T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞANLIURFA YÖRESİNDE BİYOGAZ ÜRETİM YAPILARININ UYGULANABİLME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Mehmet YILDIRIM

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan İsmail TUYLU danışmanlığında, Mehmet YILDIRIM'ın hazırladığı **"Şanlıurfa Yöresinde Biyogaz Üretim Yapılarının Uygulanabilme Olanaklarının Araştırılması"** konulu bu çalışma 25/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan İsmail TUYLU .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Remziye ÖZEL .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Halil İ. YILMAZ .....

Bu Tezin Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER 3
ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Biyogaz ile İlgili Çalışmalar 5
2.2. Optimizasyon, Doğrusal, Tamsayılı ve Hedef Programlama Modeli 12
2.2.1. Doğrusal programlama ile ilgili yapılan çalışmalar 14
3. MATERYAL ve YÖNTEM 20
3.1. Materyal 20
3.1.1. Araştırma alanı 20
3.1.2. Şanlıurfa iline ait mevcut arazi potansiyeli 21
3.1.3. Şanlıurfa yöresine ait büyükbaş hayvan potansiyeli 22
3.1.4. Türkiye'de iller bazında elektrik enerjisi tüketim potansiyeli 22
3.1.5. Şanlıurfa ilçelerine ait genel bilgiler 23
3.1.5.1. Merkez ilçeler 23
3.1.5.2. Akçakale ilçesi 24
3.1.5.3. Birecik ilçesi 24
3.1.5.4. Bozova ilçesi 25
3.1.5.5. Ceylanpınar ilçesi 25
3.1.5.6. Halfeti ilçesi 25
3.1.5.7. Harran ilçesi 26
3.1.5.8. Hilvan ilçesi 26
3.1.5.9. Siverek ilçesi 27
3.1.5.10. Suruç ilçesi 27
3.1.5.11. Viranşehir ilçesi 27
3.1.6. Biyogaz tesis kurulum noktaları 28
3.1.7. Biyogaz tesislerinin birbirlerine olan uzaklıkları 29
3.1.8. Proje materyali 29
3.1.9. Araştırmada kullanılan bazı verilerin elde edilmesi 30
3.2. Yöntem 32
3.2.1. Amaç fonksiyonu 33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 37
4.1. Şanlıurfa İli Hayvancılık Verilerinin Değerlendirilmesi 37
4.2. Planlama Modeli İle İlgili Verilerin Değerlendirilmesi 39
4.2.1. Planlama modeli alternatif biyogaz tesisleri ile ilgili verilerin değerlendirilmesi 39
4.2.2. Planlama modelinde kısıt faktörü olarak yer alan hayvancılık ve gübre üretimi ile ilgili verilerin değerlendirilmesi 43
4.2.3. Planlama modelinde karar değişkeni olarak yer alan yol mesafeleri ve taşıma katsayıları ile ilgili verilerin değerlendirilmesi 45
4.3. Planlama Modeli Çözüm Çıktılarının Değerlendirilmesi 46
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 59
KAYNAKLAR 64
ÖZGEÇMİŞ 69
EKLER 70
Ek-1 Biyogaz tesislerini birbirlerine olan uzaklıkları 70
Ek-2 Şanlıurfa ilçelerinin hayvan sayıları ve grupları 71
Ek-3 Şanlıurfa ilçelerinin büyükbaş hayvanlarının farklı yaş gruplarına göre günlük ve yıllık gübre üretim miktarı 72

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ŞANLIURFA YÖRESİNDE BİYOGAZ ÜRETİM YAPILARININ UYGULANABİLME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Mehmet YILDIRIM

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan İsmail TUYLU
Yıl: 2019, Sayfa:73

Enerji üretiminde en büyük paya sahip olan fosil kaynaklarının yakın zaman içerisinde tükenecek olması, dünyanın ve Türkiye'nin nüfusunda yaşanan artış ile birlikte atık miktarının artması, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyogaz enerjisine yönlendirmektedir. Şanlıurfa ili, 351 861 büyükbaş hayvan (Sığır) varlığı ile Türkiye'de 13. sırada yer alırken toplam hayvan varlığının %2.05'ine sahiptir. Çalışmada 2018 yılında ilin ilçelere göre mevcut büyükbaş hayvan varlığı belirlenerek atık miktarları ile ilçelerde kurulması planlanan biyogaz tesislerin birbirlerine olan mesafeleri tespit edilmiştir. Şanlıurfa'nın toplam biyogaz üretim miktarı yıllık 115 878 375 m^3 olarak hesaplanmıştır. Biyogaz kaynaklı toplam elektrik üretimi ise yıllık 215 900 058 kW olarak hesaplanmıştır. Üretilen gübrenin biyogaz tesislerinde işlem görmesi sonrasında elde edilecek organik gübre miktarı yıllık 347 126.40 ton ve bu organik gübrenin satışı sonrası elde edilecek olan yıllık gelir ise 4 807 701 €'dur. Model analizinde; Şanlıurfa'nın 13 ilçesinden Siverek ilçesinde 4 adet C tipi 1 adet D tipi, Viranşehir ilçesinde 5 adet C tipi, Eyyübiye ve Haliliye ilçelerinde 2'şer adet C tipi, Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar ve Hilvan ilçelerinde ise 1'er adet C tipi biyogaz tesisi olmak üzere toplam 19 adet biyogaz tesisinin kurulmasını önerilmiştir. Siverek ilçesinde sadece 1 adet D tipi biyogaz tesisinin kurulumu optimal çözüm olurken, Harran, Halfeti, Suruç Karaköprü ilçelerinde optimal çözüm olmayacağı hesaplamıştır. Böylece Şanlıurfa ilinde üretilen 2 892 720 ton gübrenin tamamı işlenerek biyogaza dönüştürülebilecektir. Ayrıca kurulması öngörülen biyogaz tesislerinin ilk yatırım maliyeti göz önüne alındığında yapılacak olan bu bölgesel yatırımın geri alma süresi yaklaşık 5.47 yıl olarak hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Biyogaz, hayvansal atık, maliyet, biyogaz potansiyeli, model

ABSTRACT

MSc Thesis

EXAMININIG OF APPLICABILITY POSIBILITIES OF BIOGAS PRODUCTION STRUCTURES IN ŞANLIURFA REGION

Mehmet YILDIRIM

Harran University
Institute of Science
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Gökhan İsmail TUYLU
Year: 2019, Page:73

The lack of fossil resources, which has the largest share in energy production will be exhausted within the next time, increase the amount of waste together with the increase in the population of the world and Turkey, it directs the biogas energy is one of the renewable energy sources. Şanlıurfa has 351 861 bovine (cattle), while the presence of the total animal being thirteenth row in Turkey 2.05%. In the study, 2018, it was determined the presence of the existing cattle according to the provinces and the distances of the biogas plants planned to be established in the districts were determined. The total biogas production amount of Şanlıurfa was calculated as 115 878 375 m^3 per year. Total electricity generation from biogas was calculated as 215 900 058 kW per year. The amount of organic fertilizer to be obtained after processing of the produced manure in biogas plants is 347 126.40 tons $year^{-1}$ and the annual income to be obtained after the sale of this organic fertilizer was 4 807 701 €. In the model analysis; It was suggested that totally 19 biogas plants including 4 C types, 1 D type; Siverek, 5 C types in Viransehir, 2 C types in both Eyyübiye and Haliliye, 1 C type in Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar and Hilvan biogas plants among 13 districts of Sanliurfa shuld be esteblished. It was figured out that it would not be optimal solution to establish biogas plants in Harran, Halfeti, Suruc and Karaköprü districts while the establisment of only 1 D type biogas plant in Siverek district would be optimal solution. Thus, all 892 720 tons of fertilizer produced in the entire Şanlıurfa province could be processed and converted into biogas. In addition, it was calculated that considering the initial investment cost of the biogas plants which are planned to be established, the reimbursement period of this regional investment will be approximately 5.47 years.

KEY WORDS: Biogas, animal waste, cost, biogas potential, model

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının seçimi, planlanmasında ve yürütülmesinde, benden ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve hoşgörüsünden yararlandığım ve beni sabırla dinleyen hertürlü konuda yardımda bulunan değerli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Gökhan İsmail TUYLU'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Model çözümünde ve yorumlamasında her zaman yardımını esirgemeyen hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim YILMAZ'a ve ihtiyaç duyduğum 4 farklı biyogaz tesislerin projelerini hazırlayan ARTAŞ Endüstriyel Tesisler Taahhüt ve Ticaret A.Ş.'nin Satış Müdürü Erdal AKBAŞ'a teşekkür ederim.

Ayrıca her türlü bilgi ve deneyimleriyle bana destek veren değerli hocalarım Dr. Ögr. Üyesi Remziye ÖZEL'e, Dr. Ögr. Üyesi Ayfer BOZKURT KİRAZ'a, Dr. Ebru Pınar SAYĞAN'a, Dr. Mahmut DOĞRAMACI'ya, Dr. Ögr. Üyesi İbrahim Halil YANARDAĞ'a, Dr. Meltem TUYLU'ya, Dr. Ramazan TATSIZ'a ve çalışma arkadaşım Ziraat Mühendisi Mustafa BAŞAR'a tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Sevgi ve desteklerini hiç bir zaman eksik etmeyen iyi ve kötü günlerimde yanımda olan çok değerli arkadaşlarım, Mustafa TOPRAK'a, Tuğba ESEN ERGİN'e, İsa YILDIZOĞLULARI'na, Mine TOKGÖZ'e, Bozan İZCİ'ye, Mustafa BÜLBÜL'e, Mustafa YILDIZ'a, Kadir KILIÇ'a, Bayram BALİ'ye, Mehmet KIZILDEMİR'e, Müslüm AKAY'ya ve Şanlıurfa İl Tarım ve Orman Müdürlüğünde başta İl Müdürüm Dr. Murat ÇAKMAKLI, İl Müdür Yardımcısı Ömer Faruk YILDIRIM olmak üzere tüm mesai arkadaşlarıma içtenlikle teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren maddi ve manevi her konuda desteklerini gördüğüm annem Gazal YILDIRIM'a, rahmetli babam Aziz YILDIRIM'a, abilerim Müslüm YILDIRIM ve Erol YILDIRIM'a, ablam Anzılha ALTINTAŞ'a, dayım Halit ARSLAN'a, rahmetli amcam İrfan YILDIRIM'a, babaannem Ayn Zeliha YILDIRIM'a ve diğer akrabalarıma teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Şanlıurfa iline ait görünüm 20
Şekil 3.2. Şanlıurfa ilinin ilçelerine ait harita 21
Şekil 3.3. İlçelere göre kurulacak biyogaz tesislerin konumları 29
Şekil 3.4. Modelin Lingo programına girilmesi (a) 31
Şekil 3.5. Modelin Lingo programına girilmesi (b) 31
Şekil 3.6. Modelin Lingo programına girilmesi (c) 32
Şekil 4.1. Şanlıurfa ili sığır sayılarının ilçelere göre dağılımı 39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Şanlıurfa ilinin arazi dağılımı 21
Çizelge 3.2. Şanlıurfa yöresine ait mevcut büyükbaş ırk ve yaşları 22
Çizelge 3.3. Faturalanan elektrik enerjisinin tüketimin illere göre dağılımı 23
Çizelge 3.4. Biyogaz tesisi kurulacak yerlerin adı ve konumu 28
Çizelge 3.5. Biyogaz tesis tiplerine göre bazı özellikler 30
Çizelge 4.1. Türkiyedeki son on yıllık büyükbaş hayvan sayısı verileri (Anonim, 2018d) 37
Çizelge 4.2. 2018 yılı verilerine göre illerin hayvan varlığına göre sıralanması (Anonim, 2018d) 38
Çizelge 4.3. Şanlıurfa ili ilçelerinin biyogaz işleme tesisi özellikleri (Tip A) 40
Çizelge 4.4. Şanlıurfa ili ilçelerinin biyogaz işleme tesisi özellikleri (Tip B) 40
Çizelge 4.5. Şanlıurfa ili ilçelerinin biyogaz işleme tesisi özellikleri (Tip C) 41
Çizelge 4.6. Şanlıurfa ili ilçelerinin biyogaz işleme tesisi özellikleri (Tip D) 41
Çizelge 4.7. Şanlıurfa ili ilçelerinin planlama modeli alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin kurulum maliyetleri 42
Çizelge 4.8. Şanlıurfa ili ilçelerinin planlama modeli alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin gelirler tablosu 42
Çizelge 4.9. Şanlıurfa ili ilçelerinin planlama modeli alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin giderler tablosu 43
Çizelge 4.10. Şanlıurfa ili ilçelerinin büyükbaş hayvanları farklı yaş gruplarına göre günlük gübre üretim miktarları (James ve ark., 2006; ASAE, 2005; MWPS, 2004) 44
Çizelge 4.11. Şanlıurfa ili ilçelerinin planlama modeli kısıt faktörleri içerisinde yer alan ilçe gübre üretim miktarları alt ve üst sınır değerleri 45
Çizelge 4.12. Şanlıurfa ili ilçelerinin gidiş dönüş taşıma maliyeti katsayısı değeri (Anonim, 2014). ..46
Çizelge 4.13. İlçelere kurulacak biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri ve sayıları 48
Çizelge 4.14. İlçelere kurulacak biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri, sayıları ve yıllık biyogaz üretimi 49
Çizelge 4.15. İlçelere kurulacak biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri, yıllık elektrik üretimleri 50
Çizelge 4.16. İlçelere kurulacak biyogaz tesis tipi, kapasiteleri, sayıları ve toplam yatırım maliyeti 51
Çizelge 4.17. Biyogaz tesislerine gübre taşıma kaynaklı oluşan ulaştırma masrafları 52
Çizelge 4.18. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam işletme gelirleri 53
Çizelge 4.19. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam işletme giderleri 53
Çizelge 4.20. Biyogaz tesislerinin maliyetlerinden amortisman giderleri 55
Çizelge 4.21. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam gübre satışı gelirleri 56
Çizelge 4.22. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam net gelirleri 57
Çizelge 4.23. Biyogaz tesislerinin yatırım masrafını geri alma süresi 57
Ek-1 Çizelge 1.1. Potansiyel biyogaz tesisin kurulumu ile gübre üretim merkezleri arasındaki gidiş dönüş yol mesafelerinin bir bölümü (Anonim, 2018f.). 70
Ek-2 Çizelge 1.2. Şanlıurfa ili ilçelerinin hayvan sayıları ve grupları (Anonim, 2018d) 71
Ek-3 Çizelge 1.3. Şanlıurfa ilçelerinin büyükbaş hayvanlarının farklı yaş gruplarına göre günlük ve yıllık gübre üretim miktarı 72
Ek-4 Çizelge 1.4. Biyogaz tesisi kurulum merkezleri ve gübre dağıtım plan 73

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

€	Euro
AB	Avrupa Birliği
B	Biyokütle
CO_2	Karbondioksit
ÇKS	Çiftçi kayıt sisteminde
GSMOD	Günlük Sefer Modeli
km^2	Kilometrekare
KW	Kilowat (1 KW = 10^3 W)
KWe	Elektriksel güç
kWh	Kilowatt-saat (1x10^3 W)
L	Litre
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp
mL	Millilitre
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	Mega Watt
MW	Megawatt (1 MW = 10^3 KW = 10^6 W)
MWe	Megawatt net
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TK	Toplam Katı
tKM	Toplam Katı Madde
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TWh	Terawattsaat (1 TWh = 10^3 GWh = 10^6 MWh = 10^9 KWh = 10^{12} Wh)

1. GİRİŞ

Dünya çapında enerji tüketimi ve enerjiye olan talep son 50 yıldan beri artmaktadır. Sınırlı sayıdaki ülkede yoğunlaşan diğer enerji kaynaklarının aksine yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği geniş coğrafi alanlarda önemli fırsatlar sunmaktadır (Alayi ve ark., 2016).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) yenilenebilir enerjiyi: "Sürekli olarak yenilenen ve doğal süreçlerden elde edilen enerji" olarak tanımlamaktadır. Sürekli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve enerji ihtiyacının karşılanması uzun süreden beri dünya gündemindedir. Günümüzde aktif olarak kullanılan fosil yakıt kaynaklarının gelecekte tükenmesi söz konusudur. Bu durum sürekli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilmesinin önemini daha da arttırmıştır (Öbekcan, 2014).

Dünyada fosil kökenli kaynakların azalmaya başlaması, fosil kaynaklarının kullanılmasının neticesinde oluşan hava kirliliği ve asit yağmurları ile sera gazı etkisi gibi olumsuzlukların oluşmasından dolayı ülkeler çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını teşvik etmektedirler. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynakları tüm dünyada giderek artan ilgiyle karşılanmakta olup enerji gereksiniminin karşılanmasında önemli bir kaynaktır (Bilgin, 2003).

Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, farklı termal ve hidro enerji kaynakları ve biyogaz yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Ancak, biyogaz, organik atıkları kullanma, kontrol etme, toplama ve aynı zamanda tarımsal sulamada kullanılmak üzere gübre ve enerji üretme özelliğinden dolayı diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından farklıdır. Biyogaz, her yerde üretilebilen bir enerji olup üretiminde ileri teknolojiye ihtiyaç duyulmamakla beraber kullanımı çok kolay olan bir kaynaktır (Parmanik, 2011).

Biyogaz, biyolojik materyalden elde edilen bir biyo-yakıt türü olup; hayvansal veya bitkisel atık, belirli bir bitki materyali veya enerji bitkileri gibi dönüşüme

uğrayabilen materyallerden fermantasyon yöntemi ile üretilir. Renksiz, kokusuz, havadan hafif, parlak mavi alevle yanan bir gaz olup, anaerobik veya aerobik solunum reaksiyonlarının basamaklarında organik maddenin (karbonhidrat, yağ, protein) bakteriler tarafından ayrıştırılması ile ortaya çıkan metabolik bir üründür. Biyogazın ana bileşeni metan (CH_4) olup, ana enerji kaynağını oluşturur. Bu ürün, mekanik veya elektrik enerjisi elde etmek için yararlanılan bir enerji kaynağıdır. Ayrıca doğal gaz gibi sıkıştırılabilen bir gaz olup güç sağlamak için de kullanılabilmektedir. Isıtmada düşük maliyetli bir yakıt olması yönünden de önemlidir (Ionel ve Cıoablă, 2010). Biyogazın içeriğindeki büyük oranda bulunan metan gazı yakıt değerini arttırmaktadır. Metan gazının ısıl değeri yaklaşık 8 900 kcal m^{-3} tür (Bayrak, 2014).

Metan, karbondioksite göre 23 kat daha fazla sera etkisine neden olur. Bu bakımdan hayvansal, bitkisel ve endüstriyel atıklardan biyogaz elde edilmesi, bio-atıkların doğal parçalanmasında ortaya çıkan metan gazının doğaya salınımını azaltacağından biyogaz üretimi ekonomik getirisinin yanı sıra çevreci bir etkiye de sahiptir (Çelikkaya, 2016).

Biyogaz tesisleri, planlanan amaca göre farklı teknolojiler kullanılarak inşa edilmektedir. Biyogaz tesislerinin kapasite olarak sınıflandırılması aşağıdaki gibidir (Anonim, 2018a):

- Aile tipi: 6-12 m^3 kapasiteli
- Çiftlik tipi: 50-100-150 m^3 kapasiteli
- Köy tipi: 100-200 m^3 kapasiteli
- Sanayi ölçekli tesisler: 1 000-10 000 m^3 kapasiteli

Dünya üzerinde yaklaşık olarak 50 milyona yakın biyogaz tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerin yaklaşık 43 milyonu Çin'de, 4.5 milyonu Hindistan'dadır, ancak bu tesisler ilkel tesisler olup genellikle ev ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Diğer yandan ısı ve elektriğin birlikte üretildiği, organik gübrenin yan ürün olarak kazanıldığı modern tesisler de mevcuttur ve sayıca en fazla

Almanyada bulunmaktadır. Biyogaz sektöründe 2017 yılında 9.4 milyar dolarlık katma değer yaratılmış, 19.9 milyon ton CO_2 tasarruf edilmiş ve 9.4 milyon evin elektriği biyogaz ile sağlanmıştır. Amerika'da tarımsal atıklara dayalı 265 biyogaz tesisinden yılda yaklaşık 1 milyar kWh elektrik üretilmektedir (Ar, 2018). Asya ve Afrika'da kurulan biyogaz tesislerinin çoğu küçük ölçeklidir. Bunun aksine AB'deki tesisler daha büyük ve ticari tesislerdir (Zhu, 2006; Smith ve ark., 2011; Bond ve Templeton, 2011; Amigun ve ark., 2012).

Türkiye'de 2016 yılında mevcut enerji içerisinde biyokütle kaynakları %3'lük bir dilime sahiptir. Biyokütle atık potansiyeli yaklaşık 8.6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olup üretilebilecek biyogaz miktarı 1.5 ile 2 MTEP arasındadır (Anonim, 2017). Biyokütle atlasına göre; enerji eşdeğeri 39 877 285 TEP $yıl^{-1}$ olan 96 451 594 ton bitkisel atık, enerji eşdeğeri 1 176 198 TEP $yıl^{-1}$ olan 163 297 308 ton hayvansal atık, 2 315 414 TEP olan 31 331 836 ton kentsel organik atık ve yıllık 859 899 TEP enerjiye sahip olan orman atıkları mevcuttur. Türkiye'deki atıkların toplam enerji eşdeğeri 44 228 795 TEP $yıl^{-1}$'dır (Ar, 2018).

2018 yılı verilerine göre ülkemizdeki 89 biyokütle tesisinin 69 tanesinin biyogaz tesisi olduğu bilinmektedir. Bu tesislerin toplam kapasitesi 321 MWe olup %81.6'sı aktif, %18.4'ü inşaa halindedir. Türkiye'nin 2023 hedefleri arasında biyokütleden üretilen elektrik miktarının 1 000 MW'a çıkartılması yer almaktadır (Ar, 2018).

Şanlıurfa yöresinde biyogaz üretimi son derece yetersiz olup bu alanda işletmeciliğin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. İşletmecilikte, tesislerin verimliliği için hammaddenin kolay elde edilebilmesi ve düşük maliyette taşınması çok önemlidir. Ayrıca, mevcut bitkisel ve hayvansal atık potansiyeline sahip olunması gerekmektedir.

Şanlıurfa'da 2 adet lisanslı ve 1 adet lisanssız biyogaz enerji tesisi bulunmaktadır (Anonim, 2018b). Son yıllarda, bitkisel ve hayvansal üretimin yoğun olarak yapılması nedeniyle bölgede önemli düzeyde enerji ihtiyacına gerek

duyulmaktadır. Biyogaz üretimi için ham maddenin bölgeden kolay temin edilebilmesi, biyogaz tesislerinin kurulumuna olanak sağlamaktadır. Bu özelliğe göre Şanlıurfa'da ve bölgede biyogaz üretim potansiyeli yüksek olup Türkiye'nin çevre dostu enerji üretimi hedeflerine ulaşmasına katkı sağlaması yönünden önemlidir.

Çalışmada, 2018 yılı için Şanlıurfa yöresi için işletme planlaması yapılmış, doğrusal programlama modeli kullanılarak en uygun çözüm araştırılmış ve bölge için planlanan yatırımın geri dönüşüm süresi belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Önceki çalışmalar iki kısımda sunulmuştur: Birinci kısımda biyogaz ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir. İkinci kısımda ise Optimizasyon, Doğrusal, Tamsayılı ve Hedef Programlama Modeli kuramsal temel ve Doğrusal Programlama Metodu ile ilgili yapılan önceki çalışmalar içermektedir.

2.1. Biyogaz ile İlgili Çalışmalar

Walla ve Schneeberger (2008) tarafından yapılan çalışmalarında, en düşük maliyetli üretim tesisi kapasitesinin belirlenmesinde model yaklaşımı kullanmışlardır. Model çözümüne göre en fazla mısır silajı tesisinin yakınında bulunabilmesine bağlı olarak değerleri 575 ile 1 150 KWe arasında bulmuşlardır. Sonuç olarak, biyogaz tesisi kurulmasında bölgenin şartları ve atık potansiyelinin dikkate alınması ve en uygun tesisin büyüklüğünün belirlenmesi gerektiğini tespit etmişlerdir. Biyogaz tesisinin verimliliğinin ham maddenin kolay temin edilmesine bağlı olduğunu saptamışlardır.

Afacan ve Kasap (2009) tarafından, küçük ölçekli sürekli beslemeli bir biyogaz tesisinin çalışma şartlarının belirlenmesi konusunda yaptıkları çalışmalarında; Kastamonu ili Taşköprü ilçesi Ortaköy köyünde bir örnek çiftçinin arazisinde biyogaz tesisi kurmuşlardır. Tesisin kapasitesi 25 büyükbaş hayvan için ortalama 30 m3 hacminde fermantasyon tankından günde yaklaşık 15 m^3 biyogaz elde etmişlerdir. Üretilen biyogaz ile iki katlı çiftlik evinin ısıtılabilip yemek pişirilebildiğini belirlemişlerdir. Bu tesis sayesinde yeni bir enerji kaynağına sahip olunduğu gibi bölgenin hayvansal ve bitkisel üretiminin birlikte kalkınmasının sağlanacağını tespit etmişlerdir.

Gürel (2010) yaptığı çalışmada, fermente gübrenin yüksek azot içeriğine sahip olduğunu ve yaklaşık %10 daha verimli organik gübre içerdiğini tespit etmiştir. Biyogazın; ısı, elektrik, akaryakıt ihtiyacını karşıladığından dışa bağımlılığı azaltan,

bölgesel gelişmeye katkı sağlayan, ekolojik yapıyı koruyan ve aynı zamanda sürdürülebilir bir enerji kaynağı olduğunu belirtmiştir. Biyogazın, enerji bitkilerinin üretimi ile kırsal kalkınmaya katkı sağladığı gibi, organik atıkların toplanması, atıkların işlenmesi, elde edilen gazın, ısının, akaryakıtın, elektriğin ve fermente gübrenin dağıtımı vb. ile oluşan tedarik zinciri ile de istihdam yaratmakta olduğu ve ekonomiye katkı sağladığı belirtilmiştir.

Gümüşçü (2010) tarafından yapılan çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, büyükbaş hayvan üreten tesislerden ortaya çıkan atıklardan biyogaz ve biyogübre eldesinin bölge ve ülke ekonomisine katkısını incelemiştir. Elde ettiği bulgulara göre, 500 ve üzeri hayvan kapasitesine sahip tesislerin bu alanda yatırım yapmalarını önermiştir. 1 000 ve üzeri hayvan kapasitesine sahip tesislerde ilk yatırımın geri dönüş sürelerinin 5 yıl civarında olduğunu belirtmiştir. 1 500 büyükbaş hayvan atığının biyogaz açısından büyük bir potansiyel içerdiğini tespit etmiştir. Yaptığı değerlendirmede, 1 500 büyükbaş hayvandan günde ortalama 1 700 m^3, yılda 612 000 m^3 biyogaz ve yılda 2 880 000 kW enerji elde edildiğini saptamıştır. Hayvan sayısının 100 000 olduğunda yılda 40 824 000 m^3 biyogaz ve 191 872 800 kW enerji elde edildiğini tespit etmiştir. Bunun yıllık gelirinin ise 38 374 560 TL olduğunu belirlemiştir.

Castrillón ve ark. (2011), sığır gübresi ile biyodizel üretiminden elde edilen ham gliserinle birlikte sindirim yoluyla biyogaz üretimi, sığır gübresinin ön işleminden sonra veya sığır gübresinin farklı miktarlarda ilave edilmiş gliserin ile karıştırılmasından sonra yaptıkları inceleme yapmışlardır. Çalışmada; 1 760 g elenmiş sığır gübresi veya sığır gübre karışımı (elenmiş veya öğütülmüş) ve 70-140 ml veya ham gliserin içeren 1 750 mL besiyerinde karıştırılmış ve karışım tank reaktörlerinde mezofilik ve termofilik koşullar altında inkübe edilmiştir. Mezofilik koşullar altında, elenmiş gübreye %4 oranında gliserin eklenmesinin biyogaz üretimini %400'e kadar arttırdığını saptamışlardır. Sonikasyonun (20 kHz, 0.1 kW ve 4 dakika) bir gübre karışımına uygulanması ve %4 gliserinin işlenmemiş gübre ile karşılaştırıldığında ise %800'e kadar biyogaz üretimini arttırdığını tespit etmişlerdir. En iyi sonuçların termofilik koşullar altında, %6 ilave gliserin ile Sonikasyon

edilerek öğütülmüş sığır gübresi karışımları kullanılarak elde edildiği (348 L metan/kg COD çıkarıldı)belirtilmiştir.

Barnhart (2012) yaptığı çalışmada; Nepal, Amerika Birleşik Devletleri ve İsveç'teki üç farklı biyogaz gelişme ölçeği karşılaştırmıştır. Nepal'de biyogaz üretiminin ağırlıklı olarak kırsal ev enerjisinden sağlandığını, Amerika Birleşik Devletleri'nde biyogazın atık yönetimi uygulamalarında endüstriyel ölçekte üretildiğini, üretilen enerjinin sahada kullanıldığını ya da bölgesel bir elektrik şebekesini beslediğini tespit etmiştir. İsveç'te biyogazın belediyelerin enerjiden bağımsız ve fosil yakıtsız çalışmalarını sağlayan yeni bir enerji stratejisinin bir parçasını oluşturduğunu belirtmiştir. Bu örneklerden yola çıkılarak yenilenebilir enerji teknolojisinin kentsel ve kırsal ortamlarda ölçeksel ve kültürel/sosyal bağlamlarda uyarlanabileceğini, kullanılabileceğini ve gelişmekte olan ülkelerden gelişmiş ülkelere yayılabileceğini belirtmiştir.

Tufaner ve ark. (2013), Türkiye'deki biyogaz tesisi projelerinde başarı ve başarısızlık nedenlerinin analizi ve merkezi biyogaz tesislerinin önemi konusunda yaptıkları çalışmada; büyük ölçekli biyogaz tesisleri ile organik atıkların ayrıştırılmasının, Türkiye'de önemli bir teknolojik uygulama olduğunu, bu tesislerin, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin şekilde kullanımını sağlayarak sürdürülebilir çevre yönünden önemli katkılar sağladığını belirtmişlerdir. Türkiye'nin sadece hayvan atıkları ile çalışabilecek 2 000 adet biyogaz tesisi kapasitesine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu bildiride 1950'lerden bu yana Türkiye'deki biyogaz tesisi çalışmalarının incelenerek, Türkiye'de biyogaz tesislerinin mevcut durumu için önem arz eden üç faktörü (başarılı biyogaz tesisleri ve başarı etkenleri, biyogaz tesislerinde başarısızlıkların nedenleri ve merkezileştirilmiş biyogaz tesislerinin kurulmasının önemi) ele almışlardır.

Öçal (2013) tarafından, biyogaz enerjisi üretimi ve Eskişehir ili için uygulanma konusunda yapılan çalışmada; Eskişehir ilçelerindeki büyükbaş hayvan sayıları toplamının 118 937 adet olduğu, Eskişehir ilçelerindeki büyükbaş hayvan barınaklarında oluşan atıkların toplanarak biyogaz tesislerine taşınmış ve hammadde

olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada Eskişehir ili büyükbaş hayvan atığından üretilen biyogaz enerji üretiminde kullanıldığında, Eskişehir ilinde 276 454.23 kWh gün-1 elektrik enerjisi elde edilebileceği tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen biyogaz enerjisinin tamamı tüp gaz olarak değerlendirmek istendiğinde, yılda yaklaşık 715 643 adet büyük tüp gaz (12 kilogramlık) ihtiyacının karşılanabileceği saptanmıştır.

Sancak ve ark. (2014), Türkiye'de büyükbaş hayvansal atıklardan biyogaz üretim potansiyeli konusunda yaptıkları çalışmada; Türkiye ve illerindeki hayvan sayısı ve biyogaz üretimini araştırmışlardır. Türkiye'deki büyükbaş hayvan gübresinden biyogaz tesisleri kullanılarak yaklaşık olarak 2 533 487 544 m^3 $yıl^{-1}$ biyogaz üretilebileceğini ve bu üretimin 11.9 milyar kWh elektrik enerjisine denk olduğunu tespit etmişlerdir.

Surendra ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada; 2012 yılında Asya'da yaklaşık 39.9 milyon biyogaz sindirici olduğunu, 2015 yılında Avrupa Birliği'nde aktif olarak faaliyet gösteren toplam 17 376 biyogaz tesisi ve 459 biyo-metan tesisi ile bazılarının yıllık elektrik kullanımına karşılık gelen toplam 60.6 TWh elektrik üretildiğini, bu alanda toplam 13.9 milyon biyogaz sindirici ile Avrupalı hane halkının lider olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir.

Türkmenler ve ark. (2014) tarafından sunulan biyogaz çalıştayı sonuç raporunda; 1 adet büyükbaş hayvandan 3.6 ton $yıl^{-1}$ yaş gübre, 1 ton sığır gübresinden 33 m^3 $yıl^{-1}$ biyogaz üretildiğini, 1 m^3 biyogaz ile 4.70 kWh elektrik enerjisi, 4 700-5 700 kcal m^{-3} ısı, 0.62 L gazyağı, 0.66 L motorin, 0.75 L benzin, 0.43 kg bütan, 0.25 m^3 propan, 1.46 kg odun kömürü, 3.47 kg odun, 12.3 kg tezek enerjisinin eşdeğer olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmalara göre; 500 ve üzeri hayvan kapasitesine sahip tesislerin yatırım yapmalarını önerilmiştir. 1 000 ve üzeri hayvan kapasitesine sahip tesislerin ilk yatırım geri dönüş süresinin 5 yıl civarında olduğu belirtilmiştir.

Szymanska ve Lewandowska (2015) tarafından Polonya'da yaptıkları bir çalışmanın sonuçlarına göre; biyogaz tesislerinin çok yaygın olarak kullanılmadığını

ve tesis edilen biyogaz ünitelerinin büyük çoğunluğunun belediye katı atıkları ile çalışarak üretildiğini; ancak tarımsal atıkların kullanılmasına yönelik biyogaz tesisinde kullanılabilecek yeterli tarımsal atık bulunmasına rağmen çok az miktarda biyogaz tesisinin bulunduğu ortaya konmuştur. Ancak, son yıllarda çevre temizliğinin korunmasına yönelik toplumsal eğilim nedeniyle biyogaz tesislerinin yaygınlaştığı da bildirilmiştir.

Aybek ve ark. (2015) tarafından yapılan, Kahramanmaraş ilinde bazı tarımsal atıkların biyogaz enerji sayısal haritalarının belirlenmesi konulu çalışmada; Kahramanmaraş ili bazında hayvansal ve bazı bitkisel atıkların biyogaz potansiyelini belirleyerek haritalandırılmış ve konuya ilişkin yerel ölçekte sürdürülebilir çözümler oluşturulmaya çalışılmıştır. İl genelinde tarımsal atıklardan elde edilebilecek yıllık toplam biyogaz enerji potansiyelinin 2 177 TJ $yıl^{-1}$ olduğu, hayvansal atıkların bu enerjinin yaklaşık %95'ini oluşturduğu belirtilmiştir. Kahramanmaraş ilçelerine göre biyogaz enerjisinin üretiminin en yüksek olan ilçeden en düşük olan ilçeye göre sıralamasının; Elbistan, Afşin, Pazarcık, Türkoğlu, Dulkadiroğlu, Onikişubat, Göksun, Andırın, Ekinözü, Çağlayancerit ve Nurhak şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

Çevik (2016), Çanakkale ilinde hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi konusunda yaptığı çalışmada; Çanakkale ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilecek toplam biyogaz potansiyelini 60 793 963 m^3 $yıl^{-1}$ olarak belirlemiştir. Çanakkale'nin doğusunda alansal dağılışın yoğun olduğunu ve ilçe bazında potansiyelin en yüksek Biga ilçesinde olduğunu saptamıştır. Ayrıca, biyogaz tesisinde işlenen hayvansal atıklardan üretilen biyogübre potansiyelinin yılda 394 719 ton olduğunu, elde edilen biyogübre ile toplam suni gübre tüketiminin fazlasıyla karşılandığını, Çanakkale ilinde biyogaz tesisinin bulunmamasının önemli bir eksiklik olduğunu tespit etmiştir.

Toprakçıoğlu (2016), Siirt ve Batman illerinde biyogazdan elektrik enerjisi üretim potansiyellerinin belirlenmesi konusunda yaptığı çalışmada; Batman ve Siirt yörelerindeki çeşitli hayvansal ve bitkisel atıklardan elde edilecek olan biyogaz

miktarını belirlemiştir. Elde ettiği sonuçlara göre, Batman ve Siirt illerinde bulunan tarımsal ve hayvansal atıklardan elde edilecek olan toplam biyogaz miktarını yaklaşık olarak 88 000 m^3 $gün^{-1}$ olarak hesaplamıştır. Batman ilinin özellikle tarımsal atık potansiyelinin yüksek (50 519 m^3) ve Siirt ilinin tarımsal atık potansiyelinin yaklaşık 14 katı kadar olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, kurulacak olan biyogaz tesisinin kurulum ve işletme masraflarının ilk yıl için 12 180 956 TL, tesisten elde edilecek olan yıllık gelirin de 6 014 469 TL olacağı hesaplanarak tesisin yaklaşık olarak 2 yıl işletildiğinde maliyetlerini karşılayacağı tespit edilmiştir.

Ilgar (2016), hayvan varlığına göre Çanakkale ilinin biyogaz potansiyelinin tespitine yönelik yaptığı çalışmada; Çanakkale ilinde biyogaz tesisi bulunmadığını, Çanakkale ilinde büyükbaş hayvan sayısının 200 137, atık miktarının 720 493 m^3 $yıl^{-1}$, bu atıklardan elde edilen biyogazın 23 776 269 m^3 $yıl^{-1}$, küçükbaş hayvan sayısının 577 361, kanatlı hayvan sayısının 28 973 000, büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarının toplamının 29 750 498, bu hayvan sayılarından elde edilen gübrenin 1 762 051 ton $yıl^{-1}$ ve bu gübreden elde edilen biyogazın ise 96 934 753 m^3 $yıl^{-1}$ ve Çanakkale'nin biyogaz potansiyeline sahip olduğunu saptamıştır.

Cihanalp ve ark. (2016), Isparta ili için mevcut hayvan ve biyogaz potansiyelinin belirlenmesi konusunda yaptıkları çalışmada; Isparta ilinde yetişkin cinsinden toplam sığır sayısının 120 878 olduğunu, bu sığırlardan 1 897 180.21 ton $yıl^{-1}$ atık çıktığını, bu atıklardan 38 594 216.07 m^3 $yıl^{-1}$ metan üretimi olduğunu tespit etmişlerdir. Isparta ilinde sığır, koyun, keçi ve yumurta tavuğu atıklarını toplam 2 269 151.10 ton $yıl^{-1}$ olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre; Isparta ilinde hayvanlardan yılda yaklaşık 2.2 milyon ton gübre açığa çıktığını ve bu gübrelerin biyogaz tesislerinde işlenmesiyle 64 milyon m^3 $yıl^{-1}$ metan üretilebileceğini, bu metanın kojenerasyon sistemlerinde yakılmasıyla yılda 223 712 330.04 kWh elektrik ve 255 671 234.33 kWh ısıl enerji üretme potansiyeli olduğunu tespit etmişlerdir.

Şenol ve ark. (2017), Ankara biyogaz üretim miktarını; hayvansal atıklar, mutfak atıkları, atık su arıtma tesisi atıkları ve tarımsal atıklara göre belirlemişlerdir.

Çalışmada kullanılabilecek hayvansal atıkların miktarını 277 348 m^3 $gün^{-1}$ olarak elde edilmiştir.

Savaş (2018), 1 000 başlık büyükbaş hayvan tesisinde oluşacak hayvansal atık miktarının 8 030 ton $yıl^{-1}$olduğunu, bu atıklardan 444 570 m^3 $yıl^{-1}$ biyogaz üretimi yapıldığını tespit etmiştir. Tespit edilen biyogazdan yıllık elektrik üretiminin 875 000 kWh $yıl^{-1}$ dır. Kurulması planlanan 125 kW elektrik üretim tesisi yatırım maliyetini 421 736.00 €, tesisin yıllık gelirinin 105 753.00 € olduğu, tesise yapılan yatırımın geri dönüş süresini ise 4 yıl olarak hesaplanmıştır. Tesisin çalışma süresini minimum 20 yıl olarak tespit etmiştir.

Görmüş (2018), Türkiye'deki hayvan gübrelerinin biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi konusunda yaptığı çalışmada; Türkiye'deki 2016 yılına ait hayvan sayılarının; büyükbaş için 14 222 228, küçükbaş için 41 329 232 ve kümes hayvanları için de 333 541 262 adet olmak üzere toplam 389 092 722 olduğunu, bu hayvanlardan 627 373 383.16 kg $gün^{-1}$ atık oluştuğunu, bu atıklardan 3 616 980 957.52 m^3 $yıl^{-1}$ metan elde edildiğini, biyogazın enerji eşdeğerinin 130 211.31 TJ $yıl^{-1}$, bu hayvansal atıklardan elde edebilecek enerji miktarının ise 23 510 376 340.88 kWh olduğunu, bu rakamın da Türkiye geneli 2016 yılı nüfusunun %31.29'unun elektrik ihtiyacını karşılayabileceğini tespit etmiştir.

Su ve ark. (2018), Çin'de yaptıkları bir çalışmanın sonuçlarına göre; biyogaz ve güneş enerjisinin entegrasyonu ile geliştirilen sistemde elde edilen enerjinin; soğutma, ısıtma ve kuvvet olarak kullanılmasının konvansiyonel olarak biyogazın direk yakılması ve elde edilen enerjinin kullanılması ile karşılaştırdıkları zaman önemli oranda tasarruf sağlandığını görmüşlerdir. Bu hibrid sistem ile elde ettikleri biyogazı güneş enerjisi ile çalışan reaktör yardımı ile syngaz'a dönüştürüldüğünü ve elde edilen syngazın daha sonra üçlü reaksiyon sistemi ile bahsedilen işlemlerde kullanılmasıyla daha verimli olduğunu belirtmişlerdir.

2.2. Optimizasyon, Doğrusal, Tamsayılı ve Hedef Programlama Modeli

Optimizasyon (doğrusal programlama), bir sistemde varolan kaynakların (işgücü, zaman, kapital, süreler, hammaddeler, kapasite, ekipman gibi) en verimli şekilde kullanılmasıyla belirli amaçlara ulaşmayı sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Gass, 2000).

Optimizasyonda, modelleme ve çözümleme iki önemli bileşen olarak nitelendirilmektedir. Modelleme gerçek yaşamda karşılaşılan problemin matematiksel olarak ifade edilmesini, çözümleme ise bu modeli sağlayan en iyi çözümün elde edilmesini kapsamaktadır. Optimizasyon teknolojisinin gelişiminde araştırmacılar öncelikli olarak modellemeyle ilgilenmişlerdir. Bu alandaki ilk çalışmalar Leontief tarafından, Amerika Birleşik Devletleri'nin dış ticaretini ve ekonomik yapısını modellemek amacıyla yapılan yayınlardır (Leontief, 1933; 1936).

Optimizasyon teknolojisi, karar verme süreçlerini hızlandırmakta ve müspet karar alınma oranını arttırmakta, gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin etkin, doğru ve gerçek zamanlı çözümüne fayda sağlamaktadır (Winston, 2006).

Optimizasyon modelleri, doğrusal programlama ve tamsayılı programlama olmak üzere sınıflandırılmıştır. Doğrusal programlama, belli bir amacı gerçekleştirmek için sınırlı kaynakların etkin kullanımını ve çeşitli seçenekler arasında en uygun dağılımı bulmayı sağlayan matematiksel bir tekniktir (Sarıaslan, 1986). Tamsayılı programlama tekniği ise doğrusal programlamanın bir uzantısı olup doğrusal programlamada meydana gelebilecek gerçekçi olmayan sonuçları ortadan kaldırmayı amaçlar (Bakır ve Altunkayak, 2003).

Doğrusal programlama, optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılan bir araçtır. Karar vericiye karmaşık operasyonel alternatifleri çözmek için etkili bir araç sağlamada yaygın bir kullanım alanı bulmuş olan matematiksel bir modelleme sistemidir. Doğrusal kısıtlamalara tabi bir doğrusal objektif fonksiyonun optimizasyonunu gerektiren genel problem kategorisine uygulanabilir. Doğrusal

programlama, faydaların maksimize edilmesi (kar) veya maliyetlerin en aza indirilmesi, istenen hedefe ulaşmak için sınırlı kaynakların en iyi kullanılmasını belirlemek için kullanılan bir tekniktir. Tamsayılı programlama teknikleri her türlü iletme sorununu çözmek için uygulanabilecek yapıda olduğundan hayatımızın her alanında uygulamada alanı bulmuştur. Genellikle, işletmelerin varlıkları için en hayati önem taşıyan ekonomik olmayan öğelerin maliyetini en aza indirgemesi gibi ekonomi optimizasyon sorunları ile karşı karşıya kalan birçok iş ve üretim endüstrisine rastlanmaktadır. Tamsayılı Doğrusal Programlama (ILP) sorunları, belirli bir Doğrusal Programlama Problemleri (LPP) sınıfına aittir. LPP'de karar değişkenlerinin sürekli olduğu varsayılmaktadır. Ancak ILP'de karar değişkenleri sadece ayrık değerler alabilmesi için sınırlandırılmıştır. Pek çok pratik problem genel Tamsayılı Programlama Problemleri olarak formüle edilebilir ve bu nedenle ILP problemleri birçok alanda olağanüstü bir uygulama alanı düzeyine sahiptir (Tiwari ve Kumar, 2018).

Hedef programlama tekniği, işlem araştırmasında yaygın olarak kullanılan bir yaklaşım haline gelmiştir. Bu model ve çeşitleri, büyük ölçekli çok ölçütlü karar verme problemlerini çözmek için uygulanmıştır. Hedef programlama yöntemi, çok amaçlı sorunların çözümü için gelişmiş bir yöntemdir. Bu yöntem karar verme problemlerinin çoklu hedefleriyle başa çıkmak için geliştirilen modellerden biridir. Model aynı anda birçok hedefi göz önünde bulundurmaya izin verirken, karar almada bir dizi uygulanabilir çözüm arasından en iyi çözümü arar. Hedef programlama güçlü yöntemlerden biridir. Uygulamada karar verme ile yakın bir yazışmaya sahiptir. Normalde çoklu işlemek için doğrusal programlamanın bir uzantısı veya genellemesi olarak düşünülebilir (Tiwari ve Kumar, 2018).

Yukarıda bahsedilen bilgiler doğrultusunda dünyada ve ülkemizde yapılan bilimsel çalışmalar kronolojik sıraya göre aşağıda sunulmuştur:

2.2.1. Doğrusal programlama ile ilgili yapılan çalışmalar

Özsan (2006), mermer üretimi gerçekleştiren bir işletmede kar maksimizasyonu sağlamak üzere bir üretim planı oluşturmuştur. Bunun için yöneylem araştırma tekniklerinden, doğrusal programlama yaparak doğrusal olarak ifade edilen problemin çözümünde LINGO paket programını kullanmıştır. Bu yöntemle elde edilen üretim planının uygulanmasıyla maksimum kâr elde edilebileceğini belirtmiştir.

Kızılkaya (2007) tarafından yapılan, sulama şebekelerinin optimum güzergahlarının belirlenmesinde şebeke analiz yöntemlerinin kullanımını araştırdığı çalışmasında; kanal güzergahlarının saptanmasında optimizasyon tekniklerinin yetirince kullanılamaması nedeniyle yüksek maliyet ve yatırımların uzun zaman aldığı, optimizasyon tekniklerinin güzergah belirlemede kullanılması durumunda mevcut şartlarda en uygun güzergahlar tespit edildiğinden daha uygun olacağı belirtilmiştir.

Azamathulla ve ark. (2008), gerçek zamanlı işletimde, genetik algoritma ve doğrusal programlama modellerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada, rezervuar sistemlerinin etkinliğini maksimuma çıkartmak ve faydasını arttırmak için tasarım ve işletim üzerinde durmuşlardır. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre; genetik algoritma metodunun doğrusal programlama metoduna göre daha üstün olduğunu tespit etmişlerdir.

Şahin (2008) yaptığı çalışmada, farklı planlama teknikleri kullanarak toplam brüt marjı yükseltmenin mümkün olduğunu tespit etmiştir. İşletmelerin genelinde, doğrusal programlama yöntemini kullanmasının mevcut duruma göre %4.71 daha avantajlı olduğunu, Oyun Teorisi modelinde ise risk düzeyinin düşük olmasına karşın %0.25'lik bir avantaj ile mevcut duruma yakın bir brüt marj sağlandığını belirtmiştir.

Tuylu (2010), Gediz Havzası'nda yer alan Sarıkız Sulama Birliği'nde sulama işletmeciliği yönünden en iyi planlı su dağıtımının gerçekleştirilebilmesi amacıyla "Sulama Zamanı Planlaması Destekli İnteraktif Su Dağıtım Planlaması Esasına

Dayalı Model" yaklaşımını kullanarak yaptığı çalışmada; kanaldaki mevcut su miktarının planlanan alana ve bitki çeşidine bağlı olarak mevcut yöntemin optimal olup olmadığı, suyun yeterli olup olmadığı, rotasyon uygulamasında sonuç elde edilip edilemeyeceği ve mevcut suyun optimum dağıtımının yapılıp yapılmadığı gibi sonuçlar elde etmiş ve optimum su dağıtım planlaması için öneri sunmuştur.

Yılmaz (2010), doğrusal programlama tekniği ile üretim planlamasının mobilya sektöründe uygulanması konusunda yaptığı çalışmada; işletmelerin mevcut kapasitesi en iyi şekilde kullanılarak kârı maksimum veya maliyeti minimum yapacak üretim planlaması için doğrusal programlama modelini hazırlamıştır. Doğrusal modelin çözümüne göre; (90x190) yatak tipinden 190, (150x200) yatak tipinden 153, (60x200) yatak tipinden 111, (100x200) yatak tipinden 98, (90x190) ortopedik yatak tipinden 84, (150x200) ortopedik yatak tipinden 71, (160x200) ortopedik yatak tipinden 77 ve (100x200) ortopedik yatak tipinden 448 adet üretilmesi gerektiğini bildirmiştir. Bu ürün bileşimi sonucunda fabrikanın kârının 73 430 TL olduğunu tespit etmiştir.

Uludağ (2010), İzmir İli için durak yerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, Bulanık Optimizasyon ve Doğrusal Hedef Programlama Yaklaşımı kullanılmıştır. Mevcut durak yerleri ve durak aralıkları ile kullandığı modelde belirlediği durak yerleri ve aralıkları arasında kıyaslama yapmıştır. Yeni durak sistemine göre ekonomik yönden toplam maliyette 7 425.94 TL gün^{-1} değerinde bir azalma olduğu tespit etmiştir.

Wei ve Kusiak (2012), çamur, biyogaz üretimine uygun bir atık su arıtım ürünü olduğunu ortaya koymuşlardır. Elektrik ve ısı üretmek için yaklaşık %60 metan içeren biyogaz kullanılabilir. Buna göre bir atık su arıtma tesisinde biyogaz üretim sürecinin optimizasyonu için veri odaklı bir yaklaşım sunmuşlardır. Proses modelini, kontrol edilebilir ve kontrol edilemez değişkenler olarak sınıflandırmış rutin olarak toplanan veriler kullanılarak geliştirilmişlerdir. Proses sıcaklığı, toplam katılar, uçucu katılar ve pH değerini, model için kontrol edilebilir değişkenler olarak seçilmiştir. Kontrol edilemeyen değişkenlerin çamur akış hızı, organik yük ve alıkonma süresi

olduğunu içermiştir. Optimizasyon modelini oluşturmak için çok katmanlı bir algılayıcı sinir ağı uygulamıştır. Modelin yüksek hesaplama karmaşıklığından dolayı kontrol edilebilir değişkenlerin optimum ayarlarını bularak biyogaz üretimini en üst düzeye çıkarmak için bir parçacık sürüsü optimizasyon algoritması kullanmışlardır. Optimize edilmiş çalışma koşulları altında biyogaz üretiminin %20.8 oranında arttığını tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, Enerji kullanımının sistem verimliliğini artırmak ve çok amaçlı optimizasyona dayalı hayvan atıklarının neden olduğu çevresel sorunları azaltmak için birleşik soğutma, ısıtma ve güç (CCHP) mikro-ızgara modeli oluşturmuşlardır. Bu önerilen model; hayvan gübresi içten yanmalı motorları (ICE'ler), gaz kazanlarını ve emme soğutucularını beslemek için kullanılan biyogaz üretmek için kullanılır. Üretilen elektriğin, aksi takdirde ana şebekelerden satın alınabilecek olan dengelemeyi sağlar. Enerji içeriğinin yenilenebilir fraksiyonunu daha da artırmak için PV üretimi tanımlanmıştır. Elektrik depolamasını ayrıca güç talebini ve güç kaynağını dengelemek için dahil etmişlerdir. Enerji kullanımının sistem verimliliğini artırmak için, ICE'lerden gelen soğutma suyu ve bunların egzozları, absorpsiyon buzdolabı ve ısı değiştirici dahil ederek modellenen termal depolamaya dayanarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Nihai amacın, dağıtılmış enerji kaynaklarından (DER'ler) elde edilen enerji üretimini en üst düzeye çıkarmak ve bu arada günlük sistem işletme maliyetini en aza indirmek olduğunu vurgulamışlardır. Akü deposunu şarj etmek için yük talebinin ötesinde üretilen ekstra elektrik kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu yolla, sistem enerji maliyeti, enerji sisteminin iyileştirilmesi ve yeniden yapılandırılması ile azaltılmakta ve hayvan atıklarından kaynaklanan çevre sorunları da indirgemektedir.

Gülsevin ve Türkan (2012) tarafından, Afyonkarahisar ili için yapılan model çalışmasında, işletmeler arasında aynı girdi ve çıktılar kullanılarak etkinlik değeri araştırılmıştır. Bu araştırmanın model çözümü WinQSB ve EMS bilgisayar yazılımları kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonucuna göre, 15 işletmenin 8'i etkin olarak çalıştığını tespit edilmiştir.

Auburger ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada; sera gazı (GHG) emisyonları ve farklı enerji bitkilerinden elde ettikleri enerji üretiminin ulusal düzeydeki tarla denemelerine ve Almanya'da kayıtlı tüm biyogaz tesislerine dayanan enerji dengelemeleriyle ilgili toplam sonuçları göstermişlerdir. Tesise özel doğrusal optimizasyon modelinin objektif fonksiyonuna entegre olan bölgesel ham madde üretim maliyetlerini, bölgesel üretim koşullarına ve ilçe bazında verime göre hesaplanmıştır. Sonuçlar, sera gazı emisyonlarının ve enerji dengelerinin bölgesel üretim koşullarına bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Naeem (2017) yaptığı çalışmada; kesintisiz enerji tedariki sağlamak ve çok amaçlı hedefli optimizasyon kullanarak tüketicilerin çevresel etkilerini ve elektrik maliyetini en aza indirgemek için verimli enerji yönetimi modeli geliştirmiştir. Önerdiği projede, hayvanların ve piliçlerin atık malzemelerinden biyogaz üretimi yoluyla elektrik üretilmesini beklemiştir. Önerdiği çoklu hedef optimizasyonunun, hedef ve kısıtlamaların ikili ve tam sayı değerlerini aldığı ikili tamsayılı doğrusal programlama problemi olduğunu belirtmiştir. Bu çoklu hedef optimizasyon problemini çözmek için dal ve sınır algoritmasının dahil edildiğini belirtmiştir.

Jensen ve ark. (2017), biyogaz tedarik zinciri için en uygun üretim ve yatırım planını bulmak için bir karma tamsayılı programlama (MIP) modeli sunmuşlardır. Modelin, biyogaz tesisindeki sermaye ve işletme giderlerini temsil etmek için adım adım doğrusal işlevlerden faydalanmaktadır. Zinciri çiftçiden son pazara kadar dikkate alıp zincirdeki tüm süreçler için kayıp ve kazanımları modelleyerek zincir boyunca kütle ve enerji içeriği değişikliklerini içerdiğini belirtmişlerdir. Biyokütle girdilerini haftalık bazda planlarken, enerji fiyatlarındaki değişiklikleri daha iyi yakalamak ve potansiyel olarak bu değişikliklerden yararlanmak için enerji çıktılarını saatlik olarak programlamışlardır. Model; doğal gaz, ısı ve elektriği son ürünler olarak kabul ederek, saman, şeker pancarı ve gübre birlikteliği içeren bir vaka çalışmasında test etmişlerdir. Modelin, merkezi işlem birimi (CPU) süresi içerisinde yarım saatlik zamanda tesisin önceden tanımlanmış bir yeri için bir üretim ve yatırım planı bulduğunu belirtmişlerdir. Sonuçta ortaya çıkan projenin karlı çıktığını ve her

bir süreç için bir biyogaz projesinde süreçlerin optimize edilmesinin olanaklarının altını çizen bir üretim planı vermediği belirtmişlerdir.

Demirkollu (2017), "Hedef Programlama Yöntemi İle Otobüs Sefer Sayılarının Tespiti" konulu çalışmasında; Denizli iline ait toplu ulaşımda kullanılan 150 adet otobüsün kullanıldığı hatların sefer sayılarını programlama Günlük Sefer Modeli (GSMOD) ile modelleyerek gün içerisinde yapılan seferlerin, mevcut sefer sayıları arasında gözle görülür bir şekilde maliyetlerinin azaldığını tespit etmiştir.

Ajenikoko ve Kosiru (2018) yaptıkları çalışmada; bilgisayar simülasyonunu kullanarak tam ölçekli biyogaz enerji üretimi için domuz gübresini en iyi şekilde kontrol etmek amacıyla doğrusal bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Sindirim hacmini, biyogazın hacmini ve biyogazın ürettiği günlük enerjiyi hesaplayarak doğrusal optimizasyon modelini uygulamış ve doğrulamışlardır. 0.68 katsayılı bir terim ve 0.77 sabit bir terim içeren bir doğrusal optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Sonuç olarak 23 saatlik saklama süresinden sonra değerinin doğrusal optimizasyonlu biyogaz elektrik enerjisi çıkışı, optimizasyondan sonra %1.45 artışla 0.12 kWh arttığını tespit etmişlerdir.

Gülsün ve Miç (2018), rasyon hazırlamada temel yem miktarlarının ekonomik olarak belirlenmesinde çok amaçlı programlama yaklaşımı kullanmışlardır. Yem ihtiyacı için belirli bir sermaye, belirli bir hayvan sayısı ve günlük süt üretim miktarını dikkate alarak kısıtlar oluşturmuşlardır. Ekonomik yem miktarını tespit etmek için matematiksel model oluşturmuş ve çözümünde WinQSB 2.0 Paket Programından yararlanmışlardır.

Araoye ve ark. (2019), anaerobik sindirim prosesi altında domuz gübresinin ve Poultry gübrenin eş-sindirim sistemini kullanarak üretim yapmışlardır. Domuz gübresi ve kanatlı gübresini %50:50 karıştırmışlardır. MATLAB ve VISUAL BASIC Yazılımını, toplumun elektrik erişilebilirliğini ve dayanıklılığını artırmak amacıyla Biyogaz enerji üretimi için optimize edilmiş, Genetik Algoritma Modelini geliştirmek amacıyla simülasyonlar yapmak için kullanmışlardır. Genetik Algoritma Optimizasyonu ile Ampirik Biyogaz enerji üretimini ortaya koymuşlardır. Sonuç

olarak, Genetik Algoritma Optimizasyonu olmadan ve Genetik Algoritma Optimizasyonu ile üretilen biyogaz elektrik gücünün sırasıyla 5 KW ve 11.18 KW olduğunu tespit etmişlerdir. Biyogaz enerjisi üretiminin, Genetik Algoritma Optimizasyonundan sonra %38.2 artış yaptığını tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

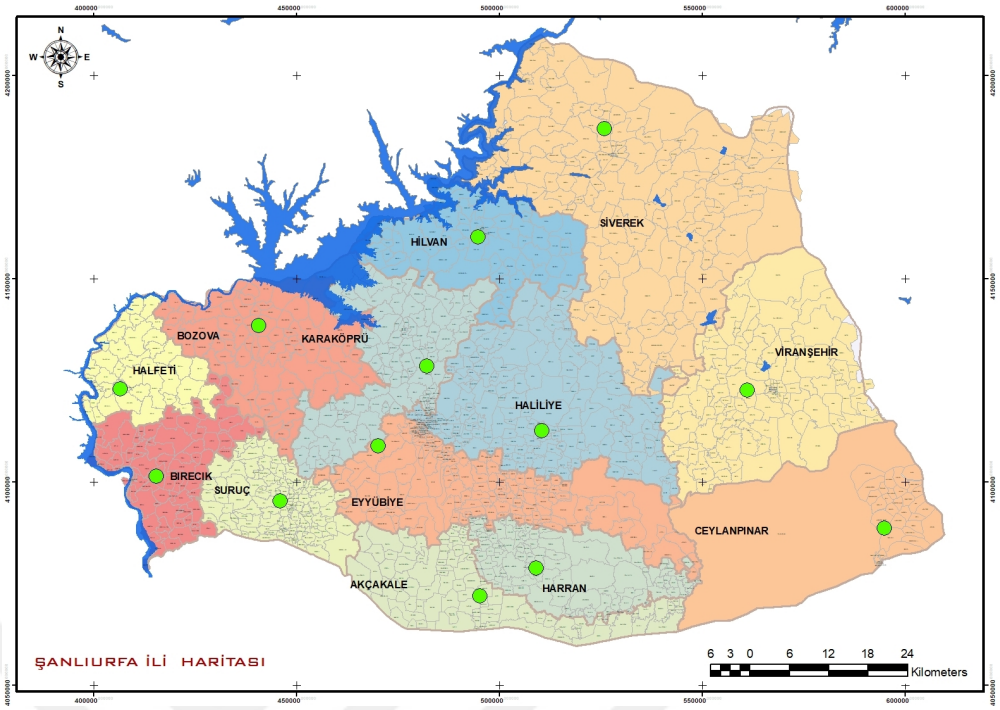
3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanı

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Orta Fırat Bölümünde yer alan Şanlıurfa ili 36° 42′ ve 38° 02′ kuzey enlemleriyle 37° 50′ ve 40° 12′ doğu boylamlarında yer almaktadır. Kuzeyinde Adıyaman, Diyarbakır, doğusunda Mardin, batıda Gaziantep ile sınırlıdır. Güneyinde ise Suriye'ye uzun bir sınırı vardır. Yüzölçümü, göl hariç, 18 336.60 km^2, il merkezinin rakımı 518 metredir. Geniş ova ve düzlüklere sahip olan arazisinin %60.4'ü düzlük, %22'si dağlık, %16.3'ü ova ve %1.3'ü yayladır. Başlıca ovaları içerisinde; Harran, Suruç, Viranşehir, Hilvan, Ceylanpınar, Bozova ve Siverek bulunmaktadır. Şanlıurfa, 2012 tarihli ve 6360 sayılı kanun ile Eyyübiye, Haliliye ve Karaköprü merkez ilçeleri Büyükşehir Belediyesi'ni oluşturmaktadır. İlin en önemli akarsuyu Fırat Nehridir. Fırat Nehri 720 000 km^2 su toplama havzasına sahiptir. Ayrıca ilde Karkamış, Birecik ve Atatürk baraj gölleri bulunmaktadır. Atatürk baraj gölü, Türkiye'nin en büyük yapay gölü olup il sınırları içinde bulunmaktadır. Şanlıurfa iline ait görünüm Şekil 3.1.'de, ilçelerine ait haritalar ise Şekil 3.2.'de verilmiştir (Başbağ ve ark., 2011):



Şekil 3.1. Şanlıurfa iline ait görünüm



Şekil 3.2. Şanlıurfa ilinin ilçelerine ait harita

3.1.2. Şanlıurfa iline ait mevcut arazi potansiyeli

Şanlıurfa ilinin arazi dağılımına bakıldığında il; tarımsal alanı 10 540 022 da, çayır mera alanı 2 343 570 da, ormanlık-fidanlık alanı 155 000 da, diğer araziler 5 726 408 da olmak üzere toplam 19 336 000 da yüzölüçümüne sahiptir. Arazi dağılımına göre; %62'si tarımsal alan, %12'si çayır mera alanı, %1'i ormanlık alan ve geriye kalan % 25'i ise diğer alanlardan oluşmaktadır. İl arazi büyüklüğüne göre; Türkiye'deki toplam tarım alanın % 4.9'una sahip olup Konya ve Ankara illerinden sonra üçüncü sıradadır (Çizelge 3.1.) (Anonim, 2018c).

Çizelge 3.1. Şanlıurfa ilinin arazi dağılımı

Arazi Varlığı	Arazi Büyüklüğü (da)
Bitkisel üretim Alan	10 540 022
Çayır Mera Alanı	2 343 570
Ormanlık-Fidanlık Alan	155 000
Diğer Araziler (Göl alanları hariç hesaplanmıştır.)	5 726 408
Toplam Yüzölçümü (Göl alanları dahil)	19 336 000
Toplam Yüzölçümü (Göl alanları hariç hesaplanmıştır.)	18 765 000

3.1.3. Şanlıurfa yöresine ait büyükbaş hayvan potansiyeli

Şanlıurfa ilinde 2018 yılı TUİK verilerine göre; sığır saf kültür, sığır kültür melezi ve yerli sığır ırkları olmak üzere üç sığır ırkının yetiştiriciliği yapılmaktadır. Saf kültür ırkı 50 342, kültür melezi 201 554, yerli 99 545 olmak üzere toplam sayı 351 451 adettir. Toplam sığır sayısı 351 861 adettir. Şanlıurfa ilinde yerli sığır ırkı olarak bölgede ağırlıklı olarak güney anadolu kırmızısı (gak) yetiştirilmektedir. Ancak en çok kültür melezi ırkı mevcuttur. Ayrıca ilde 410 adet manda mevcuttur. Sığır yaşlarına göre; 0-12 ay erkek sığır sayısı 30 395, 0-12 ay dişi sığır sayısı 28 125, 12-24 ay tosun sayısı 54 166, 12-24 ay düve sayısı 38 166, +24 ay inek sayısı 155 110 ve +24 boğa ve öküz sayısı 45 889 adet olmak üzere toplam 351 861 adet sığır mevcut olup Çizelge 3.2'de sunulmuştur (Anonim, 2018d):

Çizelge 3.2. Şanlıurfa yöresine ait mevcut büyükbaş ırk ve yaşları

	Sığır saf kültür (adet)	Sığır kültür melezi (adet)	Yerli sığır (adet)	Toplam (adet)
Erkek (0-12 ay)	4 897	19 255	6 243	30 395
Dişi (0-12 ay)	4 885	17 966	5 274	28 125
Tosun (12-24 ay)	6 365	35 625	12 176	54 166
Düve (12-24 ay)	6 324	24 798	6 875	37 997
İnek (+ 24 ay)	23 008	85 052	46 809	154 869
Boğa ve Öküz (+ 24 ay)	4 893	18 838	22 168	45 899
Manda (12-24 ay)	-	-	-	169
Manda (+24 ay)	-	--	-	241
Toplam	50 342	201 534	99 545	351 861

3.1.4. Türkiye'de iller bazında elektrik enerjisi tüketim potansiyeli

Türkiye'nin 2018'de faturalanan elektrik enerjisinin tüketim verileri değerlendirildiğinde; İstanbul 40 452 118.85 MWh tüketim ile birinci sırada yer almaktadır. Bu tüketim Türkiyedeki toplam tüketimin %17.32'sine karşılık gelmektedir. İstanbul'u %7.04'lük payla İzmir, %6.12'lik payla Ankara, %5.06'lık payla Bursa ve %4.39'luk payla Kocaeli izlemektedir. Şanlıurfa ili 4 749 245.92

MWh tüketimi ile on üçüncü sırada yer alır ve Türkiye'nin toplam elektrik enerji tüketiminin %2.03'ünü oluşturur. İller bazında faturalanan enerji tüketimi Çizelge 3.3'te verilmiştir (Anonim, 2019a):

Çizelge 3.3. Faturalanan elektrik enerjisinin tüketimin illere göre dağılımı

Sıra	İller	Dağıtım Gerilim Seviyesinden Bağlı Tüketicilerin Tüketim Miktarı (MWh)	İletim Gerilim Seviyesinden Bağlı Tüketicilerin Tüketim Miktarı (MWh)	Toplam (MWh)	Oran (%)
1	İstanbul (Tümü)	37 777 429.42	2 674 689.43	40 452 118.85	17.32
2	İstanbul (Avrupa)	25 958 517.34	1 465 658.34	27 424 175.68	11.74
3	İzmir	11 590 067.15	4 866 829.45	16 456 896.60	7.04
4	Ankara	11 723 699.11	2 581 524.98	14 305 224.09	6.12
5	İstanbul (Anadolu)	11 818 912.08	1 209 031.09	13 027 943.17	5.58
6	Bursa	7 229 082.79	4 592 523.17	11 821 605.96	5.06
7	Kocaeli	5 185 867.55	5 078 740.07	10 264 607.62	4.39
8	Antalya	7 546 354.20	728 933.34	8 275 287.54	3.54
9	Gaziantep	3 079 916.26	4 399 340.49	7 479 256.75	3.20
10	Adana	4 719 828.13	1 986 976.25	6 706 804.38	2.87
11	Tekirdağ	3 843 979.59	2 807 679.90	6 651 659.49	2.85
12	Konya	5 409 806.16	941 317.96	6 351 124.12	2.72
13	Şanlıurfa	4 375 686.31	373 559.61	4 749 245.92	2.03
Diğer İller		75 429 109.10	24 667 088.70	100 096 198.22	42.86
Türkiye Toplamı		177 910 826.19	55 699 203.35	233 610 029.54	100.00

3.1.5. Şanlıurfa ilçelerine ait genel bilgiler

3.1.5.1. Merkez ilçeler

Şanlıurfa merkez ilçelerinden Eyyübiye'nin nüfusu 379 123 olup ilçeye bağlı 162 mahallesi, Haliliye'nin nüfusu 376 251 olup ilçeye bağlı 170 mahallesi ve Karaköprü'nün nüfusu 195 552 olup ilçeye bağlı 100 mahalleye sahiptir (Anonim, 2019b). Çiftçi kayıt sisteminde (ÇKS) merkez ilçeler ayrı olmadığından toplam çiftçi sayısına bakılmış ve Şanlıurfa merkez ilçerinde mevcut çifçi sayısının 15 195 olduğu görülmüştür. Merkez ilçelerde silajlık mısır 167.34, yem bezelyesi (sulu) 7 549 .35, yem bezelyesi (kuru) 291.17, tritikale 60.42, yonca (kuru) 10.9 ve yonca (sulu) 712.84 da olmak üzere toplamda 8 792.02 da alanda yem bitkisi ekimi yapılmaktadır. İlçelerde ekilen alan 1 059 300.71 dekardır. Eyyübiye ilçesinde 28 776, Haliliye

ilçesinde 31 970 ve Karaköprü ilçesinde ise 8 556 adet sığır yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2018e; Anonim, 2019d).

3.1.5.2. Akçakale ilçesi

Akçakale ilçesinin yüzölçümü 1 952 km^2'dir. Şanlıurfa'nın güneyinde ve Suriye sınırı üzerinde bulunmaktadır. İlçe topraklarının batısı dağlık olup kuzeyinde Harran Ovası, güneyinde Tektek Dağları yer alır. Genellikle düz ve geniş kayalık durumunda olan bu dağlarda yükseklik genellikle 600 m'yi geçmez. İlçenin orta kesiminde yer alan düzlük, Culap Suyu ile sulanır. Ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayalıdır (Anonim, 2019b). İlçeye bağlı 117 mahalle vardır. Akçakale ilçesinin nüfusu 113 194'tür (Anonim, 2019c). 2018 yılındaki toplam çiftçi sayısı 6 075'tir. İlçede ekilen alan 677 005.27 da olup fiğ 1 752.25, silajlık mısır 630.62, yem bezelyesi (sulu) 1 647, yem bezelyesi (kuru) 141.45 ve yonca 137.29 da olmak üzere toplamda 4 308.61 da alanda yem bitkisi ekimi yapılmaktadır. Bu ilçede toplam 20 096 adet süt ve besi sığırı yetiştiriciliği hakimdir (Anonim, 2018e; Anonim, 2019d).

3.1.5.3. Birecik ilçesi

Birecik ilçesinin yüzölçümü 1 041 km^2'dir. Şanlıurfa'nın güney batısında bulunur. İlçe toprakları genelde dağlıktır. Doğusunda Arat ve Babahat Dağları, güneydoğusunda Beko Dağı, kuzeybatısında Kazan Dağı vardır. Ekonomisi tarıma ve hayvancılığa dayalıdır (Anonim, 2019b). İlçeye bağlı 83 mahalle vardır. Birecik ilçesinin nüfusu 95 149'dur (Anonim, 2019c). Toplam çiftçi sayısı 3 618'dir. İlçede; silajlık mısır 6.26, yonca (sulu) 63.14 ve yonca (kuru) 5.08 da olmak üzere toplamda 74.48 da alanda yem bitkisi ekimi yapılmaktadır. İlçede ekilen alan 111 302.61 da olup 14 473 adet süt ve besi sığırı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2018e; Anonim, 2019d).

3.1.5.4. Bozova ilçesi

Bozova ilçesinin yüzölçümü 1 572 km^2'dir. İlçe toprakları genelde engebelidir. Kuzey ve doğusu dağlık olup, güneyinde Bitik ve Macunlu Derelerinin suladığı geniş düzlük ve ovalar yer alır. Köyler daha çok bu düzlük bölgelerde toplanmıştır. Ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayanır (Anonim, 2019b). İlçeye bağlı 88 mahalle vardır. Bozova ilçesi nüfusu 58 565'tir (Anonim, 2019c). Toplam çiftçi sayısı 5 020'dir. İlçede silajlık mısır 12, yonca (sulu) 217.58 ve yonca (kuru) 117.47 da olmak üzere toplamda 347.05 da alanda yem bitkisi ekimi yapılmaktadır. İlçede ekilen alan 510 725.64 da olup 13 725 adet süt ve besi sığırı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2018e; Anonim, 2019d).

3.1.5.5. Ceylanpınar ilçesi

Ceylanpınar ilçesinin yüzölçümü 1 589 km^2'dir. İlçe toprakları verimli Viranşehir ovasında yer alır ve en önemli bölümünü, Ceylanpınar Devlet üretme çiftliği oluşturur. Bu verimli toprakları, Karacadağ eteklerinden doğan Habur Çayı sular. Ekonomisi tarıma dayalıdır. Hayvancılık da ekonomide önemli yer tutar (Anonim, 2019b). İlçeye bağlı 50 mahalle vardır. Ceylanpınar ilçesinin nüfusu 87 684'tür (Anonim, 2019c). Toplam çiftçi sayısı 2 863'tür. İlçede fiğ 30 591.53 ve yonca (sulu) 37 443.05 da olmak üzere toplamda 68 034.58 da alanda yem bitkisi ekimi yapılmaktadır. İlçede ekilen alan 1 008 294.04 da olup 19 771 adet süt ve besi sığırı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2018e; Anonim, 2019d).

3.1.5.6. Halfeti ilçesi

Halfeti ilçesinin yüzölçümü 468 km^2'dir. İlçe yüzeyi, çoğunlukla az meyilli, yer yer düzlükler halinde hafif dalgalı sırtlardan ibarettir. İlçe topraklarının batısında Fırat Vadisi, güneyinde Kızıldağ vardır. Yükseklik batıdan doğuya, kuzeyden güneye doğru artar. Ekonomisi tarıma ve hayvancılığa dayalıdır (Anonim, 2019b). İlçeye bağlı 49 mahalle vardır. Halfeti ilçesinin nüfusu 41 142'dir (Anonim, 2019c).

Toplam çiftçi sayısı 2 405'tir. İlçede ekilen alan 42 488.75 da olup 12 330 adet süt ve besi sığırı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2018d; Anonim, 2019e).

3.1.5.7. Harran ilçesi

Harran ilçesinin doğusunda Viranşehir, Batısında Suruç, güneyinde ise Suriye toprakları yer alır. Yüzölçümü 2 750 km²'dir. İlçe arazisi genellikle engebeli olmayan Harran Ovasıiçerisinde olup, denizden azami 500 m yüksekliğe sahip ve dört tarafını çeviren Fırat ve muhtelif kolları ile sulanabilen bir bölgedir. Ekonomisi tarıma dayalıdır (Anonim, 2019b). İlçeye bağlı 118 mahalle vardır. Harran ilçesi nüfusu 87 843'tür (Anonim, 2019c). Toplam çiftçi sayısı 5 303'tür. İlçede fiğ 1 055.59, yonca (sulu) 684.05 ve yonca (kuru) 85.63 ve yem bezelyesi 947.58 da olmak üzere toplamda 2 772.85 da alanda yem bitkisi ekimi yapılmaktadır. İlçede ekilen alan 559 056.88 da olup 6 860 adet süt ve besi sığırı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2018e; Anonim, 2019d).

3.1.5.8. Hilvan ilçesi

Hilvan ilçesinin yüzölçümü 1 314 km^2'dir. İlçe topraklarının batı ve kuzeybatısında Fırat Vadisi yer alır ve güneydoğudan batıya doğru alçalan bir plato görünümündedir. Köyler genelde Fırat'ın kolları olan akarsu boyları ile Fırat Vadisinde toplanmıştır. Karacadağ eteklerinden kaynaklanan dereler Fırat'a karışır. Bu derelerin Fırat'a karıştıkları bölgede Hilvan Ovası yer alır. Ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayanır (Anonim, 2019b). İlçeye bağlı 70 mahalle vardır. Hilvan ilçesinin nüfusu 42 829'dur (Anonim, 2019c). Toplam çiftçi sayısı 3 342'dir. İlçede; silajlık mısır 1 090.07, yem bezelyesi 247.79, yonca (sulu) 77.86 ve yonca (kuru) 5 da olmak üzere toplamda 1 420.72 da alanda yem bitkisi ekimi yapılmaktadır. İlçede ekilen alan 562 172.84 da olup 14 169 adet süt ve besi sığırı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2018e; Anonim, 2019d).

3.1.5.9. Siverek ilçesi

Siverek ilçesinin yüzölçümü 4 314 km^2'dir. Yüzölçümü bakımından Şanlıurfa'nın en büyük ilçesi olup, topraklarının kuzeybatısında Fırat Vadisi, kuzey ve kuzeydoğusunda Ziyaret ve Gavurdağları ile Karacadağ yer alır. İlçe topraklarını Fırat'ın kolları olan Zengeçur Cem ve Hamdur Çayları sular. Ekonomisi tarıma dayalıdır (Anonim, 2019b). Hayvancılık da ilçe ekonomisinde önemli yer tutar. İlçeye bağlı 177 mahalle vardır. Siverek İlçesi'nin nüfusu 258 265'tir (Anonim, 2019c). Toplam çiftçi sayısı 6 201'dir. İlçede; silajlık mısır 622.55, yem bezelyesi (sulu) 1 028.47, yem bezelyesi (kuru) 1 328.71, yonca (sulu) 2 291.61 ve tritikale 53.53 da olmak üzere toplamda 5 324.87 da alanda yem bitkisi ekimi yapılmaktadır. İlçede ekilen alan 1 514 814.95 da olup 89 553 adet süt ve besi sığırı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2018e; Anonim, 2019d).

3.1.5.10. Suruç ilçesi

Suruç ilçesinin yüzölçümü 799 km^2'dir. İlçe topraklarını kuzey ve doğudan Babahat, Geyvecik, Cudi ve Devreş dağları çevreler. Bu dağların arasında Suruç Ovası yer alır. Yazın yaşanan kuraklık nedeniyle tarım arazilerinin sulanması için elverişli akarsu bulunmamaktadır. Ekonomisi tarıma dayalıdır (Anonim, 2019b). İlçeye bağlı 95 mahalle vardır. Suruç ilçesinin nüfusu 104 302'dir (Anonim, 2019c). Toplam çiftçi sayısı 5 892'dir. İlçede; silajlık mısır 158.42, yem bezelyesi (sulu) 253.3, yem bezelyesi (kuru) 20.32, yonca (sulu) 104.97, yonca (kuru) 10, tritikale (sulu) 10.69 ve tritikale (kuru) 79.21 da olmak üzere toplamda 478.49 da alanda yem bitkisi ekimi yapılmaktadır. İlçede ekilen alan 441 438.5 da olup 8 324 adet süt ve besi sığırı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2018e; Anonim, 2019d).

3.1.5.11. Viranşehir ilçesi

Viranşehir ilçesinin yüzölçümü 5 498 km^2'dir. İlçe toprakları dağlar ve ovalardan meydana gelir. Kuzeyinde Karacadağ, batısında Tektek Dağları yer alır.

Dağlardan kaynaklanan sular Habur suyunun başlangıç kollarıdır. Bunların başlıcaları Büyükdere ve Arsanbaba deresidir. Bitki örtüsü genelde steptir. Ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayanır (Anonim, 2019b). İlçeye bağlı 145 mahalle vardır. Viranşehir ilçesinin nüfusu 195 910'dur (Anonim, 2019c). Toplam çiftçi sayısı 5 621'dir. İlçede; fiğ 1 182.66, silajlık mısır 110.59, yem bezelyesi (sulu) 621.15, yem bezelyesi (kuru) 70 ve yonca (sulu) 463.47 da olmak üzere toplamda 2 447.87 dekarlık alanda yem bitkisi ekimi yapılmaktadır. İlçede ekilen alan 904 491.88 da olup 83 258 adet süt ve besi sığırı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2018e; Anonim, 2019d).

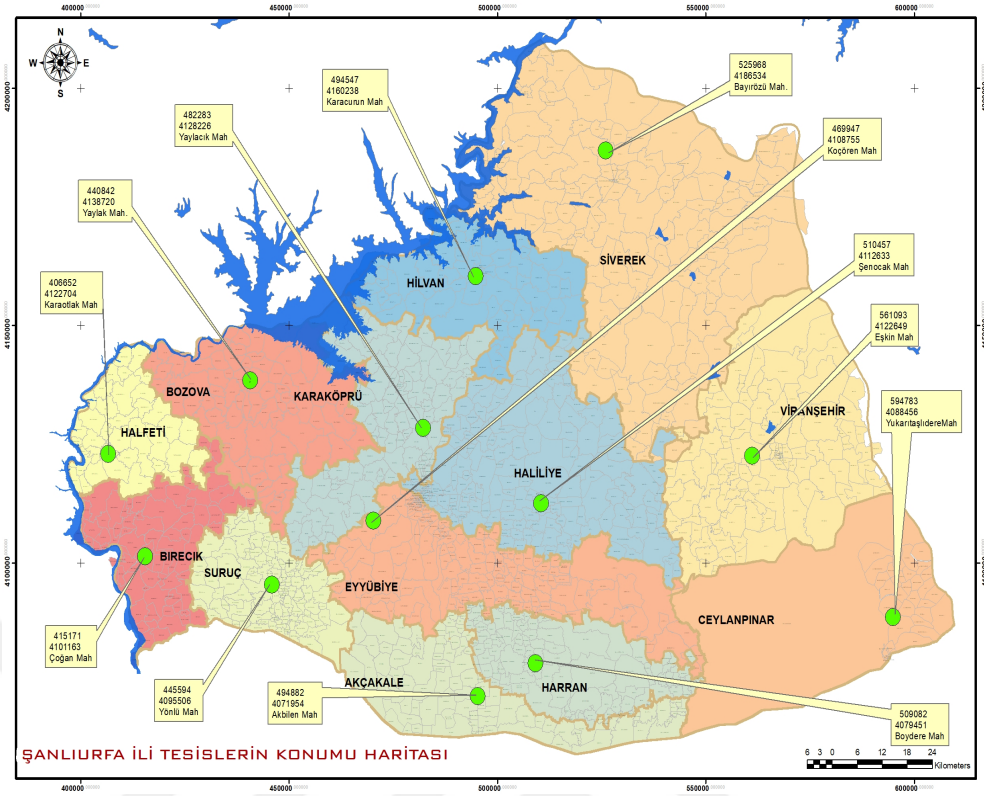
3.1.6. Biyogaz tesis kurulum noktaları

Çalışmada, Şanlıurfa ilinin 13 ilçesindeki hayvan varlığına bağlı biyogaz tesislerinin kapasitesi tasarlanmıştır.

Şanlıurfa'da biyogaz tesislerinin kurulacağı ilçelerde yer seçimi yapılırken; tesislere ulaşımı, tesislerin sanayi bölgesi ve yerleşim yerlerinden uzaklığı, tesislerden yüksek gerilim hatlarıyla yakınlığı ve hayvan varlığı gözönüne alınmıştır. Biyogaz tesisi kurulacak yerlerin adı ve konumu Çizelge 3.4'te, ilçelere göre kurulacak biyogaz tesislerin konumları ise Şekil 3.3.'de sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Biyogaz tesisi kurulacak yerlerin adı ve konumu

İlçeler	Mahalle	Koordinat noktaları	
		X	Y
Akçakale	Akbilen	494882	4071954
Birecik	Çoğan	415171	4101163
Bozova	Yaylak	440842	4138720
Ceylanpınar	Yukarıtaşlıdere	594783	4088456
Eyyübiye	Koçören	469947	4108755
Halfeti	Karaotlak	406652	4122704
Haliliye	Şenocak	510457	4112633
Harran	Boydere	509082	4079451
Hilvan	Karacurun	494547	4160238
Karaköprü	Yaylacık	482283	4128226
Siverek	Bayırözü	525968	4186534
Suruç	Yönlü	445594	4095506
Viranşehir	Eşkin	561093	4122649



Şekil 3.3. İlçelere göre kurulacak biyogaz tesislerinin konumları

3.1.7. Biyogaz tesislerinin birbirlerine olan uzaklıkları

Maliyet unsurlarının belirlenmesinde önemli parametrelerden birisi de gübre taşıma maliyetidir. Biyogaz tesislerinin konumlarına göre birbirilerine olan uzaklıkları kilometre (km) olarak Ek-1'de sunulmuştur.

3.1.8. Proje materyali

Şanlıurfa ilçelerinde tasarlanması düşünülen tesisler için, 2018 yılı için alternatif proje teklifleri ARTAŞ Endüstriyel Tesisler Taahhüt ve Ticaret A.Ş.'den farklı kapasitede 4 adet proje tesis tipi temin edilmiştir. Biyogaz tesis tiplerine göre bazı özellikler Çizelge 3.5.'te sunulmuştur:

Çizelge 3.5. Biyogaz tesis tiplerine göre bazı özellikler

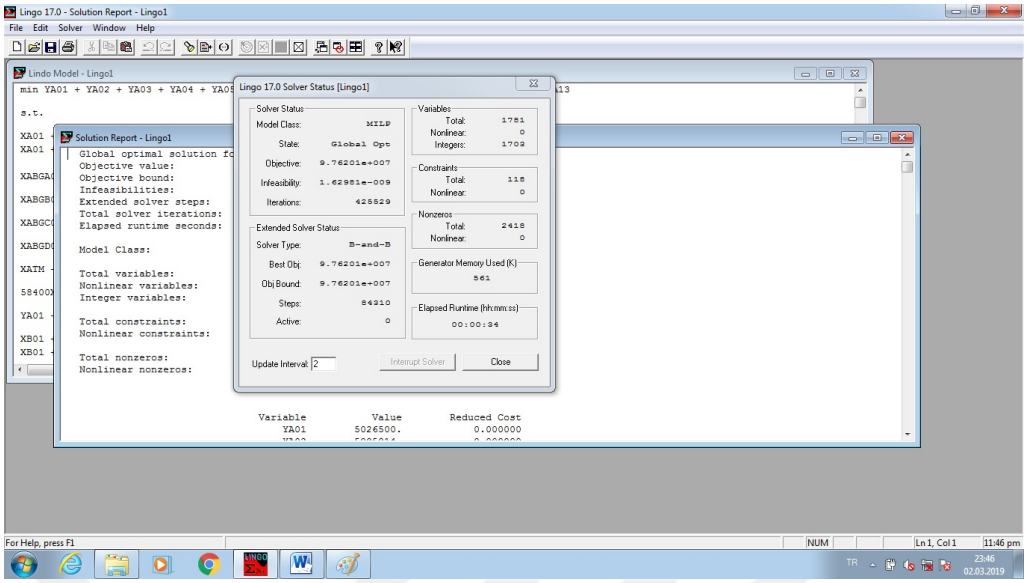
Biyogaz tesis tipi	Atık işleme kapasitesi (ton yıl^{-1})	Biyogaz üretimi (m^3 gün^{-1})	Elektrik üretimi (kWh h^{-1})	Elektrik üretimi (kWh yıl^{-1})
A	58 400	6 593	619	4 546 440
B	105 000	11 520	1 000	7 344 814
C	150 000	16 450	1 500	11 017 221
D	192 720	21 375	2 008	17 590 080

3.1.9. Araştırmada kullanılan bazı verilerin elde edilmesi

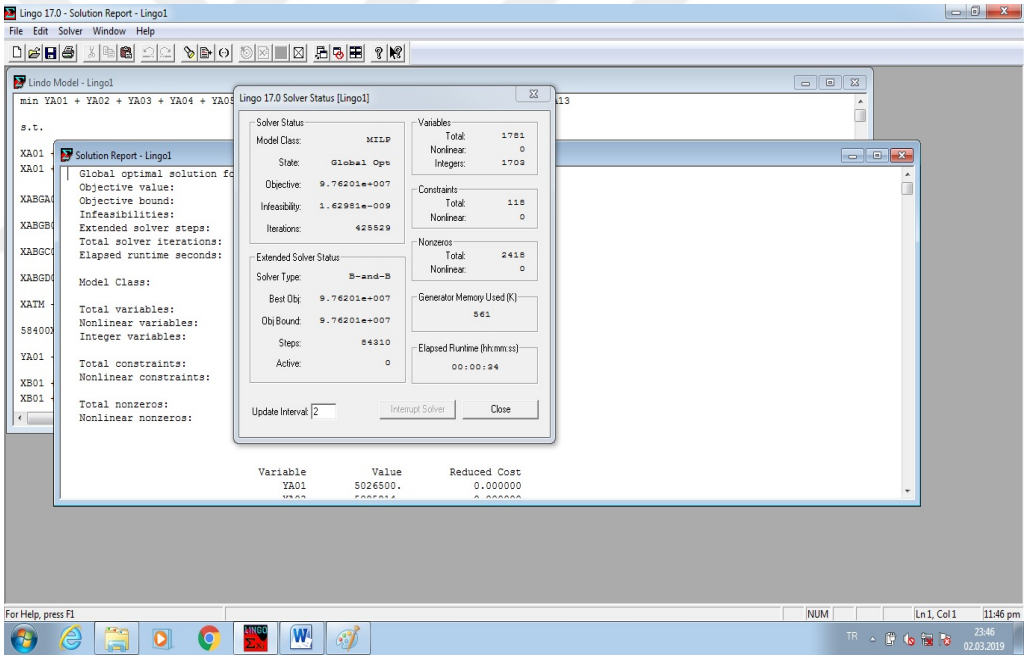
Şanlıurfa ili ile ilgili sığır verileri TÜİK'ten elde edilmiştir. Çalışmada kullanılacak olan veriler; (0-12 ay) erkek, (0-12 ay) dişi, (12-24 ay) tosun, (12-24 ay) düve, (+ 24 ay) inek, (+ 24 ay) boğa ve öküz olmak üzere toplam olarak elde edilmiştir. Haritaların çiziminde, bölgenin tanımlanmasına ilişkin materyalin oluşturulmasında, Arcgis Bilgisayar Yazılımı kullanılmıştır.

Çalışmada, modele ilişkin çözümlemede LINGO 17.0 bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır. LINGO 17.0 programının temel amacı kullanıcının; bir model formülasyonunu hızlı bir şekilde girmesine, çözmesine, çözüme dayalı formülasyonun doğruluğunu veya uygunluğunu değerlendirmesine, hızlı bir şekilde formülasyonda küçük değişiklikler yapmasına ve işlemi tekrarlamasına izin vermektir.

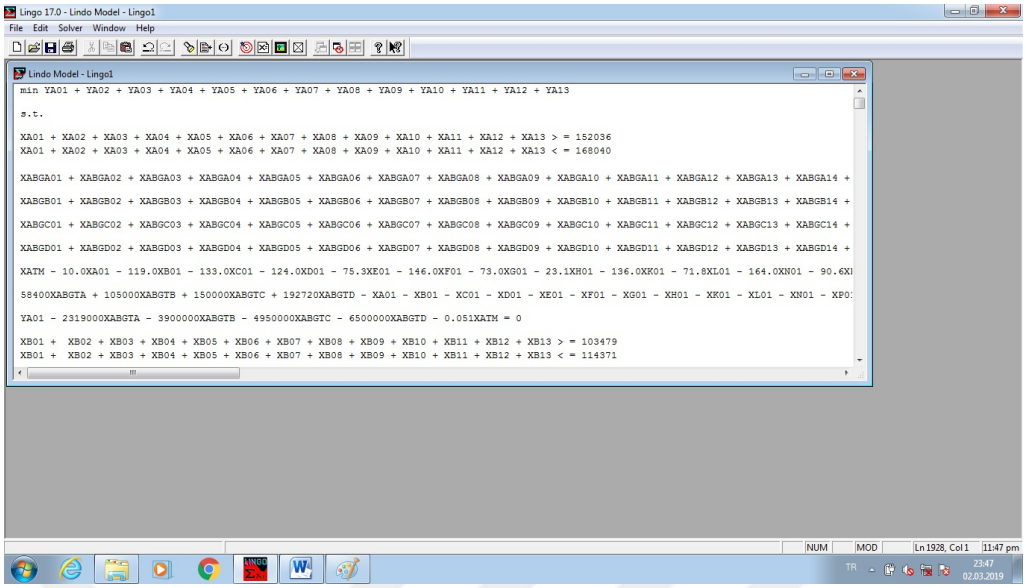
Şanlıurfa ilinde alternatif olarak tasarlanacak olan 4 tip biyogaz tesisi girdileri; ilçelerin gübre verileri, ilçelerin birbirlerine olan uzaklıkları ve maliyet gibi veriler Lingo 17.0 programına tanımlanarak çözümleme yapılmıştır. Çalışma ile ilgili Lingo ekran görüntüleri Şekil 3.4., Şekil 3.5. ve Şekil 3.6.'da sunulmuştur:



Şekil 3.4. Modelin Lingo programına girilmesi (a)



Şekil 3.5. Modelin Lingo programına girilmesi (b)



Şekil 3.6. Modelin Lingo programına girilmesi (c)

3.2. Yöntem

Bu çalışma kapsamında yazılan modelde, farklı amaçların birlikte çözümü yapılmak istendiğinden çok amaçlı programlama (hedef programlama) yöntemi kullanılmıştır. Yazılmış ve çözüm çıktıları alınmış modelde çözümlerin doğrusal modelleme kapsamında tamsayılı ve 0 ile 1 aralığında çözümler olması hedeflendiğinden bu yöntemlerin bir karması olarak "Karma Tamsayılı Hedef Programlama" yöntemi kullanılmıştır. Yazılmış olan modelde merkezi biyogaz tesislerinin kurulacağı merkezler belirlenirken aynı zamanda bu biyogaz tesisleri için yapılacak olan yatırım masraflarının ve büyükbaş hayvan gübresinin bu biyogaz tesislerine taşınması esnasında oluşacak taşıma masrafların minimize edilmesi istenmiştir. Ayrıca gübre üretim merkezlerinden biyogaz tesislerine ulaştırılacak olan gübre, modelde tamsayılı değişken olarak tanımlanmıştır.

Modelde merkezi biyogaz tesisleri sayıları, kapasiteleri ve kurulacağı yerler karar değişkeni olarak belirlenirken, ilçelerin gübre üretim miktarları, gübre üretim merkezleri ile biyogaz tesisi arasındaki yol mesafeleri vb. gibi faktörler kısıt faktörleri olarak yer almıştır.

3.2.1. Amaç fonksiyonu

Yazılmış ve çözüm çıktıları alınmış olan planlama modelinde amaç fonsiyonu, merkezi biyogaz tesislerinin ilk yatırım masrafları ve gübre üretim merkezlerinden bu tesislere taşınacak olan büyükbaş hayvan gübresinin taşıma maliyetleri de minimize edilecek şekilde düzenlenmiştir. Amaç fonksiyonunun denklemi formül 3.1'de verilmiştir:

$$Zmin\ a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i + c\sum_{i=1}^{n} x_i + d\sum_{i=1}^{n} x_i + e\sum_{j=1}^{n} x_j \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ \ldots\ldots\ldots (3.1)$$

Eşitlikte;

x_i: Kurulacak olan biyogaz tesisleri sayısı

a: A tipi biyogaz tesisleri yatırım masrafı (€)

b: B tipi biyogaz tesisleri yatırım masrafı (€)

c: C tipi biyogaz tesisleri yatırım masrafı (€)

d: D tipi biyogaz tesisleri yatırım masrafı (€)

e: Gübrelerin biyogaz tesislerine taşınması sonucunda oluşacak gübre taşıma masrafını belirlemek için kullanılan taşıma katsayısı (€.ton km^{-1})

x_j: Gübre üretim merkezlerinden tesislere götürülecek gübre miktarı (ton $yıl^{-1}$).

3.2.2. Kısıt denklemleri

Aşağıda kullanılan kısıt denklemleri formül 3.2 ve 3.3'te verilmiştir:

$$a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i + c\sum_{i=1}^{n} x_i + d\sum_{i=1}^{n} x_i \geq g \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.2)$$

$$a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i + c\sum_{i=1}^{n} x_i + d\sum_{i=1}^{n} x_i \leq h \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.3)$$

x_i: Biyogaz tesisi sayısı

a: A tipi biyogaz tesisi ürün işleme kapasitesi (ton yıl^{-1})

b: B tipi biyogaz tesisi ürün işleme kapasitesi (ton yıl^{-1})

c: C tipi biyogaz tesisi ürün işleme kapasitesi (ton yıl^{-1})

d: D tipi biyogaz tesisi ürün işleme kapasitesi (ton yıl^{-1})

g: Şanlıurfa ili toplam gübre miktarı alt sınır değeri (ton yıl^{-1})

h: Şanlıurfa ili toplam gübre miktarı üst sınır değeri (ton yıl^{-1})

Modelde, 0-1 programlama tekniğine uygun olarak elde edilen biyogaz tesisleri sayılarının bulunmasında kullanılan yöntem formül 3.4'te tanımlanmıştır. Şanlıurfa ilindeki tüm ilçelerin potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezi olarak belirlenmesinde kullanılan model formül 3.5'te tanımlanmıştır.

$$\sum_{i=1}^{n} x_{jj} + \sum_{j=1}^{n} x_{jk} + \sum_{j=1}^{n} x_{jl} + \sum_{j=1}^{n} x_{jm} \geq p \quad \ldots\ldots\ldots\

X_{jl}: j İlçesinden l ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı (ton $yıl^{-1}$)
X_{jm}: j İlçesinden m ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilen gübre miktarı (ton $yıl^{-1}$)
a: j İlçesi ile j ilçesindeki biyogaz tesisi arasındaki yol mesafesi (km)
b: j İlçesi ile k ilçesindeki biyogaz tesisi arasındaki yol mesafesi (km)
c: j İlçesi ile l ilçesindeki biyogaz tesisi arasındaki yol mesafesi (km)
d: j İlçesi ile m ilçesindeki biyogaz tesisi arasındaki yol mesafesi (km)
s: Gübrelerin biyogaz tesislerine ulaştırmasında kullanılan taşıma katsayısı (ton.km)
x_j: Gübre üretim merkezlerinden tesislere götürülecek gübre miktarını (ton $yıl^{-1}$).

Çalışmada, tüm ilçelere ait matematiksel modeller hazırlanmış ve Akçakale ilçesi için hazırlanan örnek model aşağıda sunulmuştur. Diğer ilçeler için de kurgulanan model benzerdir.

Amaç fonksiyonu;

min YA01 + ……. + YA13
Akçakale ilçesi için kısıt denklemleri;
XA01 + XA02 + XA03 + XA04 + XA05 + XA06 + XA07 + XA08 + XA09 + XA10 + XA11 + XA12 + XA13 > = 152036
XA01 + XA02 + XA03 + XA04 + XA05 + XA06 + XA07 + XA08 + XA09 + XA10 + XA11 + XA12 + XA13 < = 168040

XABGA01 + XABGA02 + XABGA03 + XABGA04 + XABGA05 + XABGA06 + XABGA07 + XABGA08 + XABGA09 + XABGA10 + XABGA11 + XABGA12 + XABGA13 + XABGA14 + XABGA15 + XABGA16 + XABGA17 + XABGA18 + XABGA19 + XABGA20 + XABGA21 + XABGA22 + XABGA23 + XABGA24 + XABGA25 + XABGA26 + XABGA27 + XABGA28 + XABGA29 + XABGA30 + XABGA31 + XABGA32 + XABGA33 + XABGA34 + XABGA35 + XABGA36 + XABGA37 + XABGA38 + XABGA39 + XABGA40 + XABGA41 + XABGA42 + XABGA43 + XABGA44 + XABGA45 + XABGA46 + XABGA47 + XABGA48 + XABGA49 + XABGA50 + XABGA51 + XABGA52 – XABGTA = 0

XABGB01 + XABGB02 + XABGB03 + XABGB04 + XABGB05 + XABGB06 + XABGB07 + XABGB08 + XABGB09 + XABGB10 + XABGB11 + XABGB12 + XABGB13 + XABGB14 + XABGB15 + XABGB16 + XABGB17 + XABGB18 + XABGB19 + XABGB20 + XABGB21 + XABGB22 + XABGB23 + XABGB24 + XABGB25 + XABGB26 + XABGB27 + XABGB28 + XABGB29 – XABGTB = 0

XABGC01 + XABGC02 + XABGC03 + XABGC04 + XABGC05 + XABGC06 + XABGC07 + XABGC08 + XABGC09 + XABGC10 + XABGC11 + XABGC12 + XABGC13 + XABGC14 + XABGC15 + XABGC16 + XABGC17 + XABGC18 + XABGC19 + XABGC20 + XABGC21 – XABGTC = 0

XABGD01 + XABGD02 + XABGD03 + XABGD04 + XABGD05 + XABGD06 + XABGD07 + XABGD08 + XABGD09 + XABGD10 + XABGD11 + XABGD12 + XABGD13 + XABGD14 + XABGD15 + XABGD16 – XABGTD = 0

XATM - 10.0XA01 - 119.0XB01 - 133.0XC01 - 124.0XD01 - 75.3XE01 - 146.0XF01 - 73.0XG01 - 23.1XH01 - 136.0XK01 - 71.8XL01 - 164.0XN01 - 90.6XP01 - 137.0XR01 = 0

58400XABGTA + 105000XABGTB + 150000XABGTC + 192720XABGTD - XA01 - XB01 - XC01 - XD01 - XE01 - XF01 - XG01 - XH01 - XK01 - XL01 - XN01 - XP01 - XR01 = 0

YA01 - 2319000XABGTA - 3900000XABGTB - 4950000XABGTC - 6500000XABGTD – 0.051XATM = 0

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Şanlıurfa İli Hayvancılık Verilerinin Değerlendirilmesi

Ülkemizin son on yıllık hayvancılık verileri değerlendirildiğinde; 2009 yılında büyükbaş hayvan sayısı 10 775 703 iken on yıllık süreç içerisinde %59.2'lik bir artış ile 2018 yılında sayının 17 154 419 başa çıktığı görülmüştür. Büyükbaş hayvan varlığı içerisinde en büyük payı 24 aydan büyük yaş grubuna ait inekler oluşturmaktadır. İnek sayısı 2009 yılında 4 803 087 iken on yıllık bir süreç içerisinde yaklaşık %54'lük bir artış göstererek 2018 yılında 7 392 352'ye çıkmıştır. Ülkemizde yapılan büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin en büyük bölümünü +24 ay inek yetiştiriciliği oluşturmaktadır (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. Türkiyedeki son on yıllık büyükbaş hayvan sayısı verileri (Anonim, 2018d)

Yıllar	Erkek (0-12 ay)	Dişi (0-12 ay)	Tosun (12-24 ay)	Düve (12-24 ay)	İnek (+24 ay)	Boğa ve Öküz (+24 ay)	Toplam
2009	1 298 862	1 356 212	1 199 165	1 584 058	4 803 087	534 319	10 775 703
2010	1 367 343	1 429 623	1 296 793	1 744 454	5 070 661	514 749	11 423 623
2011	1 549 310	1 603 287	1 366 461	1 826 956	5 535 915	566 609	12 448 538
2012	1 669 770	1 726 898	1 571 586	2 067 840	6 307 821	641 580	13 985 495
2013	1 757 005	1 810 495	1 626 388	2 079 286	6 515 829	703 760	14 492 763
2014	1 726 279	1 752 167	1 584 712	2 017 814	6 524 353	698 776	14 304 101
2015	1 708 101	1 710 749	1 576 544	1 955 003	6 452 837	682 474	14 085 708
2016	1 750 982	1 756 885	1 634 111	2 032 214	6 332 387	667 045	14 173 624
2017	2 146 578	2 107 179	1 930 003	2 264 425	6 955 063	643 075	16 046 323
2018	2 252 947	2 197 018	2 154 306	2 402 182	7 392 352	755 614	17 154 419

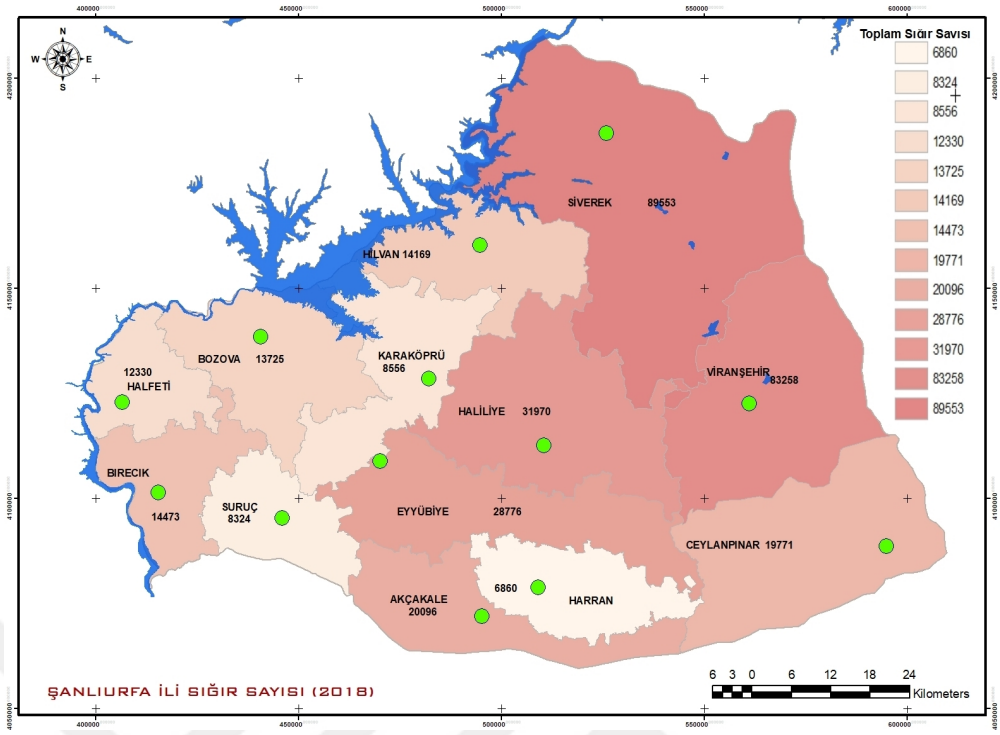
Türkiye'nin 2018 yılı büyükbaş hayvancılık verileri değerlendirildiğinde Konya ilinin 921 236 baş hayvan varlığı ile birinci sırada olduğu görülmüştür. Konya ili büyükbaş hayvan varlığı, Türkiye'nin toplam büyükbaş hayvan varlığının %5,37'sini oluşturmaktadır. İkinci sırada 768 250 büyükbaş hayvan varlığı ile Erzurum ili yer almaktadır. Erzurum ilinin Türkiye içerisindeki oranı ise %4.48'dir. Üçüncü sırada ise 762 625 büyükbaş hayvan varlığı ile İzmir ili yer almaktadır. İzmir ilinin, ülke hayvancılık varlığı içerisindeki oranı %4.45'tir. Şanlıurfa ili ise, 351 861 büyükbaş hayvan varlığı ile on üçüncü sırada yer alırken toplam Türkiye hayvan

varlığının %2.05'ini oluşturmaktadır. İllerin mevcut büyükbaş hayvan varlıkları değerlendirildiğinde, ilk on üç sırada yer alan illerin toplam büyükbaş hayvan sayısı 6 853 539'dur. Söz konusu bu illerin mevcut büyükbaş hayvan sayısı ülkedeki hayvan sayısının %39.95'ini oluşturmaktadır (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.2. 2018 yılı verilerine göre illerin hayvan varlığına göre sıralanması (Anonim, 2018d)

Sıra	İl	Erkek (0-12 ay)	Dişi (0-12 ay)	Tosun (12-24 ay)	Düve (12-24 ay)	İnek (+24 ay)	Boğa ve Öküz (+24 ay)	Toplam	Oran %
1	**Konya**	129 618	116 236	120 213	132 147	395 522	27 500	921 236	5.37
2	**Erzurum**	94 747	103 890	79 135	108 964	347 376	34 138	768 250	4.48
3	**İzmir**	93 116	84 200	75 292	95 568	391 032	23 417	762 625	4.45
4	**Diyarbakır**	73 678	76 290	77 511	77 042	236 498	41 691	582 710	3.40
5	**Balıkesir**	88 107	74 303	62 041	75 191	231 306	11 215	542 163	3.16
6	**Ankara**	85 370	48 832	180 310	48 733	138 366	36 166	537 777	3.13
7	**Kars**	54 844	57 096	37 559	73 490	190 423	36 656	450 068	2.62
8	**Aydın**	63 143	63 255	48 537	66 884	184 958	8 870	435 647	2.54
9	**A.karahisar**	54 355	50 507	53 395	59 803	154 079	16 887	389 026	2.27
10	**Ağrı**	48 699	47 238	47665	53 504	155 412	35 476	387 994	2.26
11	**Samsun**	48 897	51 683	43 809	57 293	154 885	12 273	368 840	2.15
12	**Sivas**	45 501	48 065	37 017	47 181	164 948	12 630	355 342	2.07
13	**Şanlıurfa**	30 395	28 125	54 166	38 166	155 110	45 899	351 861	2.05
	Diğer İller	1 342 477	1 347 298	1 237 656	1 468 216	4 492 437	412 796	10 300 880	60.05
Türkiye Toplamı		2 252 947	2 197 018	2 154 306	2 402 182	7 392 352	755 614	17 154 419	100

Şanlıurfa ilinin 2018 yılı hayvan varlığı değerlendirildiğinde, Siverek ilçesi toplam 89 553 baş büyükbaş hayvan mevcudu ile birinci sırada yer almaktadır. Siverek ilçesinin toplam büyükbaş hayvan varlığı Şanlıurfa ilinin toplam hayvan varlığının %25.45'ini oluşturmaktadır. Viranşehir ilçesi ise 83 258 büyükbaş hayvan varlığı ile ikinci sırada yer almaktadır. Viranşehir ilçesinin büyükbaş hayvan varlığı bakımında Şanlıurfa ili içerisindeki oranı %23.66'dır. Üçüncü sırada yer alan 31 970 büyükbaş hayvan mevcudu ile, Haliliye ilçesinin toplam Şanlıurfa ili içerisindeki oranı %9.08'dir. Hayvan varlığı bakımından ilk üç sırada yer alan Siverek, Viranşehir ve Haliliye ilçelerinin toplam büyükbaş hayvan sayısı 204 781 baş olup Şanlıurfa ili içerisindeki oranı ise %58.19'dur (Ek-2). Şanlıurfa ili sığır sayılarının ilçelere göre haritadaki dağılımı Şekil 4.1.'de verilmiştir:



Şekil 4.1. Şanlıurfa ili sığır sayılarının ilçelere göre dağılımı

4.2. Planlama Modeli İle İlgili Verilerin Değerlendirilmesi

4.2.1. Planlama modeli alternatif biyogaz tesisleri ile ilgili verilerin değerlendirilmesi

Planlama modelinin geliştirilmesi aşamasında biyogaz tesislerin kapasite, kurulum, işletme gelir ve giderleri ile ilgili veriler, ARTAŞ Endüstriyel Tesisler Taahhüt ve Ticaret A.Ş.'den elde edilmiştir. Bu kapsamda ülkemiz koşullarında uygulanabilir 4 adet alternatif biyogaz tesisi planlama modeli algoritmasına dahil edilmiştir. Bu tesisler; yıllık 58 400 ton gübre işleme kapasitesine sahip A tipi tesis, yıllık 105 000 ton gübre işleme kapasitesine sahip B tipi tesis yıllık 150 000 ton gübre işleme kapasitesine sahip C tipi tesis ve yıllık 192 720 ton gübre işleme kapasitesine sahip D tipi tesis olmak üzere 4 farklı biyogaz tesisidir.

Planlama modelinde kullanılan 4 adet farklı biyogaz tesisinin hepsi günde 24 saat çalıştırılma esasına dayalı olup, elektrik üretim verimleri %41 ve biyogaz metan içerikleri ise %55'dir.

Alternatif A tipi biyogaz tesisinin yıllık gübre işleme miktarı 58 400 ton olup, saatlik elektrik üretimi 619 kWh ve yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı ise 4 546 440 kWh'dır. Tesisin saatlik biyogaz üretimi 275 m^3 iken yıllık biyogaz üretimi ise 2 406 445 m^3'tür (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.3. Şanlıurfa ili ilçelerinin biyogaz işleme tesisi özellikleri (Tip A)

Açıklama	Birim	Miktar
Tesis çalışma süresi	saat $gün^{-1}$	24
Biyogaz üretimi	m^3 $gün^{-1}$	6 593
Biyogaz üretimi	m^3 $saat^{-1}$	275
Biyogaz metan içeriği	%	55
Elektrik üretimi	kWh	619
Elektrik üretimi	kWh $yıl^{-1}$	4 546 440
Elektrik dönüşüm verimi	%	41
Atık işleme miktarı	ton $yıl^{-1}$	58 400

Alternatif B tipi biyogaz tesisinin yıllık gübre işleme miktarı 105 400 ton olup, saatlik elektrik üretimi 1 000 kWh ve yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı ise 7 344 814 kWh'tır. Tesisin saatlik biyogaz üretimi 480 m^3 iken yıllık biyogaz üretimi ise 4 204 800 m^3'tür (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. Şanlıurfa ili ilçelerinin biyogaz işleme tesisi özellikleri (Tip B)

Açıklama	Birim	Miktar
Tesis çalışma süresi	saat $gün^{-1}$	24
Biyogaz üretimi	m^3 $gün^{-1}$	11 520
Biyogaz üretimi	m^3 $saat^{-1}$	480
Biyogaz metan içeriği	%	55
Elektrik üretimi	kWh	1 000
Elektrik üretimi	kWh $yıl^{-1}$	7 344 814
Elektrik dönüşüm verimi	%	41
Atık işleme miktarı	ton $yıl^{-1}$	105 000

Alternatif C tipi biyogaz tesisinin yıllık gübre işleme miktarı 150 000 ton olup, saatlik elektrik üretimi 1 500 kWh ve yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı ise 11 017 221 kWh'tır. Tesisin saatlik biyogaz üretimi 685 m^3 iken yıllık biyogaz üretimi ise 6.004.250 m^3'tür (Çizelge 4.5.).

Çizelge 4.5. Şanlıurfa ili ilçelerinin biyogaz işleme tesisi özellikleri (Tip C)

Açıklama	Birim	Miktar
Tesis çalışma süresi	saat gün^{-1}	24
Biyogaz üretimi	m^3 gün^{-1}	16 450
Biyogaz üretimi	m^3 saat^{-1}	685
Biyogaz metan içeriği	%	55
Elektrik üretimi	kWh	1 500
Elektrik üretimi	kWh yıl^{-1}	11 017 221
Elektrik dönüşüm verimi	%	41
Atık işleme miktarı	ton yıl^{-1}	150 000

Alternatif D tipi biyogaz tesisinin yıllık gübre işleme miktarı 192 720 ton olup, saatlik elektrik üretimi 2 008 kWh ve yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı ise 17 590 080 kWh'tır. Tesisin saatlik biyogaz üretimi 891 m^3 iken yıllık biyogaz üretimi ise 7 801 875 m^3'tür (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6. Şanlıurfa ili ilçelerinin biyogaz işleme tesisi özellikleri (Tip D)

Açıklama	Birim	Miktar
Tesis çalışma süresi	saat gün^{-1}	24
Biyogaz üretimi	m^3 gün^{-1}	21 375
Biyogaz üretimi	m^3 saat^{-1}	891
Biyogaz metan içeriği	%	55
Elektrik üretimi	kWh	2 008
Elektrik üretimi	kWh yıl^{-1}	17 590 080
Elektrik dönüşüm verimi	%	41
Atık işleme miktarı	ton yıl^{-1}	192 720

Planlama modelinin alternatif biyogaz tesisi seçenekleri; kurulum, inşaat ve ko-jeneratör maliyetleri açısından incelendiğinde A tipi biyogaz tesisinin kurulum maliyeti 1 471 000 €, inşaat maliyeti 518 000 € ve ko-jeneratör bedeli 330 000 € olmak üzere toplam maliyeti 2 319 000 €'dur. B tipi biyogaz tesisinin kurulum maliyeti 2 400 000 €, inşaat maliyeti 850 000 € ve ko-jeneratör bedeli 650 000 € olmak üzere toplam maliyeti 3 950 000 €'dur. C tipi biyogaz tesisinin kurulum maliyeti 2 850 000 €, inşaat maliyeti 1 250 000 € ve ko-jeneratör bedeli 850 000 € olmak üzere toplam maliyeti 4 950 000 €'dur. Son olarak D tipi biyogaz tesisinin kurulum maliyeti 3 500 000 €, inşaat maliyeti 2 000 000 € ve ko-jeneratör bedeli 1 000 000 € olmak üzere toplam maliyeti 6 500 000 €'dur (Çizelge 4.7.).

Çizelge 4.7. Şanlıurfa ili ilçelerinin planlama modeli alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin kurulum maliyetleri

Açıklama	Biyogaz tesisi maliyetleri (€)			
	A tipi	B tipi	C tipi	D tipi
Kurulum maliyeti	1 471 000	2 400 000	2 850 000	3 500 000
İnşaat maliyeti	518 000	850 000	1 250 000	2 000 000
Ko-Jeneratör	330 000	650 000	850 000	1 000 000
Toplam	2 319 000	3 900 000	4 950 000	6 500 000

Optimizasyon modeli karar değişkenleri içerisinde yer alan biyogaz tesisi seçenekleri, gelirleri bakımından incelendiğinde; A tipi biyogaz tesisinin yıllık elektrik üretiminden kaynaklanan brüt geliri 643 949 €'dur. B tipi biyogaz tesisinin yıllık elektrik üretiminden elde ettiği kazanç brüt kazancı 1 139 011 €'dur. C tipi biyogaz tesisinin yıllık elektrik enerjisi üretiminden elde edilen brüt geliri 1 609 872 €'dur. D tipi biyogaz tesisinin yıllık elektrik enerjisi üretiminden elde edilen brüt geliri 1 715 622 €'dur (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. Şanlıurfa ili ilçelerinin planlama modeli alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin gelirler tablosu

Gelirler	Biyogaz tesisi işletme gelirleri (€)			
	A tipi	B tipi	C tipi	D tipi
Elektrik geliri	643 949	1 139 011	1 609 872	1 715 622
Toplam	643 949	1 139 011	1 609 872	1 715 622

Planlama modelinde karar değişkeni olarak tanımlanan biyogaz tesisleri giderlerine göre değerlendirildiğinde; A tipi biyogaz tesisinin yıllık işletme gideri personel, elektrik, kimyasal, yedek parça ve ko-jeneratör giderlerinden oluşmak üzere toplamda 351 670 €'dur. B tipi biyogaz tesisinin yıllık gideri 468 073 €'dur. C tipi biyogaz tesisinin toplam yıllık gideri 587 099 € ve D tipi biyogaz tesisinin yıllık işletme gideri ise 665 794 € olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.9.).

Çizelge 4.9. Şanlıurfa ili ilçelerinin planlama modeli alternatif biyogaz tesisi seçeneklerinin giderler tablosu

Giderler	Biyogaz tesisi işletme giderleri (€)			
	A tipi	B tipi	C tipi	D tipi
Personel gideri	141 003	141 003	141 003	216 000
Elektrik gideri	108 427	165 960	223 496	327 780
Kimyasal gideri	35 040	60 110	87 600	-
Yedek Parça gideri	25 200	36 000	45 000	25 500
Ko-Jeneratör gideri	42 000	65 000	90 000	96 000
Toplam	351 670	468 073	587 099	665 794

4.2.2. Planlama modelinde kısıt faktörü olarak yer alan hayvancılık ve gübre üretimi ile ilgili verilerin değerlendirilmesi

Planlama modeli içerisinde kısıt faktörü olarak yer alacak olan gübre üretim miktarlarını belirlemek için uluslararası kuruluşların çalışmaları ile belirlenmiş ve yayınlanmış abaklardan yararlanılmıştır. Bu abaklardaki değerlere göre ülkemiz içerisinde yetiştiriciliği yapılan hayvanların yaş ve ortalama ağırlık oranlarına yakın değerleri katsayılar kullanılarak modele dahil edilmiştir.

Elde edilen bu verilere göre ortalama 200 kg ağırlığı sahip 0-12 ay arasında olan erkek hayvanların günlük gübre üretimi yaklaşık 11.79 kg olup elde edilen gübrelerin su içeriği %92'dir. Ortalama 150 kg ağırlığa sahip olan 0-12 aylık dişi hayvanların günlük gübre üretimleri 9.07 kg ve gübrenin su içeriği yaklaşık %88'dir. 12-24 ay arası olan tosunların ortalama ağırlığı 350 kg ve günlük gübre üretimleri 21.77 kg'dır. Tosunlardan elde edilen gübredeki su içeriği yaklaşık %92'dir. 12-24 arasındaki düvelerin ise ortalama ağırlıkları 400 kg olarak kabul edilmiş ve günlük gübre üretimleri yaklaşık 22.00 kg olarak bulunmuştur. Düvelerden elde edilen gübrenin su içeriği yaklaşık olarak %83'tür. Ülkemizdeki sağmal hayvanların ortalama ağırlıkları 450 kg olarak kabul edilmiş, gübre üretim miktarı 21.77 kg olarak belirlenmiş ve sağmal hayvanlardan elde edilen gübrelerin su içeriği %88 olarak bulunmuştur. Ortalama 550 kg ağırlığa sahip 0-24 aylık boğa ve öküz hayvanlarının günlük gübre üretimleri 28.57 kg ve bu gübrenin su içeriği yaklaşık %88'dir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Şanlıurfa ili ilçelerinin büyükbaş hayvanları farklı yaş gruplarına göre günlük gübre üretim miktarları (JAMES ve ark., 2006; ASAE, 2005; MWPS, 2004).

Büyükbaş hayvan grubu	Yaş grubu (ay)	Canlı ağırlık (kg)	Yaş gübre üretimi (kg/gün)	Su içeriği (%)	Besin elementi içerikleri (%)		
					Azot (N)	Fosfor (P_2O_5)	Potasyum (K_2O)
Erkek	<12	200	11.79	92	0.543	0.382	0.416
Dişi	<12	150	9.07	88	0.540	0.100	0.452
Tosun	12-24	350	21.77	92	0.418	0.188	0.326
Düve	12-24	400	22.00	83	0.495	0.091	0.123
İnek	>24	450	21.77	88	0.542	0.211	0.271
Boğa ve Öküz	>24	550	28.57	88	0.493	0.301	0.413

Planlama modeli içerisinde kullanılacak veriler modele işlenirken, model algoritması içerisinde ilçe gübre üretim miktarlarının toplam biyogaz tesisi kapasitesine bağlı olarak eşitlemeye çalışılması sırasında, çözüm için, sonsuz bir döngü oluşturmamak ve modelin çözümüne ilişkin rahat çözüm çıktıları bulanabilmek amacıyla ±%5 hata payı ile çalışılmıştır. Yine aynı şekilde, çözüm çıktılarında gübre dağıtım planlaması içerisinde elde edilecek olan çözümlerin tam sayılı olması istendiğinden dolayı ilçe gübre üretim miktarlarının alt ve üst sınır değerleri modele tamsayılı değişken olarak tanımlanmıştır.

Belirlenmiş değerler içinde, gübre üretiminde en yüksek paya sahip olan Siverek ilçesinin normal gübre üretim miktarı 843 279 ton iken modele tanımlanacak alt sınır değeri 801 115 ton ve üst sınır değeri 885 443 ton olarak belirlenmiştir. İkinci sırada yer alan Viranşehir ilçesinin normal gübre üretim değeri 747 132 ton iken, modele tanımlanan gübre üretim alt sınır değeri 709 775 ton ve üst sınır değeri 784 489 tondur. Üçüncü sırada yer alan Haliliye ilçesinin normal gübre üretim değeri 262 407 ton olup modele tanımlanan alt sınır gübre üretim değeri 249 287 ton ve üst sınır gübre üretim değeri 275 527 tondur. Şanlıurfa ilinin toplam gübre üretim değeri 3 031 443 ton iken, ilçe gübre üretim değerlerinin, belirlenen alt ve üst sınır değerler sonucunda 2 879 871 ton ile 3 183 015 ton arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11.).

Çizelge 4.11. Şanlıurfa ili ilçelerinin planlama modeli kısıt faktörleri içerisinde yer alan ilçe gübre üretim miktarları alt ve üst sınır değerleri

İlçeler	Gübre üretim Miktarı (ton yıl^{-1})	Planlama modeli sınır değerleri	
		Alt sınır (-%5)	Üst sınır (+%5)
Akçakale	160 038	152 036	168 040
Bireci	108 925	103 479	114 371
Bozova	107 058	101 705	112 411
Ceylanpınar	164 330	156 114	172 547
Eyyübiye	228 275	216 861	239 689
Halfeti	94 842	90 100	99 584
Haliliye	262 407	249 287	275 527
Harran	56 422	53 601	59 243
Hilvan	114 858	109 115	120 601
Karaköprü	79 042	75 090	82 994
Siverek	843 279	801 115	885 443
Suruç	64 835	61 593	68 077
Viranşehir	747 132	709 775	784 489
Toplam	3 031 443	2 879 871	3 183 015

Abaklardan elde edilen katsayılar sonucunda Şanlıurfa ilinin, günlük ve yıllık olmak üzere gübre üretim miktarları belirlenmiş ve modele kısıt faktörü olarak dahil edilmiştir. Elde edilen bu değerlere göre; Şanlıurfa ilinin en büyük hayvancılık potansiyeline sahip Siverek ilçesinin yıllık gübre üretim miktarı 843 279 tondur. İkinci sıradaki Viranşehir ilçesinin yıllık gübre üretim miktarı 747 132 tondur. Üçüncü sırada ise yıllık 262 407 ton gübre üretimi ile Haliliye ilçesi bulunmaktadır. Şanlıurfa ilinin yıllık toplam gübre üretimi ise 3 031 443 tondur (Ek-3).

4.2.3. Planlama modelinde karar değişkeni olarak yer alan yol mesafeleri ve taşıma katsayıları ile ilgili verilerin değerlendirilmesi

Planlama modeli içerisinde, karar değişkeni olarak yer alan biyogaz tesisi kurulum merkezlerinin belirlenmesinde kullanılacak olan taşıma katsayıları için düz, engebeli ve tepelik olmak üzere 3 farklı coğrafik yapı seçeneği mevcuttur. Bu coğrafi yapılar içerisinde yakıt tüketimleri de değişmektedir. Düz bir coğrafi yapıya sahip bölgelerde bir ton tarımsal ürünü bir km taşımak için gerekli yakıt miktarı (mazot) 0.05 litredir. Engebeli bir yapıya sahip coğrafya için ise bir ton tarımsal ürünü bir km taşımak için yaklaşık 0.10 litre yakıta gerek duyulmaktadır. Aşırı engebeli bir coğrafyaya sahip bölgelerde ise bir ton tarımsal ürünü bir km taşımak için tüketilen yakıt miktarı 0.15 litredir.

Şanlıurfa ilinin coğrafi yapısı incelendiğinde genellikle düz bir coğrafi yapıya sahip olduğu varsayılmıştır. Bu sebeble planlama modelimiz içerisinde bir ton tarımsal ürün için gerekli yakıt miktarı 0.05 litre olarak belirlenmiş ve bu değerin modele işlenen € karşılığı taşıma katsayısı ise 0.051 € olarak bulunmuştur (Çizelge 4.12.).

Çizelge 4.12. Şanlıurfa ili ilçelerinin gidiş dönüş taşıma maliyeti katsayısı değeri (Anonim, 2014).

Yolun yapısı	Yakıt tüketimi (litre ton-km^{-1})	Yakıt tüketimi (€ ton-km^{-1})
Düz	0.05	0.051
Engebeli	0.10	0.102
Tepelik	0.15	0.153
Ortalama	0.10	0.102

Aynı şekilde planlama modeli çözümleri içerisinde yer alan biyogaz tesisleri kurulum merkezlerini belirlemede, ilçeler arasındaki gidiş geliş yol mesafeleri kısıt faktörü olarak modele işlenmiştir. Bu ulaşım ağı belirlenirken, ilçeler arasındaki gidiş-dönüş yol mesafeleri belirlenmiş ve bir ulaşım tablosu oluşturulmuştur. Bununla birlikte aynı ilçede üretilen gübrenin olası aynı ilçede kurulacak olan biyogaz tesisine gönderilmesi durumunda gidiş dönüş mesafesi 10 km olmak üzere toplamda 20 km olarak kabul edilerek ulaşım ağı tablosuna işlenmiştir. Ulaşım tablosunun tamamı Ek-1'de verilmiştir.

4.3. Planlama Modeli Çözüm Çıktılarının Değerlendirilmesi

Algoritması oluşturulan planlama modelinin çözüm çıktıları değerlendirildiğinde; model, Şanlıurfa ili Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar, Eyyübiye, Hilvan, Siverek ve Viranşehir olmak üzere 9 ilçede biyogaz tesisi kurulmasını önermiş, Halfeti, Harran, Karaköprü ve Suruç olmak üzere 4 ilçede biyogaz tesisi kurulmasının optimal olmayacağını ortaya koymuştur. Biyogaz tesisi kurulmayacak bu 4 ilçede üretilen gübrenin en yakın biyogaz tesisine transfer edilmesi optimal çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Planlama modelinin algoritması gereği en büyük gübre üretiminin yapıldığı ilçelerdeki gübrenin o ilçede kurulacak biyogaz tesislerinde işlenmesi, oluşacak taşıma masraflarını minimize etmesi bakımında anlamlı bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Model çözüm çıktıları, biyogaz

tesislerinin kurulacağı yerleri belirtmekle birlikte, gübre üretim merkezleri ve biyogaz tesisleri arasındaki gübre dağıtım planlamasını da ortaya koymaktadır.

Gübre üretim merkezi en büyük olan Siverek ilçesinde; toplam gübre işleme kapasitesi 600 000 ton olan 4 adet C tipi, 192 720 ton olan 1 adet D tipi olmak üzere 5 adet biyogaz tesisinin kurulmasına ihtiyaç vardır. Bu tesislerde işlenecek gübre miktarı 792 720 tondur. İlçedeki mevcut gübre miktarı, bu tesislerin ihtiyacını karşılayacak ve fazla olan gübre komşu ilçeye nakledilebilecektir.

Gübre üretimi bakımından ikinci sırada yer alan Viranşehir ilçesinde kurulacak olan 750 000 ton gübre işleme kapasitesi ile toplam 5 adet biyogaz tesisinin ihtiyaç duyduğu gübre miktarının 722 624 tonu Viranşehir ilçesinden karşılanırken, geriye kalan 27 376 ton gübrenin: 6 114 tonu Ceylanpınar, 2 888 tonu Haliliye, 9 976 tonu Karaköprü ve 8 395 tonu Siverek ilçelerinden Viranşehir ilçesine transfer edilerek karşılanmaktadır.

Yine aynı şekilde gübre üretimi bakımından üçüncü sırada yer alan Haliliye ilçesinde kurulacak olan ve toplam gübre işleme kapasatisi 300 000 ton olan 2 adet biyogaz tesisinin ihtiyaç duyduğu gübre miktarının; 246 399 tonu Haliliye ilçesinden temin edilirken, geriye kalan 53 601 tonu Harran ilçesinden Haliliye ilçesine transfer edilerek karşılanacaktır.

Eyyübiye ilçesi 216 861 ton gübre ile dördüncü sırada olup bu ilçede, toplam gübre işleme kapasitesi 300 000 ton olan kurulacak 2 adet biyogaz tesisinin ihtiyaç duyduğu 2 036 tonu Akçakale, 19 510 tonu Karaköprü ve 61 593 tonu Suruç ilçesinden taşınarak karşılanacaktır.

Birecik ilçesi için 150 000 ton gübre kapasiteli 1 adet biyogaz tesisinin ihtiyaç duyduğu gübrenin 103 479 tonu bu ilçeden, geriye kalan 46 521 tonluk kısmı ise Halfeti ilçesinden karşılanacaktır.

Bozova ilçesinde kurulacak olan 150 000 ton gübre kapasiteli 1 adet biyogaz tesisinin ihtiyaç duyduğu gübrenin 101 705 aynı ilçeden, 43 579 tonu Halfeti ilçesinden, geriye kalan 4 716 tonu ise Karaköprü ilçesinden karşılanacaktır.

Son olarak, Ceylanpınar ilçesinde kurulacak olan ürettiği 150 000 ton gübre kapasiteli 1 adet biyogaz tesisinin ihtiyaç duyduğu gübrenin tamamı bu ilçeden karşılanacaktır. Biyogaz tesisi kurulum merkezleri ve gübre dağıtım plan tablosunun tamamı Ek-4'te verilmiştir.

İlçelere kurulacak olan biyogaz tesisi tipi, kapasitesi ve sayılarına göre değerlendirildiğinde model, genel olarak, yıllık 150 000 ton gübre işleme kapasitesine sahip C tipi biyogaz tesisi önermektedir. Sadece bir ilçede yıllık gübre işleme kapasitesi 192 720 ton olan D tipi biyogaz tesisi kurulumunu optimal çözüm olarak karşımıza çıkarmaktadır. Model; gübre üretiminin en fazla olduğu Siverek ilçesinde 4 adet C tipi ve 1 adet D tipi biyogaz tesisi, Viranşehir ilçesinde 5 adet C tipi biyogaz tesisi, Eyyübiye ve Haliliye ilçelerinde 2'şer adet C tipi, Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar ve Hilvan ilçelerinde ise 1'er adet C tipi olmak üzere toplam 19 adet biyogaz tesisi kurulumunu çözüm çıktısı olarak bize sunmaktadır. Model tüm ilçelere, C tipi biyogaz tesisi kurulmasını önermiş olup sadece Siverek ilçesinde 1 adet D tipi biyogaz tesisinin kurulumunun optimal çözüm olacağını hesaplamıştır. Böylece tüm Şanlıurfa ilinde üretilen 2 892 720 ton gübrenin tamamı işlenerek biyogaza dönüştürülebilecektir (Çizelge 4.13.).

Çizelge 4.13. İlçelere kurulacak biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri ve sayıları

İlçe	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton yıl^{-1})	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Toplam gübre işleme kapasitesi (ton yıl^{-1})
Akçakale	C	150 000	1	150 000
Birecik	C	150 000	1	150 000
Bozova	C	150 000	1	150 000
Ceylanpınar	C	150 000	1	150 000
Eyyübiye	C	150 000	2	300 000
Haliliye	C	150 000	2	300 000
Hilvan	C	150 000	1	150 000
Siverek	C	150 000	4	792 720
	D	192 720	1	
Viranşehir	C	150 000	5	750 000
Toplam			19	2 892720

Planlama modeli sonuçlarına göre; ilçelerde kurulacak biyogaz tesislerinden elde edilecek yıllık biyogaz üretimi değerlendirildiğinde, Siverek ilçesindeki biyogaz tesislerinden elde edilecek biyogaz miktarı yıllık 31 818 875 m3'tür. Viranşehir ilçesi için 30 021 250 m^3, Haliliye ve Eyyübiye ilçesi için 12 008 500'er m^3 olarak hesaplanmıştır. Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar, Hilvan ilçelerinde üretilecek biyogaz miktarı, her ilçe için aynı olacak şekilde, yıllık 6 004 250 m^3 olarak hesaplanmıştır. Şanlıurfa ili toplam biyogaz üretim miktarı ise yıllık 115 878 375 m^3 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.14.).

Çizelge 4.14. İlçelere kurulacak biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri, sayıları ve yıllık biyogaz üretimi

İlçe	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi(ton $yıl^{-1}$)	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi üretimi (m^3 $yıl^{-1}$)	Toplam biyogaz üretimi (m^3 $yıl^{-1}$)
Akçakale	C	150 000	1	6 004 250	6 004 250
Birecik	C	150 000	1	6 004 250	6 004 250
Bozova	C	150 000	1	6 004 250	6 004 250
Ceylanpınar	C	150 000	1	6 004 250	6 004 250
Eyyübiye	C	150 000	2	6 004 250	12 008 500
Haliliye	C	150 000	2	6 004 250	12 008 500
Hilvan	C	150 000	1	6 004 250	6 004 250
Siverek	C	150 000	4	6 004 250	31 818 875
	D	192 720	1	7 801 875	
Viranşehir	C	150 000	5	6 004 250	30 021 250
Toplam			19		115 878 375

İlçelerde kurulacak olan biyogaz tesisleri yıllık elektrik üretimlerine göre değerlendirildiğinde, Siverek ilçesinin biyogaz kaynaklı elektrik üretimi yıllık 61 658 964 kW iken Viranşehir ilçesi için bu değer 55 086 105 kW olarak hesaplanmıştır. Eyyübiye ve Haliliye ilçelerinin ise yıllık elektrik üretimi her ilçe için eşit şekilde, yıllık 22 034 442 kW'dır. Geriye kalan Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar ve Hilvan ilçelerinin yıllık elektrik üretimi her ilçe için aynı olacak şekilde, yıllık 11 017 221 kW olarak hesaplanmıştır. Şanlıurfa ilinin biyogaz kaynaklı toplam elektrik üretimi ise yıllık 215 900 058 kW olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.15.).

Çizelge 4.15. İlçelere kurulacak biyogaz tesisi tipi, kapasiteleri, yıllık elektrik üretimleri

İlçe	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton yıl^{-1})	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi elektrik üretimi (kW yıl^{-1})	Toplam elektrik üretimi (kW yıl^{-1})
Akçakale	C	150 000	1	11 017 221	11 017 221
Birecik	C	150 000	1	11 017 221	11 017 221
Bozova	C	150 000	1	11.017 221	11 017 221
Ceylanpınar	C	150 000	1	11 017 221	11 017 221
Eyyübiye	C	150 000	2	11 017 221	22 034 442
Haliliye	C	150 000	2	11 017 221	22 034 442
Hilvan	C	150 000	1	11 017 221	11 017 221
Siverek	C	150 000	4	11 017 221	61 658 964
	D	192 720	1	17 590 080	
Viranşehir	C	150 000	5	11 017 221	55 086 105
Toplam			19		215 900 058

Sancak ve ark. (2014), Türkiye'deki büyükbaş hayvan gübresinden biyogaz tesisleri kullanılarak yaklaşık olarak 2 533 487 544 m^3 $yıl^{-1}$ biyogaz üretilebileceğini ve bu üretimin 11.9 milyar kWh elektrik enerjisiyle denk olduğunu tespit etmişlerdir.

Kurulacak olan biyogaz sistemleri yatırım maliyetlerine göre değerlendirildiğinde, Siverek ilçesinde kurulacak olan biyogaz sistemlerinin toplam yatırım maliyeti 26 300 000 €'dur. Viranşehir ilçesinin ise 24 750.000 €'dur. Eyyübiye ve Haliliye ilçelerindeki kurulacak olan tesislerin toplam yatırım maliyeti her ilçe için 9 900 000 €'dur. Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar ve Hilvan ilçelerindeki tesislerin ise yatırım maliyeti her ilçe için 4 950 000 €'dur. Şanlıurfa ilinde yapılacak biyogaz tesislerinin toplam maliyeti ise 95 600 000 € olarak bulunmuştur (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.16. İlçelere kurulacak biyogaz tesis tipi, kapasiteleri, sayıları ve toplam yatırım maliyeti

İlçe	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton yıl^{-1})	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi kurulum maliyeti (€)	Toplam maliyet (€)
Akçakale	C	150 000	1	4 950 000	4 950 000
Birecik	C	150 000	1	4 950 000	4 950 000
Bozova	C	150 000	1	4 950 000	4 950 000
Ceylanpınar	C	150 000	1	4 950 000	4 950 000
Eyyübiye	C	150 000	2	4 950 000	9 900 000
Haliliye	C	150 000	2	4 950 000	9 900 000
Hilvan	C	150 000	1	4 950 000	4 950 000
Siverek	C	150 000	4	4 950 000	26 300 000
	D	192 720	1	6 500 000	
Viranşehir	C	150 000	5	4 950 000	24 750 000
Toplam			19		95 600 000

Gübre üretim merkezlerinden biyogaz tesislerine gübrelerin taşınması sırasında oluşacak taşıma masrafları değerlendirildiğinde, en büyük taşıma masrafını Viranşehir'de kurulacak olan biyogaz tesisine Ceylanpınar, Haliliye, Karaköprü Siverek ve Viranşehir'den gönderilen gübrelerin taşınması oluşturmaktadır. Viranşehir ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesislerine gönderilen gübrelerin taşıma masrafı yıllık 494 511.01 €'dur. Siverek ilçesinde bulunan biyogaz tesisine taşınacak gübrelerin oluşturacağı taşıma maliyeti ise yıllık 404 287.20 €'dur. Eyyübiye ilçesindeki biyogaz tesislerine gönderilecek gübrenin taşıma maliyeti ise yıllık 280 049.35 €'dur. Haliliye ilçesinde kurulucak olan biyogaz tesislerine gönderilen gübrenin taşıma masrafı yıllık 242 390.39 €'dur. Bozova ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisine gönderilecek gübrenin taşıma maliyeti ise yıllık 169 747.41 €'dur. Hilvan ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesislerine gönderilecek gübrenintaşıma maliyeti yıllık 140 305.13 €'dur. Birecik ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisine gönderilecek olan gübrenin taşıma maliyeti yıllık 135 814.28 € iken Akçakale ve Ceylanpınar ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesisine gönderilecek olan gübrenin taşıma maliyeti ise her iki ilçe için aynı olacak şekilde yıllık 76 500.00 €'dur. Şanlıurfa ilinde kurulacak olan biyogaz tesislerine gübrelerin ulaştırılması sonucunda meydana gelecek olan toplam taşıma maliyeti yıllık 2 020 104.77 €'dur. Şanlıurfa ilinin tamamında gübre üretim merkezlerinde biyogaz tesislerine gönderilen gübrelerin toplam kat ettiği mesafe 801.50 km olup, gübreleri taşıyan araçların kat ettiği mesafe, gidiş dönüş mesafesi olarak, 1 603.00 km'dir (Çizelge 4.17.).

Çizelge 4.17. Biyogaz tesislerine gübre taşıma kaynaklı oluşan ulaştırma masrafları

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Gübre üretim merkezleri	Biyogaz tesislerine gelen gübre miktarı (ton yıl^{-1})	Taşıma mesafesi (km)	Taşıma katsayısı (€ ton.km^{-1})	Taşıma maliyeti (€ yıl^{-1})
Akçakale	**Akçakale**	150 000	10.00	0.051	76 500.00
Birecik	**Birecik**	103 479	10.00	0.051	135 814.28
	Halfeti	46 521	35.00	0.051	
Bozova	**Bozova**	101 705	10.00	0.051	169 747.41
	Halfeti	43 579	47.80	0.051	
	Karaköprü	4 716	48.40	0.051	
Ceylanpınar	**Ceylanpınar**	150 000	10.00	0.051	76 500.00
	Akçakale	2 036	75.30	0.051	
Eyyübiye	**Eyyübiye**	216 861	10.00	0.051	280 049.35
	Karaköprü	19 510	51.00	0.051	
	Suruç	61 593	35.30	0.051	
Haliliye	**Haliliye**	246 399	10.00	0.051	242 390.39
	Harran	53 601	42.70	0.051	
Hilvan	**Hilvan**	109 115	10.00	0.051	140 305.13
	Karaköprü	40 885	40.60	0.051	
Siverek	**Siverek**	792 720	10.00	0.051	404 287.20
	Ceylanpınar	6 114	62.20	0.051	
	Haliliye	2 888	67.20	0.051	
Viranşehir	**Karaköprü**	9 979	105.00	0.051	494 511.01
	Siverek	8 395	101.00	0.051	
	Viranşehir	722 624	10.00	0.051	
	Toplam	2 892 720		**Toplam**	2 020 104.77

İlçelerde kurulacak olan biyogaz tesisleri yıllık işletme gelirlerine göre değerlendirildiğinde, Siverek ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin elektrik ve ısı enerjisi satışından elde edilecek toplam gelirleri yıllık 8 155 110 € iken Viranşehir'de kurulacak olan biyogaz tesislerinin işletme gelirleri yıllık 8 049 360 €'dur. Eyyübiye ve Haliliye ilçelerinde kurulacak olan tesislerin işletme gelirleri, her iki ilçe için ayrı ayrı, yıllık 3 219 744 €'dur. Geriye kalan Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar ve Hilvan ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin işletme gelirleri, hepsinde eşit olacak şekilde yıllık 1 609 872 €'dur. Şanlıurfa ilinin tamamında kurulacak olan biyogaz tesislerinin toplam yıllık işletme geliri 30 693 318 €'dur (Çizelge 4.18.).

Çizelge 4.18. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam işletme gelirleri

İlçe	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton yıl^{-1})	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi işletme geliri (€ yıl^{-1})	Toplam işletme geliri (€ yıl^{-1})
Akçakale	C	150 000	1	1 609 872	1 609 872
Birecik	C	150 000	1	1 609 872	1 609 872
Bozova	C	150 000	1	1 609 872	1 609 872
Ceylanpınar	C	150 000	1	1 609 872	1 609 872
Eyyübiye	C	150 000	2	1 609 872	3 219 744
Haliliye	C	150 000	2	1 609 872	3 219 744
Hilvan	C	150 000	1	1 609 872	1 609 872
Siverek	C	150 000	4	1 609 872	8 155 110
	D	192 720	1	1 715 622	
Viranşehir	C	150 000	5	1 609 872	8 049 360
Toplam			19		30 693 318

Tesis edilecek olan biyogaz işletmelerinin yıllık işletme giderleri incelendiğinde, Siverek ilçesinde kurulacak biyogaz tesislerinin yıllık işletme giderleri 3 014 190 € iken Viranşehir için 2 935 495 €'dur. Eyyübiye ve Haliliye ilçelerinde kurulacak biyogaz tesislerinin yıllık işletme giderleri, her bir ilçe için aynı olacak şekilde, 1 174 198 €'dur. Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar ve Hilvan ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin yıllık işletme gideri, her bir ilçe için aynı olacak şekilde, 587 099 €'dur. Şanlıurfa ilinin tamamı için kurulacak olan biyogaz tesislerinin toplam yıllık işletme gideri 11 233 576 €'dur (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam işletme giderleri

İlçe	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis kapasitesi (ton yıl^{-1})	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi işletme gideri (€ yıl^{-1})	Toplam işletme gideri (€ yıl^{-1})
Akçakale	C	150 000	1	587 099	587 099
Birecik	C	150 000	1	587 099	587 099
Bozova	C	150 000	1	587 099	587 099
Ceylanpınar	C	150 000	1	587 099	587 099
Eyyübiye	C	150 000	2	587 099	1 174 198
Haliliye	C	150 000	2	587 099	1 174 198
Hilvan	C	150 000	1	587 099	587 099
Siverek	C	150 000	4	587 099	3 014 190
	D	192 720	1	665 794	
Viranşehir	C	150 000	5	587 099	2 935 495
Toplam			19		11 233 576

Şanlıurfa ilinde planlanan tesislerin yatırımları teşvike konu olabilecektir. Bu nedenle işletme giderlerin hesaplanmasında sabit maliyet unsuru olan yatırım maliyetlerinin faiz giderleri teşvik hibe programlarından yararlanma koşulları altında

yürütülen başka çalışmaların kapsamında değerlendirilmelidir. Bu nedenle çalışmada işletme sabit giderleri arasında yer alan faiz giderleri hesaplanmamıştır. Ayrıca maliyet hesabına Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporu, arazi bedeli, vergi vb. ödemeler dahil edilmemiştir (Yaldız ve Sözer, 2005).

Tesislerin giderlerinden amortisman hesaplamasında; makine ve yapı ekonomik ömürleri 20 yıl olarak kabul edilmiştir. Tesislere ait hurda değeri ise ihmal edilmiştir. Amortisman hesapları doğru hat amortisman yöntemine göre hesaplanmıştır (Yaldız ve Sözer, 2005).

$$D_T = C_0/n \quad (4.1.)$$

D_T: t yılı sonunda izin verilen amortisman değeri (€ $yıl^{-1}$)

C_0: Malın yenisinin şimdiki satın alma bedeli (€)

n: Söz konusu malın ekonomik ömrü (yıl)

C Tipi biyogaz tesisinin amortisman hesaplanması;

D_T=4 950 000/20

D_T= 247 500 €

Şanlıurfa ilçeler genelinde toplamda 18 adet C tipi biyogaz tesisi planladığından C tipi için toplam amortisman gideri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Amortisman gideri x Biyogaz tesis sayısı = toplam amortisman gideri

247 500 X 18 = 4 455 000 €

C tipi biyogaz tesisinin toplam maliyeti 4 950 000 €'dur. Bu tesisin doğru hat amorsitman yöntemine göre yapılan hesaplamada 247 500 € olduğu tespit edilmiştir.

D Tipi biyogaz tesisinin amortisman hesaplanması;

D_T= 6 500 000/20

D_T= 325 000 €

D tipi biyogaz tesisinin toplam maliyeti 6 500 000 €'dur. Bu tesis giderlerinden amortisman gideri, doğru hat amorsitman yöntemine göre yapılan hesaplamada 325 000 € olduğu tespit edilmiştir. Şanlıurfa ilçeler bazında planlanan D tipi biyogaz tesisi 1 adet olduğundan 325 00 €'dur.

Şanlıurfa ilçeler bazında 18 adet C tipi ve 1 adet D tipi olmak üzere toplam 19 adet biyogaz tesisi kurulması planlanmıştır. Bu 19 tesisin toplam amortisman gideri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

18 adet C tipi amortisman gideri + 1 adet D tipi amortisman gideri

4 455 000 + 325 000= 4 780 000 € 19 adet biyogaz tesisinin toplam amortisman gideridir. İlçelerde kurulması planlanan biyogaz tesislerin maliyetlerinde amortisman giderleri Çizelge 4.20.'de verilmiştir:

Çizelge 4.20. Biyogaz tesislerinin maliyetlerinden amortisman giderleri

İlçe	Biyogaz tesis tipi	Biyogaz tesis sayısı (adet)	Biyogaz tesisi kurulum maliyeti (€)	Amortisman gideri (€)	Toplam maliyet (€)
Akçakale	C	1	4 950 000	247 500	247 500
Birecik	C	1	4 950 000	247 500	247 500
Bozova	C	1	4 950 000	247 500	247 500
Ceylanpınar	C	1	4 950 000	247 500	247 500
Eyyübiye	C	2	4 950 000	247 500	495 000
Haliliye	C	2	4 950 000	247 500	495 000
Hilvan	C	1	4 950 000	247 500	247 500
Siverek	C	4	4 950 000	247 500	1 315 000
	D	1	6 500 000	325 000	
Viranşehir	C	5	4 950 000	247 500	1 237 500
	Toplam	19	95 600 000		4 780 000

Şanlıurfa ili ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin bir geliri de biyogaz tesisinde işlenen gübreden geriye kalan kısmın organik gübre olarak kullanılmasından elde edilecek olan gelirdir. Organik gübre geliri olarak yapılacak satıştan elde edilecek gelire göre ilçeler değerlendirildiğinde, Siverek ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesislerindeki gübre satışı sonrası elde edilecek gelir yıllık 1 317 501 €'dur. Viranşehir için bu değer 1 246 500 €'dur. Eyyübiye ve Haliliye ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinde satışı yapılacak olan organik gübrenin satışından elde edilecek yıllık gelir, her bir ilçe için ayrı ayrı, 498 600 € iken geriye

kalan Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar ve Hilvan ilçelerindeki biyogaz tesislerinde yapılacak olan gübre satışı sonrası elde edilecek yıllık gelir, her ilçe için, 249 300 €'dur. Şanlıurfa ilinin tamamında üretilen gübrenin biyogaz tesislerinde işlem görmesi sonrasında elde edilecek organik gübre miktarı yıllık 347 126.40 ton iken bu organik gübrenin satışı sonrası elde edilecek olan yıllık gelir ise 4 807 701 €'dur (Çizelge 4.21.).

Çizelge 4.21. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam gübre satışı gelirleri

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesislerinde işlenen gübre miktarı (ton yıl^{-1})	Gübre katı madde oranı (%)	Organik gübre miktarı (ton yıl^{-1})	Organik gübre satış fiyatı (€ ton^{-1})	Toplam gübreden elde edilecek gelir (€)
Akçakale	150 000	12	18 000.00	13.85	249 300
Birecik	150 000	12	18 000.00	13.85	249 300
Bozova	150 000	12	18 000.00	13.85	249 300
Ceylanpınar	150 000	12	18 000.00	13.85	249 300
Eyyübiye	300 000	12	36 000.00	13.85	498 600
Haliliye	300 000	12	36 000.00	13.85	498 600
Hilvan	150 000	12	18 000.00	13.85	249 300
Siverek	792 720	12	95 126.40	13.85	1 317 501
Viranşehir	750 000	12	90 000.00	13.85	1 246 500
Toplam	2 892 720		347 126.40		4 807 701

*1 € kuru 6.50 TL olarak kabul edilmiştir.

Şanlıurfa ili ilçelerinde kurulacak olan biyogaz tesisleri yıllık net gelirlerine göre değerlendirildiğinde, Siverek ilçesinde kurulması öngörülen biyogaz tesislerinden elde edilecek olan yıllık net gelir 4 739 133.80 € iken Viranşehir ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesislerinden elde edilecek olan yıllık net gelir 4 628 353.99 €'dur. Haliliye ilçesindeki biyogaz tesislerinden elde edilecek olan net gelir yıllık 1 806 755.61 €, Eyyübiye ilçesindeki biyogaz tesisinde elde edilecek olan net gelir yıllık 1 769 096.65 €, Akçakale ve Ceylanpınar ilçelerindeki biyogaz tesisinde elde edilecek olan, her iki ilçe için ayrı ayrı, net gelir yıllık 948 073.00 €, Birecik ilçesindeki biyogaz tesisinde elde edilecek olan net gelir yıllık 888 758.72 €, Hilvan İilçesi için 884 267.87 € ve son olarak Bozova ilçesinde kurulacak olan biyogaz tesisinde elde edilecek net gelir yıllık 854 825.59 €'dur. Şanlıurfa ilinin tamamında kurulacak olan biyogaz tesislerinde elde edilecek toplam net gelir yıllık 17 467 338.23 €'dur (Çizelge 4.22.).

Çizelge 4.22. Biyogaz tesislerinin yıllık toplam net gelirleri

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesisi gelirleri (€ yıl^{-1})		Biyogaz tesisi giderleri (€ yıl^{-1})			Net gelir (€ yıl^{-1})
	Elektrik enerjisi	Gübre satışı	Personel, bakım, elektrik vb.	Amortisman Gideri	Taşıma masrafları	
Akçakale	1 609 872	249 300	587 099	247 500	76 500.00	948 073.00
Birecik	1 609 872	249 300	587 099	247 500	135 814.28	888 758.72
Bozova	1 609 872	249 300	587 099	247 500	169 747.41	854 825.59
Ceylanpınar	1 609 872	249 300	587 099	247 500	76 500.00	948 073.00
Eyyübiye	3 219 744	498 600	1 174 198	495 000	280 049.35	1 769 096.65
Haliliye	3 219 744	498 600	1 174 198	495 000	242 390.39	1 806 755.61
Hilvan	1 609 872	249 300	587 099	247 500	140 305.13	884 267.87
Siverek	8 155 110	1 317 501	3 014 190	1 315 000	404 287.20	4 739 133.80
Viranşehir	8 049 360	1 246 500	2 935 495	1 237 500	494 511.01	4 628 353.99
Toplam	30 693 318	4 807 701	11 233 576	4 780 000	2 020 104.77	17 467 338.23

Şanlıurfa ilinde kurulması öngörülen biyogaz tesislerinin ilk yatırım maliyetinin 95 600 000 € olduğu ve biyogaz tesislerinin her yıl aynı oranda net gelirlerinin olduğu varsayılarak yapılacak olan bu bölgesel yatırımın geri alma süresi yaklaşık 5.47 yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.23.).

Çizelge 4.23. Biyogaz tesislerinin yatırım masrafını geri alma süresi

Biyogaz tesisi kurulan ilçeler	Biyogaz tesisi yatırım masrafları (€)	Net gelir (€)	Yatırımı geri alma süresi (yıl)
Akçakale	4 950 000	948 073.00	5.47
Birecik	4 950 000	888 758.72	
Bozova	4 950 000	854 825.59	
Ceylanpınar	4 950 000	948 073.00	
Eyyübiye	9 900 000	1 769 096.65	
Haliliye	9 900 000	1 806 755.61	
Hilvan	4 950 000	884 267.87	
Siverek	26 300 000	4 739 133.80	
Viranşehir	24 750 000	4 628 353.99	
Toplam	**95 600 000**	**17 467 338.23**	

Türkmenler ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmaya göre, 500 ve üzeri hayvan sayısına sahip işletmer için biyogaz tesisleri yapılması önerilmiştir. Çalışmada, 1 000 ve üzeri hayvan kapasitesine sahip işletmeler için yapılan biyogaz tesislerin ilk yatırım bedelinin geri dönüşüm süresi 5 yıl olarak belirlenmiştir.

Savaş (2018), 1 000 başlık büyükbaş hayvan tesisinde oluşacak hayvansal atık miktarının 8 030 ton $yıl^{-1}$, bu atıklardan elde edilen biyogaz miktarınınsa 444 570 m^3 $yıl^{-1}$ olduğunu tespit etmişlerdir. Tespit edilen biyogazdan yıllık elektrik üretiminin 875 000 kWh $yıl^{-1}$ olacağını belirlemiştir. Kurulması planlanan 125 kW elektrik üretim tesisi yatırım maliyetini 421 736.00 €, tesisin yıllık gelirini 105 753.00 €, tesise yapılan yatırımın geri dönüş süresini ise 4 yıl olarak hesaplamıştır. Tesisin çalışma süresini minimum 20 yıl olarak belirlemiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Enerji üretiminde büyük paya sahip olan fosil kaynaklarının zaman içerisinde tükenecek olması, dünyanın ve Türkiye'nin nüfusunda yaşanan artış ile birlikte atık miktarının artması, yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyogaz enerjisini öne çıkartmaktadır.

Şanlıurfa ili 351 861 büyükbaş hayvan (sığır) varlığı ile Türkiye'de on üçüncü sırada yer alırken, Türkiye'nin toplam hayvan varlığının %2.05'ini oluşturmaktadır. Şanlıurfa ilinin toplam gübre üretim miktarı 3 031 443 ton iken, ilçe gübre üretim değerlerinde belirlenen alt ve üst sınır değerleri sonucunda 2 879 871 ton ile 3 183 015 ton arasında olduğu belirlenmiştir. Üretilen gübrenin tamamı işlenerek biyogaza dönüştürülebilecektir. Toplam biyogaz üretim miktarı ise yıllık 115 878 375 m^3'tür.

Planlama modelinde kullanılan alternatif biyogaz tesisi seçenekleri 4 adet farklı (A tipi, B tipi, C tipi ve D tipi) biyogaz tesisinin hepsi günde 24 saat çalıştırılma esasına dayalı olup, elektrik üretim verimleri %41 ve biyogaz metan içerikleri ise %55'tir.

Şanlıurfa'nın 13 ilçesinden Siverek ilçesinde 4 adet C tipi ve 1 adet D tipi, Viranşehir ilçesinde 5 adet C tipi, Eyyübiye ve Haliliye ilçelerinde 2'şer adet C tipi, Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar ve Hilvan ilçelerinde ise 1'er adet C tipi biyogaz tesisi olmak üzere toplam 19 adet (18 adet C tipi ve 1 adet D tipi) biyogaz tesisi kurulmasını önermiş olup, sadece Siverek ilçesinde 1 adet D tipi biyogaz tesisinin kurulumunun optimal çözüm olacağını, Harran, Halfeti, Suruç Karaköprü ilçelerinde ise optimal çözüm olmayacağını önermiştir. Böylece Şanlıurfa ilinde üretilen 2 892 720 ton gübrenin tamamı işlenerek biyogaza dönüştürülebilecektir.

İlçelerde kurulacak olan biyogaz tesisleri yıllık elektrik üretimlerine göre değerlendirildiğinde Siverek ilçesinin biyogaz kaynaklı elektrik üretiminin yıllık 61 658 964 kW iken Viranşehir ilçesi için bu değer 55 086 105 kW olduğu hesaplanmıştır. Eyyübiye ve Haliliye ilçelerinin ise yıllık elektrik üretimi ise her ilçe

için eşit şekilde yıllık 22 034 442 kW'dır. Geriye kalan Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar ve Hilvan ilçelerinin yıllık elektrik üretimi ise her ilçe için aynı olacak şekilde yıllık 11 017 221 kW olarak hesaplanmıştır. Şanlıurfa ilinin biyogaz kaynaklı toplam elektrik üretimi ise yıllık 215 900 058 kW olarak hesaplanmıştır

İlçelerde planlanması düşünülen biyogaz tesislerin maliyetleri, gübre miktarı ve gübre taşıma masraflarının verileri doğrusal programlama ile yapılan çözümlemede gübre üretim merkezlerinden biyogaz tesislerine gübrelerin taşınması sırasında oluşacak taşıma masrafları belirlenmiştir. İlçelerde kurulacak olan biyogaz tesisine gönderilecek olan gübrelerden dolayı meydana gelecek en büyük taşıma masrafını yıllık 494 511.01 € ile Viranşehir gelmektedir. Viranşehir ilçesini sırasıyla yıllık 404 287.20 € Siverek, 280 049.35 € Eyyübiye, 242 390.39 € Haliliye, 169 747.41 € Bozova, 140 305.13 € Hilvan, 135 814.28 € Birecik iken Akçakale ve Ceylanpınar ilçeleri için aynı olacak şekilde 76 500 00 € olup toplam taşıma maliyeti 2 020 104.77 €'dur. Şanlıurfa ilinin tamamında gübre üretim merkezlerinde biyogaz tesislerine gönderilen gübrelerin toplam kat ettiği mesafe gidiş dönüş olarak 1 603.00 km'dir.

Toplam biyogaz üretim miktarı yıllık 115 878 375 m^3, biyogaz kaynaklı toplam elektrik üretimi ise yıllık 215 900.058 kW olarak hesaplanmıştır. Bu ilde yapılacak biyogaz tesislerinin toplam maliyeti ise 95 600 000 € olarak bulunmuştur. Bu ilin tamamında kurulacak olan biyogaz tesislerinin toplam yıllık işletme geliri 30 693 318 €'dur. Toplam yıllık işletme gideri 11 233 576 €'dur. Üretilen gübrenin biyogaz tesislerinde işlem görmesi sonrasında elde edilecek organik gübre miktarı yıllık 347 126.40 ton iken bu organik gübrenin satışı sonrası elde edilecek olan yıllık gelir ise 4 807 701 €'dur. Kurulacak olan biyogaz tesislerinde elde edilecek toplam net gelir yıllık 17 467 338.23 €'dur. Kurulması öngörülen biyogaz tesislerinin ilk yatırım maliyetinin 95 600 000 € olduğu ve biyogaz tesislerinin her yıl aynı oranda net gelirlerinin olduğu varsayılarak yapılacak olan bu bölgesel yatırımın geri alma süresi yaklaşık 5.47 yıl olarak hesaplanmıştır.

Tasarlanan biyogaz tesisi projesinin kendini kısa sürede amorti edeceği görülmektedir. Bu tasarımdaki tesis, büyük sayılabilecek kapasitede olmaktadır. Ancak küçük çiftçi bazında da hesaplamalar yapıldığında; oldukça uygun maliyet hesaplamaların ortaya çıkması mümkün olacaktır.

Tarım ve Orman Bakanlığı, 2017 yılında pamuk bitkisinden önce yem bitkisinin ekilmesi için destekleme vermiştir. Bu destekleme, yörede hayvan varlığının artışına katkı sağlayacaktır. Biyogaz tesisleri için hammadde olanaklarının artması yönünden önemlidir. Bu kararın, özellikle gübre temininin kesintiye uğramaması için, sürdürülebilir olması önerilir.

Şanlıurfa ilinin 2016 yılı toplam kimyevi gübre tüketim miktarı 372 934 ton olduğu bilinmektedir (Anonim, 2016). 19 adet biyogaz tesisinde atıkların işlenmesiyle üretilebilecek organik gübre miktarı 347 126.40 ton olduğu, tesislerden elde edilen organik gübre Şanlıurfa ilinde tüketilen kimyevi gübrenin yaklaşık %93'ünü karşılamaktadır. Gündemi uzun süre meşgul eden kimyevi gübre fiyatlarının %100'e yakın artması, kimyevi gübrede dışa bağımlılığından kurtulması için biyogaz yapılarında üretilecek organik gübrenin üretilmesiyle gübre ihtiyacı karşılanabilecektir.

Şanlıurfa ili, 2018 yılında tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarı 4 749 245.92 MWh'tır (Anonim 2016). 19 adet biyogaz tesislerde atıkların işlenmesiyle üretilebilecek elektrik enerji miktarı 215 900 058 kW olduğu, bu tesislerden elde edilen elektrik enerjisinin de Şanlıurfa ilinde tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %4,55'ini karşılayabilecektir.

Yörede tarım ve hayvancılıkla uğraşan çiftçilerin bir diğer sorunu üretim için gerekli enerjinin pahalı olması ve enerji kesintilerinin üretimi etkilemesidir. Biyogaz yapılarıyla birlikte bu sorun minimize edilebilecektir.

Yörede biyogaz yapılarının gelişmesi için destek programlarına alınmalı (Cazibe Merkezleri, TKDK, …gibi), devlet tarafından yatırımcılara gerekli kolaylıklar sağlanmasıyla tarım ve hayvancılık daha karlı bir hale gelebilecektir.

Biyogaz tesisleri çevreci ve ekonomik getirisi olduğundan devlet tarafından çiftçi örgütlerinin desteklenmesiyle atıkların değerlendirilmesi ile gübre ve elektrik enerjisinin elde edilmesine yönelik gerekli bilgilendirme ve desteklemesi ya da yatırım miktarı göz önüne alındığında bu tür yatırımların Belediyeler, Tarım Kredi Kooperatifleri, vs. kurum ve kuruluşlar tarafından yapılmasına yönelik teşviklerde bulunulmalıdır.

Yapılan çalışmada, sanayi tipi biyogaz tesisleri değerlendirilmiştir. Bu konuda yapılacak çalışmalarda aile tipi, çiftlik tipi ve köy tipi veya daha büyük kapasiteli biyogaz yapılarının araştırılmasına yönlendirilecektir.

Sonuç olarak, artan küresel ısınma ile birlikte dünyada olduğu gibi ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının önemi ortaya çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilerek enerji ihtiyacının karşılanması ülke ekonomisi açısından da önemli bir unsurdur. Hayvansal atıklardan biyogaz elde edilmesi hem ülkeye hem de bölgeye ekonomik olarak büyük yararlar sağlayacağı gibi, aynı zamanda çok sayıda olumlu çevresel ve sosyal etkilere de neden olacaktır. Türkiye'nin enerji ihtiyacının karşılanmasında ve enerji sorununun çözümünde; hayvansal, bitkisel, organik içerikli şehir ve endüstriyel atıkların anaerobik işlemlerle değerlendirilmesi ile elde edilen biyogazın enerji olarak kullanılması önerilmektedir. Ancak, biyogazın üretilmesi sırasında ortaya çıkan atıkların tarımda kullanılmak üzere iyi bir gübreye dönüştürülmesi önemlidir. Atıkların üretim potansiyellerinin anaerobik parçalanma koşullarının ve uygun üretim türünün belirlenmesi için konuyla ilgili çalışmaların desteklenmesi gerekmektedir. Organik madde ve sudan meydana gelen biyokütlenin enerjiye dönüştürülmesinde kullanılan teknolojinin basit ve uygulanabilir olması, az masrafla enerjiye dönüştürülmesi, yenilenebilir kaynaklara dayalı olması, doğadaki mevcut olan dengeyi bozmaması da bu üretimlerin tercih sebepleri arasındadır.

Ülkemizde özellikle kırsal alanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyogazın üretimini ve kullanımını yaygınlaştırarak hem bölge hem de ülke ekonomisine ve sosyal kalkınmaya destek sağlamak mümkün olabilir.

KAYNAKLAR

AFACAN, H., ve KASAP, A., 2009. Küçük Ölçekli Sürekli Beslemeli Bir Biyogaz Tesisinin Çalışma Şartlarının Belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 5(2): 235-240.

AJENİKOKO, G. A., and KOSİRU, Y. A., 2018. Development of a Linear Optimization Model for Biogas Generation of Electrical Energy using Pig Dung. Control Theory and Informatics, ISSN 2224-5774 (Paper) ISSN 2225-0492 (Online) Vol.7.

ALAYİ, R., SHAMEL, A., KASAEİAN, A., HARASİİ, H., and TOPCHLAR, M. A., 2016. The role of biogas to sustainable development (aspects environmental security and economic). J. Chem. Pharm. Res., 8(4):112-118 .

AMİGUN, B., PARAWİRA, W., MUSANGO, J. K., ABOYADE, A. O., and BADMOS, A. S., 2012. Anaerobic biogas generation for rural area energy provision in Africa. In Biogas, Kumar S (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/32630.

ANONİM, 2014. Guide to machinery costs, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Pretoria, South Africa.

ANONİM, 2016. Şanlıurfa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Kimyevi Gübre Tüketimi Cetveli, Şanlıurfa.

ANONİM, 2017. Dünyada Biyogaz, Biyogaz Yatırımlarını Geliştirme Derneği. http://www.biyogazder.org. [15/05/2017].

ANONİM, 2018a. Enerji işleri genel müdürlüğü. Web sitesi. http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx [30/12/2018].

ANONİM, 2018b. Türkiye biyotkütle enerji potansiyeli atlası, http://bepa.yegm.gov.tr/ [29/12/2018].

ANONİM, 2018c. Şanlıurfa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, İl Müdürlüğü sunusu, Şanlıurfa.

ANONİM, 2018d. TUİK, Hayvancılık istatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr. [09/01/2018].

ANONİM, 2018e. Şanlıurfa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS), Şanlıurfa.

ANONİM, 2018f. Şanlıurfa ilinin ilçelere uzaklığı google harita. Web sitesi. https://www.google.com.tr/maps/dir/Y%C3%B6nl%C3%BC+Mahallesi,+Suru%C3%A7%2F%C5%9Eanl%C4%B1urfa/E%C5%9Fkin+Mahallesi,+Viran%C5%9Fehir%2F%C5%9Eanl%C4%B1urfa/@37.2957997,38.7764905,10z/data=!3m1!4b1!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x1533e16a9ee9f9e3:0x3b0408c4c29c7586!2m2!1d38.3850445!2d36.9827954!1m5!1m1!1s0x15356b07629cb43f:0x2ff79f0dcbb32828!2m2!1d39.6879333!2d37.2497654. [30/12/2018].

ANONİM, 2019a. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, ANKARA, sayfa: 43-49. [https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-24/elektrikyillik-sektor-raporu]. [05/04/2019].

ANONİM, 2019b. http://urfafx.mekan360.com/iys_ilcelerimiz, sehirID=63, kriter 39=55,icerik=545,sayfa=2-ilcelerimiz-viransehir-cografi-konum.html?#detay. [05/03/2019].

ANONİM, 2019c. Türkiye nüfusu il ilçe mahalle köy nufusu. Web sitesi. http://www.nufusune.com/sanliurfa-nufusu. [01/05/2019].

ANONİM, 2019d. İlçeler- Şanlıurfa Büyükşehir belediyesi. Web sitesi. https://www.sanliurfa.bel.tr/kategori/45/0/ilceler. [09/04/2019].

AR, F.F., 2018. Ottan ve Çöpten Enerji. Enerji ve Çevre Dünyası Dergisi. 143:22-25.

ARAOYE, T. O, MGBACHİ, C. A., OMOSEBİ, O. A, AJAYİ, O. D., and OLANİYAN, A. Q., 2019. Development of a Genetic Algorithm Optimization Model for Biogas Power Electrical Generation, Vol.4, No.2. https://www.ejers.org/index.php/ejers/issue/view/35.

ARTAŞ, 2018. Artaş Endüstriyel tesisler taahhüt ve tic. A.Ş., İstanbul.

ASAE, 2005. Manure Production and Characteristics. The Society for engineering in agricultural, food, and biological systems 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659.

AUBURGER, S., JACOPS, A., MÄRLÄNDER, B., and BOHRS, E., 2015. Economic optimization of feedstock mix for energy production with biogas technology in Germany with a special focus on sugar beets-Effects on greenhouse gas emissions and energy balances. Renevable Energy. V(89): 1-11.

AYBEK, A., ÜÇOK, S., İSPİR, M. A., ve BİLGİLİ, M. E., 2015. Türkiye'de Kullanılabilir Hayvansal Gübre ve Tahıl Sap Atıklarının Biyogaz ve Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması, 12(3): 12.

AZAMATHULLA, H. M., WU, F. C., GHANİ, A. A., NARULKAR, S. M., ZAKARİA, N. A., and CHANG, C. K., 2008. Comparison Between Genetic Algorithm and Linear Programming Approach for Real Time Operation. Jornal of Hydro-environmentResearch, V(2): 172-181.

BAKIR, M. A. ve ALTUNKAYAK, B. T., 2003. Tamsayılı Programlama. Ankara, Nobel Yayınları. ISBN: 975-591-572-9, s.159-165.

BARNHART, S., 2012. Teaching sustainability across scale and culture: Biogas in context. Journal of Sustainability Education, 3.

BAŞBAĞ, S., EKİNCİ, E., AKINCI, C., AKIN, S., ve TONÇER, Ö., 2011. Diyarbakır ve Şanlıurfa İllerinde Pamuk sektörü Envanterinin Hazırlanması Projesi Sonuç Raporu. Karacadağ kalkınma Ajansı, Sözleşme No:TRC'-10-DFD-45.

BAYRAK, E. H., 2014. Kentsel ve/veya Meyve Suyu Atıksu Arıtma Tesisi Sulu Çamurlarının Biyogaza Dönüşümünde Ön İşlem Etkisinin Araştırılması. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sivas, 76s.

BİLGİN, N., 2003. Biyogaz Nedir?. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara.

BOND, T., and TEMPLETON, M. R., 2011. History and future of domestic biogas plants in the developing world. Energy of sustainable development 15: 347-354.

CASTRİLLÓN, L., FERNÁNDEZ-NAVA ,Y., ORMAECHEA, P., and MARAÑÓN, E., 2011. Optimization of biogas production from cattle manure by pre-treatment with ultrasound and co-digestion with crude glycerin, V(102): 7845-7849.

ÇELİKKAYA, H., 2016. Biyogaz, Fırat Kalkınma Ajansı, 39s.

ÇEVİK, A., 2016. Çanakkale İli'ndeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 43s.

CİHANALP, C., SÜSLÜ, A., ve KÜLCÜ, R., 2016. Isparta İli İçin Mevcut Hayvan ve Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi.

DEMİRKOLLU, M., 2017. Hedef Programlama Yöntemi İle Otobüs Sefer Sayılarının Tespiti. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 34s.

GASS, S.I., 2000. Making Decisions with Precision. Business Week October 30, 2000,(http://www.businessweek.com/archives/2000/b3705139.arc.htm?campaign_id=search#B37051 39), erişim tarihi: [01/02/2006].

GÖRMÜŞ, C., 2018. Türkiye'deki Hayvan Gübrelerinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 24s.

GÜLSEVİN, G., ve TÜRKAN, A. H. 2012. Afyonkarahisar Hastanelerinin Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi. Akü Febid 12 (0213301): 1-8.

GÜLSÜN, B., ve MİÇ, P., 2018. Rasyon Hazırlamada temel Yem Miktarlarının Ekonomik Olarak Belirlenmesi İçin Çok amaçlı Programlama Yaklaşımı. Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(2): 634-648.

GÜMÜŞÇÜ, M., 2010. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal Atıklarından Biyogaz ve Biyogübre Eldesi, S: 59-65.

GÜREL, A., 2010. "Tekirdağ İlinin Keşfedilmeyen Değerlerinden Biyogaz Potansiyeli". Tekirdağ Değerleri Sempozyumu, 21 Ekim 2010, Ege Basım, Ataşehir, İstanbul, s.62-7.

ILGAR, R., 2016. Hayvan Varlığına Göre Çanakkale Biyogaz Potansiyelinin Tespitine Yönelik Bir Çalışma. Dergipark Akademik Doğu Coğrafya Dergisi, 21(35): 89-106.

IONEL, I., and CIOABLĂ. A. E., 2010. Biogas production based on agricultural residues. From history to results and perspectives, 8(6): 591-592.

JAMES, R., EASTRİDGE, M., BROWN, L., ELDER, K., FOSTER, S., HOORMAN, J., JOYCE, M., KEENER, H., MONNİN, M., RAUSCH, J., SMİTH, J., WATSON, M., WİCKS, M., WİDMAN, N., ZHAO, L., 2006. Ohio livestock manure management guide, extension bulletin, 604(6): 2-3.http://ohioline.osu.edu/b604/index.html. [03/06/2019].

JENSEN, İ. G., MÜNSTER, M., and PİSİNGER, D., 2017. Optimizing the supply chain of biomass and biogas for a single plant considering mass and energy losses. European Journal of Operational Research, 262(2): 744-758.

KIZILKAYA, B., 2007. Sulama Şebekelerinin Optimum Güzergahlarının Belirlenmesinde Şebeke Analiz Yöntemlerinin Kullanımı. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, Ankara, 44s.

LEONTİEF, W. W., 1936. Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States. Review of Econ, Statistics, 18(3): 105-125.

LEONTİEF, W.W., 1933. The Use of Indifference Curves in the Analysis of Foreign Trade. The Quarterly Journal of Economics, 47(3): 493-503.

NAEEM, M., İKBAL, M., NAZ, M. N., and İMRAN, M., 2017. Economically efficient and environment friendly energy management in rural area. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 9(1): 36-38.

ÖBEKCAN, H., 2014. Çorum İlinin Biyogaz Üretim Potansiyelininin Araştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 29s.

ÖÇAL, 2013. Biygogaz enerjisi üretimi ve Eskişehir ili İçin Uygulama, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 66s

ÖZSAN, Ö., 2006. Mermer İşleme Tesislerinde Ürün Miktarının Doğrusal programlama Tekniği Yardımıyla Belirlenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, İzmir, 46-55.

PARMANİK, K., 2011. Biogas Production From Kitchen Waste. A Seminar Report Submitted İn Partial Fulfillment Of The Requirements For Bachelor Of Technology (Biotechnology), 8-9.

SANCAK, A. Z., SANCAK, K. DEMİRTAŞ, M., DÖNMEZ, D., AYGÖREN, E., KALANLAR, Ş., ve ARSLAN, S., 2014. Türkiye'de Büyükbaş Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretim Potansiyeli, Mühendis, GTHB, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara, 74-75.

SAVAŞ, A. Ö., 2018. Organik Atıkların Kullanıldığı 1000 Başlık Bir Biyogaz Tesisinin Projelendirilereklerek imalat ve Üretim Maliyet Analizlerinin Belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 240-248.

SMİTH, J. U., AUSTİN, G., AVERY, L., and BALANA, B., 2011. The potential of small-scale biogas digesters to alleviate poverty and improve long term sustainability of ecosystem services in Sub-Saharan Africa. In Interdisciplinary Expert Workshop, Kampala (Group I) and Addis Ababa (Group II) (pp. 4-5).

SU, B., HAN, W., CHEN, Y., WANG, Z., QU, W., and JİN. H., 2018. Performance optimization of a solar assisted CCHP based on biogas reforming. Energy Conversion and Management, 171: 604–617

SURENDRA, K. C., TAKARA, D., HASHİMOTO, A. G., and KHANAL, S. K. 2014. Biogas as sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31: 846-859.

SZYMANSKA, D., and LEWANDOSKA, A., 2015. Biogas power plants in Poland-structure, capacity, and spatial distribution. Sustainability, 7(12):16801-16819.

ŞAHİN, A., 2008. Risk Koşullarında Tarım İşletmelerinin Planlanması: Oyun Teorisi Yaklaşımı. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Denizli, 98s.

ŞENOL H., ELİBOL E. A., AÇIKEL Ü., ve ŞENOL, M., 2017. Biyogaz Üretimi İçin Ankara'nın Başlıca Organik Atık Kaynakları. BEÜ Fen Bilimler Dergisi, 6(2), 15-28.

TİWARİ, S., and KUMAR. A., 2018. Comparison between Goal Programming and other Linear Programming Methods, nternational Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) ISSN: 2321-9653; IC Value: 45.98.

TOPRAKÇIOĞLU, G., 2016. Sivas ve Batman İllerinin Biyogazdan Elektrik Enerjisi Üretimi. Potansiyellerinin Belirlenmesi, Siirt Üniversitesi, Yüksek Lisans Tez, Sivas, 45s.

TUFANER, F., AVŞAR, Y., DERE, T., ve GÖNÜLLÜ, M. T., 2013. Türkiye'de Biyogaz Tesisi Projelerinde Başarı ve Başarısızlık Nedenlerinin Analizi ve Merkezi Biyogaz Tesislerinin Önemi. I. Ulusal Kompost ve Biyogaz Çalıştayı, Antalya, s: 11-14.

TUYLU, İ.G., 2010. Gediz Havzası Sarıkız Sulama Birliği Sulama Sisteminin İşletimi Üzerine Model Yaklaşımı. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 77s.

TÜRKMENLER, H., VARINCA, K., ve CAN R. 2014. Biyogaz Çalıştayı Sonuç Raporu. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü. Sayfa 9-10 Adıyaman. http://cevre.adiyaman.edu.tr/Files/cevre/etkinlikler/2014-06-03_Biyogaz-Calistayi/ADYU_Biyogaz_Calistay_Sonuc_Raporu.pdf. [05/01/2019].

ULUDAĞ, N., 2010. Bulanık Optimizasyon Ve Doğrusal Hedef Programlama Yaklaşımları İle Otobüs Hatlarının Modellenmesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Denizli, 88s.

WALLA, C., and SCHNEEBERGER, W., (2008). The optimal size for biogas plants. Biomass and bioenergy, 32(6): 551-557.

WEİ, X., and KUSİAK, A., 2012. Optimization of Biogas Production Process in a Wastewater Treatment Plant, Proceedings of the 2012 Industrial and Systems Engineering Research Conference. https://pdfs.semanticscholar.org/b082/ba452c9ec4590211f8168491ef103207ee89.pdf. [05/01/2018].

WİNSTON, W. L., 2006. Operations research: applications and algorithms, 4th edn [M]. Publishing House of Tsinghua University, Beijing, 406-452.

YALDIZ, O., ve SÖZER, S., 2005. Farklı Büyüklükteki Biyogaz Tesislerinde Sabit Yatrım ve enerji üretimi Maliyet Hesabı. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 1 (3): 213-220.

YILMAZ, H., 2010. Doğrusal Programlama Tekniği İle Üretim Planlamasının Mobilya Sektöründe Uygulanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 66s.

ZHANG, X., SHARMA, R., and HE, Y., 2012. Optimal energy management of a rural microgrid system using multi-objective optimization. https://ieeexplore.ieee.Org/xpl/ mostRecentIssue.jsp?punumber=6170475. [05/05/2019].

ZHU, T., 2006. Assessment of small-scale biogas systems and their widespread dissemination in Can Tho City. Viet Nam. ISP Collection Paper :303.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet YILDIRIM
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri : Şanlıurfa
e-mail : m_yildirim63@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	Şanlıurfa Ticaret Meslek Lisesi	1999
Üniversite	:	Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama	2007
Yüksek Lisans	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl		Kurum	Görevi
2006 – 2012	**:**	Adalet Bakanlığı	Zabıt Katibi
2012 -	**:**	Tarım ve Orman Bakanlığı	Ziraat Mühendisi

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce

Çince

EKLER

Ek-1 Biyogaz tesislerini birbirlerine olan uzaklıkları

Ek-1 Çizelge 1.1. Potansiyel biyogaz tesisin kurulumu ile gübre üretim merkezleri arasındaki gidiş dönüş yol mesafelerinin bir bölümü (Anonim, 2018f.).

Gübre üretim merkezleri										Gidiş dönüş yol mesafeleri (km)	Potansiyel biyogaz tesisi kurulum merkezleri
Viranşehir	**Suruç**	**Siverek**	**Karaköprü**	**Hilvan**	**Harran**	**Haliliye**	**Halfeti**	**Eyyübiye**	**Ceylanpınar**	**Bozova**	**Birecik**	**Akçakale**	
137.0	90.6	164.0	71.8	136.0	23.1	73.0	146.0	75.3	124.0	133.0	119.0	10.0	**Akçakale**
184.0	39.0	189.0	108.0	128.0	122.0	120.0	35.0	56.5	235.0	55.9	10.0	119.0	**Birecik**
144.0	54.8	129.0	48.4	68.1	122.0	80.5	47.8	86.8	198.0	10.0	55.9	133.0	**Bozova**
62.2	203.0	167.0	164.0	157.0	113.0	119.0	255.0	181.0	10.0	198.0	235.0	124.0	**Ceylanpınar**
113.0	35.3	143.0	51.0	82.3	67.4	49.3	90.6	10.0	181.0	56.8	65.5	75.3	**Eyyübiye**
204.0	68.6	176.0	109.0	116.0	161.0	144.0	10.0	90.6	255.0	47.8	35.0	164.0	**Halfeti**
67.2	94.3	104.0	49.8	81.1	42.7	10.0	140.0	49.3	119.0	80.5	120.0	73.0	**Haliliye**
142.0	95.7	169.0	76.9	108.0	10.0	42.7	161.0	67.4	113.0	122.0	122.0	23.1	**Harran**
107.0	104.0	62.6	40.6	10.0	108.0	81.1	116.0	82.3	157.0	68.1	128.0	136.0	**Hilvan**
105.0	63.6	102.0	10.0	40.6	76.9	49.8	109.0	51.0	164.0	48.4	108.0	71.8	**Karaköprü**
101.0	149.0	10.0	102.0	62.6	169.0	104.0	176.0	143.0	167.0	129.0	189.0	164.0	**Siverek**
157.0	10.0	149.0	63.6	104.0	95.7	94.3	68.6	35.3	203.0	54.8	39.0	90.6	**Suruç**
10.0	157.0	101.0	105.0	107.0	142.0	67.2	204.0	113.0	62.2	144.0	184.0	137.0	**Viranşehir**

.

Ek-2 Şanlıurfa ilçelerinin hayvan sayıları ve grupları

Ek-2 Çizelge 1.2. Şanlıurfa ili ilçelerinin hayvan sayıları ve grupları (Anonim, 2018d)

İlçeler	Erkek (0-12 Ay) (Baş)	Dişi (0-12 Ay) (Baş)	Tosun (12-24 Ay) (Baş)	Düve (12-24 Ay) (Baş)	İnek (+24 Ay) (Baş)	Boğa ve Öküz (+24 Ay) (Baş)	Toplam
Akçakale	1 850	2 870	468	6 354	8 327	227	20 096
Birecik	2 600	1 828	3 180	1 930	3 310	1 625	14 473
Bozova	1 674	2 065	1 840	2 352	5 535	259	13 725
Ceylanpınar	2 044	2 652	1 152	2 400	11 316	385	19 771
Eyyübiye	3 648	2 098	9 350	4 423	4 345	4 912	28 776
Halfeti	1 850	1 280	3 100	2 080	3 730	290	12 330
Haliliye	2 990	2 756	9 824	2 838	11 327	2 235	31 970
Harran	537	652	1 629	1 119	2 792	131	6 860
Hilvan	1 770	2 010	1 585	1 123	6 839	842	14 169
Karaköprü	376	487	354	1 107	5 343	889	8 556
Siverek	3 043	3 003	13 020	4 874	39 994	25 619	89 553
Suruç	1 085	1 200	504	2 070	3 450	15	8 324
Viranşehir	6 928	5 224	8 160	5 494	48 982	8 470	83 258
Toplam	30 395	28 125	54 166	38 166	155 110	45 889	351 861

Ek-3 Şanlıurfa ilçelerinin büyükbaş hayvanlarının farklı yaş gruplarına göre günlük ve yıllık gübre üretim miktarı

Ek-3 Çizelge 1.3. Şanlıurfa ilçelerinin büyükbaş hayvanlarının farklı yaş gruplarına göre günlük ve yıllık gübre üretim miktarı

İlçeler	Erkek (0-12 Ay)	Gübre üretim (kg gün^{-1})	Dişi (0-12 Ay)	Gübre üretim (kg gün^{-1})	Tosun (12-24 Ay)	Gübre üretim (kg gün^{-1})	Düve (12-24 Ay)	Gübre üretim (kg/gün)	İnek (+24 Ay)	Gübre üretim (kg gün^{-1})	Boğa ve Öküz (-24 Ay)	Gübre üretim (kg gün^{-1})	Toplam Gübre Üretimi
Akçakale	1 850	11.79	2 870	9.07	468	21.77	6 354	22.00	8 327	28.12	227	28.57	160 037.68
Birecik	2 600	11.79	1 828	9.07	3 180	21.77	1 930	22.00	3 310	28.12	1 625	28.57	108 925.49
Bozova	1 674	11.79	2 065	9.07	1 840	21.77	2 352	22.00	5 535	28.12	259	28.57	107 058.38
Ceylanpınar	2 044	11.79	2 652	9.07	1 152	21.77	2 402	22.00	11 136	28.12	385	28.57	164 330.01
Eyyübiye	3 648	11.79	2 098	9.07	9 350	21.77	4 423	22.00	4 345	28.12	4 912	28.57	228 275.20
Halfeti	1 850	11.79	1 280	9.07	3 100	21.77	2 080	22.00	3 730	28.12	290	28.57	94 841.97
Haliliye	2 990	11.79	2 756	9.07	9 824	21.77	2 838	22.00	11 327	28.12	2 235	28.57	262 406.78
Harran	537	11.79	652	9.07	1 629	21.77	1 119	22.00	2 792	28.12	131	28.57	56 421.67
Hilvan	1 770	11.79	2 010	9.07	1 585	21.77	1 123	22.00	6 839	28.12	842	28.57	114 857.86
Karaköprü	376	11.79	487	9.07	354	21.77	1 107	22.00	5 343	28.12	889	28.57	79 042.43
Siverek	3 043	11.79	3 003	9.07	13 020	21.77	4 874	22.00	39 994	28.12	25 619	28.57	843 279.10
Suruç	1 085	11.79	1 200	9.07	504	21.77	2 070	22.00	3 450	28.12	15	28.57	64 835.23
Viranşehir	6 928	11.79	5 224	9.07	8 160	21.77	5 494	22.00	48 982	28.12	8 470	28.57	747 131.55
Toplam	30.395.0		28 125.0		54 166.0		38 166.0		155 110.0		45 899.0		3 031 443.35

Ek-4 Biyogaz tesisi kurulum merkezleri ve gübre dağıtım plan

Ek-4 Çizelge 1.4. Biyogaz tesisi kurulum merkezleri ve gübre dağıtım plan

Gübre üretim merkezleri	Biyogaz tesisi kurulum merkezleri								İlçelerin gübre üretim miktarları (ton yıl^{-1})
	Akçakale	Birecik	Bozova	Ceylanpın	Eyyübiye	Haliliye	Hilvan	Siverek	Viranşehir	
Akçakale	150 000	-	--	-	2 036	-	-	-	-	152 036
Birecik	-	103 479	-	-	-	-	-	-	-	103 479
Bozova	-	-	101 705	-	-	-	-	-	-	101 705
Ceylanpınar	-	-	-	150 000	-	-	-	-	6 114	156 114
Eyyübiye	-	-	-	-	216 861	-	-	-	-	216 861
Halfeti	-	46 521	43 579	-	-	-	-	-	-	90 100
Haliliye	-	-	-	-	-	246 399	-	-	2 888	249 287
Harran	-	-	-	-	-	53 601	-	-	-	53 601
Hilvan	-	-	-	-	-	-	109 115	-	-	109 115
Karaköprü	-	-	4 716	-	19 510	-	40 885	-	9 979	75 090
Siverek	-	-	-	-	-	-	-	792 720	8 395	801 115
Suruç	-	-	-	-	61 593	-	-	-	-	61 593
Viranşehir	-	-	-	-	-	-	-	-	722 624	722 624
Biyogaz tesisleri toplam kapasiteleri (ton yıl^{-1})	150 000	150 000	150 000	150 000	300 000	300 000	150 000	792 720	750 000	2 892 720