



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

PROJE NO: YDABÇAG-100Y014

2002 - 179

Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu

Earth Marine and Atmospherical Sciences
Researches Grant Group

**BESİN ÇEŞİTLİLİKİNİN ZOOPLANKTONLARIN
BÜYÜMELERİNE VE BESİN TUZLARI
DÖNGÜSÜNE ETKİLERİ ÜZERİNE
LABORATUVAR ÇALIŞMASI**

PROJE NO: YDABCAG-100Y014

2002 - 179

Yrd. Doç. Dr. Şengül Beşiktepe

Prof. Dr. Süleyman Tuğrul

Murat Telli

Nisan, 2002

Erdemli

ÖNSÖZ

Denizel zooplanktonların tüketici, üretici ve av olarak besin zincirinin her bir düzeyinde fonksiyonları vardır. Micrometreden santimetreye ve hatta metrelere varan (zincir yapan Thaliacealer dahil) büyüklükleri ile nutrient döngüsünde ve organik maddenin dikey akışında önemli rol oynarlar. Bu organizmalarlarındaki araştırmalar 100 yılı aşkın süredir yapılmak olmasına rağmen onların doğal ortamlardaki ekolojik fonksiyonlarına dair çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Araştırmalar daha çok zooplanktonların bolluklarının tespiti ve bunu etkileyen biyolojik ve fiziksel faktörlerin incelenmesi, zooplanktonların biyogeokimyasal döngülerdeki yeri ve önemi, ve ortamındaki fonksiyonel (functional) ve sayısal (numerical response) cevaplarının (beslenme, yumurta üretimi, fekal pelet üretimi) incelenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Kopepodlar sayıca en çok bulunan zooplanktonlar oldukları için bu çalışmaların çoğu kopepodlar üzerindedir ve daha çok ötrotifik bölgelerde yapılmıştır.

TÜBİTAK`unca desteklenen YDABÇAG-100Y014 nolu bu proje ile hem yukarıda belirtilen çalışmaları yapabilmek için alt yapı oluşturulması sağlanmış oldu ve hem de oligotrofik bölgelerde eksik olan bu tür çalışmalara temel teşkil edebilecek veriler elde edildi. TÜBİTAK`na verdikleri bu destekten ötürü teşekkür ederim.

Projenin gerçekleşmesinde her türlü desteği veren ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü`ne, CTD verilerini sağlayan fiziksel oşinografi bölüme, klorofil ölçümleri ve filtre temini için yardımcı olan Prof. Dr. Ayşen Yılmaz ve Yrd.Doç.Dr. Dilek Ediger`e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Önsöz.....	i
İçerdekiler.....	ii
Tablo Listesi	iii
Şekil Listesi.....	iv
Özet.....	v
Abstract.....	vi
1. Giriş.....	1
2. Material ve Metod.....	2
2.1. Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Toplanması.....	2
2.2. Yumurta ve Fekal Pelet Üretimi Deneyleri.....	3
3. Sonuçlar.....	4
3.1. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler.....	4
3.2. Yumurta Üretimi.....	7
3.3. Fekal Pelet Üretimi.....	7
3.4. Fekal Pelet Özellikleri.....	8
4. Tartışma.....	9
5. Öneriler.....	13
Referanslar.....	14

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. *Acartia clausi*'nin diatom (*Thalassiosira weissflogii*), dinoflagellat (*Prorocentrum minimum*) ve flagellat (*Dunaliella tertiolecta*) türlerinden iki farklı besin konsantrasyonunda beslenme, filtrasyon, yumurta verimi, fekal pelet üretim oranları ve fekal pelet hacmi.....12

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Örnekleme yapılan bölge ve istasyon (Δ).....	2
Şekil 2. Mayıs 2001 (A) ve Ocak 2002 (B) örneklemesinde su kolonunun sıcaklığı ($^{\circ}$ C) ve tuzluluk (ppt) profilleri.....	4
Şekil 3. Mayıs 2001 ve Ocak 2002'de besin tuzlarının konsantrasyonları.....	5
Şekil 4. Farklı partükül büyüklüğü içeren deniz suyundaki klorofil-a (Chl-a) konsantrasyonu.....	5
Şekil 5. Farklı partükül büyüklüğü içeren deniz suyundaki partükül organik azot (PON) ve organik karbon (POC) konsantrasyonu.....	6
Şekil 6. Mayıs 2001 ve Ocak 2002'de farklı partükül büyüklüğü içeren deniz suyunda <i>Acartia clausi</i> 'nin yumurta üretimi.....	7
Şekil 7. Mayıs 2001 ve Ocak 2002'de farklı partükül büyüklüğü içeren deniz suyunda <i>Acartia clausi</i> 'nin fekal pellet üretimi.....	8
Şekil 8. Mayıs 2001 ve Ocak 2002'de farklı partükül büyüklüğü içeren deniz suyunda <i>Acartia clausi</i> 'nin fekal pelet boyu, çapı ve hacmi.....	9

ÖZET

Bu çalışmada Mayıs 2001 ve Ocak 2002 tarihlerinde kuzeydoğu Akdeniz'de (ODTÜ, DBE Erdemli açıkları) *Acartia clausi*'nin yumurta ve fekal pelet üretim oranları saptandı. Yumurta ve fekal pelet üretimi deneyleri üç farklı partükül büyülüklüğü içeren (<18 , <56 ve $<200 \mu\text{m}$) deniz suyunda yapılmıştır. Yumurta üretim oranı her iki örneklemeye döneminde yaklaşık 1 yumurta diş $^{-1}$ gün $^{-1}$ dür. Fekal pelet üretim oranı yaklaşık 1.5 fekal pelet diş $^{-1}$ gün $^{-1}$ olarak bulunmuştur. Üretilen yumurta ve fekal peletler daha çok $<18 \mu\text{m}$ partükül konsantrasyonu ile ilişkilidir. Bu çalışmada klorofil konsantrasyonu besin bulunurlüğünün bir göstergesi olarak ölçüldü fakat elde edilen veriler gösteriyor ki, bu bölge için klorofil konsantrasyonu her zaman kendi başına yumurta üretimini açıklamaya yeterli değildir.

Anahtar Kelimeler: Kopepod, *Acartia clausi*, Yumurta Üretimi, Fekal Pelet Üretimi
KD Akdeniz

ABSTRACT

Egg and fecal pellet production rates of *Acartia clausi* were determined in May 2001 and January 2002 in the NE Mediterranean (off METU, IMS Erdemli). Experiments on egg and fecal pellet production were carried out in seawaters containing three different particle sizes (<18, <56 and <200 μm). Egg production rate was around 1 egg female $^{-1}$ d $^{-1}$ in both sampling period and fecal pellet production rate was around 1.5 fecal pellet female $^{-1}$ d $^{-1}$. Egg and fecal pellet production rates were related mostly to the concentration of <18 μm particles. In this study chlorophyll-a concentrations were measured as an indicator of food availability, but it appears that chlorophyll concentration is not always sufficient to explain the observed egg production rates in this region.

Keywords: Copepod, *Acartia clausi*, Egg Production, Fecal Pellet Production, NE Mediterranean

1. Giriş

Kopepod üretiminin belirlenmesi, fiziksel ve biyolojik faktörlerin kopepod üretimi üzerine etkilerinin araştırılması zooplankton ekolojisinin önemli konularından biridir. Laboratuvar çalışmaları göstermiştir ki sıcaklık ve besin bulunurluluğu kopepod üretimini etkileyen en önemli iki faktördür (Smith ve Lane, 1985; Ban 1994). Bu iki değişken kopepod populasyon dinamiğini ve büyümeyi kontrol etmekle beraber denizdeki ilişkiler laboratuvar ortamları kadar basit değildir. Mesela denizde besin bulunurluğunu belirlemek o kadar kolay değildir. Ayrıca doğal ölüm, predasyon ve edveksiyon gibi etmenlerde kopepod populasyonu etkileyen diğer önemli faktörlerdir (Kimmerer ve McKinnon, 1989, Ohman ve ark. 1996).

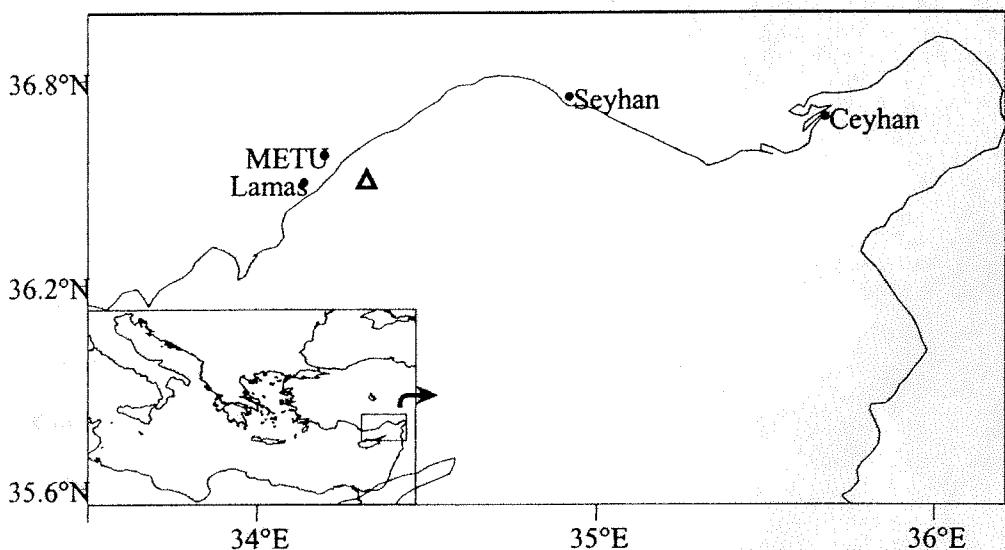
Literatürde kopepod üretimine (yumurta verimi) dair oldukça fazla çalışma mevcuttur, fakat bu çalışmaların çoğu kıyı ve soğuk bölgelerde, ılıman ve yüksek enlemlerdeki bölgelerde yoğunlaşmıştır (örneğin, Ambler, 1985, Beckman ve Peterson, 1986, Tisellius ve ark. 1991, Plourde ve Runge 1993). Fakat Akdeniz gibi oligotrofik denizlerde bu tür çalışmalar oldukça azdır (Calbet ve ark. 1996, Hopcroft ve Roff, 1998, Saiz ve ark. 1999). Bu tür ekosistemlerdeki verilerin azlığı, kopepod üretimini tahmin eden modellerin çalıştırılmasını da sınırlamaktadır.

Kopepod fekal peletlerinin büyüklüğü, yoğunluğu ve çökme hızı denizdeki biyolojik pompanın (biyolojik olarak üretilen organik maddenin ışıklı zondan derin tabakalara akışı) verimi açısından oldukça önemlidir (Small ve ark. 1987, Noji 1991). Organik maddenin yukarıdan aşağıya taşınması mevsimlik değişimler gösterebilir çünkü fekal pelet üretimi ve pelet özellikleri kopepodun yediği besin miktarına ve besin türüne göre değişiklik gösterir (Butler ve Dam 1994, Feinberg ve Dam 1998, Beşiktepe ve Dam 2002). Organik maddenin fekal peletlerce taşınımında fekal pelet üretimi, bozunma hızı ve çökme hızı önem kazanır. DeneySEL çalışmalar (Turner 1977, Small ve ark. 1979) ve matematiksel modeller (Komar ve ark. 1981) göstermiştir ki pelet büyülüğu arttıkça çökme hızı da artmaktadır.

Bu projede Akdeniz'de yaygın olarak bulunan bir kopepod türü olan *Acartia clausi*'nin yumurta ve fekal pelet üretimi ölçüldü, ve elde edilen bulgular muhtemel besin limitasyonu ve fekal peletlerin su kolonundaki durumu açısından tartışıldı.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışma Şekil 1’ de görülen istasyondan toplanan örneklerle gerçekleştirilmiştir. Örnekler 10-11 Mayıs 2001 ve 15-16 Ocak 2002 tarihlerinde toplanmıştır.



Şekil 1. Örnekleme yapılan bölge ve istasyon (Δ) (Köksalan 2000'den)

2.1. Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Toplanması

Su kolonunun sıcaklığı ve tuzluluğu Seabird-SBE9 CTD probu ile ölçülmüştür. Klorofil ölçümü için 2 m den 5 litrelilik Nansen şişeleri ile alınan deniz suyu 18, 56 ve 200 μm göz açıklığına sahip naylon eleklerden geçirilerek toplanmış ve daha sonra 47 mm çapında GF/Ffiltrelere toplanarak, standart fluorometrik method ile Hitachi F-3000 Model Fluorometre ile ölçülmüştür (Holm-Hansen ve Riemann, 1978). Ayrıca kopepodların 3 μm den küçük partükülleri yiyecekleri göz önüne alınarak (Nival ve Nival, 1976) 3 μm 'nin altındaki partüküllerin klorofil-a ya olan katkılarını görebilmek için, $<3 \mu\text{m}$ büyüğünü sahip parküküllerin de klorofil-a miktarları ölçülmüştür. Bunun için $<18 \mu\text{m}$ partükül içeren deniz suyu örneği göz açıklığı 3 μm olan nukleopor filtreden geçirilerek toplanmış ve bu su örneği GF/Ffiltreye süzülerek klorofil-a miktarı ölçülmüştür.

Deniz suyundaki partükül organik madde miktarı (partükül organik karbon (POC) ve partükül organik azot (PON)) Carlo Erba Model CHN analizörü ile ölçülmüştür. Bunun için deniz suyu örnekleri 2 m'den 5 litrelilik Nansen şişeleri ile alındı ve yine üç farklı göz

genişliğine sahip elekten geçirilerek 3 gruba ayrıldı; <18, <56 ve <200 μm . Bu su örnekleri daha önce 450-500 °C'de 7 saat yakılmış olan 25 mm çapında GF/Ffiltrelere süzülerek, analize kadar -20 °C de saklandı.

Besin tuzlarının analizleri için deniz suyu örnekleri belirli derinliklerden Nansen şisesi ile alındı ve Technicon Model Otoanalizör ile ölçüldü (Grasshof ve ark., 1983).

2.2. Yumurta ve Fekal Pelet Üretimi Deneyleri

Deneyde kullanılacak olan kalanoid kopepod *Acartia clausi* bireyleri Nisan 2001'de enstitü açıklarından plankton ağı ile (ağ göz aralığı=200 μm , ağ ağız çapı= 70 cm) toplanarak kültüre alınmış ve laboratuvara elde edilen ilk jenerasyonun dişi bireyleri ile Mayıs ayında ilk deney yapılmıştır.

10 Mayıs'da R/V Erdemli ile çekilen seferde deniz suyu örnekleri, 5 litrelilik Nansen şiseleri ile 2 metreden alındı ve deniz suları 18, 56 ve 200 μm göz genişliğine sahip eleklerden süzülerek 3 farklı partükül büyülüüğü içeriğine ayrıldı. Üç farklı partükül büyülüüğü içeren deniz suları 1 litrelilik plastik beherlere boşaltıldı. Her bir behere yaklaşık 20 dişi ve 4 erkek *A. clausi* konularak ışık (12:12 saat gece-gündüz) ve sıcaklık kontrollü inkübasyon odasında 20°C de 1 gün boyunca iklimlendirildi.

11 Mayıs' da çekilen seferde aynı koordinattan alınan deniz suları yine üç farklı partükül büyülüüğüne ayrıldı. Kopepodların yumurta ve fecal pelet üretimleri için, üç grup deniz suları 550 ml lik yarı şeffaf polietilen kavanozlara boşaltıldı. Daha sonra içlerine, aynı partükül büyülüüğü içeren deniz suyunda bir gün inkübe edilen 5'er dişi *A. clausi* konularak ~1 rpm dönme hızına sahip plankton tekerlegine tutturuldu. Her partükül büyülüüğü için bu deneyler, 3 paralel (kopepodlu) ve 2 kör (kopepodsuz) deney kavanozlarıyla yapıldı. Ocak 2002'deki deneyler organizma sayısının azlığı nedeniyle 2 paralel, 2 kör olarak tasarlandı. İnkübasyon 20°C, 12:12 saat gece-gündüz ışık perioduna sahip inkübasyon odasında 24 saat sürdü. 24 saat sonra kavanozlar plankton tekerleginden alındı ve içerikleri 18 μm göz genişliğindeki elekten süzülerek, elek üzerinde yumurta, fekal peletler ve dişilerin toplanması sağlandı. Dişilerin durumu hemen Olympus-SZX-12 stereo-mikroskop altında incelenip, ölü sayısı not edildi. Yumurta, fekal peletler ve dişiler %4 lük borax ile tamponlanmış formaldehit ile sabitlenip, mikroskop analizine kadar oda ısısında saklandı. Olympus SZX-12 stereo

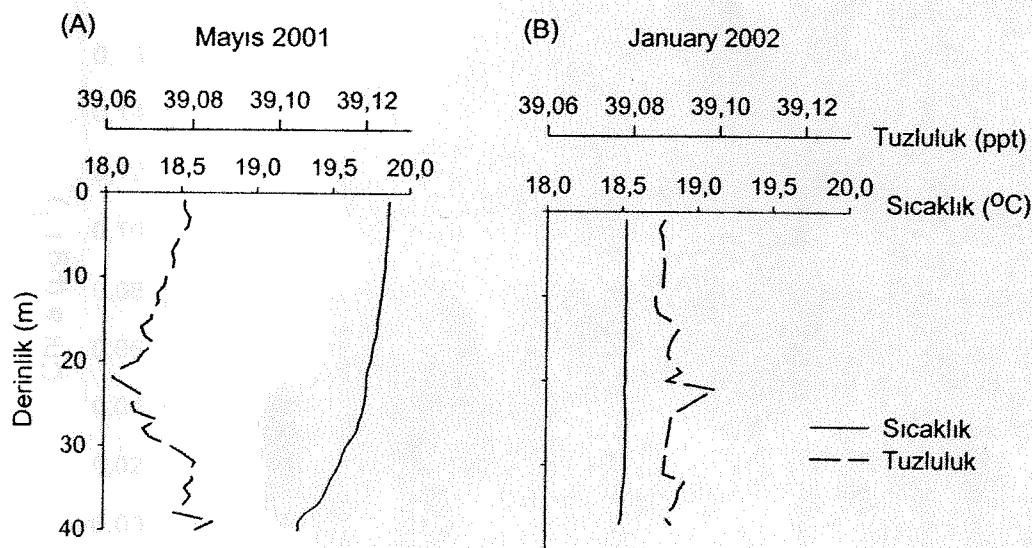
mikroskop altında herbir örnek içindeki yumurtalar ve fekal peletler sayilarak, deneyde kullanılan diş sayısına bölünerek yumurta ve fekal pelet üretim oranı bulundu (yumurta diş $^{-1}$ gün $^{-1}$, fekal pellet diş $^{-1}$ gün $^{-1}$). Fekal peletlerin boyları ve çapları ölçülecek, silindirin hacim formülü kullanılarak peletlerin hacimleri hesaplandı, bu işlemler Ocak ayı örneklemesinde de tekrarlandı.

3. Sonuçlar

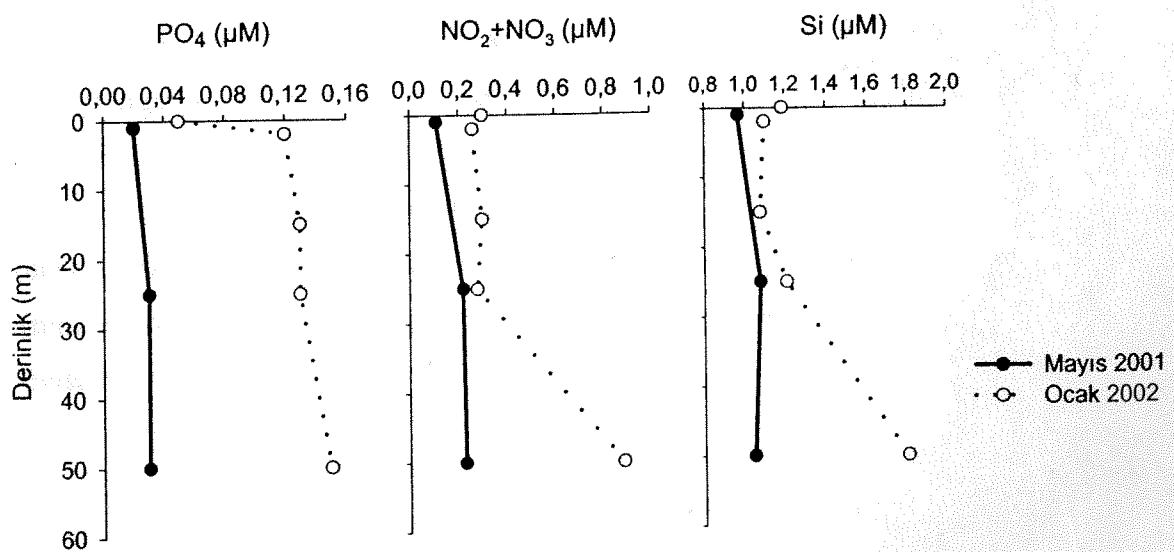
3.1. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Mayıs ve Ocak ayında su kolonunun sıcaklık ve tuzluluk profilleri Şekil 2'de sunulmaktadır. Sıcaklık Mayıs ayında yaklaşık 20 °C iken Ocak ayında tüm kolon boyunca 18.5 °C dir. Deniz suyunun tuzluluğu iki örneklemeye zamanında fazla bir değişim göstermemekte ve tüm kolon boyunca yaklaşık 39.08 ppt olarak ölçülmüştür.

Ocak ayında besin tuzlarının konsantrasyonu Mayıs ayına göre daha fazladır (Şekil 3). Orto-fosfat (PO_4) konsantrasyonu Ocak ayında Mayıs ayındaki yaklaşık 4 katıdır, nitrit+nitrat (NO_2+NO_3) ve silikat (Si) konsantrasyonları da Ocak ayında fazla ölçülmüştür.

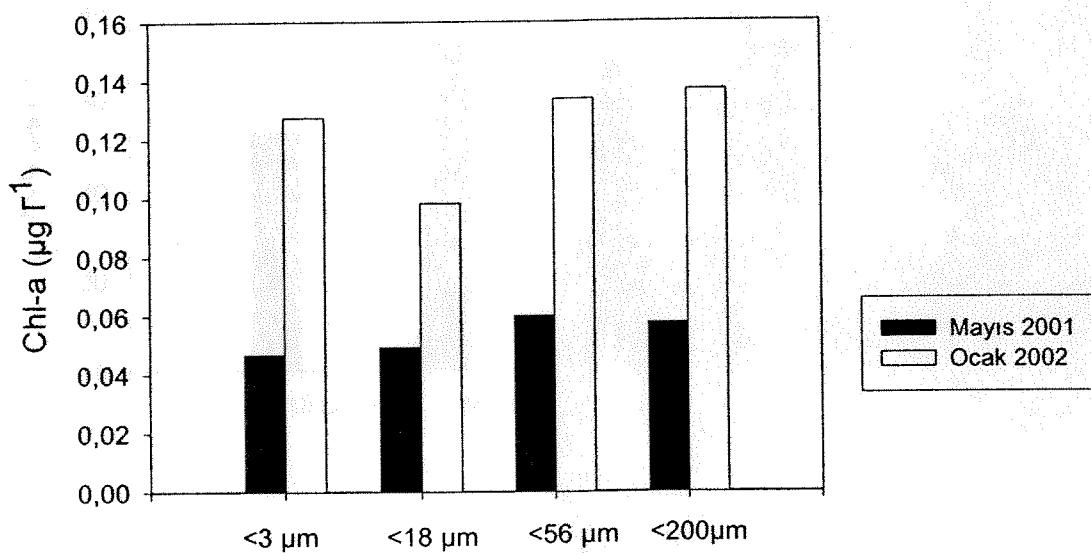


Şekil 2. Mayıs 2001 (A) ve Ocak 2002 (B) örneklemesinde su kolonunun sıcaklık (°C) ve tuzluluk (ppt) profilleri.



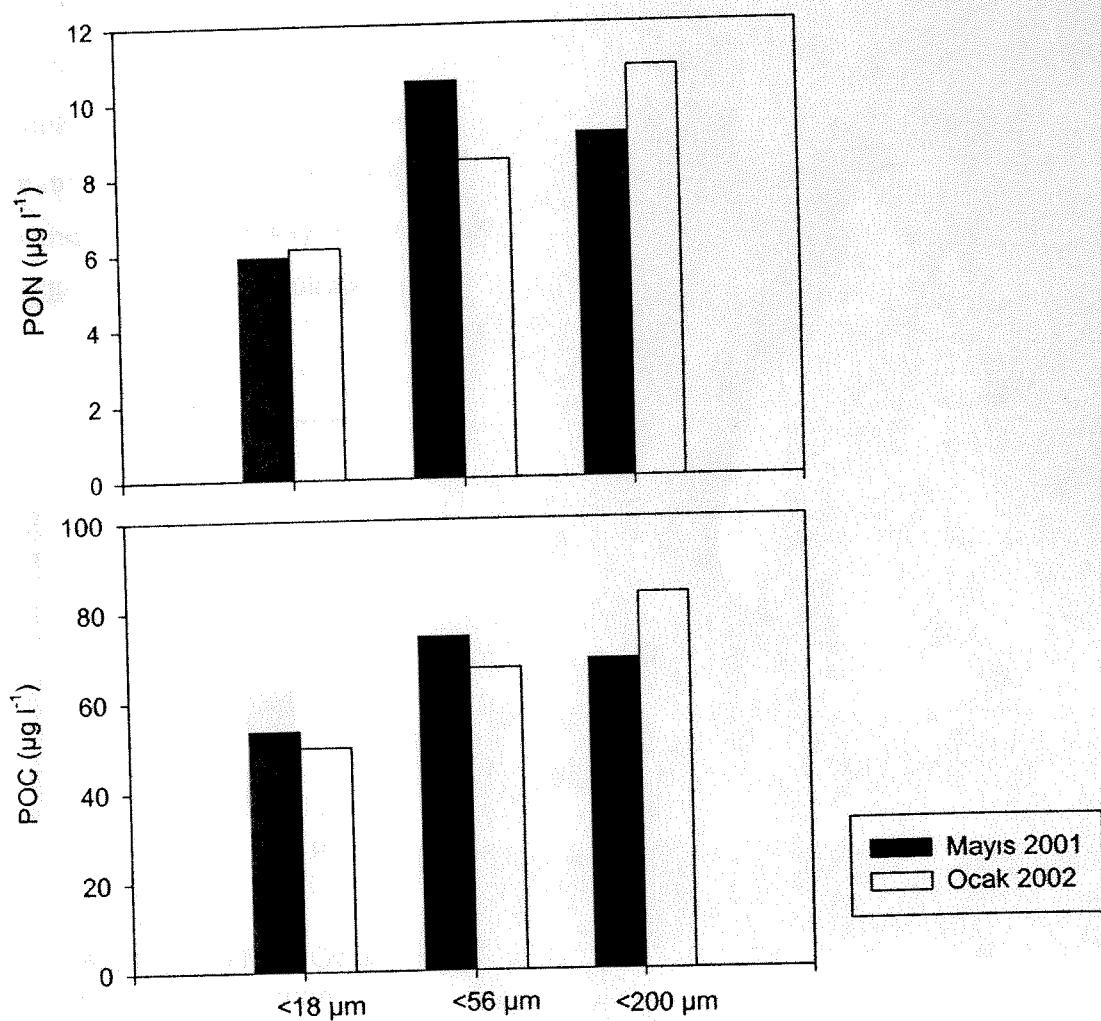
Şekil 3. Mayıs 2001 ve Ocak 2002'de besin tuzlarının konsantrasyonları.

Şekil 4'de açıkça görüldüğü gibi Ocak ayı klorofil konsantrasyonları Mayıs ayının konsantrasyonundan yaklaşık 2-2.5 katı fazladır. Mayıs ayında yaklaşık $0.05 \mu\text{g l}^{-1}$ olan klorofil-a konsantrasyonu, Ocak ayında yaklaşık $0.12 \mu\text{g l}^{-1}$ dir. Yine Şekil 4'de görüldüğü gibi her iki örnekleme periyodunda da klorofilin hemen hemen hepsi $<3 \mu\text{m}$ partükül büyüklüğünden gelmektedir.



Şekil 4. Farklı partükül büyüklüğü içeren deniz suyundaki klorofil-a (Chl-a) konsantrasyonu.

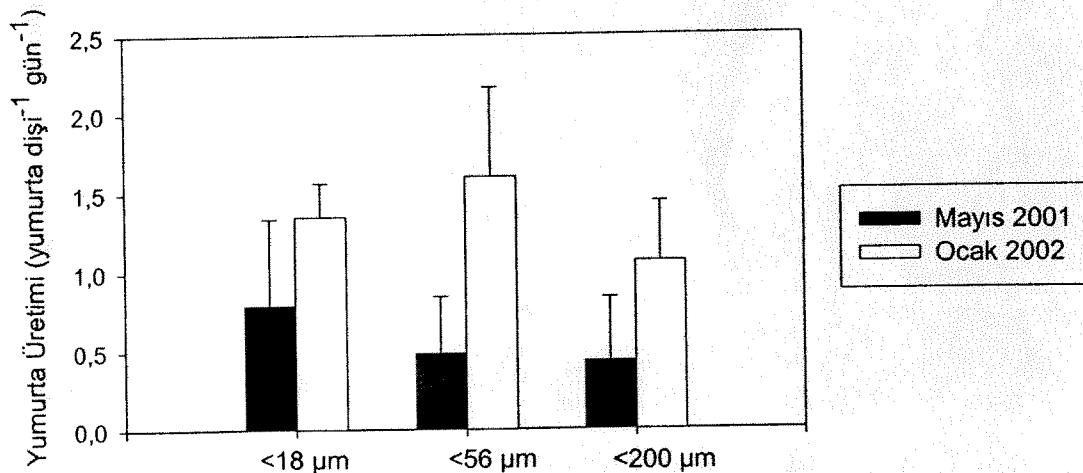
Mayıs 2001 ve Ocak 2002'de yapılan örneklemeye ait 3 farklı partükül büyülüğünün içeriği organik karbon (POC) ve azot (PON) miktarları Şekil 5'de sunulmaktadır. PON konsantrasyonu mayıs ve ocak aylarında hemen hemen aynıdır, ve boy gruplarına göre $6 \mu\text{g l}^{-1}$ ($<18 \mu\text{m}$ boy grubunda) ile yaklaşık $10 \mu\text{gN l}^{-1}$ arasında değişmektedir. POC konsantrasyonu da her iki örnekleme döneminde bariz bir fark göstermemektedir (Şekil 5). Konsantrasyon boy gruplarına göre yaklaşık 50 ($<18 \mu\text{m}$ boy grubunda) ile $70 \mu\text{gC l}^{-1}$ arasında değişmektedir, ve konsantrasyonun büyük çoğunluğu $<18 \mu\text{m}$ boy grubundan gelmektedir.



Şekil 5. Farklı partükül büyülüğü içeren deniz suyundaki partükül organik azot (PON) ve organik karbon (POC) konsantrasyonu.

3.2. Yumurta Üretimi

Dişti *Acartia clausi*'nin <18 , <56 ve $<200\text{ }\mu\text{m}$ lik partükül içeren deniz suyunda 24 saat inkübasyon boyunca yumurta üretimi Şekil 6'da sunulmuştur. Mayıs 2001 örneklemesinde, yumurta üretimi, $<18\text{ }\mu\text{m}$ büyülüğündeki partükülleri içeren deniz suyunda 0.79 ± 0.55 , $<56\text{ }\mu\text{m}$ partükül içeren deniz suyunda 0.48 ± 0.36 ve $<200\text{ }\mu\text{m}$ partükül içeren deniz suyunda da 0.43 ± 0.4 yumurta dişii $^{-1}$ gün $^{-1}$ dür. Yumurta üretimleri, $<18\text{ }\mu\text{m}$ partükül büyülüğü içeren suda fazla görünmekle beraber istatistikî olarak (One-way ANOVA) önemli değildir. Ocak 2002 örneklemesinde yumurta üretimi, $<18\text{ }\mu\text{m}$ büyülüğündeki partükülleri içeren deniz suyunda 1.35 ± 0.2 , $<56\text{ }\mu\text{m}$ partükül içeren deniz suyunda 1.6 ± 0.57 ve $<200\text{ }\mu\text{m}$ partükül içeren deniz suyunda da 1.07 ± 0.38 yumurta dişii $^{-1}$ gün $^{-1}$ dür. Ocak 2002'de yumurta üretimi fazla görünmekle beraber, istatistikî olarak iki örnekleme döneminde fark bulunmamıştır (One-way ANOVA). Yumurta üretiminin hemen hemen tamamı $<18\text{ }\mu\text{m}$ büyülüğüne sahip partüküllerden kaynaklanmaktadır.

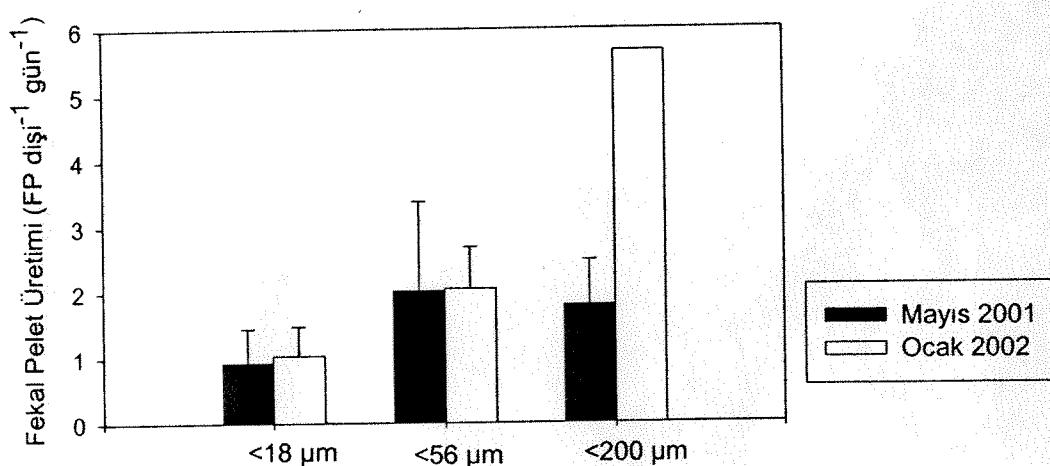


Şekil 6. Mayıs 2001 ve Ocak 2002'de farklı partükül büyülüğü içeren deniz suyunda *Acartia clausi*'nin yumurta üretimi.

3.3. Fekal Pelet Üretimi

Dişti *Acartia clausi*'nin <18 , <56 ve $<200\text{ }\mu\text{m}$ lik partükül içeren deniz suyunda 24 saat inkübasyon boyunca fekal pellet (dışkı) üretimi Şekil 7'de sunulmuştur. Mayıs ayındaki fekal pelet üretimi, $<18\text{ }\mu\text{m}$ büyülüğündeki partükülleri içeren deniz suyunda

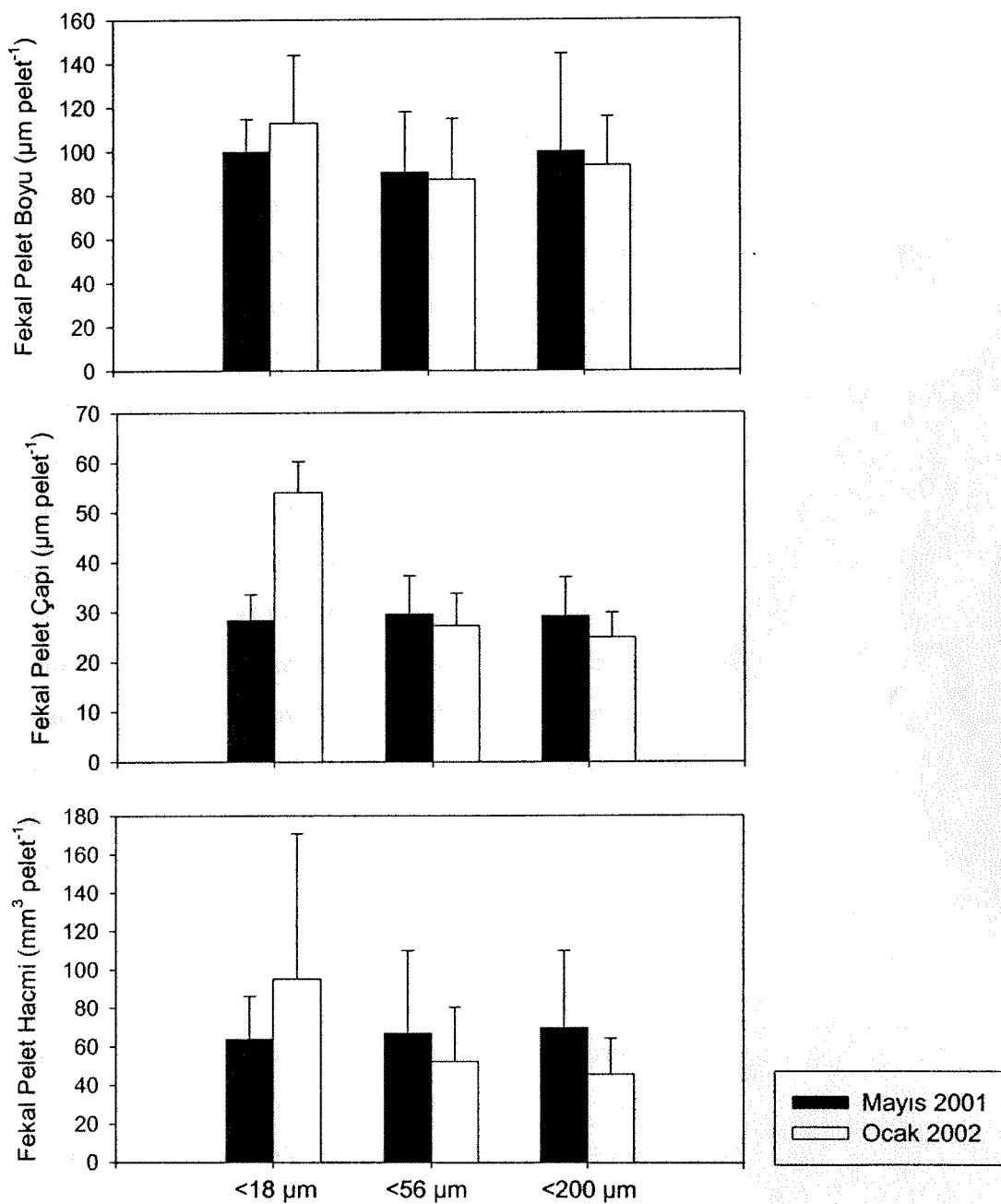
0.92 ± 0.5 , $<56 \mu\text{m}$ partükül içeren deniz suyunda 2.01 ± 1.36 ve $<200 \mu\text{m}$ partükül içeren deniz suyunda da 1.79 ± 0.69 fekal pelet $\text{diş}^{-1} \text{ gün}^{-1}$ dür. Ocak 2002 örneklemesinde fekal pellet üretimi, $<18 \mu\text{m}$ büyüklüğündeki partüküllerleri içeren deniz suyunda 1.03 ± 0.5 , $<56 \mu\text{m}$ partükül içeren deniz suyunda 2.05 ± 0.6 ve $<200 \mu\text{m}$ partükül içeren deniz suyunda da 5.7 ± 0.6 fekal pelet $\text{diş}^{-1} \text{ gün}^{-1}$ dür. *Acartia clausi*'nin fekal pelet üretimi her iki mevsimde farklı değildir. Fekal pelet üretimi $<18 \mu\text{m}$ partükül büyülüğu içeren deniz suyunda diğerlerine göre daha az görünmekle beraber istatistikî olarak (One-way ANOVA) önemli değildir.



Şekil 7. Mayıs 2001 ve Ocak 2002'de farklı partükül büyülüğu içeren deniz suyunda *Acartia clausi*'nın fekal pellet üretimi.

3.4. Fekal Pelet Özellikleri

Acartia clausi'nın Mayıs ve Ocak aylarında 3 farklı partükül büyülüğu içeren deniz suyunda ürettikleri fekal peletlerin boyları, çapları ve hacimleri Şekil 8'de sunulmaktadır. Fekal pelet boyu heriki örnekleme döneminde ve 3 farklı partükül grubunda hemen hemen aynıdır ve 87 ile $112 \mu\text{m}$ arasındadır. Pelet çapları yine hem farklı örnekleme dönemine ve hem de farklı partükül boy grubuna göre farklılık göstermemektedir, ve 27 ile $54 \mu\text{m}$ arasındadır. Yalnız pelet çapları $<18 \mu\text{m}$ partükül grubunda iki örnekleme dönemi arasında bir fark varmış gibi görünse de istatistikî açıdan (t-test) fark gözlenmemiştir. Fekal pelet hacimleri de yine örnekleme sezonlarına ve sudaki farklı partükül büyülüğine göre fark göstermemiştir ve hacimler $46 \text{ ile } 95 \text{ mm}^3$ arasında değişmektedir.



Şekil 8. Mayıs 2001 ve Ocak 2002'de farklı partikül büyülüği içeren deniz suyunda *Acartia clausi*'nin fekal pelet boyu, çapı ve hacmi.

4. Tartışma

Acartia clausi'nın Mayıs 2001 ve Ocak 2002'deki yumurta verimi yaklaşık 1 yumurta $\text{dişि}^{-1} \text{gün}^{-1}$, fekal pelet üretim oranı ise yaklaşık 1.5 fekal pelet $\text{dişि}^{-1} \text{gün}^{-1}$ olarak ölçülmüş ve bu üretimin hemen hemen hepsi $18 \mu\text{m}$ 'den küçük partiküllerden gelmektedir. Bu çalışmada

besin bolluğunun göstergesi olarak alınan klorofil-a konsantrasyonun hemen hemen tamamı 3 μm 'den küçük ototrofik canlılardan gelmektedir. Naval ve Nival (1976) çalışmalarında göstermiştir ki ergin *Acartia clausi* bireyleri 3 μm 'den küçük partüküllerle beslenemezler ve toplayabildikleri partükül büyülübü 7 μm 'den başlamaktadır. Kopepodların yumurta ve fekal pelet üretimleri besin bolluğu kadar besinin kalitesi ile de ilgilidir. Besinin büyülübü, türü, şekli, biyokimyasal içeriği gibi özelliklerini besinin kalitesini belirler (Jonasdottir ve ark. 1995). Bu çalışma doğrultusunda denizlerde çok yaygın olarak bulunan üç önemli fitoplankton gruplarından bir diatom (*Thalassiosira weissflogii*), bir dinoflagellat (*Prorocentrum minimum*) ve bir filagellat (*Dunaliella tertiolecta*) türü dişi *A. clausi*'ye besin olarak sunulmuştur (Tablo 1). Bu deney iki farklı besin konsantrasyonunda yapılmıştır, düşük besin konsantrasyonu (limitleyici) (*T. weissflogii* için $38 \mu\text{gC l}^{-1}$, *D. tertiolecta* için $64 \mu\text{gC l}^{-1}$, *P. minimum* için $100 \mu\text{gC l}^{-1}$) ve yüksek besin konsantrasyonu (doygun) (*T. weissflogii* için $280 \mu\text{gC l}^{-1}$, *D. tertiolecta* için $687 \mu\text{gC l}^{-1}$, *P. minimum* için $903 \mu\text{gC l}^{-1}$). Tablo 1'de görüldüğü gibi her bir fitoplankton türünün *A. clausi*'nin yumurta ve fekal pelet üretimine etkileri farklı olmuştur. En çok yumurta ve fekal pelet üretimi diatom besinde ve en düşük yumurta ve fekal pelet üretimi ise bir flagellat türü olan *D. tertiolecta* besin olarak sunulduğunda gözlenmiştir. Fakat *A. clausi*'nin bu üç fitoplankton türünün düşük (limitleyici) konsantrasyonu üzerinden beslenmesinde bile üretikleri yumurta ve fekal pelet sayısı doğal deniz suyunda ürettiklerinden fazladır, bu da bize Mayıs 2001 ve Ocak 2002 örneklemesinde *A. clausi*'nin muhtemel besin limitasyonuna maruz kaldığını düşündürmektedir.

Yumurta üretimi organizmalar için oldukça fazla enerji gerektiren bir iştir. Dişiler bunun için gerekli olan genetik materyal ve yumurtayı oluşturmak zorundadır ve ayrıca yumurta içinde embryonun gelişmesi için gerekli olacak besin kesesine yeterli malzeme sağlanmalıdır. Bu nedenle dişi tüm bu enerji giderlerini karşılayacak yeterli miktarda besin sağlanmalıdır. Bir bireyin aldığı besinin ne kadarını yumurta verimine harcadığını aşağıdaki formülden hesaplanabilir ki biz buna bürüt büyümeye verimi (gross growth efficiency) diyoruz (Saiz ve ark, 1998) :

$$\text{GGE} = (\text{EP/I}) * 100$$

Burada EP yumurta üretimidir ($\mu\text{gC dişi}^{-1} \text{gün}^{-1}$), I beslenme oranıdır ($\mu\text{gC dişi}^{-1} \text{gün}^{-1}$). Yumurtanın karbon içeriği $0,045 \mu\text{gC yumurta}^{-1}$ (Kiorboe ve ark., 1985) olarak alırsak, üç farklı fitoplankton türü ile yaptığımız deneylerde *A. clausi*'nin bürüt büyümeye verimi %3 (*P.*

minimum'nun yüksek konsantrasyonu) ile %71 (*T. weisflogii*'nin düşük konsantrasyonu) arasındadır. Bizim örnekleme dönemlerimizde partikül organik karbon miktarları her bir partikül büyüklük grubu için yaklaşık 50 ile 80 $\mu\text{gC l}^{-1}$ arasında değişmektedir (Şekil 5). Bu değerler bizim üç tür fitoplankton grubu ile yaptığımız deneylerde kullandığımız düşük konsantrasyonların sınırları içerisindeindir. Bu nedenle sahadaki çalışmalarımızda *A. clausi*'nin beslenme oranını bulmak için üç tür fitoplankton grubu için bulunan düşük konsantrasyonlardaki bürüt büyümeye veriminin ortalamasını kullanmak yapılacak hatayı azaltacaktır. Düşük besin konsantrasyonundaki bürüt büyümeye verimi %28 dir. Yani *A. clausi* $<100 \mu\text{gC l}^{-1}$ besin konsantrasyonunda aldığı besinin %28'ini yumurta üretiminde kullanmaktadır. Bunu yukarıdaki formüle yerleştirirsek,

Mayıs 2001 örneklemesi için beslenme oranı,

$$0.28 = 0.026/\text{I} \rightarrow I = 0.09 \mu\text{gC diş}^{-1} \text{ gün}^{-1},$$

Ocak 2002 örneklemesi için,

$$0.28 = 0.06/\text{I} \rightarrow I = 0.2 \mu\text{gC diş}^{-1} \text{ gün}^{-1} \text{ olarak bulunur.}$$

Beslenme oranı, ortamındaki besin konsantrasyonu ve organizmanın filtrasyon oranının çarpılması ile hesaplanır ($I = CxF$). Biz Mayıs ve Ocak ayları için beslenme oranını yukarıda hesaplamıştık. Bu iki döneme ait besin konsantrasyonu klorofil-a cinsinden bilmekteyiz. Eğer *A. clausi*'nin beslenme oranını klorofil cinsinden hesaplayabilirsek, bu kopepodun fitoplankton üzerinden beslenmesinin, harcadığı enerjiyi karşılayıp karşılamadığını bulabiliriz. Bu bölgeye ait geçen senenin Şubat ayındaki fitoplankton karbon: klorofil-a oranı 19, ve Mayıs aylarının fitoplankton karbon: klorofil-a oranı 32 dir (Elif Eker, yayınlanmamış veriler). Buradan *A. clausi*'nin Mayıs taki beslenme oranı 2.9 ng klorofil diş $^{-1}$ gün $^{-1}$, Ocak ayında da 11.3 ng klorofil diş $^{-1}$ gün $^{-1}$ olarak hesap edilir. Daha önce yayınlanmış olan araştırmalardan bilindiği gibi diş *Acartia clausi* $<3 \mu\text{m}$ partikülleri yiyez (Nival ve Nival, 1976). Bu nedenle $<3 \mu\text{m}$ partikülden gelen klorofil miktarını $<200 \mu\text{m}$ partikülün içerdiği klorofilden çıkararak formüle koymuşuzda, Mayıs ayındaki filtrasyon oranı 260 ml diş $^{-1}$ gün $^{-1}$, Ocak ayındaki filtrasyonu da 1260 ml diş $^{-1}$ gün $^{-1}$ olmalıdır. Fakat bu değer gerçektidir. Tablo 1'de hesaplanan en büyük filtrasyon değeri yaklaşık 60 ml diş $^{-1}$ gün $^{-1}$ dir. Bu veriler ve hesaplamalar gösteriyor ki, bu bölge için klorofil konsantrasyonu her zaman kendi başına yumurta üretimini açıklamaya yeterli değildir.

Tablo 1. *Acartia clausi*'nin diatom (*Thalassiosira weissflogii*), dinoflagellat (*Prorocentrum minimum*) ve flagellat (*Dunaliella tertiolecta*) türleri üzerinden iki farklı besin konsantrasyonunda beslenme, filtrasyon, yumurta verimi, fekal pelet üretim oranları ve fekal pelet hacmi.

Parametreler		<i>T. weissflogii</i>	<i>P. minimum</i>	<i>D. tertiolecta</i>
Beslenme oranı ($\mu\text{gC diş}^{-1} \text{gün}^{-1}$)	Düşük konsantrasyon	0.86±0.07	3.14±0.5	2.9±0.4
	Yüksek konsantrasyon	4.6±2.7	21.6±1.3	10.2±2.0
Filtrasyon oranı (ml diş $^{-1}$ gün $^{-1}$)	Düşük konsantrasyon	43.7±6.1	31.6±6.6	57.3±9.6
	Yüksek konsantrasyon	15.3±9.5	10.6±6.5	16.8±3.6
Yumurta Üretimi (yumurta diş $^{-1}$ gün $^{-1}$)	Düşük konsantrasyon	13.4±1.8	5.6±2.4	2.5±0.5
	Yüksek konsantrasyon	30.5±7.6	14.8±4.9	8.5±1.9
Fekal pellet üretimi (FP diş $^{-1}$ gün $^{-1}$)	Düşük konsantrasyon	57±7.6	19.6±5.6	7.5±1.5
	Yüksek konsantrasyon	71.6±18.3	39.3±3.8	22.5±3.7
Fekal pelet hacmi (mm 3 pelet $^{-1}$)	Düşük konsantrasyon	253.9±101	260±51.8	166.7±107.7
	Yüksek konsantrasyon	216.9±66.7	244±94.7	130±59

Acartia tonsa'nın deniz suyunda ürettiği fekal peletlerin hacmi, laboratuvara üç farklı fitoplankton üzerinden beslenen *A. clausi*'nın ürettiği fekal peletlerin hacminden oldukça küçüktür. Bu farklılık daha çok fekal peletlerin çapından kaynaklanmaktadır. Doğal deniz suyunda üretilen fekal peletler üç farklı fitoplankton çeşidi ile beslenen *A. clausi*'nın ürettiği fekal peletlerin çapından daha küçük, ayrıca doğal deniz suyunda üretilen peletler daha az yoğun ve gevşek görünüyordu. Bu nedenle partükülün çökme hızının hesaplandığı Stokes kanununa göre ($W_s=2g \frac{\alpha}{d}(dp-dm)/9\eta$; W_s partükülün çökme hızı, α partükülün yarı çapı, d partükül ve ortamın yoğunluğu, η ortamın viskositesi), bu çalışmada her ne kadar peletlerin yoğunluğu ölçülmemişse de, muhtemel çökme hızları oldukça yavaş olacaktır ve fekal peletlerin büyük bir kısmı su kolonunda çözünecek ve/veya besin olarak tüketilecektir.

5. Öneriler

Bu proje çalışması Mayıs 2001 ve Ocak 2002 olmak üzere yalnızca iki örnekleme dönemini kapsamaktadır ve elde edilen verilere göre bu iki dönem *Acartia clausi*'nin yumurta ve fekal pelet üretimi açısından farklı değildir. Bu iki örnekleme döneminde üretilen yumurta sayısı (~1 yumurta dışı-1 gün-1) düşünüldüğünde *A. clausi* populasyonunun kendini idame ettirme ihtimali oldukça zayıftır. Bölgedeki populasyon ya lateral adveksiyon ile varlığını koruyabilir veya yılın diğer dönemlerinde (özellikle Şubat-Nisan arası) yumurta verimi çok olabilir, besin miktar ve kalitesine bağlı olarak. Bunun anlaşılabilmesi için örneklemenin daha sık aralıklarla ve uzun sürede yapılması yararlı olacaktır. Ayrıca bu çalışma boyunca fekal peletlerden nutrientlerin serbest bırakılması ile ilgili deneyler yapılmıştır. *Acartia clausi* tarafından üretilen fekal peletlerden bütün (kırılmamış) olanlar 25 ml'lik 6 şişeye toplanmış (yaklaşık 20 pelet şiese⁻¹) ve GF/F filtreden süzülmüş deniz suyunda 3 ila 6 gün boyunca plankton tekerleğine konularak inkube edilmiştir. 3 gün sonra 3 şise ve onların kör şişeleri (içlerinde fekal pelet olmayan) plankton tekerleğinden alınarak sudaki nutrient değişimleri otoanalizör ile ölçülmüştür. Diğer 3 şise ise 6 gün sonra plankton tekerleğinden alınarak yine şişelerdeki nutrient değişimine bakılmıştır. Fakat kör şişeler ile fekal pelet içeren şişelerdeki nutrient miktarları arasında bir fark bulunamamıştır. Bu muhtemelen peletlerdeki nutrient miktarlarının çok az olduğundan ve peletlerden bakteriyel ayrışma sonucu serbest kalan nutrientlerin miktarının otoanalizör ile ölçülemeyecek kadar az olabileceğinden kaynaklanıyor olabilir. Bu nedenle bu deneyin radioaktif (¹⁴C, ¹⁵N gibi) elementlerle yapılmasında yarar vardır.

Bu çalışmada ayrıca farklı partükül büyütüklerinin kopepod yumurta ve fekal pelet üretimlerine etkileri çalışılmış ve <18 µm büyütükündeki partükülün önemli olduğu görülmüştür. Fakat enstitümüzde partükül sayıcı olmadığı için deniz suyundaki partükül boy analizi yapılamamıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda bu tür çalışmalarda partükül boy analizinin çalışmayı tamamlayıcı ve önemli bir parametre olduğu anlaşılmıştır. Bundan sonra yürütülecek olan çalışmalarda partükül boyu analizi olması gerekmektedir.

Referanslar

- Ambler J.W. Seasonal factors affecting egg production and viability of eggs of *Acartia tonsa* Dana from East Lagoon, Galveston, Texas. *Estuar cstl Shelf Sci* 20, 743-760, (1985).
- Ban S. Effect of temperature and food concentration on post-embryonic development, egg production and adult body size of calanoid copepod *Eurytemora affinis*. *J Plankton Res* 16, 721-735, (1994)
- Beckman B.R., Peterson W.T. Egg production by *Acartia tonsa* in Long Island Sound. *J Plankton Res* 8, 917-925, (1986).
- Besiktepe S., Dam H.G. Coupling of ingestion and defecation as a function of diet in the calanoid copepod *Acartia tonsa*. *Mar Ecol Prog Ser* 229, 151-164, (2002).
- Butler M., Dam H.G. Production rates and characteristics of fecal pellets of the copepod *Acartia tonsa* under simulated phytoplankton bloom conditions: implications for vertical fluxes. *Mar Ecol Prog Ser* 114, 81-91, (1994).
- Calbet A., Alcaraz M., Saiz E., Estrada M., Trepat I. Planktonic herbivorous food webs in the Catalan Sea (NW Mediterranean): temporal variability and comparison of indices of phyto-zooplankton coupling based on state variables and rate processes. *J Plankton Res* 18, 2329-2347, (1996).
- Feinberg R.L., Dam H.G. Effects of diet on dimensions, density and sinking rates of fecal pellets of the copepod *Acartia tonsa*. *Mar Ecol Prog Ser*, 175, 87-96, (1998).
- Grasshoff K., Ehrhardt M., Kremling K. Determination of nutrients. In *Methods of Sea Water Analysis*, 2nd edition, Verlag Chemie GmbH (1983), 125-188.
- Holm-Hansen O., Riemann B. Chlorophyll-a determination: improvements in methodology. *Oikos* 30, 438-447, (1978).
- Hopcroft R.R., Roff J.C.. Zooplankton growth rates: the influence of female size and resources on egg production of tropical marine copepods. *Mar Biol* 132, 79-86, (1998).
- Jonasdottir S.H., Fields D., Pantoja S. Copepod egg production rates in Long Island Sound, USA, as a function of the chemical composition of seston. *Mar Ecol Prog Ser* 119, 87-98, (1995).
- Kimmerer W.J., McKinnon A.D. Zooplankton in a marine bay. III. Evidence for influence of vertebrate predation on distributions of two common copepods. *Mar Ecol Prog Ser* 53, 21-35, (1989).
- Kiorboe T., Mohlenberg F., Hamburger K. Bioenergetics of the planktonic copepod *Acartia tonsa*: relation between feeding, egg production and respiration, and composition of specific dynamic action. *Mar Ecol Prog Ser* 26, 85-97, (1985).

Komar P.D., Morse A.P., Small L.F., Fowler S.W. An analysis of sinking rates natural copepod and euphausiid fecal pellets. Limnol Oceanogr 26, 172-180, (1981).

Köksalan İ. Temporal variability in *Synechococcus* spp. abundances in the northern Levantine Basin as inferred from weekly time series observations in 1998. M.Sc Thesis, METU-IMS, Erdemli, 104 pp. (2000).

Nival P., Nival S. Particle retention efficiencies of an herbivorous copepod, *Acartia clausi* (adult and copepodite stages): effects of grazing. Limnol Oceanogr 21, 24-38, (1976).

Noji T.T. The influence of macrozooplankton on vertical particulate flux. Sarsia, 76, 1-9, (1991).

Ohman M.D., Aksnes D.L., Runge J.A. The interrelationship of copepod fecundity and mortality. Limnol Oceanogr 41, 1470-1477, (1996).

Plourde S., Runge J.A. Reproduction of the planktonic copepod *Calanus finmarchicus* in the Lower St. Lawrence estuary: relation to the cycle of phytoplankton production and evidence for a *Calanus* pump. Mar Ecol Prog Ser 102, 217-227, (1993).

Saiz E., Calbet A., Irigoien X., Alcaraz M. Copepod egg production in the western Mediterranean: response to food availability in oligotrophic environments. Mar Ecol Prog Ser 187, 179-189, (1999).

Small L.F., Fowler S.W., Ünlü M.Y. sinking rate of natural copepod fecal pellets. Mar Biol 51, 233-241, (1979).

Small L.F., Knauer G.A., Tuel M.D. The role of sinking fecal pellets stratified eutrophic zones. Deep Sea Res 34, 1705-1712, (1987).

Smith S.L., Lane P.V.Z. Laboratory studies of the marine copepods *Centropages typicus*: egg production and development rates.. Mar Biol 85, 153-162, (1985).

Tiselius P., Nielsen T.G., Breuel G., Jaanus A., Korshenko A., Witek Z. Copepod egg production in the Skagerrak during SKAGEX, May-June 1990. Mar Biol 111, 445-453, (1991).

Turner J.T. Sinking rates of fecal pellets from the marine copepod *Pontella meadii*. Mar Biol 40, 249-259, (1977).

PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Kodu: YDABÇAG-100Y014

Proje Başlığı: Besin Çeşitliliğinin Zooplanktonların Büyümelerine ve Besin Tuzları Döngüsüne Etkileri Üzerine Laboratuvar Çalışması

Proje Yürüttücsü ve Yardımcı Araştırmacılar:

Yrd.Doç.Dr.Şengül Beşiktepe

Prof. Dr. Süleyman Tuğrul

Projenin Yürüttüğü Kuruluş ve Adresi:

ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Erdemli 33731 İçel

Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:

ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Erdemli 33731 İçel

TÜBİTAK Atatürk Bulvarı No.221 Kavaklıdere 06100 Ankara

Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.08.2000/ 01.04.2002

Öz (en çok 70 kelime)

Mayıs 2001 ve Ocak 2002 tarihlerinde kuzeydoğu Akdeniz'de (ODTÜ, DBE Erdemli açıkları) *Acartia clausi*'nin yumurta ve fekal pelet üretim oranları saptandı. Deneyler üç farklı partükül büyülüklüğü içeren (<18 , <56 ve $<200\mu\text{m}$) deniz suyunda yapılmıştır. Yumurta ve fekal pelet üretimi her iki örnekleme döneminde yaklaşık 1 yumurta diş^{-1} gün^{-1} ve 1.5 fekal pelet diş^{-1} gün^{-1} dür. Üretilen yumurta ve fekal peletler daha çok $<18\mu\text{m}$ partükül konsantrasyonu ile ilişkilidir.

Anahtar Kelimeler: Kopepod, *Acartia clausi*, Yumurta Üretimi, Fekal Pelet Üretimi, KD Akdeniz

Projeden Kaynaklanan Yayınlar:

Bilim Dalı:

Doçentlik B. Dalı Kodu:

PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Kodu: YDABÇAG-100Y014
Proje Başlığı: Besin Çeşitliliğinin Zooplanktonların Büyümelerine ve Besin Tuzları Döngüsüne Etkileri Üzerine Laboratuvar Çalışması
Proje Yürüttücsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Yrd.Doç.Dr.Şengül Beşiktepe Prof. Dr. Süleyman Tuğrul
Projenin Yürüttüğü Kuruluş ve Adresi: ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Erdemli 33731 İçel
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Erdemli 33731 İçel TÜBİTAK Atatürk Bulvarı No.221 Kavaklıdere 06100 Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.08.2000/ 01.04.2002
Öz (en çok 70 kelime) <p>Mayıs 2001 ve Ocak 2002 tarihlerinde kuzeydoğu Akdeniz'de (ODTÜ, DBE Erdemli açıkları) <i>Acartia clausi</i>'nin yumurta ve fekal pelet üretim oranları saptandı. Deneyler üç farklı partükül büyüklüğü içeren (<18, <56 ve <200µm) deniz suyunda yapılmıştır. Yumurta ve fekal pelet üretimi her iki örnekleme döneminde yaklaşık 1 yumurta diş⁻¹ gün⁻¹ ve 1.5 fekal pelet diş⁻¹ gün⁻¹'dür. Üretilen yumurta ve fekal peletler daha çok <18µm partükül konsantrasyonu ile ilişkilidir.</p>
Anahtar Kelimeler: Kopepod, <i>Acartia clausi</i> , Yumurta Üretimi, Fekal Pelet Üretimi, KD Akdeniz
Projeden Kaynaklanan Yayınlar:
Bilim Dalı:
Doçentlik B. Dalı Kodu: