

ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΚΩΠΗΠΟΔΩΝ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Μ. Γρηγοράτου¹, Σ. Ζερβουδάκη², Δ. Κουτσούμπας¹

¹ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, mariagrigroratou1@yahoo.gr

² Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, tanya@hcmr.gr

¹ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, drosos@aegean.gr

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη, εξετάζει την παραγωγή και την διατροφή των κυρίαρχων ειδών των Κωπηπόδων στην παράκτια περιοχή του Αγίου Κοσμά (Σαρωνικός Κόλπος). Για την εκτίμηση της διατροφής και της παραγωγής αυγών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της επώασης θηλυκών ατόμων σε φυσικό θαλασσινό νερό και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 24 ώρες. Τα επιλεγμένα είδη (*C.Furcatus*, *N.minor*, *O.media*, *A.clausii*, *P.parvus*) βρέθηκε πως είχαν διαφορετικές τροφικές απαιτήσεις μεταξύ τους και η παραγωγή τους ήταν υψηλή, σε σύγκριση και με άλλες μελέτες από διάφορα οικοσυστήματα. Επιβεβαιώθηκε το γεγονός πως η διατροφή των Κωπηπόδων σε ολιγοτροφικά περιβάλλοντα αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από τα Βλεφαριδοφόρα καθώς και ότι αυτά επηρεάζουν την παραγωγή.

Λέξεις Κλειδιά: Μεσοζωπλαγκτό, τροφικό πλέγμα, Βλεφαριδοφόρα

GRAZING AND PRODUCTION OF COPEPODS IN A COASTAL ECOSYSTEM OF SARONIKOS GULF

M. Grigoratou¹, S. Zervoudaki², D. Koutsoumpas¹

¹ Aegean University, Department of Marine Science, Lesvos, mariagrigroratou1@yahoo.gr

² Hellenic Center for Marine Research, Institute of Oceanography, tanya@hcmr.gr

¹ Aegean University, Department of Marine Science, drosos@aegean.gr

Abstract

The present study examines the production and grazing of the dominant copepod species in a coastal region of Ag. Kosmas (Saronikos Gulf). To estimate copepod egg production and grazing, we used the incubation method of female individuals in natural sea water and in ambient temperature for 24 hours. In the present study, the selected species (*C.Furcatus*, *N.minor*, *O.media*, *A.clausii*, *P.parvus*) had different feeding behavior and their production was high, in comparison with other studies in various ecosystems. Also, it was confirmed that the diet of copepods in oligotrophic environments is mainly composed of ciliates and that they influence the copepod production too.

Key words: Mesozooplankton, food web, Ciliates

1. Εισαγωγή

Από τους οργανισμούς του πλαγκτού τα Κωπήποδα αποτελούν περίπου το 80% της βιομάζας του μεσοζωοπλαγκτού (Verity and Smetacek, 1996). Λόγω της κυριαρχίας τους στο θαλάσσιο πλαγκτόν, τα Κωπήποδα αποτελούν τους κυριότερους δευτερογενείς παραγωγούς στο θαλάσσιο οικοσύστημα και επομένως η μελέτη τους αποτελεί το πιο σημαντικό βήμα για την κατανόηση της τροφοδυναμικής των ωκεανών.

Η εκτίμηση της διατροφής και της παραγωγής των Κωπηπόδων συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στη κατανόηση της δομής και της λειτουργίας των τροφικών πλεγμάτων και στην εκτίμηση της ροής του άνθρακα στην τροφική αλυσίδα. Η εκτίμηση του μικροζωοπλαγκτού είναι αναγκαία για την καλύτερη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την διατροφή των Κωπηπόδων σε μη ευτροφικά περιβάλλοντα, καθώς κυριαρχεί το μικροβιακό τροφικό πλέγμα και η τροφή των Κωπηπόδων δεν βασίζεται μόνο στο φυτοπλαγκτόν αλλά και στο μικροζωοπλαγκτόν (Calbet and Landry, 1999; Siokou-Frangou *et al.*, 2002; Zervoudaki *et al.*, 2007).

Αποτελώντας ένα μέτρο σύγκρισης των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, η δευτεροβάθμια παραγωγή ήταν πάντα ένας σημαντικός τομέας έρευνας για τους οργανισμούς. Ειδικά στα Κωπήποδα, η εκτίμηση του ρυθμού παραγωγής, έχει ύψιστη σημασία, καθώς μέσω αυτής μπορούμε να κατανοήσουμε την συμβολή τους στο θαλάσσιο οικοσύστημα, όπως επίσης και τη μεταφορά ενέργειας και ύλης σε αυτό (Runge and Roff, 2000). Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της φυσιολογικής και τροφικής κατάστασης των οργανισμών (Calbet *et al.*, 2000).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της διατροφής και της παραγωγής αυγών των κυρίαρχων ειδών των Κωπηπόδων, σε ένα παράκτιο οικοσύστημα του Σαρωνικού Κόλπου (Άγιος Κοσμάς). Τα είδη που μελετήθηκαν ήταν: *Nannocalanus minor* (*N. minor*), *Clausocalanus furcatus* (*C. furcatus*), *Oncaea media* (*O. media*), *Acartia clausi* (*A. clausi*), *Paracalanus parvus* (*P. parvus*). Εκτός από την εκτίμηση της παραγωγής αυγών του *A. clausi* (Christou, 1993), δεν έχει γίνει ξανά στο παρελθόν μία σχετική μελέτη για την παραγωγή αυγών των Κωπηπόδων σε συνδυασμό και με την διατροφή τους στο Σαρωνικό Κόλπο.

2. Μεθοδολογία

Δειγματοληψίες. Οι δειγματοληψίες της παρούσας εργασίας έλαβαν χώρα σε ένα σταθμό βάθους 0 ως 10 m στην περιοχή του Αγίου Κοσμά (Ανατολικός Σαρωνικός). Ο συγκεκριμένος σταθμός θεωρείται αντιπροσωπευτικός για την ευρύτερη περιοχή καθώς και για τους πληθυσμούς που μπορεί να υπάρχουν εκεί (Christou, 1998). Πραγματοποιήθηκαν πέντε πρωινές δειγματοληψίες για τους μήνες Οκτώβριο, Δεκέμβριο 2009 και Φεβρουάριο, Απρίλιο και Ιούλιο 2010 (Πίνακας 1). Η θερμοκρασία μετρήθηκε με ειδικά προσαρμοσμένο θερμόμετρο πάνω σε δειγματοληπτική φιάλη NISKIN. Η συλλογή του νερού για τις μετρήσεις της βιομάζας του φυτοπλαγκτού (χλωροφύλλη *a*) έγινε με δειγματοληπτική φιάλη 2 λίτρων τύπου NISKIN. Η συλλογή των δειγμάτων του μεσοζωοπλαγκτού για τη μελέτη της σύνθεσης έγινε με κατακόρυφη σύρση διχτυού WP-2 (άνοιγμα ματιού 200 μm) από 10 m βάθος ως την επιφάνεια.

Πειράματα Διατροφής: Για τα πειράματα διατροφής τα Κωπήποδα συλλέχθηκαν με αργές διαγώνιες σύρσεις από τα 10 m ως την επιφάνεια του νερού χρησιμοποιώντας δίχτυ WP-2 (με άνοιγμα ματιού 200 μm) που έφερε μεγάλο συλλεκτήρα. Τα άτομα των Κωπηπόδων μεταφέρθηκαν σε 9 πολυκαρβονικά μπουκάλια τύπου Nalgene με τελικό όγκο 1250 ml, τα οποία περιείχαν πολύ καλά αναμιγμένο θαλασσινό νερό φιλτραρισμένο από 100 μm δίχτυ, για την απομάκρυνση άλλων οργανισμών-θηρευτών. Τα πειράματα επώασης διήρκησαν 24 ώρες και έγιναν με βάση τη μεθοδολογία των Båmstedt *et al* (2000). Ο υπολογισμός της βιομάζας έγινε μέσω της μέτρησης του μήκους του κεφαλοθώρακα με το πρόγραμμα ανάλυσης της εικόνας (Image Pro Plus). Από όλα τα μπουκάλια συλλέχθηκαν δείγματα για την μέτρηση της χλωροφύλλης *a* και των Βλεφαριδοφόρων (μικροζωοπλαγκτόν).

Για την καταμέτρηση των Βλεφαριδοφόρων, 100 ml δείγματος μεταφέρθηκαν σε σύστημα καθίζησης της Hydro-Bios Kiel και η ανάλυσή τους έγινε στο ανάστροφο μικροσκόπιο. Ο βιόγκος των Βλεφαριδοφόρων υπολογίστηκε από το γεωμετρικό σχήμα και τις διαστάσεις του κυττάρου (Menden Deuer and Lessard, 2000).

Ο υπολογισμός του ρυθμού απομάκρυνσης (Clearance Rate- CR, $\text{ml cop}^{-1} \text{day}^{-1}$) της τροφής από τα Κωπήποδα έγινε με βάση την εξίσωση του Frost (1972). Ο ειδικός ρυθμός διατροφής (Weight Specific Ingestion Rate- WSIR, $\mu\text{gC}^{-1} \text{day}^{-1}$ ή % body carbon day^{-1}) εκτιμήθηκε από το βάρος σε άνθρακα των ειδών που χρησιμοποιήθηκαν για τα πειράματα, και από τη βιομάζα της αρχικής τροφής εκφρασμένη σε άνθρακα, αντίστοιχα (Båmstedt *et al.*, 2000).

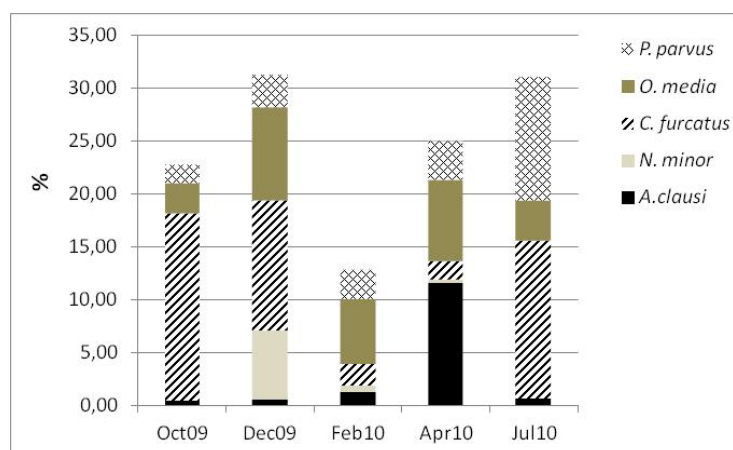
Παραγωγή Αυγών: Η μέθοδος για τη συλλογή Κωπηπόδων από το σταθμό δειγματοληψίας ήταν ίδια που χρησιμοποιήθηκε και στα πειράματα διατροφής. Τα ενήλικα θηλυκά άτομα που επιλέχθηκαν τοποθετήθηκαν σε μπουκάλια τύπου Nalgene με τελικό όγκο 620 ml με νερό από το περιβάλλον διαβίωσής τους, στο οποίο είχε προηγηθεί φιλτράρισμα σε φίλτρο 60 μm και αφέθηκαν για επώαση για 24 ώρες (Runge and Roff, 2000). Μετά το τέλος της επώασης ακολούθησε διήθηση σε 40 μm για την συλλογή των ατόμων και των αυγών. Κατόπιν έγινε καταμέτρηση των παραγόμενων αυγών, εκτίμηση του ρυθμού παραγωγής (egg $\text{cop}^{-1} \text{day}^{-1}$) και του ειδικού ρυθμού παραγωγής των αυγών (SEP % day^{-1}). Ο υπολογισμός της βιομάζας έγινε μέσω της μέτρησης του μήκους του κεφαλοθώρακα με το πρόγραμμα ανάλυσης της εικόνας (Image Pro Plus).

3.Αποτελέσματα

Περιβάλλον και Αφθονία Κωπηπόδων: Η χαμηλότερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε το μήνα Φεβρουάριο (15,35 °C σε 10 m βάθος), ενώ η μέγιστη το μήνα Ιούλιο (25,85 °C σε όλα τα βάθη) (Πίνακας 1). Η συνολική αφθονία των Κωπηπόδων στις δειγματοληψίες κυμάνθηκε από 230,6 Ind. m^{-3} (Δεκέμβριος) ως 1256,5 Ind. m^{-3} (Ιούλιος). Όλα τα είδη ήταν από τα κυρίαρχα για το μήνα που συλλέχθηκαν στο σύνολο των Κωπηπόδων σχετικές αφθονίες που κυμάνθηκαν από 2,72% ως 34,29% (Εικόνα 1). Εξάριση αποτελεί το *C. furcatus* που εκτός από το μήνα που επιλέχθηκε (Οκτώβριος), ήταν κυρίαρχο επίσης το Δεκέμβριο και τον Ιούλιο. Το *P. parvus* ήταν ένα από τα κυρίαρχα είδη τη θερινή περίοδο. Το *A. clausi* ήταν σημαντικό την άνοιξη και το *N. minor* βρέθηκε σε μεγαλύτερες αφθονίες το Δεκέμβριο. Οσον αφορά κυκλοποειδές Κωπήποδο *Oncaea media*, αυτό ήταν σημαντικό σε όλες τις δειγματοληψίες (Εικόνα 1).

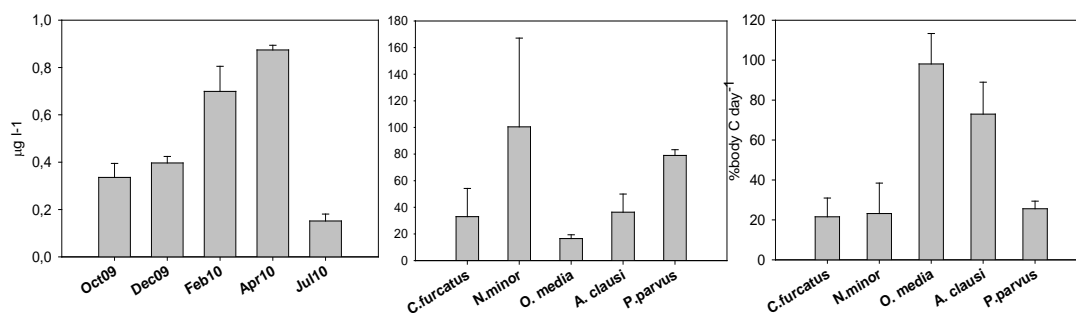
Πίνακας 1: Μέση τιμή της θερμοκρασίας στη κολόνα του νερού στις ημέρες της δειγματοληψίας, επιλεγμένα είδη και πειράματα που έλαβαν χώρα

Ημερομηνία	Μέση τιμή της θερμοκρασίας (°C) στη κολόνα του νερού	Επιλεγμένο είδος	Πειράματα
20.10.2009	22,72	<i>Clausocalanus furcatus</i>	Πειράματα διατροφής & παραγωγή αυγών
22.12.2009	17,80	<i>Nannocalanus minor</i>	Πειράματα διατροφής & παραγωγή αυγών
17.02.2010	15,38	<i>Oncaea media</i>	Πειράματα διατροφής
21.04.2010	16,62	<i>Acartia clausi</i>	Πειράματα διατροφής & παραγωγή αυγών
12.07.2010	25,85	<i>Paracalanus parvus</i>	Πειράματα διατροφής & παραγωγή αυγών



Εικόνα 1: Σχετική αφθονία (%) των επιλεγμένων ειδών στο σύνολο των Κοιτηπόδων στους μήνες δειγματοληψίας στη στήλη του νερού

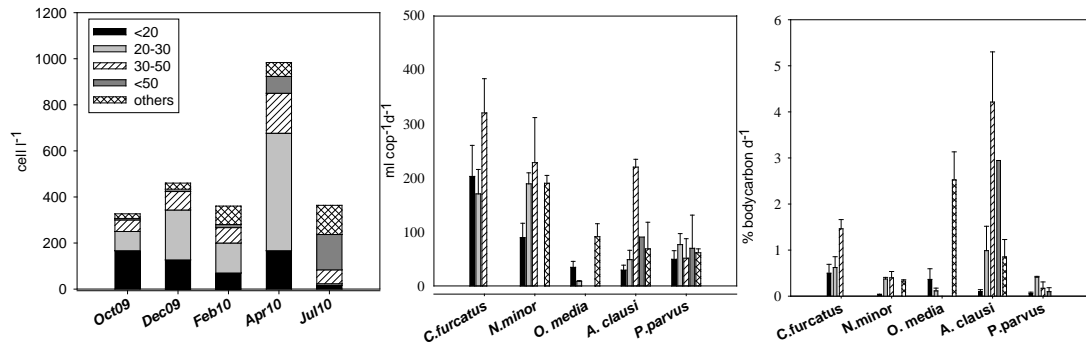
Διατροφή: Η αρχική συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a* στο νερό των πειραμάτων ήταν μέγιστη τον Απρίλιο ($0,87 \pm 0,02 \mu\text{g l}^{-1}$) και ελάχιστη τον Ιούλιο ($0,15 \pm 0,03 \mu\text{g l}^{-1}$). Όσον αφορά το ρυθμό απομάκρυνσης, το είδος *Oncaea media* παρουσίασε το μικρότερο ρυθμό απομάκρυνσης στην χλωροφύλλης *a* ($16,54 \pm 2,86 \text{ ml cop}^{-1} \text{ day}^{-1}$), ενώ το είδος *N. minor* το μέγιστο ($100,47 \pm 66,66 \text{ ml cop}^{-1} \text{ day}^{-1}$). Το *C. furcatus* είχε το χαμηλότερο ειδικό ρυθμό διατροφής ($21,57 \pm 9,36 \% \text{ body carbon}$), ενώ ο υψηλότερος βρέθηκε για το *O. media* ($98,10 \pm 9,36 \% \text{ body carbon}$) (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Αρχική Συγκέντρωση χλωροφύλλης *a* ($\mu\text{g l}^{-1}$), ρυθμός απομάκρυνσης ($\text{ml cop}^{-1} \text{ day}^{-1}$) και ειδικός ρυθμός διατροφής ($\% \text{ body carbon day}^{-1}$) χλωροφύλλης *a*.

Τα Βλεφαριδοφόρα χωρίστηκαν σε πέντε κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος τους: ολιγότριχα <20μm, ολιγότριχα από 20 ως 30 μm, ολιγότριχα από 30 ως 50 μm, ολιγότριχα > 50 μm, και διάφορα Βλεφαριδοφόρα (others στην εικόνα, τα οποία περιλαμβάνουν τα Κωδωνοειδή Βλεφαριδοφόρα), με σκοπό την καλύτερη εκτίμηση της επιλογής των Κωπηλόδων στα Βλεφαριδοφόρα ως πηγή ενέργειας. Η αρχική συγκέντρωση των Βλεφαριδοφόρων ακολουθούσε την κατανομή της χλωροφύλλης *a* και η μέγιστη συγκέντρωσή τους βρέθηκε τον Απρίλιο ($973,33 \pm 63,33 \text{ cell l}^{-1}$). Ο ρυθμός απομάκρυνσης και ειδικός ρυθμός διατροφής των Βλεφαριδοφόρων ήταν ελάχιστοι στα είδη *O. media* ($42,84 \pm 15,65 \text{ ml cop}^{-1} \text{ day}^{-1}$) και *N. minor* ($0,71 \pm 0,097 \% \text{ body carbon day}^{-1}$) και μέγιστοι στα *C. furcatus* ($198,15 \pm 28,72 \text{ ml cop}^{-1} \text{ day}^{-1}$) και *A. clausi* ($13,89 \pm 2,57 \% \text{ body carbon day}^{-1}$) αντίστοιχα (Εικόνα 3).

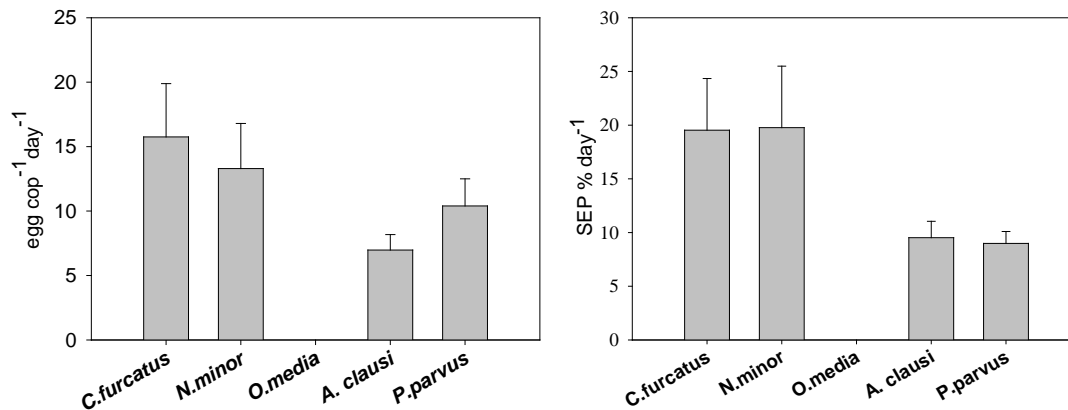
Όσον αφορά τον ρυθμό απομάκρυνσης των ομάδων των Βλεφαριδοφόρων, την ελάχιστη τιμή παρουσίασε το είδος *O. media* (στην ομάδα 20-30 μm $8,67 \pm 1,161 \text{ ml cop}^{-1} \text{ day}^{-1}$), και τη μέγιστη το είδος *A. clausi* (στην ομάδα 30-50 μm $227,92 \pm 83,31 \text{ ml cop}^{-1} \text{ day}^{-1}$) (Εικόνα 3). Τέλος, το είδος *N. minor* είχε το μικρότερο ειδικό ρυθμό διατροφής ($0,032 \pm 0,01 \% \text{ body carbon day}^{-1}$) στην ομάδα <20 μm και το μεγαλύτερο το είδος *A. clausi* ($2,94 \% \text{ body carbon day}^{-1}$) στην ομάδα >50 μm (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Αρχική συγκέντρωση βλεφαριδοφόρων (cell l^{-1}) (αριστερά) , ρυθμός απομάκρυνσης ($\text{ml cop}^{-1} \text{day}^{-1}$) (μέση) και ειδικός ρυθμός διατροφής ($\% \text{ body carbon d}^{-1}$) (δεξιά) των Βλεφαριδοφόρων.

Παραγωγή Αυγών: Το είδος *A. clausi* είχε την μικρότερη παραγωγή αυγών ($6,98 \pm 1,20 \text{ egg cop}^{-1} \text{ day}^{-1}$) σε αντίθεση με το είδος *C. furcatus* που είχε τη μεγαλύτερη ($15,75 \pm 4,13 \text{ egg cop}^{-1} \text{ day}^{-1}$). Την ελάχιστη ειδική παραγωγή αυγών (Specific Egg Production, SEP) παρουσίασε το είδος *P. parvus* ($8,99 \pm 1,11 \text{ SEP } \% \text{ day}^{-1}$), ενώ τη μέγιστη το είδος *N. minor* ($19,77 \pm 5,73 \text{ SEP } \% \text{ day}^{-1}$) (Εικόνα 4).

Η συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής αυγών και της απομάκρυνσης των Βλεφαριδοφόρων ήταν θετική με σημαντικό συντελεστή συσχέτισης ($R^2 = 0,750$, $p < 0.05$). Τέλος, ο ειδικός ρυθμός διατροφής συνολικά για τη χλωροφύλλη *a* και τα Βλεφαριδοφόρα συσχετίζεται θετικά με την ειδική παραγωγή αυγών ($R^2 = 0,745$, $p < 0.05$).



Εικόνα 4: Παραγωγή (egg cop⁻¹ day⁻¹) και ειδική παραγωγή αυγών (SEP% day⁻¹) των Κωπηπόδων.

3. Συζήτηση-Συμπεράσματα

Αφθονία Κωπηπόδων: Τα πέντε είδη που επιλέχθηκαν θεωρούνται ως κυρίαρχα για τη Μεσόγειο και για διάφορα θαλάσσια παράκτια περιβάλλοντα. Η αφθονία που παρουσίασαν στον Άγιο Κοσμά κατά τη περίοδο Οκτώβριος 2009 – Ιούλιος 2010 συμφωνεί με τις μελέτες που έχουν γίνει στο Σαρωνικό Κόλπο (Christou 1998), στο Βόρειο Αιγαίο (Zervoudaki *et al.*, 2005; Zervoudaki *et al.*, 2007), στην Μεσόγειο (Siokou- Frangou *et al.*, 1996; Siokou- Frangou *et al.*, 1998; Yahi *et al.*, 2004), αλλά και σε περιοχές εκτός Μεσογείου (Cornilis *et al.*, 2007; Turner *et al.*, 2001). Τα Κωπήποδα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, αποτελούν σημαντικό τμήμα του ζωοπλαγκτού στην παράκτια περιοχή του Αγίου Κοσμά, αφού έχουν παρουσία όλες τις εποχές και αντιπροσωπεύουν σημαντικό ποσοστό της αφθονίας του.

Το *C.furcatus* παρουσιάζει γενικά μία απότομη και μεγάλη αύξηση στην αφθονία το καλοκαίρι και μία μείωση στην αρχή του φθινοπώρου (Mazzocchi and Paffenhöfer, 1998; Peralba and Mazzocchi, 2004). Το *P. parvus* θεωρείται κυρίαρχο για αρκετά παράκτια οικοσυστήματα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Paffenhöfer, 1984). Σύμφωνα με τους Fernandez de Puelles *et al* (2001) και Yahi *et al.* (2004) υπήρξε μικρή παρουσία του *N. minor* είδους στην Δυτική (άνοιξη) και Βορειοδυτική Μεσόγειο (χειμώνα) αντίστοιχα. Όσον αφορά τις ελληνικές θάλασσες, το Σεπτέμβριο, το είδος βρέθηκε να συμβάλει σημαντικά στην αφθονία του ζωοπλαγκτού στο Βόρειο Αιγαίο (Zervoudaki *et al.*, 2007). Στην παρούσα εργασία φαίνεται πως η αφθονία του είδους στον Άγιο Κοσμά, έχει περισσότερες ομοιότητες με αυτήν που έχει βρεθεί στην Δυτική και Βορειοδυτική Μεσόγειο παρά με αυτήν στο Βόρειο Αιγαίο. Μελέτες έχουν δείξει πως στο Σαρωνικό Κόλπο

(Siokou- Frangou 1996) και στη παράκτια περιοχή του Αγίου Κοσμά (Christou and Verriopoulos, 1993; Christou, 1998) το είδος *A. clausi* είναι ένα από τα βασικά είδη για σχεδόν όλη την διάρκεια του έτους με μέγιστη αφθονία την άνοιξη. Πράγματι και σε αυτή την μελέτη, η μέγιστη αφθονία του είδους ήταν τον Απρίλιο. Τέλος, σημαντική είναι η παρουσία του Κωπηπόδου *O. media* στο Σαρωνικό Κόλπο τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο (Ζερβουδάκη και Ζούλιας, 2010), όπως βρέθηκε και στη παρούσα εργασία.

Διατροφή: Όλα τα είδη φάνηκε πως είχαν διαφορετικές τροφικές απαιτήσεις μεταξύ τους (Εικόνες 2,3). Το *C. furcatus* είναι ικανό να επιβιώσει σε περιοχές όπου υπάρχουν αρκετά χαμηλές συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού, γεγονός που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα είδη του γένους (Mazzocchi and Paffenhöfer, 1999). Γι' αυτό το λόγο χαρακτηρίζεται ως ένα κυρίαρχο είδος κατά τους θερμούς μήνες σε ολιγοτροφικά περιβάλλοντα (Peralba and Mazzocchi, 2004). Στην παρούσα εργασία βρέθηκε ότι η διατροφή του (ρυθμός απομάκρυνσης) στηρίχθηκε περισσότερο στα Βλεφαριδοφόρα παρά στη χλωροφύλλη *a*. Στο είδος *N. minor* δεν φάνηκε κάποια ιδιαίτερη προτίμηση στη χλωροφύλλη *a* ή στα Βλεφαριδοφόρα, αφού παρουσίασε παρόμοιους ειδικούς ρυθμούς διατροφής και στις δύο αυτές κατηγορίες. Η διατροφή του με τα Βλεφαριδοφόρα βασίστηκε κυρίως σε μεγάλα ολιγότριχα άτομα και στην ομάδα των διάφορων Βλεφαριδοφόρων (others). Το είδος *A. clausi* είχε υψηλούς ρυθμούς απομάκρυνσης και διατροφής στη χλωροφύλλη *a* και στα Βλεφαριδοφόρα, όπως και σε αρκετές άλλες μελέτες (Calbet and Saiz, 2005; Zervoudaki *et al.* 2007). Σε σύγκριση με τα υπόλοιπα είδη, δεν φάνηκε να είναι ιδιαίτερα επιλεκτικό ως προς τις κατηγορίες των Βλεφαριδοφόρων, καθώς κατανάλωσε άτομα από όλες τις ομάδες. Το είδος *O. media* όπως όλα τα Κυκλοποειδή, έχει χαμηλές μεταβολικές ανάγκες (Lampitt and Gamble, 1982) και χαρακτηρίζεται από την ικανότητά του να διατρέφεται με ποικίλους τρόπους (Turner, 2004). Έτσι σε συνδυασμό και με το μικρό του μέγεθος, μπορεί να εξηγηθεί το γεγονός ότι αν και οι ρυθμοί απομάκρυνσης της τροφής κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με την αρχική συγκέντρωση και με τους αντίστοιχους ρυθμούς των άλλων ειδών, ο ειδικός ρυθμός διατροφής ήταν αρκετά υψηλός, κάτι που έχει παρατηρηθεί και στο Β. Αιγαίο (Zervoudaki *et al.*, 2007). Το Κωπήποδο *P. parvus* στην παρούσα εργασία φάνηκε να προτιμάει την χλωροφύλλη *a*. Διάφορες μελέτες (Saito and Taguchi, 1996; Vargas and Gonzalez, 2004; Zervoudaki *et al.*, 2007) επιβεβαιώνουν την επιλογή του για το φυτοπλαγκτόν, αφού έχουν δείξει πως η αφομοίωση της χλωροφύλλης *a* υπερτερεί από αυτή των Βλεφαριδοφόρων, αν και το μικροζωοπλαγκτόν αποτελεί συστατικό της διατροφής του.

Η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει ότι η διατροφή των Κωπηπόδων σε ολιγοτροφικά περιβάλλοντα στηρίζεται σε σημαντικό βαθμό στα Βλεφαριδοφόρα. Συνεπώς ο ρόλος τους πρέπει να αποτελεί σημαντικό κομμάτι της έρευνας σε ολιγοτροφικά οικοσυστήματα για την καλύτερη κατανόηση των τροφικών πλεγμάτων και της ροής του άνθρακα σε αυτά.

Παραγωγή Αυγών: Σύμφωνα με τους Mazzocchi and Paffenhöfer (1998) το *C. furcatus* θεωρείται είδος προσαρμοσμένο σε ολιγοτροφικά περιβάλλοντα, ενώ η παραγωγή του σε πολλές περιπτώσεις βρέθηκε μεγαλύτερη σε χαμηλότερη συγκέντρωση τροφής που επιβεβαιώθηκε και σε αυτή τη εργασία. Υψηλή παραγωγή υπήρξε και στο είδος *N. minor* συγκρίνοντας την με την τιμή που αναφέρουν οι Zervoudaki *et al.* (2007). Το *N. minor* σε αυτή την εργασία, είχε παρόμοιους ρυθμούς διατροφής στο φυτοπλαγκτόν και στα Βλεφαριδοφόρα και ίσως αυτό να αποτελεί μία ερμηνεία για την υψηλή του παραγωγή. Ύστερα από συγκρίσεις που έγιναν σχετικά με την παραγωγή του είδους *A.*

clausi σε διάφορα παράκτια περιβάλλοντα φάνηκε πως η τιμή που εκτιμήθηκε στην παρούσα εργασία ήταν υψηλότερη σε σχέση με τον Κόλπο του Μεξικού (Gomez-Gutierrez *et al.*, 1999) και χαμηλότερη σε σχέση με τη Βορειοδυτική Μεσόγειο (Saiz *et al.*, 1997), τη θάλασσα Μαρμαρά (Zervoudaki *et al.*, 2011) και το Σαρωνικό Κόλπο (Χρήστου, 1991). Τέλος, το *P. parvus* είχε υψηλή παραγωγή σε σχέση με τη παραγωγή του είδους στη Βορειοδυτική Μεσόγειο (Saiz *et al.*, 1997) και στο Βόρειο Αιγαίο (Zervoudaki *et al.*, 2007).

Επομένως, η θετική συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής και της απομάκρυνσης των Βλεφαριδοφόρων υποδηλώνει πως και τα Βλεφαριδοφόρα επηρεάζουν θετικά και συμβάλλουν στη μεγαλύτερη παραγωγή των αυγών των Κωπηπόδων στην περιοχή του Αγίου Κοσμά.

4. Βιβλιογραφία

- Båmstedt U., Gifford D.J., Irigoien X., Atkinson A., Roman M., 2000. Feeding. p.297-399 In: Harris R., Wiebe P., Lenz J., Skjoldal H.R., Huntley M., (ed.) ICES Zooplankton Methodology Manual, Academic Press, London
- Calbet A, Landry M.R., 1999, Mesozooplankton influences on the microbial food web: Direct and indirect trophic interactions in the oligotrophic open ocean, *Limnology and Oceanography*, 44 (6): 1370-1380
- Calbet A, Landry M.R., Scheinberg R.D., 2000. Copepod grazing in a subtropical bay, species-specific responses to a midsummer increase in nanoplankton standing stock, *Marine Ecology Progress Series*, 193:75-84
- Christou E.D., 1998. Interannual variability of copepods in a Mediterranean coastal area Saronikos Gulf, Aegean Sea, *Journal of Marine Systems*, 15:523-532.
- Calbet A., Saiz E. 2005. The ciliate-copepod link in marine ecosystems. *Aquatic Microbial Ecology*, 38: 157-167
- Christou E.D and Verriopoulos G, 1993. Analysis of the biological cycle of *Acartia clausi* (Copepoda) in a mesooligotrophic coastal area of the eastern Mediterranean Sea using time-series analysis, *Marine Biology* 115:643-651
- Cornils A., Niehoff B., Richter C., Al-Najjar T., Schnack-Schiel S.B.. 2007. Seasonal abundance and reproduction of clausocalanid copepods in the northern Gulf of Aqaba (Red Sea). *Journal of Plankton Research*, 29(1): 57-70
- Fernández de Puelles M. Luz, Valencia Joaquin, Jansá Javier and Morillas Ana.,2001. Hydrographical characteristics and zooplankton distribution in the Mallorca channel (Western Mediterranean): spring 2001. *ICES Journal of Marine Science* ,61(4): 654-666
- Frost, B.W.. 1972. Effects of size and concentration of food particles on the feeding behavior of the marine planktonic copepod *Calanus pacificus*. *Limnology, Oceanography* 17: 805-815
- Gómez-Gutiérrez J., Palomares-García R., De Silva-Dávila R., Carballido-Carranza M. and Martínez-López A., 1999. Copepod daily egg production and growth rates in Bahía Magdalena, México, *Journal of Plankton Research*, 21(12): 2227-2244
- Lampitt R.S, Gamble J.C., 1982. Diet and respiration of the small planktonic copepod *Oithona nana*, *Marine Biology*, 66: 185-190
- Menden- Deuer S, Lessard E. J. 2000. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms and other protist plankton. *Limnology Oceanography*, 45: 569-579
- Mazzocchi M. and Paffenhöfer G., 1998. First observations on the biology of *Clausocalanus furcatus*, *Journal of Plankton Research*, 20(2): 331-342
- Mazzocchi M., and Paffenhöfer G., 1999. Swimming and feeding behavior of the planktonic copepod *Clausocalanus furcatus*, *Journal of Plankton Research*, 21(8): 1501- 1518
- Paffenhöfer G. A., 1984. Food ingestion by the marine copepod *Paracalanus parvus* in relation to abundance and size distribution of food, *Marine Biology*, 80: 323-33
- Peralba A. and Mazzocchi G, 2004. Vertical and seasonal distribution of eight *Clausocalanus* species (Copepoda: Calanoida) in oligotrophic waters, *ICES Journal of Marine Science*, 61: 645e653
- Runge J.A., Roff J.C., 2000. The measurement of growth and reproductive rates, In: Harris R., Wiebe P., Lenz J., Skjoldal H.R., Huntley M., (ed.) ICES Zooplankton Methodology Manual, Academic Press, pp.401-419

- Saito H., Taguchi S., 1996. Diet feeding behavior of neritic copepods during spring and fall blooms in Akkeshi Bay, eastern coast of Hokkaido, *Marine Biology*, 125: 97-107
- Saiz E., Calbet A., Irigoien X., Trepal L., Alcaraz M., 1997. Food availability as a potential source of bias in the egg production method for copepods, *Journal of Plankton Research*, 19 (1): 1-14
- Siokou-Frangou I., 1996. Zooplankton annual cycle in a Mediterranean coastal area, *Journal of Plankton Research*, 18(2): 203-223
- Siokou-Frangou I., Gotsis-Skretas O., Christou E.D., Pagou K., 1999. Plankton characteristics in the Aegean, Ionian and NW Levantine Seas, *The Eastern Mediterranean as a Laboratory for the Assessment of Contrasting Ecosystems* :205-223
- Siokou-Frangou I., Bianchi M., Christaki U., Christou E., Giannakourou A., Gotsis O., Ignatiades L., Pagou K., Pitta P., Psarra S., Souvermezoglou E., Van Wambeke F., Zervakis V., 2002. Carbon flow in the planktonic food web along a gradient of oligotrophy in the Aegean Sea (Mediterranean Sea), *Journal of Marine Systems*, 33-34: 335- 353
- Turner, J. T. 2004. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zoological Studies*, 43: 255-266.
- Turner J.T., Levinsen H., Nielsen T.G, Hansen B.W, 2001. Zooplankton feeding ecology: grazing on phytoplankton and predation on protozoans by copepods and barnacle nauplii in Disko Bay, West Greenland, *Marine Ecology progress series*, 221: 209- 219
- Vargas C., González H., 2004. Plankton community structure and carbon cycling in a coastal upwelling system. I. Bacteria, microprotozoans and phytoplankton in the diet of copepods and appendicularians, *Aquatic Microbial Ecology*, 34: 151-164
- Verity P.G., Smetacek V., 1996. Organism life cycles, predation and the structure of marine pelagic ecosystems, *Marine Ecology Progress Series*, 130: 277- 293
- Yahi M.N.D., Souissi S., Daly Yahia-Kéfi O., 2004. Spatial and Temporal Structure of Planktonic Copepods in the Bay of Tunis (Southwestern Mediterranean Sea), *Zoological Studies*, 43(2): 366-37
- Zervoudaki S., Nielsen T., Christou E., Siokou- Frangou I., 2006. Zooplankton distribution and diversity in a frontal area of the Aegean Sea, *Marine Biology Research* :149- 168
- Zervoudaki S., Christou E., Nielsen T., Siokou- Frangou I., Assimakopoulou I., Giannakourou I., Maar M., Pagou K., Krasakopoulou E., Christaki U., Moraitou- Apostolopoulou M, 2007. The importance of small-sized copepods in a frontal area of the Aegean Sea, *Journal of Plankton Research*, 29(4): 317-338.
- Zervoudaki S., Christou E.D., Assimakopoulou G., Örek H., Gucu A.C., Giannakourou A., Pitta P., Terbiyik T., Yücel N., Moutsopoulos T., Pagou K., Psarra S., Özsoy E. and Papatthanassiou E., 2011. Copepod communities, production and grazing in the Turkish Straits System and the adjacent northern Aegean Sea during spring, *Journal of Marine Systems* 86 (3-4): 45-56.
- Ζερβουδάκη Σ., Ζούλιας Θ., 2010. Βιομάζα-Σύνθεση Ζωοπλαγκτού, Παρακολούθηση του οικοσυστήματος του Σαρωνικού Κόλπου υπό την επίδραση της εκβολής των λυμάτων της Ψυτάλλειας Γ' Περίοδος 2008-2009, Τελική Τεχνική Έκθεση ΕΛΚΕΘΕ, Μάρτιος 2010
- Χρήστου Ε.Δ., 1991. *Η δευτερογενής παραγωγή (Ζωοπλαγκτόν) στο Σαρωνικό Κόλπο*, Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθήνας, Τμήμα Βιολογίας