

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Türkiye'nin En Kapsamlı Çevresel Restorasyon ve Endüstriyel Kümelenme Uygulaması: Ergene Nehri Havzası Çevre Koruma ve Havzalar Arası Atıksu Transferi Projesi

Yazışma yazarı: Mahmut Ekrem Karpuzcu, karpuzcu@itu.edu.tr

Referans:

Akça, L. vd., (2022), Türkiye'nin En Kapsamlı Çevresel Restorasyon ve Endüstriyel Kümelenme Uygulaması: Ergene Nehri Havzası Çevre Koruma ve Havzalar Arası Atıksu Transferi Projesi, Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik, 23(1) 27-40.

Makale Gönderimi : 18 ARALIK 2021

Online Kabul : 22 ŞUBAT 2022

Online Basım : 30 MAYIS 2022

Lütfi AKÇA¹, Cumali KINACI², Mahmut Ekrem KARPUZCU³, Mehmet CEYHAN⁴, Murat AKTAŞ⁵, Erdem GÖRGÜN⁶, Ali Fuat AYDIN⁷, Yakup KARAASLAN⁸ ve İzzet ÖZTÜRK⁹

¹Türkiye Su Enstitüsü, Üsküdar, İstanbul, Türkiye. DSİ Genel Müdürü.

ORCID: 0000-0003-4098-9442

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul, Türkiye.

ORCID: 0000-0003-1775-3466

³İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul, Türkiye.

ORCID: 0000-0002-6245-9621

⁴Özel Sektör – Serbest Mühendis Müşavir.

ORCID: 0000-0003-0714-4130

⁵Tekirdağ Ergene Derin Deniz Deşarj A.Ş., Tekirdağ, Türkiye.

ORCID: 0000-0002-7520-8047

⁶İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul, Türkiye.

ORCID: 0000-0001-8086-8747

⁷İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul, Türkiye.

ORCID: 0000-0002-6362-1782

⁸Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

ORCID: 0000-0001-8993-4771

⁹İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul, Türkiye.

ORCID: 0000-0002-8274-5326

Özet Ergene Havzası'nda çok yüksek sayı ve yoğunluğa ulaşan sanayi tesislerinden kaynaklanan yeterli oranda arıtılmamış endüstriyel ve arıtılmamış evsel atıksu deşarjları dolayısıyla Ergene Nehri su kalitesi tamamen bozulmuştur. Havzada belirlenen diğer temel baskılar ise tarımdan gelen yayılı kirlilik, belediye katı atık depolama sahalarından yerüstü ve yeraltı sularına gelen sızıntı suları ve hidromorfolojik değişikliklerdir. Bu makalede, havzada mevcut ve yeni kurulan Organize Sanayi Bölgesi (OSB) Atıksu Arıtma Tesisleri (AAT) çıkış sularının Marmara Denizi'ne deşarjının Ergene Nehri ve Marmara Denizi su kalitesine muhtemel etkileri incelenmiştir. Havzalar arası arıtılmış atıksu aktarma sistemi bütünüyle devreye alındığında, Ergene Nehri'nde KOI₅≤125 mg/L, elektriksel iletkenlik (EC) ~3000 µs/cm seviyelerinde bir su kalitesine (3. sınıf sulama suyu kalitesi) ulaşılacağı öngörülmektedir. Marmara'ya gelen toplam kirlilik yüklerinde ise KOI, TN ve TP parametreleri bakımından sırası ile %2,2, %1,3 ve %1'lik bir artış olacağı belirlenmiştir. Bu orandaki yük artışının Marmara Denizi su kalitesini sınırlı ölçüde etkilemesi beklenmektedir. Çalışmada ayrıca yapımları büyük ölçüde tamamlanan OSB AAT'leri, arıtılmış atıksu toplama boru hatları ve tünelleri ile havza dışına iletim tünel/boru hattı ve Marmara'ya derin deniz deşarj sistemi maliyet verileri sunulmaktadır. Yatırımlarla ilgili finansman modeli açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ergene Havzası, Endüstriyel Kümelenme, Çevresel Restorasyon, Havzalar Arası Atıksu Aktarımı, Derin Deniz Deşarjı

Turkey's Most Comprehensive Environmental Restoration and Industrial Clustering Implementation: Ergene River Basin Environmental Protection and Inter-Basin Wastewater Transfer Project

Abstract The water quality of the Ergene River has completely been deteriorated due to the untreated domestic wastewater discharges and insufficiently treated industrial wastewater discharges originating from industrial facilities which have reached a very high number and density in the Ergene Basin. Other main stress factors identified in the basin are diffuse pollution from agriculture; leachate from municipal solid waste landfills and hydromorphological changes. In this paper, the effects of transferring wastewater from the existing and newly established Organized Industrial Zone (OIZ) Wastewater Treatment Facilities (WWTP) to the Marmara Sea on the water quality of the Ergene River and the Marmara Sea is evaluated. When the inter-basin treated wastewater transfer system

is fully activated, it is predicted that Class III irrigation water quality will be achieved in the Ergene River, with a COD of ≤ 125 mg/L and an electrical conductivity (EC) of around 3000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. The total pollution load to the Marmara Sea in terms of COD, TN and TP parameters is anticipated to increase by 2.2%, 1.3% and 1%, respectively. This increase is expected to have a limited impact on the water quality. Finally, the financing model related to the investments is explained by presenting the cost data of OIZ WWTPs, treated wastewater collection pipelines and tunnels, out-of-basin transmission tunnel/pipeline and the deep sea discharge system to Marmara.

Keywords: Ergene Basin, Industrial Clustering, Environmental Restoration, Inter-basin Wastewater Transfer, Deep Sea Discharge

1. Giriş

Ergene Nehri Türkiye'nin Avrupa (Trakya) kesiminde yer alan Arda ve Tunca ile birlikte Meriç Nehri'nin en önemli 3 kolundan biridir. Ergene, Trakya'nın Karadeniz kıyılarındaki Istranca (Yıldız) dağlarından doğan çok sayıda kolla beslenir. Türkiye-Yunanistan sınırını oluşturan Meriç Nehri ile birleştikten sonra Ege Denizi'ne dökülen Ergene'nin uzunluğu ve havza alanı sırası ile 283 km ve 2.438 km^2 'dir (Şekil 1). Ergene Havzası toplam su potansiyeli 1.71×10^9 $\text{m}^3/\text{yıl}$ olup, bunun %78'i yüzeysel su, %22'si ise yeraltı suyundan oluşmaktadır. Ergene Havzası'nda yer alan 3 ile (Tekirdağ, Kırklareli ve Edirne) ait 43 ilçe ve kasabada 1.450.000 kişi yaşamaktadır.

Ergene Havzası, çevresel standartların sıkılaştırılması dolayısıyla İstanbul'dan (özellikle 1985-2000 yılları arasında) taşınarak ağırlıklı olarak Tekirdağ ili Çerkezköy, Çorlu ve Muratlı ilçelerine yerleşen çok sayıda sanayi tesisinin adeta istilasına uğramıştır. Bu durum 1994 yılından itibaren Ergene Nehri akımlarının zaman içinde hızla artmasına (Şekil 2) sebebiyet vermiştir. Ergene Nehri'nin ortalama akımı, Ergene Nehri'nin Meriç Nehri'ne karışımından önceki akım gözlem istasyonundaki (Yenicegörece İstasyonu) ölçümlerden de görüldüğü gibi 1994 yılından sonra doğal debisinin 6 katına ulaşmıştır.

1.1 Ergene Havzası'ndaki sanayi tesisleri ve OSB uygulamaları

Endüstriyel kümelenme kavramı, bölgesel kalkınma stratejilerinin bir parçası olarak özellikle son yıllarda ön plana çıkmıştır. Ülkemizde de Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) içinde kümelenmenin teşvik edilmesi önem kazanmıştır. OSB kavramı ilk olarak sanayinin belirli bir plan dâhilinde yerleştirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla 19. yüzyıl sonlarında İngiltere'de uygulanmış, daha sonra Amerika Birleşik Devletleri ve diğer sanayileşen ülkelerde de yaygınlaşmıştır. Ülkemizde ilk OSB uygulaması 1961 yılında Bursa'da kurulan OSB ile gerçekleşmiştir. 1962-2002 yılları arasında 70 adet OSB projesi hayata geçirilirken, 2003-2020 yılları arasında 131 adet OSB projesi tamamlanmıştır (STB, t.y.). 2019 yılında Resmi Gazete'de yayınlanan Organize Sanayi Bölgeleri Uygulama Yönetmeliği OSB'leri İhtisas OSB'ler, İslah OSB'ler ve Karma OSB'ler olmak üzere üç kategoriye ayırmıştır. İhtisas OSB'ler aynı sektör grubunda ve bu sektör grubuna dâhil alt sektörlerde faaliyet gösteren tesislerin yer aldığı OSB'yi, İslah OSB'ler 1/7/2017 tarihinden önce mer'i plana göre yapılaşan sanayi tesislerinin bulunduğu alanların ıslah edilmesi suretiyle oluşacak OSB'yi, Karma OSB'ler ise farklı sektörlerde faaliyet gösteren tesislerin yer aldığı OSB'leri ifade etmektedir (STB, 2019).

Kentlerde uygun yerlerde kurulan OSB'ler, şehir içinde dağınık halde bulunan sanayi kuruluşlarının tek bir bölgede toplanmasını sağlayarak şehrin planlı gelişmesine katkıda bulunur. Üretimde verimliliğin ve kar artışının sağlanması ve sanayinin az gelişmiş bölgelerde yaygınlaştırılması da OSB uygulamalarının hedefleri arasında yer alır. OSB uygulamalarının çevre kirliliğini azaltmak açısından da önemli fonksiyonları vardır. Sanayinin şehir merkezi dışına taşınması ile merkezde meydana gelebilecek hava kirliliği ve gürültü gibi çevre sorunlarının önüne geçilmiş olur. Ayrıca, OSB'lerde kurulan müşterek atıksu arıtma tesisleri ile daha etkili ve daha az maliyetli şekilde endüstriyel atıksuların bertarafı mümkün olmaktadır. TÜİK tarafından yayınlanan Organize Sanayi Bölgeleri Su, Atıksu ve Atık İstatistiklerine göre, 2018 yılında OSB atıksu arıtma tesislerinde 252 milyon m^3 atıksu arıtılmıştır. Bu oran, deşarj edilen 268 milyon m^3 atıksuyun %94,3'üne karşılık gelmektedir. Arıtılan atıksuyun %79,5'i akarsuya, %8,7'si kuru dere yatağına, %5,1'i şehir kanalizasyonuna, %6,7'si ise diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir (TÜİK, 2019).

Ergene Havzası'ndaki sanayi kuruluşlarının sektörel dağılımları Şekil 3'te görülmektedir. Havzadaki sanayi tesislerinde, Türkiye'deki tekstil, margarin, kâğıt ve ambalaj ile işlenmiş deri üretiminin sırası ile %10, 25, 40 ve 37'si gerçekleştirilmektedir. Özellikle 1985 sonrası dönemde havzaya yerleşen sanayi kuruluşlarının büyük çoğunluğu Organize Sanayi Bölgeleri (OSB'ler) dışında, dağınık tekil tesisler halinde dağılım göstermektedir. OSB konseptiyle planlı endüstriyel alanlar Çerkezköy OSB ve Çorlu Deri OSB ile sınırlı kalmıştır.

Havzadaki 3000'in üzerinde sanayi tesisinin ~%80'i Tekirdağ ili sınırları içinde bulunmaktadır. Havzada sıra dışı bir sayı ve yoğunluğa ulaşan sanayi tesislerinde açığa çıkan, yeterli oranda arıtılmamış, endüstriyel ve arıtılmamış evsel atıksu deşarjları dolayısıyla Ergene Nehri'nin su kalitesi tamamen bozulmuştur. Havzada ortaya çıkan atıksu miktarları Şekil 4 ile verilmiştir. Özellikle yaz aylarında, orta kirlilikte evsel atıksu karakterinde, çok koyu renkte ve yüksek tuzlulukta kesif kokulu bir atıksu kütlesi görünümündeki Ergene Nehri, yakınındaki yerleşimlerde yaşayanlar ile sulu tarım yapan çiftçilerin çok yoğun şikâyetine maruz kalmıştır. Şiddeti giderek artan tepkiler üzerine, 2003 yılında TBMM'de teşkil edilen "Ergene Araştırma Komisyonu" konuyu geniş bir şekilde inceleyerek tespit ve önerilerini içeren Ergene Raporu'nu Meclis Başkanlığı ve Hükümete sunmuştur (TBMM Ergene A.K., 2002). Bu rapor sonrası, Ergene Havzasıyla ilgili çalışmalar hız kazanmış, Meriç-Ergene Havzası Endüstriyel Atıksu Yönetimi Ana Planı (Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010) ile Ergene Havzası Koruma Eylem Planı (Mülga

Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011) hazırlanmıştır.

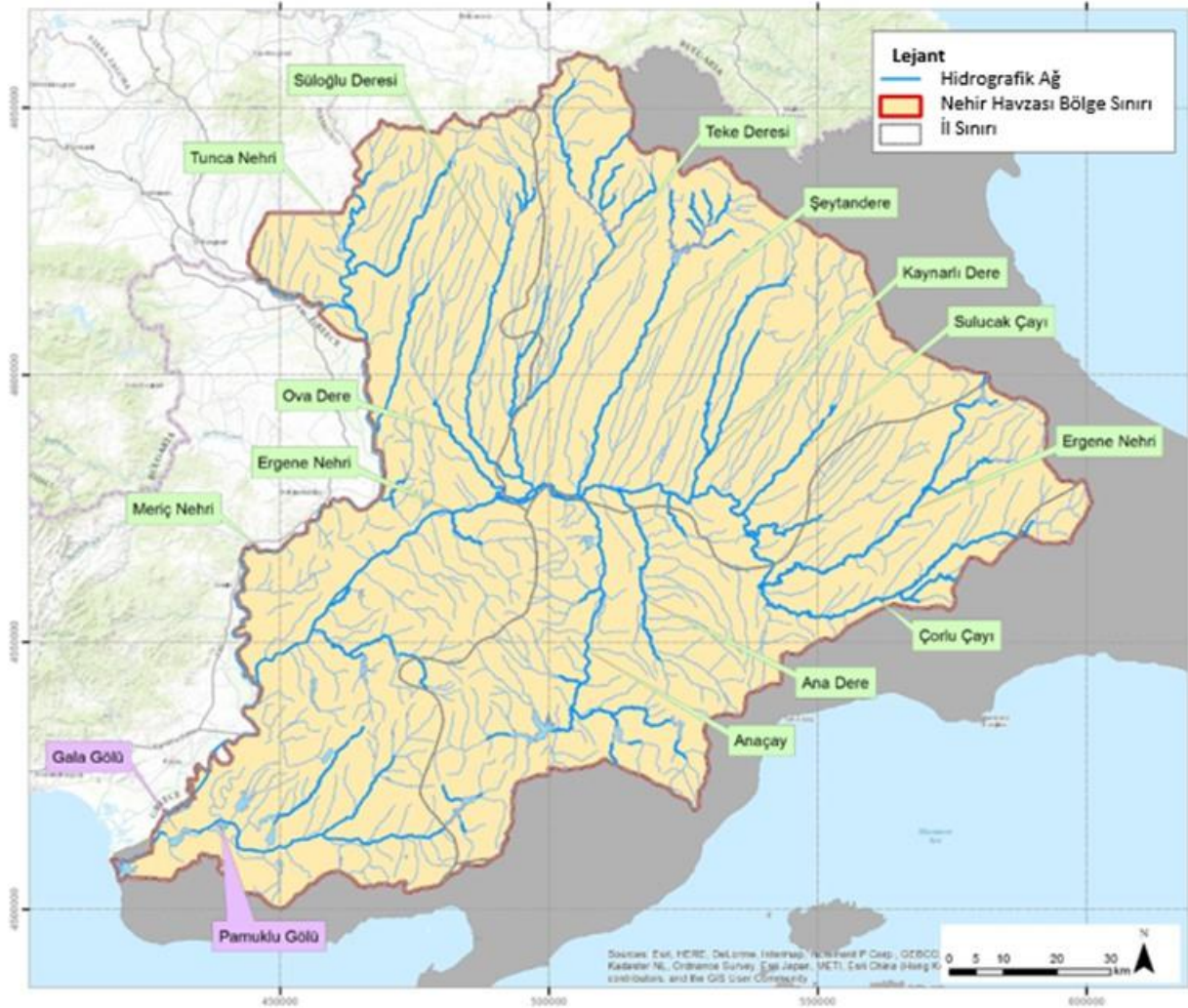
1.2 Ergene Havzası koruma eylem planı

Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı (şimdiki Tarım ve Orman Bakanlığı) öncülüğünde Mayıs 2011’de uygulaması başlatılan Ergene Havzası Koruma Eylem Planı ile havza bütününde gerekli kirlilik kontrol tedbirleri alınarak, Ergene Nehri Su Kalitesinin ilk etapta III. Sınıf sulama suyu kalitesine yükseltilmesi hedeflenmiştir. Dağınık sanayilerin ıslah OSB çatısı altında toplanması için Türkiye de ilk defa 12.04.2011 tarihinde OSB Kanunu’nda, 04.08.2011 tarihinde ise OSB Yönetmeliği’nde değişikliğe gidilmiştir.

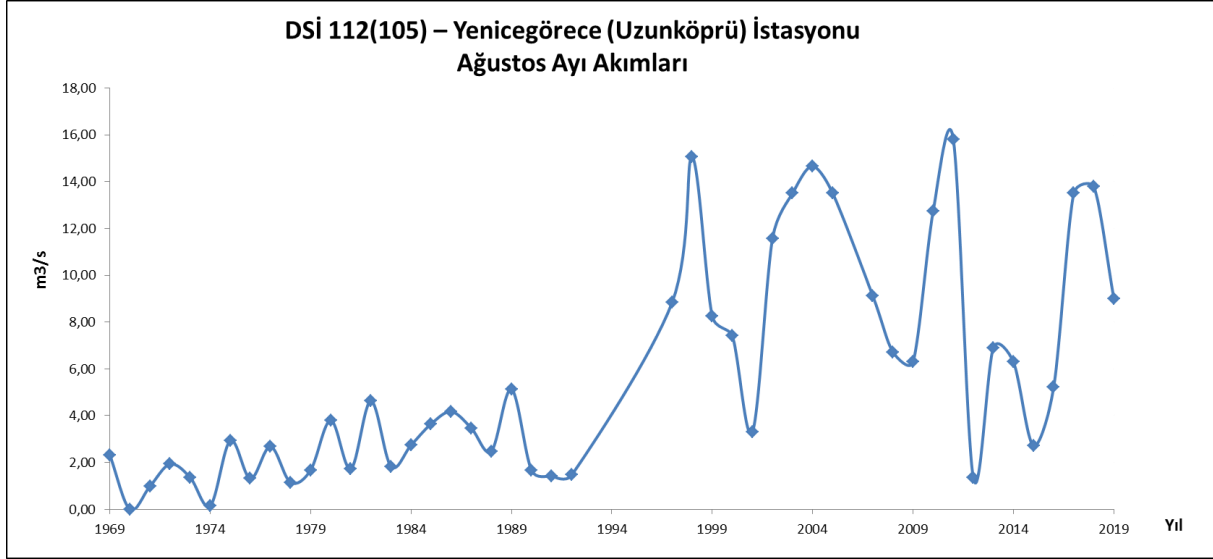
Trakya Çevre Düzeni Plan değişikliği ile kirlenici vasfı yüksek tesislere ve OSB’lerde doluluk oranı %75 seviyesine ulaşmadan münferit sanayi yatırımlarına izin verilmemiştir. DSİ’nin kuruluş kanunda değişikliğe gidilerek Belediye Atıksu Arıtma Tesislerinin (AAT) DSİ tarafından inşa edilmesine karar verilmiştir. Bu Eylem

Planı kapsamında 2011-2020 döneminde başlıca aşağıdaki projelerin gerçekleştirilmesi öngörülmüştür:

- Havzadaki 3 ildeki 12 Belediyede, kentsel atıksuları arıtacak ileri biyolojik atıksu arıtma tesislerinin (AAT) DSİ tarafından genel bütçe ödenekleri ile inşa edilmesi
- Tekirdağ’ın Çerkezköy-Muratlı ilçeleri arasında dağınık vaziyetteki tekil endüstri tesislerinin, yeni kurulacak 10 adet OSB bünyesinde kümelendirilmesi ve proses atıksularını arıtacak büyük kapasiteli ortak AAT’leri kurulması
- Büyük kapasiteli OSB AAT Çıkış sularının bir toplama sistemi (boru hatları ve tüneller) ile birleştirilerek ortak bir ana iletim ve derin deşarj boru hattı ile komşu Marmara Denizi havzasına aktarılması
- Yeni oluşturulan 10 OSB’de, gerekli dâhili atıksu, yağmur suyu ve içme/kullanma suyu şebeke sistemlerinin kurulması
- Aşırı su çekimi dolayısıyla tuzlanma riski taşıyan Çorlu Deresi alt havzasındaki Çorlu akiferinin restorasyonu



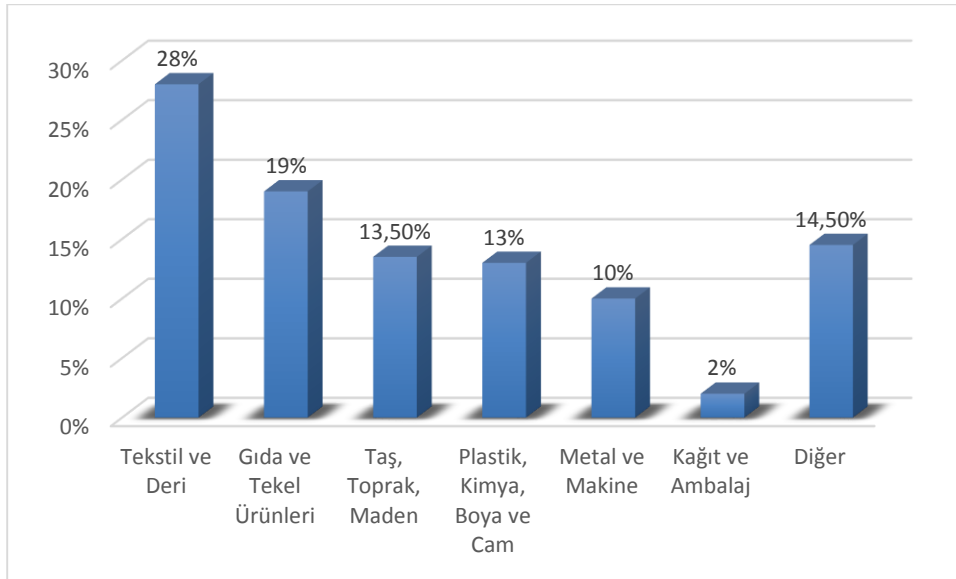
Şekil 1. Meriç-Ergene Havzası (TOB-SYGM, 2017).



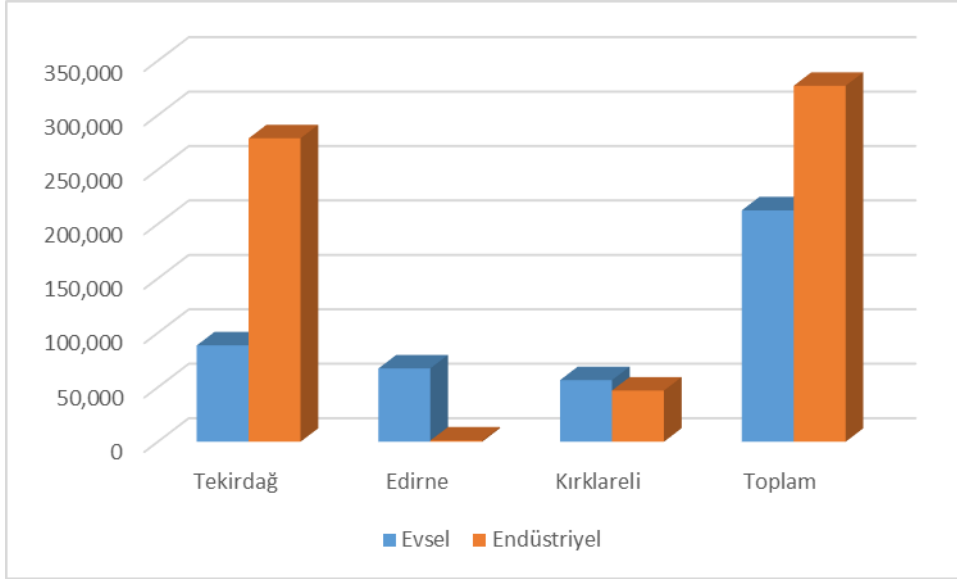
Şekil 2. Ergene Nehri debisinin zamanla değişimi.

Toplam 4×10^9 TL (1,1 Milyar \$ (2017)) bütçe öngörülen söz konusu Master Plan ve Havza Koruma Planları İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünün de katkılarıyla hazırlanmıştır. Bu makalede, Meriç-Ergene Havzası Endüstriyel Atıksu Yönetimi Master Planı (2010) kapsamında yürütülen, havzada mevcut 2 ve yeni kurulan 6 OSB AAT çıkış sularının havzalar arası transfer yoluyla Marmara Denizi'ne aktarılması (deşarj) sonrası, Ergene

Nehri ve Marmara Denizi su kalitesine muhtemel etkileri ile ilgili tespit ve değerlendirmeler sunulmaktadır. Çalışmada ayrıca yapımları büyük ölçüde tamamlanan OSB AAT'leri, artırılmış atıksu toplama boru hatları ve tünelleri ile havza dışına iletim tünel/boru hattı ve Marmara'ya derin denizdeşarj sistemi maliyet verileri verilerle ilgili finansman modeli açıklanmıştır.



Şekil 3. Ergene'de sanayi tesislerinin sektörel dağılımı (DSİ, 2010).



Şekil 4. Havzada ortaya çıkan atıksu miktarları.

2. Ergene'yi Kirleten Kaynaklar ve Kirletenlerin Kaynakları

Ergene Havzası'nda bulunan Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinde yer alan sanayi tesislerinin su kullanımları ile atıksu debilerinin tam olarak tespiti, izinsiz kuyulardan yeraltı suyu çekiminin tam olarak önlenemeyişi, kapasite/üretim prosesleri bilgilerindeki çelişkili ve yanlış beyanlar dolayısıyla zorluklar içermektedir. Bu konudaki en güncel veriler, Ergene Havzası Çevre Yönetimi Master Planı (ÇOB, 2008) kapsamında derlenmiştir (Tablo 1). Tablodan görüldüğü üzere Ergene Havzası'ndaki endüstriyel debinin %85'i, KOİ ve TN yüklerinin ise ~%90'ı Tekirdağ ilinde kurulu tesislerden kaynaklanmaktadır. Havzadaki evsel yerleşimler ile sanayi tesislerinden kaynaklanan atıksu debileri de Tablo 2'de ayrıca verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde, havzadaki endüstriyel atıksu debisinin ağırlıklı (toplamın %60'ı) olduğu açıktır. Havzada belirlenen temel baskılar; yerüstü sularına endüstriyel deşarjlar ve artırılmamış kentsel deşarjlar, yerüstü ve yeraltı sularına tarımdan gelen yayılı kirlilik;

belediye katı atık depolama sahalarından yerüstü ve yeraltı sularına gelen kirlilik deşarjları veya sızıntı suları; ve hidromorfolojik değişikliklerdir. Havzada önemli noktasal kaynaklı baskı altında 46 kıta içi yerüstü suyu kütlesi ve geçiş suyu kütlesi (toplamın %38.7'si) bulunmaktadır. Önemli yayılı kaynaklı baskı altında 111 su kütlesi (toplamın %93'ü) bulunmaktadır. Meriç-Ergene Havzası'nda yerüstü sularının bütün baskılar açısından risk durumu Şekil 5'te gösterilmiştir (TOB-SYGM, 2017).

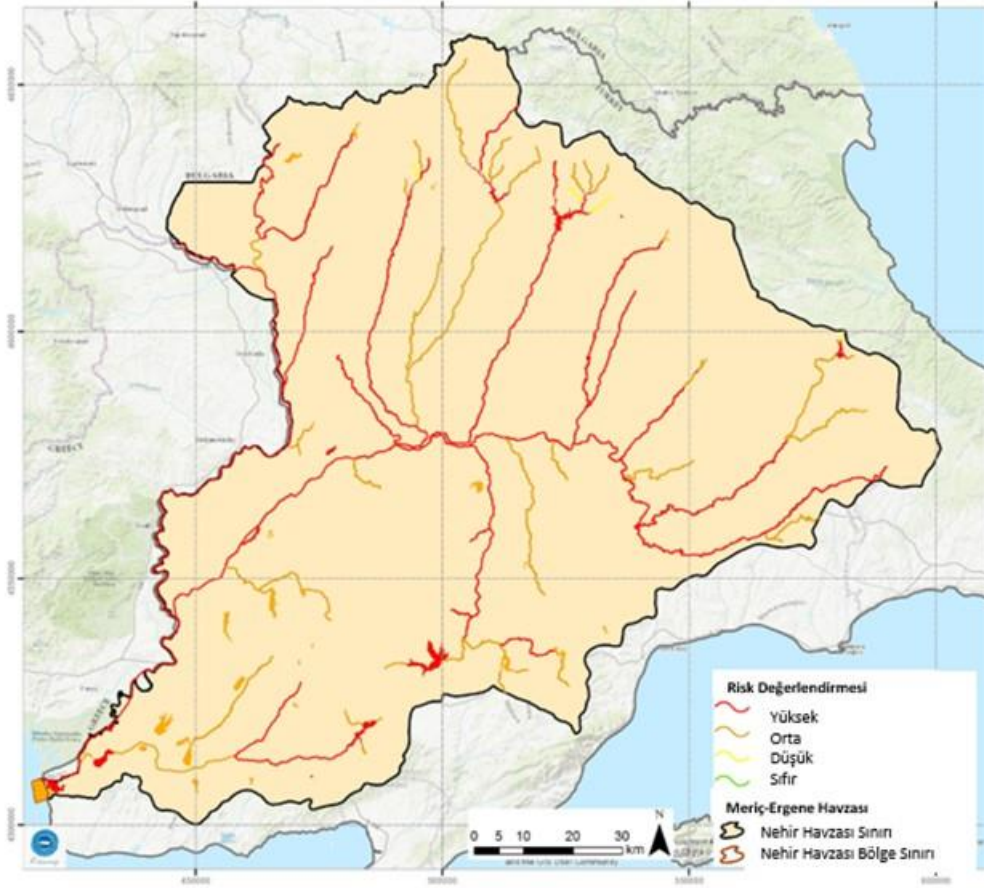
1980 öncesinde, Ergene Nehri ve iki ana kolunda (Ergene ve Çorlu Dereleri) su kalitesi, fiziko-kimyasal parametreler bakımından II. Sınıfın altında değildi. İstanbul'daki sanayi tesislerinin, 1985 sonrası yoğun bir şekilde Çerkezköy – Muratlı arasındaki bölgeye (E5 Karayolu boyunca) gelmesi sebebiyle Çorlu Deresi'nden başlayarak Ergene'nin su kalitesinde hızlı bir kötüleşme gözlemlendi. Bu durum özellikle 2000 yılı sonrası havzada yürütülen çeşitli projeler kapsamında gerçekleştirilen su kalitesi izleme çalışmalarında net bir şekilde vurgulanmaktadır (ÇOB, 2008; TÜBİTAK – İTÜ HKEP Projesi, 2008; İO Çevre 2010).

Tablo 1. Havzanın il bazında kirlilik yükleri (ÇOB, 2008).

HAVZAYA ULAŞAN KİRLİLİK YÜKÜ						
Şehir	Atıksu Debisi (m³/gün)	KOİ (kg/gün)	BOİ ₅ (kg/gün)	AKM (kg/gün)	TN (kg/gün)	TP (kg/gün)
Tekirdağ	278.780 (%85)	193.283 (%92)	68.309 (%94)	75.600 (%92)	7.803 (%91)	2.206 (%81)
Kırklareli	47.090 (~%14)	15.302 (~%7)	3.999 (~%6)	6.478 (%8)	711 (%8)	486 (%18)
Edirne	1.183 (<%1)	510 (<%1)	207 (<%1)	210 (<%1)	48 (~%1)	16 (%1)
Toplam	327.053	209.095	72.515	82.288	8.562	2.708

Tablo 2. Havzada oluşan toplam atıksu miktarı (SYGM, 2011).

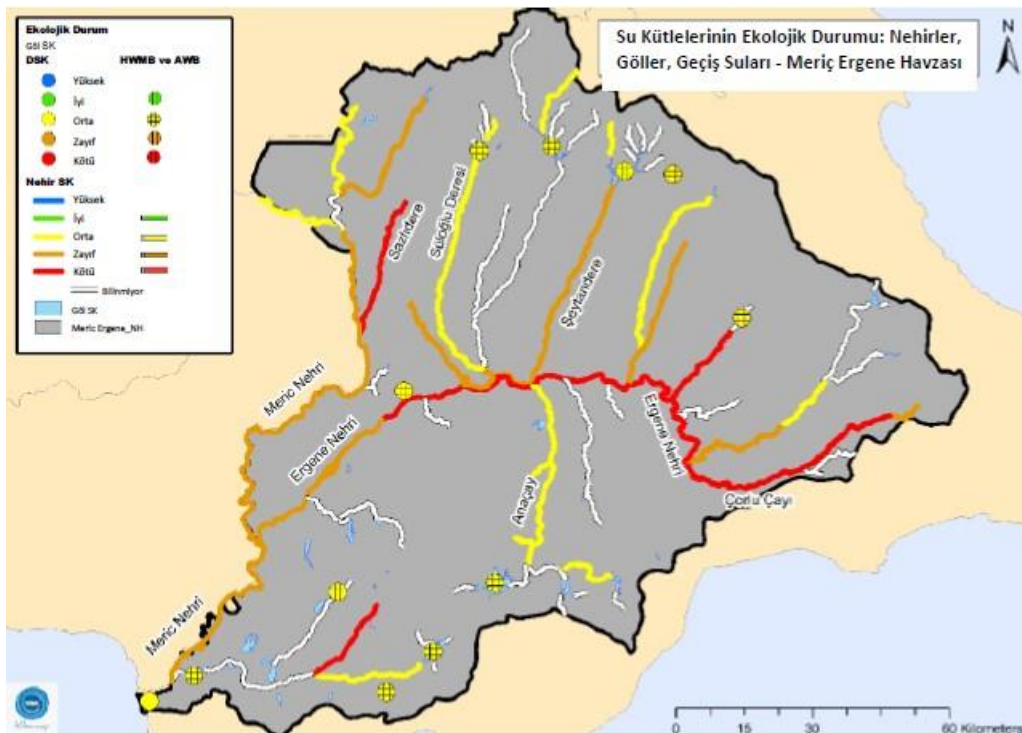
İl	Evsel Atıksu m³/gün	Endüstriyel Atıksu m³/gün	Toplam
Tekirdağ	88.553	278.780	367.333
Edirne	67.395	1.183	68.578
Kırklareli	56.651	47.090	103.741
Toplam	212.599 (%40)	327.053 (%60)	539.652



Şekil 5. Yerüstü Suyu Kütlelerinde Riski Durumu (TOB-SYGM, 2017).

Son olarak AB finansmanı ile yürütülen Ergene Havzası Nehir Havzası Yönetim Planı Projesinde de, Ergene Nehri su kütlelerinin ekolojik durumu, Çorlu Deresi'nden itibaren ana kolun ~%60'ında "kötü" olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 6) (ÇOB, 2008). Bu sınıflama Türkiye'deki Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (EK5 Tablo 2)'nde IV. Sınıf (zayıf) su kalitesi durumuna tekabül etmektedir. Temel kalite parametrelerinden olan KOİ ve iletkenlik değerlerinin de sırası ile >600 mg/L ve >5000 µS/cm seviyelerine ulaştığı Ergene Nehri

suyunun, sulama dâhil neredeyse hiçbir maksatla kullanılmayacak ve canlı yaşamına imkân tanımayacak derecede riskli bir hal alması üzerine konu TBMM ve Hükümetin en öncelikli Çevre Sorunu olarak gündeme gelmiş ve 2011 yılından itibaren, Çevre ve Orman Bakanlığı'nca 15 projeden oluşan ~1 milyar \$'lık bir Mega Proje halinde Ergene Havzası Koruma Eylem Planı'nın uygulanması kararlaştırılmıştır.



Şekil 6. Su Kütlelerinde Ekolojik Durum (TOB-SYGM, 2017).

3. Meriç - Ergene Havzası Koruma Eylem Planı Kapsamında Yürütülen Eysel ve Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Çalışmaları

Kırklareli, Edirne ve Tekirdağ illerini içine alan Trakya Bölgesini sosyo-ekonomik yönden etkileyen Ergene Nehri ve havzasının kirliliğinin ve çevreye verdiği olumsuz etkilerinin araştırılıp, çözüm için gereken acil tedbirlerin alınması maksadıyla 12.12.2002 tarihinde bir Meclis Araştırma Komisyonu kurulmuştur. Araştırma Komisyonu çalışmaları kapsamında Sivil Toplum Kuruluşları ve ilgili kamu ve özel kuruluş temsilcileri ile görüşülmüş, Ergene Havzası'nda incelemelerde bulunulmuştur. Dört buçuk aylık detaylı bir çalışma gerçekleştiren Meclis Komisyonu, "Ergene Havzası'na Ait Sorunlar ve Çözüm Önerileri" isimli rapor hazırlamıştır. Rapor doğrultusunda Ergene'nin neden kirlendiği ve havzanın geleceğinin kurtarılması için yapılması gerekenler ortaya koyulmuştur. 2006 yılında başlayan çalışmalar sonucunda Ergene Havzası Çevre Yönetimi Master Planı hazırlanmıştır. Bu çalışma ile Ergene'deki mevcut su kalitesi tespit edilmiş olup, Ergene'de kirliliğe sebep olan sanayilerin sektörel listesi oluşturulmuştur. Ergene Havzası Koruma Eylem Planı, 2008 yılında hazırlanmıştır. Söz konusu eylem planı ile evsel AAT'lerin mevcut durumu ortaya konulmuş olup, müşterek atıksu altyapı sistemlerinin (kanalizasyon) yapılıp yapılamayacağı değerlendirilmiştir. Eylem Planı kapsamında, evsel atıksular, sanayi atıksuları, tarım alanlarından gelen yayılı yükler ve düzensiz Katı Atık Depolama Tesislerinden gelen sızıntı suları dâhil havzadaki kirlenici kaynakları ortaya konulmuştur.

Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Ekim 2010'da, "Meriç-Ergene Havzası Endüstriyel Atıksu Yönetimi Ana Plan Çalışması" hazırlanmıştır. Söz konusu çalışmanın maksadı, havzada yer alan endüstrilerden kaynaklanan atıksular için yönetim sistemi geliştirilerek havzanın mevcut su kalitesinin iyileştirilmesidir. Proje kapsamında; Ergene Nehri'nin alıcı ortam özellikleri dikkate alınarak hâlihazır durumu incelenmiş, gelecekte planlanan yararlı kullanımları için gerekli kalite ölçütleri saptanmış ve deşarj standartlarına ilişkin stratejiler belirlenmiştir. Ergene Havzası'nda kirliliğin önlenmesi maksadıyla, 06.05.2011 tarihinde Mülga Çevre ve Orman Bakanı Prof. Dr. Veysel EROĞLU tarafından Tekirdağ ili Çerkezköy ilçesinde kamuoyuna açıklanan "Ergene Havzası Koruma Eylem Planı" ile Ergene Havzası ıslahı ve su kalitesinin iyileştirilmesi çalışmaları ivme kazanmıştır.

Ergene Havzası'nda evsel atıksuların kontrol altına alınması maksadıyla nüfusu 10.000'den büyük 13 belediyenin 12 tanesinin Atıksu Arıtma Tesisleri (AAT), 2872 sayılı Çevre Kanunu ve 5393 sayılı Belediye kanununa göre Belediyelerin görevleri arasında olmasına rağmen, DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Lüleburgaz AAT'si Avrupa Birliği hibesi ile inşa edilmiştir. 13 atıksu arıtma tesisi "Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği" gerekliliklerini karşılayacak şekilde karbon giderimine ilave olarak azot ve fosfor giderimli yapılmıştır (Şekil 7). Diğer belediyelerin atıksu toplama ve arıtma sistemleri Başbakanlık SUKAP Projesi kapsamında İLBANK A.Ş tarafından tamamlanmaktadır.



Şekil 7. Ergene Havzası'nda evsel atıksu arıtma tesislerinin yerleri.

Ergene Havzası'nda özellikle Çerkezköy – Muratlı arasında E5 (İstanbul – Tekirdağ – Edirne) karayolu çevresinde dağınık şekilde yerleşen sanayi tesislerini belli sayıda tesisten oluşan kümeler halinde bir araya getirebilmek için OSB Kanunu'nda 2010 yılında yapılan bir değişiklikle gerekli yasal altlık hazırlanmıştır (STB, 2010). Bu değişikliğe istinaden, dağınık vaziyetteki tesisler 2012 yılında toplam 10 adet (Velimeşe, Ergene 1, Ergene 2, Muratlı, Çorlu 1, Veliköy, Kapaklı, Yalıboyu, Büyükkarıştıran ve Evrensekiz)

Islah OSB haline getirilmiştir. Bu Islah OSB'ler 1 yıl içerisinde OSB Kanunu'nda öngörülen kriterleri yerine getirerek (OSB'ler için gerekli şartların sağlanması) 2013 yılında OSB statüsüne kavuşturulmuşlardır. Bunlardan Büyükkarıştıran ve Evrensekiz dışındakiler ortak arıtma tesisi kurmuş veya kurmak için çalışma başlatmışlardır (Tablo 3). Muratlı OSB ortak arıtma tesisi deşarjı Ergene Nehri'ne verildiği için tabloya eklenmemiştir.

Tablo 3. Bölgedeki OSB'ler.

OSB	Kuruluş Yılı	Tesis Sayısı	Doluluk (%)	Oranı	Toplam (ha)	Alan
Ortak Arıtmaları	Çerkezköy OSB	1976	251	%76	1.234	
Mevcut Olanlar	Çorlu Deri OSB	1997	95	%75	120	
	ASB*	1996	50	%80	190	
Ortak Arıtma Tesisleri Kurulanlar	Ergene 1 OSB	2012	61	%47	408	
	Ergene 2 OSB	2012	131	%33	718	
	Velimeşe OSB	2012	178	%34	988	
	Veliköy OSB	2012	80	%43	400	
	Çorlu 1 OSB	2012	53	%35	341	
	Kapaklı Avrupa OSB	2012	35	%33	187	
	Yalıboyu IOSB	2013	19	%33	38	
Ergene Havzası Toplam			953	%49	4.624	

*Avrupa Serbest Bölgesi

Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik

Bu şekilde OSB'ler halinde kümelenen ~950 adet tekil sanayi tesisindeki 350'nin üzerindeki tekil endüstriyel AAT'nin de belli bir süreçte kapatılarak inşa edilecek müşterek AAT'ler ile 4 büyük tesiste toplanması ve çıkış sularının komşu Marmara Denizi havzasına aktarılması öngörülmüştür. OSB AAT çıkış sularının Ergene'den (Çorlu Deresi Alt Havzası'ndan) Marmara'ya transferinde başlıca aşağıdaki etkenler dikkate alınmıştır (Odakent-İTÜ, 2012):

- OSB proses atıksularındaki "çok yüksek renk ve tuzluluk/iletkenlik" parametrelerinin bilinen İleri Biyolojik Arıtma Prosesleri (A2O Prosesi) ile giderilemeyişi,
- İleri Biyolojik Arıtma Sonrası renk ve iletkenlik giderimi maksatlı ilave membran arıtma (mikrofiltrasyon + UF + NF ± TO sistemi) uygulanması halinde birim maliyetin ~ 0,7 \$/m³ gibi çok yüksek değerlere ulaşması ve ayrıca giriş debisinin ~%50'sine varan TO konsantrasyonunun Ergene'ye deşarjının mümkün olmayışı,
- İleri Biyolojik Arıtma sonrası ozonla oksidasyon teknolojisi uygulanması halinde (~0,13 \$/m³ maliyetli) de, renk giderilmekle birlikte tuzluluk/iletkenliğin giderilemeyişi ve bu sebeple ozonlama

sonrası çıkış suyunun yine Ergene'ye verilemeyecek olması;

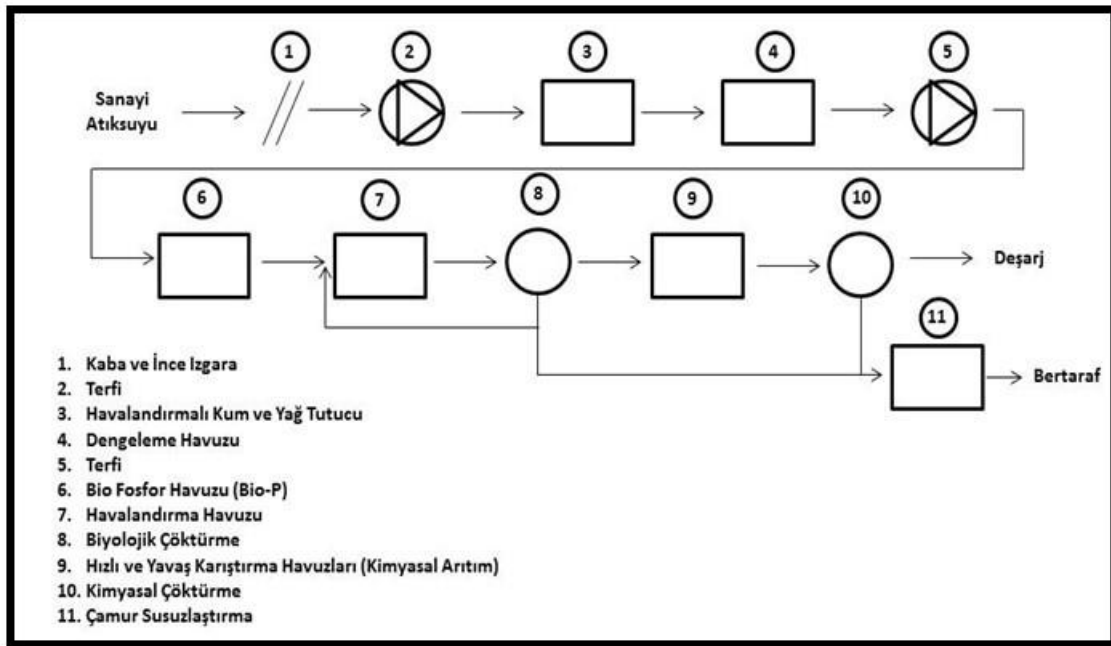
- Ergene Havzası'ndaki OSB'lerin İleri Biyolojik AAT çıkışlarının Marmara'ya aktarılması (Derin Deniz Deşarjı) projesi sayesinde, sorun teşkil eden renk ve tuzluluk/iletkenlik parametrelerinin ~0,12 \$/m³ birim maliyetle (ve Marmara Denizi'nin su kalitesi ve sucul ekosistemine asgari etki ile) gideriminin mümkün oluşu.

Endüstriyel Atıksu Yönetimi Master Planı (İO Çevre A.Ş., 2010) ve Meriç-Ergene Havzası Müşterek OSB AAT Çıkış Sularının Marmara'ya Derin Deşarj Sistemi Fizibilite Raporu (Odakent AŞ - İTÜ, 2012) doğrultusunda, tiplendirilmiş A2O ve kimyasal son çöktürme prosesi olarak tasarlanan (Şekil 8) Müşterek AAT'ler ile Ergene Havzası dışına aktarılarak -47,5 m derinlikten Marmara Denizi alt tabakasına deşarjı öngörülen atıksu miktarı ilk aşamada ~5 m³/s'dir (Tablo 4). OSB Müşterek AAT'leri proses tasarım kriterleri için aynı bölgede 1976 yılından beri faal durumdaki tekstil ağırlıklı tipik sektörel profile sahip Çerkezköy OSB AAT'de (Q = 50.000 m³/gün) tecrübe edilen ham atıksu değerleri (KOI=1500 mg/L, AKM=350 mg/L, TKN=75 mg/L, TP=5 mg/L, Renk= 1500-2000 Pt-Co) esas alınmıştır.

Tablo 4. Ergene Havzası'ndaki (Çorlu Deresi Alt Havzası) endüstriyel AAT çıkış debi miktarları.

OSB'ler	1.Kademe, Q _{AAT} (m ³ /gün)	2. Kademe, Q ₂₀₃₀ (m ³ /gün)
Ergene 1 OSB AAT	60.000	90.000
Ergene 2 OSB AAT	60.000	90.000
Velimeşe	150.000	200.000
Çorlu 1 OSB AAT	15.000	30.000
Çorlu Deri İhtisas ve Karma OSB AAT	36.000	48.000
Çerkezköy OSB AAT*	80.000	120.000
TOPLAM	401.000	578.000

*Çerkezköy OSB AAT deşarj debisi 2021 yılı itibarıyla yaklaşık 50.000 m³/gün düzeyindedir.



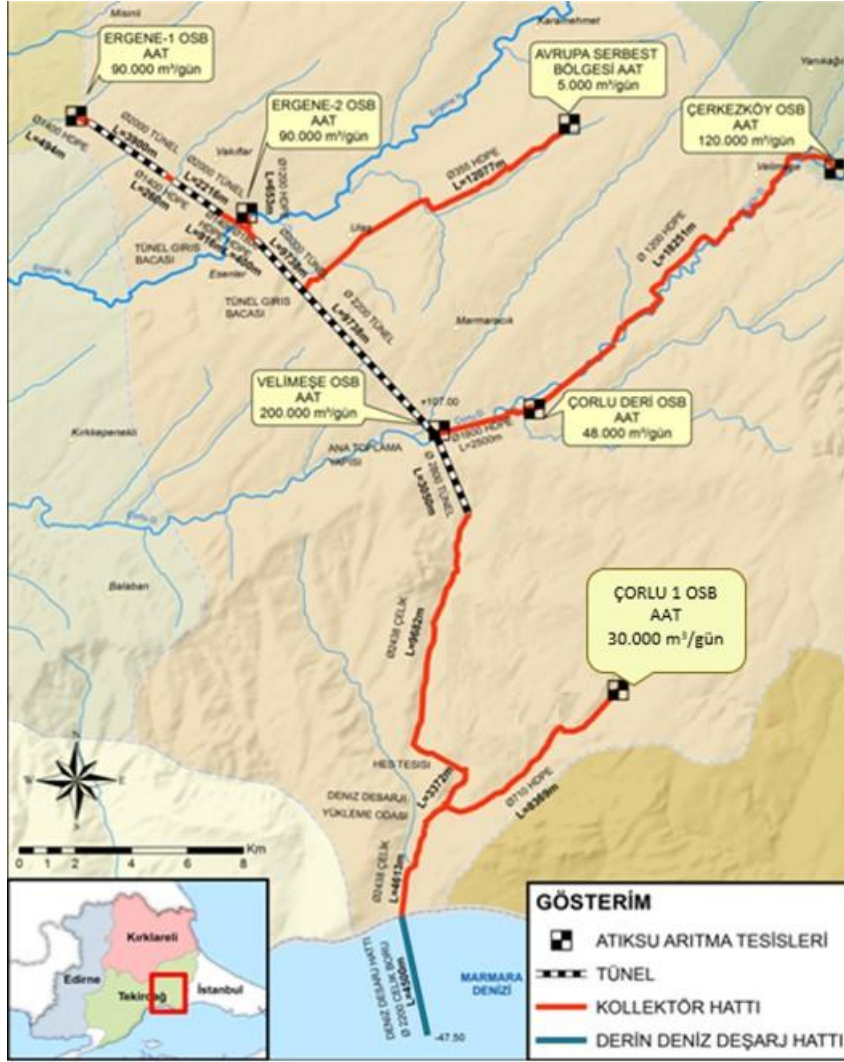
Şekil 8. Müşterek AAT akım şeması.

Ergene'den (Çorlu Deresi Alt Havzası'ndan) Marmara'ya aktarılacak OSB AAT çıkış suları için Tablo 5'teki deşarj limitleri esas alınmıştır. Seçilen arıtma prosesi (A2O + FeCl₃ ile Kimyasal Çöktürme) ile giderilemeyen renk parametresinin derin deniz

deşarjı ile -47,5 m'den Marmara Denizi'ne deşarj sonrası seyrelme yoluyla (asgari 45 misli seyrelme) gözle fark edilmeyecek seviyeye getirileceği öngörülmüştür (Odakent A.Ş. - İTÜ 2012). Ergene Derin Deniz Deşarj Sistemi Haritası Şekil 9'da gösterilmektedir.

Tablo 5. Baz alınan deşarj standartları (Odakent A.Ş. – İTÜ, 2012).

Parametre	Birim	Ergene Nehrinde Deşarj Standartlarına Kısıtlama Genelgesi (2019)	SKKY (2004) Kompozit Numune 2 saatlik	Tasarıma Esas Kriterler
AKM	mg/L	-	200	100
KOİ	mg O ₂ /L	200	400	200
TN	mg N/L	-	20	15
TP	mg P/L	-	2	1
Renk	Pt-Co	-	280	260



Şekil 9. Ergene derin deniz deşarj sistemi.

Kavramsal tasarım ve ihale dokümanları Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı koordinasyonunda İTÜ tarafından hazırlanan OSB AAT'leri (5 tesis), arıtılmış atıksu ana toplama ve derin deniz deşarj sistemi ve OSB'lerin atıksu/yağmursuyu şebekeleri 2014-2015 döneminde ayrı paketler halinde ihale edilmiştir. Bu yatırımlarla ilgili

faaliyetleri sahada yürütmek üzere ilgili OSB yönetimlerinin ortaklığı ile kurulan Tekirdağ Ergene Derin Deniz Deşarj A.Ş., inşaat işlerinin kontrol ve denetimini sağlamıştır. Söz konusu ihale işlerinin mali portresi Tablo 6'da topluca verilmiştir.

Tablo 6. Ergene Havzası (Çorlu Alt Havzası) OSB ortak AAT ve Marmara'ya derin deniz deşarj sisteminin mali portresi.

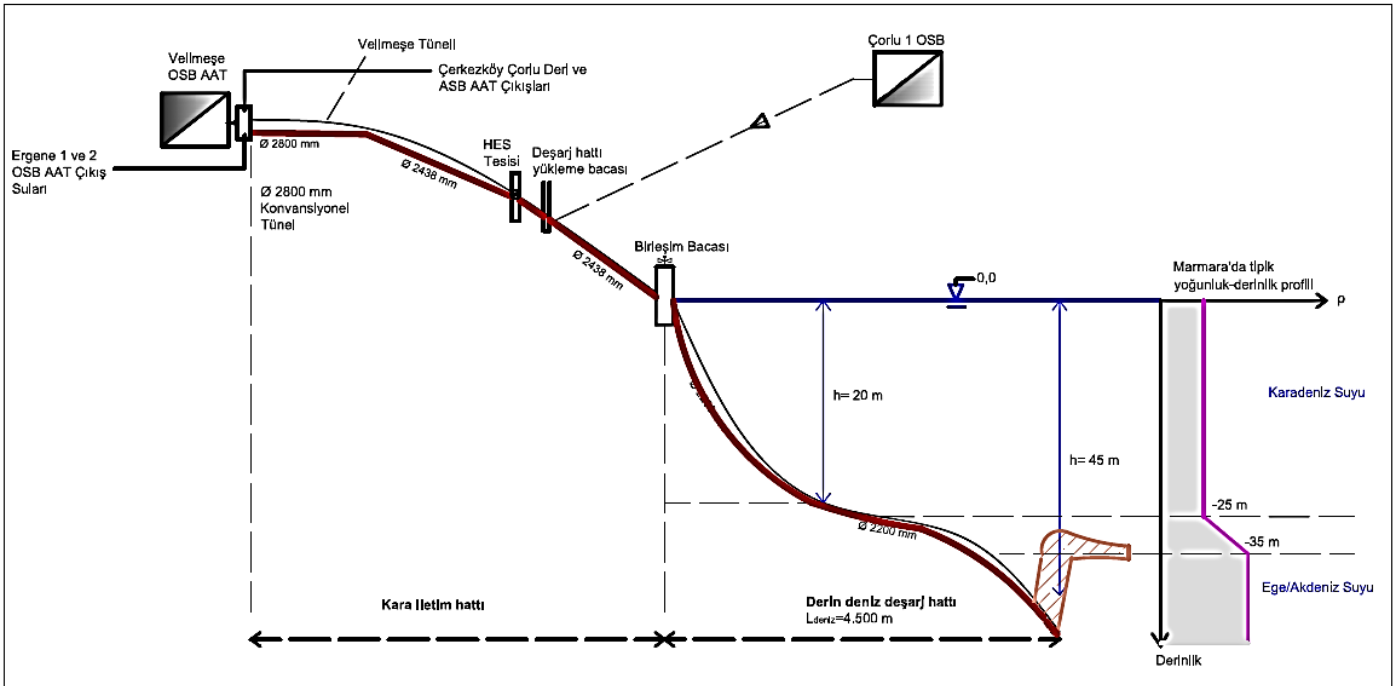
	Milyon Dolar (2018 Yılı)
OSB Ortak AAT'leri (4 Tesis)	97,6
Atıksu Kanalizasyon Şebekeleri	38,6
Arıtılmış Atıksu Toplama ve Derin Deniz Deşarj Sistemi	117,0
Kalan Eksik İşler (~%20)	47,0
Toplam	~300,2

Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik

Tablo 6'daki ~300 x 10⁶ \$'lık yatırım bedeli, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nca ilgili OSB Yönetimlerine sağlanan (%2'lik faizle 3 yıl (ödemesiz) +17 yılda kredinin tamamı ödemeli) kredi ile finanse edilmiştir. Toplam 456.000 m³/gün (5,3 m³/s) kapasiteli söz konusu tesislerin yıllık birim yatırım maliyeti yeni OSB'ler için 0,12~0,20 \$/m³, mevcut OSB'ler için debi ile orantılı ortalama yatırım maliyeti ise ~0,12 \$/m³'tür. Bu AAT'inde m³/gün tasarım kapasitesi başına ilk yatırım maliyeti 260~340 \$/m³/gün, eşdeğer nüfus başına toplam yatırım maliyetleri 21-23 \$/EN (maksimum 52) aralığında değişim göstermiştir.

Ergene (Çorlu Alt Havzası) Bölgesi OSB AAT çıkış sularını Marmara'ya aktaran basınçlı kara boru hattında, derin deniz deşarj hattı yüklemesi öncesi ~43 m'lik bir hidrolik yük bulunmaktadır (Şekil 10). Bu yükü değerlendirmek üzere, derin deniz deşarj hattı yüklemesi girişinden önce ~2,4 MW kurulu güçte bir HES kurulabileceği öngörülmüştür. İlk yatırım maliyeti 2,6 milyon \$ olarak hesaplanan bu HES tesisinden (i = 0,08, n=20 yıl ve elektrik satış fiyatı ~0,1 \$/kWh) elde edilebilecek net gelirin ~0,015 \$/m³ olacağı tahmin edilmektedir (Odakent A.Ş.-İTÜ, 2012).

Ergene Havzası'ndaki OSB AAT çıkış sularının Marmara Havzası'na aktarılmasını sağlayacak olan projenin (Şekil 10) Ergene 1 (Ø2000 mm, L=6,380m), Ergene 2 (Ø2000 mm, L=9,740 m) ve Velimeşe (Ø2800 mm, L=3,600 m) tünelleri ile Çerkezköy (YYPE, DN1200 mm, L= 17,750 m), ortak hat çelik boru (ST44, Ø2438 mm, L=16,300 m) ve muhtelif çap ve malzemeden (L=12,200 m) betonarme boru hatlarının ayrıca Deniz hattının (BA kaplı ST52, Ø2200 mm L=4,500 m) yapımı tamamlanmıştır. Çerkezköy ve Çorlu Deri İhtisas ve Karma OSB arıtılmış atıksularını toplayan Doğu hattı, 13 Kasım 2020'de Çorlu Deri İhtisas ve Karma OSB Arıtılmış Atıksuları ile (12.500 m³/gün debi) devreye alınmıştır. Çerkezköy OSB Deşarj bağlantı hattı tamamlandıktan sonra bu yıl içinde ilave 75.000 m³/gün'lük ileri biyolojik arıtma uygulanmış atıksuyun da sisteme bağlanması sağlanacaktır. Ergene 1 ve Ergene 1-2 tünelleri ile Çorlu 1, Ergene 2 ve Velimeşe OSB AAT'lerinin de 2021 yılı sonuna kadar tamamlanarak Ergene'den Marmara'ya Arıtılmış Endüstriyel Atıksu Aktarma sisteminin tamamının 2022 yılı itibarı ile işletmeye alınması öngörülmektedir.



Şekil 10. Ergene Derin Deniz Deşarj Sistemine bağlı OSB AAT'ler ile Marmara Denizi arası planlanan kara iletim ve derin deniz deşarj hattı şematik profili.

4. Ergene'de Yeni Master Plan Sonrası Beklenen Su Kalitesi

Ergene'deki mevcut durumda (2021 yılı sonu itibarı ile),

Marmara'ya ~4 m³/s arıtılmış endüstriyel atıksu debisi aktarımı sonrası yaz dönemi (Temmuz-Eylül) debi dağılımının Tablo 7'deki gibi olması beklenmektedir.

Tablo 7. Ergene'de 2021 Sonrası Yaz Dönemi Debi Miktarları.

Debi	Mevcut Durum	Marmara'ya atıksu aktarımı sonrası durum
Q _{end}	6 m ³ /s (KOİ = 400 mg/L)	~2 m ³ /s (KOİ = 200 mg/L)
Q _{Ergene} (doğal akım)	2 m ³ /s (KOİ = 50 mg/L)	2 m ³ /s (KOİ = 50 mg/L)
Q _{toplam}	8 m ³ /s	4 m ³ /s (5 m ³ /s*)

*Kentsel AAT çıkış sularının da katılımı sonrası ulaşılacak azami değer

Tablodan görüldüğü üzere, arıtılmış OSB atıksularının Derin Deşarj Sistemiyle Marmara'ya aktarılması sonrası Ergene'nin yaz dönemi toplam akımının 8 m³/s seviyesinden 2021 yılı sonrası 4-5 m³/s'lere düşmesi beklenmektedir. Ergene'den Marmara'ya havzalar arası arıtılmış atıksu aktarma sistemi bütünüyle devreye alındığında (2021 sonrasında) KOİ≤125 mg/L, elektriksel iletkenlik (EC) ~3000 µs/cm seviyelerinde (3. Sınıf sulama suyu kalitesi) bir

su kalitesine ulaşabileceği öngörülmektedir (Tablo 8). Ergene'nin proje öncesi ve sonrası su kalitesi parametreleri Tablo 8'de gösterilmektedir. Havzada kalan diğer sanayi tesislerinde uygulanacak temiz üretim programlarının başarısına bağlı olarak su kalitesinde daha büyük oranda iyileşmeler sağlanması da mümkündür.

Tablo 8. Ergene Su Kalitesi Durumu.

Parametreler	Mevcut Durum	Planlanan Projenin Uygulanması Durumu
KOİ (mg/L)	313	225
KOİ* (mg/L)	163	125
KOİ** (mg/L)	158	125
EC (µs/cm)	~5.000	≈3.000 (*)

KOİ*: Ergene Tebliği sonrası

KOİ**: Ergene Tebliği + ~1 m³/s artırılmış kentsel atıksu katılımı sonrası

EC (*): Ergene Tebliği Uygulanması + OSB AAT çıkışlarının Marmara'ya deşarjı sonrası iletkenlik

5. Ergene Havzası'ndan Marmara Havzası'na Arıtılmış Atıksu Aktarımının Marmara Denizi Su Kalitesine Etkileri

Artırılmış OSB atıksularının Ergene Havzası'ndan Marmara'ya aktarılmasıyla Marmara'ya ilave edilen KOİ, N ve P yükleri, deşarj debisi 5 m³/s için;

$$KOI_{top} = 5 \times 86400 \times 0,125 \times 10^{-3} = 54 \text{ t/gün}; TN = 5 \times 86400 \times 0,015 \times 10^{-3} = 6,5 \text{ t/gün ve } TP = 5 \times 86400 \times 0,001 \times 10^{-3} = 0,4 \text{ t/gün}$$

olacaktır. Toplam 54 t/gün yavaş/zor ayrıışan karbonlu organik madde ile ~6,5 tN/gün ağırlıklı olarak oksitlenmiş (NO₃ + NO₂) azot yükünün, üzerinde 20 adet φ500 mm delik bulunan 380 m boyunda bir difüzör ile -45 m'den denize deşarjı öngörölmüştür. Piknoklin (-25 m) seviyesindeki ~0,10 m/s'lik akıntı yoluyla sağlanacak ilk seyrelme S₁= 45 olarak hesaplanmıştır (Odakent A.Ş. - İTÜ, 2012). Bu durumda ilk karışım bölgesindeki kritik kirlenici parametre konsantrasyonları;

Tablo 9. Marmara Denizi için 2030 sonrası su kalitesi değerleri.

Parametre	Uzun Vadeli Hedefler	
	Daha az sıkı	Daha sıkı
Klorofil-a (µg/L)	10	5
Toplam N (mgN/L)	0,1	0,05
Toplam P (mgP/L)	0,02	0,01
Çözünmüş Oksijen (mg/L) <20 m altı derinlik için	6	7
Çözünmüş Oksijen (mg/L) 40-100 m arası derinlik için	2	3

İstanbul'da İSKİ tarafından inşa edilen atıksu ön arıtma ve derin deniz deşarjları, İstanbul Boğazı ile İstanbul'un Marmara ve Adalar sahillerindeki plajlarda su kalitesinin yürürlükte olan Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği'nde (76/160/AB) yer alan kriterlere ulaşmasını sağlamıştır. Ancak, alt tabakada çözünmüş oksijen azalmasının durdurulması ve ötrifikasyon riskinin azaltımında yeterli başarı sağlanamamıştır. Bunun için İstanbul başta olmak üzere Marmara'ya yapılacak tüm evsel/endüstriyel atıksu deşarjlarında kritik besin maddesi olan N ve P'nin Hassas Su Ortamları için öngörülen limitlerin altına (TN ≤ 15 (10) mg/L, TP ≤ 2 (1) mg/L) indirilmesi gerekmektedir. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Tablo 2 ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 19'da yer alan bu değerlere ulaşabilmesi için deşarj öncesi ileri biyolojik arıtma gerekmektedir.

AB'ye katılan Tuna Havzası ülkelerinde (Orta ve Doğu Avrupa), noktasal kaynak kontrolüne yönelik olarak AB ve Dünya Bankası fonları desteği ile gerçekleştirilen uygulamalar dolayısıyla, özellikle Karadeniz'e Tuna Nehri vasıtasıyla taşınarak kısmen İstanbul Boğazı'ndan Marmara'ya gelen kirlilik yüklerinde belirgin bir iyileşme gözlenmektedir (Çiçekalan ve Öztürk, 2018). Ancak Ukrayna, Beyaz Rusya ve Rusya'dan dökülen büyük nehirlerle (Dinyeper, Dinyester, Don) Karadeniz'e taşınan ve Marmara'yı etkileyen kirlilik halen sürmektedir. Marmara'ya gelen toplam kirlilik yükünün ~%50'sinin Karadeniz kaynaklı olduğu bilinmektedir. İstanbul Boğazı üst akımı ile Marmara'ya giren söz konusu kirliliğin

$$KOI = 125 / 45 \approx 3,0 \text{ mg/L}; \text{Renk} = 1000 \text{ Pt-Co}/45 \approx 22 \text{ Pt-Co} < 280 \text{ Pt-Co ve } TN = 15/45 = 0,3 \text{ mg/L}$$

düzeylerinde olacaktır. Ergene Havzası'ndan gelen bu yük, ağırlıklı olarak Marmara Denizi'nin Ege/Akdeniz orijinli alt tabakası ile İstanbul Boğazı üzerinden Karadeniz'in dip kesimine (-180 m altına) taşınacaktır (Bora vd.,2013; Tanık vd., 2013).

Marmara Denizi ve Boğazlar sisteminin hidrodinamik yapısı, Tekirdağ açıklarından Marmara alt tabakasına yapılacak atıksu deşarjlarındaki korunan kirlenicilerin İstanbul Boğazı üzerinden ~%40'ünün Karadeniz'e ulaşabildiğini, kalan kısmının ise Marmara'da kaldığını göstermektedir. (ÖEJV- DHI, 1994, Oğuz vd, 1990; Çiçekalan ve Öztürk, 2018). Marmara Denizi su kalitesi ve ekolojik durumu ile ilgili olarak öngörülen hedef, orta vadede (2030 yılı) Tablo 9'daki daha az sıkı su kalitesi değerlerine (Klorofil-a ≤ 10 mg/L, TN ≤ 0,1 mg/L, T ≤ 0,02 mg/L, çözünmüş oksijen: ≤ 20 m derinliklerde (üst tabaka) 6 mg/L, ≥20 m derinliklerde (ara ve alt tabakalar) 2 mg/L) ulaşılmasıdır (MEMPIS, 2006).

%80-85'ini sınır aşan kirlenici kaynaklar oluşturmaktadır. Marmara Havzası'ndaki noktasal ve yayılı kirlilik yükleri azami ölçüde kontrol edilse bile, Karadeniz kaynaklı kirlilik girişi mevcut haliyle sürdüğünde, Marmara için öngörülen Tablo 9'daki daha iyi ekolojik duruma ulaşılması mümkün görölmektedir (MEMPIS, 2006).

Tamamına yakını Ergene Havzası'nda yer alan Çerkezköy OSB, Çorlu Deri İhtisas ve Karma OSB ile yeni OSB (Ergene I, Ergene II, Velimeşe, Çorlu 1, atıksularının C, N, P giderimi ileri biyolojik arıtma uygulandıktan sonra, derin deşarj boru hattı ile Marmara Denizi'ne verilmesi öngörülmektedir (Odakent AŞ – İTÜ, 2012). Özellikle Başbakanlık'ın 2013/6 sayılı Ergene Havzası Koruma Eylem Planı yürürlüğe girdikten sonra, havzada yeraltı suyu kullanımının kısıtlanması ve endüstride temiz üretim uygulamalarının teşviğe dayalı takibi ile zaman içinde OSB'lerde doluluk oranları artsa bile, atıksu oluşumunun 450.000~500.000 m³/gün'ü aşmayacağı beklenmektedir (ÇŞB, 2012; 2014). Dolayısıyla, Ergene'den Marmara'ya endüstriyel deşarj sisteminin kirlilik yükü hesaplarında 2030~2045 dönemi toplam itibari ortalama atıksu debisi 450.000 m³/gün (~ 5,2 m³/s) alınmaktadır. Bu durumda 2030 yılına kadar söz konusu deşarj sistemi ile Marmara'ya verilecek toplam kirlilik yükü; KOİ yükü = 29.200 t/yıl; AKM yükü = 14.600 t/yıl; TN yükü = 2.190 t/yıl; TP yükü = 292 t/yıl alınabilir. Bu kirlilik yükünün MEMPIS (2006) Projesi'nde Marmara Havzası geneli için öngörülen toplam kirlilik yükü ile mukayesesi Tablo 10'da verilmektedir (MEMPIS,2006).

Tablo 10. Marmara Denizi için 2030 sonrası Su Kalitesi Değerleri.

Kirlilik Yükü Bileşeni (t/yıl)	Marmara Denizi Havzası (MEMPİS, 2006)	Ergene'den Marmara'ya Deşarj Sistemi ile gelen	Kirlilik Yükü Artışı (%)
KOİ*	660.009	29.200	~4,4
TN	85.625	2.190	~2,6
TP	14.900	292	~2,0

* KOİ ≈2,67 x TOK alınmıştır.

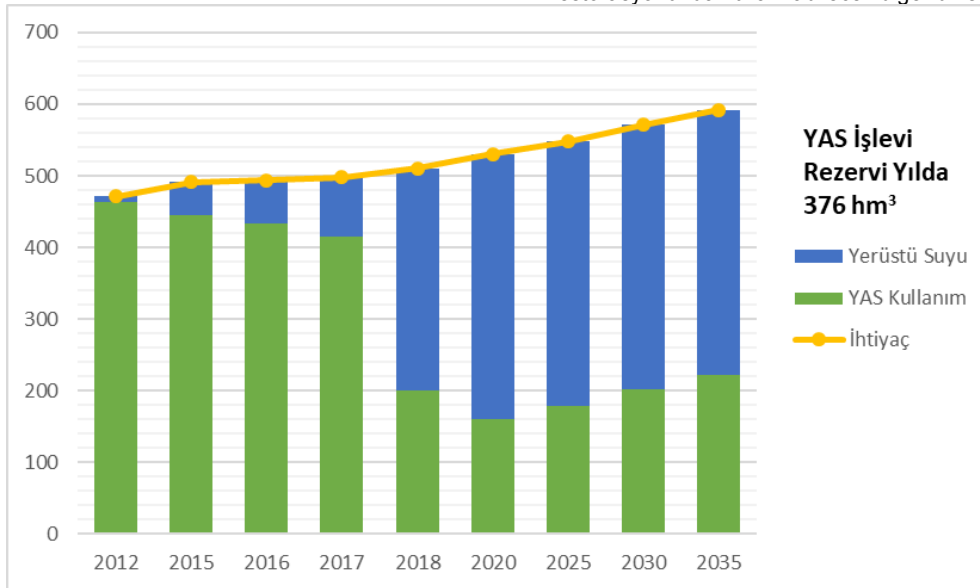
Tablodan da görüldüğü üzere, Ergene'den Marmara'ya atılmış atıksu deşarjı ile Marmara Denizi Havzası'ndan gelen mevcut kirlilik yüklerine ilave olarak KOİ, TN ve TP parametreleri bakımından (Karadeniz kaynaklı sınıraşan kirlilik hariç, Marmara Havzası toplam kirlilik yükü itibarıyla) sırası ile ~%4,4, ~%2,6, ~%2,0 oranlarında yeni bir kirlilik yükü girişi beklenmektedir. Karadeniz'den Marmara'ya giren sınır aşan kirlilik yükünün de Marmara Havzası kirlilik yükü civarında olduğu dikkate alındığında, Ergene'den Marmara'ya atılmış atıksu deşarjının yol açacağı kirlilik yükü artışlarının KOİ, TN ve TP bazında sırasıyla, Marmara Denizi'ne gelen toplam kirlilik yükünün %2,2, %1,3 ve %1,0 düzeylerinde gerçekleşmesi beklenir. Marmara Denizi'nde bugüne kadar yürütülen çalışmalar, ötrofikasyon kontrolü bakımından TOK ve TP yüklerinin TKN'ye göre çok daha sınırlı oranda önem taşıdığını ve bu yüzden prensip olarak Marmara Denizi'ne deşarj edilecek evsel ve endüstriyel atıksularda C ve N giderimli biyolojik arıtma uygulanması gerektiğini ortaya koymuş bulunmaktadır.

Marmara'ya yapılan atıksu deşarjları öncesi C+N+(P) giderimli ileri biyolojik arıtma uygulandığında, noktasal kaynaklardan gelen kirlilik yüklerinde, karbonlu maddeler (KOİ) bazında ≥ % 90, azotlu maddeler (TN) bazında ≥ % 75 ve fosforlu maddeler (TP) bazında ≥ % 70 düzeylerinde azaltım sağlanmış olacaktır. *Denize deşarj edilen arıtılmış atıksulardaki KOİ ~%90 oranında inert yapıda olup alıcı ortamda oksijen tüketimi ihmal edilebilecek düzeydedir. Aynı şekilde azotlu bileşikler de en az %90 oranında oksitlenmiş (NO₃) yapıda olduklarından Marmara alt tabakasında oksijen kullanımları son derece sınırlıdır.* Bu suretle, Marmara ekosistemi üzerindeki kirlilik yükü baskısının çok büyük oranda ortadan kaldırılmasıyla su kalitesinde belirgin iyileşme beklenmektedir.

6. Ergene Havzası'nda Akifer Restorasyonu

İstanbul'daki sanayi tesislerinin 1985 sonrası Çerkezköy – Muratlı arasındaki Çorlu Deresi civarında yerleşmesinde, bölgedeki zengin YAS rezervlerini kolay ve ücretsiz olarak kullanabilmesinin de çok önemli etkisi olmuştur. Mevcut durumda sanayi tesislerince, ruhsatlı kuyularla, Ergene Havzası'ndaki (Çorlu Alt Havzası'nda) akiferlerin yenilenebilir (dinamik) rezervinin (~211 milyon m³/yıl) %35 üzerinde (~285 milyon m³/yıl) YAS çekilmektedir (DSİ, 2015) (Ancak izinsiz kuyularla bu çekimin ~470 milyon m³/yıl'a ulaştığı bilinmektedir). Meriç Ergene Havzası Çevre Koruma Eylem Planı'nda (2011), akifer restorasyonu kapsamında, özellikle Çerkezköy-Çorlu Bölgesine, Meriç Nehri'nden ve yakındaki depolamalı tesislerden 2020 yılından itibaren 370 milyon m³/yıl yüzeysel su kaynağı sağlanarak YAS çekiminin dinamik rezerv seviyesi olan 211 milyon m³/yıl altına indirilmesi planlanmaktadır. Böylece, aşırı YAS düşümü dolayısıyla tuzlanma riski taşıyan Ergene Havzası akiferlerinin restorasyonu sağlanacaktır. Bu kapsamda, YAS çekimini daha etkin denetlemek amacıyla bölgedeki sanayi kuyularına 2015'ten itibaren 1100 adet uzaktan kumandalı ön yüklemeli su sayacı takılmıştır. YAS çekiminden ücret alınmadığı halde, sayaç takımının sanayide YAS kullanımını ~%30 civarında düşürdüğü tespit edilmiştir (Şekil 11) (DSİ, 2010).

İleri derecede arıtılan OSB atıksularının, (gerektiğinde) prostele kullanım amacına uygun ilave arıtma (MF + NF + TO) ile temiz üretim teknolojilerinin (sektörel bazda mevcut en iyi teknolojiler) teşviki ile de bölgede bilhassa YAS kullanımı azaltılabilir. DSİ tarafından hazırlanan YAS Master Planında önerilen, yağışlı (yüksek debili) aylarda yukarı kesimden bir regülatör yapısı ile çevrilen Ergene suyuyla suni besleme de Çorlu Akiferinin restorasyonunda kullanılabilecek diğer bir seçenektir (DSİ, 2015).



Şekil 11. YAS çekim değerleri (DSİ, 2010).

7. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmanın başlıca sonuçları ile ileriye yönelik bazı öneriler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Ergene Nehri'nin Çorlu Deresi Alt Havzası'ndaki 950 den fazla tekil sanayi tesisinin, 7'si yeni kurulan toplam 9 OSB bünyesinde kümelenerek proses atıksularının

toplam 6 adet (2'si mevcut tesis) büyük kapasiteli ileri Biyolojik AAT'de arıtıldıktan sonra komşu Marmara Denizi Havzası'na aktarılması, Ergene Nehri su kalitesinin III. Sınıf sulama suyu (orta kalitede su) kalitesine yükselmesine imkan vermektedir.

- Toplam 5 m³/s'lik arıtılmış atıksuyun bir derin deniz deşarj sistemi ile -47,5 m derinlikten Marmara Denizi dip tabakasına verilmesi sonucu elde edilen 45 misli ilk

seyrelme ile, OSB atıksularındaki KOI, renk ve TN parametrelerinin sırası ile 3 mg/L, 22 Pt-Co ve 0,3 mg/L seviyelerine inmesi sağlanmaktadır.

- OSB AAT çıkışlarının Marmara Denizi Havzası'na aktarılması ile Marmara'ya gelen toplam kirlilik yüklerinde KOI, TN ve TP parametreleri bakımından sırası ile %2,2, %1,3 ve %1'lik bir artış olacağı belirlenmiştir. Bu orandaki yük artışının Marmara Denizi su kalitesini sınırlı ölçüde etkilemesi beklenmektedir.
- Ergene Havzası Çevresel Restorasyon ve Endüstriyel Kümeleme Projesi kapsamında gerçekleştirilen ~300 milyon dolarlık yatırımın birim maliyeti (i:0,02, n=15-30 yıl için) 0,12-0,20\$/m³/gün aralığında kalmıştır. Marmara'ya derin deniz deşarj sistemindeki ~43 m'lik hidrolik yükü değerlendirmek üzere önerilen HES tesisinden elde edilebilecek net gelirin de ~0,015 \$/m³ olması öngörülmektedir.
- Ergene Havzası'ndaki sanayi tesislerinin aşırı yeraltı suyu çekimleri dolayısıyla statik su seviyesinde 150 m'lere varan düşüş gözlenen Çorlu Akiferinin restorasyonu için; ruhsatsız kuyuların kapatılması, izinli kuyulardan su çekimlerinin sayaç takılarak izlenmesi, yeraltı suyu kullanımının ücretlendirilmesi, sanayide temiz üretim ve su/kimyasal geri kazanımının teşviği vb. uygulamalarıyla YAS çekiminin yenilenebilir YAS besleniminin (~211 milyon m³/yıl) altına çekilmesi önerilmektedir. Bu husus, özellikle Çorlu Alt Havzası'nda yoğunlaşmış durumlardaki OSB'lerde iklim değişimi etkilerine dirençliliğinin artırılması bakımından

da kritik önem taşımaktadır.

- OSB ve tekil endüstriyel AAT deşarjlarında konvansiyonel parametreler yanında öncelikli kirleticilerin de izlenmesinde yarar görülmektedir.

"Türkiye'nin En Kapsamlı Çevresel Restorasyon Ve Endüstriyel Kümeleme Uygulaması: Ergene Nehri Havzası Çevre Koruma Ve Havzalar Arası Atıksu Transferi Projesi" dağınık sanayilerin bir araya getirilmesi ve sürdürülebilir bir üretimin temin edilmesi bakımlarından emsal teşkil etmektedir.

8. Teşekkür ve Bilgi

Bu projenin hayat bulmasındaki çok değerli emek ve katkıları dolayısıyla dönemin Orman ve Su İşleri Bakanı Sayın Prof. Dr. Veysel Eroğlu'na şükranlarımızı arz ederiz. Dönemin Tekirdağ Valisi Sayın Ali Yerlikaya'ya, projenin her aşamasındaki çok yoğun emek ve destekleri dolayısıyla teşekkür ederiz. Ayrıca projenin çeşitli süreç ve bileşenlerindeki katkıları dolayısıyla; Başta koordinasyonu temin eden Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, İSKİ Genel Müdürlüğü, MİMKO A.Ş., İO Çevre Çözümleri A.Ş., Odakent A.Ş., Enta Mühendislik A.Ş., Ergene Derin Deniz Deşarjı A.Ş., OSB Yönetim Kurulları, Yapım Firmaları ve ilgili diğer tüm kurum ve kuruluşlara şükranlarımızı sunarız.

Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

9. Kaynaklar

Bora, O., Varol, Ö. E., Baykuş, M. B. ve Kabdaşlı, S. (2013). Ergene'den Marmara'ya İleri Arıtma Uygulanmış OSB/IOSB Atıksuları Deşarj Sistemi ile İlgili Çevresel Değerlendirme Çalışması Deniz Deşarjı Uzak Alan Taşınım Modeli Raporu

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2011). Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği, 14.12.2011 tarihinde 28142 sayılı Resmi Gazete'de yayınlandı.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2014). Ergene Nehrinde Deşarj Standartlarında Kısıtlama Genelgesi, 22.04.2014, Ankara.

Çiçekalan, B., Öztürk, İ. (2018). Tuna'nın Marmara Denizi Üzerindeki Hidrolik ve Organik Yük Baskıları, III. Marmara Denizi Sempozyumu Bildirileri ve Çalıştay Raporları Kitabı, 72-91.

ÇOB (2008). Ergene Havzası Çevre Yönetimi Master Planı

DSİ (2010). Ergene Havzası Sorunları ve Çözüm Önerisi Toplantısı. Ankara: Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü, DSİ Genel Müdürlüğü, Tekirdağ İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, İMP Koordinatörlüğü, 02.06.2010.

DSİ (2015). Meriç Ergene ve Kuzey Marmara (Trakya Kesimi) Havzaları Master Planı Hidrojeoloji Raporu (Ergene Alt Havzası), Alter Uluslararası Müh. Müş. Hiz.&Fugrosial Yerbilimleri Müh. ve Müh. Ltd. Şti.

İO Çevre Çözümleri AŞ. (2010) Meriç-Ergene Havzası Endüstriyel Atıksu Yönetimi Ana Plan Çalışması Final Raporu, Kasım 2010, OSİB Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

MEMPIS Consortium (2006). Environmental Master Plan and Investment Strategy for the Marmara Sea Basin - Turkey, Water Quality Modeling of the Sea of Marmara, Model Development and Scenario Simulations. European

Investment Bank and Turkish Ministry of Environment & Forestry.

Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı (2010) Meriç-Ergene Havzası Endüstriyel Atıksu Yönetimi Ana Planı.

Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı (2011). Ergene Havzası Koruma Eylem Planı.

Odakent AŞ - İTÜ (2012) Meriç-Ergene Havzası OSB Müşterek Atıksu Arıtma Tesislerinde, İleri Biyolojik Arıtma Uygulanmış Atıksuların Renk Giderimi Sonrası Ergene'ye veya Renk Giderimsiz Havza Dışına (Marmara) Deşarjını Sağlayacak İlave Toplama Arıtma ve Derin Deşarj Sistemi, T.C. OSİB Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Oğuz, T., Özsoy, E., Latif, M. A., Unluata, U. (1990). Modelling of the Hydraulic controlled exchange flow in the Bosphorous state. J. Physical Oceanography, 20,945-965.

ÖEJV-DHI (1994). Ömerli-Elmalı Joint Venture / Protection Ömerli and Elmalı Environmental Protection Project, Feasibility Study, Progress Report, İstanbul Water and Sewerage Administration, Turkey.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) (t.y.). Organize Sanayi Bölgeleri Hizmetleri, <https://www.sanayi.gov.tr/sanayi-bolgeleri/organize-sanayi-bolgeleri-hizmetleri> adresinden alınmıştır.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) (2010). Organize Sanayi Bölgeleri Kanununda Değişiklik Yapan Kanun Tasarısı Taslağı, 31.08.2010, Ankara.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) (2019). Organize Sanayi Bölgeleri Uygulama Yönetmeliği, 02.02.2019 Tarihinde 30674 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlandı.

Tanık, A., Övez, S., Altınbaş, M. (2013). Ergene Havzası Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi Çıkışlarının Marmara

- Denizindeki Çevresel Etkileri, Tekirdağ Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne sunulmuştur.
- TBMM Ergene A.K. (2002). Ergene Nehri'ndeki Kirliliğin ve Çevreye Etkilerinin Araştırılarak Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan (10/2,6) Esas Numaralı Meclis Araştırması Komisyon Raporu.
- TOB-SYGM (2017). Meriç-Ergene Havzası Nehir Havası Yönetim Planı
- TÜBİTAK MAM- İTÜ (2008). Havza Koruma Eylem Planları Projesi: Meriç-Ergene Havzası Koruma Eylem Planı.
- TÜİK (2019). Organize Sanayi Bölgeleri Su, Atıksu ve Atık İstatistikleri,2018,
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Organize-Sanayi-Bolgeleri-Su,-Atiksu-ve-Atik-Istatistikleri-2018-30671> adresinden alınmıştır.