



## İzmit Körfezi' nde Çevresel Baskıların Etkileri

Huri EYÜBOĞLU<sup>1\*</sup> Ömer EYÜBOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Deniz ve Kıyı Yönetimi Dairesi Başkanlığı, 06510 Ankara/TÜRKİYE

<sup>2</sup>Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir Eğitim Fakültesi, 40100, Kırşehir/ TÜRKİYE

Geliş/Received: 21.11.2000

Kabul/Accepted: 13.02.2020

Atıf yapmak için: Eyüboğlu, H. & Eyüboğlu, Ö. (2020). İzmit Körfezi' nde Çevresel Baskıların Etkileri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 5(1), 25-37.

How to cite: Eyüboğlu, H. & Eyüboğlu, Ö. (2020). Effects of the Environmental pressures in Izmit Bay. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 5(1), 25-37.

<https://orcid.org/0000-0003-0128-5872>  
 <https://orcid.org/0000-0002-4893-916X>

**\*Sorumlu yazarın:**

Huri EYÜBOĞLU  
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Deniz ve  
Kıyı Yönetimi Dairesi Başkanlığı, 06510  
Ankara/TÜRKİYE  
 [huri.eyuboglu@csb.gov.tr](mailto:huri.eyuboglu@csb.gov.tr)  
Cep telephone : +90 (506) 645 28 06

**Öz:** İzmit Körfezi, gerek coğrafi konumu gerekse Türkiye'nin en önemli sanayi alanını barındırması itibari ile lojistik sektöründe çok önemli bir potansiyele sahiptir. Körfez, coğrafi konum olarak İstanbul ve Kocaeli şehirleri arasında bulunmakta olup Marmara denizinin doğusunu oluşturmaktadır. Sanayi yatırımlarının kentsel alanla iç içe olması, yoğun sanayinin getirdiği çevre kirliliği, gemi inşa sanayisinin büyümesi ve dolgu taleplerinin kıyı alanları ve ekosistemler üzerindeki olumsuz baskısı ve Petro-Kimya tesislerinin varlığı nedeni ile etrafında kurulu bulunan 35 adet liman-iskele ve pek çok sanayi tesisiyle İzmit Körfezi; ekonomik açıdan önem taşımakla beraber yoğun sanayileşme ve yıllık 12.000-15.000 arası gemi trafiği sonucu çevresel kirlilik yönünden risk altındadır. Körfez noktasının birinci derece deprem kuşağında olması ve büyük aktif fayların varlığı ise bu riski tetiklemektedir. 1999 depremi ve sonuçları bunun en önemli göstergesidir.

Bu derlemenin amacı, evsel veya endüstriyel girdilerdeki değişimlerin ve diğer çevresel baskıların Körfez su kalitesine ve ekosistemine etkilerini ortaya koymak ve bu yönde alınması gereken önlemlerin belirlenerek daha sonra yapılacağı öngörülen çalışmalar için örnek teşkil etmekte olup Körfez'de kirliliğe ilişkin değerlendirmelerin ortaya konulması, alınacak önlemlere ilişkin strateji ve politikaların oluşturulmasında son derece önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Ekolojik kalite durumu, İzmit körfezi, ötrofikasyon.

## Effects of the Environmental pressures in Izmit Bay

**Abstract:** The Izmit Bay, as well as its geographic location to have Turkey's most important industrial areas in the logistics sector has a very important potential. The Bay is located between the cities of Istanbul and Kocaeli in terms of geographical location and constitutes the east of Marmara Sea. Due to the fact that industrial investments are intertwined with urban areas, environmental pollution caused by intensive industry, recent growth of shipbuilding industry and negative pressure of filling requirements on coastal areas and ecosystems and the presence of Petro-Chemical facilities in Izmit Gulf which has 35 port-pier and many industrial facilities installed around it, is at risk as a result of intensive industrialization and 12.000-15.000 ship traffic annually. Although being economically important, environmental pollution is noticeable. The fact that the Bay point is in the first degree earthquake zone and the presence of large active faults triggers this risk. The 1999 earthquake and its consequences are the most important indicators of this.

The aim of this review paper is to find out the effects of changes in domestic or industrial inputs and other environmental pressures on the Bay waters' quality and ecosystem and to determine the measures to be taken and to set an example for the studies that will be carried out in the future. It is important that to present the Bay's pollution assessments and develop strategies and policies regarding the measures to be taken.

**Keywords:** Ecological quality status, eutrophication, İzmit Bay.

**\*Corresponding author's:**

Huri EYÜBOĞLU  
Ministry of Environment and Urbanization,  
Department of Marine and Coastal  
Management, Ankara/TÜRKİYE  
 [huri.eyuboglu@csb.gov.tr](mailto:huri.eyuboglu@csb.gov.tr)  
Cep telephone : +90 (506) 645 28 06

## GİRİŞ

İzmit Körfezi, Marmara Denizi'nin Kuzeydoğusunda, 50 km uzunluğunda yarı kapalı bir su kütlesi olup 310 km<sup>2</sup>'lik bir alana sahiptir(Orhon vd., 1984). Körfez, ortama arıtılmadan verilen evsel ve endüstriyel atıklar nedeniyle uzun süreden beri aşırı kirlenme baskısı altında olup bu durum körfezde su kalitesi üzerinde olumsuz etki göstermekte ve ciddi besin elementi girişine sebebiyet vermektedir. Kirlenmenin azaltılması ve kontrol altına alınması için bugüne kadar birçok çalışma yapılmıştır. Bu bağlamda 1970'li yıllardan beri, İzmit Körfeziyle ilgili detaylı bilgiler elde edilmiştir. Kirlenmenin kontrol altına alınabilmesi ve tedbirlerin belirlenmesi amacıyla denizlerimizin oşinografik yapısının, kirlilik durumunun, kirliliğin zamana bağlı olarak gösterdiği değişimin, biyolojik çeşitliliğin ve çeşitliliği sınırlayan etkiler ile kirlilik yaratan kaynakların kirlilik yükünün belirlenmesi gerekmektedir(Avaz vd., 2014).

Marmara Denizi'nin bir parçası olan İzmit Körfezi'nde 1970 döneminden beri ötrofikasyon olayı yaşanmaktadır. Bu zamana kadar evsel atıklar, çevrede bulunan derelerin getirdiği kimyasal atıklar ve liman işletme tesislerinin getirdiği atıklar, bu kirliliğin artmasında en büyük etkenler arasındadır. Körfezin sularına bırakılan organik kökenli atıklar, bazı balık türlerinin bu su kütlesinden uzaklaşmasına veya kaybolmasına yol açmış, buna karşın organik atıklardan yararlanan ve kirli sulardan etkilenmeyen başta bazı algler olmak üzere, belirli türlerde kütleli çoğalmalar gözlenmeye başlanmıştır.

İzmit Körfezinde, deniz kirlenmesinde önemli rol oynayan diğer bir etken de, çözünmüş veya dispersiyon halindeki petrol hidrokarbonların yoğunluğundaki artıştır. Özellikle gemi trafiğinin belirgin bir şekilde artmaya başladığı 70'li senelerin başlarından itibaren Petrol hidrokarbonlarının kirletici etkisi hızla devam etmiştir. Petrol hidrokarbonları, gittikçe artan deniz trafiği ve bilinçli olarak veya kaza sonucu denize bırakılan atıklardan kaynaklanmıştır. Körfez, iki tabakalı bir su kütlesine sahip olup, üst tabaka suları Karadeniz kaynaklı, kalınlığı genelde 10-15 metre ve tuzluluğu yaklaşık % 24 olan bir su kütlesidir. Alt tabaka suları ise 25-30 metre derinlikte ve Akdeniz kaynaklı, tuzluluğu yaklaşık % 38.5 olan daha yoğun bir su kütlesidir. Etrafında kurulu bulunan liman-iskele ve pek çok sanayi tesisiyle İzmit Körfezi; ekonomik açıdan önem taşımakla beraber yoğun sanayileşme ve gemi trafiği sonucu çevresel kirlilik yönünden risk altındadır(Avaz vd., 2014)

İzmit körfezi, taşıma kapasitesinin üstündeki girdilere bağlı olarak aşırı besin elementi planktonik aktivite üzerinde olumsuz sonuçlar doğurarak aşırı çoğalmaya neden olmakta, sonucunda da özellikle körfezlerin iç kesimlerinde hipoksik veya anoksik koşullar oluşmaktadır ki bunun neticesinde de azoik sistemler ortaya çıkmaktadır (Balkış,

2003; Sur vd., 2006). Olumsuz durumun düzelmesi için, bu bölgelerdeki evsel ve endüstriyel atıksu uygulamalarının çevresel mevzuata uygun olarak düzenlenmesi önem arz etmektedir.

Klorofil-a denizlerde birincil üretimin en önemli göstergelerinden olup, aşırı yükselmesi, ötrofikasyonu işaret etmektedir. Marmara Denizi genelinde birincil üretimin belirlenmesi için tüm istasyonlarda, ışık geçirgenliği dikkate alınarak, 50 m derinliğe kadar klorofil-a ölçümleri yapılmıştır. Klorofil-a'nın düşey dağılımına bakıldığında genelde yüzeyde yüksek bir atış göstermektedir. Yatay dağılım incelendiğinde ise ötrofikasyonun yüksek olduğu İzmit Körfezi'nde en yüksek klorofil a ölçümleri yapılmıştır.

Bu değerlendirme 2005-2006 ve 2009 yılında yapılan araştırmalar ile benzerlik göstermektedir. Sanayinin olduğu yerlerde daha çok temizlik amaçlı atık sulara karışan deterjanlı sular veya temizlik ürünlerinin elde edildiği üretim fabrikalarının atık suları, kanalizasyon ve evsel atıksular direk veya dolaylı olarak (nehir yoluyla taşınması gibi) denize ulaşmakta ve yerleşim yerine yakın olan istasyonları etkileyerek anyonik deterjan(AD) miktarlarını artırmaktadır. Yüzey aktif maddelerden biri olan anyonik deterjanlar, endüstride (üretim yapılan fabrikalarda ve temizlik amaçlı) ve evsel kullanımlar sonucu diğer yüzey aktif maddelerle birlikte kanalizasyon sistemlerine karışmaktadır. Açık istasyonlarda yüzey sularındaki yüksek Anyonik deterjan değerleri gemilerin kullanım sularının denize boşaltıldığına işaret etmektedir. 2010 yılında İzmit Körfezi girişindeki istasyonda yüzey suyundaki AD, dip suyundan ve diğer istasyonların yüzey sularından daha düşüktür fakat İzmit Körfezi girişindeki istasyonunda dip suyu AD değeri körfezin diğer istasyonlarının dip suyundaki AD değerlerinden yüksek ölçülmüştür (Sur vd.,2010).

2010 yılında, deniz tabanı yüzey sedimentinde ölçülen metal değerlerine göre; Körfez' de sedimentin oldukça kirlenmiş olduğu tespit edilmiş olup bölgede özellikle liman ve tersane faaliyetlerinin yoğun olmasından ötürü artış olduğu tespit edilmiştir. İzmit Körfezi istasyonlarına ait deniz suyu örneklerinde tespit edilen toplam petrol hidrokarbon (DDPH; çözünmüş / dağılmış) miktarlarının dağılımında tespit edilen değerler kabul edilebilir limit değerini aşmamışken, kış sonunda İzmit dış Körfez (27.3-47.3µg/L) ve Orta Körfez'de (35.2µg/L) istasyonları yüzey ve dip sularında, limit değerinin yaklaşık 2.7-3.7 katı artışlar tespit edilmiştir(Sur vd.,2010).

Ayrıca atıksuların Körfezin su kalitesi üzerindeki etkilerini izleyebilmek amacıyla su kalitesi ve taşınımı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Körfez üzerine baskı teşkil eden kirlilik kaynakları belirlenerek Körfezin su kalitesi açısından durumu tespit edilmiş (Morkoç vd., 1995) ve atıksu girdisinde yerleşim birimlerinden kaynaklı nüfusun etkisi görülmüştür. İzmit Körfezi'nde insan kaynaklı oluşan

ötrofikasyonun kontrol edilebilmesi için öncelikle, evsel ve endüstriyel atıkların içerisinde bulunan besin elementlerinin ileri arıtma teknikleriyle arıtılmasının gerçekleştirilmesi ve ekosisteme olan baskı ve etkilerin saptanması ve su kalitesinin bozulmasına neden olan kirlilik riskine karşı önlemlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Diğer taraftan Körfez' e ilişkin kirlilik izleme veri ve değerlendirmeleri yapılacak her türlü bilimsel araştırmalara, belirlenecek politikalara, uygulanacak yasal düzenlemelere ya da düzeltim çalışmalarına önemli altlık oluşturacaktır.

**İzmit Körfezi'nin Kirlilik Durumu:** İki tabakalı bir su kütleline sahip İzmit Körfezi'nin hidrografik özellikleri genelde Marmara Denizi'ne benzemektedir. Üst tabaka Karadeniz kaynaklı olup kalınlığı genelde 10-15 metre arasında değişmektedir. 25-30 metre derinlikten başlayan alt tabakayı Akdeniz kaynaklı, tuzluluğu yaklaşık % 38,5 olan daha yoğun bir su kütlesi oluşturur (Kahraman vd., 2013).

Bu iki tabaka arasında ise haloklin olarak adlandırılan ve iki farklı su kütlelerinin karışımının meydana getirdiği bir geçiş tabakası mevcuttur. Bu üç tabakanın kalınlığı körfezde meteorolojik koşullara bağlı olarak mevsimsel değişim göstermektedir.

Üst tabaka kalınlığının arttığı yaz döneminde yüzey suyu tuzluluğu genellikle % 22-24 iken, sıcaklığın düşmesi ve rüzgârın etkisinin neden olduğu sonbahar- kış karışımı sonucu yüzey suyu tuzluluğu Marmara'da olduğu gibi, İzmit Körfezi'nde de artış göstermektedir. İzmit Körfezi'nin Körfezi çevreleyen kıyılarda eğim değişkenlik göstermekle beraber genel olarak doğu basenin çevresinde eğiminin %1'den az olduğu söylenebilir. Körfezin biyokimyasal özelliklerinin mevsimsel değişimi iki tabakalı akıntı sisteminde kontrol edilmektedir.

Körfez' de çözünmüş oksijen, yere ve zamana bağlı değişim göstermektedir. Marmara Denizine benzer şekilde Çözünmüş Oksijen(ÇO) değerleri Doğu kesimi hariç termoklin tabakasından itibaren aşağıya doğru ani bir azalma gösterir. İki tabakalı Körfez sularının Marmara açık deniz sistemi ile su değişiminin çok zayıf ve akıntı rejiminin oldukça yavaş özellikle yaz sonlarına doğru alt ve ara tabaka sularında çözünmüş oksijen konsantrasyonunun zaman zaman ölçüm sınırının altına düşmesine neden olmaktadır. Az tuzlu üst tabaka suları organik maddece ve oksijence zengindir. Alt tabaka suları genelde Marmara dip suları özelliğini taşımaktadır; oksijence çok fakir, fakat besin elementlerince zengindir. Ara tabakada oksijen çöküşü olur ve zaman zaman oksijensiz koşullar oluşabilmektedir (Avaz vd., 2011).

Marmara Denizinde Ağustos 2014 de yapılan örneklemede doygun çözünmüş oksijen değerlerinin en düşük olduğu alan İzmit Körfezidir. İzmit iç ve orta körfezde yer alan istasyonların derin tabakalarında çözünmüş oksijen değeri 10% dan azdır (Beken vd., 2014). Bu sonuç İzmit İç

Körfez'de ışık geçirgenliğinin düşük olduğunun da bir göstergesidir.

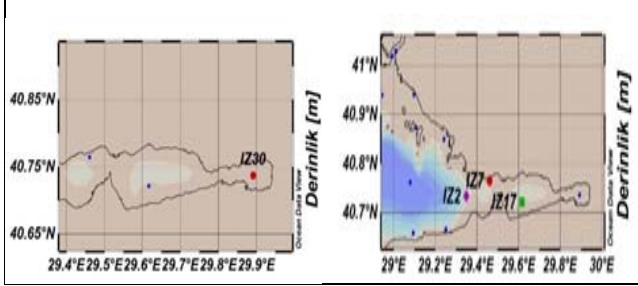
Çevre ve şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda TÜBİTAK/MAM tarafından gerçekleştirilen Marmara Denizi Bütünleşik kirlilik İzleme çalışmasında (Beken vd., 2018) İç körfez' de Seki Disk Derinliği 4 m iken orta körfez' de 6 m yi bulmuştur. Yine bu çalışmada, İzmit İç Körfezde yer alan istasyonda, yüzeyde 7,9 mg/L olan ÇO derişimleri ara tabakada hızla 0,5 ve alt suda da 0,29 mg/L gibi çok düşük değerlere inmektedir. Marmara Denizinde en düşük ÇO değerlerinin gözleendiği bölge İzmit Körfezi olup, bu durum Körfezin yoğun endüstriyel ve evsel etki alanında olduğunun göstergesidir. İzmit Körfezi orta ve dış kesimde yer alan istasyonlarda, yüzeyde 7,8 ile 8,1 mg/L olan ÇO değerleri ara tabakada 1-2 mg/L seviyesine inmiş, derin suda da <1 mg/L seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Marmara Denizinde en düşük ÇO değerlerinin gözleendiği bölge İzmit Körfezi olup, bu durum Körfezin yoğun endüstriyel ve evsel etki alanında olduğunun göstergesidir.

İzmit Körfezinde 2007-2013 yılları arasında yapılan aylık deniz izleme çalışmalarında Körfez sularının ışık geçirgenliği 1 ile 13 m arasında değişkenlik göstermiştir. En düşük Seki Disk ölçümleri Körfez'in doğusunda gözlenmiş olup en yüksek değerler ise yaz ve sonbahar aylarında 8,5 ile 13 m arasında körfezin batısında Marmara'ya çıkış kesiminde yer alan istasyonlarda gözlenmiştir (Ediger vd., 2013). İzmit Körfezinde 2007-2013 yılları arasında fitoplankton biyokütle göstergesi olan klorofil-a değerleri ise üst su kolonunda yüksek değerlerde olup, tabakalaşmanın başladığı derinlikten itibaren değerlerin hızlı düşmekte olduğu belirlenmiştir. 2017-2018 yılları arasında, İzmit Körfezinin orta kısmında yer alan İZ25 /İZ17 istasyonlarındaki dip su ÇO değerleri kıştan yaza 1.3 mg/L'den <0.2 mg/L 'ye gerilemiştir.

İzmit Körfezi sanayi açısından oldukça gelişmiştir. Körfezde yer alan Kocaeli ve Yalova illerinde önemli sanayi faaliyetleri bulunmaktadır. Söz konusu illerde bulunan sanayi kuruluşlarından kaynaklı atıksular körfezin su kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Yerli vd., (2006) tarafından yapılan çalışmada, İzmit Körfezi besin elementleri açısından üç kısımda incelenmiş olup batı bölümünde, yüzeyde minimum seviyelerdeki besin elementlerinin 20 m den itibaren artış gösterdiği, alt sularındaki besin elementlerinin derişimlerinin ise organik maddelerin ayrışarak inorganik maddelere dönüşmesi nedeniyle daha yüksek değerlere ulaştığı saptanmıştır. Bu durumu kış döneminde uzun süren yağışlardan sonra yazın Karadeniz'den Marmara'ya üst akıntılarla taşınan besin elementlerinin fitoplankton tarafından hızla tüketildiği için yüzey suyunda az miktarda bulunduğunu söyleyebiliriz.

İzmit Körfezi' nde besin elementlerinin (nitrat, fosfat ve silikat) dağılımı iki tabakalı deniz ekosistemlerinin tipik özelliklerini ve derinlik değişimlerini yansıtmaktadır. İzmit İç Körfezde yer alan İZ30 istasyonda, yüzeyde 0,09 olan DIP derişimleri ara tabakada hızla 0,62 $\mu$ M ve alt suda da 1,06 $\mu$ M yükselmiştir. TP değerleri yüzey, ara ve derin suda 1,16; 1,19 ve 1,43  $\mu$ M olarak belirlenmiştir (Beken vd., 2014).



**Şekil 1.** İzmit İç Körfez'de yer alan İZ30 istasyonu ve İzmit Körfezi orta ve dış kesimde yer alan İZ2, İZ7 ve İZ17 nolu istasyonları (Beken vd., 2014).

**Figure 1.** İZ30 station in Izmit Inner Bay and İZ2, İZ7 and İZ17 stations in the middle and outer parts of Izmit Bay (Beken et al., 2014).

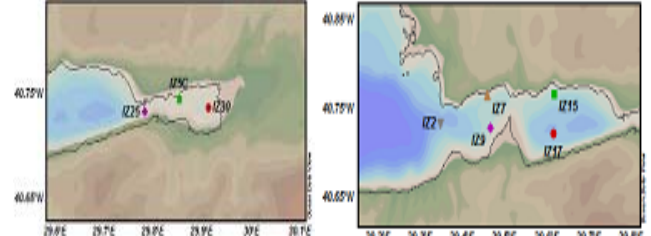
İzmit Körfezi orta ve dış kesimde yer alan İZ2, İZ7 ve İZ17 nolu istasyonlarda yüzeyde 0,02-0,06  $\mu$ M seviyesinde olan DIP değerleri, ara tabakada 0,1-0,3  $\mu$ M civarında, derin suda ise 0,1-1,5  $\mu$ M aralığındadır. TP değerleri yüzeyde 0,3-0,5  $\mu$ M, ara tabakada 0,6-0,9  $\mu$ M, derin suda 1,3-1,9  $\mu$ M aralığında olup derişimlerin yüzeyden derine doğru artmakta olduğu gözlenmiştir (Beken vd., 2014). Son 5 yılın yaz dönemi fitoplankton bolluğu değerlerine göre en yüksek hücre bollukları genel olarak 2015 yılında görülmüştür. Sadece İzmit iç körfezde bulunan İZ30 istasyonunda (1.537.670 hücre/L) 2018 yılında en yüksek bolluk değeri tespit edilmiştir. Özetle; 2018 yılı bolluk değerlerinin 2014, 2016, 2017 yıllarına kıyasla yüksek; 2015'e kıyasla düşük olduğu görülmektedir.

Su Çerçeve Direktifinde su kalite parametreleri içinde biyolojik kalite unsuru olarak fitoplanktonun önemli yer tuttuğu bilinmektedir. Sucul ekosistemlerin korunması için oldukça önem arz eden izleme çalışmalarında fitoplanktonun incelenmesi suların ekolojik kalite durumunun belirlenmesinde önemli veriler sağlamaktadır.

Fitoplanktonlar tarafından en önce tercih edilen fosfor bileşiği olan orto-fosfat (PO<sub>4</sub>-P) azota göre daha düşük derişimlerde bulunur. 2018 yılında, TÜBİTAK/MAM tarafından yürütülen Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme çalışmasında Şekil 2' de verildiği üzere Körfezde 8 istasyonda izleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

İzmit İç Körfezde yer alan İZ30 no'lu istasyonda, Yüzeyde 0,09 olan DIP derişimleri ara tabakada hızla 0,62 $\mu$ M ve alt suda da 1,06 $\mu$ M yükselmiştir. TP değerleri yüzey, ara ve derin suda 1,16; 1,19 ve 1,43  $\mu$ M olarak belirlenmiştir. İzmit Körfezi orta ve dış kesimde yer alan

İZ2, İZ7 ve İZ17 no'lu istasyonlarda yüzeyde 0,02-0,06  $\mu$ M seviyesinde olan DIP değerleri, ara tabakada 0,1-0,3  $\mu$ M civarında, derin suda ise 0,1-1,5  $\mu$ M aralığındadır. TP değerleri yüzeyde 0,3-0,5  $\mu$ M, ara tabakada 0,6-0,9  $\mu$ M, derin suda 1,3-1,9  $\mu$ M aralığındadır. Derişimlerin yüzeyden derine doğru artmakta olduğu gözlenmiştir (Beken vd., 2018).



**Şekil 2.** İzmit İç Körfez (İZ30, İZ25, İZ5) ve İzmit Orta ve Dış Körfezde (İZ2, İZ7, İZ9, İZ15 ve İZ17) izleme istasyonları (Beken vd., 2018).

**Figure 2.** Izmit Inner Bay (İZ30, İZ25, İZ5) and Middle and Outer Monitoring stations in Izmit Bay (İZ2, İZ7, İZ9, İZ15 and İZ17) (Beken et al., 2018).

İzmit İç Körfezde yer alan istasyonlarda yüzeyde NH<sub>4</sub> 2-3  $\mu$ M, TP ise 1  $\mu$ M olarak ölçülmüştür. İzmit orta ve dış körfezde (İZ2, İZ7, İZ9, İZ15 ve İZ17) derinliğe karşı NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N ( $\mu$ M), NH<sub>4</sub>-N ( $\mu$ M), Si ( $\mu$ M), PO<sub>4</sub>-P ( $\mu$ M), TP ( $\mu$ M) özellikle İZ15 istasyonunda yüksek olup NH<sub>4</sub>-N değerleri yüksek ve salınımlıdır. İZ17 ve İZ7 istasyonlarında kış dönemi de yüksek NH<sub>4</sub>-N bulunmuştur ve derin olan İZ2 ve İZ17 istasyonlarının dip sularındaki ÇO değerleri kritiktir. Çözünmüş Oksijen (mg/L) değişimleri İZ17 'de 150 m (dip 157 m) kış döneminde 1.0 mg/L, ilkbaharda 0.7 mg/L ve yazın 0.2 mg/L seviyelerinde ÇO ölçülmüştür (Beken vd., 2018).

TÜBİTAK/ MAM tarafından 2000-2002 yılları arasında yürütülen izleme çalışmalarında, en yüksek Klorofil-a değerleri 2001 yılının Mart ayında Batı, Orta ve Doğu körfezde sırasıyla yaklaşık 7, 18 ve 15 ug/l olarak ölçülmüştür. 2006 yılında tamamlanan "Marmara Çevre Master Planı ve Yatırım Stratejisi Marmara Denizi Havzası (MEMPHIS) projesi" kapsamında gerçekleştirilen izleme çalışması sonuçları da bu değerlerle uyumlu bulunmuş olup bahsedilen çalışma sonuçlarına göre hesaplanan TRIX indeks değerinin 4,7 ile 5,9 arasında değiştiği saptanmıştır. Değerlerden de anlaşılacağı üzere Körfez ötrofikasyon riski ile karşı karşıyadır.

2007-2008 yıllarında, Körfezde TÜBİTAK /MAM tarafından gerçekleştirilmiş olan izleme çalışmaları kapsamında yapılan çalışmalarda TRIX indeks değerleri (4,1 -6,8), klorofil-a değerleri (5-20 $\mu$ g/l) ve oksijen sonuçları önceki çalışmalara ait sonuçları desteklemektedir. Diğer taraftan, 2014 yılında gerçekleştirilen izleme çalışmalarında Körfez' de TRIX indeksi önceki yıllarla karşılaştırılmış (Tablo 1) ve İç Körfez' in Ötrofik olduğu değerlendirilmiştir (Beken vd., 2014).

**Tablo 1.** Körfez’ de istasyonlarda TRİX indeksinin, önceki yıllarla karşılaştırılması.

**Table 1.** Comparison with TRİX index figures this year and previous years in İzmit Bay’s stations.

İstasyon	Ağustos 2011	Ağustos 2013	Ağustos 2014	Değerlendirme
İZ 30	5,05	5,27	5,49	5-6 Kötü
İZ2	3,27	3,65	5,34	<4 Çok İyi; 4-5 İyi
İZ17	4,46	4,22	5,22	4-5 İyi; 5-6 Kötü
İZ7	-	-	5,37	4-5 İyi

İzmit Körfezi’nde kirliliği oluşturan kaynaklar; insan metabolik atıkları, deterjanlar, tarımsal faaliyet, erozyon, endüstriyel kaynaklardır. İzmit Körfezi çevresinde endüstriyel faaliyetler çok yoğunur. Endüstriler yoğun olarak İzmit, Gebze ve Körfez ilçelerinde toplanmışlardır.

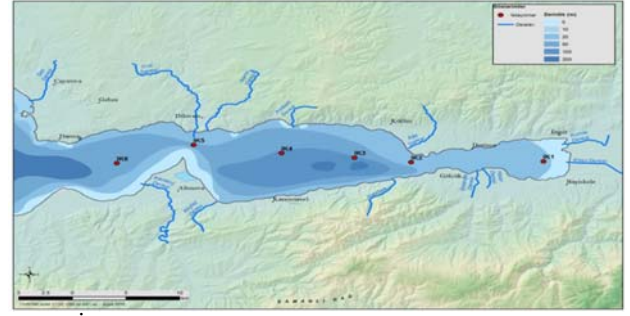
Diğer taraftan, içlerinde petrol ve petrol ürünlerinin de elleçlendiği yaklaşık 40 liman işletme tesisi ile birlikte tersane ve yat çekek yerleri, iskeleler, balıkçı barınakları, marinaların yer aldığı İzmit Körfezi’nde 2013 yılı verilerine göre yıllık yaklaşık olarak 62 milyon ton yük elleçlenmektedir (Şahin, 2015).

Kimya, metal, deri, gıda, tekstil, OSB (Organize Sanayi Bölgesi), ulaşım araçları, elektronik, maden, çimento, kağıt, ilaç, Petrol rafinerileri ve yan ürünler, gübre, çimento OSB, plastik gibi çok çeşitli ve karışık atıksular denize verilmektedir (Ayaz, 2019).

İzmit körfezinde noktasal deşarjlar, havza yolu ile taşınımlar ve Karadeniz yüzey suyu girdilerine bağlı besin ve organik madde zenginleşmesi (kış karışımları ile alt suların yüzey sularına taşınımları da ekleyince) ışıklı yüzey sularının ötrofikasyona maruz kalmasına neden olabilmektedir. Bu durum, özellikle su dolaşımının da sınırlı olduğu daha sığ körfez sularını daha fazla etkilemektedir.

Bunun sonucunda, özellikle yaz-sonbahar dönemlerinde ötrofikasyonun etkisi ile körfezde oksijen seviyesinde ciddi düşüşler görülmektedir (ara ve alt tabakalarda). Bölgenin uzun süredir endüstriyel anlamda hızlı bir gelişme geçirmesi, yoğun bir kirlenme baskısına sebep olmuştur. Kirlenmenin kontrolü ve azaltılması için 1970’li yıllarda Körfez’in oşinografik özellikleri belirlenmiş ve bazı biyolojik çalışmalarda bulunulmuştur. Bu çalışmaların akabinde, bir model yardımıyla da Körfez’in oşinografisi, kirliliği ve özümleme kapasitesi ile ilgili araştırmalar yapılmıştır (Oguz ve Sur, 1986).

Kahraman vd., (2016) tarafından Körfez’de görülen yoğun müsilajların bir sonucu olarak İzmit Körfezi’nin su kalitesi izleme çalışmaları 2007 yılında başlatılmıştır. 2014 yılında ve sonrasında “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” üzerinde çalışılmış olup Su kalitesini belirleyen İzmit Körfezi’nin fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerinin izlenmesi yıl boyunca belirli bir derinlikte toplam 6 deniz istasyonunda mevsimsel performans göstermiştir.



**Şekil 3.** İzmit Körfezi örnekleme noktaları (Kahraman vd., 2016).  
**Figure 3.** The sampling points in İzmit Bay (Kahraman et al., 2016).

Bu çalışmaların yanı sıra Kahraman vd., (2016) tarafından yapılan İzleme programında; sıcaklık, tuzluluk, pH, geçirgenlik, çözülmüş oksijen, oksijen satürasyonu, besinler, klorofil-*a*, fitoplankton, makrofit, bentik omurgasızlar, çökeltiler ve biyotada kirlleticiler incelenmiştir. Ayrıca, 8 akarsuda mevsimsel örnekleme yapılmış olup Körfez suyunun kalitesi sürekli izlenerek, evsel ve endüstriyel girdilerde meydana gelen değişikliklerin Körfez suyu kalitesi ve ekosistemi üzerindeki etkileri gözlenmiştir.

İzmit Körfezi’nde su kalitesinin en önemli göstergelerinden biri olan çözülmüş oksijen değerleri sürekli bir düşüş göstermiştir. Bu düşüş İzmit Körfezi gibi yarı kapalı havzalarda besin girdisi ve karışımın etkisiyle besin zenginleşmesine sebebiyet vermekte olup bu da fitoplankton artışını teşvik etmektedir. Fitoplanktonik organizmaların üreme hızları çok yüksek ve yenilenme süreleri çok kısa olduğundan, ani bir besin yükselmesinde diğer koşullar da uygun ise, kısa sürede çok yüksek yoğunluklara ulaşabilmektedir.

Okay vd., (2001) tarafından yapılan değerlendirmede, Körfez’de birincil üretim yapan organizmaların (fitoplankton) göstergesi olan Klorofil-*a* değerinde geçmiş yıllara göre önemli artışların yaşandığı gösterilmiştir. 1999 yılında (deprem sonrası) üretimde bir düşüş kaydedilmiştir. Klorofil-*a* seviyelerinin 1980’li yıllardan beri İç Körfez’de yüksek olduğunu söylemek mümkündür fakat Orta Körfez’de görülen artış özellikle 90’lı yıllardan sonra ivme kazanmıştır. İzmit Körfezi çevresinde bulunan endüstrilerden ve yerleşim birimlerinden kaynaklanan atık sularındaki kirlenme özelliğe sahip maddelerden önemli bir kısmı artılmadan körfezin üst sularına verilmektedir.

İzmit iç körfezde su kalitesinin daha da kötü olmasının nedeni, dip suların düşük oksijenle ve Karadeniz’den giren üst tabaka sularının İstanbul mega kenti atık suları ile daha da kirlenerek körfeze ulaşmasıdır. Körfeze Direk etkisi olan Kocaeli iline ait arıtma tesislerinin mevcut durumu ve nüfus bilgisi (Kandıra hariç) göz önüne alındığında Körfeze yılda 7200 ton BOI, 7200 ton AKM,

1999 ton azot (TN) ve 526 ton fosfor (TP) girmekte olduğu söylenebilir (Avaz vd., 2014).

Diğer taraftan İki tabakalı körfez sularının Marmara açık deniz sistemi ile su değişiminin çok zayıf ve akıntı rejimi oldukça yavaş olması özellikle yaz sonlarına doğru alt ve ara tabaka sularında çözünmüş oksijen konsantrasyonunun zaman zaman ölçüm sınırının altına düşmesine neden olmaktadır.

Birbirine dair geçişlere bağlı üç basenden oluşan İzmit Körfezi'nin doğu kesimi sıg ve eğim (<%1) düşüktür. Körfez, kentsel, endüstriyel kaynaklı ve derelerin taşıdığı kirleticilerin sürekli etkisi altındadır. Özellikle yaz aylarında

oksijen eksikliğine bağlı balık ölümleri gözlemlenmektedir. Ayrıca son yıllarda sık sık meydana gelen red tide (zararlı alg patlamaları) olayları ve görünürlüğü azalması Körfezin orta ve iç kesiminde ötrofikasyon sürecinin başlamış olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği kriterlerine göre iç (doğu) ve orta basende yer alan kıyılal bölge "hassas alan" olarak tanımlanmıştır. İzmit Körfezi kıyılal alanlarda kentsel atık su arıtma tesisi (KAAT) durumu değerlendirilmiş (Avaz vd., 2011) ve hassas alanlara göre değerlendirilen ve olması gereken KAAT arıtma seviyeleri Şekil 4' te belirlenmiştir.



Şekil 4. İzmit Körfezi KAAT arıtma seviyeleri (Avaz vd., 2011).

Figure 4. Treatment Levels of WWTP's in İzmit Bay (Avaz et al., 2011).

"İzmit Körfezi'nin Atıklarından Arındırılması Projesi", Kocaeli ve Yalova illerine bağlı Yarımca-Altınova yerleşim beldeleri arasında kalan 27 belediye sınırları içerisindeki endüstriyel ve evsel atıksuların arıtılmadan doğrudan körfeze ya da körfeze boşalan derelere verilmesi nedeniyle kirlenen İzmit Körfezi'nin atıksularla kirlenmesinin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmada, Körfez Kolektör Hattı ve 8 adet Atıksu Arıtma Tesisi Projesi hayata geçirilmiştir. Arıtılmadan derelere, dereler vasıtasıyla da denize (körfeze) deşarj olan ve körfezdeki kirlilik yükünü arttıran atık sular, arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra deşarj edilmeye başlanmış ve İzmit Körfezine akan tüm derelerin ıslahı sağlanmıştır (Önem, 2015).

Yüzey sularının, yağın yağmur sularıyla birlikte kontrolsüz olarak denize deşarj olmasını engellemek için liman ve iskelelerde bariyerler yaptırılmıştır. Liman ve iskelelere 30 adet Atık su arıtma tesisi yaptırılmıştır. Arıtma tesisinin yapılmasına gerek duyulmayan yerlerde ise çöktürme havuzları yaptırılmıştır.

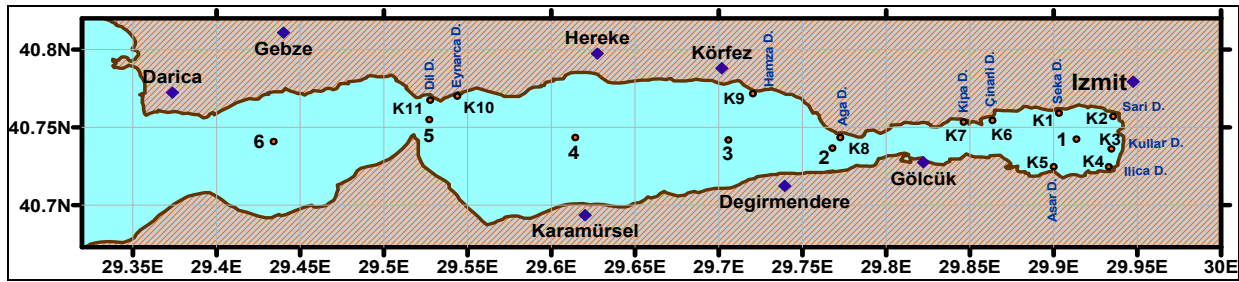
Kocaeli Büyükşehir Belediyesince Gebze İlçesi'nde bir adet Atıksu Arıtma tesisi yapılmıştır. İzmit Körfezi'ni kuşaklama mantığı ile çeviren 22 adet atıksu arıtma tesisi sayesinde % 99 arıtma oranına ulaşılmıştır. Bu yatırımlar neticesinde 2016 yılında % 45 olan İleri biyolojik arıtım oranının 2017 yılı sonunda % 65'e ulaşması; nihai hedef olarak da 2020 yılında % 95 olması hedeflenmiştir (Bostan, 2017).

Ancak, kentsel atıksu deşarjları devreye girmesine rağmen, Marmara'nın sınırlı atıksu özümleme üstünde anorganik+organik besin tuzları girdisinin göreceli artarak devam ettiği anlaşılmaktadır. Bu olumsuz gelişmeden özellikle İzmit Körfezi ekosistemi ve dip suları etkilenmektedir. Marmara Denizi ekolojik durumun düzelmesi için karasal baskıların azaltılmasına yönelik ciddi yönetim planlamalarına ihtiyaç olduğu açıktır. Ancak, bunun gerçekleşmesi, düzenli veri toplanması ve süreç çalışmalarıyla desteklenen ve doğrulanmış ekosistem temelli su kalitesi modelleme çalışmalarının yapılması ve sürekliliğinin sağlanması ile mümkün görünmektedir.

Körfezin su kalitesi, kıyı bölgelerinin sunduğu imkânlar nedeniyle hızla artan endüstriyel faaliyetler, deniz taşımacılığı, iç bölgelerden nehir ve dereler vasıtasıyla gelen tarımsal, evsel ve endüstriyel kirlilik gibi çeşitli kaynaklardan olumsuz etkilenmektedir. Kirliliğin kontrol altına alınabilmesi için bir strateji oluşturulmalıdır. Bu amaçlar doğrultusunda, 2005 yılında Avrupa Yatırım Bankası ile Marmara Çevre Master Planı ve Yatırım Stratejileri – MEMPIS Projesi” gerçekleştirilmiştir. Proje çerçevesinde, Marmara Denizi oşinografisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik durumun tespiti amacıyla, Marmara Denizi Hidrodinamik ve Su Kalitesi Modeli geliştirilmiştir. Marmara Denizi Kirlilik İzleme çalışması MEMPIS Projesinin devamı niteliğindedir. Bu proje ile Marmara Denizi'nin oşinografik yapısının, deniz ortamındaki kirlilik durumunun, kirliliğin zamana bağlı olarak gösterdiği değişimin, biyolojik-çeşitliliğin ve çeşitliliği sınırlayan etkilerin belirlenebilmesi ve bu etkenlere ilişkin veri setlerinin oluşturulması amaçlanmıştır.

Ediger vd., (2013) tarafından İzmit Körfezinde 2007-2013 yılları arasında izleme çalışmalarında ışık geçirgenliğinin 1 ile 13 m arasında değişkenlik gösterdiği ve en düşük Seki Disk ölçümlerinin Körfez'in doğusunda yer alan istasyonda, en yüksek değerlerin ise yaz ve sonbahar aylarında 8,5 ile 13 m arasında körfezin batısında Marmara'ya çıkış kesiminde yer alan istasyonlarda gözlemlendiği tespit edilmiştir.

Okuş ve Taş (2001) tarafından 2002'de yapılan çalışma, mevcut fitoplankton miktarı ve dağılımının azalması, besin elementlerinin azalmaması Körfez'in doğu kesimde ciddi bir ötrofikasyonun olduğunu göstermiştir.



Şekil 5. İzleme İstasyonlarının Konumu (Ediger vd.,2013).

Figure 5. Location of Monitoring Stations (Ediger et al., 2013).

İzmit Körfezinde 2007-2013 yılları arasında fitoplankton biyokütle göstergesi olan klorofil-a değerleri üst su kolonunda yüksek değerlerde olup, tabakalaşmanın başladığı derinlikten itibaren değerler hızlı düşmekte olduğu belirlenmiştir. Ayrıca klorofil-a derişimlerinin İstanbul Boğazından, Çanakkale Boğazına doğru azaldığı belirlenmiştir. Genel olarak Karadeniz'in etkisi altındaki doğu baseninde fitoplankton biyo-kütlesini temsil eden klorofil-a derişimleri batı baseninde elde edilen değerlere) oranla daha yüksektir. İzmit Körfezinde 2007 yılından günümüze değin gerçekleştirilen aylık deniz izleme

Kapalı bir yapı gösteren doğu kesimine gelen evsel ve endüstriyel atık suların, ortamdaki besin elementleri konsantrasyonunu ciddi anlamda değiştirdiği gözlenmiştir. Besin elementleri konsantrasyonunun, sürekli plankton patlamalarının yaşandığı orta ve iç kısımlarda düşük seviyede olduğu ileri sürülmektedir. Körfezde son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda toplam fitoplankton içinde zararlı türlerin kayda değer bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Bununla beraber, 2007-2008 yıllarında körfezde gözlenen musilaj olayı göz önünde bulundurulduğunda körfezde fitoplankton yoğunluğunda artış olması Körfez için ciddi bir ötrofikasyon riski oluşturmaktadır. Bu değişimlere bağlı olarak fitoplankton üretimini kontrol eden besin elementleri zaman içerisinde değişebilmektedir. Bu kapsamda İzmit Körfezi'nde daha önce yapılan çalışmalarda sınırlayıcı besin elementi 20 yıl içerisinde tamamen değişmiştir.

2007-2012 yılları arasında yürütülen İzmit Körfezi Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi projesi kapsamında Şekil 5' te verilen deniz suyu kalitesinin yapıldığı örnekleme noktalarında deniz su kalitesi göstergeleri olarak oksijen durumu, besin maddeleri (azotlu ve fosforlu bileşikler, silikat), su kolonundaki ışık geçirgenliği, klorofil-a, toplam organik karbon, askıda katı madde ve petrol hidrokarbonları seviyesi ile fitoplankton tür ve çeşitliliği izlenmiş ve ayrıca Körfezin akıntı rejimi mevsimlik olarak belirlenmiştir.

Deniz çalışmalarına ilave olarak Körfeze girdi sağlayan 12 derede su kalite parametreleri (Toplam fosfor, azot, kimyasal ve biyolojik oksijen ihtiyacı, toplam organik karbon) izlenmiştir.

çalışmalarında ölçülen yüzey klorofil-a derişimleri aralığı 0,1 ile 38 µg/L olarak saptanmıştır. En yüksek klorofil-a derişimi (38 µg/L) Şubat 2010 ayında iç körfezde yer alan istasyonda gözlenirken en düşük derişimler (0,1 µg/L) yaz aylarında körfezin Marmara Denizine çıkış kesiminde yer alan istasyonların yüzeyinde gözlenmiştir (Ediger vd., 2013).

Yarı kapalı ve özel yapısı nedeniyle suların fazla karışmadığı İzmit Körfezi'nde ötrofikasyon; su ürünleri, turizm ve rekreasyon değerlerinin yitilmesiyle sonuçlanan önemli bir ekonomik sorun olarak ortaya çıkar. Okay vd.,

(2001) tarafından Karasal girdilerden kaynaklı Körfez sularına giren askıda katı madde (AKM), toplam azot (TN) ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI) yükleri hesaplanarak 1984 ve 1995 yılı ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Bu ölçümlerin sonuçlarına göre, Körfezin doğusundaki atık yüklerinin azalmasına karşın, batısına boşalan Dilderesi'nden önemli ölçüde artış olması Körfez sularını etkilemiştir. Bu da ötrofikasyonu İzmit Körfezi için kalıcı bir hale getirmiştir. 2007 yılından beri kesintisiz olarak Körfezde yapılan çalışmalar sonucunda Körfeze akan derelerin körfeze önemli ölçüde karasal kirlilik taşıdığı tespit edilmiş bazı derelerin ıslah çalışmalarının yapılması gerekliliği önerilmiştir.

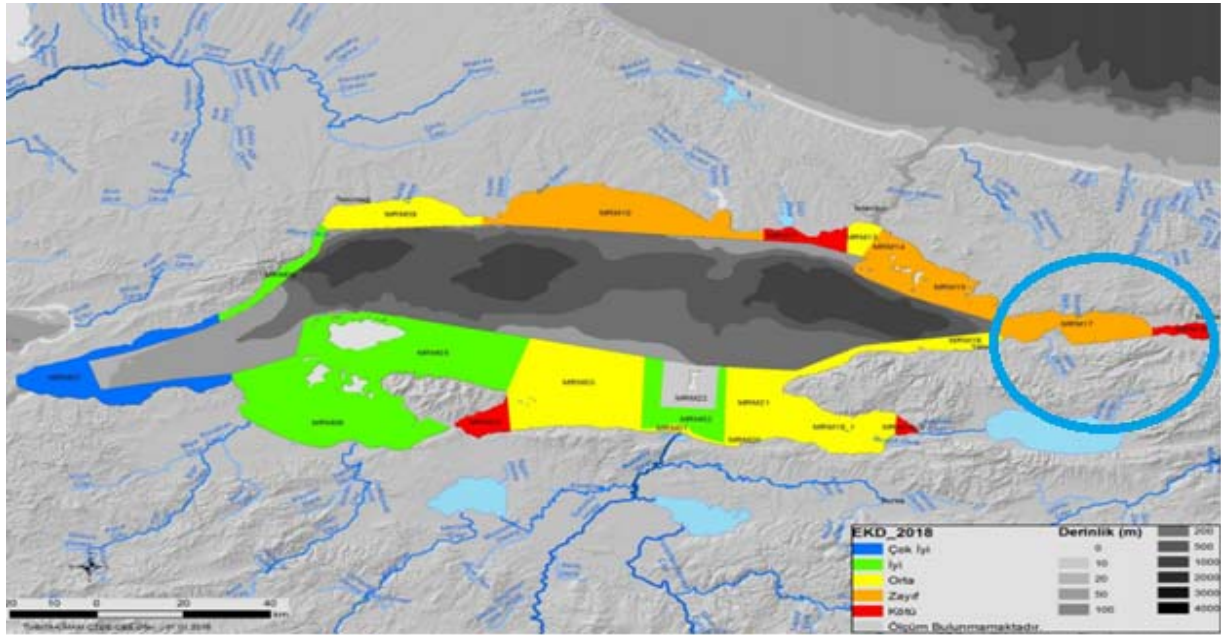
Su Çerçeve Direktifinde su kalite parametreleri içinde biyolojik kalite unsuru olarak fitoplanktonun önemli yer tuttuğu bilinmektedir. Sucul ekosistemlerin korunması için oldukça önem arz eden izleme çalışmalarında fitoplanktonun incelenmesi suların ekolojik kalite durumunun belirlenmesinde önemli veriler sağlamaktadır.

Körfeze ilişkin biyolojik kalite elemanları (Klorofil-a, makro flora ve makrozoobentos) ile destekleyici göstergelerden toplam fosfor, nitrat ve nitrit azotu, seki disk

derinliğine dayandırılan ortak ekolojik kalite değerlendirmesi yapılmıştır.

Bu çalışma ilk kez Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Koordinasyonunda TÜBİTAK/MAM tarafından yürütülmüş olan "Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi(DEKOS Projesi)" ile yapılmıştır. DEKOS Projesi ile İstasyonlarda klorofil-a sonuçlarına göre İzmit Körfezinde iki Su Yönetim Birimi oluşturulmuş olup Şekil 6' da verilmektedir.

MRM16 Su yönetim birimini temsil eden İç Körfezin su kalitesi Su Çerçeve Direktifi sınıflandırmasında "Kötü Su Kalitesi" olarak değerlendirilmiştir. Bunun nedeni bentik kalitenin daha da azalmış olmasıdır. Akabinde yıllara sari olarak gerçekleştirilen Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı çerçevesinde güncellenmiştir. 2018 yılında, Körfezde iki su yönetim birimini temsil eden 8 istasyonda örnekleme yapılmıştır (Beken vd., 2018). Bentik kalite 2017 yılında orta (Beken vd.,2017), 2016 yılında ise zayıf olarak değerlendirilmiştir (Beken vd., 2016). M17 su yönetim birimini temsil eden orta ve dış körfez ise "Zayıf Su Kalitesi" olarak Tablo 2' de değerlendirilmiştir.



Şekil 6. İzmit Körfezi Kıyı Su Kütleleri Ekolojik Kalite Değerlendirme(Beken vd., 2013).

Figure 6. Coastal Water Bodies Ecological Quality Assessment in Izmit Bay (Beken et al., 2013).

Tablo 2. İzmit Körfezi Kıyı Su Yönetim Birimlerinin 2018 yılı Ekolojik Kalite Durum Değerlendirmesi.

Table 2. Ecological Quality Status Assessment of Coastal Water Management Units in Izmit Bay in 2018.

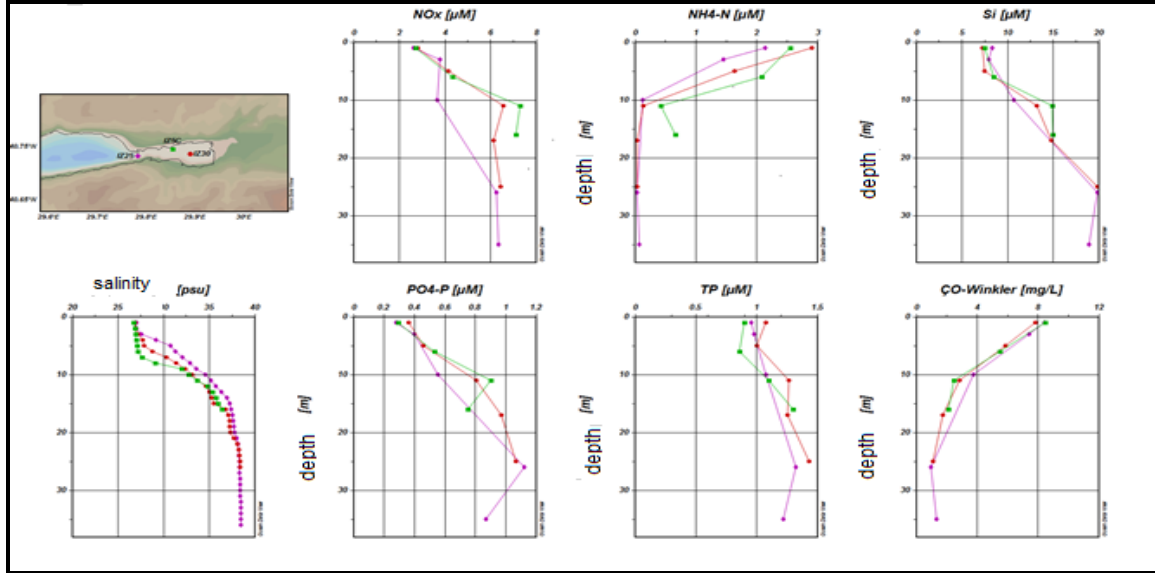
Su Yönetim Birimleri	TP( $\mu\text{gr-at/L}$ )	NOx( $\mu\text{gr-at/L}$ )	SDD(m)	Klorofil( $\mu\text{g/L}$ )	
	(TP ve NOx kış/İlkbahar,SDD yaz)			İlkbahar(Kış)	(Yaz)Sonbahar
MRM16: İZ30,İZ25,İZ5C	0,98/1,24	3,46/0,05	2,6	5,7(5,05)	(2,78)
MRM17:İZ17, İZ7, İZ2, İZ15, İZ9	0,93/0,50	4,33/0,05	4,2	3,84(4,03)	(0,86)



MRM16 su yönetim biriminde yer alan iç körfezde; PO4-P ( $\mu\text{M}$ ), TP ( $\mu\text{M}$ ) ve Çözülmüş Oksijen ( $\text{mg/L}$ ) değişimleri Şekil 7’ de verilmiştir. İstasyonların tümünde kış döneminde yüzeyde NH4 2-3  $\mu\text{M}$ , TP ise 1  $\mu\text{M}$  olarak ölçülmüştür. MRM17 su yönetim biriminde bulunan ölçüm istasyonlarında Şekil 8’ de görüldüğü üzere kış döneminde, Fosforlu bileşiklerin İZ15 istasyonunda yüksek olduğu tespit edilmiştir. İZ17 ve İZ7 istasyonlarında kış dönemi de yüksek

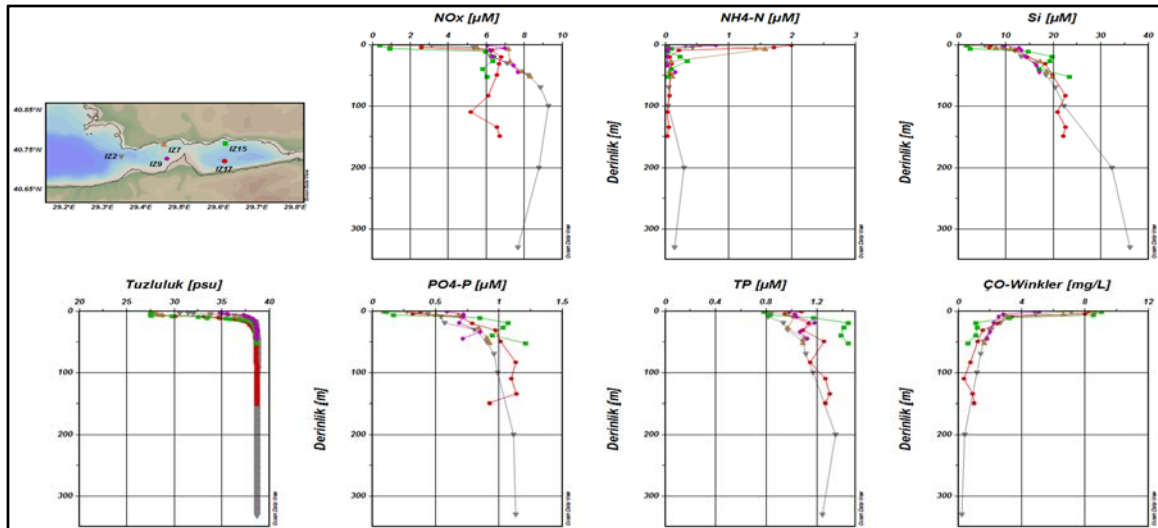
NH4-N bulunmuştur. Derin olan İZ2 ve İZ17 istasyonlarının dip sularındaki ÇO değerleri düşük olup kritik seviyededir.

İZ17 ‘de kış döneminde 1.0  $\text{mg/L}$ , ilkbaharda 0.7  $\text{mg/L}$  ve yazın 0.2  $\text{mg/L}$  seviyelerinde ÇO ölçülmüştür (Beken vd.,2018). Bu sonuçlar Körfezin su kalitesinin iyi olmadığını bir göstergesi olup Körfez üzerinde kara kökenli kirleticiler ve limancılık faaliyetinden kaynaklı kirlilik etkendir.



Şekil 7. MRM16’da bulunan istasyonlara ait 2018-Kış besin elementleri ve çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının düşey dağılımları (Beken vd., 2018).

Figure 7. Vertical distribution of nutrients and dissolved oxygen concentrations of stations in MRM16 in 2018’s winter (Beken et al., 2018).



Şekil 8. MRM17’de bulunan istasyonlara ait 2018-Kış besin elementleri ve çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının düşey dağılımları (Beken vd., 2018).

Figure 8. Vertical distribution of nutrients and dissolved oxygen concentrations of stations in MRM17 in winter in 2018 (Beken et al., 2018).

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Yarı kapalı bir körfez olan İzmit Körfezi kıyılarında çok yoğun endüstri kuruluşları ve bunun yanı sıra yoğun denizcilik faaliyetlerinin baskısı kirletici seviyelerindeki artışa sebebiyet vermektedir.

Gerçekleştirilen izleme çalışmaları sonucunda İzmit Körfezi çevresinde yoğun endüstri faaliyetlerinden dolayı iç körfezde Civa, Nikel, Bakır ve Arsenik’ te artışın olduğu söylenebilir. Nitekim son yıllarda yapılan çalışmalar da bunu desteklemektedir.

İzmit İç körfezinde (Cıva, Çinko, Nikel, Bakır ve Arsenik) yoğunlaştığı ve sediman metal içerikleri Al ile normalize edilerek, şeyl ortalamasına göre hesaplanan metal zenginleşme faktörleri karşılaştırıldığında; “yüksek” zenginleşmenin Cıva elementi için gözlemlendiği söylenebilir. Körfezde sediman örneklerinin metal içerikleri Tablo 3’te

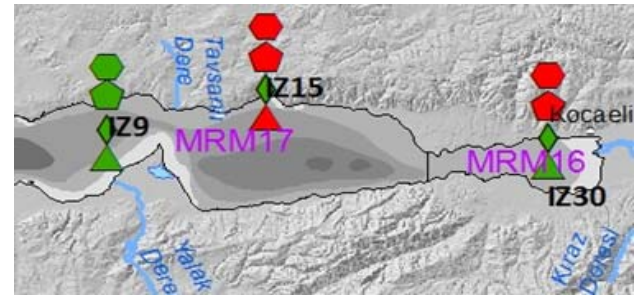
**Tablo 3.** İzmit Körfezi 2016 yılı sediman örneklerinin metal içerikleri(mg/kg ka) (Beken vd., 2016).  
**Table 3.** Metal contents of sediment samples (mg/kg ka) in İzmit Bay in 2016 (Beken et al., 2016).

İstasyon Adı	R	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Hg
İZ30	R1	10,99	0,363	19,23	77,26	72,11	45639	459,2	47,95	28,18	139,16	1,105
	R2	11,13	0,877	17,37	83,43	87,05	42223	401,7	50,95	36,87	214,71	3,133
	R3	10,65	0,893	18,76	76,10	75,50	45341	430,8	45,09	33,30	243,51	3,056
İZ15	R1	13,96	15,99	15,99	95,83	61,32	40035	476,7	58,27	53,52	180,34	1,130
İZ19	R1	9,28	17,18	17,18	88,97	75,83	42469	489,4	49,79	24,70	104,76	0,064

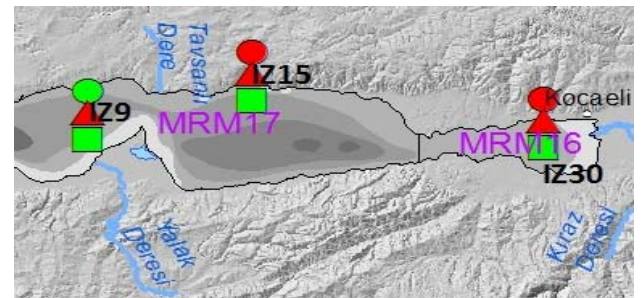
İzmit Körfezinde genel olarak 16 PAH bileşeninin toplamına bakıldığında Toplam petrol hidrokarbonlarında olduğu gibi, İzmit iç körfezde yüksek derişimlerin olduğu tespit edilmiştir. Sanayinin yoğun olduğu İzmit Körfezinde PAH kirliliği riskinin yüksek olduğu limanların bulunduğu bölgelerde (örneğin İzmit Rafineri Bölgesi) örnekleme istasyonlarının artırılması gerekmektedir. PCB bileşenlerin toplam değerleri incelendiğinde ise genel olarak tüm istasyonlarda, ekosisteme etki açısından etki sınırının altında olduğu tespit edilmiştir. Sadece İzmit Körfezi’nde (İZ30-İZ15) ERL(Effects Ranges Low) değerinin üstünde toplam PCB değerlerine ulaşılmıştır. DDT ve türevlerinin tüm istasyonlarda türevlerinin toplamının ekosisteme etki açısından etki sınırının üstünde olduğu gözlenmektedir. Diğer organoklorlu pestisitler incelendiğinde (a-BHC, b-BHC, d-BHC, Lindane, Endrin ve Aldrin) İzmit Körfezinde derişimlerinin ERL üstünde olduğu belirlenmiştir. Toplam petrol hidrokarbon açısından en fazla sedimanda birikimin İzmit iç körfez, rastlandığı tespit edilmiştir. PCB bileşenlerin toplam değerleri incelendiğinde genel olarak tüm istasyonlarda, ekosisteme etki açısından etki sınırının altında olduğu tespit edilmiştir. Sadece İzmit Körfezi’nde (İZ30-İZ15) ERL(Effects Ranges Low) değerinin üstünde toplam PCB değerlerine ulaşılmıştır.

Mevcut durum değerlendirildiğinde evsel atıksulardan kaynaklı baskının yanı sıra endüstrilerden yoğun kirlitici yükünün geldiğini ayrıca, gemi trafiği ve limancılık faaliyetleri de göz önünde bulundurulduğunda ciddi kirlitici yükünün körfez üzerinde baskı oluşturduğunu söyleyebiliriz. Diğer bir konu ise Körfezin bulunduğu havza içerisinde çok sayıda dere ve küçük

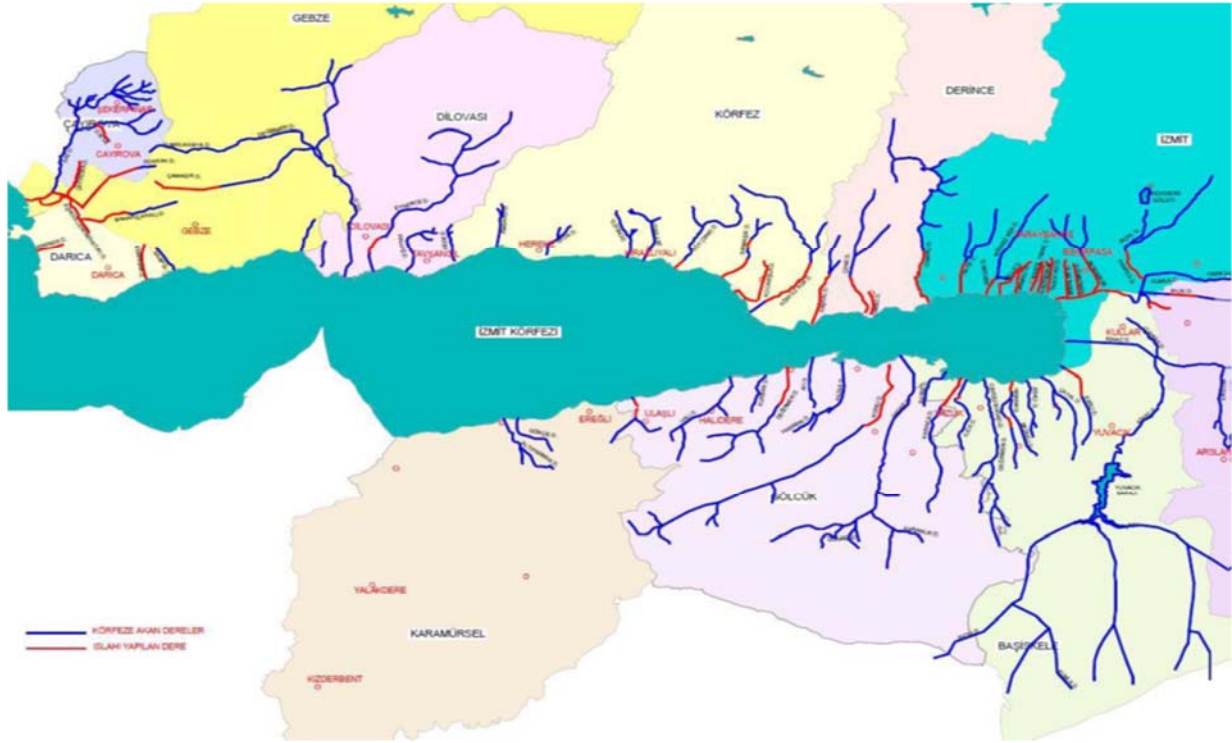
akarsu bulunmaktadır. Bu akarsu ve derelerin büyük bir bölümü Körfeze ulaşmadan önce geçtikleri bölgedeki birçok sanayi tesisi ve yerleşim alanı tarafından atıksuların taşınımı amaçlı olarak kullanılmakta ve bu yükler Şekil 11’de görüldüğü üzere Körfeze taşınmaktadır (Beken vd., 2016).



**Şekil 9.** İzmit körfezi metal kirliliği durum değerlendirilmesi.  
**Figure 9.** Metal pollution state assessment in İzmit Bay.



**Şekil 10.** İzmit körfezi organik kirlitici durum değerlendirilmesi.  
**Figure 10.** Organic pollutants state assessment in İzmit Bay.



**Şekil 11.** İzmit Körfezi'nde mansaplanan derelerin genel durumu (Önem, 20159).

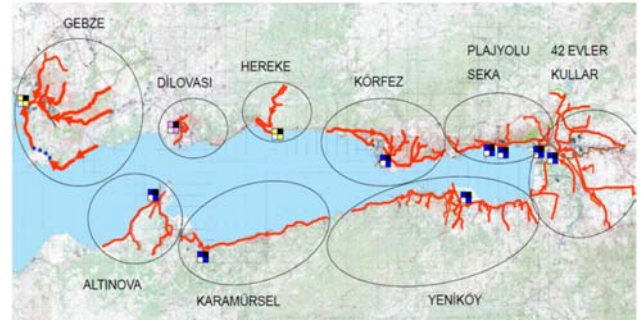
**Figure 11.** The general state of rivers flowing in the Sea in Izmit Bay (Önem, 2015).

Diğer taraftan tarım sektöründe toprağın verimini arttırmak amacıyla uygulanan doğal ve sentetik gübrelerin yüzey sularında ötrofikasyona sebep olduğu da bilinmektedir.

Evsel ve endüstriyel atıksular için temel sorun, çevre mevzuatı kapsamındaki düzenlemelerin gerek yönetmelik hükümleri ve deşarj limitleri bakımından gerekse de uygulamadaki proses seçimi aşamasında, alıcı ortam özelliklerinin, Körfezin özgün oşinografik yapısı bağlamında, göz önüne alınmaması olarak karşımıza çıkmaktadır. İzmit Körfezi'ne son 30 yılda karasal girdilerin deşarj edilmesi, hem suyun kalitesini hem de ortamda yaşayan canlı yaşamı olumsuz yönde etkilemiştir. Çevrenin atıksu deşarjlarından kaynaklanan olumsuz etkilerinden korunmasını sağlamak için arıtma tesislerinin, atıksuların ve alıcı ortamın düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir. Benzer nitelikte atıksu üreten endüstriler ve yerleşimlerin birbirine olan uzaklığı, coğrafik ve topografik özellikleri ile büyüklükleri de dikkate alınarak ekonomik ve teknik açıdan fizibil olanlar için ortak atıksu arıtma tesisinin kurulması esastır (Avaz vd., 2011).

Tarımsal mücadelede kullanılan ilaçlarının başında yer alan insektisit ve pestisitler ise toprak tipi ve iklim faktörlerine bağlı olarak yüzey ve yer altı sularına karışmaktadır. Özellikle ötrofikasyon problemi gözlenen yerler başta olmak üzere, bu problemi önlemek amacıyla akarsulardaki besin madde konsantrasyonunun azaltılması gerekmektedir. Ayrıca diğer önemli bir husus, Şekil 12' de verildiği üzere Körfez'de atıksu arıtma tesislerinde azot

fosfor giderici ileri arıtma teknolojilerinin sürekliliğinin sağlanması yönünde gerekli denetimlerin yapılması ve takibinin sağlanarak gerekli olduğu durumlarda 2872 sayılı Çevre Kanunu kapsamında idari yaptırımların uygulanması önem arz etmektedir.



**Şekil 12.** İzmit Körfezi'nin etrafında bulunan Atıksu arıtma tesisleri ve Kollektör hatları (Önem, 2015).

**Figure 12.** The Location of Wastewater treatment plants and Collector lines around Izmit Bay (Önem, 2015).

Körfez' in kirlilikten korunması amacıyla bölgesel düzeyde etkinlikler gerçekleştirilerek bu konuda kamuoyunun dikkatini çekerek çevre bilinci oluşturulması önem arz etmektedir. Özellikle farkındalık oluşturulması kapsamında, Kamu kurumlarının Sivil toplum kuruluşları ile işbirliği içerisinde olması desteklenmelidir. Sonuç olarak, Yıllara sari olarak gerçekleştirilen Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında İzmit İç Körfez mevcut durumunu korumuş olup biyolojik kalite elemanları değerlendirmesi ve körfezdeki baskı unsurları

da dikkate alındığında Zayıf Su kalitesi ve Kötü su kalitesi olarak değişim göstermiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve TÜBİTAK /MAM tarafından desteklenen “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi” ve diğer bilimsel çalışmalar kapsamında derlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Avaz, G., Başar, H.M. & Canlı, O. (2014).** Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği Projesi (2012-2014). Tarım ve Orman Bakanlığı ve TÜBİTAK MAM, ÇTÜE 512870, Rapor No. ÇTÜE.14.178. TÜBİTAK MAM Matbaası, Gebze, Kocaeli, Ankara-2014.
- Avaz, G., Tuğrul, S. & Küçüksezgin, F. (2011).** Türkiye Kıyılarında Kentsel Atıksu Yönetimi: Sıcak Nokta ve Hassas Alanların Yeniden Tanımlanması: Atık Özümsene Kapasitelerinin İzleme Modelleme Yöntemleriyle Belirlenmesi ve Sürdürülebilir Kentsel Atıksu Yatırım Planlarının Geliştirilmesi Projesi, Proje Ortakları: TÜBİTAK MAM, ODTÜ DBE, DEÜ DBTE, 106G124 Nolu TÜBİTAK KAMAG 1007 Projesi, Müşteri: T.C. Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı, Gebze, Kocaeli.
- Ayaz, S. (2019).** Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi, Marmara Havzası Nihai Raporu, Rapor No. 5098115(ÇE.10.49), TÜBİTAK MAM Matbaası, Aralık 2019, Gebze, Kocaeli.
- Balkış, N. (2003).** Seasonal variations in the phytoplankton and nutrient dynamics in the neritic water of Buyukcekmece Bay, Sea of Marmara", *Journal of Plankton Research*, 25,703-717, 2003.
- Beken, Ç., Atabay, H. & Tolun, L. (2018).** Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşİ, 2018. Marmara Denizi Final Raporu, TÜBİTAK MAM Matbaası, Gebze, Kocaeli, Ankara.
- Beken, Ç., Aydoğan, C., Ediger, D., Hüsrevoğlu, S., Mantıkçı, M., Aydoğan, C., Olgun, A., Sözer, B., Tan, İ., Karakoç, F., Tolun, L., Tutak, B., Tüfekçi, H & Tüfekçi, V. (2013).** Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması (DEKOS) projesi final raporu, Rapor No. ÇTÜE.13.155, Şubat 2014, TÜBİTAK MAM, Gebze, Kocaeli.
- Beken, Ç., Atabay, H., Tan, İ. Tolun, L. & Aydoğan, C. (2014).** Marmara Denizi Bütünleşik Kirlilik

İzleme Sonuç Raporu, Rapor No. 5148704, TÜBİTAK MAM Matbaası, Gebze, Kocaeli, Ankara.

- Beken, Ç., Atabay, H., Tüfekçi, H., Tan, İ., Mantıkçı, M., Tolun, L & Aydoğan, C. (2016).** Marmara Denizi Bütünleşik Kirlilik İzleme Final Raporu, Rapor No. 5148704 (ÇTÜE.16.330), TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze, Kocaeli, Ankara.
- Beken, Ç., Atabay, H., Tolun, L., Tan, İ., Partal, F., Aslan, E., Mutlu, S & Aydoğan, C. (2017).** Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Sonuç Raporu, Rapor No. 5178702(ÇTÜE.17.2116) TÜBİTAK MAM Matbaası, Gebze, Kocaeli, Ankara.
- Beken, Ç., Atabay, H., Tolun, L., Tan, İ., Partal, F., Aslan, E., Mutlu, S., Aydoğan, C & Kaman, G. (2018).** Marmara Denizi Bütünleşik Kirlilik İzleme Final Raporu, Rapor No.5178702 (ÇTÜE.2018/72), TÜBİTAK MAM Matbaası, Gebze, Kocaeli, Ankara
- Bostan, Ü. (2017).** İzmit Körfezi Kirlilik Önleme ve Atıksu Arıtma Çalışmaları,III: Marmara Denizi Sempozyumu Sonuç Raporu, Marmara Belediyeler Birliği.
- Ediger, D., Beken, Ç., Tolun, L. & Tüfekçi, V. (2013).** İzmit Körfezi Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi Projesi Sonuç Raporu, 104 sayfa, Kodu: 5118701 ÇE 12.78, TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü, Gebze, Kocaeli.
- Kahraman, N., Önem, M. & Deniz, M. (2013).** Marmara Denizi'nin Mevcut Durumu: "İzmit Körfezi Örneği". *Su ve Teknolojileri Dergisi*, 57. 56, Haziran 2013.
- Kahraman, N., Önem, M. & Deniz, M. (2016).** Water Quality Monitoring Policies; Model Of Izmit Bay". I. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, 21-23 Aralık 2016, İstanbul.
- Morkoç, E., Tüfekçi, V., Okay, O.S., Egesel, L., Tüfekçi, H. & Orhon, S. (1995).** İzmit Körfezi Su Kalitesinin Özellikleri Teknik Raporu, TÜBİTAK-MAM, Gebze, Kocaeli, 56s.
- Müftüoğlu, A.E., Aksu, A., Demirel, N. & Erşan, M.S. (2010).** Marmara Denizi Kirlilik İzleme Çalışması. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010, Ankara.
- Oguz, T. & Sur, H.I. (1986).** A Numerical Modelling Study of Circulation in the Izmit Bay. TUBİTAK. Final Rep., Gebze, Turkey.
- Okay, O.S., Tolun, L. Telli-Karakoç, F., Tüfekçi, V., Tüfekçi, H. & Morkoç, E. (2001).** İzmit Bay ecosystem after Marmara earthquake and

subsequent fire: The long term data. *Marine Pollution Bulletin*, 42(5), 361-369.

- Okuş, E. & Taş, S. (2001).** İzmit Körfezi'nde Fitoplankton Dağılımı, IV. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bodrum, 38-39.
- Orhon, D., Gönenç, E., Tünay, O. & Akkaya, M. (1984).** The prevention and removal of water pollution in the Izmit Bay: Determination of the technological aspects. Technical Report, ITU- Civil Eng. Pub., 373p.
- Önem, M. (2015).** Marmara Denizi Kıyı Koruma Uygulamaları: İzmit Körfezi Örneği, 2. Marmara Denizi Sempozyumu, 22-23 Aralık 2015, İstanbul, 121-125.
- Sur H.İ., Güven, K.C., Okuş, E., Algan, O., Gaziođlu, C., Yüksek, A., Altıok, H., Balkis, N., Taş, S., Aslan-Yılmaz, A., Yılmaz, N., Müftüoğlu, E., Karhan, Ü., Aksu, A., Demirel, N., Cumali, S., Özcan, F., Özsoylu, B. & Kirci Elmas, E. (2006).** Sampling programme at the Sea of Marmara of behalf of MEMPIS Project. Sur, H.İ. (ed.), Yılmaz, N, (assist. ed.) Final Raporu, İstanbul, 50-71.
- Sur, H.İ., Güven, K.C.E., Okuş, O., Algan, C., Gaziođlu, A., Yüksek, H., Altıok, N., Balkıs, S., Taş, A., Aslan-Yılmaz, N., Yılmaz, A.E., Müftüoğlu, Ü., Karhan, A., Aksu, N., Demirel, S. Timur, A., Dumlu, G., Timur, H., Çiler, M. & İlhan, R. Balkaş, T. (1982).** The prevention and removal of the water pollution in Izmit Bay: Determination of technological aspects, TUBITAK- MRI, Chem. Dept. Publ. No. 106, 383s.
- Sur, H.İ., Apak, R., Yüksek, A., Altıok, H., Taş, S., Balkıs, N., Ünlü, S., Erçağ, E. & Yılmaz, N., (2010).** Marmara Denizi Kirlilik İzleme Projesi Final Raporu, Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010, İstanbul, 60-63.
- Şahin, O.A. (2015).** *İzmit Körfezi Deniz Trafiğinin Iwrap Model Kullanılarak İncelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık 2015, İstanbul. 5-56.
- Yerli, B., Cebeci, M., Göksungur, E.E. & Erdem, Ü., (2006).** İzmit Körfezi'nde Besin Elementlerine Bağlı Fitoplankton Dağılımı. *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 229-237.