvermezoglou, 1997.** The Hellenic seas: physics, chemistry, biology and fisheries. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 35: 415-538.
- Stirling, H. P. & T. Day, 1990.** Impact of intensive fish farming on the phytoplankton and periphyton of a Scottish freshwater loch. *Hydrobiol.*, 190: 193-214.
- Sutherland, T. F., A. J. Martin & C. D. Levings, 2001.** Characterization of suspended particulate matter surrounding a salmonid net-pen in the Broughton Archipelago, British Columbia. *J. Mar. Sci.*, 58: 404-410.

- Theodorou, A. I., 1995.** Ecological monitoring studies for Volos Sea Outfall (Pagassitikos Gulf, Western Aegean Sea). *Wat. Sci. Tech.*, 32: 273-280.
- Theocharis, A. & A. Laskaratos, 1985.** Water type formation and spreading in Pagassitikos Gulf (NW Aegean). *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 3: 37-38.
- Thorpe, J. E., C. Talbot, M. S. Miles, C. Rawlings & D. S. Keay, 1990.** Food consumption in 24 hours by Atlantic salmon *Salmon salar* L. in a sea cage. *Aquacult.*, 90: 41-47.
- Tsutsumi, H. T., T. Kikuchi, M. Tanaka, T. Higashi, K. Imasaka & M. Miyazaki, 1991.** Benthic faunal succession in a cove organically polluted by fish farming. *Mar. Pollut. Bull.*, 23: 233-238.
- Tsutsumi, H., 1995.** Impact of fish net-pen culture on the benthic environment of a cove in South Japan. *Estuar.* 18: 108-115.
- Tsutsumi, H., S. Srithongouthai, A. Inoue, A. Sato & D. Hama, 2006.** Seasonal fluctuations in the flux of particulate organic matter discharged from net pens for fish farming. *Fish. Res.*, 72: 119-127.
- US EPA 440/86, 1986.** Quality criteria for water 1986. United States Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards Washington, DC 20460, 477 p.
- Vasilopoulou, V., 1992.** Biological aspects of Red Mullet, *Mullus barbatus*, of the coasts of central Greece. International Seminar on the Combat of Pollution and the Conservation of Marine Wealth in the Mediterranean Sea, Gulf of Sirte, 61-81.
- Venardo D. A., P. N. Froelich & A. McIntyre, 1990.** Determinations of organic and nitrogen in marine sediments using Carlo Erba NA-1500 Analyzes. *Deep Sea Res.*, 37: 157-165.
- Vita, R., A. Marin, J. A. Madrid, B. Jiménez-Brinquis, A. Cesar & L. Marín-Guirao, 2004.** Effects of wild fishes on waste exportation from a Mediterranean fish farm. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 277: 253-261.
- Voutsinou-Taliadouri, F. G., 1982.** Metal concentration in polluted and unpolluted Greek Sediments: a comparative study. *J. Et. Poll. Mar. Medit.*, Cannes, 245-259.
- Voutsinou-Taliadouri, F. G. & E. T. Balopoulos, 1989.** Geochemical and water flow features in a semi-closed embayment of the Western Aegean

Sea (Pagassitikos Gulf, Greece) and physical oceanographic and geochemical conditions in Thermaikos Bay (Northwestern Aegean). *Wat. Sci. Tech.*, 21: 1881-1886.

Voutsinou-Taliadouri, F. G. & E. Georgakopoulou-Grigoriadou, 1989.

Heavy metal concentrations in surface sediments from Pagassitikos Gulf, Greece. *Toxic. Env. Chem.*, 53-58.

Wallin, M. & L. Hakanson, 1991. Nutrient loading models for estimating the

environmental effects of marine fish farms. In T. Makinen (ed.), *Mar. Aquacult. Environ.*, Nordic Council of Ministers, Copenhagen: 39-56.

Warren-Hansen, I., 1982. Evaluation of matter discharged from trout farming

in Denmark. In Report of the EIFAC Workshop on Fish-Farm Effluents (J. S. Albaster, ed.). EIFAC Tec. Pap., 61, 166p.

Warwick, R. M., 1986. A new method for detecting pollution effects on marine

macrobenthic communities. *Mar. Biol.*, 92: 557-562.

Weston, D. P., 1990. Quantitative examination of macrobenthic community

changes along an organic enrichment gradient. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 61: 233-244.

White, J., 1990. The use of sediment traps in high-energy environments. *J.*

Geophys. Res., 12: 145-152.

Wildish, D. J., P. D. Keizer, A. J. Wilson & J. L. Martin, 1993. Seasonal

changes of dissolved oxygen and plant nutrients in seawater near salmonid net pens in the microtidal bay of Fundy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 303-311.

Wildish, D. J., B. T. Hargrave & G. Pohle, 2001. Cost-effective monitoring of

organic enrichment resulting from salmon mariculture. *ICES J. Mar. Sci.*, 58:469-476

Wu, R. S. S., K. S. Lam, D. W. MacKay, T. C. Lau & V. Yam, 1994. Impact of

marine fish farming on water quality and bottom sediment: a case study in the sub-tropical environment. *Mar. Env. Res.*, 38: 115-145.

Wu, R. S. S., 1995. The environmental impact of marine fish culture: Towards

a sustainable future. *Mar. Pollut. Bull.*, 31: 159-166.

Ye, L. X., D. A. Ritz, G. E. Fenton & M. E. Lewis, 1991. Tracing the influence

on sediments of organic waste from a salmonid farm using stable isotope analysis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 145: 161-174.

Zar, J. H., 1984. Biostatistical analysis. Prentice-Hall Inc., 718p.

Zenetos, A., 1996. Fauna Graeciae VII. The marine bivalvia (mollusca) of Greece. N.C.M.R., Athens, 319p.

ABSTRACT

The aim of the present study was the evaluation of the environmental impact arising from two intensive fish farms in Pagasitikos gulf, Aegean Sea.

The study pursues were based on three main objectives:

1. to record and evaluate the physicochemical parameters of the marine ecosystem within the proximity of fish farms,
2. to record the impact on benthic environment and specifically on macrozoobenthos and
3. to capture wild fish within the proximity of fish farms, in order to determine if they were feeding on the uneaten food.

The statistical analysis detected a significant seasonal increase in concentrations of all nutrients among all sampling stations in both studied fish farms except for nitrites in AS farm. However, nutrient level concentrations did not exceed the permitted ones that could cause eutrophication or serious damage on cultured fish.

Sediment trap deployments reveal that sedimentation fluxes of particulate matter and organic carbon was increasingly reduced with the distance from fish farm's center and the increase of depth.

Marine sediment analysis revealed that higher rates of particulate matter and organic carbon are observed during spring and summer, while lower ones were observed during autumn and winter.

The statistical analysis using data of macrozoobenthos showed significant seasonal increase in number, abundance and abundance index of species among all sampling stations in AS farm. The presence of polychaete

Capitella capitata underneath both fish farm cages compose a biological index, which indicates the extend of pollution in marine sediments. Benthic assemblages disturbance was extended to a distance of up to 50 m from the fish farm center in AS farm, while in BS farm was extended to further than 50 m.

The fact that the stomach of 53% of the captured wild fish contained pellets suggests that a considerable number of wild fish, situated underneath the fish farm cages, were feeding on the uneaten food.

Both studied fish farms were situated within the Pagasitikos Gulf, which is a semi-enclosed Gulf, where the recirculation of water is limited and hypothetically this could results in extended impacts into the marine environment. However, in this study, the results indicated that the environmental impacts were limited to close vicinity of fish farms. Thus, it is possible to further increase the number of intensive fish farms inside Pagasitikos Gulf, without upsetting its ecological equilibrium. However, this is subject to an appropriate hydrographic study to determine the carrying capacity of the Gulf.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Neofitou, N., D. Vafidis & S. Kladatos, 2007. Preliminary results on benthic impact of cage fish farming in a semi enclosed gulf of Eastern Mediterranean. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 38 (in press).

Neofitou, N. & S. Kladatos, 2007. Particle fluxes underneath fish farms in a semi enclosed gulf of Eastern Mediterranean. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 38 (in press).

Νεοφύτου Ν. & Σπ. Κλαουδάτος, 2007. Επιπτώσεις των ιχθυοκαλλιεργειών στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων στον Παγασητικό κόλπο. 13^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων. Μυτιλήνη, Λέσβος, 27-30 Σεπτεμβρίου (αποδεκτή για παρουσίαση)