



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

İZMİR'DE BİYOGAZ VE ORGANİK GÜBRE ÜRETİMİ POTANSİYELİ

2020



İZMİR KALKINMA AJANSI

İZMİR'DE BİYOGAZ VE ORGANİK GÜBRE ÜRETİMİ

POTANSİYELİ

2020 İZMİR

Yayın Sahibi

İzmir Kalkınma Ajansı

Megapol Çarşı Kule, Halkapınar Mahallesi,

1203/11. Sk. No: 5-7, Kat: 19

35170 Konak/İzmir

Tel : 0232 489 81 81

Faks : 0232 489 85 05

E-posta : info@izka.org.tr

Grafik Tasarım

Orçun ANDIÇ

Hazırlayanlar :

Prof. Dr. Günnur KOÇAR (EÜ-BESTMER)

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ERYAŞAR (EÜ-BESTMER)

Arş. Gör. Şefik ARICI (EÜ-BESTMER)

Öğr. Gör. Dr. A. Gül BAYRAKCI ÖZDİNGİŞ (EÜ-BESTMER)

Teşekkür

Bu yayının hazırlanmasına katkı sağlayan

Çağkan AYDOĞDU'ya teşekkür ederiz.

Yayın içerisinde kısmen ya da tamamen yayınlanması ve çoğaltılmasının fikri mülkiyet hukukuna tabidir. Kaynak gösterilmek kaydı ile İzmir Kalkınma Ajansı yayınları üçüncü kişilerce kullanılabilir.



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

İZMİR'DE BİYOGAZ VE ORGANİK GÜBRE ÜRETİMİ POTANSİYELİ



YÖNETİCİ ÖZETİ

Sürdürülebilirlik kavramı, sosyal, ekonomik ve çevre şartları iyileştirilirken, kalkınmanın da sağlanması olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda “elde edilebilirlik”, “ulaşılabilirlik”, “üretilebilirlik veya ekonomik olma” ve “kabul edilebilirlik veya sürdürülebilirlik” şeklinde dört boyutu olan enerji arz güvenliği ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda enerji arzı için en güvenli ve güvenilir alternatiflerden biri olarak, yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde durulmakta ve sürdürülebilirlik kavramına bağlı olarak ülkeler açısından oldukça önemli bir konuma gelen bu kaynaklar ile ilgili yapılan çalışmalar da tüm hızıyla devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından önemli bir avantaja sahip olan Türkiye’de de, yenilenebilir enerji sektöründe önemli gelişmeler olmakta ve sektörün geliştirilmesi adına birçok çalışma yapılmaktadır. Ülkemizdeki yoğun tarım ve hayvancılık faaliyetleri, önemli orman varlığı ve tarıma elverişli topraklar dikkate alındığında, biyokütle enerji teknolojisi ve bu konuyla ilgili kurulabilecek sistemler, sürdürülebilirlik konusunda ülkemiz için büyük önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütle enerjisinin kullanılması, yaygınlaştırılması ve üretim süreçleri konularında araştırma-geliştirme çalışmalarının yapılması; fosil kaynaklı enerji tüketiminin azaltılmasında, yerli üretimden sağlanan biyoyakıtlar ile enerji için harcanan giderlerin düşürülmesinde ve çevresel kirliliğinin önlenmesinde büyük rol oynayacaktır.

Biyokütle enerjisi, ülkemizdeki yoğun tarım ve hayvancılık faaliyetleri, önemli orman varlığı ve tarıma elverişli topraklar dikkate alındığında, potansiyel açısından ülkemiz için en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Biyokütle, canlılar tarafından üretilen ve bileşim olarak organik karbon içeren maddelere verilen genel isimdir. Tarım ve orman ürünleri, evsel organik atıklar, tarımsal/hayvansal atıklar ve organik endüstriyel yan ürünler/atıklar, yüksek üretim miktarları nedeniyle günde bulunan biyokütle kaynaklarıdır. Ülkemizde tarım sektörünün, ülke ekonomisindeki yeri geçmiş

yıllara oranla azalmasına rağmen, ülkenin gayri safi milli hasılasına, ihracatına ve istihdamına yapmış olduğu katkıdan dolayı halen büyük önem taşımaktadır. Türkiye toplam nüfusunun yaklaşık %35’lik kısmı tarımsal faaliyetlerle geçimini sağlamaktadır. Bu oranın yüksekliği, ülkemiz için tarımsal atıkların önemli bir biyokütle kaynağı olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, orman atıkları da önemli biyokütle kaynağı durumundadır. Ülkemiz için biyokütle enerjisinin kullanımı, sadece enerji bağımlılığının azaltılması değil, aynı zamanda tarımsal ve endüstriyel atıklardan kaynaklanan kirliliğin önlenmesi açısından da önem taşımaktadır. Ayrıca biyokütle enerjisi çevrim teknolojileri sonucunda elde edilebilecek katı, sıvı ve gaz biyoyakıtlar, fosil yakıtın kullanıldığı mevcut enerji sistemlerinde, olduğu gibi ya da küçük modifikasyonlarla kullanılabilir. Bu da mevcut alt yapının (sıvı/gaz yakıtlı araçlar, termik santraller gibi) tamamen tasfiye edilmesini gerektiren teknolojilere göre, biyokütle enerjisinin ekonomik yönden daha cazip ve kısa vadeli çözüm olduğu anlamına gelmektedir. Biyokütle enerjisinin diğer bir avantajı, ülkemiz sanayi alt yapısının mevcut haline uygun süreçler içermesidir. Biyogaz, biyodizel, biyoetanol üretimiyle ilgili sistem bileşenleri, makina ve kimya endüstrisinin var olan alt yapısıyla üretilebileceği gibi, akışkan yataklı yakma sistemleri gibi komplike konularda da önemli bir birikim söz konusudur. Bu da, yerel üretime yeni bir pazar olanağı sunmakta ve istihdam kapasitesinin artırılabilmesine imkân sağlamaktadır.

İzmir ili, coğrafi konum, ekolojik yapı ve tarımsal faaliyetler açısından irdelendiğinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve geliştirilmesine uygun olarak değerlendirilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli açısından oldukça şanslı olan İzmir’de, coğrafi yapı ve toprakların biyokütle üretimi açısından elverişli olması, halkın tarımsal faaliyetlerle iç içe yaşaması ve halen ana geçim kaynağı tarım olan nüfusun yaklaşık %15 oranda olmasının yanı sıra başta kırsal bölgeler olmak üzere biyokütle

enerjisi ile ilgili taleplerin artması, biyokütle enerjisini önemli hale getirmektedir. İzmir, gerek orman alanları (%40,5), gerekse tarıma elverişli arazi (%28,4) varlığı bakımından önemli potansiyele sahiptir. Bitki yetiştiriciliğinin gerçekleştirildiği toplamda 343 bin hektar olan tarım arazisi varlığının kullanım şekline göre dağılımına bakıldığında; %41,8'inin tarla bitkileri, %28,1'inin zeytin, %11'inin sebze, %9,7'sinin meyve ve %3,6'sının bağ alanlarından oluştuğu görülmektedir. Bitki, hayvan ve su ürünleri yetiştiriciliği şeklinde gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerin, üretime yansıma oranları dikkate alındığında, özellikle hayvancılığın %47 oran ile ilk sırada yer aldığı gözlenmektedir. İzmir'de, toplam büyükbaş hayvan sayısı yaklaşık olarak 1.034.105 ve hayvancılıkla ilgili toplam işletme sayısı ise 35.770'tir. Bu bakımdan mevcut biyokütle potansiyeli göz önüne alındığında, İzmir ilinde, hammadde, sermaye ve insan gücü gibi üretim faktörleri açısından biyogaz kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik yatırımların arttırılması son derece önem kazanmaktadır. Biyogaz, organik materyallerin (hayvansal atık, bitkisel atık/artık, arıtma çamurları vb.) oksijensiz ortamda fermentasyona uğratılmasıyla elde edilen, doğalgaza alternatif bir gazdır. Biyogaz, doğalgazın ve LPG'nin kullanıldığı her alanda kullanılabilir. Biyogaz üretimi, sadece enerji değil, aynı zamanda çevreye zarar veren ya da verebilecek organik kökenli atıkların bertarafının sağlanması için de önemlidir. Bunun yanı sıra, biyogaz üretim süreci sonucunda ortaya çıkan fermente gübre tarımsal faaliyetler için önemli bir girdidir. Ülkemizde, tarımsal faaliyetlerde yoğun olarak kullanılan kimyevi gübre açısından dışa bağımlılığımızı azaltabilecek bir üründür. Ayrıca kimyevi gübre içerisindeki kalıntılar da, ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Buna alternatif olarak, biyogaz üretiminden sonra oluşan fermente atıkların gübre yerine kullanımı ekolojik tarımın önünü açabilecek önemli bir seçenektir. Ayrıca, diğer yenilenebilir enerjiler kaynaklarının aksine biyogaz üretimi ve sistemleri için coğrafi kısıtlamalara

ve yüksek teknoloji gereksinimlerine ihtiyaç duyulmaması nedeniyle, yerli teknoloji ve yerli sermaye ile yerel üretime yeni bir pazar olanağı sunulmakta, istihdam kapasitesinin arttırılabilmesine imkân sağlanmaktadır.

Bu kapsamda hazırlanan bu raporda, kırsal kalkınma açısından çok büyük önem arz eden biyogaz üretim ve kullanım potansiyelinin, İzmir ilindeki statüsünün analiz edilmesi ve il bazında teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece uygulanabilme potansiyeline sahip biyogaz sistemlerinin yatırımlarına yönelik çalışmalar ve gereksinim duyulan yaygınlaştırma çalışmaları ile ülkemizde yenilenebilir enerji kullanımına ilişkin yatırımların artması ve bölgemizin rekabet gücünün yükseltilmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Biyogaz ve organik gübre tesisi kurulumunda, özellikle kırsal kesimde yatırım geri dönüş sürelerinin yüksek sistem verimiyle düşürülebileceğine işaret eden bu ön fizibilite raporu; tarımsal faaliyetler için geliştirilen yeni teknolojilerin üreticiler tarafından kullanımının yaygınlaştırılması, kırsal alanlarda yeni istihdam olanaklarının oluşturulması ve temiz enerjide yerli ekipman üretim fırsatlarının değerlendirilmesi açılarından katkı sağlaması hedeflenmiştir.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	12
İZMİR'DE MEVCUT DURUM	16
Büyükbaş Hayvan Dağılımı	18
Mevcut Biyogaz Tesisleri	20
Foça Biyogaz Enerji Santrali	20
Tire Biyogaz Tesisi	21
Ödemiş Biyogaz Üretim Tesisi	22
Halilbeyli Biyogaz Enerji Santrali	22
Tire Biyogaz Elektrik Santrali	23
Foça Cezaevi Biyogaz Tesisi	24
İlçelerde Mevcut Durum	25
Aliağa	25
Balçova	27
Bayındır	28
Bayraklı	32
Bergama	33
Beydağ	39
Bornova	42
Buca	44
Çeşme	46
Çiğli	47
Dikili	49
Foça	52
Gaziemir	55
Güzelbahçe	56
Karabağlar	57
Karaburun	58
Karşıyaka	60
Kemalpaşa	61
Kınık	65
Kiraz	68

Menderes	72
Menemen	76
Narlıdere	80
Ödemiş	81
Seferihisar	88
Selçuk	90
Tire	92
Torbalı	98
Urla	102
EKONOMİK ANALİZ	104
Yerinde Kurulum Yapılabilecek Tesisler İçin Ekonomik Analiz	105
Çevresel Etkiler	109
Ekonomik Etkiler	113
Köy Tipi Sistemler için Ekonomik Analiz	114
Çevresel Etkiler	117
Ekonomik Etkiler	120
Merkezi Sistemler İçin Ekonomik Analiz	121
Çevresel Etkiler	125
Ekonomik Etkiler	127
ÖRNEK FİZİBİLİTE ÇALIŞMALARI	128
Örnek Fizibilite Çalışması #1	129
Örnek Fizibilite Çalışması #2	155
Örnek Fizibilite Çalışması #3	180
SONUÇ VE ÖNERİLER	187
KAYNAKÇA	188

T A B L O L A R

Tablo 1.	İzmir'in ilçelerinde bulunan büyükbaş hayvan işletmeleri ve hayvan sayılarının dağılımı	18
Tablo 2.	Aliağa ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	26
Tablo 3.	Balçova ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	27
Tablo 4.	Bayındır ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	29
Tablo 5.	Bayındır ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	31
Tablo 6.	Bayraklı ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	32
Tablo 7.	Bergama ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	34
Tablo 8.	Bergama ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	38
Tablo 9.	Beydağ ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	40
Tablo 10.	Beydağ ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	41
Tablo 11.	Bornova ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	43
Tablo 12.	Bornova ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	43
Tablo 13.	Buca ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	45
Tablo 14.	Buca ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	45
Tablo 15.	Çeşme ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	46
Tablo 16.	Çiğli ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	48
Tablo 17.	Çiğli ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	48
Tablo 18.	Dikili ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	50
Tablo 19.	Dikili ilçesinde köy tipi sistemlerin kapasiteleri ve yerleşim bölgeleri	51
Tablo 20.	Foça ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	53
Tablo 21.	Foça ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	54
Tablo 22.	Gazimir ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	55
Tablo 23.	Güzelbahçe ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	56
Tablo 24.	Karabağlar ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	57
Tablo 25.	Karaburun ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	59
Tablo 26.	Karşıyaka ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	60
Tablo 27.	Kemalpaşa ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	62
Tablo 28.	Kemalpaşa ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	64
Tablo 29.	Kınık ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	66
Tablo 30.	Kınık ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	67
Tablo 31.	Kiraz ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	69
Tablo 32.	Kiraz ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	71
Tablo 33.	Menderes ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	73
Tablo 34.	Menderes ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	75
Tablo 35.	Menemen ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	77
Tablo 36.	Menemen ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	79
Tablo 37.	Narlıdere ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	80
Tablo 38.	Ödemiş ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	82
Tablo 39.	Ödemiş ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	85

Tablo 40.	Seferihisar ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	89
Tablo 41.	Seferihisar ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	89
Tablo 42.	Selçuk ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	91
Tablo 43.	Selçuk ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	91
Tablo 44.	Tire ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	93
Tablo 45.	Tire ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	96
Tablo 46.	Torbalı ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	99
Tablo 47.	Torbalı ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı	101
Tablo 48.	Urla ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı	102
Tablo 49.	İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılabilir yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri	106
Tablo 50.	İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılabilir yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz sistemlerinin yıllık getirileri	107
Tablo 51.	İzmir'de yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz sistemlerinin istihdama etkisi	108
Tablo 52.	İzmir'de sistemlerin atıkların bulunduğu yerde kurulumu aşamasında ortaya çıkan CO ₂ emisyon değerleri	110
Tablo 53.	İzmir için biyogaz sistemlerinin atıkların bulunduğu yerde kurulmasıyla oluşacak CO ₂ azaltımı	112
Tablo 54.	İzmir için yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz sistemlerinin yıllık net parasal hacmi	113
Tablo 55.	İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılabilir köy tipi biyogaz sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri	114
Tablo 56.	İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılabilir köy tipi biyogaz sistemlerinin yıllık getirileri	115
Tablo 58.	İzmir'de, köy tipi biyogaz sistemlerinin kurulması aşamasında ortaya çıkan CO ₂ emisyon değerleri	117
Tablo 59.	İzmir için köy/mahalle tipi biyogaz sistemlerinin kurulmasıyla oluşacak CO ₂ azaltımı	119
Tablo 60.	İzmir için köy tipi biyogaz sistemlerinin yıllık net parasal hacmi	120
Tablo 61.	İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılabilir merkezi biyogaz sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri	121
Tablo 62.	İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılabilir merkezi biyogaz sistemlerinin yıllık getirileri	123
Tablo 63.	Tablo 63. İzmir'de merkezi biyogaz sistemlerinin istihdama etkisi	124
Tablo 64.	İzmir'de, merkezi tip biyogaz sistemlerinin kurulması aşamasında ortaya çıkan CO ₂ emisyon değerleri	125
Tablo 65.	İzmir için merkezi tip biyogaz sistemlerinin kurulmasıyla oluşacak CO ₂ azaltımı	127
Tablo 66.	İzmir için merkezi tip biyogaz sistemlerinin yıllık net parasal hacmi	127
Tablo 67.	Ön dengeleme tankı boyutları	132
Tablo 68.	Her bir biyogaz reaktörünün boyutları	132
Tablo 69.	Post reaktör boyutları	134
Tablo 70.	Fermente gübre depolama lagün boyutları	134
Tablo 71.	Ön dengeleme tankı karıştırıcısı	135
Tablo 72.	Biyogaz reaktörü karıştırıcısı	135
Tablo 73.	Post reaktör karıştırıcısı	135
Tablo 75.	Reaktör Besleme Pompası	136
Tablo 76.	Ön Dengeleme Tankı	136

Tablo 77.	Post Reaktör	137
Tablo 78.	Biyogaz Reaktörü	137
Tablo 79.	Biyogaz Balonu	137
Tablo 80.	Biyogaz Balonu	138
Tablo 81.	Biyogaz Fanı	138
Tablo 82.	Biyogaz Yakma Bacası	138
Tablo 83.	Köpük Tutucu	139
Tablo 84.	Nem Tutucu	139
Tablo 85.	Reaktör Hava Dozaj Pompası	139
Tablo 86.	Debimetre (Reaktör girişinde)	139
Tablo 87.	Debimetre (Post reaktör girişinde)	140
Tablo 88.	Debimetre (Biyogaz hattında)	140
Tablo 89.	Seviye Transmitteri (Ön dengeleme tankı)	140
Tablo 90.	Seviye Transmitteri (Biyogaz reaktörü)	140
Tablo 91.	Seviye Transmitteri (Biyogaz balonu)	140
Tablo 92.	Seviye Transmitteri (Post reaktör)	141
Tablo 93.	Sıcaklık Transmitteri (Biyogaz reaktörü ve hijyenizasyon ünitesi)	141
Tablo 94.	Sıcaklık Transmitteri (Reaktör ısıtma hattı)	141
Tablo 95.	Basınç Transmitteri	141
Tablo 96.	Gaz Analizörü	142
Tablo 97.	Sıcak Su Sirkülasyon Pompası	142
Tablo 98.	Kojenerasyon Ünitesi	142
Tablo 99.	Absorbsiyonlu Soğutma Ünitesi	142
Tablo 100.	Biyogaz tesisinin elektrik tüketimi	143
Tablo 101.	Biyogaz tesisi kütle denkleği	147
Tablo 102.	Biyogaz sistemi ve entegre sistemlerin maliyetleri	148
Tablo 103.	Kiraz merkezi biyogaz sisteminin kurulması aşamasında ortaya çıkan CO ₂ emisyon değeri	152
Tablo 104.	Kiraz merkezi tip biyogaz sisteminin kurulmasıyla oluşacak CO ₂ azaltımı	153
Tablo 105.	Ön dengeleme havuzu boyutları	158
Tablo 106.	Her bir biyogaz reaktörünün boyutları	159
Tablo 107.	Fermente gübre lagün boyutları	160
Tablo 108.	Ön dengeleme havuzu karıştırıcısı	160
Tablo 109.	Biyogaz reaktörü karıştırıcısı (Yan karıştırma)	161
Tablo 110.	Biyogaz reaktörü karıştırıcısı (Akış hızlandırıcı)	161
Tablo 111.	Çürütücü besleme pompası	161
Tablo 112.	Depolama lagünü besleme pompası	162
Tablo 113.	Ön dengeleme havuzu	162
Tablo 114.	Fermente gübre depolama lagünü	162
Tablo 115.	Biyogaz reaktörü	163
Tablo 116.	Post biyogaz reaktörü	163
Tablo 117.	Biyogaz balonu	163
Tablo 118.	Post biyogaz balonu	164

Tablo 119.	Biyogaz fanı	164
Tablo 120.	Biyogaz yakma bacası	164
Tablo 121.	Köpük tutucu	164
Tablo 122.	Nem tutucu	165
Tablo 123.	Debimetre (Reaktör girişi)	165
Tablo 124.	Debimetre (Depo lagün girişi)	165
Tablo 125.	Debimetre (Depo lagün çıkışı)	165
Tablo 126.	Debimetre (Besleme reaktörü)	165
Tablo 127.	Debimetre (Biyogaz hattı)	166
Tablo 128.	Seviye transmitteri (Ön dengeleme havuzu)	166
Tablo 129.	Seviye transmitteri (Biyogaz reaktörü)	166
Tablo 130.	Seviye transmitteri (Biyogaz balonu)	166
Tablo 131.	Seviye transmitteri (Depolama havuzu)	167
Tablo 132.	Sıcaklık transmitteri (Biyogaz reaktörü)	167
Tablo 133.	Sıcaklık transmitteri (Reaktör ısıtma hattı)	167
Tablo 134.	Basınç transmitteri	167
Tablo 135.	Gaz analizörü	168
Tablo 136.	Sıcak su sirkülasyon pompası (Kojen)	168
Tablo 137.	Sıcak su sirkülasyon pompası	168
Tablo 138.	Kojenerasyon ünitesi	169
Tablo 139.	Biyogaz tesisinin elektrik tüketimi	169
Tablo 140.	Biyogaz tesisi kütle dengliği	173
Tablo 141.	Biyogaz sistem maliyetleri	174
Tablo 142.	Biyogaz tesisi yapım işi iş paketleri	177
Tablo 143.	Küçük ölçekli biyogaz sistemleri maliyet kalemleri	183
Tablo 144.	Sistem boyutuna göre ilk yatırım maliyetleri	184
Tablo 145.	Küçük ölçekli sistemlerden elde edilebilecek enerji ve gübre getirileri	184
Tablo 146.	Küçük ölçekli biyogaz tesislerinin yıllık gelir gider değerleri	185
Tablo 147.	Küçük ölçekli biyogaz tesislerinin ekonomik analiz sonuçları	185
Tablo 148.	İzmir ilinde kurulabilecek küçük ölçekli sistemlerin ilk yatırım maliyetleri	186

ŞEKİLLER

Şekil 1.	İzmir'de toplam tarımsal üretim değerleri (2019)	17
Şekil 2.	İzmir ili genelinde işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	19
Şekil 3.	Proses akış şeması	20
Şekil 4.	Proses akış şeması	21
Şekil 5.	Proses akış şeması	23
Şekil 6.	Aliağa ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	25
Şekil 7.	Balçova ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	27
Şekil 8.	Bayındır ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	28
Şekil 9.	Bayraklı ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	32
Şekil 10.	Bergama ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	33
Şekil 11.	Beydağ ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	39
Şekil 12.	Bornova ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	42
Şekil 13.	Buca ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	44
Şekil 14.	Çeşme ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	46
Şekil 15.	Çiğli ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	47
Şekil 16.	Dikili ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	49
Şekil 17.	Foça ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	52
Şekil 18.	Gaziemir ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	55
Şekil 19.	Güzelbahçe ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	56
Şekil 20.	Karabağlar ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	57
Şekil 21.	Karaburun ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	58
Şekil 22.	Karşıyaka ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	60
Şekil 23.	Kemalpaşa ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	61
Şekil 24.	Kınık ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	65
Şekil 25.	Kiraz ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	68
Şekil 26.	Menderes ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	72
Şekil 27.	Menemen ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	76
Şekil 28.	Narlidere ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	80
Şekil 29.	Ödemiş ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	81
Şekil 30.	Ödemiş ilçesinde kurulabilecek merkezi sistemler	87
Şekil 31.	Seferihisar ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	88
Şekil 32.	Selçuk ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	90

Şekil 33.	Tire ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	92
Şekil 34.	Tire ilçesinde kurulabilecek merkezi sistem biyogaz tesislerini gösterir harita	97
Şekil 35.	Torbalı ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	98
Şekil 36.	Urla ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı	102
Şekil 37.	Biyogaz tesisi şeması	130
Şekil 38.	Biyogaz sisteminin günlük ısı ihtiyacı	144
Şekil 39.	Kullanılabilir ısı gücü	146
Şekil 40.	Biyogaz tesisi kütle akım şeması	147
Şekil 41.	Biyogaz tesisi şeması	160
Şekil 42.	Biyogaz reaktörünün günlük ısı kaybı	171
Şekil 43.	Kullanılabilir ısı gücü	172
Şekil 44.	Biyogaz tesisi kütle akım şeması	173
Şekil 45.	Hint-Çin tipi küçük ölçekli biyogaz sistemleri	180
Şekil 46.	Küçük ölçekli fabrikasyon biyogaz sistemleri	181
Şekil 47.	Kişisel kullanıma yönelik paket tip portatif biyogaz sistemleri	181
Şekil 48.	TEMSAN ve Ege Üniversitesi BESTMER arasında imzalanan sözleşme kapsamında denemeleri gerçekleştirilen reaktör	182
Şekil 49.	Kompartman tipi biyogaz reaktörü içeren sistemin ayrıntıları	183
Şekil 50.	CTP depo ve fosseptik tankı olarak tasarlanan ve reaktör olarak kullanılabilecek tasarımlar	186

GİRİŞ

Gün geçtikçe artan küresel nüfus ile birlikte, ormansızlaşma, biyolojik çeşitliliğin azalması, küresel ısınma ve enerji ihtiyacının karşılanamaması gibi pek çok problem ortaya çıkmaktadır. 2018 verilerine göre, dünya çapında enerji ihtiyacının yaklaşık %92'si petrol, doğalgaz, kömür ve hidroelektrik santrallerden karşılanır iken geriye kalan oranın nükleer enerji (%4) ve yenilenebilir enerji kaynakları (%4) arasında paylaşıldığı gözlenmektedir¹. Ancak fosil kaynakların bu denli yoğun kullanımı nedeniyle sera gazı emisyon değerlerindeki artışa da bağlı olarak, çevresel ve ekolojik açıdan pek çok küresel sorun ortaya çıkmaktadır. Ülkelerin ulusal güvenlikleri, enerji sektörüne bağlıdır ve enerji üretimi ekonomiyi yönlendirmede baskın bir rol üstlenmektedir. Tüm bu durumlar ele alındığında, alternatif enerji kaynaklarına yönelim büyük önem taşımaktadır.

Fotosentez, güneş ışığının yardımıyla bitkilerde bir çeşit enerji depolanmasının sağlandığı kimyasal reaksiyonları içeren ve biyokütle kaynaklarının oluşumu açısından çok önemli yeri olan bir süreçtir. Nitekim tek ve çok yıllık bitki, ağaç ve orman ürünleri ile hayvansal atık ve tarımsal üretim artıkları gibi pek çok farklı kaynak biyokütle potansiyelini oluşturmaktadır. Bu hammaddeler, farklı yöntemlerle biyodizel, biyoetanol, biyokömür ve biyogaz gibi farklı yakıt türlerine dönüştürülerek, fosil yakıtlı sistemlere alternatif olarak kullanılabilir niteliktedir.

Biyogaz, organik hammaddelerin oksijensiz ortamda mikroorganizmalar tarafından sindirilerek elde edildiği, doğalgaza alternatif bir gazdır. Biyogaz, ısı ve/veya elektrik üretmek için ve içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılabilir niteliktedir. Ayrıca, bi-

yogaz üretim sürecinin birincil ürünü olarak tarımsal faaliyetlerde önemli bir yer tutan organik gübre de elde edilmektedir.

Dünya genelinde, pek çok ülkede biyogaz üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak yaygın kullanımı ve kullanım alanlarının genişletilmesi için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Biyogaz üretiminde kullanılan teknoloji genel olarak; küçük ölçekli (yerinde kurulum), orta ölçekli (köy/mahalle tipi) ve merkezi sistemler olmak üzere üç başlık altında toplanmaktadır. Geleneksel küçük ölçekli sistemler; biyogaz sistemleri arasında en uzun süredir geleneksel olarak kullanılmakta olan, çoğunlukla düşük teknoloji ve karmaşık bileşen içermeyen, doğrudan atık-gaz eldesi ilkesine dayanan basit, ancak emek yoğun sistemlerdir. Dünya çapında faaliyet gösteren ve büyük çoğunluğu Çin (yaklaşık 42 milyon adet)² ve bunu takiben Hindistan'da (4,9 milyon adet)³ yer alan toplam 50 milyona yakın küçük ölçekli biyogaz sistemi vardır. Asya, Afrika ve Güney Amerika'nın geri kalan kısmında ise, 700.000 biyogaz tesisinin kurulu olduğu tahmin edilmektedir⁴.

Geleneksel küçük ölçekli sistemlerden elde edilen biyogaz, daha çok pişirme veya ısıtma amacıyla yakacak odun ve odun kömürü gibi katı ve yüksek emisyonlu yakıtların yerine ocaklarda kullanılmaktadır. Toplamda 50 milyon biyogaz sobası, Çin'de ve Hindistan'da yaklaşık 126 milyon kişi tarafından yemek pişirmek için kullanılmaktadır. 2016 verilerine göre yemek pişirmek için Çin'de 13 milyon m³ ve Hindistan'da 2 milyon m³ biyogaz üretimi gerçekleştirilmiştir⁵.

¹ BP, Statistical Review of World Energy, 2019, Erişim, 10.2020, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>

² IRENA, Biogas for Domestic Cooking, 2017, Erişim, 10.2020 www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Dec/IRENA_Biogas_for_domestic_cooking_2017.pdf

³ REN 21, GSR 2018 Report, Erişim, 10.2020, www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf

⁴ IRENA, Biogas for Domestic Cooking, 2017, Erişim, 10.2020 www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Dec/IRENA_Biogas_for_domestic_cooking_2017.pdf

⁵ REN 21, GSR 2018 Report, Erişim, 10.2020, www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf

Milyonlarca geleneksel küçük ölçekli biyogaz sisteme ek olarak, Çin'de 6972'si büyük ölçekli (2015)⁶ olmak üzere toplam 110.448 biyogaz sistemi faaliyet göstermektedir. Avrupa'da 10,5 GW kurulu kapasiteye (2017) sahip, 17.783 santral bulunmaktadır. Almanya 10.971 tesis ile Avrupa pazarında lider konumdadır ve onu İtalya (1.655), Fransa (742), İsviçre (632) ve İngiltere (613)⁷ izlemektedir. ABD'de 977 MW kurulu güce sahip 2.200 anaerobik reaktör faaliyet göstermektedir⁸. Hindistan'daki tahmini biyogaz kaynaklı kurulu kapasite 300 MW'tır⁹. Kanada'da, 196 MW kurulu güce sahip yaklaşık 180 biyogaz sistemi mevcuttur¹⁰. Bu rakamlara göre dünyada faaliyet gösteren toplam 132.000 civarında küçük, orta ve büyük ölçekli biyogaz sistemi olduğu tahmin edilmektedir.

Bu sistemlerin dışında, biyogaz üretiminin iyileştirildiği ve modern sistemler olarak lanse edilen biyometan üretim tesisleri de dünya çapında yaygınlaşmaktadır. Avrupa'da 195'i Almanya'da, 92'si İngiltere'de, 70'i İsveç'te, 44'ü Fransa'da ve 34'ü Hollanda'da olmak üzere 540'ın üzerinde iyileştirme işleminin gerçekleştirildiği tesis bulunmaktadır¹¹. Avrupa dışında ABD'de 50¹², Çin'de 25¹³ ve Kanada'da 20¹⁴ adet biyometan üretim tesisi mevcuttur. Ayrıca Japonya, Güney Kore, Brezilya ve Hindistan'da biyogaz iyileştirme tesisleri üretimlerini sürdürmektedir. Mevcut verilere dayanarak, dünya çapında 700 te-

sisin biyogazı, biyometana yükselttiği tahmin edilmektedir. Dünya çapında biyogaz sektörünün dolaylı ya da doğrudan, yaklaşık olarak 344.000 kişiye istihdam sağladığı düşünülmektedir¹⁵.

Dünya genelinde var olan 1,5 milyar sığır, 1 milyar domuz, 22 milyar tavuk ve 0,2 milyar manda yetiştiriciliğinden elde edilecek atık potansiyelinin biyogaz sistemlerinde değerlendirilmesi durumunda, 250 ile 370 milyar m³ biyometan veya 2.600 ile 3.800 TWh enerji üretimi gerçekleştirilebilecektir. Üretilen bu enerji potansiyeli, dünya genelinde 330 ile 490 milyon kişinin elektrik gereksinimini karşılayabilir niteliktedir¹⁶. Üretilen biyogazın iyileştirilerek biyometana yükseltilmesi durumunda ise, Hindistan ve Çin'de yaşayan insanların doğal gaz gereksiniminin karşılanabileceği bir potansiyele ulaşmak mümkün olabilecektir¹⁷.

Biyogaz üretiminin günümüzde önemli bir yere sahip olma nedenleri arasında, gün geçtikçe artan organik atıkların bertaraf edilmesi ve buna bağlı olarak sera gazı emisyonlarının belirgin ölçüde azaltılmasına yönelik girişimler de önem kazanmaktadır. Gün geçtikçe artan organik atıkların bertaraf edilmesi ihtiyacı ve sera gazı emisyonlarının belirgin ölçüde azaltılmasına yönelik girişimler, günümüzde biyogaz üretiminin önemini giderek artırmaktadır. Bu

6 OAV, Opportunity and Challenge of Biogas Market In China, Erişim, 10.2020, www.oav.de/fileadmin/user_upload/2_Termine/Allgemein/biogas_development_in_China.pdf

7 European Biogas, Erişim, 10.2020, <https://www.europeanbiogas.eu/eba-statistical-report-2018/>

8 World Biogas Association, 2017 Market Report - USA

9 REN 21, GSR 2018 Report, www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf

10 Canadian Biogas Association, Biogas Projects in Canada, Erişim, 10.2020, https://biogasassociation.ca/index.php/about_biogas/projects_canada

11 Biogas, Statistical Report, 2018, Erişim, 10.2020, http://biogas.org.rs/wp-content/uploads/2018/12/EBA_Statistical-Report-2018_European-Overview-Chapter.pdf

12 IEA Bioenergy, Plant List, Erişim, 10.2020, <http://task37.ieabioenergy.com/plant-list.html>

13 OAV, Opportunity and Challenge of Biogas Market In China, Erişim, 10.2020, www.oav.de/fileadmin/user_upload/2_Termine/Allgemein/biogas_development_in_China.pdf

14 Canadian Biogas Association, Biogas Projects in Canada, Erişim, 10.2020, https://biogasassociation.ca/index.php/about_biogas/projects_canada

15 REN 21, GSR 2018 Report, www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf

16 Worldbank, Electric Power Consumption, Erişim 10.2020, <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>

17 BP, Statistical Review of World Energy, 2018, Erişim, 10.2020, www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf

kapsamda dünya genelinde yapılan çalışmalarda, biyogaz üretiminin arttırılması ve global enerji payı içinde önemli bir yer alması hedeflenmektedir. 2018 yılında farklı atık ve artıklardan elde edilen biyogaz/ biyometan üretimi, 35 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olarak kaydedilmiştir. Ancak global çapta veriler incelendiğinde, üretilen bu değer mevcut ve kullanılabilir potansiyelin sadece binde 5'ine karşılık geldiği görülmektedir. Üretim yapılan 35 MTEP biyogaz/biyometan miktarı ise ihtiyaç duyulan gaz tüketiminin yaklaşık %20'sine denk gelmektedir.

Dünya genelinde yapılan biyogaz üretim çalışmaları incelendiğinde; Avrupa ülkelerinde enerji bitkileri ile hayvansal atıkların, Çin'de hayvansal atıkların ve ABD'de ise şehir atık suyunun hammadde olarak kullanıldığı görülmektedir. Diğer ülke ve bölgelerde ise, her bölgenin coğrafi, sosyal ve ekonomik koşulları dahilinde olası farklı kaynakların kullanıldığı bildirilmektedir¹⁸. FAOSTAT verilerine göre, dünya çapında 2018 yılında 1,49 milyar olan sığır sayısı, 2019 yılında 1,51 milyara ulaşmıştır. Bu çerçeveden bakıldığında, küresel olarak hayvancılık sektörünün tarım sektörün içindeki yerinin her geçen yıl hızla büyüdüğü görülmektedir¹⁹.

Dünya çapında biyogaz sektörü; atık kaynakları ve kullanım alanlarına göre, iki alt başlık altında incelenmektedir. Atık kaynakları ele alındığında, organik atık ve artıklar (tarımsal, evsel ve endüstriyel) ile enerji bitkileri karşımıza çıkmaktadır.

Kullanım alanlarına göre ise elektrik ve ısı üretimi, kojenerasyon ve tarımda gübre uygulamaları şeklinde sınıflandırılabilir. Sektör genel olarak inşaat (betonarme reaktör, tank imalatı), makina (atık aktarma pompaları, karıştırıcılar, gübre uygulama sistemleri), elektronik (sensör ve otomasyon sistemi), membran (biyogaz depolama) ve jeneratör (kojenerasyon sistemleri) gibi farklı sektörlerle iç içe girmiş esnek ve hibrit bir sektördür.

2018 verilerine göre, sektörün toplam pazar büyüklüğü yaklaşık 21 Milyar USD civarındadır. Yıllık %4,65'lik bir oran ile pazar büyüklüğünün, 2026 yılına kadar 30 Milyar USD'ye ulaşabileceği tahmin edilmektedir. Sektörde öne çıkan ülkelerin başında, Almanya gelmektedir. Yaklaşık olarak 10.000'in üzerinde tarımsal atık kaynaklı biyogaz tesisi bulunan bu ülke, aynı zamanda teknolojik birikimini de tüm dünyaya ihraç etmektedir. Sektörde dünya çapında öne çıkan firmalara bakıldığında ise, ağırlıklı olarak Avrupa kaynaklı oldukları göze çarpmaktadır (Engie-Fransa, Bekon-Almanya, DMT Environment Technology-Hollanda, Conveco-İtalya, Weltec Biopower-Almanya, EnviTec Biogas-Almanya, Wärtsilä-Finlandiya, WamGroup-İtalya, PlanET Biogastechnik-Almanya, Air Liquide-Fransa, Viessmann-Almanya, Börger-Almanya, Scandinavian Biogas Fuels-İsveç, MT Energie-Almanya).

Türkiye genelinde tarımsal kaynaklı biyogaz tesisi üretimi konusunda, yaklaşık 20'nin üzerinde firma bulunmaktadır. Bu firmaların büyük bir kısmı yurt dışı merkezlidir ve Türkiye'deki temsilcilikleri üzerinden faaliyet göstermektedirler.

Türkiye'de bulunan aktif biyogaz tesis sayısı 54'tür ve toplam kurulu kapasite 135 MW civarındadır. Ancak üretim profillerine bakıldığında, toplam kapasite kullanım oranının kapasitenin yarısının altında olduğu gözlenmektedir²⁰.

Ülkemizde en büyük hayvancılık üretimi sığır çiftliklerine aittir ve 2018'de yaklaşık 17 milyon büyükbaş hayvan sayısına ulaşılmıştır. Bu sayı 2010 yılı verileri ile kıyaslandığında, %33 oranında bir artış olduğu görülmektedir. Süt sığırcılığı ile ülkemizde, yaklaşık 22 milyon ton süt üretilmektedir. Ayrıca 2018 yılı verilerine göre, ülkemizde yıllık ortalama 1 milyon ton et üretimi gerçekleştirilmiştir. Özellikle endüstriyel ölçekte sürdürülen hayvan yetiştiriciliği ve tarımsal faaliyetler, global düzeyde olduğu gibi ülkemiz için de doğal çevre kirliliğinin ana kaynaklarından biri olarak görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde kuru-

18 EU Neighbours, Outlook for Biogas and Methane, Erişim, 10.2020, https://www.euneighbours.eu/sites/default/files/publications/2020-03/Outlook_for_biogas_and_biomethane.pdf

19 FAO, Live Animals Statistics, Erişim, 10.2020, www.fao.org/faostat/en/#data/QA/visualize

20 Fortune Business Insights, Biogas Market Size, Growth, Analysis, Industry Report, Erişim, 10.2020 <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/biogas-market-100910>

labilecek biyogaz tesisleri ile hayvansal ve tarımsal atık/artıkların dönüştürülmesi büyük önem taşımaktadır.

Biyogaz, %40-70 metan (CH_4), %60-30 karbondioksit (CO_2) ve az miktarda hidrojen sülfür (H_2S), hidrojen (H_2), karbonmonoksit (CO) gazlarından oluşmaktadır. Ancak biyogaz üretiminde önemli olan ve biyogazın ısı değerini belirleyen metan gazıdır.

Biyogaz üretimi temel olarak hidroliz, asidojeniz, asetojeniz ve metanojeniz olmak üzere dört basamakta incelenmektedir. Ayrıca tüm biyolojik süreçlerde olduğu gibi, biyogaz üretim sürecinde de çevresel şartlar biyogaz üretim verimini etkilemektedir. Kurulacak sistemlerde yükleme oranı, sıcaklık, pH, karıştırma, bekletme süresi, besi ortamı, toksik madde içeriği gibi pek çok faktör göz önünde bulundurularak biyogaz üretim süreci izlenmelidir.

Hayvancılık sektöründe yer alan işletmelerin en büyük sorunları hayvansal gübrenin depolanması sırasında oluşan koku, sineklenme ve toprak altı suyu na zararlı maddelerin geçişleridir. Ayrıca, uzun süre bekletilerek kompostlanması istenen gübre miktarı arttıkça, depolanmasında sıkıntılar ortaya çıkabilmektedir. Bunların yanı sıra hayvan gübresi, insanlar ve hayvanlar için tehlikeli olabilecek çok çeşitli mikroorganizmalar içerebilmektedir. Bu mikroorganizmalar, gıda kontaminasyonuna ve çeşitli salgınlara neden olabileceği için halk sağlığı açısından tehlike arz etmektedir. Bu nedenle, çiftliklerde sürdürülebilir gübre yönetim sistemleri, gübrenin depolanması, taşınması ve kullanımının yanı sıra çevre için oluşabilecek riskleri en aza indiren planlamaların yapılması gerekmektedir.

Tüm bu nedenler göz önüne alındığında, biyogaz sistemlerinde atık/artıkların günlük olarak kullanılmasına ilaveten hem biyogaz hem de fermente gübre üretiminin gerçekleştiriliyor olması, büyük avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

Biyogaz sistemlerinde kullanılan hayvan atığı miktarı ve içeriği; yetiştiriciliği yapılan hayvan sayısına, hayvanın türüne, atığın toplandığı alanın yapısına (toprak, samanlık, taşlık vb.), hayvanların beslenme ritüellerine ve ilaç içerikli gıda tüketip tüketmediklerine göre değişkenlik göstermektedir. Anaerobik fermentasyondan sonra geriye kalan atık, fermente gübre olarak adlandırılmakta ve biyogaz tesislerinin birincil ürünü olarak ele alınmaktadır. Beslemede kullanılan materyalin katı maddesinin yaklaşık %70'ini oluşturan elementlerin, fermentasyondan sonra miktarları ve yapıları değişmeden kalmaktadır. Besleme materyali içinde bulunan karbon, oksijen ve hidrojen biyogaz üretimi sırasında metan ve karbondioksit formunda kaybedilmekte, ancak diğer besin ve elementler korunmaktadır. Taze hayvansal atıklar ile fermente gübre karşılaştırıldığında içerisindeki azot, potasyum ve fosforun, bitkilerin daha kolay kullanabileceği formda bulunduğu saptanmıştır. Biyogaz üretiminde kullanılan anaerobik fermentasyon yönteminde, karbon/azot (C/N) oranının düşmesi nedeniyle tarımsal faaliyetlerde kullanılmak üzere elde edilen gübrenin değeri artmaktadır. Katı fermente gübrenin C/N oranı, yaklaşık 13'tür ve bu değer tarımsal uygulamalar için uygundur. Ayrıca, fermente gübre toprağın fiziksel özelliklerini ve kapasitesini iyileştirerek, daha iyi havalanmasına ve pH dengesinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

İZMİR'DE MEVCUT DURUM

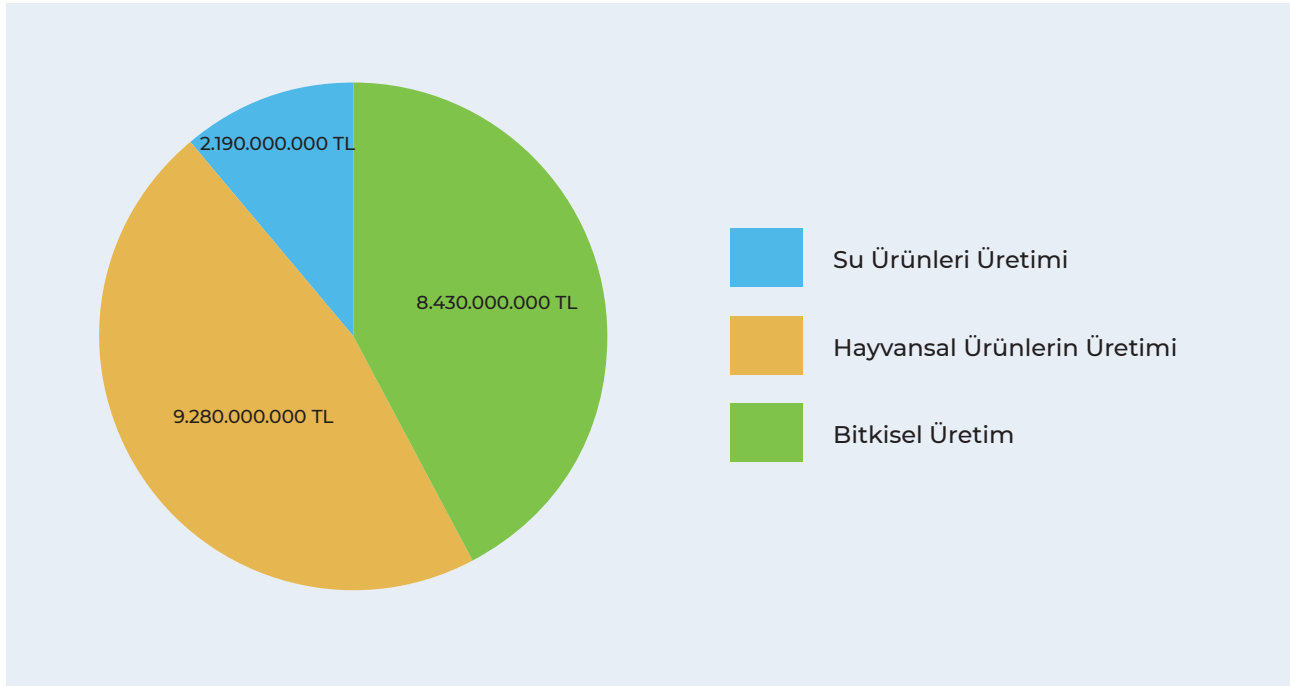
İzmir, 2019 demografik verilerine göre 4.367.251 nüfus sayısı ile Türkiye'nin üçüncü büyük ilidir²¹. Türkiye'nin batısında yer alan ve Ege Denizi'ne uzun bir kıyısı bulunan İzmir'de, hayvancılık önemli bir yer tutmaktadır. İzmir'de nüfusun yaklaşık %90'ı şehir merkezinde yoğunlaşmıştır. Toplam nüfus içinde tarımla uğraşan nüfus oranı ise, yaklaşık %15'tir. İzmir'in nüfus yoğunluğu en yüksek olan ilk üç ilçesi sırasıyla Buca, Karabağlar ve Bornova'dır. En düşük nüfusa sahip üç ilçesi ise, sırasıyla Kınık, Beydağ ve Karaburun'dur²².

İzmir'de, yaklaşık %28,4 oranda olan tarıma elverişli arazide bitki yetiştiriciliği gerçekleştirilmektedir. Toplam 343 bin hektarlık tarım arazisinin; %41,8'i tarla bitkileri, %28,1'i zeytin, %11'i sebze, %9,7'si meyve ve %3,6'sı bağ alanlarından oluşmaktadır²³.

İzmir'de tarıma elverişli alanların oranı göz önüne alındığında; Bergama, Ödemiş, Torbalı, Bayındır, Tire, Menderes ve Menemen öne çıkmaktadır.

Şekil 1'de İzmir'in tarımsal üretim değerleri görülmektedir.

Şekil 1. İzmir'de toplam tarımsal üretim değerleri (2019)



Şekil 1'e dikkat edilecek olursa, İzmir'de tarımsal faaliyetler açısından en yüksek orana hayvan yetiştiriciliğinden elde edilen ürünlerin üretimi ile ulaşıldığı ve bunu bitkisel üretimin izlediği görülmektedir. İzmir'in en önemli sektörlerinden biri olan tarım sektörünün geliştirilmesi; ekonomik gelişimin sağ-

lanması, yeni yatırımların önünün açılması, istihdam yaratılabilmesi ve de sürekliliğinin korunması açısından önem arz etmektedir. İzmir'de kurulabilecek biyogaz üretim tesislerinin, bu konularda potansiyel katkı sağlanması beklenmektedir.

21 TÜİK, 2020

22 İzmir Ticaret Borsası, İzmir Ekonomisi ve Tarım Sektörü, Erişim, 10.2020, <https://itb.org.tr/Sayfa/115-izmir-ekonomisi-ve-tarim-sektoru>

23 İzmir Ticaret Odası, İzmir Tarımı, Erişim, 10.2020, <http://www.izto.org.tr/izmir-tarim>

Büyükbaş Hayvan Dağılımı

İzmir'de hayvancılık, özellikle merkez ilçelerden uzakta kalan ve daha kırsal alan üzerinde yerleşimi bulunan ilçeler için önemli bir geçim kaynağıdır. Tarım ve Orman Bakanlığı İzmir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden alınan veriler dahilinde, ilçelere göre elde edilen toplam işletme ve büyükbaş hayvan sayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Kurulabilecek sistemler 1-5, 6-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-100, 101-200, 201-500 ve 500'den büyük hayvan sayısına sahip işletmelere göre sınıflandırılmış ve yaklaşımlar bu işletme büyüklükleri göz önüne alınarak yapılmıştır.

Elde edilen verilere göre, İzmir'de toplam büyükbaş hayvan sayısı 1.034.105 ve hayvancılıkla ilgilenen toplam işletme sayısı 35.770'tir.

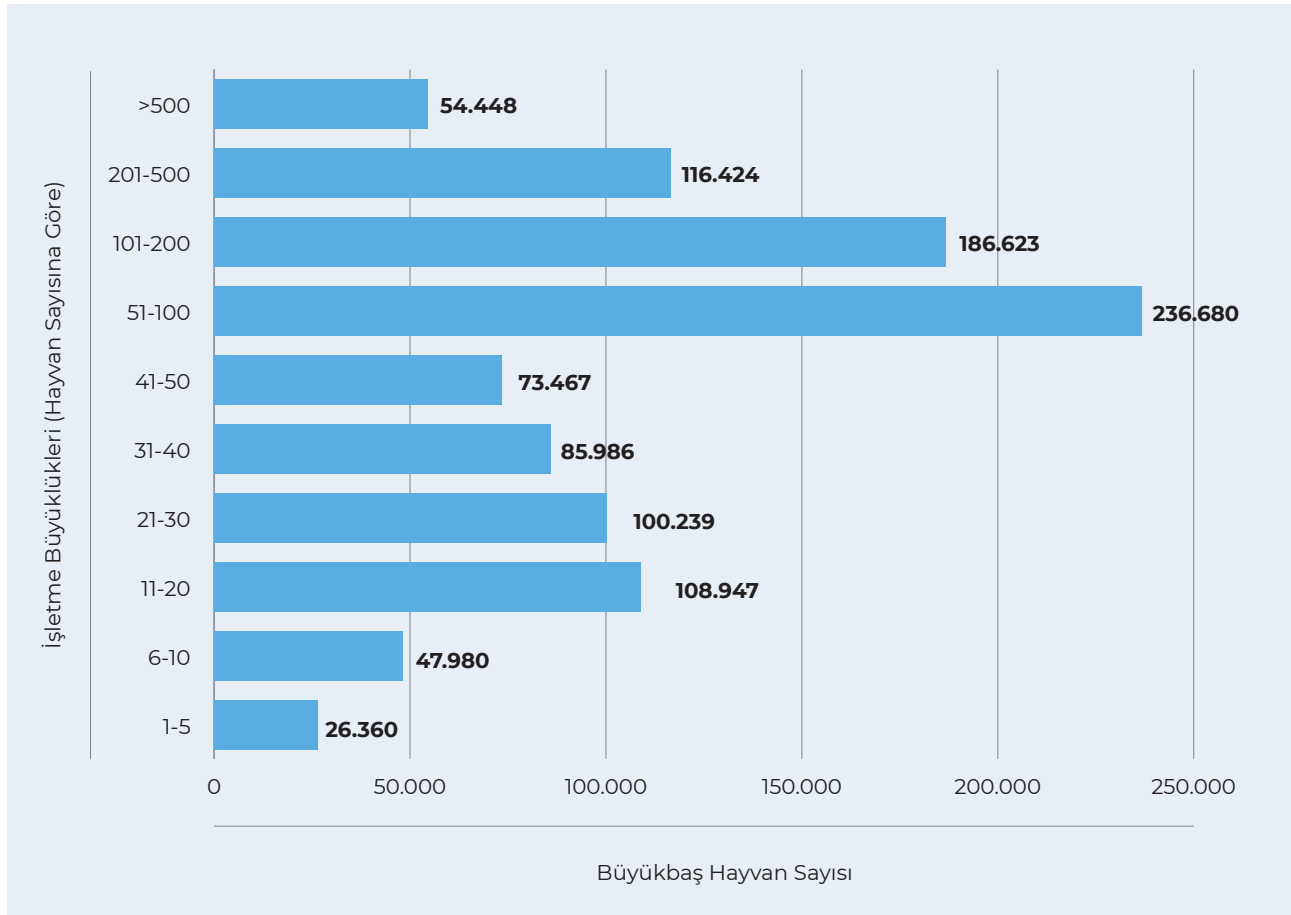
Tablo 1. İzmir'in ilçelerinde bulunan büyükbaş hayvan işletmeleri ve hayvan sayılarının dağılımı

İlçe	Toplam İşletme	Toplam Hayvan
Aliağa	602	9.359
Balçova	30	323
Bayındır	2.665	107.345
Bayraklı	12	205
Bergama	4.989	90.494
Beydağ	1.617	33.083
Bornova	187	5.048
Buca	262	7.876
Çeşme	97	1.873
Çiğli	101	3.544
Dikili	556	12.469
Foça	328	19.527
Gaziemir	16	545
Güzelbahçe	49	1.365
Karabağlar	6	43
Karaburun	32	244
Karşıyaka	26	305
Kemalpaşa	904	39.404
Kınık	1.299	19.441
Kiraz	6.104	149.751
Konak	0	0
Menderes	1.191	32.655
Menemen	894	34.363
Narlidere	6	47
Ödemiş	7.899	276.171
Seferihisar	279	4.805
Selçuk	162	3.609
Tire	4.265	141.989
Torbalı	856	34.030
Urla	336	4.192
Toplam	35.770	1.034.105

Şekil 2'de, İzmir genelindeki büyükbaş hayvan sayılarına göre işletme büyüklüklerinin dağılımı gösterilmektedir. Şekil 2'den de anlaşılabileceği gibi,

yaklaşık %23'lük pay ile 51-100 büyükbaş hayvan kapasiteli işletmeler ön plana çıkmaktadır.

Şekil 2. İzmir ili genelinde işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Mevcut Biyogaz Tesisleri

Foça Biyogaz Enerji Santrali

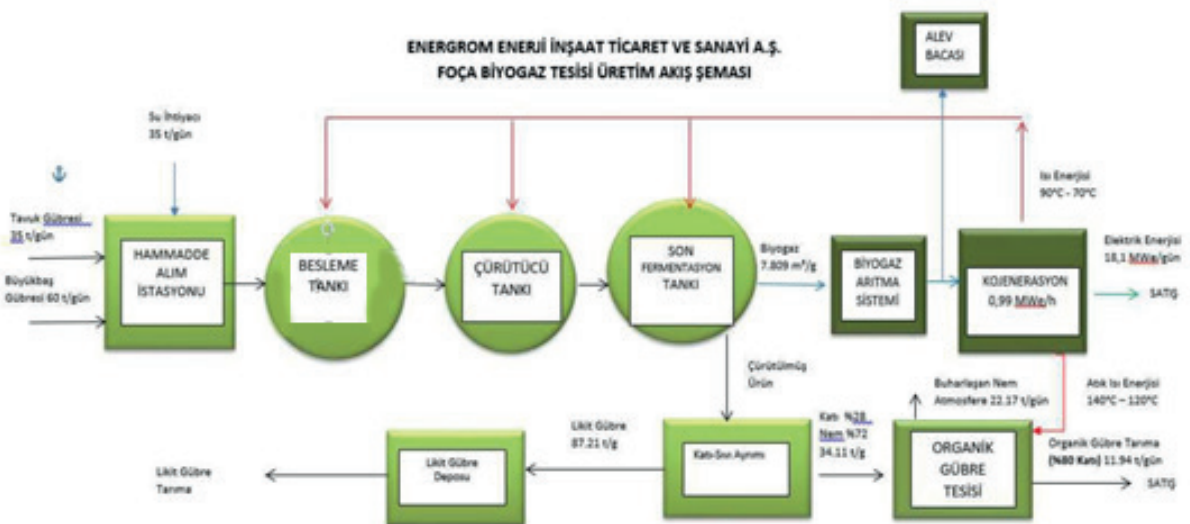
Foça Biyogaz Enerji Santrali, Foça ilçesinde 51.900 m²'lik bir alan üzerine kurulmuş olup, 2018 yılından beri faaliyet göstermektedir. Yıllık olarak yaklaşık 131 bin ton sığır ve tavuk gübresi işlenen tesiste, 13 bin ton civarında katı gübre elde edilmektedir.

Çevre bölgelerdeki büyük sığır çiftlikleri ve yumurta tavuğu üreticilerinden sağlanan atıklar, mezofilik koşullarda biyogaza dönüştürülmektedir. Şekil 3'te proses akış şeması verilen sistemde, bir adet hidroliz reaktörü bulunmakta ve atıklar kısmen ön işleme uğramaktadır.



Yer	Foça-İlıpınar Mahallesi
Firma	Energrom
Reaktör Kapasitesi	5.000 m ³ (4 adet)
Kurulu Güç	3.285 kWe
Ortalama İşletme Gücü	1.915 kWe (son 12 ay)
Atık Türü	Sığır Gübresi, Yumurta, Tavuk Gübresi
Proje Bedeli	9.000.000 TL

Şekil 3. Proses akış şeması



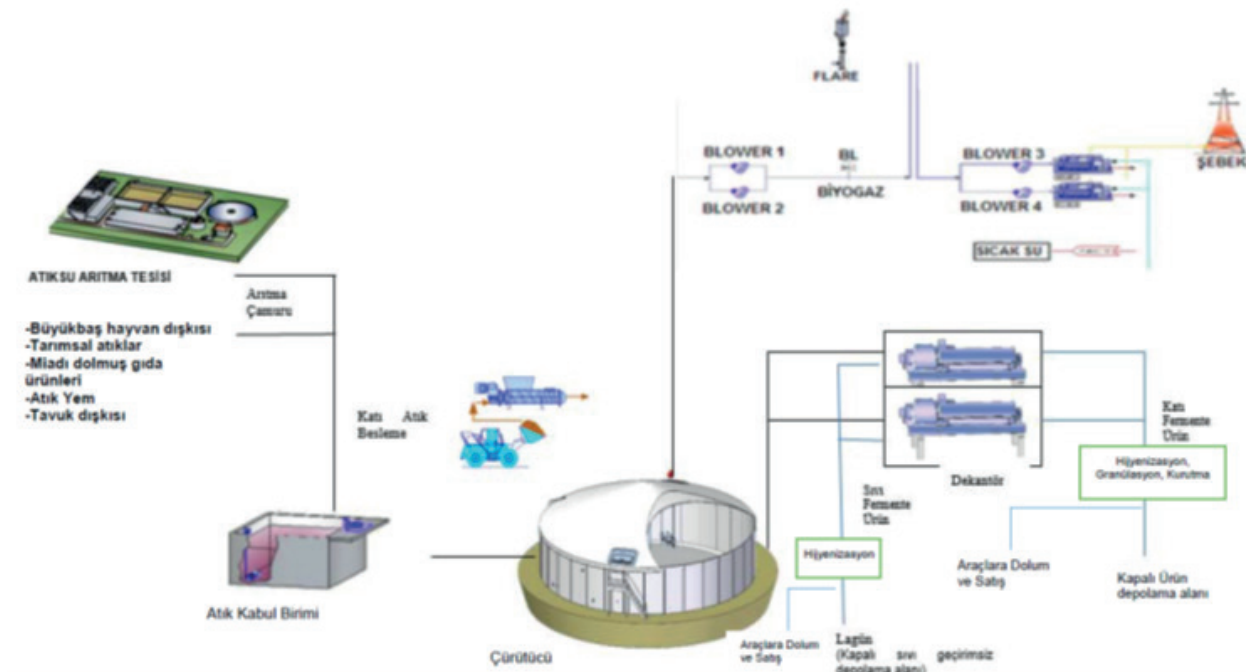
Tire Biyogaz Tesisi

2017 yılında Tire ilçesinde kurulan biyogaz tesisi, bünyesinde bulunan süt ve yem üretim tesisleri ile birlikte entegre olarak faaliyet göstermekte, sistemde oluşan atıkların tamamı kullanılmaktadır. Bunun yanında bozulmuş veya gıda endüstrisi işlemlerinden geçmiş patates, turunçgil ve bazı meyve atıkları/ posaları ile salça ve konserve fabrika atıkları gibi farklı kaynaklardan biyogaz ve fermente olmuş gübre elde edilebilmektedir. Tesisin proses akış şeması, Şekil 4'te verilmiştir.

Yer	Tire Organize Sanayi Bölgesi
Firma	Enfaş Enerji
Reaktör Kapasitesi	5.720 m ³ (4 adet)
Kurulu Güç	4.380 kWe
Ortalama İşletme Gücü	2.067 kWe (son 12 ay)
Atık Türü	Siğir Atığı, Atık Yem, Tavuk Atığı, Arıtma Çamuru, Süt Proses Atığı, Meyve-Sebze Atıkları
Proje Bedeli	17.640.000 TL



Şekil 4. Proses akış şeması



Ödemiş Biyogaz Üretim Tesisi

2019 yılında devreye alınan tesis, yaklaşık olarak 1.200 ton/gün atık işleme kapasitesine sahiptir. Ağırlıklı olarak sığır atığı işlenen tesiste, kısmen mısır silajı da kullanılmaktadır.

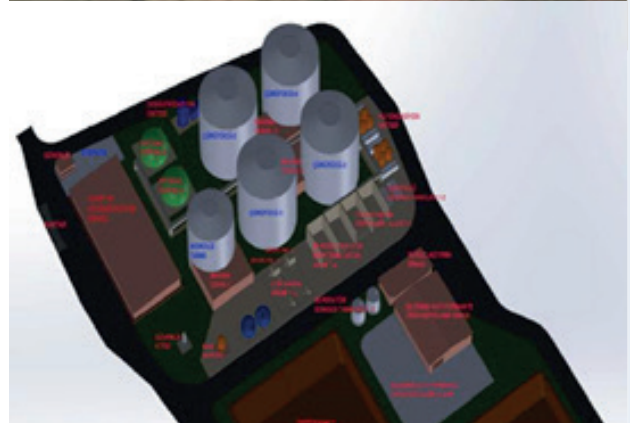
Yer	Ödemiş-Bozcayaka Mah.
Firma	ARF Bio Enerji
Reaktör Kapasitesi	4.100 m ³ (8 adet reaktör)
Kurulu Güç	7.100 m ³ (2 adet post-reaktör)
Ortalama İşletme Gücü	4.800 kWe
Atık Türü	2.067 kWe (son 12 ay)
Proje Bedeli	Sığır Atığı ve Bitkisel Atıklar
	39.342.856 TL



Halilbeyli Biyogaz Enerji Santrali

32.750 m² alana kurulmuş olan tesis, 2019 yılında faaliyete geçmiştir. Ağırlıklı olarak sığır ile et ve yumurta tavuğu atığının kullanıldığı sistem, mezofilik koşullarda işletilmektedir. Bu atıklara ilave olarak, mezbaha kan atıkları da tesiste işlenebilmektedir.

Yer	Kemalpaşa Halilbeyli Mah.
Firma	EVB Biogaz Enerji
Reaktör Kapasitesi	9.450 m ³ (4 adet)
Kurulu Güç	6.176 kWe
Ortalama İşletme Gücü	1.176 kWe (son 9 ay)
Atık Türü	Sığır Atığı, Tavuk Atığı ve Bitkisel Atıklar
Proje Bedeli	9.805.000 €



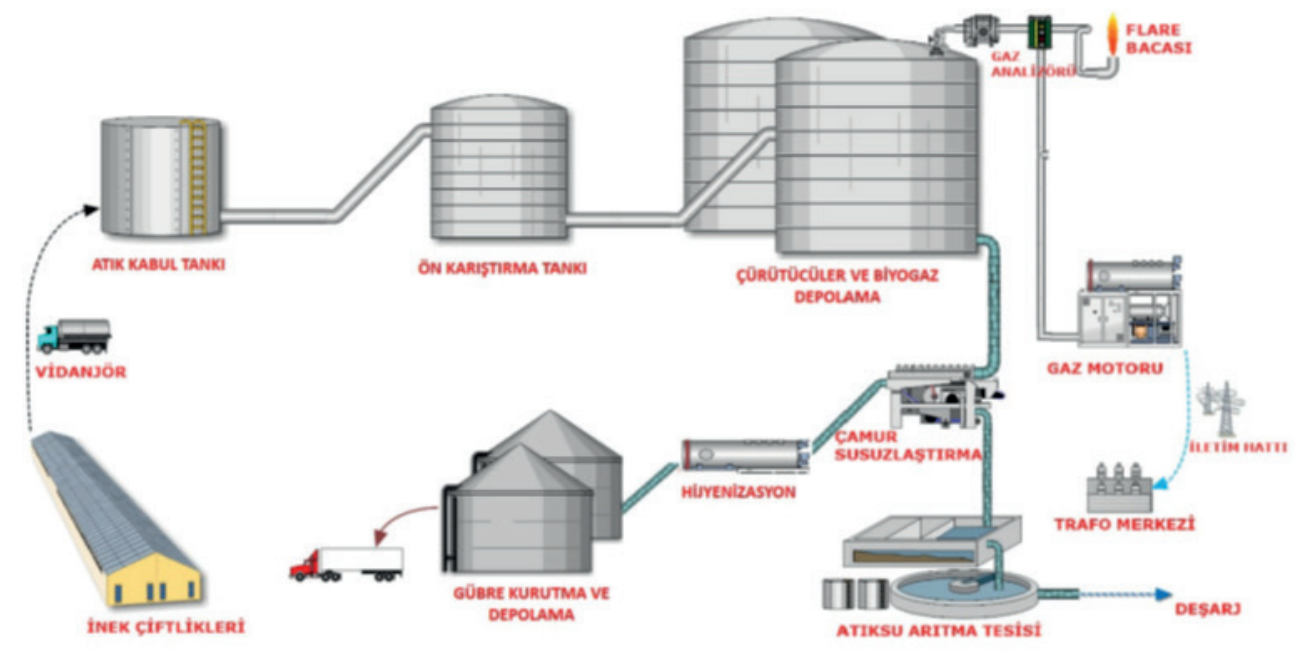
Tire Biyogaz Elektrik Santrali

13.769 m² alan üzerine kurulan tesis, Tire ilçesindeki ikinci biyogaz tesisidir. Günde toplam 860 ton atık işleyebilme kapasitesine sahiptir ve diğer biyogaz sistemlerinden farklı olarak 3 adet çelik tip reaktörden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra, tesiste seperatörden geçirilmiş fermente sıvı gübre için aerobik atık su arıtma sistemi de bulunmaktadır. Tesise ait proses akış şeması, Şekil 5'te görülmektedir.

Yer	Tire - TOKİ Mah.
Firma	Tire Biyogaz Elektrik Üretim.
Reaktör Kapasitesi	9.500 m ³ (3 adet)
Kurulu Güç	4.960 kWe
Ortalama İşletme Gücü	1.643 kWe (son 12 ay)
Atık Türü	Sığır Atığı, Tavuk Atığı ve Bitkisel Atıklar
Proje Bedeli	34.938.750 TL



Şekil 5. Proses akış şeması



Foça Cezaevi Biyogaz Tesisi

2019 yılında tamamlanan tesis, Foça Açık Cezaevi bünyesinde bulunan süt sığırı işletmesinden çıkan atıkların kullanımı için tasarlanmıştır. Tesis gerekli izin ve devreye alma işlemlerini tamamlamıştır. Ancak, henüz yeterli büyükbaş hayvan alımı yapılamadığı için elektrik üretimine geçilememiştir.

Yer	Foça Açık Cezaevi
Firma	Adalet Bakanlığı
Reaktör Kapasitesi	4.500 m ³
Kurulu Güç	250 kWe
Ortalama İşletme Gücü	0 kWe (son 12 ay)
Atık Türü	Sığır ve Mandıra Atığı



Bu çalışmadaki mevcut tesislere ilişkin görsel ve veriler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü verilerinden (<http://eced.csb.gov.tr/ced/jsp/portal/main2.htm>, Erişim Tarihi: 2020) derlenmiştir.

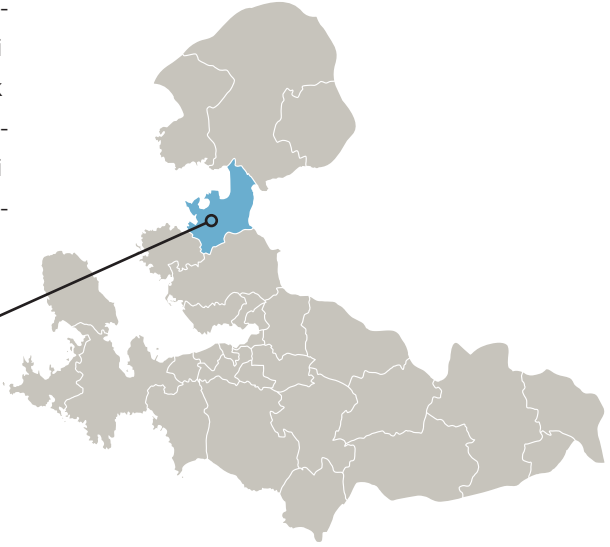
İlçelerde Mevcut Durum

İzmir'de bulunan 30 ilçe ve her bir ilçenin mahallelerine göre, hayvan sayısı ile işletme büyüklüklerinin dikkate alınarak gerçekleştirildiği kurulabilecek sistemlerin analizine yönelik çalışmalara bu bölümde yer verilmiştir.

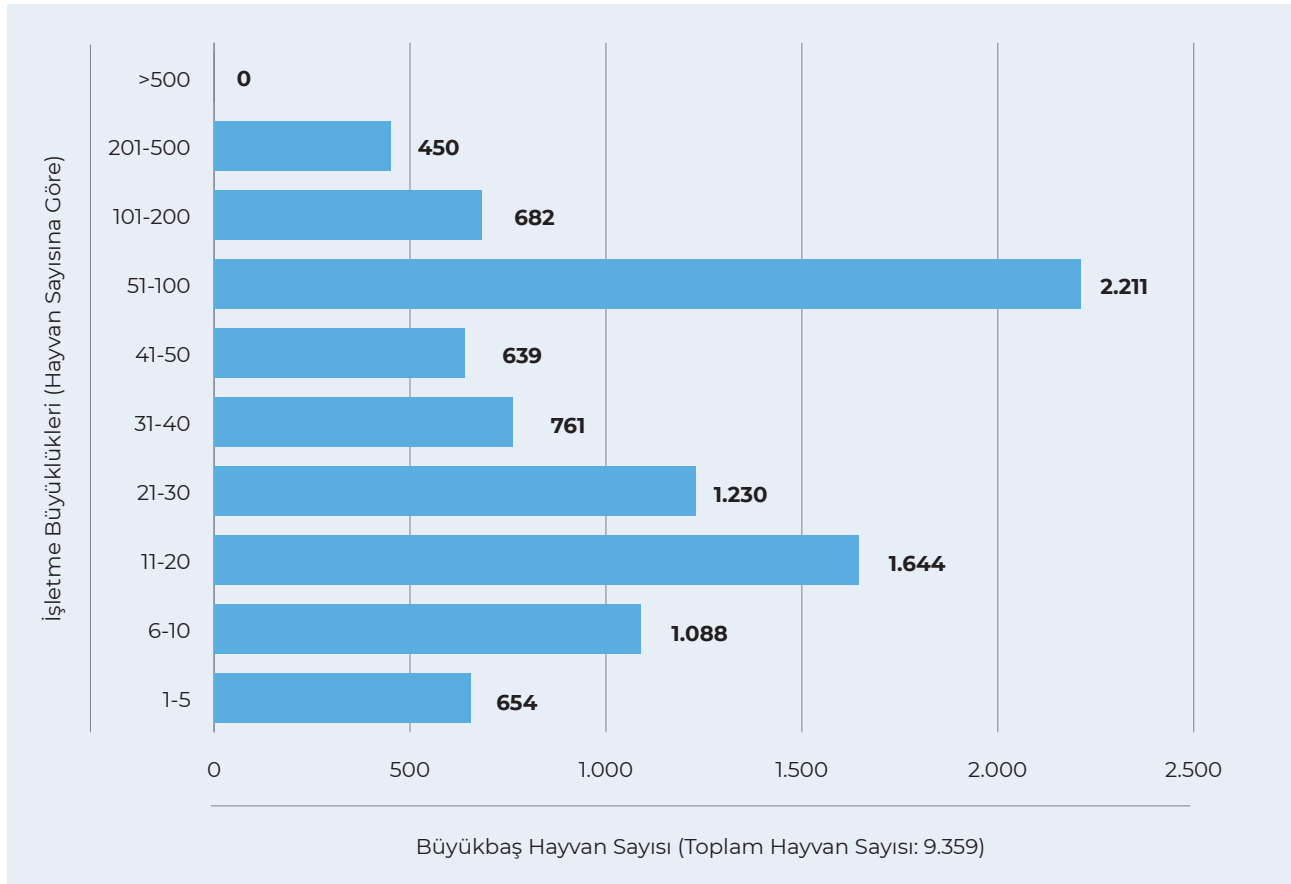
Sistemler, yerinde kurulum, köy/mahalle tipi ve merkezi biyogaz sistemi olarak 3 türde ele alınmış ve mahallelerdeki büyükbaş hayvan atığı potansiyel verilerine dayanılarak analizleri gerçekleştirilmiştir. Her ilçenin atık potansiyelinin uygunluğuna göre kurulabilecek tesis önerileri ilgili başlık altında verilmiş, kurulması mümkün olmayan tesisler için başlık açılmamıştır.

Aliğa

Aliğa ilçesindeki hayvan dağılımına bakıldığında, küçük ve orta ölçekli bireysel biyogaz sistemlerinin daha yoğun bir şekilde uygulanabileceği göze çarpmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Aliğa ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Aliağa'da bulunan işletmelerin büyükbaş hayvan sayıları incelenmiş ve yerinde kurulum olarak gerçekleştirilebilecek potansiyel 602 adet biyogaz sisteminin dağılımı Tablo 2'de verilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi, ilçede köy tipi ya da merkezi tip biyogaz sistemlerinin kurulmasına elverişli bir hayvan sayısı ve dağılımı yoktur.

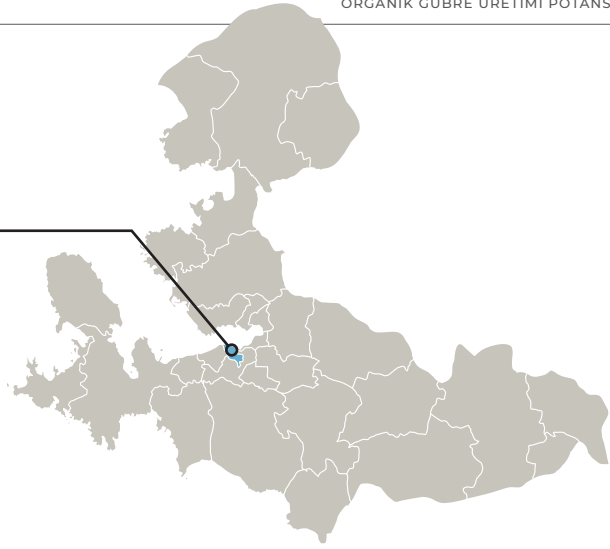
Tablo 2. Aliağa ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)										
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250
Aşağıışakran	3	0	2	1	1	0	0	0	0	0
Aşağı Şehit Kemal	10	1	1	0	1	0	0	0	0	0
Bahçedere	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Bozköy	1	2	0	2	0	0	1	0	0	0
Çakmaklı	4	0	5	1	0	0	0	0	0	0
Çaltılıdere	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0
Çıtak	0	47	15	2	1	1	0	0	0	0
Çoraklar	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Güzelhisar	10	0	7	2	1	3	0	0	0	0
Hacıömerli	0	9	17	5	6	4	0	1	1	0
Hacıömerli-Karakuyular	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Hacıömerli-Maviköşe	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Helvacı	18	0	11	2	2	0	0	0	0	0
Helvacı-Barbaros	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Horozgediği	1	3	0	2	1	1	0	0	0	0
Kalabak	0	23	20	11	2	8	0	0	0	0
Kapıkaya	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Kapukaya	0	5	20	7	8	3	0	0	0	0
Karaköy	13	8	0	4	0	0	0	0	0	0
Karakuzu	0	38	66	16	2	3	0	0	0	0
Merkez	5	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Merkez-Değirmendere	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Kültür	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Merkez-Soğuk Hava Mevkii	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0
Merkez-Yalı	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Yenimahalle	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0
Samurlu	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Uzunhasanlar	14	0	11	1	0	2	1	0	0	0
Yenişakran	5	0	7	0	3	0	2	0	1	1
Yukarı Şehit Kemal	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yüksekköy	0	7	16	3	1	0	0	0	0	0
TOPLAM	96	155	218	68	31	25	4	2	2	1

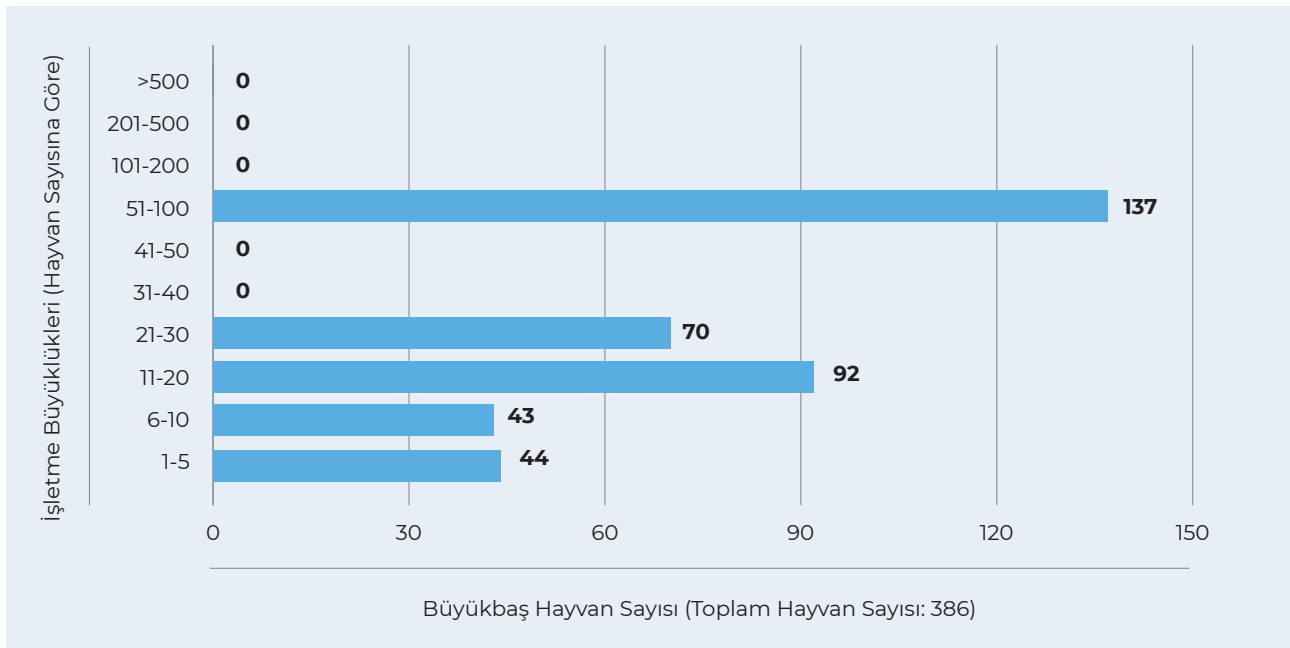
Balçova

Balçova ilçesindeki büyükbaş hayvanların işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 7'de gösterilmiştir.

Şekil 7'den de anlaşıldığı üzere, biyogaz üretim potansiyeli dikkate alındığında, Balçova ilçesindeki hayvan sayısı ve işletme sayısı görece düşüktür.



Şekil 7. Balçova ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Tablo 3'ten de görülebileceği gibi, yapılan analizlere göre Balçova'da yerinde kurulum yapılabilecek toplam 31 tesis potansiyeli mevcuttur. Ancak bu tesislerin dağılımına bakıldığında, çoğunluğun (17 adet) 5 büyükbaş hayvan kapasiteli sistemler olduğu göze çarpmaktadır. İlçede bulunan toplam hayvan sayısı, köy tipi veya merkezi biyogaz sistem kurulumu için uygun değildir.

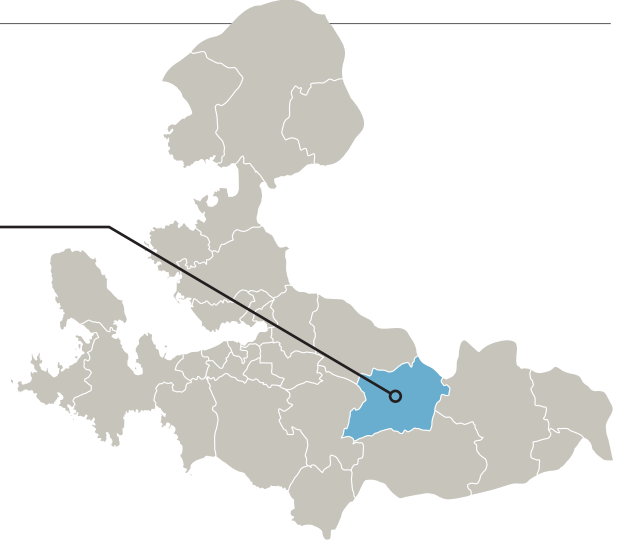
Tablo 3. Balçova ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Mahalle/Köy	Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)				
	3	5	10	25	50
Bahçelerarası	0	17	0	1	1
İnciraltı	2	0	6	2	1
Merkez	0	0	0	1	0
TOPLAM	2	17	6	4	2

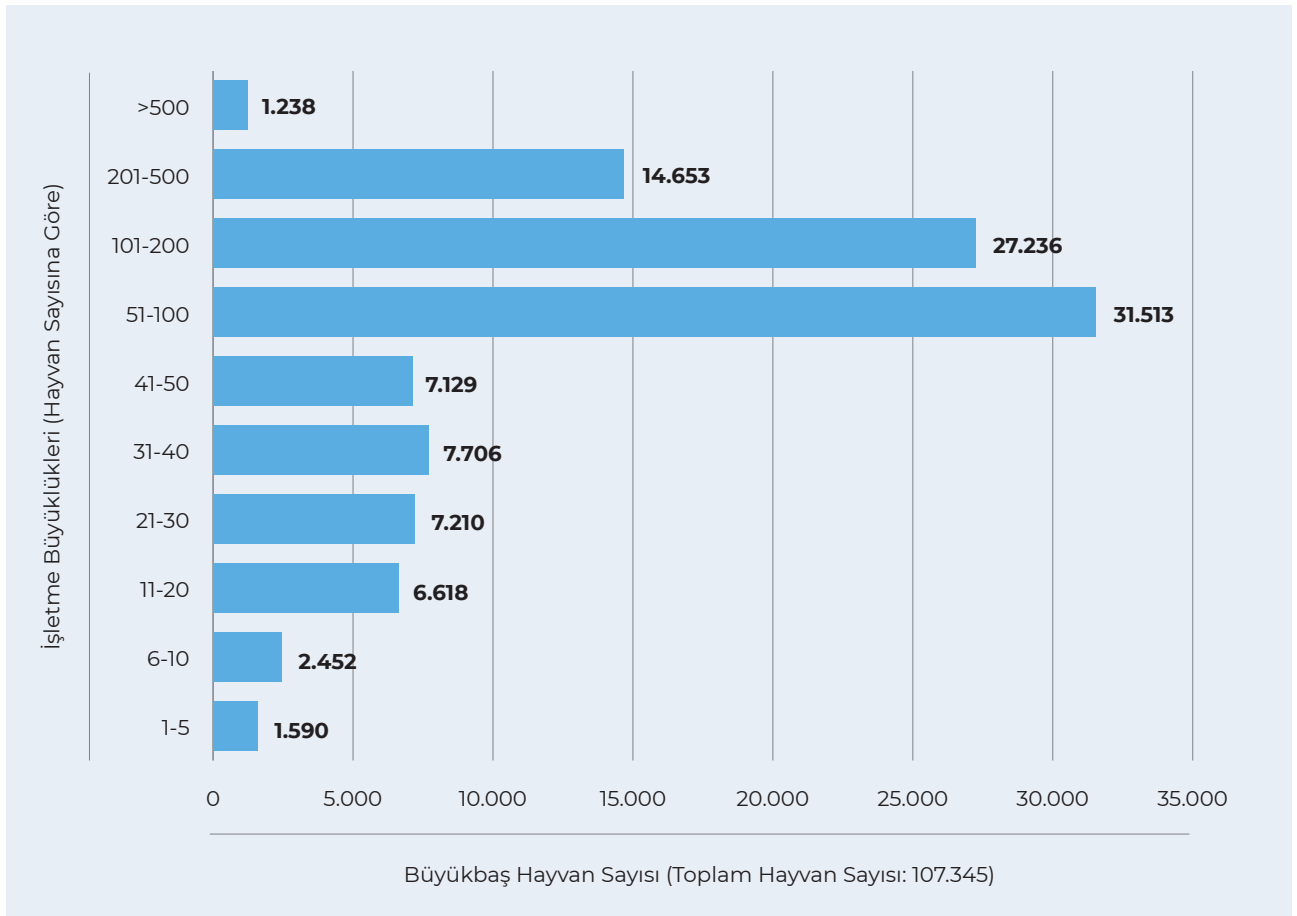
Bayındır

Bayındır ilçesi, hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı ve farklı kapasitedeki işletmelere ev sahipliği yapan bir bölgedir.

Bayındır ilçesindeki büyükbaş hayvanların işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Bayındır ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Hayvancılık sektörünün gelişmiş olduğu Bayındır ilçesinde, yerinde kurulum yapılabilecek 2.665 adet sistemin dağılımı Tablo 4'de verilmiştir.

Yoğun olarak 3-75 arasında büyükbaş hayvan sayısına sahip işletmelerin bulunduğu bölgelerde, yerinde kurulum potansiyelinin öne çıktığı görülmektedir.

Tablo 4. Bayındır ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Mahalle/Köy	Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)													
	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	750
Alankıyı	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alanköy	0	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arıkbaşı	0	4	8	6	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Balcılar	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buruncuk	7	0	17	9	4	22	0	5	0	0	0	0	2	0
Canlı	10	0	15	8	6	8	0	3	0	0	0	2	0	0
Canlı-Atatürk	0	5	4	6	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
Canlı-Cumhuriyet	0	6	1	5	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0
Canlı-Karaveliler	15	0	24	17	4	10	0	8	0	0	0	0	0	0
Çamlıbel	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çenikler	0	5	0	4	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0
Çınardibi	7	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çırpı	13	0	10	7	6	4	2	0	0	3	0	0	0	0
Çırpı-Cami	3	0	3	2	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Çırpı-Hasköy	0	12	9	17	10	8	0	7	0	0	4	0	0	2
Çırpı-İbrahimçavuş	12	0	7	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Çırpı-Mektep	6	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çifçigediği	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Çiftçigediği	4	0	2	8	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Dereköy	5	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dernekli	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elifli	4	0	12	11	2	12	0	3	0	0	0	0	0	0
Ergenli	0	10	10	3	3	6	1	0	0	0	1	0	0	0
Fırınlı	43	0	60	40	20	44	0	13	0	0	0	3	0	0
Furunlu	0	3	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gaziler	0	2	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Havuzbaşı	7	0	1	4	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0
Kabaağaç	2	0	3	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Karahalilli	16	0	8	21	8	14	0	4	0	1	0	0	0	0

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)														
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	750
Karahayıt	0	0	1	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Karapınar	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kızılcaağaç	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kızılcaova	0	25	44	16	24	15	0	5	0	0	0	0	0	0
Kızılkeçili	19	0	16	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kızıloba	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lutuflar	0	9	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez	7	0	13	10	1	17	0	14	0	0	7	0	0	0
Merkez-Cami	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Demircilik	8	0	12	7	6	0	0	7	0	0	0	1	0	0
Merkez-Fatih	27	0	51	38	14	48	0	23	0	0	5	0	0	0
Merkez-Hacıbeşir	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Hacıbrahim	1	0	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Hatay	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Kurt	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Mithatpaşa	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Ortamahalle	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Sadıkpaşa	23	0	32	12	21	29	0	8	1	0	0	0	0	0
Merkez-Yenimahalle	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Osmanlar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pınarlı	0	43	61	29	49	43	0	24	0	3	0	0	0	0
Pınarlı Yukarı	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarıyurt	27	0	25	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Söğütören	13	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tokatbaşı	22	0	23	6	3	16	0	3	1	0	0	0	0	0
Turan	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Yakacık	0	8	34	27	6	22	0	11	0	0	5	0	0	0
Yakapınar	21	0	18	2	8	3	0	1	0	0	3	0	0	0
Yeşilova	18	0	34	10	11	17	0	10	0	0	5	0	0	0
Yusuflu	17	0	15	44	28	51	0	27	0	0	1	0	0	0
Yusuflu-Atatürk	6	0	0	14	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Zeytinova	23	0	25	6	11	13	0	10	0	0	0	0	0	0
Zeytinova-Cumhuriyet	4	0	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Zeytinova-Çatal	9	0	16	6	14	5	0	4	0	0	1	0	0	0
Zeytinova-Gazi	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	414	159	664	446	296	429	6	198	2	8	33	6	2	2

Köy Tipi Sistemler

Bayındır'da köy tipi sistemlerin kurulumu için uygun olan mahalleler ve kapasiteleri, Tablo 5'te verilmiştir. Bu verilerden yola çıkarak, toplam kurulu gücü 9,875 MW olan toplam 16 adet köy tipi sistem

kurulabileceği görülmektedir (1 adet 125 kW, 2 adet 185 kW, 3 adet 250 kW, 1 adet 375 kW, 2 adet 500 kW, 2 adet 625 kW, 1 adet 750 kW, 1 adet 875 kW, 2 adet 1 MW ve 1 adet 2.375 MW).

Tablo 5. Bayındır ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

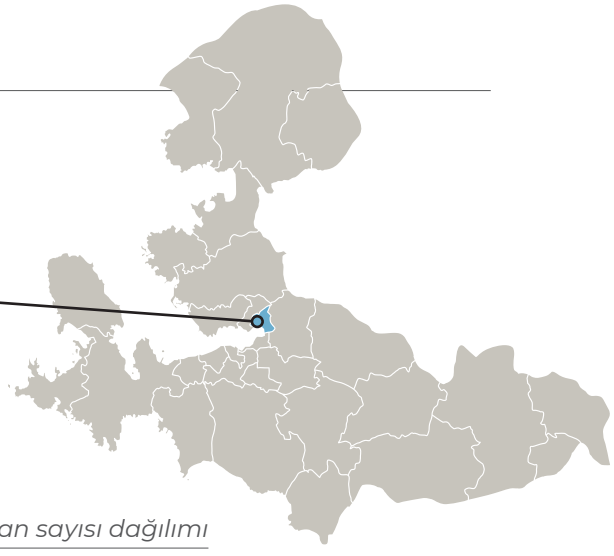
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)										
Mahalle/Köy	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	19000
Buruncuk	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Canlı	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Çırpı	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Elifli	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ergenli	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fırınlı	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Karahalilli	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Kızılcaova	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Merkez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pınarlı	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tokatbaşı	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Yakacık	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Yakapınar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeşilova	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Yusuflu	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Zeytinova	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
TOPLAM	1	2	3	1	2	2	1	1	2	1

Merkezi Sistemler

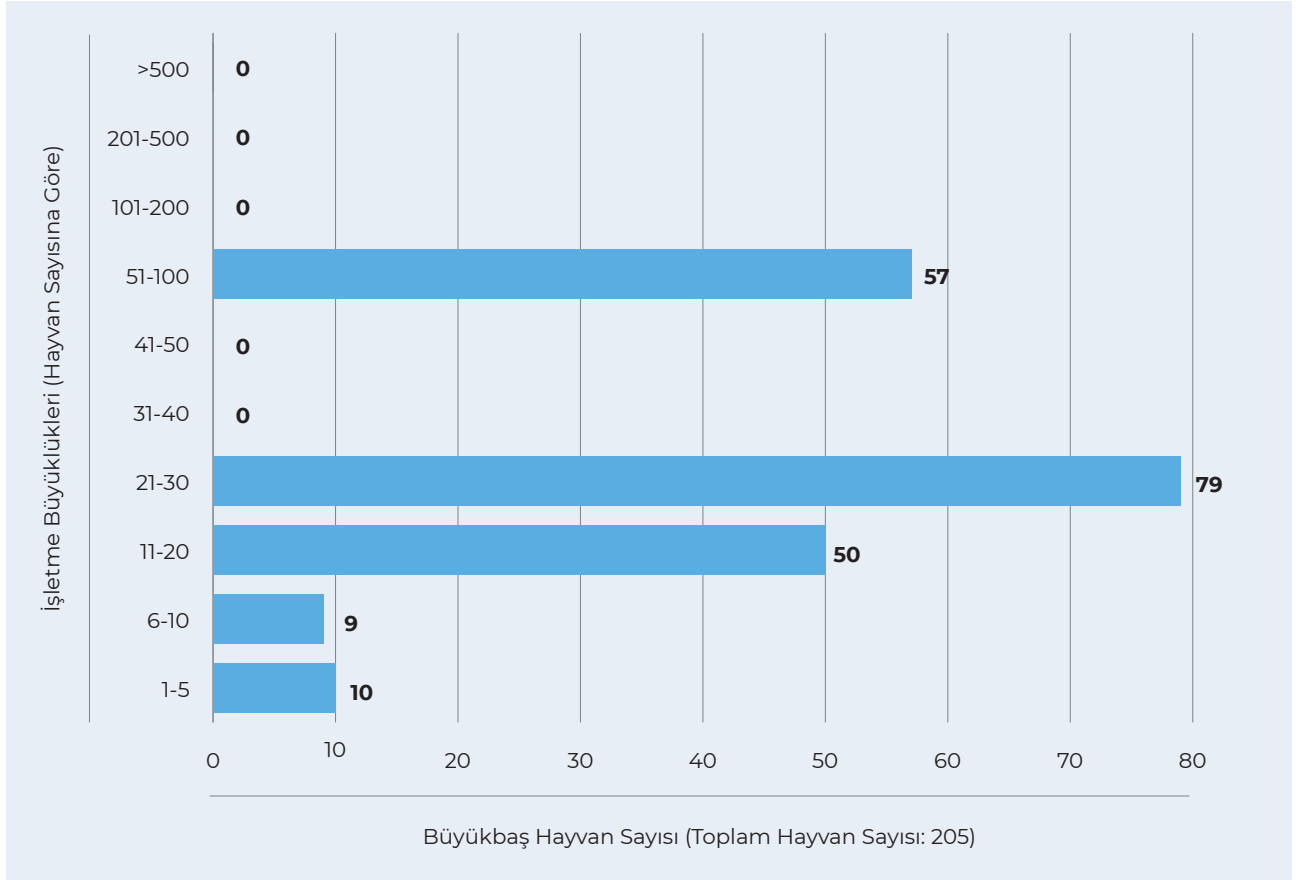
Bayındır ilçesi incelendiğinde, büyükbaş hayvan sayısı 50 ve daha fazla olan işletmelerin tamamı, atıklarını köy tipi biyogaz sistemleri yerine tek bir sistemde değerlendirdiğinde, 10,25 MW kapasiteli 1 adet merkezi biyogaz sistem potansiyeli karşımıza çıkmaktadır. Ancak, bu tesis projelendirilirken, atık toplama için 20-30 km'lik taşıma mesafesi göz önüne alınmalıdır.

Bayraklı

Bayraklı ilçesinde büyükbaş hayvan sayısının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Bayraklı ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Bayraklı ilçesinde kurulabilecek biyogaz sistemleri, büyükbaş hayvan sayısı ve işletme sayısı nedeniyle 12 adet ile kısıtlı kalmıştır. Kurulabilecek sistemlerin listesi, Tablo 6'da verilmiştir.

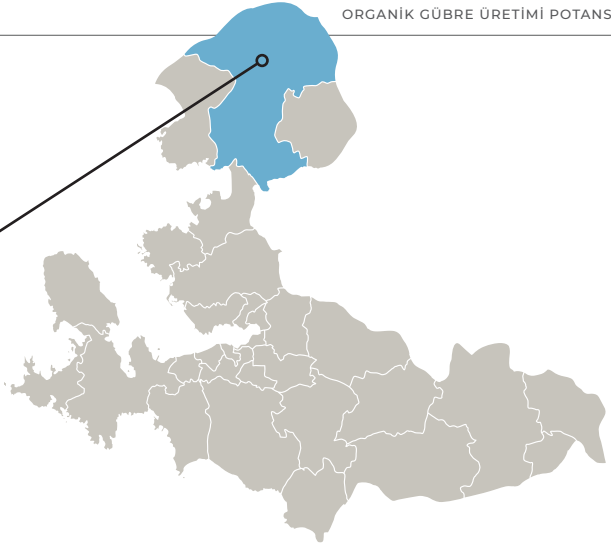
İlçede bulunan toplam hayvan sayısı, merkezi veya köy tipi biyogaz sistem kurulumu için uygun değildir.

Tablo 6. Bayraklı ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

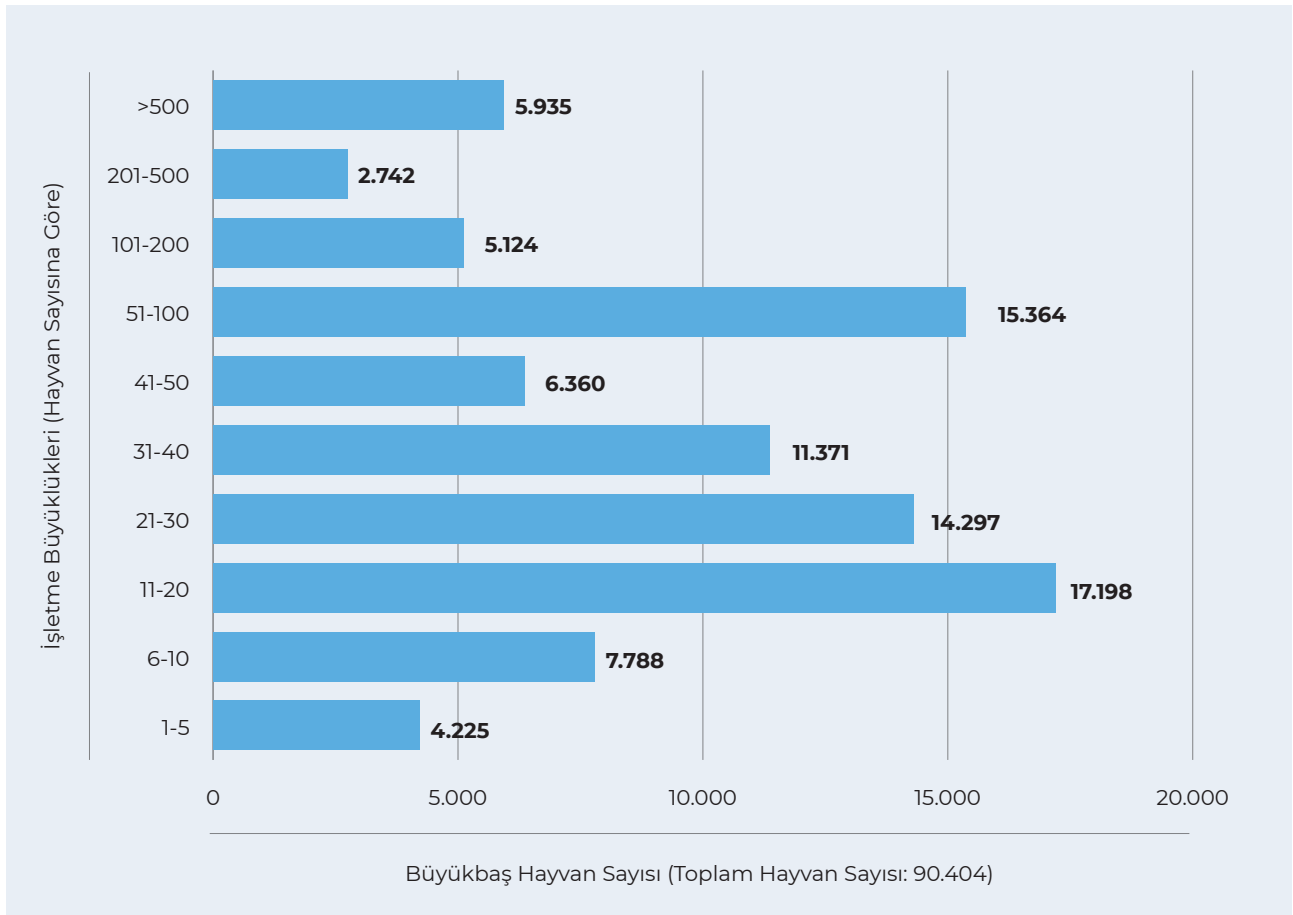
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)				
Mahalle/Köy	3	10	25	50
Doğançay	4	1	5	1
Gümüşpala	0	0	1	0
TOPLAM	4	1	6	1

Bergama

Bergama, büyükbaş hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı ilçelerden birisidir. Şekil 10'da toplam 90.404 büyükbaş hayvanın işletme büyüklüklerine göre dağılımı verilmiştir. İlçede 100 ve altında sayıda büyükbaş hayvana sahip işletmelerin fazlalığı göze çarpmaktadır.



Şekil 10. Bergama ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

İlçedeki işletmelere göre hayvan sayılarından yola çıkılarak, 4.989 adet potansiyel yerinde kurulum türünde biyogaz sistemi kurulabileceği belirlenmiş ve bunların dağılımı Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Bergama ilçesinde yerinde kurulum yapılabilen farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

[illegible]

[illegible]

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	500	2500
Sarıdere	11	0	11	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seklik	11	0	31	26	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sindel	0	9	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Süleymanlı	3	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Tavukçukuru	0	8	27	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tekkedere	11	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tepeköy	11	0	20	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Terzihaliller	0	14	22	17	2	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Tırmanlar	39	0	79	34	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiyelti	13	0	17	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Topallar	0	22	26	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turanlıhacılar	0	5	26	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Üçtepe	5	0	11	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Üçtepe-Yoğurtdöken	1	0	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ürkütler	12	0	14	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y.cuma	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yalnızdam	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yalnızev	13	2	10	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yenikent	14	0	12	2	1	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Yeniler	0	14	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yerlitahtacı	9	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yortanlı	3	0	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yukarıada	30	0	33	7	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yukarıbey	0	42	72	41	10	10	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Yukarıcuma	7	0	12	14	2	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Yukarıkırıklar	9	0	12	4	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Yuntdağhacılar	4	0	7	22	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zagnos	5	2	1	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Zeytindağ	14	7	6	9	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Zeytindağ-Kazıkbağlar	6	0	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	1220	381	1908	916	384	126	17	19	5	3	3	1	2	2	2

Köy Tipi Sistemler

Bergama ilçesi, köy tipi biyogaz tesisleri için uygun hayvan sayısına sahiptir. Tablo 8'de, ilçede kurulabilecek 7 adet köy tipi biyogaz sisteminin dağılımı verilmiştir. Karaveliler'e 125 kW, Aşağıkırıklar'a 185 kW, Yukarıbey'e 250 kW, Çamavlu ve Dağıstan'a 310 kW, Merkez'e ise 500 kW kurulu gücünde biyogaz

sistemi kurulabilecek bir potansiyel mevcuttur. Ancak Sağancı mahallesinde, 625 kW'lık potansiyel bulunurken hayvanlar sadece iki işletmede yoğunlaşmıştır. Bu yüzden, özel bir anlaşma veya organizasyon ile biyogaz sisteminin kurulabileceği düşünülmektedir.

Tablo 8. Bergama ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)						
Mahalle/Köy	1000	1500	2000	2500	4000	5000
Aşağıkırıklar	0	1	0	0	0	0
Çamavlu	0	0	0	1	0	0
Dağıstan	0	0	0	1	0	0
Karaveliler	1	0	0	0	0	0
Merkez	0	0	0	0	1	0
Sağancı	0	0	0	0	0	1
Yukarıbey	0	0	1	0	0	0
TOPLAM	1	1	1	2	1	1

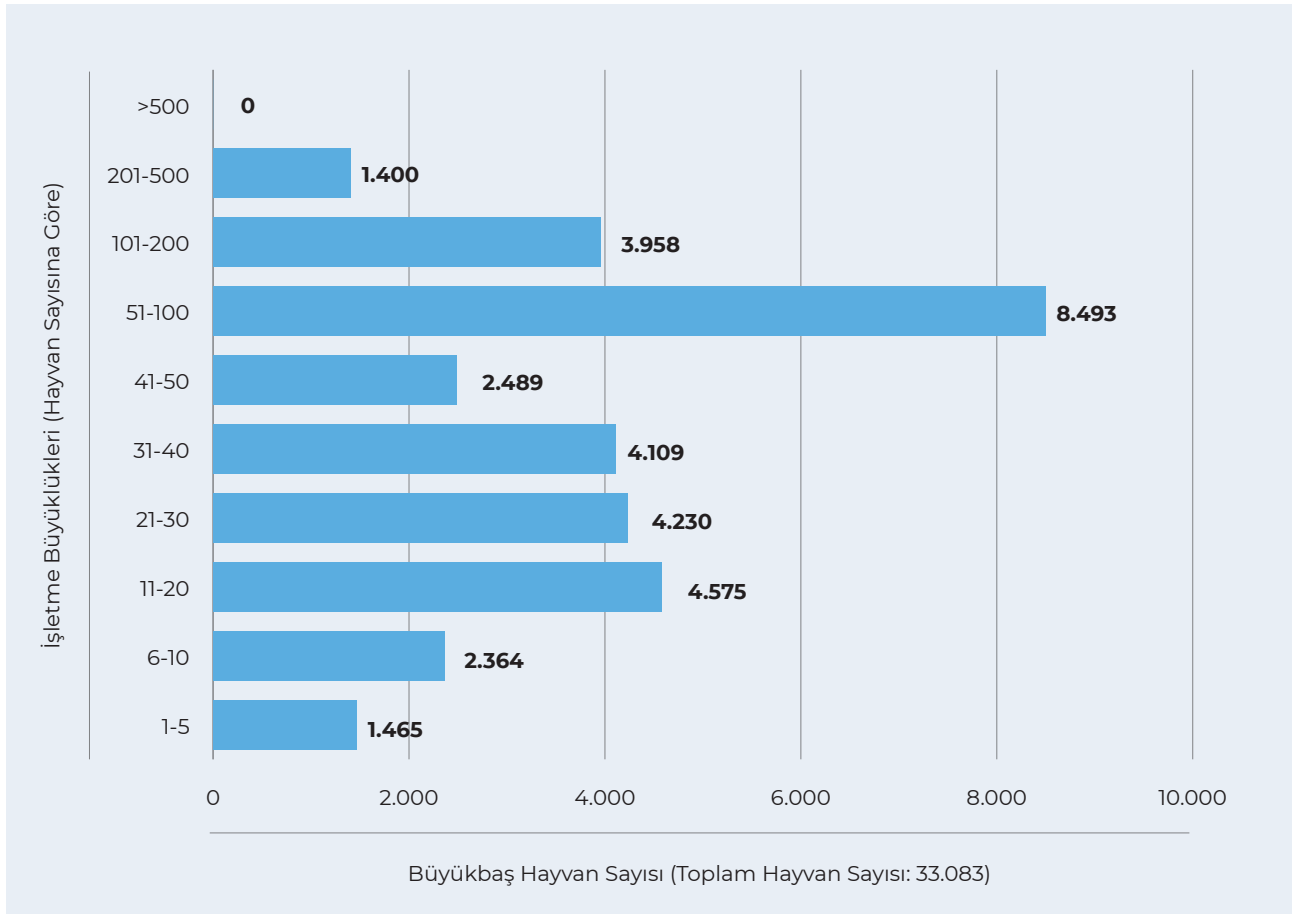
Merkezi Sistemler

Bergama ilçesinde, yayla (Kozak) ile ova kısmı arasında atık taşımak uzun mesafeden ötürü ekonomik değildir. Bu yüzden sadece ova kısmında bulunan Dağıstan, Merkez, Sağancı ve Aşağıkırıklar mahalleleri baz alındığında, 1,625 MW'lık kurulu güce sahip bir merkezi biyogaz sisteminin kurulabileceği değerlendirilmektedir.

Beydağ

Beydağ ilçesi, İzmir'in güney doğu sınırında bulunmaktadır ve büyükbaş hayvan sayısı 33.083 adettir. Bu sayının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 11'de gösterilmiştir.

Şekil 11. Beydağ ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

İlçede kurulabilecek 1.617 adet yerinde kurulum tipi biyogaz sisteminin dağılımı Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Beydağ ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)											
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300
Adaküre	15	0	20	5	1	0	0	0	1	0	0
Alakeçili	0	7	14	9	5	0	0	6	0	0	0
Bakır	16	0	19	9	0	10	0	0	0	0	0
Çamlık	40	0	15	1	0	0	0	0	0	0	0
Çiftlik	7	0	13	9	4	8	0	0	0	0	0
Çomaklar	19	0	18	1	4	0	0	0	0	0	0
Eğridere	0	50	56	15	0	0	0	0	0	0	0
Erikli	0	27	18	3	1	3	0	0	0	0	0
Halıköy	10	0	33	9	11	6	1	0	0	0	0
Karaoba	0	16	26	25	3	15	0	2	0	0	0
Kurudere	22	0	48	25	10	25	0	0	0	0	0
Menderes	5	0	11	5	1	1	0	0	0	0	0
Merkez-Aktepe	0	40	54	21	18	13	0	3	0	0	0
Merkez-Atatürk	0	38	36	6	13	0	3	0	0	0	0
Merkez-Beyköy	11	0	9	3	1	0	1	0	0	0	0
Merkez-Cumhuriyet	45	0	47	19	18	18	0	2	0	1	0
Mutaflar	0	24	19	8	0	0	0	0	0	0	0
Palamutçuk	0	15	25	3	1	0	0	0	0	0	0
Sarıkaya	0	11	7	17	5	0	0	3	2	0	0
Tabaklar	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Yağcılar	19	0	44	23	9	5	0	3	2	0	0
Yeniyurt	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Yeşiltepe	0	32	22	0	0	0	0	0	0	0	0
Yukarıaktepe	0	16	37	7	3	0	2	0	0	0	0
Yukarıtosunlar	6	0	15	10	19	6	0	5	0	0	1
TOPLAM	220	278	610	233	128	110	7	24	5	1	1

Köy Tipi Sistemler

Tablo 10'dan da görülebileceği gibi, ilçede köy tipi biyogaz sistemi kurulumu için gerekli hayvan sayısı mevcuttur. Alakeçili ve Sarıkaya köylerine 125 kW, Karaoba, Yağcılar ve Yukarıtosunlar'a 185 kW, Kuru-

dere'ye 250 kW ve Merkez'e 250 kW kurulu gücünde olmak üzere 7 adet köy tipi biyogaz sistemi kurulum potansiyeli bulunmaktadır.

Tablo 10. Beydağ ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

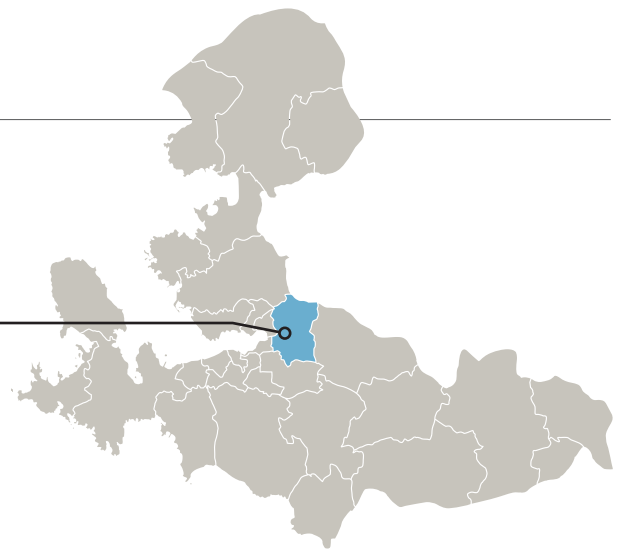
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)				
Mahalle/Köy	1000	1500	2000	4000
Alakeçili	1	0	0	0
Karaoba	0	1	0	0
Kurudere	0	0	1	0
Merkez	0	0	0	1
Sarıkaya	1	0	0	0
Yağcılar	0	1	0	0
Yukarıtosunlar	0	1	0	0
TOPLAM	2	3	1	1

Merkezi Sistemler

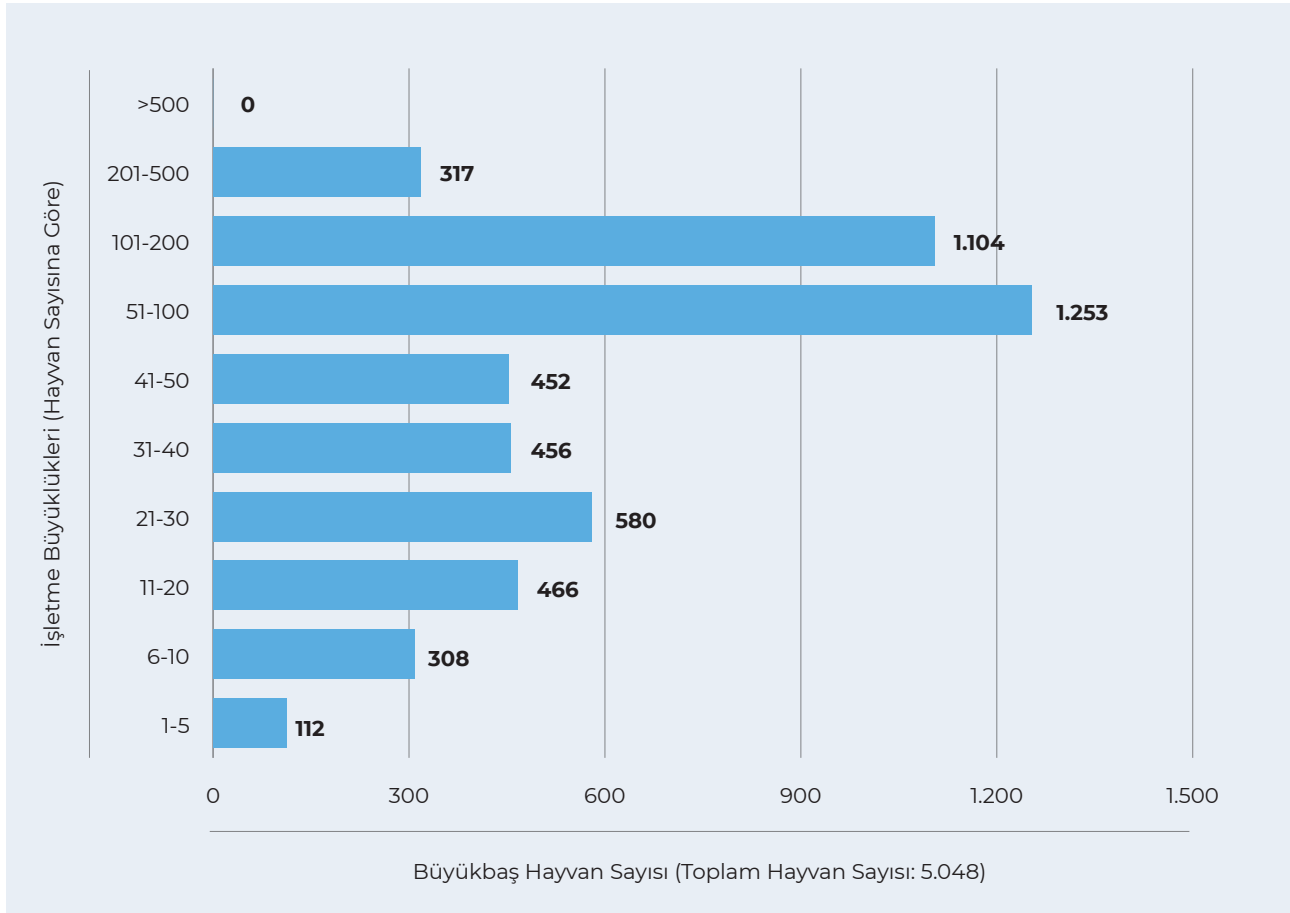
Beydağ ilçesinde, 50 büyükbaş ve üzeri hayvan sayısına sahip işletmelerin atıkları toplanarak, 2 MW kurulu gücünde merkezi bir biyogaz sistemi kurulabileceği görülmektedir.

Bornova

Bornova ilçesinde, büyükbaş hayvan sayısı 5.048 adettir ve bu sayının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Bornova ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

İlçede kurulabilecek biyogaz sistemlerinin büyüklükleri ve sayıları, Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Bornova ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)									
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	300
Beşyol	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Çamiçi	1	0	3	1	0	0	0	0	0
Çamkule	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Çınar	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Çiçekli	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Egemenlik	3	0	6	4	8	0	0	3	0
Eğridere	14	0	24	12	10	5	1	0	0
Evka 3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Gökdere	2	0	1	0	0	0	0	0	0
Gürpınar	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Karaçam	2	3	2	1	0	0	0	0	0
Kayadibi	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Kemalpaşa	3	2	4	5	0	7	0	1	1
Kurudere	0	3	3	1	0	0	0	0	0
Laka	4	0	9	8	4	0	0	0	0
Merkez	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Yaka	5	0	5	1	0	0	0	1	0
Yeşilova	0	0	1	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	39	9	62	33	22	13	1	7	1

Köy Tipi Sistemler

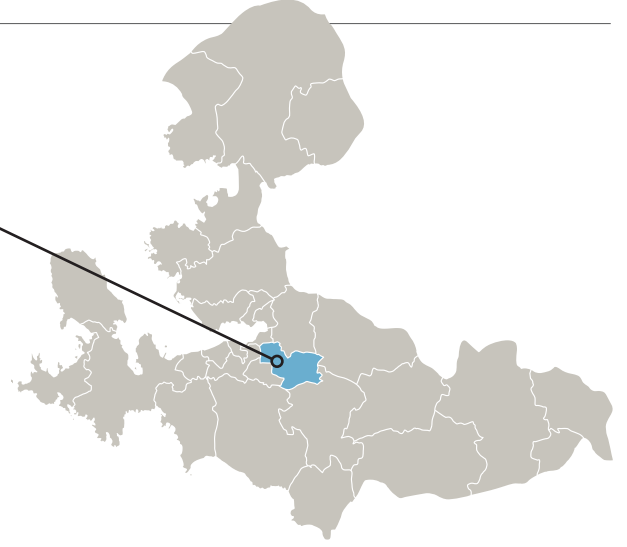
İlçedeki hayvan potansiyeline bakıldığında, Kemalpaşa mahallesinde sadece 1 adet 125 kW'lık köy tipi biyogaz sistem kurulum potansiyeli bulunmaktadır (Tablo 12). İlçe, merkezi biyogaz sistem kurulumu için uygun değildir.

Tablo 12. Bornova ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

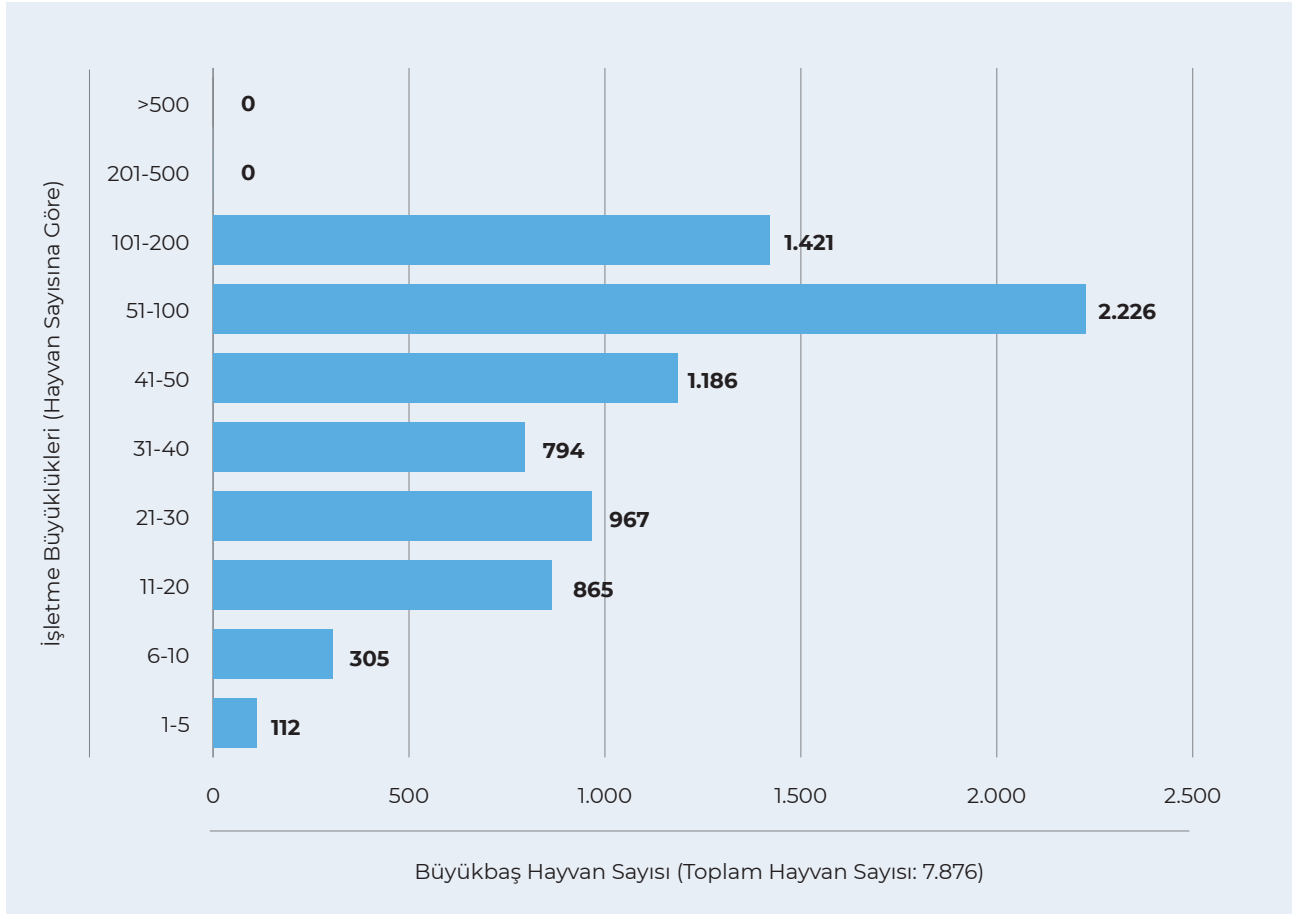
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)	
Mahalle/Köy	1.000
Kemalpaşa	1
TOPLAM	1

Buca

Buca ilçesinde, büyükbaş hayvan sayısı 7.876 adettir ve bu sayının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 13. Buca ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

İlçede kurulabilecek biyogaz sistemlerinin büyüklükleri ve sayıları, Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Buca ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)								
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150
Belenbaşı	2	0	1	0	0	0	0	0
Buca-Merkez	0	4	2	3	4	3	2	0
Doğancılar	2	0	1	1	0	0	0	0
Karacaağaç	4	0	16	6	0	5	0	0
Kaynaklar	0	11	11	34	2	7	0	2
Kırıklar	4	0	4	0	0	0	0	0
Kozağaç	1	0	0	0	3	0	0	0
Mustafa Kemal	0	0	0	0	0	1	1	0
Yıldızlar	0	11	10	52	23	0	0	0
Zafer	2	0	6	6	4	6	0	5
TOPLAM	15	26	51	102	36	22	3	7

Köy Tipi Sistemler

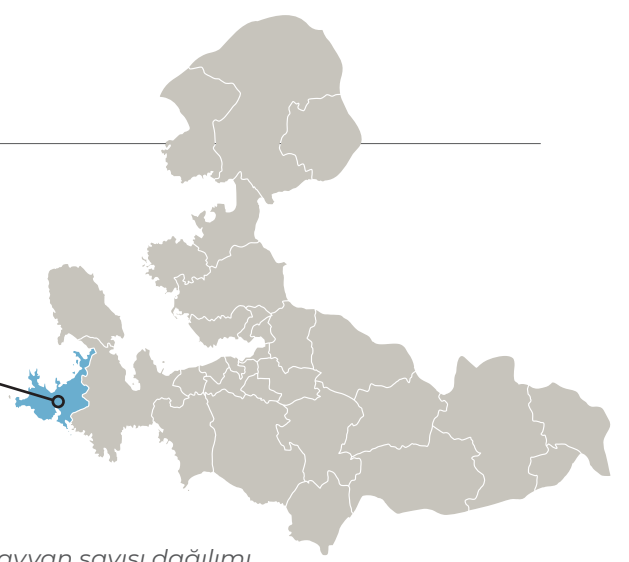
İlçede, sadece Yıldızlar mallesinde 125 kW ve Zafer mallesinde 185 kW olmak üzere 2 adet köy tipi biyogaz sistem kurulum potansiyeli bulunmaktadır (Tablo 14). İlçe merkezi biyogaz sistem kurulumu için uygun değildir.

Tablo 14. Buca ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

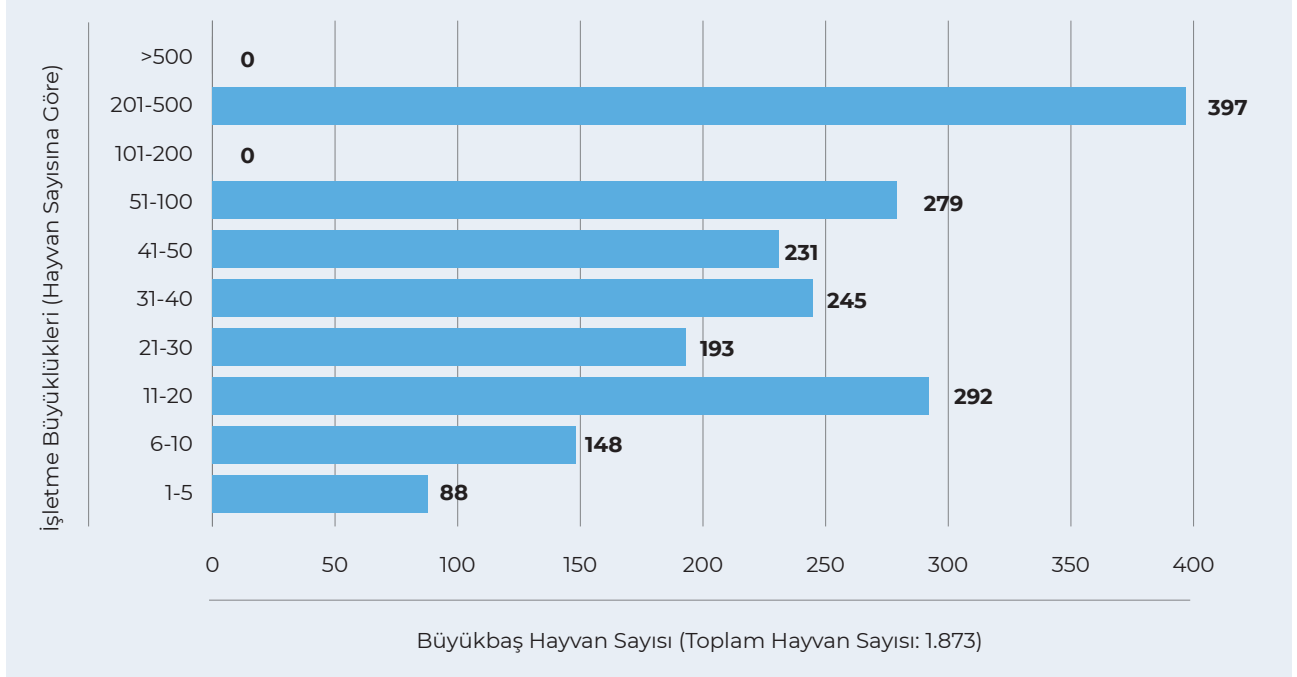
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)		
Mahalle/Köy	1000	1500
Yıldızlar	1	0
Zafer	0	1
TOPLAM	1	1

Çeşme

1.873 büyükbaş hayvan bulunan Çeşme ilçesinde, hayvan sayısının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 14'te gösterilmiştir.



Şekil 14. Çeşme ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

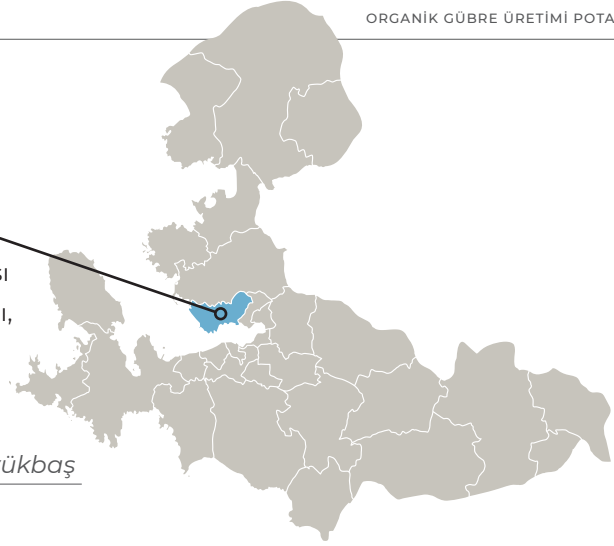
İlçede kurulabilecek biyogaz sistemlerinin büyüklükleri ve sayıları, Tablo 15'te verilmiştir. İlçedeki potansiyel göz önüne alındığında, köy ve merkezi tip biyogaz tesisleri için hayvan potansiyelinin yeterli olmadığı değerlendirilmektedir.

Tablo 15. Çeşme ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

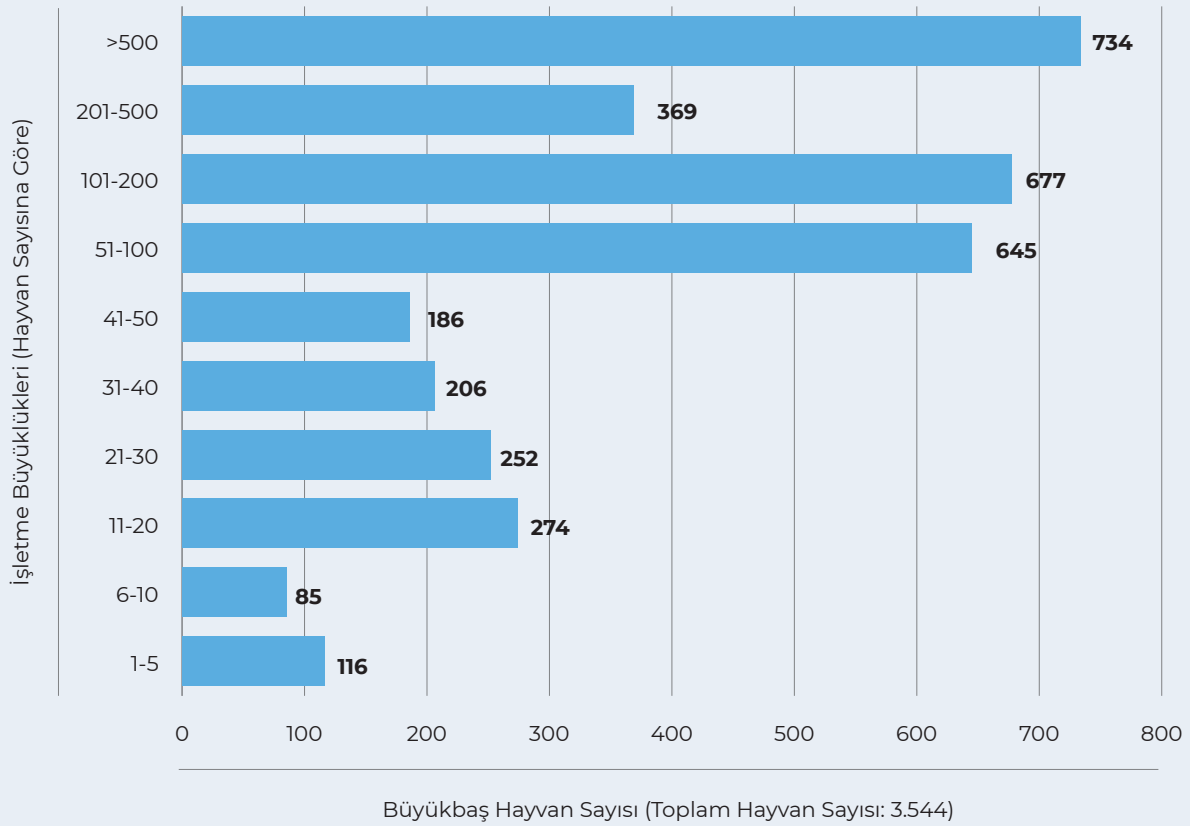
Mahalle/Köy	Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)						
	3	5	10	25	50	75	400
Alaçatı	9	0	9	4	1	2	1
Germiyan	4	0	4	2	3	0	0
Ildır	4	0	0	0	1	0	0
Karaköy	0	1	0	0	2	0	0
Merkez	2	0	4	1	1	0	0
Merkez-Alaçatı	1	0	0	0	0	0	0
Merkez-Çiftlik	2	0	2	4	0	0	0
Merkez-İnönü	1	0	0	1	0	0	0
Merkez-Merkez	0	1	1	0	1	0	0
Merkez-Musalla	0	0	3	0	0	0	0
Merkez-Reisdere	1	0	1	0	0	0	0
TOPLAM	24	2	24	12	9	2	1

Çiğli

Çiğli ilçesinde, toplam büyükbaş hayvan sayısı 3.544'tür ve bu sayının işletmelere göre dağılımı, Şekil 15'te verilmiştir.



Şekil 15. Çiğli ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

İlçede kurulabilecek biyogaz sistemlerinin büyüklükleri ve sayıları, Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Çiğli ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)											
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	350	750
Aydınlıkevler	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Balatçık	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Çiğli	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Harmandalı	13	0	9	7	2	1	0	0	1	0	0
Kaklıç	0	16	0	8	4	6	3	0	0	1	1
Merkez	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Sasalı	0	9	2	6	0	2	0	1	0	0	0
TOPLAM	13	28	15	23	6	9	3	1	1	1	1

Köy Tipi Sistemler

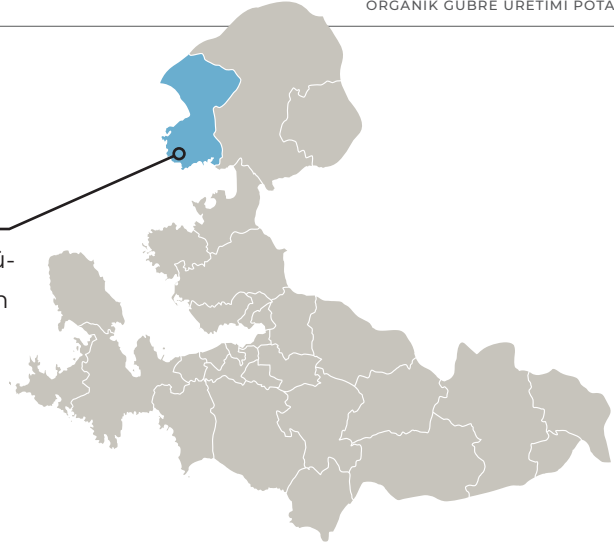
İlçedeki hayvan potansiyeli ve yoğunluğu göz önüne alındığında (Tablo 17), sadece Kaklıç mahallesinde 250 kW'lık köy tipi bir biyogaz sisteminin kurulabileceği görülmektedir.

Tablo 17. Çiğli ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

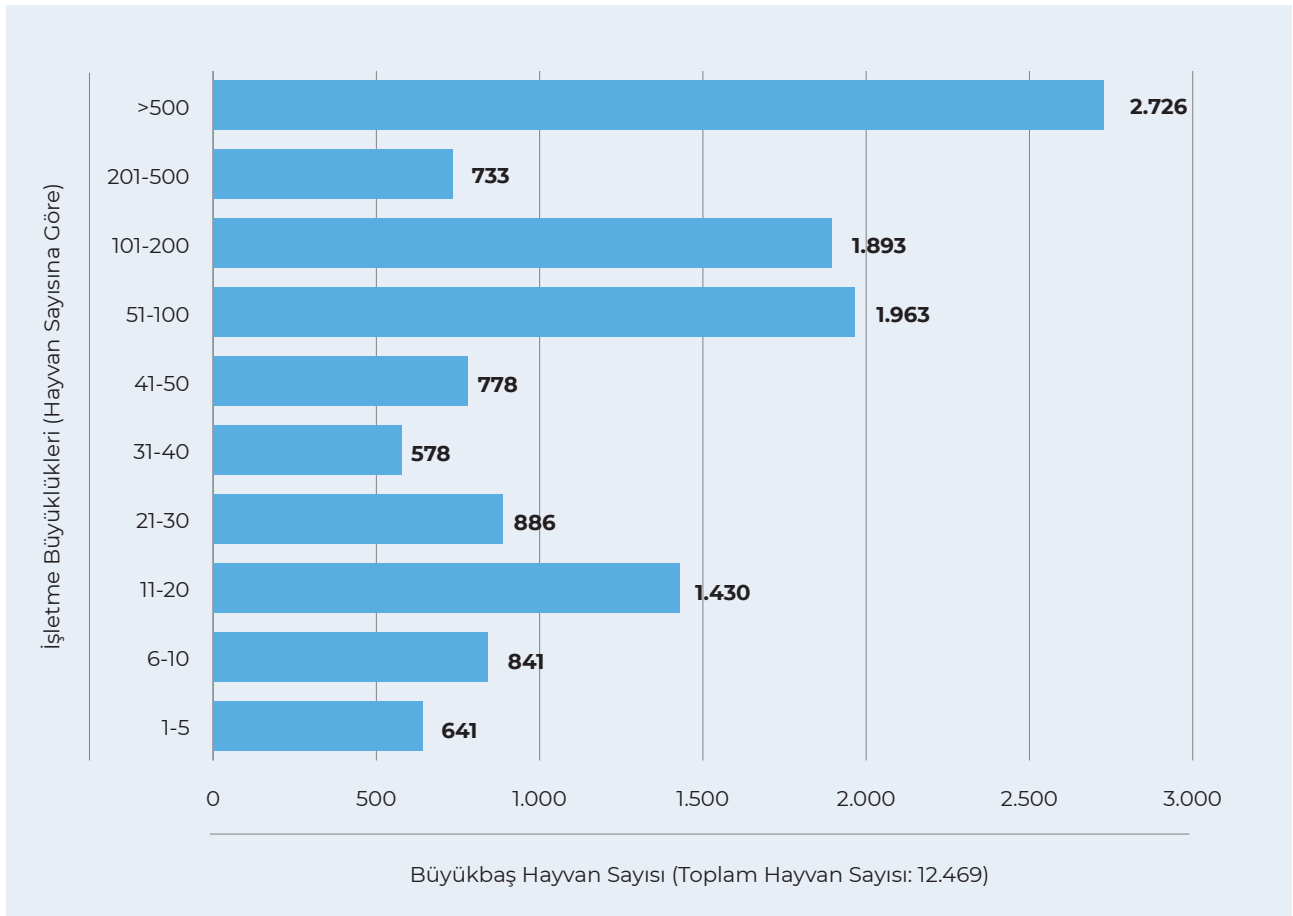
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)	
Mahalle/Köy	2000
Kaklıç	1
TOPLAM	1

Dikili

İzmir'in en kuzeyinde yer alan Dikili'de, 12.496 büyükbaş hayvan bulunmaktadır ve hayvan sayılarının işletmelere olan dağılımı, Şekil 16'da gösterilmiştir.



Şekil 16. Dikili ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

İlçedeki hayvan sayılarına göre farklı kapasitelerdeki kurulabilecek biyogaz tesislerinin dağılımı, Tablo 18'de verilmiştir. Buradaki verilere göre, ilçede ağırlıklı olarak 50 büyükbaş ve altında hayvan sayısına sahip olan işletmelerden elde edilebilecek atığın kullanılabileceği, küçük tip biyogaz sistemleri potansiyel olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 18. Dikili ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)												
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	1000	1500
Bademli	8	4	6	2	4	0	0	0	0	0	0	0
Bahçeli	3	2	3	0	5	0	0	1	1	0	0	0
Çağlan	7	2	3	2	4	1	0	0	0	1	0	0
Çandarlı	12	0	8	13	2	7	0	2	0	0	0	0
Çukuralan	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deliktaş	47	0	8	3	3	0	0	0	0	0	0	1
Demirtaş	2	0	8	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Denizköy	0	12	3	2	7	0	0	0	0	0	0	0
Esentepe	14	1	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Gökçeaağıl	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
İslamlar	3	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Kabakum	7	5	2	2	3	0	1	0	0	0	0	0
Katıralan	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kıratlı	0	20	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kıroba	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kızılçukur	0	13	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Kocaoba	3	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Mazılı	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merdivenli	0	8	10	3	0	2	0	2	0	0	0	0

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	1000	1500
Merkez	4	2	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0
Merkez-Gazipaşa	0	3	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-İsmetpaşa	0	7	6	22	6	4	0	1	0	0	0	0
Merkez-Salimbey	3	0	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0
Nebiler	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salihler	5	0	3	5	1	0	0	1	0	0	1	0
Samanlık	5	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Uzunburun	3	3	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0
Yahşibey	0	12	10	2	0	1	0	0	0	0	0	0
Yaylayurt	17	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Yenice	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	162	98	152	66	42	17	3	10	2	2	1	1

Köy Tipi Sistemler

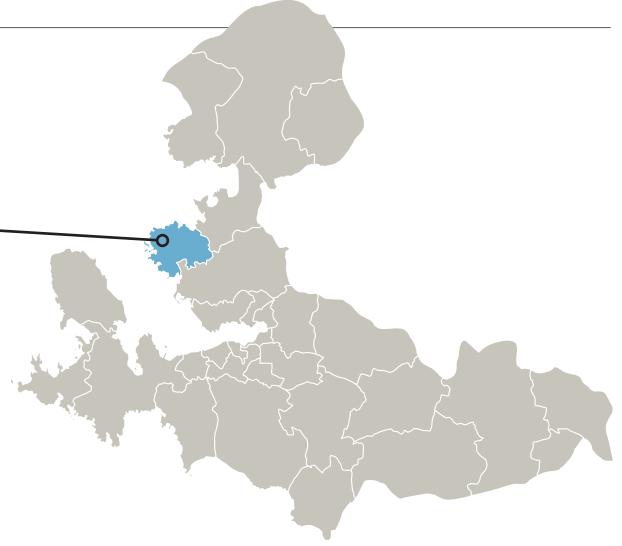
Dikili ilçesinde, köy tipi olarak 185 kW'lık üç biyogaz tesisi kurulabilir gözükse de (Tablo 19), Deliktaş ve Salihler mahallelerinde hayvan sayılarının ağırlıkla tek bir işletmede yoğunlaşmış olması nedeniyle, sadece 1 adet sistemin kurulumu (merkez mahallerde) mümkündür.

Tablo 19. Dikili ilçesinde köy tipi sistemlerin kapasiteleri ve yerleşim bölgeleri

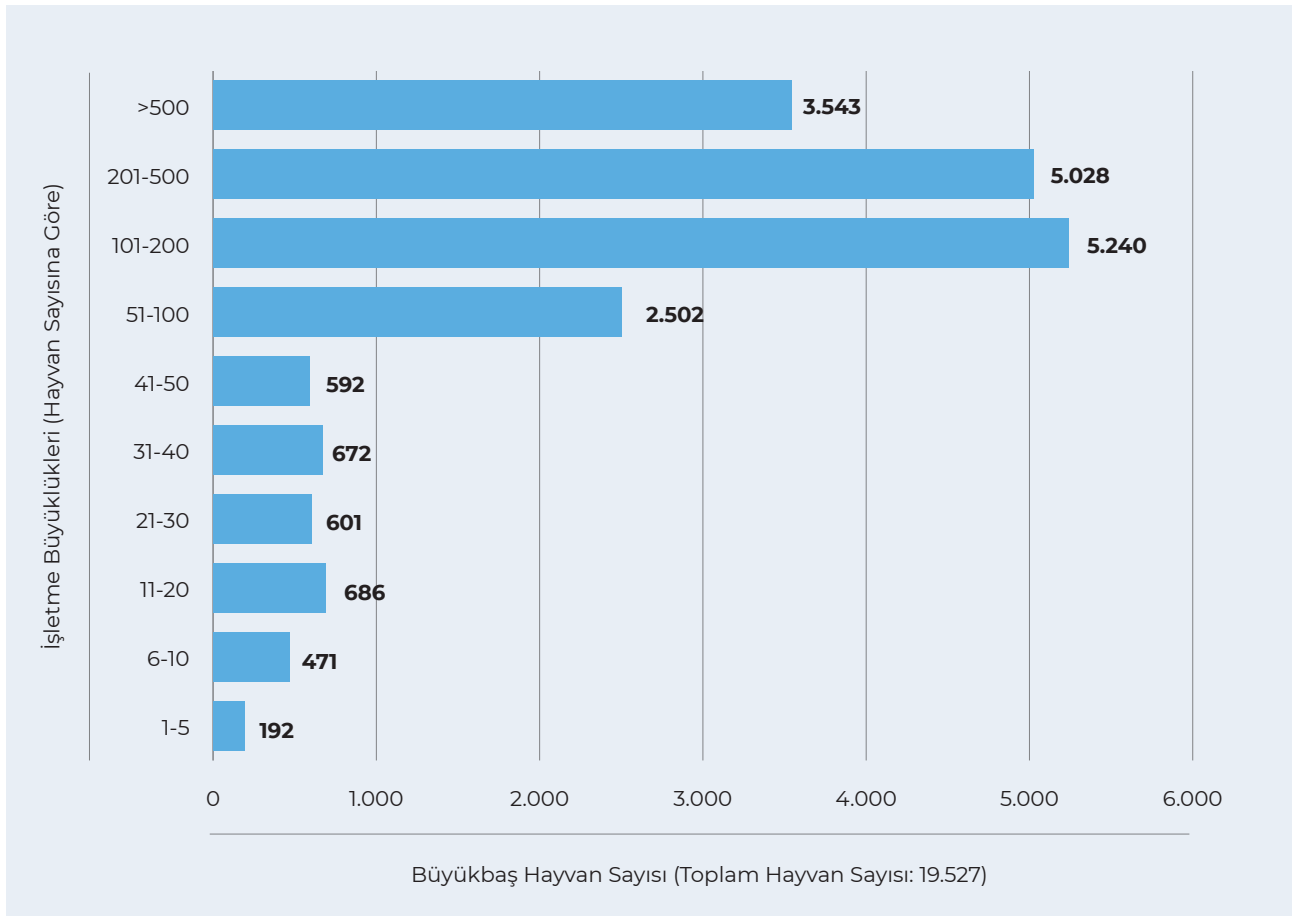
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)	
Mahalle/Köy	1500
Deliktaş	1
Merkez	1
Salihler	1
TOPLAM	3

Foça

Foça ilçesinde 19.527 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır ve bu hayvanların işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 17'de verilmiştir.



Şekil 17. Foça ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Hayvan sayılarına bağlı olarak mahallelerde kurulabilecek biyogaz sistemleri ile kapasiteleri, Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Foça ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)															
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	1000	1500
Bağarası	11	0	16	7	6	13	0	21	0	4	0	0	0	0	0
Gencelli	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gerenköy	18	0	24	8	3	11	0	6	0	5	0	0	0	0	0
Ilıpınar	6	0	6	11	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2
Kocamehmetler	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Kozbeyli	7	0	10	4	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Merkez	1	0	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Merkez-Atatürk	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Fevzipaşa	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Yenibağarası	14	0	21	5	8	3	0	4	0	0	1	0	0	0	0
Yenifoça	8	0	8	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Yeniköy	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
TOPLAM	69	8	96	37	25	34	4	31	3	12	1	4	1	1	2

Köy Tipi Sistemler

Foça'da potansiyel olarak 6 adet köy tipi biyogaz sistemi kurulabileceği görülmektedir (Tablo 21). Ancak Ilıpınar mahallesinde hâlihazırda kurulu olan 3,285 MW'lık biyogaz sistemi, sadece sığır atığı ile çalıştırılrsa bile mevcut atıkların tamamını kullanabilecek hatta tam kapasitede çalışmasına yetmeyecek güçtedir. Bu nedenle, mevcut biyogaz sisteminde, ilçede bulunan kanatlı atıklarından da faydalanılmaktadır. Bu haliyle bile mevcut sistem, tam kapasitede çalıştırılamamaktadır. Tüm bu veriler göz önüne

alındığında, mevcut hayvansal atık potansiyeline göre Foça ilçesinde, köy tipi veya merkezi biyogaz tesisinin kurulması uygun değildir. Ayrıca T.C. Adalet Bakanlığı'na bağlı Foça Açık Tip Cezaevi bünyesinde 250 kW kapasiteli bir biyogaz sistemi kurulmuş ve kullanıma hazırdır. Bu tesis için gerekli olan atıklar, Cezaevinde kurulan süt işletmesi hayvanlarından sağlanacaktır. Henüz hayvan temininin tamamı gerçekleşmediği için tesis düşük kapasitede çalıştırılmaktadır.

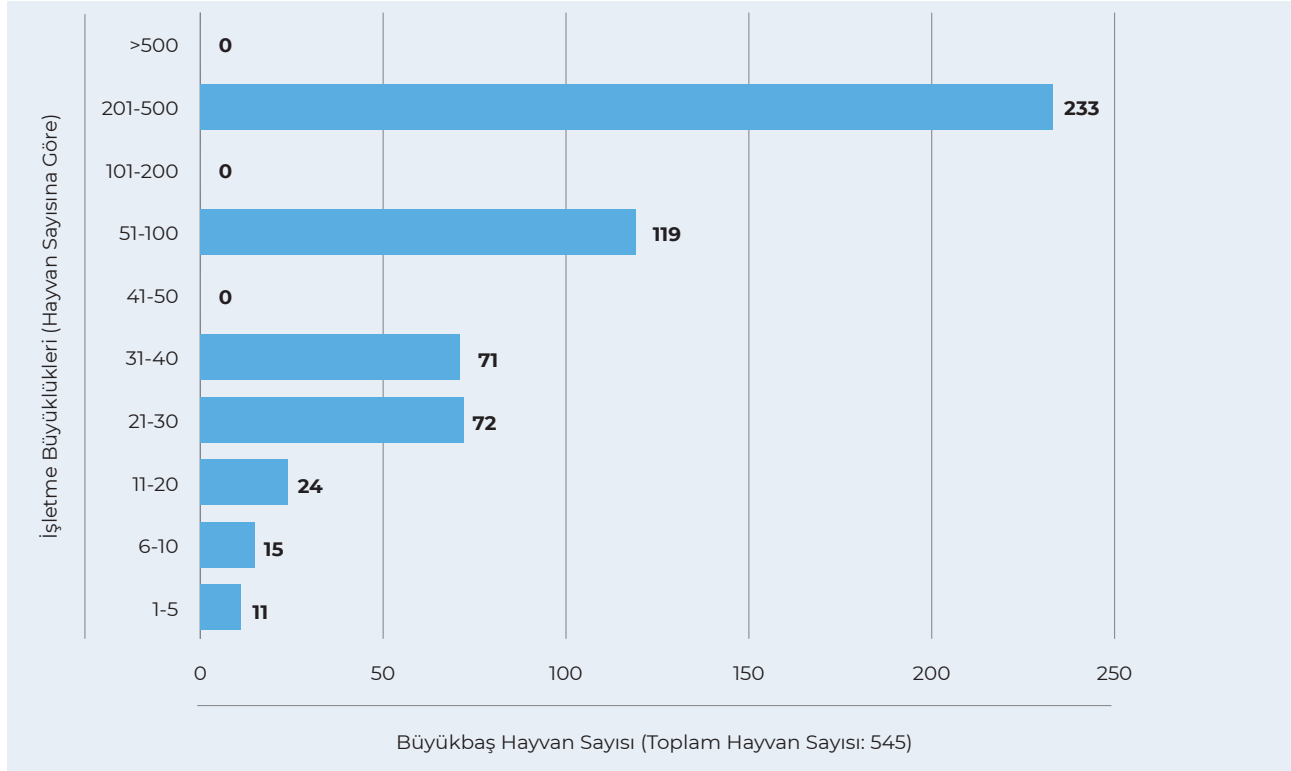
Tablo 21. Foça ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)				
Mahalle/Köy	1000	1500	3000	5000
Bağarası	0	0	0	1
Gerenköy	0	0	1	0
Ilıpınar	0	0	1	0
Merkez	0	1	0	0
Yenibağarası	1	0	0	0
Yeniköy	0	1	0	0
TOPLAM	1	2	2	1

Gaziemir

Gaziemir ilçesinde büyükbaş hayvan sayısı 545 adettir ve bu sayının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 18'de gösterilmiştir.

Şekil 18. Gaziemir ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

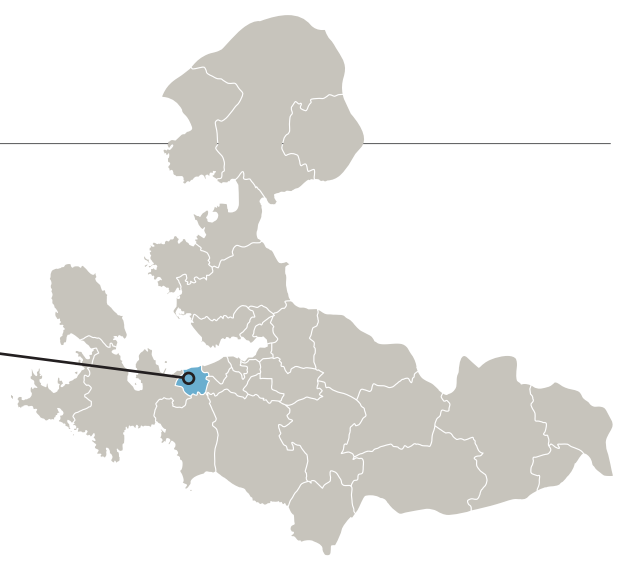
Büyükbaş hayvan sayılarına göre kurulabilecek biyogaz tesis sayıları, Tablo 22'de verilmiştir. Gaziemir ilçesi, hayvan sayısı bakımından köy tipi ve merkezi biyogaz sistemi kurulumu için yeterli potansiyele sahip değildir.

Tablo 22. Gaziemir ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

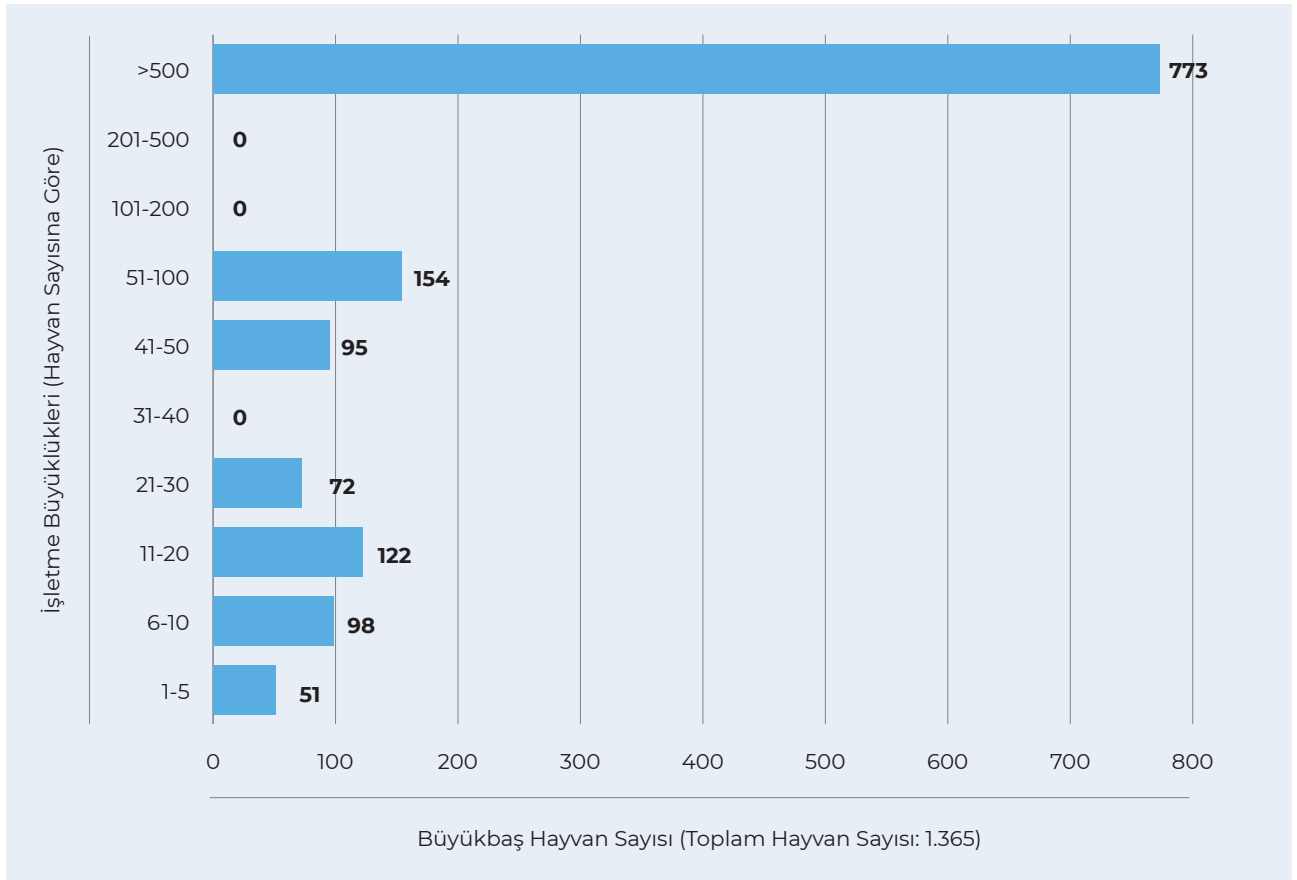
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)							
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	250
Aktepe	0	0	2	0	0	0	0
Atıfbey	1	0	0	1	0	0	0
Emrez	1	0	0	0	0	0	0
Fatih	0	0	0	1	0	1	0
Hürriyet	0	0	0	0	1	0	0
Irmak	0	2	0	0	0	0	0
Menderes	0	0	0	1	0	0	0
Sevgi	1	0	1	0	0	0	0
Yeşilmahalle	0	0	0	1	0	0	0
Zafer	0	0	0	0	1	0	1
TOPLAM	3	2	3	4	2	1	1

Güzelbahçe

Güzelbahçe ilçesinde büyükbaş hayvan sayısı 1.365 adettir ve bu sayının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 19'da gösterilmiştir.



Şekil 19. Güzelbahçe ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

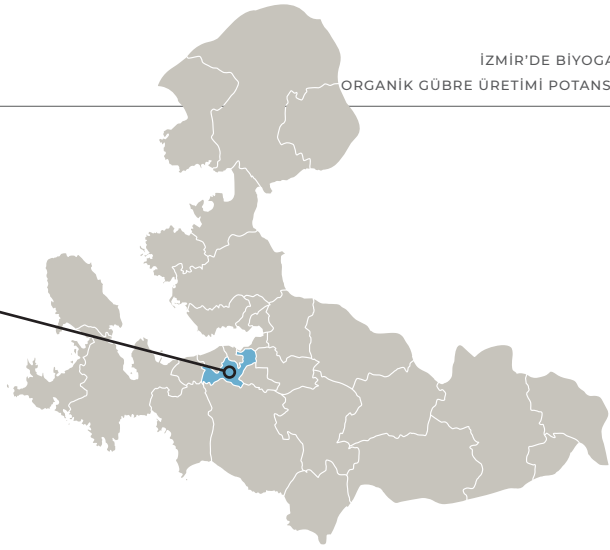
İlçede yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz sistemlerinin büyüklük ve sayıları, Tablo 23'te verilmiştir. İlçenin sahip olduğu mevcut hayvan sayısı, merkezi veya köy tipi biyogaz sistem kurulumu için uygun değildir.

Tablo 23. Güzelbahçe ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

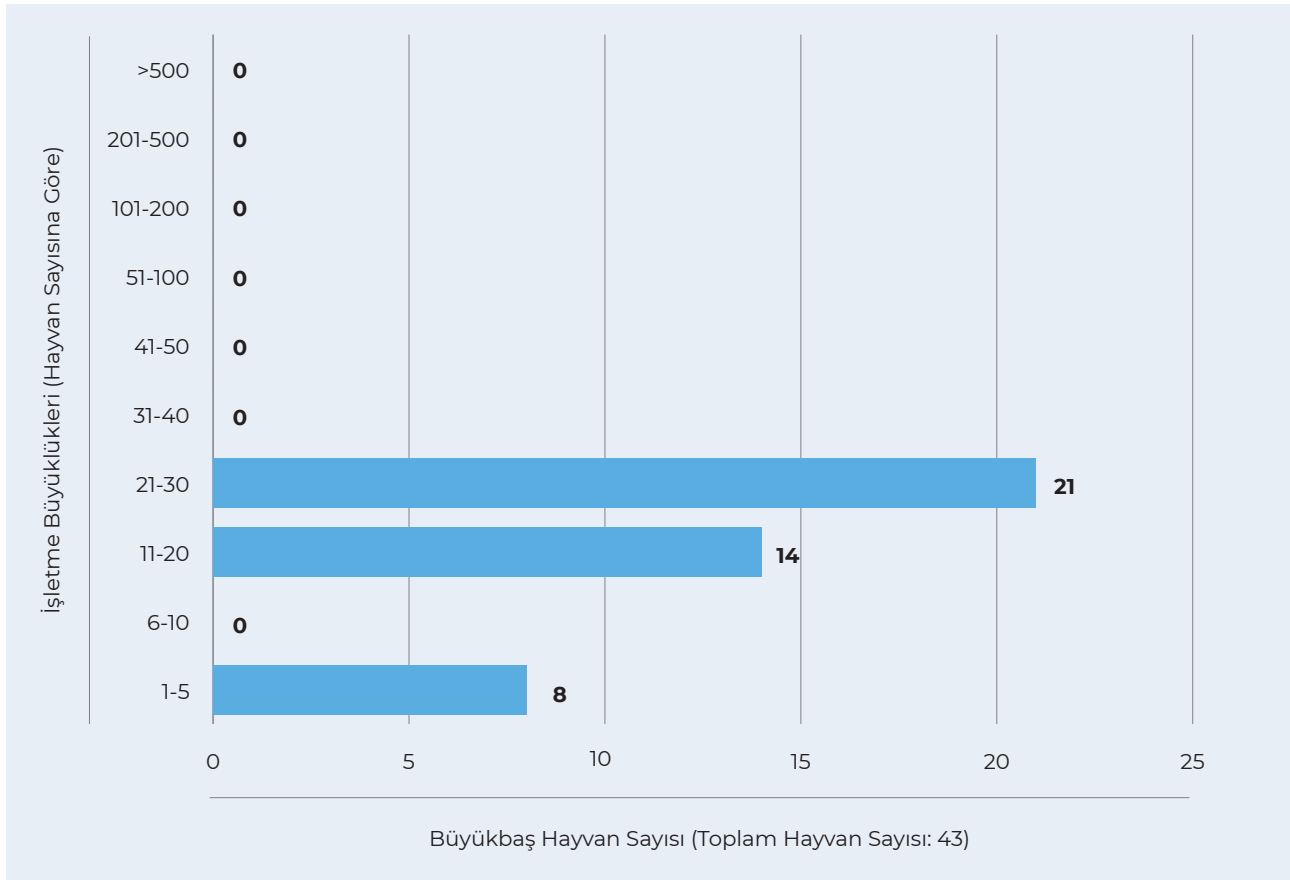
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)							
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	750
Çamlı	6	0	9	2	0	0	1
Küçükkaya	3	0	0	0	0	0	0
Merkez	7	5	1	1	1	0	0
Payamlı	1	0	0	0	0	0	0
Yelki	2	0	7	0	1	2	0
TOPLAM	19	5	17	3	2	2	1

Karabağlar

Karabağlar ilçesinde, büyükbaş hayvan sayısı 43 adettir ve bu sayının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 20'de gösterilmiştir.



Şekil 20. Karabağlar ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

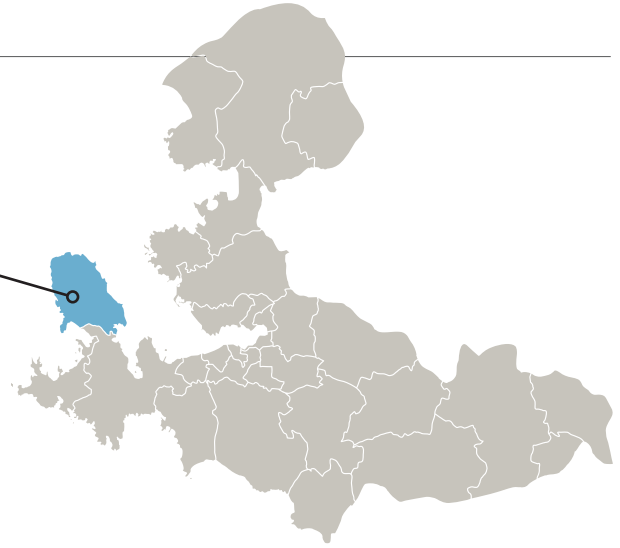
İlçede yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz sistemlerinin büyüklük ve sayıları, Tablo 24'te verilmiştir. İlçe- de bulunan toplam hayvan sayısı, merkezi veya köy tipi biyogaz sistem kurulumu için uygun değildir.

Tablo 24. Karabağlar ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

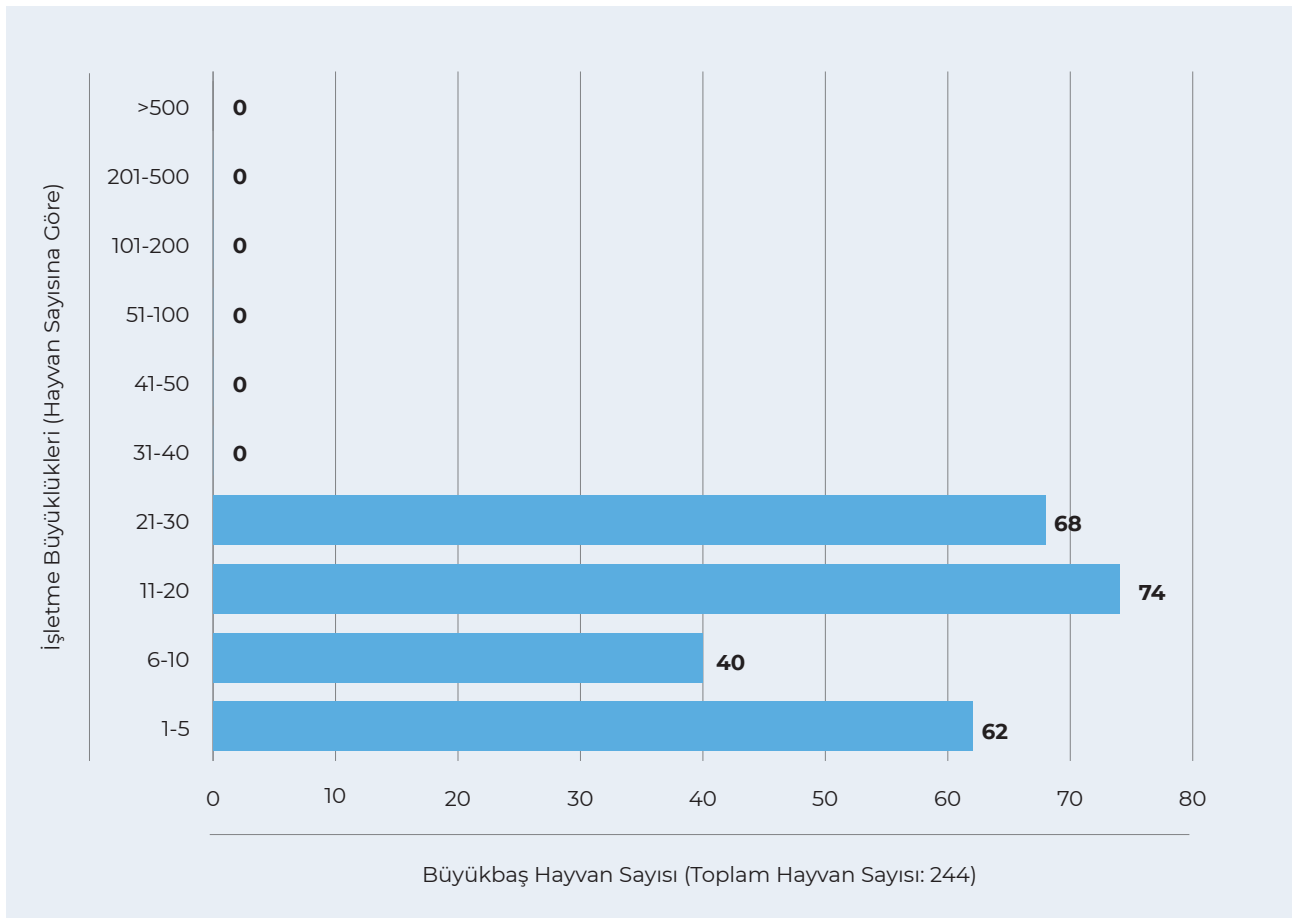
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)			
Mahalle/Köy	3	10	25
Kavacık	3	0	0
Merkez	0	1	0
Uzundere	1	0	1
TOPLAM	4	1	1

Karaburun

Karaburun ilçesinde, toplam 224 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Bu hayvanların işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 21'de verilmiştir. Şekil 21'den de anlaşılacağı gibi, küçük ölçekli işletmelerin ön plana çıktığı göze çarpmaktadır.



Şekil 21. Karaburun ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Hayvan sayılarına göre kurulabilecek biyogaz tesisleri ve kapasiteleri, Tablo 25'te verilmiştir. Kısıtlı büyükbaş hayvan sayısına sahip olan ilçede, köy veya merkezi biyogaz sistem kurulumu mümkün değildir.

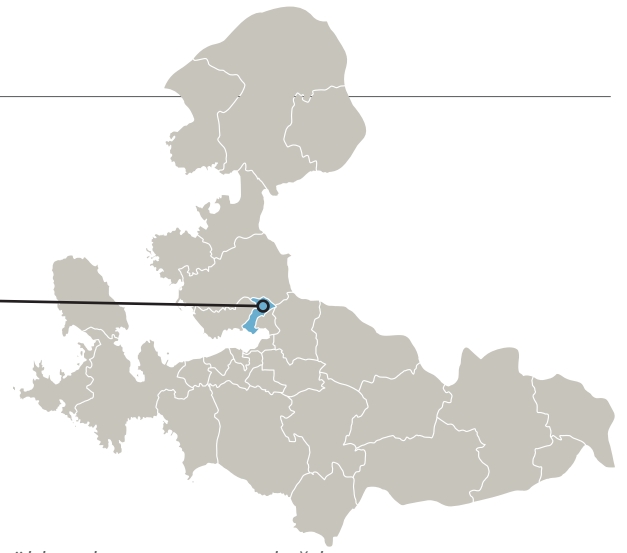
İlçede yoğunlukla küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılmaktadır (toplam 43.854 adet) ve dağınık olarak ahır dışında bulunmalarından dolayı atıklarının değerlendirilmesi mümkün değildir.

Tablo 25. Karaburun ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

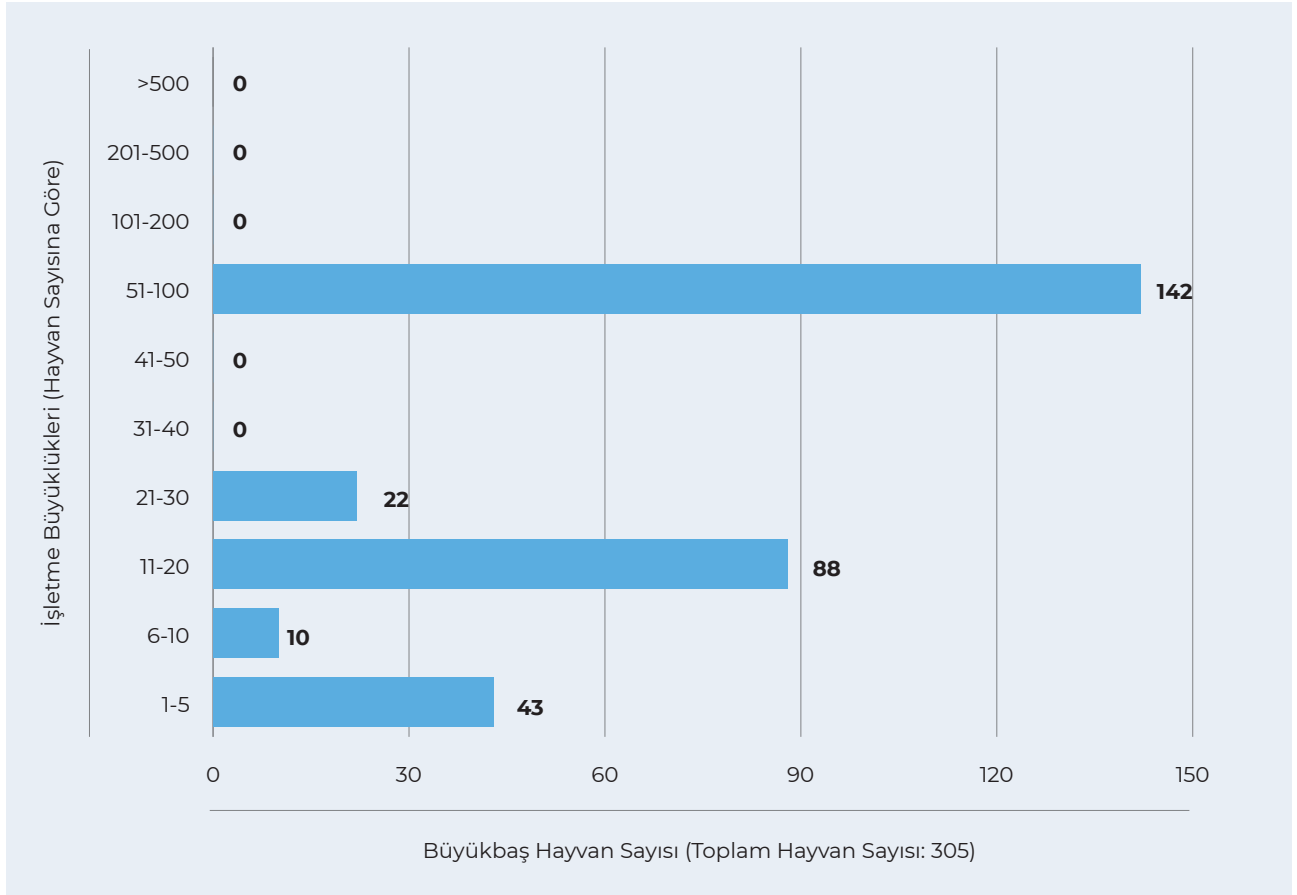
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)				
Mahalle/Köy	3	5	10	25
Eğlenhoca	0	0	1	0
Hasseki	0	0	1	0
Kösedere	0	3	0	0
Küçükbahçe	0	4	2	2
Merkez-Merkez	0	2	1	1
Mordoğan	0	5	1	1
Mordoğan-Çatalkaya	0	3	0	0
Mordoğan-Merkez	3	0	0	0
Parlak	0	0	1	0
Tepeboz	1	0	0	0
TOPLAM	4	17	7	4

Karşıyaka

Karşıyaka ilçesi, hem merkezde bulunması hem de tarımsal alanlarının kısıtlı olması nedeniyle, sadece 305 büyükbaş hayvana sahiptir. Bu hayvanların işletme büyüklüklerine göre dağılımı ise, Şekil 22'de verilmiştir.



Şekil 22. Karşıyaka ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

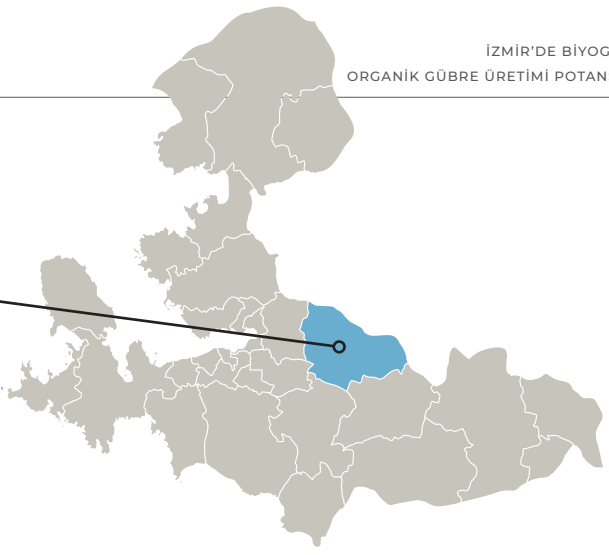
Yerinde kurulabilecek biyogaz tesis kapasiteleri ve sayıları, Tablo 26'da verilmiştir. Hayvan sayılarının düşük olması sebebiyle, Karşıyaka ilçesinde köy veya merkezi biyogaz sistemi kurulumu mümkün değildir.

Tablo 26. Karşıyaka ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

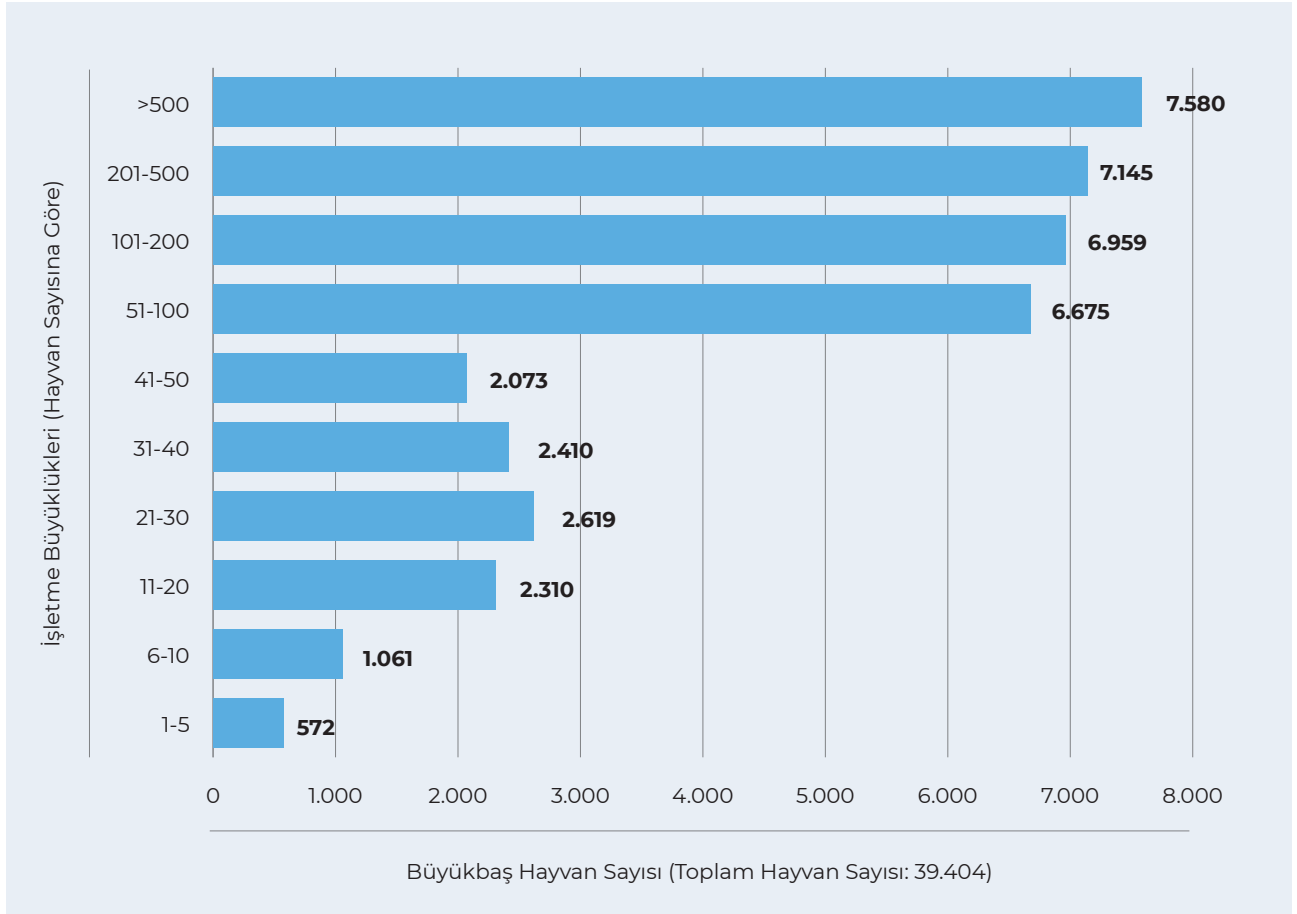
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)						
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	100
Merkez	1	0	0	0	0	0
Sancaklı	0	9	3	1	0	1
Yamanlar	6	0	4	0	1	0
TOPLAM	7	9	7	1	1	1

Kemalpaşa

Kemalpaşa ilçesinde, yaklaşık 39.404 adet büyükbaş hayvan bulunmaktadır ve hayvanların işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 23'te verilmiştir. Şekil 23'te de görüldüğü üzere, işletmelerde ağırlıklı 50 ve üstündeki sayılarda büyükbaş hayvan bulunmaktadır.



Şekil 23. Kemalpaşa ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

İlçede yerinde kurulum yapılabilecek olan biyogaz sistemlerinin sayısı ile kapasiteleri, Tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 27. Kemalpaşa ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

[illegible]

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	500	750	1000	1500
Merkez-Kırkzeytin	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Kırovası	7	0	8	3	2	3	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-MehmetAkifersoy	5	0	3	11	9	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Sekizeylül	2	0	1	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Sıracevizler	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-taşlıyol	5	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ovacık	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ören	0	9	12	4	5	4	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	1
Örnekköy	9	3	4	5	3	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Sarıçalı	2	0	5	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sarılar	8	0	6	14	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinancılar	7	0	9	9	2	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Soğukpınar-Nif	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sütçüler	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulucak	4	0	6	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vişneli	0	0	6	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y.Kızılca	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yenikurudere	11	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yenmiş	4	0	5	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeşilköy	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeşilyurt	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yiğitler	0	4	7	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yukarıkızılca	7	0	4	13	3	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Zeamet	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	187	51	254	141	121	70	2	43	3	13	6	4	2	1	1	1	4

Köy Tipi Sistemler

Potansiyel olarak Kemalpaşa'da, 7 adet köy tipi biyogaz sistemi kurulabilmektedir (Tablo 28).

Tablo 28. Kemalpaşa ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

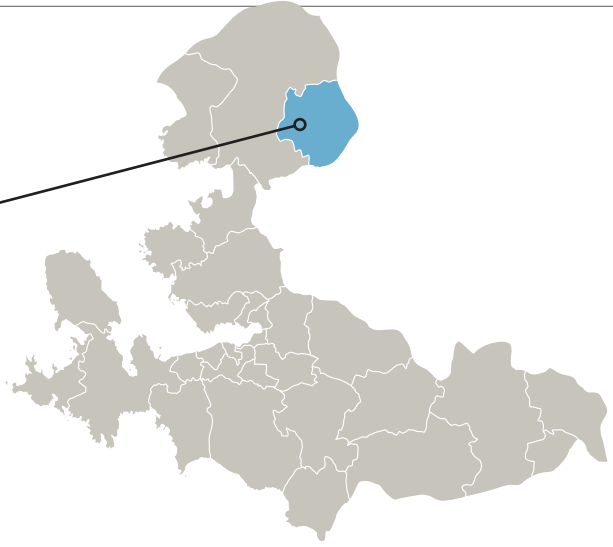
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)					
Mahalle/Köy	1000	2000	2500	3000	9000
Armutlu	0	0	1	0	0
Çambel	0	1	0	0	0
Halilbeyli	0	0	0	0	1
Merkez	0	0	0	1	0
Ören	0	0	1	0	0
Örnekköy	0	1	0	0	0
Sinancılar	1	0	0	0	0
TOPLAM	1	2	2	1	1

Merkezi Sistemler

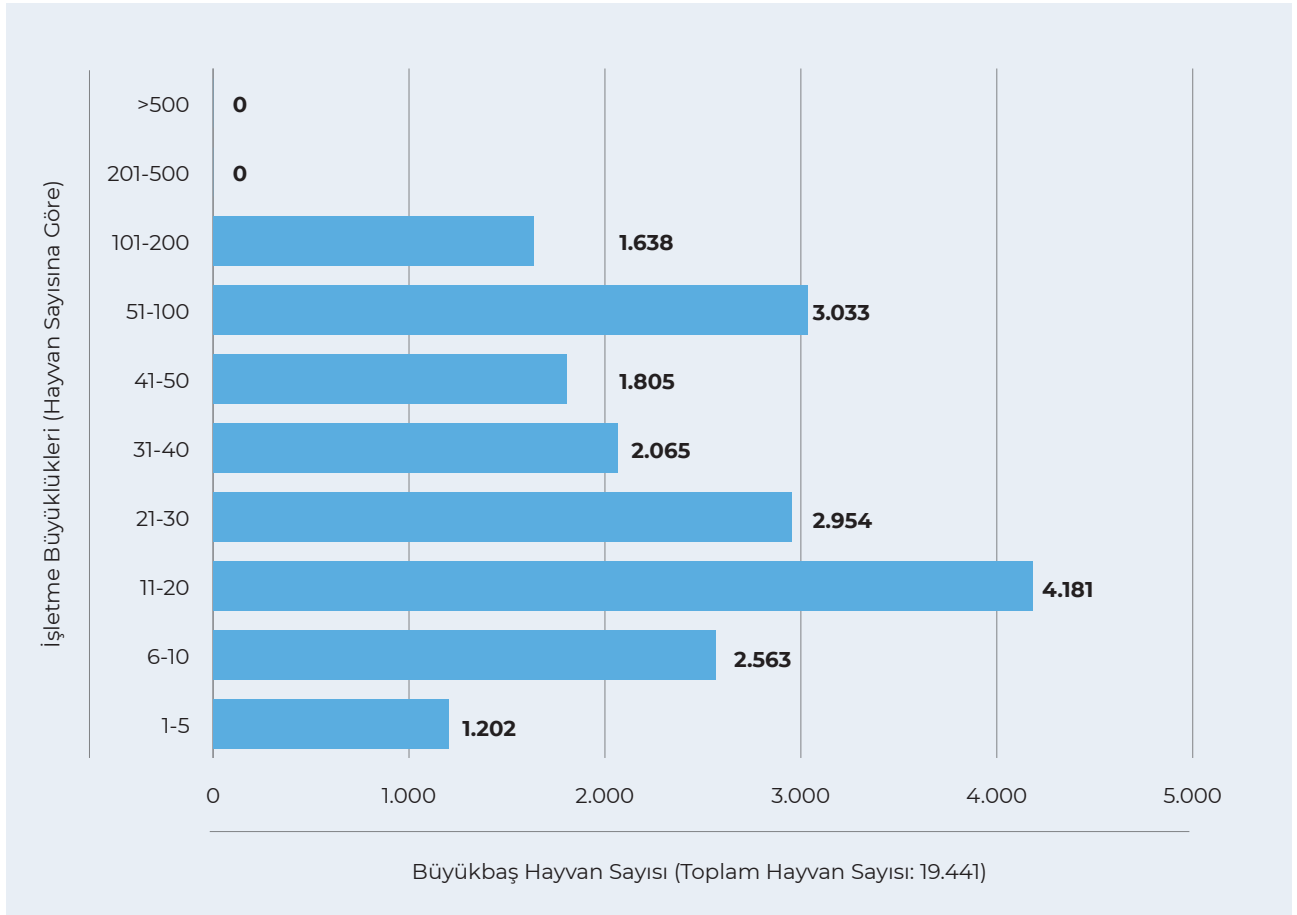
Kemalpaşa ilçesi Halilbeyli köyünde, hâlihazırda bir adet 6 MW kapasiteli biyogaz tesisi bulunmaktadır. Tesis 20.000 sığır atığı ile ilçede bulunan tüm tavuk atıklarının değerlendirilebileceği kapasiteye göre tasarlanmıştır. Tesisin sadece sığır atığı ile çalıştırılacak olması halinde, mevcut hayvan sayısının yeterli gelmeyeceği düşünülmektedir. Bu yüzden ilçeye ilave bir biyogaz tesisi yapılması, mevcut tesisin en uygun seviyede çalışması için risk oluşturabileceğinden mümkün değildir.

Kınık

19.441 adet büyük baş hayvan bulunan Kınık ilçesinde, hayvanların işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 24'te verilmiştir. İlçede bulunan işletmelerin yaklaşık %60 oranında, hayvan sayısı 50'nin altındadır.



Şekil 24. Kınık ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Kınık'ta bulunan büyükbaş hayvan potansiyeline göre kurulabilecek bireysel biyogaz sistemlerinin kapasite ve sayılarına göre dağılımı, Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29. Kınık ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Mahalle/Köy	Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)								
	3	5	10	25	50	75	100	150	200
Arpadere	9	0	31	18	7	5	0	0	0
Arpaseki	0	5	0	0	1	0	0	0	0
Aziziye	0	2	4	0	0	0	0	0	0
Bademalan	0	10	14	5	1	0	0	0	0
Bağalan	0	28	12	0	6	2	0	0	0
Balaban	0	7	12	3	1	1	0	0	0
Büyükoba	0	10	18	1	1	0	0	0	0
Cumalı	5	1	1	0	0	0	0	0	0
Çaltıköy	15	2	1	0	0	0	0	0	0
Çanköy	0	11	23	2	0	0	0	0	0
Çiftlik	10	0	13	0	0	0	0	0	0
Değirmencieli	0	4	8	3	0	0	0	0	0
Dündarlı	7	9	0	10	7	0	0	0	0
Elmadere	19	0	37	3	0	0	0	0	0
Hamzahocalı	3	0	10	0	0	0	0	0	0
Işıklar	0	0	3	0	1	0	0	0	0
İbrahimağa	9	0	10	1	2	0	0	0	0
Kalemköy	6	0	0	1	0	0	0	0	0
Karadere	0	4	10	54	5	0	0	0	0
Karatekeli	0	8	0	4	0	0	1	0	0
Kocaömer	0	6	10	0	0	0	0	0	0
Kodukburun	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Köseler	0	21	48	7	0	0	0	0	0
Merkez	0	4	3	1	2	0	0	1	0
Merkez-Aşağımahalle	2	0	1	5	0	0	1	0	0
Merkez-Fatih	29	0	28	8	9	5	3	0	0
Merkez-Merkez	0	2	2	0	1	0	2	1	0
Merkez-Osmaniye	8	0	9	8	4	0	0	1	0
Merkez-Türkcedit	6	0	2	5	3	0	0	0	0

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200
Merkez-Yenimahalle	3	0	11	2	2	3	0	0	1
Merkez-Yukarımahalle	1	2	1	4	0	0	0	0	0
Musacalı	6	0	3	9	0	0	0	0	0
Mustaklar	16	0	21	0	0	0	0	0	0
Örtülü	0	31	87	17	10	0	0	0	0
Poyracık	17	0	15	4	2	0	0	0	0
Poyracık-Aşağımahalle	22	0	7	13	1	3	0	0	0
Poyracık-Fatih	9	0	7	8	1	5	1	0	0
Poyracık-Köşkdüzü	0	5	7	2	3	0	0	0	0
Poyracık-Yukarımahalle	13	0	8	8	8	0	0	0	0
Sucahlı	0	6	7	8	0	0	0	1	0
Taştepe	0	7	8	0	0	0	0	0	0
Yayakent	12	0	13	6	6	0	0	2	0
Yayakent-Cumhuriyet	8	0	2	1	0	0	0	1	0
Yayakent-Gazi	2	1	0	2	0	0	0	0	0
Yaylaköy	15	0	3	1	0	0	0	0	0
TOPLAM	252	188	511	224	84	24	8	7	1

Köy Tipi Sistemler

50 ve üstünde hayvan sayılarının toplamına bakıldığında, Kınık için iki ayrı köy tipi biyogaz tesisi kurulabilecek potansiyel öne çıkmaktadır (Tablo 30). Bu tesisler için Kınık Merkez (310 kW) ve Poyracık mahalleleri (185 kW) uygun bulunmuştur. Ancak tesis yerlerindeki nüfus yoğunlukları dikkate alındığında, üretilebilecek elektrik enerjisinin tüm ihtiyacı karşılayabilecek miktarda olmadığı dikkat çek-

mektedir. Sadece okul, cami vb. kamu binalarının enerji gereksinimlerinin karşılanması söz konusu olduğunda, tesislerin kurulumları mümkün olabilmektedir.

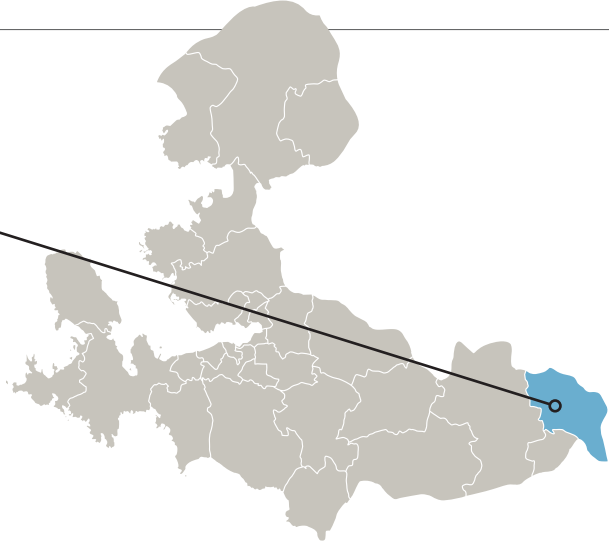
İlçede merkezi bir biyogaz tesisinin kurulmasına olanak sağlayacak yeterli hayvan sayısı ve dağılımı bulunmamaktadır.

Tablo 30. Kınık ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

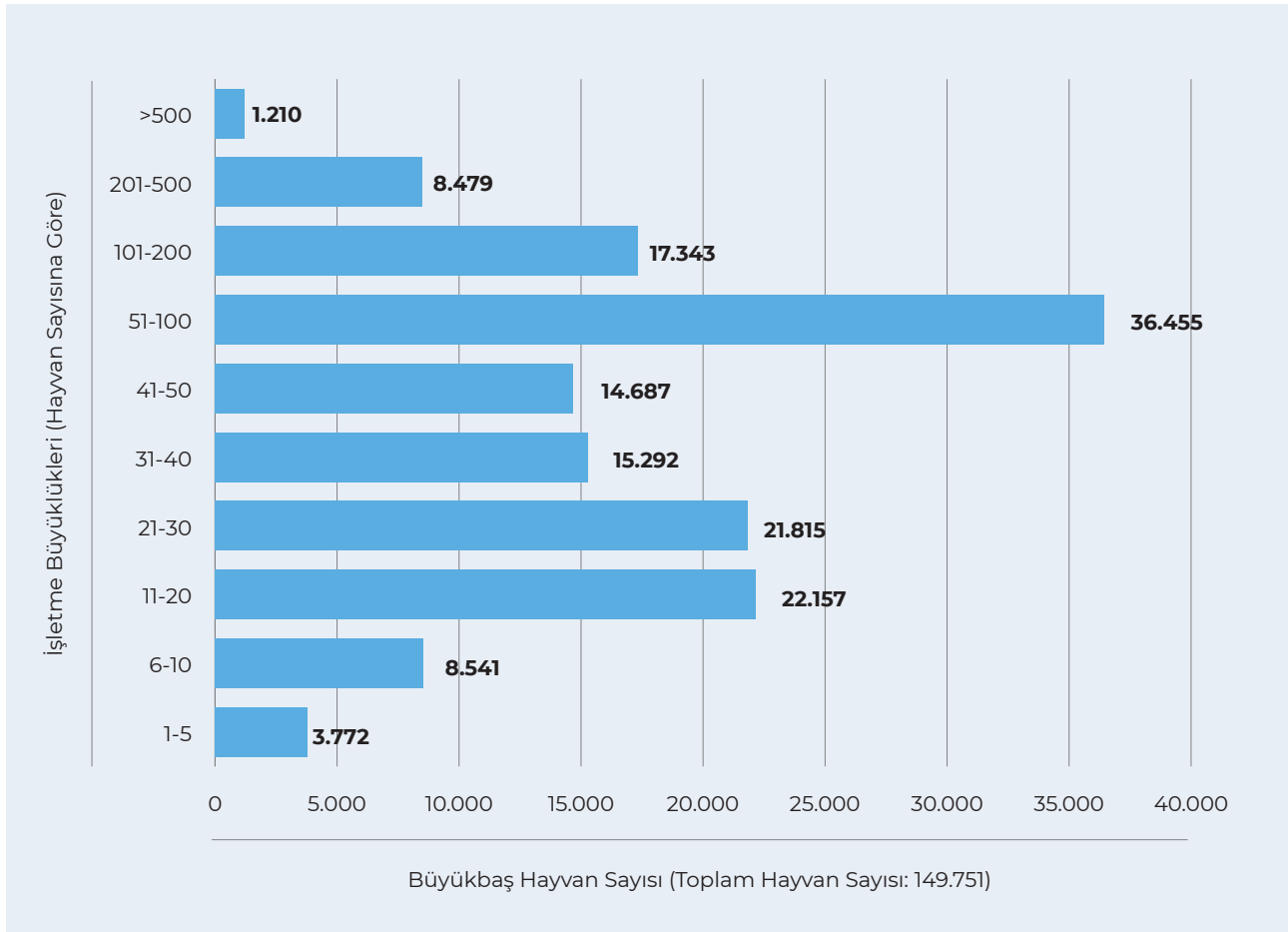
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)		
Mahalle/Köy	1500	2500
Merkez	0	1
Poyracık	1	0
TOPLAM	1	1

Kiraz

149.751 adet büyükbaş hayvan bulunan ve İzmir genelinde en yüksek ikinci büyükbaş hayvan sayısına sahip olan Kiraz ilçesinde hayvan sayısına göre işletme büyüklüklerinin dağılımı, Şekil 25'te verilmiştir. Hayvan sayılarının dağılımı incelendiğinde, 50 büyükbaş üstü ve altındaki işletmelerde homojen bir dağılımın gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 25. Kiraz ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Kiraz ilçesi genelinde mahallelere kurulabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemlerinin dağılımı, Tablo 31'de verilmiştir. En fazla tesisin, 5.464 adet ile 50 büyükbaş ve altındaki kapasitelerde kurulabileceği görülmektedir.

[illegible]

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	500	750
Mavidere	14	0	71	23	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Cumhuriyet	0	7	15	10	14	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0
Merkez-İstiklal	23	0	43	18	11	8	0	5	0	1	0	0	0	0	0
Merkez-Kırköy	18	0	40	19	3	7	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Merkez-Yenimahalle	16	0	19	4	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Mersinlidere	24	0	45	15	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Olgunlar	0	55	110	32	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ovacık	0	10	17	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Örencik	0	61	66	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Örenköy	0	27	71	18	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pınarbaşı	2	0	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saçlı	11	0	22	10	14	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Sarıkaya	24	0	51	16	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sarısu	0	17	32	10	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sırımlı	0	13	57	15	6	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Solaklar	28	0	79	24	14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Suludere	0	27	111	86	28	47	0	14	0	0	0	3	0	0	1
Suludere-Merkez	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Şemsiler	0	21	39	19	27	23	0	0	4	0	5	0	0	0	0
Taşlıyatak	0	30	41	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tekbıçaklar	0	12	40	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tumbullar	0	25	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umurcalı	14	0	15	43	33	22	0	10	0	1	0	0	0	1	0
Umurlu	0	50	29	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uzunköy	19	0	23	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Veliler	13	0	28	12	23	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0
Yağlar	22	0	13	39	12	25	0	8	0	1	0	0	0	0	0
Yeniköy	0	12	36	32	39	26	3	0	0	1	0	0	0	0	0
Yenişehir	0	5	31	19	20	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeşildere	0	21	23	9	5	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	581	658	2474	1142	609	475	21	107	9	8	11	6	1	1	1

Köy Tipi Sistemler

Hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı Kiraz'da, köy tipi biyogaz tesis kurulum potansiyeli de fazladır. Toplam gücü 8,18 MW olan 18 adet köy tipi biyogaz tesisinin kurulabileceği görülmektedir (Tablo 32). İğdeli, Kaleköy ve Veliler'e 185 kW, Yenişehir'e 250 kW, Arkacılar, Aydoğdu, Ceritler ve Karaman'a 310 kW, Yeniköy'e 375 kW, Çömlekçi, Haliller, Merkez, Şemsiler, Umurcalı ve Yağlar'a 500 kW, Çayağzı'na 625 kW, Suludere'ye 1000 kW ve Karaburç mahallesine ise 1.125 kW'lık biyogaz tesis kurulumu mümkün olabilecektir. Tesislerin kurulumunda ise nüfus yoğunluğu, ortak kullanım alanlarının varlığı ve enerjinin bu noktalara tahsis edilme olasılıkları dikkatlice irdelenmelidir.

siler, Umurcalı ve Yağlar'a 500 kW, Çayağzı'na 625 kW, Suludere'ye 1000 kW ve Karaburç mahallesine ise 1.125 kW'lık biyogaz tesis kurulumu mümkün olabilecektir. Tesislerin kurulumunda ise nüfus yoğunluğu, ortak kullanım alanlarının varlığı ve enerjinin bu noktalara tahsis edilme olasılıkları dikkatlice irdelenmelidir.

Tablo 32. Kiraz ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

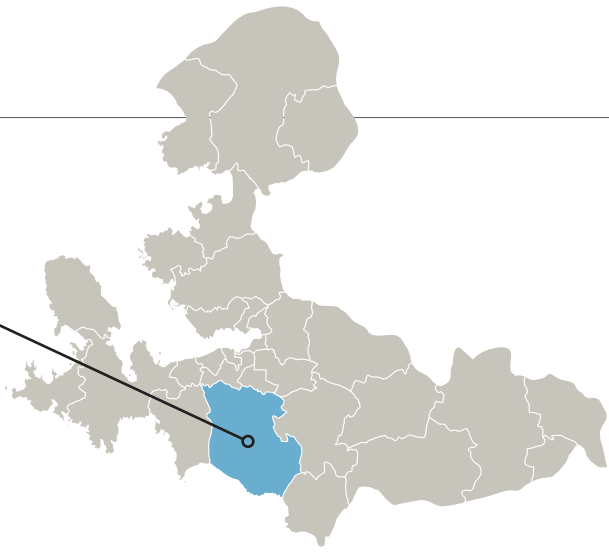
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)								
Mahalle/Köy	1500	2000	2500	3000	4000	5000	8000	9000
Arkacılar	0	0	1	0	0	0	0	0
Aydoğdu	0	0	1	0	0	0	0	0
Ceritler	0	0	1	0	0	0	0	0
Çayağzı	0	0	0	0	0	1	0	0
Çömlekçi	0	0	0	0	1	0	0	0
Haliller	0	0	0	0	1	0	0	0
İğdeli	1	0	0	0	0	0	0	0
Kaleköy	1	0	0	0	0	0	0	0
Karaburç	0	0	0	0	0	0	0	1
Karaman	0	0	1	0	0	0	0	0
Merkez	0	0	0	0	1	0	0	0
Suludere	0	0	0	0	0	0	1	0
Şemsiler	0	0	0	0	1	0	0	0
Umurcalı	0	0	0	0	1	0	0	0
Veliler	1	0	0	0	0	0	0	0
Yağlar	0	0	0	0	1	0	0	0
Yeniköy	0	0	0	1	0	0	0	0
Yenişehir	0	1	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	3	1	4	1	6	1	1	1

Merkezi Sistemler

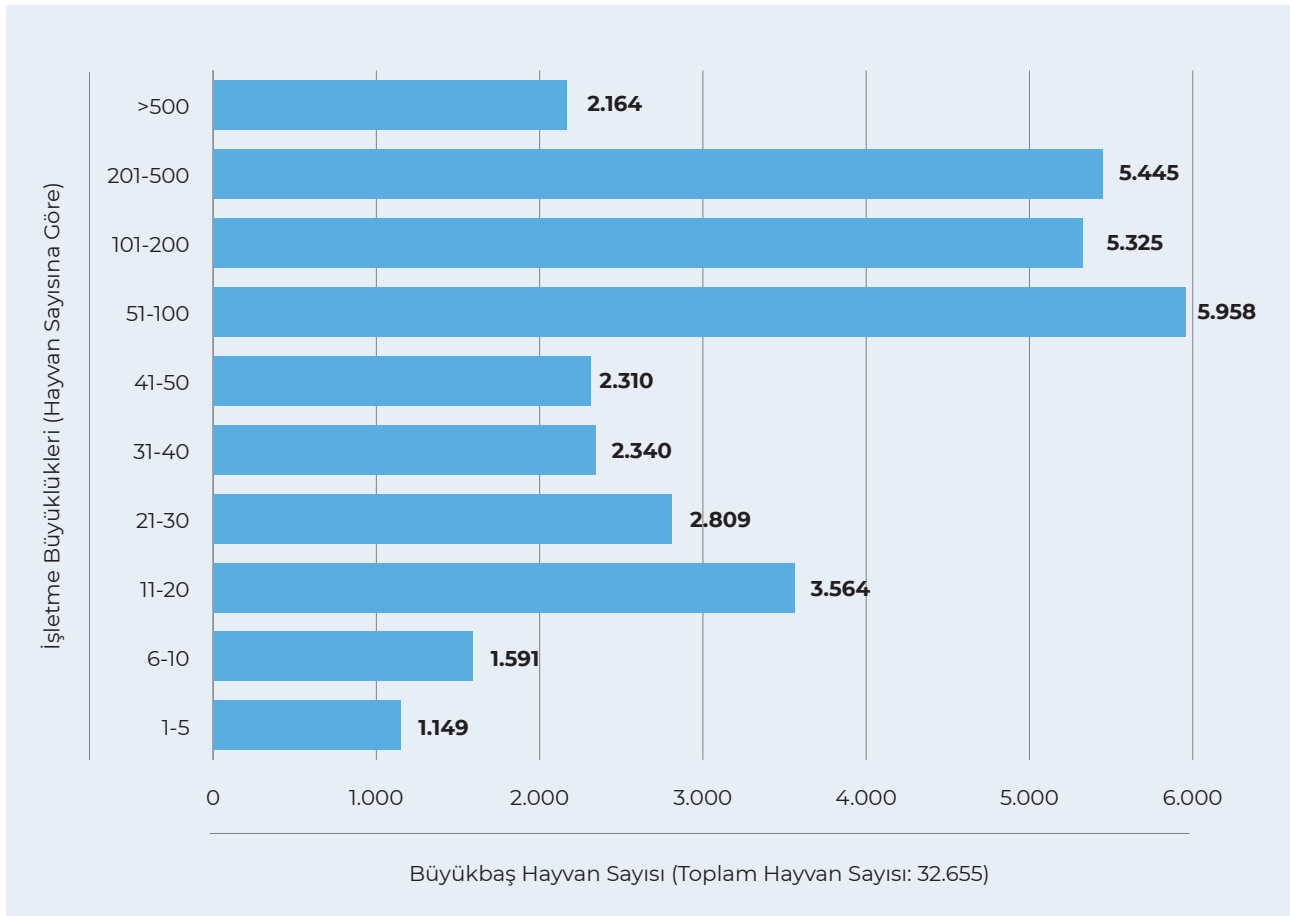
Kiraz ilçesindeki mahalleler, atıkların ekonomik olarak taşınmasını sağlayacak yakınlıktadır. Bu sebeple ilçe, bir adet 9,75 MW'lık merkezi biyogaz sistemi kurulumu için çok uygundur.

Menderes

Menderes ilçesindeki, toplam büyükbaş hayvan sayısı 32.655'tir ve ağırlıklı olarak dağılımı 50 büyükbaş ve üstüdür (Şekil 26).



Şekil 26. Menderes ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Mahallelere göre kurulabilecek biyogaz tesis sayıları ve kapasiteleri, Tablo 33'te verilmiştir. Hayvan sayısı genel olarak 50 büyükbaş üzerindeki tesislerde yoğunlaşsa da, biyogaz tesisi bakımından ağırlıkla küçük tip sistemler öne çıkmaktadır.

Tablo 33. Menderes ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Mahalle/Köy	Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)												
	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	350	500	1000
Ahmetbeyli	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Akçaköy	5	0	3	3	5	2	2	0	0	0	0	0	0
Ataköy	15	0	23	8	10	4	0	2	0	0	7	0	0
Bulgurca	0	7	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Çakaltepe	0	18	9	7	4	0	5	6	0	0	3	0	2
Çamönü	10	0	8	3	1	0	4	0	0	0	0	0	0
Çatalca	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çile	0	7	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Çileme	29	0	62	27	18	0	5	1	0	0	0	0	0
Değirmendere	0	10	7	5	0	0	1	0	2	0	0	0	0
Değirmendere-Atatürk	2	0	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Değirmendere-Fevziçakmak	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Develi	0	51	56	13	5	4	0	0	0	0	0	0	0
Efemçukuru	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gölova	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Görece	10	0	11	5	9	5	1	0	0	0	0	0	0
Görece-Ata	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Görece-Cumhuriyet	1	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Görece-Hürriyet	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Gümüldür	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gümüldür-Atatürk	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gümüldür-Cumhuriyet	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gümüldür-Fevziçakmak	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gümüldür-İnönü	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	350	500	1000
Karakuyu	10	0	7	4	1	0	8	0	2	4	0	0	0
Keler	0	8	0	2	4	3	0	0	0	0	0	0	0
Kısık	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Kısıkköy	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kuyucak	3	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Küner	38	0	31	7	1	0	3	0	0	0	0	0	0
Merkez	0	3	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Merkez-Altıntepe	32	0	30	8	5	0	4	4	0	0	0	0	0
Merkez-Barbaros	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Cüneytbey	0	3	4	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0
Merkez-Dereköy	2	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Gölcükler	7	2	5	4	3	0	2	2	0	0	0	0	0
Merkez-Gümüştutanlı	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Kasımpaşa	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Merkez	5	2	2	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0
Merkez-Mithatpaşa	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oğlananası	0	18	34	10	4	0	11	3	1	0	0	0	0
Oğlananası-Atatürk	2	0	7	1	4	0	2	0	2	0	0	0	0
Oğlananası-Cumhuriyet	4	0	9	5	1	0	1	0	0	0	0	1	0
Özdere	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Özdere-Cumhuriyet	3	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Özdere-Çukuraltı	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Özdere-Orta	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sancaklı	18	0	24	3	3	0	2	0	1	0	0	0	0
Şaşal	0	8	4	14	12	0	2	1	0	0	0	0	0
Tekeli	0	19	14	3	5	0	2	0	0	0	0	0	0
Tekeli-Atatürk	8	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tekeli-Fevziçakmak	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeniköy	0	5	3	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	220	184	392	150	111	22	66	25	9	4	10	1	2

Köy Tipi Sistemler

Menderes ilçesindeki köy tipi biyogaz sistem potansiyeli, Tablo 34'te verilmiştir. Karakuyu'ya 250 kW, Ataköy ve Oğlananası mahallelerine ise 375 kW'lık biyogaz tesisi kurulabileceği görülmektedir. Çakaltepe mahallesinde ise hayvanların büyük bir çoğunluğu iki işletmede toplanmıştır. Bu yüzden, her biri 125 kW'lık iki bireysel biyogaz sistemi ile 250 kW'lık

bir adet köy tipi tesis kurulumu, Çakaltepe için daha uygundur. Menderes merkezde ise bir adet 310 kW'lık tesisin kurulabilmesi mümkündür. Ancak nüfus yoğunluğu bakımından bu güçteki bir tesisten elde edilecek enerji, genel kullanım için daha uygundur.

Tablo 34. Menderes ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

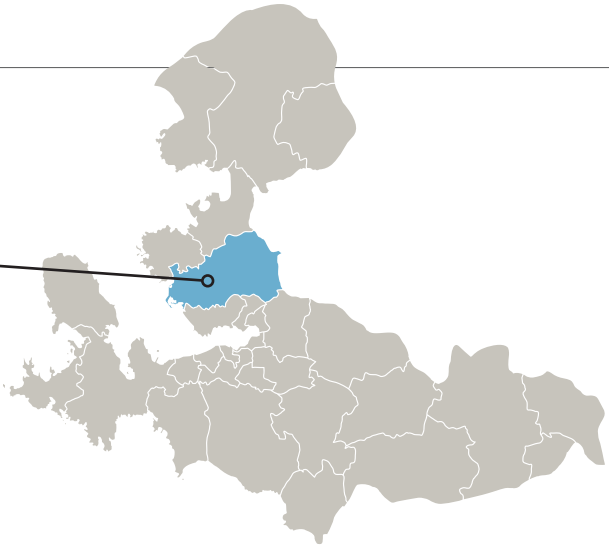
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)				
Mahalle/Köy	2000	2500	3000	4000
Ataköy	0	0	1	0
Çakaltepe	0	0	0	1
Karakuyu	1	0	0	0
Merkez	0	1	0	0
Oğlananası	0	0	1	0
TOPLAM	1	1	2	1

Merkezi Sistemler

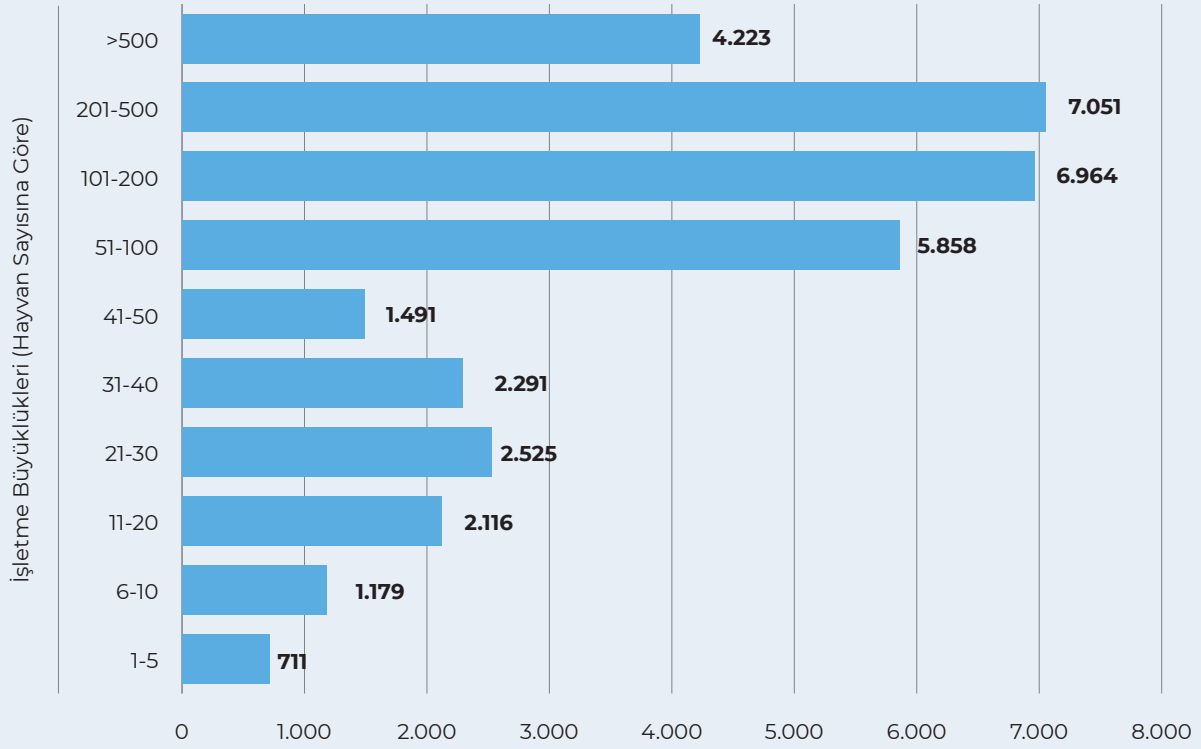
Menderes ilçesi, merkezi biyogaz sistem kurulumu için de uygundur. Bir adet 2,625 MW'lık merkezi biyogaz tesisinin, atık taşıma mesafeleri de göz önünde bulundurularak rahatlıkla kurulabilmesi mümkündür.

Menemen

Menemen ilçesinde, toplam büyükbaş hayvan sayısı 34.409 adettir ve işletme büyüklüklerine göre dağılımı Şekil 27'de verilmiştir. Hayvanların büyük bir çoğunluğu, 50 ve üzeri kapasiteye sahip işletmelerde yoğunlaşmıştır.



Şekil 27. Menemen ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Büyükbaş Hayvan Sayısı (Toplam Hayvan Sayısı: 34.409)

Tablo 35. Menemen ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

[illegible]

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	1000	1500
Kesikköy	6	1	0	8	5	3	0	2	0	3	3	3	3	0	0	0	0
Koyundere	17	0	5	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maltepe	7	0	5	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez	5	1	0	6	4	4	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Ahırdır	4	0	7	4	0	3	0	3	0	1	1	1	1	1	1	0	0
Merkez-Asarlık	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Esatpaşa	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Kasımpaşa	4	1	3	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Kazımpaşa	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Mermerli	0	2	0	4	2	5	0	6	0	2	2	2	2	0	0	0	0
Musabey	4	2	0	1	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seyrek	0	5	7	1	2	9	0	3	0	2	2	0	0	0	1	0	0
Süleymanlı	6	0	10	4	4	2	0	1	0	2	2	2	2	0	0	0	0
Süzbeyli	0	1	0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Telekler	10	0	10	4	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Turgutlar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tuzçullu	3	1	0	8	7	9	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
Türkelli	11	0	9	3	2	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulukent	4	0	8	3	3	4	0	6	0	5	5	5	0	0	0	0	2
Uygulama Çiftliği	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Yahşelli	5	0	4	0	2	0	1	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Yahşelli-Işıklar	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yanıkköy	2	0	8	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	171	93	260	119	82	67	15	38	1	20	18	15	9	2	3	1	2

Köy Tipi Sistemler

Menemen'de köy tipi biyogaz sistemleri kurulumu için uygun mahalleler Tablo 36'da verilmiştir. Hasanlar mahallesinde 125 kW'lık bir sistemin kurulabilmesi için büyükbaş hayvan potansiyeli yeterli olarak görünse de, hayvanların çoğunun tek bir işletmede toplandığı dikkat çekmektedir. Bu yüzden, köy tipi

yerine bireysel tip sistem kurulumu daha uygun olacaktır. Süleymanlı'da 125 kW, Tuzçullu'da 185 kW, Kesikköy'de 200kW, Seyrek'te 310 kW, Merkez'de 625 kW ve Ulukent'te 750 kW'lık köy tipi biyogaz sistem kurulumu için yeterli hayvan potansiyeli bulunmaktadır.

Tablo 36. Menemen ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)						
Mahalle/Köy	1000	1500	2000	2500	5000	6000
Hasanlar	1	0	0	0	0	0
Kesikköy	0	0	1	0	0	0
Merkez	0	0	0	0	1	0
Seyrek	0	0	0	1	0	0
Süleymanlı	1	0	0	0	0	0
Tuzçullu	0	1	0	0	0	0
Ulukent	0	0	0	0	0	1
TOPLAM	2	1	1	1	1	1

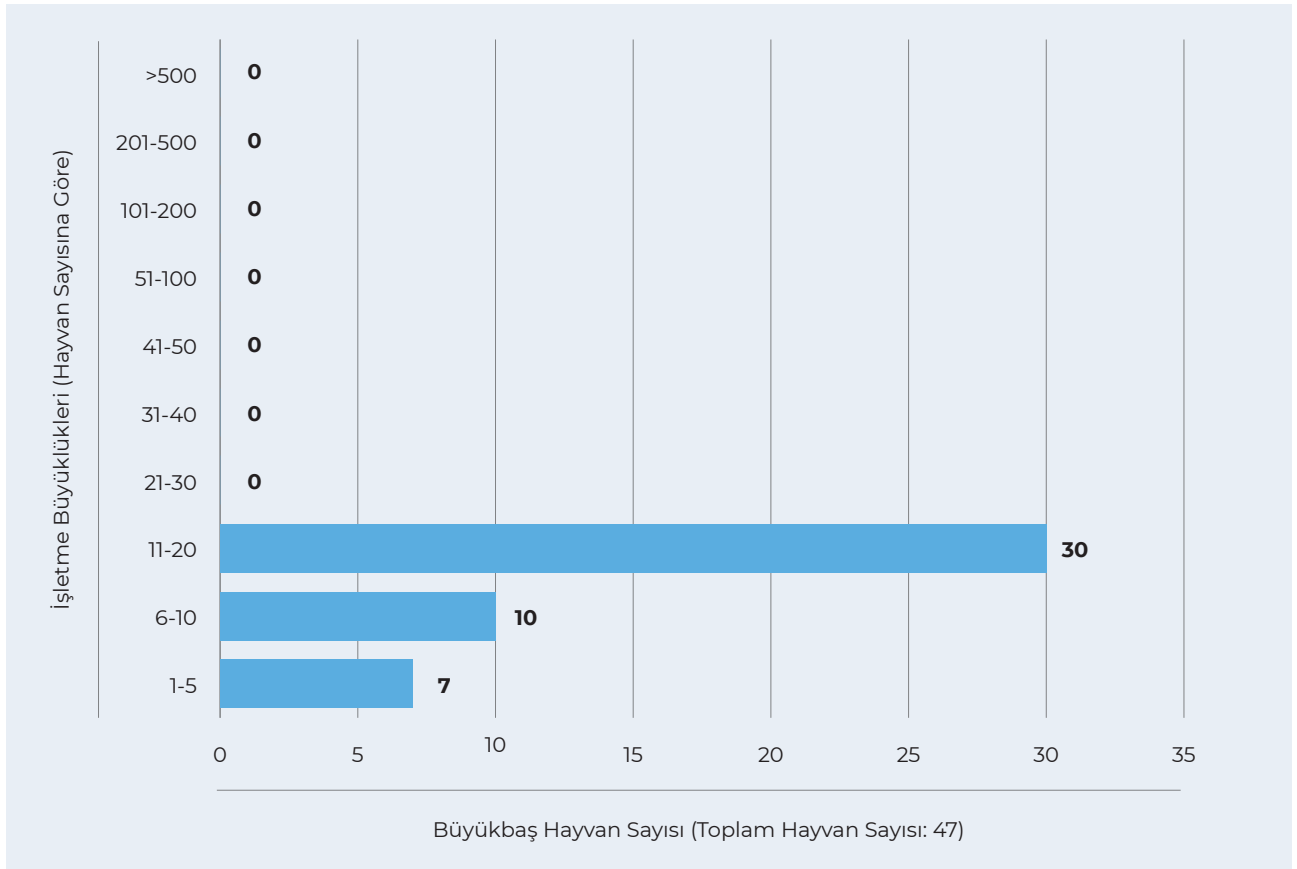
Merkezi Sistemler

3,25 MW'lık merkezi biyogaz sistemi için yeterli hayvan sayısına sahip olan Menemen'de, işletmeler arasındaki atık taşıma mesafesi de ekonomik sınırlar içerisindedir. Bu yüzden, merkezi biyogaz sistem kurulumu için uygundur.

Narlidere

Narlidere ilçesinde, toplam 47 büyükbaş hayvan bulunmaktadır ve hayvan sayısının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 28'de verilmiştir.

Şekil 28. Narlıdere ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Hayvan sayılarına bağlı olarak kurulabilecek biyogaz tesislerinin kapasitelere göre dağılımı, Tablo 37'de verilmiştir. Büyükbaş hayvan sayısı çok az olduğu için, ilçede köy veya merkezi tip biyogaz sisteminin kurulumu mümkün değildir.

Tablo 37. Narlıdere ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

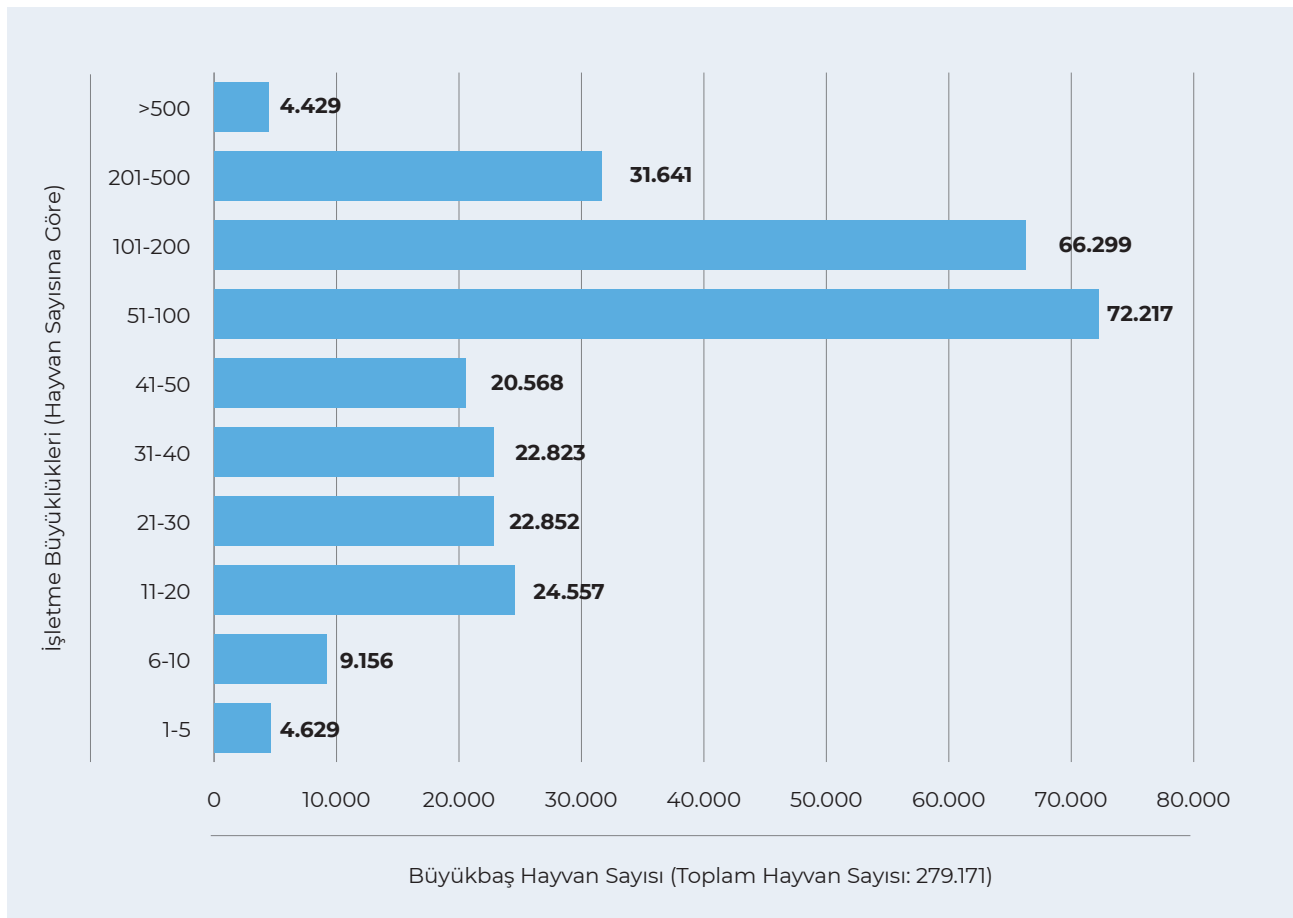
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)		
Mahalle/Köy	3	10
Narlidere	3	3
TOPLAM	3	3

Ödemiş

Ödemiş ilçesi, 279.171 büyükbaş hayvan ile İzmir'deki toplam hayvan sayısının yaklaşık dörtte birine sahiptir. Hayvanların %70'i ise 50 büyükbaş ve üzeri işletmelere dağılmıştır (Şekil 29).



Şekil 29. Ödemiş ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Hayvan sayılarından yola çıkarak kurulabilecek biyogaz tesisleri ve kapasitelerinin dağılımı, Tablo 38’de verilmiştir. Bu tabloya göre, Ödemiş ilçesinde farklı kapasitelere sahip 7.791 adet biyogaz tesisinin kurulabilmesi mümkündür.

Tablo 38. Ödemiş ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

[illegible]

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	750	1500
Derebebekler	0	8	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dereuzunyer	3	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dolaylar	16	0	14	12	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Emirli	26	0	40	19	40	20	0	15	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Emmioğlu	0	11	19	8	5	19	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ertuğrul	0	21	38	21	20	17	0	5	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Gerçekli	19	0	43	20	9	13	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Gereli	32	0	56	30	36	49	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gölcük	17	0	28	6	4	9	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Güney	32	0	36	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Günlüce	38	0	59	22	12	19	0	7	0	4	4	4	0	0	0	0	0
Hacıhasan	16	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hamam	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hamamköy	22	0	43	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Horzum	0	18	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hürriyet	44	0	71	37	24	35	0	19	0	7	0	0	0	0	0	0	0
Işık	1	0	4	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İlkkurşun	0	7	7	0	4	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İnönü	0	7	0	1	1	3	0	3	0	1	1	1	1	1	0	1	0
Karadoğan	8	0	32	8	13	14	0	4	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Karakova	3	0	6	3	4	11	0	16	0	4	4	0	0	0	0	0	0
Kayaköy	43	0	56	13	4	16	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaymakçı	101	0	182	60	62	34	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kazanlı	11	0	8	27	15	24	0	17	0	2	2	2	0	0	0	0	0
Kemenler	8	0	21	5	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kemer	6	0	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kerpiçlik	0	7	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kışla	0	11	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kızılca	11	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kızılcaavlu	0	15	30	7	4	11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Konaklı	27	0	46	34	28	56	0	31	0	10	10	0	0	0	0	0	0

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	750	1500
Köfündere	0	4	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Köseler	17	0	24	3	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kurucaova	18	0	56	29	17	41	0	10	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Kutlubeyler	7	0	21	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kuvvetli	12	0	20	6	1	8	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Küçükavulcuk	13	0	31	20	17	18	0	5	0	2	0	0	0	0	0	1	0
Küçükören	0	19	40	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Küre	0	31	34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez	3	1	2	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Mescitli	20	0	46	31	26	25	0	8	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Mimarsinan	2	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mursallı	0	6	24	9	17	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Ocaklı	20	0	28	15	20	15	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oğuzlar	6	0	3	1	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Orhangazi	0	7	5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ortaköy	6	0	4	0	5	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ovacık	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ovakent	56	0	88	43	22	64	0	39	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Pirinççi	0	12	11	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sekiköy	8	0	21	9	7	15	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seyrekli	29	0	32	7	28	0	0	14	1	8	0	0	0	0	1	0	0
Suçıktı	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Süleyman-demirel	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Süleymanlar	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Şirinköy	6	0	5	0	10	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tekke	0	7	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tosunlar	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Türkmen	12	0	15	4	5	6	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Türkönü	0	11	23	6	14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umurbey	22	0	45	19	15	40	0	32	0	11	11	0	0	0	0	0	0

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)																	
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	750	1500
Uzundere	0	7	4	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Üçeylül	33	0	30	15	19	37	0	24	0	6	6	0	0	0	0	1	0
Üçkonak	33	0	46	19	12	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Üzümlü	11	0	21	5	5	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Veliler	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeniceköy	32	0	51	18	7	32	0	9	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Yeniköy	0	30	50	24	15	41	0	16	0	5	5	0	0	0	0	0	0
Yeşilköy	7	0	21	6	2	4	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yılanlı	14	0	7	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yolüstü	0	27	92	48	16	49	0	22	0	9	9	0	0	0	0	0	0
Yusufdere	17	0	10	7	9	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zafer	12	0	15	1	6	5	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Zeytinlik	0	31	48	6	11	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	1175	492	2520	973	795	953	11	475	210	106	64	8	2	1	2	3	1

Köy Tipi Sistemler

Hayvan sayısının oldukça yüksek olduğu Ödemiş'te, köy tipi biyogaz sistemlerinin kurulum potansiyeli de fazladır. İlçede toplam kurulu gücü 22,875 MW olan 43 adet köy tipi biyogaz tesisinin kurulumu mümkündür. Kapasite dağılımının ise, genel olarak 1 MW ve altındaki tesislerde yoğunlaştığı görülmektedir. (Tablo 39). Belirtilen potansiyel kurulu güç kapsamında, ilçede hâlihazırda faaliyette bulunan 4,8 MW'lık bir biyogaz tesisi de bulunmaktadır. Bu tesisin tam kapasitede çalışması durumunda kullanabilecek atık miktarının karşılanacağı yaklaşık 38.000 büyükbaş hayvan, yapılacak değerlendirmelerde dikkate alınmalıdır. Kayaköy, Gölcük, Kaymakçı, Çaylı, Birgi, Gereli, Demircili, Yeniceköy ve Balabanlı mahallelerinde nüfus sayısı ve dolayısıyla hane sayısı fazla olacağından, buradaki biyogaz tesislerinde üretilecek elektrik enerjisi tüm köyün ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmayacaktır. Bu yüzden, üretilecek enerjinin mahallelerin ortak kullanım alanlarında değerlendirilmesi daha uygundur.

Tablo 39. Ödemiş ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

[illegible]

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

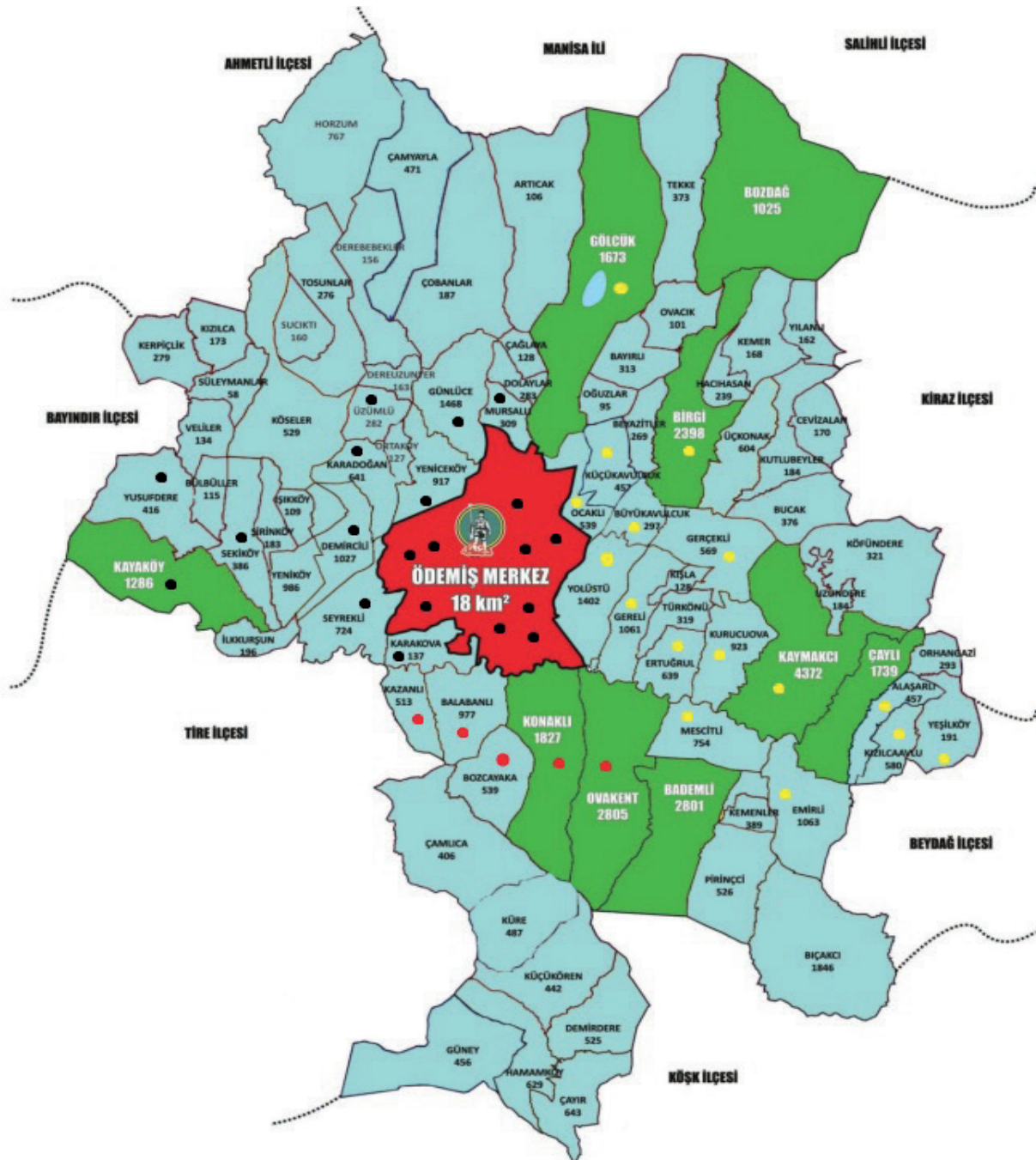
Mahalle/Köy	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000
Bozcayaka	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Büyükavulcuk	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cumhuriyet	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çaylı	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demircili	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Emirli	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Emmioğlu	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ertuğrul	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gerçekli	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gereli	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Gölcük	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Günlüce	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hürriyet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
İnönü	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karadoğan	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karakova	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Kayaköy	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaymakçı	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Kazanlı	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Kızılcaavlu	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Konaklı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Kurucaova	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Kuvvetli	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Küçükavulcuk	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mescitli	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mursallı	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ocaklı	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ovakent	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sekiköy	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seyrekli	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Türkmen	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umurbey	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Üçeylül	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Üzümlü	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeniceköy	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeniköy	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Yeşilköy	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yolüstü	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Yusufdere	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	5	5	5	1	6	6	4	2	3	1	1	1	1	1	1

Merkezi Sistemler

Ödemiş ilçesinde, merkezi biyogaz sistemi kurulumu için iki adet potansiyel tesis karşımıza çıkmaktadır. İlçede hayvan sayısının fazla olması sebebiyle, iki tesise yetecek atık oluşmaktadır. Ayrıca ilçe içinde atık taşımanın ekonomik olması için de iki ayrı tesis kurulması uygun olacaktır. Şekil 30'da yer alan harita incelendiğinde, ilçenin

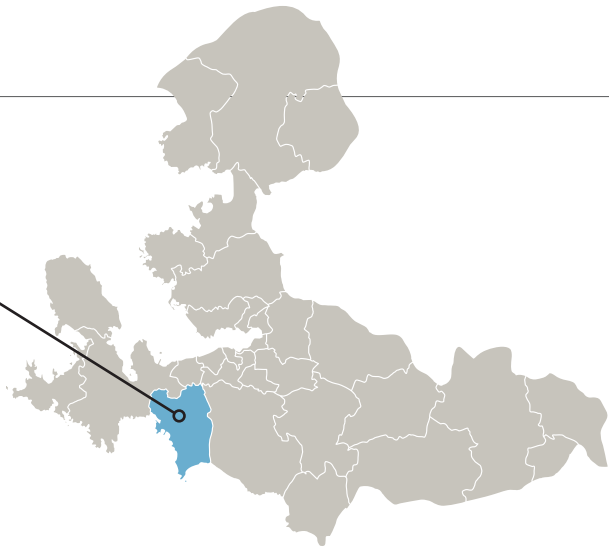
doğusunda (sarı nokta ile işaretli mahalleler) 7,5 MW'lık ve batı yakasında ise (siyah nokta ile işaretli mahalleler) 8,875 MW'lık merkezi biyogaz sistemi kurulum potansiyeli bulunmaktadır. Bozcayaka mahallesi ve çevresindeki (kırmızı nokta ile işaretli) mahallelerdeki hayvan atıklarının, mevcut biyogaz tesisi tarafından kullanılacağı varsayılmıştır.

Şekil 30. Ödemiş ilçesinde kurulabilecek merkezi sistemler

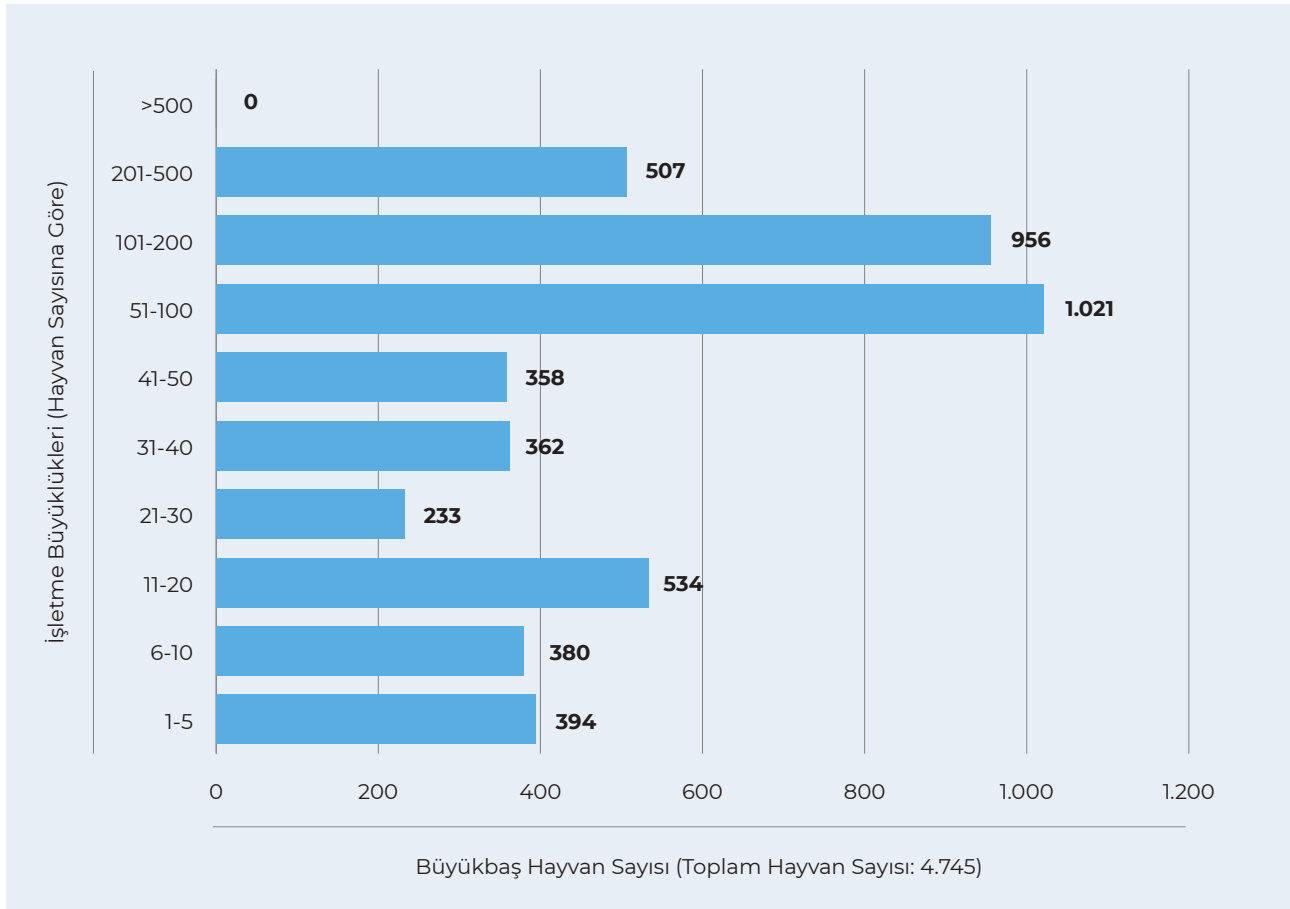


Seferihisar

Seferihisar ilçesinde, toplam 4.745 büyükbaş hayvan bulunmaktadır ve hayvan sayılarının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 31'de verilmiştir.



Şekil 31. Seferihisar ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Seferihisar ilçesindeki mahallelere göre kurulabilecek biyogaz tesis sayıları ve kapasiteleri, Tablo 40'ta verilmiştir. İlçede ağırlıklı olarak 50 büyükbaş hayvan ve altındaki kapasitelerde çalışan biyogaz tesislerinin kurulabileceği görülmektedir.

Tablo 40. Seferihisar ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)									
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	250
Beyler	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Doğanbeypayamlı	13	0	4	3	0	0	0	0	0
Düzce	0	17	5	1	3	3	0	3	1
Gölcük	1	0	0	0	0	0	0	0	0
İhsaniye	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Kavakdere	0	5	4	1	1	1	0	0	0
Merkez	0	0	1	1	4	0	0	0	0
Merkez-Camikebir	0	9	3	1	2	0	0	0	0
Merkez-Cumhuriyet	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Çolakibrahimbey	1	0	2	0	0	0	0	0	0
Merkez-Hıdırlık	6	0	4	7	1	0	0	0	0
Merkez-Sığacık	4	0	2	3	0	0	0	0	0
Merkez-Tepecik	4	2	0	0	1	1	0	0	0
Merkez-TURABIYE	1	0	1	1	0	1	0	0	1
Orhanlı	53	0	18	2	0	2	0	0	0
Sığacık	4	1	1	1	0	0	0	1	0
Turgut	7	0	10	1	1	2	4	0	0
Ulaşı	17	5	0	4	5	1	0	1	0
Ürkmez	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Ürkmez-bengiler	0	0	1	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	115	39	58	26	18	11	4	5	2

Köy Tipi Sistemler

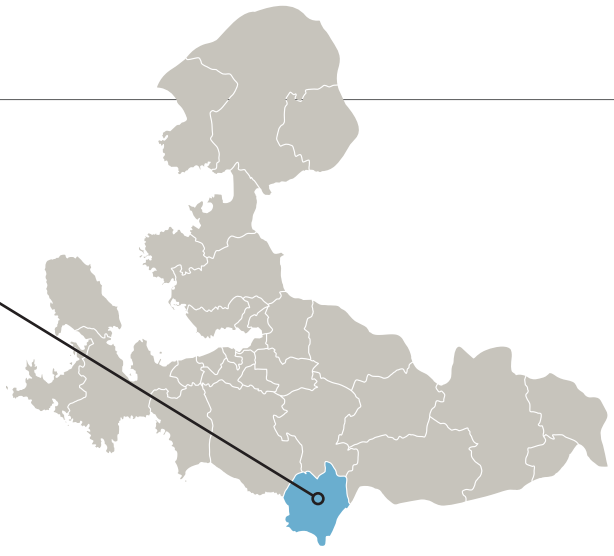
Düzce mahallesinde, sadece 1 adet 125 kW köy tipi biyogaz tesisi kurulabilmektedir (Tablo 41). Merkezi sistemler için ise ilçenin hayvan potansiyeli yeterli değildir.

Tablo 41. Seferihisar ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

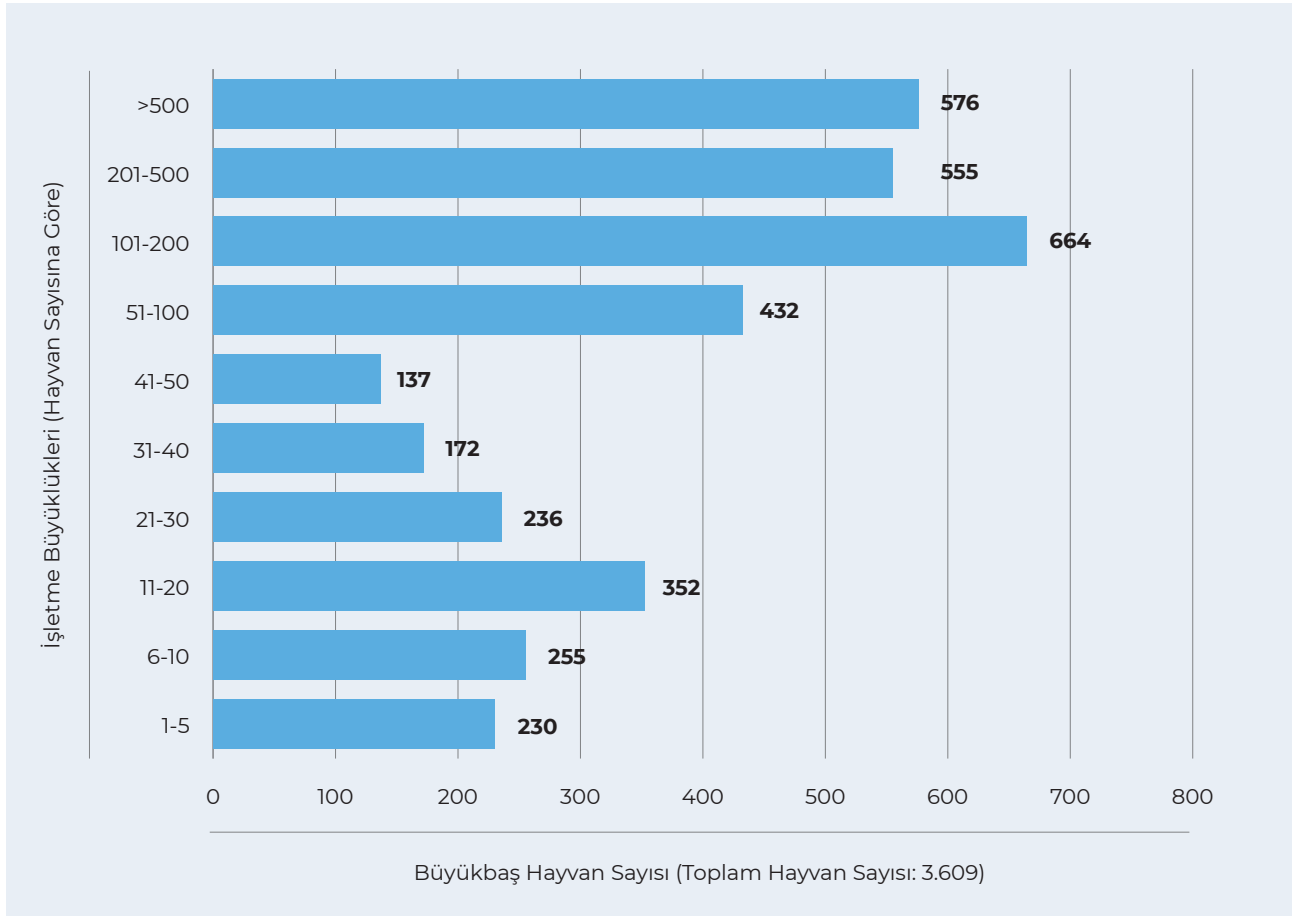
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)	
Mahalle/Köy	1000
Düzce	1
TOPLAM	1

Selçuk

Selçuk'ta, toplam 3.609 büyükbaş hayvan bulunmaktadır ve hayvan sayılarının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 32'de verilmiştir.



Şekil 32. Selçuk ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Selçuk ilçesindeki mahallelerden elde edilen verilere göre, yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz tesis sayıları ve kapasiteleri, Tablo 42'de verilmiştir.

Tablo 42. Selçuk ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Mahalle/Köy	Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)									
	3	5	10	25	50	75	100	150	250	350
Acarlar	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Barutçu	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
Belevi	17	0	4	6	1	0	0	3	1	0
Çamlık	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Gökçealan	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0
Havutçulu	7	0	8	0	0	0	0	1	0	0
Merkez-14mayıs	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Atatürk	7	0	9	1	1	2	0	0	0	0
Merkez-Cumhuriyet	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Merkez-İsabey	0	14	13	0	2	0	0	0	0	0
Merkez-Pamucak	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Zafer	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
Sultaniye	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Şirince	5	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Zeytinköy	6	2	0	2	1	1	1	0	0	1
TOPLAM	52	26	47	15	6	4	1	5	1	1

Köy Tipi Sistemler

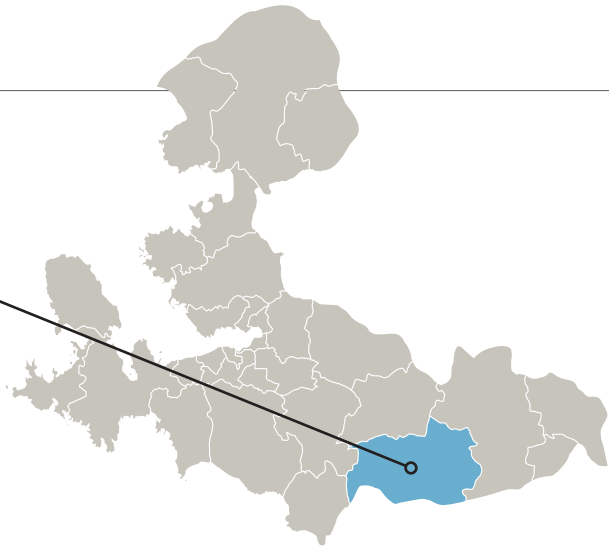
İlçenin Belevi yerleşiminde, sadece bir adet 185 kW'lık köy tipi biyogaz sistemi kurulum kapasitesi bulunmaktadır (Tablo 43). Merkezi sistemler için ise ilçenin hayvan potansiyeli yeterli değildir.

Tablo 43. Selçuk ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

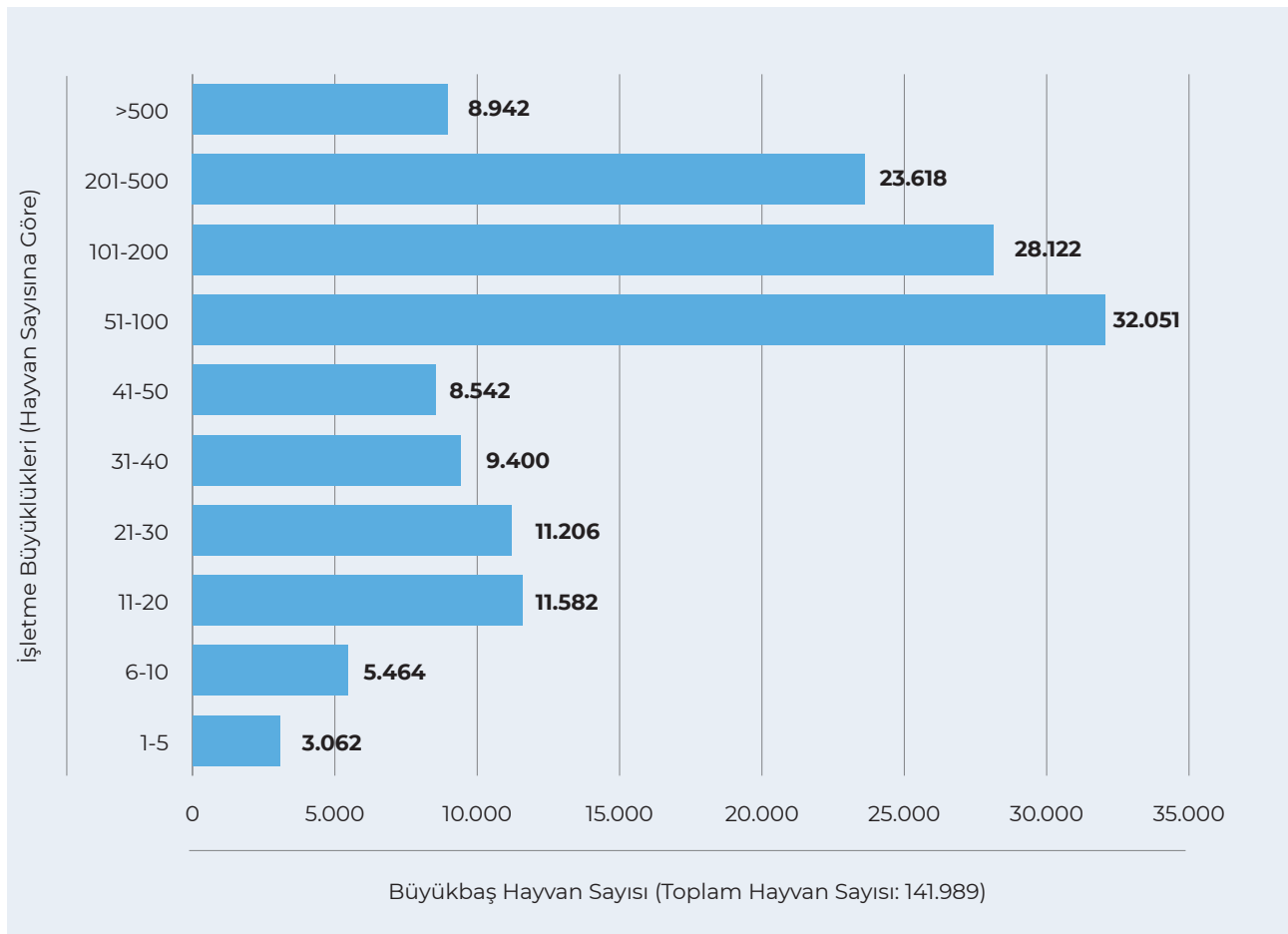
Mahalle/Köy	Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)	
	1500	
Belevi	1	
TOPLAM	1	

Tire

Tire ilçesi, büyükbaş hayvan yetiştiriciliği bakımından 141.989 hayvan sayısı ile İzmir ili genelinde %13,7'lik paya sahiptir. Ödemiş ve Kiraz ilçelerinden sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Bu potansiyeilin işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 33'te verilmiştir.



Şekil 33. Tire ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Tire ilçesinde mevcut hayvan potansiyeli ele alındığında, yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz tesisleri ve kapasiteleri, Tablo 44'te verilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre, ilçe genelinde toplam 4.201 adet yerinde kurulum yapılabilecek tipte tip biyogaz sisteminin kurulabilmesi mümkündür.

[illegible]

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)																			
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	750	1000	1500	3000
Eskioba	0	8	7	23	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gökçen	30	0	37	4	20	27	0	19	0	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Gökçen-Cumhuriyet	0	5	4	3	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gökçen-Fatih	2	0	10	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gökçen-Kahrat	16	0	27	0	3	8	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Halkapınar	9	0	7	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hasançavuşlar	6	0	2	3	0	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hisarlık	11	0	2	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Işıklar	17	5	0	21	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Işıklı	0	20	47	0	16	38	0	21	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Kaplan	0	2	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karateke	20	0	23	22	3	19	0	9	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Kırtepe	26	0	29	12	8	3	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Kızılcahavlu	15	0	20	17	16	22	0	9	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Kireli	0	36	59	0	21	25	0	6	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Kireli-Ova	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kocaaliler	9	0	12	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kurşak	0	0	4	3	2	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Küçükburun	17	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Küçükkale	0	9	0	18	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Küçükkemerdere	0	49	66	1	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Küçükkömürcü	8	2	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kürdüllü	0	10	25	2	8	10	0	12	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Mahmutlar	2	0	8	1	1	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mehmetler	5	0	9	7	2	0	0	3	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Merkez	6	0	2	3	0	2	0	2	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
Merkez-Adnan Menderes	8	0	4	0	1	2	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Atatürk	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Bahariye	4	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Cumhuriyet	2	1	0	1	0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Deremahalle	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Dört Eylül	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	750	1000	1500	3000
Merkez-Duatepe	17	0	7	4	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Dumlupınar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Ertuğrul	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-İbni melek	16	0	21	7	7	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-İhsaniye	13	0	9	18	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-İpekçiler	18	0	23	2	16	17	0	8	0	5	5	0	0	0	0	0	1	0	0
Merkez-İstiklal	10	0	10	6	1	4	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Karacaali	10	0	16	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Kurtuluş	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Merkez	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Paşa	5	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Toki	3	0	0	17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Turan	32	0	43	9	5	26	0	13	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Merkez-Yenimahalle	6	0	8	0	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Musalar	5	0	9	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ortaköy	7	0	14	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Osmancık	18	0	22	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peşrefli	15	0	15	35	6	17	0	9	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Sarılar	24	0	41	7	15	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saruhanlı	12	0	26	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Somak	9	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Topalak	9	0	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toparlar	9	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turgutlu	7	0	2	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Üzümler	0	2	3	5	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yamandere	16	0	23	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeğenli	7	0	30	0	8	28	0	14	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Yemişler	4	0	8	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeniçiftlik	14	0	13	1	3	1	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Yenioba	0	6	3	0	14	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Yenişehir	2	0	12	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	872	299	1311	573	385	392	23	192	3	76	49	12	5	2	1	2	1	2	1

Köy Tipi Sistemler

Köy tipi biyogaz sistemleri için belirlenen yerleşim bölgeleri ile kapasiteleri, Tablo 45'te verilmiştir. İlçede toplam gücü 11,18 MW olabilecek, 20 adet köy tipi biyogaz sistemi kurulum potansiyeli bulunmaktadır. Ancak, bu potansiyelden hali hazırda ilçe merkezinde kurulmuş olan iki merkezi biyogaz tesisinde kullanılan hayvan atık miktarı çıkarıldığında, 6,84 MW'lık bir potansiyel ile karşılaşılmaktadır. Tire Merkez, Boynuyoğun, Çiniyeri, Kürdüllü, Kireli, Peşrefli ve Gökçen yerleşim yerlerindeki potansiyelin, mevcut biyogaz tesisleri tarafından kullanılacağı varsayılırsa 7 adet tesis elenmektedir. Ayrıca Akkoyunlu mahallesinde tek bir çiftlikte 3.000'in üzerinde hayvan bulunması da, köy tipi biyogaz kurulum şansını azaltmaktadır.

Tablo 45. Tire ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

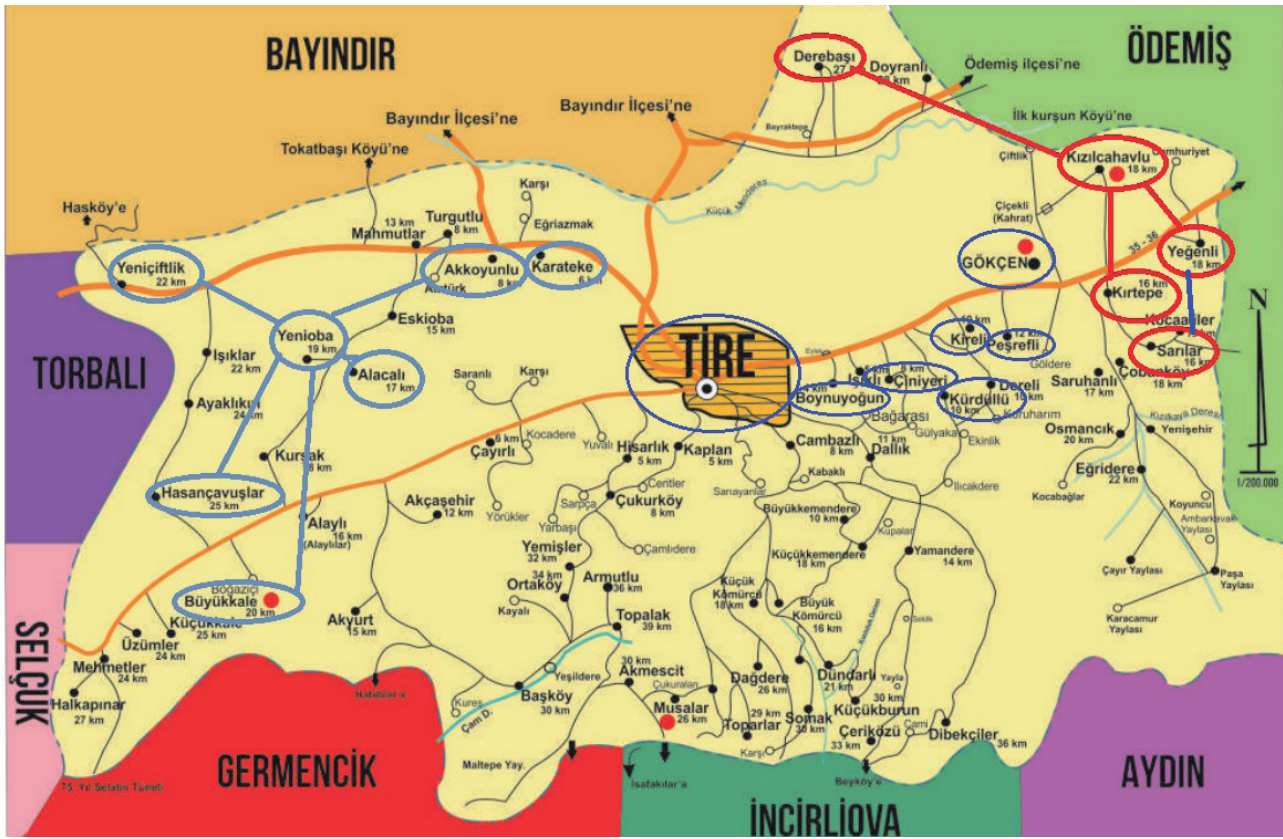
Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)											
Mahalle/Köy	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000	10000	18000
Akkoyunlu	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Alacalı	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Boynuyoğun	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Büyükkale	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çiniyeri	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Derebaşı	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Gökçen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Hasançavuşlar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Işıklar	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Karateke	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Kırtepe	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kızılcahavlı	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Kireli	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Kürdüllü	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Merkez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Peşrefli	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Sarılar	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeğenli	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Yeniçiftlik	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Yenioba	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	1	3	2	2	3	1	4	1	1	1	1

Merkezi Sistemler

Tire ilçesindeki potansiyel, merkezi biyogaz sistemleri kurulumu açısından değerlendirildiğinde, ilçenin üç ayrı bölgeye ayrılması uygun olacaktır. (Şekil 34). İlçenin kuzey batısındaki mahallelerde (gri işaretli) bulunan potansiyeli kullanabilecek 3,18 MW'lık bir merkezi sistem kurulması mümkündür.

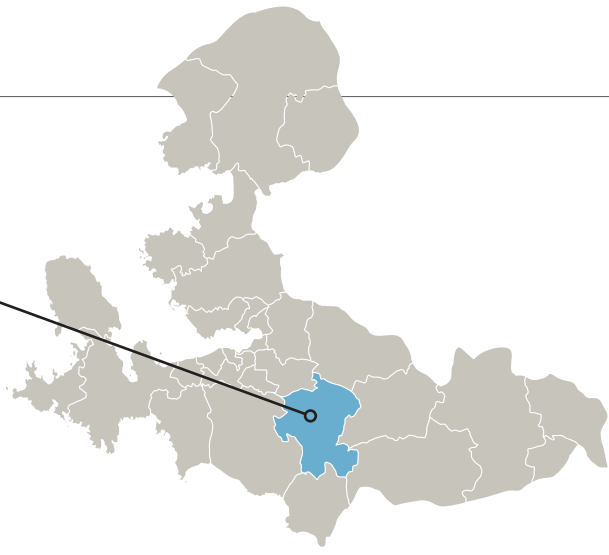
İlçenin doğusundaki mahallelerde (kırmızı işaretli) ise 2,43 MW'lık ayrı bir sistemin kurulumuna imkan tanıyan potansiyel bulunmaktadır. Merkez ve çevresindeki potansiyelin ise, hali hazırda devrede olan iki biyogaz tesisinde kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Şekil 34. Tire ilçesinde kurulabilecek merkezi sistem biyogaz tesislerini gösterir harita

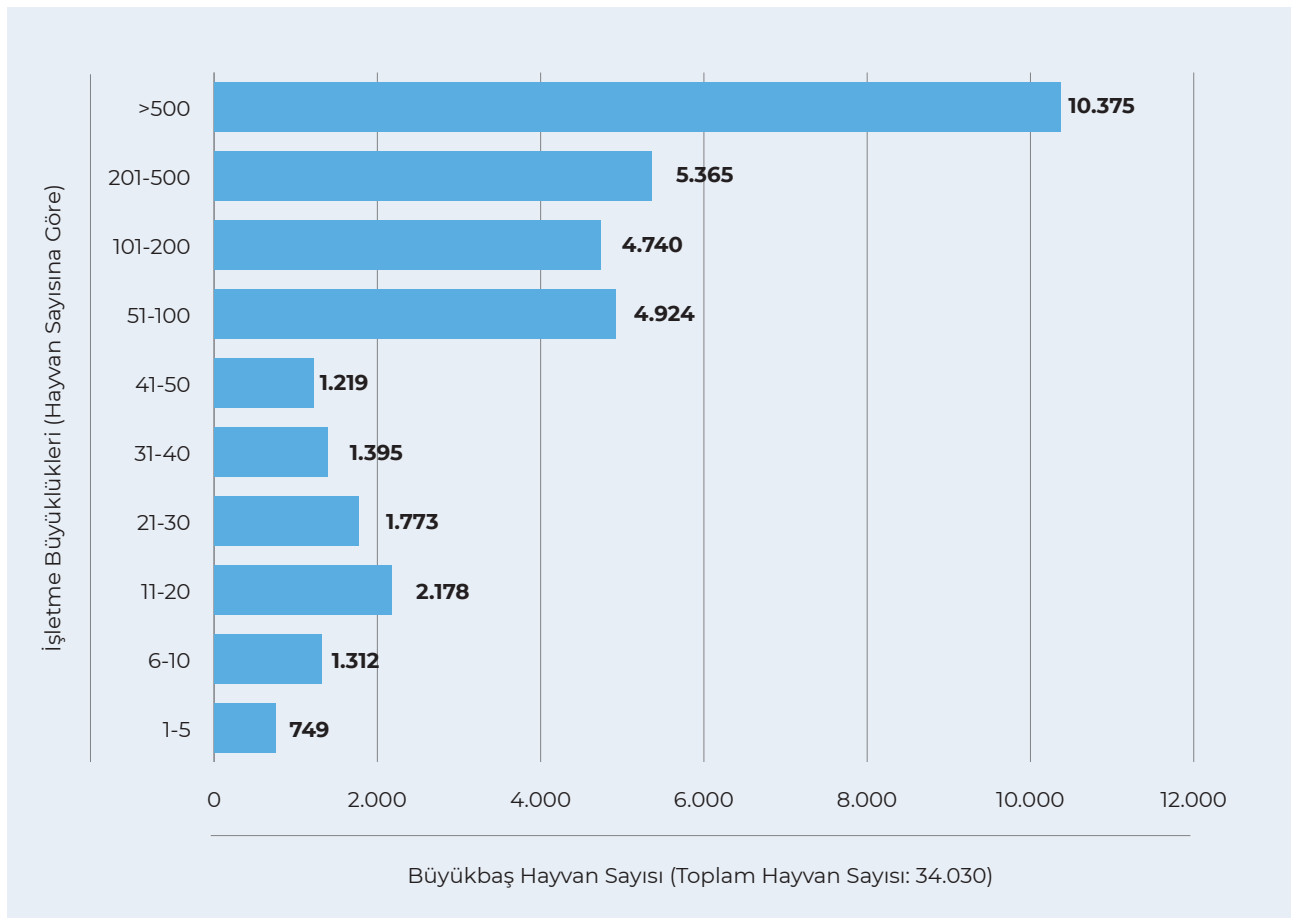


Torbalı

Torbalı ilçesinde, 34.030 büyükbaş hayvan bulunmaktadır ve hayvan sayılarının işletme büyüklüklerine göre dağılımı, Şekil 35'te verilmiştir. İlçedeki hayvan dağılımına bakıldığında, 50 büyükbaş ve üzerindeki hayvan sayısına sahip işletmelerin, çoğunluğu oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 35. Torbalı ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Hayvan sayılarına göre yerinde kurulabilecek tesis sayıları, kapasiteleri ve yerleşim yeri dağılımları, Tablo 46'da verilmiştir. Kurulabilecek tesis sayısına bakıldığında, ağırlıklı olarak 50 ve altındaki büyükbaş hayvan sayısına sahip tesislerin ön plana çıktığı görülmektedir.

[illegible]

[illegible]

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	500	750	1000	1500	2000
Yazıbaşı-Bahçelievler	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yazıbaşı-Cumhuriyet	0	1	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yazıbaşı-İstiklal	0	1	6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeniköy	3	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yeşilköy	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yoğurtçular	2	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	189	114	254	100	72	48	10	25	6	4	6	3	3	1	2	5	1	1

Köy Tipi Sistemler

İlçedeki 50 ve üstü büyükbaş hayvana sahip işletmeler ele alındığında, 10 adet köy tipi tesis kurulum potansiyeli olduğu ortaya çıkmaktadır (Tablo 47). Ayrancılar, Naime ve Taşkesik'te 125 kW, Karakuyu, Pancar ve Yazıbaşı'nda 185 kW, Merkez'de 250 kW ve Tulum'da 310 kW güçte köy tipi sistemin kurulumu uygundur. Ancak Çaybaşı ve Atalan yerleşimleri, hayvan potansiyelinin tek bir işletmede toplanması sebebiyle köy tipi biyogaz sistemlerinin kurulumu için uygun değildir.

Tablo 47. Torbalı ilçesinde kurulabilecek farklı kapasitelerdeki köy tipi biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	1000	1500	2000	2500	3000	5000
Atalan	0	0	0	0	0	1
Ayrancılar	1	0	0	0	0	0
Çaybaşı	0	0	0	0	1	0
Karakuyu	0	1	0	0	0	0
Merkez	0	0	1	0	0	0
Naime	1	0	0	0	0	0
Pancar	0	1	0	0	0	0
Taşkesik	1	0	0	0	0	0
Tulum	0	0	0	1	0	0
Yazıbaşı	0	1	0	0	0	0
TOPLAM	3	3	1	1	1	1

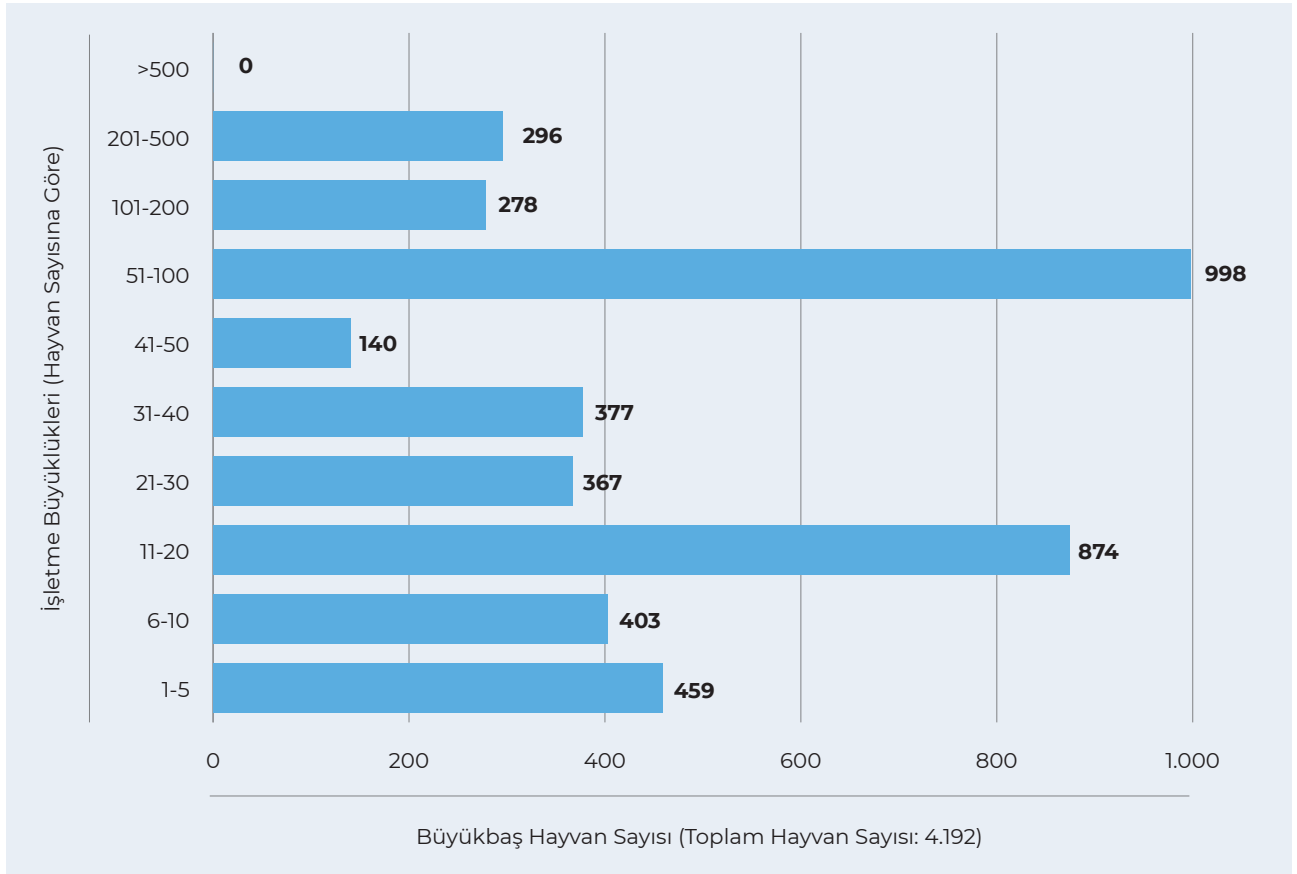
Merkezi Sistemler

Torbalı ilçesi, 3,375 MW'lık merkezi bir biyogaz sistemi için uygun potansiyel ve ekonomik atık taşıma şartlarına sahiptir.

Urla

Urla ilçesi, toplamda 4.192 büyükbaş hayvana sahiptir ve işletme büyüklüklerine göre hayvan sayısı dağılımı, Şekil 36'da verilmiştir.

Şekil 36. Urla ilçesi işletme büyüklüklerine göre büyükbaş hayvan sayısı dağılımı



Yerinde Kurulum

Yerinde kurulum potansiyeli dikkate alındığında, Urla ilçesinde toplam 333 adet biyogaz tesisinin kurulabileceği görülmektedir (Tablo 48). Köy tipi veya merkezi sistemler için ilçede yeterli sayıda hayvan ise bulunmamaktadır.

Tablo 48. Urla ilçesinde yerinde kurulum yapılabilecek farklı kapasitelerdeki biyogaz sistemleri dağılımı

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)									
Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	200	300
Bademler	3	5	5	2	0	0	0	0	0
Balıkliova	3	2	0	1	0	0	0	0	0
Barbaros	4	1	1	0	0	0	0	0	0
Birgi	1	0	0	1	0	0	0	0	0

Sistem Büyüklükleri (Büyükbaş Hayvan Kapasitesine Göre)

Mahalle/Köy	3	5	10	25	50	75	100	200	300
Gülbahçe	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Kadıovacık	4	3	1	0	0	0	0	0	0
Kuşcular	8	0	4	1	0	1	0	0	0
Kuşçular	42	0	17	3	2	0	4	0	1
Merkez	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Altıntaş	4	2	2	1	1	0	1	0	0
Merkez-Atatürk	1	0	0	2	2	0	0	0	0
Merkez-Camiiatik	4	2	0	2	1	0	0	0	0
Merkez-Denizli	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Merkez-Gülbahçe	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Merkez-Güvendik	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Merkez-İçmeler	0	0	3	1	1	1	0	1	0
Merkez-İskele	0	16	7	1	0	0	0	0	0
Merkez-Kalabak	6	5	3	0	0	0	0	0	0
Merkez-Rüstem	8	0	3	3	0	4	0	0	0
Merkez-Sıra	16	0	5	5	0	0	0	0	0
Merkez-Torasan	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Merkez-Yaka	3	0	2	1	0	0	0	0	0
Merkez-Yelaltı	0	1	2	0	0	0	0	0	0
Merkez-Yenice	2	4	3	0	0	0	0	0	0
Merkez-Yenimahalle	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez-Zeytinalan	7	1	1	1	1	0	0	0	0
Nohutalan	4	0	6	0	0	0	0	0	0
Ovacık	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Özbek	0	1	0	2	0	0	0	0	0
Uzunkuyu	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Yağcılar	5	3	2	0	0	0	0	0	0
Zeytinalanı	4	0	1	0	0	0	0	0	0
Zeytineli	5	2	1	0	0	0	0	0	0
Zeytinler	2	0	0	2	0	0	0	0	0
TOPLAM	149	58	74	30	9	6	5	1	1

EKONOMİK ANALİZ

Yerinde Kurulum Yapılabilecek Tesisler İçin Ekonomik Analiz

Biyogaz tesislerinin atıkların üretildiği yerlerde yerinde kurulum tipinde kurulması, ülkemiz açısından önem taşımaktadır. Bu durumun gerekçelerini şu şekilde açıklamak mümkündür. Öncelikle ülkemizde büyük ölçekli biyogaz sisteminin projelendirilmesi, kurulması ve işletilmesine yönelik yeterli sayıda nitelikli insan kaynağı bulunamamaktadır. Bunun yanında büyük ölçekli sistemlerde atıkların tedariği ile ilgili sorunlar yaşanmaktadır. Avrupa'daki ve diğer dünya ülkelerindeki örneklerle bakarak uygulanmaya çalışılan bu sistemler; dörtte bir düzeyine inecek kadar, kapasitelerinin oldukça altındaki güçlerde çalıştırılmakta veya atıl duruma gelmektedir.

Sön dönemde biyogaz tesislerine karşı kamuoyunda oluşan olumsuz bakış açısı diğer önemli bir husustur. Büyük ölçekli merkezi sistemlerde atıkların taşınması ihtiyacından ve ülkemizde fermente gübre pazarının oluşmamasından kaynaklanan atık kirliliği, bu bakış açısının en önemli sebebidir. Biyogaz sistemleri tasarlanırken, son ürün olan fermente gübrenin değere dönüştürüleceği düşünülmekte, fakat genelde sıvı-katı ayrımı yapılarak gübre elde edilmeye çalışılmaktadır. Katı madde miktarı %3-4 civarında olan fermente gübrenin toprak altı uygulamasıyla ilgili aksiyon planları yapılmadığından, seperatörden çıkan sıvı fazın nasıl bertaraf edileceği öngörülememekte ve oluşan tonlarca atık işletmeleri zora sokmaktadır. Bu zor durumdan kurtulmak için, atıkların mevzuata uygun olmayan şekillerde su kanallarına, derelere ve tarlalara atılması söz konusu olabilmektedir. Bu atıkların verdiği zarar, doğayla dost sistemler olan biyogaz tesisleri hakkında kamuoyunda olumsuz görüşlerin gelişmesine ve kurulacak tesislere karşı toplumda direnç oluşmasına neden olmaktadır.

Biyogaz tesislerinin atıkların bulunduğu yerlerde kurulması durumunda, işletmelerin zaten bertaraf etmek zorunda oldukları atıklardan değer elde etmeleri söz konusu olacaktır. Bunun yanında bu sistemlerin yaygınlaşması sonucunda, biyogaz ile ilgili bilgi birikimi ve teknolojik kabiliyet artışı gerçekleşecek, büyük ölçekli tesislerin daha rahat kurulabilmesi için zemin hazırlanmış olacaktır.

Bu kapsamda, atıkların üretildiği yerlerde kurulabilecek sistemlerin sayıları ve kapasiteleri raporda öncelikli olarak analiz edilmiş, elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Tablo 49'da yer aldığı üzere, toplam ilk yatırım maliyetinin %81'i, küçük ve orta ölçekli sistemlerden kaynaklanmaktadır. Ülkemizdeki hayvancılık işletmelerinin yapısı göz önüne alındığında, beklenildiği üzere büyük ölçekli tesislerin payı %18'de kalmaktadır. Yerinde kurulum yapılabilecek sistemler için toplam ilk yatırım maliyeti 800 milyon USD'nin üzerindedir. Bu değer yüksek olma sebebi, sistemler küçüldükçe ilk yatırım maliyetlerinin artmasıdır. Biyogaz sistemlerinde bazı kalemler, sistem boyutu arttıkça lineer olarak artmamaktadır. Otomasyon maliyetleri, bu duruma gösterilebilecek en iyi örnektir.

Yerinde sistem kurulumunda asıl dikkat edilmesi gereken nokta, bu sistemlerin yerli sanayi tarafından üretilme oranlarıdır. Küçük ölçekli sistemlerde %90 olan yerlilik oranları, orta ölçekli sistemlerde %80 civarındadır. Büyük ölçekli sistemlerde ise bu oran, %60'a kadar düşmektedir. Bu açıdan bakıldığında, bu senaryoda toplam 837.596.639 USD yatırımın %78'i olan 653.083.760 USD ülke içinde kalmakta ve ekonomiyi canlandırması söz konusu olmaktadır. Tablo 50'de, bu sistemlerin kurulması durumunda elde edilecek gelirler gösterilmiştir.

Tablo 49. İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılacak yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Birim Maliyet (USD)	Toplam Maliyet (USD)
3	6.288	1.800	11.318.400
5	3.396	2.620	8.897.520
10	12.011	5.080	61.015.880
25	5.456	9.800	53.468.800
50	3.280	55.081	180.665.680
75	2.862	65.177	186.536.574
100	215	85.054	18.286.610
150	1.221	105.507	128.824.047
200	263	137.890	36.265.070
250	262	194.010	50.830.620
300	194	220.051	42.689.894
350	71	245.977	17.464.367
400	28	271.788	7.610.064
450	5	297.486	1.487.430
500	12	323.072	3.876.864
750	13	449.364	5.841.732
1.000	12	573.042	6.876.504
1.500	13	813.171	10.571.223
2.000	1	1.044.700	1.044.700
2.500	2	1.268.870	2.537.740
3.000	1	1.486.920	1.486.920
TOPLAM			837.596.639

Tablo 50. İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılacak yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz sistemlerinin yıllık getirileri

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Elektrik Üretimi (kWh/yıl)	Isı Üretimi (kcal/yıl)	Kömür İkamesi (ton/yıl)	Gübre İkamesi (ton/yıl)
3	6.288		38.107.367.616	8.174	16.160
5	3.396		34.301.481.384	7.335	14.535
10	12.011		242.635.508.188	52.008	102.694
25	5.456		275.543.107.664	59.034	116.704
50	3.280	117.929.120	209.596.798.640	44.903	151.962
75	2.862	154.347.660	274.328.979.228	58.785	204.891
100	215	15.460.005	27.477.628.875	5.889	18.393
150	1.221	131.698.281	234.071.057.748	50.159	156.679
200	263	37.823.082	67.224.338.550	14.405	44.994
250	262	47.099.216	83.710.916.006	17.939	56.023
300	194	44.639.982	71.981.905.500	15.425	49.775
350	71	19.060.163	30.734.542.125	6.586	21.229
400	28	8.590.512	13.852.188.000	2.968	9.576
450	5	1.833.630	2.782.805.625	596	1.925
500	12	5.033.496	7.420.815.000	1.590	5.130
750	13	8.179.444	11.053.922.347	2.369	8.340
1.000	12	12.080.400	13.604.827.500	2.915	10.260
1.500	13	17.293.666	22.107.844.694	4.737	17.446
2.000	1	1.869.585	2.185.017.750	468	1.854
2.500	2	4.793.808	5.359.477.500	1.148	4.563
3.000	1	2.876.285	3.215.686.500	689	3.067
TOPLAM		630.608.335	1.671.296.216.440	358.124	1.016.199
Parasal Karşılık (USD)		47.926.233		103.139.712	203.239.792
Toplam Parasal Karşılık (USD)		354.305.737			

Tablo 50'ye dikkat edilecek olursa, en büyük gelirin fermente gübreden elde edilebileceği görülecektir. Buradaki parasal çevrimde, ortalama %4 katı maddede sahip olan bu gübrenin, %100 katı fraksiyonu ele alınmış ve bulunan değer kompoze (15-15-15) gübrenin %30'u kadar değerlendirilmiştir. Buna rağmen çarpıcı bir gelirle karşılaşmaktadır. Bu gübrenin azot yönünden zengin olduğu ve bu azotun bitkilerin kullanabileceği forma dönüştüğünün altını çizmek gerekir. Uygulamada toprak altına enjeksiyonun büyük önemi vardır. Böylece azot kaybının önüne geçileceği gibi, emisyonlar da azaltılmış olur. Bu nedenle kurulacak tesislerde, özellikle fermente gübrenin kullanımıyla ilgili planlar yapılmalıdır. Bu durumda, bahsedilen gelirin de üstünde bir kazanç sağlanabilir. İkinci önemli kalem, ısı enerjisidir. Sadece elektrik kullanımı öncelikli bir plan yapımında, ısı enerjisinden faydalanmak mümkün olmamaktadır. Özellikle ısı ihtiyacının düşük olduğu yaz aylarında, bu çıktı atıl duruma düşmektedir. Bu nedenle, biyogaz tesisi tasarlanırken, sera, ürün kurutma, sıcak su hazırlama, mahal ısıtma gibi kullanım yerlerinin de mutlaka göz önüne alınması, gerekirse bu konuda yatırım yapılması, tesisin geri ödeme süresini, dolayısıyla yatırımın ekonomik getirisini cazip hale getirecektir. Tablo 50'de, en düşük getiri elektrik enerjisinden sağlanmaktadır. Burada, üretilen elektriğin satışı için, 30/01/2021 tarih 31380 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan ve 01/07/2021 – 31/12/2025 tarihleri arasında kurulacak olan biyometanizasyon tesisleri için belirlenen YEKDEM kapsamındaki 54 Türk Lirası kuruş/kWh değeri göz önüne alınmıştır. Bu değer 05/02/2021 dolar kuru ile çevrilerek, 0,076 dolar sent/kWh olarak kullanılmıştır.

Kurulacak tesislerin önemli bir yararı da istihdama olan etkidir. Ülkemizde bu etki, Avrupa ülkelerine göre daha yüksek bir seviyede olacaktır. Bunun nedeni, biyogaz sektöründeki nitelikli insan kaynağı ve

bilgi açığıdır. 1 MWe gücünde bir tesiste, Avrupa'da 1-3 kişinin çalışması yeterli olurken, ülkemizde bu sayı 15-20 arasına çıkmaktadır. Uzun vadede bu durumun değişebilmesi söz konusu olmakla birlikte, diğer gelişmekte olan ve eksik istihdam koşullarındaki ekonomilere benzer şekilde, bu durumun kısa ve orta vadede değişmesi beklenmemelidir. Aslında kurulan tesislerin istihdam yaratma gücünün fazla olması, bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Tablo 51'de, biyogaz sistemlerinin yerinde kurulma durumunda beklenen istihdam etkisi gösterilmiştir. Dolaylı istihdamın bu derece yüksek olması, daha önce değindiğimiz gibi, yatırımın %81'inin ülke ekonomisine geri dönmesinden kaynaklanmaktadır. Çarpan etkisi sayesinde (ülkemiz için 3 olarak alınmıştır ve 15.600 USD para hacminin 1 kişilik istihdam sağlayacağı öngörülmüştür), bu rakam yüksek çıkmaktadır. Burada parasallaştırılmayan diğer bir değer, yerli sanayinin kazanacağı teknolojik yetenekler sayesinde, dış pazarda rekabet edebilme gücünün artışıdır.

Tablo 51. İzmir'de yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz sistemlerinin istihdama etkisi

İstihdam Etkisi	İzmir (Kişi)
DOĞRUDAN	
Kurulum	223
İşletme	1.346
Bakım Onarım	1.022
DOLAYLI	
İlk Yatırım	6.280
İşletme	3.106
TOPLAM	11.977

Çevresel Etkiler

Biyogaz sistemlerinin en önemli özelliği, organik atıkların arıtımının sağlanmasıdır. Biyokütle enerjisinin kullanımında, genelde CO₂ emisyonunun sıfır olduğu kabul edilmektedir. Bunun nedeni, biyoyakıtların kullanımıyla salınan karbondioksitin (CO₂), fotosentez aracılığıyla biyokütlenin oluşumunda tekrar kullanıldığının varsayılmasıdır. Bunun yanı sıra, biyokütle enerjisinin kullanımıyla, hayvansal kökenli atıklar gibi organik atıkların bekletilmesi sırasında oluşan ve CO₂'e göre 21 kez daha etkili sera gazı sayılan metan (CH₄) emisyonunun azaltılması söz konusudur.

Biyogaz sistemlerinden elde edilen sera gazı emisyonunun düşüşü, ayrıntılı bir incelemeyi gerektirmektedir. Bu nedenle, aşağıda verilen başlıklar ön plana çıkmaktadır.

1. Sistemlerin kurulmaması durumunda mevcut atıklardan gerçekleşecek emisyonlar,
2. Sistemlerden elde edilen elektrik ve ısı enerjisinin, şebekeden ve fosil yakıtlar kullanılarak elde edilmesi durumunda oluşacak emisyonlar,
3. Sistemlerin kurulması sırasında oluşan emisyonlar,
4. Sistemlerin işletilmesi sürecinde oluşacak emisyonlar.

Kurulacak biyogaz sistemleriyle elde edilecek emisyon düşümünün değerlendirilmesinde, 1 ve 2 no'lu başlıklar pozitif olarak değerlendirilirken, 3 ve 4 no'lu başlıklar negatif olarak değerlendirilmiştir.

1- Atıklardan kaynaklanan mevcut emisyonun tespiti: İzmir'de, büyükbaş hayvan işletmelerinden kaynaklı emisyonlar, "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use" kaynağı ışığında değerlendirilmiştir. Bu işletmelerde en önemli emisyon, CH₄ olarak gerçekleşmektedir. Bu emisyon değerinde en büyük payı enterik bazlı emisyon oluşturmaktadır. Biyogaz sistemlerinin bu emisyonu bir etkisi bulunmamaktadır. Sonrasında gübre yönetiminden oluşan emisyonlar gelmektedir. Burada dikkate alınması gereken asıl göster-

ge, bu nedenle oluşan emisyonun azaltılmasıdır. Bölgede uygulanan hayvancılık ve gübre yönetim sistemi ile yıllık ortalama sıcaklık (17,8°C) verisi göz önüne alındığında, süt sığırları işletmeciliğinde, 23 kg CH₄/büyükbaş.yıl değeri hesaplamalarda kullanılmıştır. Aynı değer, erkek büyükbaş için 11 kg CH₄/büyükbaş.yıl olarak alınmıştır. Ayrıca, CH₄ emisyonunun 21 kat CO₂ emisyonuna eşdeğer olduğu göz önüne alınmıştır. Bu kapsamda,

CH₄ emisyonu;

705.593 süt sığırları X 23 kg CH₄/büyükbaş.yıl =

16.228.639 kg CH₄/yıl

+

328.512 erkek büyükbaş X 11kg CH₄/büyükbaş.yıl =

3.613.632 kg CH₄/yıl

TOPLAM = 19.842.271 kg CH₄/yıl = 416.687 ton-CO₂/yıl olarak bulunmuştur.

2- Enerji üretimi yönünden giderilen emisyonun tespiti: Biyogaz sistemlerinin kurulması durumunda elde edilecek elektrik ve ısı enerjisinin fosil yakıtlarla karşılanması ya da şebeke elektriğinin kullanılması durumundaki emisyon değerleri, bu başlık altında tartışılacaktır. Isı enerjisi için karşılaştırmada, fosil yakıt olarak kömür ele alınmıştır. Kömürün yakılmasıyla ortaya çıkacak CO₂ emisyonu, 2,87 kgCO₂/kg olarak alınmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın sitesinden alınan verilere göre, Türkiye'de elektrik üretiminin %29,8'i doğal gazdan, %37,3'ü kömürden üretilmektedir. Bu dağılıma ve elektrik çevrim veriminin ortalama %40 alınmasına göre CO₂ emisyonu, 475 gram/kWh olmaktadır.

Elde edilecek elektrik enerjisi, bu hesaplamalarla 630.608.335 kWh/yıl olarak bulunmuştur. Bu elektrik enerjisinin şebekeden kullanılması durumunda oluşacak CO₂ emisyonu;

630.608.335 kWh X 0,475 kg/kWh = **299.538.959**

kgCO₂/yıl = 299.539 ton CO₂/yıl

olarak bulunur.

Bu hesaplama göre elde edilecek ısı enerjisinin karşılığında yakılması gereken kömür miktarı ise 358.124 ton/yıl olarak karşımıza çıkmaktadır. Buradan hareketle CO₂ emisyonu;

$$358.124 \text{ ton/yıl} \times 2,87 \text{ ton CO}_2/\text{ton} = \mathbf{1.027.816 \text{ ton CO}_2/\text{yıl}}$$

olarak bulunur. Böylece İzmir için giderilen toplam CO₂ emisyonu;

TOPLAM = 1.327.355 ton CO₂/yıl olarak karşımıza çıkmaktadır.

3- Biyogaz sistemlerinin kurulması sırasında oluşan emisyonlar: Tahminlenmesi en zor kalemlerden birisi, sistemlerin kurulumu sırasında oluşacak emisyonların miktarıdır. Literatürde bu konu-

daki çalışmalar, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA- Life Cycle Assessment) çalışmaları içerisinde bulunmakta ve netlik taşımamaktadır. Bu nedenle en azından bir değer vermiş olan iki çalışmadan yola çıkılmıştır²⁴. Bu kapsamda, küçük ve orta ölçekli biyogaz sistemleri için, günlük üretilen biyogaz baz alınmış, 1 m³/gün üretim değeri için 275 kg CO₂ emisyonunun kurulum aşamasında salındığı varsayılmıştır. Sistem ömrü 20 yıl alınarak, bu değer hesaplamalara aktarılmıştır. Büyük ölçekli sistemlerde ise 1 kWe kurulu güç için kurulum sırasındaki emisyon miktarı, 263 kg CO₂ olarak ele alınmış ve yine sistem ömrü, 20 yıl olarak varsayılmıştır. Bu varsayımlar altında yapılan hesaplamalar, Tablo 52'de özetlenmiştir.

Tablo 52. İzmir'de sistemlerin atıkların bulunduğu yerde kurulumu aşamasında ortaya çıkan CO₂ emisyon değerleri

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Biyogaz Üretimi (m ³ /gün)	Elektrik Üretim Gücü (kWe)	Kurulum Toplam CO ₂ Emisyonu (ton)	Yıllık CO ₂ Emisyonu (ton/yıl)
3	6.288	3,375	-	5.836	292
5	3.396	5,625	-	5.253	263
10	12.011	11,25	-	37.159	1.858
25	5.456	28,125	-	42.199	2.110
50	3.280	56,25	-	50.738	2.537
75	2.862	84,375	-	66.407	3.320
100	215	112,5	-	6.652	333
150	1.221	168,75	-	56.662	2.833
200	263	225	-	16.273	814
250	262	-	22	1.516	76
300	194	-	27	1.378	69
350	71	-	33	616	31
400	28	-	42	309	15
450	5	-	47	62	3

24 Life cycle assessment of carbon emission from a household biogas digester: Implications for policy, C.B. Wang, L.X. Zhang, - Biogas can Do It Facts, arguments and potentials, The Fachverband Biogas e.V.

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Biyogaz Üretimi (m ³ /gün)	Elektrik Üretim Gücü (kWe)	Kurulum Toplam CO ₂ Emisyonu (ton)	Yıllık CO ₂ Emisyonu (ton/yıl)
500	12	-	52	164	8
750	13	-	85	291	15
1.000	12	-	125	395	20
1.500	13	-	185	633	32
2.000	1	-	250	66	3
2.500	2	-	310	163	8
3.000	1	-	375	99	5
TOPLAM					14.643

4- Sistemlerin işletilmesi sırasında oluşan emisyonlar: Biyogaz sistemlerinin işletilmesi sürecinde, karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitröz oksit (N₂O) emisyonları oluşmaktadır. Öncelikle atıkların taşınması söz konusuysa, kamyonların motorin kullanmalarıyla oluşan CO₂ emisyonu da mevcuttur. Atıkların gübre çukurunda ya da besleme tankında bekletilmesinden oluşan CH₄ ve N₂O emisyonları mevcuttur. Aynı durum, fermente atığın bekletildiği depo ya da lagünlerde söz konusudur. Büyük ölçekli sistemlerde, reaktöre entegre ya da ayırık, gaz depolama membranlarından oluşan biyogaz sızıntıları, CH₄ emisyonuna neden olmaktadır. Yine büyük ölçekli sistemlerde, basınç/vakum valfinin görevini yerine getirmesinden oluşan CH₄ emisyonları dikkate alınmaktadır. Kojenerasyon ünitelerinde oluşabilecek sızıntılar ya da biyogazın yeterli düzeyde yakılmamasından kaynaklı emisyonlar da bu kapsam altındadır. Fermente atığın tarlalara taşınmasından kaynaklı emisyonlar, genellikle bu kalem altında ele alınmaktadır. Tasarlanan sistemlerde yer almadığı için, biyometan elde etme proseslerindeki (biogas upgrading) emisyonlara değinilmemiştir.

Bu emisyonların azaltılması amacıyla, gübre çukuru ve besleme tankının üstü kapatılmakta, bir nevi ön reaktör görevi üstlenmeleri sağlanmaktadır. Gaz depolama membranları için, CH₄ sızdırma özellikleri, yapım malzemeleri geliştirilerek azaltılmaktadır. Sisteme son reaktör eklenmekte, lagünlerin üzeri kapatılmaktadır. Ancak tüm bu önlemler ilk yatırım maliyetlerini artırmaktadır. Bu raporda göz önüne

alınan biyogaz sistemlerinde, ortalama teknolojiye sahip sistemler ele alınmıştır. Çiftlik/hane tipi biyogaz sistemlerinde, atıklar taşınmadığı için taşımadan kaynaklı emisyonlar göz ardı edilmiş, köy tipi ve ilçe merkezli sistemlerde bu emisyonlar tahminlenmeye çalışılmıştır. N₂O emisyonları, hesaplanma güçlükleri nedeniyle, göz ardı edilmiştir. Fermente atığın taşınması ve tarlalara aktarılması sırasında oluşacak emisyonlar ise, muadili gübrenin taşınması söz konusu olacağı için hesap dışı bırakılmıştır.

Biyogaz sistemlerinin işletimi sırasında oluşan emisyonları ölçmek için, yöntemler geliştirilmiş ve çalışmalar yapılmıştır. Bu konudaki çalışmaları bir araya getiren, "*Methane emissions from biogas plants: Methods for measurement, results and effect on greenhouse gas balance of electricity produced, IEA, 2017*" bir rehber niteliğindedir. Bu raporda, bahsi geçen literatürde elde edilen verilere göre hareket edilmiş, doğru tahminlerden uzaklaşmamak fakat hesaplamayı da zorlaştırmamak için, üretilen metanın yüzdesi olarak bir değerle karar kılınmıştır. Bu değer %1-14 aralığında değişmektedir. Rapora konu olan sistemlerin teknolojileri göz önüne alınarak, %8 kayıp değerinin hesaplara eklenmesine karar verilmiştir. Köy tipi ve ilçe merkezli sistemlere, atık taşımadan kaynaklı emisyonlar eklenerek, burada km başına CO₂ emisyonu, 900 gr. olarak ele alınmıştır. Üretilen biyogazın %55 CH₄ içerdiği kabul edilmiştir.

Tüm bu varsayımlar ışığında yapılan hesaplamalar sonucu CO₂ emisyonu aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

İzmir'de bulunan toplam büyükbaş hayvan sayısı 1.034.105 adettir. Bu hayvanların atıklarıyla yıllık üretilecek biyogaz miktarı ise yaklaşık 424.629.366 m³ olarak karşımıza çıkmaktadır. Metan miktarı %55 olarak alındığında yıllık CH₄ üretimi, 233.546.151 m³ olur. Buradan biyogaz sistemlerinin işletilmesi sırasında açığa çıkan metan emisyonu;

$$\begin{aligned} \text{CH}_4 \text{ emisyonu} &= 233.546.151 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,08 = \\ &= 18.683.692 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{yıl} \\ &= 13.396.207 \text{ kg CH}_4/\text{yıl} \end{aligned}$$

olarak bulunur. Atık taşıma, yerinde kurulum yapılan sistemlerde bulunmamaktadır.

Böylece İzmir için toplam CO₂ emisyonu;

$$\begin{aligned} \text{TOPLAM} &= 281.320 \text{ ton CO}_2/\text{yıl} \\ &\text{olarak karşımıza çıkmaktadır.} \end{aligned}$$

Her bir kalemde bulunan emisyon değerlerinden yola çıkılarak, emisyon envanterleri çıkarılmıştır. Tablo 53'te, İzmir'de biyogaz tesislerinin atıkların olduğu yerde kurulması durumunda ulaşılan veriler özetlenmiştir. Yıllık 1,5 milyon ton CO₂ giderimi, göz ardı edilemeyecek bir değerdir.

Tablo 53. İzmir için biyogaz sistemlerinin atıkların bulunduğu yerde kurulmasıyla oluşacak CO₂ azaltımı

Atıklardan kaynaklanan emisyonun giderim değerleri (tonCO ₂ /yıl)	416.687
Elektrik ve ısı enerjisi üretimi ile azaltılan emisyon değerleri (tonCO ₂ /yıl)	1.327.355
Sistemlerin kurulmasından kaynaklanan emisyon değerleri (tonCO ₂ /yıl)	14.643
Sistemlerin işletilmesinden kaynaklanan emisyon değerleri (tonCO ₂ /yıl)	281.320
NET TOPLAM (tonCO₂/yıl)	1.448.079

Ekonomik Etkiler

Tablo 54. İzmir için yerinde kurulum yapılabilecek biyogaz sistemlerinin yıllık net parasal hacmi

İlk Yatırım Maliyeti (USD)	837.596.639
Elektrik Üretimi (kWh/yıl)	630.608.335
Parasal Hacim (USD/yıl)	47.926.233
Isı Enerjisi Üretimi (milyon kcal/yıl)	1.671.296
Parasal Hacim (USD/yıl)	103.139.712
Fermente Gübre Üretimi (ton/yıl)	1.016.199
Parasal Hacim (USD/yıl)	203.239.792
İstihdam Yaratımı (kişi)	11.977
Parasal Hacim (USD/yıl)	186.841.200
Emisyon Azaltımı (tonCO ₂ /yıl)	1.448.079
Parasal Hacim (USD/yıl)	14.480.790
Yıllık Net Parasal Hacim (USD/yıl)	555.627.727

Tablo 54'te, yerinde kurulum gerçekleştirildiğinde biyogaz sistemlerinin, ekonomik etkileri parasallaştırılmıştır. Burada emisyon azaltımının yaratacağı kazanç, 10 USD/ton CO₂ olarak ele alınmıştır. İlk yatırım harcamasının %66'sı, her yıl ekonominin parasal olarak genişlemesini sağlayacaktır.

Köy Tipi Sistemler için Ekonomik Analiz

Tablo 55. İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılabilen köy tipi biyogaz sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Birim Maliyet (USD)	Toplam Maliyet (USD)
3	6.288	1.800	11.318.400
5	3.396	2.620	8.897.520
10	12.011	5.080	61.015.880
25	5.456	9.800	53.468.800
50	1.168	55.081	64.334.608
75	467	65.177	30.437.659
100	111	85.054	9.440.994
150	130	105.507	13.715.910
200	26	137.890	3.585.140
250	32	194.010	6.208.320
300	20	220.051	4.401.020
350	8	245.977	1.967.816
400	5	271.788	1.358.940
500	1	323.072	323.072
750	2	449.364	898.728
1000	20	573.042	11.460.840
1500	29	813.171	23.581.959
2000	19	1.044.700	19.849.300
2500	15	1.268.870	19.033.050
3000	17	1.486.920	25.277.640
4000	18	2.183.685	39.306.330
5000	15	2.625.277	39.379.155
6000	5	3.048.041	15.240.205
7000	4	3.455.147	13.820.588
8000	5	3.848.848	19.244.240
9000	3	4.077.613	12.232.839
10000	2	4.807.866	9.615.732
11000	1	5.208.270	5.208.270
12000	1	5.318.297	5.318.297
13000	1	5.664.188	5.664.188
18000	1	7.294.984	7.294.984
19000	1	7.694.011	7.694.011
		TOPLAM	550.594.435

Tablo 55'te, mümkün olan yerlerde köy tipi sistemlerin kurulumu göz önüne alınarak tespit edilen sistem büyüklükleri ve sayıları verilmiştir. Köy tipi sistemlerde alt sınır olarak, 1.000 büyükbaş hayvan atığı kapasiteli, yani 125 kWe gücündeki sistemler baz alınmıştır. Bu durumda dikkat edilecek olursa, ilk yatırım maliyetleri, yerinde kurulum yapılan sistemlerin olduğu senaryoya göre %34 azalarak 550,5 milyon USD olmuştur. Bu beklenen bir durumdur. Çünkü sistem büyüklükleri 2,375 MWe'ye kadar artmıştır. Küçük ve orta ölçekli sistemlerin payı ise %46'ya gerilemiştir. Burada etkilenen orta ölçekli sistemlerdir. Çünkü 50 büyükbaş hayvan sayısından küçük olan işletmelerde, atık toplamak ekonomik olmayacağı için, tesisi sayısı aynı kalmıştır.

Tablo 56'da, bu senaryoda elde edilebilecek ürün ve gelir miktarları verilmiştir. Normal olarak fermente gübre miktarı, yerinde kurulum senaryosuyla aynı büyüklüktedir. Fakat, elektrik enerjisi üretimi %5 artmıştır. Çünkü sistemlerdeki jeneratörlerin elektrik çevrim verimleri, güç arttıkça artmaktadır. 25 kW bir sistemde bu verim değeri, %22-25 aralığında iken 2 MWe gücünde %40'ın üstüne çıkmaktadır. Fakat bu durumda termal verim değeri düştüğü için, kömür ikamesi azalmakta, 296 bin ton/yıl değerine gerilemektedir. Burada da en büyük gelir kalemi, fermente gübre üretimindedir.

Tablo 56. İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılabilir köy tipi biyogaz sistemlerinin yıllık getirileri

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Elektrik Üretimi (kWh/yıl)	Isı Üretimi (kcal/yıl)	Kömür İkamesi (ton/yıl)	Gübre İkamesi (ton/yıl)
3	6.288		38.107.367.616	8.174	16.160
5	3.396		34.301.481.384	7.335	14.535
10	12.011		242.635.508.188	52.008	102.694
25	5.456		275.543.107.664	59.034	116.704
50	1.168	41.994.272	74.636.908.784	15.990	54.113
75	467	25.185.310	44.762.974.598	9.592	33.433
100	111	7.981.677	14.186.124.675	3.040	9.496
150	130	14.021.930	24.921.570.440	5.340	16.682
200	26	3.739.164	6.645.752.100	1.424	4.448
250	32	5.752.576	10.224.234.016	2.191	6.843
300	20	4.602.060	7.420.815.000	1.590	5.131
350	8	2.147.624	3.463.047.000	742	2.392
400	5	1.534.020	2.473.605.000	530	1.710
500	1	419.458	618.401.250	133	428
750	2	1.258.376	1.700.603.438	364	1.283
1.000	20	20.134.000	22.674.712.500	4.859	17.100
1.500	29	38.578.178	49.317.499.702	10.568	38.918
2.000	19	35.522.115	41.515.337.250	8.896	35.223
2.500	15	35.953.560	40.196.081.250	8.613	34.224
3.000	17	48.896.845	54.666.670.500	11.714	52.131
4.000	18	72.482.382	77.176.476.000	16.538	80.597

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Elektrik Üretimi (kWh/yıl)	Isı Üretimi (kcal/yıl)	Kömür İkamesi (ton/yıl)	Gübre İkamesi (ton/yıl)
5.000	15	77.300.160	80.392.162.500	17.227	77.664
6.000	5	30.200.990	32.775.266.250	7.023	43.664
7.000	4	28.187.592	30.590.248.500	6.555	39.953
8.000	5	40.267.990	42.875.820.000	9.188	38.810
9.000	3	27.180.892	28.941.178.500	6.202	48.349
10.000	2	20.133.994	21.437.910.000	4.594	22.776
11.000	1	11.073.697	11.790.850.500	2.527	14.327
12.000	1	12.080.396	12.862.746.000	2.756	11.266
13.000	1	14.021.889	13.398.693.750	2.871	19.425
18.000	1	19.414.923	18.552.037.500	3.975	26.075
19.000	1	19.127.294	20.366.014.500	4.364	29.647
TOPLAM		659.193.364	1.381.171.206.355	295.959	1.016.199
Parasal Karşılık (USD)		50.098.696		85.236.284	203.239.792
Toplam Parasal Karşılık (USD)		338.574.772			

Tablo 57'de, köy tipi sistemlerin kurulması durumunda oluşacak istihdam etkisi verilmiştir. Sistemlerin ölçeklerinin büyümesinden kaynaklı olarak, kurulum ve bakım/onarım sırasında yaratılan istihdam sayısı, bir önceki senaryoya göre gerilemekte, fakat beklenildiği gibi, sistemlerin işletilmesinden kaynaklı istihdam miktarı artmaktadır. Fakat en önemli düşüş dolaylı istihdamda gerçekleşmektedir. Çünkü bu senaryoda, sistem büyüklüklerinin artışına paralel olarak ilk yatırım miktarı düşmektedir. Yerlilik oranı ilk senaryoya göre 5 puan artarak %83 olmasına rağmen, yaratılan istihdamda düşüş önlenememektedir. Köy tipi sistemlerin özelliği, kurulacak enerji kooperatifleri eliyle sürdürülebilirliğinin sağlanma olanağıdır.

Tablo 57. İzmir'de kurulum yapılabilecek köy tipi biyogaz sistemlerinin istihdama etkisi

İstihdam Etkisi	İzmir (Kişi)
DOĞRUDAN	
Kurulum	145
İşletme	1.465
Bakım Onarım	552
DOLAYLI	
İlk Yatırım	3.799
İşletme	3.381
TOPLAM	9.342

Çevresel Etkiler

1- Atıklardan kaynaklanan mevcut emisyonun giderimi: Köy tipi sistemlerin kurulması durumunda, bu kalem altındaki emisyonlarda, atıkların bulunduğu yerlerde sistemlerin kurulumu sırasında oluşan emisyon miktarı değişmemektedir. Bu nedenle CO₂ emisyon azaltımı;

TOPLAM = 416.687 tonCO₂/yıl olarak karşımıza çıkmaktadır.

2- Enerji üretimi yönünden giderilen emisyonun tespiti: Bu senaryoda da, yerinde kurulum yapılan tesislerde izlenen yol izlenmiş ve aynı kabuller yapılmıştır.

Köy tipi biyogaz sistemlerinin kurulması durumunda elde edilecek elektrik enerjisi, 659.193.364 kWh/yıl olarak bulunmuştur. Bu elektrik enerjisinin şebekeden kullanılması durumunda oluşacak CO₂ emisyonu;

$$659.193.364 \text{ kWh} \times 0,475 \text{ kg/kWh} = \mathbf{313.116.848 \text{ kgCO}_2/\text{yıl}}$$

$$= \mathbf{313.117 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}}$$

olarak bulunur.

Aynı hesaplamalarda elde edilecek ısı enerjisinin karşılığında yakılması gereken kömür miktarı ise 295.959 ton/yıl olarak karşımıza çıkmaktadır. Buradan hareketle CO₂ emisyonu;

$$295.959 \text{ ton/yıl} \times 2,87 \text{ tonCO}_2/\text{ton} = \mathbf{849.402 \text{ ton CO}_2/\text{yıl}}$$

olarak bulunur. Böylece İzmir için toplam CO₂ emisyonu;

1.162.519 ton CO₂/yıl olarak karşımıza çıkmaktadır.

3- Biyogaz sistemlerinin kurulması sırasında oluşan emisyonlar: Bu bölümde de küçük ve orta ölçekli biyogaz sistemleri için, günlük üretilen biyogaz baz alınmış, 1 m³/gün üretim değeri için 275 kg CO₂ emisyonunun kurulum aşamasında salındığı varsayılmıştır. Sistem ömrü 20 yıl alınarak, bu değer hesaplamalara aktarılmıştır. Büyük ölçekli sistemlerde ise, 1 kWe kurulu güç için kurulum sırasındaki emisyon miktarı 263 kg CO₂ olarak ele alınmış ve yine sistem ömrü 20 yıl olarak varsayılmıştır. Bu varsayımlar altında, köy tipi biyogaz sistemlerinin kurulması aşamasında yapılan hesaplamalar, Tablo 58'de özetlenmiştir.

Tablo 58. İzmir'de, köy tipi biyogaz sistemlerinin kurulması aşamasında ortaya çıkan CO₂ emisyon değerleri

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Biyogaz Üretimi (m ³ /gün)	Elektrik Üretim Gücü (kWe)	Kurulum Toplam CO ₂ Emisyonu (ton)	Yıllık CO ₂ Emisyonu (ton/yıl)
3	6.288	3.375	-	5.836	292
5	3.396	5.625	-	5.253	263
10	12.011	11.250	-	37.159	1.858
25	5.456	28.125	-	42.199	2.110
50	1.168	56.250	-	18.068	903
75	467	84.375	-	10.836	542
100	111	112.500	-	3.434	172

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Biyogaz Üretimi (m ³ / gün)	Elektrik Üretim Gücü (kWe)	Kurulum Toplam CO ₂ Emisyonu (ton)	Yıllık CO ₂ Emisyonu (ton/yıl)
150	130	168.750	-	6.033	302
200	26	225.000	-	1.609	80
250	32	-	22	185	9
300	20	-	27	142	7
350	8	-	33	69	3
400	5	-	42	55	3
500	1	-	52	14	1
750	2	-	85	45	2
1.000	20	-	125	658	33
1.500	29	-	188	1.434	72
2.000	19	-	250	1.249	62
2.500	15	-	313	1.235	62
3.000	17	-	375	1.677	84
4.000	18	-	500	2.367	118
5.000	15	-	625	2.466	123
6.000	5	-	750	986	49
7.000	4	-	875	921	46
8.000	5	-	1.000	1.315	66
9.000	3	-	1.125	888	44
10.000	2	-	1.250	658	33
11.000	1	-	1.375	362	18
12.000	1	-	1.500	395	20
13.000	1	-	1.625	427	21
18.000	1	-	2.250	592	30
19.000	1	-	2.375	625	31
				TOPLAM	7.459

4- Sistemlerin işletilmesi sırasında oluşan emisyonlar: Burada da, üretilen metan miktarının %8 kayıp değeri hesaplara eklenmiştir. Ayrıca, atık taşımadan kaynaklı emisyonlar km başına 900 gr. CO₂ emisyonu olarak ele alınmış, ortalama 4 km yarıçapında atık taşındığı varsayılmıştır. Üretilen biyogazın %55 CH₄ içerdiği kabul edilmiştir.

Tüm bu varsayımlar ışığında yapılan hesaplamaların sonucu şu şekildedir:

Köy tipi biyogaz sistemlerinin kurulması durumunda, sistemlerin işletilmesinden ortaya çıkan CO₂ emisyonu, 294.938 tonCO₂/yıl olarak aynı kalmaktadır. Fakat burada, ortalama 4 km yarıçapında atık taşınması söz konusudur.

Bu durumda, atık taşımadan oluşan CO₂ emisyonu;

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = 1.944.720 \text{ km/yıl} \times 0,9 \text{ kg CO}_2/\text{km} = \mathbf{1.750 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}}$$

olarak bulunur. Böylece İzmir için toplam CO₂ emisyonu;

TOPLAM = **296.688 tonCO₂/yıl** olarak karşımıza çıkmaktadır.

Her bir kalemde bulunan emisyon değerlerinden yola çıkılarak, emisyon envanterleri çıkarılmıştır. Tablo 59'da, İzmir'de, köy tipi biyogaz sistemlerinin kurulması durumunda ulaşılan veriler özetlenmiştir.

Tablo 59. İzmir için köy tipi biyogaz sistemlerinin kurulmasıyla oluşacak CO₂ azaltımı

Atıklardan kaynaklanan emisyonun giderim değerleri (tonCO ₂ /yıl)	416.687
Elektrik ve ısı enerjisi üretimi ile azaltılan emisyon değerleri (tonCO ₂ /yıl)	1.162.519
Sistemlerin kurulmasından kaynaklanan emisyon değerleri (tonCO ₂ /yıl)	7.459
Sistemlerin işletilmesinden kaynaklanan emisyon değerleri (tonCO ₂ /yıl)	296.688
NET TOPLAM (tonCO₂/yıl)	1.275.059

Köy tipi sistemlerin kurulması durumunda emisyon giderimi, yerinde kurulum senaryosuna göre %12 gerilese de, yine önemli bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 60'da, köy tipi sistemlerin hayata geçirilmesiyle oluşacak parasal hacim genişlemesi verilmiştir. Yıllık 500 milyon USD'ye yakın bu değer, ilk ya-

tırım maliyetinin %90'ının üzerindedir. Bu nedenle, İzmir'de biyogaz sistemlerinin yaygınlaştırılmasında köy tipi sistemlerin gündeme alınması ve gerekli alt yapının sağlanması büyük önem taşımaktadır.

Ekonomik Etkiler

Tablo 60. İzmir için köy tipi biyogaz sistemlerinin yıllık net parasal hacmi

İlk Yatırım Maliyeti (USD)	550.594.435
Elektrik Üretimi (kWh/yıl)	659.193.364
Parasal Hacim (USD/yıl)	50.098.696
Isı Enerjisi Üretimi (milyon kcal/yıl)	1.381.171
Parasal Hacim (USD/yıl)	85.236.284
Fermente Gübre Üretimi (ton/yıl)	1.016.199
Parasal Hacim (USD/yıl)	203.239.792
İstihdam Yaratımı (kişi)	9.342
Parasal Hacim (USD/yıl)	145.735.200
Emisyon Azaltımı (tonCO ₂ /yıl)	1.275.059
Parasal Hacim (USD/yıl)	12.750.590
Yıllık Net Parasal Hacim (USD/yıl)	497.060.562

Merkezi Sistemler İçin Ekonomik Analiz

Bu başlık altında, ilçelere göre mümkün olan yerlerde merkezi biyogaz sistemlerinin kurulumu senaryolaştırılmıştır. Bu sistemlerin kurulumu durumunda, 20-25 km atık taşıma söz konusu olacaktır.

Bu senaryoda kurulum potansiyeli olan biyogaz sistemlerinin sayısı ve kapasiteleri, Tablo 61'de verilmiştir.

Tablo 61. İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılacak merkezi biyogaz sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Birim Maliyet (USD)	Toplam Maliyet (USD)
3	6.288	1.800	11.318.400
5	3.396	2.620	8.897.520
10	12.011	5.080	61.015.880
25	5.456	9.800	53.468.800
50	159	55.081	8.757.879
75	81	65.177	5.279.337
100	20	85.054	1.701.080
150	19	105.507	2.004.633
200	4	137.890	551.560
250	3	194.010	582.030
300	1	220.051	220.051
350	1	245.977	245.977
400	1	271.788	271.788
750	1	449.364	449.364
1000	3	573.042	1.719.126
1500	3	813.171	2.439.513
2000	1	1.044.700	1.044.700
2500	1	1.268.870	1.268.870
8000	1	3.848.848	3.848.848
16000	1	6.660.650	6.660.650
17000	1	6.980.569	6.980.569
21000	1	8.208.112	8.208.112
26000	1	9.643.176	9.643.176

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Birim Maliyet (USD)	Toplam Maliyet (USD)
27000	1	9.918.783	9.918.783
30000	1	10.725.306	10.725.306
36000	1	12.256.615	12.256.615
78000	1	20.916.595	20.916.595
82000	1	21.605.775	21.605.775
101000	1	24.643.769	24.643.769
195000	1	35.583.645	35.583.645
		TOPLAM	332.228.353

Tablo 61'den de görüleceği gibi, toplam yatırım tutarı, yerinde kurulum senaryosuna göre %60, köy tipi sistemlerin kurulması durumuna göre ise %40 azalarak 333 milyon USD seviyesine gerilemiştir. Sistem kapasitelerinin büyümesinden kaynaklanan bu durum normaldir. Bu yatırım tutarında, yerli sanayinin oranı ise %73'dür. Biyogaz depolama membranları, otomasyon, kojenerasyon motoru gibi ürünler, yurt dışına bağımlı olduğumuz kalemlerdir. Oysa bahsi geçen ekipmanların, yurt içinde yapılabilmesi için gerekli teknolojik bilgi ve imkân bulunmaktadır. Hatta gaz motorlarında, bu konuda önemli girişimler sağlanmış ve kojenerasyon ünitelerinin %95 oranında millileştirilmesi için adımlar atılmıştır. Membran üretimi amacıyla 2005 yılında Bursa'da başlatılan çalışmalar, o yıllarda iç pazarın olmaması nedeniyle sekteye uğramıştır. Bu ekipmanların yerli üretimi konusunda iyi örneklerden birisi, İzmirli bir firmanın İzmir Kalkınma Ajansı'ndan aldığı destekle ex-proff blowerlar üretimine başlamasıdır. Bu çalışmalara hız kazandırılırsa, %73 olan yerlilik oranı, rahatlıkla %95 seviyesine getirilebilir.

Tablo 62, merkezi sistemlerin kurulması durumunda elde edilecek ürünlerin miktarını ve parasal değerini vermektedir. Fermente gübre miktarı ve geliri değişmezken, elektrik üretimi, yerinde kurulumla göre, %6 artış göstermiştir. Burada en dikkat çekici husus, 1 yılda elde edilebilecek gelirin, toplam yatırım miktarının %100'üne denk gelmesidir. Bu oran köy tipi sistemler için %62, yerinde kurulum senaryosu için ise sadece %42'dir. Ancak bu sistemlerin kurulumu sırasında, ısı enerjisinin ve fermente gübrenin kullanılabilirliği araştırılması gereklidir. Aksi durumda, sadece elektrik enerjisi üretimi söz konusu olduğunda bu oran %16 seviyelerine gerileyecek, bu da sistemlerin ekonomik yönden cazip bir yatırım olmasını engelleyecektir. Diğer önemli bir husus da, yatırımlara başlamadan önce nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesinin sağlanması ve teknolojik bilgi seviyesinin artırılması gerekliliğidir. Merkezi sistemlerin kurulması yanında, verimli bir şekilde işletilmesi ve sürdürülebilirliği büyük önem taşımaktadır.

Tablo 62. İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarıyla çalıştırılacak merkezi biyogaz sistemlerinin yıllık getirileri

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Elektrik Üretimi (kWh/yıl)	Isı Üretimi (kcal/yıl)	Kömür İkamesi (ton/yıl)	Gübre İkamesi (ton/yıl)
3	6.288		38.107.367.616	8.174	16.160
5	3.396		34.301.481.384	7.335	14.535
10	12.011		242.635.508.188	52.008	102.694
25	5.456		275.543.107.664	59.034	116.704
50	159	5.716.686	10.160.332.617	2.177	7.366
75	81	4.368.330	7.764.027.714	1.664	5.799
100	20	1.438.140	2.556.058.500	548	1.711
150	19	2.049.359	3.642.383.372	781	2.438
200	4	575.256	1.022.423.400	219	684
250	3	539.304	958.521.939	205	641
300	1	230.103	371.040.750	80	257
350	1	268.453	432.880.875	93	299
400	1	306.804	494.721.000	106	342
750	1	629.188	850.301.719	182	642
1.000	3	3.020.100	3.401.206.875	729	2.565
1.500	3	3.990.846	5.101.810.314	1.093	4.026
2.000	1	1.869.585	2.185.017.750	468	1.854
2.500	1	2.396.904	2.679.738.750	574	2.282
8.000	1	8.053.598	8.575.164.000	1.838	7.562
16.000	1	16.107.196	17.150.328.000	3.675	15.124
17.000	1	17.113.896	18.222.223.500	3.905	16.069

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Elektrik Üretimi (kWh/yıl)	Isı Üretimi (kcal/ yıl)	Kömür İkamesi (ton/yıl)	Gübre İkamesi (ton/yıl)
21.000	1	21.140.695	22.509.805.500	4.824	19.850
26.000	1	26.174.194	27.869.283.000	5.972	24.577
27.000	1	27.180.893	28.941.178.500	6.202	25.528
30.000	1	30.200.993	32.156.865.000	6.891	28.398
36.000	1	36.241.191	38.588.238.000	8.269	34.029
78.000	1	78.522.581	83.607.849.000	17.916	83.730
82.000	1	82.549.380	87.895.431.000	18.835	97.511
101.000	1	101.676.675	108.261.445.500	23.199	98.470
195.000	1	196.306.451	209.019.622.500	44.790	284.354
Toplam		668.666.799	1.315.005.363.927	281.784	1.016.199
Parasal Karşılık (USD)		50.818.677		81.153.709	203.239.792
Toplam Parasal Karşılık (USD)		335.212.178			

Tablo 63'te, merkezi sistemlerin istihdam yaratma gücü görülmektedir. Sistem boyutlarının 24 MWe gücüne kadar çıkması, otomasyonun yoğun olarak kullanılmasını, buna bağlı olarak da işletme sırasın-da yaratılacak istihdam miktarının azalmasını getirmektedir. Ayrıca ilk yatırım maliyetlerindeki düşüş, yerlilik oranlarındaki düşüşle birleşince, dolaylı istih-damda da önemli bir azalma söz konusudur.

Tablo 63. İzmir'de merkezi biyogaz sistemlerinin
istihdama etkisi

İstihdam Etkisi	İzmir (Kişi)
DOĞRUDAN	
Kurulum	88
İşletme	346
Bakım Onarım	379
DOLAYLI	
İlk Yatırım	2.340
İşletme	798
TOPLAM	3.951

Çevresel Etkiler

1- Atıklardan kaynaklanan mevcut emisyonun giderim miktarı: Merkezi tip sistemlerin kurulması durumunda, bu kalem altındaki emisyonlarda, atıkların bulunduğu yerlerde sistemlerin kurulumu sırasında oluşan emisyon miktarı değişmemektedir. Bu nedenle CO₂ emisyon azaltımı;

$$\text{TOPLAM} = 416.687 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}$$

olarak karşımıza çıkmaktadır.

2- Enerji üretimi yönünden giderilen emisyonun tespiti: Merkezi tip biyogaz sistemlerinin kurulması durumunda elde edilecek elektrik enerjisi, 668.666.799 kWh/yıl olarak bulunmuştur. Bu elektrik enerjisinin şebekeden kullanılması durumunda oluşacak CO₂ emisyonu;

$$668.666.799 \text{ kWh} \times 0,475 \text{ kg/kWh} = 317.616.730 \text{ kgCO}_2/\text{yıl} = 317.617 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}$$

olarak bulunur.

Elde edilecek ısı enerjisinin karşılığında yakılması gereken kömür miktarı ise, 281.784 ton/yıl olarak karşımıza çıkmaktadır.

Buradan hareketle CO₂ emisyonu;

$$281.784 \text{ ton/yıl} \times 2,87 \text{ tonCO}_2/\text{ton} = 808.720 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}$$

olarak bulunur. Böylece İzmir için toplam CO₂ emisyonu;

$$1.126.337 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}$$

olarak karşımıza çıkmaktadır.

3- Biyogaz sistemlerinin kurulması sırasında oluşan emisyonlar: Bu bölümde de, küçük ve orta ölçekli biyogaz sistemleri için günlük üretilen biyogaz baz alınmış, 1 m³/gün üretim değeri için 275 kg CO₂ emisyonunun kurulum aşamasında salındığı varsayılmıştır. Sistem ömrü 20 yıl alınarak, bu değer hesaplamalara aktarılmıştır. Büyük ölçekli sistemlerde ise 1 kWe kurulu güç için kurulum sırasındaki emisyon miktarı, 263 kg CO₂ olarak ele alınmış ve yine sistem ömrü 20 yıl olarak varsayılmıştır. Bu varsayımlar altında, merkezi tip biyogaz sistemlerinin kurulması aşamasında yapılan hesaplamalar, Tablo 64'te özetlenmiştir.

Tablo 64. İzmir'de, merkezi tip biyogaz sistemlerinin kurulması aşamasında ortaya çıkan CO₂ emisyon değerleri

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Biyogaz Üretimi (m ³ /gün)	Elektrik Üretim Gücü (kWe)	Kurulum Toplam CO ₂ Emisyonu (ton)	Yıllık CO ₂ Emisyonu (ton/yıl)
3	6.288	3.375	-	5.836	292
5	3.396	5.625	-	5.253	263
10	12.011	11.250	-	37.159	1.858
25	5.456	28.125	-	42.199	2.110
50	159	56.250	-	2.460	123
75	81	84.375	-	1.879	94
100	20	112.500	-	619	31
150	19	168.750	-	882	44
200	4	225.000	-	248	12
250	3	-	22	17	1

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Sistem Sayısı (Adet)	Biyogaz Üretimi (m ³ / gün)	Elektrik Üretim Gücü (kWe)	Kurulum Toplam CO ₂ Emisyonu (ton)	Yıllık CO ₂ Emisyonu (ton/yıl)
300	1	-	27	7	0
350	1	-	33	9	0
400	1	-	42	11	1
750	1	-	85	22	1
1.000	3	-	125	99	5
1.500	3	-	188	148	7
2.000	1	-	250	66	3
2.500	1	-	313	82	4
8.000	1	-	1.000	263	13
16.000	1	-	2.000	526	26
17.000	1	-	2.125	559	28
21.000	1	-	2.625	690	35
26.000	1	-	3.250	855	43
27.000	1	-	3.375	888	44
30.000	1	-	3.750	986	49
36.000	1	-	4.500	1.184	59
78.000	1	-	9.750	2.564	128
82.000	1	-	10.250	2.696	135
101.000	1	-	12.625	3.320	166
195.000	1	-	24.375	6.411	321
				TOPLAM	5.897

4- Sistemlerin işletilmesi sırasında oluşan emisyonlar: Merkezi tip biyogaz sistemlerinde de, üretilen metan miktarının %8 kayıp değeri hesaplara eklenmiştir. Ayrıca, atık taşımadan kaynaklı emisyonlar km başına 900 gr. CO₂ emisyonu olarak ele alınmış ve ortalama 20 km yarıçapında atık taşındığı varsayılmıştır. Üretilen biyogazın, %55 CH₄ içerdiği kabul edilmiştir. Tüm bu varsayımlar ışığında yapılan hesaplamaların sonucu şu şekildedir:

Merkezi tip biyogaz sistemlerinin kurulması durumunda, sistemlerin işletilmesinden ortaya çıkan CO₂ emisyonu, 294.938 tonCO₂/yıl olarak aynı kalmaktadır. Fakat burada, ortalama 20 km yarıçapın-

da atık taşınması söz konusudur. Bu durumda, atık taşımadan oluşan CO₂ emisyonu;

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = 11.202.288 \text{ km/yıl} \times 0,9 \text{ kg CO}_2/\text{km} = \mathbf{10.082 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}}$$

olarak bulunur. Böylece İzmir için toplam CO₂ emisyonu **305.020 tonCO₂/yıl** olarak karşımıza çıkmaktadır.

Her bir kalemde bulunan emisyon değerlerinden yola çıkılarak, emisyon envanterleri çıkarılmıştır. Tablo 65'te, İzmir'de, merkezi tip biyogaz sistemlerinin kurulması durumunda ulaşılan veriler özetlenmiştir.

Tablo 65. İzmir için merkezi tip biyogaz sistemlerinin kurulmasıyla oluşacak CO₂ azaltımı

Atıklardan kaynaklanan emisyonun giderim değerleri (tonCO ₂ /yıl)	416.687
Elektrik ve ısı enerjisi üretimi ile azaltılan emisyon değerleri (tonCO ₂ /yıl)	1.126.337
Sistemlerin kurulmasından kaynaklanan emisyon değerleri (tonCO ₂ /yıl)	5.897
Sistemlerin işletilmesinden kaynaklanan emisyon değerleri (tonCO ₂ /yıl)	305.020
NET TOPLAM (tonCO₂/yıl)	1.232.107

Ekonomik Etkiler

Tablo 66'da, merkezi sistemlerin ekonomiye etkileri parasallaştırılmıştır.

Tablo 66. İzmir için merkezi tip biyogaz sistemlerinin yıllık net parasal hacmi

İlk Yatırım Maliyeti (USD)	332.228.353
Elektrik Üretimi (kWh/yıl)	668.666.799
Parasal Hacim (USD/yıl)	50.818.677
Isı Enerjisi Üretimi (milyon kcal/yıl)	1.315.005
Parasal Hacim (USD/yıl)	81.153.709
Fermente Gübre Üretimi (ton/yıl)	1.016.199
Parasal Hacim (USD/yıl)	203.239.792
İstihdam Yaratımı (kişi)	3.951
Parasal Hacim (USD/yıl)	61.635.600
Emisyon azaltımı (tonCO ₂ /yıl)	1.232.107
Parasal Hacim (USD/yıl)	12.321.070
Yıllık Net Parasal Hacim (USD/yıl)	409.168.848

Burada en çarpıcı durum, sistemlerin işletilmesiyle birlikte 1 yılda toplam yatırım miktarının 1,23 katı büyüklükte bir parasal genişlemenin sağlanmasıdır. Fakat bu parasal genişlemenin %70'ini, fermente

gübre ve ısı enerjisi üretimi sağlamaktadır. Bu nedenle, her iki ürünün maksimum düzeyde kullanılabilmesi önemlidir.

ÖRNEK FİZİBİLİTE ÇALIŞMALARI

Örnek Fizibilite Çalışması #1

Kiraz 9,75 MWe Biyogaz Trijenerasyon ve 30 Dönüm Sera Entegre Tesisi Fizibilite Raporu

Bu örnek çalışmada, Kiraz ilçesinde kurulabilecek 9,75 MWe kapasiteli biyogaz trijenerasyon sistemi ve 30 dönümlük alan üzerine entegre edilebilecek sera tesisinin fizibilitesi incelenmiştir. Çalışmada biyogaz sisteminin bileşenleri, proses tarifi, elde edilecek biyogaz ve enerji denklıkları ile maliyet ve getirileri üzerinde durulmuştur.

1) Proses Tarifi

A.Biyogaz Tesisi Üniteleri

Kiraz İlçesi için tasarlanan ve akış şeması, Şekil 37'de verilen Biyogaz Tesisi aşağıdaki ünitelerden oluşmaktadır:

Biyogaz Üretim Üniteleri

- Besleme (Ön Dengeleme) Havuzu
 - 16 adet Biyogaz Reaktörü
 - 16 adet Post Reaktör
 - 4 adet Hijyenizasyon Ünitesi
 - 4 adet Bitkisel Atık Besleme Ünitesi
 - Bitkisel Atık Deposu
 - 5 adet Lagün

Biyogaz Depolama ve Şartlandırma Üniteleri

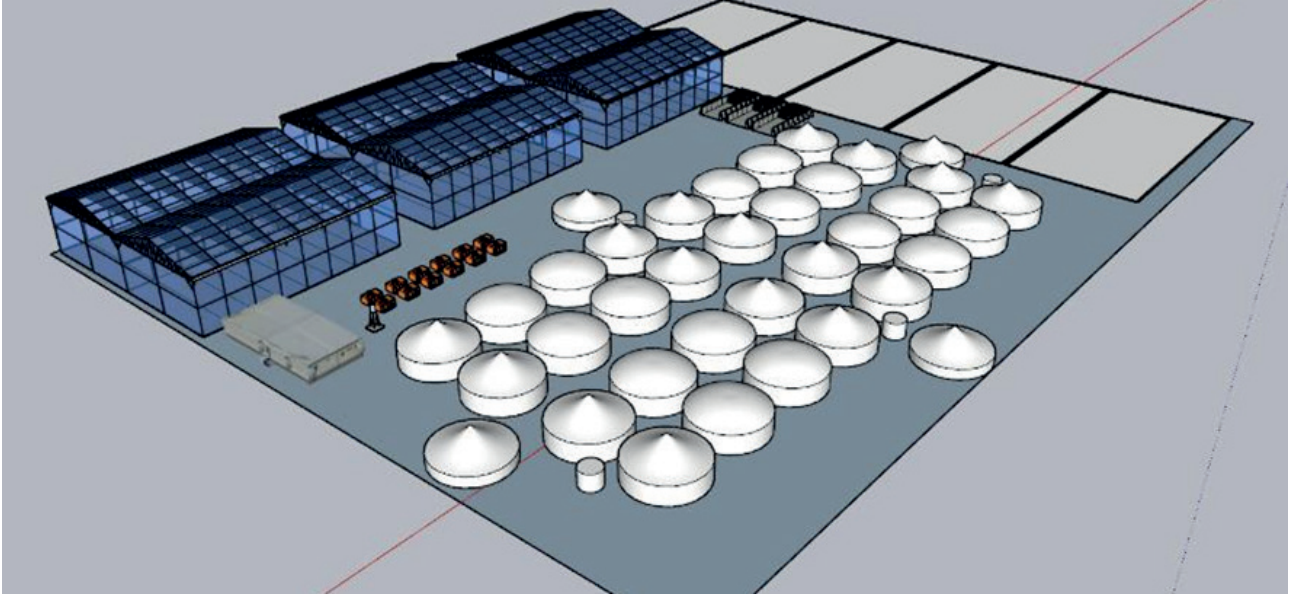
- Biyogaz Deposu (16 Adet – Biyogaz Reaktörlerine Entegre)
- Son Ürün Biyogaz Toplama Balonu (16 Adet-Post Reaktörlere Entegre)
- Biyolojik Desülfirizasyon Ünitesi
- Biyogaz Yakma Bacası

Enerji Ünitesi

- Trijenerasyon Sistemi

B. Biyogaz Sistemi Tarifi

Şekil 37. Biyogaz tesisi şeması



Şekil 37'de tesis şeması verilen biyogaz tesisi, Kiraz'ın ilçelerinde bulunan 50 ve üzeri büyükbaş hayvana sahip ahırlardan alınan hayvan atığı ile işletilecektir. Ahırlardan alınan atıklar, vidanjörler aracılığıyla dört adet ön dengeleme (besleme) havuzlarına aktarılacaktır. Ön dengeleme havuzlarında katı madde miktarı %10'a getirilen atıklar, dalgıç karıştırıcılar yardımıyla karıştırılacak, bu şekilde çökelmeler önlenerek, atığın homojen olması sağlanacaktır. Ön dengeleme havuzlarından iki ayrı monopomp ile basılan bu karışım, debimetre ile debisi ölçülerek hatta verilebilecektir. Biyogaz reaktörlerine basılan atık, reaktör içerisinde bulunan 4 adet karıştırıcı tarafından karıştırılacak ve trijenerasyon ünitesinden alınan sıcak suyun sirküle edildiği ısıtma boruları ile belirlenen çalışma sıcaklığına kadar ısıtılacaktır. Reaktörlere hidrojen sülfür (H_2S) oluşumunu azaltmak amacıyla, azami oksijen (O_2) konsantrasyonu %0,5 olacak şekilde hava verilecektir. Reaktörler içerisindeki atık, pompa yardımıyla basma kolektörüne ve oradan post fermentöre aktarılacaktır. Bu şekilde atık, otomasyon ve pnomatik aktüatörlü vanalar aracılığıyla istenilen hatta debileri ölçülerek basılabilecektir. Post fermentörde depolanan fermente gübre dalgıç pomplar ile vidanjörlere basılacak ve tarlalarda kullanılacaktır. Gübre kullanımının düşük olduğu zaman ise, üstü membranla örtülü 5 adet lagüne gönderilecektir.

Reaktörlerden elde edilen biyogaz, her bir reaktöre entegre olan çift membranlı gaz deposunda depolanacaktır. İç ve dış membrandan oluşan bu depoda, reaktör basıncının sabit tutulması amacıyla iki membran arasına hava basılacaktır. Gaz depoları birbirine paralel bağlanacaktır. Buradan alınan biyogaz, köpük giderici ve kondens tutucudan geçirilecektir. Kullanımdan önce biyolojik desülfürizasyon ünitesinde H_2S miktarı 200 ppm seviyesine düşürülen biyogaz, debisi ölçülerek bir fan yardımıyla basınçlandırılıp, kullanılmak üzere trijenerasyon ünitesine iletilecektir. Aynı şekilde, üzeri tek membranla kapatılmış olan post reaktörlerde oluşan biyogaz, reaktörlerde oluşan biyogaz ile aynı yolu izleyerek trijenerasyon ünitesine ulaşacaktır. Sistemde bir sorun olması durumunda, biyogaz yakma bacasına iletilecektir. Trijenerasyon ünitesinde biyogaz kullanılarak elektrik ve ısı enerjisi üretilenmektedir. Elde edilen ısı enerjisi, biyogaz ve hijyenizasyon reaktörlerinin ısı ihtiyacı için kullanılacak, artanı ise sera ısıtmada değerlendirilecektir. Yaz aylarında ise, absorpsiyonlu soğutma sisteminde soğutma suyu elde edilecek ve seralarda soğutma amaçlı kullanılacaktır. Elektrik enerjisi ise şebekeye verilecektir.

Sistemin projelendirilmesinde, 4 adet 60 m³/h kapasiteli bitkisel atık besleme ünitesine de yer verilmiştir. Bunun nedeni, hayvansal atıkların tedariğinde sorun yaşandığında belli oranlarda bitkisel atıkların reaktörlerle beslenebilmesine imkan sağlamaktır. Bu şekilde, üretimde kesinti engellenecektir. Yine üretim kesintisini önlemek amacıyla, kojenerasyon üniteleri 12 adet 1 MWe olacak şekilde seçilmiş, 2 adetinin yedek olarak bekletilmesi düşünülmüştür. Ayrıca bu durumda, biyogaz üretiminin %20'lik bir artışı söz konusu olduğunda da bu yedek üniteler devreye girecek ve sistemin toplam verim değerini arttıracaktır.

C. Toplam Atık Miktarının Hesaplanması

Tesiste, ilçede bulunan çiftliklerdeki 78.000 büyükbaş hayvanın atığı kullanılacaktır. Günlük toplam atık miktarının hesaplanmasında, hayvan başına atık miktarı 30 kg/gün olarak alınmıştır. Buna göre günlük atık miktarı;

$$\text{Atık Miktarı} = 78.000 \text{ adet} \times 30 \text{ kg/adet.gün} = \mathbf{2.340.000 \text{ kg/gün}} = 2.340 \text{ ton/gün}$$

olarak bulunur.

$$\text{Katı Madde Miktarı} = 2.340 \text{ ton/gün} \times 0,15 = \mathbf{351 \text{ ton/gün}}$$

olarak karşımıza çıkmaktadır.

Reaktör içerisindeki atıkların TK dizayn değeri %10'dur. Bu nedenle, atıkların sulandırılması gerekmektedir. Bu gereksinim, ahırlarda kullanılan yıkama suyu ile düşecek ve ön dengeleme havuzunda gerektiğinde su ilave edilerek katı madde miktarı %10 seviyesinde tutulacaktır. Eklenerek su miktarı maksimum;

$$\text{Su Miktarı} = (351 \text{ ton/gün} \div 0,10) - 2.340 \text{ ton/gün} = \mathbf{1.170 \text{ ton/gün}}$$

olmalıdır. Suyun yoğunluğunun 1.000 kg/m³ olduğu göz önüne alındığında, reaktöre günlük beslenecek hacimsel atık miktarının değeri;

$$\text{Kullanılacak Hacimsel Atık Miktarı} = 2.340 \text{ m}^3/\text{gün} + 1.170 \text{ m}^3/\text{gün} = \mathbf{3.510 \text{ m}^3/\text{gün}}$$

olarak hesaplanır. Biyogaz üretiminde önemli bir parametre de toplam uçucu katı madde (UK) miktarıdır. Bu değer %88 olarak hesaplara dahil edildiğinde, kullanılabilir UK miktarı;

$$\text{Uçucu Katı Madde Miktarı} = 351 \text{ ton/gün} \times 0,83 = \mathbf{291,33 \text{ ton/gün}}$$

olarak bulunur.

2) Proses Tasarımı

A. Ön Dengeleme Tankı Boyutları

Ön dengeleme havuzunun hacminin belirlenmesinde, günlük olarak biyogaz reaktörüne beslenecek maddenin hacimsel miktarı göz önüne alınır. Vidanjörle taşıma göz önüne alındığında, sistem işleyişinde sorun yaşanmaması için kullanılabilir havuz hacmi, günlük atık miktarının minimum 5 katı olacak şekilde seçilmiştir. Buna göre;

$$\text{Kullanılabilir Ön Dengeleme Tankı Hacmi} = 5 \times 3510 \text{ m}^3 = \mathbf{17.550 \text{ m}^3}$$

olarak bulunur. Bu hacmin büyüklüğü ve tüm reaktörlere rahat erişim düşünüldüğünden, besleme tankı sayısı 4'e çıkarılmıştır. Tankın çapı 35 m olarak alındığında, kullanılabilir tank yüksekliği 4,6 m olarak hesaplanır. Ön dengeleme tankı toplam hacmine, kullanılabilir hacme hava payının (0,5 metre ilave yükseklik) eklenmesiyle ulaşılır. Elde edilen minimum havuz boyutları, Tablo 67'de verilmiştir.

Tablo 67. Ön dengeleme tankı boyutları

Tank çapı (m)	35
Tank yüksekliği (m)	5,1
Toplam hacim (m ³)	4.904,29
Kullanılabilir havuz yüksekliği (m)	4,5
Kullanılabilir hacim (m)	4.423,48

B. Biyogaz Reaktörü Boyutları

Reaktör boyutunun hesaplanmasında en önemli faktör, bekletme süresinin belirlenmesidir. Uçucu katı gideriminin %85–90 olduğu gün sayısı, bekletme süresini verir. Tesisin mezofilik bölgede ve sıgır atığıyla çalıştığı göz önüne alınarak, bekletme süresi 35 gün olarak seçilmiştir. Günlük hacimsel atık miktarı göz önüne alındığında, kullanılabilir reaktör hacmi;

$$\text{Rektör Hacmi} = 3510 \text{ m}^3/\text{gün} \times 35 \text{ gün} = \mathbf{122.850 \text{ m}^3}$$

olarak elde edilir. Hacmin büyüklüğü nedeniyle reaktör sayısı arttırılmış ve 16 adet reaktör düşünülmüştür.

Böylece her bir reaktör hacmi;

$$\text{Birim Rektör Hacmi} = 122.850 \text{ m}^3 \div 16 \text{ adet} = \mathbf{7.678,12 \text{ m}^3}$$

olarak belirlenmiştir. Reaktör çapı 35 m olarak seçildiğinde, kullanılabilir reaktör yüksekliğinin ise 8 m olduğu görülmektedir. Reaktör boyutlarının belirlenmesinde diğer bir faktör ise, reaktör üzerinde bırakılacak boşluğun tespit edilmesidir. Genel yaklaşım, sıvı seviyesinin üzerinde 0,5 – 1,0 m boşluk bırakılması şeklindedir. Sistem tasarımında bu değer, 1 m olarak alınarak reaktör yüksekliği 9 m'ye tamamlanmıştır. Bu şekilde, bekletme süresindeki veya atık miktarındaki küçük değişimler karşılanabilecektir. Bu durumda, toplam birim reaktör hacmi 8.654,63 m³ olarak bulunur. Elde edilen reaktör boyutları, Tablo 68'de gösterilmiştir.

Tablo 68. Her bir biyogaz reaktörünün boyutları

Reaktör çapı (m)	35
Reaktör yüksekliği (m)	9
Toplam reaktör hacmi (m ³)	8.654,63
Kullanılabilir reaktör yüksekliği (m)	8
Kullanılabilir reaktör hacmi (m ³)	7.693

C. Reaktör Katı Madde ve Uçucu Katı Madde Yükleme

Reaktör hacmi başına katı ve uçucu katı madde yükleme değerleri, biyogaz üretimi için önemlidir. Kurulacak olan biyogaz tesisinin, kullanılabilir hacim başına katı madde yükleme değeri;

$$\text{Katı Madde Yükleme} = 351.000 \text{ kg/gün} \div (16 \times 7693) \text{ m}^3 = \mathbf{2,85 \text{ kg/m}^3.\text{gün}}$$

olarak bulunur. Uçucu katı madde yükleme değeri ise;

$$\text{Uçucu Katı Madde Yükleme} = 291.330 \text{ kg/gün} \div (16 \times 7693) \text{ m}^3 = \mathbf{2,37 \text{ kg/m}^3.\text{gün}}$$

değeriyle kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

D. Günlük Biyogaz Üretiminin Hesaplanması

Beklenen günlük biyogaz üretiminin hesaplanabilmesi için, 35 günlük bekletme süresinde giderilen UK miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu raporda, 35. günde %90 giderimin sağlandığı ve UK giderim veriminin %55 olduğu göz önüne alınmıştır.

Kurulacak olan tesiste, günlük olarak işlenecek UK miktarı 231,33 tondur. Buradan giderilen UK miktarı;

$$\text{Uçucu Katı Madde Giderimi} = 231.330 \text{ kg/gün} \times 0,55 = \mathbf{160.232 \text{ kg/gün}}$$

olarak elde edilir. Metan oluşumu giderilen kg UK başına 350 litre olarak alındığında günlük metan (CH_4) üretimi;

$$\text{Metan Üretimi} = 160.232 \text{ kg/gün} \times 0,35 \text{ m}^3/\text{kg} = \mathbf{56.081,025 \text{ m}^3/\text{gün}}$$

olarak bulunur. Deneyimler, biyogaz içerisindeki CH_4 oranının %50–65 civarında olduğunu göstermiştir. Metan oranı %55 alındığında, günlük biyogaz üretimi;

$$\text{Biyogaz Üretimi} = 5821 \text{ m}^3/\text{gün} \div 0,55 = \mathbf{101.965,5 \text{ m}^3/\text{gün}}$$

olarak hesaplanır. %55 CH_4 içeriğine sahip biyogazın alt ısı değeri, yaklaşık olarak 21 MJ/m^3 ($5.020 \text{ kcal/m}^3 - 5,837 \text{ kWh}_t/\text{m}^3$)'dür. Kojenerasyon ünitesinin elektrik çevrim verimi %39 ve termal verim %45 alındığında, günlük elektrik üretimi;

$$\text{Elektrik Üretimi} = 101.965 \text{ m}^3/\text{gün} \times 5,837 \text{ kWh}_t/\text{m}^3 \times 0,39 = \mathbf{232.117,32 \text{ kWh/gün}}$$

olarak bulunur. Kurulu gücü hesaplamak için, kojenerasyon ünitesinin günde 24 saat çalışacağı öngörüldüğünde;

$$\text{Jeneratör Gücü} = 232.117,32 \text{ kWh} \div 24 \text{ saat} = \mathbf{9,672 \text{ kWe}}$$

olarak karşımıza çıkar. Termal enerji üretimi ise;

$$\text{Termal Enerji Üretimi} = 101.965 \text{ m}^3/\text{gün} \times 5.020 \text{ kcal/m}^3 \times 0,45 = \mathbf{230.338.935 \text{ kcal/gün}}$$

olarak hesaplanmıştır. Buradan termal güç;

$$\text{Termal Güç} = 230.338.935 \text{ kcal} \div 24 \text{ saat} = 9.597.456 \text{ kcal/saat} = \mathbf{11.160 \text{ kW}}$$

olarak bulunur.

E. Post Reaktör Tank Boyutları

Post reaktör, ana reaktörü terk eden fermente atığın depolama esnasında oluşturacağı biyogazın da kullanımını sağlayan ikincil bir reaktör sistemidir. Bu sayede, her bir reaktör için ayrı fermente gübre deposu olacak ve ayrıca reaktör arızalarında taze atığın burada depolanabilmesine olanak sağlayacaktır. Bununla beraber, depolama esnasında oluşabilecek koku probleminin de önüne geçilmiş olunacaktır.

Post reaktör hacminin belirlenmesinde, 35 günlük hidrolik bekletme süresi dikkate alınarak, günlük olarak fermente atığın hacimsel miktarı hesaplamalarda kullanılmıştır. İnşa kolaylığı da düşünülerek, reaktörler ile aynı boyutlarda tasarlanmıştır.

Reaktör çapı 35 m olarak seçildiğinde, kullanılabilir post reaktör yüksekliğinin ise 8 m olduğu görülmektedir. Reaktör boyutlarının belirlenmesinde diğer bir faktör ise, reaktör üzerinde bırakılacak boşluğun tespit edilmesidir. Genel yaklaşım, sıvı seviyesinin üzerinde 0,5 – 1,0 m arasında boşluk bırakılması şeklindedir. Sistem tasarımında bu değer, 1 m olarak alınarak reaktör yüksekliği 9 m'ye tamamlanmıştır. Bu şekilde, bekletme süresindeki veya atık miktarındaki küçük değişimler karşılanabilecektir. Bu durumda, toplam birim reaktör hacmi 8.654,63 m³ olarak bulunur. Elde edilen reaktör boyutları, Tablo 69'da gösterilmiştir.

Tablo 69. Post reaktör boyutları

Post reaktör çapı (m)	35
Post reaktör yüksekliği (m)	9
Toplam reaktör hacmi (m ³)	8.654,63
Kullanılabilir reaktör yüksekliği (m)	8
Kullanılabilir reaktör hacmi (m ³)	7.693

F. Lagün Boyutları

Post reaktörler, fermente atığın 35 gün boyunca depolanmasına elverişlidir. Fakat tarlalarda sıvı gübre talebinin olmadığı zamanlar için, ayrı bir depolama ünitesine ihtiyaç vardır. Bu nedenle sisteme, üstü membranla örtülü lagünler eklenmiştir. Bu şekilde, toplamda 4 aylık sıvı gübrenin depolanması öngörülmüştür. Lagünlerin kapasitesi;

$$3.510 \text{ m}^3/\text{gün} \times 85 \text{ gün} = \mathbf{298.350 \text{ m}^3}$$

olarak bulunur. Böylece elde edilen lagün boyutları, Tablo 70'de verilmiştir.

Tablo 70. Fermente gübre depolama lagün boyutları

Lagün genişliği (m)	80
Lagün uzunluğu (m)	150
Lagün yüksekliği (m)	5
Lagün hacmi (m ³)	60.000
Lagün sayısı (Adet)	5
Toplam Lagün hacmi (m ³)	300.000

G. Biyogaz Tesisinde Kullanılan Ekipmanlar ve Üniteler*Tablo 71. Ön dengeleme tankı karıştırıcısı*

Ön Dengeleme Tankı Karıştırıcısı	
Miktar (Adet)	2 X 4
Tip	Dalgıç
Motor Gücü	18,5 kW
Islak Hacim	4.423,48 m ³
Gövde	Pik Döküm
Fan	Paslanmaz
Aksesuar	Kızak ve Caraskal Sistemi ile kompledir

Tablo 72. Biyogaz reaktörü karıştırıcısı

Biyogaz Reaktörü Karıştırıcısı	
Miktar (Adet)	16 X 2 = 32
Tip	Yan Karıştırıcı
Motor Gücü	18 kW
Islak Hacim	7.693 m ³
Gövde	Pik Döküm
Çark	Paslanmaz

Tablo 73. Post reaktör karıştırıcısı

Post Reaktör Karıştırıcısı	
Miktar (Adet)	16 X 2 = 32
Tip	Yan Karıştırıcı
Motor Gücü	18 kW
Islak Hacim	7.693 m ³
Gövde	Pik Döküm
Çark	Paslanmaz

Tablo 74. Biyogaz Reaktörü Karıştırıcısı (Yan)

Biyogaz Reaktörü Karıştırıcısı (Yan)	
Miktar (Adet)	16 X 2 =32
Tip	Akış Hızlandırıcı
Motor Gücü	5,5 kW
Islak Hacim	7.693 m ³
Gövde	Pik Döküm
Çark	Paslanmaz

Tablo 75. Reaktör Besleme Pompası

Reaktör Besleme Pompası	
Miktar (Adet)	4 Asıl + 4 Yedek
Tip	Dalgıç
Debi	70 m ³ /h
Basınç	15 mSS
Motor Gücü	9 kW
Malzeme	Pik Döküm
Fan Tipi	Parçalayıcı Bıçaklı
Aksesuarlar	Vana, Çek Vana ve Boru Donanımı ile Komplemdir

Tablo 76. Ön Dengeleme Tankı

Ön Dengeleme Tankı	
Miktar (Adet)	4
Tip	Üstü Açık Kapalı-Tek Membran
Çap	35 m
Islak Yükseklik	4,5 m
Brüt Yükseklik	5,1 m
Islak Hacim	4.424 m ³
Brüt Hacim	4.904 m ³
Akışkan	Büyükbaş Hayvan Atığı
Malzeme	Betonarme

Tablo 77. Post Reaktör

Post Reaktör	
Miktar (Adet)	16
Tip	Üstü Açık Silindirik
Çap	35 m
Islak Yükseklik	8 m
Brüt Yükseklik	9 m
Islak Hacim	7.693,00 m ³
Brüt Hacim	8.654,63 m ³
Akışkan	Fermente Büyükbaş Hayvan Atığı
Malzeme	Betonarme

Tablo 78. Biyogaz Reaktörü

Biyogaz Reaktörü	
Miktar (Adet)	16
Tip	Üst Gaz Deposu ile Kapalı Silindirik
Çap	35 m
Islak Yükseklik	8 m
Brüt Yükseklik	9 m
Islak Hacim	7.693,00 m ³
Brüt Hacim	8.654,63 m ³
Akışkan	Büyükbaş Hayvan Atığı
Malzeme	Betonarme (üzeri 10 cm izolasyonlu)

Tablo 79. Biyogaz Balonu

Biyogaz Balonu	
Miktar (Adet)	16
Tip	Reaktör Üstü Çift Membran
Çalışma Basıncı	3 mbar
Çap	35 m
Hacim	4.645 m ³
Yükseklik	8,8 m
Aksesuarlar	Hava Bloweri ile Kompledir

Tablo 80. Biyogaz Balonu

Biyogaz Balonu	
Miktar (Adet)	16
Tip	Post Reaktör Üstü Tek Membran
Çalışma Basıncı	3 mbar
Çap	35 m
Hacim	1.929 m ³
Yükseklik	7,4 m
Aksesuarlar	Hava Bloweri ile Kompledir

Tablo 81. Biyogaz Fanı

Biyogaz Fanı	
Miktar (Adet)	5
Tip	Tek Kademeli
Debi	1.000 Nm ³ /h
Giriş/Çıkış Basıncı	3 mbar/ 100 mbar
Motor Gücü	7,5 kW
Gövde	Pik Döküm
Aksesuarlar	Vana, Çek Vana ve Boru Donanımı ile Kompledir

Tablo 82. Biyogaz Yakma Bacası

Biyogaz Yakma Bacası	
Miktar (Adet)	1
Tip	Otomatik
Debi	4.500 Nm ³ /h
Gaz Basıncı	Min. 10 mbar, Maks. 40 mbar
Malzeme	AISI 304
Aksesuarlar	Manuel Vana, Otomatik Vana ve Alev Kapanı ile

Tablo 83. Köpük Tutucu

Köpük Tutucu	
Miktar (Adet)	1
Kapasite	4.500 Nm ³ /h
Malzeme	AISI 304
Aksesuarlar	Giriş-Çıkış Bağlantıları ve Sifonlama Sistemi

Tablo 84. Nem Tutucu

Nem Tutucu	
Miktar (Adet)	1
Kapasite	4.500 Nm ³ /h
Malzeme	AISI 304
Aksesuarlar	Giriş-Çıkış Bağlantıları ve Sifonlama Sistemi

Tablo 85. Reaktör Hava Dozaj Pompası

Reaktör Hava Dozaj Pompası	
Miktar (Adet)	16
Tip	Diyaframlı
Debi	0-6 L/h
Basınç	8 bar
Motor Gücü	0,011 kW
Malzeme	Dozaj Kafası PVC, Çek Valfler PVC Diyafram Teflon
Aksesuarlar	Giriş-Çıkış Bileşenleri ile Kompledir

Tablo 86. Debimetre (Reaktör girişinde)

Debimetre	
Miktar (Adet)	16
Tip	Elektromanyetik
Transmitter	4/20 mA
Konum	Reaktör girişlerinde

Tablo 87. Debimetre (Post reaktör girişinde)

Debimetre	
Miktar (Adet)	16
Tip	Elektromanyetik
Transmitter	4/20 mA
Konum	Post Reaktör Girişinde

Tablo 88. Debimetre (Biyogaz hattında)

Debimetre	
Miktar (Adet)	17
Tip	Vorteks
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Hattında

Tablo 89. Seviye Transmitteri (Ön dengeleme tankı)

Seviye Transmitteri	
Miktar (Adet)	4
Tip	Hidrostatik
Ölçüm Aralığı	0-5 m
Transmitter	4/20 mA
Konum	Ön Dengeleme Tankı

Tablo 90. Seviye Transmitteri (Biyogaz reaktörü)

Seviye Transmitteri	
Miktar (Adet)	16
Tip	Hidrostatik
Ölçüm Aralığı	0-10 m
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Reaktörü

Tablo 91. Seviye Transmitteri (Biyogaz balonu)

Seviye Transmitteri	
Miktar (Adet)	16
Tip	Ultrasonik
Ölçüm Aralığı	0-10 m
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Balonunda

Tablo 92. Seviye Transmitteri (Post reaktör)

Seviye Transmitteri	
Miktar (Adet)	16
Tip	Hidrostatik
Ölçüm Aralığı	0-5 m
Transmitter	4/20 mA
Konum	Post Reaktör

Tablo 93. Sıcaklık Transmitteri (Biyogaz reaktörü ve hijyenizasyon ünitesi)

Sıcaklık Transmitteri	
Miktar (Adet)	36
Tip	Saplamalı
Ölçüm Aralığı	0-50 °C
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Reaktörü ve Hijyenizasyon Ünitesinde

Tablo 94. Sıcaklık Transmitteri (Reaktör ısıtma hattı)

Sıcaklık Transmitteri	
Miktar (Adet)	10
Tip	Saplamalı
Ölçüm Aralığı	0-50 °C
Transmitter	4/20 mA
Konum	Reaktör Isıtma Hattında

Tablo 95. Basınç Transmitteri

Basınç Transmitteri	
Miktar (Adet)	20
Tip	Saplamalı
Ölçüm Aralığı	0-20 mbar
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Hattında

Tablo 96. Gaz Analizörü

Gaz Analizörü	
Miktar (Adet)	2
Tip	Multi Kanal Gaz Analizörü
Ölçüm Aralığı	%0-100 CH ₄ , %0-100 CO ₂ , 0 – 5.000 ppm
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Hattında (Çıkış ve Desülfürizasyon sonrası)

Tablo 97. Sıcak Su Sirkülasyon Pompası

Sıcak Su Sirkülasyon Pompası	
Miktar (Adet)	4
Tip	Islak Rotorlu Santrifüj
Debi	16 m ³ /h
Basınç	15 mSS
Motor Gücü	2,2 kW
Malzeme	Pik Döküm
Aksesuarlar	Vana, Çek Vana ve Boru Donanımı ile komplemdir.

Tablo 98. Kojenerasyon Ünitesi

Kojenerasyon Ünitesi	
Miktar (Adet)	12
Isı Gücü	1.153 kWt
Elektrik Gücü	1.000 kWe
Isı Verimi	%45
Elektrik Verimi	%39
Toplam Verim	%84
Aksesuarlar	Tüm Donanımı ile Komplemdir

Tablo 99. Absorbsiyonlu Soğutma Ünitesi

Absorbsiyonlu Soğutma Ünitesi	
Miktar (Adet)	1
Isı Giriş Gücü	13.846 kWt
Soğutma Gücü	7.000 kW
Toplam Verim	%50
Aksesuarlar	Tüm Donanımı ile Komplemdir

H. Biyogaz Tesisinin Elektrik Tüketimi

Tablo 100. Biyogaz tesisinin elektrik tüketimi

Ekipman	Adet	Motor Gücü (kW)	Çalışma Süresi (saat)	Çalışma Gücü (kW)	Elektrik Tüketimi (kWh/gün)
Besleme Havuzu Karıştırıcıları	8	18,5	12	148	1.776
Reaktör Besleme Pompaları	4	22	10	88	880
Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları	32	18,5	6	592	3.330
Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları-yan	32	5,5	16	176	2.816
Post Reaktör Karıştırıcıları-yan	32	18,5	5	592	2.960
Post Reaktör Dalgıç Pompa	16	9	10	144	1.440
Kojen-Mekanik Daire Sirkülasyon Pompası	4	7,5	24	30	720
Kolektör-Reaktör Sirkülasyon Pompası	16	2,2	24	35,2	844,8
Biyogaz Fanı	4	7,5	24	30	720
Biyolojik Desülfürizasyon Ünitesi	4	8	24	32	768
Chiller	10	18	24	180	4.320
Membran Blowerı	16	0,55	24	8,8	211,2
TOPLAM				20.786,00	

Tablo 100'den görüleceği gibi, biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi 20.786,00kWh'dır. Kojenerasyon ünitesinden elde edilen elektrik enerjisi ise, günlük 211.989,04 kWh olarak hesaplanmıştır. Üretilen elektrik enerjisinin yaklaşık %10'u iç tüketimde kullanılacak, geriye kalan enerji ise şebekeye satılacaktır.

İ. Biyogaz Reaktörü Isıtma İhtiyacı

Biyogaz reaktörünün çalışma sıcaklığı 35°C olarak seçilmiştir. Sıcaklığın sabit tutulabilmesi amacıyla, kojenasyon ünitesinden elde edilen ısı enerjisi kullanılacaktır. Biyogaz reaktörünün ısı kayıpları, reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r , besleme materyalinin reaktör sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı akımı Q_b , reaktörü terkeden biyogazla oluşan ısı kaybı Q_g , buharlaşma yoluyla oluşan ısı kaybı Q_e ve reaksiyon sırasında gerekli ısı akımı Q_k ile gösterilmiştir.

Bu kayıplar göz önüne alındığında, sistemin ısı dengesini korumak için gerekli toplam ısı ihtiyacı Q_t şu şekildedir:

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b + Q_g + Q_e + Q_k$$

Yukarıdaki eşitlikte Q_g , Q_e ve Q_k diğerlerinin yanında ihmal edilebilecek büyüklüktedir. Bu yüzden reaktörün toplam ısı ihtiyacı;

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b$$

şeklinde yazılabilir. Reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r , şu şekilde hesaplanır:

$$Q_r(W) = A \cdot K_T \cdot \Delta T$$

Bu formülde toplam reaktör yüzey alanı A (m²), toplam ısı geçiş katsayısı K_T (W/m²°C), reaktör çalışma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark ΔT (°C) olarak verilmiştir. K_T hesaplanırken, reaktör yüzeylerinde bulunan malzeme katmanlarının kalınlıkları l_n (m) ve ısı iletim katsayıları λ_n (W/ m²°C) göz önüne alınır. Reaktörün bulunduğu ortamın ısı taşınım katsayısı $\alpha_{dış}$ (W/ m²°C) ve reaktör içindeki besleme materyalinin ısı taşınım katsayısı $\alpha_{iç}$ (W/m²°C) yardımıyla toplam ısı geçiş katsayısı;

$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

eşitliğiyle hesaplanır.

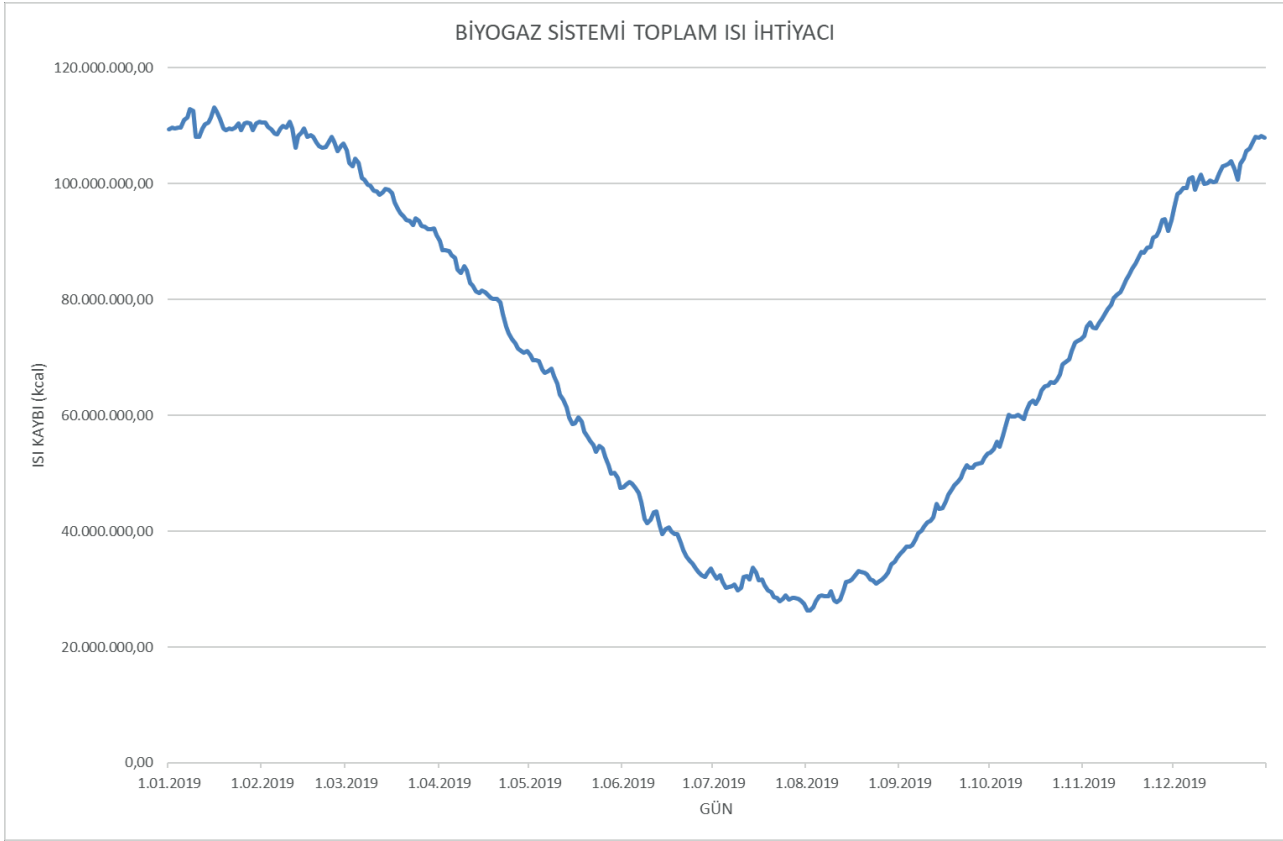
Besleme materyalinin fermentasyon sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı miktarı $Q_b(W)$, besleme materyalinin kütleli debisi m (kg/s), özgül ısı C_p (J/kg°C) ve reaktör sıcaklığıyla besleme materyalinin sıcaklığı arasındaki fark ΔT (°C) olmak üzere;

$$Q_b = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

eşitliğiyle bulunur.

Kurulacak olan biyogaz tesisinin ısı ihtiyacının saptanmasında, bu formüller dikkate alınmıştır. Yapılan hesaplamalarda, 1 Ocak 2019 - 31 Aralık 2019 tarih aralığındaki İzmir'e ait günlük iklim verileri kullanılmıştır. Reaktörlerin ısı kaybı hesabında, yan duvarlar, toprak temaslı taban ve biyogaz deposu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Duvar kalınlığı yan yüzde 40 cm, tabanda 50 cm alınmıştır. Yalıtım malzemesi kalınlığı, 10 cm olarak hesaba dahil edilmiştir. Her bir reaktör için yan duvar alanı 1.105 m², taban alanı 961,62 m² ve biyogaz deposu alanı 1.100 m² olarak hesaplanmıştır. Toplam ısı geçiş katsayısı K_T ise, yan duvarlar, taban ve biyogaz deposu için sırasıyla; 0,23 W / m²°C, 0,21 W / m²°C ve 0,9 W / m²°C olarak bulunmuştur. Besleme materyalinin reaktör çalışma sıcaklığı olan 35°C'ye getirilmesi için harcanan ısı enerjisinin tespitinde ise, daha önce hesaplanan 3.510.000 kg/gün atık debisi dikkate alınmış ve günlük şebeke suyu sıcaklıkları kullanılmıştır. Hesaplamalarda, atığın özgül ısı 4.200 J/kg.C olarak alınmıştır. Böylece elde edilen besleme materyali ısı kaybı, reaktör ısı kaybıyla toplanarak toplam ısı kaybı hesaplanmıştır. Bu değerler ve İzmir için günlük iklim verileri kullanıldığında günlük toplam ısı ihtiyacının değişimi, Şekil 38'de kcal/gün olarak verilmiştir. Buna göre, 1 Ocak 2019 – 31 Aralık 2019 aralığındaki 365 gün içerisinde en yüksek ısı kaybı 113.180.299 kcal/gün, en düşük ısı kaybı ise 26.331.634 kcal/gün olarak gerçekleşmiştir.

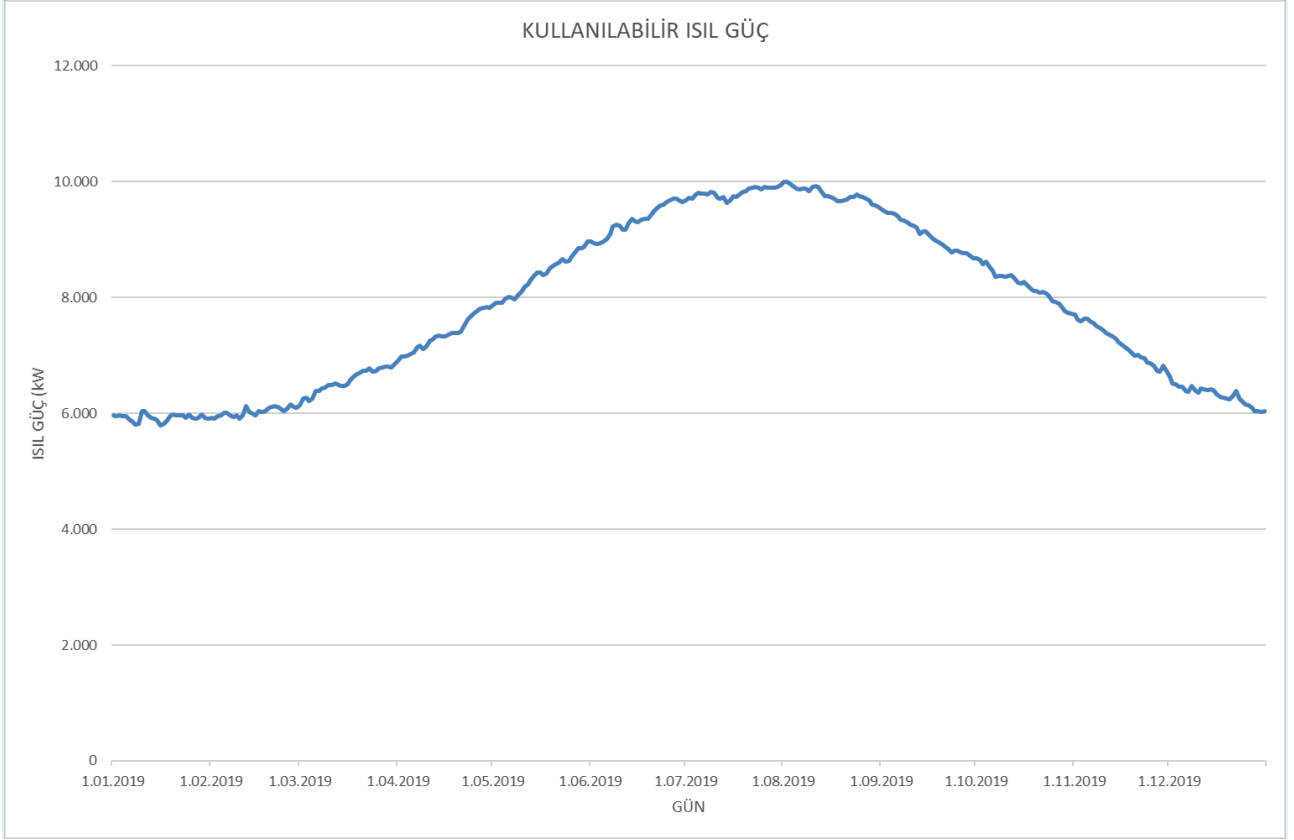
Şekil 38. Biyogaz sisteminin günlük ısı ihtiyacı



Bu verilerden yola çıkılarak ısı değıştiricisinin gücü hesaplanmıştır. En yüksek gerekli güç 5.484 kW, en düşük güç 1.276 kW olarak bulunmuştur. Kullanılacak ısı eşanjörlerinin ısı transfer verim değeri 0,95 alınarak, güç 5.772 kW olarak seçilmiştir. Kojenerasyon ünitesi için daha önce yapılan hesaplamalarda elde edilen 11.160 kW ısıtma gücü, bu ısı kaybını karşılamakta ve ilçede farklı amaçlarla kullanılabilir (mekan ısıtma, ürün kurutma vb.) ısı enerjisinin varlığını bize göstermektedir. Kış aylarında en düşük 5.786 kW

olan bu güç, özellikle hava sıcaklığının yüksek olduğu günlerde 9.900 kW'ın (azami 9.994 kW) üzerinde seyretmektedir. Yapılan hesaplamalar, Şekil 39'da görölmektedir. Artan bu ısının, yaklaşık 30 dönüm tam otomasyonlu seranın kış aylarında ısı ihtiyacını karşılayabileceği belirlenmiş ve sisteme absorpsiyonlu soğutma da eklenerek (7 MW soğutma gücü) seraların soğutulmasında kullanılması öngörülmüştür. Bu nedenle, sistemde trijenerasyon ünitesi bulunmaktadır.

Şekil 39. Kullanılabilir ısı gücü

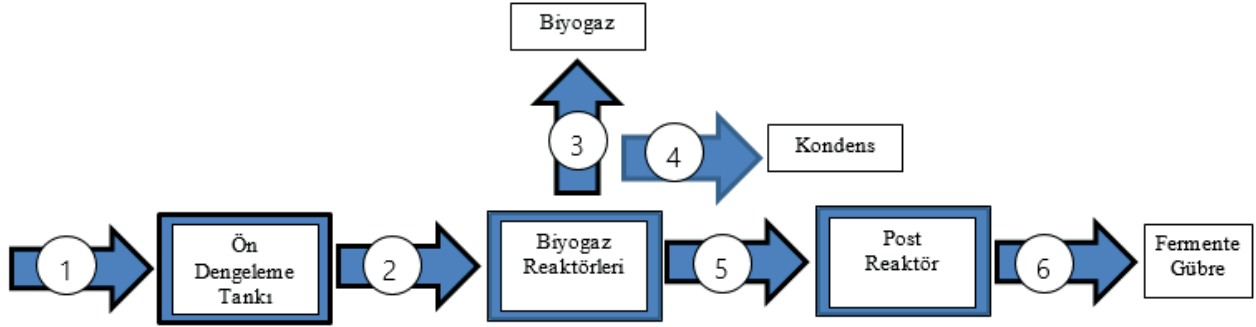


J. Biyogaz Tesisi Kütle Denkliği

Bir biyogaz tesisinin üretim aşamasında kütle akım şeması, Şekil 40'da gösterilmektedir.

Tablo 101'de ise, bir biyogaz tesisinde kullanılan atık miktarlarına göre hesaplanan kütle denglikleri verilmiştir.

Şekil 40. Biyogaz tesisi kütle akım şeması



Tablo 101. Biyogaz tesisi kütle dengliği

	1	2	3	4	5
Akışkan	Hayvansal Atıklar	Besleme Materyali	Biyogaz	Kondens	Fermente Gübre
Debi kg/gün	3.510.000	3.510.000	105.300	4212	3.400.488
Toplam Katı Madde %	10	10	-	-	6
Uçucu Katı Madde % TK	83	83	-	-	80
Toplam Katı Madde kg/gün	351.000	351.000	-	-	204.029,28
Uçucu Katı Madde kg/gün	290.133	290.133	-	-	163.223,42

K. Sistem Maliyeti

Biyogaz sisteminin yatırım maliyeti alt kategoriler bazında, Tablo 102'de verilmiştir.

Tablo 102. Biyogaz sistemi ve entegre sistemlerin maliyetleri

KATEGORİLER	USD
İnşaat İşleri	BİYOGAZ SİSTEMİ
Karıştırıcı ve Pompalar	
Otomasyon ve Elektrik İşleri	
Kojenerasyon	
Biyogaz Depolama ve Şartlandırma	
Reaktör Isıtma Sistemi	
Boru, Fittings ve Vanalar	
Gözetleme Camları	
Projelendirme	
İzinler	
Öngörülemeyen Giderler	
Müteahhit Kârı	
ARA TOPLAM	20.916.595
Absorbsiyonlu Soğutma Ünitesi	1.190.000
30.000 m ² Sera	1.650.000
20 adet Traktör	600.000
20 adet Sıvı Gübre Tankı	330.000
20 adet Sıvı Gübre Enjeksiyon Makinası	940.000
TOPLAM	25.626.595

I. İnşaat İşleri: Biyogaz sistemi, betonarme dört adet reaktörden ve iki adet besleme-boşaltma tankından oluşmaktadır. Reaktörler ve tanklar, 35 m çapa sahiptir. 40 cm kalınlıkta olan bu yapıların yükseklikleri, reaktör ve post reaktörler için 9 m, ön besleme için 5,1 m'dir. Sistemde ayrıca, 200 m² oturma alanına sahip idari bir bina bulunmaktadır. İnşaat işleri, bu kalemleri kapsamaktadır. Ayrıca kojenerasyon konteynırlarının, biyolojik desülfürizasyon ünitesinin, seperatörlerin ve biyogaz yakma bacasının kaideleri bu kalem içerisinde yer almaktadır. Reaktörlerin 10 cm straforla ve trapez saca kaplanması, yürüme platformlarının yapılması işi de bu kalemde ele alınmıştır.

II. Karıştırıcı ve Pompalar: Her bir biyogaz reaktöründe 2 adet hızlı karıştırıcı, 2 adet akış hızlandırıcı olmak üzere 4 adet dalgıç karıştırıcı kullanılacaktır. Post reaktörlerin her birinde, 2 adet hızlı karıştırıcı olacaktır. Ön besleme tanklarının her birinde ise, 8 adet hızlı karıştırıcı olacaktır. Böylece toplam 80 adet dalgıç karıştırıcı, bu kalemde ele alınmıştır. Post reaktörlerden atık sevki için, 8 adet eksantrik vidalı pompa kullanılacaktır.

Dört ayrı bölgeye ayrılan sistemde yapılacak olan kolektörle her bir reaktörden gerektiğinde diğer reaktörlere ve post reaktörlere gübre karışımının yönlendirilmesi sağlanacaktır. Burada 8 adet eksantrik vidalı pompa kullanılacaktır. Belirtilen tüm bu ekipmanlar, bu kalem altında ele alınmıştır. Dalgiç pompa ve karıştırıcıların istasyonel ekipmanları da, bu kalem altında değerlendirilmiştir. Sıcak su sirkülasyon pompaları ise boru ve fittings kategorisi altında maliyete dahil edilmiştir.

III. Otomasyon ve Elektrik İşleri: Her reaktör için seviyelerin ve sıcaklıkların kontrolü amaçlı sensörler bulunmaktadır. Oluşturulacak otomasyon sisteminde, SCADA yazılımı ve ara yüzü kullanılacaktır. Her bir ekipmanın kontrolü (karıştırıcı çalışma zamanı, frekansı, pompa çalışma zamanı, sıcaklık kontrolü, arıza göstergeleri vb.) tek bir merkezden, gerek manuel gerekse otomatik olarak sağlanacaktır. Gübre ve su karışımının sevki, pnomatik aktüatörlü vanalar ile sağlanabilecektir. Tüm ekipmanların MCC ve PLC panolarının imalatı, bu kalem altında ele alınmıştır. Ayrıca elektrik tesisatı, sistem besleme ve şebekeye aktarım için gerekli teçhizat bu kategoride yer almaktadır. İki adet sabit tip çoklu gaz analizörü de bu kapsamdadır.

IV. Trijenerasyon: Sistem tasarımında 12 MW gücünde tek bir ünite yerine, arıza durumunda sistemin durmasını engellemek amacıyla, 12 adet 1 MW'lık ünite öngörülmüştür. Bu kalem altında her bir ünite için 12 adet konteynır, jeneratörler, ısı geri kazanım üniteleri, absorpsiyonlu soğutucu, kontrol ekipmanları ve otomasyonu yer almaktadır.

V. Biyogaz Depolama ve Şartlandırma Üniteleri: Üretilecek olan biyogaz, kullanıma bağlı dalgalanmaları dengelemek üzere, her bir reaktöre entegre olan 16 adet çift ve 16 adet tek membranlı balonlarda depolanacaktır. Bu depolar üzerinde, basınç/vakum valfi gibi emniyet teçhizatı bulunacaktır. Biyogaz kullanıma gönderilmeden önce H_2S giderimi sağlanacak ve içeriğinde bulunan nem uzaklaştırılacaktır. Ayrıca, kojeneratörlerde arıza olması veya gaz içeriğinde CH_4 oranının azalması durumunda yakmayı sağlamak üzere, bir adet biyogaz yakma bacası bulunacaktır. Tüm bu üniteler, bu kategori altında değerlendirilmiştir.

VI. Reaktör Isıtma Sistemi: Sistemin çalışma sıcaklığı $35^{\circ}C$ 'dir. Reaktörlerde bu sıcaklığı sağlamak için, kojenerasyon ünitesinden elde edilen sıcak su kullanılacaktır. Bu su, her bir reaktör iç duvarına monte edilen 30'ar sıra $25 \times 1,8$ 'lik PEX boru içerisinden geçirilecektir. Bu borular ile reaktör giriş ve çıkış flanşları, kolektörleri ve montaj ekipmanlarının tümü, bu kategori altında maliyetlere dahil edilmiştir.

VII. Boru, Fittings ve Vanalar: Sistem içerisinde, gübre su karışımını ve fermente gübreyi sevk etmek amaçlı HDPE borular kullanılacaktır. Ayrıca kojeneratörden makina dairesine ve reaktörlere sıcak suyu göndermek amacıyla, kendinden izoleli borular sistemde yer alacaktır. Gübre hattında 46 adet bıçaklı vana kullanılacaktır. Bu vanaların, 16 adedi pnomatik aktüatörlü olacaktır. Biyogazın şartlandırma ünitelerine ve kojeneratöre sevkinde, AISI 316 kalite çelik borular kullanılacaktır. Tüm bu malzemeler ve bunların montajında kullanılacak olan fittings, bu kalem altında değerlendirilmiştir. Ayrıca sıcak suyun sevk edilmesinde kullanılacak olan kuru ve ıslak rotorlu pompalar ile kapalı genleşme tankları da, bu kalem içerisinde yer almaktadır.

VIII. Gözetleme Camları: Reaktörlerde, mikserlerin durumunu, köpük oluşumunu ve karıştırma verimini kontrol amaçlı ikişer adet gözetleme camı bulunacaktır. Her bir camın üzerinde, su ile yıkama, silecek ve led ışık olacaktır. Bu kalem içerisinde tüm bu ekipman ile, özel kablolar ve montaj parçaları bulunmaktadır.

IX. Projelendirme: Biyogaz sisteminin mimari, detay, statik, mekanik ve elektrik projelerinin hazırlanması ve onaya hazır hale getirilmesi, bu kalem içerisinde yer almaktadır. Ayrıca borulamada detayların verilmesi de, bu kapsam içerisinde bulunmaktadır.

X. İzinler: Üretilen elektriğin lisanslı üretim kapsamında değerlendirilebilmesi amacıyla gerekli izinler ve inşaat ile ilgili ruhsat ve benzeri yasal yükümlülükler için ortaya çıkacak maliyetler, bu kategori altında değerlendirilmiştir.

XI. Öngörülme-yen Maliyetler: Sistem büyüklüğü ve karmaşıklığı göz önüne alınarak, nakliye, zemin iyileştirme, sistem farklılaştırılması gibi oluşabilecek yeni koşullardan ortaya çıkabilecek maliyetler bu kalem içerisinde alınmış, yatırım tutarının %5'i kadar bir bütçe bu kategori altında maliyetlere eklenmiştir.

XII. Mütahhit Kârı: Toplam yatırım tutarının %8'i olarak bütçelendirilen bu kalem, yüklenici firmanın kârını oluşturmaktadır.

XIII. Absorbsiyonlu Soğutma Ünitesi: Bu kalem, 7 MW absorbsiyonlu çiller ve açık tip soğutma kulesini kapsamaktadır.

XIV. Seralar: Sistemden elde edilen ısı enerjisinin tamamen kullanılabilmesi için, sisteme entegre edilecek 30 dönüm sera düşünülmüştür. Başlangıç olarak domates yetiştiriciliğinin yapılacağı düşünülen bu seralar, ısıtma-soğutma ve tam otomasyon donanımlıdır.

XV. Traktör: Hayvan atığının taşınması, fermente gübrenin kullanım yerine götürülmesi ve toprak altı sıvı gübre uygulaması için 20 adet traktör öngörülmüştür.

XVI. Sıvı Gübre Tankı: Ham ve fermente gübrenin taşınması ve sevkinde kullanılmak üzere, 20 adet 20 tonluk sıvı gübre tankı hesaplara dahil edilmiştir.

XVII. Sıvı Gübre Enjeksiyon Makinası: Fermente gübrenin tam olarak değerlendirilmesi için, 20 adet sıvı gübre enjeksiyon tankı alımı hesaplara eklenmiştir.

L. Ekonomik Değerlendirme

Önceki bölümlerde ilk yatırım maliyeti belirtilen biyogaz sisteminin ekonomik analizi, bu bölümde gerçekleştirilecektir. Sistemin birincil çıktısı, elektrik üretimidir. Elektrik üretiminin yanı sıra ısı enerjisi üretimi de söz konusudur. Diğer bir önemli çıktı, fermente gübredir. Biyogaz üretim süreci sonucunda elde edilen ve azot yönünden zengin olan fermente gübre, sıvı ve katı olarak ayrılarak kullanıldığı gibi doğrudan da kullanılabilir. Biyogaz sistemleri aynı zamanda anaerobik arıtım üniteleridir. Bu nedenle dolaylı getiriler arasında, organik kirleticilerin giderim maliyetlerinin eklenmesi de gerekmektedir. Sisteme 30 dönüm sera eklenmiş ve serada domates yetiştiriciliği öngörülmüştür. Bu açıklamalar ışığında kurulacak entegre sistemin getirilerinin parasal karşılıkları, maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

I. Elektrik Üretimi: Sistem 9,672 MW elektrik üretim gücüne sahiptir. Sistemin sürekli çalışacağı göz önüne alındığında, 1 yıl içerisinde sistemin üreteceği maksimum elektrik enerjisi 84,727 GWh olacaktır. Fakat çalışma saatini, sistem bakımı ve arızalar nedeniyle 8.000 saat olarak aldığımızda, bu rakam 77,376 GWh olarak gerçekleştirilecektir. Bu değeri, 30/01/2021 tarih 31380 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan ve 01/07/2021 – 31/12/2025 tarihleri arasında kurulacak olan biyometanizasyon tesisleri için belirlenen YEKDEM kapsamındaki 54 Türk Lirası kuruş/kWh (1 USD = 7,10 TL alınarak 7,6 USD cent/kWh) değeri ile çarptığımızda, yıllık toplam 5.880.576 USD getiri ile karşılaşırız. Bu getirinin tamamı, özet tabloya yansıtılmıştır.

II. Isı Üretimi: Projelendirme bölümündeki ısı analizlerde görüldüğü gibi, kojeneratörden elde edilen ısı enerjisi reaktörlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu ihtiyaç karşılandıktan sonra geriye, yine özellikle ısıtmada kullanılabilecek ısı güç kalmaktadır. Bu ısı güç, kış ayları için 6.500 kW değerindedir. Bu gücün, kurulacak seralarda ısıtmada değerlendirildiği ve sadece sıcaklığın düşük olduğu kış aylarında kullanıldığı varsayıldığında toplam elde edilen ısı enerjisi 28.080.000.000 kcal'dir. Bu miktar enerjinin, Sibiry kömürü karşılığı 4.011 tondur. Kömürlü kazanların verim değerlerinin %60 civarında olduğu da hesaba katıldığında, bu miktar 6.685 ton'a yükselmektedir. Parasal karşılığı ise piyasa değerlerine göre, yaklaşık 1.546.190 USD/yıl olarak karşımıza çıkar. Yaz aylarında ise ısı enerjisi, sistemdeki absorbsiyonlu soğutma ünitesinde değerlendirilecek, elde edilen soğutma enerjisi ise seralarda kullanılacaktır. Sistemin soğutma gücü 7 MW olarak belirlenmiştir. Normal soğutucuların COP değeri olan 3 göz önüne alındığında, bu değer 2,33 MW ünite gücüne eşdeğerdir. Bunun karşılığı da, 705.600 USD/yıl olarak bulunur. Bu da ayrı bir kazançtır. Fakat sisteme entegre seralarda kullanılacağı için, kazançlar içerisinde yer almamıştır.

III. Fermente Gübre Üretimi: Biyogaz üretimi sonunda geriye azot yönünden zengin fermente atık kalmaktadır. Bu atık, Avrupa ülkelerinde ticari olarak satılmaktadır. Fakat ülkemizde daha pazarı oluşmamıştır. Fermente gübrenin parasal olarak karşılığını bulabilmek için içeriğindeki ana besin maddelerinin kimyasal gübre karşılıklarının çıkarılması gerekmektedir. Ülkemizde bu tip çalışmalar sonucu, 14,71 EUR/m³ değer belirlenmiştir. Fakat bu değer ülkemizde uygulanabilir değildir. Sisteme eklenen sıvı gübre taşıma ve dağıtım ekipmanları, fermente gübrenin verimli olarak kullanılabilmesi için düşünülmüştür. Böylece, içerisindeki katı madde miktarının, 15-15-15 kompoze gübrenin %30'u değerinde fiyatlandırılmasına karar verilmiştir. Bu durumda yaklaşık 15.374 ton/yıl kompoze gübre karşılığı, ekonomik yönden artı olarak hesaplara ilave edilecektir. Kompoze gübrenin tonu 500 USD alındığında, 7.687.000 USD/yıl değerinde bir gelir ortaya çıkmaktadır. Fakat bunun %20'si seralarda kullanılırsa, **6.149.600 USD/yıl** değerinde bir gelir ancak mümkündür.

IV. CO₂ giderimi:

1- Atıklardan kaynaklanan mevcut emisyonun giderimi: Bölgede uygulanan hayvancılık ve gübre yönetim sistemi ile yıllık ortalama sıcaklık (17,8°C) verisi göz önüne alındığında, süt sığırları işletmeciliğinde, 23 kgCH₄/büyükbaş.yıl değeri hesaplamalarda kullanılmıştır. Aynı değer, erkek büyükbaş için 11 kgCH₄/büyükbaş.yıl olarak alınmıştır. Ayrıca CH₄ emisyonunun, 21 kat CO₂ emisyonuna eşdeğer olduğu göz önüne alınmıştır.

Bu kapsamda,

$$\begin{aligned} & \text{CH}_4 \text{ emisyonu;} \\ & 44.618 \text{ süt sığırları} \times 23 \text{ kgCH}_4/\text{büyükbaş.yıl} = \mathbf{1.026.214 \text{ kgCH}_4/\text{yıl}} \\ & + \\ & 33.465 \text{ erkek büyükbaş} \times 11 \text{ kgCH}_4/\text{büyükbaş.yıl} = \mathbf{368.115 \text{ kgCH}_4/\text{yıl}} \\ & \mathbf{TOPLAM = 1.394.329 \text{ kgCH}_4/\text{yıl} = 29.281 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}} \end{aligned}$$

olarak bulunmuştur.

2- Enerji üretimi yönünden emisyon giderimi: Biyogaz sistemlerinin kurulması durumunda elde edilecek elektrik ve ısı enerjisinin fosil yakıtlarla karşılanması ya da şebeke elektriğinin kullanılmasıyla ortaya çıkabilecek emisyon değerleri, bu başlık altında tartışılacaktır. Isı enerjisi için, karşılaştırma fosil yakıt olarak kömür ele alınmıştır. Kömürün yakılmasıyla ortaya çıkacak CO₂ emisyonu, 2,87 kgCO₂/kg olarak alınmıştır.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın sitesinden alınan verilere göre, Türkiye'de elektrik üretiminin %29,8'i doğal gazdan, %37,3'ü kömürden üretilmektedir. Bu dağılıma ve elektrik çevrim veriminin ortalama %40 alınmasına göre CO₂ emisyonu, 475 gram/kWh olmaktadır.

Kiraz merkezi tip biyogaz sisteminin kurulması durumunda elde edilecek elektrik enerjisi, 77.376.000 kWh/yıl olarak bulunmuştur. Bu elektrik enerjisinin şebekeden kullanılması durumunda oluşacak CO₂ emisyonu;

$$77.376.000 \text{ kWh} \times 0,475 \text{ kg/kWh} = 36.753.600 \text{ kgCO}_2/\text{yıl} = \mathbf{36.754 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}}$$

olarak bulunur.

Elde edilecek ısı enerjisinin karşılığında yakılması gereken kömür miktarı ise, **281.784 ton/yıl** olarak karşımıza çıkmaktadır. Buradan hareketle CO₂ emisyonu;

$$6.685 \text{ ton/yıl} \times 2,87 \text{ tonCO}_2/\text{ton} = \mathbf{19.186 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}}$$

olarak bulunur. Böylece bu kalemdeki toplam CO₂ emisyonu;

$$\mathbf{TOPLAM = 55.940 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}}$$

olarak karşımıza çıkmaktadır.

3- Biyogaz sisteminin kurulması sırasında oluşan emisyon miktarı: Büyük ölçekli sistemlerde, 1 kWe kurulu güç için kurulum sırasındaki emisyon miktarı 263 kg CO₂ olarak ele alınmış ve yine sistem ömrü 20 yıl olarak varsayılmıştır. Bu varsayımlar altında kurulum aşamasında yapılan hesaplamalar, Tablo 103'te özetlenmiştir.

Tablo 103. Kiraz merkezi biyogaz sisteminin kurulması aşamasında ortaya çıkan CO₂ emisyon değeri

Sistem Büyüklüğü (Büyükbaş Kapasiteli)	Elektrik Üretim Gücü (kWe)	Kurulum Toplam CO ₂ Emisyonu (ton)	Yıllık CO ₂ Emisyonu (ton/yıl)
78.000	9.750	2.564	128

4- Sistemin işletilmesi sırasında oluşan emisyon miktarı: Diğer sistem tiplerinde olduğu gibi, merkezi tip biyogaz sistemlerinde de üretilen metan miktarının %8 kayıp değeri hesaplara eklenmiştir. Ayrıca, atık taşımadan kaynaklı emisyonlar, km başına 900 gr. CO₂ emisyonu olarak ele alınmış, ortalama 25 km yarıçapında atık taşındığı varsayılmıştır. Üretilen biyogazın %55 CH₄ içerdiği kabul edilmiştir.

Tüm bu varsayımlar ışığında yapılan hesaplamaların sonucu şu şekildedir:

Sistemde yıllık üretilen biyogaz miktarı, yaklaşık **37.217.225 m³** olarak karşımıza çıkmaktadır. Metan miktarı **%55** olarak alındığında, **yıllık CH₄ üretimi 20.469.474 m³** olur. Buradan biyogaz sisteminin işletilmesi sırasında açığa çıkan metan emisyonu;

$$\text{CH}_4 \text{ emisyonu} = 20.469.474 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,08 = \mathbf{1.637.557 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{yıl} = 1.146.290 \text{ kgCH}_4/\text{yıl}}$$

olarak bulunur.

Sistemin işletilmesi sırasında ortaya çıkan CO₂ emisyonu, 24.072 tonCO₂/yıl olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat burada, ortalama 25 km yarıçapında atık taşınması söz konusudur. Bu durumda, atık taşımadan oluşan CO₂ emisyonu;

$$\text{CO}_2 \text{ emisyonu} = 1.110.330 \text{ km/yıl} \times 0,9 \text{ kgCO}_2/\text{km} = \mathbf{1.000 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}}$$

olarak bulunur. Böylece toplam CO₂ emisyonu;

$$\mathbf{\text{TOPLAM} = 25.072 \text{ tonCO}_2/\text{yıl}}$$

olarak karşımıza çıkmaktadır.

Her bir kalemde bulunan emisyon değerlerinden yola çıkılarak, emisyon envanterleri çıkarılmıştır. Tablo 104'te, Kiraz merkezi tip biyogaz tesisi için ulaşılan veriler özetlenmiştir.

Tablo 104. Kiraz merkezi tip biyogaz sisteminin kurulmasıyla oluşacak CO₂ azaltımı

Atıklardan kaynaklanan emisyonun giderim değeri (tonCO ₂ /yıl)	29.281
Elektrik ve ısı enerjisi üretimi ile azaltılan emisyon değeri (tonCO ₂ /yıl)	55.940
Sistemin kurulmasından kaynaklanan emisyon değeri (tonCO ₂ /yıl)	128
Sistemin işletilmesinden kaynaklanan emisyon değeri (tonCO ₂ /yıl)	25.072
NET TOPLAM (tonCO₂/yıl)	60.021

Bu giderim miktarının parasal karşılığının hesaplanması güçlükler taşımaktadır. Çünkü global karbon piyasasında, fiyatlar 1 – 75 USD/tonCO₂ aralığında değişmektedir. Bu nedenle, dünya ortalaması olan 2 USD/tonCO₂ değeri göz önüne alınmış, en kötü durum varsayılmıştır. Böylece elde edilecek gelir **120.042 USD/yıl** olarak hesaplamalara eklenmiştir.

V. Domates Üretimi

30 dönüm seradan, yıllık yaklaşık 1.200 ton domates üretilmektedir. Bu üretimi hesaplara dahil edebilmek için domatesin satış fiyatı, yaz için 6 ay ortalama 3,5 TL/kg, kış için ortalama 6 TL/kg olarak göz önüne alınmıştır. Böylece

775.510 USD/yıl bir kazanç karşımıza çıkar.

Böylece biyogaz tesisinin toplam getirisi, **12.925.728 USD/yıl** olarak bulunur.

Sistemin ekonomik analizini yapabilmek için, yatırım maliyetleri dışında işletim maliyetlerini de tespit etmek gerekmektedir. Bu maliyetler; içsel enerji kullanımı, bakım/onarım giderleri, personel harcamaları gibi kalemlerden oluşmaktadır. Fizibilite raporuna konu olan tesisin özelinde, bu maliyetlere atıkların sisteme taşınmasından doğan maliyetlerin de eklenmesi gerekmektedir. Tüm bu maliyet kalemleri, aşağıda maddeler şeklinde özetlenmiştir:

I. İçsel Elektrik Tüketimi: Daha önceki analizlerde, biyogaz sisteminde bulunan ekipmanların günlük toplam elektrik tüketimi **20.786 kWh/gün** olarak bulunmuştur. Bu harcama tutarına, sera, aydınlatma vb. gibi içsel tüketim miktarları da dahil edilerek 25.000 kWh/gün harcama varsayılabilir.

Bu harcamanın, tesiste üretilen elektrikle karşılanacağı, bu nedenle 7,6 USD sent/kWh satış fiyatının maliyet olarak karşımıza çıkacağı açıktır. Bu bağlamda, yıllık toplam maliyet **693.500 USD** olarak bulunur.

II. Bakım/Onarım Giderleri: Tesis içerisinde elektromekanik cihazlar bulunmaktadır. Ayrıca kojenerasyon ünitesi, içten yanmalı gaz motorları ihtiva etmektedir. Bu nedenle, rutin bakımlar ve karşılaşılabilecek sorunlarda yapılacak onarımlar söz konusudur. Bu kalemin fiyatlandırılmasında, bu tip tesislerin çalıştırılmasından elde edilen istatistiki veriler kullanılmaktadır. Trijenerasyon ünitelerinde yağ değişimi, bakım gibi değerler, üretilen kWh enerji başına 1,3 USD sent olarak alınabilir. Bu şekilde yıllık 1.005.888 USD maliyet bulunur. Ayrıca diğer ekipmanlar için, ilk yatırım tutarının %2'si bakım onarım maliyeti olarak alınabilir. Bunun da parasal karşılığı yaklaşık **474.732 USD/yıl**'dır. Böylece, tesisin yıllık bakım/onarım harcamaları **1.480.620 USD** olarak bulunur.

III. Personel Harcamaları: Tam otomasyona sahip olan tesisin işletilmesinde, 5 mühendis, 12 tekniker (elektrik/mekanik) ve 10 yardımcı personelin bulunması yeterli olacaktır. Seralarda ise 2 mühendis, 6 tekniker ve 15 yardımcı personel göz önüne alınmıştır. Mühendisin ülkemiz koşullarında maaşı 1.300 USD/ay, teknikerin maaşı 1.000 USD/ay, yardımcı personelin maaşı ise 650 USD/ay olarak alınabilir. Ayrıca 20 kişinin gübre nakliyesinde çalışacağı öngörülmüştür ve 1.000 USD/ay maliyeti vardır. Böylece tesiste yıllık personel harcaması **760.200 USD** olarak karşımıza çıkar.

IV. Atıkların tesise Taşınması: Tesise çevre çiftliklerden günlük 2.340 m³ atık getirilecektir. . Bu çiftlikler, tesisin kurulacağı alana 1-25 km mesafededir. Ortalama olarak 13 km mesafe göz önüne alındığında, vidanjörün 1 seferi yaklaşık 26 km olarak hesaba dahil edilebilir. Projede, öngörülen 20 ton kapasiteli vidanjörle (20 adet) sefer sayısı 117 olacaktır. Bu tip araçların 100 km'de yaklaşık 33 litre motorin tüketeceği de göz önüne alındığında, **366.409 litre/yıl** tüketimle, yıllık atık taşıma maliyeti **333.008 USD** civarında olacaktır.

Böylece tesisin yıllık işletim maliyeti, toplam **3.267.328 USD** olarak bulunur. Buradan yıllık net getiri, **9.658.400 USD** olarak karşımıza çıkar.

Mali Net Bugünkü Değer (MNBD)'in bulunmasında, işletme gelir ve giderleri hesaplamalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Projenin ekonomik ömrü 20 yıl ve indirgeme oranı %12 olarak hesaba dahil edilmiştir. 20. yılda sistemin hurda değeri, inşaat kalemlerinin yüksekliği nedeniyle, ilk yatırım maliyetinin %15'i olarak hesaplara dahil edilmiştir.

Bu şekilde;

$$\begin{aligned} \text{MNBD} = & \frac{-25.626.595}{(1+0,12)^0} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^1} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^2} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^3} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^4} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^5} \\ & + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^6} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^7} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^8} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^9} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^{10}} \\ & + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^{11}} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^{12}} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^{13}} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^{14}} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^{15}} \\ & + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^{16}} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^{17}} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^{18}} + \frac{9.658.400}{(1+0,12)^{19}} + \frac{3.843.989}{(1+0,12)^{20}} \end{aligned}$$

$$\text{MNBD} = 40.994.212 \text{ USD}$$

olarak elde edilir. Bu verilerden projenin İç Karlılık Oranı (İKO),

$$\text{İKO} = \%37,61$$

Geri Ödeme Süresi (GÖS);

$$\text{GÖS} = 3,4 \text{ yıl}$$

olarak bulunur.

ÖRNEK FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI #2

Bayındır Yusufllu Mahallesi 1 MW Biyogaz Tesisi Fizibilite Raporu

Bu örnek çalışmada, Bayındır'ın Yusufllu mahallesinde kurulabilecek 1 MW kapasiteli biyogaz tesisinin analizi verilmiştir.

1)Proses Tarifi

A. Biyogaz Tesisi Üniteleri

Bayındır İlçesi Yusufllu Mahallesi için tasarlanan ve akış şeması Şekil 41'de verilen Biyogaz Tesisi, 2 üniteden oluşmaktadır.

Biyogaz Üretim Üniteleri

- Ön Dengeleme (Besleme) Havuzu
- 2 Adet Biyogaz Reaktörü
- 1 Adet Post Biyogaz Reaktörü
- Fermente Gübre Depolama Lagünü

Biyogaz Yıkama ve Şartlandırma Üniteleri

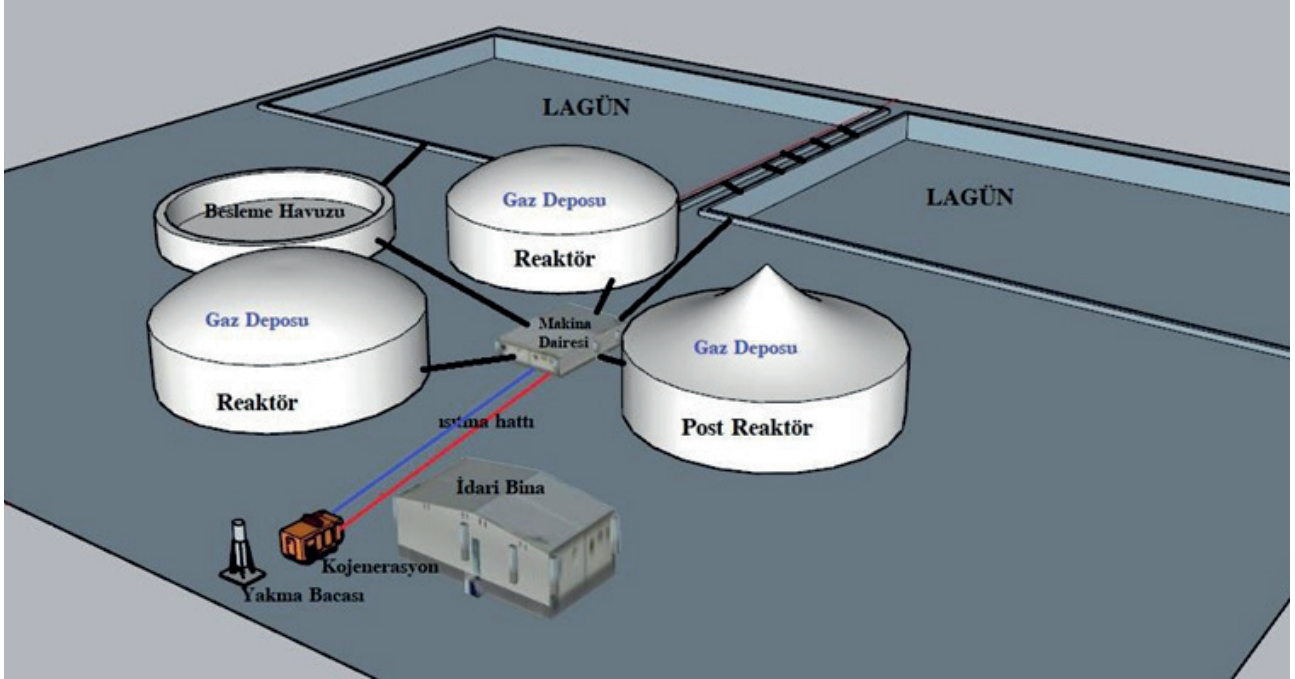
- Biyogaz Deposu (2 Adet – Biyogaz Reaktörlerine Entegre)
- Biyogaz Deposu (1 Adet – Post Reaktöre Entegre)
- Köpük Tutucular
- Kondens Tutucular
- Biyogaz Yakma Bacası

Enerji Ünitesi

- Kojenerasyon Sistemi

B.Biyogaz Sistemi Tarifi

Şekil 41. Biyogaz tesisi şeması



Şekil 41'de şeması verilen biyogaz tesisi, yakın civardaki ahırlardan alınan büyükbaş hayvan atığı ile işletilecektir. Ahırlardan alınan atıklar, vidanjörler aracılığıyla ön dengeleme (besleme) havuzuna aktarılacaktır. Ön dengeleme havuzunda katı madde miktarı %10'a getirilen atıklar, dalgıç karıştırıcılar yardımıyla karıştırılacak, bu şekilde çökelmeler önlenerek, atığın homojen olması sağlanacaktır. Ön dengeleme havuzundan iki ayrı dalgıç pompa ile basılan bu karışım, debimetre ile debisi ölçülerek iki reaktöre verilebilecektir. Biyogaz reaktörlerine basılan atık, reaktör içerisinde bulunan 4 adet karıştırıcı tarafından karıştırılacak ve kojenerasyon ünitesinden alınan sıcak suyun sirküle edildiği ısıtma boruları ile belirlenen çalışma sıcaklığına kadar ısıtılacaktır. Reaktörler içerisindeki atık, mekanik dairede bulunan toplama kolektörüne iletilecek ve buradan pompa yardımıyla basma kolektörüne aktarılacaktır. Basma kolektöründe, her bir reaktöre, post reaktöre ve fermente gübre lagünü ile besleme tankına çıkışlar bulunacaktır. Bu şekilde atık, otomasyon ve pnomatik aktüatörlü vanalar aracılığıyla istenilen hatta debisi ölçülerek basılabilecektir.

Reaktörlerden elde edilen biyogaz, her bir reaktöre entegre olan çift membranlı gaz deposunda depolanacaktır. İç ve dış membrandan oluşan bu depoda, reaktör basıncının sabit tutulması amacıyla iki membran arasına hava basılacaktır. Post reaktörde ise tek membranlı bir gaz deposu ile bekleme esnasında oluşan biyogaz depolanacaktır. Gaz depoları birbirine paralel bağlanacaktır. Buradan alınan biyogaz, köpük giderici ve kondens tutucudan geçirilecektir. Kullanımdan önce, biyolojik desülfürizasyon ünitesinde H_2S miktarı 200 ppm seviyesine düşürülen biyogaz, debisi ölçülerek bir fan yardımıyla basınçlandırılıp, kullanılmak üzere kojenerasyon ünitesine iletilecektir. Sistemde bir sorun olması durumunda, biyogaz yakma bacasına iletilecektir. Kojenerasyon ünitesinde biyogaz kullanılarak elektrik ve ısı enerjisi üretilecektir. Elde edilen ısı, biyogaz reaktörlerinin ısıtılmasında kullanılacak, artanı ise ilçenin ortak kullanım alanlarının (okul, sağlık merkezi, cami vb.) ihtiyaçlarını karşılamak üzere sevk edilecektir. Elektrik enerjisi ise şebekeye verilecektir.

C. Toplam Atık Miktarının Hesaplanması

Tesiste çevredeki çiftliklerde bulunan 8.500 büyükbaş hayvanın atığı kullanılacaktır. Günlük toplam atık miktarının hesaplanmasında, hayvan başına atık miktarı 30 kg/gün olarak alınmıştır. Buna göre günlük atık miktarı;

$$\text{Atık Miktarı} = 8.500 \text{ adet} \times 30 \text{ kg/adet.gün} = 255.000 \text{ kg/gün} = \mathbf{255 \text{ ton/gün}}$$

olarak bulunur. Yapılan analizlerde atığın yoğunluğu, 986 kg/m³ olarak alınmıştır.

Buradan yola çıkarak günlük hacimsel atık miktarı;

$$\text{Hacimsel Atık Miktarı} = 255.000 \text{ kg/gün} \div 986 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{258,62 \text{ m}^3/\text{gün}}$$

olarak bulunur. Atıkların toplam katı maddesi (TK), %15 olarak alınmıştır. Bu veri göz önüne alındığında, günlük toplam katı madde miktarı;

$$\text{Katı Madde Miktarı} = 255 \text{ ton/gün} \times 0,15 = \mathbf{38,25 \text{ ton/gün}}$$

olarak karşımıza çıkmaktadır. Reaktör içerisindeki atıkların, TK dizayn değeri %10'dur. Bu nedenle, atıkların sulandırılması gerekmektedir. Bu gereksinim, ahırlarda kullanılan yıkama suyu ile düşecek ve ön dengeleme havuzunda gerektiğinde su ilave edilerek katı madde miktarı %10 seviyesinde tutulacaktır. Eklenecek su miktarı maksimum;

$$\text{Su Miktarı} = (38,25 \text{ ton/gün} \div 0,10) - 255 \text{ ton/gün} = \mathbf{127,5 \text{ ton/gün}}$$

olmalıdır. Suyun yoğunluğunun 1.000 kg/m³ olduğu göz önüne alındığında, reaktöre günlük beslenecek hacimsel atık miktarının değeri;

$$\text{Kullanılacak Hacimsel Atık Miktarı} = 258,62 \text{ m}^3/\text{gün} + 127,5 \text{ m}^3/\text{gün} = \mathbf{386,12 \text{ m}^3/\text{gün}}$$

olarak hesaplanır. Biyogaz üretiminde, önemli bir parametre de toplam uçucu katı madde (UK) miktarıdır. Bu değer %83 olarak hesaplara dahil edildiğinde, kullanılabilir UK miktarı;

$$\text{Uçucu Katı Madde Miktarı} = 38,25 \text{ ton/gün} \times 0,83 = \mathbf{31,75 \text{ ton/gün}}$$

olarak bulunur.

2) Proses Tasarımı

A. Ön Dengeleme Havuzu Boyutları

Ön dengeleme havuzunun hacminin belirlenmesinde, günlük olarak biyogaz reaktörüne beslenecek materyalin hacimsel miktarı göz önüne alınır. Vidanjörle taşıma göz önüne alındığında, sistem işleyişinde sorun yaşanmaması için kullanılabilir havuz hacmi, günlük atık miktarının beş katı olacak şekilde seçilmiştir. Buna göre;

$$\text{Kullanılabilir Ön Dengeleme Havuzu Hacmi} = 5 \times 386,12 \text{ m}^3 = \mathbf{1.930,6 \text{ m}^3}$$

olarak bulunur. Havuzun çapı 35 m olarak alındığında, kullanılabilir havuz yüksekliği 3,1 m olarak hesaplanır. Ön dengeleme havuzunun toplam hacmine, kullanılabilir hacme hava payının eklenmesiyle ulaşılır. Genellikle kullanım hacminin 1,5 katı alınabilir. Bu şekilde;

$$\text{Toplam Hacim} = 1.930,6 \times 1,5 = \mathbf{2.895,9 \text{ m}^3}$$

değerine ulaşılır. Buradan minimum havuz yüksekliği, 4 m olarak bulunur. Elde edilen minimum havuz boyutları, Tablo 105'te verilmiştir.

Tablo 105. Ön dengeleme havuzu boyutları

Havuz çapı (m)	35
Havuz yüksekliği (m)	4
Toplam hacim (m ³)	3.846,5
Kullanılabilir havuz yüksekliği (m)	3,1
Kullanılabilir hacim (m ³)	2.981

B. Biyogaz Reaktörü Boyutları

Reaktör boyutunun hesaplanmasında en önemli faktör, bekleme süresinin belirlenmesidir. Uçucu katı gideriminin, %85 – 90 olduğu gün sayısı bekleme süresini verir. Tesisin mezofilik bölgede ve sığır atığıyla çalıştığı göz önüne alınarak, bekleme süresi 35 gün olarak seçilmiştir. Günlük hacimsel atık miktarı göz önüne alındığında, kullanılabilir reaktör hacmi;

$$\text{Reaktör Hacmi} = 386,12 \text{ m}^3/\text{gün} \times 35 \text{ gün} = \mathbf{13.514,2 \text{ m}^3}$$

olarak elde edilir. Hacmin büyüklüğü nedeniyle reaktör sayısı arttırılmış, dört adet reaktör düşünülmüştür. Böylece her bir reaktör hacmi;

$$\text{Birim Reaktör Hacmi} = 13.514,2 \text{ m}^3 \div 4 \text{ adet} = \mathbf{3.378,5 \text{ m}^3}$$

olarak hesaplanmıştır. Reaktör çapı 35 m olarak seçildiğinde, kullanılabilir reaktör yüksekliğinin ise 7,1 m olduğu görülmektedir. Reaktör boyutlarının belirlenmesinde diğer bir faktör ise, reaktör üzerinde bırakılacak boşluğun tespit edilmesidir. Genel yaklaşım, sıvı seviyesinin üzerinde 0,5 – 1,0 m aralıkta boşluk bırakılması şeklindedir. Sistem tasarımında bu değer, 1 m olarak alınarak reaktör yüksekliği 8,1 m'ye tamamlanmıştır. Bu şekilde bekleme süresindeki veya atık miktarındaki küçük değişimler karşılanabilecektir. Bu durumda, toplam birim reaktör hacmi 6.827,54 m³ olarak bulunur. Elde edilen reaktör boyutları, Tablo 106'da gösterilmiştir.

Tablo 106. Her bir biyogaz reaktörünün boyutları

Reaktör çapı (m)	35
Reaktör yüksekliği (m)	8,1
Toplam reaktör hacmi (m ³)	7.789,16
Kullanılabilir reaktör yüksekliği (m)	7,1
Kullanılabilir reaktör hacmi (m ³)	6.827,54

C. Reaktör Katı Madde ve Uçucu Katı Madde Yükleme

Reaktör hacmi başına katı ve uçucu katı madde yükleme değerleri, biyogaz üretimi için önemlidir. Kurulacak olan biyogaz tesisinin kullanılabilir hacim başına katı madde yükleme değeri;

$$\text{Katı Madde Yükleme} = 38.250 \text{ kg/gün} \div (2 \times 6827,54) \text{ m}^3 = \mathbf{2,80 \text{ kg/m}^3.\text{gün}}$$

olarak bulunur. Uçucu katı madde yükleme değeri ise;

$$\text{Uçucu Katı Madde Yükleme} = 31.747,5 \text{ kg/gün} \div (2 \times 6827,54) \text{ m}^3 = \mathbf{2,32 \text{ kg/m}^3.\text{gün}}$$

değerleriyle kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

D. Günlük Biyogaz Üretiminin Hesaplanması

Beklenen günlük biyogaz üretiminin hesaplanabilmesi için, 35 günlük bekletme süresinde giderilen UK miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu raporda 35. günde %90 giderimin sağlandığı ve UK giderim veriminin %55 olduğu göz önüne alınmıştır.

Kurulacak olan tesiste, günlük olarak işlenecek UK miktarı 36,96 tondur. Buradan giderilen UK miktarı;

$$\text{Uçucu Katı Madde Giderimi} = 31,75 \text{ ton/gün} \times 0,55 = \mathbf{17,46 \text{ ton/gün}}$$

olarak elde edilir. Metan oluşumu, giderilen kg UK başına 320 litre olarak alındığında, günlük metan (CH₄) üretimi;

$$\text{Metan Üretimi} = 17,46 \text{ kg/gün} \times 0,35 \text{ m}^3/\text{kg} = \mathbf{6.111 \text{ m}^3/\text{gün}}$$

olarak bulunur. Deneyimler, biyogaz içerisindeki CH₄ oranının %50 – 65 civarında olduğunu göstermiştir. Metan oranı %55 alındığında, günlük biyogaz üretimi;

$$\text{Biyogaz Üretimi} = 6.111 \text{ m}^3/\text{gün} \div 0,55 = \mathbf{11.112 \text{ m}^3/\text{gün}}$$

olarak hesaplanır. %55 CH₄ içeriğine sahip biyogazın alt ısı değeri, yaklaşık olarak 21 MJ/m³ (5.020 kcal/m³– 5,837 kWh_e/m³)'dür. Kojenerasyon ünitesinin elektrik çevrim veriminin %40, termal veriminin ise %48 alınması durumunda, günlük elektrik üretimi;

$$\text{Elektrik Üretimi} = 11.112 \text{ m}^3/\text{gün} \times 5,837 \text{ kWh}_e/\text{m}^3 \times 0,39 = \mathbf{25.295 \text{ kWh/gün}}$$

olarak bulunur. Kurulu gücü bulmak için, kojenerasyon ünitesinin günde 24 saat çalışacağı öngörüldüğünde;

$$\text{Jeneratör Gücü} = 25.295 \text{ kWh} \div 24 \text{ saat} = \mathbf{1.053,9 \text{ kW}_e}$$

olarak karşımıza çıkar.

Termal enerji üretimi ise;

$$\text{Termal Enerji Üretimi} = 11.112 \text{ m}^3/\text{gün} \times 5.020 \text{ kcal/m}^3 \times 0,45 = \mathbf{25.102.008 \text{ kcal/gün}}$$

olarak hesaplanmıştır. Buradan termal güç;

$$\text{Termal Güç} = 25.102.008 \text{ kcal} \div 24 \text{ saat} = 1.045.917 \text{ kcal/saat} = \mathbf{1.216,4 \text{ kW}}$$

olarak bulunur.

E. Fermente Gübre Depolama Lagünü Boyutları

Fermente gübre depolama lagün hacminin belirlenmesinde, günlük olarak fermente atığın hacimsel miktarı göz önüne alınmıştır. Fermente gübrenin kullanımında sorun yaşanabileceği göz önüne alınarak kullanılabilir lagün hacmi, günlük oluşan atığın yaklaşık 6 ay boyunca depolanabileceği şekilde seçilmiştir.

$$\text{Fermente Gübre Depolama Havuzu Hacmi} = 183 \times 386,12 \text{ m}^3 = \mathbf{70.659,96 \text{ m}^3}$$

olarak bulunur. Genişlik 70 m, derinlik 5 m ve uzunluk 100 m olacak şekilde, 2 adet lagün gereklidir.

Elde edilen minimum havuz boyutları, Tablo 107'de verilmiştir.

Tablo 107. Fermente gübre lagün boyutları

Genişlik (m)	70
Lagün derinliği (m)	5
Uzunluk	100
Toplam hacim (m ³)	35.000

F. Biyogaz Tesisinde Kullanılan Ekipmanlar ve Üniteler

Biyogaz tesislerinde kullanılan ekipman ve ünitelerin bilgilerine ilişkin tablolar, aşağıda listelenmiştir (Tablo 108-138).

Tablo 108. Ön dengeleme havuzu karıştırıcısı

Ön Dengeleme Havuzu Karıştırıcısı	
Miktar (Adet)	3
Tip	Dalgıç
Motor Gücü	15 kW
Islak Hacim	2.981,04 m ³
Gövde	Pik Döküm
Fan	Paslanmaz
Aksesuar	Kızak ve Caraskal Sistemi ile komplemdir

Tablo 109. Biyogaz reaktörü karıştırıcısı (Yan karıştırma)

Biyogaz Reaktörü Karıştırıcısı	
Miktar (Adet)	2 X 2 =4
Tip	Yan Karıştırıcı
Motor Gücü	18 kW
Islak Hacim	3.709 m ³
Gövde	Pik Döküm
Çark	Paslanmaz

Tablo 110. Biyogaz reaktörü karıştırıcısı (Akış hızlandırıcı)

Biyogaz Reaktörü Karıştırıcısı	
Miktar (Adet)	2 X 2 = 4
Tip	Akış Hızlandırıcı
Motor Gücü	5,5 kW
Islak Hacim	6.827,54 m ³
Gövde	Pik Döküm
Çark	Paslanmaz

Tablo 111. Çürütücü besleme pompası

Çürütücü Besleme Pompası	
Miktar (Adet)	2
Tip	Dalgıç
Debi	70 m ³ /h
Basınç	15mSS
Motor Gücü	9 kW
Malzeme	Pik Döküm
Fan Tipi	Parçalayıcı Bıçaklı
Aksesuarlar	Vana, Çek Vana ve Boru Donanımı ile Komplemdir

Tablo 112. Depolama lagünü besleme pompası

Depolama Lagünü Besleme Pompası	
Miktar (Adet)	2
Tip	Vortex
Debi	70 m ³ /h
Basınç	40mSS
Motor Gücü	15 kW
Malzeme	Pik Döküm
Aksesuarlar	Vana, Çek Vana ve Boru Donanımı ile Kompledir

Tablo 113. Ön dengeleme havuzu

Ön Dengeleme Havuzu	
Miktar (Adet)	1
Tip	Üstü Açık Silindirik
Çap	35 m
Islak Yükseklik	4 m
Brüt Yükseklik	3,1 m
Islak Hacim	3.846,5 m ³
Brüt Hacim	2.981,04 m ³
Akışkan	Büyükbaş Hayvan Atığı
Malzeme	Betonarme

Tablo 114. Fermente gübre depolama lagünü

Fermente Gübre Depolama Lagünü	
Miktar (Adet)	2
Tip	Üstü Açık Havuz
Genişlik	70 m
Uzunluk	100 m
Derinlik	5 m
Hacim	35.000 m ³
Akışkan	Çürütülmüş Büyükbaş Hayvan Atığı
Malzeme	Betonarme

Tablo 115. Biyogaz reaktörü

Biyogaz Reaktörü	
Miktar (Adet)	2
Tip	Üst Gaz Deposu ile Kapalı Silindirik
Çap	35 m
Islak Yükseklik	6,1 m
Brüt Yükseklik	8,1 m
Islak Hacim	6.827,54 m ³
Brüt Hacim	7.789,16 m ³
Akışkan	Büyükbaş Hayvan Atığı
Malzeme	Betonarme (üzeri 10 cm izolasyonlu)

Tablo 116. Post biyogaz reaktörü

Post Biyogaz Reaktörü	
Miktar (Adet)	1
Tip	Üst Gaz Deposu ile Kapalı Silindirik
Çap	35 m
Islak Yükseklik	6,1 m
Brüt Yükseklik	8,1 m
Islak Hacim	6.827,54 m ³
Brüt Hacim	7.789,16 m ³
Akışkan	Çürütülmüş Büyükbaş Hayvan Atığı
Malzeme	Betonarme (üzeri 10 cm izolasyonlu)

Tablo 117. Biyogaz balonu

Biyogaz Balonu	
Miktar (Adet)	2
Tip	Çürütücü Üstü Çift Membran
Çalışma Basıncı	3 mbar
Çap	35 m
Hacim	7.416 m ³
Aksesuarlar	Hava Bloweri ile Kompledir

Tablo 118. Post biyogaz balonu

Post Biyogaz Balonu	
Miktar (Adet)	1
Tip	Çürütücü Üstü Tek Membran
Çalışma Basıncı	3 mbar
Çap	35 m

Tablo 119. Biyogaz fanı

Biyogaz Fanı	
Miktar (Adet)	1
Tip	Tek Kademeli
Debi	500-700 Nm ³ /h
Giriş/Çıkış Basıncı	3 mbar/ 100 mbar
Motor Gücü	7,5 kW
Gövde	Pik döküm
Aksesuarlar	Vana, Çek Vana ve Boru Donanımı ile Kompledir

Tablo 120. Biyogaz yakma bacası

Biyogaz Yakma Bacası	
Miktar (Adet)	1
Tip	Otomatik
Debi	500 - 700 Nm ³ /h
Gaz Basıncı	Min. 10 mBar, Maks. 40 mBar
Malzeme	AISI 304
Aksesuarlar	Manuel Vana, Otomatik Vana ve Alev Kapanı ile

Tablo 121. Köpük tutucu

Köpük Tutucu	
Miktar (Adet)	1
Kapasite	500 - 700 Nm ³ /h
Malzeme	AISI 304
Aksesuarlar	Giriş-Çıkış Bağlantıları ve Sifonlama Sistemi

Tablo 122. Nem tutucu

Nem Tutucu	
Miktar (Adet)	1
Kapasite	500 - 700 Nm ³ /h
Malzeme	AISI 304
Aksesuarlar	Giriş-Çıkış Bağlantıları ve Sifonlama Sistemi

Tablo 123. Debimetre (Reaktör girişi)

Debimetre	
Miktar (Adet)	2
Tip	Elektromanyetik
Transmitter	4/20 mA
Konum	Reaktör girişlerinde

Tablo 124. Debimetre (Depo lagün girişi)

Debimetre	
Miktar (Adet)	1
Tip	Elektromanyetik
Transmitter	4/20 mA
Konum	Depolama Lagün Girişinde

Tablo 125. Debimetre (Depo lagün çıkışı)

Debimetre	
Miktar (Adet)	1
Tip	Elektromanyetik
Transmitter	4/20 mA
Konum	Depolama Lagün Çıkışlarında

Tablo 126. Debimetre (Besleme reaktörü)

Debimetre	
Miktar (Adet)	2
Tip	Elektromanyetik
Transmitter	4/20 mA
Konum	Besleme Kolektörü Giriş ve Çıkışında

Tablo 127. Debimetre (Biyogaz hattı)

Debimetre	
Miktar (Adet)	1
Tip	Vorteks
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Hattında

Tablo 128. Seviye transmitteri (Ön dengeleme havuzu)

Seviye Transmitteri	
Miktar (Adet)	1
Tip	Hidrostatik
Ölçüm Aralığı	0-5 m
Transmitter	4/20 mA
Konum	Ön Dengeleme Havuzunda

Tablo 129. Seviye transmitteri (Biyogaz reaktörü)

Seviye Transmitteri	
Miktar (Adet)	2
Tip	Hidrostatik
Ölçüm Aralığı	0-10 m
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Reaktörü

Tablo 130. Seviye transmitteri (Biyogaz balonu)

Seviye Transmitteri	
Miktar (Adet)	2
Tip	Ultrasonik
Ölçüm Aralığı	0-10 m
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Balonunda

Tablo 131. Seviye transmitteri (Depolama havuzu)

Seviye Transmitteri	
Miktar (Adet)	1
Tip	Hidrostatik
Ölçüm Aralığı	0-5 m
Transmitter	4/20 mA
Konum	Depolama Havuzunda

Tablo 132. Sıcaklık transmitteri (Biyogaz reaktörü)

Sıcaklık Transmitteri	
Miktar (Adet)	2 x 4 = 8
Tip	Saplamalı
Ölçüm Aralığı	0-50 °C
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Reaktörü

Tablo 133. Sıcaklık transmitteri (Reaktör ısıtma hattı)

Sıcaklık Transmitteri	
Miktar (Adet)	10
Tip	Saplamalı
Ölçüm Aralığı	0-50 °C
Transmitter	4/20 mA
Konum	Reaktör Isıtma Hattında

Tablo 134. Basınç transmitteri

Basınç Transmitteri	
Miktar (Adet)	2
Tip	Saplamalı
Ölçüm Aralığı	0-20 mbar
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Hattında

Tablo 135. Gaz analizörü

Gaz Analizörü	
Miktar (Adet)	2
Tip	Multi Kanal Gaz Analizörü
Ölçüm Aralığı	%0-100 CH ₄ , %0-100 CO ₂ , 0 – 5.000 ppm
Transmitter	4/20 mA
Konum	Biyogaz Hattında (Çıkış ve Desülfürizasyon sonrası)

Tablo 136. Sıcak su sirkülasyon pompası (Kojen)

Sıcak Su Sirkülasyon Pompası	
Miktar (Adet)	2
Tip	Kuru Rotorlu Santrifüj
Debi	60 m ³ /h
Basınç	20 mSS
Motor Gücü	7,5 kW
Malzeme	Pik Döküm
Konum	Kojenerasyon – Makine Dairesi Kolektör Arası
Aksesuarlar	Vana, Çek Vana ve Boru Donanımı ile komplemdir.

Tablo 137. Sıcak su sirkülasyon pompası

Sıcak Su Sirkülasyon Pompası	
Miktar (Adet)	2
Tip	Islak Rotorlu Santrifüj
Debi	16 m ³ /h
Basınç	15 mSS
Motor Gücü	2,2 kW
Malzeme	Pik Döküm
Aksesuarlar	Vana, Çek Vana ve Boru Donanımı ile komplemdir.

Tablo 138. Kojenerasyon Ünitesi

Kojenerasyon Ünitesi	
Miktar (Adet)	2
Isı Gücü	500 kW
Elektrik Gücü	500 kW
Isı Verimi	%45
Elektrik Verimi	%39
Toplam Verim	%84
Aksesuarlar	Tüm Donanımı ile Komplemdir

G. Biyogaz Tesisinin Elektrik Tüketimi

Tablo 139. Biyogaz tesisinin elektrik tüketimi

EKİPMAN	Asıl (Adet)	Motor Gücü (kW)	Çalışma Süresi (Saat)	Çalışma Gücü (kW)	Elektrik Tüketimi (kWh/gün)
Besleme Havuzu Karıştırıcıları	3	18	12	54	648
Reaktör Besleme Pompaları	2	22	10	18	440
Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları	4	18	6	72	432
Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları	4	5,5	16	22	352
Post Reaktör Karıştırıcıları	2	18	6	36	216
Post Reaktör Dalgıç Pompa	1	9	10	9	90
Kojen-Mekanik Daire Sirkülasyon Pompası	1	7,5	24	7,5	180
Kolektör-Reaktör Sirkülasyon Pompası	2	2,2	24	4,4	105,5
Biyogaz Fanı	1	7,5	24	7,5	180
Biyolojik Desülfürizasyon Ünitesi	1	8	24	8	192
Chiller	1	18	24	18	492
Membran Blowerı	2	0,55	24	1,1	26,4
TOPLAM					3.294

Tablo 139'dan görüleceği gibi, biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük elektrik enerjisi tüketimi **3.294 kWh'dir**.

H.Biyogaz Reaktörü Isıtma İhtiyacı

Biyogaz reaktörünün çalışma sıcaklığı, 35°C olarak seçilmiştir. Sıcaklığın sabit tutulabilmesi amacıyla, kojenasyon ünitesinden elde edilen ısı enerjisi kullanılacaktır. Biyogaz reaktörünün ısı kayıpları, reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r , besleme materyalinin reaktör sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı akımı Q_b , reaktörü terkeden biyogazla oluşan ısı kaybı Q_g , buharlaşma yoluyla oluşan ısı kaybı Q_e ve reaksiyon sırasında gerekli ısı akımı Q_k ile gösterilmiştir.

Bu kayıplar göz önüne alındığında, sistemin ısı dengesini korumak için gerekli toplam ısı ihtiyacı Q_t şu şekildedir:

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b + Q_g + Q_e + Q_k$$

Yukarıdaki eşitlikte yer alan Q_g , Q_e ve Q_k , diğerlerinin yanında ihmal edilebilecek büyüklüktedir. Bu yüzden reaktörün toplam ısı ihtiyacı;

$$Q_t(W) = Q_r + Q_b$$

şeklinde yazılabilir. Reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı Q_r , şu şekilde hesaplanır:

$$Q_r(W) = A \cdot KT \cdot \Delta T$$

Bu formülde, toplam reaktör yüzey alanı A (m²), toplam ısı geçiş katsayısı KT (W/m²°C), reaktör çalışma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark ΔT (°C) olarak verilmiştir. KT hesaplanırken, reaktör yüzeylerinde bulunan malzeme katmanlarının kalınlıkları l_n (m) ve ısı iletim katsayıları λ_n (W/ m°C) göz önüne alınır. Reaktörün bulunduğu ortamın ısı taşınım katsayısı $\alpha_{dış}$ (W/ m²°C) ve reaktör içindeki besleme materyalinin ısı taşınım katsayısı $\alpha_{iç}$ (W/m²°C) yardımıyla toplam ısı geçiş katsayısı;

$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}}$$

eşitliğiyle hesaplanır.

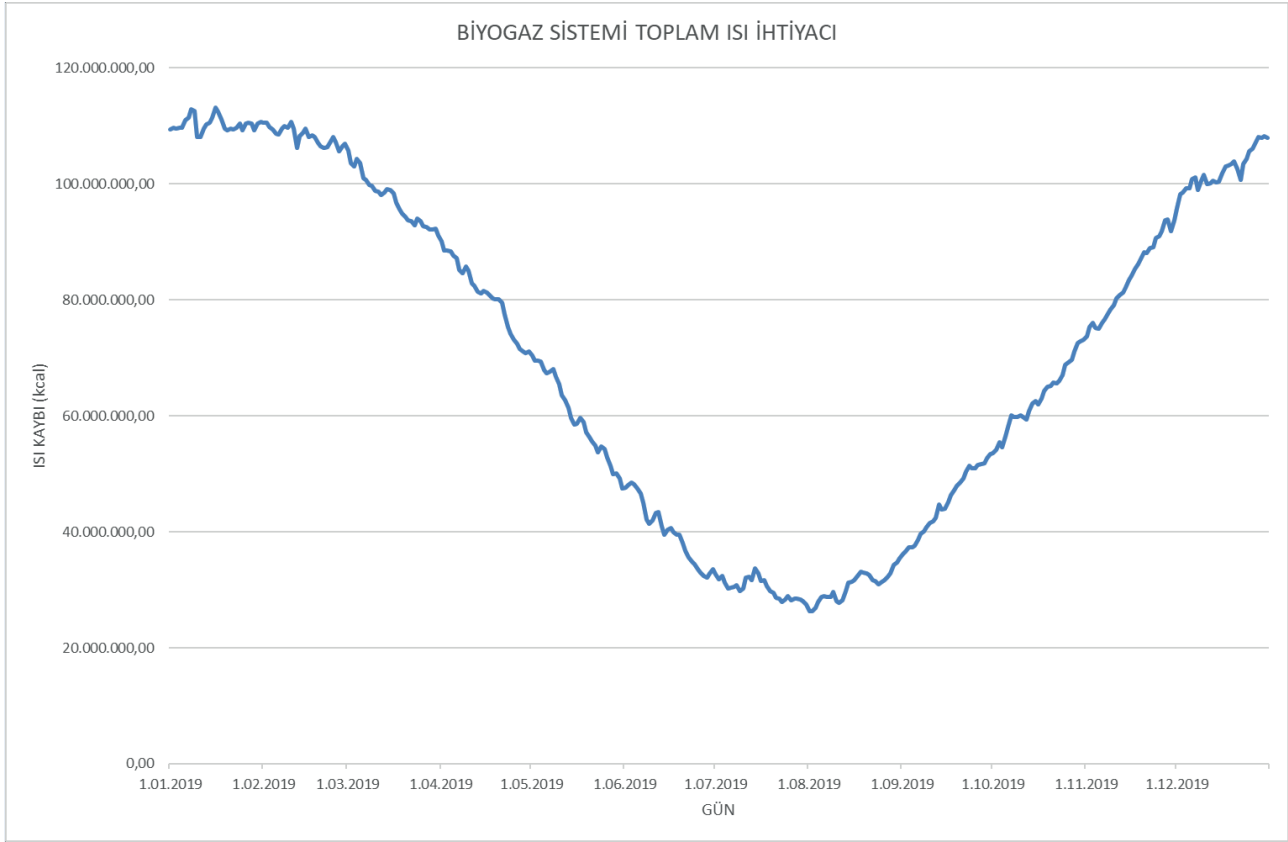
Besleme materyalinin fermentasyon sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı miktarı $Q_b(W)$, besleme materyalinin kütleli debisi m (kg/s), özgül ısı C_p (J/kg°C) ve reaktör sıcaklığıyla besleme materyalinin sıcaklığı arasındaki fark ΔT (°C) olmak üzere;

$$Q_b = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

eşitliğiyle bulunur.

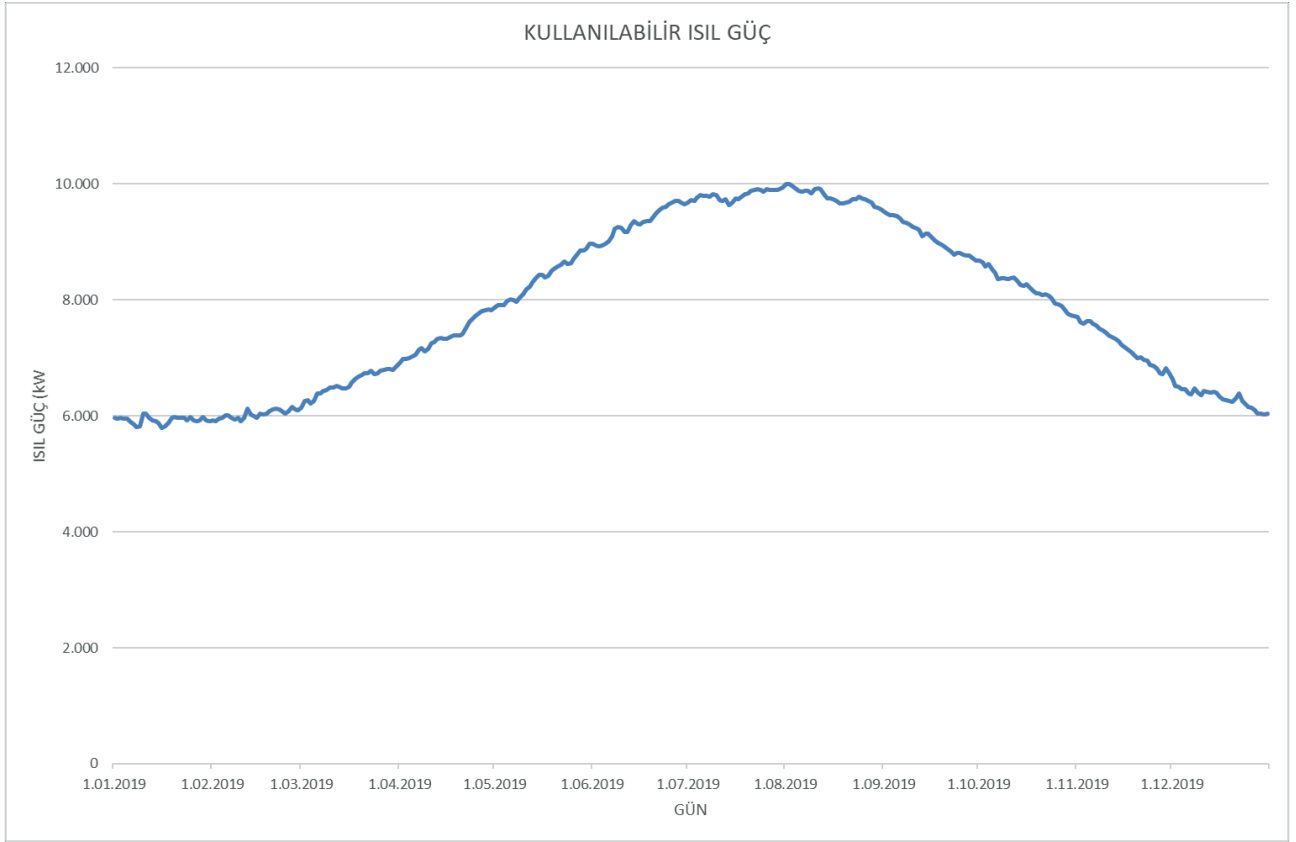
Kurulacak olan biyogaz tesisinin ısı ihtiyacının saptanmasında, bu formüller dikkate alınmıştır. Yapılan hesaplamalarda, 01 Ocak 2019–31 Aralık 2019 tarih aralığındaki İzmir'e ait günlük iklim verileri kullanılmıştır. Reaktörlerin ısı kaybı hesabında, yan duvarlar, toprak temaslı taban ve biyogaz deposu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Duvar kalınlığı yan yüzeyde 40 cm, tabanda 50 cm olarak alınmıştır. Yalıtım malzemesi kalınlığı 10 cm olarak hesaba dahil edilmiştir. Her bir reaktör için yan duvar alanı 890 m², taban alanı 962 m² ve biyogaz deposu alanı 1.100 m² olarak hesaplanmıştır. Toplam ısı geçiş katsayısı KT ise, yan duvarlar, taban ve biyogaz deposu için sırasıyla; 0,23 W / m²°C, 0,21 W / m²°C ve 0,9 W / m²°C olarak bulunmuştur. Besleme materyalinin reaktör çalışma sıcaklığı olan 35 °C'ye getirilmesi için harcanan ısı enerjisinin tespitinde ise, daha önce hesaplanan 386.120 kg/gün atık debisi dikkate alınmış ve günlük şebeke suyu sıcaklıkları kullanılmıştır. Hesaplamalarda atığın özgül ısı 4.200 J/kg. C olarak alınmıştır. Böylece elde edilen besleme materyali ısı kaybı, reaktör ısı kaybıyla toplanarak toplam ısı kaybı hesaplanmıştır. Bu değerler ve İzmir için günlük iklim verileri kullanıldığında günlük toplam ısı ihtiyacının değişimi, Şekil 42'de kcal/gün olarak verilmiştir. Buna göre 01 Ocak 2019–31 Aralık 2019 aralığındaki 365 gün içerisinde, en yüksek ısı kaybı 12.184.244 kcal/gün, en düşük ısı kaybı ise 2.850.954 kcal/gün olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 42. Biyogaz reaktörünün günlük ısı kaybı



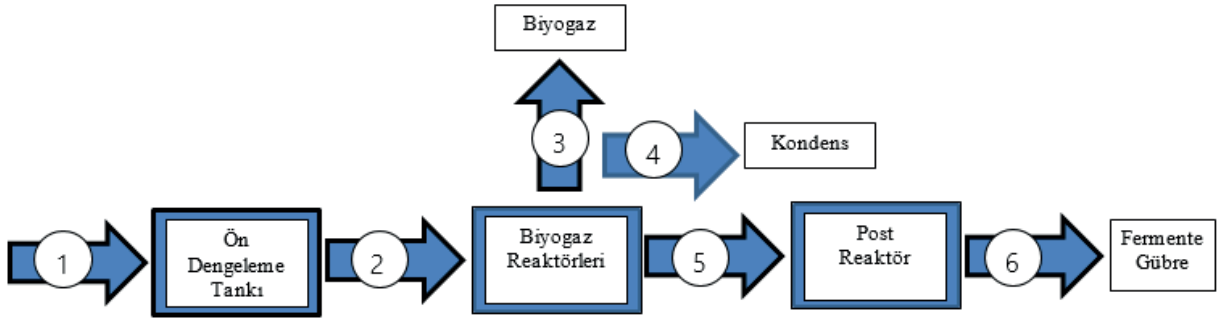
Bu verilerden yola çıkılarak ısı değıştiricisinin gücü hesaplanmıştır. En yüksek gerekli güç 590 kW, en düşük güç ise 138 kW olarak bulunmuştur. Kullanılacak ısı eşanjörlerinin ısı transfer verim değeri, 0,95 alınarak güç 621 kW olarak seçilmiştir. Kojenerasyon ünitesi için daha önce yapılan hesaplamalarda elde edilen 1.216 kW ısıtma gücü, bu ısı kaybını karşılamakta ve ilçede farklı amaçlarla kullanılabilecek (mekan ısıtma, ürün kurutma vb.) ısı enerjisinin varlığını bize göstermektedir. Kış aylarında en düşük 626 kW olan bu güç, özellikle hava sıcaklığının yüksek olduğu günlerde 1.000 kW'nın (maksimum 1.078 kW) üzerinde seyretmektedir. Yapılan hesaplamalar Şekil 43'te ve biyogaz tesisi kütle denklığı ile ilgili veriler ise Tablo 140'da verilmektedir.

Şekil 43. Kullanılabilir ısı gücü



İ. Biyogaz Tesisi Kütle Denklîği

Şekil 44. Biyogaz tesisi kütle akım şeması



Tablo 140. Biyogaz tesisi kütle denklîği

	1	2	3	4	5
Akışkan	Hayvansal Atıklar	Besleme Materyali	Biyogaz	Kondens	Fermente Atık
Debi kg/gün	391.602	391.602	9.790	391	381.421
Toplam Katı Madde %	10	10	-	-	6
Uçucu Katı Madde % TK	83	83	-	-	80
Toplam Katı Madde kg/gün	39.160	39.160	-	-	22.885
Uçucu Katı Madde kg/gün	32.502	32.502	-	-	18.308

J. Sistem Maliyeti

Biyogaz sisteminin yatırım maliyeti, alt kategoriler bazında Tablo 141'de verilmiştir.

Tablo 141. Biyogaz sistem maliyetleri

KATEGORİLER	USD
İnşaat İşleri	1.105.000
Karıştırıcı ve Pompalar	182.255
Otomasyon ve Elektrik İşleri	617.000
Kojenerasyon	675.000
Biyogaz Depolama ve Şartlandırma	303.934
Reaktör Isıtma Sistemi	179.451
Boru, Fittings ve Vanalar	168.000
Gözetleme Camları	2.858
Projelendirme	65.000
İzinler	50.000
Öngörülemeyen Giderler	192.422
Müteahhit Kârı	307.908
TOPLAM	3.848.848

I. İnşaat İşleri: Biyogaz sistemi betonarme iki adet reaktör, 1 adet post reaktör ve bir adet besleme tankından oluşmaktadır. Reaktörler ve tanklar, 35 m çapa sahiptir. 40 cm kalınlıkta olan bu yapıların yükseklikleri, reaktörler için 8,1 m, tanklar için 5 m'dir. Sistemde ayrıca, 250 m² oturma alanına sahip, 4 m yüksekliğinde bir makina dairesi öngörülmüştür. Çıkan fermente atık 70.000 m² alana sahip, 5 m derinlikte iki adet lagüne gönderilecektir. Lagünler, toprak hafriyatı ölçülere göre yapıldıktan sonra tabanı membranla kaplanarak oluşturulacaktır. İnşaat işleri, bu kalemleri kapsamaktadır. Ayrıca kojenerasyon konteynırlarının, biyolojik de-sülfürizasyon ünitesinin, seperatörlerin ve biyogaz yakma bacasının kaideleri bu kalem içerisinde yer almaktadır. Reaktörlerin 10 cm straforla ve trapez saca kaplanması, yürüme platformlarının yapılması işi de bu kalemde ele alınmıştır.

II. Karıştırıcı ve Pompalar: Biyogaz reaktörlerinde 2 adet hızlı karıştırıcı ve 2 adet akış hızlandırıcı ile post reaktörlerde 2 adet hızlı karıştırıcı olmak üzere 10 adet dalgıç karıştırıcı kullanılacaktır. Besleme tankında, 3 adet dalgıç tip hızlı karıştırıcı olacaktır. Reaktörlerin beslenmesinde ve diğer kullanım alanlarına sevk edilmesinde, parçalayıcı dalgıç pompalar kullanılacaktır. Bu pompaların sayısı toplam 3 adettir. Makina dairesinde yapılacak olan kolektör ile, her bir reaktörden gerektiğinde diğer reaktörlere ve besleme ile lagün arasında, gübre karışımının yönlendirilmesi sağlanacaktır. Burada da, iki adet eksantrik vidalı pompa kullanılacaktır. Tüm bu ekipman, bu kalem altında ele alınmıştır. Dalgıç pompa ve karıştırıcıların istasyonel ekipmanları da, bu kalem altında değerlendirilmiştir. Fakat sıcak su sirkülasyon pompaları, boru ve fittings kategorisi altında maliyete dahil edilmiştir.

III. Otomasyon ve Elektrik İşleri: Sistemde 6 adet ultrasonik debimetre ve biyogaz için 1 adet vorteks tip debimetre bulunmaktadır. Ayrıca, her tank için seviyelerin ve sıcaklıkların kontrolü amaçlı sensörler bulunmaktadır. Oluşturulacak otomasyon sisteminde, SCADA yazılımı ve ara yüzü kullanılacaktır. Her bir ekipmanın kontrolü (karıştırıcı çalışma zamanı, frekansı, pompa çalışma zamanı, sıcaklık kontrolü, arıza göstergeleri vb.) tek bir merkezden, gerek manuel gerekse otomatik olarak sağlanacaktır. Gübre su karışımının sevki, pnomatik aktüatörlü vanalar ile sağlanabilecektir. Tüm ekipmanların MCC ve PLC panolarının imalatı, bu kalem altında ele alınmıştır. Ayrıca elektrik tesisatı, sistem besleme ve şebekeye aktarım için gerekli teçhizat bu kategoride yer almaktadır. İki adet sabit tip çoklu gaz analizörü de bu kapsamdadır.

IV. Kojenerasyon: Biyogaz sistemi, 1 MW gücünde elektrik üretimine sahiptir. Sistem tasarımında 1 MW gücünde tek bir ünite yerine, arıza durumunda sistemin durmasını engellemek amacıyla, 2 adet 500 kW'lık iki ünite öngörülmüştür. Bu kalem altında, her bir ünite için 2 adet konteynır, jeneratörler, ısı geri kazanım üniteleri, kontrol ekipmanları ve otomasyonu yer almaktadır.

V. Biyogaz Depolama ve Şartlandırma Üniteleri: Üretilen biyogaz, kullanıma bağlı dalgalanmaları dengelemek üzere, her bir reaktöre entegre olan 2 adet çift membranlı balonlarda depolanacaktır. Bunun dışında post reaktörün üzeri tek membranla kapatılarak, fermente gübrenin bekleme esnasında oluşturacağı biyogazın da depolanması sağlanacaktır. Bu depolar üzerinde, basınç/vakum valfi gibi emniyet teçhizatı bulunacaktır. Biyogaz kullanıma gönderilmeden önce, H₂S giderimi sağlanacak ve içeriğinde bulunan nem uzaklaştırılacaktır. Ayrıca, kojeneratörlerde arıza olması veya gaz içeriğinde CH₄ oranının azalması durumunda, yakmayı sağlamak üzere bir adet biyogaz yakma bacası bulunacaktır. Tüm bu üniteler, bu kategori altında değerlendirilmiştir.

VI. Reaktör Isıtma Sistemi: Sistemin çalışma sıcaklığı 35 °C'dir. Reaktörlerde bu sıcaklığı sağlamak için, kojenerasyon ünitesinden elde edilen sıcak su kullanılacaktır. Bu su, her bir reaktör iç duvarına monte edilen 30'ar sıra 25x1,8'lik PEX boru içerisinden geçirilecektir. Bu boruların yanı sıra reaktör giriş ve çıkış flanşları, kolektörleri ile montaj ekipmanlarının tümü, bu kategori altında maliyetlere dahil edilmiştir.

VII. Boru, Fittings ve Vanalar: Sistem içerisinde gübre su karışımını ve fermente gübreyi sevk etmek amaçlı HDPE borular kullanılacaktır. Ayrıca kojeneratörden makina dairesine ve reaktörlere sıcak suyu göndermek amacıyla, kendinden izoleli borular sistemde yer alacaktır. Gübre hattında, 46 adet bıçaklı vana kullanılacaktır. Bu vanaların 8 adedi, pnomatik aktüatörlü olacaktır. Biyogazın şartlandırma ünitelerine ve kojeneratöre sevinde, AISI 316 kalite çelik borular kullanılacaktır. Tüm bu malzemeler ile bunların montajında kullanılacak olan fittings, bu kalem altında değerlendirilmiştir. Ayrıca, sıcak suyun sevk edilmesinde kullanılacak olan kuru ve ıslak rotorlu pompalar ve kapalı genleşme tankları da, bu kalem içerisinde yer almaktadır.

VIII. Gözetleme Camları: Reaktörlerde, mikserlerin durumunu, köpük oluşumunu ve karıştırma verimini kontrol amaçlı, birer adet gözetleme camı bulunacaktır. Her bir camın üzerinde, su ile yıkama, silecek ve led ışık olacaktır.

IX. Projelendirme: Biyogaz sisteminin mimari, detay, statik, mekanik ve elektrik projelerinin hazırlanması ve onaya hazır hale getirilmesi, bu kalem içerisinde yer almaktadır. Ayrıca borulamada detayların verilmesi de, bu kapsam içerisinde bulunmaktadır.

X. İzinler: Üretilen elektriğin lisanssız üretim kapsamında değerlendirilmesi amacıyla, gerekli izinler ve inşaat ile ilgili ruhsat ve benzeri yasal yükümlülükler için ortaya çıkacak maliyetler, bu kategori altında değerlendirilmiştir.

XI. Öngörülme-yen Maliyetler: Sistem büyüklüğü ve karmaşıklığı göz önüne alınarak, nakliye, zemin iyileştirme, sistem farklılaştırılması gibi oluşabilecek yeni koşullardan ortaya çıkabilecek maliyetler bu kalem içerisinde alınmış, yatırım tutarının %5'i kadar bir bütçe maliyetlere bu kategori altında eklenmiştir.

XII. Müteahhit Kârı: Toplam yatırım tutarının %8'i olarak bütçelendirilen bu kalem, yüklenici firmanın kârını oluşturmaktadır.

K. Faaliyet Planı

Projenin hayata geçirilmesi için gerçekleştirilecek iş paketleri, 14 madde altında aşağıda listelenmiştir;

1- Kesin yer tespiti ve zemin etüdü: Bu iş paketinde, tesisin yapılacağı yer kesin olarak tespit edilecek ve inşaat için gerekli zemin analizleri gerçekleştirilecektir.

2- Projelerin hazırlanması: Mimari, statik, mekanik ve elektrik uygulama projeleri bu iş paketinde hazırlanacaktır.

3- Ruhsatlama: Bir önceki iş paketinde hazırlanan projelerin onayı sağlanacak ve inşaat ruhsatı alınacaktır.

4- İnşaat alanının hazırlanması: Bu iş paketinde, şantiye kurulumu gerçekleştirilecek ve gerekli kazı/dolgu işlemleri yapılacaktır.

5- İnşaat işleri: Reaktörlerin, besleme havuzunun, lagünlerin, makina dairesinin ve ekipmanlar için gerekli kaideler ile diğer betonarme yapıların inşaatı, bu iş paketi içerisinde yer almaktadır.

6- Mekanik montaj: Pompaların, karıştırıcıların, gözetleme camlarının, emniyet ekipmanlarının ve desülfürizasyon ünitesinin montajları, bu safhada gerçekleştirilecektir. Ayrıca borulama ve diğer mekanik montaj da, bu iş paketi kapsamındadır.

7- Kojenerasyon ünitesi montajı: Bu iş paketi kapsamında, kojenerasyon konteynırları inşaat alanına getirilerek, mekanik montajı tamamlanacaktır.

8- Gaz depolama ünitelerinin montajı: Reaktörlerdeki mekanik montajın bitmesini takiben, gaz balonlarının ve emniyet ünitelerinin montajı tamamlanacak, mekanik sisteme entegrasyonu gerçekleştirilecektir.

9- Elektrik montajının ve otomasyonun tamamlanması: Bu iş paketi kapsamında, sistemin elektrik montajı tamamlanacak, otomasyon için gerekli olan sensörler ile debimetrelerin montajı gerçekleştirilecek ve otomasyon ile ilgili yazılım hazır hale getirilecektir.

10- Sistem boşta denemelerinin gerçekleştirilmesi: Mekanik ve elektrik montajı gerçekleştirilen ekipmanların çalışma denemeleri, bu iş paketi içerisinde yer almaktadır.

11- Çevre düzenlemesinin tamamlanması: Bu iş paketinde, çevre düzenlemesi tamamlanacak ve gerekli uyarı levhalarının konumlandırılması gerçekleştirilecektir.

12- Sistemin çalıştırılması: Biyogaz üretim denemelerine, bu iş paketinde başlanacaktır. Reaktörler doldurulacak, ilk ısıtma gerçekleştirilecek, elde edilen biyogaz yakma bacasında yakılacak ve kojeneratörde kullanılacaktır.

13- Hataların düzeltilmesi: İlk çalıştırma aşamasında tespit edilen mekanik ve elektrik montaj hataları ile kaçaklar, bu iş paketinde düzeltililecektir.

14- Devreye alma ve eğitim: Sistem hataları düzeltildikten sonra devreye alma gerçekleştirilecek, son kullanıcı sorumlularına gerek teorik gerekse pratik eğitimler verilerek sistem, bu iş paketinde teslim edilecektir.

Yukarıda açıklamaları verilen iş paketlerinin gerçekleştirilme süreleri, Tablo 142'de verilmiştir.

Tablo 142. Biyogaz tesisi yapım işi iş paketleri

No	Faaliyet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Kesin yer tespiti ve zemin etüdü	■											
2	Projelerin hazırlanması	■	■										
3	Ruhsatlama			■									
4	İnşaat alanının hazırlanması			■	■								
5	İnşaat işleri				■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Mekanik montaj								■	■			
7	Kojenerasyon ünitesi montajı								■				
8	Gaz depolama ünitelerinin montajı								■				
9	Elektrik montajın ve otomasyonun tamamlanması								■	■			
10	Sistem boşa denemelerinin gerçekleştirilmesi										■		
11	Çevre düzenlemesinin tamamlanması										■	■	
12	Sistemin çalıştırılması											■	
13	Hataların düzeltilmesi											■	
14	Devreye alma ve eğitim												■

L.Ekonomik Değerlendirme

Önceki bölümlerde ilk yatırım maliyeti belirtilen biyogaz sisteminin ekonomik analizi, bu bölümde gerçekleştirilecektir. Sistemin birincil çıktısı elektrik üretimidir. Elektrik üretiminin yanı sıra ısı enerjisi üretimi de söz konusudur. Diğer bir önemli çıktı fermente gübredir. Biyogaz üretim süreci sonucunda elde edilen ve azot yönünden zengin olan fermente gübre doğrudan kullanılabilir. Biyogaz sistemleri, aynı zamanda anaerobik arıtım üniteleridir. Bu nedenle dolaylı getiriler arasına, organik kirleticilerin giderim maliyetlerinin eklenmesi de gerekmektedir. Bu açıklamalar ışığında kurulacak sistemin getirilerinin parasal karşılıkları, maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

I. Elektrik üretimi: Sistem 1 MW elektrik üretim gücüne sahiptir. Sistemin sürekli çalışacağı göz önüne alındığında, 1 yıl içerisinde sistemin üreteceği maksimum elektrik enerjisi 10,53 GWh olacaktır. Fakat çalışma saatini, sistem bakımı ve arızalar nedeniyle 8.000 saat olarak aldığımızda, bu rakam 8,424 GWh olarak gerçekleştirilecektir. Bu değeri, 30/01/2021 tarih 31380 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan ve 01/07/2021 – 31/12/2025 tarihleri arasında kurulacak olan biyometanizasyon tesisleri için belirlenen YEKDEM kapsamındaki 54 Türk Lirası kuruş/kWh (1 USD = 7,10 TL alınarak 7,6 USD cent/kWh) değeri ile çarptığımızda, yıllık toplam **640.224 USD** getiri ile karşılaşırız.

II. Isı üretimi: Projelendirme bölümündeki ısı analizlerde görüldüğü gibi, kojeneratörden elde edilen ısı enerjisi reaktörlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu ihtiyaç karşılandıktan sonra geriye, yine özellikle ısıtımada kullanılabilecek ısı güç kalmaktadır. Bu ısı güç, kış ayları için 700 kW değerindedir. Bu gücün ilçede bulunan ortak kullanım alanlarını ısıtımada değerlendirildiği ve sadece sıcaklığın düşük olduğu kış aylarında kullanıldığı varsayıldığında, toplam elde edilen ısı enerjisi **2.600.640.000 kcal**'dir. Bu miktar enerjinin kömür

karşılığı **371 tondur**. Kömürlü kazanların verim değerlerinin %60 civarında olduğu da hesaba katıldığında, bu miktar 618 ton'a yükselmektedir. Parasal karşılığı ise piyasa değerlerine göre, yaklaşık **142.938 USD/yıl** olarak karşımıza çıkmaktadır. Isı enerjisinin yaz aylarında da kullanılması durumunda (ürün kurutma vb.), bu değer yaklaşık iki kat artabilecektir.

III. Fermente gübre üretimi: Biyogaz üretimi sonunda geriye azot yönünden zengin fermente atık kalmaktadır. Bu atık, Avrupa ülkelerinde ticari olarak satılmaktadır. Fakat ülkemizde daha pazarı oluşmamıştır. Fermente gübrenin, parasal olarak karşılığını bulabilmek için içeriğindeki ana besin maddelerinin kimyasal gübre karşılıklarının çıkarılması gerekmektedir. Ülkemizde bu tip çalışmalar sonucu, 14,71 EUR/m³ değer belirlenmiştir. Fakat daha önce bahsettiğimiz pazarın oluşmaması, kullanıcıların fermente gübrenin yararlarından habersiz olması gibi nedenlerle, elde edilen gübrenin sadece %20'sinin ticari değere dönüşebileceği öngörülmüştür. Buradan yola çıkıldığında tesisten bir yılda elde edilecek fermente atığın parasal karşılığı, **558.000 USD** olarak bulunur.

IV. Organik atık giderimi: Biyogaz sistemlerinin diğer yenilenebilir enerji sistemlerinden farkı, enerji üretimi yanında organik kirleticilerin arıtımını da sağlamasıdır. Bu çok önemli işlevin, ekonomik analize yansıtılması gerekmektedir. Fakat ülkemizde fermente gübrede yaşanan zorluk, atık bertaraf maliyetinde de karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bir tahminleme yapmak gerekmektedir. Bu tahminleme için, atıkların en azından taşıma maliyetlerinin belirlenmesi önemlidir. Fakat burada da karşımıza atıkların sevk edileceği uzaklıklar çıkmaktadır. Tüm bu zorluklar göz önüne alındığında, iyimser bir tablo çizmemek için atık bertarafı m³ başına 1,19 USD gibi düşük bir değerde tutulmuştur. Bu şekilde tesisin yılda m³ atığın arıtıldığı ve bunun parasal karşılığının **112.331 USD/yıl** olduğu yapılan analizlerde dikkate alınmıştır.

Böylece biyogaz tesisinin toplam getirisi, **1.453.493 USD/yıl** olarak bulunur.

Sistemin ekonomik analizini yapabilmek için, yatırım maliyetleri dışında işletim maliyetlerini de tespit etmek gerekmektedir. Bu maliyetler; içsel enerji kullanımı, bakım/onarım giderleri, personel harcamaları gibi kalemlerden oluşmaktadır. Fizibilite raporuna konu olan tesisin özelinde, bu maliyetlere atıkların sisteme taşınmasından doğan maliyetlerin de eklenmesi gerekmektedir. Tüm bu maliyet kalemleri, aşağıda maddeler şeklinde özetlenmiştir:

I. İçsel elektrik tüketimi: Daha önceki analizlerde, biyogaz sisteminde bulunan ekipmanların günlük toplam elektrik tüketimi 3.294 kWh/gün olarak bulunmuştur. Bu harcama tutarına, aydınlatma, soğutma vb. gibi içsel tüketim miktarları da dahil edilerek 6.000 kWh/gün harcama varsayılabilir. Bu harcamanın, tesiste üretilen elektrikle karşılanacağı ve bu nedenle, 7,6 USD sent/kWh satış fiyatının maliyet olarak karşımıza çıkacağı açıktır. Bu bağlamda, yıllık toplam maliyet **166.440 USD** olarak bulunur.

II. Bakım/Onarım giderleri: Tesis içerisinde elektromekanik cihazlar bulunmaktadır. Ayrıca kojenerasyon ünitesi, içten yanmalı gaz motorları ihtiva etmektedir. Bu nedenle, rutin bakımlar ve karşılaşılabilecek sorunlarda yapılacak onarımlar söz konusudur. Bu kalemin fiyatlandırılmasında, bu tip tesislerin çalıştırılmasından elde edilen istatistiki veriler kullanılmaktadır. Kojenerasyon ünitelerinde yağ değişimi, bakım gibi değerler, üretilen kWh enerji başına 1,309 USD sent olarak alınabilir. Bu şekilde, yıllık USD maliyet bulunur. Ayrıca diğer ekipmanlar için ilk yatırım tutarının %2'si, bakım onarım maliyeti olarak alınabilir. Böylece tesisin yıllık bakım/onarım harcamaları, **143.792 USD** olarak bulunur.

III. Personel harcamaları: Tam otomasyona sahip olan tesisin işletilmesinde, 2 mühendis ve 8 tekniker (elektrik/mekanik) ile 5 yardımcı personelin bulunması yeterli olacaktır. Mühendisin ülkemiz koşullarında maaşı 1.300 USD/ay, teknikerin maaşı 1.000 USD/ay ve yardımcı personelin maaşı 650 USD/ay olarak alınabilir. Böylece, tesiste yıllık personel harcaması **166.200 USD** olarak karşımıza çıkar.

IV. Atıkların tesise taşınması: Tesise günlük 258,62 m³ atık, çevre çiftliklerden getirilecektir. Bu çiftlikler, tesisin kurulacağı alana 1-7 km mesafededir. Ortalama olarak 4 km mesafe göz önüne alındığında, vidanjörün 1 seferi yaklaşık 8 km olarak hesaba dahil edilebilir. Projede öngörülen 20 ton kapasiteli vidanjör ile sefer sayısı 13 olacaktır. Bu tip araçların 100 km'de yaklaşık 33 litre motorin tüketeceği de göz önüne alındığında, yıllık atık taşıma maliyeti **18.401 USD** civarında olacaktır.

Böylece tesisin yıllık işletim maliyeti, toplam **494.833 USD** olarak bulunur. Buradan yıllık net getiri ise **958.660 USD** olarak karşımıza çıkar.

Mali Net Bugünkü Değer (MNBD)'in bulunmasında, işletme gelir ve giderleri hesaplamalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Projenin ekonomik ömrü 20 yıl ve indirgeme oranı %12 olarak hesaba dahil edilmiştir. 20. yılda sistemin hurda değeri, inşaat kalemlerinin yüksekliği nedeniyle, ilk yatırım maliyetinin %15'i olarak hesaplara dahil edilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{MNBD} = & \frac{-3.848.848}{(1+0,12)^0} + \frac{958.660}{(1+0,12)^1} + \frac{958.660}{(1+0,12)^2} + \frac{958.660}{(1+0,12)^3} + \frac{958.660}{(1+0,12)^4} + \frac{958.660}{(1+0,12)^5} \\ & + \frac{958.660}{(1+0,12)^6} + \frac{958.660}{(1+0,12)^7} + \frac{958.660}{(1+0,12)^8} + \frac{958.660}{(1+0,12)^9} + \frac{958.660}{(1+0,12)^{10}} + \frac{958.660}{(1+0,12)^{11}} \\ & + \frac{958.660}{(1+0,12)^{12}} + \frac{958.660}{(1+0,12)^{13}} + \frac{958.660}{(1+0,12)^{14}} + \frac{958.660}{(1+0,12)^{15}} + \frac{958.660}{(1+0,12)^{16}} + \frac{958.660}{(1+0,12)^{17}} \\ & + \frac{958.660}{(1+0,12)^{18}} + \frac{958.660}{(1+0,12)^{19}} + \frac{577.327}{(1+0,12)^{20}} \end{aligned}$$

$$\text{MNBD} = 2.921.676 \text{ USD}$$

olarak elde edilir. Bu verilerden projenin İç Karlılık Oranı (İKO),

$$\text{İKO} = \%24,56$$

Geri Ödeme Süresi (GÖS);

$$\text{GÖS} = 5,81 \text{ yıl}$$

olarak bulunur.

Örnek Fizibilite Çalışması #3

Küçük Ölçekli Biyogaz Sistemleri Yatırımı

İlk iki örnek fizibilite çalışması, kurulma potansiyeli yüksek olan biyogaz sistemlerini kapsamaktadır. Bir tanesi merkezi ve büyük ölçekli, diğeri ise köy tipi ve nispeten orta ölçeklidir. Bu kısımda ise, merkezi ve köy tipi sistemlerin kurulumundan etkilenmeyen, küçük ölçekli biyogaz sistemleri üzerinde durulmuştur. 50 büyükbaşın altında hayvan sayısına sahip işletmelerde, gübre çukuru bulunmamaktadır. Bu nedenle, merkezi sistemlerde, bu işletmelerin atıklarının değerlendirilebilmesi mümkün değildir. Ülkemiz ve bölgemiz sosyo-ekonomik yapısı incelendiğinde, hayvancılık yapan küçük işletmelerde bulunan toplam hayvan sayısının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. İzmir'de bulunan büyükbaş hayvan sayısının %42,5'i, bu işletmelerde bulunmaktadır. Hayvan sayısının yüksek olduğu Konya'da, bu oran %56'dır. Bu durum Türkiye'deki hayvancılık işletmelerinin büyük bir oranının küçük işletmeler olduğunu göstermektedir. Küçük ölçekli biyogaz sistemlerinde, yurt dışı bağımlılık %10 gibi düşük bir seviyededir. Bu sistemlerle ilgili dünyadaki pazar, ekonomik yatırım yönünden çekiciliğini sürdürmektedir. Özellikle kullanımı kolay ve verimli sistemler, düşük ilk yatırım maliyetiyle birleştirildiğinde, önemli bir pazara sahip olacaktır. Bu bağlamda, küçük ölçekli biyogaz sistemlerinde, prefabrik üretime geçebilen bir işletme, bu konuda yapacağı yatırımı çok kısa bir sürede geri alabilecek ve sonrasında kazanç elde edecektir. Bu başlık altında, potansiyel küçük ölçekli biyogaz sistemlerinin kurulması sırasında kullanılması gereken ekipman ve malzemeler incelenmiş, bunların yerel sanayi tarafından üretilebilirliği araştırılarak İzmir'deki pazarına değinilmiştir.

Küçük Ölçekli Biyogaz Sistemleri

Küçük ölçekli biyogaz sistemlerinde, ilk yatırım maliyetlerinin düşürülebilmesi için, atık pompası, karıştırıcı ve otomasyon bulunmamaktadır. Aksi halde bu sistemlerin geri ödeme süreleri, 15-20 yıl arasında olacak ve son kullanıcılar tarafından tercih edilmeyecektir. Bu sistemlerde, biyogazın kullanımı ısı amaçlıdır. Pişirme ve sıcak su hazırlama dışında, nispeten küçük bir hacmin ısıtılmasına yetecek kadar biyogaz, küçük ölçekli sistemlerde üretilebilmektedir.

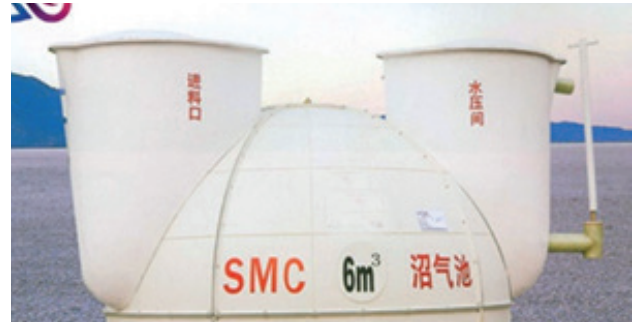
Şekil 45. Hint-Çin tipi küçük ölçekli biyogaz sistemleri



Şekil 45'te örnekleri görülen küçük ölçekli biyogaz sistemleri, genellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Hindistan ve Çin, bu konuda önemli atılımlar yapmıştır. Ekonomik gücün ve teknolojik gelişimin düşük olduğu bölgelerde, nispeten enerji kazanımı ve hijyenizasyon nedeniyle tercih edilmektedir. Bu sistemlerin verimleri oldukça düşüktür. $0,3 - 0,6 \text{ m}^3 \text{ biyogaz} / \text{m}^3 \text{ reaktör.gün}$ olan bu verim değerleri, optimum koşullarda karşılaşılan, $1,2 - 2,5 \text{ m}^3 \text{ biyogaz} / \text{m}^3 \text{ reaktör.gün}$ değerlerinin çok altında kalmaktadır. Bunun nedeni, bu reaktörlerde genellikle ısıtmanın ve karıştırmanın bulunmamasıdır. Fakat yoğun atık kirliliğinin olduğu bölgelerde önemli oranda başarılı olmuşlardır.

Bu verim düşüklüğü nedeniyle, yeni tip sistemlerin arayışı başlamıştır. Özellikle kurulumu ve kullanımı kolay, fabrikasyon sistemler gündeme gelmiştir. Şekil 46'da görülen bu sistemler, yine de verim yönünden yeterli düzeyi karşılayamamıştır.

Şekil 46. Küçük ölçekli fabrikasyon biyogaz sistemleri



Küçük ölçekli biyogaz sistemlerinde diğer bir gelişme, sadece kırsal kesimi değil, gelişmiş bölgeleri de ilgilendiren sistemlerin ortaya çıkmasıyla başlamıştır. Çevresel sorunlara artan ilgi göz önüne alınarak, kullanımı kolay, nispeten gelişmiş teknolojiye sahip çözümler üretilmiştir. Bu sistemlerde her türlü atığın kullanıldığı, elde edilen biyogazın arıtıldığı, fermente gübrenin kullanıma hazır hale getirildiği sistemler tasarlanmış ve kullanıma sunulmuştur. Uluslararası kuruluşlar aracılığıyla, özellikle Afrika'ya gönderilen bu sistemler, modern müstakil evlerde de tercih edilmeye başlanmıştır.

Şekil 47. Kişisel kullanıma yönelik paket tip portatif biyogaz sistemleri



Şekil 47'de görülen bu sistem, 720 USD (nakliye ve gümrük vergisi hariç) fiyatla kullanıcılara sunulmuştur. Bu sistemlerin yanı sıra, elde edilen biyogazın kullanılabilirdiği, düşük basınçlı ocaklar, paket H₂S gidericileri ve biyogaz üretimini arttıran bakteri kitleri de pazara girmiştir.

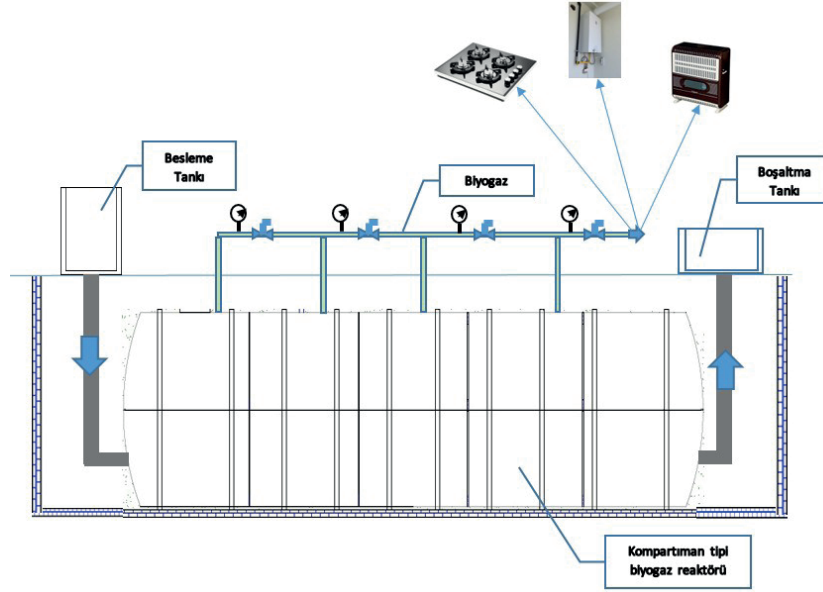
Ülkemizde T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, bağlı şirketi olan TEMSAN aracılığıyla bu konuda ilk adımı atmıştır. Söz konusu sistemin, bir hanenin bir gün içindeki ocak kullanımı için ihtiyaç duyulan enerjisini karşılayacağı ve bunun için 3-4 büyükbaş hayvana ihtiyaç olduğu belirtilmektedir. Şekil 48'de, TEMSAN ve Ege Üniversitesi BESTMER arasında imzalanan sözleşme kapsamında, denemeleri gerçekleştirilen bu reaktör görülmektedir.

Şekil 48. TEMSAN ve Ege Üniversitesi BESTMER arasında imzalanan sözleşme kapsamında denemeleri gerçekleştirilen reaktör



Bahsedilen bütün bu küçük ölçekli sistemler, karıştırma yapılmayan sistemlerdir. Bu nedenle biyogaz üretim verimleri düşüktür. Bu göz önüne alınarak, E.Ü. BESTMER tarafından yeni nesil bir biyogaz reaktörü geliştirilmiş ve deneme aşamasına gelinmiştir. Söz konusu sistemdeki "kompartıman tipi reaktör", karıştırmayı ve gaz kullanımı için gerekli basıncı, tasarımı sayesinde doğal olarak sağlamaktadır. Şekil 49'da, bu sistemin ayrıntıları görülmektedir.

Şekil 49. Kompartman tipi biyogaz reaktörü içeren sistemin ayrıntıları



3, 5, 10 ve 25 büyükbaş için olmak üzere dört farklı seçenekte tasarlanan bu sistemlerde, atıklar kullanıcı tarafından besleme tankına konularak reaktöre alınmaktadır. Üretilen biyogazın basıncı sayesinde de, boşaltma tankından fermente olmuş gübre kullanıma aktarılmaktadır. Şekil 49'da görülen biyogaz hattı ve üzerindeki vanaların, kullanıcı tarafından günde en az bir kere, manometredeki veriler okunularak ayarlanması gerekmektedir. Zonlar arasındaki basınç farklılıkları, reaktör içerisindeki besleme materyalinin doğal karışımını sağlamakta, çökelmelerin önüne geçmektedir. Bu sistemlerde reaktör hacimleri, 3 büyükbaşlık için 5 m³, 5 büyükbaşlık için 10 m³, 10 büyükbaşlık için 20 m³ ve 25 büyükbaşlık için 50 m³ olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, bu tip sistemlerin en büyük maliyet kalemi reaktörlerdir.

Reaktörler, ısı kaybının önlenmesi ve besleme-boşaltmanın kolaylaştırılması amacıyla toprak altına gömülmektedir. Mezofilik bölgede çalıştırılacağı öngörülen bu sistemlerde ısıtma, "kablo rezistanslar ile sağlanmaktadır. Bu nedenle, işletme maliyetleri içerisinde elektrik tüketimleri göz önüne alınmıştır.

Tablo 143'te, bahsi geçen küçük ölçekli biyogaz sistemlerinin maliyet kalemleri verilmiştir.

Tablo 143. Küçük ölçekli biyogaz sistemleri maliyet kalemleri

KATEGORİLER
1. İnşaat İşleri
2. Biyogaz Reaktörü
3. Besleme ve Boşaltma Tankı
4. Boru, Fittings ve Vanalar
5. Reaktör Isıtma Sistemi
6. Tesisat ve montaj
7. Nakliye
8. Öngörülemeyen Giderler

Tablo 143'te verilen maliyet kalemlerinde bulunan inşaat işleri, reaktörün toprak altına gömülmesi ve çevresine doğal gaz kumu ve yalıtım malzemeleri konularak kapatılması işini kapsamaktadır. Reaktör ve besleme-boşaltma tanklarının malzemesi, analizlerde CTP olarak alınmıştır. Biyogaz hattı, tüm reaktörler için DN 32 PPRC borudan tasarlanmıştır. Bu hatta kullanılan vanalar, 1" gaz vanalarıdır. Atık besleme ve boşaltma hatları, DN 125 PVC olarak ele alınmıştır. Reaktör ısıtılması için alınan silikon kablo rezistanslar, on-off termostatlarla kontrol edilmektedir. Tesisat ve montajda iki teknik elemanın, sistem büyüklüğüne göre 1-5 günlük çalışması söz konusudur. Nakliye, sistemin kurulacağı yere göre değişmekle birlikte, ortalama 700 km olarak hesaplara dahil edilmiştir. Tüm bu giderlerin toplamının %5'i, öngörülemeyen giderler olarak analizde ele alınmıştır.

Bu kalemlere göre, farklı boyutlardaki KBS'ler için tespit edilen ilk yatırım maliyetleri, Tablo 144'te özetlenmiştir.

Tablo 144. Sistem boyutuna göre ilk yatırım maliyetleri

Sistem Boyutu	İlk Yatırım Maliyeti (USD)
3 Büyükbaş Kapasiteli	1.800
5 Büyükbaş Kapasiteli	2.620
10 Büyükbaş Kapasiteli	5.080
25 Büyükbaş Kapasiteli	9.800

Küçük ölçekli sistemlerden elde edilecek enerji ve gübre getirileri, Tablo 145'te özetlenmiştir. Enerji üretiminde karşılaştırma yapılabilmesi için, elde edilen ısı enerjisinin kömür (Sibiry kömürü – 7.000 kcal/kg), doğalgaz (8.250 kcal/m³) ve 12 kg'lık LPG tüp (11.000 kcal/kg) karşılıkları gösterilmiştir. Elde edilen sıvı gübre, %4-6 katı maddeye sahiptir. Yurt dışında toprağa direkt uygulanan bu gübrenin, ülkemizde henüz pazarı yoktur. Bu nedenle, içerisindeki katı madde miktarı göz önüne alınmış ve aynı miktarda kompoze (15-15-15) gübrenin %30'u değere karşılık geldiği varsayılmıştır.

Tablo 145. Küçük ölçekli sistemlerden elde edilebilecek enerji ve gübre getirileri

Sistem Büyüklüğü	Isı Enerjisi Üretimi (kcal/yıl)	Kömür İkamesi (ton/yıl)	Doğalgaz İkamesi (m ³ /yıl)	12 kg Tüp LPG İkamesi (adet/yıl)	Elektrik Üretimi (kWh/yıl)	Sıvı Gübre Üretimi (ton/yıl)	Gübre İkamesi (ton/yıl)
3 Büyükbaş Kapasiteli	6.060.332	1,30	735	46	-	49	2,57
5 Büyükbaş Kapasiteli	10.100.554	2,16	1.224	77	-	82	4,28
10 Büyükbaş Kapasiteli	20.201.108	4,33	2.449	153	-	164	8,55
25 Büyükbaş Kapasiteli	50.502.769	10,82	6.122	383	-	411	21,39

Reaktör ısıtmasında kullanılan elektrik harcamasını içeren yıllık işletme gideri, Tablo 146'da verilmiştir. Bu değer, sistemin kurulacağı yerin iklim koşullarına göre değişkenlik gösterecektir.

Tablo 146. Küçük ölçekli biyogaz tesislerinin yıllık gelir gider değerleri

Sistem Büyüklüğü	Yıllık Getiri (USD/yıl)	İşletme Gideri (USD/yıl)	Net Gelir (USD/yıl)
3 Büyükbaş Kapasiteli	560	121	439
5 Büyükbaş Kapasiteli	935	204	731
10 Büyükbaş Kapasiteli	1.869	390	1.479
25 Büyükbaş Kapasiteli	4.672	953	3.719

Mali Net Bugünkü Değer (MNBD)'in bulunmasında, işletme gelir ve giderleri hesaplamalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Projenin ekonomik ömrü 20 yıl ve indirgeme oranı %10 olarak hesaba dahil edilmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen MNBD, geri ödeme süresi ve iç karlılık oranları, Tablo 147'de görülmektedir.

Tablo 147. Küçük ölçekli biyogaz tesislerinin ekonomik analiz sonuçları

Sistem Büyüklüğü	MNBD (USD)	Geri Ödeme Süresi (yıl)	İç Karlılık Oranı (%)
3 Büyükbaş Kapasiteli	1.761	5,54	24
5 Büyükbaş Kapasiteli	3.276	4,66	27
10 Büyükbaş Kapasiteli	6.829	4,42	28
25 Büyükbaş Kapasiteli	19.875	3,21	37

KBS'lerin geri ödeme sürelerinin, bu kadar düşük olması yanıltıcı olmamalıdır. Bu analizlerde, üretilen biyogazın tamamının kullanıldığı varsayılmıştır. Oysa mevsimsel olarak bu kullanım değişiklik gösterecektir. Bu nedenle gerçek kullanımda, belirtilen değerlerin değişeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

İzmir için yapılan biyogaz potansiyeli analizinde, 50'nin altında büyükbaş hayvana sahip işletme sayısı, 30.563 adettir. Bu oldukça yüksek bir rakamdır. Küçük işletmelerin sayısının ekonomik ve teknolojik gelişmeler ile düşeceği öngörülmektedir. Hayvancılığın, özel organize hayvancılık bölgelerine kaydırılmasıyla ilgili çalışmalar sürmektedir. Fakat toplumsal alışkanlıklar ve ekonomik belirsizlikler, yakın gelecekte bu uygulamanın hayata geçirilmesini engellemektedir. Bu nedenle, yapılan analizlerde böyle bir değişim orta vadede (20 yıl) göz önüne alınmamıştır. Bu işletmelerin diğer bir önemi, hayvansal atıklarının büyük ölçekli biyogaz sistemlerinde kullanılamamasıdır. Bu nedenle İzmir'de, küçük işletmelerde bulunan toplam 439.903 adet büyükbaş hayvan, sadece büyük ölçekli biyogaz sistemleri söz konusu olduğunda, potansiyel dışı kalmaktadır. Atığın toplanmasında gübre çukurlarının olmaması ve taşımadan kaynaklı maliyetlerin ekonomik olmaması, bu duruma sebep olmaktadır. 439.903 adet büyükbaş hayvan, tüm büyükbaş hayvan sayısının %42,5'ine denk gelmektedir. Bu önemli potansiyelin göz ardı edilmesi söz konusu değildir.

Yapılan değerlendirmelerde, İzmir ilinde kurulabilecek potansiyel küçük ölçekli sistemlerin sayısı; 6.288 adet 3 büyükbaş kapasiteli, 3.396 adet 5 büyükbaş kapasiteli, 12.011 adet 10 büyükbaş kapasiteli ve 5.456 adet 25 büyükbaş kapasiteli olarak bulunmuştur. Bu sistemlerin ilk yatırım maliyetleri, Tablo 148'de görülmektedir.

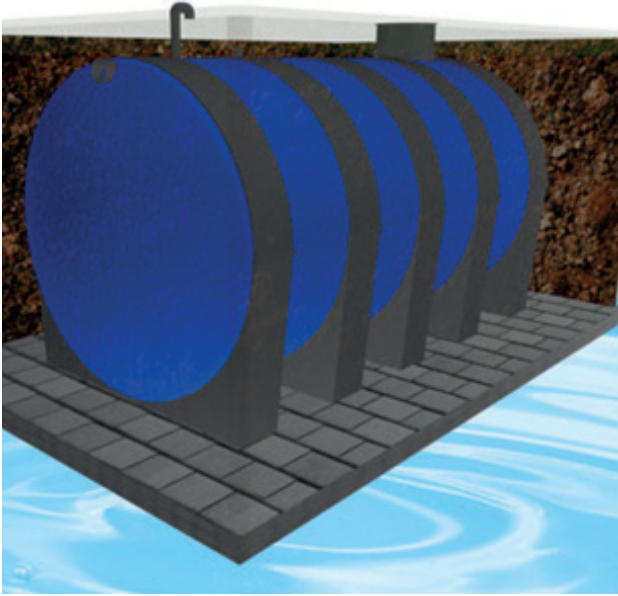
Tablo 148. İzmir ilinde kurulabilecek küçük ölçekli sistemlerin ilk yatırım maliyetleri

Sistem Büyüklüğü	Sistem Sayısı (Adet)	Birim Maliyet (USD)	Toplam Maliyet (USD)
3 Büyükbaş Kapasiteli	6.288	1.800	11.318.400
5 Büyükbaş Kapasiteli	3.396	2.620	8.897.520
10 Büyükbaş Kapasiteli	12.011	5.080	61.015.880
25 Büyükbaş Kapasiteli	5.456	9.800	53.468.800
TOPLAM			134.700.600

Sadece İzmir için geçerli olan 134,7 milyon USD genişliğindeki pazar, diğer şehirler ve ülkeler düşünüldüğünde, önemli bir yatırım kaynağıdır.

Bu sistemlerin, en önemli maliyet kalemi reaktörlerdir. Bu reaktörlerin yapımında, Şekil 50'de örneği görüldüğü gibi, CTP depo ve fosseptik tankı yapan firmalar, yeni bir yatırım yapmadan (yeni kalıplar haricinde) bu sektöre cevap verebilir ve bu sayede kapasitelerini artırabilirler.

Şekil 50. CTP depo ve fosseptik tankı olarak tasarlanan ve reaktör olarak kullanılacak tasarımlar



SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyogaz sistemleri, tüm dünyada işlevlerini teknolojik ve ekonomik olarak kanıtlamış sistemlerdir. Bu sistemlerin enerji üretimi yanında gübre üretimi sağlamaları ve bunlara ek olarak organik atıkların çevresel kirlilik yükünü giderecek arıtma işlevine sahip olmaları, cazibelerini artırmaktadır. Ülkemizde de bu sistemlerin hak ettiği öneme kavuşması yönünde çalışmalar hızlanmıştır. Biyogaz sistemlerinin yaygınlaşmasında temel engellerin, ekonomik ve teknolojik engeller olduğu görülmektedir. Biyogaz üretiminin dayandığı anaerobik fermentasyonla ilgili bilgi birikimi genelde akademik düzeyde ve uygulamadan kopuk şekilde kalmıştır. Sadece tek bir disipline aitmiş gibi gerçekleştirilen kötü uygulama örnekleriyle, bu sistemlere olan güven ortamı zedelenmiştir. Ekonomik ve teknolojik değerlendirme oranlarını göz ardı eden biyogaz potansiyel belirleme çalışmalarının; ülkemizdeki atık, dolayısıyla biyogaz potansiyelini toplamlardan yola çıkarak vermesi, bunun sonucunda yatırımcılarda büyük kar beklentilerinin tetiklenmesi söz konusudur. Sistemlerin kurulmasından ziyade, atıkların toplanması ve taşınması, sisteme uygun şekilde hazırlanması, sistemin düzgün şekilde işletilmesi, elde edilen biyogazın enerji üretimine hazır hale getirilmesi, elektrik enerjisinin yanı sıra ısı enerjisinin de değerlendirilmesi, fermente atığın doğru şekilde tarımsal faaliyetlerde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bu unsurların dikkate alınmadığı yatırımlar ya atıl kalmakta, ya da kapasitelerinin oldukça altında işletilmektedir. Bunun çözümü, bu sistemlerle ilgili nitelikli insan kaynağı sayısının artırılması ve biyogaz teknolojisinin çok disiplinli yapısına uygun projelerin hazırlanmasıdır. Başarısız uygulama örnekleri, sadece yatırım yapan şahıs ya da kurumlara zarar vermemekte, yarattıkları olumsuz algı nedeniyle ülke potansiyelinin kullanımını da engellemektedir.

Bu çalışmada, İzmir'de büyükbaş hayvan atıklarından biyogaz ve organik gübre üretimi potansiyeliyle ilgili farklı analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerin sahadaki gerçeklerle örtüşmesi için, işletme büyüklükleri ele alınmış, atık dağılımı incelenmiş ve mevcut teknolojik düzeye göre öneriler geliştirilmiştir. Büyükbaş hayvan atığının tek başına alınma sebebi,

anaerobik fermentasyona oldukça uygun yapıda olması (C/N oranı, pH, katı madde miktarı vb.) ve içerisinde metan bakterilerini barındırmasıdır. Böylece sistemlerin işletilmesinde karşılaşılabilecek sorunların asgariye indirilmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanması hedeflenmiştir.

Bu çalışmada yapılan analizler, İzmir'de büyükbaş hayvan atık potansiyelinin beklenildiği gibi oldukça önemli miktarda olduğunu, yapılacak yatırımların ekonomik yönden uygulanabilir düzeyde bulunduğunu göstermiştir. Sistemler küçük, orta ve büyük ölçekli olarak üç başlık altında gruplandırılmıştır. Küçük ölçekli sistemlerin büyük önem taşıdığı görülmüştür. Çünkü bu sistemlerde kullanılan atıklar, büyük ölçekli merkezi sistemlerde kullanıma imkanı olmayan atıklardır. Bu durumun ancak hayvancılık sektörünün yapısal dönüşümüyle değişebileceği görülmektedir. Fakat kısa ve orta vadede bu değişim gerçekleşme ihtimali oldukça düşüktür. Bu nedenle, bu atıkların küçük ölçekli sistemler kurularak değer olarak geri kazanılması oldukça önemlidir. Analizlerde köy tipi orta ölçekli sistemler de araştırılmış ve kurulumunun uygun olacağı yerler tespit edilmeye çalışılmıştır.

Genel kullanıma yönelik bu tesisler, enerji kooperatiflerinin yaygınlaşmasının tetikleyicisi olabilme özelliğine sahiptir. Diğer üzerinde durulan konu ise, büyük ölçekli sistemlerden elde edilen enerjinin ve fermente gübrenin kullanım oranının artışına yönelik önlemlerdir. Sistemler bu şekilde daha ekonomik hale gelebilecek ve yaygınlaşabilecektir. Tüm bu yaklaşımlar ışığında, yatırımcılara yönelik üç ayrı fikrin örnek ön fizibiliteleri de rapora eklenmiştir. İzmir'deki biyogaz potansiyeli, teknolojik ve ekonomik gelişmeye paralel olarak artış gösterecektir. Çünkü böyle bir durumda, bitkisel atıklar, tavuk atıkları ve özel yetiştirilen enerji bitkileri devreye girecek, tesislerin kârlılık düzeyleri artacaktır. Fakat bu gelişmenin önünü açabilmek için, mevzuatlar ve teşvikler konusunda farklı kurumların uyumlu çalışmaları önemlidir. Bu nedenle sektörün tüm oyuncularının bir araya geldiği, eyleme dönük platformlara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Biogas, Statistical Report, 2018, Erişim, 10.2020, http://biogas.org.rs/wp-content/uploads/2018/12/EBA_Statistical-Report-2018_European-Overview-Chapter.pdf
- BP, Statistical Review of World Energy, 2018, Erişim, 10.2020, www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf
- BP, Statistical Review of World Energy, 2019, Erişim, 10.2020, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
- Canadian Biogas Association, Biogas Projects in Canada, Erişim, 10.2020, https://biogasassociation.ca/index.php/about_biogas/projects_canada
- European Biogas, Erişim, 10.2020, <https://www.europeanbiogas.eu/eba-statistical-report-2018/>
- EU Neighbours, Outlook for Biogas and Methane, Erişim, 10.2020, https://www.euneighbours.eu/sites/default/files/publications/2020-03/Outlook_for_biogas_and_biomethane.pdf
- FAO, Live Animals Statistics, Erişim, 10.2020 www.fao.org/faostat/en/#data/QA/visualize
- Fortune Business Insights, Biogas Market Size, Growth, Analysis, Industry Report, <https://www.fortune-businessinsights.com/industry-reports/biogas-market-100910>
- IEA Bioenergy, Plant List, Erişim, 10.2020, <http://task37.ieabioenergy.com/plant-list.html>
- IRENA, Biogas for Domestic Cooking, 2017, Erişim, 10.2020 www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Dec/IRENA_Biogas_for_domestic_cooking_2017.pdf
- İzmir Ticaret Borsası, İzmir Ekonomisi ve Tarım Sektörü, Erişim, 10.2020, <https://itb.org.tr/Sayfa/115-izmir-ekonomisi-ve-tarim-sektoru>
- İzmir Ticaret Odası, Erişim, İzmir Tarımı, 10.2020, <http://www.izto.org.tr/tr/izmir-tarim>
- OAV, Opportunity and Challenge of Biogas Market In China, Erişim, 10.2020, www.oav.de/fileadmin/user_upload/2_Termine/Allgemein/biogas_development_in_China.pdf
- REN 21, GSR 2018 Report, www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf
- SNV, Biogas, Erişim, 10.2020, www.snv.org/sector/energy/topic/biogas
- TÜİK, 2020
- Worldbank, Electric Power Consumption, Erişim, 10.2020, <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>
- World Biogas Association, 2017 Market Report - USA



İZMİR KALKINMA AJANSI

Megapol Çarşı Kule, Halkapınar Mahallesi,
1203/11. Sk. No: 5-7, Kat: 19 35170 Konak/İzmir
T. +90 232 489 81 81 F. +90 232 489 85 05

www.izka.org.tr