



Küçük Menderes Nehri Havzasında Alıcı Ortam Bazlı Deşarj Limitlerinin Belirlenebilmesi İçin Nehir Alıcı Ortamında Tespit Edilen Öncelikli Maddeler ve Belirli Kirleticiler Açısından Değerlendirilmesi

Assessment of Priority Substances and Specific Pollutants Detected in the Receiving Water Body in Küçük Menderes River Basin for the determination of discharge limits

Selma Ayaz^{1*}, **Mehmet Dilaver¹**

¹ TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, 41470, Kocaeli, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author*: selma.ayaz@tubitak.gov.tr

Geliş Tarihi / Received: 31.12.2020

Kabul Tarihi / Accepted: 31.03.2021

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI:10.21205/deufmd.2021236924

Atıf şekli/How to cite: AYAZ S., DİLAVER M. (2021). Küçük Menderes Nehri Havzasında Alıcı Ortam Bazlı Deşarj Limitlerinin Belirlenebilmesi İçin Nehir Alıcı Ortamında Tespit Edilen Öncelikli Maddeler ve Belirli Kirleticiler Açısından Değerlendirilmesi. DEUFMD 23(69), 973-994.

Öz

Su kaynaklarımızın su kalitesinin, sucul ekosistemin ve toplum sağlığının korunması maksadı ile ülkeler su kalitesi ile ilişkili kanun ve yönetmeliklerinde tehlikeli ve toksik kimyasal maddeler için sınır değerler getirmektedir. Ülkemizde de, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (10.08.2016, RG: 29797) içerisinde iç sular ve kıyı geçiş suları için tanımlanan çevre kalite standart değerleri, Yerüstü Su Kütleleri İçin Çevresel Hedeflerin Belirlenmesine İlişkin Tebliğ (21.07.2020, RG:31192) ile 2020 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu çalışmada, Küçük Menderes Nehri ana kolu ve bağlanan yan kollar üzerinde bulunan 32 nehir istasyonu ile ana kol ve yan kola deşarjı bulunan 9 kentsel ve 18 endüstriyel kaynaktan toplam 59 adet istasyonda gerçekleştirilen 6 dönem su kalitesi izleme çalışmalarına ait sonuçlar yönetmelikte yer alan EK-5 Tablo 4 ve Tablo 5'e göre değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, tüm izleme istasyonlarında 329 adet öncelikli madde ve belirli kirleticiler tespit edilmiştir. Bu tespit edilen maddelerden, nehirlerde 31, kentsel noktalarda 16 ve endüstriyel noktalarda 31 parametre YO-ÇKS değerlerini aşmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgular, kapsam açısından havzada yapılmış öncü çalışma niteliğindedir. Değerlendirme sonunda alıcı ortamda çevre kalite standart değerini aşan maddelerin belirlenmesi ve bu değerleri aşan maddeler ile olası noktasal kaynaklar arasında ilişki kurulabilmesi hedeflenmiştir. Böylece elde edilen çıktılar ile Küçük Menderes Nehrinde öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler açısından su kalitesinin belirlenmesi sağlanarak teknoloji bazlı deşarj limitlerinden alıcı ortam bazlı deşarj limitleri yaklaşıma geçiş mümkün olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: alıcı ortam su kalitesi, öncelikli maddeler, belirli kirleticiler, çevresel kalite standardı, havza ölçekli yaklaşım

Abstract

In order to protect the water quality of our water resources, aquatic ecosystem and public health, countries set limit values for hazardous and toxic chemicals in their laws and regulations related to water quality. In our country, the environmental quality standard values defined for inland waters and coastal transitional waters in the Surface Water Quality Regulation (10.08.2016, RG: 29797) entered with Regulation of Setting Environmental Targets for Surface Waterbodies (21.07.2020, RG:31192) by mid of 2020 . In this study, the results of 6-period water quality monitoring studies carried out in a total of 59 stations in 9 urban and 18 industrial discharges with 32 river stations on the main tributary of the Küçük Menderes River and its connecting tributaries. Water quality results were evaluated according to Annex-5, Table 4 and Table 5. According to the findings, 329 priority substances and specific pollutants were detected at all monitoring stations. Among these detected substances, 31 parameters in rivers, 16 in urban points and 31 parameters in industrial points exceeded the AA-EQS values. Obtained findings in this study are pioneering studies conducted in the basin. At the end of the evaluation, it is aimed to determine the substances exceeding the environmental quality standard value in the receiving water body and to establish a relationship between the substances exceeding these values and possible point sources. Thus, it will be possible to switch from technology based discharge limits to receiving water body discharge limits approach by determining the water quality in terms of priority substances and specific pollutants in Küçük Menderes River with the obtained findings.

Keywords: water quality of receiving water body, priority pollutants, specific pollutants, environmental quality standards, basin scale approach

1. Giriş

Dünya’da ve ülkemizde sanayileşmenin artması, özellikle nüfusun artması ile yerüstü ve yeraltı su kaynaklarımız tehlikeli ve toksik kimyasallar ile kirlenmektedir. Gelişmekte olan ülkeler, su kalitesini iyileştirme konusunda önemli ilerleme kaydetmiş olsalar da, tehlikeli maddeler içeren atıksu deşarjlarının kontrolü amaçlı kurumsal, yasal ve mali mekanizmaları belirlemek ve güçlendirmek için hala daha fazla çabaya ihtiyaç duymaktadırlar [1][2]. Birçok farklı endüstriyel faaliyette kullanılan veya bu faaliyetler tarafından üretilen tehlikeli maddeler, potansiyel olarak tehlikeli çevresel ve sağlık riskleri ile son yıllarda yeni bir küresel su kalitesi sorunu oluşturmaya başlamıştır [3][4][5].

Avrupa Birliği (AB), tehlikeli maddelerden kaynaklanan kirliliği ele alırken, Avrupa’da ulusal ve yerel düzeyde öncelikli maddeler ve nehir havzasına özgü kirleticiler için oluşturulmuş tüm çevresel kalite standartlarına (ÇKS) uyumu gerektiren Su Çerçeve Direktifini (2000/60/EC) kullanmaktadır [6]. Bu nedenle, alıcı ortamlarda ÇKS'lere uygun olarak atıksu deşarjlarının kontrolüne ilişkin atıksu deşarjlarının düzenlenmesinde iki ortak yaklaşım vardır: teknoloji tabanlı ve su kalitesine dayalı standartlar. Teknoloji temelli

standartlar sektöre özeldir ve alıcı ortamın su kalitesine bakılmaksızın endüstri için ekonomik olarak ulaşılabilir olan atıksu standartlarına atıfta bulunur. Öte yandan, alıcı ortam su kalitesi bazlı deşarj standartları ise kirleticiler için özeldir ve bir su kütesinin alabileceği maksimum kirletici konsantrasyonunu gözeterek atıksu deşarj standartlarını belirler. Su kaynaklarımızın kalitesinin, sucul ekosistemin ve toplum sağlığının korunması maksadı ile ülkeler su kalitesi ile ilişkili kanun ve yönetmeliklerinde tehlikeli ve toksik kimyasal maddeler için sınır değerler getirmektedir.

Ülkemizde de su kaynaklarımızın korunması maksadı ile farklı kurumlara ait su kalitesi standartlarını belirleyen yönetmelikler mevcuttur. Su yönetimi çalışmalarında Avrupa Birliğinde kabul gören Su Çerçeve Direktifi (SÇD) (2000/60/EC) önemli bir kılavuz olup yapılan çalışmalar ülkemizde SÇD'ye uyumlu olarak yürütülmektedir [6]. Direktifte, üye ülkelerin iyi su durumuna ulaşması hedeflenmektedir. Bu sebeple, Avrupa Komisyonu öncelikli maddeler için çevresel kalite standartları tanımlanmıştır. Ülkemizde bu hedeflere uyumlu olarak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) [17] yayımlanmıştır. Yönetmelik “yerüstü suları ile kıyı ve geçiş

sularının biyolojik, kimyasal, fiziko-kimyasal ve hidromorfolojik kalitelerinin belirlenmesi, sınıflandırılması, su kalitesinin ve miktarının izlenmesi, suların korunması ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere yönelik usul ve esasların belirlenmesini kapsamaktadır. Yönetmelikte alıcı ortamda olması muhtemel kirleticiler için sınır değer olarak, “Çevre Kalite Standardı (ÇKS)” değerleri verilmiş ve bu değerler 2020 yılı itibari ile yürürlüğe girmiştir. Yönetmelikteki tanımıyla ÇKS, “belirli bir kirleticinin ya da kirletici gruplarının suda, dip çökeltisinde veya biyota da insan sağlığı ve çevreyi korumak için aşmaması gereken konsantrasyonları” ifade etmektedir. ÇKS değeri olarak, alıcı ortamda yaşayan belirli canlı gruplarının kronik toksisite etkisi dikkate alınarak yıllık ortalama ÇKS (YO-ÇKS) ve akut toksisite etkisi dikkate alınarak Maksimum ÇKS (MAK-ÇKS) değerleri verilmiştir. ÇKS değerleri, Yıllık ortalama çevresel kalite standardı (YO-ÇKS) ve maksimum çevresel kalite standardı (MAK-ÇKS) olarak iki grupta verilmektedir.

AB tarafından 2013 yılında teknik özellikleri nedeni ile emisyonları ve deşarjlarına yönelik önlem alınması gereken maddeler olarak tanımlanan öncelikli maddeler ve ÇKS değerleri [7], YSKY Ek-5 Tablo 5’e birebir aktarılmıştır. 45 parametre olarak listelenen öncelikli maddeler içerisinde ağır metaller, bitki koruma ürünleri, biyositler, poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) ve diğer grup kimyasalları yer almaktadır [8]. Ulusal ölçekte ve nehir havzası ölçeğinde risk teşkil eden maddeler olarak tanımlanan ve YSKY Ek-5 Tablo 4’de verilen belirli kirleticiler ise Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından ülkeye özgü olarak belirledikleri maddelerdir [9]. Bu kirleticilere ait çevre kalite standart değerleri 21 Temmuz 2020 yılında yayımlanan tebliğ ile yürürlüğe girmiştir [30]. 2011-2014 yıllarında yürütülen projelere ait çıktılar ile mevcut yönetmelikte yer alan 250 adet belirli kirletici Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından mevzuata aktarılmıştır. Söz konusu projeler kapsamında, iç sularda noktasal kirlilikler [19], kıyı ve geçiş sularında noktasal kaynaklı kirlilikler [18] ve pestisitlerin tespiti [20] gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında sadece kirleticiler belirlenmemiş ayrıca tatlı ve tuzlu sular için YO-ÇKS ve MAK-ÇKS değerleri de tanımlanmıştır. YO-ÇKS, alg, su piresi ve balık üzerinde yapılan kronik toksisite (NOEC, NOEL, EC10) verilerine göre

belirlenirken, MAK-ÇKS ise bu canlılar üzerindeki akut toksisite (LC50/EC50) verilerine göre tespit edilmiştir [10][9]. Alıcı ortam su kalitesini doğrudan etkileyen atıksu deşarjlarını kontrol eden yönetmelik olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) ile deşarj standartları teknoloji bazlı verilmekte ve her bir su kütlesinin aynı nitelikte olduğu kabul edilerek aynı sektörel deşarj standartları geçerli sayılmaktadır. YSKY ise sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu bir şekilde koruma-kullanma dengesi gözetilerek yerüstü su kaynaklarının korunmasını ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere yönelik esasları ortaya koymaktadır. Bununla birlikte ülkemiz koşullarında eksik olan, Su Çerçeve Direktifinde (SÇD) de belirtildiği üzere su kaynaklarının korunmasında alıcı ortam su kalitesi göz önüne alınarak belirlenen alıcı ortam bazlı deşarj standartlarının uygulanmasıdır. Ülkemizde ilk olarak alıcı ortam bazlı deşarj limitlerinin belirlenmesine yönelik Gediz Havzası’nda benzer bir çalışma yapılmıştır [8][12]. Ancak henüz alıcı ortam bazlı deşarj limiti ile ilgili yönetmelik yayımlanmamıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından taslak olarak hazırlanan ve Integrated Pollution Prevention Control (IPPC) direktifinin ülkemize uyarlaması olan Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yönetmeliği Taslağı’nda alıcı ortam bazlı deşarj limiti ifadeleri yer almaktadır [21]. ÇŞB tarafından 2017-2023 yılları için hazırlanan Atıksu Arıtımı Eylem Planında, 4. Öncelikli havza olarak Küçük Menderes Havzası belirtilmektedir [14]. Küçük Menderes Havzası’nda gerçekleştirilen su kalitesi izlemeleri, su kalitesinin istenen seviyede olmadığı ve noktasal kaynaklarda kirlilik önleme ve azaltma gerekliliğini ortaya konmuştur [13]. Yine yapılan çalışmalarda, havzadaki kirliliğin Küçük Menderes Nehri ana kolunda yoğunlaştığı belirtilmiştir. Bu veriler ışığında, Küçük Menderes Nehri havzası çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir.

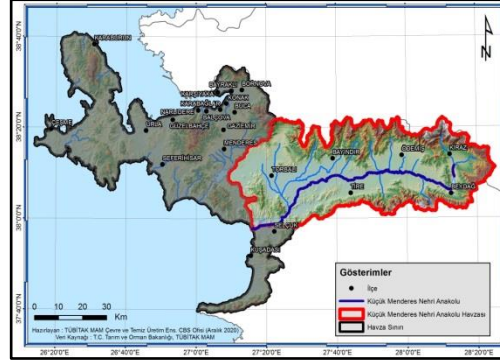
Bu çalışmada elde edilen bulgular, kapsam açısından havzada yapılmış öncü çalışma niteliğindedir. Sunulan çalışmada, Küçük Menderes Nehri ana kolu havzasında yeralan kirletici vasfı yüksek noktasal kaynaklar ile bu kaynakların etkilediği su ortamında öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler iki ayda bir dönem olmak üzere yıl içerisinde toplam 6 defa izlenmiş ve yönetmelik sınır değerlerine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonunda

alıcı ortamda ÇKS değerlerini aşan maddelerin belirlenmesi ve bu maddeler ile olası noktasal kaynaklar arasında ilişki kurulabilmesi hedeflenmiştir. Böylece elde edilen çıktılar ile öncelikli maddeler ve belirli kirlenmeler açısından su kalitesinin belirlenmesi ile teknoloji bazlı deşarj limitlerinden alıcı ortam bazlı deşarj limitleri yaklaşıma geçiş mümkün olabilecektir. Ayrıca bu çalışma, Taslak olan Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yönetmeliği gerekliliklerinin uygulanması noktasında yardımcı olacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Bölgesi

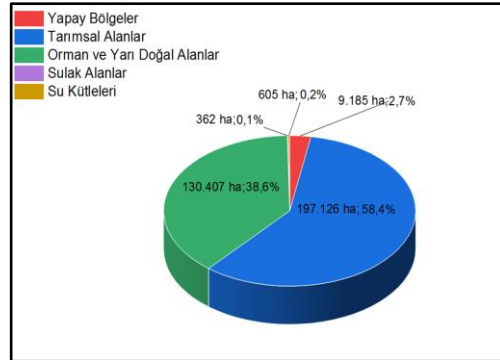
Sunulan çalışma kapsamında, 38°11'01,38" ve 37°50'23,11" enlemleri ile 28°25'12,30" ve 27°14'12,53" boylamları arasında yer alan ve ED 50 UTM Zone 35'e göre drenaj alanı 3.386 km² olan Küçük Menderes Nehri Alt Havzası ele alınmıştır. Beydağ ilçesinden doğan Küçük Menderes Nehri, Fetrek Çayı, Uladı Deresi, Ilıca Deresi, Değirmen Dere, Aktaş Deresi, Rahmanlar Deresi, Pirinççi Deresi, Yuvalı Dere, Ceriközkaya Deresi, Eğridere, Birgi Çayı, Çevlik Çayı ve Keles Çayı yan kollarını da alarak yaklaşık 129 km'lik mesafenin sonunda Selçuk Belevi-Pamucak sahilinden Ege Denizi'ne dökülmektedir (Şekil 1). Çalışma bölgesi, Bayındır, Beydağ, Kiraz, Ödemiş, Tire, Torbalı ilçelerini kapsamakta ve drenaj havzasında bulunan yerleşimlerin 2018, 2019 ve 2020 yılı toplam nüfusları sırası ile 511.486 kişi, 519.519 kişi ve 530.979 kişidir [29].



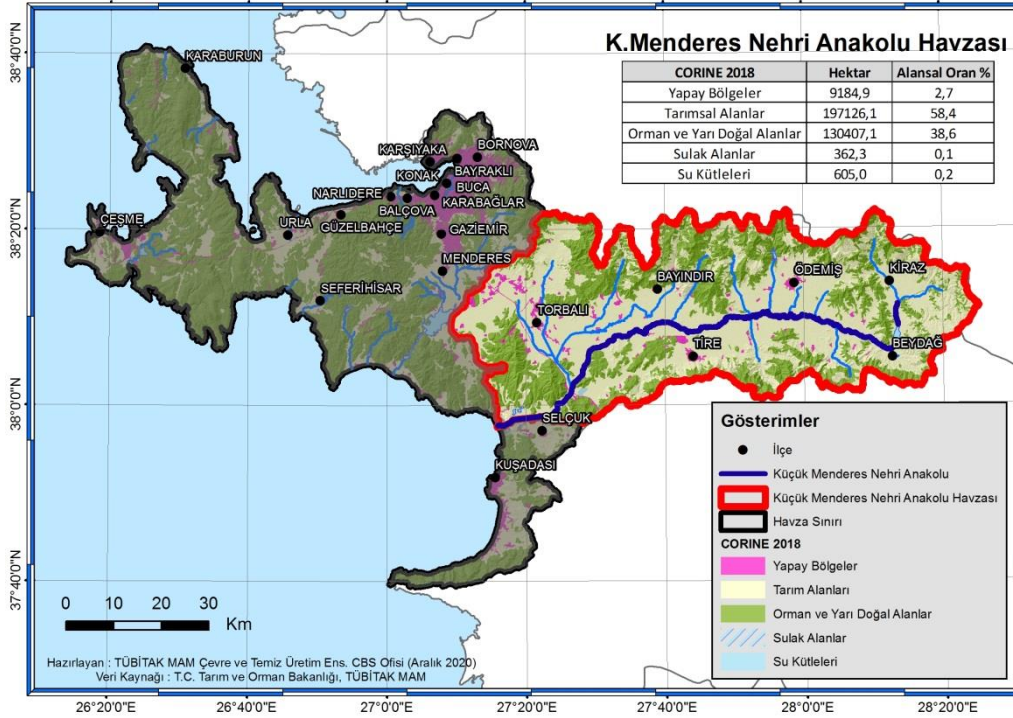
Şekil 1. Küçük Menderes Nehri Havzası Çalışma Bölgesi

2.1.1. Arazi kullanımı ve mevcut baskılar

Çalışma bölgesi, arazi kullanımı, tarım ve hayvancılık faaliyetleri ve alıcı ortama deşarjı bulunan endüstriyel tesisler kaynaklı (noktasal kaynaklar) baskılar açısından değerlendirildiğinde Küçük Menderes Havzası'nın en yoğun baskı altında olan kısmıdır. Çalışma bölgesinin birinci düzey arazi kullanımını CORINE 2018 [28] veri tabanına göre 197.126 ha alan tarımsal alanlar (%58,4), 130.407 ha alan orman ve yarı doğal alanlar (%38,6'sı) oluşturmaktadır (Şekil 2). Küçük Menderes Havzası'nın tamamında tarımsal alanların yoğun olduğu bölgenin çalışma bölgesi olduğu, çalışma bölgesi alanının arazi kullanımı açısından tarımsal faaliyetlerin temel baskı unsurlarından bir olduğu görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Küçük Menderes Nehri Ana Kolu Havzası birinci düzey arazi kullanımı



Şekil 3. Küçük Menderes Nehri Havzası Çalışma Bölgesi 1. Düzey Arazi Kullanımı [28]

Küçük Menderes Nehri ana kolu civarında bulunan Bayındır, Beydağ, Kiraz, Ödemiş, Selçuk, Tire ve Torbalı ilçelerinin tarım arazileri öne çıkmaktadır. Bu 7 ilçede yapılan tarım arazisi dağılımı incelendiğinde, toplam tarım alanının %59'u otsu ürünlerin yetiştirildiği ekilebilir arazi, %30,3'ü zeytin ağaçları, %9,3'u

zeytin ağaçları hariç olan sürekli ağaç ürünleri ve %1,3'ü meyve ürünlerinin olduğu sürekli çalı ürün deseni olarak öne çıkmaktadır. Tarım alanlarının ilçeler arasında ki dağılımında ise %23,5 oranı ile Ödemiş ilçesi öne çıkarken, Torbalı, Bayındır ve Tire ilçeleri ortalama %20 yoğunlukta alanlara sahiptirler (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışma bölgesi tarım arazileri dağılımı

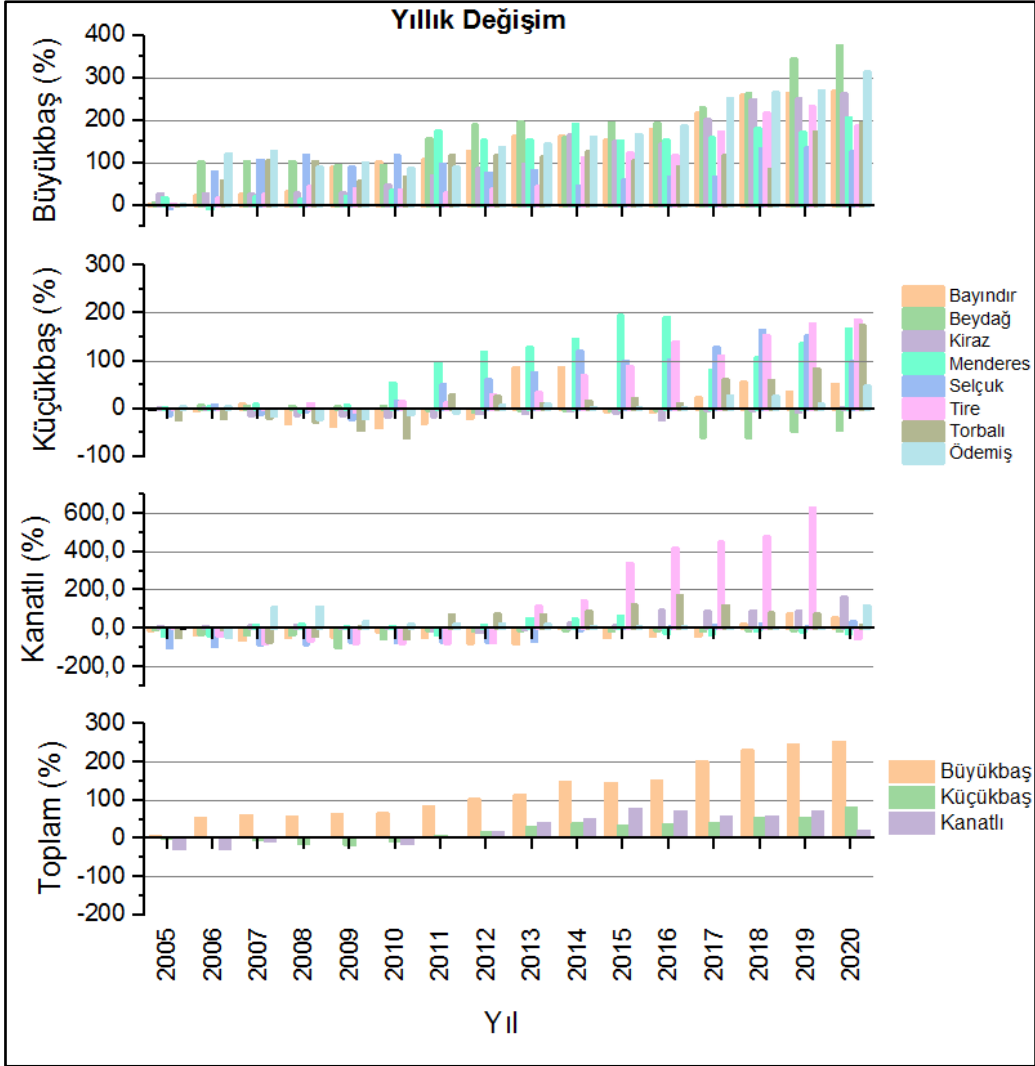
İlçe Adı	Ekilebilir Arazi (ha)	Zeytin Ağaçları (ha)	Sürekli Ağaç (ha)	Sürekli Çalı (ha)	Toplam Alan (ha)	İlçeler bazında tarım arazileri dağılımı (%)
Selçuk	768	1.914	2.340	81	5.103	3,7
Beydağ	1.674	3.769	117	34	5.594	4,0
Tire	16.474	7.494	2.569	129	26.665	19,2
Kiraz	9.153	1.770	1.835	61	12.819	9,2
Torbalı	18.119	8.948	1.848	374	29.288	21,1
Bayındır	12.729	12.143	1.619	265	26.756	19,3
Ödemiş	23.099	6.105	2.590	900	32.694	23,5
Toplam	82.016	42.143	12.918	1.844	138.919	-
Tarım arazilerinin alansal dağılımı %	59,0	30,3	9,3	1,3	-	-

Küçük Menderes Havzası'nda hayvancılık, tarımın yanında bir diğer ekonomik faaliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan hayvan atıklarının "Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği" ne göre, sızdırmaz depolarda katı veya sıvı olarak muhafaza edilip uygun zamanda toprağa uygulanması gerekmektedir [22]. Ancak, bu atıkların bir bölümü, tarımda doğal gübre olarak kullanılmakta, geri kalan kısmı ise sağlıksız şartlarda açık depolarda biriktirilmekte ve/veya en yakın araziye dökülmektedir Dolayısıyla, hayvan atıklarından kaynaklanan yayılı yükler havzaya gelen önemli kirlenici kaynaklardır. Hayvan dışkıları doğal gübre olarak kullanıldıklarında, ortama yayılan kirlenici yükleri, hayvan kategorisi, sayısı, beslenme alışkanlıkları, ağırlıkları, gübrelemenin şekline ve zamanına bağlı olarak yüksek oranda değişkenlik göstermektedir. Havzada gerçekleşen su kalitesi çalışmalarının 2003 yılı ve sonrasında arttığı göz önüne

alındığında 2004 yılı ile 2020 yılları arasındaki hayvan varlığı değişimi Şekil 4'de sunulmaktadır. Tablo 2'de ise Şekil 4 verisinde değişim miktarında esas alınan 2004 yılı verileri ile çalışma kapsamında izleme çalışmalarının yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarına ait veriler sunulmaktadır. Bu verilere göre 2004 yılında 172.013 olan büyükbaş sayısı 2019 yılından 595.327, 200.751 olan küçükbaş sayısı 310.762 ve 912.200 olan kanatlı sayısı ise yaklaşık 1,5 milyon olmuştur (Tablo 2). İlçeler değerlendirildiğinde ise büyükbaş varlığı Ödemiş, Kiraz ve Tire, küçükbaş varlığında Tire ve Ödemiş ve kanatlı sayısında Tire ve Torbalı ilçeri öne çıkmaktadır. Şekil 4 incelendiğinde ise büyükbaş varlığındaki en çok artış Beydağ ilçesinde, küçük baş varlığı artışında Tire ve Menderes ilçeleri öne çıkmaktadır. Kanatlı sayısı artışında Tire ilçesi öne çıkmaktadır. Ana kol etki alanında bulunan tüm bu ilçelerin su kalitesine olumsuz etkilerinin olduğu söylenebilir.

Tablo 2. 2004 yılında çalışma bölgesinde bulunan hayvan sayıları [29]

İlçe	Büyükbaş (adet)			Küçükbaş (adet)			Kümes Hayvanı (adet)		
	2004	2018	2019	2004	2018	2019	2004	2018	2019
Bayındır	26.500	95.264	96.393	24.050	37.366	32.175	68.950	82.050	118.622
Beydağ	6.729	24.321	29.822	7.286	2.939	3.866	7.000	6.140	6.163
Kiraz	28.670	99.893	100.147	34.185	33.050	31.842	48.000	90.300	90.419
Menderes	8.924	25.016	24.118	22.210	45.749	52.443	312.000	271.582	260.532
Selçuk	1.610	3.766	3.772	6.400	16.839	16.110	7.500	9.155	7.993
Tire	40.220	127.662	133.500	25.270	63.992	70.091	64.500	373.170	470.100
Torbalı	12.080	22.316	32.964	20.950	33.270	38.315	264.750	472.490	460.750
Ödemiş	47.280	172.550	174.611	60.400	75.965	65.920	139.500	141.500	141.500
Toplam	172.013	570.788	595.327	200.751	309.170	310.762	912.200	1.446.387	1.556.079



Şekil 4. Çalışma bölgesinde bulunan hayvan sayılarının 2004 yılına göre 2005-2020 yılları değişimi [29]

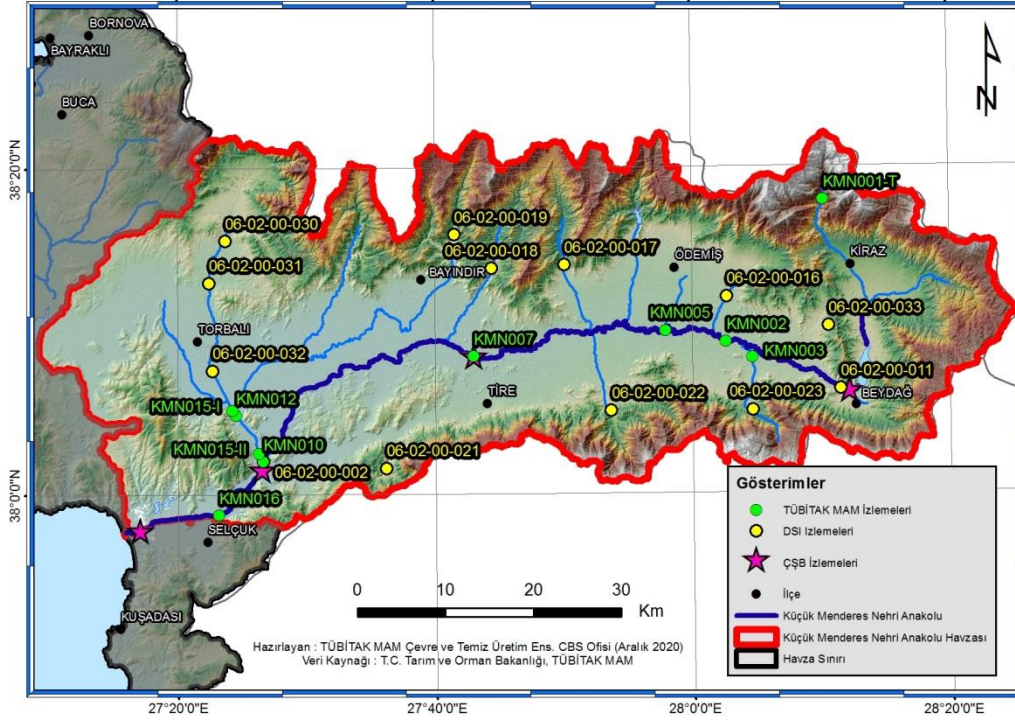
Çalışma bölgesinin tamamı İzmir ili içerisinde yer aldığından arıtılmış ve/veya arıtılmamış atıksuların takibi İZSU tarafından yapılmaktadır. Beydağ ilçesi hariç çalışma bölgesinde yer alan tüm ilçelerde evsel atıksu arıtma tesisleri bulunmaktadır. Beydağ ilçe merkezi haricindeki beldelerde evsel atıksular arıtılmadan alıcı ortama deşarj edilmektedir. Tire ilçesinde bulunan birkaç tesis hariç endüstriyel tesislerin önemli kısmı Torbalı-Fetrek bölgesinde bulunmaktadır. Küçük Menderes Nehri, Ödemiş ilçesi sonrasında özellikle evsel atıksu ve hayvancılık faaliyetleri

ile kirlenmeye başlamaktadır. Tire ve Torbalı ilçelerinin kümülatif olarak katkı verdiği kirlenme Fetrek Çayı karışımına kadar ağırlıklı olarak kentsel ve tarımsal-hayvancılık kaynaklı olup, Fetrek Çayı civarında ki yoğun endüstri deşarjlarının katılımı ile endüstriyel deşarj etkilerini de almaktadır.

Farklı tarihlerde farklı kurumlar tarafından havzada yapılmış izleme sonuçlarının değerlendirildiğinde, 2010 yılında TÜBİTAK MAM tarafından tamamlanan çalışma kapsamında DSİ'den temin edilen 2003-2009 yılları arasındaki su kalitesi ölçümleri

kullanılarak ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) mülga Tablo 1’de verilen kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri esas alınarak yüzeysel su kalite sınıfları belirlenmiş ve sadece Karaburun’da bulunan bir istasyonda su kalitesi Sınıf III kirlenmiş su özelliği göstermekte iken diğer istasyonlarda Sınıf IV çok kirlenmiş su kalitesine sahip olduğu belirtilmiştir [23]. ÇŞB tarafından, Evsel ve Endüstriyel Kirlilik İzleme Programı Kapsamında havzada 2012 yılı itibari ile mevsimsel olarak 4 alıcı ortam noktasında izleme yapılmaktadır [25]. Erişilebilen son Küçük Menderes Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu’na göre, çözülmüş oksijen, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam kjeldahl azotu ve toplam fosfor parametreleri için Sınıf IV veya Sınıf III su kalitesi özelliğinde olduğu belirtilmiş olup 2012-2013 ve 2014 yılları karşılaştırıldığında yıllara bağlı olarak su kalitesinin kötüye gittiği

vurgulanmıştır [25]. Çalışma alanında yürütülen bir başka çalışmada ise nehir alıcı ortamında hem fiziko-kimyasal hem biyolojik örnekleme yapılmış, ana kolda sadece Beydağ ilçesinde yer alan memba istasyonu temiz olarak belirtilmiş olup diğer istasyonlar hassas olarak tanımlanmıştır [24]. Bu alanlar ayrıca “Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik” ekinde de yer almıştır [27]. Bu bölümde sunulan değerlendirmeler ile farklı zamanlarda gerçekleşen su kalitesi izlemeleri beraber değerlendirildiğinde, konvansiyonel parametreler açısından su kalite sınıfının çok kirlenmiş ve kirlenmiş su kalitesinde olması uyumludur. Değerlendirmeleri yapılan çalışmalara ait izleme istasyonlarının konumunu gösteren harita Şekil 5’de verilmektedir.



Şekil 5. Küçük Menderes Havzası’nda farklı çalışmalarda kullanılan su kalitesi izleme istasyonları

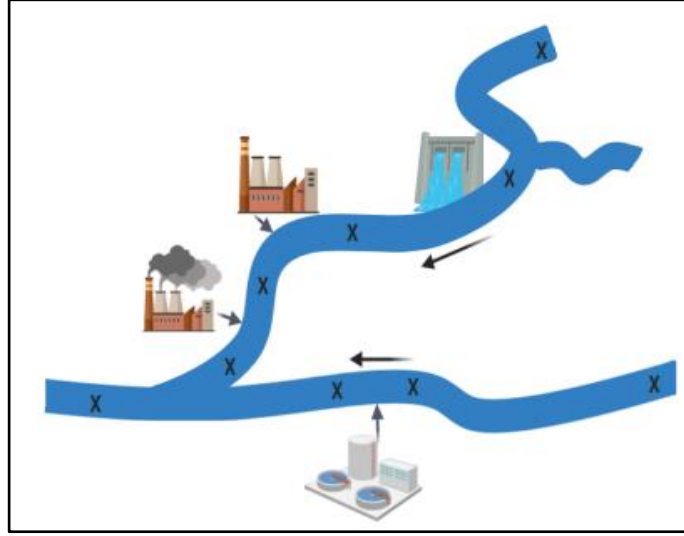
2.2. İzleme noktalarının seçimi

Çalışma alanında yer alan ve nehir alıcı ortamına arıtılmış ve/veya arıtılmamış su deşarjı bulunan kaynaklar, tarımsal faaliyetler, düzensiz

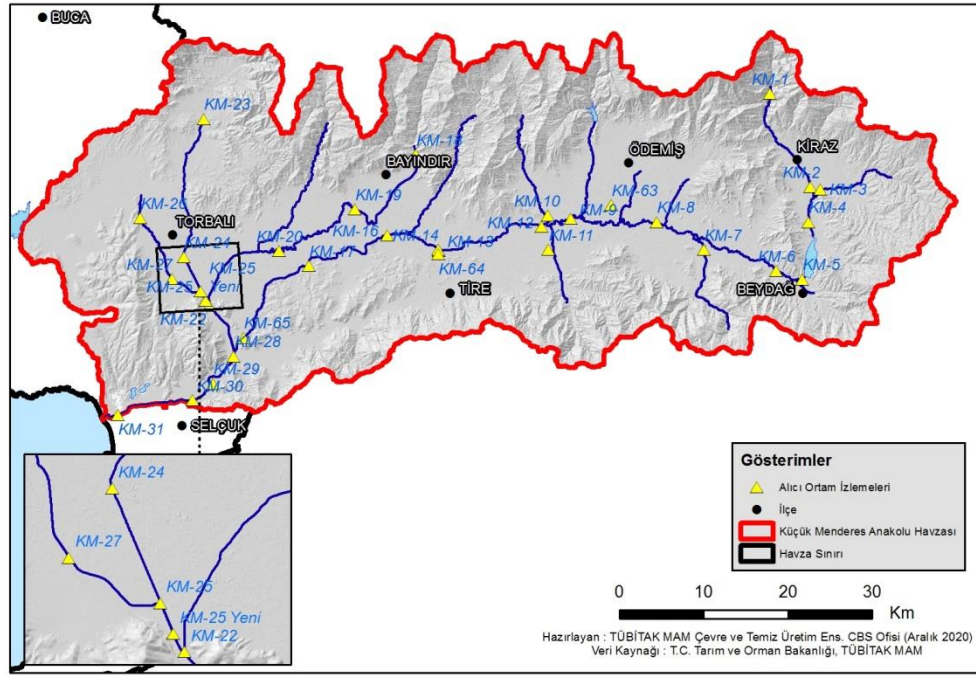
depolama alanları ve hidromorfolojik etkenlerde göz önüne alınarak izleme noktaları seçilmiştir. Çalışma alanında alıcı ortamı izlemek üzere izleme istasyonları seçilirken, i) akarsu kolunda arka planı temsil edecek bir alıcı

ortam izleme istasyonu belirlenmiş, ii) noktasal kirletici kaynağın deşarj olduğu noktanın öncesinde bir istasyon belirlenmiş, iii) eğer noktasal deşarjlar ardışık olarak sıralanmışsa ve mesafeleri yakınsa, en son deşarjın olduğu noktanın sonrasında bir istasyon belirlenmiş, iv) eğer akarsu kolu üzerinde, yeni bir kolun katılımı varsa, yan kol üzerinde bir istasyon belirlenmiş, yan kol ve ana kol birleştikten sonra ikinci bir istasyon belirlenmesine dikkat

edilmiştir ve v) baraj-göl su kütlelerinde ise baraj-göl su külesine giren akarsu kollarına ve baraj-göl su külesinden çıkan akarsu kollarına izleme istasyonu eklenmiştir. Alıcı ortam istasyonlarında, izleme ağının oluşturulması yaklaşımı basitleştirilmiş olarak Şekil 6.'da sunulmaktadır. Ayrıca, Şekil 7.'de ki haritada sunulan nehir alıcı ortam istasyonlarının konumlarına ait bilgiler Tablo 3'de verilmektedir.



Şekil 6. İzleme istasyonların seçilmesi yaklaşımının şematik gösterimi



Şekil 7. Nehir izleme istasyonları

Tablo 3. Çalışma bölgesinde izleme yapılan yerüstü suyu istasyonlarının coğrafik konumları

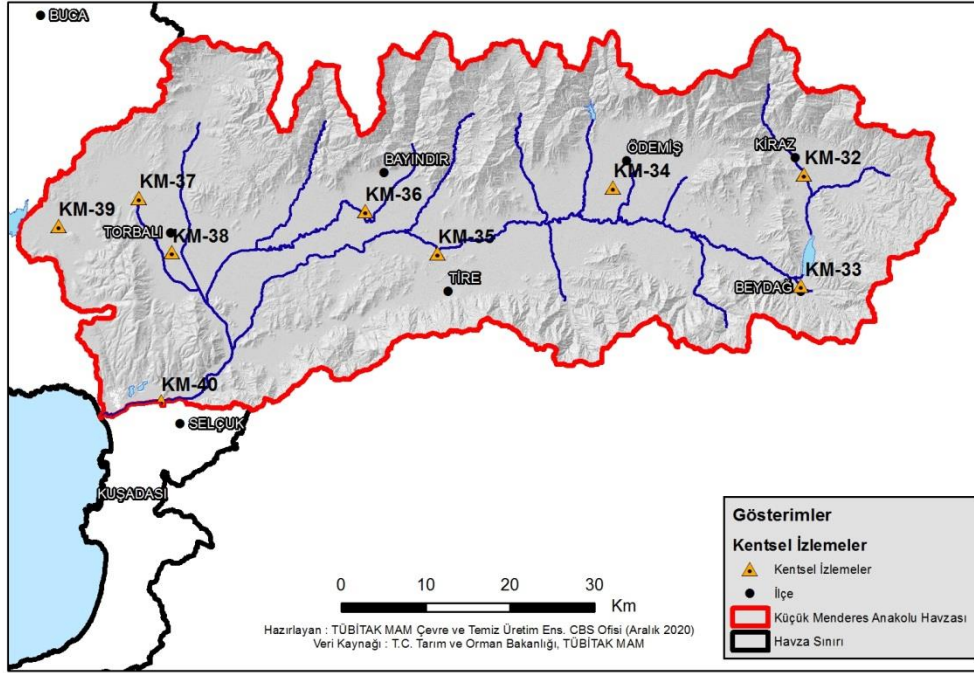
İstasyon Kodu	İl Adı	İlçe Adı	Su Kütlesi Kodu	Su Kütlesi Adı	Enlem	Boylam
KM-1	İzmir	Kiraz	KMN_001	Beydağ-I Barajına giren kol	38,30164	28,169138
KM-2	İzmir	Kiraz	KMN_001	Beydağ-I Barajına giren kol	38,201138	28,222361
KM-3	İzmir	Kiraz	KMN_001	Beydağ-I Barajına giren kol	38,198555	28,235777
KM-4	İzmir	Kiraz	KMN_001	Beydağ-I Barajına giren kol	38,163582	28,219084
KM-5	İzmir	Kiraz	KMN_002	Küçük Menderes Nehri	38,10247	28,210333
KM-6	İzmir	Kiraz	KMN_002	Küçük Menderes Nehri	38,111832	28,175028
KM-7	İzmir	Ödemiş	KMN_003	Pirinççi Çayı	38,135166	28,077639
KM-8	İzmir	Ödemiş	KMN_005	Küçük Menderes Nehri	38,165501	28,013721
KM-9	İzmir	Tire	KMN_007	Küçük Menderes Nehri	38,169903	27,897448
KM-10	İzmir	Ödemiş	KMN_009	Aktaş Çayı	38,173695	27,866756
KM-11	İzmir	Tire	KMN_008	Eğridere	38,136955	27,866812
KM-12	İzmir	Ödemiş	KMN_007	Küçük Menderes Nehri	38,161556	27,858194

Tablo 3. Çalışma bölgesinde izleme yapılan yerüstü suyu istasyonlarının coğrafik konumları

İstasyon Kodu	İl Adı	İlçe Adı	Su Kütlesi Kodu	Su Kütlesi Adı	Enlem	Boylam
KM-13	İzmir	Tire	KMN_007	Küçük Menderes Nehri	38,137028	27,718805
KM-14	İzmir	Tire	KMN_007	Küçük Menderes Nehri	38,138111	27,718334
KM-16	İzmir	Tire	KMN_010	Küçük Menderes Nehri	38,153984	27,648901
KM-17	İzmir	Tire	KMN_010	Küçük Menderes Nehri	38,121773	27,54265
KM-18	İzmir	Bayındır	KMN_012	Ilıca Dere	38,239895	27,688917
KM-19	İzmir	Bayındır	KMN_012	Ilıca Dere	38,181877	27,605726
KM-20	İzmir	Bayındır	KMN_012	Ilıca Dere	38,13813	27,502356
KM-22	İzmir	Torbalı	KMN_012	Ilıca Dere	38,079807	27,407833
KM-23	İzmir	Torbalı	KMN_013_2	Fetrek Çayı	38,27953	27,401278
KM-24	İzmir	Torbalı	KMN_013_2	Fetrek Çayı	38,131973	27,373751
KM-25	İzmir	Torbalı	KMN_015	Küçük Menderes Nehri	38,085487	27,402782
KM-26	İzmir	Torbalı	KMN_015	Küçük Menderes Nehri	38,173668	27,314722
KM-27	İzmir	Torbalı	KMN_015	Küçük Menderes Nehri	38,10836	27,357555
KM-28	İzmir	Selçuk	KMN_016	Küçük Menderes Nehri	38,02536	27,440695
KM-29	İzmir	Selçuk	KMN_016	Küçük Menderes Nehri	37,996307	27,41239
KM-30	İzmir	Selçuk	KMN_016	Küçük Menderes Nehri	37,978573	27,384754
KM-31	İzmir	Selçuk	KMN_016	Küçük Menderes Nehri	37,962971	27,283861
KM-63	İzmir	Ödemiş	KMN_007	Küçük Menderes Nehri	38,184441	27,952814
KM-64	İzmir	Tire	KMN_007	Küçük Menderes Nehri	38,133266	27,717688
KM-65	İzmir	Selçuk	KMN_010	Küçük Menderes Nehri	38,045277	27,453581

Kentsel atıksu izleme istasyonları seçilirken, i) henüz işletmeye alınmamış olan tesisler dikkate alınmamış, ii) nüfusu 10.000'in üzerinde olan kentsel atıksu arıtma tesisleri dikkate alınmış ve iii) alıcı ortama doğrudan deşarjı olan noktalar arasından çalışma alanını temsil edecek şekilde bir yerleşim seçilmiştir. Buna göre, 8 adet Kentsel AAT deşarjı ile Beydağ ilçe merkezinin kentsel doğrudan deşarjında izleme çalışmaları Aralık 2018 ile Ekim 2019 tarihleri arasında iki ayda bir defa olmak üzere toplam altı defa

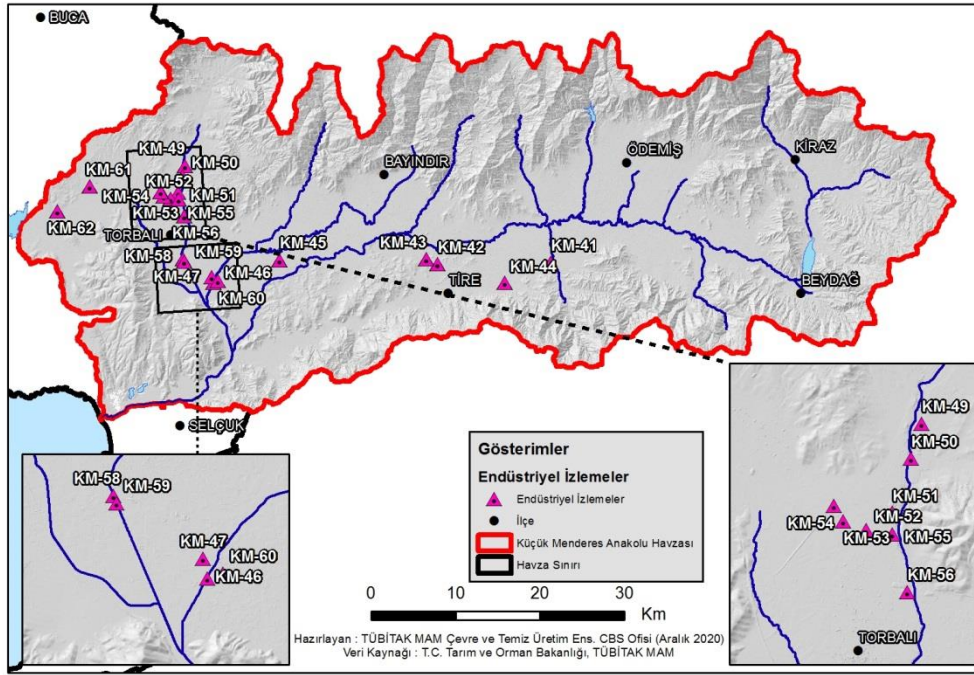
gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). Bu yöntem ile Küçük Menderes Nehri Ana kolu Havzası'nda işletmede olan ve İZSU verilerine göre günlük 94.285 m³ atıksuyun arıtıldığı 10 adet Kentsel AAT'nin 8 adedi izlenmiştir ve bu miktar arıtılan debinin (91.785 m³) %97'sine karşılık gelmektedir [26]. Yine kentsel doğrudan deşarjlar açısından değerlendirilirse, havzada gerçekleşen kentsel doğrudan deşarjın yaklaşık %23'ü izlenmiştir (izlenen nüfus 5.155 kişi, 2019 yılı).



Şekil 8. Kentsel Atıksu İzzleme İstasyonları

Endüstriyel atıksu İzzleme İstasyonları seçilirken İse çalışma bölgesinde yer alan ve alıcı ortama deşarjı olan tüm organize sanayi bölgeleri İle gıda, tekstil, tütün İşleme, kağıt-karton, seramik, deri İşleme, yağ İşleme ve radyatör üretimi gibi farklı faaliyetlere sahip tesislerin alıcı ortam deşarjları İzlenmiştir (Şekil 9.) Böylece, tüm

İzzleme İstasyonlarından elde edilen su kalitesi sonuçları İle çalışma bölgesinin membasından denize döküldüğü noktaya kadar olan alanda oluşturulan İzzleme ağı beraber değerlendirildiğinde su kalitesini etkileyen baskıların İlişkilendirilmesi gerçekleştirilebilmiştir.



Şekil 9. Endüstriyel Atıksu İzleme istasyonları

2.3. Su kalitesi izleme ve analiz çalışmaları

Küçük Menderes Nehri Havzasında belirlenen 32 nehir istasyonu ve 28 adet noktasal kaynaklara ait su kalitesi izleme çalışmaları, Aralık 2018 ile Ekim 2019 tarihleri arasında iki ayda bir defa olmak üzere toplam altı defa gerçekleştirilmiştir. Her bir istasyondan alınan farklı hacim, koruma ve saklama koşullarında olan yaklaşık toplam 9 Litre su örnekleri, Yer Üstü Suları, Yer Altı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği [15]'ne uygun olarak örnekleme ve muhafaza edilmiştir. Tüm analizler, TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü'nün ISO 17025' e göre akredite edilmiş laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. YSKY EK-5 Tablo 4 ve Tablo 5'de belirtilen maddelerin analizleri, ICP-OES, GC-MS, GC-MS-MS ve LC-MS-MS cihazları kullanılarak yapılmıştır. Analizi yapılan öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler, metaller, PAH, pestisit, fitalat, fenol, PBDE, Dioksin/Furan ve UOK olarak gruplanmaktadır. Analizlerin yöntemleri, kullanılan cihazlar, tespit ve tayin sınır değerleri EK Tablo 1 ve Tablo 2'de sunulmuştur.

2.4. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

İzleme sonuçları, öncelikli maddeler, belirli kirleticiler (noktasal belirli kirleticiler ve yayılı belirli kirleticiler) açısından 29797 sayılı Resmi Gazetede 10.08.2016'da yayımlanan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) Ek-5'de yer alan ilgili tablolara göre değerlendirilmiştir. Öncelikli maddeler, belirli kirleticiler (noktasal belirli kirleticiler ve yayılı belirli kirleticiler) için değerlendirmeler YSKY (2016) Ek-5, Tablo 4 (Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları) ve Tablo 5 (Yerüstü Su Kaynakları için Öncelikli Maddeler ve Çevresel Kalite Standartları)'e göre yapılmıştır.

Analiz yapılan dönemlerin ortalama değerleri alınırken, 2009/90/EC No'lu Su Durumunun Belirlenmesinde Kimyasal Analizler ve İzleme için Teknik Özellikler dokümanında belirtildiği üzere, tespit ve/veya tayin limiti (LOD(LOQ)) değerinden küçük olarak belirlenen parametreler, LOD (LOQ) değerleri ikiye bölünerek ortalama değerler hesaplanmıştır.

Her bir parametrenin altı izleme döneminin ortalama sonuçları, parametrelerin YO-ÇKS

değerleri ile karşılaştırılmıştır. MAK-ÇKS değeri ile karşılaştırma her bir dönem için dönemsel olarak yapılmıştır. Bir parametre için altı dönem analiz sonuçlarından en az bir tanesi MAK-ÇKS değerini aşmış ise ilgili parametre MAK-ÇKS değerini aşmış olarak değerlendirilmiştir.

İç sularda öncelikli maddeler listesinde bulunan *PFOS*, *Sibutrin*, *Sipermetrin*, *Heptaklor* ve *heptaklor epoksit* yayılı belirli kirleticiler listesinde bulunan *Bromofos-metil*, *Klorfenapir*, *Klorsulfuron*, *Nitrofen*, *Teflutrin* ve *Tiometon* parametreleri için TÜBİTAK MAM laboratuvarlarında analiz edilebilen LOD ve/veya LOQ değerleri bu parametrelerin YO-ÇKS değerlerinden büyüktür. Bu sebeple ortalama değerler incelendiğinde, bu parametreler YO-ÇKS değerini aşar olarak ifade edilmektedir. Adı geçen parametrelerden, *Sibutrin*, *Sipermetrin*, *Heptaklor* ve *heptaklor epoksit* ve *Teflutrin* parametreleri için tespitinde analiz cihazının tespit değeri MAK-ÇKS değerinden yüksek olduğundan (LOD>MAK-ÇKS) bu parametreler MAK-ÇKS aşmış görünmektedir. Analizörlerin tespit ve/veya tayin limitlerinin YO-ÇKS ve MAK-ÇKS değerlerinin üzerinde olması nedeni ile söz konusu maddeler, noktasal kaynaklar ile yapılan ilişkilendirme değerlendirmelerinde dikkate alınmamıştır.

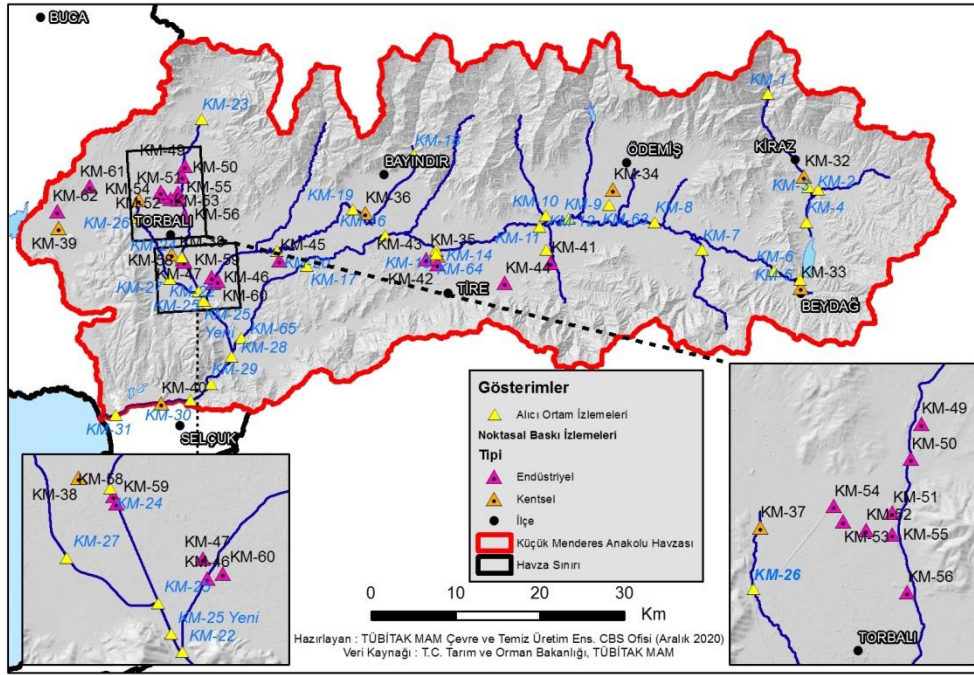
Önemli olan bir diğer husus ise; Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) Ek-5, Tablo 4 ve Tablo 5'de yer alan 17 adet metal ve yarı metal için YO-ÇKS ve MAK-ÇKS değerlerine doğal arka plan (DAP) konsantrasyon değeri eklenmesi gerekmektedir. Arka plan belirlenmesi çalışmaları oldukça detaylı ve uzun izlemeler sonucunda yapılması gereken çalışmalardır. TC.

Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen ve 2019 yılı içerisinde tamamlanan Küçük Menderes Nehri Havza Yönetim Planının Hazırlanması Projesi kapsamında belirlenen DAP değerleri kullanılmıştır [16].

2.5. Alıcı ortamda tespit edilen kirleticiler ile baskıların ilişkilendirilmesi

Yerüstü suyu istasyonlarında istenen su kalitesi olarak YSKY Ek-5 Tablo 4'de yer alan YO-ÇKS ve/veya MAK-ÇKS değerleri hedef alınmıştır. Yönetmelikte, alıcı ortamda YO-ÇKS veya en çok bir kere MAK-ÇKS'nin aşılmaması beklenmektedir. Bu sebeple, alıcı ortam istasyonu ile bu noktaya etkisi olabilecek kaynakların ilişkilendirilmesi gerekmektedir.

Endüstriyel faaliyetlerin yoğun olarak toplandığı Fetrek Bölgesinde bulunan KM-24 nolu istasyon özellikle Torbalı Fetrek çayı civarındaki endüstriyel kaynakların etkisini gösterecektir. Ayrancılar ve Menderes'ten gelen etkilerin nihai olarak görüleceği KM-27 nolu istasyon ile Torbalı'dan gelen etkilerin görüleceği nokta KM-24 ile birleştikten yaklaşık 2 km sonra Bayındır ilçesinden gelen Ilıca Deresinin ana kola karışmadan önceki son nokta olan KM-22 nolu istasyon ile birleşmektedir. Torbalı, Ayrancılar, Bayındır ve Menderes'ten gelen etkiler birleştikten sonra ana kol üzerindeki baskıların görüleceği son nehir izleme istasyonu KM-17 noktası sonrasında bulunan KM-28 noktası, Torbalı, Menderes ve Ayrancıardan gelen etkilerinde birleştiği istasyondur. Son olarak Selçuk kaynaklı baskıların da katıldığı nihai etki KM-31 nolu istasyonda görülmesi beklenmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Tüm izleme istasyonları

Kentsel ve endüstriyel izleme noktaları ile nehir alıcı ortamı izleme istasyonları arasındaki ilişki Tablo 4'de sunulmaktadır. Endüstriyel baskıların Torbalı'da yoğunlaştığı, kentsel atıksu arıtma tesisleri kaynaklı baskıların ise

Ödemiş ve sonrasında kümülatif olarak artarak Ayrancılar ve Torbalı'dan gelen baskılar ile birleştikten sonra hemen hemen tüm etkileri içerisine alan alıcı ortam izleme noktaları KM-28, KM-30 ve KM-31 no'lu istasyonlardır.

Tablo 4. Çalışma bölgesinde izleme yapılan noktasal kaynaklara ait bilgiler

İstasyon Kodu	İlçe Adı	Faaliyet alanı	Etkinin görülmesi muhtemel en yakın alıcı ortam izleme noktası	İstasyon Kodu	İlçe Adı	Faaliyet alanı	Etkinin görülmesi muhtemel en yakın alıcı ortam izleme noktası
KM-32	Kıraz	Kentsel AAT	KM-2	KM-46	Torbalı	Seramik	KM-22
KM-33	Beydağ	Kentsel kanalizasyon	KM-5	KM-47	Torbalı	Radyatör	KM-22
KM-34	Ödemiş	Kentsel AAT	KM-63 ve KM-9	KM-49	Torbalı	Rafine Yağ	KM-24
KM-35	Tire	Kentsel AAT	KM-13	KM-50	Torbalı	Tekstil	KM-24
KM-36	Bayındır	Kentsel AAT	KM-19	KM-52	Torbalı	Tekstil	KM-24
KM-37	Ayrancılar	Kentsel AAT	KM-26	KM-53	Torbalı	Tütün	KM-24

Tablo 4. Çalışma bölgesinde izleme yapılan noktasal kaynaklara ait bilgiler

KM-38	Torbali	Kentsel AAT	KM-27	KM-54	Torbali	Gıda	KM-24
KM-39	Menderes	Kentsel AAT	KM-26	KM-55	Torbali	Tütün	KM-24
KM-40	Selçuk	Kentsel AAT	KM-31	KM-56	Torbali	Tekstil	KM-24
KM-41	Tire	Salça	KM-11	KM-58	Torbali	Gıda	KM-24
KM-42	Tire	Kağıt-Karton	KM-13 ve KM-14	KM-59	Torbali	Deri işleme	KM-25
KM-43	Tire	Karışık OSB	KM-17	KM-60	Torbali	Salça	KM-22
KM-44	Tire	Salça	KM-13	KM-61	Torbali	Karışık OSB	KM-26
KM-45	Tire	Salça	KM-20	KM-62	Menderes	Karışık OSB	KM-26

3. Bulgular

Sunulan çalışma kapsamında toplam 59 istasyonda 6 defa gerçekleşen su kalitesi izlemelerine ait numunelerde, öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler açısından değerlendirmeler YSKY yönetmeliğinde iç sular için belirtilen standart değerlere göre yapılmıştır. Endüstriyel kaynaklarda, kentsel kaynaklarda ve alıcı ortamda tespit edilen kirleticiler Ek Tablo 3'te sunulmakta olup, YO-ÇKS ve MAK-ÇKS değerini aşanlar ilerleyen bölümde detaylı olarak verilmektedir.

3.1. Endüstriyel kaynaklarda tespit edilen öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler

4 gıda, 3 karışık OSB, 3 tekstil, 2 tütün işleme, 2 kağıt-karton, 1 seramik, 1 kalorifer radyatörü imalatı, 1 deri işleme ve 1 yağ işleme tesisi olmak üzere toplam 18 adet farklı endüstriyel deşarjda gerçekleşen izlemelerde, öncelikli maddeler içerisinde pozitif değer tespit edilen (>LOD) parametre sayısı; 2018 Aralık ayında 12, 2019 Şubat ayında 17, 2019 Nisan ayında 8, 2019 Haziran ayında 6, 2019 Ağustos ayında 13 ve 2019 Ekim ayında 9 adet olarak bulunmuştur. YO-ÇKS değerlerini aşan parametreler ise Ni, Perflorooktan sülfonik asit ve türevleri (PFOS), Dikofol, Cd, Diklorvos, Pb, Sibutrin, Terbutrin, Sipermetrin, Heptaklor ve heptaklor epoksit ve Endosulfan olmak üzere toplam 11 adettir. Ni, Cd, Diklorvos, Pb, Antrasen, Sibutrin, Sipermetrin, Heptaklor ve heptaklor epoksit, Benzo(b)floranten, Hg, Benzo(g,h,i)perilen ve Endosulfan olmak üzere toplam 12 parametre ise MAK-ÇKS değerini en az bir dönemde aşmaktadır.

Belirli kirleticiler değerlendirildiğinde 2018 Aralık ayında 39, 2019 Şubat ayında 30, 2019 Nisan ayında 32, 2019 Haziran ayında 33, 2019 Ağustos ayında 46 ve 2019 Ekim ayında 38 adet belirli kirletici tespit edilmiştir. Bu parametrelerden, 4,4'-DDD, As, Zn, B, Co, Asetaklor;2-kloro-N-(etoksümetil)-N-(2-etil-6-metilfenil)asetamid, PCB 138, Sb, Endrin, Ti, Al, PCB 180, Si, Br, Fe, V, Cr, PH, Cu, Klorfenapir, Bromofos-metil, Teflutrin, Nitrofen, Siflutrin; beta siflutrin, Klorosulfuron, Imidaklopid, Klorantraniliprol, Diflufenikan, Azoksistrobin ve Tiometon olmak üzere toplam 30 parametre YO-ÇKS değerini aşmaktadır. As, Zn, B, Co, Al, Si, Br, Fe, PH, Cu, Sb, Cr, Ag, Ti, 4,4'-DDD, PCB 138, PCB 180, Teflutrin, Diflufenikan ve Siflutrin; beta siflutrin parametreleri olmak üzere toplam 20 parametre ise MAK-ÇKS değerini en az bir dönemde aşmaktadır.

Endüstriyel noktasal kaynaklarda toplam 31 adet öncelikli madde ve belirli kirletici parametre YO-ÇKS değerini aşmıştır. Buna göre Cu, Si, Br ve Petrol Hidrokarbonu (TPH) parametreleri tüm istasyonlarda YO-ÇKS değerini aşmıştır. Co parametresi 10 istasyonda, Al, Cr, Fe ve Zn parametreleri 9 istasyonda, Ni ve B parametreleri ise 7 istasyonda YO-ÇKS değerini aşmıştır. En çok kirletici madde çıkan istasyonlar olarak KM-60 nolu istasyonda 16 parametre, KM-58 nolu istasyonda 13 parametre KM-42, KM-45 ve KM-56 nolu istasyonlarda toplam 11 kirletici, KM-47 ve KM-59 nolu istasyonlarda 10 parametre YO-ÇKS değerini aşmaktadır. YO-ÇKS aşan parametrelerden, Terbutrin, 4,4'-DDD, Asetaklor;2-kloro-N-(etoksümetil)-N-(2-etil-6-metilfenil)asetamid, Endrin, PCB 138, PCB 180,

Azoksistrobin, Klorantraniliprol, Siflutrin; beta siflutrin ve Diflufenikan parametreleri sadece KM-60 nolu istasyonda görülmekle beraber bu istasyonun sezonluk üretim yapması nedeni ile 1 dönem izleme sonucu olduğunu belirtmekte fayda bulunmaktadır.

3.2. Kentsel kaynaklarda tespit edilen öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler

8 adet kentsel atıksu arıtma tesisi çıkışı ve 1 adet doğrudan deşarj istasyonlarında gerçekleşen kentsel atıksu izlemelerinde öncelikli maddeler açısından pozitif değer tespit edilen (>LOD) toplam parametre sayısı; 2018 Aralık ayında 11, 2019 Şubat ayında 7, 2019 Nisan ayında 7, 2019 Haziran ayında 8, 2019 Ağustos ayında 6 adet ve 2019 Ekim ayında 8 adettir. Bu maddelerden, Perflorooktan sülfonik asit ve türevleri (PFOS), Ni, Sipermetrin, Diklorvos, Pb, Terbutrin, Sibutrin ve Heptaklor ve heptaklor epoksit olmak üzere toplam 8 parametre YO-ÇKS değerini aşmaktadır. Diklorvos, Endosulfan, Sibutrin, Heptaklor ve heptaklor epoksit, Sipermetrin, Hg, Pb, Antrasen ve Terbutrin olmak üzere toplam 9 parametre ise MAK-ÇKS değerini en az bir dönemde aşmaktadır.

Belirli kirleticiler açısından pozitif değer tespit edilen (>LOD) toplam parametre sayısı, 2018 Aralık ayında 37, 2019 Şubat ayında 28, 2019 Nisan ayında 29, 2019 Haziran ayında 38 parametre, 2019 Ağustos ayında 33 adet ve 2019 Ekim ayında 39 adet olarak belirlenmiştir. Zn, Dieltrin, Ti, Al, Si, Br, Fe, V, Cr, PH, Serbest CN, Cu, Klorfenapir, Bromofos-metil, Teflutrin, Nitrofen, Klorosulfuron ve Tiometon olmak üzere toplam 18 parametre YO-ÇKS değerini aşmaktadır. Al, PCB 180, Si, Br, Fe, PH, Cu, Ti, As, Ag, Serbest CN ve Teflutrin olmak üzere toplam 12 parametre ise MAK-ÇKS değerini en az bir dönemde aşmaktadır.

9 adet kentsel deşarj istasyonunda yapılan değerlendirmeler sonucunda, toplam 16 adet öncelikli madde ve belirli kirletici parametre YO-ÇKS değerini aşmıştır. Buna göre Cu, Si ve TPH parametreleri tüm istasyonlarda YO-ÇKS değerini aşmıştır. Br parametresi 8 istasyonda, Fe parametresi 5 istasyonda, Al parametresi 4 istasyonda, Zn ve Diklorvos parametreleri 3 istasyonda YO-ÇKS değerini aşmıştır. En çok kirletici madde çıkan istasyonlar, KM-32 nolu noktasal kaynak deşarjında 12 kirletici, KM-37 nolu noktasal kaynak deşarjında 11 kirletici ve

KM- 33 nolu noktasal kaynak deşarjında 8 kirletici YO-ÇKS limit değerlerini aşmaktadır. Mevcut arıtma tesislerinin söz konusu parametreleri gidermek için tasarlanmadığı ancak yönetmelik gereği bu maddeler için ilave arıtma ihtiyacı olduğu görülmektedir.

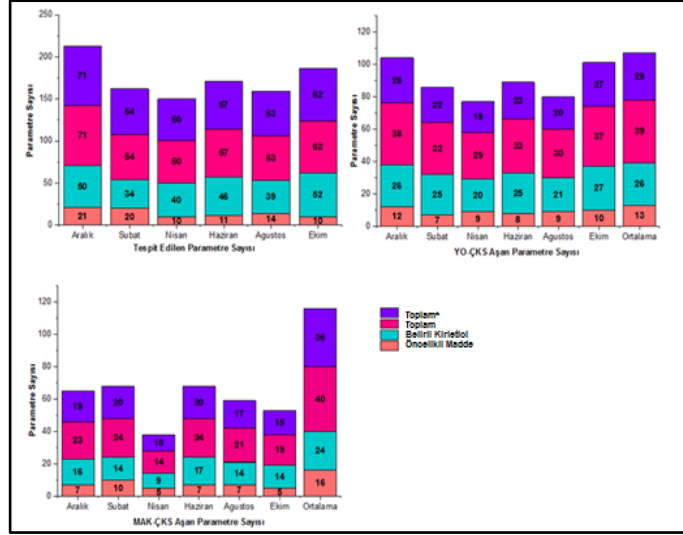
3.2. Alıcı ortam istasyonlarında tespit edilen öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler

Küçük Menderes Nehri ana kolu ve bağlanan yan kollarda gerçekleştirilen alıcı ortam izlemelerine ait 6 dönemlik su kalitesi izleme çalışmalarının YSKY Tablo-4 ve Tablo-5'e göre değerlendirme sonuçları, öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler arasından tespit edilen, YO-ÇKS ve MAK-ÇKS değerlerini aşan parametre sayıları her bir izleme dönemi ve ortalama değerler üzerinden değerlendirilmiştir (Şekil 11).

Alıcı ortamda izlenen istasyonlarda, öncelikli maddeler arasından pozitif değer tespit edilen (>LOD) toplam parametre sayısı Aralık 2018'de 21, Şubat 2019'da 20, Nisan 2019'da 10, Haziran 2019'da 11, Ağustos 2019'da 14 ve Ekim 2019'da 10 adet olarak belirlenmiştir. Bu tespit edilen maddeler, YO-ÇKS değerleri ile karşılaştırıldığında Terbutrin, Ni, Perflorooktan sülfonik asit ve türevleri (PFOS), Bifenoks, Dikofol, Sipermetrin, Diklorvos, Pb, Sibutrin, Diuron, Cd, Heptaklor ve heptaklor epoksit ve Endosulfan olmak üzere **toplam 13 adet öncelikli madde YO-ÇKS değerini aşmıştır**. Ayrıca, Cd, Diklorvos, Pb, Sibutrin, Sipermetrin, Heptaklor ve heptaklor epoksit, Endosulfan, Ni, Bifenoks, Benzo(k)floranten, Benzo(b)floranten, Hg, Benzo(g,h,i) perilen, Aklonifen, Terbutrin ve Antrasen olmak üzere 16 adet parametre en az bir dönem MAK-ÇKS değerini aşmaktadır.

Belirli kirleticiler değerlendirildiğinde; 2018 Aralık ayında 50, 2019 Şubat ayında 34, 2019 Nisan ayında 40, 2019 Haziran ayında 46, 2019 Ağustos ayında 39 ve 2019 Ekim ayında 52 adet belirli kirletici parametre pozitif değer tespit edilmiştir. YO-ÇKS değerleri ile ortalama değerler karşılaştırıldığında ise PCB 138, Zn, B, Co, V, Al, Si, Br, Fe, Ti, Cr, PH, Serbest CN, Cu, PCB 180, Klorfenapir, Bromofos-metil, Teflutrin, Nitrofen, Nikosulfuron, Siflutrin; beta siflutrin, Klorosulfuron, Klorantraniliprol, Diflufenikan, Azoksistrobin, Tiometon olmak üzere **toplam 26 adet belirli kirletici YO-ÇKS değerini aşmıştır**. PCB 138, PCB 153, PCB 180, Zn, B, Co, Al, Si, Br, Fe, Ti, PH, Cu, Ag, As, Be, Ba,

V, Cr, Permetrin, Nikosulfuron, Teflutrin, Diflufenikan ve Siflutrin; beta siflutrin olmak üzere toplam 24 adet parametre MAK-ÇKS değerini en az bir dönemde aşmaktadır.



Şekil 11. Alıcı ortam istasyonları izleme sonuçlarının YSKY Tablo 4 ve Tablo 5'e göre değerlendirilmesi

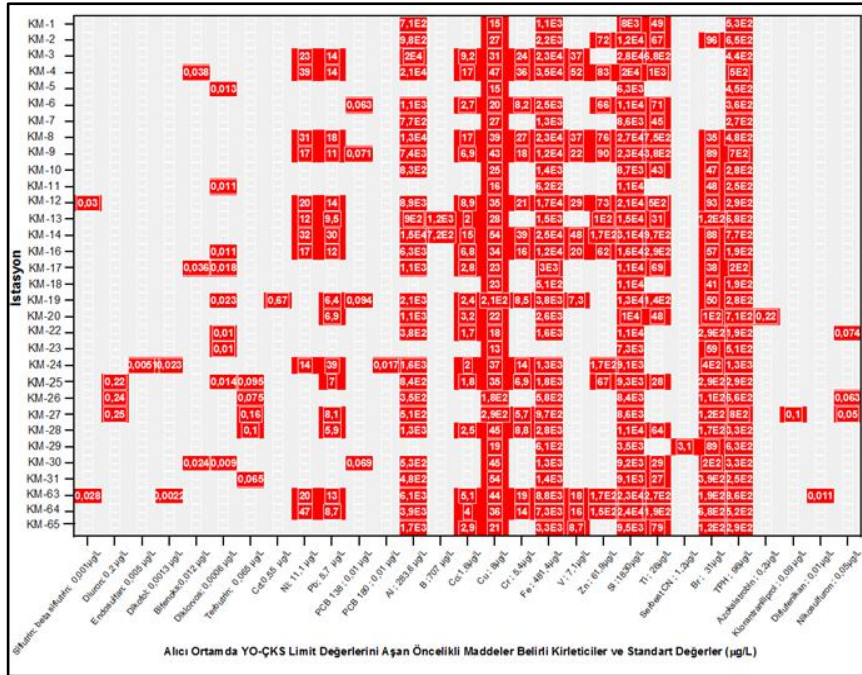
Toplam* tayin limitinin YO-ÇKS ve/veya MAK-ÇKS değerinin üzerinde olan maddeler hariç tutulduğunda toplam sayı

3.4. Alıcı ortamda limit değerlerin aşılmasına neden olan olası kaynaklar

Alıcı ortam istasyonlarında analizler sonucu cihazların tayin limitleri nedeni ile YO-ÇKS değerini aşmış gibi görünen 10 madde dikkate alındığında toplam 39 adet öncelikli madde ve belirli kirlenici YSKY'de iç sular için belirtilen sınır değerlerini aşmıştır. Ancak alıcı ortam su kalitesinin öncelikli maddeler ve belirli kirleniciler açısından doğru olarak belirlenebilmesi için YO-ÇKS değerini aşan 29 adet öncelikli madde ve belirli kirlenici detaylı olarak irdelenmiştir. Buna göre Cu, Si ve TPH parametreleri tüm istasyonlarda YO-ÇKS değerini aşmıştır. Fe parametresi 30 istasyonda, Al parametresi 27 istasyonda, Br parametresi 26 istasyonda, Ti parametresi 23 istasyonda ve Co parametresi 19 istasyonda YO-ÇKS değerini aşmıştır.

En çok kirlenici madde çıkan istasyon Ödemiş ilçesinde yan kol üzerinde bulunan KM-63 nolu

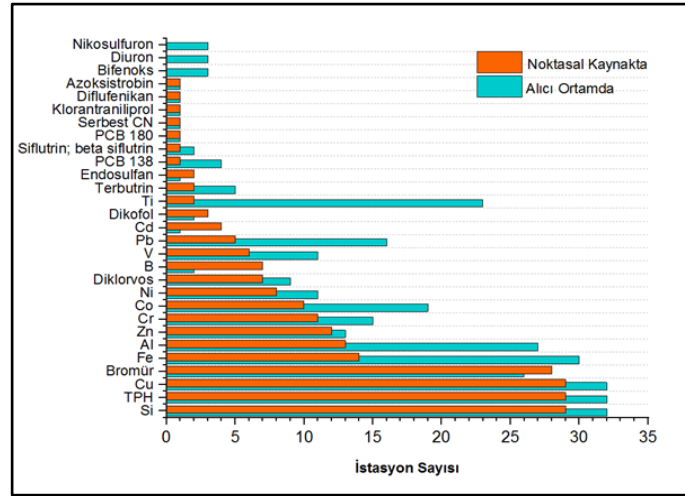
istasyonda toplam 16 kirlenici, Ödemiş ve sonrasında ana kol üzerinde bulunan KM-9, KM-12, KM-14, KM-16 nolu istasyonlarda, KM-19 ve yoğun endüstri ve kentsel kirliliğin olduğu KM-24 ve KM-25 nolu istasyonlarda toplam 14 kirlenici, ana kol üzerinde Ödemiş öncesinde bulunan KM-8 ve Tire sonrasında KM-14 nolu istasyonlarda 13 kirlenici ve Tire ilçe merkezine ait etkileri gösteren KM-13 nolu istasyonda 12 kirlenici YO-ÇKS değerini aşmaktadır (Şekil 12). Kirlenicilerin en yoğun olduğu istasyonlar çoğunlukla Küçük Menderes Nehri üzerinde ve her bir ilçe merkezinin etkisinin katılımı sonrasında kirlilik giderek yoğunlaşmaktadır. KM-63 nolu istasyonun en çok kirlenici bulunmasının nedeni sadece atıksu kaynaklı değil ilçedeki büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığının çalışma alanında yapılan en yoğun hayvancılık faaliyetlerinin de etkisi olduğu söylenebilir.



Şekil 12. Alıcı ortam istasyonlarında YO-ÇKS değerini aşan öncelikli maddeler belirli kirleticiler ve standart değerler (µg/L)

Alıcı ortam istasyonlarında ve noktasal kaynaklarda YO-ÇKS değerlerini aşan parametreler Şekil 13'de verilmiştir. Cu, Si ve TPH parametreleri tüm istasyonlarda YO-ÇKS değerlerini aşarken 29 noktasal kaynaktan da YO-ÇKS değerlerini aştığı görülmektedir. Noktasal kaynaklarda YO-ÇKS değerini aşan parametrelerin tümü alıcı ortamda da YO-ÇKS değerini aşmaktadır. Ancak, Bifenoks, Diuron ve Nikosulfuron maddeleri alıcı ortam istasyonlarında 6 dönem ortalama sonuçlarına göre YO-ÇKS değerini aşmıştır ancak bu parametreler kentsel ve endüstriyel deşarj

istasyonlarında 6 dönem ortalama sonuçlarına göre tespit edilememiştir. KM-22, KM-26 ve KM-27 nolu istasyonlarda YO-ÇKS ve MAK-ÇKS değerini aşan Nikosulfuron maddesi ile KM-25, KM-26 ve KM-27 nolu istasyonlarda YO-ÇKS ve MAK-ÇKS değerini aşan Diuron maddesi bazı dönemlerde kentsel ve endüstriyel izlemelerde pozitif tespit edilmiştir. Ancak, herbisit türü olan Bifenoks maddesi KM-4, KM-17 ve KM-30 nolu istasyonlarda hem YO-ÇKS ve hem MAK-ÇKS değerini aşmıştır ancak herhangi bir noktasal deşarj ile ilişkilendirilememiştir.



Şekil 13. Alıcı ortamda YO-ÇKS değerini aşan kirleticilerin noktasal istasyonlarda görülme sıklığı

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Küçük Menderes Nehri ana kolu ve bağlanan yan kolları üzerinde toplam 32 adet nehir, alıcı ortam izlemesi yapılan nehirlerle artırılmış ve/veya artırılmamış atıksu deşarjı bulunan 9 adet kentsel ve 18 adet endüstriyel kaynaklara ait istasyonlarda 2019 yılında gerçekleştirilen 6 dönem su kalitesi izleme çalışmaları Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (10.08.2016, RG: 29797) EK-5 Tablo 4 ve Tablo 5'e göre değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, nehir alıcı ortam istasyonlarında 134 adet, kentsel deşarjlarda 90 adet ve endüstri deşarjlarında 105 adet öncelikli madde ve belirli kirletici tespit edilmiştir. Bu tespit edilen maddelerden, 31 adedi nehirlerde, 16 adedi kentsel deşarjlarda ve 31 adedi endüstri deşarjında nehirler için belirlenen YO-ÇKS değerlerini aşmıştır.

6 dönem ortalama sonuçlarına göre, Si, TPH, Cu, Fe, Al, Br, Ti, Co, Pb, Cr, Zn, V, Ni ve Diklorvos (insektisit) maddeleri en az 10 adet nehir istasyonunda YO-ÇKS değerini aşmıştır. Terbutrin (herbisit) ve PCB-138, 5 nehir istasyonunda diğer maddeler ise en çok 2 istasyonda YO-ÇKS değerini aşmıştır. Küçük Menderes Nehri, metal ve yarı metaller ile bazı pestisit türevi maddeler açısından kirlenmiştir.

Bifenoks, Diuron ve Nikosulfuron maddeleri alıcı ortam istasyonlarında 6 dönem ortalama sonuçlarına göre YO-ÇKS değerini aşmıştır

ancak bu parametreler kentsel ve endüstriyel deşarj istasyonlarında 6 dönem ortalama sonuçlarına göre tespit edilememiştir. Alıcı ortam istasyonlarında YO-ÇKS değerlerini aşan bu maddelerden, Nikosulfuron ve Diuron maddeleri bazı dönemlerde kentsel ve endüstriyel izlemelerde pozitif tespit edilmiştir. Nikosulfuron ve Diuron maddeleri alıcı ortamda görülmüş olması beklenen bir durumdur. Diğer ilişki kurulamayan ve herbisit türü olan Bifenoks maddesi, 3 farklı nehir alıcı ortam istasyonunda, KM-4 (Beydağ Barajı girişi), KM-17 (Ana kol diğer yan kollar ile birleşmeden önceki son nokta) ve KM-30 (ana kol mansaba yakın) nolu istasyonlarda YO-ÇKS aşmasının nedeninin bu istasyonların üst toplama havzasının nihai noktası olması dolayısı ile bu maddenin uzun dönemde birikmiş olabileceği düşünülmektedir.

Çalışma alanında günümüze kadar yapılan çalışmalarda öncelikli maddeler ve belirli kirleticilerin tamamını kapsayıcı su kalitesi izleme çalışmaları bulunmamakla beraber 2012-2014 yılları arasında ÇŞB tarafından havzada yapılan izlemeler kapsamında Hg, Cd, Pb, As, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, Fe, Mn, B, Se, Ba, Al, Toplam CN, F, Serbest klor ve Sülfür gibi öncelikli ve belirli kirleticiler arasında yer alan maddeler 4 istasyonda izlenmiştir (ÇŞB, 2014). Bu izleme sonuçlarına göre metal kirlenmesi olduğu, 2014 yılında yapılan çalışmada tespit edilen Cu ($\approx 30\mu\text{g/L}$), Cr ($\approx 15\mu\text{g/L}$) ve Ni ($\approx 12\mu\text{g/L}$) parametelerinin 2012 ve 2013 yıllarına

kiyasla arttığı görülmektedir. Havzada yapılan en güncel çalışma olan ve 2019 yılında tamamlanan Küçük Menderes Havzası Nehir Havza Yönetim Planının Hazırlanması projesi kapsamında 30 adet yerüstü istasyonunda izleme çalışmaları gerçekleştirilmiş ve bu istasyonlardan yaklaşık 12 adedi bu çalışmanın alanı içerisinde yer almaktadır. 12 adet istasyonda çoğunlukla metaller, pestisitler, PAH bileşikler tespit edilmiştir [30]. 30 ila 36 adet öncelikli madde ve belirli kirleticilerin YO-ÇKS değerleri, KMN_010 (Ödemiş, KM-9 civarı), KMN_016 (Selçuk AAT sonrası, KM-31 civarı) ve KMN_014 (Fetrek, KM-24 civarı) nolu istasyonlarda aşılmalıdır. Sunulan çalışmada ve Nehir Havzası projesinde alıcı ortam istasyonlarında YO-ÇKS değerlerini aşan ortak parametreler ise Cu, Fe, Al, Ti, Co, Pb, Cr, Zn, V, Ni, B, Cd, Siflutrin; beta siflutrin ve Diklorvos maddeleridir. Ortak olmayan parametrelerin ortaya çıkmasında, farklı izleme zamanı, kullanılan cihazların tayin ve tespit limitlerinin farklı olması gibi etkenlerin neden olduğu düşünülmektedir.

Gediz Havzası'nda 2017 yılında tamamlanan çalışmada, 2015-2016 yılı içerisinde 4 mevsim olarak benzer izleme çalışması yürütülmüştür [12]. Elde edilen sonuçlara göre, metal ve yarı metaller haricinde benzer tehlikeli maddeler saptanmamıştır [8][11]. Buradan çıkarılacak sonuç ise yapılacak çalışmaların havzaya özgü yapılması gerekliliğidir.

Küçük Menderes Nehri'nin havza sınırlarında gerçekleştirilen izleme çalışmaları ve su kalitesi değerlendirmeleri sonucunda çoğunlukla metal kirlenmesi olduğu söylemek mümkündür. Metaller sonrasında en çok pestisit ve türevleri olan kimyasallara da rastlanmış ancak noktasal kaynaklarda da görülmesi nedeni ile pestisitlerin kaynağının net olarak ortaya konması mümkün olmamıştır. Yalnızca, Bifenoks maddesinin yayılı ve/veya tarım faaliyetleri sonucunda su ortamında bulunduğu söylenebilir. Metaller ve pestisit türevleri dışında poliklorlu bileşikler de (PCB 138 ve PCB 180) tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; havzaya özgü yapılan bu çalışma ile alıcı su ortamında mevcut kirlenmede sorumlu olan baskıların belirlenmesi ile ekonomik ve hızlı çözümlerin alınabilmesi mümkün olacaktır. Örneğin, alıcı su ortamında tespit edilen ve YO-ÇKS değerini aşan

parametre özelinde sorumlu kaynağın bulunması ile çözüm önerileri sunulabilecektir. Elde edilen bulgular ile alıcı ortam bazlı deşarj limitlerinin belirlenmesi için modelleme çalışması öncesi adımlar tamamlanmıştır. Ayrıca bu çalışma Taslak olan Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yönetmeliği gerekliliklerinin bir kısmını karşılamaktadır. Araştırma sonuçlarının Küçük Menderes Havzası'nda temiz üretim ve alıcı ortam bazlı su kalitesi belirleme çalışmalarına öncü referans olması hedeflenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma 116Y413 nolu TÜBİTAK projesi ile desteklenmektedir.

Kaynakça

- [1] M.T. Sikder, Y. Kihara, M. Yasuda, Yustiawati, Y. Mihara, S. Tanaka, D. Odgerel, B. Mijiddorj, S.M. Syawal, T. Hosokawa, T. Saito, M. Kurasaki. 2013. River Water Pollution in Developed and Developing Countries: Judge and Assessment of Physicochemical Characteristics and Selected Dissolved Metal Concentration, Clean - Soil, Air, Water. 41 60-68. doi:10.1002/clean.201100320.
- [2] H. Haider, P. Singh, W. Ali, S. Tesfamariam, R. Sadiq, 2015. Sustainability Evaluation of Surface Water Quality Management Options in Developing Countries: Multicriteria Analysis Using Fuzzy UTASTAR Method, Water Resour. Manag. 29, 2987-3013. doi:10.1007/s11269-015-0982-2.
- [3] R. Tricker, S. Tricker, 1999. Pollutants and contaminants, in: Environ. Requir. Electromechanical Electron. Equip., pp. 158-194. doi:10.1016/b978-075063902-6.50010-3.
- [4] R.P. Schwarzenbach, B.I. Escher, K. Fenner, T.B. Hofstetter, C.A. Johnson, U. Von Gunten, B. Wehrli, 2006. The challenge of micropollutants in aquatic systems, Science (80-.). 313, 1072-1077. doi:10.1126/science.1127291.
- [5] European Commission, Guidance Document No. 27 Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards, 2008. doi:10.2779/43816.
- [6] Directive 2000/60/EC - WATER FRAMEWORK DIRECTIVE, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, Off. J. Eur. Parliam. L327, 1-82.
- [7] EU, 2013. Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy, Off. J. Eur. Union. 226, 1-17.
- [8] E. Atasoy Aytış, M. Dilaver, B.H. Gürsoy Haksevenler, 2019. Zirai Mücadele İlaçlarının Yerüstü Sularında Tespit Edilmesi, Azaltımı ve Yönetimi, Gediz Havzası Örneği, Deu Muhendis. Fak. Fen ve Muhendis. 21, 83-96. doi:10.21205/deufmd.2019216109.
- [9] A. Koç Orhon, 2015. Yerüstü Sularında Bulunan Tehlikeli Maddelere İlişkin Çevresel Kalite

DEÜ FMD 23(69), 973-994, 2021

- Standartlarının Geliştirilmesine Yönelik Metodoloji, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı,Uzmanlık Tezi, Ankara.
- [10] European Parliament, 2008. Directive 2008/105/EC.
- [11] B.H. Gursoy-Haksevenler, E. Atasoy-Aytis, M. Dilaver, S. Yalcinkaya, N. Findik-Cinar, E. Kucuk, T. Pilevneli, A. Koc-Orhon, E. Siltu, S.M. Gücver, Y. Karaaslan, U. Yetis, 2020. A strategy for the implementation of water-quality-based discharge limits for the regulation of hazardous substances, Environ. Sci. Pollut. Res. doi:10.1007/s11356-020-10220-5.
- [12] OSİB, 2017, Günlük Maksimum Toplam Yük Yaklaşımının Gediz Havzasında Uygulanması Projesi Final Raporu.
- [13] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016. ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Küçük Menderes Havzası Kirlilik Önleme Eylem Planı.
- [14] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,2018. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Atıksu Arıtımı Eylem Planı (2017-2023)
- [15] Yer Üstü Suları, Yer Altı Suları ve Sedimentten Numune Alma Ve Biyolojik Örnekleme Tebliği, 2015. Resmi Gazete:29274, Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- [16] Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019.Küçük Menderes Havzası Nehir Havza Yönetim Planının Hazırlanması - Nehir Havza Yönetim Planı Nihai Raporu.
- [17] Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY), 10.08.2016, RG No: 29797, Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- [18] OSİB,2014. Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği Projesi (KIYITEMA) Final Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Projesi, (Hazırlayan: TÜBİTAK, MAM) Aralık 2014.
- [19] OSİB,2014.Tehlikeli Madde Kirliliğinin Kontrolü İlişkin Proje (TMKK) Final Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Projesi, (Hazırlayan: İO Çevre Çözümleri).
- [20] OSİB,2014. Bitki Koruma Ürünlerinin Kullanımı Neticesinde Meydana Gelen Su Kirliliğinin Tespiti ve Madde veya Madde Grubu Bazında Çevresel Kalite Standartlarının Belirlenmesine İlişkin Proje (BİKOP) Final Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Projesi, (Hazırlayan: TÜBİTAK, MAM) Ekim 2014.
- [21] <https://ippc.csb.gov.tr/entegre-cevre-izni-konusunda-turk-yasal-mevzuati-i-3219>, erişim tarihi 25.12.2020.
- [22] Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği, 23.7.2016, RG No:29779, Tarım ve Orman Bakanlığı
- [23] TÜBİTAK MAM, 2010. Küçük Menderes Havzası Havza Koruma Eylem Planının Hazırlanması Projesi
- [24] OSİB, 2016. Türkiye'de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi, Projesi Final Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Projesi, (Hazırlayan: TÜBİTAK, MAM).
- [25] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014. ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Küçük Menderes Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu.
- [26] İzmir Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdaresi (İZSU), <https://www.izsu.gov.tr/tr/Faaliyet/3> (Erişim Tarihi: 24.12.2020).
- [27] Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik,2016, Resmi Gazete:29927, Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- [28] CLC, 2018. The European CORINE Land Cover (CLC)
- [29] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK),2020.
- [30] Yerüstü Su Kütleleri İçin Çevresel Hedeflerin Belirlenmesine İlişkin Tebliğ, 21.07.2020, RG No:31192, Tarım ve Orman Bakanlığı