

COMU Journal of Marine Sciences and Fisheries

Journal Home-Page: <http://jmsf.dergi.comu.edu.tr> Online Submission: <http://dergipark.org.tr/jmsf>



RESEARCH ARTICLE

The Effects of Mucilage on Macroalgae in the Çanakkale Strait

Hüseyin Erduğan

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 17100, Çanakkale, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-7047-6640>

Received: 25.05.2022 / Accepted: 13.06.2022 / Published online: 28.10.2022

Key words:

Mucilage Effects
Macroalgae
Çanakkale Strait (Dardanelles)
Türkiye

Abstract: Microalgal blooms occurred millions of years ago and continue to occur today. In the past, ecosystem dynamics caused these blooms, but climate change and other anthropogenic factors made blooms more intense and frequent today. The present study was carried out to determine the effects of bloom events (müsilaj in Turkish) on macroalgae in the Marmara Sea in 2021. In the strait of Çanakkale (Dardanelles), Karanlık Harbour, Sarısıklık, Özbekaltı and Yapıldak localities were investigated to a depth of 0-1 m between January and October of 2021. At the end of this study, common red, brown, and green algae species in the Dardanelles could not be observed between early May and early September in 2021. *Cladophora laetevirens*, *Ulva linza*, *U. intestinalis*, *Gelidium crinale*, *Gongolaria barbata*, and *Corallina officinalis* taxa were observed beginning mid-September in stations given above. Unless the current wastewater treatment technologies are improved and anthropogenic factors are reduced to environmentally safe levels, new and more intense harmful algal blooms or “mucilage” events are inevitable. The Marmara basin should be monitored constantly by a multidisciplinary committee and required measures should be taken quickly. Otherwise, the “mucilage” event of 2021 may be repeated in a larger area and much more intensely.

Anahtar kelimeler:

Müsilaj Etkileri
Makroalgler
Çanakkale Boğazı
Türkiye

Müsilajın Çanakkale Boğazı Makro Alglerine Etkisi

Öz: Mikro-alg aşırı çoğalmaları milyonlarca yıl öncede oluşmuş, günümüzde de oluşmaya devam etmektedir. Önceleri ekosistemin kendi dinamikleriyle oluşan bu alg patlamaları günümüzde antropojenik ve iklim değişimleriyle daha sık ve yoğun yaşanılır hale gelmiştir. Bu çalışma 2021 yılında Marmara Denizi’nde yaşanan müsilaj olayının makro-alglerle etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çanakkale Boğazı’nda Karanlık Liman, Sarı sıklık, Özbek altı ve Yapıldak altı kıyıları 0-1m derinliğinde Ocak 2021 - Ekim 2021 tarihleri arasında çalışılmıştır. Çalışma sonunda, Çanakkale Boğazı’nda her yıl gözlenen kırmızı, kahverengi ve yeşil alglere ait taksonlar 2021 Mayıs ayı başından Eylül ayı başına kadar gözlenmemiştir. Eylül ayı ortalarından itibaren belirlenen istasyonlarda sırasıyla *Cladophora laetevirens*, *Ulva linza*, *U. intestinalis*, *Gelidium crinale*, *Gongolaria barbata*, *Corallina officinalis* taksonları görülmeye başlanmıştır. Mevcut arıtma teknolojileri daha çevreci hale getirilmedikçe, antropojenik etki azaltılmadıkça müsilaj ve zararlı alg patlamalarının daha yoğun olarak oluşması kaçınılmazdır. Marmara Havzası, multidisipliner bir koruma kurulu ile sürekli takip edilmeli ve gerekli tedbirler hızla alınmalıdır. Aksi takdirde 2021 yılında yaşanan müsilaj olayı daha geniş alanda ve daha yoğun biçimde yaşanabilir.

Giriş

Mikro-alg aşırı çoğalmalarının insanların suları kirletmesi ile başladığı düşünülse de dünyada insanın olmadığı 50-70-milyon yıl önce de denizlerde oluştuğuna dair kanıtlar mevcuttur (Güven ve Öztürk, 2005). Günümüze değin aşırı alg çoğalmaları görülmüştür ve görülmeye de devam edecektir. Ancak sanayi devrimi sonrası endüstrileşme ve artan nüfus ile denizlere boşaltılan kirli su ve besin girdisi artmıştır. Deşarj edilen kirli suların oluşturduğu kirliliğin tespiti ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır (Güven vd., 1993, 1998, 2007; Kut vd., 2000; Topçuoğlu vd., 2001, 2003, 2004, 2010; Üstünada vd., 2011a,b).

Marmara Denizi ve Çanakkale Boğazında hemen hemen her ilkbaharda farklı türlerin aşırı çoğalmasına paralel olarak renk değişimleri görülür (Turkoglu 2008, 2013). 2000’li yılların ortalarından itibaren bir sorun olarak görülmeye başlanan Marmara Denizi’ndeki müsilajla ilgili çalışmalar dikkat çekmeye başlamıştır (Aktan vd., 2008; Tüfekçi vd., 2010; Danovaro vd., 2009; Tas vd., 2020). Ancak 2021 yılında yaşanan müsilaj olayı daha önce yaşananlardan çok daha geniş çaplı olup, deniz ekosistemini tehdit eder duruma gelmiştir.

*Corresponding author: herdugan@gmail.com

Marmara Denizi'ne kıyısı olan iller hem nüfus hem de sanayinin büyük çoğunluğunu barındıran illerdir. Marmara Denizi'ndeki müsilajın oluşumunda arıtılmadan veya iyi arıtılmadan denize deşarj edilen ya da akarsularla denize ulaşan atıkların (ağır metal, besleyici tuzlar, çöp, kanalizasyon) neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca iklim değişikliğine bağlı olarak yüzey suyu sıcaklıklarının artması da tetikleyici olabilir. Gönülal (2021) tarafından yapılan çalışmada deniz suyu sıcaklığının son 40 yılda 1.60 oC arttığı belirtilmiştir. Bu artış bazı fitoplankton türlerinin aşırı çoğalmasını tetiklemektedir (Hu vd., 2022; Demir ve Turkoglu, 2022). Bilindiği üzere, Çanakkale Boğazı Karadeniz'den gelen üst akıntıya ve Akdeniz'den gelen alt akıntıya sahiptir (Turkoglu vd., 2004). Diğer taraftan, Ergül vd. (2018) yaptığı çalışmada, yukarıda sayılan etkenlerin dışında lodos etkisiyle daha kirli olan İzmit Körfezi'ndeki yüzey sularının Marmara Denizi'ne taşınmasının kirlenmeyi daha da arttırdığını, doğal olarak da yüzey suyu sıcaklığını da arttırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca daha önceki yıllardan farklı olarak yoğun müsilaj oluşumu sadece alg kaynaklı olmayabilir. Bakterilerin de müsilaj oluşumuna katkı sağlayabileceği göz ardı edilmemelidir. Sonuç olarak, pek çok bileşenin etkisiyle Marmara Denizi'nde oluşan müsilaj bir çevre felaketine neden olmuştur.

Müsilaj ve müsilajın oluşturduğu zararın veya olumsuz etkilerinin tam olarak ne olduğu ile ilgili belirsizlik vardır. Konu hakkında, basında çıkan açıklamaların yanında (Uğurtaş, 2021) bazı çalışmalar da mevcuttur (Dalyan vd., 2021; Ergül vd., 2018; Ergül vd., 2021; Gönülal, 2021; Balkıs-Özdelice vd., 2021; Okudan vd., 2021; Özalp, 2021; Öztürk vd., 2021; Savun-Hekimoğlu ve Gazioğlu, 2021; Topçu ve Öztürk, 2021; Uflaz vd., 2021; Yıldız ve Gönülal, 2021).

Bu çalışmada Çanakkale Boğazı kıyılarında yayılış gösteren ve deniz ekosisteminin önemli bileşenlerinden olan makro-alglerin müsilajdan etkilenip etkilenmedikleri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal olarak Çanakkale Boğazı'nda yayılış gösteren Rhodophyta, Ochrophyta ve Chlorophyta bölümlerine ait makro-alglerin geçmiş yıllardaki ve müsilaj sürecindeki durumu karşılaştırılmıştır. Yaşanılan Covid-19 pandemisi nedeni ile durumun uygunluğuna göre haftalık ve aylık gözlemler yapılmıştır. Ocak 2021 - Ekim 2021 tarihleri arasında Çanakkale Boğazı'nda Karanlık liman, Sarı sığlık, Özbek altı ve Yapıldak altı kıyıları 0-1m derinlik aralığında çalışılmıştır.

İstasyonlardaki makro-alglerin tayini anında yapılarak not edilmiş, tayin edilemeyenler %4'lük formaldehit içinde laboratuvara getirilerek mevcut kaynaklar yardımıyla tanımlanmıştır. Türlerin güncel isimleri verilirken Guiry ve Guiry (2020)'den yararlanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Sürekli artan insan faaliyetleri ve iklim değişimlerinin de etkisiyle 2021 yılında Marmara Denizi'nde müsilaj

sorunu ortaya çıkmış ve deniz yaşamını tehdit eder duruma gelmiştir. Oluştugu alanlarda balık ve yengeç ölümlerine neden olduğu görülmüştür. Zamanla yapısı gereği yüzeydeki kirlilik unsurlarını da bünyesine alarak dibe çökmüş, bentik yaşama, dolayısıyla makro-alglere de büyük zararlar vermiştir.

Bu çalışmada, önceki yıllarla karşılaştırılan kıyısız makro-alg çeşitliliği ilginç sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Çanakkale Boğazı'nda yaklaşık 430 alg taksonu bulunmaktadır (Aysel vd., 2000; Taşkın vd., 2006; Erduğan vd., 2009; Taşkın, 2012; Taşkın and Pedersen, 2012). Bu taksonların 400'e yakını *Rhodophyta*, *Ochrophyta* ve *Chlorophyta* bölümü üyeleri oluşturmaktadır. Bu taksonlardan *Cystoseira* C.Agardh, 1820, *Ulva* Linnaeus, 1753, *Enteromorpha* Link, 1820 *Codium fragile* (Surinagar) Hariot, 1889 her mevsim kıyılarda görülebilmektedir. Ayrıca, mevsimsel olarak gelişen *Ceramium* Roth, 1797, *Chondria* C. Agardh, 1817, *Cladophora* Kützinger, 1843, *Cladostephus* C. Agardh, 1817, *Colpomenia* (Endlicher) Derbès & Solier, 1851, *Dictyota* J.V.Lamouroux, 1809, *Gracilaria* Greville, 1830, *Halopteris* Kützinger, 1843, *Laurencia* J.V.Lamouroux, 1813, *Lomentaria* Lyngbye, 1819, *Padina* Adanson, 1763, *Petalonia* Derbès & Solier, 1850, *Polysiphonia* Greville, 1823 ve *Porphyra* C.Agardh, 1824 gibi makro-algler de bulunmaktadır. Bunlar, deniz ekosistemi için önemli alglerdir. Örneğin, *C. fragile* çok sayıda epifite ev sahipliği yaparak alg çeşitliliğini arttırmaktadır (Erduğan vd., 2019). *Ulva* ve *Enteromorpha* türleri denizlerdeki kirlilik indikatörleri olmaları yanında denizlerin temizleyicileridir (Üstünada vd., 2010). Hepsinden önemlisi bu makro-algler ortama sürekli oksijen vermektedir.

Çanakkale Boğazı'nda bulunan 350 civarındaki makro-algin yaklaşık 50 kadarı baskın türlerden oluşmaktadır. Erduğan vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada küresel ısınmanın Çanakkale Boğazı algleri üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, 6 yıl boyunca farklı mevsimlerde ve yılda görülen 61 taksonun bolluk çizelgesi verilmiştir. Daha sonraki yıllarda da Çanakkale Boğazı'nın farklı istasyonlarında yürütülen çalışmalar esnasında ortamdaki baskın türler ileride yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere not edilmiştir. Bu notlar ve çalışmada (Erduğan vd., 2009) bolluk değeri dikkate alınarak, bolluk değeri iki ve üzeri olan ve baskın olarak görülen taksonlar, Kırmızı alglerden, *Colaconema codicola* (Børgesen) Stegenga, J.J.Bolton & R.J.Anderson 1997, *Vertebrata fruticulosa* (Wulfen) Kuntze 1891, *Ceramium ciliatum* (J.Ellis) Ducluzeau 1806, *C. rubrum* var. *barbatum* Ardissonne 1871, *C. siliquosum* (Kützinger) Maggs & Hommersand 1993, *Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq 1993, *Chondria dasyphylla* (Woodward) C.Agardh, 1817, *C. capillaris* (Hudson) M.J.Wynne 1991, *Palisada perforata* (Bory) K.W.Nam 2007, *Corallina officinalis* Linnaeus 1758, *Gracilaria bursa-pastoris* (S.G.Gmelin) P.C.Silva 1952, *Gracilaria gracilis* (Stackhouse) Steentoft, L.M.Irvine & Farnham 1995, *Halymenia floresii* (Clemente) C.Agardh 1817, *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V.Lamouroux 1813,

Palisada patentiramea (Montagne) Cassano, Senties, Gil-Rodríguez & M.T.Fujii 2009,
Lomentaria articulata (Hudson) Lyngbye 1819,
Phyllophora crista (Hudson) P.S.Dixon 1964,
Polysiphonia breviariculata (C.Agardh) Zanardini 1840,
P. morrowii Harvey 1857, Kahverengi alglerden
Cladostephus hirsutus (Linnaeus) Boudouresque & M.Perret-Boudouresque ex Heesch & al. 2020,
Colpomenia sinuosa (Mertens ex Roth) Derbès & Solier 1851,
Colpomenia peregrina Sauvageau 1927,
Gongolaria barbata (Stackhouse) Kuntze 1891,
Ericaria crinita (Duby) Molinari & Guiry 2020,
Dictyota dichotoma (Hudson) J.V.Lamouroux 1809,
D. implexa (Desfontaines) J.V.Lamouroux 1809,
Ectocarpus siliculosus (Dillwyn) Lyngbye 1819,
Halopteris filicina (Grateloup) Kützing 1843,
Padina pavonica (Linnaeus) Thivy 1960,
Petalonia fascia (O.F.Müller) Kuntze 1898,
Punctaria latifolia Greville 1830,
Sargassum vulgare C.Agardh, nom. illeg. 1820,
Scytosiphon lomentaria (Lyngbye) Link, nom. cons. 1833,
Yeşil alglerden, *Bryopsis hypnoides* J.V.Lamouroux 1809,
Codium fragile, *Chaetomorpha ligustica* (Kützing) Kützing 1849,
Cladophora albida (Nees) Kützing 1843,
Cladophora laetevirens (Dillwyn) Kützing 1843,
Ulva linza Linnaeus 1753, *Ulva intestinalis* Linnaeus 1753,
Ulva lactuca Linnaeus 1753, *Ulva rigida* C.Agardh 1823 taksonlarıdır. Yukarıda belirtilen taksonlar Çanakkale Boğazı için baskın türlerdir.

2021 Ocak ayında başlayan müsilaj sorunu aynı yılın Temmuz ayı itibarıyla son bulmuştur. Yoğun müsilaj örtüsü, sadece cansız partikülleri (abiyoseston) değil suda alg sporlarını da içeren ve biyoseston olarak bilinen tüm canlı partikülleri de tuttuğu için yeni makro-alg yataklarının oluşmasını kısıtladığı düşünülmektedir. Diğer taraftan, ağır metal gibi kirleticileri de bünyesine alan müsilaj kütlesi dibe çökerek, sadece fiziksel olarak değil kimyasal olarak da bentik bölgenin daha da kirlenmesini arttırdığı düşünülmektedir.

Yüzeysel kütlenin az bir kısmı Marmara Denizi kıyı bölgesi belediyeleri tarafından toplanmış, ancak önemli bir bölümü bentik bölgeye çökmüştür. Çökme sürecinde oluşan su hareketleriyle bir miktar dağılarak katmanlı müsilaj tabakalar oluşturarak etki alanı daha da genişlemiştir. Özellikle Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında lodos ve poyraz rüzgârlarının etkisiyle müsilaj sürekli hareket ederek akıntının hakim yönünde farklı koy ve kıyılara sürüklenerek yüzeysel etkisini bu bölgelerde daha da arttırmıştır. Ağırlıklı olarak deniz canlılarına zarar verdiğine dair gözlem ve açıklamalar bu aylara denk gelmektedir.

Yapılan bu çalışmada, 2021 Mayıs ayına dek kıyı bölgelerde henüz müsilaj örtüsü oluşmadığı için makro-alglerin gelişiminde bu aya kadar herhangi bir olumsuzluk tespit edilememiştir. Bununla birlikte, hemen hemen her yıl Çanakkale Boğazı kıyılarında Nisan ayından itibaren zemine tutunup yeni makro-alg yataklarını oluşturacak olan alglerin takip edilen istasyonlarda görülmediği belirlenmiştir. Önceki dönemlerde Nisan ayından itibaren

görölmeye başlanan taksonların hiçbiri 2021 yılının ilkbahar ve yaz periyotlarında görülmemiştir. Hatta bu istasyonlarda herhangi bir makro-alg taksonuna rastlanmamıştır. Eylül ayı ortalarından itibaren belirlenen istasyonlarda sırasıyla *C. laetevirens*, *U. linza*, *U. intestinalis*, *Gelidium crinale* (Hare ex Turner) Gaillon 1828, *G. barbata* ve *C. officinalis* taksonları görölmeye başlanmıştır.

Bu istasyonlarda, alglerin gelişmemesinin nedeni olarak su içindeki alg spor ve gametleri ile fitoplanktonun müsilaj tarafından tutulması gösterilebilir. Bunun yanında alglerin kullandığı besin tuzlarının da müsilaj tarafından tutulabilme olasılığı değerlendirildiğinde, alg gelişimini engellemiş olabileceği de göz ardı edilmemelidir. Ayrıca, dibe çöken müsilajın örtü oluşturarak alglerin üzerini kaplaması sonucu da alg spor ve gametlerin üremesini engellemiş, ayrıca fitoplankton kütlelerinin azalmasına neden olmuştur. Çünkü, müsilajın kütlelerini ve yayılımını arttırdığı ve dibe çökmeye başladığı dönemle alglerin bulunmadığı dönem paralellik göstermektedir. Yapılan bir çalışmada (Hu vd., 2022) müsilaj içinde klorofil-a belirlenmesi bunu destekler niteliktedir.

Sonuç olarak, Marmara Denizi'nin bir iç deniz olması nedeniyle tüm bu makro-alg taksonlarının 4-5 ay kıyılarda hiç gelişmemesi Marmara Denizi ekosisteminin sağlığı için ciddi zararlar oluşturabilir. Daha yoğun oluşabilecek müsilajın dibe çökmesi ve parçalanması aşamasında kullanılan oksijenin yanında bir de alglerin gelişmemesi durumu oksijen yetersizliği nedeniyle denizdeki canlıların toplu ölümlerine neden olabilir.

Bugün yaşadığımız müsilaj sorunu, sıcaklık artışları ve diğer birçok sorunun kaynağı çevreci yaklaşım göstermekten uzak üretim sistemidir. Marmara Denizi'nde yaşanan yoğun müsilaj olayı nütrient içeriği yüksek evsel ve endüstriyel atıkların ileri arıtmadan geçmeden ortama verilmesi sonucu oluşmaktadır. Bunun sonucunda, ortamda biriken zengin nütrient içeriği aşırı mikro-alg (fitoplankton) çoğalmalarına neden olmaktadır. Aşırı fitoplankton birikimi ve diğer biyolojik bileşenlerin de katkısıyla oluşan yoğun organik madde birikiminin biyolojik parçalanmasında görev alan bakterilerin aşırı yoğunlaşması ve bu bakterilerin de müsilaj oluşumuna büyük orandaki katkısı göz ardı edilmemelidir. Danovaro vd. (2005) yaptıkları çalışmada organik atıklara ve bakterilere vurgu yapmışlardır.

Antropojenik etki azaltılmadıkça müsilaj ve zararlı mikroalg aşırı üreme olaylarının daha yoğun olarak oluşması muhtemeldir. Marmara Havzası multidisipliner bir koruma kurulu ile sürekli takip edilmeli ve gerekli tedbirler hızla alınmalıdır. Aksi takdirde 2021 yılında yaşanan müsilaj olayını daha geniş alanda ve daha yoğun biçimde yaşamak olasıdır.

Çıkar Çatışması

Yazar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik Onay

Bu çalışmada etik kurul onayına gerek yoktur.

Kaynaklar

- Aktan, Y., Dede, A., & Çiftçi, P.S. (2008). Mucilage event associated with diatom and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey. *Harmful Algae News* 36, 1-3.
- Aysel, V., Şenkardeşler, A., Aysel, F., & Alpaslan, M. (2000). Çanakkale Boğazı (Marmara Denizi, Türkiye) deniz Florası, Marmara Denizi 2000 Sempozyumu, 11-12 Kasım 2000, İstanbul, TÜDAV 5: 436-449.
- 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. doi. 10.30897/ijegeo.954787.
- Dalyan, C., Kesici, N. B., & Yalgın, F. (2021). Preliminary study on cryptobenthic fish assemblages affected by the mucilage event in the northeastern Aegean Sea. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 27(2), 202-213.
- 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. doi:10.1371/journal.pone.0007006.
- Demir, E.I., & Turkoglu, M. (2022). Temporal variations of phytoplankton community and their correlation with environmental factors in the coastal waters of the Çanakkale Strait in 2018. *Oceanologia* 64(1), 176-197. doi.org/10.1016/j.oceano.2021.10.003.
- Erduğan, H., Akı, C., Acar, O., Dural, B., & Aysel, V. (2009). New Record for the East Mediterranean, Dardanelles (Turkey) and its Distribution: *Polysiphonia morrowii* Harvey (Ceramiales, Rhodophyta). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 9(2), 231-232. doi : 10.4194/trjfas.2009.0217
- Erduğan, H., Fırat, A.R., İrkin, L.C., Okudan, E.Ş., Akgül, R., Akgül, F., & Dural, B. (2019). Seasonal variation in epiphyte flora of the invasive species *Codium fragile* subsp. *fragile* on the Çanakkale Strait coast (Marmara Sea, Turkey). *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 25(1), 73-86.
- Ergül, H.A., Aksan, S., & İpşiroğlu, M. (2018). Assessment of the consecutive harmful dinoflagellate blooms during 2015 in the Izmit Bay (the Marmara Sea). *Acta Oceanologica Sinica*, 37(8): 91-101, doi: 10.1007/s13131-018-1191-7.
- Ergul, H.A., Balkis-Ozdelice, N., Koral, M., Aksan, S., Durmus, T., Kaya, M., Kayal, M., Ekmekci, F., & Canli, O. (2021). The early stage of mucilage formation in the Marmara Sea during spring. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 27(2): 232-257.
- Gönülal, O. (2021). Sea water temperature in the North Aegean Sea (Gökçeada Island) between 1972 and 2018: an implication of global warming. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 27(1),24-33.
- Güven, K.C., Saygı, N., & Öztürk, B. (1993). Surveys of metal contents of Bosphorus algae, *Zostera marina*. *Botanica Marina* 36(3), 175-178. doi.org/10.1515/botm.1993.36.3.175.
- Güven, K.C., Okus, E., Topcuoğlu, S., Esen, N., Kucukcezzar, R., Seddigh, E., & Kut, D. (1998). Heavy metal accumulation in algae and sediments of the Black Sea coast of Turkey. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 67(3-4), 435-440. doi: 10.1080/02772249809358633.
- Güven K.C., & Öztürk, B. (2005). *Deniz Kirliliği. TÜDAV Yayınları.*
- Güven, K.C., Topcuoğlu, S., Balkis, N., Ergül, H. A., & Aksu, A. (2007). Heavy metal concentrations in marine algae from the Turkish coast of the Black Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 38. 226.
- Hu, C., Qi, L., Xie, Y., Zhang, S., & Barnes, B.B. (2022). Spectral characteristics of sea snot reflectance observed from satellites: Implications for remote sensing of marine debris. *Remote Sensing of Environment* 269, 112842. doi: 10.1016/j.rse.2021.112842.
- Kut, D., Topcuoğlu, S., Esen, N., Küçükcezzar, R., & Güven, K.C. (2000). Trace metals in marine algae samples from Bosphorus. *Water, Air and Soil Pollution* 118(1-2), 27-33. doi.org/10.1023/A:1005149500870.
- Guiry, M.D., & Guiry, G.M. (2020). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 7 Haziran 2022.
- Okudan, E.Ş., Dural, B., Erdugan, H., Aktan, Y., Demir, V., & Aysel, V. (2021). New record of the benthic marine mucilage aggregates *Phaeocystis giraudii* from Turkish Eastern Mediterranean Sea. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 27(2), 124-139.
- Özalp, H.B. (2021). A preliminary assessment of the mass mortality of some benthic species due to the mucilage phenomenon of 2021 in the Çanakkale Strait (Dardanelles) and North Aegean Sea. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 27(2), 154-166.
- Öztürk, İ.D., Mutlu, S., Kaman, G., Bayram Partal, F., Demirtaş, A., Çağlar, S., Kuzyaka, E., Altıok, H., & Ediger, D. (2021). Vertical distribution of mucilage typology in the water column after a massive mucilage formation in the surface waters of the Sea of Marmara. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 27(2), 184-201.
- Savun-Hekimoglu, B., & Gazioglu, C. (2021). Mucilage problem in the semi-enclosed seas: recent outbreak in the sea of Marmara. *International Journal of Environment and Geoinformatics* 8(4), 402-413. doi.org/10.30897/ijegeo.955739.

- Taş, S., Kus, D., & Yılmaz, I.N. (2020). Temporal variations in phytoplankton composition in the northeastern Sea of Marmara: potentially toxic species and mucilage event. *Mediterranean Marine Science* 21(3), 668-683. doi.org/10.12681/mms.22562.
- Taşkın, E., Ozturk, M., & Wynne, M.J. (2006). First report of *Microspongium globosum* Reinke (Phaeophyceae, Myrionemataceae) in the Mediterranean Sea. *Nova Hedwigia* 82(1-2), 135-142. doi. 10.1127/0029-5035/2006/0082-0135
- Taşkın, E. (2012). First report of the alien brown algae *Scytosiphon dotyi* MJ Wynne (Phaeophyceae, Scytosiphonaceae) in Turkey. *Mediterranean Marine Science* 13(1), 33-35. doi.org/10.12681/mms.21
- Taşkın, E., & Pedersen, P.M. (2012). First report of the alien brown alga *Botrytella parva* (Takamatsu) H.-S. Kim (Chordariaceae, Phaeophyceae) from the eastern Mediterranean Sea. *Botanica Marina* 55(5), 467-471. doi.org/10.1515/bot-2012-0108.
- Topcuoğlu, S., Güven, K.C., Kırbaçoğlu, Ç., Güngör, N., Ünlü, S., & Yılmaz, Y.Z. (2001). Heavy metal in marine algae from Şile in the Black Sea, 1994-1997. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 67(2), 288-294. doi:10.1007/s001280123.
- Topcuoglu, S., Güven, K.C., Balkis, N., & Kırbasoglu, C. (2003). Heavy metal monitoring of marine algae from the Turkish Coast of the Black Sea, 1998-2000. *Chemosphere* 52(10), 1683-1688. doi: 10.1016/S0045-6535(03)00301-1.
- Topcuoğlu, S., Kırbaçoğlu, Ç., & Yılmaz, Y.Z. (2004). Heavy metal levels in biota ve sediments in the northern coast of The Marmara Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*. 96(1-3), 183- 189. doi.org/10.1023/B:EMAS.0000031726.01364.47.
- Topcuoğlu, S., Kılıç, Ö., Belivermiş, M., Ergül H.A., & Kalaycı, G. (2010). Use of marine algae as biological indicator of heavy metal pollution in Turkish marine environment. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 16(1):43-52.
- Topçu, N.E., & Öztürk, B. (2021). The impact of the massive mucilage outbreak in the Sea of Marmara on gorgonians of Prince Islands: A qualitative assessment. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 27(2), 270-278.
- Turkoglu, M., Unsal, M., Ismen, A., Mavili, S., Sever, T.M., Yenici, E., Kaya, S., & Coker, T. (2004). Dynamics of lower and high food chain of the Dardanelles and Saros Bay (North Aegean Sea), Tubitak Project Final Report, Report No: YDABÇAG-101Y081, Canakkale, Turkey, 313 pp.
- Turkoglu, M. (2008). Synchronous blooms of the coccolithophore *Emiliania huxleyi* and three dinoflagellates in the Dardanelles (Turkish Straits System) *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88(3), 433-441. doi.org/10.1017/S0025315408000866.
- Turkoğlu, M. (2013). Red tides of the dinoflagellate *Noctiluca scintillans* associated with eutrophication in the Sea of Marmara (The Dardanelles, Turkey). *Oceanologia* 55(3), 709-732. doi.org/10.5697/oc.55-3.709.
- Tüfekci, V., Balkis, N., Polat Beken, Ç., Ediger, D., & Mantikci, M. (2010). Phytoplankton composition and environmental conditions of a mucilage event in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Biology* 34(2), 199-210. doi:10.3906/biy-0812-1.
- Uflaz, E., Akyüz, E., Bolat, F., Bolat, P., & Arslan, Ö. (2021). Investigation of the effects of mucilage on maritime operation. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 27(2), 140-153.
- Üstünada, M., Erduğan, H., Yılmaz, S., Akgul, R., & Aysel, V. (2011a). Seasonal Concentrations of some Heavy Metals (Cd, Pb, Zn and Cu) in *Ulva rigida* J. Agardh (Chlorophyta) from Dardanelles (Canakkale, Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* 177 (1-4), 337-342. doi 10.1007/s10661-010-1637-7.
- Üstünada, M., Erduğan, H., Aysel, V., & Akgul, R. (2011b). Seasonal Concentrations of some Heavy Metals in *Codium fragile* subsp. *fragile* (Suringar) Hariot and *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh (Çanakkale strait, Turkey). *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi* 7(1): 5-17.
- Ugurtas, S. (2021). Turkey struck by 'sea snot' because of global heating. *Guardian* (2021-05-25). Retrieved 2021-06-29. <https://www.theguardian.com/environment/2021/may/25/turkey-struck-by-sea-snot-because-of-global-heating>.
- Yıldız, T., & Gönülal, O. (2021). Sea snot and its impacts on the fisheries in the Sea of Marmara and its adjacent waters. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 27(2), 167-183.