



İstanbul Yapay Resif Projesi ve Müsilaj Felaketi

Benal GÜL

İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi 34134 İstanbul Türkiye

Geliş/Received: 15.03.2023

Kabul/Accepted: 25.07.2023

Yayın/Published: 31.12.2023

Atf yapmak için: Gül, B. (2023). İstanbul Yapay Resif Projesi ve Müsilaj Felaketi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(4/E), 795-802. <https://doi.org/10.35229/jaes.1265122>

How to cite: Gül, B. (2023). İstanbul Artificial Reef Project and Mucilage Disaster. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 8(4/S), 795-802. <https://doi.org/10.35229/jaes.1265122>

<https://orcid.org/0000-0001-8544-7343>

***Sorumlu yazarın:**

Benal GÜL
İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi
34134 İstanbul Türkiye.
✉: benalgul@istanbul.edu.tr

Öz: Yapay resifler, sucul ekosistemlerin özellikle insan faaliyetlerinden kaynaklı olarak uğradığı zararların iyileştirilmesi amacıyla kullanılan araçlardan biridir. Türkiye kıyılarındaki zarar görmüş ve yapay resif uygulaması için uygun denizel sahalara "Ulusal Yapay Resif Master Planı" ile belirlenmiştir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı bu plana uygun alanlarda yapay resif projelerini hayata geçirmektedir. İstanbul Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü tarafından İstanbul ilinin Marmara Denizi kıyılarında yürütülen "İstanbul Yapay Resif Projesi" de bu uygulamalardan biridir. Proje kapsamında insan faaliyetleri sonucu zarar görmüş habitatların iyileştirilmesi ve küçük ölçekli balıkçılığın, yeni av sahası oluşturularak desteklenmesi hedeflenmiştir. Yapay resif alanı olarak Prens Adaları etrafında Kınalıada'nın kuzey kıyıları, Burgazada ve Heybeliada arası ile Büyükada kıyıları ve Sarayburnu bölgesinde Ahırkapı önlere seçilmiştir. Projenin yapay resif kümelerini yerleştirme çalışmaları 2019 yılında Kınalıada bölgesinde başlamış olup, 2020 yılı Ekim-Aralık ayları boyunca yürütülen ikinci aşama yapay resif yerleştirme çalışmaları sırasında Marmara Denizi'nde yaşanan müsilaj felaketinin ilk aşamaları da tespit edilmiştir. İlk olarak su sütununda ince iplikçikler halinde kendini gösteren müsilaj, süreç boyunca artarak yapay resiflerin üstünü ve zeminini kaplamıştır. 2021 Eylül ayına dek yoğun bir şekilde yaşanan müsilaj felaketi sırasında, yeni bir habitat oluşturmak amacıyla gerçekleştirilen yapay resif uygulamasının sualtı incelemeleri devam etmiştir. Bu çalışma, İstanbul Yapay Resif Projesinin mevcut durumunu ve müsilaj felaketi sırasında yapılan su altı gözlemlerini içermektedir.

Anahtar kelimeler: Marmara denizi, müsilaj, yapay resif, Türkiye.

Istanbul Artificial Reef Project and Mucilage Disaster

Abstract: Artificial reefs are one of the tools used to rehabilitate aquatic ecosystems, especially the damage caused by human activities. The marine areas along the Turkish coasts, damaged and suitable for artificial reef application have been determined by the "National Artificial Reef Master Plan". Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry is implementing artificial reef projects in areas suitable for this plan. One of these applications is the "Istanbul Artificial Reef Project" carried out by the Istanbul Governorship Provincial Directorate of Agriculture and the Forestry, Fisheries and Aquaculture Branch Directorate along the coasts of the Marmara Sea of Istanbul. Within the scope of the project, it was aimed to improve the habitats damaged by human activities and to support small scale fisheries by creating new fishing grounds. Around the Prince Islands, the northern shores of Kınalıada, between Burgazada and Heybeliada, and the shores of Büyükada and the Ahırkapi coast in the Sarayburnu region are planned as artificial reef areas. Deployment of artificial reef sets started in the Kınalıada region in 2019, and the first stages of the mucilage disaster in the Marmara Sea were detected during the second stage of artificial reef deployment carried out during October-December 2020. The mucilage, which first appeared as fine filaments in the water body, increased during the process and covered around and floor of the artificial reefs. During the mucilage disaster, which was intense until September 2021, underwater observations of the artificial reef application, which was carried out to create a new habitat, continued. This study includes the current status of the Istanbul Artificial Reef Project and underwater observations made during the mucilage disaster.

Keywords: Marmara sea, mucilage, artificial reef, Türkiye.

***Corresponding author's:**

Benal GÜL
Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences
34134 İstanbul Türkiye.
✉: benalgul@istanbul.edu.tr

GİRİŞ

Kıyusal alanlar insan nüfusunun en yoğun olduğu bölgelerdir. Savunma, balıkçılık, ulaşım, rekreasyon ve turizm faaliyetleri ile ilgili sektörlerinin ekonomik açıdan güçlü olduğu alanlardır (Fleming vd., 2018). Bu alanlarda insanın sucul ekosisteme etkisi hem çok çeşitli hem de farklı yoğunluk ve şiddettedir (Murphy vd., 2019). Kirlilik başta olmak üzere, dolgu sahaları oluşturulması, liman, marina, balıkçı barınağı gibi yapıların inşası, sanayi alanlarında soğutma suyu kullanımı ve suyun geri deşarjı gibi etkiler ilk akla gelenlerdir. Kıyı alanlarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı uluslararası düzeyde tartışılan ve öneriler geliştirilen bir olgudur (Uzun & Akyüz, 2019; Serim vd., 2022). Hem mevcut insan baskısı hem de gelecek yıllarda oluşacak değişimler öngörülerek yapılacak iyi planlama, uygulama ve denetim, son derece kıymetli olan bu alanlardan sürdürülebilir fayda sağlamak açısından son derece önemlidir (Uzun & Akyüz, 2019). Bununla birlikte, özellikle ticari amaçla gerçekleştirilen yasadışı ve kayıt dışı faaliyetler neticesinde kıyusal ekosistemin birçok ögesi üzerinde olumsuz etki meydana gelmektedir.

Marmara Denizi, özellikle İstanbul ili kıyıları yüksek nüfus, plansız yerleşim alanları ve sanayi bölgeleri sebebi ile yoğun ve denetlenmesi zor bir kıyı kullanımına ev sahipliği yapmaktadır. Aşırı, yasadışı ve kayıt dışı su ürünleri avcılığı, dolgu alanlarının artması ve kirleticiler sebebi ile yaşam alanlarının yok olması, evsel ve endüstriyel kirlenme ile su kalitesindeki düşüş bu bölge için sayılabilecek başlıca sorunlardır. Tüm bu etkenler denizel biyoçeşitliliğin azalmasına ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır.

İstanbul Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü bu sorunlara bir nebze de olsa çözüm yaratabilmek amacıyla yapay resif kullanımını gündemine almıştır. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının “Ulusal Yapay Resif Master Planı” dahilinde geliştirdiği “Su Ürünleri Kaynaklarının Yapay Resifler ile Korunması ve Geliştirilmesi Projesi” kapsamında “İstanbul Yapay Resif Projesi” için çalışmalar 2018 yılı itibari ile başlamıştır. Bilimsel altyapının hazırlanması aşamasının ardından Mart 2019 itibari ile yerleştirme çalışmalarının ilk etabı gerçekleştirilmiştir. İkinci etap yerleştirme çalışmaları 2020 yılı Ekim-Aralık ayları arasında gerçekleştirilmiş ve bu aşamada yine insan etkisi ile Marmara Denizi kıyılarındaki ekosistem bozulmasının bir göstergesi olan müsilaj felaketinin ilk aşamaları gözlemlenmiştir.

Marmara Denizi, Karadeniz ve Akdeniz arasında bir bağlantı noktasıdır ve iki yönlü akıntı dinamiğinin etkisi altındadır. Bununla birlikte, evsel ve endüstriyel arıtılmamış kirletici atıkların gerek doğrudan denize

birakılması gerekse akarsular yolu ile taşınması sonucu kirlilik oranı sürekli artmaktadır. Dinamik akıntılar atıkları uzak mesafelere taşıyabildiği için nüfusun yoğun olmadığı bölgeler bile bu kirleticilerden etkilenmektedir. Bununla birlikte, Marmara Denizi büyük kütleli ve derin bir iç deniz olduğundan suyun burada kalış süresi uzundur ve bu durum da kirleticilerin uzun süre bu denizde kalmasına sebep olmaktadır. Özellikle biyolojik birikim gösteren kirleticiler ekosistem açısından önemli tehlike oluşturmaktadır (Taşdemir, 2002).

Sucul ortamda özellikle kirlilik ile oluşan müsilaj ilk olarak 1729 yılında Adriyatik Denizinde kaydedilmiştir (Yurga, 2022). Marmara Denizi’nde ise müsilaj oluşumu uzun yıllardır gözlenmektedir ancak bu oluşumun felaket boyutlarına ulaşması son 20 yılda gerçekleşmiştir. Birincil üretimde en etkin rolü oynayan fitoplankton türlerinin fotosentez sonucunda polisakkarit ürettikleri bilinmektedir. Bu üretimin büyük miktarlarda olması durumunda bu polisakkarit maddeler jelleşerek organik ve inorganik materyallerle birlikte müsilajı oluşturur (Aktan vd., 2010). Müsilaj miktarındaki artış jelatinimsi ve köpüklü bir yapı oluşmasına, ileri aşamalarda da yüzeyde yayılım gösteren bir tabakaya sebep olur. Müsilaj birikimi de denizel ekosistemde oksijen yokluğuna ve toksik alg artışlarına neden olur. Görüntü ve koku kirliliği ile turizmi ve kıyıda yerleşim alanlarını olumsuz etkilemektedir. Güneş ışığı, durgun su, sıcaklık ve besin tuzları müsilajın oluşumu ve felaket haline dönüşmesinde etkilidir. Uzun süreli müsilaj felaketleri su ürünleri avcılık faaliyetlerinin gerçekleşmesinde son derece olumsuz etkiye sahiptir. Av araçlarının kullanılabilirliğini imkânsız hâle getirmekle birlikte, tekne av ve seyir mekanizasyonunun çalışması mümkün olmamaktadır (Karakulak vd., 2023). Balık yumurta ve yavru bireylerin stoğa katılımını olumsuz etkilediğinden balıkçılık üzerindeki etki müsilaj felaketinin ardından da uzun süre devam etmektedir.

2020 Ekim ayında başlayan yapay resif yerleştirme çalışmaları sırasında yapılan sualtı gözlemlerinde müsilajın ilk oluşum aşamaları gözlemlenmiş ve kaydedilmiştir. 2021 yılı Eylül ayına dek yeni yerleştirilmiş yapay resiflerdeki biyoçeşitliliği izlemek amacı ile yapılan sualtı incelemelerinde müsilaj felaketinin aşamaları da görsel olarak kayıt altına alınmıştır. Bu çalışmanın amacı “İstanbul Yapay Resif Projesi” ve “Müsilaj Felaketi”nin bir yıllık etkileşimini ortaya koymaktır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Sahası: Gözlemler İstanbul Yapay Resif Projesi kapsamında yapay resif kümelerinin yerleştirildiği Kınalıada ve Heybeliada yapay resif alanlarında yürütüldü. (Şekil 1, Tablo 1).

İçi boş kübik beton bloklardan oluşturulmuş 9 'ar yapay resif kümesi (Şekil 2) ve kümeler arasında yerleştirilmiş anti trol yapay resif bloklarından oluşan yapay resif alanları 24-28 metre derinlikler arasında yer almaktadır.



Şekil 1. Kinaliada ve Heybeliada yapay resif alanlarının konumu.
Figure 1. Locations of Kinaliada and Heybeliada artificial reef sites.

Tablo 1. Kinaliada ve Heybeliada yapay resif alanlarının köşe koordinatları.
Table 1. Corner coordinates of Kinaliada and Heybeliada artificial reef sites.

Kinaliada Yapay Resif Alanı Köşe Koordinatları	40° 55.309' K 029° 02.440' D
	40° 55.309' K 029° 02.910' D
	40° 54.970' K 029° 02.910' D
	40° 54.970' K 029° 02.440' D
Heybeliada Yapay Resif Alanı Köşe Koordinatları	40° 52.518' K 029° 04.164' D
	40° 52.517' K 029° 04.356' D
	40° 52.373' K 029° 04.091' D
	40° 52.364' K 029° 04.331' D



Şekil 2. Yapay resif kümeleri ve Anti trol yapay resif bloğunun sualtı görüntüsü (Foto: B. Gül).
Figure 2. Underwater view of artificial reef sets and anti-trawler units (Photo B. Gül).

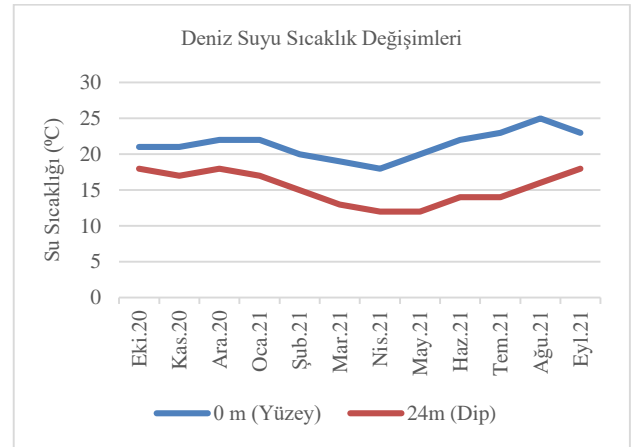
Gözlem Yöntemi: Sualtı gözlemleri tüplü dalış yöntemi ile sportif dalış derinlik ve dip zamanı limitleri içerisinde iki kişiden oluşan dalış ekibi tarafından gerçekleştirildi. 2020 yılı Ekim ile 2021 Eylül ayları arasında toplam 12 sualtı gözlemi yapıldı. Sualtı gözlemleri, Caldwell vd. (2016) referans alınarak standardize edildi. Buna göre, dalıcılar yapay resif derinliğine indikten sonra, yapay resif kümesinin etrafında bir tam tur atacak şekilde, ortalama 15 dakikalık süre ile

gözlem yaptı. Sualtı görüş mesafesinin izin verdiği ölçüde, resif kümesindeki canlı türlerini anlık olarak dalıcılar tarafından tespit edildi ve kaydedildi. Su sıcaklığı ölçümleri dalıcıların üzerinde bulunan Suunto D4i dalış bilgisayarı ile yapıldı. Ayrıca Canon G9X sualtı kamerası ile görüntü kaydı alındı.

BULGULAR

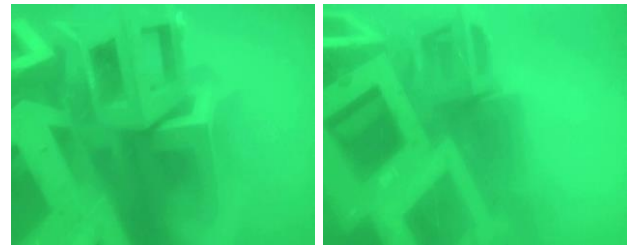
Yapay resif yerleştirme işlemleri 2020 Ekim ayında başlamış Aralık 2020 sonunda tamamlanmıştır. Bu süreçte yerleştirme operasyonlarının kontrolü amacıyla yapılan sualtı dalışlarında, özellikle 20m derinliğin altında müsilaj oluşumunun başladığı gözlenmiştir. Zaman içerisinde müsilajın tüm su sütununda yoğunlaştığı, Şubat 2021'de deniz yüzeyini de kaplayarak felaket hâlini aldığı görülmüştür. Bu süreç Eylül 2021 de müsilaj topaklarının su yüzeyi ve su sütunundan aşağıya, zemine inmesi ve yok olması ile son bulmuştur.

Bu süreçte gerçekleştirilen sualtı incelemelerinde elde edilen su sıcaklığı verileri Şekil 3'de verilmiştir. Ekim 2020'den itibaren su sıcaklıklarının uzun süre hem yüzey hem de dip kısımlarda düşmediği görülmüştür.



Şekil 3. Deniz suyu sıcaklıklarındaki (°C) aylık değişim.
Figure 3. Monthly variation of water temperature (°C).

Ekim 2020 de sualtında yapılan yapay resif yerleştirme aşamalarındaki incelemelerde müsilaj oluşumunun topak (0,5-1cm) halinde olduğu gözlemlenerek görsel kayıt altına alınmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Yapay resifler etrafında topak halindeki müsilajın yarattığı görüntü (Foto: B. Gül).
Figure 4. Image of mucilage flocs around artificial reefs (Photo: B. Gül).

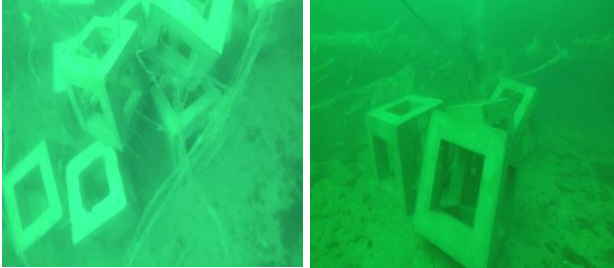
Kasım ve Aralık 2020 döneminde büyük topakların (1-5 cm) ve ince liflerin (2-25 cm) olduğu gözlenmiştir (Şekil 5). Resif bloklarının içinde genç istavrit bireylerinin oluşturduğu küçük sürüler, deniz yıldızları ve kayabalıkları kaydedilmiştir.



Şekil 5. Yapay resifler etrafında büyük topaklar halindeki müsilaj (Foto: B. Gül).

Figure 5. Mucilage macroflocs around artificial reefs (Foto: B. Gül).

Aralık sonu itibari ile şeritlerin (10-20 cm) oluşmaya başladığı ve Ocak -Şubat 2021 de sayılarının hızla arttığı gözlenmiştir (Şekil 6).



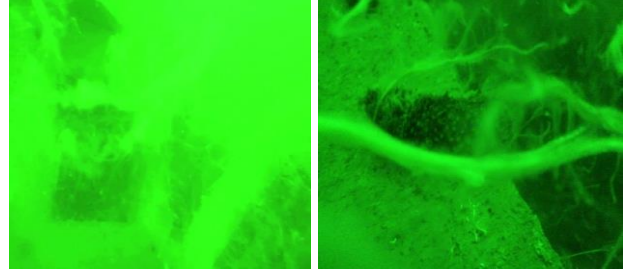
Şekil 6. Yapay resifler etrafında kaydedilen müsilaj şeritleri (Foto: B. Gül).

Figure 6. Mucilage macroflocs and stringers around artificial reefs (Photo: B. Gül).

Şubat 2021 ve sonrasında su yüzeyinde kendini göstermeye başlayan müsilajın sualtında da artık ağ şeklinde bir yapı oluşturmaya başladığı belirlenmiştir. Nisan ayı itibari ile görüş mesafesini 50 cm'ye düşürecek şekilde yoğunlaşan müsilaj bulutlarının tabakalar halinde olduğu (Şekil 7) ve su katmanlarının sınırlarında birikerek teknedeki balık bulucu ile de tekne üstünden belirlenebilecek hale geldiği tespit edilmiştir (Şekil 8). Ekranda görülen tabakalar, dalış yapan araştırmacılar tarafından da derinlik konturu açısından teyit edilmiştir. Bu dönemde tespit edilebilen canlılar sadece resif bloklarının altındaki kayabalıkları ve deniz patlıcanları olmuştur. Özellikle dipte akıntı sebebi ile sürekli hareket halinde olan müsilaj bulutlarının deniz patlıcanlarının üzerini kapladığı, bununla birlikte görüş mesafesi çok kısıtlı olsa da birey sayısının günbegün arttığı gözlenmiştir (Şekil 7).

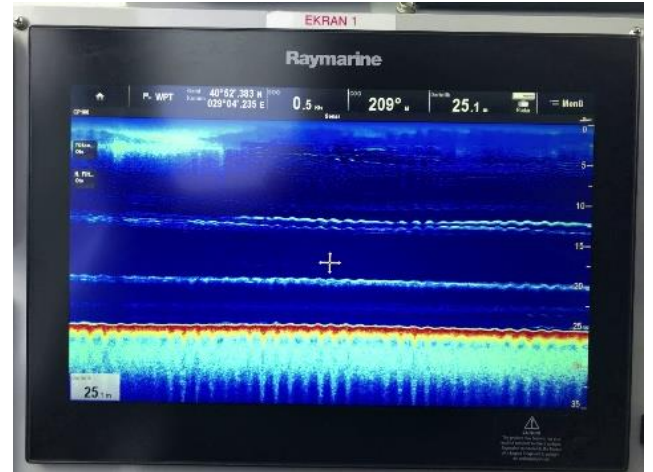
Haziran ayı itibariyle yüzeyden dibe dek su sütununun tamamında yoğunlaşan müsilaj sebebi ile görüş mesafesi 5 cm'ye dek düşmüştür. Yapay resiflerin, kılavuz halat olmasına rağmen, sualtında tespit edilmesi ve dalış yapan araştırmacıların birbirlerini ve resif kümesini görebilmeleri imkânsız hâle gelmiştir. Müsilajın bu kadar

yoğun olması, yüzeyden gelen ışığın suda yoğun bir şekilde dağılmasına ve ışık kırılımındaki karmaşa nedeni ile sualtı fotoğraf makinasının odaklanmasını da zorlaştırmıştır (Şekil 9). Bu aşamada su yüzeyindeki müsilaj tabakalaşması da en yüksek ve yaygın seviyeye ulaşmıştır.



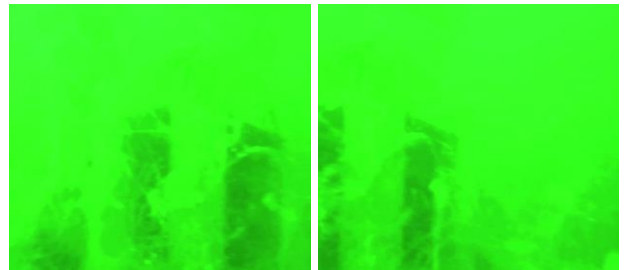
Şekil 7. Müsilaj bulutlarının kapladığı yapay resif kümesi ve deniz patlıcanı (Foto: B. Gül).

Figure 7. Mucilage clouds covers artificial reef sets and sea cucumbers (Photo: B. Gül).



Şekil 8. Balık bulucu ekranında 12-13m ve 20m de görülen müsilaj tabakası (Foto: B. Gül).

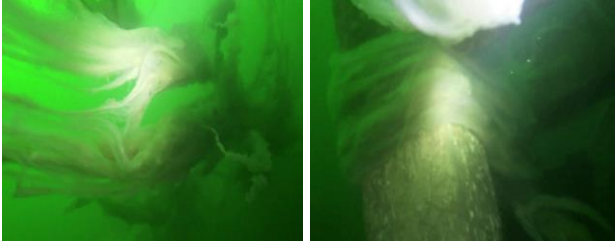
Figure 8. The mucilage layer seen at 12-13m and 20m on the echosounder screen (Photo: B. Gül).



Şekil 9. Haziran 2021 de yapay resifler etrafındaki müsilaj yoğunluğu (Foto: B. Gül).

Figure 9. Mucilage density around artificial reefs in June 2021 (Photo: B. Gül).

Temmuz ayında su yüzeyindeki tabakalar yavaş yavaş dağılırken, sualtında müsilaj bulutlarının yoğunlaşmaya başladığı gözlenmiştir. Oluşan bulutların artık el ile tutulabilir yoğunluğa eriştiği ve hatta resif bloklarının kolonlarına bir halat gibi dolandığı belirlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Su sütunundaki müsilaj bulutları ve yapay resif kolonlarına dolanmış müsilaj parçaları (Foto: B. Gül).

Figure 10. Mucilage clouds in the water column and mucilage fragments entangled in artificial reef columns (Photo: B. Gül).

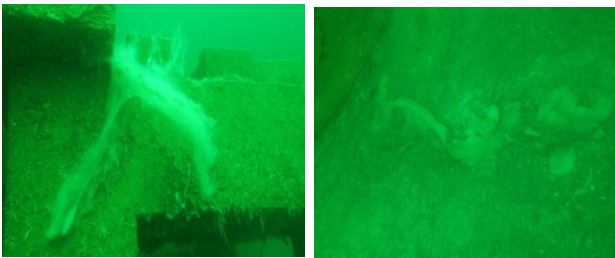
Müsilaj bulutları sebebi ile gün ışığının 20 metre derinliğe ulaşamaması, gözlem dalışları gün ortasında ve güneşli günlerde yapılmış olmasına rağmen, dalıcıların sualtı feneri kullanmasını kaçınılmaz hâle gelmiştir. Özellikle dibe inerek zemini bir battaniye gibi tamamen örten müsilaj bulutlarının görüntülenmesi, ancak sualtı ışık kaynağı ile mümkün olabilmektedir. (Şekil 11).



Şekil 11. Zemin üzerindeki müsilaj tabakası (Foto: B. Gül).

Figure 11. 11. Mucilage layer on the bottom (Photo: B. Gül).

Ağustos ve Eylül 2021 itibari ile su sütununda bulutlar halinde dolaşan müsilaj kütlelerinin tamamen zemine indiği belirlenmiştir. Su sütununda görüş mesafesinin 2 metrenin üzerine çıktığı gözlenmiştir. Yapay resif kümelerinin bir bütün olarak görülebildiği ve müsilaj kütlelerinin yapay resif blokları ve zemin üzerinde azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Yapay resifler üzerinde ve zeminde topak haline gelmiş müsilaj kütleli parçaları.

Figure 12. Lumps of mucilage mass on artificial reefs and on the ground.

Yapay resiflerin yerleştirildiği ve müsilaj oluşumunun ilk aşamalarının gözlemlendiği (2020 Ekim-Aralık) dönemde yengeç (*Liocarcinus depurator*), kayabalığı (*Gobius* sp.) ve istavrit (*Trachurus mediterraneus*) bireylerinin yapay resifler üzerinde ve etrafında varlığı kaydedilmiştir. Müsilajın ilerleyen ve

yoğunlaşan dönemlerinde kayabalıklarının (*Gobius* sp.) ve deniz patlıcanlarının (*Holothuria tubulosa*) dışında herhangi bir canlı tespit edilememiştir. Müsilajın su sütununda azaldığı ve kütleler halinde dibe çöktüğü son dönemde ise yapay resiflerde gözlenen tür sayısında artış olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Müsilaj felaketi boyunca yapay resiflerde gözlenen türler.

Table 2. Species observed on artificial reefs during the mucilage disaster.

Türler	Müsilaj Başlangıcı Ekim -Aralık 2020	Müsilaj Süreci Ocak -Temmuz 2021	Müsilaj Sonu Ağustos- Eylül 2021
<i>Eutripla gurnardus</i>			X
<i>Serranus hepatus</i>			X
<i>Symphodus roissali</i>			X
<i>Symphodus tinca</i>			X
<i>Uranoscopus scaber</i>			X
<i>Blennius</i> sp.			X
<i>Gobius</i> sp.	X	X	X
<i>Diplodus annularis</i>			X
<i>Trachurus mediterraneus</i>	X		
<i>Raja radula</i>			X
<i>Syngnathus abaster</i>			X
<i>Holothuria tubulosa</i>		X	X
<i>Liocarcinus depurator</i>	X		
Tunicata üyeleri			X

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapay resifler insan kaynaklı sucul ekosistem sorunlarını bir nebze de olsa telafi etmek için kullanılan araçlardır. Bununla birlikte, 2020-2021 yıllarında Marmara Denizi'nde yaşanan müsilaj felaketi yapay resiflerin de ekosistem sorunlarından ne derece etkilenebileceğini ortaya koymuştur.

Yapay resifler yeni bir yaşam alanı yani habitat oluşturmak üzere tasarlanan ve uygulanan düzeneklerdir (Paxton vd., 2020, Vivier, 2021, Seaman, 2000). Yerleştirildiği bölgede sucul canlı tür ve birey sayısının artışı sağlanarak, bu canlıların beslenme, üreme, sığınma gibi temel ihtiyaçlarını karşılaması beklenir (Seaman, 2000). Marmara Denizi'nde yaşanan habitat kayıplarının telafisi amacıyla hazırlanan "İstanbul Yapay Resif Projesi" de bu beklenti ile hayata geçirilmiştir. Ancak, henüz sualtına yerleştirilmiş yapay resif kümelerinin yaşam alanı yani habitat olma özelliği dahi göstermeden, beklenmedik bir şekilde müsilaj felaketinin yarattığı etkiye maruz kalması hem yapay resif uygulamasını hem de müsilaj felaketini değerlendirme konusunda önemli bilgilere ulaşmamızı sağlamıştır.

Yapay resif alanlarında ilk aşamalarda müsilaj şeritlerinin varlığı biyoçeşitliliğin gelişimini etkilememiş ve yapay resif kümeleri ile yoğun fiziksel temas yaratmamış gibi görünse de ortamın su kalitesi parametrelerindeki değişiklik canlıların yapay resiflere yerleşimini olumsuz etkilemiştir. Ekim 2020 de yerleştirilen yapay resif kümelerinde bazı yengeç (*Liocarcinus depurator*) bireyleri hemen yer alırken, kısa sürede bu bireylerin de ortamdaki uzaklaştığı belirlenmiştir. Aynı alanda 2019 yılı mart ayında yerleştirilmiş yapay

resiflerde teke karideslerinin (*Palaemon* sp) ve yengeçlerin kısa sürede yoğun yerleşim gösterdiği o dönem yapılan gözlemlerde belirlenmiştir. Müsilajın başlaması ile ortamdan uzaklaşan trake solunumuna sahip bu tür sonraki 1 yıllık gözlemlerde hiç tespit edilmemiştir. Musilajın bentik yaşam alanlarını kaplaması ve çözünmüş oksijen seviyesini düşürmesi canlıların ölümüne sebep olmaktadır (Aktan Turan vd., 2017). Dolayısıyla, bu türlerin ortamdan kaybolmasının başlıca sebebinin müsilaj olduğu açıktır. Aslan vd. (2021) tarafından aynı müsilaj felaketi sürecinde Gökçeada kıyılarında yaptıkları çalışmada da bentik organizmaların biyoçeşitliliğinin müsilaj sebebi ile oldukça düştüğü ortaya konmuştur.

Benzer şekilde, aynı bölgede önceki yapay resif araştırmalarında istavrit balıklarının küçük sürüler halinde sıkça görüldüğü rapor edilmiştir (Gül vd., 2019). Bu çalışmada da yeni yerleştirilen yapay resif kümelerinde ilk aylarda yapılan dalışlarda istavrit sürüleri görülmüştür. Ancak müsilaj yoğunluğunun artması ile ilerleyen süreç boyunca hiçbir dalış gözleminde istavrit balıklarına rastlanmamıştır. Su kriterlerinin ve müsilaj liflerinin su içindeki hareket ve solunumu zorlaştırdığı öngörülmektedir. Özellikle su sütunu boyunca yoğun ve yapışkan pamuk bulutu yapısındaki müsilajın hareket kabiliyetini ve yarattığı anoksia sebebi ile de solunum şansını azaltması (Danovaro vd., 2009) sebebi ile birçok türün ortamdan uzaklaştığı düşünülmektedir.

Müsilajın en yoğun olduğu Ocak-Temmuz 2021 döneminde yapay resifler üzerinde sadece deniz patlıcanları tespit edilmiştir. Dipteki organik maddeler ile beslenen deniz patlıcanlarının müsilaj süresince sayısı çoğalmış ve yaklaşık 3 cm total boya sahip bireyleri dahi yapay resif kümelerinde belirlenmiştir. Deniz patlıcanlarının karbon birikimini azaltma konusunda önemli bir ekosistem ögesi olduğu bilinmektedir. Organik maddece zengin sedimentlerde besin döngüsünü ve mineralizasyonu arttırmaktadırlar (Slater & Carton, 2009). Müsilajın varlığı sebebiyle zeminde oluşan besin artışının dengelenmesinde deniz patlıcanlarının rol oynadığı düşünülmektedir. Gözlemler sırasında, müsilaj süresince ortamda tespit edilen bu canlıların sayılarında zamanla artış olduğu görülmüştür. Ancak yine müsilaj sebebi ile görüş mesafesinin birkaç cm mesafeye düşmesi sebebi ile sayım yapmak mümkün olmamıştır. Bununla birlikte, aynı bölgede, müsilaj felaketinden önce, 2017-2019 yılları arasında iki yıl süren bir başka yapay resif biyoçeşitlilik çalışması sırasında hiçbir deniz patlıcanı rapor edilmemiştir (Gül vd., 2019). Bu durum, deniz patlıcanlarının resifler üzerindeki varlığının müsilaj ile ilgili olduğu ve müsilajın yarattığı organik yükün organik dönüşüme girmesinde yine deniz patlıcanlarının önemli rol oynadığı düşüncesini ortaya çıkarmıştır.

Kayabalıkları (*Gobius* sp. bireyleri) yapay resif kümelerinde zemin ile resif bloğunun arasındaki kumu kazarak yuvalanan canlılardır. Bu özellikleri sebebiyle, özellikle müsilajın su sütununda yoğun olduğu dönemlerde bloklar ile zemin arasında sınırlı hareket alanları içerisinde var olmuşlardır.

Müsilajın kütleler halinde dibe indiği ve su sütununda ince partiküllerin kaldığı dönemlerde ise yapay resiflerin üzerinde ilk olarak tunikatların gelişmeye başladığı ve artan bir ivme ile birey sayısı ve boyut artışı gösterdiği belirlendi. Suyu süzme özelliği gösteren bu canlıların, aynı deniz patlıcanları gibi, müsilaj sebebi ile ortamda gelişen yoğun organik madde yükünü dönüştürdüğü düşünülmektedir. Özellikle ötrofik su süzme özelliği sebebi ile tunikat türlerinin önemi birçok çalışmada ortaya konmuştur. Farklı tunikat türlerinin süzme kapasiteleri konusunda da çalışmalar yürütülmüştür (Bone vd., 2003, Sutherland & Madin., 2010, Conley, 2017). Ülkemiz kıyılarında da benzer çalışmaların yapılması ekosistemi anlama ve insan faaliyetlerini planlama konusunda faydalı olacaktır.

Birey sayıları düşük olmakla beraber balık türlerinin yapay resif kümelerine yerleşmesi müsilajın etkisini neredeyse tamamen kaybettiği Ağustos- Eylül 2021 tarihlerine denk gelmektedir. Kayabalıkları hariç kolonileşen balık türü olmamıştır.

Yapay resiflerin ilk yerleştirildikleri dönemde gözlenen 3 tür canlıdan yengeçler sonraki 1 yıl içinde tekrar görülmemesine rağmen, müsilajın sonuna doğru bölgede 12 tür balık tespit edilmiştir. Yapay resiflerin kolonlarının da başta tunikatlar olmak üzere birçok bentik canlı ile kaplandığı gözlenmiştir. Müsilajın yaşam şansı tanıdığı düşünülen deniz patlıcanları da halen yapay resif kümeleri üzerinde yoğun birey sayıları ile yer almaktadır.

Özellikle tunikat ve deniz patlıcanı sayısındaki yoğunluk yapay resiflerin müsilaj döneminde özellikle su ve zemini temizleyen canlılara yaşam ortamı sağlayarak kendinden beklenen görevi beklenmeyen bir şekilde yerine getirdiğini göstermektedir. Bu sebeple, habitat kaybı yaşayan ve kirlilik oranı yüksek ya da ekolojik dengesi bozulmuş sularda da yapay resiflerin kullanılabileceği ve onarıcı etkiye sahip olabilecekleri söylenebilir.

İyi bir kıyı yönetim planı ve uygulamasının yanı sıra kontrol ve denetim mekanizmalarının da etkin kullanılması bu tip felaketlerin önüne geçmek açısından son derece önemlidir. Marmara Denizi 2007-2008 yıllarında da benzer fakat daha küçük boyutlu bir müsilaj sorunu yaşamıştır (Aktan vd., 2010). 2020-2021 yıllarında yaşanan müsilaj felaketi sürecinin de değerlendirilmesi ile görülmüştür ki, bu felaketin en önemli sebebi deniz kirliliğidir. Ancak deniz kirliliği müsilaj dışında da sorunlara neden olmaktadır. Buna göre deniz kirliliğini önlemek için öncelikle sanayi atıklarının ön arıtması

olarak ve kanalizasyon vasıtası ile denize ulaşması, hiçbir arıtmaya tâbi tutulmayan gemi sintine ve balast suları, kaçak atıksular gibi girdiler ile toksik atıkların ve arıtılmamış evsel atıkların denize veya akarsulara boşaltılması engellenmelidir (Yümün & Kam, 2021).

Sağlıklı ekosistem için kaynakların kullanımında ve ekosistemin sürdürülebilir dengesini korumada insan etkisini en aza indirecek yönetim planları oluşturmak ve uygulamak esastır.

İlgili kış döneminde hava şartlarının da ılıman ve bol güneşli olması özellikle yüzey su sıcaklığında beklenen soğumanın olmamasında önemli bir etken olarak kaydedilmiştir.

TEŞEKKÜR

Gözlemler sırasında gerçekleşen dalışlarda yardımlarını esirgemeyen Fersah Sualtı Hizmetleri AŞ Ayhan Bektaş ve Aydemir Bektaş'a, Ata Aksu'ya, Hayati YAĞLI'ya, İstanbul Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürü Ahmet Yavuz Karaca ve Şube Müdürü Sabri İrfan Soysal ile denetim teknesi Mehmet ÖZDİNAR mürettebatına teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Aktan, Y., İşinibilir, M., Topaloğlu, B. & Dede, A. (2010).** Marmara Denizi'nde Müsilaj Oluşumu. *Marmara Denizi 2010 Sempozyumu*, 25-26 Eylül 2010, İstanbul, Türkiye, 444-455
- Aktan Turan, Y., Keskin, Ç. & Ersoy, S. (2017)** Algae overgrowth in a changing Mediterranean ecosystem: Mucilage formation and its effect on Posidonia beds. TÜBİTAK Project 115Y486 (in Turkish).
- Aslan, H., Tekeli, Z. & Bacak, Ö. (2021)** Effects of mucilage on the benthic crustacean in the North Aegean Sea. *J. Black Sea/Mediterranean Environment* 27(2), 214-231.
- Bone, Q., Carre, C. & Chang, P. (2003).** Tunicate feeding filters. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 83(05), 907-919.
- Caldwell, Z.R., Zgliczynski, B.J., Williams, G.J. & Sandin, S.A. (2016)** Reef fish survey techniques: Assessing the potential for standardizing methodologies. *PLoS One* 11(4): e0153066. doi: 10.1371/journal.pone.0153066
- Conley, K.R. (2017).** Mechanics and selectivity of filtration by tunicates. Department of Biology and the Graduate School of the University of Oregon. Oregon, USA 120p.
- 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* 16;4(9):e7006. PMID: 19759910; PMCID: PMC2739426. DOI: 10.1371/journal.pone.0007006
- Fleming, E., Payne, J., Sweet, W., Craghan, M., Haines, J., Hart, J.F., Stiller, H. & Sutton-Grier, A. (2018).** Coastal effects. In: Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, & B.C. Stewart (Eds.) *Impacts, risks, and adaptation in the United States: Fourth national climate assessment, 2*, 322-352p, U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA. DOI: 10.7930/NCA4.2018.CH8
- Gül, B., İbin, T., Aksu, A., Sorarlı, G., Uzer, U., Yıldız, T., Karakulak, F.S. & Emecan, İ.T. (2019).** Olta Balıkçılığına Yönelik Yapay Resif Uygulaması. İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Proje No: FYD-2016-21476, 31s.
- Karakulak, F.S., Kahraman, A.E., Uzer, U., Gül, B. & Doğu, S. (2023).** Müsilajın Marmara Denizi balıkçılığına etkisi. (Ed) Albay, M. *Marmara Denizi'nin müsilaj sorunu*, 197-220s. İstanbul Üniversitesi Yayınevi İstanbul, Türkiye. DOI: 10.26650/B/LS32.2023.002.09
- Murphy, G.E.P., Wong, M.C. & Lotze, H.K. (2019).** A human impact metric for coastal ecosystems with application to seagrass beds in Atlantic Canada. *FACETS* 4, 210-237. DOI: 10.1139/facets-2018-0044
- Paxton, A.B., Shertzer, K.W., Bacheler, N.M., Kellison, G.T., Riley, K.L. & Taylor, J.C. (2020).** Meta-analysis reveals artificial reefs can be effective tools for fish community enhancement but are not one-size-fits-all. *Front. Mar. Sci.* 7, 282. DOI: 10.3389/fmars.2020.00282
- Seaman, W. (2000).** *Purposes and practices of artificial reef evaluation. Artificial reef evaluation: with application to natural marine habitats. 1st ed.*, CRC Press, Washington DC., USA, 260p.
- Slater, M.J. & Carton, A.G. (2009)** Effect of sea cucumber (*Australostichopus mollis*) grazing on coastal sediments impacted by mussel farm deposition. *Mar Pollut Bull.* 58(8):1123-1129. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.04.008
- Sutherland, K.R. & Madin, L.P. (2010).** A comparison of filtration rates among pelagic tunicates using kinematic measurements. *Marine Biology* 157, 755-764. DOI: 10.1007/s00227-009-1359-y
- Taşdemir, Y. (2002).** Marmara Denizi: kirleticiler ve çevre açısından alınabilecek tedbirler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1), 39-45.

- Serim, R.B., Karataş, N., Çırak Altınörs, A., Yörür, N. & Kılıç, S.E. (2022).** Kıyı kanunundaki değişimlerin kıyı yerleşmelerindeki arazi kullanım değişimine etkisi: Kuşadası merkez örneği. *Planlama* 32(1), 57-76. DOI: [10.14744/planlama.2021.98598](https://doi.org/10.14744/planlama.2021.98598)
- Uzun, S.M. & Akyüz, O. (2019).** İstanbul'un Anadolu yakasında kıyı dolgu alanları ve kullanımı. *1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi*, 17-18 Haziran 2021, İstanbul, Türkiye, 1002-1021. DOI: [10.26650/PB/PS12.2019.002.093](https://doi.org/10.26650/PB/PS12.2019.002.093)
- Vivier, B., Dauvin, J.C., Navon, M., Rusig, A.M., Mussio, I., Orvain, F., Boutouil, M. & Claquin, P. (2021).** Marine artificial reefs, a meta analysis of their design, objectives and effectiveness. *Global Ecology and Conservation*, 27, e01538. DOI: [1016/j.gecco.2021.e01538](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01538)
- Yurga, L. (2022).** One of the environmental disasters. What is sea snot? (Ed). Yücel, B. & Tolon, M.T. *Innovative and conceptual definitions in agriculture and aquatic sciences*, 51-78p, Akademisyen Publishing House, Ankara Türkiye. ISBN: 978- 625-8155-03-7.
- Yümün, Z.Ü. & Kam, E. (2021).** Marmara Denizi'nde müsilaj sorunu ve çözüm yöntemleri. (Ed) Şeker, M., Öztürk, İ., Marmara Denizi'nin ekolojisi: *Deniz salyası oluşumu, etkileşimleri ve çözüm önerileri*. 163-181s, TÜBA Yayınları, Ankara, Türkiye, ISBN: 978-605-2249-73-4. DOI: [10.53478/TUBA.2021.010](https://doi.org/10.53478/TUBA.2021.010)