

**MÜSİLAJDA BAKTERİ DÜZEYLERİ;
İSTANBUL İLİ MARMARA DENİZİ
ÖN ÇALIŞMA ÖRNEĞİ**

**BACTERIAL LEVELS IN MUCILAGE;
SAMPLE CASE OF PRELIMINARY STUDY
IN ISTANBUL PROVINCE, THE SEA OF MARMARA**

Prof. Dr. Gülşen Altuğ
Dr. Pelin S. Çiftçi Türetken
Doç. Dr. Mine Çardak
Meryem Öztaş

**Prof. Dr. Gülşen Altuğ / İstanbul Üniversitesi /
galtug[at]istanbul.edu.tr / ORCID: 0000-0003-3251-7699**

Prof. Dr. Gülşen Altuğ, İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı'nda deniz mikrobiyolojisi ve deniz biyoteknolojisi alanında çalışmaktadır. Araştırmaları, bakteriyolojik çeşitlilik, deniz izolatlarının klinik, endüstriyel ve ekolojik kullanımları, bakteriyolojik kirlilik, gemi balast suları kaynaklı patojen bakteriler, epibiyotik bakteri toplulukları ve antibakteriyel özellikleri, bakteriyel iyileştirme ve ağır metaller ve antibiyotiklere karşı dirençli bakteri izolatları ve kirleticilerin bakteriyolojik yollarla giderimi konularını kapsamaktadır. 2000 yılından bu yana Türkiye Denizlerinde deniz bakteri izolatlarının endüstriyel potansiyelleri konusunda birçok ilk bilimsel veriyi üretmiştir. Petrolle kirlenmiş alanların deniz bakterileri ile biyolojik iyileştirilmesi, deniz bakterilerinin mikrobiyal gübre olarak kullanımı, deniz süngerlerinden antibakteriyel bileşiklerin elde edilmesi, tarihi bina yüzeylerinin deniz bakteri izolatları ile iyileştirilmesi konularında beş adet patent başvurusu bulunmaktadır. Aynı zamanda İstanbul Üniversitesi Teknokent (ENTERTECH) bünyesinde faaliyet gösteren BIYOTEK15 Ar-Ge Eğitim ve Danışmanlık Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. adlı biyoteknoloji şirketinin kurucu yöneticisi olarak deniz bakterilerinin endüstriyel kullanımına yönelik Ar Ge faaliyetlerini sürdürmektedir.

**Prof. Dr. Gülşen Altuğ / İstanbul University / galtug[at]istanbul.edu.tr /
ORCID: 0000-0003-3251-7699**

Prof. Dr. Gülşen Altuğ works in the field of marine microbiology and marine biotechnology at the Department of Marine Biology, Faculty of Aquatic Sciences, Istanbul University. Her researches focus on marine bacteriology, including bacteriological diversity, clinical, industrial and ecological uses of marine isolates, bacterial pollution, epibiotic bacterial communities and anti-bacterial characteristics, bacterial remediation and resistant bacterial isolates against heavy metals and antibiotics. She has produced a number of first data on industrial potentials of marine bacterial isolates in Turkish Seas since 2000. She has five patent applications for industrial uses of marine bacteria on different subjects such as; oil eating bacteria for bioremediation of oil polluted areas, microbial fertilizers, antibacterial agents from marine sponges, bacterial remediation of historical buildings. She is also the Founder Director of the biotechnology company named BIYOTEK15 R&D Training and Consulting Industry and Trade Ltd Company in ENTERTECH of Istanbul University Technocity.

**Dr. Pelin S. Çiftçi Türetken / İstanbul Üniversitesi /
pciftci[at]istanbul.edu.tr / ORCID: 0000-0002-4377-1628**

İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Deniz Biyolojisi Ana Bilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Lisans derecesini İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinden almış, Doktorasını İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Biyolojisi Programında tamamlamıştır. Başlıca araştırma alanları arasında deniz bakteriyolojisi, denizel bakteriyel iyileştirme, tarihi bina yüzeylerinin deniz bakteri izolatları ile iyileştirilmesi, ağır metallere ve antibiyotiklere karşı dirençli bakteri izolatları, deniz alanlarında deterjan, petrol kirliliği ve biyo-indikatör bakteri seviyelerinin belirlenmesi yer almaktadır. Ayrıca İstanbul Üniversitesi Teknokent ENTERTECH'de faaliyet gösteren BİYOTEK15 AR-GE Eğitim ve Danışmanlık Sanayi ve Ticaret Ltd Şirketi adlı biyoteknoloji şirketinin kurucu ortaklarından, biridir.

**Dr. Pelin S. Çiftçi Türetken / İstanbul University /
pciftci[at]istanbul.edu.tr / ORCID: 0000-0002-4377-1628**

Pelin Saliha ÇİFTÇİ TÜRETKEN is a research assistant in Marine Biology Department of Faculty of Aquatic Sciences at Istanbul University. She completed her bachelor's degree in Faculty of Fisheries at Istanbul University. She graduated with a PhD in marine biology from Istanbul University, Institute of Graduate Studies in Sciences. Her research areas mainly include bacteriology, marine bacterial remediation, remediation of historic building surfaces with marine bacteria isolates, resistant bacterial isolates against heavy metals and antibiotics, determination of detergent, oil pollution and bio-indicator bacteria levels in marine areas. Also she is one of the founder of the biotechnology company named BİYOTEK15 R&D Training and Consulting Industry and Trade Ltd Company in ENTERTECH of Istanbul University Technocity.

**Doç. Dr. Mine ÇARDAK / Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi /
mcardak[at]comu.edu.tr / ORCID: 0000-0003-1383-4875**

Mine Çardak, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Balıkçılık Teknolojisi Bölümü'nde doçenttir. Araştırmaları deniz bakteriyolojisi, ağır metallere ve antibiyotiklere karşı bakteriyel direnç, bakteriyel kirlilik ve biyoteknolojiye odaklanmaktadır. 2000 yılından beri bilim insanı olarak çalışmaktadır.

**Assoc. Dr. Mine ÇARDAK / Çanakkale Onsekiz Mart University /
mcardak[at]comu.edu.tr/ ORCID: 0000-0003-1383-4875**

Mine Çardak is an associate professor at Çanakkale Onsekiz Mart University, School of Çanakkale Applied Sciences, Department of Fisheries Technology, Turkey. Her researches focus on marine bacteriology, bacterial resistance against heavy metals and antibiotics, bacterial pollution and biotechnology. She has worked as a scientist since 2000.

**Meryem Öztaş / İstanbul Üniversitesi /
meryemoztas[at]hotmail.com / ORCID: 0000-0002-5604-6003**

Meryem Öztaş Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü lisans mezunudur. Yüksek Lisansını Ordu Üniversitesi Genel Biyoloji Anabilim Dalı'nda tamamlayarak Uzman Biyolog ünvanını almıştır. Doktora eğitimi İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Biyolojisi Programında devam etmektedir. “Marmara Denizinde Bazı Marinalarda Bakteriyel Dirençlilik Düzeylerinin Araştırılması” başlıklı doktora tezi kapsamında araştırmalarına devam etmektedir.

**Meryem Öztaş / Istanbul University /
meryemoztas[at]hotmail.com / ORCID: 0000-0002-5604-6003**

Meryem Öztaş is a graduate of Atatürk University, Faculty of Science, Department of Biology. She completed her master's degree at Ordu University, Department of General Biology and received the title of Specialist Biologist. Her doctorate education continues at Istanbul University, Institute of Graduate Studies in Sciences, Marine Biology Program. She continues her research within the scope of his doctoral thesis titled “Investigation of Bacterial Resistance Levels in Some Marinas in the Marmara Sea”.

MÜSİLAJDA BAKTERİ DÜZEYLERİ; İSTANBUL İLİ MARMARA DENİZİ ÖN ÇALIŞMA ÖRNEĞİ

Özet

Organik maddenin parçalanmasında önemli rolü olan bakteriler deniz ekosisteminin en önemli bileşenleridir. Bakterilerin çevresel değişikliklere verdikleri metabolik cevaplar ekosistemin sürdürülebilir kullanımını etkileyecek süreçleri belirlemektedir. Sağlıklı bir deniz ekosistemi sağlıklı bir mikroflora ile tanımlanabilmektedir. Bu nedenle müsilaj içinde yer alan bakterilerin ortamdaki çözünmüş karbonhidrat düzeyi ile ilişkilendirilmesi biriken organik maddenin bakteriyel tüketimine yönelik bağlantılar kurulması bakımından önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Nisan- Mayıs 2021 döneminde Marmara Denizi İstanbul ili kıyısız alanında farklı noktalardan alınan müsilaj ve müsilajı çevreleyen deniz suyu örneklerinde yapılan bakteriyolojik analizlerin ön verileri sunulmuştur. Yayma plak tekniği kullanılarak belirlenen toplam heterotrofik aerobik bakteri (HAB) düzeyi müsilaj örneklerinde ortalama olarak $63 \times 10^{12} \pm 1.6/\text{ml}$ iken, en yüksek HAB düzeyi $74 \times 10^{14} \pm 1.24/\text{ml}$ olarak kaydedilmiştir. Patojen bakteri varlığına işaret eden indikatör bakteriler tüm örneklerde sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde ortalama toplam çözünmüş karbonhidrat (TDC) düzeyi sırasıyla 68 ± 0.5 ve 29.5 ± 0.3 mg/L olarak kaydedilmiştir. Ön bakteriyolojik veriler 2007 ve 2010 yıllarında Marmara Denizi'nde gözlenen müsilajdan elde edilen bakteriyolojik verilerimizle karşılaştırılarak müsilaj örneğinde deniz suyundan daha yüksek tespit edilen heterotrofik bakteri seviyeleri, müsilajdaki yoğun polisakkarit içeriğine bakteriyel afinite olarak değerlendirilmiştir. Ön bulgularımız birikmiş/yavaş bozunan organik maddenin sebep olduğu müsilajın bakteriyel tüketiminin biyokütledeki diğer bileşenlerle birlikte ele alınmasının gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler:

Marmara Denizi, Heterotrofik bakteri, İndikatör bakteri,
Çözünmüş karbonhidrat, Müsilaj.

BACTERIAL LEVELS IN MUCILAGE; SAMPLE CASE OF PRELIMINARY STUDY IN ISTANBUL PROVINCE, THE SEA OF MARMARA

Abstract

The metabolic responses of bacteria against environmental changes shape the processes that will affect the sustainability of the ecosystem. For this reason, associating the bacteria in mucilage with the dissolved carbohydrate levels is important in terms of establishing links for bacterial consumption with the accumulated organic matter. In this study, preliminary data of bacteriological analyzes of mucilage and seawater samples surrounding the mucilage taken from different points in the coastal areas of the Sea of Marmara Istanbul Province, between April-May 2021 are presented. In the mucilage samples, total heterotrophic aerobic bacteria (HAB) levels, determined by using the spread plate technique, recorded as $63 \times 10^{12} \pm 1.6/\text{ml}$ on average and the highest HAB level as $74 \times 10^{14} \pm 1.24/\text{ml}$. Indicator bacteria indicating the presence of pathogenic bacteria found above the limit values in all samples. The mean total dissolved carbohydrate concentration in the mucilage and surrounding sea water recorded as 68 ± 0.5 and 29.5 ± 0.3 mg/L, respectively. Preliminary bacteriological data obtained were compared with our bacteriological data in mucilage observed in the Marmara Sea in 2007 and 2010, and the HAB levels detected higher in the mucilage sample than in sea water evaluated as bacterial affinity to the dense polysaccharide content in the mucilage. Our preliminary findings suggest that bacterial consumption of mucilage caused by accumulated/slow degrading organic matter should be considered in conjunction with other components in the biomass.

Keywords:

Sea of Marmara, Heterotrophic bacteria, Indicator bacteria,
Dissolved carbon hydrate, Mucilage.

Giriş

Denizlere ulaşan kirletici kaynaklarda olan artışların ortamda besin elementlerinin yükselmesine sebep olduğu bilinmektedir. Artan besin elementlerine bağlı olarak aşırı artış gösteren fitoplankton kaynaklı polisakkarit sızması ve fitoplanktonun ölümü ile fitoplanktona eşlik eden ve çözünmüş karbonhidratı parçalayan bakterilerin hücre dışına saldıkları enzimler sürece dahil olmakta ve deniz salyası denilen mukuslu yapının oluşmasına zemin hazırlamaktadır (Heissenberger vd., 1996; Leppard vd., 1996; Altuğ vd., 2010a; Turk vd., 2010). Bu duruma sıcaklık ve su kolonu stabilitesi eşlik edebilmekte süreç farklı fiziksel kimyasal ve biyolojik koşullarla ilerlemektedir.

Müsilajın deniz organizmaları tarafından salınan kolloidal özelliklerde yüksek oranda ekzopolimerik bileşiklerden oluştuğunu tanımlayan çalışmalarda deniz salyasını oluşumunu tetikleyen biyotik ve abiyotik süreçler incelenmiştir (Mecozzi vd., 2005; Passow, 2001; Verdugo vd., 2004; Turk vd., 2010). Fitoplanktonik ve/veya bakteriyel hücreler tarafından hücre dışı sıvıların üretimi (Passow, 2001; Simon vd., 2002) genellikle ani tuzluluk değişiklikleri veya kıyı sularındaki besin atımları veya tükenmesi ile ilişkilendirilmiştir.

Marmara Denizi'nde deniz salyasında yüksek çözünmüş karbonhidrat ve bu biyokütle içinde farklı mikroorganizma türlerinin bulunuyor olması, (Aktan vd. 2008 a,b; Altuğ vd. 2010a; Balkıs vd. 2013; Balkıs-Özdelice vd. 2021), bazı türlerin varlığının stres altında salgıladıkları sıvıların farklılıklar göstermesi ve doğal ortam bakterileri üzerinde fırsatçı patojen türlerin baskısının oluşması salyanın biyolojik karakterini belirleyen bileşenlerdir. Deniz salyası olarak adlandırılan bu biyokütlenin ortamdaki organik maddenin tüketiminde yavaşlamanın başlaması veya tüketilmeden birikmesi ile önce bulutumsu bir yapıya daha sonra birbirine bağlanan yüzen ve batan kütlelere dönüşmektedir. Denizlerde mikrobiyal toplulukların kompozisyonu, başta iklim değişimleri ve insan aktivitelerine bağlı çevresel değişikliklere karşı bakterilerin gösterdikleri farklı fizyolojik yanıtlara bağlı oluşan farklı işlevlere göre şekillenmektedir. Bu nedenle bakterilerin maruz kaldıkları çevresel koşullar değiştiğinde fizyolojik yanıtlarda da değişiklikler gözlenebilmektedir. Denizlerde müsilaj gibi oluşumlarda bakteriyel rollerin tanımlanması için bakteriyolojik çalışmalar önem taşımaktadır. Müsilajda patojen bakterilerin varlığına yönelik çalışmalar konunun halk sağlığı boyutu bakımından önem taşımaktadır (Danovaro, 2009).

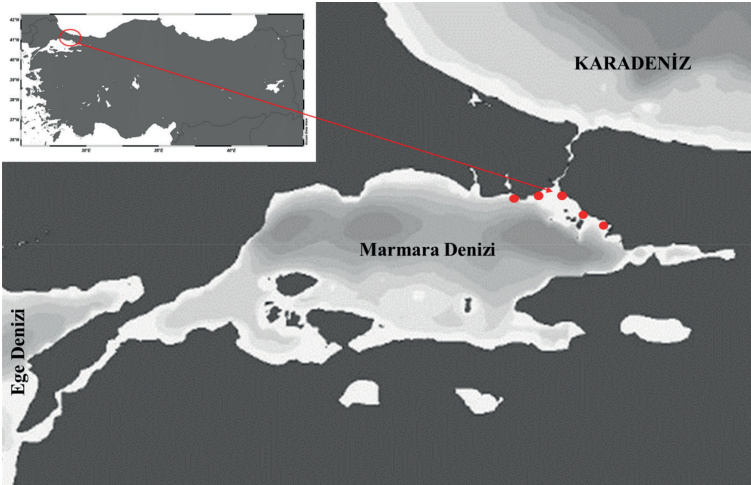
Bu çalışmada müsilaj ortamlarında heterotrofik bakteri düzeyi ve indikatör bakteri düzeylerini belirlemek amacı ile Marmara Denizi kıyasal alanında 2020 yılı Kasım ayında başlayarak yoğun dağılım gösteren ve devam eden Çırpıcı Dere'si'nin Marmara Denizine döküldüğü Zeytinburnu sahili, Küçükçekmece Lagünü'nün Marmara Denizi bağlantı alanı-Menekşe Sahili, Bostancı sahili, Pendik Marina, Dragos Marina, Moda İskelesi ve Kurbağalidere Nehri'nin Marmara Denizi'ne döküldüğü Kadıköy sahilinde 2021 Nisan ve Mayıs aylarında alınan müsilaj ve çevresindeki deniz suyu örneklerinde yapılan bakteriyolojik analizlerin ön verileri paylaşılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Örnekleme:

Marmara Denizi İstanbul İli kıyusal alanında 2021 yılı Nisan ve Mayıs aylarında Çırpıcı Deresi'nin Marmara Denizine döküldüğü Zeytinburnu sahili, Küçükçekmece Lagünü'nün Marmara Denizi bağlantı alanı noktası olan Menekşe sahili, Bostancı sahili, Pendik Marina, Dragos Marina, Moda İskelesi ve Kurbağalıdere Nehri'nin Marmara Denizi'ne döküldüğü Kadıköy sahilinde deniz suyu ve müsilaj örnekleme yapılmıştır (Şekil 1).

Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan aseptik şartlarda alınarak steril şişelere aktarılan örnekler soğuk zincir altında aynı gün İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Akuatik Mikrobiyal Ekoloji Laboratuvarına ulaştırılmıştır.



Şekil 1. Deniz suyu ve müsilaj örneklemesinin yapıldığı istasyonlar

Bakteriyolojik Analizler:

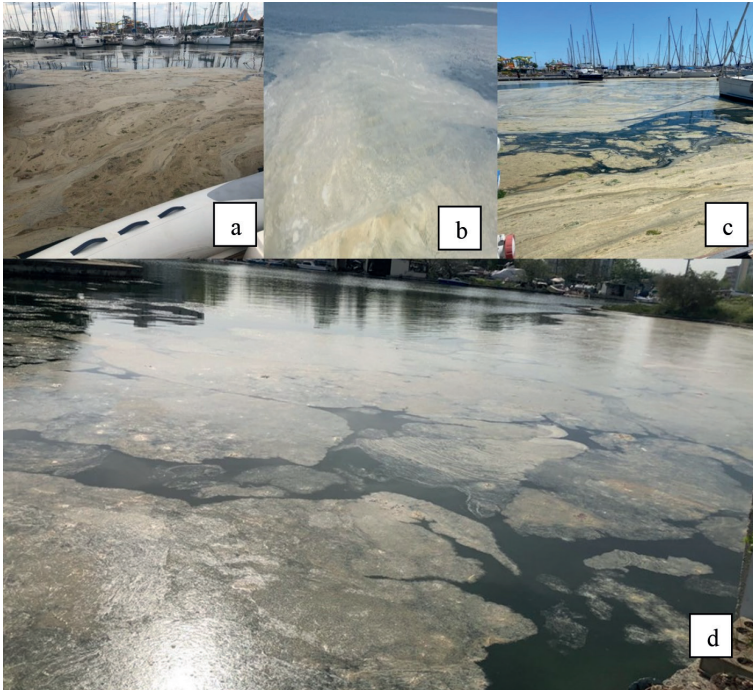
Heterotrofik Aerobik Bakteri (HAB) Analizleri: Laboratuvara ulaştırılan örnekler steril peptonlu su ile seri sulandırma sonrası Marine Agara (Difco) yayma plak yöntemi ile ekilerek 22°C'de 5 gün inkübe edildikten sonra üreyen koloniler sayılarak seyreltme faktörü ile çarpılarak 1 ml'deki HAB düzeyi HAB/ml olarak kaydedilmiştir (APHA, 2012)

İndikatör Bakteri Analizleri: Deniz suyu örneklerinde indikatör bakteri düzeyleri membran filtrasyon tekniği ile tespit edilmiştir. Vakum pompasına bağlı membran filtrasyon cihazına (Sartorius) aseptik olarak yerleştirilmiş 0.45 µm gözenek çaplı membran steril filtreden süzülen numuneler, steril distile su (3 ml) ile nemlendirilmiş farklı besi ortamlarına hava kabarcığı bırakmadan yerleştirilmiştir. Her numune üç tekrarlı olarak analiz edilmiştir. İntestinal enterokok bakterileri tespitinde besi ortamı olarak Azide-NKS (Sartorius) ped sistemleri,

fekal koliform bakteriler için m.FC-NKS (Sartorius) ve toplam koliform bakteriler için Endo-NKS (Sartorius) ped sistemleri kullanılmıştır. Besi ortamları fekal koliform bakteriler için 24 saat $44,5 \pm 0,1$ °C'de, intestinal enterokok ve toplam koliform bakteriler için $37 \pm 0,1$ °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda mFC-NKS besiyerinde üreyen mavi koloniler fekal koliform, Endo-NKS besiyerinde gelişen koyu kırmızı metalik yeşil koloniler total koliform, Azide besiyerinde gelişen kahverengi-kırmızı koloniler intestinal enterokok şüpheli olarak kaydedilmiş tanımlı doğrulama testleri yapıldıktan sonra sayısal değerler 100 ml de koloni oluşturan birim (kob/100 ml) olarak kaydedilmiştir.

Müsilaj yoğunluğu nedeni ile filtrelenemeyen müsilaj örnekleri steril peptonlu su ile 10^{-8} e kadar seri sulandırma sonrası yukarıda belirtilen besi ortamlarına aktarılarak inkübe edilmiş ve işlemler deniz suyundaki gibi sürdürülmüştür. Her numune üç tekrarlı olarak analiz edilmiştir.

Toplam Çözünmüş Karbonhidrat Analizleri: Müsilaj ve müsilajı çevreleyen deniz suyundan alınan örneklerde toplam çözünmüş karbonhidrat analizleri fenol-sülfirik asit metodu ile modifiye Dubois yöntemi (Mecozzi vd., 1999) kullanılarak yapılmıştır. Kalibrasyon serisi 0.1–1.0 mg/L glikoz içeren farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış, spektrofotometrik (Shimadzu /UV-1800) ölçümler 485 nm de gerçekleştirilmiştir. Analizler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.



Şekil 2. Örnekleme İstasyonlarından bazı görüntüler (a) Pendik Marina 1 b) Zeytinburnu c) Pendik Marina 2 d) Küçükçekmece Lagünü-Marmara Denizi bağlantısı Mayıs 2021

BULGULAR

Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde tespit edilen toplam heterotrofik aerobik bakteri (HAB) seviyeleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde gözlemlenen indikatör bakteri seviyeleri Tablo2'de özetlenmiştir.

Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde tespit edilen toplam koliform bakteri düzeyleri ve Şekil 3'de gösterilmiştir.

Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde tespit edilen fekal koliform bakteri düzeyleri Şekil 4'de gösterilmiştir.

Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde tespit edilen toplam intestinal streptokok düzeyleri Şekil 5'de gösterilmiştir.

Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde tespit edilen toplam çözünmüş karbohidrat konsantrasyonları Tablo 3'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde tespit edilen toplam heterotrofik aerobik bakteri (HAB) düzeyleri kob/ml

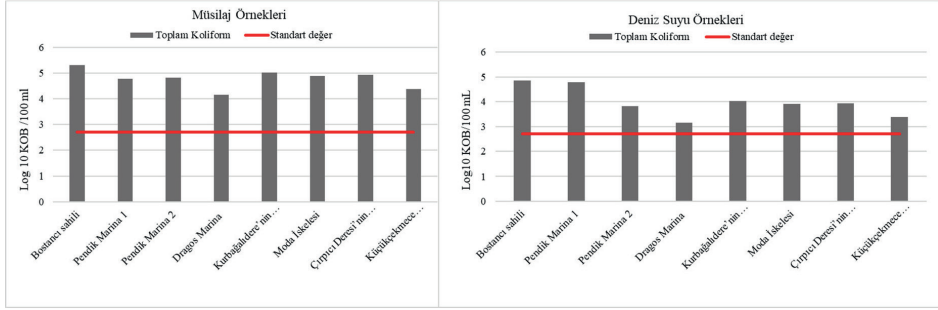
Örnek	Örneklem Mevkii	HAB (kob/ ml)
Müsilaj	Bostancı sahili	74x10¹⁴ ± 1.24
	Pendik Marina 1	74x10 ¹¹ ± 1.45
	Pendik Marina 2	53x10 ¹¹ ± 1.24
	Dragos Marina	84x10 ¹¹ ± 1.33
	Kurbağalıdere'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Kadıköy sahili	30x10 ¹¹ ± 2.40
	Moda İskelesi	91x10 ¹¹ ± 2.24
	Çırpıcı Deresi'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Zeytinburnu sahili	56x10 ¹² ± 1.42
	Küçükçekmece Lagününün Marmara Denizi bağlantı noktası / Menekşe sahili	45x10 ¹² ± 2.00
		Ortalama(±SD)
Deniz suyu	Bostancı sahili	27x10 ⁹ ± 1.42
	Pendik Marina 1	55x10 ¹⁰ ± 2.83
	Pendik Marina 2	62x10 ¹⁰ ± 2.82
	Dragos Marina	61x10 ¹⁰ ± 2.07
	Kurbağalıdere'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Kadıköy sahili	97x 10 ¹⁰ ± 2.56
	Moda İskelesi	17x 10¹¹ ± 1.46
	Çırpıcı Deresi'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Zeytinburnu sahili	32x10 ⁸ ± 1.10
	Küçükçekmece Lagününün Marmara Denizi bağlantı noktası / Menekşe sahili	55x10 ⁸ ± 1,00
		Ortalama (±SD)

kob: Koloni oluşturan birim

Müsilaj örneklerinde en yüksek HAB düzeyi $74 \times 10^{14} \pm 1.24$ kob/ ml olarak Bostancı sahilinde kaydedilmiştir. Deniz suyu örneklerinde en yüksek HAB düzeyi $17 \times 10^{11} \pm 1.46$ kob/ ml olarak Moda İskelesi'nde tespit edilmiştir.

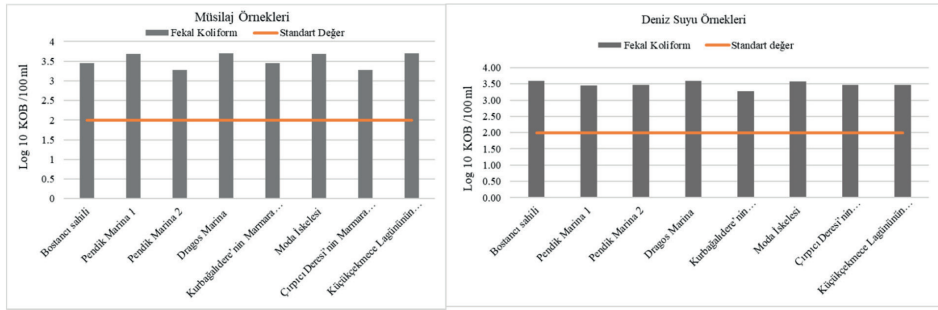
Tablo 2. Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde tespit edilen indikatör bakteri seviyeleri (kob/100 ml)

Örnek	Örnekleme Mevkii	TK	FK	IS
Müsilaj	Bostancı sahili	208 x10³±1,2	28x10 ² ±1,5	2x10 ² ±1,0
	Pendik Marina 1	59 x10 ³ ±0,5	48x10 ² ±2,5	1x10 ² ±1,5
	Pendik Marina 2	66 x10 ³ ±0,8	19x10 ² ±2,0	48x10 ² ±2,5
	Dragos Marina	14 x10 ³ ±1,5	50x10²±1,5	50x10²±3,1
	Kurbağalidere'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Kadıköy sahili	108 x10 ³ ±2,0	28x10 ² ±1,1	2x10 ² ±2,1
	Moda İskelesi	79 x10 ³ ±3,5	48x10 ² ±1,2	1x10 ² ±4,2
	Çırpıcı Deresi'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Zeytinburnu sahili	86 x10 ³ ±3,0	19x10 ² ±1,3	48x10 ² ±1,1
	Küçükçekmece Lagününün Marmara Denizi bağlantı noktası / Menekşe sahili	24 x10 ³ ±2,1	50x10 ² ±2,1	48x10 ² ±1,9
	Ortalama(±SD)	81x10 ³ ±0,5	36x10 ² ±2,5	25x10 ² ±0,5
Deniz suyu	Bostancı sahili	70x10³±0,5	38x10 ² ±0,3	3x10 ² ±1,5
	Pendik Marina 1	60x10 ³ ±1,5	28x10 ² ±2,1	3x10 ² ±2,5
	Pendik Marina 2	66x10 ² ±2,5	29x10 ² ±1,1	52x10 ² ±1,5
	Dragos Marina	14x10 ² ±1,5	40x10²±1,5	48x10²±3,5
	Kurbağalidere'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Kadıköy sahili	10x10 ³ ±0,5	18x10 ² ±0,5	2x10 ² ±0,5
	Moda İskelesi	79x10 ² ±3,5	38x10 ² ±2,5	2x10 ² ±1,5
	Çırpıcı Deresi'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Zeytinburnu sahili	86x10 ² ±5,3	29x10 ² ±1,5	37x10 ² ±2,5
	Küçükçekmece Lagününün Marmara Denizi bağlantı noktası / Menekşe sahili	24x10 ² ±2,1	30x10 ² ±1,7	38x10 ² ±1,5
	Ortalama (±SD)	21x10 ³ ±1,5	31x10 ² ±1,5	24 x10 ² ±0,5



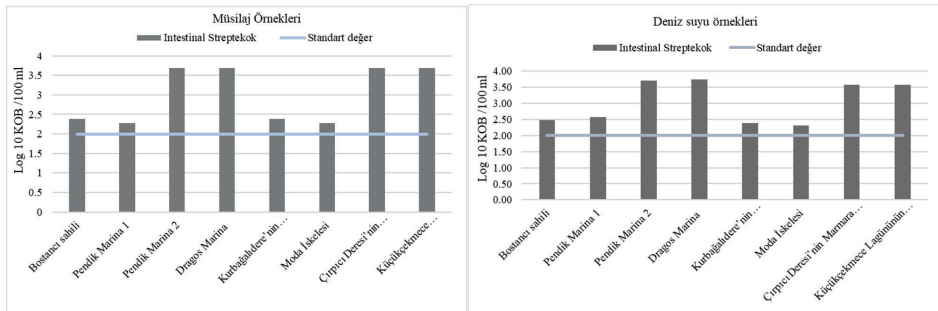
Şekil 3. Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde tespit edilen toplam koliform bakteri düzeyleri Log_{10} kob/100 ml

Müsilaj örneklerinde en yüksek toplam koliform bakteri $208 \times 10^3 \pm 1,2$ kob/100ml olarak kaydedilirken çevresindeki deniz suyunda en yüksek toplam koliform bakteri düzeyi $70 \times 10^3 \pm 0,5$ kob/100 ml olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4. Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde tespit edilen fekal koliform bakteri düzeyleri Log_{10} kob/100 ml

Müsilaj örneklerinde en yüksek fekal koliform bakteri $50 \times 10^2 \pm 1,5$ kob/100 ml olarak kaydedilirken çevresindeki deniz suyunda en yüksek fekal koliform bakteri düzeyi $40 \times 10^2 \pm 0,5$ kob/100 ml olarak kaydedilmiştir.



Şekil 5. Müsilaj ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerde tespit edilen toplam intestinal streptokok düzeyleri Log_{10} kob/100 ml

Müsilaj örneklerinde en yüksek intestinal streptokok düzeyi $50 \times 10^2 \pm 3,1$ kob/100 ml olarak kaydedilirken çevresindeki deniz suyunda en yüksek intestinal streptokok düzeyi $48 \times 10^2 \pm 3,5$ kob/100 ml olarak kaydedilmiştir.

Müsilaj ve deniz suyundan alınan örneklerde toplam çözünmüş karbonhidrat konsantrasyonları Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 3. Müsilaj ve deniz suyundan alınan örneklerde toplam çözünmüş karbonhidrat konsantrasyonları

Örnek	Mevkii	Toplam Çözünmüş Karbonhidrat (mg/L)
Müsilaj	Bostancı sahili	75±1.2
	Pendik Marina 1	82±1.7
	Pendik Marina 2	85±2.0
	Dragos Marina	84±1.8
	Kurbağalıdere'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Kadıköy sahili	61±1.4
	Moda İskelesi	55±0.7
	Çırpıcı Deresi'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Zeytinburnu sahili	52±1.2
	Küçükçekmece Lagününün Marmara Denizi bağlantı noktası / Menekşe sahili	50±1.1
Ortalama (±SD)		68±0.5
Deniz suyu	Bostancı sahili	42±1.2
	Pendik Marina 1	32±2.1
	Pendik Marina 2	34±1.4
	Dragos Marina	30±0.2
	Kurbağalıdere'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Kadıköy sahili	25±0.7
	Moda İskelesi	24±1.5
	Çırpıcı Deresi'nin Marmara Denizine döküldüğü nokta / Zeytinburnu sahili	27±1.4
	Küçükçekmece Lagününün Marmara Denizi bağlantı noktası / Menekşe sahili	22±1.6
Ortalama (±SD)		29.5±0.3

Müsilaj örneklerinde en yüksek toplam çözünmüş karbonhidrat 85 ± 2.0 mg/L olarak kaydedilirken en düşük 50 ± 1.1 mg/L olarak kaydedilmiştir. Çevresindeki deniz suyunda toplam çözünmüş karbonhidrat en yüksek 42 ± 1.2 mg/L en düşük 22 ± 1.6 mg/L olarak kaydedilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Evsel ve endüstriyel atık sular, dereler yoluyla taşınan kirleticiler, tarım ve hayvancılık faaliyetleri, gemi balast suları yoluyla taşınan kirlilik gibi insan kaynaklı kirlilik girdileri ortamda patojen bakterilerin varlığının göstergesi olan indikatör bakteri düzeyleri ile tanımlanabilmektedir.

Adriyatik Denizi'nde mülaj görünümüne ilişkin ilk rapor 1729'a kadar uzanmaktadır (Fonda-Umani vd., 1989). Marmara Denizi ile Adriyatik Denizi mülaj oluşumuna uygun çevresel ve hidrografik koşulların benzerliği ile ilişkilendirilebilse de mülajın sebepleri ve karakterizasyonu üzerinde fiziksel kimyasal ve biyolojik farklı etkenler raporlanırken ortama giren besin elementlerinde artışa bağlı azot fosfor dengesi değişimlerine neden olan insan kaynaklı kirlilik etkenlerinin ortak paydayı oluşturduğu görülmektedir.

Nisan-Mayıs 2021 yılında elde ettiğimiz bu çalışma ile elde edilen ön verilere göre Marmara Denizi'nde 2000 yılından bu yana farklı çalışmalarımızla rapor ettiğimiz indikatör bakteri düzeyleri (Altuğ vd. 2010b, 2013, 2016; Hulyar & Altuğ, 2020) mülaj oluşumunun yaşandığı 2007-2008 yılında mülajdan ve çevresindeki deniz suyundan alınan örneklerden elde edilen indikatör bakteri düzeyleri (Aktan vd. 2008b; Altuğ 2010a) ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur. Bu durum 2021 yılında gözlenen mülaj olayı sürecinde ortamdaki bakteriyolojik kirlilik düzeyinin arttığını göstermektedir.

Deniz ekosistemlerinde heterotrofik bakterilerin varlığı, sergiledikleri biyokimyasal aktivitelerinin çözünmüş organik maddeyi ayrıştırma ve kullanma yeteneklerini belirlediği için önemlidir. Ortamda bulunan çözünmüş organik madde miktarındaki değişikliklere bağlı olarak ortamdaki bakterilerin sayısı, metabolik aktiviteleri ve kompozisyonları değişikliklere uğramaktadır. Bu nedenle heterotrofik bakteriler indikatör bakteri düzeyleri verilerine ilave olarak belirli bir bölgenin kirlilik bakımından çevresel durum göstergesi olabilir ve uzun süreli araştırmalar bu alana yönelik olası eğilimleri ortaya çıkarabilir. Marmara Denizi'nde 2000 yılından bu yana farklı çalışmalarla deniz suyundan elde ettiğimiz toplam heterotrofik bakteri sayısına yönelik veriler 10^5 - 10^8 kob/ml arasında değişirken, mülaj oluşumunun yaşandığı 2007-2008 yılında mülaj örneklerinde heterotrofik bakteri sayısı 10^{10} kob/ ml bulunmuştur (Aktan vd., 2008b; Altuğ vd., 2010a). Bu ön çalışma ile mülajda elde edilen HAB değerleri 2007-2008 döneminde mülajdan elde edilen HAB verilerine göre ortalama 10^2 kat daha yüksektir. Bu durum Marmara Denizi'nde yoğun mülaj varlığının yaşandığı ortamda 2021 Nisan- Mayıs döneminde heterotrofik bakteri varlığı açısından yaşanan yüksek yoğunluğu göstermektedir.

Deniz ortamında bakterilerin serbest yaşamaktan (bakteriyoplankton) çok partiküle tutunma eğilimi (associated bacteria) göstermeleri mülaj gibi biyokütlelerde bakterilerin varlığını ve bakteriyel süreçleri araştırmayı gerekli kılmaktadır. Deniz karı (marine snow) olarak tanımlanan dibe doğru partiküller akışı sağlayan oluşum normal koşullarda su kolonunda besin elementlerinin dikey dağılımını ve heterotrofik aktiviteyi sağlayarak yüzeyden dibe sağlıklı bir sis-

temin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır (Mecozzi vd., 2005; Del Negro vd. 2005). Ancak ortama giren besin elementlerinin artışına bağlı fitoplanktonik mikroorganizmaların artışı gibi birbirini tetikleyen farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin yer aldığı süreçlerde partiküle tutunma eğilimi gösteren bakterilerin biyokütle içindeki varlığının değişkenliği bu süreçteki bakteriyel ilişkileri belirlemektedir. Parçacıkların fiziksel süreçlerde çarpışması ve birbirine yapışması ile fiziksel koagülasyon gerçekleşirken fitoplanktonun aşırı artışında olduğu gibi ortam partikül bakımından zengin olduğunda, çarpışma hızlanmakta ve partiküllerin daha büyük birikimlere dönüşüm oranı artmaktadır. Denizdeki partiküllerin birbirine yapışma düzeyleri yine partiküllerin fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerine göre değişebilmektedir. Bu biyoküteller zengin flora ve faunaya sahip olabildiğinden biyolojik süreçler biyokütlenin ayrışmasında önem taşımaktadır ve heterotrofik aktivitenin sıcak noktalarını oluşturmaktadır (Herndl vd.,1999; Kiorboe, 2000; La Ferla vd., 2005).

Bakterilerin partiküllere tutunma eğilimleri müsülaj gibi organik madde bakımından zengin bir biyokütleyle bakterilerin ilgisini açıklarken bakteri popülasyonunun yüksek yoğunluğa ulaşması halinde fenotipik davranıştan (biyofilm oluşumu ve ekzoenzim üretimi için) sorumlu olan proteinleri içeren bakterilerin birbirini algılamasını sağlayan manyetik iletişim sinyalleri üretilir (Gram vd., 2002). Çalışmada elde ettiğimiz heterotrofik bakteri düzeylerine yönelik ön veriler Marmara Denizi'nde müsülaj gözlenen alanlarda bu sıcak noktaların oluştuğunu göstermektedir. Bakteri popülasyonundaki artışa bağlı olarak üretilen sinyal molekülleri müsülaj gibi yapılarda mukus üretimi ve bozunması sırasında mikrobiyal çeşitliliğinin oluşmasında belirleyici olmaktadır. Müsülajda tespit ettiğimiz yüksek düzeyde aerobik heterotrofik bakteri varlığının ortamda tespit ettiğimiz çözünmüş karbonhidrat artışı karşısında yetersiz kaldığı bulgusundan hareketle bakterinin ortamdaki organik yapıyı normal süreçlerde olduğu gibi dönüştüremediği hücre dışına salgılanan enzimlerle ortamdaki yapışkan ve tutunma sağlayan yapıyı güçlendirerek bu biyokütleyle kattığı anlaşılmaktadır. Bu durum mikrobiyal topluluktaki değişiklikleri ortaya çıkarmak için bakteriyolojik çalışmaların gerekliliğini göstermektedir.

Deniz yüzeyinde görülen müsülajın mukus makroagregatları olarak dibe inmesi anında pelajik ve bentik canlılar için bir tehlike oluşturduğundan (Schiaparelli vd., 2007) ayrıca su sütunu içindeki ve tabanın üzerindeki bakteriyel ekzoenzim aktiviteleri ve biyojeokimyasal bozunma süreçlerine yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır.

ÖNERİLER

Müsülajın ayrışma sürecinin sağlıklı bir flora ya bağlı olduğu tezi ile ayrışmadan kalan bu biyokütlenin ayrışmasının hızlandırılması ve bunun doğal yollarla gerçekleştirilmesi ekosistem ve halk sağlığının sürdürülebilirliği bakımından önem taşımaktadır. Endüstri 4.0 çağının deniz biyoteknolojisi alanında oluşturduğu çalışma alanları düşük çevresel etkiyle gerçekleştirecek biyolojik iyileştirme

yöntemlerini tavsiye ederken, mavi büyüme olarak tanımlanan alan deniz canlı kaynaklarının iktisadi kullanım yollarının çevre ile ilişkili kollarında fırsatlar sunmaktadır. Ancak çevresel kirleticilere karşı doğada gerçekleşen bakteriyel dönüşümleri insan eliyle hızlandıracak biyolojik yaklaşımlar geliştirmek için öncelikle bölgesel bakteriyolojik verilerin tanımlanması gerekmektedir. Deniz ekosisteminde yer alan ekosistem döngülerinin önemli bileşenleri olan yararlı bakterilerin metabolik özelliklerinden yararlanarak müsilajın bakteriyolojik degradasyonunun/doğal ayrışmasının hızlandırılması ile biyolojik iyileştirme amaçlı kullanımına yönelik saha çalışmalarımız devam etmektedir. Kirleticilere karşı biyolojik iyileştirme metotları geliştirerek AB yeşil mutabakatı, sürdürülebilir kalkınma, 2050 sıfır karbon toplumu için hedef ve stratejiler gibi uluslararası düzenlemelere uyum konusunda erken pozisyon alan ülkeler avantaj sağlayacaktır. Müsilajın tekrarlayan bir problem olmasını önleyecek en önemli çözüm olan kirletici kaynakların durdurulmasının sağlanmasının yanında, iklim değişikliği nedeni ile ayrı bir baskı yaşayan ekosistemin sürdürülebilir kullanımı için biyolojik yöntemlerden yararlanma yollarının geliştirilmesi gerekmektedir. Ortamda karbonhidrat katabolizmasında rol alan bakteri düzeylerinin azalması müsilaj benzeri oluşumlar için erken uyarıcı sebepler olarak değerlendirilebilir.

Kaynakça / References

- Aktan, Y., Dede A., & Çiftçi P.S. (2008a). Mucilage event associated with diatoms and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey. An IOC Newsletter on toxic algae and algal blooms, *The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*, 36, 1–3.
- Aktan, Y., Altuğ, G., Topaloğlu, B., & İşinibilir, M. (2008b). İzmit Körfezi Müsilaj Çalışması. *Kocaeli Büyükşehir Belediyesi*, Sonuç Raporu.
- Altuğ, G., Çardak, M., & Çiftçi, P.S. (2010a). Marmara Denizi'nde Müsilaj Oluşumu ve Bakteriyele Etkileşimler. Marmara Denizi 2010 Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 25-26 Eylül 2010, no.32, ss.456-463..
- Altuğ G., Gürün S., Çiftçi Türetken P.S., & Hulyar O. (2010b). Marmara Denizi, İstanbul İli KıyısAl Alanında Patogen Bakteriler ve Bakteriyojik Kirlilik, Marmara Denizi 2010 Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 25-26 Eylül 2010, no.32, ss.422-429.
- Altuğ, G., Çardak, M., Çiftçi, P.S., & Gürün, S. (2013). First Records and Microgeographical Variations of Culturable Heterotrophic Bacteria in an Inner Sea (the Sea of Marmara) Between the Mediterranean and the Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Biology*, (37), 184-190
- Altuğ G., Gürün S., Kalkan S., & Çiftçi Türetken P.S. (2016), Marmara Denizi'nde Bakteriyojik Kirlilik ve Yansımaları, II. Marmara Denizi Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 22-23 Aralık , ss.62-67.
- APHA (American Public Health Association). (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater (22th ed.) United States, Washington
- Balkis , N., Sivri, N., Linda Frain, N., Balci, M., Durmus, T., Sukatar, A. (2013). Excessive growth of *Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kutzing and enteric bacteria in mats in the Southwestern Istanbul coast, Sea of Marmara. *IUFS Journal of Biology*, 72(2), 41–48.
- Balkis-Ozdelice, N., Durmuş, T., & Balci, M.. (2021). A Preliminary Study on the Intense Pelagic and Benthic Mucilage Phenomenon Observed in the Sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(4), 414–422. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.954787>
- Danovaro, R., Fonda Umani, S., & Pusceddu, A.. (2009). Climate Change and the Potential Spreading of Marine Mucilage and Microbial Pathogens in the Mediterranean Sea. *PLOS ONE*, 4(9), e7006. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007006>
- Fonda Umani, S., Del Negro, P., Larato, C., De Vittor, C., Cabrini, M., Celio, M., Falconi, C., Tamberlich, F., & Azam, F.. (2007). Major inter-annual variations in microbial dynamics in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea) and their ecosystem implications. *Aquatic Microbial Ecology*, 46, 163–175. <https://doi.org/10.3354/ame046163>
- Gram, L., Grossart, H.-P., Schlingloff, A., & Kjørboe, T.. (2002). Possible Quorum Sensing in Marine Snow Bacteria: Production of Acylated Homoserine Lactones by Roseobacter Strains Isolated from Marine Snow. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8), 4111–4116. <https://doi.org/10.1128/aem.68.8.4111-4116.2002>
- Heissenberger, A., Leppard, G.C., & Herndl, G.J. (1996) Ultrastructure of marine snow. II. Microbiological considerations. *Marine Ecology Progress Series*, 135:299–308
- Herndl, G.J., Arietta, J.M., & Stoderegger, K. (1999). Interaction between specific hydrological and microbial activity leading to extensive mucilage formation in the northern Adriatic Sea. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*, 35:405–409.
- Hulyar, O., & Altuğ, G. (2020). The Bacteriological Risk Transported to Seas by Rivers; the Example of Çarşıcı River, the Sea of Marmara, Istanbul, Turkey. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 7(1), 45–53. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.704260>
- Kjørboe, T. (2000). Colonization of marine snow aggregates by invertebrate zooplankton: Abundance, scaling, and possible role. *Limnology and Oceanography*, 45(2), 479–484. <https://doi.org/10.4319/lo.2000.45.2.0479>

- La Ferla, R., & Leonardi, M.. (2005). Ecological implications of biomass and morphotype variations of bacterioplankton: an example in a coastal zone of the Northern Adriatic Sea (Mediterranean). *Marine Ecology*, 26(2), 82–88. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2005.00049.x>
- Leppard, G.G., Heissenberger, A., Herndl, G.J. (1996). Ultrastructure of marine snow. I. Transmission electron microscopy methodology. *Marine Ecology Progress Series*, 135:289–298.
- Mecozzi, M., Pietrantonio, E., Di Noto, V., & Pápai, Z.. (2005). The humin structure of mucilage aggregates in the Adriatic and Tyrrhenian seas: hypothesis about the reasonable causes of mucilage formation. *Marine Chemistry*, 95(3-4), 255–269. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2004.09.005>
- Mecozzi, M., Amici, M., Pietrantonio, E., & Acquistucci, R.. (1999). Ultrasound-assisted analysis of total carbohydrates in environmental and food samples. *Ultrasonics Sonochemistry*, 6(3), 133–139. [https://doi.org/10.1016/s1350-4177\(99\)00010-3](https://doi.org/10.1016/s1350-4177(99)00010-3)
- Del Negro, P., Crevatin, E., Larato, C., Ferrari, C., Totti, C., Pompei, M., Giani, M., Berto, D., & Fonda Umani, S.. (2005). Mucilage microcosms. *Science of the Total Environment*, 353(1-3), 258–269. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.018>
- Passow, U., Shipe, R. F., Murray, A., Pak, D. K., Brzezinski, M. A., & Alldredge, A. L.. (2001). The origin of transparent exopolymer particles (TEP) and their role in the sedimentation of particulate matter. *Continental Shelf Research*, 21(4), 327–346. [https://doi.org/10.1016/s0278-4343\(00\)00101-1](https://doi.org/10.1016/s0278-4343(00)00101-1)
- Schiaparelli, S., Castellano, M., Povero, P., Sartoni, G., & Cattaneo-Vietti, R.. (2007). A benthic mucilage event in North-Western Mediterranean Sea and its possible relationships with the summer 2003 European heatwave: short term effects on littoral rocky assemblages. *Marine Ecology*, 28(3), 341–353. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2007.00155.x>
- Simon, M., Grossart, H., Schweitzer, B., & Ploug, H.. (2002). Microbial ecology of organic aggregates in aquatic ecosystems. *Aquatic Microbial Ecology*, 28, 175–211. <https://doi.org/10.3354/ame028175>
- Turk, V., Hagström, Å., Kovač, N., & Faganeli, J.. (2010). Composition and function of mucilage macroaggregates in the northern Adriatic. *Aquatic Microbial Ecology*, 61(3), 279–289. <https://doi.org/10.3354/ame01447>
- Verdugo, P., Alldredge, A. L., Azam, F., Kirchman, D. L., Passow, U., & Santschi, P. H.. (2004). The oceanic gel phase: a bridge in the DOM–POM continuum. *Marine Chemistry*, 92(1-4), 67–85. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2004.06.017>