

Bölüm 6

KIRŞEHİR İLİNİN HAYVANSAL GÜBRE KAYNAKLI BİYOGAZ POTANSİYELİNİN MEKANSAL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Sedat BOYACI¹

Ömer ERTUĞRUL²

Gülden ÖZGÜNTAY ERTUĞRUL³

GİRİŞ

Birleşmiş Milletler'in her yıl hazırladığı, sürdürülebilir kalkınma hedefleri hakkındaki raporlarda önemli hedefler ortaya koyulmaktadır. Her birey için ekonomik, arz güvenliğine sahip, sürdürülebilir ve çağdaş yöntemlerle kullanıma sunulan, enerji, gıda ve su kaynaklarına erişim olanağı sağlamaya dair hedeflere vurgu yapılmıştır (1). Son yıllarda artan enerji tüketimi, fosil kaynaklı yakıtların tükenmeye başlaması ve önemli çevresel sorunları ortaya çıkarması, alternatif enerji kaynaklarına olan talebin artmasına neden olmuştur. Alternatif enerji kaynaklarına olan talebin artması, ucuz, temiz ve yeterli miktarda enerji üretimi ve sorunsuz kaynak kullanımı konusundaki çalışmalara ivme kazandırmıştır. Sürdürülebilir enerji üretimi için sürdürülebilir tarımın bir parçası olarak ta düşünülebilen etkin atık yönetimi ilkesine uygun olarak, tarımsal kaynakların da devreye konulduğu yeni yaklaşımların faydalı olabileceğine inanılmaktadır (2;3).

Alternatif enerji kaynaklarından biri olan biyogaz; tarımsal, hayvansal veya biyolojik atıklardan farklı yöntemlerle üretimi mümkün olan ısı değeri yüksek bir gazdır (4). Ülkemizde biyogaz üretiminde kullanılmayan hayvan ve bitki atıkları genellikle ya doğrudan yakılmakta ya da gübre olarak tarım arazilerinde kullanılmaktadır. Ancak, bu atıkların yakılarak ısı üretiminde

¹ Doç. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sedat.boyaci@ahievran.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, oertugrul@ahievran.edu.tr

³ Dr. Öğr. Üyesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, gozgunaltay@ahievran.edu.tr

kullanımı çok daha yaygındır. Bu yöntemle istenilen kalitede ısı üretilememekte ve atıkların ısı üretimi sonrası gübre olarak kullanılması mümkün olmamaktadır (5). Gübre, doğrudan yakılarak ısıtma amaçlı kullanıldığında yeterli ısı üretilmez ve yanma sonrası kalıntılar gübre olarak kullanılamaz. Doğrudan yakmadan elde edilen enerji, gübrenin biyogaza dönüştürülmesiyle elde edilen enerjiden nispeten daha düşüktür. Gübreyi tarım arazileri üzerinde kullanmak da doğrudan yakma yoluyla enerjiye dönüştürmekten daha ekonomiktir. Öte yandan, tasarlanacak biyogaz tesislerinden elde edilen fermente gübre, toprak için daha faydalı ve tarım arazileri üzerinde kimyasal gübre kullanımını azaltma potansiyeline sahiptir (6). Türkiye, hayvansal ve bitkisel üretim bakımından potansiyeli yüksek önemli bir tarım ülkesidir. Değerlendirilebilecek organik atık potansiyeli olmasına rağmen, enerji üretim metodu olarak bilinen biyogaz, gerektiği gibi değerlendirilememektedir. Oysaki bu atıkların değerlendirilmesi durumunda, enerji bakımından ekonomik bir girdi sağlanabileceği gibi çevre açısından da zararlı atıklar azaltılarak sürdürülebilir kaliteli bir çevreyle birlikte kırsal gelişmede gerçekleştirilebilecektir (7).

Ülkemizde ve dünyada hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli ve bunların haritalanması konusunda yapılan çalışmalara bakıldığında; (8) Fırat Havzasında, sığır sayısı ve yaş gübre üretim değerlerine göre, ARCMAP 10 yazılımı kullanılarak uygun biyogaz üretim yerlerini belirlenmeye çalışılmışlardır. Bu amaçla, hayvan sayısının fazla olduğu bölgeler, potansiyel biyogaz üretimine uygun veya uygun olmayan alanlar olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Fırat Havzasındaki mevcut sığır sayılarından yıllık biyogaz enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Çalışma alanında yılda yaklaşık 2061883.4 ton hayvansal atıktan 862863.7 MJ potansiyel biyogaz enerjisi veya 239684.4 kWh elektrik enerjisinin elde edilebileceği belirlenmiştir. (9) tarafından yapılan çalışmada, İran'da hayvan gübresi ve kırsal yerleşim atıklarından elde edilebilecek metan üretimi ve biyogaz üretim tesislerinin inşası için uygun yerler coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, hayvan gübresi ve kırsal atıklar kullanılarak yılda 2740 milyon m³ metan üretilebileceğini ve buna bağlı olarak İran'da biyogaz tesisi kurulabilecek alanları mekansal olarak belirlemiştir. (10) Meksika'nın güneydoğusunda yapmış oldukları çalışmalarında, hayvanlardan elde edilebilecek potansiyel yaş gübre ve toplanabilir faydalı gübrenin sırasıyla 7864796 ton/yıl ve 765947 ton/yıl'a karşılık geldiğini ve elde edilebilecek gübre potansiyelinin bölgedeki hayvancılık üretim sisteminden etkilendiğini belirtmişlerdir. Bu gübrenin biyogaza dönüştürülmesi neticesinde

elde edilebilecek enerji potansiyelinin ise 396727 GJ/yıl olduğunu hesaplamışlardır. (7) Türkiye'nin tarım bölgeleri bazında, toplam kullanılabilir hayvansal gübre ve tahıl sap atıklarından elde edilebilecek biyogaz ve enerji potansiyel değerlerini belirleyerek sayısal haritalar oluşturmuşlardır. Türkiye'nin biyogaz amaçlı, hayvansal gübrelerden elde edilebilir uçucu kuru madde miktarını 33210.84 milyar ton/yıl, tahıl sap atıklarından elde edilebilir uçucu kuru madde miktarını ise 7.17 milyar ton/yıl olarak hesaplamışlardır. Bu atıklardan elde edilebilecek toplam biyogaz enerji potansiyeli yaklaşık 331.86 PJ/yıl'dır. Bu enerjinin (PJ/yıl) tarım bölgelerine göre dağılımı; <20 sınıfında Doğu Karadeniz, 20-30 sınıfında Batı Karadeniz, Orta Anadolu, Orta Doğu Anadolu ve Batı Anadolu, 30-40 sınıfında Kuzey Doğu Anadolu, Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu, 40-55 sınıfında Ege ve >55 sınıfında Marmara Bölgesi olmak üzere beş sınıfta değerlendirilmiştir. (6) Yoğun hayvancılık tesislerine sahip Tokat ilinin hayvancılık atıklarının CBS teknolojileri yardımıyla biyogaz üretim potansiyelini belirlemek, bu atıkların enerji üretiminde olası kullanımlarını tespit etmek ve ekonomiye sağladığı katkıları belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmalarında, Tokat ilinin biyogaz üretim potansiyelini 301434 m³/gün olarak hesaplanmış ve bu miktarın enerji eşdeğerini 502390 kWh/gün olarak hesaplanmıştır. Bölgede, hayvancılık tesislerinin yaygın olması ve hayvansal atıkların toplanmasının kolay olması nedenleri dikkate alınmış ve pilot merkezi biyogaz tesisleri 250, 500 ve 1000 hayvan kapasiteli olarak tasarlanmıştır. Biyogaz tesislerinin hayvan yoğunluklarına ve kırsal yerleşimler arasındaki mesafelere göre konumlarını, sayılarını ve kapasitelerini belirlemek için yapılan analizlerde ArcMAP yazılımı kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda 250 hayvan için 228, 500 hayvan için 171 ve 1000 hayvan için 131 biyogaz tesisi inşa edilebileceği belirlenmiştir.

Günümüzde fosil yakıtların sınırlı ve maliyetlerinin yüksek olması, olumsuz çevresel etkileri ile birlikte alternatif enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır. Hayvansal gübrelerden elde edilebilen biyogazın ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi ve ülkelerin enerji ihtiyaçlarının bir kısmını karşılayabilecek potansiyele sahip olması son derece önemlidir. Aynı zamanda bu potansiyelin yoğun olduğu bölgelerin haritalandırılarak tesis kurulacak uygun yerlerin belirlenmesi fayda sağlayabilir. Bu çalışmada, Kırşehir ilinde, türlerine göre hayvanlardan elde edilebilecek, toplanabilir faydalı gübre miktarına bağlı metan miktarı ve buna bağlı olarak biyogaz tesisi kurularak elde edilebilecek elektrik enerjisinin ilçelere göre mekansal dağılımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada, Kırşehir iline ait türlerine göre hayvan sayıları, Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2021 yılı verilerinden alınmıştır (11). Elde edilen değerlerden yararlanılarak Kırşehir ili için biyogaz potansiyelinin hesaplanmasında araştırmacılar tarafından kullanılan değerler Tablo 1'de verilmiştir (12;13;14).

Tablo 1. Biyogaz potansiyelinin hesaplanmasında kabul edilen değerler (12;13;14)

Hayvan türü	Hayvan Başına Ortalama Günlük Yaş Gübre Üretimi (MYG)	Toplanabilir Faydalı Gübre Oranı (T)	Yaş Gübredeki Katı Madde Oranı (KM)	KM İçerisindeki Uçucu Katı Madde Oranı (UKM)	Metan Üretimi (MO)
Süt sığırı	43.00	100	17.27	83.36	0.18
Et sığırı	29.00	100	12.41	84.65	0.33
Yerli sığır	29.00	50	17.27	83.36	0.33
Buzağı	2.48	100	3.71	44.23	0.33
Koyun	2.40	13	23.00	83.63	0.30
Keçi	2.05	13	23.17	73.06	0.30
At-Katır-Eşek	20.40	29	19.61	66.67	0.30
Yumurta tavuğu	0.13	99	18.75	75.00	0.35
Hindi	0.38	68	19.36	75.83	0.35
Kaz	0.33	68	17.27	61.28	0.35
Ördek	0.33	68	17.27	61.28	0.35

Biyogaz potansiyelini belirlemek amacıyla aşağıda verilen eşitlikler kullanılmıştır.

$$M_{YYM} = M_{YG} \times S \times 365 \quad (1)$$

$$M_{YFYG} = M_{YYM} \times T \quad (2)$$

$$M_{KM} = M_{YFYG} \times KM \quad (3)$$

$$M_{UKM} = M_{KM} \times UKM \quad (4)$$

$$M_{\text{Metan}} = M_{\text{UKM}} \times MO \quad (5)$$

$$Q = M_{\text{Metan}} \times H_{\text{Metan}} \quad (6)$$

$$E = M_{\text{Metan}} \times \eta_e \times W \quad (7)$$

Eşitlikte;

M_{YYM} : Hayvanlar tarafından üretilebilecek gübre miktar (kg/yıl), M_{YG} = Bir hayvanın üretebileceği gübre miktarı (kg/gün-hayvan),

S: Hayvan sayısı, M_{VFG} = Toplanabilir faydalı toplam yaş gübre miktarı (kg/yıl),

T: Toplanabilir faydalı gübre oranı (%), M_{KM} = Toplanabilir faydalı gübre içerisindeki toplam katı madde miktarı (kg/yıl),

KM: Yaş gübre içerisindeki katı madde oranı (%),

M_{KM} : Katı madde içerisindeki uçucu katı madde miktarı,

M_{UKM} : Yaş gübre içerisindeki yıllık toplam uçucu katı madde miktarı (kg/yıl),

UKM: Katı madde miktarı içerisindeki uçucu katı madde oranı (%),

M_{Metan} : Toplanabilir faydalı gübreden elde edilebilecek metan miktarı ($\text{m}^3\text{CH}_4/\text{yıl}$),

Q: Yıllık üretilecek metanın enerji karşılığı (MJ/yıl),

H_{METAN} : Metan gazının ısı değeri olup $36.1 \text{ MJ}/\text{m}^3$,

E: CHP motorunun yıllık elektrik üretimi (MWh/yıl),

η_e : CHP motorunun elektriksel verimi (%35 alınmıştır),

W: Metan gazının kWh olarak enerji değeri ($10 \text{ kWh}/\text{m}^3$ alınmıştır).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kırşehir ilinin ilçelere göre hayvan sayıları Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre toplam hayvan varlığı bakımından Mucur ilçesinin (%23.87) en yoğun, Akçakent ilçesi ise %2.11 en az hayvan sayısına sahip ilçe olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Kırşehir ilinin ilçelere göre hayvan sayıları

Hayvan türü	İlçelere göre hayvan sayısı, (adet)							
	Akpınar	Akçakent	Boztepe	Kaman	Merkez	Mucur	Çiçekdağı	Toplam
Süt Sığırı	7881	4171	13021	10496	38369	9152	9344	92434
Et Sığırı	3570	1605	17887	6445	50845	9835	3830	94017
Yerli Sığır	319	108	9	82	1950	0	594	3062
Buzağı	1435	3370	7708	5767	29755	4266	4233	56534
Koyun	12265	9100	41580	54100	106882	33198	46681	303806
Keçi	1265	4645	426	3530	10500	1856	12269	34491
At, Eşek, Katır	439	47	61	275	363	132	178	1495
Yumurta tavuğu	14000	7310	417000	38320	81775	291730	3100	853235
Hindi	4500	520	5200	1000	3350	478	2410	17458
Kaz	2500	120	1300	1400	5020	465	2430	13235
Ördek	330	75	245	260	1050	437	322	2719
Toplam	48504	31071	504437	121675	329859	351549	85391	1472486

Hayvan sayılarının oranına bakıldığında %57.9 ile yumurta tavuğu ilk sırada yer alırken bunu %20.6 ile koyun ve % 6.4 ile et sığırının izlediği görülmektedir.

Kırşehir ilinin ilçelere göre yıllık ortalama yaş gübre miktarı Tablo 3'te verilmiştir. İlçelere göre yıllık ortalama yaş gübre miktarı bakımından Merkez ilçesinin (%45.08) en yoğun, Akçakent ilçesinin ise %3.44 ile en az yaş gübre miktarına sahip ilçe olduğu görülmektedir.

İlçelere göre yıllık ortalama yaş gübre miktarına bakıldığında %50.4 ile süt sığırı ilk sırada yer alırken bunu %34.6 ile et sığırı ve % 9.2 koyun un izlediği görülmektedir.

Kırşehir ilinin ilçelere göre toplanabilir faydalı gübre miktarı Tablo 4'te verilmiştir. İlçelere göre toplanabilir faydalı gübre miktarı bakımından Merkez ilçesinin (%46.05) en yoğun, Akçakent ilçesinin ise %3.39 ile en az toplanabilir faydalı gübre miktarı sahip ilçe olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Kırşehir ilinin ilçelere göre yıllık ortalama yaş gübre miktarları

Hayvan türü	İlçelere göre yıllık ortalama yaş gübre miktarı, (ton/yıl)							
	Akpınar	Akçakent	Boztepe	Kaman	Merkez	Mucur	Çiçekdağı	Toplam
Süt Sığırları	123692	65464	204365	164735	602201	143641	146654	1450752
Et Sığırı	37788	16989	189334	68220	538194	104103	40541	995170
Yerli Sığır	3377	1143	95	868	20641	0	6287	32411
Buzağı	1299	3051	6977	5220	26934	3862	3832	51175
Koyun	10744	7972	36424	47392	93629	29081	40893	266134
Keçi	947	3476	319	2641	7857	1389	9180	25808
At, Eşek, Katır	3269	350	454	2048	2703	983	1325	11132
Yumurta tavuğu	664	347	19787	1818	3880	13843	147	40486
Hindi	624	72	721	139	465	66	334	2421
Kaz	301	14	157	169	605	56	293	1594
Ördek	40	9	30	31	126	53	39	328
Toplam	182745	98886	458662	293281	1297235	297076	249525	2877410

Tablo 4. Kırşehir ilinin ilçelere göre toplanabilir faydalı gübre miktarları

Hayvan türü	İlçelere göre toplanabilir faydalı gübre miktarı, (ton/yıl)							
	Akpınar	Akçakent	Boztepe	Kaman	Merkez	Mucur	Çiçekdağı	Toplam
Süt Sığırları	123692	65464	204365	164735	602201	143641	146654	1450752
Et Sığırı	37788	16989	189334	68220	538194	104103	40541	995170
Yerli Sığır	1688	572	48	434	10320	0	3144	16206
Buzağı	1299	3051	6977	5220	26934	3862	3832	51175
Koyun	1397	1036	4735	6161	12172	3781	5316	34597
Keçi	123	452	41	343	1021	181	1193	3355
At, Eşek, Katır	948	101	132	594	784	285	384	3228
Yumurta tavuğu	658	343	19589	1800	3841	13704	146	40081
Hindi	424	49	490	94	316	45	227	1647
Kaz	205	10	106	115	411	38	199	1084
Ördek	27	6	20	21	86	36	26	223
Toplam	168250	88073	425837	247738	1196282	269675	201662	2597517

İlçelere göre toplanabilir faydalı gübre miktarına bakıldığında %55.9 ile süt sığırları ilk sırada yer alırken bunu %38.3 ile et sığırları ve % 2.0 ile buzağının izlediği görülmektedir. İlçelere göre toplanabilir faydalı gübre miktarının mekansal dağılımı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Faydalı gübre miktarı (ton/yıl)

Kırşehir ilinin ilçelere göre katı madde miktarı (KM) Tablo 5'te verilmiştir. Buna göre ilçelere göre katı madde miktarı bakımından Merkez ilçesinin (%44.84) en yoğun, Akçakent ilçesinin ise %3.55 ile en az katı madde miktarına sahip ilçe olduğu görülmektedir.

İlçelere göre katı madde miktarına bakıldığında %63.2 ile süt sığırları ilk sırada yer alırken bunu %31.2 ile et sığırları ve % 2.0 ile koyun ve %1.9 ile yumurta tavuğunun izlediği görülmektedir.

Kırşehir ilinin ilçelere göre uçucu katı madde miktarı (UKM) Tablo 6'da verilmiştir. İlçelere göre uçucu katı madde miktarı bakımından Merkez ilçesinin (%44.94) en yoğun, Akçakent ilçesinin ise %3.54 ile en az uçucu katı madde miktarına sahip ilçe olduğu görülmektedir.

Tablo 5. Kırşehir ilinin ilçelere göre katı madde miktarları

Hayvan türü	İlçelere göre katı madde miktarı (KM), (ton/yıl)							
	Akpınar	Akçakent	Boztepe	Kaman	Merkez	Mucur	Çiçekdağı	Toplam
Süt Sığırları	21362	11306	35294	28450	104000	24807	25327	250545
Et Sığırı	4690	2108	23496	8466	66790	12919	5031	123501
Yerli Sığır	292	99	8	75	1782	0	543	2799
Buzağı	48	113	259	194	999	143	142	1899
Koyun	321	238	1089	1417	2799	870	1223	7957
Keçi	29	105	10	80	237	42	277	777
At, Eşek, Katır	186	20	26	116	154	56	75	633
Yumurta tavuğu	123	64	3673	338	720	2570	27	7515
Hindi	82	9	95	18	61	9	44	319
Kaz	35	2	18	20	71	7	34	187
Ördek	5	1	3	4	15	6	5	38
Toplam	27172	14065	63971	39177	177629	41428	32728	396170

Tablo 6. Kırşehir ilinin ilçelere göre uçucu katı madde miktarları

Hayvan türü	İlçelere göre uçucu katı madde miktarı (UKM)							
	Akpınar	Akçakent	Boztepe	Kaman	Merkez	Mucur	Çiçekdağı	Toplam
Süt Sığırları	17807	9424	29421	23716	86695	20679	21113	208854
Et Sığırı	3970	1785	19890	7167	56538	10936	4259	104543
Yerli Sığır	243	82	7	62	1486	0	453	2333
Buzağı	21	50	114	86	442	63	63	840
Koyun	269	199	911	1185	2341	727	1023	6655
Keçi	21	76	7	58	173	31	202	568
At, Eşek, Katır	124	13	17	78	102	37	50	422
Yumurta tavuğu	92	48	2755	253	540	1927	20	5636
Hindi	62	7	72	14	46	7	33	242
Kaz	22	1	11	12	44	4	21	115
Ördek	3	1	2	2	9	4	3	24
Toplam	22634	11688	53207	32633	148416	34415	27240	330231

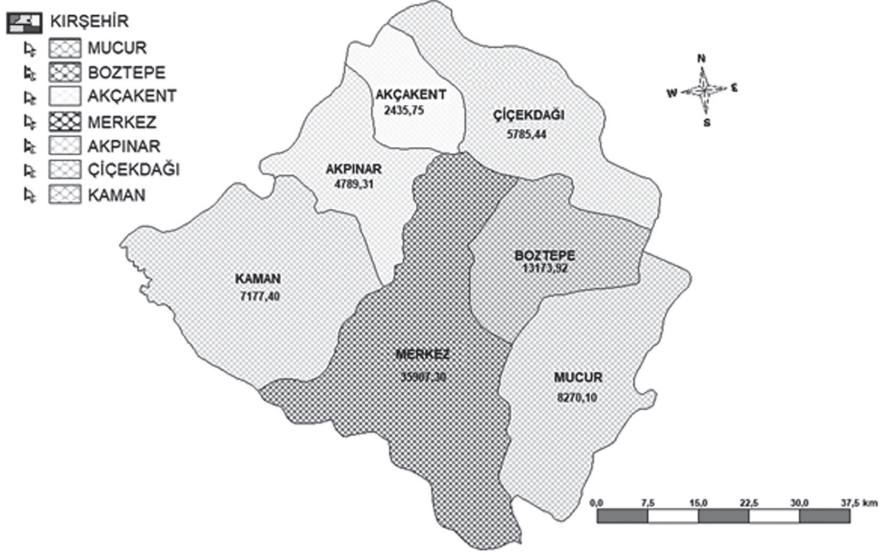
İlçelere göre uçucu katı madde miktarına bakıldığında %63.2 ile süt sığırları ilk sırada yer alırken bunu %31.7 ile et sığırları ve % 2.0 ile koyun ve %1.7 ile yumurta tavuğunun in izlediği görülmektedir.

Kırşehir ilinin ilçelere göre metan üretimi Tablo 7’de verilmiştir. Buna göre ilçelere göre metan üretimi bakımından Merkez ilçesinin (%46.31) en yoğun, Akçakent ilçesinin ise %3.14 ile en az metan üretimine sahip ilçe olduğu görülmektedir.

Tablo 7. Kırşehir ilinin ilçelere göre metan üretim miktarları

Hayvan türü	İlçelere göre Metan üretimi, m ³ -CH ₄ /yıl							
	Akpınar	Akçakent	Boztepe	Kaman	Merkez	Mucur	Çiçekdağı	Toplam
Süt Sığırları	3205	1696	5296	4269	15605	3722	3800	37594
Et Sığırları	1310	589	6564	2365	18657	3609	1405	34499
Yerli Sığır	80	27	2	21	490	0	149	770
Buzağı	7	17	38	28	146	21	21	277
Koyun	81	60	273	356	702	218	307	1996
Keçi	6	23	2	17	52	9	61	170
At, Eşek, Katır	37	4	5	23	31	11	15	127
Yumurta tavuğu	32	17	964	89	189	675	7	1973
Hindi	22	3	25	5	16	2	12	85
Kaz	8	0	4	4	15	1	7	40
Ördek	1	0	1	1	3	1	1	8
Toplam	4789	2436	13174	7177	35907	8270	5785	77539

İlçelere göre Metan üretimine bakıldığında %48.5 ile süt sığırları ilk sırada yer alırken bunu %44.5 ile et sığırları ve %2.6 ile koyun ve %2.5 ile yumurta tavuğunun izlediği görülmektedir. İlçelere göre metan üretim miktarının mekansal dağılımı Şekil 2’de verilmiştir.



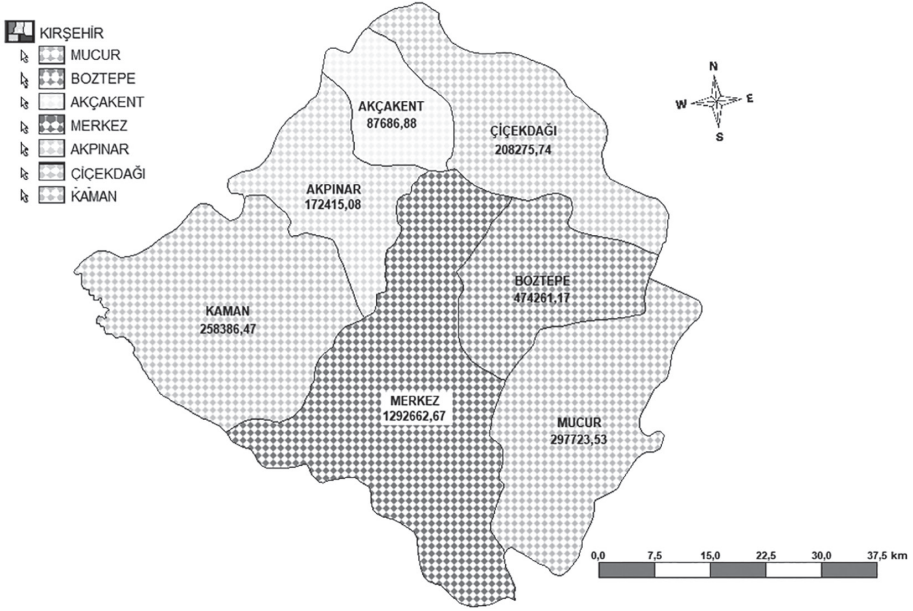
Şekil 2. Metan üretimi (m^3 -CH₄/yıl)

Kırşehir ilinin ilçelere göre enerji değeri Tablo 8’de verilmiştir. Buna göre ilçelere göre enerji değeri bakımından Merkez ilçesinin (%46.31) en yoğun, Akçakent ilçesinin ise %3.14 ile en az enerji değerine sahip ilçe olduğu görülmektedir.

Tablo 8. Kırşehir ilinin ilçelere göre enerji değerleri

Hayvan türü	İlçelere göre enerji değeri, MJ/yıl							Toplam
	Akpınar	Akçakent	Boztepe	Kaman	Merkez	Mucur	Çiçekdağı	
Süt Sığırları	115390	61070	190647	153677	561781	133999	136810	1353375
Et Sığırı	47160	21202	236289	85139	671667	129921	50595	1241974
Yerli Sığır	2887	978	81	742	17651	0	5377	27716
Buzağı	253	595	1360	1018	5251	753	747	9976
Koyun	2902	2153	9837	12798	25285	7854	11043	71872
Keçi	225	826	76	628	1867	330	2182	6134
At, Eşek, Katır	1338	143	186	838	1107	402	543	4558
Yumurta tavuğu	1165	608	34709	3190	6807	24282	258	71019
Hindi	785	91	907	174	584	83	420	3046
Kaz	273	13	142	153	548	51	265	1446
Ördek	36	8	27	28	115	48	35	297
Toplam	172415	87687	474261	258386	1292663	297724	208276	2791412

İlçelere göre enerji değerine bakıldığında %48.5 ile süt sığırı ilk sırada yer alırken bunu %44.5 ile et sığırı ve %2.6 ile koyun ve %2.5 ile yumurta tavuğunun izlediği görülmektedir. İlçelere göre enerji değerinin mekansal dağılımı Şekil 3'te verilmiştir.



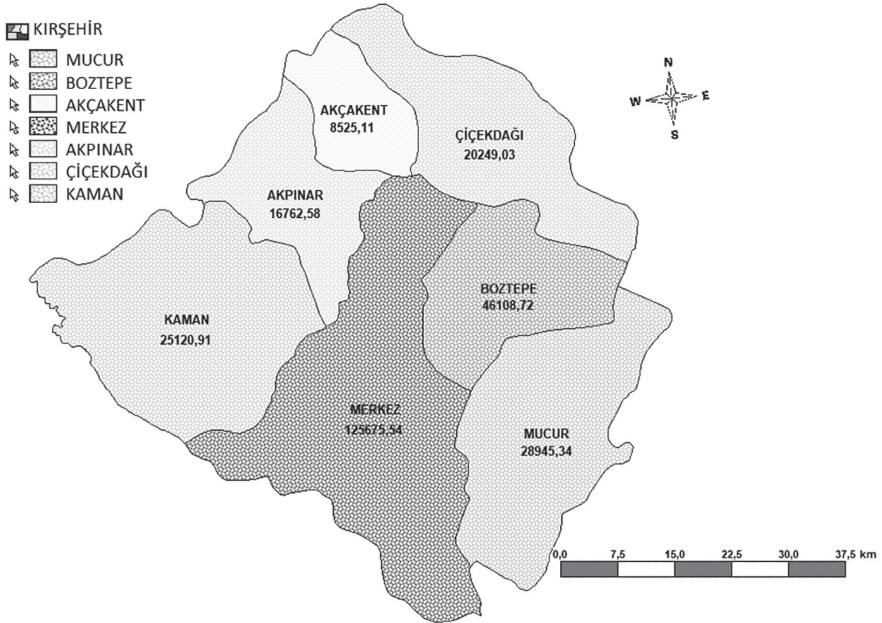
Şekil 3. Enerji değeri (MJ/yıl)

Kırşehir ilinin ilçelere göre elektrik enerjisi değeri Tablo 9'da verilmiştir. Buna göre ilçelere göre enerji değeri bakımından Merkez ilçesinin (%46.31) en yoğun, Akçakent ilçesinin ise %3.14 ile en az elektrik enerjisine sahip ilçe olduğu görülmektedir.

İlçelere göre elektrik enerjisi değerine bakıldığında %48.5 ile süt sığırı ilk sırada yer alırken bunu %44.5 ile et sığırı ve %2.6 ile koyun ve %2.5 ile yumurta tavuğunun izlediği görülmektedir. İlçelere göre elektrik enerjisi değerinin mekansal dağılımı Şekil 4'te verilmiştir.

Tablo 9. Kırşehir ilinin ilçelere göre elektrik enerjisi değerleri

Hayvan türü	İlçelere göre elektrik enerjisi değeri, MWhe/yıl							
	Akpınar	Akçakent	Boztepe	Kaman	Merkez	Mucur	Çiçekdağı	Toplam
Süt Sığırları	11218	5937	18535	14941	54618	13028	13301	131578
Et Sığırı	4585	2061	22973	8277	65301	12631	4919	120747
Yerli Sığır	281	95	8	72	1716	0	523	2695
Buzağı	25	58	132	99	510	73	73	970
Koyun	282	209	956	1244	2458	764	1074	6988
Keçi	22	80	7	61	182	32	212	596
At, Eşek, Katır	130	14	18	82	108	39	53	443
Yumurta tavuğu	113	59	3374	310	662	2361	25	6905
Hindi	76	9	88	17	57	8	41	296
Kaz	27	1	14	15	53	5	26	141
Ördek	4	1	3	3	11	5	3	29
Toplam	16763	8525	46109	25121	125676	28945	20249	271387



Şekil 4. Elektrik Enerjisi değeri (MWhe/yıl)

Ülkemizin farklı illerinde hayvansal atık kaynaklı enerji potansiyelinin belirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda, (15) Bitlis ilinde atık miktarı büyükbaş hayvanlar için 532425.17 (ton/yıl), küçükbaş hayvanlar için 64125.76 (ton/yıl) ve kanatlı (tavuk) hayvanlar için 2251.55 (ton/yıl) olarak belirlenmiştir. Biyogaza karşılık gelen değerler ise sırasıyla 17570030.48 m³/yıl, 3719294.25 m³/yıl ve 175621.13 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda büyükbaş hayvan sayısı bakımından fazla, toplam hayvan sayısı bakımından az olan Güroy-mak ilçesinin 5.3 milyon m³/yıl miktarla biyogaz potansiyeli en yüksek olan ilçe olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ilde toplam biyogaz potansiyelini yaklaşık 21.46 milyon m³/yıl olarak hesaplamışlardır. (16) Mardin ilinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlarından elde edilebilecek yıl bazında gübre miktarı hesaplanmış ve 1163972.798 ton gübreden 56778608.24 m³ biyogaz elde edilebileceği ve elde edilen biyogazdan yıllık 266859488.7 kWh elektrik enerjisi elde edilebileceği hesaplanmıştır. (17) Adıyaman ilinde hesaplanan atık miktarlarına göre, elde edilebilecek gübre miktarı büyükbaş hayvan için 294238.80 ton/yıl, küçükbaş hayvan için 214006.80 ton/yıl ve kanatlılar için 5089.88 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan gübre miktarlarına göre biyogaz üretim miktarı büyükbaş hayvan için 6473253.60 m³/yıl, küçükbaş hayvan için 8274929.60 m³/yıl ve kanatlılar içinse 264673.50 m³/yıl olup, toplam elde edilebilecek enerjinin eşdeğer karşılığı ise 70560426.49 kWh/yıl (254017.53 GJ/yıl) olarak belirlenmiştir. İl genelinde hayvansal atıkların bir biyogaz tesisi ile enerjiye dönüştürülmesi mikro ve makro ekonomi bakımından önem arz ettiğini bildirmişlerdir. (18) Denizli ilinin ilçelerinde hayvansal kaynaklı atıklarından 70.16 m³/yıl biyogaz üretilebileceğini belirlemişlerdir. Hayvansal kaynaklı atıklardan yıllık biyogaz potansiyelinin enerji karşılığı olarak 46.30 milyon litre motorin, elektrik enerjisi eş değerliği ise 329 milyon kWh'tir. Çalışma sonucunda biyogaz potansiyelinin en fazla olduğu ilçenin Çivril ve hayvan sayısının en yüksek ilçenin ise Honaz olduğunu bildirmişlerdir. (6) Tokat ilinde kurulabilecek biyogaz tesislerinin olası yerlerinin ve kapasitelerinin belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinden yararlanmışlardır. CBS'nin, kullanıcının ilgili bilgileri daha kısa sürede ve daha az maliyetle belirlemesine, hızlı ve tutarlı kararlar almasına ve problemler için optimum çözümlere ulaşmasına olanak sağladığını bildirmişlerdir. Bu nedenle gübre toplama, depolama ve işleme aşamalarının en iyi şekilde ortaya konulması için CBS teknolojilerinin kullanılacağı aynı zamanda kısa sürede karmaşık veri işleme, güncel veri kullanımı ve sağlıklı planlama yeteneklerine sahip bu tür sistemlerin artık planlama sektörünün önemli bir parçasını oluşturduğunu belirtmişlerdir. (19) Antalya ilinin Elmalı,

Korkuteli, Alanya ve Manavgat ilçelerinde sığırlardan elde edilebilecek potansiyel olarak toplam 651577925 ton yaş gübreden toplam 272674424,2 MJ biyogaz enerji miktarı elde edilebileceği belirlenmiştir. Bölgenin potansiyel yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları talebi bu alanlardan karşılanabilir ve gübrenin uygun şekilde depolanması, sağlayabileceği potansiyel biyogaz ve elektrik enerjisi ile işletmelerin enerji maliyetlerini düşürürken, bitkisel üretime de katkı sağlayabileceği belirlenmiştir. (20)Dicle Havzasında bulunan iller (Diyarbakır, Mardin, Siirt, Batman, Şırnak) için elde edilebilecek biyogaz enerji alanlarının ve mevcut durumun belirlenmesi amacıyla ARCMAP 10.0 yazılımı kullanılmıştır. Bu amaçla, sığır sayısı Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veri tabanına girilmiş ve sığırların çevreye bırakacağı atık miktarı dikkate alınarak elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerji üretim alanları belirlenmiştir. Çalışma alanında toplam 2809939 ton yıllık yaş gübreden yılda toplam 175913 MJ biyogaz enerji miktarı elde edilebileceği hesaplanmıştır. Ayrıca, coğrafi düzeltmesi yapılmış kartografik altlık ile oluşturulan proje veri tabanında bu çalışmanın amacına uygun olarak değerlendirilmiş ve biyogaz enerji üretimine uygun, uygun olmayan veya kısmen uygun alanlar değerlendirilmiştir. Araştırmacıların yaptığı çalışmalara benzer olarak Kırşehir ilinin hayvansal gübre kaynaklı enerji potansiyelinin belirlenmesinde öncelikle yaş gübre miktarı ve yaş gübreden elde edilebilecek toplanabilir fayda gübreye bağlı enerji değerleri ilçe düzeyinde belirlenmiştir. Aynı zamanda CBS kullanılarak ilçe düzeyinde elde edilebilecek elektrik enerjisi değerleri hesaplanarak kurulması düşünülen biyogaz tesisleri için ön bilgi elde edilmesi sağlanmıştır.

SONUÇ

Kırşehir ilinin hayvansal gübre kaynaklı biyogaz potansiyelinin mekansal olarak değerlendirildiği çalışmada, hayvan türü ve sayısına bağlı olarak toplam 1472486 adet hayvandan elde edilebilecek yaş gübre miktarı 2877410 ton/yıl olup bu gübreden elde edilebilecek toplanabilir faydalı gübre miktarı 2597517 ton/yıldır. Bu miktardan elde edilebilecek metan miktarı 77539 m³-CH₄/yıl olarak belirlenmiştir. Buna göre metandan elde edilebilecek enerji miktarı 2791412 MJ/yıldır. Bu enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi durumunda ise elde edilebilecek elektrik enerjisi değeri 271387 MWhe/yıl olarak hesaplanmıştır.

Enerji değerinin ilçelere göre dağılımına bakıldığında Boztepe ilçesi en fazla hayvan sayısına (504437 adet) sahip olsa da en yüksek elektrik enerjisi değerinin (125676 MWhe/yıl) Merkez ilçeden elde edilebileceği belirlenmiştir.

Hayvan türüne göre değerlendirildiğinde ise ilde yetiştiriciliği yapılan hayvan türleri arasında süt sığırları ve et sığırlarının enerji potansiyeline önemli katkı sağlayacağı belirlenmiştir. Buna göre ilde elde edilebilecek 125676 MWhe/yıl elektrik enerjisinin toplam %93 ünün, (%48.5 süt sığırlarından, %44.5 et sığırlarından) süt ve et sığırlarından karşılanabileceği hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, sığırların il ekonomisine süt ve et üretimi olarak katkı sağlaması yanında önemli miktarda enerji potansiyeli kazandırabileceği ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

1. United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), 2020. The Sustainable Development Goals Report 2020. ISBN: 978-92-1-101425-9 e-ISBN: 978-92-1-004960-3 ISSN: 2518-3915 Sales No.E.20.I.7. (01/03/2022 tarihinde <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf> adresinden ulaşılmıştır).
2. Degirmencioglu A, Mohtar R, Daher BT, Ozgunaltay-Ertugrul G, Ertugrul O. Assessing the sustainability of crop production in the Gediz Basin-Turkey: A Water-Energy and Food Nexus Approach. *Fresen Environ Bull*, 2019, 28(4): 2511-2522.
3. Evcim HÜ, Degirmencioglu A, Özgünaltay-Ertuğrul G, Aygün İ. Advancements and transitions in technologies for sustainable agricultural production. *Economic and Environmental Studies*, 2012,12(4/23): 459-466.
4. Karagöz M, Çiftçi B, Deniz E, Binark AK. Karabük ilinde hayvansal atıktan biyogaz potansiyelinin belirlenmesi ve örnek biyogaz tesisi kurulumu. 14th International Combustion Symposium, 25-27 April, 2018, Karabük, 629-634s.
5. Nacar Koçer N, Öner C, Sugözü İ. Türkiye'de hayvancılık potansiyeli ve biyogaz üretimi. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 2006, 4(2): 17-20.
6. Avan H, Karaman S. Assessment of biogas production potential of livestock wastes in tokat province by geographic information systems (GIS) technologies. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2016, 33(1): 25-32.
7. Aybek A, Üçok S, İspir MA, Bilgili, ME. Türkiye'de Kullanılabilir Hayvansal Gübre ve Tahıl Sap Atıklarının Biyogaz ve Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2015, 12(03): 109-120.
8. Saltuk B, Artun O, Atılğan A. Determination of the areas suitable for biogas energy production by using geographic information systems (GIS): Euphrates Basin Case. *Scientific Papers-Series E-Land Reclamation Earth Observation & Surveying Environmental Engineering*, 2017, 6: 57-64.
9. Zareei S. Evaluation of biogas potential from livestock manures and rural wastes using GIS in Iran. *Renewable Energy* 2018, 118: 351-356.
10. Silván-Hernández O, De la Cruz-Burelo F, Macías-Valadez M, Pampillón-González L. Theoretical and technical biomass resource assessment from swine and cattle manure in Tabasco: A case study in southeast Mexico, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2017, 23: 83-92.

11. TÜİK. Hayvancılık İstatistikleri 2021. (15/02/2022 tarihinde <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr> adresinden ulaşılmıştır).
12. Ekinci K, Kulcu R, Kaya D, Yıldız O, Ertekin C, Öztürk HH. The prospective or potential biogas plants that can utilize animal manure in Turkey, *Energy Exploitation& Exploration*, 2010, 28(3):187-206.
13. Yağlı H, Koç Y. Hayvan gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi: Adana ili örnek hesaplama. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2019, 34(3): 35-48.
14. Atılğan A, Saltuk B, Ertop H, Aksoy E. Determination of the potential biogas energy value of animal wastes: Case of Antalya. *European Journal of Science and Technology Special Issue*, 2021, 263-272.
15. Demir Yetiş A, Gazigil L, Yetiş R, Çelikezen B. Hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli: bitlis örneği. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 2019, 7(1): 74-78.
16. Atılğan S, Yılmaz A. Mardin ilinin hayvansal gübre kaynaklı biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. *Mühendis ve Makine*, 2021, 62(704): 429-445.
17. Baran MF, Lüle F, Gökdoğan O. Adıyaman ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2017, 4(3): 245-249.
18. Doruk İ, Bozdeveci A. Denizli ilinin kırsal kesimlerinde hayvansal kaynaklı atıklardan biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 2017, 7(3): 181-186.
19. Ertop H, Atılğan A, Yucel A, Saltuk B. Management and potential biogas quantities of waste from animal breeding enterprises: Antalya case. *Scientific Works. Series C. Veterinary Medicine.*, 2018, LXIV (2):97-104.
20. Artun O, Atılğan A, Saltuk B. Determination of the potential biogas energy production amounts and areas in the Tigris basin using GIS. *Infrastructure And Ecology Of Rural Areas*, 3(1): 761-771.

