

**MARMARA DENİZİ'NDE DENİZ SALYASI/MÜSİLAJI
OLUŞTURAN SEBEPLER**

**THE REASONS FOR OCCURRENCE OF SEA SNOT/
MUCILAGE IN THE SEA OF MARMARA**

Doç. Dr. Ahsen Yüksek

**Doç. Dr. Ahsen Yüksek / İstanbul Üniversitesi /
ayuksekatistanbul.edu.tr / ORCID: 0000-0001-7949-3001**

İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünden mezun olduktan sonra, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsünde “Marmara Adalarında Seçilmiş Ekotoplarda Bir Envanter Çalışması” ile yüksek lisans ve “Marmara Denizi'nin Kuzey bölgesinde Teleost balıkların pelajik yumurta ve larvalarının dağılımı ve bolluğu” tezi ile doktorasını tamamladı. Araştırmaları Marmara Denizi ekosistemi, Özel Çevre Koruma alanları ve Karadeniz'de yoğunluk kazanmıştır. Araştırma konuları genellikle ihtiyoplankton, jelimsi canlılar, biyolojik çeşitlilik ve etkileyen faktörler, besin ağı, deniz suyu ekolojik kalite sınıflandırması ve deniz çöpleri diyebiliriz. Biri Çin de biri Ukrayna da olmak üzere sertifikalı 2 yurt dışı eğitim programına katılmıştır. 16 sı TÜBİTAK, 3 Avrupa Birliği olmak üzere 48 projede görev almış, 83 yayına sahiptir. Yapılan projeler kapsamında “Denizlerde Faaliyet Gösteren Balık Çiftliklerinin Çevresel Yönetimi Yönetmeliği”, “Deniz Çöpleri İl Eylem Planlarının Hazırlanması Ve Uygulanması Genelgesi” ve “Dip tarama yönetmeliği” mevzuatlarının çıkartılmasında görev almıştır. 2017 yılında The Black Sea Commission tarafından Karadeniz de yaptığı çalışmalardan dolayı “Black Sea Medal Awards” ödülüne layık görülmüştür.

**Assoc. Prof. Ahsen Yüksek / İstanbul University /
ayuksekatistanbul.edu.tr / ORCID: 0000-0001-7949-3001**

Her bachelor's degree is from İstanbul University, Faculty of Science, Department of Biology. She completed her master thesis, “The investigation of littoral biota of southern coast of Marmara island”, and her PhD, “Distribution and abundance of pelagic eggs and larvae of teleost fishes in northern Marmara Sea”, in the Institute of Marine Sciences and Management, İstanbul University. Her research is mainly focused on; ecosystem of the Sea of Marmara, Special Protected Areas, and the Black Sea. Her research interests are; ichthyoplankton, jelly-like organisms, biodiversity and contributing factors, food web, ecological status of sea water, and marine litter. She has two certificated education programs abroad in China and Ukraine. She participated in 48 research projects, 16 of which were funded by TUBITAK and 3 were European Union. She is the author of 83 research papers. She was assigned in preparing the; “Regulation on Environmental Management of Fish Farms Operating in the Seas”, “Circular on Preparation and Implementation of Marine Litter Provincial Action Plans”, “Dredging Regulation”. In 2017, she was awarded the “Black Sea Medal Awards” by The Black Sea Commission for her works in the Black Sea.

MARMARA DENİZİ'NDE DENİZ SALYASI/MÜSİLAJI OLUŞTURAN SEBEPLER

Özet

Jelimsi canlılar veya denizanaları yüksek düzeyde bozulmuş sistemlerin göstergeleri olarak kabul edilmesine rağmen, organik madde ve mikro planktonun filtrasyonundan trofik seviyenin üst segmentlerine kadar önemli rol oynadıklarından, pelajik sistemin anahtar türleridir. Genel olarak ani ve aşırı artışları, ötrafikasyonu, kıyı dolgusu, avcılık gibi yerel ekosistem dengelerinin ani bozulması yanı sıra, iklim değişikliğine bağlı olarak tür dağılımının genişlemesi ve üreme potansiyelinin artışı ile de ilişkilendirilmektedir. Yerli olmayan jelimsi türlerin bozulmuş ekosistemlere kazara girmesi, aşırı çoğalarak ciddi sonuçlara neden olabilir. Bunu 2007'de *Liriope tetraphylla* türlerinin oluşturduğu ekosistem hasarı ile gördük. Günümüzde pelajik sistemin tekrar çökmesinde ise yerler türler rol oynamıştır. Yerli türlerin aşırı artışlarında rol oynayan ana etken küçük pelajik üzerindeki aşırı avcılık baskısı ve besin bolluğudur. 2018'de kaydedilen aşırı avcılığın ardından, Marmara Denizi'nde önce Salpa kolonileri ardından *Rhizostoma pulmo* ve *Aurelia aurita* türlerinde aşırı artışlar, fitoplankton ve zooplankton yoğunluğunda ise belirgin düşüş gözleniyor. Sonuç olarak, plankton üstünden beslenen balık türleri tür çekilince yerini yine plankton üstünde beslenen jelimsi canlılar alıyor. Kasım aralık ayında balıkçıların salya dedikleri oluşum başlıyor ve ardından yoğun nanoplankton çoğalması izleniyor. Böylece Marmara Denizi pelajik sistem besin akışı tamamen değişiyor. Yapılan aylık gözlemlerde musilaj oluşumunu tetikleyen sistemin ortamdaki jelimsi canlıların artışı ile kuvvetli ilişkisi vardır.

Anahtar Kelimeler:

Marmara denizi, Besin ağı, Deniz anaları, Müsilaj, Salya.

THE REASONS FOR OCCURRENCE OF SEA SNOT/ MUCILAGE IN THE SEA OF MARMARA

Abstract

Even though Jelly-like organisms are accepted as indicators of a degraded ecosystem they are the key elements of the pelagic system due to their significant role in filtering the microplankton and organic matter and thus balancing the higher trophic levels. Their bloom is linked generally with eutrophication, coastal embankment, and fishery activities, however, increasing spatial distribution of species and higher reproduction potential are also linked with climate change. Entering Non-indigenous species into a degraded ecosystem, coincidentally, may cause severe consequences by blooms of those species. We witnessed such an event in 2007, when *Liriope tetraphylla*, a non-indigenous species for the Sea of Marmara, entered the system and caused serious ecosystem damage. Today, however, native species are responsible for the damage in the pelagic system. The unique factor that played a role in the bloom of native species is the extreme fisheries pressure on the small pelagic fish. Following the extreme fishery activities which were recorded in 2018, increased populations of *Salpa* colonies, later *Rhizostoma pulmo* and *Aurelia aurita* species and decreased phytoplankton and zooplankton abundance were observed in the Sea of Marmara. Consequently, when the species that feed on plankton are withdrawn from the system, the gap in the food web is filled with the jelly-like organisms which again feed on plankton. There is a strong relationship between the system that triggered the mucilage event and the high abundance of jelly-like organisms in the environment based on the monthly observations. During the period of November-December 2020, the sea saliva, as fishermen called, took a start and right after that a dense population of nanoplankton was recorded. The food web of the pelagic system in the Sea of Marmara thus changed, completely.

Keywords:

Marmara Sea, Food web, Jellyfish, Mucilage, Sea snot.

Giriş

Dünyanın önemli 13 boğaz ve kanal sisteminden 2'sini barındıran Marmara Denizi, morfolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak, zengin biyolojik çeşitliliğe ve üretkenliğe sahip olması yanı sıra, denizel canlılar için önemli bir göç yoludur. Bu özelliklerinden dolayı, EBSA (Ecologically or Biologically Significant Marine Areas) Kriterlerinin ilk altı maddesini, “yüksek” kategori seviyesinde karşılamaktadır. Önemli bir üreme alanı olan Marmara Denizi, ne yazık ki son zamanlarda sık sık olumsuz olaylar ile anılmaya başlanmıştır. 2007 yılında gözlenen salya/musilaj olayından sonra, 2015’de tüm Marmara Denizini etkisi altına alan Red-tide (kırmızı alg patlaması), 2017 Tuzla civarında dip balıklarının ölmesi, 2019 yılı başlarında ilk kez gözlenen ve her yıl kış aylarında lodoslu havalarda tekrarlanan İstanbul kıyıların kırmızı deniz yosunu ile kaplanması olayları, Marmara Denizinde artan ötrafikasyon etkisinin basına yansması olarak tanımlayabiliriz. Aslında 2018’de sadece balıkçıları rahatsız eden, bilim insanlarını, basını ya da yöneticileri rahatsız etmeyen denizdeki salya artışı, 2020 Kasım ayında gözlenmeye başlanan müsülaj olayının bir başlangıcıydı.

Marmara Denizi’nde ilk kez Ekim 2007’de görülen ve kilometrelerce alanda gözlenen müsülaj madde sadece görsel kirliliğe sebep olmamakla kalmamış, aylarca üst tabakada etkisini sürdürerek başta balık ağlarını tıkaması ve av gücünü artırarak balıkçılığa darbe vurmuş, pek çok ticari ve amatör deniz araçlarında sorunlar yaşanmasına ve denizden su alan sanayi kuruluşlarında maddi kayıplara neden olmuştur. Bu dönemde sadece balıkçılar üstünde yapılan sosyo-ekonomik araştırmalar sonucunda balıkçılık gelirindeki düşüşün ortalama 27459 Euro/yıl olduğu, balıkçılık gelir kaybının ise -61,41% olduğu hesaplanmıştır (Keleş vd., 2020). 2021 de de yaşanan olayın 2007’ye göre daha uzun ve yoğun olduğu düşünüldüğünde sadece balıkçılık açısından ele alınsa bile ülkemiz ne yazık ki büyük ekonomik kayıplar ile karşı karşıya kalmıştır.

Dünya denizlerinde geçmişte pek çok kez görülmüş olan bu durum (Pompei vd., 2003; Cozzi vd., 2004; Precali vd., 2005; Najdek vd., 2005), Adriatik’te ilk kez 1789’da kayıt altına alınmıştır (Cozzi vd., 2004). Bunun dışında 1800’lü yıllardan bu yana Yeni Zelanda’dan (MacKenzie vd., 2002) Meksika Körfezi’ne (Passow & Alldrege, 1999) dünyanın pek çok bölgesinde müsülaj oluşumu kayıtları bulunmaktadır. Denizlerimizde ise ikinci kez müsülaj oluşumuna rastlanmış olsa da 1994 yılında Marmara Denizi demarsal stokların tamamen bozulmasına sebep olan *Mnemiopsis leidyi* Agassiz, 1860’ın oluşturduğu ve balıkçılar tarafından salya olarak adlandırılan ekosistem olayı da bu kapsamda ele alınmalıdır.

Literatürdeki çalışmaların pek çoğu, Müsilaj oluşumu ve sonrası olayları incelemekte, oluşan müsülajın kimyasal yapısı ve mikroskobik özelliklerinden bir sonuca gidilmeye çalışılmaktadır. Bundan dolayı müsülajı oluşturan kaynak ve nedenler hakkında kesin yargıya varılamamaktadır. Ancak tüm bu çalışmaların ortak noktası, ekosistemde oluşan bu değişimlerin tek bir parametreye bağımlı olmadığını “sistemin tüm elemanlarının birlikte tepki verdiği görüşü” olayın çö-

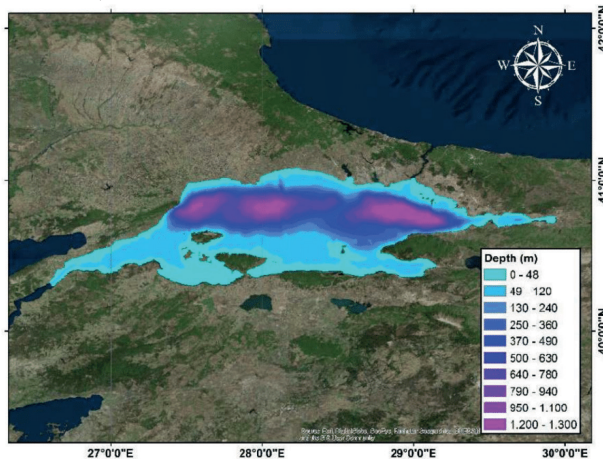
zümlemesinde daha etkin olacağı kanısındayız. Bundan dolayı Marmara Denizi'nin oşionografik özelliklerinin bilinmesi önem kazanmaktadır.

Bu bölümde Marmara Denizi Ekosistem yapısına kısa bir giriş yapıldıktan sonra 2020 sonlarında gözlenen deniz salyasından/müsilajdan önce gelişen süreç ve bu sürecin 2007 dönemi ile karşılaştırılması yapılacaktır.

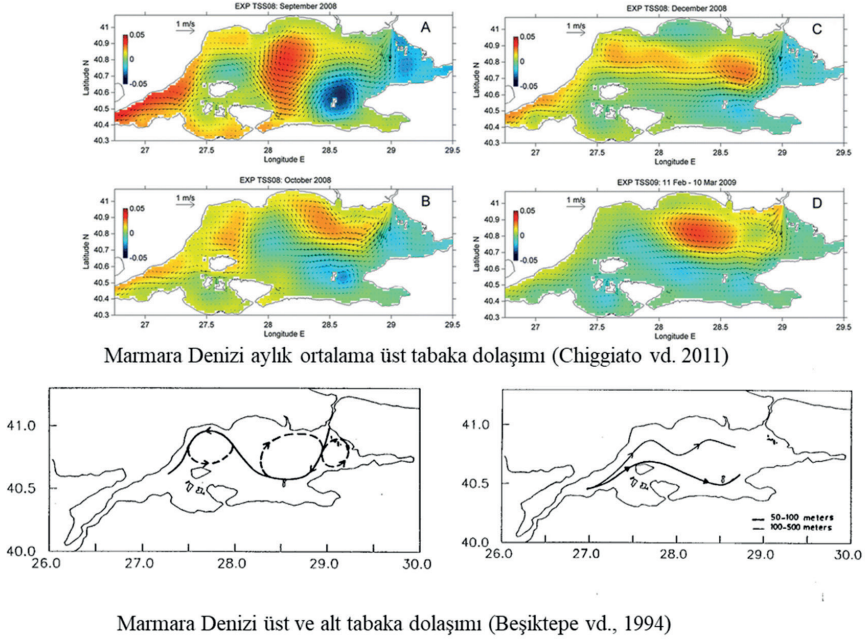
Marmara Denizi'nin Hidrodinamik Yapının Besin Ağı Üzerine Etkisi

Marmara Denizi, İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı ile Karadenizi, Ege Denize bağlayan küçük, yarı kapalı bir havzadır (~ 11.000 km²). Başlıca topografik özellikleri, havzanın güney yarısını kapsayan şelf bölgesini (<100 m), dik bir topografik eğim ile yaklaşık 1000 metre derinliğindeki kuzey havzasına sığ eşikler ile bağlanır (Şekil 1). Bu topografik yapı Marmara Denizi'nin yüzey ve özellikle dip akıntısının şekillenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Ege Denizi ile Karadeniz arasındaki yaklaşık 55 cm'lik bir seviye farkı nedeniyle (Alpar & Yüce, 1998), Karadeniz yüzey suyu, İstanbul Boğazı yoluyla sürekli Marmara'ya doğru yoğunluğu artarak akmaktadır ($\sigma_{18.0}$ kgm⁻³). Ayrıca Ege'nin daha tuzlu, daha yoğun su kütlesi de Karadeniz'e doğru (~ -40 m'nin altındaki derinliklerde) akar (Beşiktepe vd., 1994). Seviye farkından doğan ve jet olarak tanımlanan kuvvetli akıntı, yaklaşık 230 km³ hacme sahip olan Marmara yüzey suları 4-5 ayda bir yenilenmesine sebep olurken, yaklaşık 3378 km³ hacimde ki alt tabaka suları ise 6-7 yılda bir yenilenmektedir (Beşiktepe vd., 1994). Üst tabaka da ki kuvvetli akıntı İstanbul Boğazından Marmara Denizi ne girer ve sağa doğru yönelir (Şekil 2) (Beşiktepe vd., 1994). Bu kuvvetli yüzey akıntı sistemi etkin rüzgarların da etkisi ile kuzeyde (İzmit Körfezi girişi) ve güneyde (Tekirdağ-Ereğli) iki siklonik akıntı oluşturur ki bu bölgeler dikey karışım ile alt suda ki zengin besin tuzlarının üst suya karıştığı alanlardır (Oğuz, 2017) (Şekil 2). Genel olarak Marmara Denizindeki planktonik aktivitelerde bu iki bölgeden tetiklenir (Oğuz, 2017).



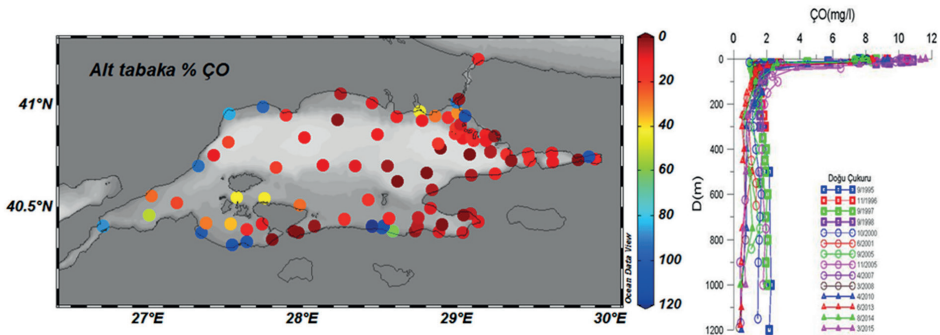
Şekil 1. Marmara Denizi Batimetrisi (Erdik & Beji, 2018)



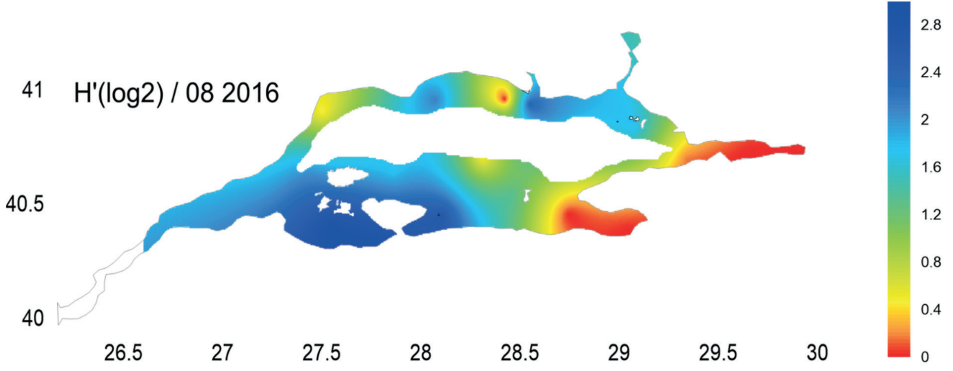
Şekil 2. Marmara Denizi Akıntı Dolaşımı

Marmara Denizi ve Boğazlar Sistemi [Türk Boğazlar Sistemi (TTS)], Karadeniz ile Ege Denizi arasındaki su değişiminin sonucu oluşmuş iki tabakalı bir ekosisteme sahiptir. Komşu denizlerde su yoğunluklarının çok farklı olması nedeniyle Marmara'nın yüzeyindeki ince tabakada tuzluluğu kısmen artmış Karadeniz suları, bunun altında ise Ege'den giren tuzlu sular vardır. İki tabakalı Marmara Denizi'nin üst suları Karadeniz ve karasal girdilerden beslenmektedir. Alt tabakası ise Ege suları ve yüzeyden çöken partikül maddeler ile beslenir (Oğuz, 2017). Karadeniz'den ve karasal kaynaklardan gelen besi elementlerinin yükleri ve oranları, alt tabakadan karışımlarla giren yüklerle birleşerek Marmara'nın üst tabaka ekosisteminin trofik durumunu belirler (Oğuz, 2002) ve aldığı besin yükünden dolayı, Avrupa Denizlerinden ötrofikasyon bakımından daha yüksektir (Chassot vd., 2007). Üst ve alt tabaka arasında güçlü bir piknoklin varlığı ve üst ve alt katmanlar arasındaki türbülanslı madde değişimi sınırlar (Oğuz, 2002). Üretimin en yüksek olduğu tabaka üst tabaka ve piknoklin (ani tuzluluk ve yoğunluğun değiştiği tabaka) dır. Alt tabaka kalıcı olarak hipoksiktir; zamsal ve mekânsal olarak değişmekle birlikte yaklaşık oksijen doygunluğu %20-30 arasındadır (Polat Beken, 2018). Deniz suyu kimyası bakımından fosfat yükünün %37'si Karadeniz, % 40'ı ise Marmara ve Susurluk havzalarından girdiği belirtilmektedir (Polat Beken, 2018). Yine aynı yayında azot bileşiklerinin %42'si Karadeniz, %50'si Marmara havzalarından Marmara Denizine giriş yaptığı belirtilmiştir.

Genel olarak, Karadeniz girdileri, Marmara'ya ulaşan besin maddelerinin ve organik madde yüklerinin çoğunu sağlamaktaydı, ancak son yıllarda özellikle kuzeyde artan nüfus ve yapılaşma doğu ve güneyde artan sanayi ve tarımsal faaliyetlerin bir sonucu olarak Marmara Denizi'nde besin maddesi artmıştır. Bu sadece üst tabakada deniz suyu kimyasını değil, alt tabaka suyunun kimyasal özelliğini de değiştirmiştir (Ediger vd., 2016). Üst tabakada artan ötrafikasyonun ışıklı bölgenin azalmasına ve üretim derinliğinin daralmasına sebep olurken, daha fazla partikül organik maddenin alt suya taşınmasına neden oldu (Ediger vd., 2016). Çanakkale Boğaz akıntısı ile Marmara ya giren Akdeniz kökenli oksijence hemen hemen doygun su, besin elementince zayıftır (Tuğrul vd., 2015). Fakat üst tabakadan haloklin ve alt haloklin sularına daha fazla organik madde geçmesi sonucu, son 30 yılda nutriklin ve oksiklin derinliklerini yukarı doğru kaydırmıştır. Bu değişimler havza üzerindeki pelajik ve dip ekosistemini de oldukça etkilemiştir (Ediger vd., 2016). İzmit Körfezinde olduğu gibi oksijen düşüklüğünün ana sebebi üst tabakadan çöken organik madde yükü ve alt tabakada ki organizmaların metabolik faaliyetleri sonucu tüketilen oksijendir. Düşük oksijenin derinliğe göre değişimini incelediğimiz de Çınarcık (Doğu) çukurunda 20 yılda 3mg/L den 1mg/L nin altına düştüğünü görüyoruz. Bu düşüş çeşitliliğin yüksek oldu güney şelfini de etkilemektedir Şekil 3 ve 4). Körfez içlerinde oksijen düşüklüğü biyolojik çeşitlilik açısından daha hissedilir olmuştur (Yüksek, 2016) (Şekil 4). Örneğin İzmit Körfezi ve Gemlik Körfezinde de besin elementi artışı ve dip oksijeninde ki belirgin düşüşler, son yıllarda biyolojik çeşitlilikte ve habitatlarda önemli kayıplara neden olmuştur (Yüksek, 2016). 1950'li yıllarda gözlenen bazı türler artık görülmez olmaya başlamış, bunların yerini organik kirliliği veya ötrofikasyonu seven türler artmıştır (Yüksek 2016). Görüldüğü gibi, Marmara Denizi genelindeki bu değişimler, sadece dip ekosistemini değil pelajik ekosistemini de oldukça etkilemiştir. Yapılan ihtiyoplankton araştırmalarına göre 1950'li yıllarda Marmara Denizinde uskumru gibi karnivor türler hakimken (yayınlanmamış data), 1980'ler den sonra hamsi, çaça balığı gibi türlerde belirgin artışlar olmuştur (Yüksek, 1993).



Şekil 3. Marmara Denizi Dip Oksijen Dağılımı ve Çınarcık Çukuru (Harita denizlerde bütünleşik kirlilik izleme(2017), Grafik MARMOD projesi (2019) kapsamında üretilmiştir)



Şekil 4. Marmara Denizi Makro Zoobentik Tür Çeşitliliğinin Dağılımı

Marmara Denizi artan baskılardan dolayı tür kaybı son yıllarda artmaya başlamış ve ekosistem biyolojik çeşitlilikte kayıplarının yerine plankton veya organik madde üstünden süzerek beslenen türleri koymuştur. Böylece Marmara Denizi besin ağı ani değişikliklere daha hızlı ve keskin yanıtlar vermeye başlamıştır. Artık Marmara Denizindeki ekolojik olaylar daha sık basında duyulmaya başlamıştır. Örneğin 2015’de Marmara Denizinin kırmızı alg çoğalmasının (*red tide*) uydu görüntüleri dünya basınında da yer aldı. 2017’de balık ölümleri, 2019’dan sonra sık sık basında çıkan Marmara Denizinde kırmızı alglerin karaya vurması, Salpa kolonilerinin artışı ve en son deniz anası artışının tüm Marmara Denizi’ni istila etmesi gibi.

Jelimsi Canlıların Marmara Denizi Pelajik Ekosistemindeki Rolü

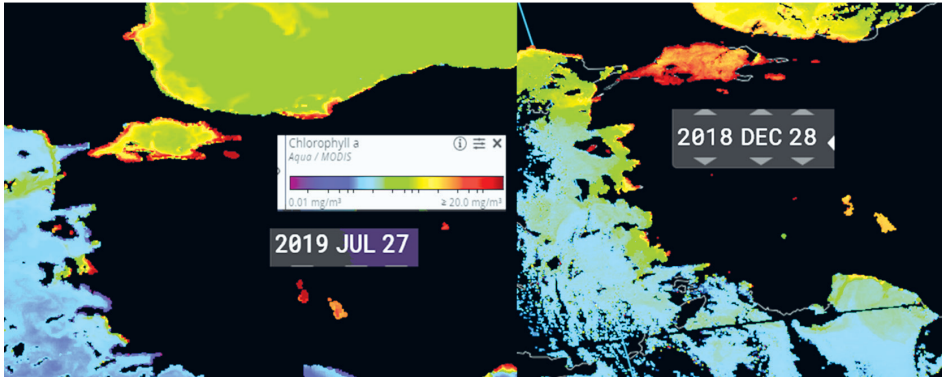
Biyolojik çeşitlilik kayıpları türler arasında ki işlevselliğin bozulmasına rol açar. Bu da ekosistemin fonksiyonel çeşitliliğini, yani istikrarını bozar. Ekosistem daha kırılgan olur. Jelimsi yada jelatinimsi canlılar veya denizanaları yüksek düzeyde bozulmuş sistemlerin göstergeleri olarak kabul edilmesine rağmen (Boero vd., 2016), organik madde ve mikro planktonun filtrasyonundan, trofik seviyenin üst segmentlerine kadar önemli rol oynadıklarından, aynı zamanda pelajik sistemin anahtar türleridir. Jelatinimsi zooplankton temsilcileri, dünya çapında, genellikle topluca “denizanası” olarak bilinen Cnidaria, Ctenophora ve Thaliacea dahil 1000’den fazla türle birlikte, giderek artan sayıda rapor edilmektedir (Boero vd., 2016). Son yapılan araştırmalar küresel ölçekte deniz anası aşırı çoğalmalarına ve yaygınlaştığına işaret etmektedir (Richardson vd., 2009). Aşırı avlanma, ötrofikasyon, iklim değişikliği ve habitat tahribatı gibi insan kaynaklı stresler, denizanası aşırı artışlarının ana unsurlarıdır (Purcell vd., 2007; Richardson vd., 2009; Boero vd., 2016). Jelimsi canlıların artışı pelajik ekosistemi, balıkların egemen olduğu bir yapıdan (aynı ortamda beslendiği ve özellikle juvenilleri üzerinde predetör baskı kurduğu için artışlarını kontrol altında tutabilir), ekolojik, eko-

nomik ve sosyal sonuçları daha az arzu edilen ve kalıcı olabilecek jellimsi canlı hakimiyetli bir yapıya dönüştürebilir (Richardson vd., 2009). Marmara Denizi ekosistemi de avcılık baskısı ardından, 1994, 2007 ve 2020'de jelimsi canlıların istilasına uğramış ve hem pelajik besin ağında hem de demersal besin ağında önemli değişimlere neden olmuştur.

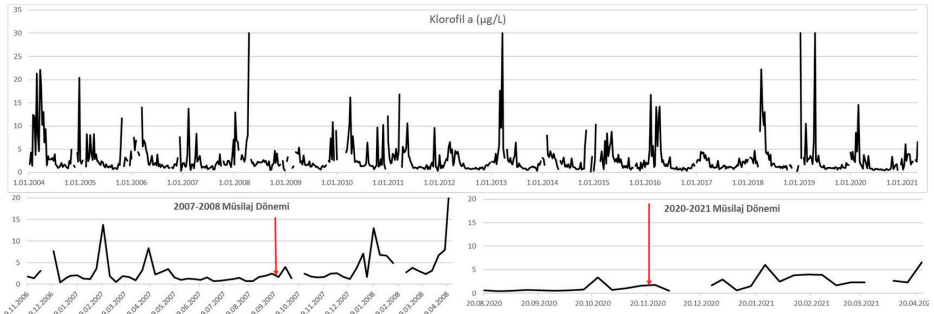
Jelimsi canlıların Marmara Denizindeki ani artışlarının nedeni üç başlık altında özetleyebiliriz;

1. Ötrofikasyon; Yukarıda da bahsedildiği gibi Marmara Denizi komşu denizlerden daha yüksek üretime sahiptir (Şekil 5). Fitoplankton biyokütle göstergesi olan klorofil-a değerleri üst su kolonunda yüksek değerlerde olup, tabakalaşmanın başladığı derinlikten itibaren değerler hızlı düşmektedir. Ayrıca yapılan araştırmalar, klorofil-a konsantrasyonunun denizin kuzey bölgesinde ve körfez içlerinde daha yoğun olduğunu, özellikle kış döneminde artış yaptığını göstermiştir (Şekil 5, 6). Şekil 6'da görüldüğü gibi klorofil a pikleri, nisan dan sonra küçük pik denilen nispeten düşük artışlar, kasım aylarından sonra da büyük artışlar yapmaktadır. Bu durum Marmara Denizinin kış mevsimlerine geçişte daha kırılğan bir yapı göstermesine neden olmaktadır.

Musilaj gözlendiği 2007 Eylül sonu ve 2020 yıllarında, klorofil a değerlerinde belirgin şekilde düşüş kaydedilmiştir (Şekil 6).



Şekil 5. Türkiye Denizlerinde klorofil a dağılımı (NASA- Worldview)



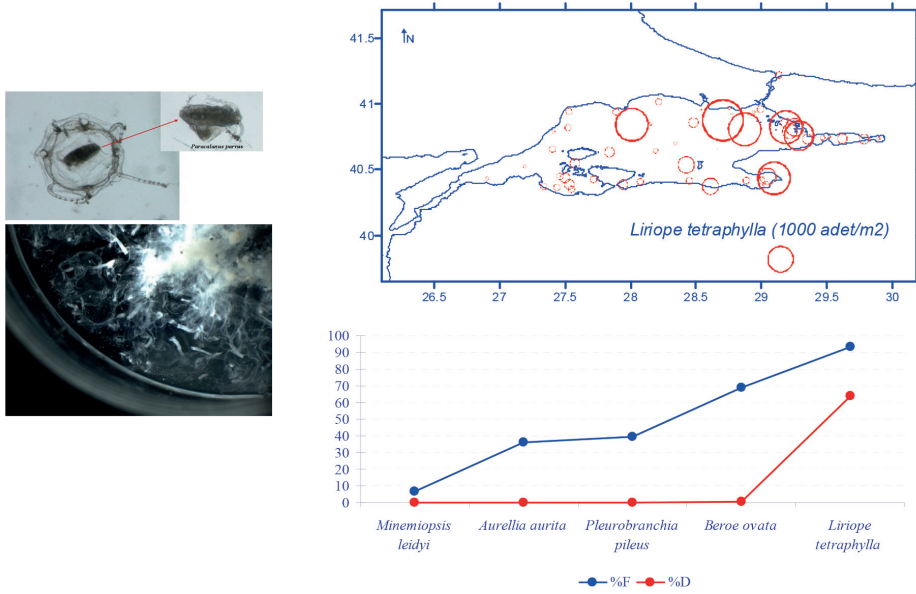
Şekil 6. Uzun zaman serili klorofil a değişimi (GIOVANNI/NASA)

Bu dönmelerde beklenen yüksek klorofil değerleri yerine çok düşük değerler gözlenmiştir. Bu durum ortamda kuvvetli predatörleri işaret etmektedir. 2007'de salya/müsilaj olayını tetikleyen jelimsi canlının *Liriope tetraphylla* (Chamisso & Eysenhardt, 1821) ve 2020'de tetikleyenin ise *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758) olduğu düşünülmektedir.

L. tetraphylla 2005'de sisteme girer girmez tüm Marmara Denizine yayılmıştır. Hızlı ve yüksek üremenin yanı sıra süzerek beslenme yeteneklerinden dolayı, diğer jelimsi türler üstüne baskı kurmuşlardır (Yüksek & Sur, 2010) (Şekil 7). Zooplankton ve fitoplankton bolluğunu baskılamışlardır (Yılmaz, 2015; Taş, 2021).

2020'de uzun dönem klorofil a da ki düşüş nedeni ise 2018'den sonra sistem çökmeye başlamış ilk önce organik madde ve plankton üstünden beslenme salpa (*Salpa maxima* Forskål, 1775) kolonileri ilk kez vatandaş bilimi çalışmaları ile Marmara Denizi'nin genelinde görüldüğü dikkati çekmiştir. Aslında Akdeniz'in derin sularını tercih eden bu türün Marmara ya 2018'de gelmesi pelajik besin ağındaki değişimin ilk işaretiydi. Salpa kolonilerinin Marmara Denizinde artması, fitoplankton üretimini azalmasına ve özellikle balık larvaları gibi pek çok canlının larval evredeki gelişimine etki eder (Boero vd., 2008). Aynı zamanda ötrafik bir deniz olan Marmara Denizi'nde pelajik ortamın yoğun planktondan temizlenmesine katkı da vermiştir. Bol besin olan ortamlarda üreme kabiliyeti artan bu canlıların, ölümleri sonrasında diğer jelimsi türlerde olduğu gibi yüksek organik maddeli mukuslu bir yapı oluşturarak ortamdaki fazla karbonun deniz tabanına taşınmasına katkıda bulunurlar. Yani karbon döngüsünde de önemli rol oynayan bu türler, ortamdaki yerli türlerin üreme periyodunun başlaması ile baskılanmış ve vatandaşlardan (balıkçılar) edinilen bilgiye göre bir daha gözlenmemiştir.

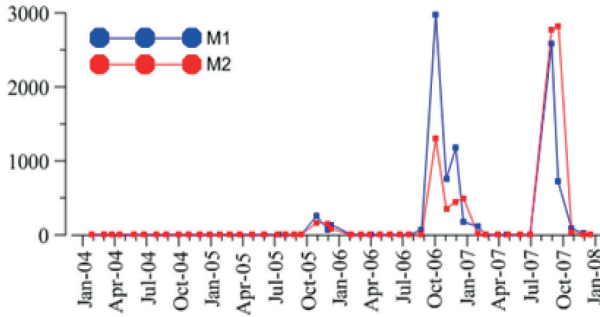
İlk gözlene yerli tür *Rhizostoma pulmo*'dur (Macri, 1778). Özellikle Kasım 2020 Silivri-Avcılar arasında kitlesel ölümleri kaydedilmiştir (Öztürk & Sümen, 2020). Daha sonra baskın olarak *A. Aurita* istilası kaydedilmiştir. Deniz analarının fitoplankton üzerinde verimli bir şekilde beslendiği bilinmektedir. Aynı zamanda mikro, meso-zooplankton, balık larvaları ve hatta diğer jelatinli zooplankton türlerini avlama kabiliyetleri yüksektir (Richardson vd., 2009; Tinta vd., 2021). Özellikle ephyra evlerinde yüksek oranda bakterioplankton ve fitoplanktonu tercih ederler (Bamstedt vd., 2001). Denizel ortamdaki bu aşırı jelimsi canlı yoğunluğu, her kış Marmara Denizinde gözlenen fitoplankton aşırı artışlarına izin vermemiştir. 2020 yılının son aylarında ortamda ki besinin hızla tüketilmesine neden olan denizanalarının kitlesel ölümleri başlamıştır ve eş zamanlı salya/müsilaj oluşumları da Marmara Denizi'nde gözlenmiştir.



Şekil 7. 2005 Yılında Marmara Denizinde *L. tetraphylla* nın dağılımı ve diğer makro jelimsi zooplankton üstüne baskınlığı (%d) ve görünme sıklığı (%f)

2. Deniz suyu sıcaklığının artması; Okyanus ısınması, küresel ölçekte biyolojik kütlelerin (organik karbon) büyük çoğunluğunu temsil eden mikro organizmalar üzerindeki etkisinden dolayı, biyojeokimyasal döngüler ve besin ağlarının işleyişini önemli ölçüde değiştireceği düşünülmektedir (Edwards, 2016). Yani küresel ısı değişimi, denizel ekosistemlerinin değişiminde itici bir güçtür. Bölgesel baskılar ile etkileşime girdiğinde, ekosistemler üzerindeki etkisi daha şiddetli olabilir (Gissi, 2021). Son yapılan araştırmalarda, jelimsi canlıların, ani artışların nedenleri yerel nedenler olarak düşünülse de olayın giderek daha fazla kaydedilmesi küresel süreçlerinde etkin olduğunun düşündürmektedir (Boero vd., 2016).

1996-2010 tarihleri arasında Marmara Denizi doğusu ve İstanbul Boğazında yüzey suyu sıcaklığı 0,07°C/yıl artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir (Altıok vd., 2021) dir. Daha uzun dönemli ölçümler Marmara Denizi doğu çukurunda hem üst hem de alt tabakada sıcaklık ve tuzlulukta önemli artışların olduğunu göstermektedir (Altıok vd., 2021). Sıcaklıktaki artışlar, orta enlemdeki denizanelerinin üreme dönemlerini uzatabilir ve ılıman sulara yayılan tropik türlerin kış aylarında hayatta kalma sürelerini iyileştirebilir, dolayısıyla hem yabancı hem de yerli türlerin istilasını hızlandırabilir (Purcell, 2005). Marmara Denizinde 2005 de sistemde ilk kez gözlenen (İşinibilir vd., 2015) *L. tetraphylla* türü uygun ortam koşulları ve ortamda predatörü olmamasından dolayı üreme periyodunu, 2006 yılında genişletmiş ve üstündeki pelajik balık baskısı da kalkınca, ani artışa geçmiş ve ekosistemin çökmesine neden olmuştur (Şekil 8).



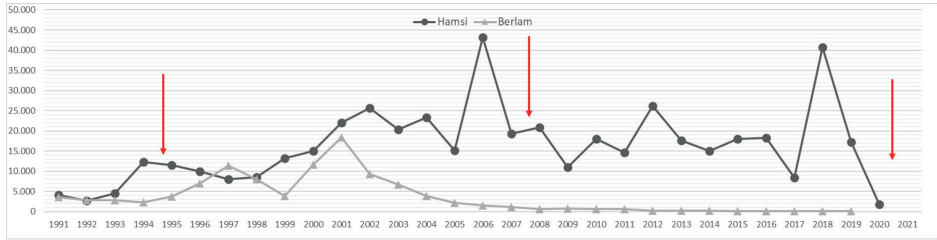
Şekil 8. *L. tetraphylla*'nın Marmara Denizi kuzey doğusunda ki çoğalma periyodu.

3. Av Baskısı; 17. yüzyılda “Boğaz’ın balıklar ile dolu olduğu,” ve sadece sepetlerle bile Boğaz’ın ve Haliç’in kıyılarından bile balık avlanabildiği bildirilmiştir (Özdağ, 2013; Ulman vd., 2020). Fakat uygulanan yanlış avcılık politikaları yüzünden, Marmara Denizi’nin zengin balık kaynakları büyük sömürüye maruz kalmıştır. İlk önce verilen teşvikler ile av gücü artırılmış, daha sonra av boyları küçültülerek balığın üremesine fırsat verilmeyecek şekilde av baskısı uygulanmıştır. Yapılan talan o kadar büyük boyutlara ulaşmışki avlanan balıklar telef edilmiştir (Can, 2013). Sonuç olarak Marmara Denizi’nde 19 soyu tükenmiş tür ve 22 türün de ticari olarak soyu tükenmiş olduğu tespit edilmiştir. Yani ticari balık türlerinin %56 yok olma tehlikesi altındadır (Ulman vd., 2020).

Av verileri incelendiğinde özellikle 1994’den sonra, zengin biyolojik çeşitliliğe sahip Marmara Denizi büyük darbe almaya başladı. Sistemden çekilen türlerin fonksiyonlarını başka türler almaya başlamıştır. İlk önce büyük karnivorlar tüketildi. Pelajik besin ağında enerji akışı hamsi, sardalye, istavrit gibi küçük pelajik balıklar üzerinden devam etmeye başladı. 1950’li yıllarda Uskumru balığı baskın tür iken (yayımlanmamış data), baskın türler plankton üstünden beslenen hamsi, çaça, sardalye gibi türler oldu. Balıkçılık baskısı artık bu grup üstünde artınca, Marmara Denizi’nde artık büyük problemler yaşamaya başlanmış oldu.

Şekil 9’da Marmara Denizinin iki farklı ekotopunda yaşanan baskın türlerinin av miktarları verilmiştir. Hamsi balığı pelajik bölgede plankton üstünden beslenen bir türken Berlam balığı demersal ve karnivor bir türdür. Her iki türde 1990’lı yıllarda Marmara Denizinde görülme frekansı yüksek balıklardı. 1994 yılında hamsi balığı avı önceki yıllara göre iki kat fazla avlanmış ve sistemde meydana gelen boşluk, hemen yabancı bir taraklı medüz türü olan *Mnemiopsis leidyi* ile doldurulmuştur. Pelajik bölgede, belirgin bir hasar olmasa da o dönemde avcılık kaybı azda olsa yaşanmıştır. Asıl kayıp, dibe çöken deniz salyası olarak adlandırılan mukussu yapının deniz dibi ekosistemine verdiği hasardır. Berlam balığı popülasyonunda ve karides avcılığında büyük çöküş yaşanmış ve demersal habitat da belirgin değişimler gözlenmiştir (Yüksek, 2016). Sistemin toparlanması yaklaşık dört yıl sürmüştür. Ne yazık ki avcılık baskısı yetkililerce kontrol altına alınmamış ve giderek artmıştır. Demersal balık türleri üstündeki avcılık da başta

Berlam olmak üzere pek çok dibe bağımlı yaşayan türün yok olmasına neden olmuştur (Şekil 8). 2007'de hamsi üzerindeki av baskısı tekrar artınca yerine yine yabancı bir tür olan *L. tetraphylla*, hamsinin görevini yüklenmiş ve ortamdaki plankton üstünden beslenmiştir. Besinin tükenmesi ardından oluşan kitlesel ölüm sonrası müsülaj olarak adlandırılan olay tekrar yaşanmıştır. Pelajik avcılık yapan balıkçılar %61 oranında maddi (ya da ekonomik) kayıp yaşarken, demersal balıkçılık fazla etkilenmemiştir (Keleş vd., 2021). Bunun sebebi demersal balıkların baskılardan dolayı zaten yok olma durumuna gelmesi ve stoklarının dolayısı ile avcılığın azalmasından kaynaklanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Hamsi (Pelajik) ve Berlam (Demersal) balığının Marmara Denizi'nde ki avcılık verileri (Ton) (Tarım ve Orman Bakanlığı)

Sonuç olarak, pelajik balıklar üzerinde ki av baskısı şiddetini hiç kesmeden ne yazık ki devam ettirmiş, bu arada demersal balık stokları ise hemen hemen tükenme noktasına gelmiştir (Şekil 9). 2018 de büyük miktarda hamsi avlanarak, boyları çok küçük olduğu için piyasaya sürülemiyor ve balık unu fabrikalarına satılıyor. Bu dönemde vatandaş bilimi çalışmaları ile elde edilen bilgilere göre deniz salyası başlıyor. 2020 yılında ortamda hiç yasal avlanma boyunda balık kalmadığı için av sezonu kesiliyor. Ne yazık ki salya/müsülaj oluşumunu engellenmiyor.

Pelajik sistem üzerindeki baskı, demersal sisteme organik madde taşımının artırmasına neden olmuştur. Böylece alt tabakada oksijen seviyesi düşüyor ve organik madde üstünden beslenen türler yaygınlaşıyor. Örneğin *Spatangus purpureus* O.F. Müller, 1776 (deniz kirpisi) Marmara Denizi demersal ekosisteminin baskın türü oluyor (Yüksek, 2016).

Genel Değerlendirme

Birçok çalışmada müsülaj maddenin kökeninin fitoplankton bolluğunun yoğun olması ya da ortamdaki azot/fosfat dengesinin bozulmasının sebep olduğu görüşleri doğrultusunda olmakla birlikte, kesin bir yargıya varılamamıştır (MacKenzie, 2002). Yapılan çalışmalar, müsülaj oluşumlarının farklı tiplerde oluşabildiğini göstermiştir (Precali vd., 2005). Farklı dönemlerde oluşan müsülaj madde içerikleri incelendiğinde, madde içinde fitoplankton türlerinden *Skeletonema cos-*

tatum, *Phaeocystis sp* (Thornton vd., 1999), *Gonyaulax fragilis* (Precali vd., 2005), *Cylindrotheca closterium*'in (Najdek vd., 2005) baskın olduğu saptanmıştır. Ancak fitoplanktonun müsilaj dışındaki ortamlarda çok daha az sayıda olması (Precali vd., 2005) ve bu türlerin yanında başka türlerinde müsilaj madde içinde yoğun olarak bulunması, su kolonunda müsilajın kendisinin ayrı bir ekotop olarak bulunduğunu göstermektedir. Müsilaj madde içindeki diğer canlılar incelendiğinde, siyanobakter ya da heterotrofik bakterilerin yoğun olarak bulunduğu saptanmıştır (Fuks vd., 2005). Ayını yayında özellikle siyanobakterilerin müsilaj içinde hem besin üreten, hemde besin kaynağı olan bir canlı gurubu olduğu belirtilmiştir. Yani oluşan müsilaj farklı canlı gruplarının bir araya geldiği aggregate yani toplaşarak birleşmelerinin bir sonucu olabilir.

Literatürde ayrıca jelimsi canlılarında denizel ortamlarda yoğun birikimlere sebep olduğu (Graham vd., 2001) ve özellikle bazı fırsatçı türlerin aşırı üremeleri ile bizim sularımız da dahil olmak üzere ekosistemde önemli değişimlere neden olduğu bildirilmektedir (Kıdeyş, 2002; Boero vd., 2016). Son yıllarda bu türlerin dünyanın çeşitli bölgelerinde artışlar göstermesi, özellikle insan etkisinin de belirgin olduğu, değişen ekosistem döngülerini işaret etmesi bakımından önemlidir (Purcell vd., 2007).

Marmara Denizi'nde gözlenen salya/müsilaj olayı oluşumlarının başlangıcında 2007 ve 2018 yıllarındaki aşırı avcılık ve ardından ortamda jelimsi canlıların artışı büyük benzerlik göstermektedir. Fitoplanktonik aktivite her iki olayda da müsilaj oluşuktan sonra artış göstermiştir. Artış yapan türler içinde müsilaj üreten türlerde kayıt edilmiştir (Taş, 2020).

Jelimsi canlıların artışından, ana faktör, balıkçılık olarak düşünülmektedir. Kirliliğe bağlı ötrafikasyonun ikincil faktördür. Plankton üstünden beslenen türlerin ortamdaki aniden yüksek oranda çekilmesi sonucu, ekosistemdeki enerji akışını jelimsi canlılar üstleniyor (Boero vd., 2016). Arai (2001) de belirttiği gibi evsel, yanı sıra aşırı avcılığa bağlı besin ağı dengesizliği sonucunda zamanlarda artan jelimsi canlı popülasyonları, ekosistemde ki besin ağı dengesinin tekrar sağlanmasında önemli bir mekanizma olarak karşımıza çıkmaktadır.

Aşırı çoğalmaların kaçınılmaz sonucu olan kitlesel ölümün sebepleri araştırıldığında iki önemli sebep olabilir. Birincisi, birim alanda bu kadar artan türlerin, yaşam alanının daralması ve ortamda besin bulunamamasına bağlı olarak bütünsel ölüm olabileceği gibi fiziksel parametrelerin (özellikle kuvvetli rüzgarlara bağlı yüzey akıntılarının artışı, çalkalanma, yağışlar, sıcaklık değişimi vs.) değişmesine bağlı bireylerinin birbirleri ile karşılaşarak jel kitlelerini oluşturmaları da kuvvetli ikinci olasılıktır (Graham vd., 2001).

Sonuç olarak sağlıklı ekosistemlerin stresli durumlara dayanma olasılığı daha yüksektir. Biyoçeşitliliği çeşitli baskılar ile kaybolmuş ekosistemlerde daha çok sorunlar yaşanmaktadır. Özellikle son zamanlarda çeşitli sebepler ile besin zincirindeki dengesizliğe bağlı olarak; Marmara Denizi'nin tümünü etkileyen jelimsi tabaka nedeni ile ekonomimiz önemli bir darbe almıştır.

Ne yazık ki küresel boyutta denizanası aşırı artışların kalıcılığı ve her yıl giderek daha fazla kaydedilmeye başlamıştır. Ve yine ne yazık ki Marmara Denizi, balık ağırlıklı ekosistemlerden, denizanası ağırlıklı ekosisteme geçmiştir. Bu durum hafife alınmamalıdır. Ana faktörler; aşırı avlanma, bölgesel etkenleri (kirletici kaynaklar, nehir girdileri, drenajlar, kıyı şeritleri boyunca polip yerleşimi için uygun sert substratların artan mevcudiyeti vs.) ve iklimsel ısınması gibi küresel etkenlerin genellikle birlikte oluşturdukları fenomenlerdir (McCabe vd., 2014; Benedetti-Cecchi vd., 2015). Ekosisteme bütüncül yaklaşılarak tüm fonksiyonlar birlikte ele alınmalı ve izlenmelidir. Pelajik sistemin toparlanma sürecin yanı sıra, jelimsi maddenin degradasyonu sonucunda sediment biyokimyası ve dolayısı ile de makrobentik türler üstüne etkisi de büyük önem taşıyacaktır. Alınacak önlemler ve bundan sonraki süreçte demersal yaşam göz ardı edilmemeli, çeşitli sebepler ile hasar görmüş habitatlar koruma altına alınarak iyileşme süreçleri takip edilmelidir. Ancak sağlık pelajik ve demersal sistem biyoçeşitliliğin artmasına ve Marmara Denizi'nin baskılar karşısında daha dayanıklı kalmasına katkı sağlar.

Öneriler

Denizanası aşırı artışlarının üç ana küresel nedeni olan ötrofikasyon, küresel ısınma ve aşırı avlanma ile ilgili genel tavsiyelerde bulunulabilir:

Ötrafikasyonun Kontrolü ve Küresel Isınma için Çözüm Önerileri

1. Marmara ya kıyısı olan şehirlerin nüfus planlanması, planlamalar yapılırken bakanlıkların koordineli çalışması. Nüfusu başka alanlara kaydıracak alt yapıların oluşturulması (sanayinin uzaklaştırılması, liman faaliyetlerinin akıntının yüksek olduğu bölgelere taşınması vs.), Altyapı sorunlarının aşılması (Kapasitelerinin artırılması, 3. Seviye arıtmaya geçilmesi), Yağmur kanlarının altyapı eksikliklerinin giderilmesi.
2. Karasal kaynaklı kirliliğin aylık izlenmesi. Özellikle Marmara ya deşarj sağlayan tüm karasal girdilerin ilgili belediyeler tarafından aylık olarak izlenmesi (Fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişkenler)
3. Havza yönetimi (nehirler ile taşınan kirletici kaynakların tamamen durdurulması özellikle İzmit Körfezi, Susurluk ve Gönen Nehirleri)
4. Kıyı erozyonunun önlenmesi, yeşil alanların artırılması, kıyı dolgularının azaltılarak kumsal alanların korunması
5. İklimsel değişimde önemli rol oynayan, denizel katı atık kirliliği ve mikropplastik kirliliğinin en önemli kaynakları olan nehir girdileri ve evsel atıklarda kirliliğin önlenmesine yönelik projelerin geliştirilmesi
6. Sera gazı emisyonlarının azaltılması, küresel değişimi ve özellikle okyanus ısınmasını azaltmak için bir ön koşuldur.
7. Halkın denetime katkı vermesi (Bilinçlendirilme)

Aşırı Avlanma Çözümleri

Avcılık baskısının azaltılabilmesi için öncelikle doğal kaynaklarımızın durumunu tespit edip ona göre yönetim planı uygulamamız gerekir. Buna “Ekosistem Temelli Yönetim” planı denir. Eğer biz denizimizdeki stokların baskılarını, biyolojik süreçlerini, avlanabilir durumlarını bilebilirsek “Sürdürülebilir Balıkçılık” için uygun yönetim planı çıkarabiliriz. Bunun için öncelikle küçük pelajik balık stoklarının Marmara Denizinde ki durumu belirlenip avlanabilir stok kraterlerinin ortaya konması gerekir (avlanabilir boy, avlanma sahası, avlanma miktarı, avlanma tekniği vb.). İkinci etkilenen ortam demersal ekosistemdir. Bu alanda ki biyolojik çeşitlilik için gerekli ekosistem restorasyonları ve avcılık yönetimi de bilgi eksiklikleri tamamlandıktan sonra acilen uygulanması gerekir.

1. Birçok balık türü denizanası yer ve genç balık yavruları ve larvaları, denizanelerinden daha fazla oranda zooplankton tüketir. Böylece jelimsi canlıların çoğalmasında otokontrol uygulanmış olur. Marmara Denizi için Gırgır avcılığı pelajik sistemi etkileyen en önemli balıkçılık faaliyetidir. Marmara Denizi’nde ki faaliyetlerinin hemen durdurulması önerilebilir. Ne yazık ki gıda talepleri göz önüne alındığında bu her zaman uygulanabilir bir çözüm önerisi değildir. Bundan dolayı bu avcılık grubunda ek denetimler ve uygulamalar getirilmeli ve denetimleri artırılmalıdır. Örneğin tekne boy ve güçlerinin düşürülmesi, küçük pelajiklerde av boylarının büyütülmesi, yüksek cezalar uygulanması gibi önlemler acilen yürürlüğe koyulmalı,
2. Su ürünleri yetiştiriciliği ile doğal sistemler desteklenmeli,
3. Hedef av dışı avcılık kontrolü yapılmalı,
4. Balıkçılık yönetiminde önemli düzenlemelerin gözden geçirilmeli (Av mevsiminin daraltılması, kota konulması, Marmara’da av kayıtlarının düzenli tutulması)
5. Önemli habitat alanlarının, yumurtlama alanlarının, Boğaz sistemlerinin Körfez içlerinin her türlü profesyonel balıkçılık faaliyetlerinden korunmalı.

Kaynakça / References

- Alpar B. I., Yüce H., (1998). Sea-level variations and their interactions between the Black Sea and the Aegean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 46 (5), 609-619.
- Altıok, H. Dökümcü, K. Mutlu, S., Öztürk, İ.D., Ediger, D. & Yüksek A. (2021). İstanbul Boğazi ve Marmara Denizi'nde İklim Değişikliği Göstergeleri. Salihoğlu, B., Öztürk, B. (Ed.). *İklim Değişikliği ve Türkiye Denizleri Üzerine Etkileri* (ss. 48-62). Türk Deniz Araştırmaları Vakfı (TÜDAV) Yayın no: 60, İstanbul.
- Arai, M. N. (2001). Pelagic coelenterates and eutrophication: a review. *Hydrobiologia* 451 (Dev. Hydrobiol. 155): 69–87.
- Bamstedt, U., Wild, B. & Martinussen, M. (2001). Significance of food type for growth of ephyrae *Aurelia aurita* (Scyphozoa). *Marine Biology* 139: 641-650. 10.1007/s002270100623.
- Benedetti-Cecchi, L., Tamburello, L., Maggi, E., & Bulleri, F. (2015). Experimental Perturbations Modify the Performance of Early Warning Indicators of Regime Shift. *Current Biology*, 25(14), 1867–1872. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.05.035>
- Beşiktepe, Ş.T., Sur, H.İ., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz, T. & Ünlüata, Ü. (1994). The circulation and hydrography of the Marmara Sea. *Progress in Oceanography* 34: 285-334.
- Boero, F., Brotz, L., Gibbons, M.J., Piraino, S. & Zampardi, S. (2016). Impacts and effects of ocean warming on jelly fish. In: Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences. (ss. 213-237). (ed. Laffoley, D., Baxter, J.M.). Gland, Switzerland: IUCN.
- Bograd, SJ, Kang S, Di Lorenzo E, Horii T, Katugin ON, King JR, Lobanov VB, Makino M, Na G, Perry RI, Qiao F, Rykaczewski RR, Saito H, Theriault TW, Yoo S & Batchelder H (2019) Developing a Social–Ecological–Environmental System Framework to Address Climate Can, K. (2013). Balık Agalara Takıldı. İstanbul: Ekin Grubu. Change Impacts in the North Pacific. *Front. Mar. Sci.* 6:333. doi: 10.3389/fmars.2019.00333
- Chassot, E., Melin, F., Le Pape, O., Gascuel, D. (2007). Bottom-up control regulates fisheries production at the scale of eco-regions in European seas. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 343, 45–55.
- Chiggiato, J., Jarosz, E., Book, W., Dykes, J., Torrioni, L., Poulain, P.-M., Gerin, R., Horstmann, J. ve Beşiktepe, Ş. (2011). Dynamics of the circulation in the Sea of Marmara: numerical modeling experiments and observations from the Turkish straits system experiment. *Ocean Dynamics*, DOI:10.1007/s10236-011-0485-5.
- Cozzia, S., Ivancic, I., Catalano, G., Djakovac, T. & Degobbi, D. (2004). Dynamics of the oceanographic properties during mucilage appearance in the Northern Adriatic Sea: analysis of the 1997 event in comparison to earlier events. *Journal of Marine Systems*, 50, 223– 241. Elsevier Publishers.
- Ediger, D., Polat Beken, Ç., Yüksek, A., & Tuğrul S. (2016). Eutrophication in the Sea of Marmara. *The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance* (ss. 723-736). Ed. Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkis, N., Balkis, N., Öztürk, B. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 42, İstanbul.
- Edwards, E. (2016). Impacts and effects of ocean warming on plankton. *Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences* (ss. 75-86). Ed. Laffoley, D., Baxter, J.M. Gland, Switzerland: IUCN.
- Erdik, T. & Beji, S. (2018). Wave Climate in the Sea of Marmara. Oil Spill along the Turkish Straits Sea Area; Accidents, Environmental Pollution, Socio-Economic Impacts and Protection (ss. 480). Ed. Ünlü, S., Alpar, B., Öztürk, B., Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), (pp.480). Publication No: 47 İstanbul.
- Fuks, D, Radić, J, Radić, T, Najdek, M, Blazina, M, Degobbi, D, & Smolaka N. (2005). Relationships between heterotrophic bacteria and cyanobacteria in the northern Adriatic in relation to the mucilage phenomenon. *Sci Total Environ.* 15:353(1-3):178-88. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.09.015

- Gissi, E., Manca, E., Mazaris, A.D., Fraschetti, S., Almpanidou, V., Bevilacqua, S., Coll, M., Guarnieri, G., Lloret-Lloret, E., Pascual, M., Petza, D., Rilov, G., Schonwaldm, M., Stelzenmüller, V., Katsanevakisk, S. (2021) A review of the combined effects of climate change and other local human stressors on the marine environment. *Science of the Total Environment* 755(2021): 142564, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142564.
- Graham, W.M. & (2001). Numerical increases and distributional shifts of *Chrysaora quinquecirrha* (Desor) and *Aurelia aurita* (Linne) (Cnidaria: Scyphozoa) in the Northern Gulf of Mexico. *Hydrobiologia* 451, 97 –111.
- Isinibilir, M. Yilmaz I.N. & Demirel N. (2015). New records of jellyfish species in the Marmara Sea, *Italian Journal of Zoology*, DOI: 10.1080/11250003.2015.104085.
- Keleş G., Yılmaz, S. & Zengin M. (2020). Possible economic effects of mucilage on Sea of Marmara fisheries. *Agric For Life Sci*, 4(2), 173.
- Mackenzie, L., Sims, I., Beuzenberg, V., Gillespie, P. (2002). Mass Accumulation of Mucilage Caused by Dinoflagellate Polysaccharide Exudates in Tasmanian Bay, New Zealand, *Harmful Algae*, 1: 69-83
- McCabe, R. M., Hickey, B. M., Kudela, R. M., Lefebvre, K. A., Adams, N. G. & Bill, B. D., et al. (2016). An unprecedented coastwide toxic algal bloom linked to anomalous ocean conditions. *Geophys. Res. Lett.* 43, 366–310. doi: 10.1002/2016GL070023
- Najdek, M., Blazgna, M., Djakovac, T. & Kraus, R., (2005). The Role Of The Diatom *Cylindrotheca closterium* in A Mucilage Event in the Northern Adriatic Sea: Coupling with High Salinity Water Intrusions, *Journal of Plankton Research*, 27: 851-862.
- Oğuz, T. (2017). Impacts of a buoyant strait outflow on the plankton production characteristics of an adjacent semi-enclosed basin: A case study of the Marmara Sea. *Journal of Marine Systems* 173, 90–100.
- Oğuz, T. (2002), Marmara Denizi'nde Besin Tuzları-Plankton Dinamiğinin Bir Model Yardımı İle İncelenmesi. 195Y028 (YDABÇAĞ-169). TUBİTAK 1001 projesi.
- Özdağ, U. (2013). For the health of the sea: In search of an expansive “land ethic” ~in Turkish maritime literature. *Interdiscipl. Stud. Literat. Environ.* 20, 5–30. doi: 10.1093/isle/ist003”
- Öztürk İ.D. & Sümen, S.G. (2020). Unusual mass mortality of jellyfish *Rhizostoma pulmo* on the coast of the Sea of Marmara in December 2020. *Black Sea/Mediterranean Environment*, 26(3), 343-351
- Passow, U. & Alldredge, A.L., (1999). Do transparent exopolymer particles (TEP) inhibit grazing by the euphausiid *Euphausia pacifica*? *Journal of Plankton Research*, 21(11), 2203–2217, <https://doi.org/10.1093/plankt/21.11.2203>
- Polat, S.Ç. (1995). Nutrient and Organic Carbon Budgets in the Sea of Marmara: A Progressive Effort on the Biogeochemical Cycles of Carbon, Nitrogen and Phosphorus. Ph.D. Thesis, Mersin.
- Polat-Beken, S.Ç., 2018. Marmara Denizi'nin Kirlilik Durumunun Tarihsel Süreci, *III. Marmara Denizi Sempozyumunu Bildirileri ve Çalıştay Raporları*, Marmara Belediyeler Birliği, İstanbul.
- Pompei, M., Mazzgöttg, C., Guerrigng, F., Cangng, M., Pggozzg, S., Benzg, M., Palamgdsg, S., Bong, L. & Pgstocchg, R. (2003). Correlation between the Presence of *Gonyaulax fragilis* (Dinophyceae) and the Mucilage Phenomena Of The Emilia-Romagna Coast (Northern Adriatic Sea), *Harmful Algae*, 2: 301-316.
- Precali, R., Giani, M., Marini, M., Grilli, F., Ferrari, C.R., Pecar, O. & Paschini, E. (2005). Mucilaginous aggregates in the northern Adriatic in the period 1999-2002: Typology and distribution, *The Science of the Total Environment*, 353: 10-23.
- Purcell, J.E. & Uye, S-I., Lo, W.T. (2007) Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Mar. Ecol. Prog. Ser* 350:153- 174.

- Richardson A.J., Bakun A., Hays G.C. and Gibbons, M.C., (2009). The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(6). .DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.01.010>
- Richardson, A. J., Bakun, A., Hays, G. C. & Gibbons. M. J. (2009). The jellyfish joyride: Causes, consequences and man agement responses to a more gelatinous future. *Trend. Ecol. Evol.* 24: 312–322. doi:10.1016/j.tree.2009.01.010
- Taş, S., Kuş D. & Yılmaz İ.N. (2020). Temporal variations in phytoplankton composition in the north-eastern Sea of Marmara: potentially toxic species and mucilage event. *Medit. Mar. Sci.*, 21(3), 668-683. DOI: <http://dx.doi.org/10.12681/mms.22562>.
- Tinta, T., Klun, K. & Herndl, G.J. (2021). The importance of jellyfish–microbe interactions for biogeochemical cycles in the ocean . *Limnology and Oceanography*,s 1–22. doi: 10.1002/lno.11741.
- Ulman, A., Zengin, M., Demirel, N., & Pauly, D. (2020). The Lost Fish of Turkey: A Recent History of Disappeared Species and Commercial Fishery Extinctions for the Turkish Marmara and Black Seas. *Front. Mar. Sci.* 7:650. doi: 10.3389/fmars.2020.00650
- Yılmaz, İ.N. (2015). Collapse of zooplankton stocks during Liriope tetraphylla (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin. *Marine Ecology*, 36, 595-610.
- Yüksek A., (2016). Biodiversity of Sea of Marmara Sea and the Affecting Factors. *The Sea of Marmara; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance*. (ss. 570-580). Ed. Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 42, Istanbul.
- Yüksek A. & Sur H.İ. (2010). First Observation of the Mucilage/Gelatinous Formation in the Sea of Marmara in October 2007. GFCM Workshop on Algal and Jellyfish Blooms in the Mediterranean and Black Sea 6 th /8th October 2010, Istanbul, Turkey.