

**MARMARA DENİZİ'NDE MÜSİLAJ SORUNU
VE
ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ**

**MUCILAGE PROBLEM
AND
SOLUTION METHODS IN THE SEA OF MARMARA**

Doç. Dr. Zeki Ünal Yümün
Prof. Dr. Erol Kam

**Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN / Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi /
zyumun[at]nku.edu.tr / ORCID: 0000-0003-0658-0416**

1992 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı ve 1996 yılında lisans eğitimini tamamladı. 1997-2000 yılları arasında Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans ve 2000-2005 yılları arasında yine Doktora yaptı. 1997'de C. Ü. Sivas M.Y.O. İnşaat Programı'nda Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı ve 2007 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Bölümü'ne Yrd. Doç. Dr. olarak atandı. 2012 yılında Namık Kemal Üniversitesi'ne Yrd. Doç. Dr. Olarak ve 2018'de Doç. Dr. olarak atandı ve halen Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. İngilizce bilmekte, evli ve iki çocuk babasıdır. Uzmanlık alanları; Deniz ve Kıyı Jeolojisi, Çevre Jeolojisi ve Deniz Ekosistemleri, Katı Atık Depolarının Sahalarının Projelendirilmesi.

**Assoc. Prof. Zeki Ünal YÜMÜN / Namık Kemal University /
zyumun[at]nku.edu.tr / ORCID: 0000-0003-0658-0416**

He completed his undergraduate education at Cumhuriyet University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering in 1992 Between 1997-2000, he completed his Master's Degree at Cumhuriyet University, Institute of Science and between 2000-2005, he completed his PhD. He graduated from Cumhuriyet University Sivas M.Y.O. in 1997. He became Assistant Professor in the Department of Geology, Faculty of Engineering and Architecture, Balıkesir University in 2007. started his job. He was appointed as an Assistant Professor to Namık Kemal University in 2012. He was appointed as Associate Professor in the Environmental Engineering Department of Çorlu Engineering Faculty in 2018. He speaks English, is married and has two children. Areas of Expertise: Marine and Coastal Geology, Environmental Geology and Marine Ecosystems, Designing of Solid Waste Storage Sites.

**Prof. Dr. Erol KAM / Yıldız Teknik Üniversitesi /
erolkam[at]yildiz.edu.tr / ORCID: 0000-0001-5850-5464**

1977 yılında doğmuştur. 1999 yılında Fizik Bölümün'de mezun olmuştur. Yüksek Lisansını çevresel radyoaktivite ve Doktorasını dijital nötron radyografi sisteminin tasarımı alanında tamamlamıştır. Doktora sonrasında Münih Teknik Üniversitesi NECTAR II Araştırma Reaktöründe Dijital nötron tomografi alanında yapmıştır. Berlin Helmholtz Zentrum, BER II ve Hamburg DESSY araştırma merkezi olmak üzere Japonya Atom Enerjisi Ajansı, Macaristan Budapest Atom Enerjisi Araştırma Enstitüsü (KFK), İspanya ve Uluslararası Atom Enerji Ajansı'nda Nükleer uygulamalar alanında eğitim almıştır. SCI, SCI expanded, Uluslararası Hakemli Dergilerde ve Uluslararası Kongrelerde yayımlanmış 160 çalışması mevcuttur. Uluslararası birçok dergide editörlük ve hakemlik yapmaktadır. Halen Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

**Prof. Dr. Erol KAM / Yıldız Technical University /
erolkam[at]yildiz.edu.tr / ORCID: 0000-0001-5850-5464**

Born in 1977. He graduated from the Department of Physics in 1999. He completed his MSc in environmental radioactivity and his PhD in design of digital neutron radiography system. He completed his post-doctoral studies in the field of digital neutron tomography at Munich Technical University NECTAR II Research Reactor. He received training in the field of Nuclear in Berlin Helmholtz Zentrum, BER II and Hamburg DESSY research center, Japan Atomic Energy Agency-Ibaraki, Atomic Energy Research Institute (KFK), Budapest- Hungary, International Atomic Energy Agency. He has 160 studies published in SCI, SCI expanded, International Refereed Journals and International Congresses. He is an editor and referee in many international journals. He is still working as a lecturer at Yıldız Technical University.

MARMARA DENİZİ'NDE MÜSİLAJ SORUNU VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Özet

Marmara Denizi'ne akan atıksuların taşıdığı besin maddelerinden dolayı denizde alg ve diğer fitoplanktonlar da ciddi bir çoğalma meydana gelmiştir. Alg ve diğer fitoplanktonlara bağlı olarak da Marmara Denizi'nde deniz salyası meydana gelmiş ve etkisini halen sürdürmektedir. Deniz suyunun, toplam karbon, inorganik karbon, toplam organik karbon ve toplam azot değerleri analiz edilmiştir. Deniz salyasının da toplam karbon, inorganik karbon, toplam organik karbon ve toplam azot değerleri saptanmıştır. Müsilajın pH değeri 6,70-6,94 arasında, deniz suyunun pH değeri ise 7,97-8,15 arasındadır. Müsilajın asidik, deniz suyunun ise bazik olduğu görülmektedir. Yapılan azot+fosfor deneyinde deniz suyunun pH değeri 7,13-7,25'e kadar düştüğü, müsilajda ise 6,4'e düşerek ortamın asitleştiği görülmüştür. Deniz suyunun asitliğin artışıyla birlikte elektrik iletkenliği de artmıştır. Deniz salyasının çözünmüş oksijen miktarı ölçülemeyecek kadar küçük olup, %25 tatlı su katılması durumunda oksijen değeri 1,21-1,22 ppm'e kadar yükselmektedir. Deniz ekosisteminin korunması için denize atılmamış sular atılmamalı, bunun aksine Marmara Denizi'ne tatlı su veya oksijeni yüksek deniz sularının katılması, deniz ekosisteminin korunmasına katkı yapacaktır.

Anahtar Kelimeler:

Müsilaj, Deniz salyası, Nutrient, Deniz kirliliği, Marmara Denizi.

MUCILAGE PROBLEM AND SOLUTION METHODS IN THE SEA OF MARMARA

Abstract

Due to the nutrients carried by the wastewater flowing into the Marmara Sea, a serious proliferation of algae and other phytoplankton has occurred in the sea. Depending on algae and other phytoplanktons, sea saliva has occurred in the Sea of Marmara and is still continuing its effect. Total carbon, inorganic carbon, total organic carbon and total nitrogen values of sea water were analyzed. Total carbon, inorganic carbon, total organic carbon and total nitrogen values of sea saliva were also determined. The pH value of mucilage is between 6.70-6.94, and the pH value of sea water is between 7.97-8.15. It is seen that mucilage is acidic and seawater is basic. In the nitrogen + phosphorus experiment, it was observed that the pH value of sea water decreased to 7.13-7.25, and the environment became acidified by decreasing to 6.4 in mucilage. The electrical conductivity of seawater increased with the increase in acidity. The dissolved oxygen content of sea saliva is too small to be measured, and the oxygen value rises up to 1.21-1.22 ppm if 25% fresh water is added. Untreated water should not be thrown into the sea to protect the marine ecosystem, on the contrary, adding fresh water or sea water with high oxygen content to the Sea of Marmara will contribute to the protection of the marine ecosystem.

Keywords:

Mucilage, Sea saliva, Nutrient, Marine pollution, Marmara Sea.

GİRİŞ

Marmara Denizi

Marmara Denizi kıtasal bir kabuk üzerinde bulunan 5-20 milyon yıl önce oluşmuş bir iç deniz özelliği taşımaktadır. Marmara Denizinin sınırlarının tamamı Türkiye'nin içinde kalan bir içdeniz konumundadır. Aynı zamanda Ege Denizi ve Karadeniz'i birbirine bağlayan bir su yolu niteliğindedir. Ege Denizi'ni Marmara Denizi'ne bağlayan Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizi'ni Karadeniz'e bağlayan İstanbul Boğazı hem ekolojik açıdan hem de jeo-politik açıdan son derece önemli konumları bulunmaktadır. Avrupa ile Asya kıtalarını birbirine bağlayan İstanbul Boğazı'nın en dar noktası 700 m civarındadır. Marmara Denizi'nin güney ve kuzey kıyılarının jeolojik yapısı birbirinden farklı özellikler göstermektedir. Marmara Denizi'nin kuzeyinde yüzeylenen kayalar Senozoyik (3. Zamanı) dönemine ait karbonatlar, kireçli kilaşları ve kumtaşlarından meydana gelmektedir. Bu bölümde jeomorfolojik olarak da yüksek olmayan dağ, tepe ve platoların varlığından söz edilebilir. Marmara Denizi'nin güney kıyıları Paleozoik (250 milyon yıldan eski) dönemine ait metamorfik kayalardan (başkalaşım, kristalin) oluşan bir jeolojik yapıya sahiptir. Marmara Denizi'nde 1000 m den daha fazla derin olan çukurluklar bulunmaktadır. Bu çukurlar Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) güzergahında oluşan tipik fay morfolojisidir.

Marmara denizi hidrolojik olarak Ege Denizi ve Karadeniz arasında bir geçiş konumundadır. Ege Denizi Marmara Denizi'ne göre, Marmara Denizi ise Karadeniz'e göre daha tuzludur. Karadeniz'den Marmara'ya doğru yüzeysel bir akış meydana gelirken, Marmara Denizi'nden Karadeniz'e doğru taban akışı olmaktadır. Bu nedenle Karadeniz'in az tuzlu suları Marmara Denizi'ne katılarak deniz suyunun tuzluluğunun dengelenmesini sağlamaktadır. Su akışı olmazsa özellikle kurak yaz dönemlerinde oluşacak evaporasyon (buharlaşıma) ile Marmara Denizi'nde tuzluluk aşırı artar ve denizel yaşamı tehdit eder. Çanakkale Boğazı'nda ise Marmara Denizi'nden Ege'ye yüzeysel su akışı olurken, Ege Denizi'nden Marmara Denizi'ne dip akışı oluşmaktadır. Marmara denizinde yüzeyden itibaren 15-20 m derine kadar tuzluluk binde 20-22 civarında tuzluluk varken derine doğru tuzluluk oranı artmaktadır. Marmara Denizi'nde yüzey suyu sıcaklık değerleri kışın 7-10 ° C, yazın ise 22-26 ° C derece arasında değişir.

Marmara Denizi'nin kıyılarında artan yerleşim yerleri nedeniyle nüfus artışı yüksek düzeydedir. Nüfus artışı ve yoğun sanayileşme nedeniyle evsel ve sanayi atıkları hızlı bir artış göstermektedir. Marmara denizi çevresindeki sanayi tesislerinin ön arıtma yapmadan veya kaçak olarak atıksularını kanalizasyon sistemine vermesinin ve atıksuların sucul ortama direkt verilmesinin önlenmesi gerekmektedir. Deniz taşımacılığı ve Ege Denizi-Karadeniz arasında gerçekleşen çift yönlü gemi trafiği denizin önemli ölçüde kirlenmesine neden olmaktadır. (Yümün, 2017) (Yümün, Kam, Dinçer, Önce & Yümün, 2021) ile (Kam & Yümün, 2021) çalışmalarında gemilerin dalgalı dönemlerde geçici olarak demirledikleri

lokasyonlarda deniz suyu ve deniz sedimentlerinin önemli ölçüde kirlendiğini (Yümün & Kam, 2017) saptamışlardır. Gemilerin bıraktığı balans ve sintine suları ile yerleşim yerlerinden çıkan atık suların yeterince arıtılmadan denize atılması sonucu deniz suyu ve taban sedimanlarında kirlilik yükü sürekli artmaktadır (Yümün & Önce, 2017). Kirlenen denizde zaman zaman toplu balık ölümleri ve alg patlamaları görülmektedir. Alg patlamasıyla beraber son günlerde gündemi meşgul eden deniz salyası (müsilaj) deniz yüzeyini ciddi bir şekilde kaplamıştır.

Deniz Salyası (Müsilaj) Nedir:

Deniz salyası, deniz müsilajı ya da deniz sümüğü denizlerde görülen sümük benzeri organik maddeler topluluğudur. Kremsi ve jelatinimsi olabilen bu topluluklar başlangıçta genelde zararlı olmayabilir ancak kirli denizlerde üreyen müsilaj oluşturan veya oluşturmayan algler zamanla çürüyerek çözünmüş organik madde olarak suya geçmektedir. Suda bulunan bu çözünmüş organik maddeyi parçalamak isteyen aerobik (oksijene bağımlı yaşayan) bakteriler parçalama esnasında sudaki oksijeni tüketerek anaerobik (oksijensiz) bir ortam oluşturmakta ve oksijensiz ortamda kalan balıklar ve gelişmiş canlıların tümü ölmektedir. Oksijen bakımından fakir ortam olduğu için, müsilaj içinde ölen canlıların virüs ve bakteri taşınması sonucu tehlikeli bir duruma gelebilir (BBC-News, 2021).

Müsilaj, hemen hemen tüm bitkiler ve bazı mikroorganizmalar tarafından üretilen yoğun ve yapışabilir bir maddedir. Mikroorganizmalardan protistalar müsilajı hareketi için kullanmakta ve hareketin yönü müsilaj salgısının tersi yöndür (Vikipedi, 2021). Müsilaj aynı zamanda polar bir glikoprotein ve bir ekso polisakarittir. Bitkilerde müsilaj, su, gıda gibi maddelerinin depolanmasında ve tohumun çimlenmesinde rol oynar. Kaktüs ve keten tohumlarında oldukça zengin bir müsilaj vardır (Vikipedi-2, 2021).

Deniz salyası Marmara Denizi'nde olduğu gibi diğer denizlerde de zaman zaman görülen bir vakadır. Bu durum aslında denizlerde yaşamı tehdit eden önemli problemdir. Deniz sümüğü, E. coli gibi bakteriler bakımından zenginleşerek deniz yaşamını tehdit etmektedir. Ayrıca, salya içine giren deniz canlılarının solungaçlarının tıkanmasına neden olabilirler, bu nedenle oksijensiz kalan canlılar ölürlür. Deniz salyası, suda bol miktarda besin bulunan bölgelerde uzun süren ılık sıcaklıklar ve sakin havanın bir sonucu olarak oluşur (Vikipedi-3, 2021).

Deniz karı küreleri, çapı 200 km gibi geniş alanları kaplayabilen, büyük damlalar halinde pıhtılaşabildiği belirlenmiştir (National Geographic, 2021). Deniz salyasının stres altına giren bitkisel planktonlar (fitoplanktonlar) tarafından da üretilir (Vikipedi-4, 2021). Ayrıca deniz altı faylarından çıkan sülfür gazlarının yoğun çıkışı ve denizdeki bu gazlar sebebiyle oksijen oranının düşmesi buna bağlı olarak da müsilajlar oluşabilmektedir (Vikied-5, 2021). Akdeniz'de ve diğer denizlerde 2009'dan beri görülen deniz salyası, git gide artış göstermekte ve iklim değişikliğinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Uğurtaş, 2021). İlk olarak 1729'da rapor edilen deniz salyası (müsilaj), daha sıcak, durgun ya da az hareket eden sular, müsilaj üretimini artırır ve büyük kütlelerde birikmesine

neden olur (Dell'Amore, 2009). Meksika Körfezi'ndeki Deepwater Horizon petrol sızıntısı, büyük miktarda müsilaj oluşumunu sağlamıştır (Dell'Amore, 2010).

Deniz salyası sucul ortamlarda (özellikle denizlerde) yaşayan bentik ve planktik algler ile diğer fitoplanktonların salgıladıkları jöle kıvamında bir maddedir. Denizel ortama deşarj edilen az arıtılmış ve/veya arıtılmamış suların taşıdığı nütrientler algler ve diğer fitoplanktonların aşırı beslenmesine ve sayılarının aşırı artışına neden olmaktadır. Nütrientler; Gübrelerle verilmeyen mutlak gerekli elementler (C, O ve H), Makro elementler (N (Azot), P (Fosfor), K (Potasyum), S (Kükürt), Ca (Kalsiyum) ve Mg (Magnezyum) ve Mikro elementlerdir Fe (Demir), Zn (Çinko), Mn (Magnezyum), Cu (Bakır), B (Bor), Cl (Klor) ve Mo (Molibden). Zamanla besin (nütrient) bakımında zenginleşen ortamda alg patlaması olarak da tanımlanan alglerin çok fazla artmasına neden olmaktadır.

Beraberinde diğer fitoplanktonlarda da tür çeşitliliği ve birey sayısında aşırı artışlar meydana gelmektedir. Fert sayısı artan özellikle alglerin ve diğer bitkisel organizmaların iklim değişimlerine de bağlı olarak salgıladıkları jölemsi yapışkan madde sucul ortamda birleşerek müsilajı oluşturmaktadır. Müsilaj (deniz salyası) özellikle denizin yüzeyinde ve az miktarda da deniz tabanında ciddi kirliliklere neden olmaktadır. Yapışkan olan madde çevrede yaşayan algleri, diğer planktonları, organik ve inorganik diğer maddeleri de bünyesine alarak geniş alanlara yayılmaktadır. Deniz yüzeyini kaplayan müsilaj, denizel ortamın güneş ışıkları almasının önüne geçmekte ve ortamın oksijen bakımından fakirleşmesine neden olmaktadır. Denizel ortamda gerçekleşen bu fizikokimyasal ve biyolojik değişim, ortamda yaşayan canlıların ölümüne neden olmakta ve ortama bakteri ve pis koku yayan ciddi bir sorun haline gelmektedir.

Marmara Denizi'nde meydana gelen deniz salyası ciddi ölçüde denizel yaşamı tehdit etmiş ve ciddi ölçüde çevre kirliliğine neden olmuştur. Bu çalışma, deniz salyasının oluşum nedenleri ortaya koymayı ve ileriki dönemlerde bu kötü durumun tekrarlanmaması için öneriler sunmayı amaçlamıştır.

MATERYAL VE METOTLAR

Marmara Denizi'nde oluşan müsilaj sonununu çözmeye yönelik olarak, Tekirdağ-Marmara Ereğlisi'nde denizden su ve müsilaj örnekleri alınmıştır. Organik madde analizleri ve element analizleri (ICP-OES) için deniz suyundan, müsilaj örneğinden ve müsilaj bölgesinden alınan deniz suyundan 500 ml örnekler hazırlanmıştır.

Toplam organik karbon analizi için TOC- L serisi analiz cihazı (Model SSM 5000 A) kullanılmıştır. Bu cihaz ile TC, TOC ve IC ölçümleri yapılmıştır. Numunelerde C/N oranını belirlemek amacıyla toplam azot ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Azot ölçümü Vapodest VAP 20s model cihaz ile gerçekleştirilmiştir. TOC- L serisi, 680°C'de yakma katalitik oksidasyon metodu ile çalışmaktadır. Cihazın

4 µg/L ile 30,000 mg/L arasında çok geniş bir ölçüm aralığı bulunmaktadır. Bu yakma katalitik oksidasyon metodu ile elde edilebilen en yüksek hassasiyet seviyesidir. İlave olarak, yakma katalitik oksidasyon metodu sayesinde yalnızca kolay dekompoze olabilen düşük molekül ağırlıklı organik bileşiklerin değil aynı zamanda çözünmeyen dekompoze olması zor ve makromoleküler organik bileşiklerin de verimli bir şekilde okside olmasını mümkün kılmaktadır. Tipik toplam organik karbon (TOC) ölçümünde hem toplam karbon (TC) hem de inorganik karbon (IC) değerleri ölçülmektedir. İnorganik karbon miktarının toplam karbon miktarından çıkarılmasıyla toplam organik karbon miktarı elde edilmiştir.

Element analizleri için su numunelerinden 15 gr tartılarak alınmış ve ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanıp, filtre kağıtları kullanılarak süzülmüştür. Hazırlanan numune ICP-OES cihazının ölçüm ünitesine konularak okumalar yapılmıştır. Fiziksel analizlerde, EcoSence Marka DO200A Model Taşınabilir Oksijen Ölçer, Trans Instruments Marka HP3040 pH, ORP/mV Model taşınabilir Ph ve Elektirik İletkenliği Ölçer, ZAG INSTRUMENTS Marka ATC Model taşınabilir Tuzluluk Ölçer, Multitermeometer Marka (-50 - +150 °C) kapasiteli taşınabilir ısı ölçer kullanılmıştır. Bu ölçümler numunelere %20 lik N ve P gübresi eklendikten sonra ve müsilağ örneğine %25 tatlısı (Kuyu Suyu) eklenerek yenilenmiştir.

MARMARA DENİZİ'NDE MÜSİLAJ OLUŞUM NEDENLERİNİN ARAŞTIRILMASI:

Marmara Denizi'nde oluşan müsilağın sebeplerini araştırmak için çalışma başlatılmış ve Marmara Ereğlisi'nde denizden su ve müsilağ örnekleri alınmıştır (Şekil-1).



Şekil 1. Marmara Denizi'nden alınan su ve müsilağ örnekleri (1-2: müsilağın olmadığı bölge deniz suyu; 3-4: müsilağ; 5-6 müsilağ bölgesinden alınan deniz suyu)

Alınan deniz suyu ve müsilağ örneklerinin organik madde analizi (Tablo 1) ve element analizleri yaptırılmıştır. Ayrıca numunelerin, oksijen içeriği, Ph ve Tuzluluk durumu ölçülmüştür (Tablo 2).

M.Ereğlisi-2 numunesi müsilağ olmayan bölgeden alınan deniz suyu numunesi olup, burada toplam karbon (TC= 36 ppm), inorganik karbon (IC= 26 ppm), toplam organik karbon (TOC=10 ppm) ve toplam azot (TN=0,3 ppm) olarak elde edilmiştir (Tablo 1). Müsilaj bölgesindeki denizden alınan su ve müsilağ ayıklandıktan sonra elde edilen alglerin toplam organik madde konsantrasyonları yakın değerlerdir. Deniz suyunun inorganik karbon değerleri yüksek, alglerin ise organik karbon değerleri yüksektir. Benzer şekilde kurutulmuş alglerin toplam azot değeri (TN=3,2 ppm) nispeten yüksek iken deniz suyunun toplam azot değeri (TN=0,8 ppm) daha düşüktür. M.Ereğlisi-3 numunesi müsilağ numunesi olup, burada toplam karbon (TC= 422 ppm), inorganik karbon (IC= 93 ppm), toplam organik karbon (TOC=329 ppm) ve toplam azot (TN=17 ppm) olarak elde edilmiştir (Tablo 1). Müsilajın organik madde içeriği yüksek olduğu için, yapraklarında müsilağa benzer bir sıvı bulunduran aleovera bitkisinden yapışkan bir madde elde edilerek laboratuvarında organik madde analizleri yapılmıştır. Aleovera müsilağında toplam karbon (TC= 866 ppm), inorganik karbon (IC= 11 ppm), toplam organik karbon (TOC=855 ppm) ve toplam azot (TN=17 ppm) olarak elde edilmiştir (Tablo 1). Burada elde edilen toplam karbon ve organik karbon değerleri deniz müsilağından daha fazla, azot değeri ise her iki müsilağda da aynıdır. Burada müsilağın çoğunlukla organik kökenli olduğunu ve algler ve diğer fitoplanktonların ürettiği salgı olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü müsilağın mikroskop incelemesinde, içinde çoğunlukla kırmızı algler, yeşil algler ve diğer fitoplanktonların olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4-8).

Tablo 1. Organik madde analizi sonuçları

(Ölçümler 2 kez yapılarak ortalama değerleri alınmıştır Ö.B.: Ölçüm belirsizliği)

NUMUNE ADI	TOPLAM KARBON (PPM)	Ö.B.	IC (PPM)	Ö.B.	TOC (PPM)	Ö.B.	TN (PPM)	Ö.B.
Marmara Ereğlisi-2	36	±1.15	26	±1.15	10	±1.15	0,3	±0.05
Marmara Ereğlisi-3	422	±1.15	93	±1.15	329	±1.15	17	±0.05
Yapay Müsilaj (Aleovera Sıvısı)	866	±1.15	11	±1.15	855	±1.15	17	±0.05
Marmara Ereğlisi-5	42	±1.15	28	±1.15	14	±1.15	0,8	±0.05
Müsilaj (Kati Madde)	43	±1.15	4	±1.15	39	±1.15	3,2 (TKN)	±0.05

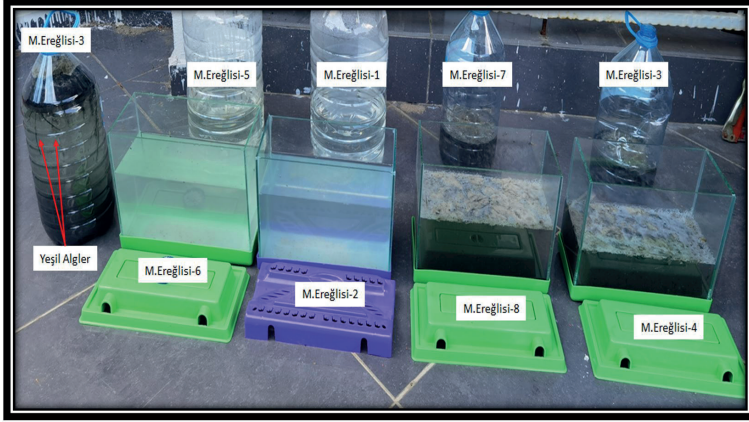
Deniz suyu ve müsilağın fiziksel özelliklerinin belirlenmesine yönelik laboratuvar çalışması yapılmış ve çalışmalar devam etmektedir (Şekil 2). Elde edilen ön bulgularda deniz salyasının bentik ve planktik algler ile diğer fitoplanktonlar tarafından üretilen jölemsi bir madde olduğu görülmektedir. Denizi kirleten ve

cididi bir çevre sorunu haline gelen müsilajın oluşumunun önüne geçmek için ilk olarak nasıl ve neden oluştuğunun saptanması gerekmektedir. Bu nedenle temiz bölgeden alınan deniz suyunun, müsilajın ve müsilaj bölgesinde alınan deniz suyunun fiziksel özellikleri araştırılmıştır (Şekil 2: M.Ereğlisi 1, 3, 5 ve 7 nolu örnekler). Müsilajı oluşturan alglerin Azot (P) ve Fosfor (P) gibi besin maddeleri ile beslendiği bilinmektedir. Bu nedenle deniz suyunun oksijen içeriği bu numunelere ek olarak 3 litreye 5 gram kadar %20 azot ve %20 fosfor gübresi katılarak beklemeye bırakılmıştır. M. Ereğlisi 7 ve 8 nolu örneklerle %25 tatlı su katılarak fiziksel değişimler izlemeye bırakılmıştır. Çalışmaların ilerleyen aşamasında bu numunelerin havalandırılması da sağlanarak alg gelişimleri izlenecektir.

Yapılan fiziksel analizlerde müsilajda oksijen değerinin ölçülemeyecek kadar az ($O \approx 0$), pH değeri ise 6,70-6,94 arasında olup, asidik bir karakterdedir (Tablo 2). Deniz suyunun pH değeri 7,97-8,15 arasında değişmektedir. Deniz suyu, tampon çözelti karakterinde olduğundan, pH değerine etkiyen faktörleri hızlı bir biçimde etkisizleştirme eğilimindedir. Atmosferle sürekli temas, karışım, sıcaklık, fotosentetik aktivite gibi etkenler sonucunda deniz suyunun pH değerleri ortalama 8.3 pH birimi dolayında olmaktadır (Özyurt, Bayarı, Doğdu & Arıkan, 2001).

3 litre deniz suyuna 5 gram %20 azot (N) ve %20 fosfor (P) içeren katkı katılarak deneyde deniz suyunun pH değeri 7,13-7,25'e kadar düşmektedir. Aynı deney müsilaja uygulanarak pH değerinin 6,4'e düştüğü görülmüştür. Burada hem müsilaj pH değerinin deniz suyuna göre daha yüksek olduğu hem de azot ve fosfor eklendiğinde bu değer daha da yükselerek ortamı asidik yaptığı görülmektedir. Bazik ortamda yaşayabilen canlıların aniden veya uzun vadede asitleşen ortamda yaşaması tehlikeye girecektir. Fakat azot ve fosfor eklenerek yapılan deneyde deniz suyunun elektrik iletkenliği -68,7/-58,5 mV dan -8,3-14,8 mV'a yükseldiği izlenmiştir. Müsilaja azot ve fosfor eklendikten sonra elektrik iletkenliği 18,1 mV dan 36,00 mV'a çıkmaktadır. Asitlik arttıkça elektrik iletkenliği de artarak ortamın tamamen farklılaşmasına neden olmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde de gübre toprağın pH değerinin düşürülmesinde kullanılmaktadır. Fazla kullanılan gübreler yüzeysel akışlarla deniz ve göllere taşınarak bu ortamlarda pH değerlerinin düşmesine dolayısıyla, ortamın asitleşmesine neden olmaktadır.

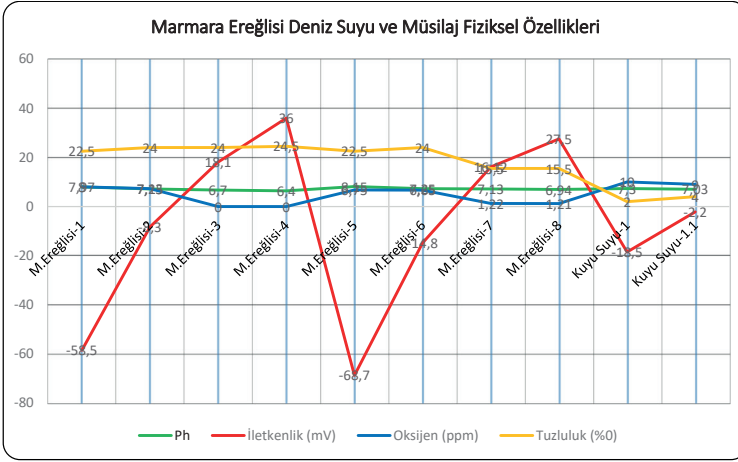
En önemli bulgulardan birisi müsilajın çözünmüş oksijen miktarı ölçülemeyecek kadar düşük olup, %25 tatlı su katılması durumunda oksijen değeri 1,21-1,22 ppm'e yükselmektedir (Tablo 2 ve şekil 3). Deniz salyasının pH değeri deniz suyundan daha küçük (daha asidik) ve çözünmüş oksijen değeri ise sifıra yakın olması, müsilajın bulunduğu denizde balık, yengeç ve benzeri hayvansı varlıkların yaşamını imkânsız hale getirmektedir.



Şekil 2. Marmara denizinden alınan su ve müsilaj örneklerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları.

Tablo 2. Deniz suyu, müsilaj ve tatlı suyun fiziksel analiz sonuçları (Ölçümler 2 kez yapılarak ortalama değerleri alınmıştır)

Numune No	Ph	İletkenlik (mV)	Oksijen (ppm)	Tuzluluk (%)	Isı (0C)	AÇIKLAMALAR
M.Ereğlisi-1	7.97 ±0.2	-58.5 ±0.5	7,5-8,5±0.15	22.5 ±0.5	24.2±0.1	Deniz Suyu
M.Ereğlisi-2	7.13 ±0.2	-8.3 ±0.5	6,5-7,8 ±0.15	24 ±0.5	23.2 ±0.1	Deniz Suyu + 5gr Azot Gübresi (%20)
M.Ereğlisi-3	6.7 ±0.2	18.1 ±0.5	0 ±0.15	24 ±0.5	22.2 ±0.1	Müsilaj
M.Ereğlisi-4	6.4 ±0.2	36 ±0.5	0 ±0.15	24.5 ±0.5	23.9 ±0.1	Müsilaj 5gr Azot Gübresi (%20)
M.Ereğlisi-5	8.15 ±0.2	-68.7 ±0.5	6,5-7,0 ±0.15	22.5 ±0.5	24 ±0.1	Müsilaj Alanından Alman Deniz Suyu
M.Ereğlisi-6	7.25 ±0.2	-14.8 ±0.5	6,8-7,0 ±0.15	24 ±0.5	23.2 ±0.1	Müsilaj Alanından Alman Deniz Suyu
M.Ereğlisi-7	7.02 ±0.2	16.12 ±0.5	1.22 ±0.15	15.5 ±0.5	23.1 ±0.1	Müsilaj+%25 Tatlı Su
M.Ereğlisi-8	6.94 ±0.2	27.5 ±0.5	1.21 ±0.15	15.5 ±0.5	23.3 ±0.1	Müsilaj+%25 Tatlı Su + 5gr Azot ve Fosfor Gübresi (%20)
Kuyu Suyu-1	7.3 ±0.2	-18.5 ±0.5	9,5-10,5 ±0.15	2 ±0.5	18.5 ±0.1	Tatlı Su (Kuyu Suyu)
Kuyu Suyu-1.1	7.03 ±0.2	-2.2 ±0.5	8,5-9,5 ±0.15	4 ±0.5	18.5 ±0.1	Tatlı Su (Kuyu Suyu) + 5gr Azot Gübresi (%20)



Şekil 3. Marmara Ereğlisi deniz suyu ve müsilajın fiziksel özellikleri

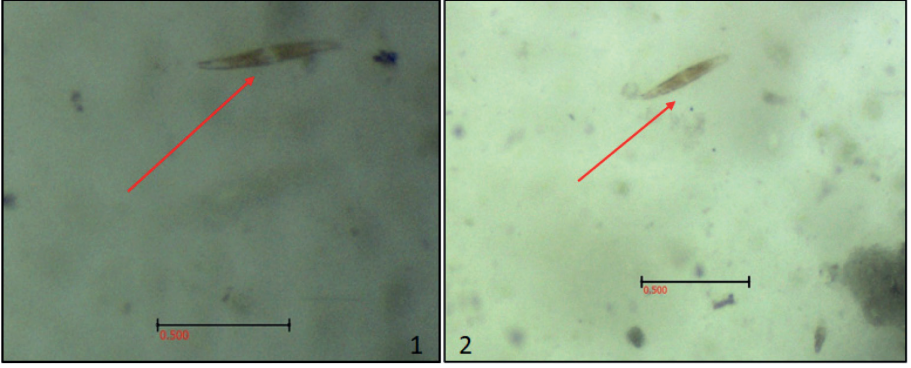
Tablo 3. ICP-OES yöntemiyle yapılan Element Analizi

(Mn, Zn, Al, Cu, As, Pb, Cd, Hg, Mo, Co, Cr, Sb, Bi, Ni değerleri sıfırdır.)

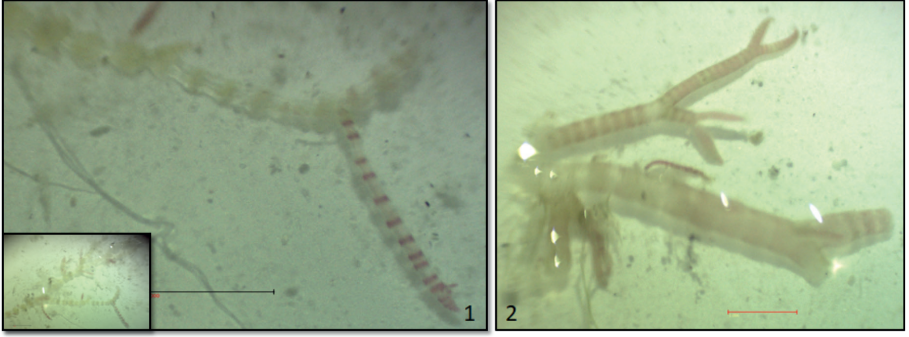
ÖRNEK NO	ÖLÇÜMLER	Na	Mg	K	Ca	P	Fe	B	Zn
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb
Marmara E-1	1	7010.75	687.25	423.70	340.17	152.34	73.25	3296.77	118.07
	2	6983.00	710.50	425.60	339.75	140.83	82.01	3288.42	113.20
	<Ortalama>	6996.75	699.00	424.60	340.00	146.58	77.63	3292.59	115.64
Marmara E-6	1	6638.50	645.00	412.30	331.42	115.04	58.75	3109.73	120.14
	2	6715.00	623.75	406.00	332.61	116.76	58.59	3160.92	108.83
	<Ortalama>	6676.75	634.25	409.20	332.01	115.90	58.67	3135.32	114.48

Denizin temiz bölgesinden alınan su ile müsilaj bölgesinde alınan su numunelerine ICP-OES yöntemi ile analiz yapılarak element konsantrasyonları saptanmıştır. Bazı elementlerin (Mn, Zn, Al, Cu, As, Pb, Cd, Hg, Mo, Co, Cr, Sb, Bi, Ni) konsantrasyon değerleri sıfırdır. Özellikle K, P, Ca, Mg, B, Fe, Zn gibi elementlerin normalden fazla olduğu anlaşılmaktadır.

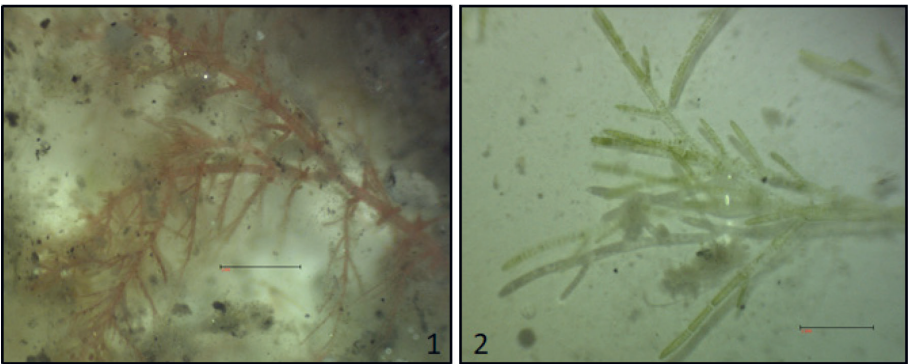
Yapılan mikroskop çalışmaları sonucunda fitoplankton (*Pleurosigma* sp.), *Ceramium* sp., kırmızı alg (Rhodophyta), Yeşil algler (*Stigeoclonium* sp.) saptanmıştır (Şekil 4-8). Müsilaj içerisinde en fazla Yeşil algler (*Stigeoclonium* sp.), ikinci olarak *Ceramium* sp., kırmızı alg (Rhodophyta) ve az miktarda fitoplankton (*Pleurosigma* sp.) Deniz salyası alglerle birlikte ortamdaki inorganik maddeleri ve diğer organik maddeleri de bünyesine katmıştır.



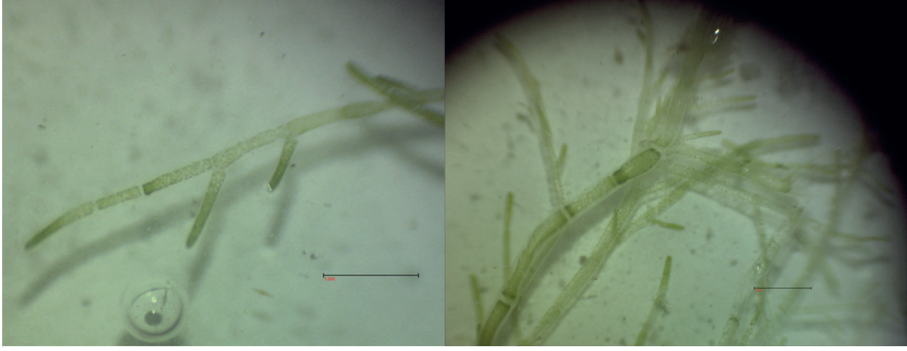
Şekil 4. 1 ve 2 müsilaj içinde saptanan fitoplankton (Pleurosigma sp.)



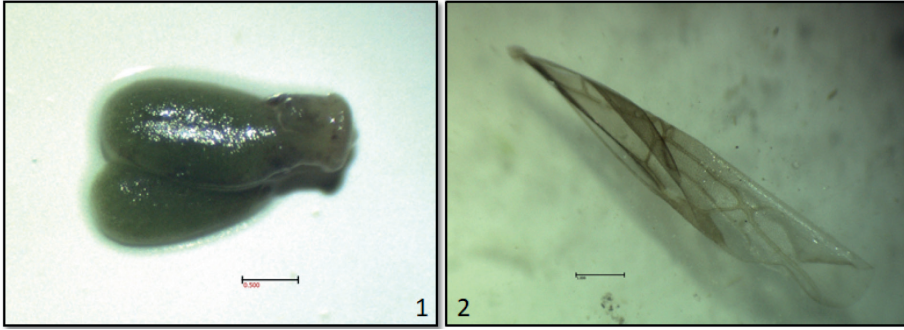
Şekil 5. 1 ve 2 Müsilaj içinde saptanan kırmızı alg (Ceramium sp., red algae (Rhodophyta))



Şekil 6. 1 Müsilaj içinde saptanan algler. (1 Kırmızı alg türü: ,2: Yeşil alg (Stigeoclonium sp.))



Şekil 7. 1 Müsilaj içinde saptanan yeşil alg (*Stigeoclonium* sp.)



Şekil 8. 1 ve 2 Müsilaj içinde saptanan 1: Yeşil alg parçası ve tanımlanamayan organik kalıntı (sinek kanadı?)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Marmara Denizi'nde ve diğer denizlerde zaman zaman alg patlaması ve deniz salyası (müsilaj) yayılımı gerçekleşmektedir. 2021 yaz ayı içerisinde tarihin en büyük müsilaj oluşumu meydana gelmiş ve dalgalarla deniz kıyısına toplanmıştır. Müsilaj sucul ortamda yaşayan bentik ve planktik alglerin ve diğer fitoplanktonlara bağlı olarak oluşan jöle kıvamında ve yapışkan bir maddedir. Bu madde çevredeki organik ve inorganik maddeleri de içine alarak büyük kütleler halinde deniz yüzeyini kaplamaktadır. Burada, müsilajın oluşum sebepleri ve ortadan kaldırılmasına yönelik yapılan çalışmanın ön bulguları değerlendirilmiştir.

Tekirdağ-Marmara Ereğlisi'nde deniz kıyısında biriken müsilaj ve deniz suyundan yaklaşık 50 litre numune alınmıştır. Alınan deniz suyu ve müsilaj örneklerinin fiziksel, organik madde ve element konsantrasyonu tayini analizleri yapılmıştır.

kânsız hale getirmektedir. Çözölmüş oksijen konsantrasyonu sifira yakın olan bu ortamda alglerin ve fitoplanktonların çoğalmaya ve müsilaj üretmeye devam ettikleri görölmektedir. Bu alglerin fotosentetik olmasının bir sonucudur. Kirlili ve nütrientçe zengin denizlerde üreyen musilaj oluşturan veya oluşturmeyen algler zamanla çürüyerek çözölmüş organik madde olarak suya geçmektedir. Suda bulunan bu çözölmüş organik maddeyi parçalamak isteyen aerobik (oksijene bağımlı yaşayan) bakteriler parçalama esnasında sudaki oksijeni tüketerek anaerobik (oksijensiz) bir ortam oluşturmakta ve oksijensiz ortamda kalan balıklar ve gelişmiş canlıların tümü ölmektedir.

Oksijen değeri düşük olması balık ve diğeri canlıların (özellikle hayvansal canlıların) yaşaması mümkün olmamaktadır. Marmara denizinde zaman zaman oluşan toplu balık ölümleri buna örnek olarak verilebilir. Müsilaja %25 oranında tatlısu katılarak fiziksel analizler yeniden yapılmıştır. Tatlısu katılması durumunda hem deniz suyunun hem de müsilajın oksijen değeri yükseldiği görölmüştür. Bu durumda Marmara denizine katılacak tatlısu veya kirlenmemiş deniz suyu ekolojik açıdan negatif sonuçlar yaratmayacaktır. Ancak alanın büyük olması bu yöntemi kısıtlı kılacak önemli bir faktördür. Marmara denizi çevresinde nüfus yoğunluğu gün geçtikçe arttığı ve deniz taşımacılığı da gözü önüne alındığında atıkların önüne geçmek oldukça zor olacaktır. Bu ortamda alg patlamasının önüne geçmenin en önemli yolu, denize nutrient içeren atıkların atılmaması ve/veya deniz suyunu seyreltebilecek ölçüde tatlı veya temiz deniz suyunun katılması gerekmektedir.

Yapılan fiziksel analizlerde müsilajda pH değeri 6,70-6,94 arasında, deniz suyunun pH değeri ise 7,97-8,15 arasındadır. Burada müsilajın asidik, deniz suyunun ise bazik olduğu görölmektedir. Yapılan azot fosfor deneyinde deniz suyunun pH değeri 7,13-7,25'e kadar düştüğü, müsilajda ise 6,4'e düşerek ortamın asitleştiği görölmüştür. Fakat azot ve fosfor eklenerek yapılan deneyde deniz suyunun elektrik iletkenliği -68,7/-58,5 mV dan -8,3-14,8 mV'a yükseldiği izlenmiştir. Müsilaja azot ve fosfor eklendikten sonra elektrik iletkenliği 18,1 mV dan 36,00 mV'a çıkmaktadır. Asitlik arttıkça elektrik iletkenliği de artarak ortamın tamamen farklılaşmasına neden olmaktadır.

Sonuç olarak; 1- müsilajı önlemek için sanayi tesislerinin ön arıtma yapmadan veya kaçak olarak atıksularını kanalizasyon sistemine vermesinin önlenmesi ki bu sayede arıtma tesislerinde arıtma işlemini yapan mikroorganizmaları ölererek tesislerin zaman zaman devre dışı kalması önlenecektir. 2- Hiç arıtılmadan sular ortama verilen atıksular, gemi sinesine ve balans suları, kaçak deşarj edilen sanayi atık suları ve tarımsal faaliyetlerle ortama taşınan atık ve nütrientlerin önlenmesi gerekmektedir. Denize deşarj edilen bu nütrientlerin yanında özellikle tekstil, deri ve metalürji olmak üzere sanayiden kaynaklanan toksik maddeler ile karşı karşıya kalıp yaşam mücadelesi veren mikroorganizmaların karşılaştıkları bu stres karşısında genetik olarak değışip mutantlar oluşturup müsilaj üretme yeteneğini artırması olgusu da araştırılıp incelenmesi gereken diğeri bir önemli konudur. 3- Bunların yanında müsilajı oluşturan mikroorganizmaları parçala-

yan bir bakıma yiye "faj" olarak adlandırdığımız virüs ve bakterileri üreterek deniz ortamına verilmesinin de araştırılarak uygulamaya konulması uzun vadeli çözüm önerileri arasında yer alabilir. Fakat bu uygulamada denize bırakılacak virüs veya bakterilerin çevreye, diğer canlılara ve insana zarar verici etkilerinin olmaması zorunludur.

Kaynakça / References

- BBC-News. (2021). "Deniz salyası nedir, Marmara Denizi ne mesaj veriyor?". BBC.
- Dell'Amore, C. (2009). "Giant, Mucus-Like Sea Blobs on the Rise, Pose Danger". National Geographic.
- Dell'Amore, C. (2010). "Sea Snot" Explosion Caused by Gulf Oil Spill?". National Geographic.
- Kam, E., & Yümün, Z. Ü. (2021). Geographical distribution of toxic elements in Northeast Marmara Sea sediments and analysis of toxic element pollution by various pollution index methods (Istanbul/Turkey). *Applied Ecology And Environmental Research*, 1869-1893.
- National_Geographic. (2021). *Sea Snot*. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/100916-sea-snot-gulf-bp-oil-spill-marine-snow-science-environment>.
- Özyurt, N. N., Bayarı, S., Doğdu, M. Ş., & Arıkan, A. (2001). Akkuyu Körfezi (Mersin) deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen süreçler. *Yerbilimleri*, 113-126.
- Uğurtaş, S. (2021). "Turkey struck by 'sea snot' because of global heating". . the Guardian.
- Vikied-5. (2021). *Deniz Salyası*. https://tr.wikipedia.org/wiki/Deniz_salyas%C4%B1.
- Vikipedi. (2021). *Müsilaj*. <https://tr.wikipedia.org/wiki/M%C3%BCsilaj>.
- Vikipedi-2. (2021). *Müsilaj*. <https://tr.wikipedia.org/wiki/M%C3%BCsilaj>.
- Vikipedi-3. (2021). *Deniz Salyası*. https://tr.wikipedia.org/wiki/Deniz_salyas%C4%B1.
- Vikipedi-4. (2021). *Deniz Salyası*. https://tr.wikipedia.org/wiki/Deniz_salyas%C4%B1.
- Yümün, Z. Ü. (2017). Effects of radionuclides on the recent foraminifera from the clastic. *Journal of African Earth Sciences*, 179-182.
- Yümün, Z. Ü. (2017). The effect of heavy metal pollution on foraminifera in the Western Marmara Sea (Turkey). *Journal of African Earth Sciences*, 346-365.
- Yümün, Z. Ü., & Kam, E. (2017). Effects of radionuclides on the recent foraminifera from the clastic. *Journal of African Earth Sciences*, 179-182.
- Yümün, Z. Ü., & Önce, M. (2016). Monitoring heavy metal pollution in foraminifera from the Gulf of. *Journal of African Earth Sciences*, 110-124.
- Yümün, Z. Ü., Kam, E., Dinçer, A., Önce, M., & Yümün, S. (2021). The Investigation Of Toxic Element Pollution And Radioactivity Analyses Of Marine Sediments In The Gulf Of Gemlik (Bursa, Turkey). *Applied Ecology And Environmental Research*, 14751-14765.