

HAYVANSAL KAYNAKLI YAYILI KİRLİLİK YÜKLERİ HESABI, BURSA ÖRNEĞİ

Saadet HACISALİHOĞLU *

Geliş:17.01.2022, Düzeltme: 07.03.2022, Kabul: 10.03.2022

Öz: Son zamanlarda artan nüfus, teknolojik gelişmeler, kentleşme gibi sorunlar su kaynakları üzerindeki baskıları da önemli oranda arttırmaktadır. Nüfus artışına paralel olarak hayvansal ürünlere olan talep de artmaktadır. Ancak hayvancılık faaliyetleri sonrası oluşan atıklar uygun olmayan koşullarda biriktirildiğinde oluşan sızıntı suları, su kaynaklarına ulaşarak, bu ortamlarda kirlenmeye hatta kullanılmaz duruma gelmesine neden olabilmektedir. Bu çalışmada Bursa ve ilçelerinde yayılı kirletici kaynakların baskısını değerlendirmek için hayvansal kaynaklı kirlilik yükü hesabı yapılmıştır. Kirlilik yükü hesabında Bursa'nın tüm ilçelerinde mevcut 2020 yılı, büyükbaş (BBH), küçükbaş (KBH) ve kümes hayvanı (KH) sayıları kullanılarak yıllık yayılı toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) yükleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak, TN ve TP yayılı kirlilik yüklerinin en yüksek olduğu ilçeler Karacabey, Mustafakemalpaşa, Yenişehir ilçeleri, en düşük olduğu ilçelerin ise Yıldırım, Gemlik, Gürsu ve Harmancık olduğu tespit edilmiştir. Bursa genelinde toplam azot kaynaklı oluşabilecek toplam yayılı kirlilik yükü 3241,944 ton TN/yıl, toplam fosfor kaynaklı oluşabilecek yayılı kirlilik yükünün 341,327 ton TP/yıl olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bursa, hayvansal kirlilik yükü, kirletici kaynaklar, yayılı yük

Calculation of Pollution Load Originating from Animals, Bursa Case Study

Abstract: Increasing population, technological developments, and urbanization significantly increase the pressures on water resources, recently. In parallel with the increase in population, the demand for animal products is also increasing. However, when the wastes generated after livestock activities are accumulated under inappropriate conditions, leachate is formed. This leachate can reach water resources and cause pollution in these environments and even become unusable. In this study, animal origin pollution load calculation was made to evaluate the pressure of diffuse pollutant sources in Bursa. In the pollution load calculation, the annual distributed total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) loads were calculated by using the number of bovine (BBH), small ruminant (KBH) and poultry (KH) available in all districts of Bursa in 2020. As a result, it has been determined that the districts with the highest TN and TP distributed pollution loads are Karacabey, Mustafakemalpaşa, Yenişehir, and the districts with the lowest are Yıldırım, Gemlik, Gürsu and Harmancık. In addition, the effects of diffuse pollution loads originating from livestock activities on water resources were evaluated.

Keywords: Bursa, animal pollution load, pollutant sources, diffuse load

1. GİRİŞ

Dünya genelinde yaşanan hızlı nüfus artışı, kentleşme, teknolojik gelişmeler beraberinde çeşitli çevre sorunlarını da gündeme getirmiştir (Xiaoyan, 2005). Yaşanan bu gelişmelerin yanı sıra hızlı nüfus artışı ile birlikte hayvansal ürünlere talep ve hayvancılık faaliyetlerinde de artış gözlenmiştir (Karaman, 2006). Hayvancılık faaliyetleri sonrası ortaya çıkan hayvansal atıklar

* Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa/Türkiye
İletişim Yazarı: Dr. Öğr. Üyesi Saadet Hacısalihoğlu (saadet.hacisalihoglu@btu.edu.tr)

etkin bir atık yönetim sistemi uygulanmadığı s¼rece evre kirlenmesine özellikle su kaynaklarının kirliliğine neden olmaktadır (Centner ve diğ. 2008). Avrupa Birliği uyum yasaları çerçevesinde Su ereve Direktifi (SD-2000/60/EC sayı), su kaynaklarının korunması ve kirliliğin önlenmesi kapsamında havza bazlı yönetim çalışmalarının uygulanması gerekliliğini vurgulamaktadır. Havza bazlı yönetim stratejileri su kaynakları üzerindeki baskı unsurlarının belirlenmesiyle yani baskı analizi yapılması ile uygulanabilir (Yetiş ve diğ. 2018a). Baskı analizi uygulamalarında kirleticiler, noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılabilir. Noktasal kaynaklı kirlilik t¼rlerine, evsel ve end¼striyel atık su arıtma tesisi deşarjları, çeşitli end¼striyel kirleticiler, katı atık depolama tesisleri sızıntı suları örnek verilebilir. Yayılı kirlilik kaynakları ise arazi kullanımı, tarım ve hayvancılık faaliyetleri, atmosferik taşınım, fosseptiklerden ve d¼zensiz (vahşi) katı atık sahalarından kaynaklanan kirleticilerdir (Aydın ve Derinöz 2013; Yetiş ve diğ. 2018b).

Yayılı kirlilik kaynaklarından olan hayvansal atıklar kontrols¼z atık yönetimi sonucu, y¼zey ve yer altı su kaynaklarını kirlitebilmektedir. Bu olay; hayvanların doğrudan bir su kaynağına ulaşması, g¼bre yığımlarından, barınaklardan ve açık yemleme alanlarından gelen y¼zey su akışları, g¼bre depolama alanlarından oluşan sızıntı suları, depolama alanlarının sular altında kalması, g¼bre uygulanan alanlardan gelen y¼zey su akışları etkisiyle gerçekleşir (Polat ve Olgun, 2009). Aslında hayvansal atıklar g¼bre niteliği taşımakta olup, toprakta verim artırmak amacıyla tarım arazilerinde kullanılabilir. Bu atıkların içerisinde y¼ksek oranda azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi besin maddeleri barındırması bitkiler için gerekli olan bitki besin maddeleri sağlamasına, toprağın genel yapısının bitki gelişimi için uygun hale gelmesine, mikroorganizma pop¼lasyonunu değiştirmesine ve toprağın su tutma kapasitesini arttırmasına fayda sağlamaktadır (Salihoğlu ve diğ., 2019). Ancak bu atıkların toprak y¼zeyinde bilinçsiz depolanması veya toprağa gereğinden fazla g¼bre olarak uygulanması bu bitki besin maddelerinin su kaynaklarına karışmasına sebep olmakta, hem su kaynaklarında hem de toprakta kirlenme oluşmaktadır (Boyacı ve diğ., 2011). Ayrıca g¼brenin araziye gereğinden fazla miktarda uygulanması toprağın fiziksel özelliklerini de olumsuz yönde etkilemektedir (ayır ve diğ., 2012). Hayvansal g¼bre kaynaklı bir diğer sorun toprakta aşırı nitrat (NO₃) birikimi ve yeraltı su kaynaklarının da bu kirlenmeye maruz kalmasıdır. Çeşitli amaçlarla kullanılan y¼ksek nitrat içerikli yeraltı suları hayvanlarda kusma, sancı veya ishal, daha ileri durumlarda l¼mc¼l hal, insanlarda ise bağışıklık sistemi bozuklukları ve kalıtsal hastalıkların oluşumuna neden olmaktadır (Polat ve Olgun, 2009). Toprakta ve su kaynaklarında kirlenmenin yanı sıra hayvansal atıklar, hava kirliliğine de neden olmaktadır. Bu atıklardan atmosfere k¼resel iklim değişikliğine sebep olan çeşitli gazlar salınmaktadır, bu gazlar; karbondioksit (CO₂), karbon monoksit (CO), amonyak (NH₃), hidrojen s¼lf¼r (H₂S) ve su buharıdır (H₂O). Ayrıca bir takım ayrışma ve nitrifikasyon s¼releri sonrası metan (CH₄) ve diazot oksit (N₂O) gibi sera etkisine sebep olan önemli gazlar açığa çıkmaktadır. Bu iki gaz hayvansal g¼brelerin depolanması ve taşınması sırasında oluşmaktadır (IPCC, 1996). Bu nedenle hayvansal g¼brelerin, araziye uygulanmadan önce gerekli tedbirler alınarak, evre kirliliği oluşurmıyacak şekilde muhafaza edilmesi gerekmektedir (Salihoğlu ve diğ., 2019; Tırınk, 2021).

Bu alışma kapsamında, 2020 yılında Bursa ili ve ilçelerinde bulunan b¼y¼kbař (BBH), k¼¼kbař (KBH) ve k¼mes hayvanı (KH) sayıları T¼rkiye İstatistik Kurumu'ndan (T¼İK) temin edilmiştir. Toplam 17 ilçede, yayılı kirlilik kaynaklarından sayılan hayvancılık faaliyetleri kaynaklı toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) kirleticiler hesaplanmış, çevresel kirlilik açısından değerlendirilmiştir. Literat¼rde daha çok havza bazlı kirlilik kaynaklarının tespiti, baskı analizi çalışmalarında noktasal ve yayılı kirlilik hesaplamaları yapılmış olup, bu çalışmada, Bursa'ya zg¼ spesifik olarak hayvancılık faaliyetleri kaynaklı yayılı kirleticiler y¼klerinin hesaplanması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

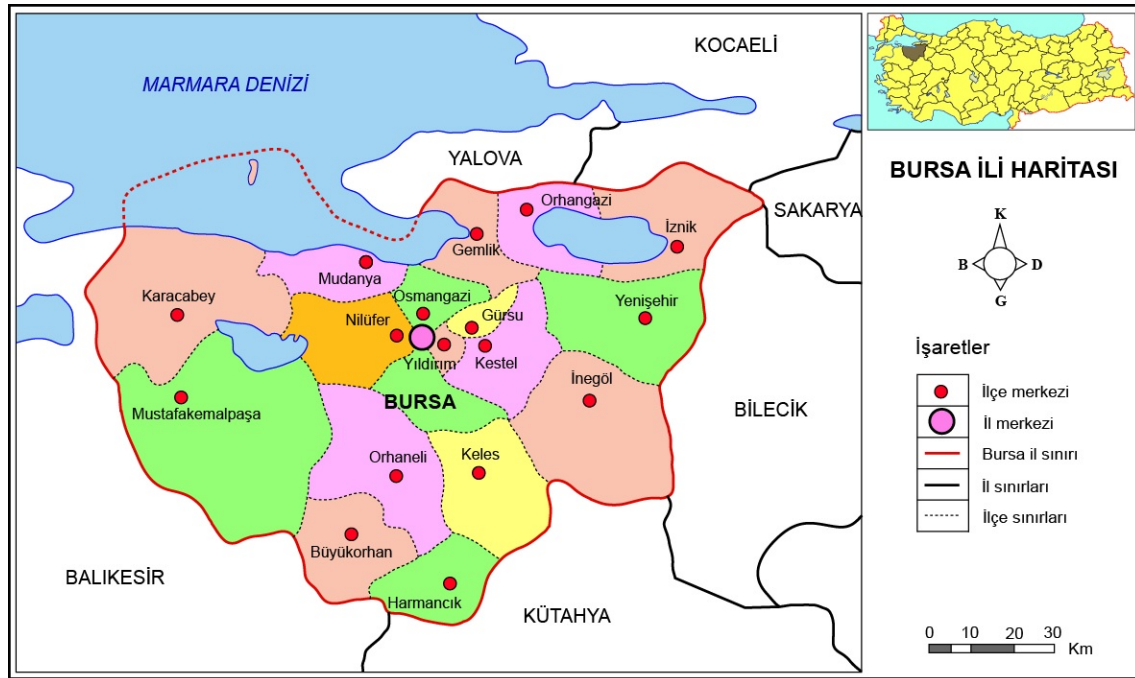
2.1. Materyal

Çalışmada Bursa ve ilçelerindeki hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan, yayılı kirliliğe sebep olan atık miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK), 2020 yılı büyükbaş (BBH), küçükbaş (KBH) ve kümes hayvanı (KH) sayısı verilerinden yararlanılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır (URL 1). Hayvan türlerine göre oluşabilecek toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) yayılı kirlilik yükleri hesaplanmıştır.

2.2. Çalışma Alanı

Bursa, Türkiye'nin en kalabalık dördüncü şehri olup, 2021 yılı itibariyle 3.139.744 nüfusa sahiptir. 2016 Dünya Yaşanabilir Şehirler sıralamasında Dünya'da 28, Türkiye'de 1. sırada yer almaktadır. Marmara Bölgesinin Güney Marmara bölümünde, 40° batı boylam ve 29° kuzey enlem daireleri arasında bulunmaktadır. Kuzeyinde Marmara Denizi ve Yalova, kuzeydoğusunda Kocaeli ve Sakarya, doğusunda Bilecik, güneyinde Kütahya ve batısında Balıkesir illeri ile çevrilidir.

Ekonomik açıdan Türkiye'nin en gelişmiş kentlerinden biri olan Bursa doğal ve tarihsel zenginlikleriyle de önem taşır. Ayrıca Bursa Marmara Bölgesi'nin İstanbul'dan sonra gelen ikinci büyük şehridir. Türkiye'nin en önemli birkaç sanayi kentinden biridir. Bursa, sanayi istatistiklerine göre Türkiye'nin en büyük sanayi kenti ve otomotiv üretim merkezidir. Sanayisinin yanı sıra etkin bir şekilde tarım ve hayvancılık faaliyetleri de yapılmaktadır. Yeşil alan ve verimli tarım arazilerinin yoğun olması, bölgede zirai faaliyetlerin sayıca fazla olmasına zemin hazırlamıştır (URL 2). Çalışma alanına ait yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1:
Bursa ili ve ilçeleri yer bulduru haritası

2.3. Metot

Hayvansal kaynaklı yayılı kirlilik y¼kleri hesabında, Bursa ve ilçelerinin hayvan sayısı dağılımları analiz edilmiş ve literat¼rde verilen bazı kabuller ile oluşabilecek yayılı kirletici y¼k miktarları hesaplanmıştır. Hayvansal kaynaklı yayılı kirlilik y¼klerinin hesaplanmasında hayvan başına birim y¼k¼n ölç¼lebilirliđi mümkün olmadığından bazı kabuller yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda tahmini birim y¼kleri literat¼rde öngör¼len değerler doğrultusunda Tablo 1’de verilmiştir (URL3, Gürsoy Haksevenler ve Ayaz 2021, Tırınk 2021, Derin ve diğ. 2019, Yetiş ve diğ. 2018a, Yetiş ve diğ. 2018b, Biçer 2011, Tanık ve diğ. 2010).

Tablo 1. Hayvansal kaynaklı yayılı kirlilik y¼k katsayıları

Kirletici Tür¼	Yayılı Y¼k Katsayıları	BBH	KBH	KH
TN	Q_{NYK} (kg/ton hayvan/g¼n)	0,3	0,42	0,52
	Y_N (%)	15	15	15
TP	Q_{PYK} (kg/ton hayvan/g¼n)	0,1	0,06	0,22
	Y_P (%)	5	5	5

BBH: Büyükbaş Hayvan, KBH: Küçükbaş Hayvan, KH: K¼mes Hayvanı

Tablo 1 incelendiğinde, Q_{NYK} ; günlük azot y¼k¼ne göre değişen yayılı kirletici y¼k¼n¼, Y_N ; yayılı azot kirliliğinin alıcı ortama ulaşma y¼zdesini, Q_{PYK} ; günlük fosfor y¼k¼ne göre değişen yayılı kirletici y¼k¼n¼, Y_P ; yayılı fosfor kirliliğinin alıcı ortama ulaşma y¼zdesini ifade etmektedir. Hayvansal kaynaklı yayılı kirlilik y¼k¼ hesaplamasında, yıllık oluşacak toplam yayılı kirlilik y¼klerinin hesaplanması gerekmektedir. Azot kaynaklı yıllık oluşacak yayılı kirlilik y¼kleri Eşitlik 1’de, fosfor kaynaklı yıllık oluşacak yayılı kirlilik y¼kleri Eşitlik 2’de belirtildiği şekilde hesaplanır.

$$Q_{TN} = Q_{NYK} * A_{CH} * Y_N * \frac{365}{1000} \quad (1)$$

$$Q_{TP} = Q_{PYK} * A_{CH} * Y_P * \frac{365}{1000} \quad (2)$$

Eşitlik 1’de, Q_{TN} yıllık azot kaynaklı oluşacak yayılı kirletici y¼k¼n¼ (kg/hayvan sayısı/yıl), Eşitlik 2’de, Q_{TP} yıllık fosfor kaynaklı oluşacak yayılı kirletici y¼k¼n¼ (kg/hayvan sayısı/yıl), A_{CH} hayvan tür¼ne göre canlı hayvan ağırlığını (kg) ifade etmektedir. Literat¼r değerlendirmelerine göre, A_{CH} değeri BBH için 500 kg, KBH için 45 kg ve KH için ise 2 kg olarak kabul edilmektedir. Tablo 1’de verilen yayılı kirlilik y¼k katsayıları, bu canlı ağırlıkları kullanılarak belirlenmiş kabullerdir. Y_N ve Y_P değerleri kirleticilerin alıcı ortama ulaşma y¼zdelerini ifade etmektedir. Azot ve fosforun taşınım prosesleri ile bir miktarının kaybolacağı öngör¼s¼ ile bu değerlerin azot için % 15, fosfor için ise % 5’inin alıcı ortama ulaşabileceği varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır (URL 3). Eşitlik 1 ve 2 ile hesaplanacak yayılı kirlilik y¼klerinin (ton/yıl) y¼k birimine dönüşümü Eşitlik 3 ve Eşitlik 4 de belirtildiği şekilde hesaplanır.

$$Q_{TN'} = Q_{TN} * N_{CH} / 1000 \quad (3)$$

$$Q_{TP'} = Q_{TP} * N_{CH} / 1000 \quad (4)$$

Eşitlik 3’de $Q_{TN'}$ yıllık oluşacak TN yayılı kirlilik y¼k¼n¼ (ton/yıl), Eşitlik 4’de $Q_{TP'}$ yıllık oluşacak TP kaynaklı yayılı kirlilik y¼k¼n¼ (ton/yıl), N_{CH} ise türe göre canlı hayvan sayılarını ifade etmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bursa ve ilçelerinde, 2020 yılı hayvansal kaynaklı toplam azot ve toplam fosfor yüklerinin hesaplanması için TÜİK verileri büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan sayılarından yararlanılmıştır. İlçe bazında hayvan sayılarının dağılımı Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Bursa ili ve ilçeleri 2020 yılı hayvan sayıları dağılımı

İlçe adı	Hayvan Sayıları (Adet)		
	BBH	KBH	KH
Büyükorhan	5653	23.130	7310
Gemlik	2794	9744	51.526
Gürsu	2469	8883	370
Harmancık	2388	10.322	1506
Karacabey	44.043	110.528	5.537.616
Keles	3831	23.394	13.002
Kestel	5161	19.952	3763
Mudanya	5768	14.115	1.203.464
Mustafakemalpaşa	45.306	79.340	1.658.714
Nilüfer	17.174	33.027	95.408
Orhaneli	13.209	34.430	76.010
Orhangazi	13.650	19.373	174.085
Osmangazi	5713	30.041	74458
Yenişehir	48.950	76.615	1.852.553
Yıldırım	2066	1394	6408
İnegöl	18.041	66.357	680.905
İznik	2995	26.779	331.222
Toplam	239.211	587.424	11.768.320

BBH: Büyükbaş Hayvan, KBH: Küçükbaş Hayvan, KH: Kümes Hayvanı

Tablo 2 incelendiğinde, en yüksek büyükbaş hayvan sayısının 48.950 adet ile Yenişehir ilçesinde, en düşük büyükbaş hayvan sayısının ise 2066 adet ile Yıldırım ilçesinde olduğu belirlenmiştir. Yine benzer şekilde en yüksek küçükbaş hayvan sayısının 110.528 adet ile Karacabey ilçesinde, en düşük küçükbaş hayvan sayısının 1394 adet ile Yıldırım ilçesinde olduğu tespit edilmiştir. Kümes hayvan sayıları incelendiğinde en yüksek kümes hayvanı sayısı 5.537.616 adet ile Karacabey ilçesinde, en düşük kümes hayvan sayısının ise 370 adet ile Gürsu ilçesinde bulunduğu belirlenmiştir. Toplam Bursa genelindeki hayvan sayıları incelendiğinde 239.211 adet büyükbaş hayvan, 587.424 adet küçükbaş hayvan, 11.768.320 adet de kümes hayvanı bulunduğu belirlenmiştir.

Hayvancılık, Bursa için önemli bir iş kolu olup, özellikle Karacabey, Yenişehir ve Mustafakemalpaşa ilçelerinde yoğun olarak yapılmaktadır. Veriler, ilde hayvancılık faaliyetlerinin halen yaygın bir şekilde sürdürüldüğünü göstermektedir. Tablo 2’de verilen ilçelere göre hayvan sayısı dağılımları ve yukarıda verilen eşitliklerden yararlanılarak, Bursa il ve ilçelerinde hayvancılık faaliyetleri kaynaklı yayılı kirlilik yükleri hesaplanmış ve Tablo 3’de verilmiştir.

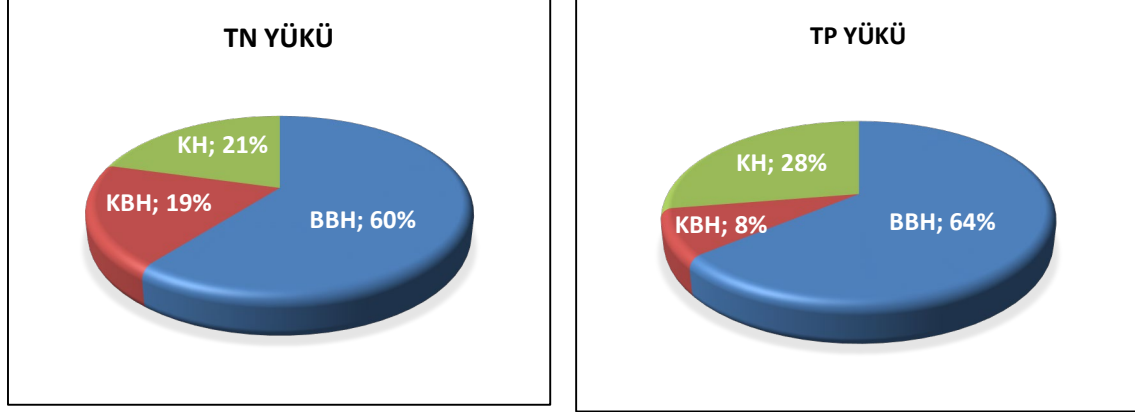
Tablo 3. Bursa ve ilçelerinde hayvan türlerine göre oluşan TN ve TP yayılı kirlilici yük miktarları

İlçe adı	Hayvan Türü	Q _{TN} (ton/yıl)	Toplam (ton/yıl)	Q _{TP} (ton/yıl)	Toplam (ton/yıl)
Büyükorhan	BBH	46,425	70,773	5,158	6,354
	KBH	23,932		1,138	
	KH	0,416		0,058	
Gemlik	BBH	22,945	35,958	2,549	3,440
	KBH	10,082		0,479	
	KH	2,931		0,412	
Gürsu	BBH	20,276	29,488	2,253	2,693
	KBH	9,191		0,437	
	KH	0,021		0,003	
Harmancık	BBH	19,611	30,376	2,179	2,699
	KBH	10,680		0,508	
	KH	0,085		0,012	
Karacabey	BBH	361,703	791,156	40,189	89,928
	KBH	114,363		5,438	
	KH	315,090		44,301	
Keles	BBH	31,462	56,406	3,495	4,75
	KBH	24,205		1,151	
	KH	0,739		0,104	
Kestel	BBH	42,384	63,242	4,709	5,72
	KBH	20,644		0,981	
	KH	0,214		0,030	
Mudanya	BBH	47,370	130,451	5,263	15,584
	KBH	14,604		0,694	
	KH	68,477		9,627	
Mustafakemalpaşa	BBH	372,075	548,548	41,341	58,513
	KBH	82,093		3,903	
	KH	94,380		13,269	
Nilüfer	BBH	141,041	180,642	15,671	18,058
	KBH	34,173		1,624	
	KH	5,428		0,763	
Orhaneli	BBH	108,478	148,426	12,053	14,354
	KBH	35,624		1,693	
	KH	4,324		0,608	
Orhangazi	BBH	112,100	142,05	12,455	14,8
	KBH	20,045		0,953	
	KH	9,905		1,392	
Osmangazi	BBH	46,918	82,237	5,213	7,286
	KBH	31,083		1,478	
	KH	4,236		0,595	
Yenişehir	BBH	402,001	586,684	44,666	63,255
	KBH	79,273		3,769	
	KH	105,410		14,820	
Yıldırım	BBH	16,967	18,773	1,885	2,004
	KBH	1,442		0,068	
	KH	0,364		0,051	
İnegöl	BBH	148,161	255,563	16,462	25,173
	KBH	68,659		3,264	
	KH	38,743		5,447	
İznik	BBH	24,596	71,150	2,733	6,699
	KBH	27,708		1,317	
	KH	18,846		2,649	
Bursa (Toplam)	BBH	1964,520	3241,944	218,280	341,327
	KBH	607,807		28,901	
	KH	669,617		94,146	

BBH: Büyükbaş Hayvan, KBH: Küçükbaş Hayvan, KH: Kümes Hayvanı

Tablo 3 incelendiğinde, TN kaynaklı yayılı kirlilik yükünün en yüksek olduğu ilçe Karacabey ilçesi (791,156 ton/yıl), en düşük olduğu ilçe ise Yıldırım ilçesi (18,773 ton/yıl) dir. Bursa genelinde TN kaynaklı oluşabilecek toplam yayılı kirlilik yükü ise 3241,944 ton/yıl olarak tespit edilmiştir. TP kaynaklı yayılı kirlilik yükünün en yüksek olduğu ilçenin Karacabey ilçesi (89,928 ton/yıl), en düşük olduğu ilçenin ise Yıldırım ilçesi (2,004 ton/yıl) olduğu belirlenmiştir. Bursa

genelinde ise TP kaynaklı oluşabilecek yayılı kirlilik yükünün 341,327 ton/yıl olduğu belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu Bursa genelinde TN ve TP kaynaklı oluşan yayılı kirlilik yüklerinin hayvan türlerine göre yüzde dağılımları Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2:

Bursa geneli hayvancılık kaynaklı TN ve TP yayılı kirlilik yüklerinin hayvan türlerine göre yüzde dağılımları

Şekil 2 incelendiğinde, TN kaynaklı yayılı kirletici yükünün % 60’ı büyükbaş hayvancılık, % 21’i kümes hayvancılığı, % 19’u ise küçükbaş hayvancılıktan kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde TP kaynaklı yayılı kirletici yükünün % 64’ü büyükbaş hayvancılık, % 28’i kümes hayvancılığı, % 8’inin ise küçükbaş hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Hayvancılık faaliyetleri sonucunda azot ve fosfor kaynaklı yayılı kirlilik jeolojik, meteorolojik ve coğrafik özelliklere bağlı olarak çeşitli dönüşüm reaksiyonları ile alıcı ortamlara ulaşmaktadır. Bu tür atıklar kontrollü atık yönetimi uygulanmaması halinde su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmakta ve sucul ekosistemlerin sağlığını tehdit etmektedir (Gürsoy Haksevenler ve Ayaz, 2021; Salihoğlu ve ark., 2019). Ancak bu atıklar belirli ölçüde ve özellikle kullanıldığında gübre değeri taşır. Dolayısıyla toprağın yapısını iyileştirmek ve tarımsal üretimi arttırmak amacıyla ticari önem arz eden ürün elde edilebilir (Mclay ve ark., 2001). Oluşan gübre etkin kullanılmadığı takdirde istenilen verim elde edilemeyebilir, aşırı gübre kullanımı tarımsal üretimi, toprak yapısını ve su kaynaklarını olumsuz yönde etkiler (Oun ve ark., 2014).

Literatür incelendiğinde, su kaynaklarında tespit edilen azot ve fosfor kirliliği hem noktasal hem de yayılı kaynaklar sebebi ile oluşabilmektedir. Yapılan çalışmaların büyük bir kısmının su kalitesinin belirlenmesi (Gümüş, 2021; Tokatlı, 2020; Dalkıran ve ark., 2020; Yıldırım, 2020; Dorak ve ark., 2019) veya kirletici kaynaklardan gelen kirlilik tespiti üzerine olduğu (Gürsoy Haksevenler ve Ayaz, 2021; Hacısalihoğlu ve Karaer, 2020; Topal 2019) gözlenmiştir. Hayvansal kaynaklı yayılı kirlilik yüklerinin hesaplanmasında Iğdır ilinde Tırınk (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada büyükbaş hayvan, küçükbaş hayvan ve kümes hayvan sayılarının sırasıyla 159926, 1149668 ve 116916 adet olduğu belirlenmiştir. Bu hayvanların yıllık oluşturduğu yayılı kirletici yükleri toplam azot miktarının 2509,697 ton/yıl ve toplam fosfor miktarı ise 203,521 ton/ yıl olarak hesaplanmıştır (Tırınk 2021). Benzer şekilde, Yetiş ve ark., Muş İli ve ilçelerinde büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı sayıları, hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan yayılı yük katsayıları kullanılarak TN ve TP yüklerini hesaplamıştır. Bu hesaplama sonuçlarına göre TN ve TP yüklerinin sırasıyla % 29 ve % 32 ile en fazla olduğu ilçenin Bulanık ilçesi olduğu tespit edilmiştir. TN ve TP yüklerinin en az olduğu ilçeler ise sırasıyla % 7 ile Hasköy ve Korkut ilçeleridir. Muş genelinde TN yükü 543,412 ton/yıl ve TP 16,918 ton/yıl olarak hesaplanmıştır (Yetiş ve ark. 2018a). Biçer (2011)’in yapmış olduğu çalışmada, Burdur alt havzaları bazında yayılı kirlilik kaynaklarından oluşan TN ve TP yüklerinin aylık tahminine

ilişkin sonuçlar verilmiştir. Burdur Gölü alt Havzası'nda hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan TN miktarı 611 ton/yıl (%50), TP miktarı ise 93 ton/yıl (%53) olarak belirlenmiştir (Biçer 2011). Derin ve ark. (2019)'nın Mardin de yürüttükleri çalışmalarında hayvansal kaynaklı TN yükünün il genelinde 270626 ton/yıl, TP yükünün ise 7,89 ton/yıl olduğu hesaplanmıştır (Derin ve ark. 2019). Hayvancılık sektörü ülkemizde daima yaygın bir sektör olmuştur. Artan nüfusa bağlı olarak hayvan sayısı artışı ve bu artışa bağlı oluşacak hayvansal atık miktarının artışı yadsınmaz gerçektir. Ancak bu sektörden kaynaklanan hayvansal atıkların göz ardı edilemeyecek boyutlarda olduğu görülmektedir. Dolayısıyla hem insan ihtiyacının karşılanması hem de etkin atık yönetimi ile bu dengenin sağlanması önem arz etmektedir (Karaman 2006). Yapılan bu çalışma, literatürde incelenen benzer çalışmalar ile kıyaslanmış ve Tablo 4'de sunulmuştur.

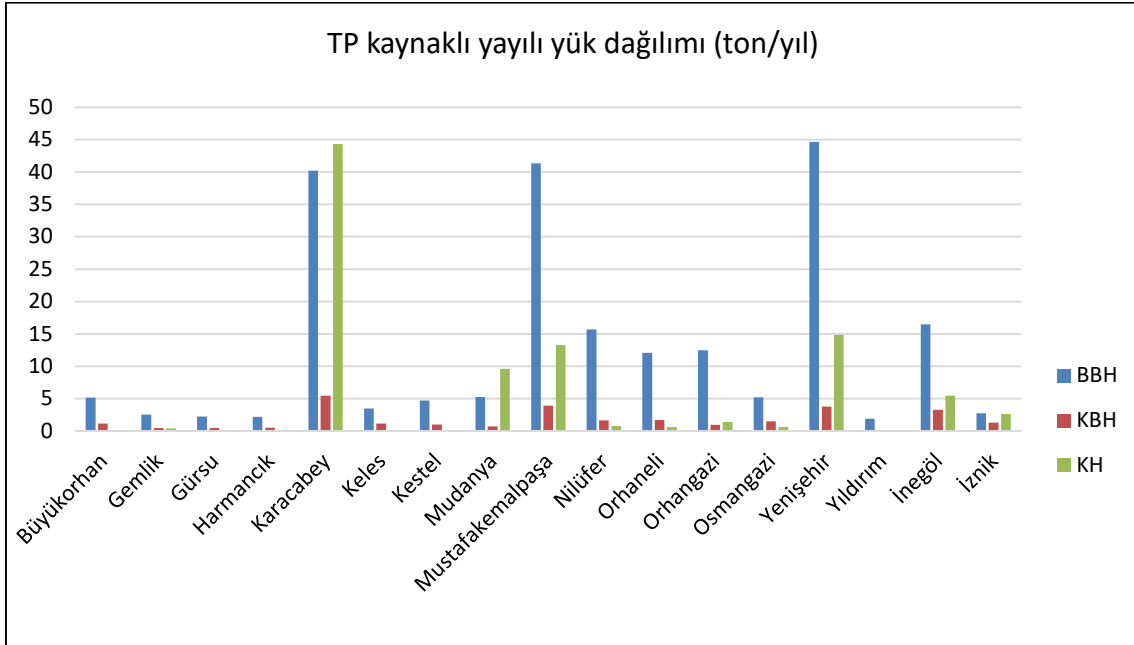
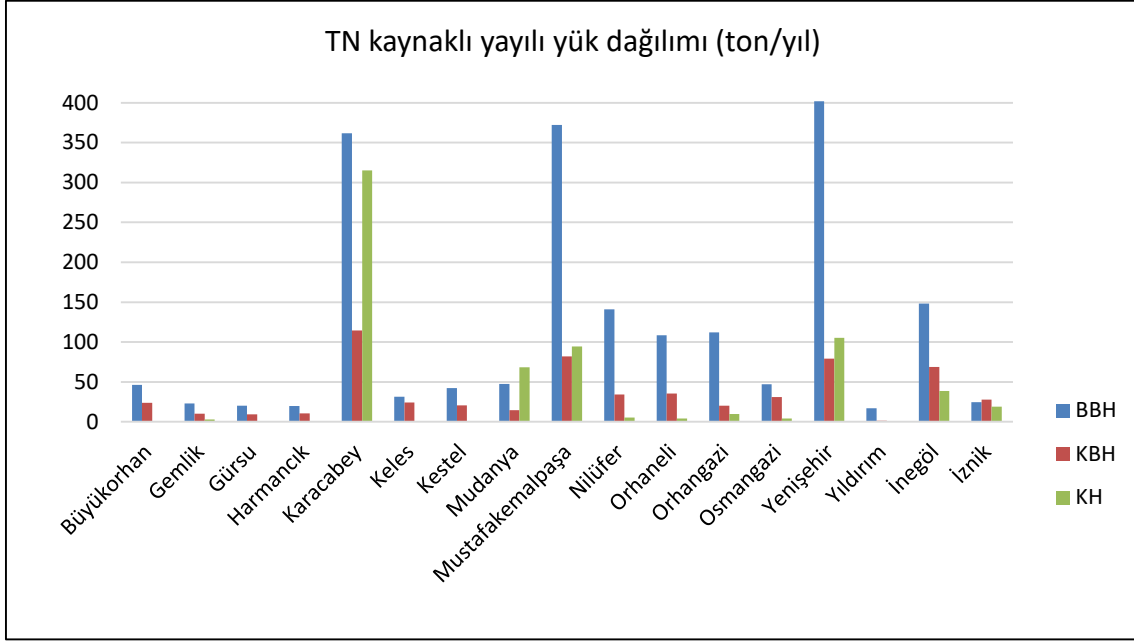
Tablo 4. Hayvansal Kaynaklı Toplam Azot ve Toplam Fosfor Yayılı Kirlilik Yüklere Literatür Taraması

Hayvan Türü	TN Yüklere (ton/yıl)	TP Yüklere (ton/yıl)	Referans, Çalışma Alanı
BBH	33,478	1,107	Sartaş, H. 2019/Tokat, Niksar
KBH	6,288	0,898	
KH	0,13	0,006	
BBH	601,689	66,854	Tırınk, S. 2021/Iğdır, Merkez
KBH	697,020	33,191	
KH	1,596	0,225	
BBH	925	82	Gürsoy Haksevenler, BH. ve Ayaz, S.2021/Manisa Alaşehir Çayı Alt Havzası
KBH			
KH			
BBH	391,61	14,97	Can, E. 2021/Adana
KBH			
KH			
BBH	180,084	4,854	Demir Yetiş, A., Yetiş, R., Gazigil, L. 2018/Muş
KBH			
KH			
BBH	361,703	40,189	Bu çalışma, Bursa, Karacabey
KBH	114,363	5,438	
KH	315,090	44,301	
BBH	372,075	41,341	Bu çalışma, Bursa, Mustafakemalpaşa
KBH	82,093	3,903	
KH	94,380	13,269	
BBH	402,001	44,666	Bu çalışma, Bursa, Yenişehir
KBH	79,273	3,769	
KH	105,410	14,820	

BBH: Büyükbaş Hayvan, KBH: Küçükbaş Hayvan, KH: Kumes Hayvanı

Tablo 4 incelendiğinde, bu konuda yapılan çalışmalar, kıyaslama yapabilmek için kapsamlı olarak araştırılmış ve bulguları tabloda sunulmuştur. Seçilen çalışma alanlarında incelenmek üzere ele alınan hayvan türleri ve sayıları, çalışmanın gerçekleştiği alanın büyüklüğü, nüfusu ve hayvancılık sektörü, vb. durumları değişkenlik gösterdiğinden elde edilen sonuçlar da farklılaşmıştır. Ancak, veriler yöntem bazında incelendiğinde sonuçların paralellik gösterdiğini ve toplam azot ve toplam fosfor miktarlarının benzer olduğu görülmüştür.

Bursa ve ilçelerinin, hayvan türlerine göre yayılı kirlenici türü dağılımları Şekil 3'de gösterilmiştir.

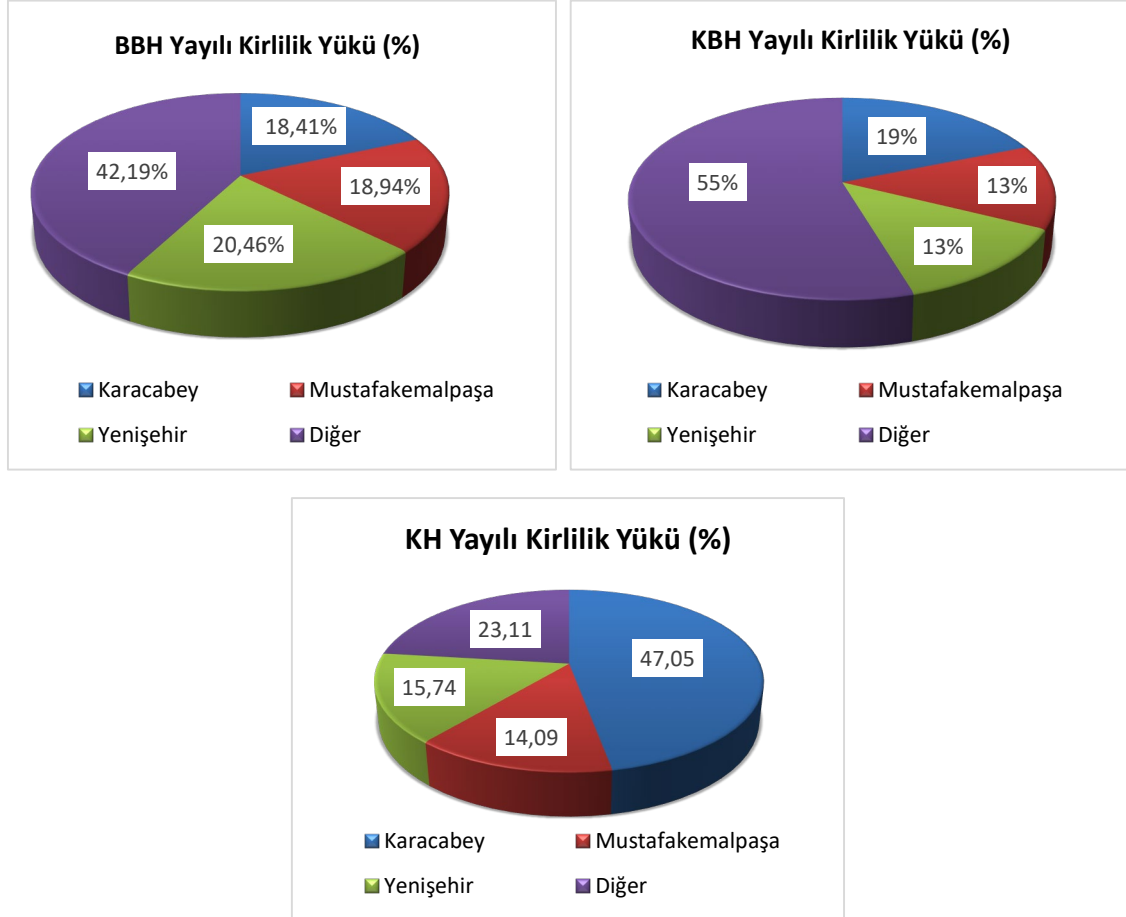


Şekil 3:

Bursa ve İlçelerinde Hayvan Türlerine Göre Yayılı Kirlilik Yük Dağılımı (ton/yıl)

Şekil 3’de görüldüğü üzere Karacabey, Mustafakemalpaşa ve Yenişehir ilçeleri yoğun hayvancılık faaliyetleri yapılan ilçelerdir. 2019 yılında Bursa İl Çevre Müdürlüğü’nün hazırlamış olduğu Bursa İl Çevre Durum Raporu’nda il genelindeki su kaynaklarının kirlenme nedenleri araştırılmıştır. Bu rapora göre, hayvan yetiştiriciliği kaynaklı su kirliliğinin en çok kirlenmeye maruz kaldığı ilçelerin Karacabey, Mustafakemalpaşa, Yenişehir ve İnegöl olduğu tespit edilmiştir (URL 4). Benzer şekilde, Tarım ve Orman Bakanlığı’nın hazırlamış olduğu Susurluk Havzası Koruma Eylem Planına göre de, Karacabey, Mustafakemalpaşa ve Yenişehir ilçelerinde hayvancılık kaynaklı kirlilik yüklerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu planda hazırlanmış olan

haritalama çalışmalarına göre bu ilçelerde hayvancılık kaynaklı (BBH, KBH, KH toplamı) toplam azot yükünün 300 ton/yıl üzerinde olduğu, toplam fosfor yükünün ise 20-50 ton/yıl aralığında olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar 2007, 2008 ve 2009 TÜİK hayvan sayıları ortalamaları esas alınarak belirlenmiştir (URL 5). Bu ilçelerin ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Bu nedenle bu ilçelerde oluşan TN ve TP kaynaklı yayılı kirlilik yüklerinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu üç ilçe esas alınarak, hayvan türlerine göre toplam yayılı kirlilik yüküne katkıları hesaplanmış ve şekil 4’de sunulmuştur.



şekil 4:

Karacabey, Mustafakemalpaşa, Yenişehir ve Diğer ilçelerin (toplam) hayvan türlerine göre toplam yayılı kirlilik yükü dağılımları

şekil 4 incelendiğinde, büyükbaş hayvancılık faaliyetleri kaynaklı toplam yayılı kirlilik yükünün % 18,41’i Karacabey ilçesinden, % 18,94’ü Mustafakemalpaşa ilçesinden, % 20,46’sı Yenişehir ilçesinden kaynaklanmaktadır. BBH kaynaklı toplam yayılı kirlilik yükünün % 57,81’i bu üç ilçede olmaktadır. Küçükbaş hayvancılık faaliyetleri kaynaklı toplam yayılı kirlilik yükünün % 19’u Karacabey, % 13’ü Mustafakemalpaşa ve % 13’ü Yenişehir ilçelerinden kaynaklanmaktadır. Bu üç ilçenin, KBH kaynaklı toplam yayılı kirlilik yüke katkısı % 45 seviyesinde olup, diğer % 55’lik kısım ise Bursa’nın diğer ilçelerinden kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde kümes hayvancılığı kaynaklı toplam yayılı kirlilik yükünün % 47,05’i Karacabey ilçesinde, % 14,09’u Mustafakemalpaşa ilçesinde, % 15,74’ü ise Yenişehir ilçesinde olmaktadır. Bu üç ilçenin, KH kaynaklı toplam yayılı kirlilik yüke katkısı % 76,9 seviyesinde olup, diğer % 23,1’lik kısım ise Bursa’nın diğer ilçelerinden kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışma neticesinde, Bursa’da yoğun

hayvancılık faaliyetleri gerçekleştirilen ilçelerin Karacabey, Mustafakemalpaşa ve Yenişehir ilçeleri olduğu tespit edilmiştir. Bu ilçelerin geniş yeşil alanlara, verimli arazilere ve yarı köy yaşantısına sahip olması nedeni ile tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin de yoğun olarak gözlemlendiği düşünülmektedir. Tablo 2’de verilen ilçe bazlı hayvan sayıları da bu durumu destekler niteliktedir. Dolayısıyla, hayvancılık faaliyetleri kaynaklı TN ve TP yayılı kirlilik yüklerinin en yüksek olduğu ilçelerin de bu ilçeler olduğu belirlenmiştir. Muş ve ilçelerinde, benzer bir çalışma da TN ve TP yükünün sırasıyla %29 ve %32 ile en fazla olduğu ilçenin Bulanık ilçesi, TN ve TP yüklerinin en az olduğu ilçelerin ise %7 ile Hasköy ve Korkut ilçeleri olduğu belirlenmiştir (Yetiş ve ark. 2018b). Tırnak (2021) tarafından Iğdır ve ilçelerinde yapılan çalışmaya göre, TN ve TP yükünün en fazla olduğu ilçenin sırası ile Merkez ilçesi (TN yükü %52, TP yükü %49), en az olduğu ilçe ise Karakoyunlu ilçesi (TN yükü %12, TP yükü %12) olduğu belirtilmiştir. Hayvancılık kırsal alandaki ekonomik hayatın en önemli yapılarındandır. Bursa ili ve ilçelerinde hayvancılık en eski ekonomik faaliyetlerden biridir. Geçmişten bugüne ilde hayvancılık faaliyetleri tarımsal faaliyetlerle birlikte yürütülmektedir. Dolayısıyla yoğun tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği Karacabey, Mustafakemalpaşa, İnegöl ve Yenişehir ilçelerinde bu faaliyetlere paralel olarak hayvancılığında yoğun olduğu gözlenmiştir (Akay Ertürk 2008).

4. SONUÇ

Yayılı kirlilik kaynaklarından olan hayvansal atıklar kontrolsüz atık yönetimi sonucu, yüzey ve yer altı su kaynaklarını kirletebilmektedir. Bu çalışmada, hayvancılık faaliyetleri kaynaklı yayılı kirlilik yükünün Bursa ve ilçelerinde oluşumu araştırılmış, ilçe bazında hayvan sayılarına bağlı olarak oluşabilecek toplam azot ve toplam fosfor yayılı kirlilik yük miktarları hesaplanmıştır. Kirlilik yükü hesabında Bursa’nın tüm ilçelerinde mevcut 2020 yılı, büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı sayıları kullanılmıştır. Sonuç olarak, toplam azot ve toplam fosfor yayılı kirlilik yüklerinin en yüksek olduğu ilçelerin Karacabey, Mustafakemalpaşa, Yenişehir ilçeleri, en düşük olduğu ilçelerin ise Yıldırım, Gemlik, Gürsu ve Harmancık olduğu tespit edilmiştir. Bursa genelinde toplam azot kaynaklı oluşabilecek toplam yayılı kirlilik yükü 3241,944 ton TN/yıl, toplam fosfor kaynaklı oluşabilecek yayılı kirlilik yükünün 341,327 ton TP/yıl olduğu belirlenmiştir. Toplam azot kaynaklı yayılı kirletici yükünün % 60’ı büyükbaş hayvancılık, % 21’i kümes hayvancılığı, % 19’u ise küçükbaş hayvancılıktan, benzer şekilde toplam fosfor kaynaklı yayılı kirletici yükünün % 64’ü büyükbaş hayvancılık, % 28’i kümes hayvancılığı, % 8’inin ise küçükbaş hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Hayvancılık sektöründe oluşan ve çevre sorunlarına neden olan hayvansal atıklar aslında önemli bir hammadde potansiyelidir. Bu atıkların gübre, biyogaz ve yem üretimi gibi alanlarda kullanılması mümkündür. Bu nedenle hayvancılık sektöründe etkin atık yönetim planlaması yapılması, oluşan atıkların çevresel sorun yaratmadan, ekonomik bir kaynak olarak görülmesi ve değerlendirilmesi önerilmektedir. Aynı zamanda bu tür atıklar kaynağında iyi yönetilmediği takdirde ciddi toprak kirliliği, yeraltı suyu kirliliği ve yakınında bulunan yüzeysel su kaynaklarında kirlenmeye sebebiyet verebilir. Bu nedenle, hayvansal kaynaklı kirlilik yükleri değerlendirilirken konu bir bütün olarak ele alınmalı, hava, su, toprak kalitesi izlenmesi çalışmaları ile değerlendirilmesi önerilmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar da bulunmadığını onaylamaktadır.

YAZAR KATKISI

Tüm görevler, yazar Saadet Hacısalihoğlu tarafından yapılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Akay Ert¼rk, S., (2008) Bursa Ovası ve çevresinin ziraat hayatı, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstit¼s¼, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, p. 301.
2. Aydın, İ., Derin¼z, B., (2013) Balıkesir merkez ilçede ticari s¼t hayvancılığın çevresel etkileri, *Marmara Coğrafya Dergisi* 28: 117-138.
3. Biçer, C.A. (2011). G¼l Alt Havzaları Bazında Yayılı Kaynaklardan Oluşan N ve P Y¼k¼n¼n Tahmini: Burdur Havzası ¼rneđi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstit¼s¼, İstanbul, pp. 102.
4. Boyacı, S., Aky¼z, A., K¼k¼rt¼, M., (2011) B¼y¼kbař hayvan barınaklarında g¼brenin yarattığı evre kirliliği ve öz¼m olanakları. *Inter J Agri Nat Sci*, 4(1): 49-55.
5. Can Erkan, M. (2021) Adana merkez ve ilçeleri için çiftlik hayvanları kaynaklı atık ve kirlilik y¼k¼ potansiyeli, *Mediterranean Agricultural Sciences* (2021) 34(2): 215-222. doi.org/10.29136/mediterranean.852144.
6. Centner, T.J., Wetzstein, M.E., Mullen, J.D. (2008) Small livestock producers with diffuse water pollutants: adopting a disincentive for unacceptable manure application practices, *Desalination* 226 (2008) 66-71. doi:10.1016/j.desal.2007.01.234
7. Çayır, M., Atılđan, A., Hasan, ¼., (2012) B¼y¼kbař hayvan barınaklarındaki g¼brelilikler ve su kaynaklarına olan durumlarının incelenmesi. *Isparta Uygulamalı Bilim Univ Zir Fak Derg*, 7(2): 1-9.
8. Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Taş, D., Karabayırlı, G., Atak, S., Koşucu, T.N., Coşkun, F., Akay, E., (2020) Mustafakemalpaşa ayı'nın (Bursa) Su Kalitesinin Fakt¼r Analizi Kullanılarak Değerlendirilmesi, *Acta Aquatica Turcica*, 16(1), 124-137. doi.org/10.22392/actaquatr.610888.
9. Derin, P., Yetiş, A.D., Yeşilnacar, M.İ., Yetiş, R., (2019), Mardin merkez ve ilçeleri için antropojenik yayılı kirletici kaynaklarından hayvansal kirlilik y¼k¼n¼n belirlenmesi. Uluslararası Katılımlı 72. T¼rkiye Jeoloji Kurultayı, 28 Ocak–01 şubat 2019, Ankara, T¼rkiye, p. 694-698.
10. Dorak, S., Açık, B.B., ¼zsoy, G., (2019) Tarımda Su Kalitesi ve Su Kirliliğinin ¼nemi: Bursa Nil¼fer ayı ¼rneđi, *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 33(1), s. 155-166.
11. G¼m¼ř, N.E., (2021) Akarçay Akarsuyu (Afyonkarahisar) Su Kalitesi ve Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi, *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences* 6 (1), p: 120-127. doi.org/10.35229/jaes.839147.
12. G¼rsoy Haksevenler, B.H., Ayaz, S., (2021) Noktasal ve yayılı kirletici kaynaklarının y¼zeysel su kalitesi üzerinde etkisi, Alaşehir ayı alt havzası ¼rneđi, *G¼FBED/GUSTIJ* 11 (4): 1258-1268 doi: 10.17714/gumusfenbil.882693.
13. Hacısalihoğlu, S., Karaer, F., (2020) Uluabat G¼l¼ noktasal kirletici kaynaklar ve kirlilik y¼k¼leri, *Doğal Afetler ve evre Dergisi*, 6(2), 258-267. doi.org/10.21324/dacd.602385.
14. Karaman, S., (2006) Hayvansal retimden Kaynaklanan evre Sorunları ve öz¼m Olanakları, *KS¼. Fen ve M¼hendislik Dergisi*, 9(2), 133-139.
15. Mclay, C.D.A., Dragten, R., Sparling, G., Selvarajah, N., (2001) Predicting Groundwater Nitrate Concentration a Region of Mixed Agricultural Land Use: a Comparison of Three

- Approaches, *Environmental Pollution Journal*, 115, 191-204. Doi: 10.1016/s0269-7491(01)00111-7.
16. Oun, A., Kumar, A., Harrigan, T., Angelakis, A., Xagorarakis, I., (2014) Effects of Biosolids and Manure Application on Microbial Water Quality in Rural Areas in the US, *Water*, doi:10.3390/w6123701, Vol 6, p: 3701-3723.
 17. Polat, H.E., Olgun, M., (2009) Hayvancılık İşletmelerindeki Atık Yönetimi Uygulamalarının Su Kirliliği Üzerine Etkileri, *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 71-80.
 18. Salihoğlu, N.K., Teksoy, A., Altan, K., (2019) Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarından Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Balıkesir İli Örneği, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 8, Sayı 1, (2019), 31-47.
 19. Sartaş, H. (2019) Niksar Çanakçı Alt Havzası'nın arazi kullanımı ve azot-fosfor yayılı kirlenici kaynaklarının coğrafi bilgi sistemleri ile modellenmesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat, p.52.
 20. Tanık, A., Yontar, B., Şeker, D. Z., (2010) Determination and Control of Diffuse Pollutants Arising From Watersheds – A Case Study From Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin* Volume 19, p. 2324-2333.
 21. Tokatlı, C., (2020) Ergene Nehir Havzası Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistik Analizler Kullanılarak Değerlendirilmesi, *LIMNOFISH-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research* 6(1): 38-46. doi.org/10.17216/limnofish.524036.
 22. Topal, M., (2019) Elazığ Keban Baraj Gölü Pertek Bölgesi Su Kalitesinin Bazı Parametrelerle Belirlenmesi, *BEU Journal of Science* 8 (2), 561-568.
 23. URL 1, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Indexp=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-Haziran-2020-33874>. Erişim Tarihi: 06.01.2022, Konu: Hayvan türüne göre sayı tespiti.
 24. URL 2, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Bursa>. Erişim Tarihi: 28.12.2021, Konu: Bursa.
 25. URL3, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/havza%20koruma%20eylem%20planlar%C4%B1/Susurluk-Havzasi.pdf>, Erişim Tarihi: 07.01.2022, Konu: Hayvansal kaynaklı yayılı kirlilik yük katsayıları.
 26. URL 4, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/bursa_2019_cevre_durum_raporu-20201217210215.pdf
 27. URL 5, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/havzakorumaeylemplanlarC4B1/Susurluk-Havzasi.pdf>
 28. Xiaoyan, W. (2005) Diffuse pollution from livestock production in China, *Chinese Journal of Geochemistry* 24(2) 189-193.
 29. Yelmen, B., Dağtekin, M., Çakır, M.T., (2020) Mersin ilinin organik atık potansiyelinin biyogaz enerji üretimine etkisi, *Politeknik Dergisi* 23(2): 587-595. doi: 10.2339/politeknik.645309.
 30. Yetiş, A.D., Teke, R.B., Yetiş, R., (2018a) Muş merkez ve ilçelerinin hayvansal kaynaklı kirlilik yükü hesabı. 6th International GAP Engineering Conference – GAP2018, p. 527-532.
 31. Yetiş, A.D., Yetiş, R., Gazizil, L., (2018b) Bitlis Merkez ve İlçelerinin Hayvansal Kaynaklı Kirlilik Yükü Hesabı, International Symposium on Urban Water and Wastewater Management October 25-27, 2018, Denizli.
 32. Yıldırım, Ü., (2020) Kaynağından Akdeniz'e Deliçay'ın (Mersin) Debisi ve su kalitesinin değerlendirilmesi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 1121-1135.

