

GAZİ

JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

Determination of Effects of Point Pollution Sources in Kesikköprü Dam Lake Basin

Olca Gülççek Uysal^a, Kağan Cebe^b

Submitted: 01.10.2023 Revised: 29.01.2024 Accepted: 29.02.2024 doi:10.30855/gmbd.2017.0705N07

ABSTRACT

Keywords: Water pollution, point sources of pollution, wastewater, GIS

^a Mersin University,
Faculty of Engineering,
Dept. of Environmental Engineering
33100 - Mersin, Türkiye
Orcid: 0000-0001-9032-4241
e mail: olcayoz@mersin.edu.tr

^b Ondokuz Mayıs University,
Faculty of Engineering,
Dept. of Civil Engineering
55200 - Samsun, Türkiye
Orcid: 0000-0003-1288-1362

*Corresponding author:
olcayoz@mersin.edu.tr

This study aims to examine the effects of pollution coming from point sources within the basin of Kesikköprü dam lake, which is considered a source of drinking water supply for Ankara province, considering the increasing population between 2022 and 2050, and the wastewater. The point sources of pollution in a region include domestic and industrial wastewater and solid waste leachate incoming to the receiving environment. A methodology for calculating total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), and total suspended solids (TSS) loads, which are pollutant loads coming from point sources, is presented and region-specific findings and results are obtained. The study area is divided into 33 sub-basins and point pollution sources in each sub-basin are determined. The loads occurring in these sources are calculated according to unit pollution values. In addition to the pollution loads from point sources existing in the basin in 2022, the change in loads in 5-year periods between 2022 and 2050 is also estimated according to the population projection in the region. Thematic maps showing the spatial distribution of the results are created using ArcGIS 10.8. The calculated point source pollution loads reveal that if no improvement for wastewater treatment is made by 2050, they will increase parallel to the population growth, creating a significant pollution load on the dam lake from which drinking water is supplied, and negatively affecting water quality in the reservoir.

Kesikköprü Baraj Gölü Havzasındaki Noktasal Kirlilik Kaynaklarının Etkilerinin Belirlenmesi

ÖZ

Bu çalışmada, kentleşme ile birlikte artan nüfus ve beraberinde oluşacak olan evsel atıksu ve kirlilik yükleri dikkate alınarak, Ankara ili için içme suyu kaynağı olarak değerlendirilen Kesikköprü baraj gölü ne havza içerisindeki noktasal kaynaklardan gelen kirliliğin 2022-2050 yılları arasındaki baskı ve etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Alıcı ortama gelen evsel ve endüstriyel atıksular ile katı atık sızıntı suları bölgedeki noktasal kaynaklı kirleticileri oluşturmaktadır. Noktasal kaynaklardan gelen kirletici yüklerinden olan toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda katı madde (AKM) yüklerinin hesaplanması için bir metodoloji sunulmuş ve bölgeye özgü bulgu ve sonuçlar ortaya konulmuştur. Çalışma alanı, 33 alt havzaya ayrılmış ve her alt havzada bulunan noktasal kirlilik kaynakları tespit edilerek, bu kaynaklarda oluşan yükler birim değerlere göre hesaplanmıştır. Havza içerisinde 2022 yılında mevcut olan noktasal kirlilik yükleri yanı sıra, bölge için yapılan nüfus projeksiyonuna göre 2022-2050 yılları arasında 5 yıllık periyotlar ile yüklerinin değişimi de tahmin edilmiştir. Sonuçların, alansal dağılımını gösteren tematik haritalar ise ArcGIS 10.8 yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Hesaplanan noktasal kaynaklı kirlilik yüklerinin 2050 yılına kadar hiçbir iyileştirme yapılmaz ise nüfus artışına paralel olarak artarak içme suyu temin edilen baraj gölünde kirlilik yükü baskısı oluşturacağını ve su kalitesini olumsuz yönde etkileyeceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Su kirliliği, noktasal kirletici kaynakları, atıksu, CBS

1. Giriş (Introduction)

Temiz ve kullanılabilir suya ulaşım, Dünya üzerindeki hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme ile gün geçtikçe zorlaşmaktadır [1]. Su kaynakları üzerindeki gün geçtikçe artan baskıların değerlendirilmesi yapıldığında, su kaynaklarının havza ölçeğinde yönetiminin önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Havza, tüm doğal kaynakları içinde barındıran akarsuyun başlangıcından döküldüğü noktaya kadar tüm drenaj alanı kapsayan bir arazi parçası olarak tanımlanmaktadır ve bu bakımdan çoğu zaman idari sınırdan bağımsızdır. Havza yönetimi ise havza içerisindeki tüm kaynakların bütünlük içinde korunmasını sağlayacak yönetim kavramı olarak belirlenmiştir [2].

Havzaların yönetimi, doğru kullanımı, havza içindeki göllerin ve rezervuarlarının ıslahı ve korunması, havzayı besleyen yüzey sularının doğal ekosistemlerin korunması için anahtardır [3]. Bu nedenle havzalarda kirlilik oluşturan kaynakların ortaya konulması ve kontrolü oldukça önemlidir [4]. Kirletici kaynaklarını kirliliğin ortama verilmiş şekilleri açısından ikiye ayırmak mümkündür. Bunlar, noktasal kirletici kaynaklar ve yayılı (noktasal olmayan) kirletici kaynaklar olarak adlandırılır. Noktasal kaynaklardan gelen kirlilik yükleri alıcı ortama belli bir noktadan, doğrudan deşarj edilir. Yayılı kaynaklardan gelen kirlilik yükleri ise alıcı ortama yayılarak ulaşmaktadır. Bu bakımdan, noktasal kirlilik kaynaklarının kontrolü ve ıslahı, yayılı kaynaklara göre daha kolaydır. Bu çalışma kapsamında çalışma alanına ait noktasal kirletici kaynakları araştırılmıştır. Noktasal kirletici kaynaklar evsel atıksu arıtma tesisi deşarjlarını, endüstriyel atıksu deşarjlarını ve sabit bir noktadan gelen kirleticileri kapsamaktadır. Avrupa Birliği üye devletleri, nehir havzası yönetim planı doğrultusunda yayınladıkları “Avrupa suları durum değerlendirmesi ve baskılar” adlı raporunda noktasal kirlilik kaynaklarında kentsel atık suların baskın kirlilik kaynağı olduğunu açıklamışlardır [5].

Havza sınırlarında oluşan su kaynaklarının azalması ve kirlenmesi, bitki örtüsü kayıpları, nüfus artışı, noktasal ve noktasal olmayan kirlilik kaynakları havzada müdahale gerektiren olayların varlığını göstermektedir. Havzalarda müdahale gerektiren olaylara hızlı çözüm üretebilmek için havzayı oluşturan tüm parçaların birbirleriyle ilişkisinin ortaya konulması gereklidir [2, 6, 7]. Havzalarda başlıca kirliliğe neden olan unsurların envanter çalışmasının yapılması ile su kalitesini etkileyen kaynakların gözlenmesi ve değerlendirilmesi, havzadaki potansiyel sorunlar tanımlanması açısından oldukça önemlidir [2]. Sınırlayıcı ve düzenleyici faktörler ilkesine göre, belirli ekolojik süreçlerin talebe göre en az arzda bulunan çevresel faktör tarafından kontrol edildiğini belirtir. Bu fikre göre, durgun sularda ve göllerde azot ve özellikle fosfor, sucül ekosistemlerde birincil üretim için sınırlayıcı besin olarak kabul edilmektedir [8]. Araştırmalar, neredeyse tüm tatlı sularda birincil üretimin, fosfat iyonu olarak ortaya çıkan fosforun mevcudiyeti ile sınırlı olduğunu göstermiştir.

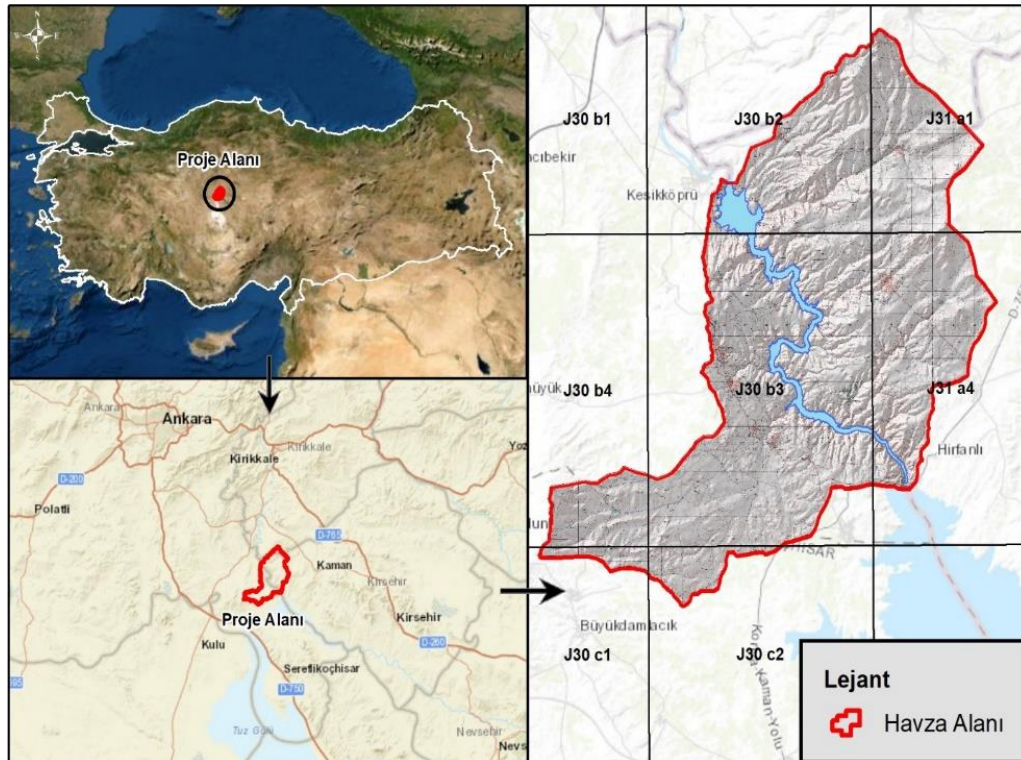
Durgun sular ve göllerde en önemli azot kaynaklarından biri de noktasal kirletici kaynaklarından su kütlesine ulaşan kirleticilerdir. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığına (TOB) ait raporda, Yeşilirmak Havza sınırlarındaki yüzey sularının kentsel ve endüstriyel deşarjların neden olduğu önemli baskılardan etkilendiği rapor edilmiş olup, çevresel hedeflere ulaşma riski düşük veya kentsel ve endüstriyel atıksular nedeniyle önemli ölçüde etkilenen 28 su kütlesi hassas su kütleleri olarak kabul edilmiştir [9].

Erdoğan [10] tarafından, Doğu Karadeniz Havzası'nda gerçekleştirilen araştırmada 2017-2040 yılları arasında havza nüfusunun tahmin edildiği ve bu dönemde havza içindeki noktasal ve yaygın kaynaklardan alıcı ortamlara ulaşabilen kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) yüklerinin tahmin edilmesi üzerine odaklanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, kirlilik yüklerinin kaynakları şu şekildedir: Noktasal azot yükleri %96 oranında kentsel kirlilikten kaynaklanmakta, %2 oranında endüstriyel kaynaklardan ve %2 oranında ise katı atık sızıntı sularından kaynaklanmaktadır. Noktasal fosfor yükleri açısından ise %99'u kentsel kaynaklardan, %1'i ise endüstriyel kaynaklardan kaynaklanmaktadır. Bursa Uluabat Gölü'nde noktasal kirlilik kaynakları üzerine Hacısalihoğlu ve Karaer tarafından yapılan çalışmada, bu kaynakların gölü önemli ölçüde kirlittikleri belirlenmiştir [11]. Marmara Havzası'nda evsel atıksuların su kaynakları etkileri incelenmiş ve havzadaki kirliliğin baskın olarak daha çok noktasal kaynaklardan geldiği ortaya konmuştur [12].

Bu çalışma ile Türkiye'nin en uzun nehri Kızılırmak üzerinde bulunan, elektrik üretimi ve sulama yanında 2008 yılından itibaren Ankara'nın içme suyunun karşılanması için de kullanılan Kesikköprü baraj gölünün, artan nüfusa bağlı olarak 2022-2050 yılları arasında maruz kalacağı kirlilik yüklerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, çalışma alanı 33 alt havzaya ayrılmış ve her alt havzanın noktasal kirlilik kaynakları tespit edilerek, 2022-2050 yılları arasında kirletici yükleri hesaplamaları Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde [13] yer alan birim değerlere göre yapılmıştır. Elde edilen sonuçların, alansal dağılımını gösteren tematik haritalar ise ArcGIS v.10.8 yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur.

2. Çalışma Alanı (Study area)

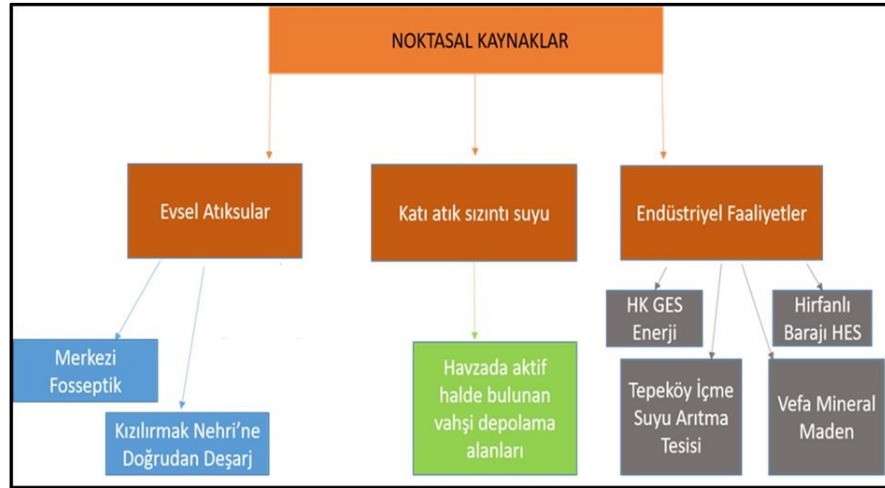
Çalışma alanı, Türkiye'nin ikinci en büyük havzası olan Kızılırmak havzasında yer almaktadır. Kızılırmak havzası İç Anadolu Bölgesi'nin doğusunda yer almaktadır. 1.151 km'lik uzunluğu ile Türkiye akarsularının en uzun olan Kızılırmak, 82.181 km²'lik bir drenaj alanına sahiptir [14]. Kızılırmak üzerinde bulunan Kesikköprü baraj gölü, Ankara ili Bala ve Şereflikoçhisar ilçeleri ve Kırşehir ili Kaman ilçesi ile Kırıkkale ili Çelebi ilçe sınırları içerisinde bulunmaktadır. Söz konusu proje alanı Ankara il merkezinin kuş uçuşu yaklaşık 76 km güneydoğusunda ve Kırşehir ilinin yaklaşık 55 km kuzeybatısında yer almaktadır. Proje alanı Kızılırmak Havzası-Orta Kızılırmak Alt Havzası sınırları içerisinde yer almakta olup, havzayı temsil eden Kesikköprü Barajı Gölü'nün orta noktası ED50 UTM Zone 36 536611 D ve 4359527 K koordinatlarında bulunmaktadır. Türkiye 1/25.000 ölçekli pafta bölümlenmesinde barajın havza alanı; J30-b2, J30-b3, J30-b4, J30-c1 J30-c2, J31-a1 ve J31-a4 paftaları içerisinde yer almaktadır. Baraj havzasının coğrafi konumunu gösterir harita Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kesikköprü baraj gölü havzası coğrafi haritası
(Geographical map of Kesikköprü dam lake basin)

Kızılırmak nehri üzerinde kurulu 11 adet baraj mevcuttur. Bu barajlardan biri olan Kesikköprü Barajı, Ankara'ya 120 km mesafededir. Güncel olarak baraj kullanımı; enerji, tarımsal sulama ve içme suyu amacıyla gerçekleştirilmektedir. 1995 yılında Ankara ili için gelecekte içme suyu kaynağı olarak önerilen Kapulukaya Barajı'nın su kalitesinin yetersiz olmasından dolayı, 2000 yılında Kesikköprü Barajı'nın içme suyu amacıyla kullanımı kararlaştırılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, Kesikköprü baraj gölü havzası, sınırlarındaki akarsu kolları ve baraj gölü temel alınarak 33 alt havzaya ayrılmıştır. Bir coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımı olan ArcGIS v.10.8 Arc/Hydrology



Şekil 3. Kesikköprü baraj gölü havzasındaki başlıca noktasal kirletici kaynakları
(Major Point Pollutant Sources in Kesikköprü Dam Lake Basin)

Noktasal kaynaklardan gelen kirlilik yükü hesapları, Kesikköprü baraj gölü havzasını paylaşan yerleşim yerlerinin dâhil oldukları alt havzalar bazında yapılmıştır (Ağapınar: KAH-1, Tatık, Büğüz KAH-2, Kargınyenice: KAH-7, Küçükcamili: KAH-9, Büyükcamili, Bektaşlı, Küçükbüyük: KAH-10, İkizler: KAH-11, Tepeköy: KAH-13).

Kirlilik yükü hesaplamalarında kişi başına düşen debi ve kirlilik yükü hesaplamaları yapılabilmesi için, çalışma alanındaki yerleşim yerlerinin nüfus değerleri 1985, 1990 ve 2000 yılları için Kızılırmak Havzası Master Planı Nihai Raporu'ndan [15], 2007-2021 yılları arasındaki nüfus verileri ise Adrese dayalı nüfus kayıt sisteminden alınmıştır. 25 yıllık nüfus projeksiyonu hesaplamalarında (2030-2035-2040-2045-2050) İller Bankası nüfus projeksiyon metodu kullanılmıştır.

2.1. İller Bankası metoduna göre nüfus projeksiyonu (Population projection by İller Bankası method)

İller Bankası Yöntemi, artış hızının çoğalma katsayıları ile ifade edildiği ve geometrik artış metodu esasına göre artışın sınırlandırıldığı bir yöntemdir. Çoğalma katsayıları Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmaktadır [16].

$$\zeta = \left(a \sqrt{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) \times 100 \quad (1)$$

Burada, ζ = Çoğalma katsayısı, a =İki nüfus arasında geçen süre (yıl), N_y = Beldenin yeni nüfus değeri, N_e = Beldenin eski nüfus değerini ifade etmektedir. İller Bankası yöntemine göre, nüfus artış oranının aşırı yüksek veya düşük tahmin edilmesinin önüne geçilmesi adına çoğalma katsayısının değeri, $\zeta >= 3$ ise $\zeta = 3$, $\zeta <= 1$ ise $\zeta = 1$ olarak alınır. Burada yıllara göre nüfus artış ve düşüş gösterdiğinden her yıl için ayrı ayrı çoğalma katsayısı hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. İller Bankası Artış Metodu ile nüfus projeksiyonu

Yıllar	1985	1990	2000	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Artış Katsayısı Ortalaması	
Nüfus	9.729	9.986	10.406	4.991	5.012	4.806	4.482	4.674	4.202	4.310	3.943	3.865	4.025	4.573	5.473	4.551	4.146	3.822		
Hesap Dönemi		1990-1985	2000-1990	2007-2000	2008-2007	2009-2008	2010-2009	2011-2010	2012-2011	2013-2012	2014-2013	2015-2014	2016-2015	2017-2016	2018-2017	2019-2018	2020-2019	2021-2020		
Artış Katsayısı		1,03	1,04	0,48	0,42	-4,11	-6,74	4,28	-10,10	2,57	-8,51	-1,98	4,14	13,61	19,68	-16,85	-8,90	-7,81	-1,82	

Çoğalma katsayısının yıllara göre değişiklik göstermesi ve ortalama değerinin 1'den küçük olması nedeniyle projeksiyonda $\zeta = 1$ olarak alınmıştır. Nüfus hesabı Eşitlik 2 yardımı ile yapılmıştır.

$$N_y = N_e \times \left(1 + \frac{\zeta}{100}\right)^n \quad (2)$$

Burada, N_y = Yeni nüfus sayım değeri, N_e = Eski nüfus sayım değeri, ζ = Çoğalma katsayısı, n = İki nüfus arasında geçen süreyi (yıl) ifade etmektedir. Kesikköprü Baraj Gölü Havzası'nda bulunan yerleşim yerlerinin nüfus projeksiyonu, İller Bankası artış metoduna göre hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Yerleşimlerin İller Bankası Metodu ile hesaplanan nüfus projeksiyonu

Alt Havza - Yerleşim Yeri / Yıllar	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
KAH-1 (Ağapınar)	238	246	253	261	302	350	406	471	546
KAH-2 (Tatık-Bügüz)	303	306	310	313	329	346	363	382	401
KAH-7 (Kargınyenice)	824	832	840	849	892	937	985	1036	1088
KAH-9 (Küçükcamili)	402	414	427	440	510	591	685	794	921
KAH-10 (Büyükcamili, Bektaşlı, Küçükbüyük)	963	992	1023	1053	1221	1416	1641	1903	2207
KAH-11 (İkizler)	76	78	80	83	96	111	129	150	174
KAH-13 (Tepeköy)	118	122	125	129	150	173	201	233	271

2.1. Evsel atıksu (Domestic wastewater)

Kesikköprü baraj gölü havzası noktasal kirlilik yükü ve atıksu debisi hesaplamalarında 20.03.2010 tarih ve 27527 sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde yer alan kişi başına düşen birim değerler ve literatürde bugüne kadar yapılmış çalışmalar baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır [10, 17, 18]. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği [13] içerisinde bulunan Tablo 2.1 yerleşim yerlerinin nüfusu ile kişi başına düşen ortalama atıksu miktarını göstermektedir. Bu tabloda en düşük nüfus değeri 2000-10.000 kişi değerler arasında olup çalışma alanında 2000 kişi altındaki nüfusa sahip yerleşim yerleri için birim değerler kabulü yapılmıştır. 2022 yılı için hesaplanan kişi başı atıksu oluşumu değerleri 2050 yılına kadar 5 yıllık zaman dilimlerinde kademeli olarak arttırılmıştır.

Hesaplanan atıksu debisi sonuçlarına sızma debisi de ilave edilmiştir. Sızma debisi, yerleşim yerinin sahilde olup olmamasına, yeraltı su seviyesine, zemine, kanalizasyon şebekesinin yeni ya da eski olmasına ve şebekelerdeki kaçak oranı ile değişmekte olup, hesaplamalarda kentsel altyapı sisteminin zamanla iyileştirileceği kabulü ile kademeli olarak azaltılmıştır.

Buna göre; kişi başı atıksu debisi 2022 yılında %50, 2025 yılında %45, 2030 yılında %40, 2035 yılında %35, 2040 yılında %30, 2045 yılında %25 ve 2050 yılında %20 oranında artırılarak toplam atıksu debisi hesaplanmıştır (Tablo 4). Kesikköprü baraj gölü havzası evsel atıksular için kirlilik yükü hesaplamalarında, nüfusa bağlı kişi başı oluşan kirlilik yükleri ise Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Kişi başı atıksu oluşumu [10, 13, 17, 18] (Wastewater generation per capita)

Yıl	Nüfus (kişi)	Atıksu oluşumu (l/kişi.gün)	Sızma debisi (l/kişi.gün)	Toplam atıksu debi (l/kişi.gün)
2022	2000 altı	70	35	105
	2000-10.000	80	40	120
2025	2000 altı	85	38	123
	2000-10.000	95	43	138
2030	2000 altı	100	40	140
	2000-10.000	115	46	161
2035	2000 altı	115	40	155
	2000-10.000	135	47	182
2040	2000 altı	130	39	169
	2000-10.000	155	47	202
2045	2000 altı	145	36	181
	2000-10.000	175	44	219
2050	2000 altı	150	30	180
	2000-10.000	195	39	234

Çalışma alanı yerleşim yerlerini Kaman ve Bala ilçeleri olarak iki bölgeye ayırdığımızda; Bala ilçesinde kalan 5 yerleşim yerinin (Tepeköy, Küçükcamili, Büyükcamili, Bektaşlı, Küçükbüyük) kanalizasyon sisteminin olduğu ve atıksularının merkezi fosseptiklerde toplandığı tespit edilmiştir. Kaman ilçesinde 4 yerleşim yerinin (Hirfanlı, Tatık, Ağapınar, Büğüz) kanalizasyon sisteminin olduğu ve atık suların merkezi fosseptiklerde toplandığı, 1 yerleşim yerinin (Kargıyenice) kanalizasyon sisteminin olduğu ancak toplanan atıksuların doğrudan Kızılırmak nehrine deşarj yapıldığı; bir adet yerleşim yerinin (İkizler) ise atık sularının ferdi fosseptiklerde toplandığı tespit edilmiştir.

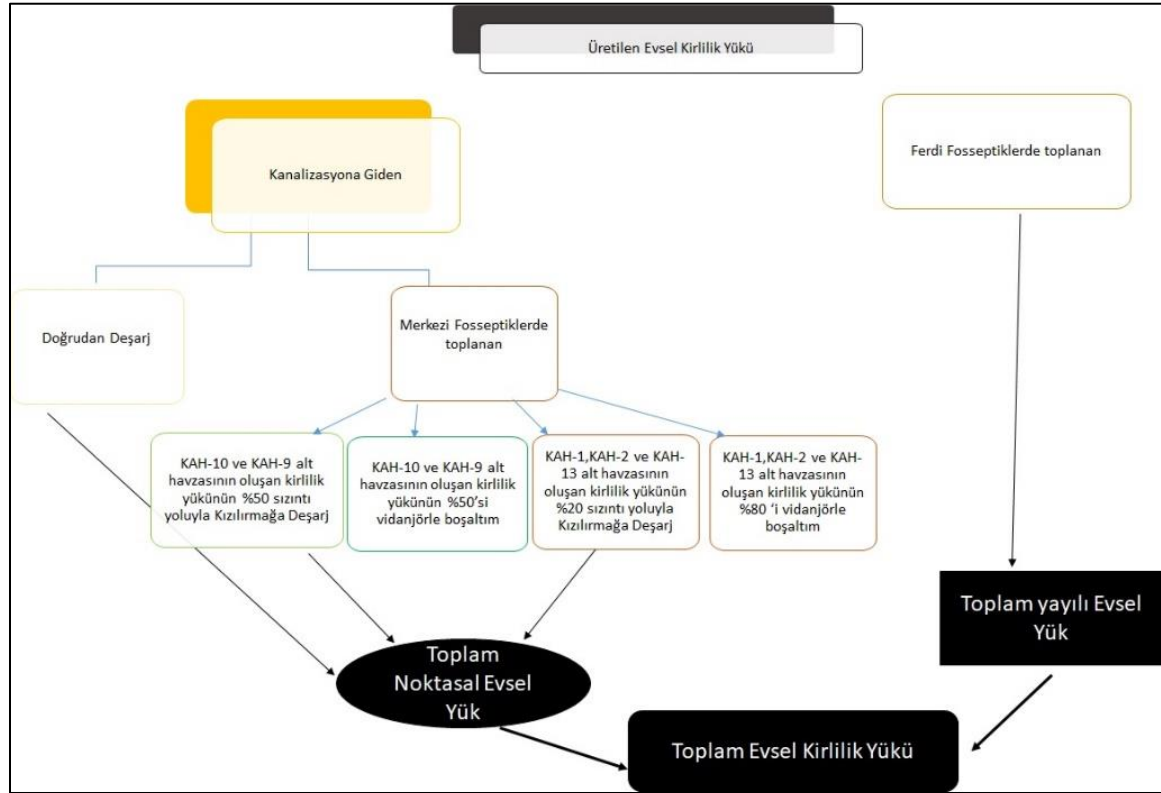
Tablo 5. Nüfusa bağlı kişi başı kirlilik oluşumu [10, 13, 17, 18] (Pollution generation per capita based on population)

Yıl	Nüfus (kişi)	KOİ (g/kişi.gün)	BOİ (g/kişi.gün)	AKM (g/kişi.gün)	TN (g/kişi.gün)	TP (g/kişi.gün)
2022	2000 altı	50	35	30	4	0,8
	2000-10000	55	40	35	5	0,9
2025	2000 altı	51	37	32	4,5	0,85
	2000-10000	57	42	36	5	0,9
2030	2000 altı	53	38	34	5	0,9
	2000-10000	62	47	38	5,5	1
2035	2000 altı	55	41	36	5,5	0,95
	2000-10000	67	52	40	6	1,1
2040	2000 altı	57	43	38	6	1
	2000-10000	72	57	42	6,5	1,2
2045	2000 altı	58	45	40	6,5	1,05
	2000-10000	77	62	44	7	1,3
2050	2000 altı	60	47	42	7	1,1
	2000-10000	82	67	46	7,5	1,4

Çalışma alanı içinde bulunan santral ve tesislerden Tepeköy İçme Suyu Arıtma Tesisi, Vefa Mineral Maden Tesisi, HK GES Enerji santralinde oluşan evsel atıksuların merkezi fosseptiklerde toplanarak, belirli aralıklar ile havza dışına toplandığı tespit edilmiştir. Havza sınırına yakın mesafede bulunan, Hirfanlı Barajı HES'e ait evsel atıksular ise doğrudan Kızılırmak Nehri'ne deşarj edildiği tespit edilmiştir.

Havza içinde yerinde yapılan incelemelerde KAH-10 alt havzasında yer alan yerleşim yerlerinin (Büyükcamili, Bektaşlı ve Küçükbüyük) ve KAH-9 alt havzasında yer alan Küçükcamili yerleşim yerinin merkezi fosseptiklerinin oldukça bakımsız olduğu görülmüştür. Bu alanlarda merkezi fosseptiklerin betonarme yapısına rağmen atıksuyun üstte bulunan açıklıklardan sızarak Kızılırmak'a karıştığı, yerinde yapılan saha çalışmalarında tespit edildiğinden, noktasal kirlilik kaynağı olarak kabul edilmiştir. Bu yerleşim yerlerinden kaynaklanan atık su debisi ve kirlilik yükünün %50'sinin havza içine deşarj edildiği kabul edilerek hesaplamalara katılmıştır.

Yapılan saha çalışmalarında KAH-1 (Ağapınar-Karaosman), KAH-2 (Tatık ve Büğüz) ve KAH-13 (Tepeköy) alt havzalarında bulunan yerleşim yerlerinin evsel atık sularının toplandığı merkezi fosseptiklerin düzenli boşaltılmadığı ve bakımsızlığı nedeniyle, noktasal kirlilik kaynağı olarak kabul edilmiştir. Adı geçen yerleşim yerlerinden kaynaklanan atık su debisi ve kirlilik yükünün %20'sinin havza içine deşarj edildiği kabul edilerek hesaplamalara katılmıştır. KAH-11 alt havzasında bulunan İkizler köyü atık suları ferdi fosseptiklerde toplandığından dolayı, noktasal kirlilik kaynak olarak değerlendirilmemiştir. Kesikköprü baraj gölü havzası'nda bulunan Tepeköy İçme Suyu Arıtma Tesisi, Kesikköprü Madencilik işletme ruhsat alanında faaliyet gösteren Vefa Mineral Maden Tesisi ve HK GES Enerji tesislerin oluşturduğu evsel atıksular merkezi fosseptiklerde toplandığından dolayı kirlilik yükü hesabına katılmamıştır. Hirfanlı Barajı HES tesisinin evsel atıksuları, tesiste çalışan sayısı dikkate alınarak, toplam evsel kirlilik yüklerinin %5 oranına artırılarak dâhil edilmiştir. Oran belirlenirken literatür verilerinden yararlanılmıştır [10, 17, 18]. Yerleşim yerlerinde üretilen kentsel kirlilik yüklerinin havzaya ulaşma sürecinde izlediği yol Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil 4. Evsel atıksu kirlilik yükü şeması
(Domestic wastewater pollution load diagram)

Evsel kirlilik yüklerinin hesaplanmasında yapılan kabuller aşağıda verilmiştir. Buna göre;

- KAH-7 alt havzasında bulunan Karginyenice köyünün atıksuları doğrudan deşarj yapıldığından dolayı debi ve kirlilici yük hesabına katılmıştır.
- Evsel atıksuyunu doğrudan Kızılıрмаk Nehri'ne deşarj yapan Hirfanlı HES'in debi ve kirlilik yükleri, toplam kirlilik yükünün %5 arttırılması ile hesaplamalara katılmıştır.
- Havza alanı içerisindeki merkezi fosseptik kullanan yerleşim birimlerinin debi ve kirlilik yükleri hesaba katılmış olup; KAH-10 alt havzasında yer alan Bektaşlı, Küçükbüyük ve KAH-9 alt havzasında yer alan Küçükcamili yerleşim yerlerinin oluşturduğu toplam atıksu debi ve kirlilik yüklerinin %50'si hesaba katılmıştır.
- KAH-1 havzasında yer alan Ağapınar, Karaosman, KAH-2 alt havzasında yer alan Büğüz, Tatık ve KAH-13 alt havzasında yer alan Tepeköy yerleşim yerlerinin oluşturduğu toplam atıksu debi ve kirlilik yüklerinin %20'si hesaba katılmıştır.

Yıllık toplam evsel atıksu miktarı, kişi başı atıksu miktarı ile havzada bulunan yerleşim yerlerinin toplam nüfusu çarpılarak hesaplanmış, evsel atıksulardan kaynaklanan yıllık toplam kirlilik yükünün hesabı ise kişi başı kirlilik yükleri ile toplam nüfus çarpılarak bulunmuştur. Günlük olarak verilen kişi başı atıksu ve kirlilik yükleri yıllık toplam olarak hesaplanmıştır. Projeksiyon yıllarında oluşması muhtemel toplam atıksu miktarı ve toplam kirlilik yükleri de aynı yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. Projeksiyon yılları için İller Bankası Metodu ile hesaplanan nüfus değerleri kullanılmıştır.

2.2. Katı atık (Solid waste)

Kesikköprü baraj gölü havzası sınırları içerisinde yer alan yerleşim yerlerinin İkizler köyü hariç hepsinin katı atıklarının belediye ve Kırşehir İl Özel İdare'ye ait çöp konteynerlerinde biriktirildiği ve düzenli aralıklarla toplanarak havza alanı dışına taşındığı tespit edilmiştir. Kesikköprü baraj gölü havzası sınırları içerisinde herhangi bir düzenli katı atık depolama sahası ve transfer istasyonu bulunmamaktadır.

2.3. Endüstriyel kirleticiler (Industrial pollutants)

Kesikköprü baraj gölü havzası'na endüstriyel kirleticilerin etkisi oldukça azdır. Proje alanında, Büyükcamili ve Kargınyenice yerleşim yerlerinde küçük ölçekli besicilik çiftlikleri tespit edilmiştir. Alanda büyük ölçekli bir besi çiftliği bulunmamaktadır.

Kesikköprü baraj gölü havzası içerisinde herhangi bir Organize Sanayi Bölgesi veya Küçük Sanayi Sitesi bulunmamaktadır. 2022 yılı Sanayi Sicil Bilgi Sistemi'nde Bala ve Kaman ilçelerinde faaliyet gösteren ve Sanayi Sicil Bilgi Sistemi'ne kayıtlı 186 firmanın olduğu görülmüştür. Bu firmaların içerisinde Kesikköprü baraj gölü havzasında faaliyet gösteren üç işletmenin olduğu anlaşılmıştır. Bölgede geniş bir alana yayılı olarak bulunan maden sahaları içerisinde aktif bir maden işletmesi, bir güneş enerji santrali (GES) ve Kesikköprü baraj gölü membasında bulunan Hirfanlı hidroelektrik santrali (HES) işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmeler ile ilgili bilgiler Tablo 6'de verilmiştir.

Tablo 6. Kesikköprü baraj gölü havzasındaki işletmeler (Industry in Kesikköprü dam lake basin)

İşletme Adı	Koordinatı		Sektör	NACE Kodu	Endüstriyel Atıksu Miktarı	Deşarj İzni/Kanalizasyon	Atıksu Arıtma Tesisi	
	Zon	UTMX						UTMY
Vefa Mineral Maden	36S	540658	4361207	Maden	07.10.01	Deşarj yok	Merkezi Fosseptik	Yok
HK GES	36S	546986	4354503	Enerji	35.11.19	Deşarj yok	Merkezi Fosseptik	Yok
Hirfanlı HES	36S	544731	4347374	Enerji	35.11.19	Deşarj yok	Merkezi Fosseptik	Var*

* Hirfanlı HES İşletme Müdürlüğü lojmanlarında vardır. Havza sınırının dışında kalmaktadır.

Vefa Mineral Maden işletmesi Büğüz köyü sınırlarında faaliyet göstermektedir. İşletme, üretim aşamasında endüstriyel nitelikli atıksu oluşturmadığından, endüstriyel kirlilik yükü hesabına katılmamıştır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'ndan alınan bilgide işletmenin arıtma tesisi olmadığı anlaşılmıştır. Yetkililerle yapılan görüşmelerde işletmedeki çalışanların sosyal ihtiyaçları doğrultusunda oluşacak olan evsel nitelikli atıksuların sızdırmaz merkezi fosseptiklerde depolanarak, belirli periyotlarda vidanjör yardımıyla çekildiği bilgisi alınmıştır. Bu nedenle maden işletmesi atıksularının yakınındaki yüzey ve yeraltı su kaynaklarının kalitesi üzerinde etkisi bulunmadığı kabul edilmiştir.

Çalışma alanı sınırları içerisinde Kargınyenice köyü civarında bir adet işletmede olan 5 MWp gücünde HK GES işletmesi bulunmaktadır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'ndan alınan bilgide işletmenin arıtma tesisi olmadığı anlaşılmıştır. Tesis çalışanları ile yapılan görüşmelerde işletmede çalışan personel sayısının az olmasından dolayı oluşan evsel nitelikli atıksuların tesis içerisinde sızdırmaz merkezi fosseptikte toplandığı ve belirli periyotlarla vidanjör yardımıyla çekildiği belirtilmiştir. Bu nedenle işletme atıksularının yakınındaki yüzey ve yeraltı su kaynaklarının kalitesine etki etmediği kabul edilmiştir. Bununla birlikte panel yüzeylerinin yılda ortalama iki kez hava ile temizlendiği bilgisi alınmıştır. Panel temizliği ile ilgili su kullanım durumu söz konusu olmadığından bu işletmenin havzadaki yüzey ve yeraltı suları üzerinde herhangi bir endüstriyel atıksu kapsamında kirlilik etkisi bulunmamaktadır. Bu nedenle bu işletme, endüstriyel atıksu kirlilik yükü hesaplamalarına dâhil edilmemiştir.

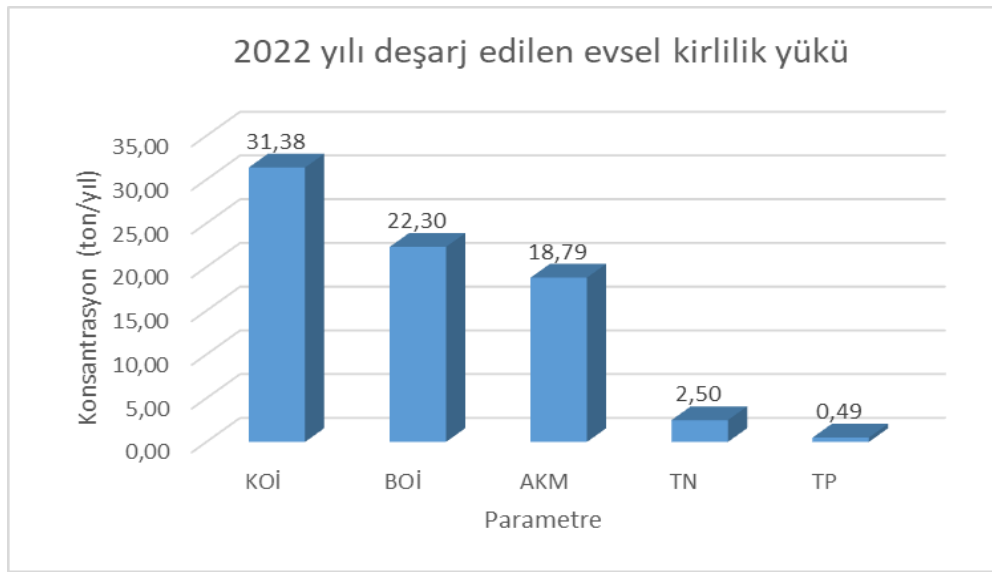
Kesikköprü baraj gölü havzası çalışma alanı sınırının dışında ancak sınıra oldukça yakında yer alan ve işletmesi Elektrik Üretim Anonim Şirketi'ne (EÜAŞ) ait olan yıllık üretim kapasitesi 300 milyon kWh olan Hirfanlı HES bulunmaktadır. Bu işletmeye ait çalışanların sosyal ihtiyaçları doğrultusunda oluşacak olan evsel nitelikli atıksular, arıtım yapılmadan doğrudan Kızılırmak Nehri'ne deşarj edilmektedir. Oluşan evsel atıksular noktasal kirlilik olarak çalışma içerisinde değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak; çalışma alanında adı geçen ve yukarıda detaylı değerlendirilmeleri verilen işletmelerin prosesleri boyunca endüstriyel atıksu üretilmediği tespit edilmiş olup, bu işletmeler için endüstriyel kirletici yükü hesaplanmamıştır.

3. Bulgular (Findings)

Evsel kirlilik yükleri hesaplamalarında deşarj edilen yük, havza içerisinde yaşayanlardan kaynaklanan evsel yükler ile kentsel alan içerisinde bulunan sanayi tesislerinden gelen endüstriyel yükleri de içermektedir. Havza içerisindeki yerleşim yerlerinin İller Bankası Metoduna göre hesaplanan nüfus projeksiyonları kullanılarak hesaplanan atıksu debi ve kirlilik yükleri Tablo 7’de verilmiştir.

Kesikköprü baraj gölü havzasına 2022 yılında toplamda 65.927,24 m³/yıl evsel atıksu ile 31,38 ton/yıl KOİ, 22,30 ton/yıl BOİ, 18,79 ton/yıl AKM, 2,5 ton/yıl Toplam Azot ve 0,49 ton Toplam Fosfor yükü deşarj yapıldığı ortaya konulmuştur (Şekil 5).



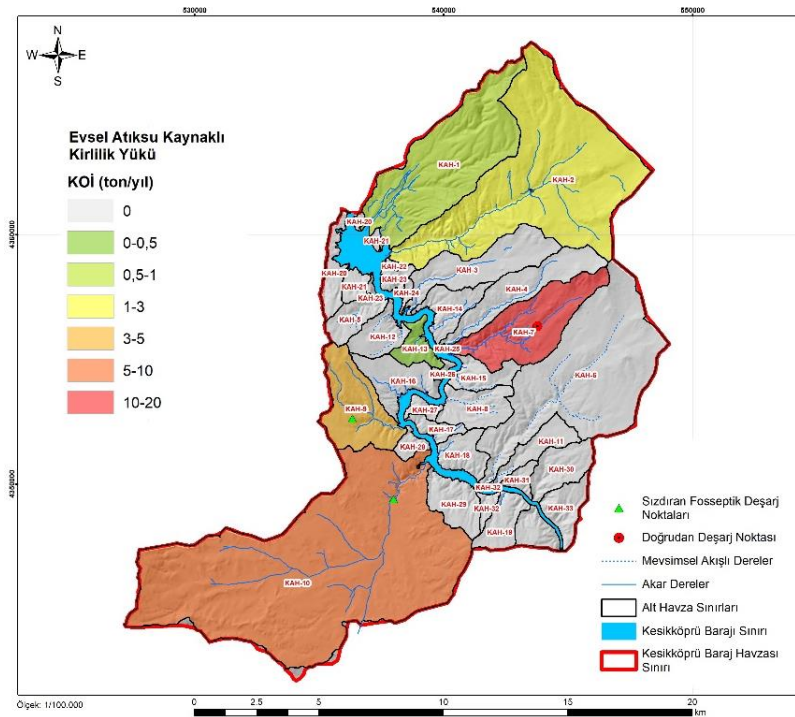
Şekil 5. 2022 Yılı evsel kirlilik yükü dağılımı (Domestic pollution load distribution in 2022)

Kesikköprü baraj gölü alt havzalarında 2022 yılı için hazırlanmış evsel atıksu kaynaklı KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı), AKM (Askıda Katı Madde), TN (Toplam Azot) ve TP (Toplam Fosfor) kirlilik yükleri haritası sırasıyla aşağıda verilmiştir (Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10).

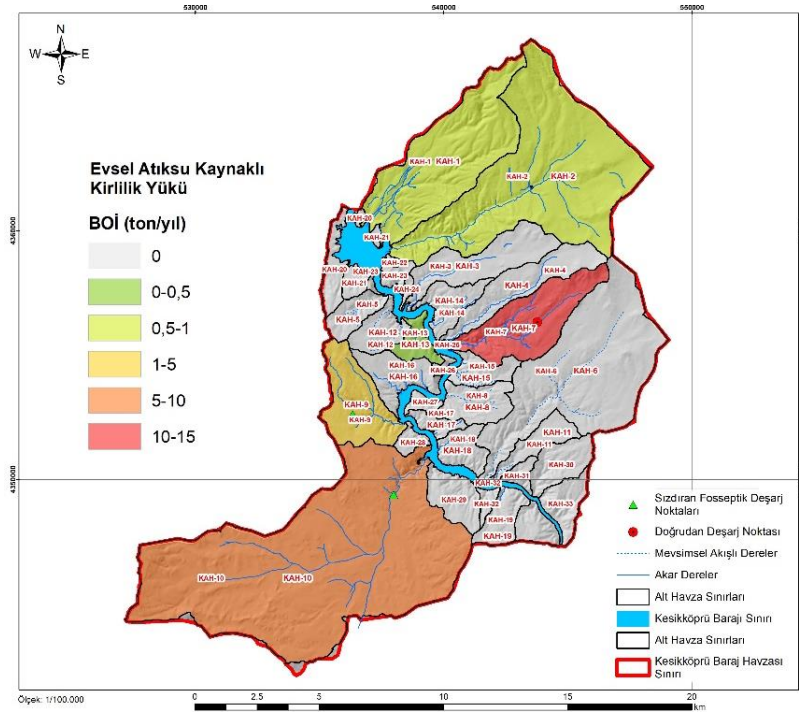
Tablo 7. Yıllık toplam evsel atıksu debisi ve evsel kirlilik yükleri
(Annual total domestic wastewater flow and domestic pollution loads)

Yıllar	Parametre	Alt Havzalar						Deşarj Edilen Kirlilik Yükü	Deşarj Edilen Toplam Kirlilik Yükü (%5 Arttırılmış)
		KAH-1 (%20)	KAH-2 (%20)	KAH-7	KAH-9 (%50)	KAH-10 (%50)	KAH-13 (%20)		
2022	Atıksu debi (m ³ /yıl)	1824	2322	31579	7703	18453	904	62787	65927
	KOİ (ton/yıl)	0,87	1,10	15,03	3,67	8,79	0,43	29,88	31,38
	BOİ (ton/yıl)	0,61	0,77	10,84	2,57	6,15	0,30	21,24	22,30
	AKM (ton/yıl)	0,52	0,63	9,02	2,20	5,27	0,26	17,89	18,79
	TN (ton /yıl)	0,07	0,09	1,20	0,29	0,70	0,03	2,38	2,50
TP(ton/yıl)	0,01	0,02	0,24	0,06	0,14	0,01	0,47	0,49	
2025	Atıksu debi (m ³ /yıl)	2343	2810	38115	11448	23637	1158	79513	83489
	KOİ (ton/yıl)	0,97	1,16	15,80	4,10	9,80	0,48	32,31	33,92
	BOİ (ton/yıl)	0,70	0,84	11,46	2,97	7,11	0,35	23,44	24,61
	AKM (ton/yıl)	0,61	0,73	9,91	2,57	6,15	0,30	20,26	21,27
	TN (ton /yıl)	0,08	0,10	1,39	0,36	0,86	0,04	2,83	2,98
TP(ton/yıl)	0,02	0,02	0,26	0,07	0,16	0,01	0,53	0,55	
2030	Atıksu debi (m ³ /yıl)	3086	3362	45581	13030	31196	1533	97790	102679
	KOİ (ton/yıl)	1,17	1,27	17,25	4,93	11,81	0,58	37,01	38,86
	BOİ (ton/yıl)	0,84	0,91	12,37	3,54	8,47	0,42	26,53	27,86
	AKM (ton/yıl)	0,75	0,82	11,06	3,16	7,58	0,37	23,73	24,92
	TN (ton /yıl)	0,11	0,12	1,62	0,47	1,11	0,05	3,48	3,65
TP(ton/yıl)	0,02	0,02	0,29	0,08	0,21	0,01	0,62	0,65	
2035	Atıksu debi (m ³ /yıl)	3960	3914	53010	16717	40055	1957	119616	125597
	KOİ (ton/yıl)	1,40	1,39	18,81	5,93	14,21	0,69	42,44	44,56
	BOİ (ton/yıl)	1,05	1,03	13,34	3,82	10,60	0,52	30,35	31,86

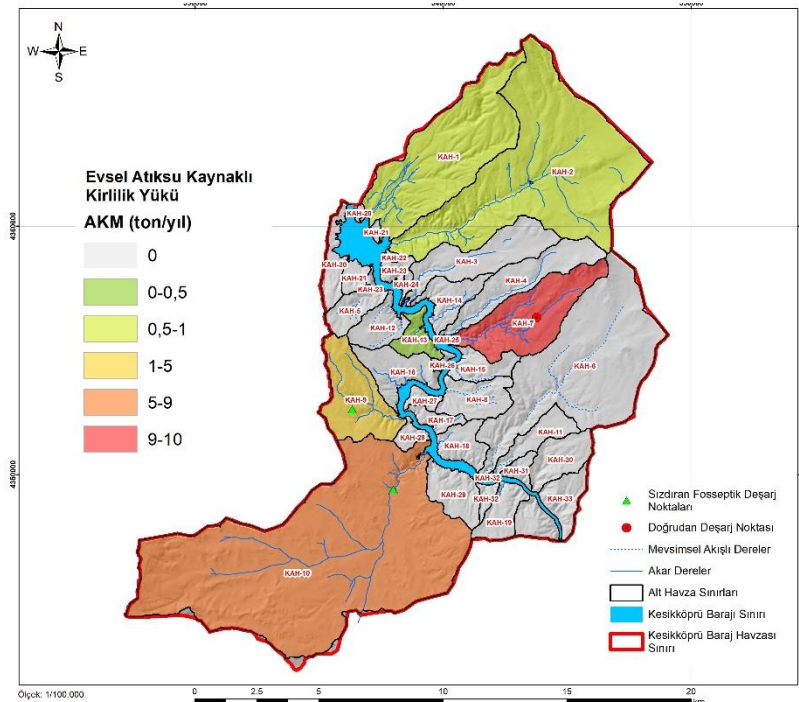
	AKM (ton/yıl)	0,92	0,91	12,31	3,88	9,30	0,45	27,77	29,16
	TN (ton /yıl)	0,14	0,14	1,88	0,59	1,42	0,07	4,24	4,45
	TP(ton/yıl)	0,02	0,02	0,32	0,10	0,25	0,01	0,73	0,76
2040	Atıksu debi (m ³ /yıl)	5008	4478	60759	19376	50612	2479	142716	149851
	KOİ (ton/yıl)	1,69	1,51	20,49	7,13	17,07	0,84	48,72	51,15
	BOİ (ton/yıl)	1,27	1,14	15,45	5,38	12,88	0,63	36,74	38,58
	AKM (ton/yıl)	1,13	1,01	13,66	4,75	11,38	0,56	32,48	34,10
	TN (ton /yıl)	0,18	0,16	2,15	0,75	1,80	0,09	5,12	5,37
	TP(ton/yıl)	0,03	0,03	0,36	0,13	0,30	0,01	0,86	0,90
	2045	Atıksu debi (m ³ /yıl)	6223	5047	68443	26227	62860	3078	171881
KOİ (ton/yıl)		1,99	1,62	21,93	8,40	20,14	0,99	55,07	57,82
BOİ (ton/yıl)		1,55	1,25	17,01	6,52	15,63	0,76	42,72	44,85
AKM (ton/yıl)		1,37	1,11	15,12	5,75	13,89	0,68	37,93	39,82
TN (ton /yıl)		0,22	0,17	2,45	0,94	2,26	0,11	6,14	6,45
TP(ton/yıl)		0,04	0,03	0,40	0,15	0,36	0,02	0,99	1,04
2050		Atıksu debi (m ³ /yıl)	7174	5269	71481	30254	94249	3560	211990
	KOİ (ton/yıl)	2,40	1,76	23,87	10,08	33,03	1,19	72,32	75,93
	BOİ (ton/yıl)	1,87	1,37	18,66	7,90	26,99	0,93	57,71	60,59
	AKM (ton/yıl)	1,67	1,23	16,67	7,06	18,53	0,83	45,98	48,28
	TN (ton /yıl)	0,28	0,20	2,77	1,18	3,02	0,14	7,59	7,96
	TP(ton/yıl)	0,04	0,03	0,44	0,19	0,56	0,02	1,28	1,35



Şekil 6. Evsel atıksu kaynaklı 2022 yılı KOİ kirlilik yükü dağılımı
(Distribution of COD pollution load in 2022 from domestic wastewater)



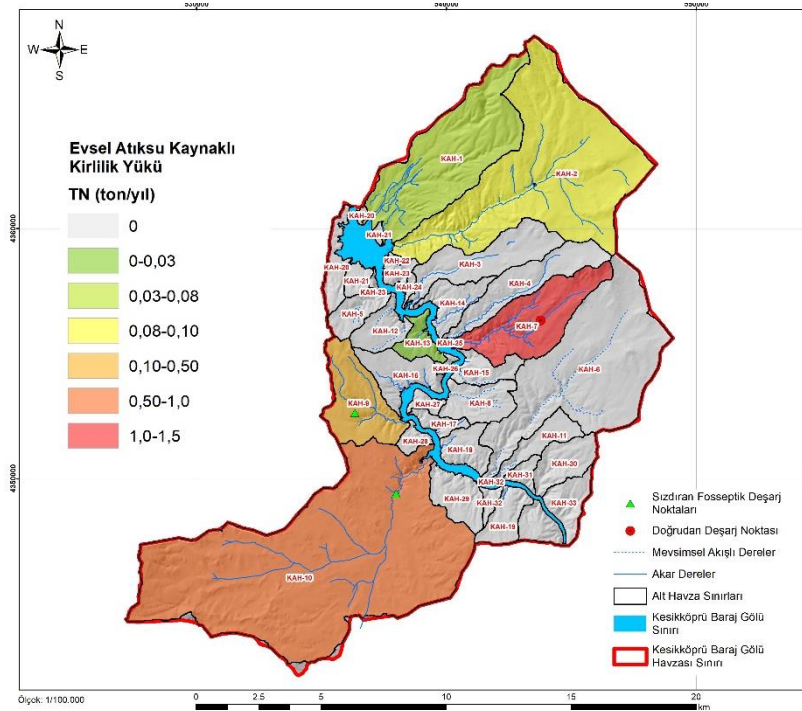
Şekil 7. Evsel atıksu kaynaklı 2022 yılı BOİ kirlilik yükü dağılımı
(Distribution of BOD pollution load in 2022 from domestic wastewater)



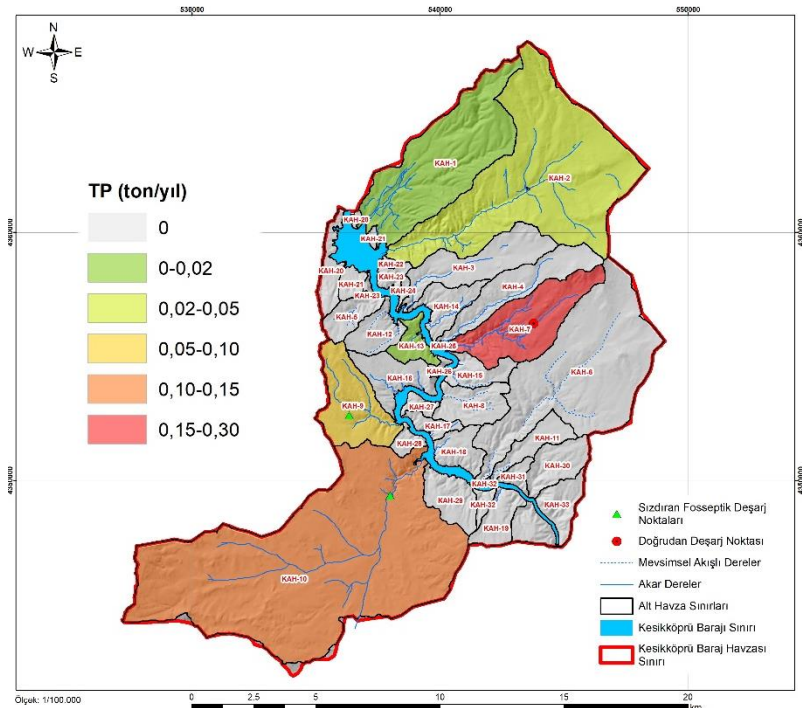
Şekil 8. Evsel atıksu kaynaklı 2022 yılı AKM kirlilik yükü dağılımı
(Distribution of TSS pollution load in 2022 from domestic wastewater)

Kesikköprü baraj gölü havzasında bulunan alt havzalarda noktasal kaynaklı KOİ, BOİ ve AKM kirlilik yüklerinin yıllık toplamını gösteren Şekil 6, 7 ve 8'de görüldüğü gibi yıllık en fazla noktasal kirlilik deşarjı KAH-7'de gerçekleşmektedir. Bu noktasal kirlilik KAH-7 sınırları içerisinde bulunan Kargınyenice mahallesinden kaynaklanmaktadır. Kargınyenice havzadaki en kalabalık yerleşim yeri olmamasına rağmen atıksuları doğrudan deşarj yapıldığından dolayı herhangi bir azaltma olmadan kirliletiçi yük hesabına katılmıştır. Nüfusu en fazla olan KAH-10 alt havzası ise merkezi fosseptik kullanan yerleşim birimlerine sahip olması sebebiyle kirlilik yüklerinin %50'si toplam yıllık noktasal

yüke dahil edilmiştir. Şekilde gri renkte bulunan alt havzalarda ise noktasal kirlilik kaynakları bulunmamaktadır.



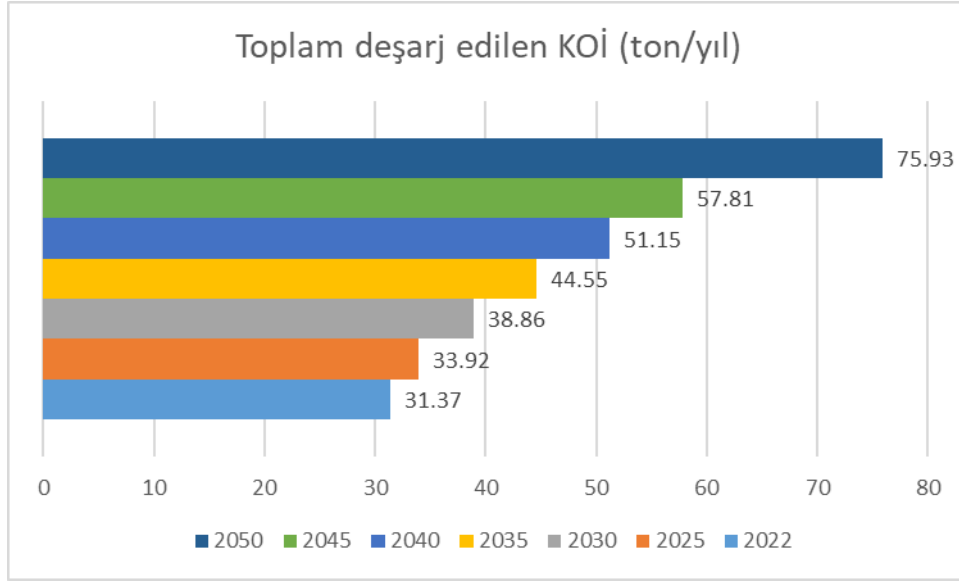
Şekil 9. Evsel atıksu kaynaklı 2022 yılı TN kirlilik yükü dağılımı
(Distribution of TN pollution load in 2022 from domestic wastewater)



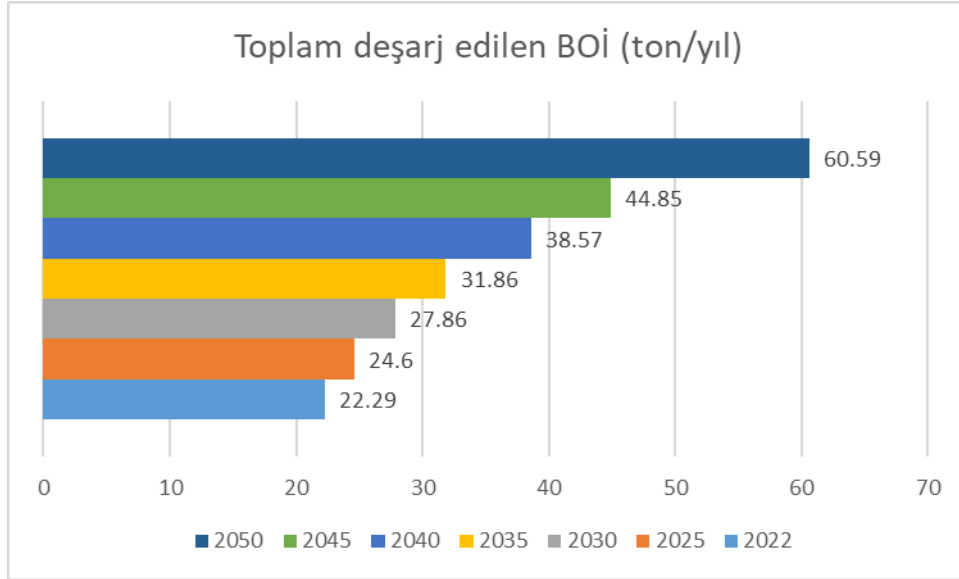
Şekil 10. Evsel atıksu kaynaklı 2022 yılı TP kirlilik yükü dağılımı
(Distribution of TP pollution load in 2022 from domestic wastewater)

Benzer şekilde Şekil 9 ve 10'da gösterilen TN ve TP kirlilik yüklerinin dağılımında da KAH-7 ve KAH-10 en yoğun kirlenici deşarjına sahiptir. 2022 yılına ait kirlilik yüklerine ait haritalar (Şekil 6-Şekil 10) incelendiğinde yerleşim yerlerine sahip olan alt havzalardan Kızılırmak Nehri ve nehirden beslenen baraj gölüne BOİ, KOİ, AKM, Toplam Azot (TN), Toplam Fosfor (TP) açısından kirlilik yükü baskılarının olduğu görülmektedir. Kesikköprü baraj gölü havzası sınırlarında mevcut kanalizasyon ve fosseptik alt yapısının 2050 yılına kadar

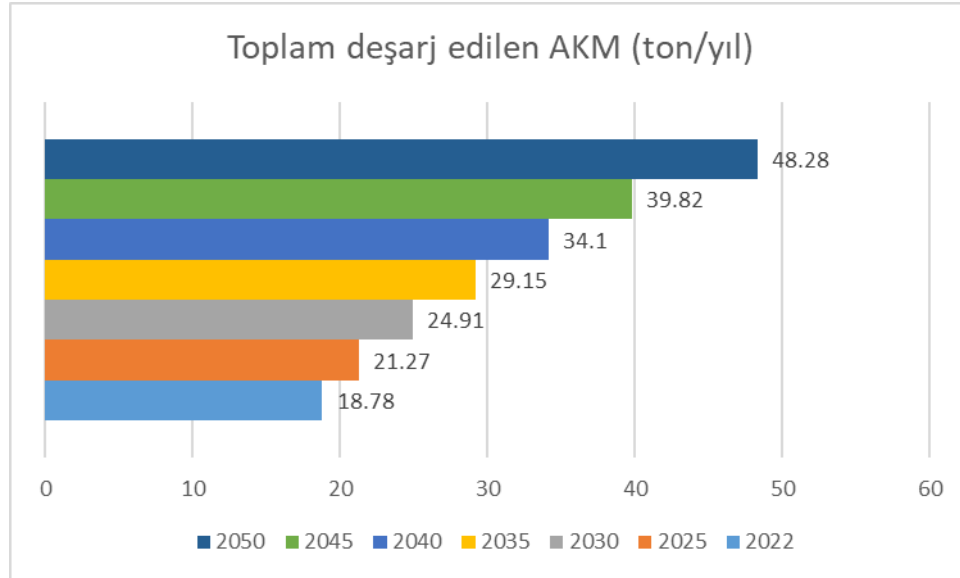
değişmeyeceği varsayılarak yapılan hesaplamalarda, nüfus artışı ile evsel kirlilik yüklerinin havza içi deşarj miktarlarında artış olacağı ortaya konulmuştur (Şekil 11, Şekil 12, Şekil 13, Şekil 14, Şekil 15).



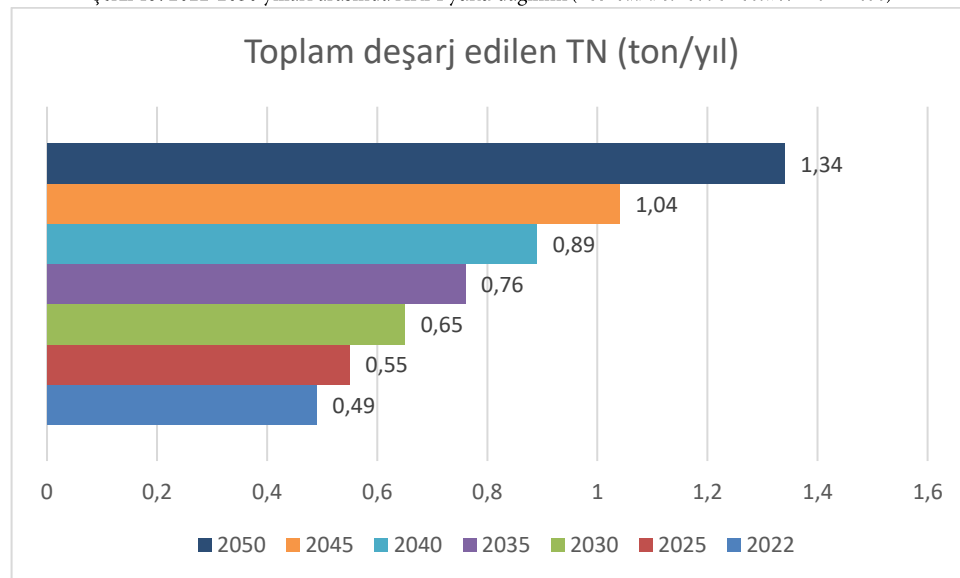
Şekil 11. 2022-2050 yılları arasında KOİ yükü dağılımı (COD load distribution between 2022-2050)



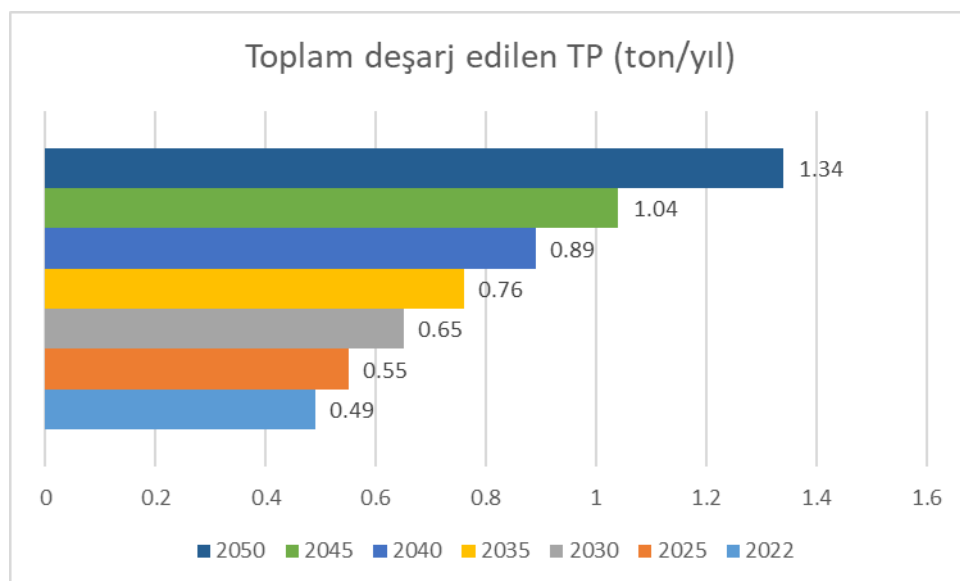
Şekil 12. 2022-2050 yılları arasında BOİ yükü dağılımı (BOD load distribution between 2022-2050)



Şekil 13. 2022-2050 yılları arasında AKM yükü dağılımı (TSS load distribution between 2022-2050)



Şekil 14. 2022-2050 yılları arasında TN yükü dağılımı (TN load distribution between 2022-2050)



Şekil 15. 2022-2050 yılları arasında TP yükü dağılımı (TP load distribution between 2022-2050)

Kesikköprü Baraj Gölü Havzasındaki noktasal kaynaklı kirleticiler, atıksu deşarjlarından alıcı ortama ulaşan organik kirleticiler; KOİ, BOİ, AKM, TN ve TP hesaplanarak değerlendirilmiştir. Havzada yapılan incelemelerde endüstriyel kirlilik kaynağı bulunmadığı tespit edildiğinden, bu parametrelerin değerlendirilmesi sadece kentsel kaynaklı kirlenmeyi temsil etmektedir.

2022 yılında mevcut kirlilik yükleri baz alındığında (Şekil 11-Şekil 15), hiçbir iyileştirmenin ve endüstriyel büyümenin yapılmadığı durumda, 2050 yılında kirletici yüklerin artışı KOİ %142, BOİ %171,8, AKM %157,08, TN %219,67, TP %173,46 oranında tespit edilmiştir. Yüzdeler artışlar bazında değerlendirildiğinde, azot ve fosfor bileşiklerinin oranının yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Yüzeysel sularının kalitesinin tehlikeli boyutlara ulaşması, öncelikli olarak azot ve fosfor bileşikler olmakla birlikte, besin maddelerinin artan konsantrasyonlarının bir sonucudur [20, 21]. Çalışmada yapılan hesaplamalar ile elde edilen azot ve fosfor yüklerindeki artış, gelecekte baraj gölünün su kalitesinin olumsuz yönde etkileneneğini açıkça ortaya koymaktadır.

4. Sonuçlar ve Tartışma (Results and discussion)

Kesikköprü Baraj Gölü Havzası'nda kirletici yüklerin doğrudan baskısı altında kalan baraj gölünün de ilerleyen yıllarda olumsuz etkilenmesi kaçınılmazdır. Gölü besleyen ana su kaynağı Kızılırmak Nehri'nin, havza sınırlarının dışından taşıdığı kirlilik yükünün de kontrol altına alınması ve tespit edilmesi havzanın korunması için önemlidir. Kesikköprü Baraj Gölü'nün su kalitesinde gölü besleyen su kaynağının kalitesi ve suyun gölün içerisinde alıkonma süresinde etkilidir.

Evsel kirlilik yüklerinin hesaplanmasında yapılan kabuller, havzada var olan noktasal kirletici kaynakların havza içerisinde bulunan su kaynaklarına katkısının ortaya konulmasına yardımcı olan literatüre dayalı kavramsal kabullerden oluşmaktadır. Noktasal kirlilikler büyük ölçüde atıksu üretiminde bulunan nüfusa bağlı olduğundan en yoğun nüfusa sahip olan KAH-7 ve KAH-10 alt havzaları en yoğun kirletici deşarjına sahiptir. Yapılan kabullerin bulgular üzerindeki etkisinin tam olarak ortaya konulabilmesi için, bölgenin adı geçen projeksiyon yıllarında takip ve izleme çalışmalarının da yapılması ile mümkün olacaktır.

Çalışma alanı su kaynakları kalitesi üzerine birincil baskı uygulamakta olan noktasal kirletici kaynak olarak yerleşim yerlerinden kaynaklanan evsel atıksuların olduğu ortadadır. Havza sınırları içindeki merkezi fosseptiklerin bakım ve onarımının yapılması, doğrudan Kızılırmak Nehri'ne yapılan atıksu deşarjının durdurularak, bölgede ilerleyen yıllarda artan nüfus da göz önüne alınarak, atıksu arıtma tesisi yapılması önerilmektedir. Noktasal kirlilik kaynağı olarak evsel atıksuların literatürde kontrol altına alınması yöntemlerinden biri arıtma tesislerinin yapılması olarak ortaya çıkmaktadır.

Önceki çalışmaların sonuçları incelendiğinde, noktasal kirlilik kaynağı olan evsel atıksuların bulunduğu ortama kirlilik yükü olarak değerlendirilmesinin önüne geçilmesi için atıksuyun arıtılmasının zorunlu olduğu görülmektedir. Alaşehir Çayı Alt Havzası'nda noktasal kirletici kaynakların iyileştirilmesi amacıyla işletmeye alınacak atıksu arıtma tesisi ile havzaya ulaşan KOİ yükünün yaklaşık %50, TN ve TP yüklerinin ise %25 oranında azalması öngörülmüştür [21]. Eren ve Kaya [22], 2020 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, Fırat Dicle Havzası'nın bir alt havzası olan Karasu Havzası'nın korunmasına yönelik olarak Erzurum Büyükşehir Belediyesi tarafından 2016 yılında faaliyete geçirilen Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi'nin (AAT), havza içindeki su kalitesinin iyileştirilmesine önemli bir katkı sağladığını belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda AAT'nin faaliyette olduğu yaklaşık üç yıllık sürede özellikle debi ölçümleri ve kirlilik yükleri dikkate alındığında AAT'nin Karasu nehrinin su kalitesini korumada büyük katkısının olduğunu ortaya koymuşlardır.

Havzalarda mevcut kirliliğin ortaya konulması ne kadar önemliyse; kirliliğe sebep olan kaynakların tespiti ve kontrol altına alınmasına yönelik yapılan çalışmalar da havza koruma ve izlemede veri tabanı oluşturmak adına elzemdir.

Arıtılmamış evsel atıksuların, su kaynakları üzerindeki başlıca olumsuz etkileri aşağıda sıralanmaktadır:

- Evsel atık sularında bulunan biyolojik olarak parçalanabilen organik maddeler deşarj edildikleri alıcı ortamda su kalitesinin en önemli göstergelerinden olan oksijenin azalmasına sebep olarak sucul ekosistemin bozulmasına neden olur.
- Evsel atıksu deşarjlarında yoğun olarak bulunan azot ve fosfor bileşikleri alglerin aşırı artmasına neden olur. Bu durum özellikle durgun sulara su kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Su kütlesinin eski durumuna döndürülmesi ise zor, maliyetli ve zaman alan bir süreç gerektirir.
- Evsel atıksularda bulunan, kimyasal ve toksik maddeler alıcı ortamdaki sucul canlılarda kümülatif birikimine neden olmaktadır.
- Evsel atıksulardaki bakteri ve virüsler, kirli suyla temas edilmesi durumunda insanlarda çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir.

Tüm bu etkileri göz önüne alarak, çalışma alanının Ankara İli için içme suyu kaynağı olarak da kullanılabilirliği değerlendirildiğinde, noktasal kirlilik kaynağı olarak alanda birçok soruna neden toplanması, uzun vadede ise toplanan atıksuların bölgede yapılacak bir atıksu arıtma tesisinde arıtılarak baskının azaltılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

2000 yılında Avrupa Birliği üye ülkeleri tarafından EC/2000/60 Sayılı AB Su Çerçeve Direktifi yürürlüğe girmiş olup, ülkemiz de Avrupa Birliği (AB) uyum süreci kapsamında, bahsedilen direktifin uygulayıcısı konumundadır. Suyun entegre olarak yönetilmesi anlayışını benimseyen direktifin içeriğinde; nehir havza yönetimi planlarının, havzalarda su miktarlarının tespiti ve özellikleri, su kaynaklarının kirlilik durumunun belirlenmesi, kirlenici kaynakların tanımlanmasını içermektedir. Ülkemiz 2009 yılında, direktife uygun olarak çalışmalara başlamış olup, nehir havzalarında su kaynaklarının entegre yönetimi adına önemli adımlar atmıştır. Yapılan ve yapılmaya devam eden bu çalışmalar ile su kaynaklarının mevcut ve ileriki yıllarda meydana gelebilecek kirlilik senaryoların ortaya konulması amaçlanmaktadır.

Bu çalışma ile ortaya konulan kirlenici kaynakların ve bu kaynaklardan meydana gelen mevcut ve gelecek dönem tahminli kirlilik yükü verilerinin, alanda daha sonra yapılacak olan su kalitesi izleme ve önlenmesindeki çalışmalarda, farklı kirlilik senaryolarının üretilmesine, Su Çerçeve Direktifi uyum sürecinde ülkemiz adına yapılan çalışmalara ışık tutması amaçlanmaktadır.

Teşekkür (Acknowledgment)

Bu araştırma, Ankara Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından düzenlenen "Kesikköprü Barajı Havza Koruma Planı ve Özel Hüküm Belirleme Projesi" çerçevesinde yürütülmüştür.

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Kaynaklar (References)

[1] A. du Plessis, *Water as an Inescapable Risk: Current global water availability, quality and risks with a specific focus on South Africa*. Springer International Publishing, 2019. doi: 10.1007/978-3-030-03186-2.

[2] A. Erol, "Su Kaynaklarının Korunmasında Havza Yönetimi İlkelerinin Önemi," in *TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara, Türkiye, Mart 21-23, 2006*, cilt I, ss. 51-57.

[3] K. Dębska, B. Rutkowska, and W. Szulc, "The influence of a dam reservoir on water quality in a small lowland river," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 193, no. 3, Feb. 2021, doi: 10.1007/s10661-021-08905-6.

[4] L. Carneiro, A. Ostroski, and E. G. F. Mercuri, "Trophic state index for heavily impacted watersheds: modeling the influence of diffuse pollution in water bodies," *Hydrological Sciences Journal*, vol. 65, no.15, pp. 2548-2560, Oct. 2020, doi: 10.1080/02626667.2020.1828588.

- [5] *European waters: Assessment of status and pressures 2018*, European Environment Agency, Technical Report no: 7/2018, ISSN 1977-8449, Luxembourg: Publication Office of European Union, 2018.
- [6] J. Frankenberger, S. Mcloud, and A. Faulkenburg, *Watershed inventory workbook for Indiana: A guide for watershed partnerships*, 2002. [Online]. Available: <https://engineering.purdue.edu/SafeWater/watershed/inventoryf.pdf>. [Accessed: Sept. 12, 20].
- [7] T. O. Randhir, "Watershed Management: Issues and approaches", ISBN: 9781843391098, IWA Publication, UK, pp. 38-52, 2006. doi: 10.2166/9781780402338.
- [8] M. N. Kumwimba, L. Bao, Z. Jie, X. Li, J. Huang, W. Wang, X. Li, J. Su, D K.. Muyembe, A. Guide and M. Dzakpasu, "Nutrients retention of a series of small dam-impacted urban rivers in northern China," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 10, no. 3, p. 107967, 2022. doi: 10.1016/j.jece.2022.107967.
- [9] *Stratejik çevresel Değerlendirme: Batı Akdeniz Nehir Havzası Nihai Kapsam Belirleme Raporu*, 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları İçin Teknik Destek Projesi, TR2013/0327.07.01-01/001, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2020.
- [10] N. Erdoğan, "Doğu Karadeniz Havzası'nda kirlilik yüklerinin değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 2017.
- [11] S. Hacısalihoğlu ve F. Karaer, "Uluabat Gölü noktasal kirlenici kaynaklar ve kirlilik yükleri," *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, c. 6, sy. 2, ss: 258-267, 2020. doi: 10.21324/dacd.602385.
- [12] N. Garipağaoğlu, "Marmara Havzası'nda kentleşme-atık su ilişkileri ve alıcı ortam üzerindeki etkileri," *Marmara Coğrafya Dergisi*, c.0, sy. 34, pp. 147-159, 2016.
- [13] Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, *Resmi Gazete*, 27527, 20.03.2010.
- [14] *İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi, Proje Nihai Raporu*, T.C. Tarım, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 2016.
- [15] *Kızılırmak Havzası Master Plan Raporu Hazırlanması İş, Havza Çevre ve Su Kalitesi Nihai Raporu*, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2006.
- [16] Çelik, H., Kanıt, R., ve Öztürk, Y. "Kahramanmaraş İlinde İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacının Tespiti," *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 4, sy. 3, ss. 749-757, 1998.
- [17] B. H. Gürsoy Haksevenler ve S. Ayaz, "Noktasal ve yayılı kirlenici kaynaklarının yüzeyel su kalitesi üzerinde etkisi, Alaşehir Çayı alt havzası örneği," *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 11, sy. 4, pp. 1258-1268, 2021, doi:10.17714/gumusfenbil.882693.
- [18] Y. Kazancı, "Surface Water Quality Modeling For Best Management Practices - A Case Study From Bakırçay River Basin", Yüksek Lisans Tezi, İzmir Teknoloji Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 2021.
- [19] A. Tekile, I. Kim and J. Kim, "Mini-Review on River Eutrophication and Bottom Improvement Techniques, with Special Emphasis on the Nakdong River," *Journal of Environmental Sciences*, vol. 30, pp. 113–121, 2015, doi: 10.1016/j.jes.2014.10.014.
- [20] R. Savic, M. Stajic, B. Blagojević, A. Bezdán, M. Vranesevic, V. Nikolić, J. Jokanović, A. Baumgertel, M. Bubalo Kovačić, J. Horvatinac and G. Ondrasek, "Nitrogen and Phosphorus Concentrations and Their Ratios as Indicators of Water Quality and Eutrophication of the Hydro-System Danube–Tisza–Danube", *Agriculture*, vol. 12, no. 7, p. 935, 2022, doi: 10.3390/agriculture12070935.
- [21] *Gediz Havzası Koruma Eylem Planı Final Raporu*, Hazırlayan: TÜBİTAK MAM, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, 2013.
- [22] Z. Eren ve F. Kaya, "Fırat-Dicle Havza Koruma Eylem Planı Çerçevesinde Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinin Karasu Nehrinin Su Kalitesi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi", *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, c. 3, sy. 2, ss. 95-109, 2020.

