



DAP BÖLGESİ KIRSAL ALANDA BİYOGAZ ÜRETİMİNE YÖNELİK SEKTÖR RAPORU HAZIRLANMASI PROJESİ NİHAİ RAPOR





Bu Raporun oluşturulmasında
Danışman Firma Uludağ Çevre Teknolojileri Ar-ge
Mühendislik Merkezi San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne
ayrıca Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU (Proje Yürütücüsü)
Çev. Müh. O.Erdem KESTİOĞLU, Çev. Müh. Barış ACAR ve
Çev. Müh. Özcan YAVAŞ'a teşekkürlerimizi sunarız.

İÇİNDEKİLER

TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
RESİMLER	xi
1.PROJE KADROSU	1
2.GİRİŞ	2
3.PROJENİN TANIMI VE KAPSAM.....	6
3.1.Projenin Adı.....	6
3.2.Projenin Amacı	6
3.3.Projenin Türü.....	8
3.4.Projenin Teknik İçeriği	8
3.5.Hedef Aldığı Kitle ve/veya Bölge	9
3.6.Projenin Sahibi Kuruluş.....	9
4.PROJENİN ARKA PLANI.....	10
4.1.TRB2 Bölgesi İlleri(Van, Bitlis, Muş ve Hakkâri) Tanıtımı	10
4.1.1.Van	10
4.1.2.Bitlis	11
4.1.3.Muş	14
4.1.4.Hakkâri.....	16
4.2.Sektörel ve/veya Bölgesel Politikalar ve Programlar	18
4.3.Kurumsal Yapılar ve Yasal Mevzuat.....	21
4.4.Proje Fikrinin Kaynağı ve Uygunluğu.....	22
4.4.1.Proje Fikrinin Kaynağı ve Uygunluğu	22
4.4.2.Projenin Geçmiş, Yürüyen ve Planlanan Diğer Projelerle Olan İlişkisi	24
4.4.3.Proje Fikrinin Ortaya Çıkışı.....	26
5.PROJENİN GEREKÇESİ	29
5.1.Ulusal ve Bölgesel Düzeyde Talep Analizi	29
5.2.Ulusal ve Bölgesel Düzeyde Gelecekteki Talebin Tahmini	34
6.BİYOGAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ.....	36
6.1.TRB2 Bölgesi Van İli Biyogaz Potansiyeli	37
6.2.TRB2 Bölgesi Hakkâri İli Biyogaz Potansiyeli	43
6.3.TRB2 Bölgesi Muş İli Biyogaz Potansiyeli	48
6.4.TRB2 Bölgesi Bitlis İli Biyogaz Potansiyeli	54
6.5.TRB2 Bölgesi Toplam Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi.....	59

7.BİYOGAZ TESİSLERİ	66
7.1.Biyogaz Tesis Çeşitleri	66
7.1.1.Besleme Yöntemine Göre Biyogaz Tesisleri	66
7.1.1.1.Sürekli Tip Biyogaz Tesisleri	66
7.1.1.2.Kesikli Tip Biyogaz Tesisleri	68
7.1.2.Reaktör Tasarımına Göre Biyogaz Tesisleri	70
7.1.2.1.Sabit Kubbeli Biyogaz Tesisleri.....	72
7.1.2.2.Hareketli Kubbeli Biyogaz Tesisleri	75
7.1.2.3.Membran Tip Biyogaz Tesisleri	79
7.2.Biyogaz Tesisinin Bileşenleri	81
7.2.1.Reaktör	81
7.2.2.Gaz Deposu	82
7.2.3.Organik Madde Deposu	82
7.2.4.Diğer Üniteler.....	82
7.3.Avrupada Biyogaz Tesisleri.....	84
7.3.1.Reaktör Teknolojisi	84
7.4.Türkiye’de Biyogaz Tesisi Örnekleri.....	85
8.KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİYOGAZ TESİSİNİN PROJELENDİRİLMESİ.....	90
8.1.Ön Karıştırma Havuzu ve Karıştırıcı Düzen.....	90
8.2.Fermantasyon Tankı ve Karıştırıcı Düzen	91
8.3.Biyogaz Depolama Tankı.....	91
8.4.Biyogübre(Organik Gübre) Havuzu.....	91
8.5.Gaz Ölçer, pH ve EC Ölçüm Cihazları	93
8.5.1.Gaz Ölçer.....	93
8.5.2.pH ve EC Ölçüm Cihazı	93
8.6.Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi İçin Oluşacak Biyogaz ve Metan Miktarının Hesaplanması.....	93
9.BİYOGAZ VE YAN ÜRÜNLERİN KULLANIMI	96
9.1.Biyogaz İle Yapılabilecek Uygulamalar	98
9.1.1.Biyogazın Yakılması	99
9.1.2.Biyogazın Isıtmada Kullanılması	100
9.1.2.1.Biyogaz Yakan Fırın ve Sobalar	100
9.1.2.2.Biyogaz Yakan Işınım Isıtıcılar	101
9.1.3.Biyogazın Aydınlatmada Kullanılması	102
9.1.3.1.Biyogaz Lambaları	102
9.2.Yan Ürünlerin Değerlendirilmesi	103

10.200 kW ÖRNEK BİYOGAZ TESİSİ TASARIMI	104
10.1.TRB2 Bölgesi İlleri İçin Kurulabilecek 250 KW' lık Biyogaz Tesisi Tasarımı.....	104
10.1.1.Kojenerasyon Ünitesi Seçimi.....	106
10.1.2.Tesisin Boyutlandırılması	107
10.1.2.1.Bekleme Süresi.....	107
10.1.2.2.Günlük Besleme Miktarları	108
10.1.2.2.1.Toplam Organik Madde Karışımının Katı Madde Oranı	108
10.1.2.2.2.Tesise Beslenmesi Gereken Su Miktarı	109
10.1.2.3.Reaktör Hacmi	110
11.BÜYÜK ÖLÇEKLİ BİYOGAZ TESİSİNİN PROJELENDİRİLMESİ.....	114
12. 1 MW ÖRNEK BİYOGAZ TESİSİ TASARIMI	115
12.1.TRB2 Bölgesi İlleri İçin Kurulabilecek 1 MW' lık Biyogaz Tesisi Tasarımı	115
12.1.1.Kojenerasyon Ünitesi Seçimi.....	117
12.1.2.Tesisin Boyutlandırılması	118
12.1.2.1.Bekleme Süresi.....	118
12.1.2.2.Günlük Besleme Miktarları	118
12.1.2.2.1.Toplam Organik Madde Karışımının Katı Madde Oranı	118
12.1.2.2.2.Tesise Beslenmesi Gereken Su Miktarı	120
12.1.2.3.Reaktör Hacmi	120
13.MALİYET/ETÜT-FİZİBİLİTE VE UYGULANABİLİRLİK	124
13.1.Proje Yönetimi ve Uygulama Planı	124
13.1.1.Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi İçin Proje Yönetimi ve Uygulama Planı.....	124
13.1.2.1 MW'lık Biyogaz Tesisi İçin Proje Yönetimi ve Uygulama Planı	125
13.1.3.200 kW'lık Biyogaz Tesisi İçin Proje Yönetimi ve Uygulama Planı	127
13.2.Biyogaz Tesisi Yatırım/İşletme Maliyetleri.....	129
13.2.1.Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi İçin Yatırım/İşletme Maliyetleri	129
13.2.2.1 MW'lık Biyogaz Tesisi İçin Yatırım/İşletme Maliyetleri.....	130
13.2.3.250 kW'lık Biyogaz Tesisi İçin Yatırım/İşletme Maliyetleri	132
13.3.Biyogaz Tesisinin Gelir Gider Hesapları	133
13.3.1.Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi İçin Gelir Gider Hesapları	133
13.3.2.1 MW'lık Biyogaz Tesisi İçin Gelir-Gider Hesapları.....	135
13.3.3.200 kW'lık Biyogaz Tesisi İçin Yatırım/İşletme Maliyetleri	136
14.PROJE SONUÇLARI	137
14.1.Çevresel Katkılar	137

14.2.Finansal Fayda	137
14.3.Risk Analizi	139
14.3.1.Doğal Afet Durumları İçin Oluşacak Risk Analizi ve Etkileri	139
14.3.2.Proje İnşaatı Sırasında Oluşacak Risk Anaizi ve Etkileri	141
14.3.3.Biyogaz Tesislerinin İşletilmesinde Atık Toplama Risk Analizi ve Etkileri	141
14.4.Sosyal Katkıları	142

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Dünya Biyogaz Tesis Sayıları (Çevre ve Orman Bakanlığı; Almanya Biyogaz Derneği, 2013; YEGM, 2013).....	3
Tablo 2. Türkiye Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Kullanım Durumu(GÖREZ ve ALKAN, 2005).....	4
Tablo 3. Van İli Nüfusu (TÜİK 2015 Verileri)	10
Tablo 4. Bitlis İli Nüfusu (TÜİK 2015Verileri)	12
Tablo 5. Bitlis İli Nüfusu (TÜİK 2015 Verileri)	14
Tablo 6. Hakkâri İli Nüfusu (TÜİK 2015 Verileri)	17
Tablo 7. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Üretilen Elektriğe Uygulanan Satış Fiyatı (5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun).....	21
Tablo 8. Enerji Sektöründe Gelişmeler ve Hedefler (10. Kalkınma Planı).....	35
Tablo 9. Biyogazın Bileşimi ve Enerji Eşdeğeri(Kaya ve Öztürk, 2012)	36
Tablo 10. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Bazı Hammaddelerin Özellikleri(Kaya ve Öztürk, 2012).....	36
Tablo 11. Van İli Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Sayıları	38
Tablo 12. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)	38
Tablo 13. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010).....	38
Tablo 14. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)....	39
Tablo 15. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Türkiye Şartları (Kaya ve Öztürk, 2012).....	41
Tablo 16. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Almanya Verileri (FNR, 2010).....	41
Tablo 17. Hakkâri İli Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Sayıları.....	43
Tablo 18. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)	43
Tablo 19. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010).....	43
Tablo 20. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)....	44
Tablo 21. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Türkiye Şartları (Kaya ve Öztürk, 2012).....	46
Tablo 22. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Almanya Verileri (FNR, 2010).....	46
Tablo 23. Muş İli Büyükbaş, Küçükbaş ve Kümües Hayvanı Sayıları	48
Tablo 24. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)	48

Tablo 25. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010).....	49
Tablo 26. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)....	50
Tablo 27. Kümes Hayvanı Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)	51
Tablo 28. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Türkiye Şartları (Kaya ve Öztürk, 2012).....	52
Tablo 29. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Almanya Verileri (FNR, 2010).....	52
Tablo 30. Bitlis İli Büyükbaş, Küçükbaş ve Kümes Hayvanı Sayıları.....	54
Tablo 31. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)	55
Tablo 32. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010).....	55
Tablo 33. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)....	56
Tablo 34. Kümes Hayvanı Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)	57
Tablo 35. TRB2 Bölgesi Büyükbaş, Küçükbaş Ve Kümes Hayvanı Sayıları	59
Tablo 36. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)	59
Tablo 37. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010).....	60
Tablo 38. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)....	61
Tablo 39. Kümes Hayvanı Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)	62
Tablo 40. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Türkiye Şartları (Kaya ve Öztürk, 2012).....	63
Tablo 41. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Almanya Verileri (FNR, 2010).....	63
Tablo 42. Kesikli Sistemlerin Üstünlük ve Olumsuzlukları.....	70
Tablo 43. Sabit Kubbeli Biyogaz Tesislerinin Üstünlük ve Olumsuzlukları	74
Tablo 44. Hareketli Kubbeli Tip Biyogaz Tesislerinin Üstünlük ve Olumsuzlukları	79
Tablo 45. Balon Tipi Biyogaz Tesislerinin Üstünlük ve Olumsuzlukları	80
Tablo 46. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)	93
Tablo 47. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010).....	93
Tablo 48. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)....	95
Tablo 49. Biyogaz ve Doğalgazın Bileşim ve Özelliklerinin Karşılaştırılması (Persson ve Ark.,2006)	96
Tablo 50. Biyogaz ve Doğalgazın Belirli Özelliklerinin Karşılaştırılması	96
Tablo 51. Biyogazın Bileşimine Bağlı Olarak Özellikleri (0 °C, 1013 mbar)(Kaya ve Öztürk, 2012).....	98
Tablo 52. Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri’nden Alınan Büyükbaş, Küçükbaş ve Kümes Hayvanı Sayıları.....	104

Tablo 53. TRB2 Bölgesi İllerinde Atıklarının Toplanabileceği Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Sayıları	105
Tablo 54. Kullanılacak Reaktörlerin Boyutları	110
Tablo 55. TRB2 Bölgesi İlleri İçin Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Tesisleri Hayvan Sayıları, Atık Miktarları ve Biyogaz Tesisleri Sayıları	113
Tablo 56. Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri'nden Alınan Büyükbaş, Küçükbaş ve Kümes Hayvanı Sayıları	115
Tablo 57. TRB2 Bölgesi İllerinde Atıklarının Toplanabileceği Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Sayıları	116
Tablo 58. Kullanılacak Reaktörlerin Boyutları	120
Tablo 59. TRB2 Bölgesi İlleri İçin Kurulabilecek 1 MW'lık Biyogaz Tesisleri Hayvan Sayıları, Atık Miktarları ve Biyogaz Tesisleri Sayıları	123
Tablo 60. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Üretim Tesisi Proje Uygulama Planı	127
Tablo 61. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 1 MV'lık Biyogaz Üretim Tesisi Proje Uygulama Planı	129
Tablo 62. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek Küçük Ölçekli Biyogaz Üretim Tesisi Yatırım Maliyetleri	130
Tablo 63. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek Küçük Ölçekli Biyogaz Üretim Tesisi İşletme Maliyetleri	130
Tablo 64. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 200 MW'lık Biyogaz Üretim Tesisi Yatırım Maliyetleri	131
Tablo 65. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Üretim Tesisi İşletme Maliyetleri	132
Tablo 66. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 1 MW'lık Biyogaz Üretim Tesisi Yatırım Maliyetleri	132
Tablo 67. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 1 MW'lık Biyogaz Üretim Tesisi İşletme Maliyetleri	133
Tablo 68. TR2 Bölgesinde Kurulabilecek Olan Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi Yıllık Getirisi	134
Tablo 69. TRB2 Bölgesinde Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Tesisi Yıllık Gelir Tablosu	135

Tablo 70. TRB2 Bölgesinde Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Tesisi Yıllık Gelir-Gider Tablosu	135
Tablo 71. TRB2 Bölgesinde Kurulabilecek 1 MW'lık Biyogaz Tesisi Yıllık Gelir Tablosu	136
Tablo 72. TRB2 Bölgesinde Kurulabilecek 1 MW'lık Biyogaz Tesisi Yıllık Gelir-Gider Tablosu	136

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.Proje Yönetim Şeması	1
Şekil 2.Örnek Biyogaz Tesisi Şematik Gösterimi	7
Şekil 3.TRB2 Bölgesi 2014-2023 Bölge Planı Gelişim Eksenli Diyagramı.....	20
Şekil 4.TRB2 Bölgesi Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Haritası	25
Şekil 5.Dünya Birincil Enerji Tüketimi Kaynaklar Bazında Sınıflandırılması(BP Statistical World Review of .Energy, 2013)	30
Şekil 6.Yenilenebilir Enerji Kurulu Kapasitenin Dünya Elektrik Üretimi İçindeki Payı(Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu-REN21, 2011)	31
Şekil 7.Türkyede’de Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı(T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verileri, 2011).....	33
Şekil 8.Tam Karışımli Sürekli Tip Sistem	68
Şekil 9.Kesikli Tip Reaktörlerin Farklı Tasarımları	68
Şekil 10.Kesikli Tip Ardışık Reaktör Tasarımları	69
Şekil 11.Basit Biyogaz Tesisleri	71
Şekil 12.Sabit Kubbeli Tip Biyogaz Tesisi	71
Şekil 13.Hareketli Kubbeli Tip Biyogaz Tesisi	72
Şekil 14.Sabit Kubbeli Biyogaz Tesisinin Yapısı	73
Şekil 15.Sabit Kubbeli(Çin Modeli) Biyogaz Tesisi	73
Şekil 16. Sabit Kubbeli Biyogaz Tesisinin Bileşenleri	75
Şekil 17.Hareketli Kubbeli Tip Biyogaz Tesisi	76
Şekil 18.Hareketli Kubbeli Tip(Hindistan Modeli) Biyogaz Tesisi.....	77
Şekil 19.Hareketli Kubbeli Tip Biyogaz Tesisinin Yapısı.....	78
Şekil 20.Balon Tipi Biyogaz Tesisi	80
Şekil 21.Balon Tipi Biyogaz Tesisi Tasarımı	81
Şekil 22.Birleşik Gaz Tutucusu Olan Biyogaz Tesisindeki Başlıca Üniteler	83
Şekil 23.Ayrı Gaz Tutucusu Olan Biyogaz Tesisindeki Başlıca Üniteler	83
Şekil 24.Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi Akım Şeması(Yer altına gömmeli tasarım)	92
Şekil 25.Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi Akım Şeması(Zemin üstü tasarım)	92
Şekil 26.Biyogazın Kullanım Alanları	97

Şekil 27. Biyogaz Yakma Ünitesi ve Bölümleri	99
Şekil 28. Biyogaz Sobası	101
Şekil 29. Biyogazla Çalışan Labma	102
Şekil 30. Enerji Dönüşüm Grafiği.....	106
Şekil 31. Biyogaz Üretiminin Bekletme Süresi İle Değişimi(Kaya ve Öztürk, 2012)	111
Şekil 32. Kurulabilecek 200 kW' lık Biyogaz Tesisi Akım Şeması.....	112
Şekil 33. Enerji Dönüşüm Grafiği.....	117
Şekil 34. Biyogaz Üretiminin Bekletme Süresi İle Değişimi(Kaya ve Öztürk, 2012)	121
Şekil 35. Kurulabilecek 1 MW' lık Biyogaz Tesisi Akım Şeması	122
Şekil 36. Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Tesisleri Organizasyon Şeması.....	126
Şekil 37. Kurulabilecek 1 MW'lık Biyogaz Tesisleri Organizasyon Şeması	128
Şekil 38. Maliyet-Etkinlik Düzlemi(Drummond ve diğ., 2006; Akt, Özgen ve Tatar, 2007)	139
Şekil 39. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	140

RESİMLER

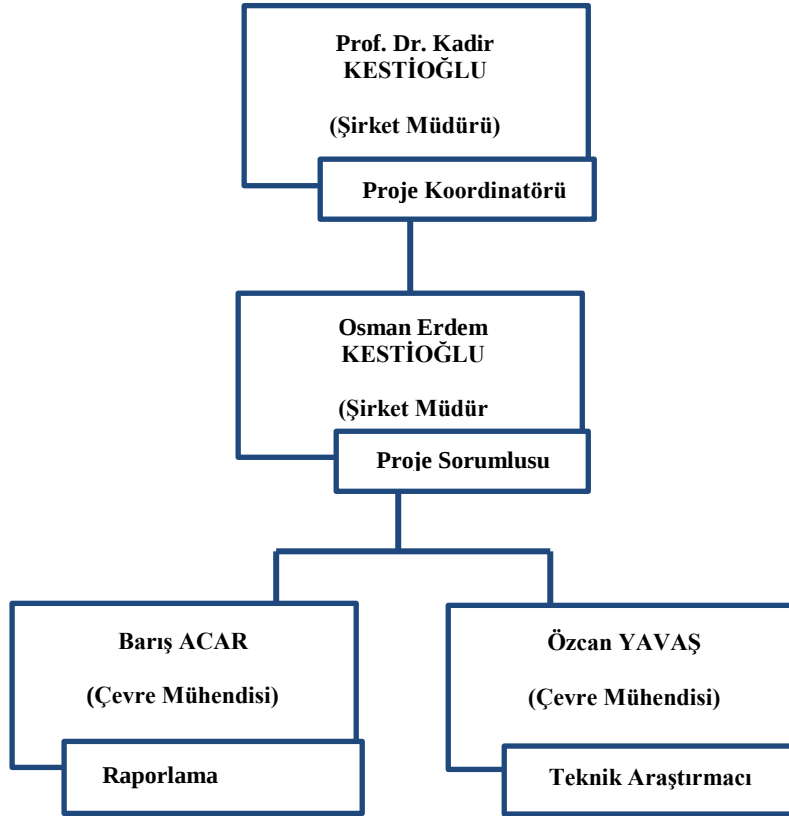
Resim 1. Van İli Merkez İlçesi Genel Görünümü	11
Resim 2. Bitlis İli Merkez İlçesi Genel Görünümü	13
Resim 3. Muş İli Merkez İlçesi(Muş) Genel Görünümü	15
Resim 4. Hakkâri İli Merkez İlçesi Genel Görünümü	17
Resim 5. 2,2 MV Kapasiteli Biyogaz Tesisi-1	86
Resim 6. 2,2 MV Kapasiteli Biyogaz Tesisi-2	87
Resim 7. 2,2 MV Kapasiteli Biyogaz Tesisi-3	87
Resim 8. 100 kW Kapasiteli Biyogaz Tesisi-1	88
Resim 9. 100 kW Kapasiteli Biyogaz Tesisi-2	89
Resim 10. Biyogaz Üretim Tesislerinde Kullanılan Örnek Kojenerasyon Ünitesi	107
Resim 11. Biyogaz Üretim Tesislerinde Kullanılan Örnek Kojenerasyon Ünitesi	118

1.PROJE KADROSU

“Dap Bölgesi Kırsal Alanda Biyogaz Üretimine Yönelik Sektör Raporu Hazırlanması Projesi” kapsamında ULUÇEV olarak çalışan mühendislik kadrosu şu şekildedir.

- Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU (Şirket Müdürü)
- Çevre Mühendisi O. Erdem KESTİOĞLU (Şirket Müdür Yardımcısı)
- Çevre Mühendisi Barış ACAR
- Çevre Mühendisi Özcan YAVAŞ

Projede görev alacak ekibin Yönetim Şeması Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Proje Yönetim Şeması

2.GİRİŞ

Enerji, ekonomik ve sosyal gelişmişliğin bir göstergesi olarak insanoğlunun vazgeçilmez bir ihtiyacıdır. Enerji yaşam kalitesinin artırılmasında etken olduğu gibi, teknolojik üretim ve gelişim için hayati derecede önemlidir. Enerji tanımı içinde yer alan fosil kökenli yakıtlar ve yenilenebilir enerjilerin kaynağı güneştir. Buna göre, bu enerjilerin tanımlanmaları ve dâhil edildikleri gruplar üçe ayrılır:

- a) Yerin altında kalan bitkilerin ve canlıların bataklık alanlarda birikmesi sonucu oluşan tabakaların değişime uğramasıyla meydana gelen “Fosil Kökenli Yakıtlar,”
- b) Potansiyeli mevcut olan ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanımı artan “Yeni Enerji” kaynakları,
- c) Tükenmeyen ve eksilmeyen “Yenilenebilir Enerji” kaynaklarıdır.

Fosil kökenli yakıtlardan oluşan enerji kaynaklarına alternatif olarak günümüzde hızla önem kazanan, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları Tablo 1’de gösterilmiştir(TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, 2008).

Dünyada fosil kökenli yakıtların rezervleri sınırlı olup gelecekte tükeneceği bilimsel çalışmalarla ispatlanmıştır. Bugünkü tüketim hızıyla; petrolün 40-45 yıl, doğal gazın 60-65 yıl ve kömürün 140-150 yıl sonra tükeneceği bilim adamları tarafından bildirilmektedir. Bu durum, yeni ve yenilenebilir enerjilere yönelimi hızlandırmakta ve gelecek nesillere hazırlık olarak vazgeçilmez bir gereklilik arz etmektedir.

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunması ve sürekliliğinin sağlanması günümüzde ihtiyaç olmaktan çıkıp bir zorunluluk haline gelmiştir. Bunun en önemli sebeplerinden biri de fosil kökenli yakıtların yoğun bir şekilde tüketimi, sera gazı oluşumuna kaynak teşkil ederek, küresel iklim değişikliklerine ve birçok çevre kirliliğine neden olmasıdır. Bilindiği gibi sera gazlarının içeriğinde yer alan ağırlıklı maddelerin başında karbondioksit (CO₂) ve metan gazı gelmektedir. Bunların yanında, kükürt, parçacık madde, azot oksit (NO), kurum ve kül gibi atıklar da çevreyi kirletmektedir. Bu yüzden fosil kökenli yakıtlardan üretilen enerjinin toplam maliyeti bulunurken, uzun sürede meydana gelebilecek çevre ve insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri de bu maliyetlerin içine dâhil edilmesi gerekmektedir. Temiz enerji çarelerinin hayata etken bir şekilde geçirilmesi şarttır. Günümüzde birincil enerji üretiminin çok büyük bir oranı fosil yakıtlardan elde edilmektedir. 2006 yılında dünya birincil enerji

üretiminde fosil kaynakların payı yaklaşık %79, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı % 18 ve nükleer enerjinin payı ise % 3'tür(TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, 2008).

Öte yandan, dünyada 2006 yılı yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim kapasitesi; elektrik santrallerinde 980 GW, ısıtma amaçlı olanlarda 373 GW'tır(TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, 2008). Biyodizel ve etanol üretiminin toplamı ise 45 milyar litre/yıl olarak gerçekleşmektedir(TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, 2008). Tüm bu bilgiler dikkate alındığında yenilenebilir enerjilerin önemi her geçen gün hızla artmakta ve kullanımının da yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır.

Yenilenebilir enerjilerin bir türü olan biyogaz, biyoyakıtların içerisinde yer almaktadır. 1990'larda biyogazdan elektrik enerjisi üretimi dünyada yaklaşık 5000 GWh iken, 2000'li yıllarda bu rakam 12048 GWh seviyesine ulaşmıştır. Bu rakamlar sırasıyla ABD'de 4984 GWh, İngiltere'de 2556 GWh, Almanya'da 1683 GWh, İtalya'da 566 GWh, Fransa'da 346 GWh, olarak tespit edilmiştir(TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, 2008). Biyogazın yaygın olarak üretilmesinde en büyük etken, biyogazdan elektrik enerjisi üretiminin yapıldığı ülkelerde bu enerjinin en az uygulanan perakende tarifeyle yakın bir fiyatla satın alınması ve organik atıkların işlenmesinin yasal bir zorunluluk haline getirilmesidir. Dünyada Biyogaz Tesisi sayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Dünya Biyogaz Tesis Sayıları (Çevre ve Orman Bakanlığı; Almanya Biyogaz Derneği, 2013; YEGM, 2013)

Ülkeler	Biyogaz Tesisi Sayıları
Çin	7.000.000
Hindistan	2.290.000
Nepal	49.500
Kore	29.000
Almanya	7.900
Türkiye	36

Ayrıca, gaz motorlarında biyogaz kullanılarak elektrik enerjisi üretilmesi, biyogazın önemini artırmıştır. Günümüzde yapılan biyogaz üretimiyle organik atıklar değerlendirilmekte ve bunlar sterilize edilerek çevreye olabilecek zararları önlenmektedir. Böylece, toprak ve su temizliği sağlanmakta, doğal denge korunurken, temiz enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Üstelik üretim sonrası çıkan atıklar, bitkisel üretimde toprağı zenginleştirici bir gübre olarak kullanılmaktadır.

Türkiye de ise, gelişme süreci devam eden ve nüfusu hızla artmakta olan her ülke gibi, ülkemiz sanayileşme ile hedeflerine ulaşmaya çalışmaktadır. Bu büyüme ile beraber ülkenin enerjiye olan ihtiyacı oldukça artmıştır. İhtiyacı karşılamak adına ülkemizde çeşitli yöntemler ile elektrik enerjisi üretilmektedir. Geleneksel elektrik enerjisi üretim sistemleri, doğal kaynakların tüketilmesi ve çevresel açıdan onarımı mümkün olmayan olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir.

Çevreye verilen değerin artmasıyla birlikte tüm dünya üzerinde yenilenebilir enerji kaynakları büyük önem kazanmakta ve hızla gelişim göstermektedir. Türkiye'nin yenilebilir enerji potansiyeli ve kullanım oranları Tablo 2'de verilmiştir. Yapılan araştırmaya göre Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları mevcut potansiyelinin yaklaşık olarak %10'u kullanılmaktadır.

Tablo 2. Türkiye Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Kullanım Durumu (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Müdürlüğü, Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Stratejisi ve Politikaları, 2015)

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Mevcut Potansiyel	Kullanılan Potansiyel
Hidroelektrik	160.000 GWh/yıl	35 GWh/yıl
Güneş	1.520 kWh/m ² -yıl	160.000 MWh/yıl
Biogaz	120.000 MWh/yıl	1.000 MWe
Rüzgâr	48.000 MW	803,65 MW
Jeotermal	31.500 MWt	404,9 MWe

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütleden enerji üretimi Avrupa’da, özellikle Almanya’da üretilen enerjinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Almanya’da yaklaşık olarak 7.900 adet biyogaz tesisi mevcuttur ve ülke hızlı bir biçimde geleneksel elektrik enerjisi üretim sistemlerinden vazgeçip, tamamen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı tesislere yönelmiştir (Almanya Biyogaz Derneği, 2013).

Türkiye’de biyogaz potansiyelinin ileri düzeyde olduğu belirtilmektedir. Daha çok kentsel atıkların katı yakıt olarak kullanıldığı çeşitli biyogaz tesisleri bulunmaktadır. 2000 yılı itibarıyla Bursa’da AKSA Enerji tarafından kurulan 1,4MW gücündeki santral, Ankara’da biyogaz ile çalışan 3,4 MW gücündeki santral, Kocaeli’nde İZAYDAŞ tarafından kurulan 5,4 MW gücündeki santral, Balıkesir’de BAGFAŞ tarafından kurulan ve fabrika atıklarının kullanan 10,0MW gücündeki santral ile Bandırma Asit Fabrikası tarafından kurulan 23,8 MW gücündeki santraller, atık kullanarak çalıştırılan santrallerdir.

Tarımsal ve hayvansal kaynaklı organik atıkların kontrolsüz bir biçimde bertaraf edilmesi veya depolanması koku oluşumuna, ayrıca yer altı ve yüzeysel suların kirlenmesine neden olmaktadır. Türkiye’de yılda yaklaşık olarak 11 milyar ton hayvansal dışkı oluşmaktadır.(RNR, 2010). Bu atıkların değerlendirilmesi ülke ekonomisi ve çevre sağlığı açısından oldukça önemlidir.

TRB2 Bölgesi (Van, Bitlis, Muş ve Hakkâri) değerlendirildiğinde tarımsal ve hayvansal açıdan büyük potansiyele sahiptir. Geçim kaynaklarının sınırlı olduğu bölgede hayvancılık ve tarım oldukça önemli bir yere sahiptir. Ancak tarımsal ve hayvansal atıkların kontrolsüz bir biçimde depolanması bölgedeki su kaynaklarının ve havanın kirlenmesine neden olmaktadır.

3.PROJENİN TANIMI VE KAPSAM

3.1.Projenin Adı

Dap Bölgesi Kırsal Alanda Biyogaz Üretimine Yönelik Sektör Raporu Hazırlanması Projesi

3.2.Projenin Amacı

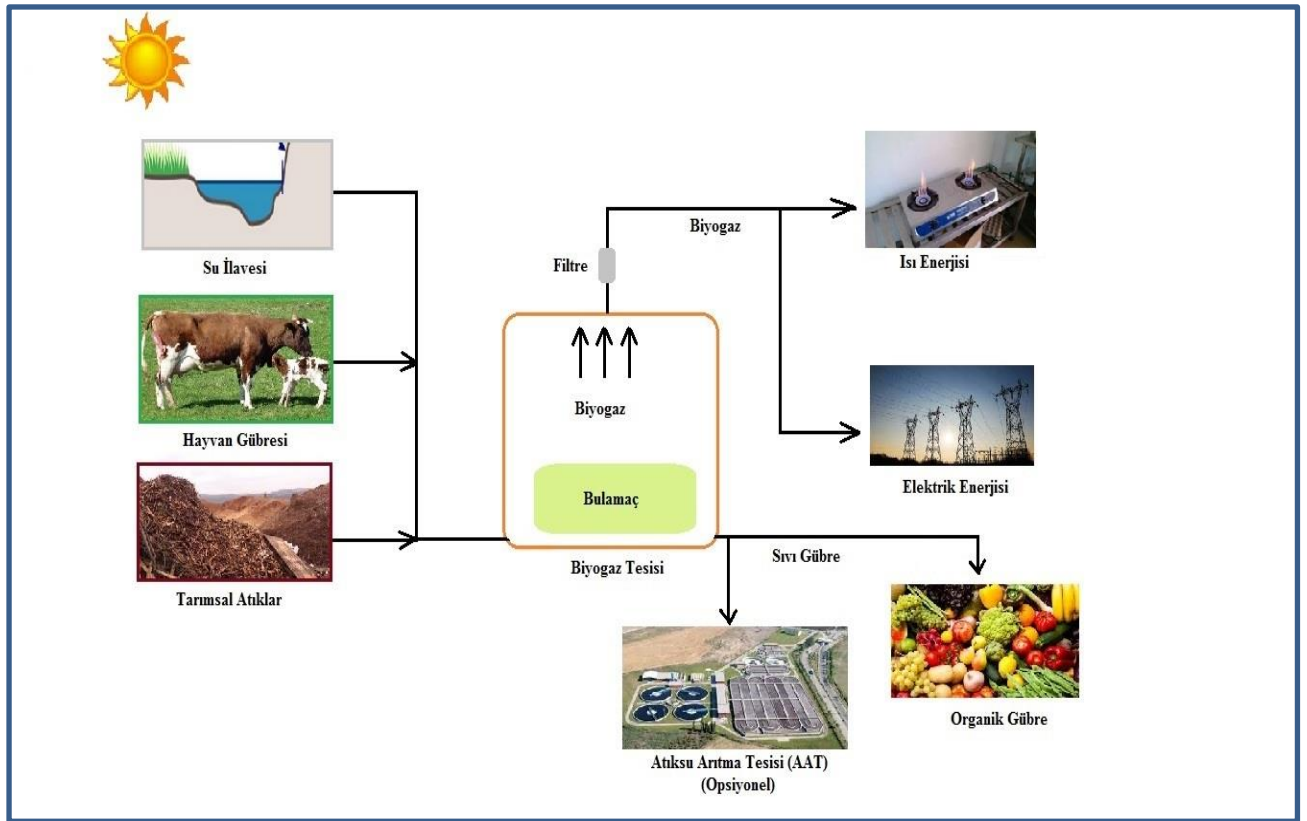
TRB2 bölgesi (Van, Bitlis, Muş ve Hakkâri) endüstriyel faaliyetlerin az olduğu, temel geçim kaynağı hayvansal ve tarımsal üretim olan bir bölgedir. TRB2 bölgesi SEGE 2011 yılı illerin gelişmişlik sıralamasına göre Türkiye’ nin en geri kalmış illerinden oluşmaktadır. TRB2 bölgesi 2014-2023 Bölge Planı, Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı tarafından, gelişmişlik bakımından ülke ortalamasının altında kaldığı alanların tespit edilmesi ve desteklenmesi amacı ile oluşturulmuştur (TRB2 Bölgesi Bölge Planı -Mart 2014).

TRB2 Bölgesi illeri incelendiğinde, Van İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2015 yılı verilerine göre Van ilinde 167.000 adet büyükbaş hayvan, 2.500.000 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Bitlis İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2015 yılı verilerine göre Bitlis ilinde 60.839 adet büyükbaş hayvan, 701.354 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır ve 68.241 adet kümes hayvanı bulunmaktadır. Muş İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2015 yılı verilerine göre Muş ilinde 270.000 adet büyükbaş hayvan, 2.500.000 adet küçükbaş hayvan ve 45.000 adet kümes hayvanı bulunmaktadır. Hakkâri İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2015 yılı verilerine göre Hakkâri ilinde 32.000 adet büyükbaş hayvan, 941.000 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Bu hayvanlardan yıllık yaklaşık 31 milyon 330 bin ton hayvan gübresi meydana gelmektedir. Bu gübrelerin bir kısmı organik gübre olarak tarımda kullanılmakta ancak diğer bir kısmı ise sivrisinek ve diğer haşeratlar üreterek, koku yayarak çevresel problem yaratmaktadır. Büyük üreticiler hayvan atıklarının bertarafı konusunda münferit çözümler üretirken, küçük üreticiler ve çiftlikler hayvansal atıklarını atıksu kanallarına ya da toprak kirliliği oluşturacak şekilde, düzensiz olarak depolanmakta ya da toprağa dökülmektedir.

Tarımsal kaynaklı atıkların bertarafı konusunda yapılan çalışmalar yetersizdir. Özellikle çim atıkları, tarımsal ve üretimden kaynaklanan atıklar direk olarak belediye depolama alanlarına gönderilmektedir. Tüm bu atıkların önlem alınmadan doğaya bırakılması ya da depolanması, çevresel açıdan birçok probleme neden olmaktadır. Özellikle depolanan ya da önlem alınmadan çevreye bırakılan hayvan atıkları koku ve hijyen problemlerine neden olmakta, yer

altı sularına karışması durumunda nitrat problemlerine yol açmaktadır. Aynı zamanda, nitrat oksitleri ve metan gazı olarak, sera gazı oluşumunu desteklemektedir.

Gelişen teknolojiler ve dünya uygulamalarındaki başarılı sonuçları ile beraber, tarım ve hayvancılığın hala yaygın bir şekilde yapıldığı ülkemizde organik atıklardan Şekil 2’de şematik gösterimi verilmiş biyogaz dönüşümünün yapılması, hem çevresel problemlerin çözümünde, hem de atığı bir girdi olarak kullanarak enerji elde edilmesi yönünde ekonomik ve çevreci bir çözüm olarak gözükmektedir.



Şekil 2. Örnek Biyogaz Tesisi Şematik Gösterimi

Şekil 2’ de genel girdi ve çıktıları verilen biyogaz tesisinin çalışma prensibi kısaca şu şekilde özetlenebilir. Biyokütlenin Biyogaz tesislerinde işlenmesi sonucunda temelde üç çeşit çıktı alınır.

- 1-Elektrik Enerjisi
- 2-Isı
- 3-Organik Gübre

Biyogaz tesisinin çalışma prensibi şu şekildedir:

Bakteriler ve diğer bazı mikroorganizmalar kullanılarak çürütücü içindeki biyokütle ayrıştırılarak fermente edilir. Fermantasyon sonucunda oluşan metan kojenerasyon ünitesinde (gaz jeneratörlerinde) yakılarak elektrik enerjisine dönüştürülür. Üretilen elektrik ya lokal alanda kullanılır ya da elektrik şebekesine verilir. Biyogazın yanması sırasında oluşan ısı'nın çeşitli alanlarda kullanılması mümkündür. Oluşan ısı gübre kurutulmasında, sera ve evlerde ısınmada ve daha birçok alanda kullanılabilir. Biyogaz işlemi sonucunda oluşan fermantasyon atıkları da tarım sektöründe yüksek kaliteli gübre olarak kullanılabilir.

2015 yılı ile beraber, yerel ve ulusal yönetimin yenilenebilir enerji konusundaki hassasiyeti, açıklanan enerji politikalarından ve gerek kalkınma ajansları gerekse diğer yatırım desteklerinden anlaşılabilir.

TRB2 Bölgesi Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi, sürdürülebilir ve çevreye zarar vermeden, hayvansal ve tarımsal atıklardan enerji elde edilmesi çalışmalarını kapsamaktadır. Yapılan çalışma ile beraber TRB2 bölgesindeki organik atık potansiyeli belirlenmiş olacak, kurulabilecek biyogaz tesisleri için tasarım yapılmış olacaktır. Aynı zamanda projede, kurulabilecek biyogaz tesisinin amortisman süresi, elde edilecek çıktılarının nasıl değerlendirileceği ve oluşacak atıksuların nasıl arıtılacağı ile ilgili planlamaları da içermesi hedeflenmektedir.

3.3.Projenin Türü

Yapılan çalışma etüt-fizibilite ve sektör raporu hazırlama projesidir ve TRB2 Bölgesinde bulunan organik atıklardan elde edilecek enerjinin belirlenmesini, bu atıkların toplanmasının, taşınmasının ve bertarafının sağlanmasını kapsamaktadır.

3.4.Projenin Teknik İçeriği

DAKA 2014-2023 Bölge Planı'nda TRB2 Bölgesi'nde enerji kullanımındaki verimliliğin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması belirtilmiştir ancak bölgede yenilenebilir enerji potansiyeli etkin olarak kullanılamamaktadır. Tarım ve hayvancılığın yoğun olması nedeniyle TRB2 Bölgesi yüksek biyokütle enerji potansiyeline sahiptir. Yenilenebilir kaynaklara yönelim TRB2 Bölgesinde diğer katı atıkların bertarafına yönelik oluşan sorunların da azalmasını sağlayacaktır.

Bu etüt-fizibilite çalışması kapsamında, TRB2 Bölgesinde organik atıklarının miktarları ve türleri belirlenecek, bu atıkların çevreye olan olumsuz etkileri araştırılacaktır. Etüt-fizibilite çalışması kapsamında organik atıkların bertarafını sağlayan Biyogaz Tesis ya da Tesislerinin boyut seçimi yapılacak, örnek bir proje oluşturularak, organik atıklardan üretilebilecek elektrik ve ısı enerjisi miktarları belirlenecektir. Ayrıca TRB2 Bölgesinde kurulacak olan Biyogaz Üretim Tesisi' nin yatırım, işletme maliyetleri hesaplanacak ve elektrik-ısı enerjisinin gelir olarak kazanımları belirlenecektir.

3.5.Hedef Aldığı Kitle ve/veya Bölge

Proje kapsamında TRB2 Bölgesi' nde potansiyel organik atıklardan biyogaz ve organik gübre elde edilecek, TRB2 Bölgesi' nde atıkların bertarafı sağlanarak hem çevreye olan olumsuz etkileri önlenerek hem de ekonomik olarak bir katkı sağlanmış olacaktır. Bu projenin girdilerini TRB2 Bölgesi' ndeki atıklar oluşturduğundan bu atıkların değerlendirilmesiyle oluşan olumlu sonuçlardan da Van, Bitlis, Muş ve Hakkâri halkı yararlanacaktır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmesi teşvik edilerek ülkemizde hava kirliliğinin önlenmesi sağlanacak ve Bölge/Ülke genelinde hava kirliliğinin engellendiği bir çevre sağlanmış olacaktır.

3.6.Proje Sahibi Kuruluş

“Dap Bölgesi Kırsal Alanda Biyogaz Üretimine Yönelik Sektör Raporu Hazırlanması Projesi” Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı'na aittir.

4.PROJENİN ARKA PLANI

4.1.TRB2 Bölgesi İlleri (Van, Bitlis, Muş ve Hakkâri) Tanıtımı

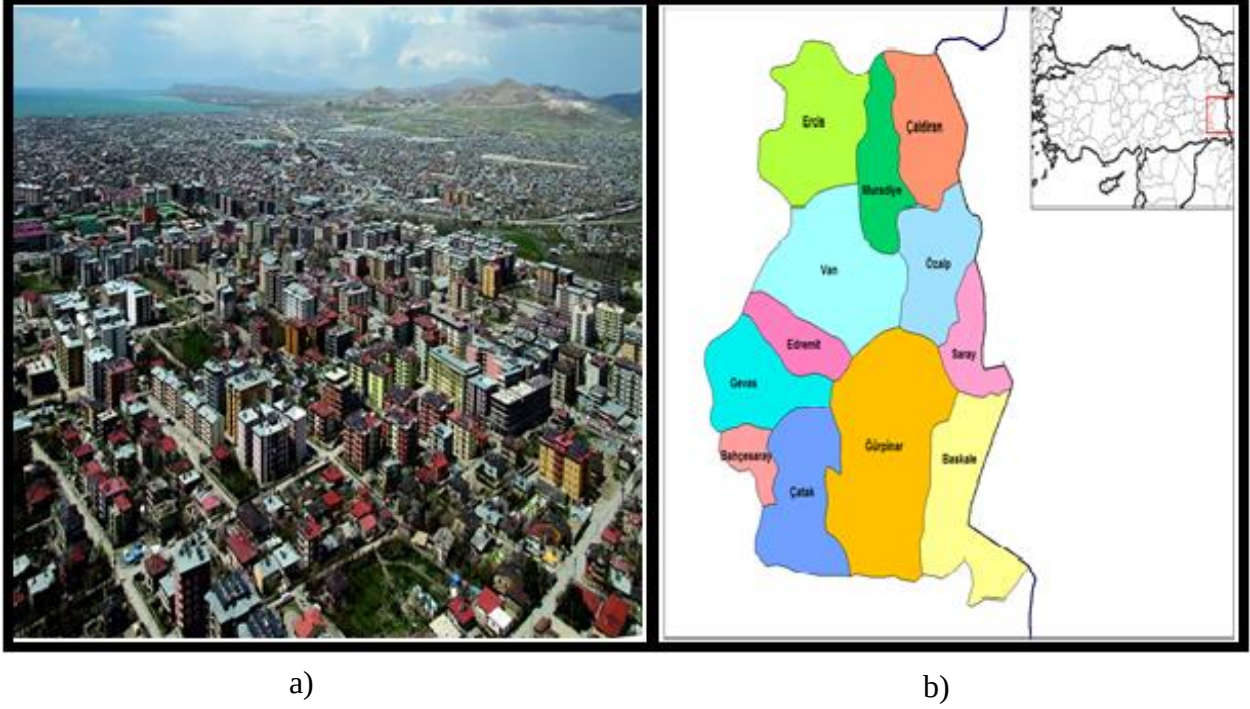
4.1.1.Van

Van ili, 2 Nisan 1918’ de düşman işgaline son verilerek “Bağlar Mevkii” denilen bugünkü yerine kurulmuştur. Van 1923 yılında vilayet olmuştur. Van, kuzeyde Ağrı ilinin Doğubeyazıt, Diyadin, Hamur ilçeleri; batıda Van Gölü ile Ağrı ilinin Patnos; Bitlis ilinin Adilcevaz, Tatvan ve Hizan ilçeleri, güneyden Siirt ilinin Pervari ilçesi, Şırnak ilinin Beytüşşebap ilçesi, Hakkâri ilinin Yüksekova ilçesi ile sınırlıdır. İlin doğusunda ise İran İslam Cumhuriyeti yer alır. Van ili yüzölçümü 21.334 km²’dir. Van ili deniz etkilerinden uzak ve yüksek dağlarla çevrili olduğundan genel olarak karasal iklim egemendir. Van ili 2015 yılı itibarıyla Türkiye’ nin en kalabalık on dokuzuncu şehridir. Anadolu’ nun en verimli kapalı havzası olan ilde tarım alanları toplam yüz ölçümünün %10’ nu kapsamaktadır. Tarım önemli geçim kaynaklarından olsa da çok tercih edilmemektedir. İlde En önemli geçim kaynağı hayvancılıktır. Özellikle küçükbaş hayvancılığın yapıldığı Van, Türkiye’ de en çok küçükbaş hayvanın bulunduğu ildir(Küçükbaş Hayvancılık Çalıştay Raporu, 2012).

Tablo 3. Van İli Nüfusu (TÜİK 2015 Verileri)

Yıl	Toplam Nüfus
2010	1.065.418
2011	1.022.532
2012	1.051.975
2013	1.070.113
2014	1.085.542
2015	1.096.397

Van ilinin nüfusu, 2015 verilerine göre 1.096.396 kişidir. Nüfusun 560.480 kişisi erkek, 535.917 kişisi kadındır. Erkek nüfus oranı %51, kadın nüfus oranı ise %49’ dur. Aynı nüfus sayımı sonuçlarına göre ilin nüfus yoğunluğu ise km² başına 51 kişidir. Nüfus bakımından en büyük ilçeleri sırasıyla Merkez, İpekyolu, Erciş, Tuşpa, Edremit, Özalp, Çaldıran, Başkale ve Muradiye’ dir. Nüfus bakımından en küçük ilçe ise Bahçesaray’ dır. Yüz ölçümü bakımından en büyük ilçesi Gürpınar, en küçük ilçe ise Edremit’ tir.



Resim 1. Van İli Merkez İlçesi Genel Görünümü (a) ve Van İli Siyasi Haritası (b)

Van'daki ilçe sayısı 12, belediye sayısı 20 ve köy sayısı ise 579'dur. Şehirleşme oranı, nüfus artış hızı, kişi başına gayri safi yurtiçi hâsıla, sanayi iş kolunda çalışanların toplam istihdama oranı bakımından Türkiye ortalamalarının altındadır. Tarım kolunda çalışanların toplam istihdam oranı ise Türkiye ortalamalarının üstündedir.

Hayvancılık ilin geleneksel geçim ve istihdam sektörüdür. Van'da hayvancılığın temel sektör olmasında il arazisinin önemli bölümünün çayır ve mera olmasının payı büyüktür. İlde tarımsal üretimi arttırmak amacıyla ürün değişikliği çalışmaları yapılmaktadır.

Ticaret, turizm ve sanayi faaliyetleri de ekonomide önemli yer tutmaktadır. İl ekonomisinde sanayi; hammaddeyi yerinde işlemek, ihtiyaçları temin etmek ve istihdama katkılarından dolayı önemli bir işlev görmektedir. İlde gıda ve içki, dokuma ve giyim, lastik-plastik sanayi tesisleri faaliyette bulunmaktadır. Van ili Saray ilçesi Kapıköy Sınır Kapısı üzerinde yapılan sınır ticaretinin il ekonomisinde önemli bir yeri bulunmaktadır.

4.1.2.Bitlis

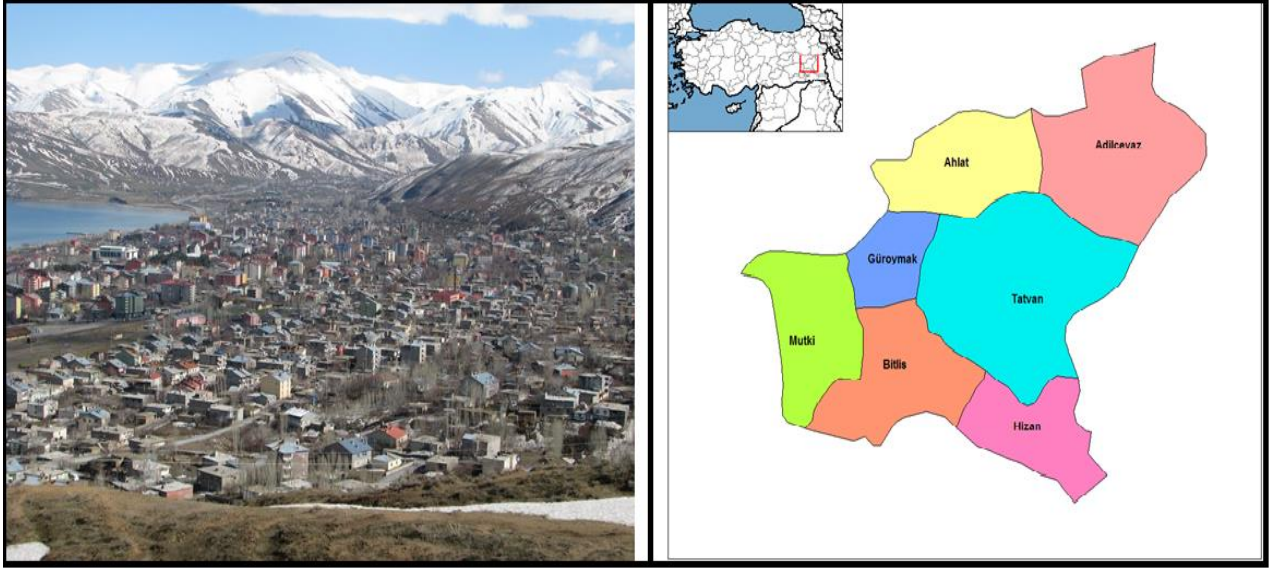
Bitlis ili 1514 yılında Osmanlıların eline geçmiştir. 1929 yılında Muş iline bağlı ilçe, 1936 yılında ise il olmuştur. İlin en doğu hudut noktasından en batı hudut noktasına kadar 144 km,

en kuzey noktasından en güney noktasına 120 km'dir. Bitlis ilinin yüzölçümü 7.095 km²'dir. Bitlis ili deniz seviyesinden 1.545 metre yüksekliktedir. Arazi, Anadolu yaylasına nazaran daha yüksek ve daha girintili çıkıntılıdır. Arazisinin % 71'i dağlık, % 3'ü yayla, %10,4'ü ova, % 15,6'sı dalgalıdır ve özel bir topografyası vardır. Bölgenin en dağlık ilidir. Hatta Hizan ve Mutki ilçelerinde hiç ova bulunmamakta ve dağlık arazinin oranı % 90'ı geçmektedir. İlin doğusunda Süphan 4.058 metre ile Türkiye'nin üçüncü büyük dağıdır. Nemrut Dağı ülkemizde en son faaliyete geçen volkanik dağdır. Yüksekliği 3.050 metre olan dağın üzerinde Türkiye'nin en büyük krater gölü bulunmaktadır. Ahlat Ovasıyla, bir düzlük gibi Bitlis'in kuzeydoğusundan Van Gölüne doğru uzayan, Rahva Ovasından başka büyük düzlüklere rastlanmaz. Karasal iklimin sürdüğü ilde hâkim bitki örtüsü step ve bozkırdır. Endüstriyel alanda gelişmemiş olan Bitlis ilinin %80' i tarım, hayvancılık ve ormancılıkla uğraşmaktadır. Büyük bir bölümünün dağlarla kaplı olduğu Bitlis ilinde, ekonomi tarıma dayalıdır. Hayvancılıkta koyun, keçi ve sığır beslenmektedir.

Tablo 4. Bitlis İli Nüfusu (TÜİK 2015Verileri)

Yıl	Toplam Nüfus
2010	328.767
2011	336.624
2012	337.253
2013	337.156
2014	338.023
2015	340.449

Bitlis ilinin nüfusu, 2015 verilerine göre 340.449 kişidir. Nüfusun 176.929 kişisi erkek, 163.520 kişisi kadındır. Erkek nüfus oranı %52, kadın nüfus oranı ise %48' dur. Aynı nüfus sayımı sonuçlarına göre, ilin nüfus yoğunluğu ise km² başına 38 kişidir. Nüfus bakımından en büyük ilçeleri sırasıyla Tatvan, Merkez, Güroymak, Ahlat ve Hizan'dır. Yüz ölçümü bakımından en büyük ilçesi Adilcevaz, en küçük ilçesi Güroymak'tır.



a)

b)

Resim 2. Bitlis İli Merkez İlçesi Genel Görünümü (a) ve Bitlis İli Siyasi Haritası (b)

Bitlis'teki ilçe sayısı 7, belediye sayısı 15 ve köy sayısı ise 343'tür. Bitlis ilinde bulunan Bitlis Eren Üniversitesi 2007 yılında kurulmuştur.

Bitlis ili şehirleşme oranı, nüfus artış hızı, kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla, sanayi iş kolunda çalışanların toplam istihdama oranı bakımından Türkiye ortalamalarının altındadır. Tarım kolunda çalışanların toplam istihdam oranı ise Türkiye ortalamalarının üstündedir. Bitlis ili doğal kaynaklarının yetersizliği yanında altyapı yetersizliği gibi nedenlerle geri kalmış bir ekonomik yapıya sahiptir. Bitlis'in büyük bir bölümünün dağlık, kayalık ve ormanlık olması nedeniyle bitkisel üretim yapılan alanlar çok sınırlıdır. Tarım ve hayvancılık, Bitlis halkının temel geçim kaynağıdır. İlin en önemli geçim kaynağı olan hayvancılık, büyük ölçüde geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır. En çok küçükbaş hayvan yetiştirilmektedir. Bunun yanında, Bitlis'te arıcılık gelişmiş olup, Bitlis balı ülke düzeyinde tanınmaktadır. Bitkisel üretim açısından yetiştirilen önemli ürünler çavdar ve tütündür. Bitlis tütününü sert içimli ünlü bir tip olup, Bitlis Sigara Fabrikası'nda işlenmektedir. İlde yetiştirilen en önemli meyve ise ceviz olup, yüksek verimliliği ve kalitesi ile tanınmaktadır. Bitlis tarımında makineleşme 1970'lerde ve çok sınırlı bir şekilde başlamıştır. Tarımda teknolojik girdiler ve sulama da çok sınırlıdır. İlde sanayi işletmeleri devletçe 1930'lu yıllarda kurulmuş, sonraki yıllarda genişletilmiştir. Kamu sektörüne ait işletmeler Bitlis Sigara Fabrikası ve Arıcılık Araştırma Enstitüsü'dür.

4.1.3. Muş

Muş, doğudan Ağrı'nın Patnos ve Tutak, Bitlis'in Ahlat ve Adilcevaz; kuzeyden Erzurum'un Karayazı, Hınıs, Tekman, Karaçoban; batıdan Bingöl'ün Karlıova ve Solhan; güneyden ise Diyarbakır'ın Kulp, Siirt'in Sason ve Bitlis'in Güroymak ve Mutki ilçeleri ile çevrilidir. Yüzölçümü 8.067 km²'dir. Muş Güney Doğu Toros Dağları'nın uzantısı olan Haçreş Dağları'nın önemli zirvelerinden Kurtik Dağı'nın kuzeye bakan yamaçlarında, Çar ve Karni derelerinin aktıkları vadiler arasında kuruludur. Yüksek ve dağlık bir ildir. il alanının yaklaşık % 35'ini kaplayan dağlar, Güney Doğu Torosların uzantılarıdır. Rakım, genellikle 1 250 metrenin üzerindedir. Genç ve verimli alüvyonlarla örtülü ovalar, il yüzölçümünün % 27'sine yakınına kaplamaktadır. Murat Vadisi il topraklarını doğu-batı doğrultusunda parçalamıştır. Genellikle 1 500-1 700 m rakımlı platolar il alanının % 38'ini kaplamaktadır. Muş ilinde iklim karasal olup, kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları ise genellikle kısa ve serin geçmektedir. Bu iki mevsimin birbirine geçişi çabuk olduğundan ilkbahar ve sonbahar çok kısa sürer. Karasal iklimin etki sahası içinde yer alan Muş ilinin bitki örtüsü tiplerini step (bozkır) bitkileri, çayır otları ve meşe ormanları oluşturur.

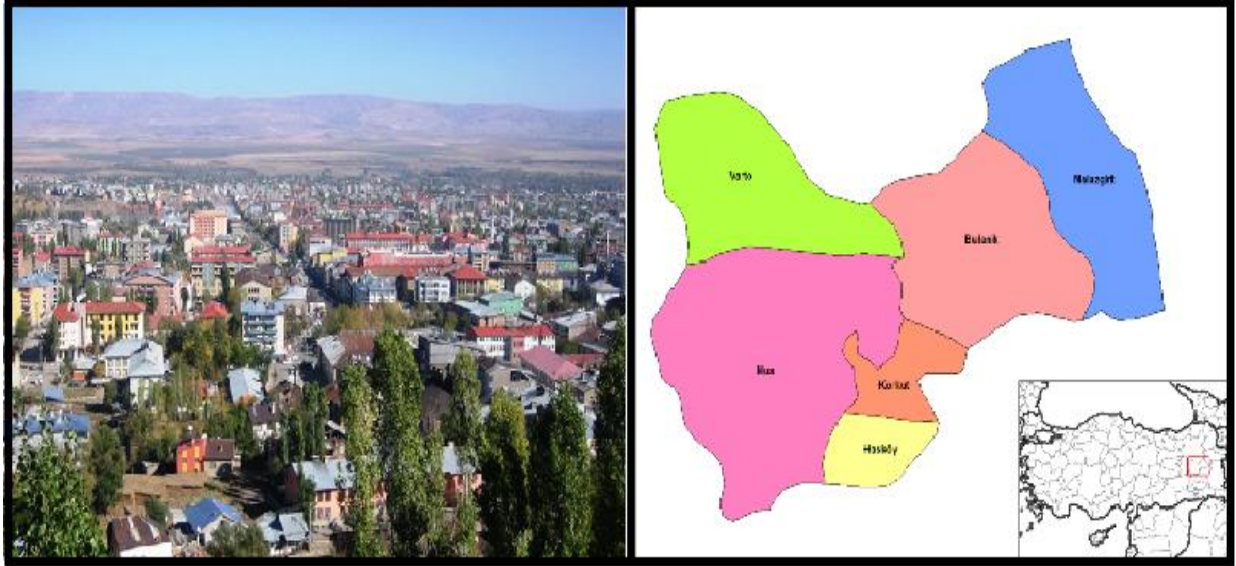
Muş ili iklimsel ve coğrafi özellikler sebebiyle ekonomik gelişme gösterememektedir. İlde sanayi gelişmemiştir. Muş ilinde ekonomik yapı temelde tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Sulanabilir ve düz arazilerin bulunmasından dolayı tarım, hayvancılığa göre daha fazla gelişim göstermektedir. Hayvancılıkta sektöründe daha çok küçükbaş hayvanlar beslenmektedir.

Tablo 5. Muş İli Nüfusu (TÜİK 2015 Verileri)

Yıl	Toplam Nüfus
2010	406.886
2011	414.706
2012	413.260
2013	412.553
2014	411.216
2015	408.728

Muş ilinin nüfusu, 2015 verilerine göre 408.728 kişidir. Nüfusun 208.329 kişisi erkek, 200.399 kişisi kadındır. Erkek nüfus oranı %51, kadın nüfus oranı ise %49' dur. Aynı nüfus

sayımı sonuçlarına göre, ilin nüfus yoğunluğu ise km^2 başına 51 kişidir. Nüfus ve yüzölçümü bakımından en büyük ilçeleri sırasıyla Merkez, Bulanık, Malazgirt, ve Varto'dur. Nüfus bakımından en küçük ilçesi Korkut; yüzölçümü bakımından en küçük ilçesi ise Hasköy'dür.



Resim 3. Muş İli Merkez İlçesi Genel Görünümü (a) ve Muş İli Siyasi Haritası (b)

Muş'taki ilçe sayısı 6, belediye sayısı 28 ve köy sayısı ise 361'tür. Muş ilinde bulunan Muş Alparslan Üniversitesi 2007 yılında kurulmuştur.

Muş ili şehirleşme oranı, nüfus artış hızı, kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla, sanayi iş kolunda çalışanların toplam istihdama oranı bakımından Türkiye ortalamalarının altındadır. Tarım kolunda çalışanların toplam istihdam oranı ise Türkiye ortalamalarının üstündedir.

Muş ili ekonomik açıdan geri kalmış bir ildir. Ekonomik yapı temelde tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Tarım ve hayvancılık büyük ölçüde geleneksel yöntemlerle yapıldığı için verim düşüktür. Sanayi gelişmemiştir. Muş Türkiye'nin 3. büyük ovası olmasına rağmen, ovoidan yeterince fayda sağlanamamaktadır. Sert iklim koşulları, Muş Ovası'nın drenaj sorunu, biriken suların taşkın ve erozyon tehdidi oluşturmaları gibi nedenler, ovada tarımsal faaliyetlerin sınırlayan faktörlerin başlıcalarıdır. Tarla olarak kullanılan alanda hububat, şeker pancarı, tütün ve ayçiçeği ekimi başta gelmektedir. İldeki temel bitkisel ürün ise buğdaydır. Muş'ta hayvancılık, tarım kesiminin en önemli alt sektörü olup, tümüyle meraya dayalı olarak

yapılmaktadır. İlde büyükbaş hayvanların büyük bölümü yerli ırk olduğundan, birim başına et ve süt verimi düşüktür.

Muş ili, sanayileşme açısından geri kalmıştır. Sanayinin gelişmemesinin temel nedenleri; sermaye birikiminin yetersizliği, iklim koşullarının olumsuzluğu ve hammaddenin kısıtlı oluşudur. Muş'ta ticari hayat, genel olarak il merkezinde canlılığını korumaktadır. Ticari faaliyet kolları içinde; gıda, giyim, inşaat malzemeleri, dayanıklı tüketim malları, tarımsal ürünler, canlı hayvan ve hayvansal ürünlerin alım ve satımı başta gelmektedir. İlde üretilip il dışına satılan bitkisel ürünlerden, nohut ve fasulye ilk sırada yer almaktadır. Hayvancılık alanında ise canlı hayvan ticareti il ekonomisine önemli katkı sağlamaktadır.

4.1.4.Hakkâri

Hakkâri ili, 1918' te düşman işgaline son verilerek 1933 yılında vilayet olmuştur. 1936 yılında il statüsü kazanmıştır. İl merkezinin denizden yüksekliği 1.720 m'dir. 7.179 km²'lik il alanı, güneyden Irak; doğudan İran toprakları; kuzeyden Van'ın Başkale, Gürpınar ve Çatak; batıdan Siirt'in Pervari ve Şırnak; güney batıdan Mardin'in Silopi ilçeleriyle çevrilidir. İl topraklarını, doğudan İran sınır dağları; kuzeyden Başkale ovaları, Karadağ, Nordüz Platosu, Terma Dağı; batısında ise Tanin dağları gibi doğal sınırlar kuşatır. Yeryüzü şekillerinin yaklaşık % 88'ini dağlar oluşturmaktadır. Van Gölü'nün güneydoğusuna düşen ve doğuda İran-Irak sınırına dek uzanan

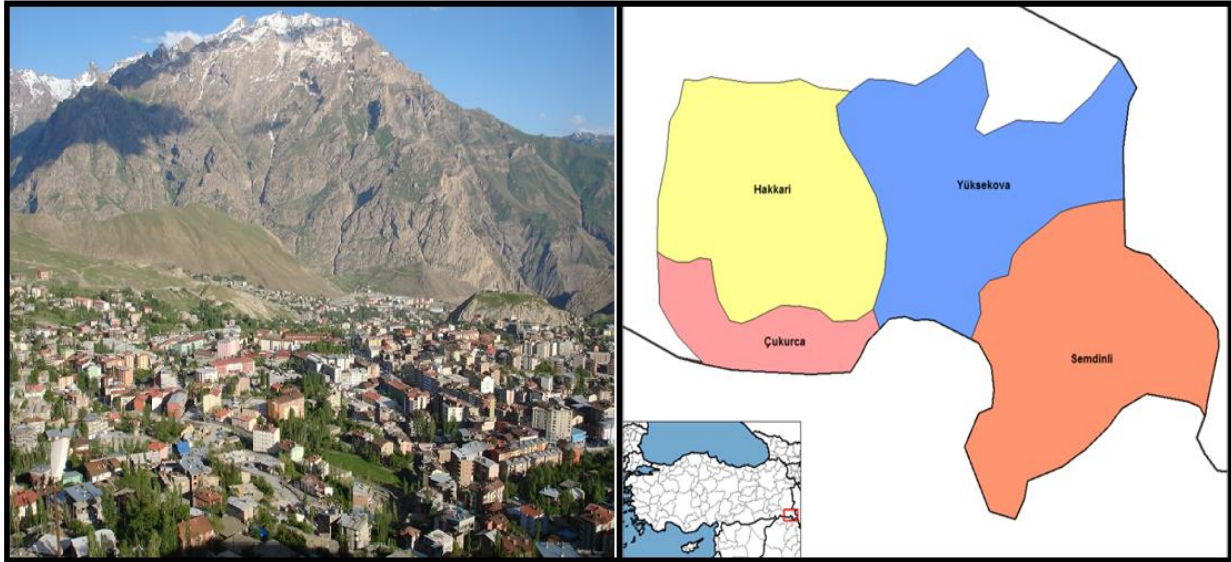
Hakkâri il alanı, Türkiye'nin en sarp ve dağlık yörelerinden biridir. Yüksek plato ve dağlar, genellikle kuzeyden güneye ve doğudan batıya uzanan havzalarla parçalanmış olmakla birlikte, vadilerin çok derin, dik ve genç olması nedeniyle, ovalık alanlar son derece sınırlıdır. Karasal iklimin hakim olduğu ilde genel olarak, kışlar soğuk ve sert, yazlar da bir o kadar sıcak geçer.

Hakkâri ili 2014 yılı sonu itibariyle Türkiye'nin en kalabalık altmış ikinci şehridir. Yüz ölçümü bakımından Türkiye'nin kırk yedinci büyük ilidir. Sert bir iklime sahip Hakkâri ilinde esas geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Ova ve vadilerin verimli olmasına rağmen iklimin sert, arazinin engebeli olmasından ve sulamaya elverişli olmamalarından dolayı geniş çapta tarım fazla yapılamamaktadır. Hayvancılığa dayalı ekonomide koyun, keçi ve sığır beslenmektedir.

Tablo 6. Hakkâri İli Nüfusu (TÜİK 2015 Verileri)

Yıl	Toplam Nüfus
2010	251.302
2011	272.165
2012	279.982
2013	273.041
2014	276.287
2015	278.775

Hakkâri ilinin nüfusu, 2015 verilerine göre 278.775 kişidir. Nüfusun 151.013 kişisi erkek, 127.762 kişisi kadındır. Erkek nüfus oranı %54, kadın nüfus oranı ise %46' dır. Aynı nüfus sayımı sonuçlarına göre, ilin nüfus yoğunluğu ise km² başına 39 kişidir. Nüfus ve yüzölçümü bakımından en büyük ilçeleri sırasıyla Yüksekova ve Merkez'dir. Nüfus ve yüzölçümü bakımından en küçük ilçeleri ise sırasıyla Çukurca ve Şemdinli'dir.



a)

b)

Resim 4. Hakkârî İli Merkez İlçesi Genel Görünümü (a) ve Hakkârî İli Siyasi Haritası (b)

Hakkârî'deki ilçe sayısı 4, belediye sayısı 8 ve köy sayısı ise 132'dir. Hakkârî ilinde bulunan Hakkârî Üniversitesi 2008 yılında kurulmuştur.

Hakkâri ili şehirleşme oranı, nüfus artış hızı, kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla, sanayi iş kolunda çalışanların toplam istihdama oranı bakımından Türkiye ortalamalarının altındadır. Tarım kolunda çalışanların toplam istihdam oranı ise Türkiye ortalamalarının üstündedir.

Hakkâri’de ekilebilir tarım arazisi sınırlı olduğundan yüzyıllardan beri yöre halkının temel geçim kaynağı hayvancılık olmuştur. Son yıllara kadar Türkiye’nin en büyük küçükbaş hayvan potansiyelinin bulunduğu ilde halk yarı göçebe bir hayat tarzı yaşamaktadır.

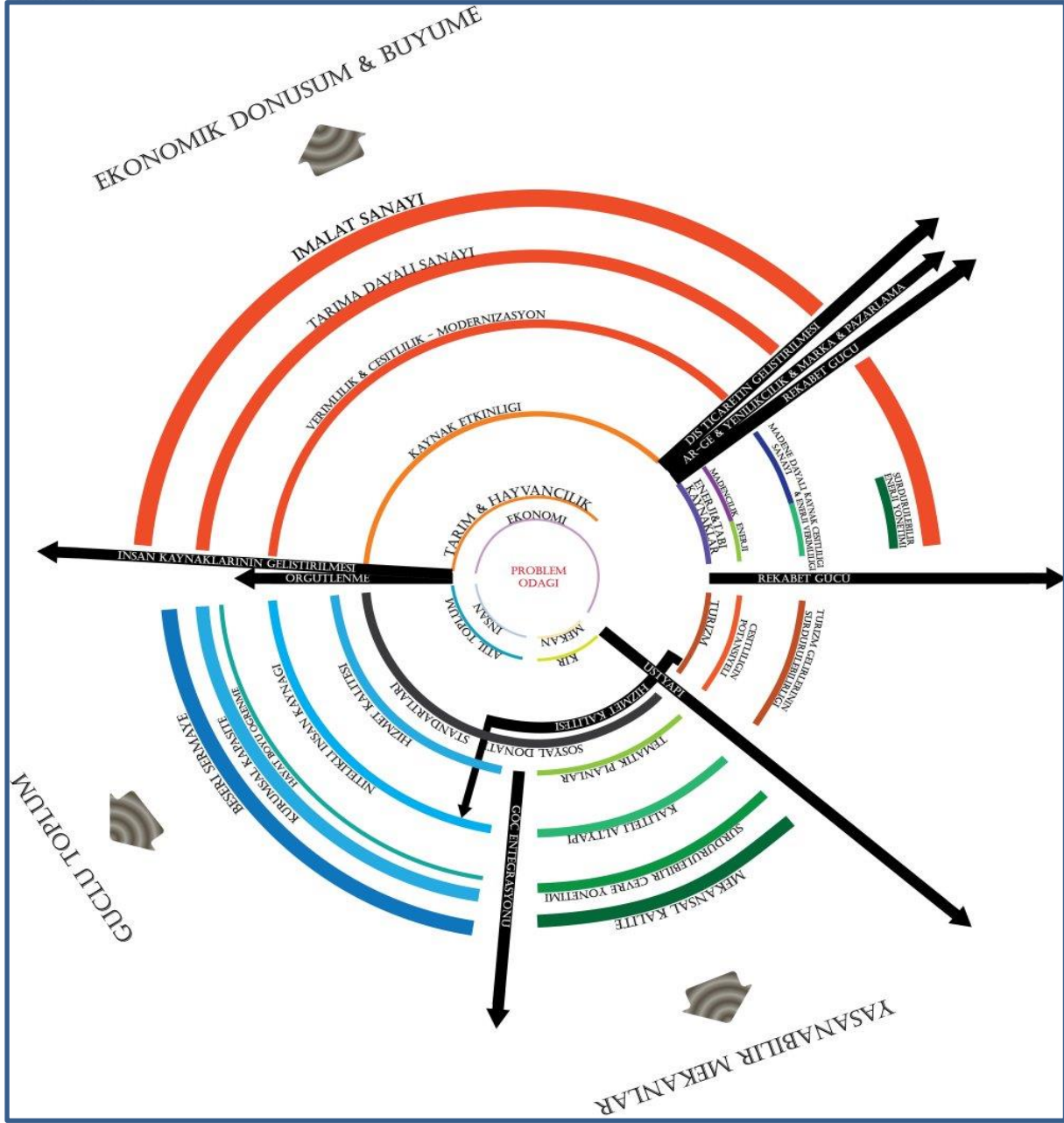
İlin arazi yapısı engebeli olup dar bir alan içinde topoğrafik farklılıkları nedeni ile arıcılık sezonu diğer illere göre daha uzun sürmektedir. İldeki bu yükseklik farklılıklarının yanı sıra; bitki örtüsü bakımından zengin bir floraya sahip olması, bitkilerin değişik zamanlarda çiçek açması, arıcılık sezonunun uzun sürmesi ve yöreye has çiçeklerin bolluğu arıcılık yönünden en önemli yöresi olma özelliğine sahip bulunmaktadır.

4.2.Sektörel ve/veya Bölgesel Politikalar ve Programlar

TRB2 bölgesi (Van, Bitlis, Muş ve Hakkâri) endüstriyel faaliyetlerin az olduğu, temel geçim kaynağı hayvansal ve tarımsal üretim olan bir bölgedir. TRB2 bölgesi SEGE 2011 yılı illerin gelişmişlik sıralamasına göre Türkiye’ nin en geri kalmış illerinden oluşmaktadır. TRB2 bölgesi 2014-2023 Bölge Planı, Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı tarafından, gelişmişlik bakımından ülke ortalamasının altında kaldığı alanların tespit edilmesi ve desteklenmesi amacı ile oluşturulmuştur.

TRB2 Bölgesi için Şekil 3’ te verilen *2014-2023 Bölge Planı Gelişim Eksenleri* diyagramı oluşturulmuştur. Diyagram, Bölge Planı’nın mantıksal çerçevesini oluşturmakla birlikte 2023 hedeflerine ulaşmada rehber niteliğinde olan bir kalkınma senaryosu olarak tasarlanmıştır. Diyagram, özet olarak Bölge’nin problem odağını oluşturan üçlü eksen – kırsal alanın fazlalığı ile kentleşememiş bir mekânı, bilgi ve üretim sermayesini kazanamamış atıl bir toplumu ve tarımsal faaliyetlerini imalata çeviremeyen bir ekonomiyi- ifade etmektedir. Bu eksenlerin her biri kendi içinde odaktan dışa doğru etaplanıp optimize formuna ulaşmakla birlikte eksenler arasındaki oklar eksenlerin birlikte çalışması gereken konuları ifade etmektedirler. Bu senaryo gereği, TRB2 Bölgesi 2023 yılında temel ekonomik faaliyetlerini dönüştürmekte ve eş zamanlı olarak beşeri sermayesini güçlendirip mekânsal kalitesini artırmaktadır. Diyagramda sorun odağı olarak işlenen eksenlerin Bölge Planındaki

isimlendirmeleri sırasıyla ‘Yaşanabilir Mekânlar Eksenî’, ‘Güçlü Toplum Eksenî’ ve ‘Ekonomik Dönüşüm ve Büyüme Eksenî’ şeklindedir (www.daka.org.tr.)



Şekil 3. TRB2 Bölgesi 2014-2023 Bölge Planı Gelişim Eksenleri Diyagramı

TRB2 Bölgesi'nin geliştirilmesi için uygulanan politikalar ile biyogaz potansiyelinin tespitinin yapılması projeleri birbir örtüşmektedir. Proje sonucunda biyogaz potansiyeli belirlenen TRB2 Bölgesi'nde kurulabilecek Biyogaz tesisleri ile çevre kirliliğinin oluşmadan önlenmesi ve azaltılması, doğal kaynaklar ve enerjinin verimli bir şekilde kullanılması, atıkların oluşumunun önlenmesi ve geri kazanılması sağlanmış olacaktır.

4.3.Kurumsal Yapılar ve Yasal Mevzuat

TRB2 Bölgesinde kurulabilecek Biyogaz Üretim Tesisi'nden elde edilecek enerji yenilenebilir enerji kapsamında değerlendirilecektir. Bu nedenle proje kapsamında dikkate alınacak en önemli mevzuat 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu'dur. Bu kanun kapsamında verilen teşvikler, hibeler ve ikinci mevzuat dikkate alınması gereken konulardır.

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu'nda yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğe uygulanan satış fiyatı Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Üretilen Elektriğe Uygulanan Satış Fiyatı (5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun)

Enerji Kaynağı	Satış Fiyatı (US-Cent/kwh)		Yerli Katkı İlavesi ile Birlikte
Su Enerjisi	7,3		9,6
Rüzgâr Enerjisi	7,3		11,0
Jeotermal Enerji	10,5		13,2
Biyokütle	13,3		18,9
Güneş Enerjisi	13,3	Fotovoltaik	20,0
		Yoğunlaştırılmış	22,5

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'da Biyogaz'dan elektrik enerjisi üretimi için kwh başına 13,3 Cent=0,39 TL/kwh ödenmektedir. Elektrik dağıtım bedeli Türkiye 2015 verilerine göre 0,2TL/kwh'dir(<http://www.epdk.org.tr/index.php/elektrik-piyasasi/tarifeler?id=142>).

Biyogazdan Elektrik enerjisi üretilmesi ve devlet katkısı ile satılması durumunda kwh başına 0,19 TL kâr elde edilebilmektedir.

Yenilenebilir enerjiye ilişkin yasal çerçeve, Yenilenebilir Enerji Kanunu'nun yanı sıra Elektrik Piyasası Kanunu tarafından da düzenlenmektedir. Biyokütle bazında ise konu ile alakalı Çevre Kanunu da önemli bir konumdur. Biyokütle santrallerine yönelik takip

edilmesi gereken kanunlar, ikincil mevzuat, EPDK kurul kararları ve ETKB duyurularını kapsamaktadır.

Yenilenebilir Enerji Tesisleri ile ilgili kanunlar;

- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanılmasına İlişkin Kanun, No 5346
- Elektrik Piyasası Kanunu, No 6446
- Çevre Kanunu, No 2872 EPDK Kurul Kararları ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Duyuruları
- Şebeke bağlantı kapasiteleri hakkında duyuru
- Lisans başvurusu kabul tarihi hakkında duyuru

Yenilenebilir Enerji Tesisleri ile ilgili yönetmelikler;

- Lisanssız Üretim Yönetmeliği (02.10.2013/28783)
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği (02.11.2013/28809)
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan
- Aksamın Yurtiçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik
- Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (05.05.2007/26927)
- Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (14.03.1991/20814)

4.4.Proje Fikrinin Kaynağı ve Uygunluğu

4.4.1.Projenin Bölgesel ve/veya Sektörel Kalkınma Amaçlarına Uygunluğu

TRB2 Bölgesinde kurulabilecek Biyogaz Üretim Tesisleri'nin bölgesel uygunluğu değerlendirilirken konuya yerel ve bölgesel kapsamda bakılması gerekmektedir.

- **Projenin Onuncu Kalkınma Planına Uygunluğu:** Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı 10. Kalkınma Planı(2014-2018)' nda yenilenebilir enerjiye fazlasıyla değinilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında faydalanılması için teşviklerin arttırılacağından bahsedilmiştir. Gün geçtikçe enerji ihtiyacının arttığından ve dışa bağımlılığın azaltılması için büyük bir potansiyele sahip yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin arttırılması gerektiğine vurgu yapılmıştır. Bahsedilen tüm hususlar dikkate alındığında projenin gerçekleştirilmesi 10. Kalkınma Planı ile bire bir uygunluk göstermektedir.

- **Projenin DAP 2014-2018 Eylem Planına Uygunluğu:** T.C. Kalkınma Bakanlığı DAP Bölge Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanan Doğu Anadolu Projesi 2014-2018 Eylem Planı çerçevesinde yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Eylem Planının **Altyapı, Kentleşme ve Çevre Koruma Bölümünde Eylem No AKÇ 2.3** olarak verilen Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Değerlendirilecektir denilerek eylem planı tablosunda vurgu yapılmaktadır. Biyokütle ile ilgili de eylem planında fizibilite çalışmalarının yapılması ve örnek tesis ve altyapı kurulumu ile ilgili desteklerin verileceğinden ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Bahsedilen tüm hususlar dikkate alındığında gerçekleştirilen proje DAP 2014-2018 Eylem Planı ile doğrudan uygunluk göstermektedir.

- **Projenin DAKA 2014-2023 Bölge Planına Uygunluğu:** Çevresel kirlilik oluşturan ve atık olarak değerlendirilen organik atıklardan biyogaz üretilmesi planı, raporda sık sık belirtildiği gibi dünyada uzun yıllardır uygulanan teknolojik ve yapılabilirlik açısından kabul görmüş bir sistemdir. Bu kapsamda ülkemizde de, biyogaz teknolojisine olan ilgi biraz geç kalınmış olmasına rağmen artarak devam etmektedir. Yönetimler ulusal ve yerel kapsamda, yayınladıkları kalkınma ve gelişim raporlarında özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ve çevresel kirliliğin önlenmesi konularına ağırlıkla üzerinde durmaktadır. DAKA' da **2014-2023 Bölge Planı'nda** yöremizde, bu tip yatırımlara ne kadar önem verdiğini göstermiştir.

DAKA tarafından hazırlanan planda **Gelişme Eksenine Hedef ve Stratejiler** başlığı altında, Hedef 6 **Enerji Potansiyelinin Etkin Biçimde Kullanılması** bölümünde 1. Strateji olarak **Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Sağlanması** konusuna değinilmektedir. Bu başlık altında yenilenebilir enerji politikalarının geliştirilmesi ve ar-ge çalışmaları yapılması yönünde değerlendirmeler yapılmıştır. 2014-2023 Bölge Planında 2014-2016 yılları arasında biyogaz potansiyelinin belirlenmesine ilişkin proje gerçekleştirilmesinin planlanması konu ile doğrudan örtüşmektedir.

Bu kapsamda yapılan etüt fizibilite projesi, DAKA' nın **2014-2023 Bölge Planında** belirtilen hederler arasında yer almaktadır. Organik atıklar, olduğu haliyle çevreye

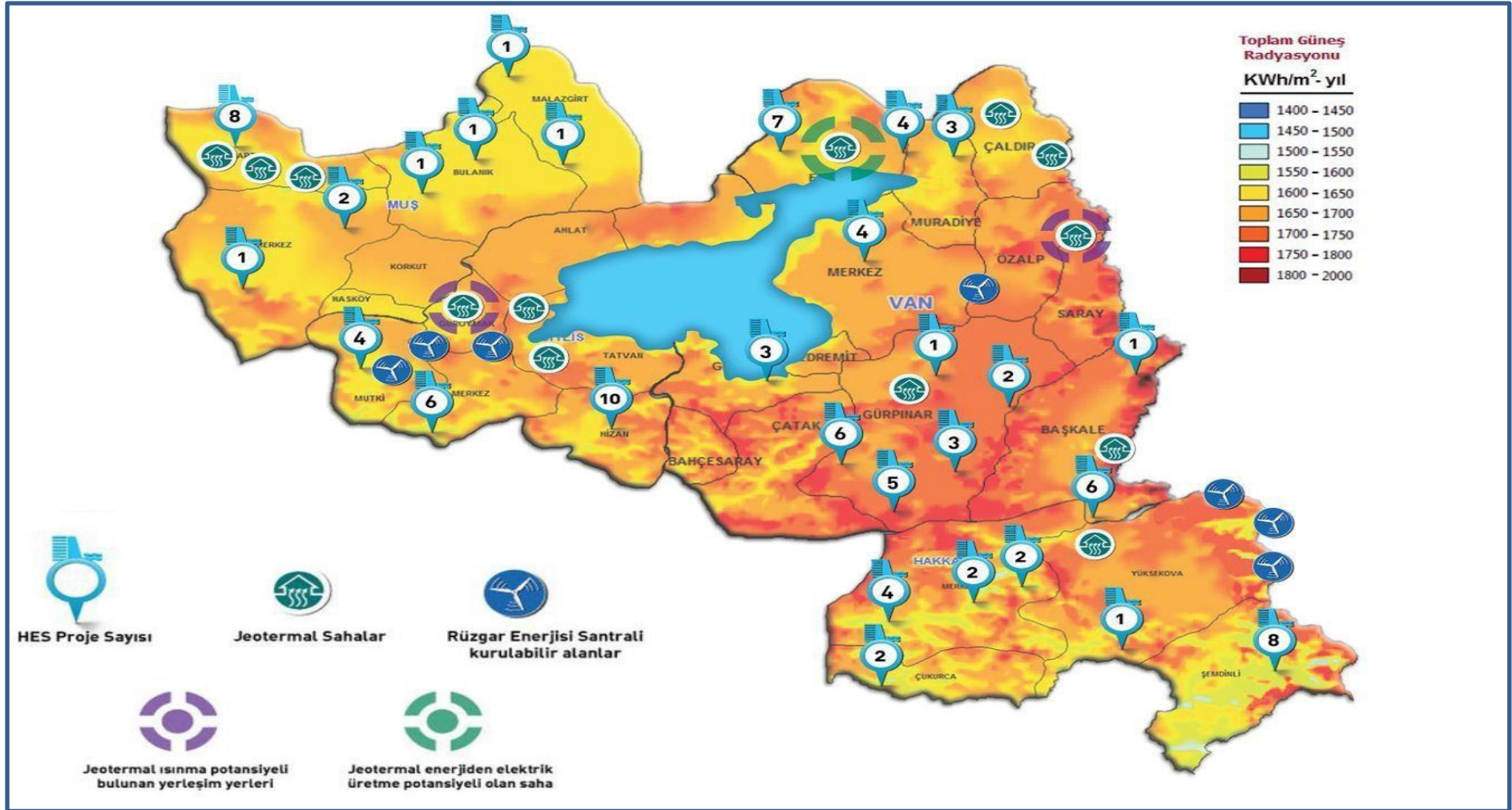
bırakıldığında kirliliğe neden olmaktadır. Biyogaz tesisleri ile, hem enerji üretilerek ülkeye katkı sağlanacak hem de çevresel kirliliğin önüne geçilmiş olacaktır.

- **Projenin TRB2 Politikalarına Uygunluğu:** Bölgede biyogaz potansiyelinin belirlenmesi ve etüt-fizibilite çalışmalarının yapılması TRB2 Bölgesi çevre politikaları ile örtüşmektedir. Bu tip bir yatırımın yapılması, *2014-2023 Dönemi TRB2 Bölgesi Bölge Planı*’nda açık bir şekilde yer almaktadır. *2014-2023 Dönemi TRB2 Bölgesi Bölge Planı*’nda yer alan TRB2 Bölgesi’nin Biyokütleden Enerji Üretim Potansiyelinin İncelenmesi proje adı ile konunun önemi vurgulanmıştır.

Bu nedenle, hem çevresel bir probleme çözüm üretmek aynı zamanda konvansiyonel enerji üretimini azaltarak, sürdürülebilirliği sağlamak amacı ile atılacak adım olan Biyogaz Teknolojisinin kullanımı TRB2 Bölgesi hedeflerine bire bir uygunluk göstermektedir.

4.4.2. Projenin Geçmiş, Yürüyen ve Planlanan Diğer Projelerle Olan İlişkisi

DAKA’ nın **2014-2023 Bölge Planı kapsamında**, bölgenin gelişmesi ve yenilenebilir enerji potansiyelinin belirlenmesi için girişimlere başlanmıştır. Bölge planına göre Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Atlası Şekil 4’ te verilmiştir.



Şekil 4. TRB2 Bölgesi Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Haritası

Bölge Planında bahsedildiği üzere, TRB2 Bölgesi yenilenebilir enerji konusuna önem vermektedir. Yenilenebilir enerji açısından büyük bir potansiyeli bulunan bölgede (Şekil 4) Yenilenebilir enerji potansiyeli haritasında gösterilmemesine rağmen Bölge Planı'nda biyogaz potansiyelinin belirlenmesi ile bölge planında gerçekleştirilmek istenen projelerden bahsedilmektedir. Bu çalışmalar ile ilgili yatırımlarda büyük önem verilmektedir. Gerçekleştirilen bu proje ile TRB2 Bölgesi için yenilenebilir enerji ile ilgili gerçekleştirilmek istenen projelerden birisi gerçekleştirilmiş olacaktır.

4.4.3. Proje Fikrinin Ortaya Çıkışı

Sera etkisi gösteren gazların en önemlileri %50 payla karbondioksit, %19'la metan gazıdır. Hâlâ tüm dünyada her yıl 22 milyar ton karbondioksit gazı atmosfere salınmaktadır. Tüm dünya ülkelerinin, Kyoto protokolü uyarınca, karbondioksit gazı emisyonlarının 2050 yılına kadar %50 oranında düşürmesi öngörülmektedir. Bu rakamlara erişmenin ilk yolu yenilenebilir enerjiyi ve tarıma dayalı enerjiyi geliştirmekten geçmektedir. Bitkisel ve hayvansal atıklar, Türkiye'de sera gazlarının dört ana nedeninden ikisidir. Atıkların açık alanda depolanması ile doğal çürüme sürecinde Metan gazı (CH_4) açığa çıkmakta, çürüme suları da göller oluşturarak toprağa karışmaktadır. Toprağa karışan bu sular yüksek miktarda Azot, Nitrat, Fosfat ihtiva etmelerinden dolayı toprağı kirletmektedirler. Çürüme sürecinde süzülen kirli sular yer altı sularına karışarak denizlere kadar ulaşırlar. Deniz suyunun kirlenmesine ve yosunlaşmaya sebebiyet verirler. Denizlerde yosunlaşma sudaki oksijen miktarını azaltır ve deniz canlılarının yaşam ortamları tehdit altına girer. Yani çürüme sularının deniz sularına karışması ile deniz tabiatı ölümle yüz yüzedir. İmha edilmek için yakıldıklarında ise karbondioksit(CO_2) gazı atmosfere verilmiş olur. Bu iki gaz, atmosferimizi koruyan ozon tabakasını imha ederek sera iklimi oluşturan en zararlı sera gazlarıdır. Özellikle metan gazı karbondioksit gibi absorbe olmadığı için daha da zararlıdır. Karbondioksitin bir kısmı bitkiler tarafından kullanılır ancak metan gazı atmosferde kalıcıdır. Hayvan atıklarının bilinçsiz şekilde depolanması ile oluşabilecek olumsuzlukları maddeler halinde aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- Şehir bölgede rahatsız edici kokular
- İklim zarar veren azot ve metan emisyonları
- Yerüstü ve yeraltı sularında aşırı azot ve fosfor konsantrasyonları
- Su organizmalarının zarar görmesi

- Sulama amaçlı su kullanımının olumsuz yönde etkilenmesi
- Belediye atıksularının kirlilik seviyelerinin fazla olmasından dolayı arıtılamaması

Çevresel etkileri fazla olan bu atıklar değerlendirilerek enerji üretiminde kullanılabilir. Hayvansal ve organik atıklardan oluşan metan gazı, elektrik enerji üretilmesinde kullanılmaktadır. Enerjide dışa bağımlı ülkemizde yenilenebilir kaynaklardan enerji elde edilmesi, dışa bağımlılığı azaltarak kurulu gücü arttıracak önemli bir konudur.

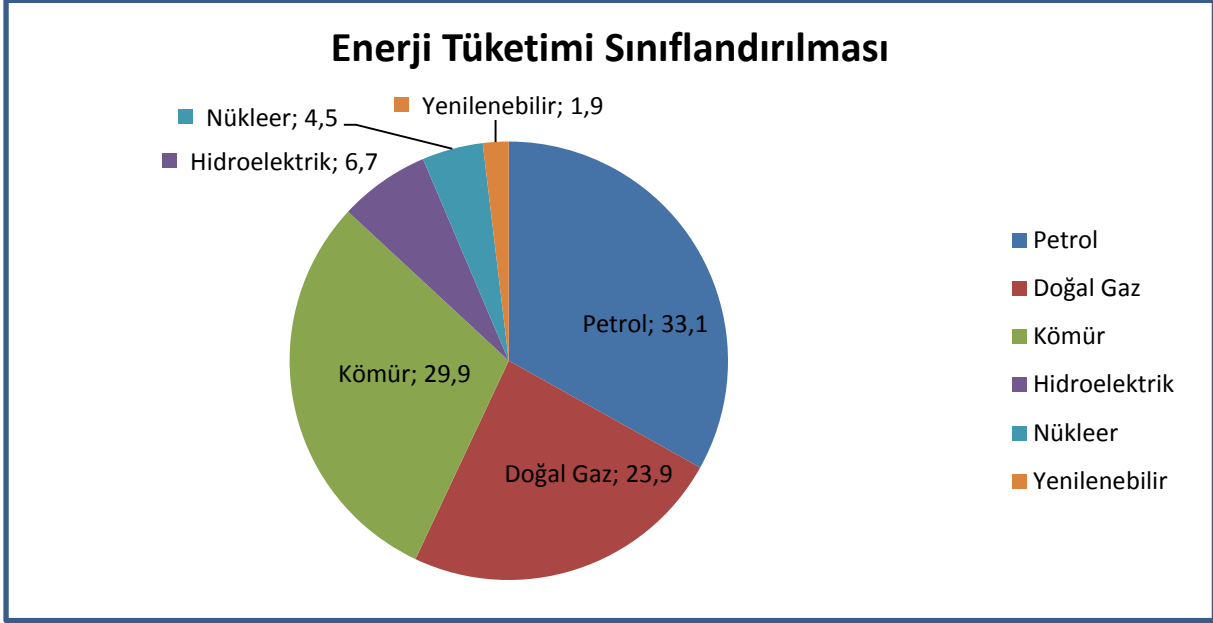
Türkiye elektrik talebi ve elektrik kurulu gücü de 2011 yılında hızlı bir artış grafiği yakalamıştır. 2011 yılında, enerjide uluslararası anlaşmalar öne çıkarken, hızlı büyümeye paralel olarak tüketim artışı devam etmiştir. 2011’de elektrik tüketimi, 2010 yılına göre %9 artarak, 229 milyar 344.4 milyon kwh’e ulaşmıştır. 3600 MW’a yakın yeni kapasite devreye girmiş ve %75’i yeni olmak üzere 105 elektrik santrali devreye alınmıştır. Talep artışları sonucunda ülkenin kurulu gücü son yıllarda ciddi bir artış kaydederek 2011 sonu itibariyle 51547MW’a yükselmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payının arttırılmasına yönelik olarak hem yasal altyapı çalışmalarını hem de sektörü harekete geçirecek kapsamlı çalışmalar hayata geçirilmiştir. Dünya enerji üretiminde öncelikli kaynaklar petrol, doğalgaz ve kömür gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Sürekli artış gösteren tüketim eğilimlerine rağmen, yeni teknolojilerin kullanımına geçilmediği takdirde, mevcut enerji kaynakları bu enerji ihtiyacını karşılayamayacak hale gelecektir. Bütün bu gelişmeler ışığında, enerji sorununa çözüm olması açısından alternatif enerji kaynakları arayışına geçilmiş ve yenilenebilir enerji kaynakları belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerde var olan enerji akışından elde edilen enerji türüdür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri, karbondioksit emisyonlarını azaltarak, çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve istihdamın artmasına katkıda bulunmalarıdır. Fosil yakıtların tükenme sürecine girdiği günümüzde hayvan atıklarının enerji potansiyelinden dünya ölçeğinde çeşitli boyutlarda gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler tarafından yararlanılmaktadır. Uygulanan teknolojiler ile hayvan atıklarının çevreye olan olumsuz etkileri minimum düzeye indirilirken enerji elde etmek, hayvan atıklarının gübre veya toprak şartlandırma özelliklerinden de yararlanmak mümkün olabilmektedir. Hayvan atıklarından bahsedilen şekilde yararlanma günümüzde birçok ülkede sürdürülebilir kalkınmanın vazgeçilmez bir unsuru, bir politikası olarak benimsenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin

%10'u değerlendirilen ülkemizde, çevresel felaketlerin önüne geçilmesi ve gelecekteki enerji arzının karşılanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımların yapılması ülke/bölge politikası olarak kaçınılmazdır.

5.PROJENİN GEREKÇESİ

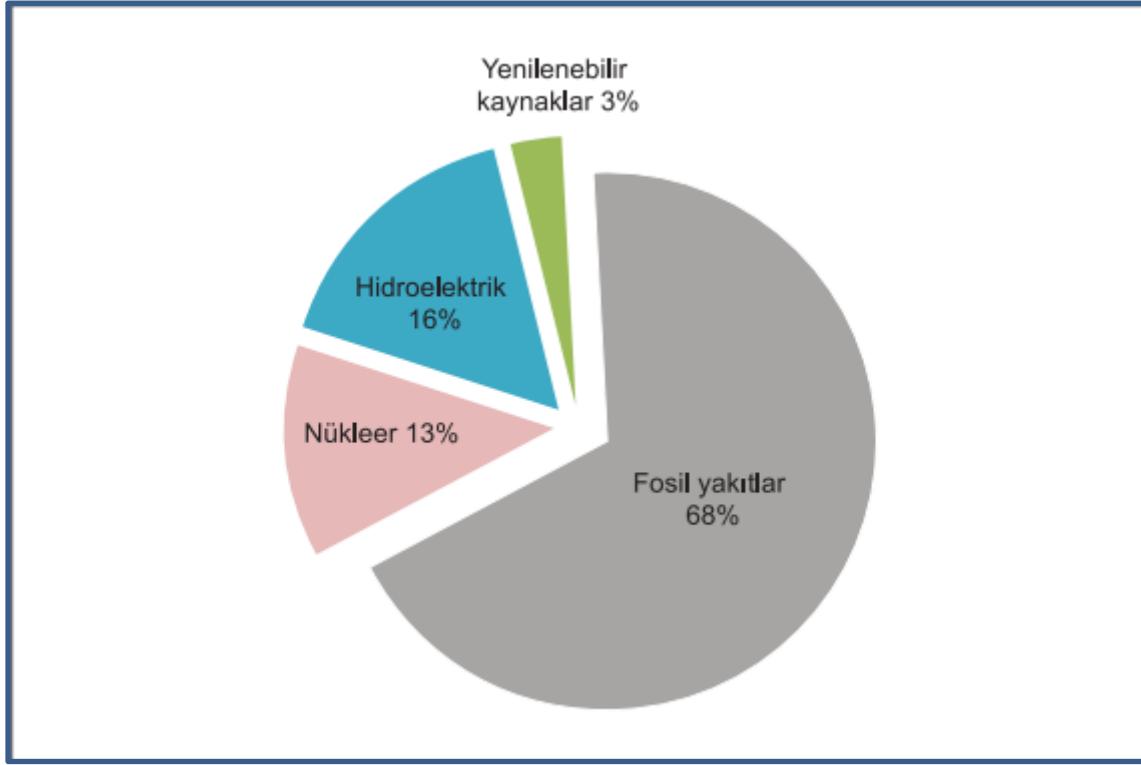
5.1.Ulusal ve Bölgesel Düzeyde Talep Analizi

Dünyada enerji kaynaklarına oluşan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşen nüfus artışı, sanayileşme, refah seviyesinin artması ve teknolojik ilerlemeler enerji kaynaklarına oluşan ihtiyaçları her geçen gün arttırmaktadır (Yılmaz, 2012). Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) projeksiyonlarına göre enerji politikaları ve enerji arzına yönelik tercihlerin mevcut durumlarını korumaları halinde, dünyada birincil enerji talebinin 2007-2030 yılları arasında %40 oranında artış olacağı gösterilmektedir. Bu referans senaryo dâhilinde yıllık ortalama %1,5 oranında birincil enerji talebi artışı, 2007 yılında 12 milyar ton petrol eşdeğeri (TEP) düzeyinden 2030 yılında 16,8 TEP düzeyine ulaşacaktır. Bu talep artışının %93'lük bölümünün ise OECD üyesi olmayan ülkelere kaynaklanacağı belirtilmektedir. 2007-2030 yılları arasındaki enerji kullanımı artışının dörtte üçünden fazlasının ise yine fosil kaynaklar tarafından sağlanacağı öngörülmektedir (Güney Ege Yenilenebilir Enerji Çalışma Raporu, 2011). 2013 verilerine göre Dünya Birincil Enerji Tüketimi kaynaklar bazında sınıflandırılması Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Dünya Birincil Enerji Tüketimi Kaynaklar Bazında Sınıflandırılması (BP Statistical World Review of Energy, 2013)

Gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerjiden, hidrolik, rüzgar, jeotermal, güneş, biyokütle, dalga, hidrojen vb. enerji kaynaklarından başta elektrik üretmek üzere çeşitli yollarla yararlanılmaktadır. Günümüzde artan petrol ve doğal gaz fiyatları ve "enerji güvenliğinin sağlanması gerekliliği" nedenleriyle "enerjinin çeşitlendirilmesi" enerji politikalarının vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Bu nedenler yenilenebilir enerji kaynaklarının da enerji yelpazesinde yer almasına yol açmıştır (Elektrik İşleri Etüt Dairesi Başkanlığı Verileri). Dünya ülkelerinin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesinin en önemli sebeplerinden biri de günümüzde çevre problemlerinin artması ve buna bağlı olarak çevre bilincinin oluşmasıdır. Buna bağlı olarak Amerika, AB ülkeleri ve dünyada pek çok ülke 1980'lerin sonlarından itibaren yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklemeye başlamışlardır (Elektrik İşleri Etüt Dairesi Başkanlığı Verileri). Yenilenebilir kaynaklar içinde en büyük pay; ticari olmayan katı biyokütleyle aittir. Dünya elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payı Şekil 6'da verilmiştir.

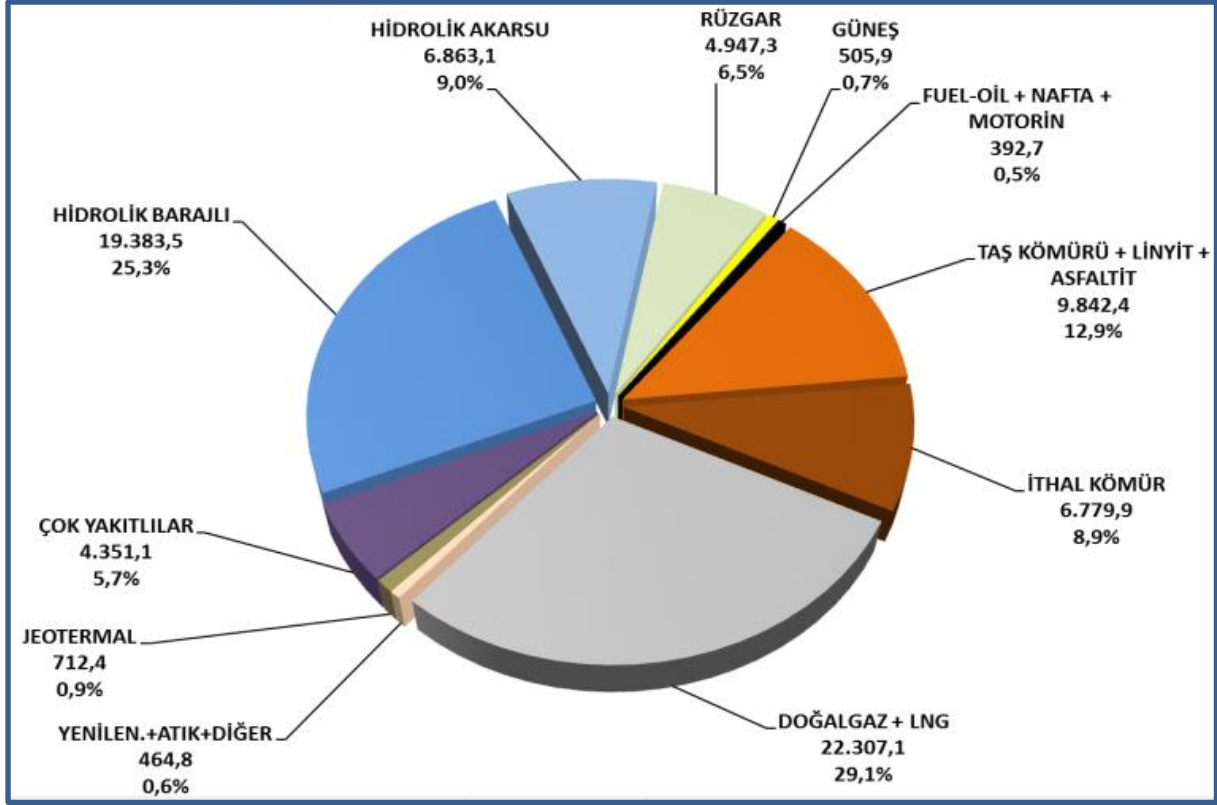


Şekil 6. Yenilenebilir Enerji Kurulu Kapasitesinin Dünya Elektrik Üretimi İçindeki Payı
(Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu-REN21, 2011)

2011 yılı itibarıyla Dünya'daki toplam elektrik arzının %20'sini ve toplam enerji arzının %25'ini yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır. Hidroelektrik enerji kapsam dışı bırakıldığında en çok talep edilen yenilenebilir kaynak rüzgâr enerjisi olmuştur. Günümüzde 83 ülkede rüzgâr enerjisi ticari olarak kullanılmaktadır. Dünya'daki yenilenebilir enerji kapasitesine sahip en büyük 5 ülke ise; Amerika, Çin, Almanya, İspanya ve Hindistan'dır. Piyasalardaki ve üretimdeki artan coğrafi çeşitlilik yenilenebilir enerjinin ülke piyasaları ve politikalarından daha az etkilenmesini sağlamaktadır (Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu-REN21, 2011). Yenilenebilir enerji politikaları yenilenebilir enerji piyasalarının gelişmesi ve yatırımların artmasında büyük rol oynamıştır. Bu politika araçları arasında en önemlisi, tarife garantisi politikası olmuştur. Tarife garantisi politikası, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimini teşvik etmeye ve bu alanda yapılan yatırımlara hız kazandırmaya yönelik politikadır (Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu-REN21, 2011). Bu politikaya göre rüzgâr, hidroelektrik santraller gibi yaygın enerjiler daha düşük

teşvikler alırken, güneş, dalga, biyokütle, biyogaz gibi enerjiler daha yüksek teşvikler alabilmektedir. Tarife garantisi politikası, Türkiye'nin de içinde bulunduğu 61 ülkede ve 26 eyalette uygulanmaktadır. Ülkemizde enerji kullanımına bakıldığında, **enerji tüketiminin %86'sını fosil yakıtlar oluşturmaktadır**. Türkiye bu enerji ihtiyacının **%73'ünü** dışarıdan ithal etmektedir (WWF, 2011). Söz konusu enerji kaynaklarındaki dışa bağımlılık ülke ekonomisini baskı altında tutmaktadır.

Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından çok elverişli bir coğrafi yapıya sahip olup başlıca yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik enerji, biyokütle, rüzgâr, biyogaz, jeotermik ve güneş enerjisi gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından bu kadar zengin bir potansiyele sahip olunmasına rağmen, 2016 yılı Haziran ayı soru itibari ile toplam kurulu enerji kapasitesinin %43'ünü yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmuştur. Türkiye'de yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji üretiminde en büyük paya sahip olan alt sektör hidroelektrik olup, hidroelektrik dışında kalan yenilenebilir kaynaklar toplam enerji kapasitesinin yalnızca %8,7'sini oluşturmaktadır. Hidroelektrik dışındaki yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük paya rüzgâr enerjisi sahiptir ve rüzgâr enerjisi yıllar içinde payını artırmaya da devam etmektedir(TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Haziran Sonu Raporu-2016). Türkiye'de kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı Şekil 7 'de verilmiştir.



Şekil 7. Türkiye’de Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı (TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Haziran Sonu Raporu-2016)

Türkiye’de yenilenebilir enerji konusundaki politika çerçevesini 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” çizmektedir. Bu kanun kapsamında; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli bir şekilde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılarak sera gazlarının emisyonunun azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu kaynaklara yönelik imalat sektörünün artırılması hedeflenmektedir.

Bu kanunla sağlanan avantajlar ve fiyat garantisi tarifesi çerçevesinde, ülkemizde hidrolik, jeotermal, rüzgar, biyogaz ve güneş enerjisine yönelim beklenmektedir. Söz konusu düzenlemelerle ülkemizde de en yüksek teşvikler biyokütle ve güneş enerjisine verilmişken en düşük teşvikler rüzgâr ve hidroelektrik enerjisine verilmektedir (Çukurova Kalkınma Ajansı Yenilenebilir Enerji Raporu, 2012). Söz konusu düzenlemelerle ülkemizde yenilenebilir enerji yatırımları gün geçtikçe artmakta, yerli üretimlere ek teşvikler sağlanmaktadır. Bu yatırımlar sonucunda ise rüzgâr enerjisi yatırımında Dünya ülkeleri arasında 2. sıraya gelinmiştir. Biyokütleden enerji kazanımı ve biyogaz tesislerine baktığımızda Avrupa’da önemli

gelişmeler görülmektedir. Özellikle Almanya 2.000 yılındaki 2.000 adet tesisini 2014 yılında 8.500 tesise çıkararak bu konuda başı çeken ülkedir. İtalya, İspanya ve İngiltere ise Kyoto Protokolü ve bunun sonrasında yaygınlaşan teşvikler ile 2010 sonrasında biyogaz konusunda önemli ilerlemeler kaydetmişlerdir.

Dünya biyogaz standartlarına bakıldığında ülkemiz bu standartların çok gerisinde kalmaktadır. Dünya ve Avrupa standartlarına ulaşmamız için Biyogaz Tesisleri'nin yapılması gerekmektedir. 55 milyar dolar (Türkiye'nin Enerji Gideri Raporu, TMMOB Makine Mühendisliği Odası, 2015) enerji gideri olan ve dışa bağımlı olduğumuz ülkemizde yenilenebilir enerji yatırımlarının yapılması ve ülke ekonomisi açısından önemli bir yatırım olarak gözükmektedir. TRB2 Bölgesi olarak düşünüldüğünde mevcut kurulu elektrik gücü 423 MWe (termik:154MWe, HES:269MWe) olmakla birlikte Türkiye kurulu gücünün %0,74'ünü oluşturmaktadır. **TRB2 Bölgesi kişi başına elektrik tüketimi 2009 verilerine göre 653 kwh' tir (TUIK-2010).** Bölge'de önemli su kaynakları olan Zap Suyu(Hakkâri), Murat Nehri (Muş), Engil Çayı (Van) ve Karasu Irmağı (Van) hidroelektrik enerjisi üretebilme potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisi bakımından ise Bölge'deki 4 ilin de günlük ortalama radyasyon değerleri Türkiye ortalamasının üstündedir. Ayrıca Bölge'de 13 adet jeotermal saha bulunmaktadır. TRB2 Bölgesi, yenilenebilir enerji potansiyeli yüksek bir bölgedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulan bölgede, yatırımlar yetersiz kalmaktadır.

5.2.Ulusal ve Bölgesel Düzeyde Gelecekteki Talebin Tahmini

Küreselleşme, hızla artan nüfus, kentleşme ve sanayileşme ile birlikte enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) projeksiyonlarına göre enerji politikaları ve enerji arzına yönelik tercihlerin mevcut durumlarını korumaları halinde, dünyada birincil enerji talebinin 2007-2030 yılları arasında %40 oranında artış olacağı gösterilmektedir. Türkiye enerji ihtiyacının %73'ünü dışarıdan ithal etmektedir (WWF, 2011). Söz konusu enerji kaynaklarındaki dışa bağımlılık, ülke ekonomisini baskı altında tutmaktadır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından çok elverişli bir coğrafi yapıya sahip olup başlıca yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik enerji, biyokütle, rüzgâr, biyogaz, jeotermik ve güneş enerjisi gelmektedir.

Türkiye'nin yaklaşık 117 milyar ton/yıl biyokütle potansiyeli bulunmaktadır. Bu değer yıllık 32 Milyon ton eşdeğer petrol (MTEP)'dür. (Demirbaş, 2008, Gökçöl vd. 2009). Bu potansiyel

içinde en büyük pay yıllık bitkilere aittir (14,5 MTEP). Daha sonra sırasıyla orman atıkları (5,4 MTEP), çok yıllık bitkiler (4,1 MTEP) gelmektedir. Türkiye'nin hayvansal atık potansiyeline karşılık gelen biyogaz miktarının 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir. Buna karşılık ülkemizde az sayıda biyogaz tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerin artırılması hem ülkemizdeki çevresel sorunların azalmasına hem de ekonomik açıdan ülkemizde olumlu gelişmelere sebep olacaktır. DAKA' nın **2014-2023 Bölge Planı kapsamında**, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak, bu enerji kaynaklarını kullanmak ve potansiyellerinin belirlenmesi açısından bölgenin gelişmesinin sağlanması açısından çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilecek olan *Dap Bölgesi Kırsal Alanda Biyogaz Üretimine Yönelik Sektör Raporu Hazırlanması Projesi* 2014-2023 Dönemi TRB2 Bölgesi Bölge Planı hedefleri ile doğrudan ilişkilidir. 10. Kalkınma Planına göre enerji sektöründeki gelişmeler ve hedefler Tablo 8' de verilmiştir.

Tablo 8. Enerji Sektöründe Gelişmeler ve Hedefler (10. Kalkınma Planı)

	2006	2012 ¹	2013	2018
Birincil Enerji Talebi(BTEP)	99.642	119.302	123.600	154.000
Elektrik Enerji Talebi(GWh)	174.637	241.949	255.000	341.000
Kişi Başı Birincil Enerji Tüketimi(TEP/kişi)	1,44	1,59	1,62	1,92
Kişi Başı Elektrik Enerjisi Tüketimi(kwh/kişi)	2.517	3.231	3.351	4.241
Doğal Gazın Elektrik Üretimindeki Payı(%)	45,8	43,2	43,0	41,0
Yenilenebilir Kaynakların Elektrik Üretimindeki Payı(%)	25,3	27,0	27,7	29,0
Elektrik Kurulu Gücü(MW)	40.065	57.058	58.500	78.000

Kaynak:2006 ve 2012 yılı verileri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve TEİAŞ'a aittir. 2013 ve 2018 yılı verileri Onuncu Kalkınma Planı tahminleridir.

Not: TEP: Ton Eşdeğer Petrol, BTEP: Bin TEP, GWh: Milyon kilowatt-saat

(1) 2012 yılına ilişkin elektrikle ilgili veriler gerçekleşme değerleri olup, birincil enerji ve enerji yoğunluğuyla ilgili veriler gerçekleşme tahminleridir.

10. Kalkınma Planını sonuçlarına göre 2018 yılı için gerekli enerji talebi 2013 yılı verilerine göre %25'lik bir artış gösterecektir. Enerji talebinin yıldan yıla artış göstermesi ve fosil yakıt stoklarının günden güne azalması yenilenebilir enerjiye olan yatırımların artmasını zorunlu hale getirmiştir.

6.BİYOGAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Biyogaz; organik kökenli atık/artıkların oksijensiz ortamda bozunması (anaerobik fermentasyonu) sonucu ortaya çıkan renksiz-kokusuz, havadan hafif ve parlak mavi bir alevle yanan bir gaz karışımıdır. Biyogazın bileşiminde, %50-70 oranında metan, %30-40 oranında karbondioksit, %5-10 oranında hidrojen ve çok az miktarda da; azot(%1-2), su buharı(%0,3) ve hidrojen sülfür bulunur. Biyogaz bileşimi ve enerji eş değerleri Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Biyogazın Bileşimi ve Enerji Eşdeğeri(Kaya ve Öztürk, 2012)

BİYOGAZ BİLEŞİMİ			BİYOGAZ ENERJİ EŞDEĞERİ	
Gaz	Simge	Oran (%)	Uygulama	1 m ³ Biyogaz Eşdeğeri
Metan	CH ₄	50-70	Aydınlatma	60W-100W gücünde ampul ile 6 saat aydınlatabilir.
Karbondioksit	CO ₂	30-40	Pişirme	5-6 kişilik bir aile için 3 övün yemek pişirilebilir.
Hidrojen	H ₂	5-10	Yakıt	0,7kg petrol
Azot	N ₂	1-2	Şaft Gücü	Motoru (1BG) 2h çalıştırabilir.
Su Buharı	H ₂ O	0,3	Elektrik	1,25 kwh Elektrik üretebilir.
Hidrojen Sülfür	H ₂ S	Çok az		

Biyogaz tesislerinde fermentasyon için kullanılabilecek birçok atık bulunmaktadır. Biyogaz tesislerinde işlenebilecek olan bazı hammaddelerin özellikleri Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Bazı Hammaddelerin Özellikleri(Kaya ve Öztürk, 2012)

Hammadde	DM (%)	OM (%)	C/N	Biyogaz (m3/kgOM)	Bekletme Süresi (gün)	Olası Sorunlar
Domuz Gübresi	3-8	70-80	3-10	0,25-0,50	20-40	Yüzey tabaka, saman ve kum
Sığır Gübresi	5-12	75-85	6-20	0,20-0,30	20-30	Yüzey tabaka, saman ve kum

Tavuk Gübresi	10-30	70-80	3-10	0,35-0,60	>30	Amonyak, kum
Yapraklar	80	90	30-80	0,10-0,30	8-20	Toprak bulunması
Odun Kabukları	80	95	51	-	-	İstenmeyen materyal
Saman	70	90	90	0,35-0,45	10-50	Yüzey tabaka, kum, iyi sindirilmeme
Odun Atıkları	60-70	99,6	723	-	-	İstenmeyen materyal
Bahçe Atığı	60-70	90	100-150	0,20-0,50	8-30	Kum ve odun parçaları
Çim	20-25	90	12-25	0,55	10	pH azalması
Meyve Atığı	15-20	75	35	0,25-0,50	8-20	pH azalması
Besin Atığı	10	80	-	0,5-0,6	10,20	Plastik bulunması

Kullanılan hammaddeye göre oluşacak biyogaz miktarı farklılıklar göstermektedir. Uçucu katı madde içeriğinin yüksek olması durumunda üretilen biyogaz miktarı da yüksek olmaktadır.

TRB2 Bölgesi illeri incelendiğinde, biyogaz potansiyelinin belirlenmesinde, potansiyeli en çok olan büyükbaş, küçükbaş, kümes hayvanı ve park-bahçe atıkları hesaplamalara katılmıştır.

6.1. TRB2 Bölgesi Van İli Biyogaz Potansiyeli

Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarından Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarı

TRB2 Bölgesi Van İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünden alınan 2015 yılı verilerine göre 167.000 adet büyükbaş hayvan, 2.500.000 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Van İli hayvan sayıları Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Van İli Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Sayıları

Bilginin Temin Edildiği Kurum	Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (adet)
Van İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri	Büyükbaş Hayvan	167.000
	Küçükbaş Hayvan	2.500.000

NOT: Alınan hayvan sayıları 2015 kayıtlı verileri olup değişiklik gösterebilmektedir.

Bir büyükbaş hayvan günde 29 kg gübre, küçükbaş hayvan 2,4 kg gübre oluşturmaktadır (Kaya ve Öztürk, 2012). Tablo 12-13'te büyükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 12. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%)	Katı Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Sığır Gübresi	% 15	% 80		0,2-0,3

Tablo 13. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%)	Katı Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kg OKM)
Sığır Gübresi	%10	%80		0,3

*Sığır gübresi verileri ülkelere göre değişiklik gösterdiğinden katsayılar da buna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu proje kapsamında Tablo 12'deki Türkiye Şartlarındaki hayvan atıklarının analiziyle belirlenmiş KM miktarı dikkate alınacaktır. Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %15, Organik KM miktarı %80 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Büyükbaş Hayvan (Sığır) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

167.000 adet sığır gübresinden günde 4.843.000 kg atık (29kg/adet sığır * 167.000 adet sığır) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{b.b.h.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{b.b.h.}$ = Bir günde toplanan büyükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 12**'de verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 173.348 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 167.000 adet büyükbaş hayvandan (sığır) elde edilecek **metan** miktarı 122.043,6 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 14'te küçükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 14. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Katı Madde Miktarı (%KM)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Koyun-Keçi Gübresi	% 30	% 75-%80	0,3

*Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %30, Organik KM miktarı %78 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Küçükbaş Hayvan (koyun ve keçi) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

2.500.000 adet koyun ve keçi gübresinden günde 6.000.000 kg atık (2,4 kg/adet küçükbaş hayvan*2.500.000 adet küçükbaş hayvan) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{k.bh.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{k.b.h.}$ = Bir günde toplanan küçükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 14**'te verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 421.200 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 2.500.00 adet küçükbaş hayvandan (koyun ve keçi) elde edilecek **metan** miktarı 294.840 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Bahçe Düzenleme ve Çim Atıklarından Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarı

TRB2 Bölgesi Van İlinde, Van Büyükşehir Belediyesi Park ve Bahçe Müdürlüğü'nden alınan 2015 verilerine göre yıllık yaklaşık 150 ton park-bahçe atığı oluşmaktadır. Park ve bahçe atıklarının değerleri Tablo 15-16'te verilmiştir.

Tablo 15. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Türkiye Şartları (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM Miktarı* (%)	Organik Katı Madde Miktarı* (%KM)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Park ve Bahçe Atıkları	% 25	% 90	0,55

Tablo 16. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Almanya Verileri (FNR, 2010)

Atık Kaynağı	KM Miktarı* (%)	Organik Katı Madde Miktarı* (%KM)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kg OKM)
Park ve Bahçe Atıkları	%12	%87.5	0,55

*Park-bahçe atıkları verileri ülke şartlarına göre değişiklik gösterdiğinden katsayılar da buna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu proje kapsamında Tablo 15'teki Türkiye Şartlarındaki park ve bahçe atıklarının laboratuvar analiziyle belirlenmiş KM ve OKM katsayıları kullanılacaktır.

**Hesaplamalar yapılırken biyogaz üretim miktarı 0,55 alınmıştır, metan/biyogaz oranı ise 0,7 kabul edilmiştir (FNR,2010).

Park ve bahçelerden kaynaklı organik atıkların biyogaz miktarı ve metan miktarı Denklem (3) ve Denklem (4) eşitliğinde verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{çim.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (3)}$$

$V_{bio.}$ = Park ve bahçe atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{çim.}$ = Bir günde toplanan park ve bahçe atığı miktarı (kg/gün)

KM = Park ve bahçe atıklarının katı madde miktarı (%)

OKM = Park ve bahçe atıkları katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Park ve bahçe atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

TRB2 Bölgesinde Van İli park ve bahçelerden kaynaklanan organik atık miktarı 150 ton/yıl'dır. Denklem (3)'teki eşitlik yardımıyla 52 m³/gün biyogaz oluştuğu hesaplanmıştır. Denklem (4)'ten günlük oluşacak metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7$$

Denklem (4)

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Park ve bahçelerden kaynaklanan organik atıklardan Denklem (4) kullanılarak günde 36,3 m³ metan gazı oluşmaktadır.

Bu verilere göre TRB2 Bölgesi Van İlinde **büyükbaş, küçükbaş hayvan ve park-bahçe atıkları kullanılarak elde edilebilecek toplam metan miktarı ~ 416.920 m³/gün' dür (416.883,6 m³/gün + 36,3 m³/gün).**

Günlük Elde Edilen Enerji Miktarı

1Nm³ metanın ısı değeri 9,9 kwh'tir (Avrupa Biyokütle Birliği Verileri). Tesiste oluşan enerji miktarının hesaplanması Denklem (5)'te verilmiştir.

$$E = V_{CH_4} \times 9,9^*$$

Denklem (5)

E= Tesiste oluşacak enerji miktarı (kW)

V_{CH_4} = Tesiste oluşacak günlük metan miktarı (m³/sa)

9,9* = 1Nm³ metanın ısı değeri (kwh)

Denklem (5) eşitliğinde değerler yerine konduğunda kojenerasyon ünitesi **171.979,5 kW** kurulu gücünde olacaktır. Park ve bahçe atıklarının toplanmadığı günlerde oluşacak kurulu güç ise **171.964,5 kW** olacaktır.

6.2.TRB2 Bölgesi Hakkâri İli Biyogaz Potansiyeli

Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarından Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarı

TRB2 Bölgesi Hakkâri İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünden alınan 2015 yılı verilerine göre 32.000 adet büyükbaş hayvan, 941.000 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Hakkâri İli hayvan sayıları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Hakkâri İli Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Sayıları

Bilginin Temin Edildiği Kurum	Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (adet)
Hakkâri İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri	Büyükbaş Hayvan	32.000
	Küçükbaş Hayvan	941.000

NOT: Alınan hayvan sayıları 2015 kayıtlı verileri olup değişiklik gösterebilmektedir.

Bir büyükbaş hayvan günde 29 kg gübre, küçükbaş hayvan 2,4 kg gübre oluşturmaktadır (Kaya ve Öztürk, 2012). Tablo 18-19’de büyükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 18. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%)KM	Katı Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Sığır Gübresi	% 15	% 80		0,2-0,3

Tablo 19. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%)KM	Katı Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kg OKM)
Sığır Gübresi	%10	%80		0,3

*Sığır gübresi verileri ülkelere göre değişiklik gösterdiğinden katsayılar da buna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu proje kapsamında Tablo 18’teki Türkiye Şartlarındaki hayvan atıklarının analiziyle belirlenmiş KM miktarı dikkate alınacaktır. Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %15, Organik KM miktarı %80 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Büyükbaş Hayvan (Sığır) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

32.000 adet sığır gübresinden günde 928.000 kg atık (29kg/adet sığır * 32.000 adet sığır) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{b.b.h.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{b.b.h.}$ = Bir günde toplanan büyükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 18**'de verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 33.408 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 32.000 adet büyükbaş hayvandan (sığır) elde edilecek **metan** miktarı 23.385,6 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 20'da küçükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 20. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Katı Madde Miktarı (%KM)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Koyun-Keçi Gübresi	% 30	% 75-%80	0,3

*Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %30, Organik KM miktarı %78 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Küçükbaş Hayvan (koyun ve keçi) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

941.000 adet koyun ve keçi gübresinden günde 2.258.400 kg atık (2,4 kg/adet küçükbaş hayvan*941.000 adet küçükbaş hayvan) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{k.bh.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{k.b.h.}$ = Bir günde toplanan küçükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 20**'da verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 158.539,7 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 941.000 adet küçükbaş hayvandan (koyun ve keçi) elde edilecek **metan** miktarı 110.977,8 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Bahçe Düzenleme ve Çim Atıklarından Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarı

TRB2 Bölgesi Hakkâri İlinde, Hakkâri Büyükşehir Belediyesi Park ve Bahçe Müdürlüğü'nden alınan 2015 verilerine göre yıllık yaklaşık 5 ton park-bahçe atığı oluşmaktadır. Park ve bahçe atıklarının değerleri Tablo 21-22'de verilmiştir.

Tablo 21. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Türkiye Şartları (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM Miktarı* (%)	Organik Katı Madde Miktarı* (%KM)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Park ve Bahçe Atıkları	% 25	% 90	0,55

Tablo 22. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Almanya Verileri (FNR, 2010)

Atık Kaynağı	KM Miktarı* (%)	Organik Katı Madde Miktarı* (%KM)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kg OKM)
Park ve Bahçe Atıkları	%12	%87.5	0,55

*Park-bahçe atıkları verileri ülke şartlarına göre değişiklik gösterdiğinden katsayılar da buna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu proje kapsamında Tablo 21'deki Türkiye Şartlarındaki park ve bahçe atıklarının laboratuvar analiziyle belirlenmiş KM ve OKM katsayıları kullanılacaktır.

**Hesaplamalar yapılırken biyogaz üretim miktarı 0,55 alınmıştır, metan/biyogaz oranı ise 0,7 kabul edilmiştir (FNR,2010).

Park ve bahçelerden kaynaklı organik atıkların biyogaz miktarı ve metan miktarı Denklem (3) ve Denklem (4) eşitliğinde verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{çim.} * KM * OKM * K_{bio.}$$

Denklem (3)

$V_{bio.}$ = Park ve bahçe atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{çim.}$ = Bir günde toplanan park ve bahçe atığı miktarı (kg/gün)

KM = Park ve bahçe atıklarının katı madde miktarı (%)

OKM = Park ve bahçe atıkları katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Park ve bahçe atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

TRB2 Bölgesinde Hakkâri İli park ve bahçelerden kaynaklanan organik atık miktarı 5 ton/yıl'dır. Denklem (3)'teki eşitlik yardımıyla 1,75 m³/gün biyogaz oluştuğu hesaplanmıştır. Denklem (4)'ten günlük oluşacak metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7$$

Denklem (4)

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Park ve bahçelerden kaynaklanan organik atıklardan Denklem (4) kullanılarak günde 1,21 m³ metan gazı oluşmaktadır.

Bu verilere göre TRB2 Bölgesi Hakkâri İlinde **büyükbaş, küçükbaş hayvanları ve park-bahçe atıkları kullanılarak elde edilebilecek toplam metan miktarı ~ 134.364,6 m³/gün' dür (134.363,4 m³/gün + 1,21 m³/gün).**

Günlük Elde Edilen Enerji Miktarı

1Nm³ metanın ısı değeri 9,9 kwh'tir (Avrupa Biyokütle Birliği Verileri). Tesiste oluşan enerji miktarının hesaplanması Denklem (5)'te verilmiştir.

$$E = V_{CH_4} \times 9,9^*$$

Denklem (5)

E= Tesiste oluşacak enerji miktarı (kW)

V_{CH_4} = Tesiste oluşacak günlük metan miktarı (m³/sa)

9,9* = 1Nm³ metanın ısı değeri (kwh)

Denklem (5) eşitliğinde değerler yerine konduğunda kojenerasyon ünitesi **55.425,4 kW** kurulu gücünde olacaktır. Park ve bahçe atıklarının toplanmadığı günlerde oluşacak kurulu güç ise **55.424,9 kW** olacaktır.

6.3.TRB2 Bölgesi Muş İli Biyogaz Potansiyeli

Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarından Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarı

TRB2 Bölgesi Muş İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünden alınan 2015 yılı verilerine göre 270.000 adet büyükbaş hayvan, 2.500.000 adet küçükbaş hayvan ve 45.000 kümes hayvanı bulunmaktadır. Muş İli hayvan sayıları Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 23. Muş İli Büyükbaş, Küçükbaş ve Kümes Hayvanı Sayıları

Bilginin Temin Edildiği Kurum	Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (adet)
Muş İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri	Büyükbaş Hayvan	270.000
	Küçükbaş Hayvan	2.500.000
	Kümes Hayvanı	45.000

NOT: Alınan hayvan sayıları 2015 kayıtlı verileri olup değişiklik gösterebilmektedir.

Bir büyükbaş hayvan günde 29 kg gübre, küçükbaş hayvan 2,4 kg gübre ve kümes hayvanı 0,2 kg gübre oluşturmaktadır (Kaya ve Öztürk, 2012). Tablo 24-25'te büyükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 24. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%)KM	Katı Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Sığır Gübresi	% 15	% 80		0,2-0,3

Tablo 25. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%KM)	Katı Madde Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kg OKM)
Sığır Gübresi	%10	%80		0,3

*Sığır gübresi verileri ülkelere göre değişiklik gösterdiğinden katsayılar da buna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu proje kapsamında Tablo 24'teki Türkiye Şartlarındaki hayvan atıklarının analiziyle belirlenmiş KM miktarı dikkate alınacaktır. Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %15, Organik KM miktarı %80 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Büyükbaş Hayvan (Sığır) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

270.000 adet sığır gübresinden günde 7.830.000 kg atık (29kg/adet sığır * 270.000 adet sığır) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{b.b.h.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{b.b.h.}$ = Bir günde toplanan büyükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 24**'te verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 281.880 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 270.000 adet büyükbaş hayvandan (sığır) elde edilecek **metan** miktarı 197.316 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 26'te küçükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 26. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%KM)	Katı Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Koyun-Keçi Gübresi	% 30	% 75-%80		0,3

*Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %30, Organik KM miktarı %78 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Küçükbaş Hayvan (koyun ve keçi) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

2.500.000 adet koyun ve keçi gübresinden günde 6.000.000 kg atık (2,4 kg/adet küçükbaş hayvan*2.500.000 adet küçükbaş hayvan) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{k.bh.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$m_{k.bh.}$ = Bir günde toplanan küçükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 26**'da verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 421.200 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 2.500.000 adet küçükbaş hayvandan (koyun ve keçi) elde edilecek **metan** miktarı 294.840 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 27'te kümes hayvanı gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 27. Kümes Hayvanı Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%KM)	Katı Madde Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Kümes Hayvanı Gübresi	% 10-%30	% 70-%80		0,35-0,60

*Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %30, Organik KM miktarı %75 ve Biyogaz miktarı 0,4 alınmıştır.

Kümes Hayvanı gübresi **biyogaz miktarı 0,4** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

45.000 adet kümes hayvanı gübresinden günde 9.000 kg atık (0,2 kg/adet kümes hayvanı*45.000 adet kümes hayvanı) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{k.h.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Kümes hayvanı atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{k.h.}$ = Bir günde toplanan kümes hayvanı gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Kümes hayvanı gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Kümes hayvanı gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Kümes hayvanı gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 27**'de verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 810 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 45.000 adet kümes hayvanından elde edilecek **metan** miktarı 567 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Bahçe Düzenleme ve Çim Atıklarından Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarı

TRB2 Bölgesi Muş İlinde, Muş Belediyesi Park ve Bahçe Müdürlüğü'nden alınan 2015 verilerine göre yıllık yaklaşık 4,7 ton park-bahçe atığı oluşmaktadır. Park ve bahçe atıklarının değerleri Tablo 28-29'de verilmiştir.

Tablo 28. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Türkiye Şartları (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM Miktarı* (%)	Organik Madde Miktarı* (%)	Katı Miktarı* (%)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Park ve Bahçe Atıkları	% 25	% 90		0,55

Tablo 29. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Almanya Verileri (FNR, 2010)

Atık Kaynağı	KM Miktarı* (%)	Organik Miktarı* (%)	KM Miktarı* (%)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kg OKM)
Park ve Bahçe Atıkları	%12	%87.5		0,55

*Park-bahçe atıkları verileri ülke şartlarına göre değişiklik gösterdiğinden katsayılar da buna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu proje kapsamında Tablo 28'deki Türkiye Şartlarındaki park ve bahçe atıklarının laboratuvar analiziyle belirlenmiş KM ve OKM katsayıları kullanılacaktır.

**Hesaplamalar yapılırken biyogaz üretim miktarı 0,55 alınmıştır, metan/biyogaz oranı ise 0,7 kabul edilmiştir (FNR,2010).

Park ve bahçelerden kaynaklı organik atıkların biyogaz miktarı ve metan miktarı Denklem (3) ve Denklem (4) eşitliğinde verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{çim.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (3)}$$

$V_{bio.}$ = Park ve bahçe atıklarından oluşan biyogaz hacmi ($m^3/gün$)

$m_{çim.}$ = Bir günde toplanan park ve bahçe atığı miktarı ($kg/gün$)

KM = Park ve bahçe atıklarının katı madde miktarı (%)

OKM = Park ve bahçe atıkları katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Park ve bahçe atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm^3/kg OKM)

TRB2 Bölgesinde Muş İli park ve bahçelerden kaynaklanan organik atık miktarı 4,7 ton/yıl'dır. Denklem (3)'teki eşitlik yardımıyla 1,61 $m^3/gün$ biyogaz oluştuğu hesaplanmıştır. Denklem (4)'ten günlük oluşacak metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (4)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi ($m^3/gün$)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi ($m^3/gün$)

Park ve bahçelerden kaynaklanan organik atıklardan Denklem (4) kullanılarak günde 1,13 m^3 metan gazı oluşmaktadır.

Bu verilere göre TRB2 Bölgesi Muş İlinde **büyükbaş, küçükbaş, kümes hayvanları ve park-bahçe atıkları** kullanılarak elde edilebilecek toplam metan miktarı **~ 492.724,13 $m^3/gün$ ' dür (492.723 $m^3/gün$ + 1,13 $m^3/gün$).**

Günlük Elde Edilen Enerji Miktarı

1 Nm^3 metanın ısı değeri 9,9 kwh'tir (Avrupa Biyokütle Birliği Verileri). Tesiste oluşan enerji miktarının hesaplanması Denklem (5)'te verilmiştir.

$$E = V_{CH_4} \times 9,9^*$$

Denklem (5)

E= Tesiste oluşacak enerji miktarı (kW)

V_{CH_4} = Tesiste oluşacak günlük metan miktarı (m^3/sa)

$9,9^* = 1Nm^3$ metanın ısı değeri (kwh)

Denklem (5) eşitliğinde değerler yerine konduğunda kojenerasyon ünitesi **203.248,7 kW** kurulu gücünde olacaktır. Park ve bahçe atıklarının toplanmadığı günlerde oluşacak kurulu güç ise **203.248,3 kW** olacaktır.

6.4. TRB2 Bölgesi Bitlis İli Biyogaz Potansiyeli

Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarından Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarı

TRB2 Bölgesi Bitlis İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünden alınan 2015 yılı verilerine göre 60.839 adet büyükbaş hayvan, 701.354 adet küçükbaş hayvan ve 68.241 kümes hayvanı bulunmaktadır. Bitlis İli hayvan sayıları Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Bitlis İli Büyükbaş, Küçükbaş ve Kümes Hayvanı Sayıları

Bilginin Temin Edildiği Kurum	Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (adet)
Van İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri	Büyükbaş Hayvan	60.839
	Küçükbaş Hayvan	701.354
	Kümes Hayvanı	68.241

NOT: Alınan hayvan sayıları 2015 kayıtlı verileri olup değişiklik gösterebilmektedir.

Bir büyükbaş hayvan günde 29 kg gübre, küçükbaş hayvan 2,4 kg gübre ve kümes hayvanı 0,2 kg gübre oluşturmaktadır (Kaya ve Öztürk, 2012). Tablo 31-32'de büyükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 31. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%)KM	Katı Madde Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Sığır Gübresi	% 15	% 80		0,2-0,3

Tablo 32. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%)KM	Katı Madde Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kg OKM)
Sığır Gübresi	%10	%80		0,3

*Sığır gübresi verileri ülkelere göre değişiklik gösterdiğinden katsayılar da buna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu proje kapsamında Tablo 31'teki Türkiye Şartlarındaki hayvan atıklarının analiziyle belirlenmiş KM miktarı dikkate alınacaktır. Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %15, Organik KM miktarı %80 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Büyükbaş Hayvan (Sığır) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

60.839 adet sığır gübresinden günde 1.764.331 kg atık (29kg/adet sığır * 60.839 adet sığır) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{b.b.h.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{b.b.h.}$ = Bir günde toplanan büyükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 31**'de verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 63.515,9 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7$$

Denklem (2)

V_{CH_4} : Metan hacmi ($m^3/gün$)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi ($m^3/gün$)

Denklem (2)'ye göre miktarı 60.839 adet büyükbaş hayvandan (sığır) elde edilecek **metan** miktarı $44.461,1 m^3/gün$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 33'te küçükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 33. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%KM)	Katı Madde Miktarı	Biyogaz Miktarı** ($Nm^3/kgOKM$)
Koyun-Keçi Gübresi	% 30	% 75-%80		0,3

*Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %30, Organik KM miktarı %78 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Küçükbaş Hayvan (koyun ve keçi) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

701.354 adet koyun ve keçi gübresinden günde 1.683.250 kg atık (2,4 kg/adet küçükbaş hayvan*701.354 adet küçükbaş hayvan) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{k.bh.} * KM * OKM * K_{bio.}$$

Denklem (1)

$V_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi ($m^3/gün$)

$M_{k.b.h.}$ = Bir günde toplanan küçükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı ($Nm^3/kg OKM$)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 33**'te verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 118.164,1 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 701.354 adet küçükbaş hayvandan (koyun ve keçi) elde edilecek **metan** miktarı 82.714,9 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 34'de kümes hayvanı gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 34. Kümes Hayvanı Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Katı Madde Miktarı (%KM)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Kümes Hayvanı Gübresi	% 10-%30	% 70-%80	0,35-0,60

*Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %30, Organik KM miktarı %75 ve Biyogaz miktarı 0,4 alınmıştır.

Kümes Hayvanı gübresi **biyogaz miktarı 0,4** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

68.241 adet kümes hayvanı gübresinden günde 13.648,2 kg atık (0,2 kg/adet kümes hayvanı*68.241 adet kümes hayvanı) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{k.h.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Kümes hayvanı atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{k.h.}$ = Bir günde toplanan kümes hayvanı gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Kümes hayvanı gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Kümes hayvanı gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Kümes hayvanı gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 34**'te verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 1228,3 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 68.241 adet kümes hayvanından elde edilecek **metan** miktarı 859,8 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Bahçe Düzenleme ve Çim Atıklarından Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarı

TRB2 Bölgesi Bitlis İlinde, Bitlis Çevre Koruma Daire Başkanlığı'ndan alınan verilerine göre park-bahçe atığı kayıtları oluşturulmamıştır. Bu sebepten dolayı Bitlis İli için biyogaz potansiyeli hesaplanırken park-bahçe atıkları ilave edilmeden hesaplamalar yapılacaktır.

Bu verilere göre TRB2 Bölgesi Bitlis İlinde **büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları atıkları** kullanılarak elde edilebilecek toplam metan miktarı ~ 128.035,9 m³/gün' dür.

Günlük Elde Edilen Enerji Miktarı

1Nm³ metanın ısı değeri 9,9 kwh'tir (Avrupa Biyokütle Birliği Verileri). Tesiste oluşan enerji miktarının hesaplanması Denklem (5)'te verilmiştir.

$$E = V_{CH_4} \times 9,9^* \quad \text{Denklem (5)}$$

E= Tesiste oluşacak enerji miktarı (kW)

V_{CH_4} = Tesiste oluşacak günlük metan miktarı (m³/sa)

9,9* = 1Nm³ metanın ısı değeri (kwh)

Denklem (5) eşitliğinde değerler yerine konduğunda kojenerasyon ünitesi **52.814,8 kW** kurulu gücünde olacaktır.

6.5.TRB2 Bölgesi Toplam Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

Büyükbaş, Küçükbaş ve Kümes Hayvan Atıklarından Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarı
TRB2 Bölgesi (Van, Muş, Bitlis ve Hakkâri) İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlüklerinden alınan 2015 yılı verilerine göre 529.836 adet büyükbaş hayvan, 6.642.354 adet küçükbaş hayvan, 113.241 adet kümes hayvanı bulunmaktadır. TRB2 Bölgesi hayvan sayıları Tablo 35’te verilmiştir.

Tablo 35. TRB2 Bölgesi Büyükbaş, Küçükbaş Ve Kümes Hayvanı Sayıları

Bilginin Temin Edildiği Kurum	Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (adet)
TRB2 Bölgesi (Van, Hakkâri, Muş ve Bitlis) İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri	Büyükbaş Hayvan	529.836
	Küçükbaş Hayvan	6.642.354
	Kümes Hayvanı	113.241

NOT: Alınan hayvan sayıları 2015 kayıtlı verileri olup değişiklik gösterebilmektedir.

Bir büyükbaş hayvan günde 29 kg gübre, küçükbaş hayvan 2,4 kg gübre ve kümes hayvanı ise 0,2 kg gübre oluşturmaktadır (Kaya ve Öztürk, 2012). Tablo 36-37’de büyükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 36. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%KM)	Katı Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Sığır Gübresi	% 15	% 80		0,2-0,3

Tablo 37. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%)	Katı Madde Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kg OKM)
Sığır Gübresi	%10	%80		0,3

*Sığır gübresi verileri ülkelere göre değişiklik gösterdiğinden katsayılar da buna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu proje kapsamında Tablo 36'daki Türkiye Şartlarındaki hayvan atıklarının analiziyle belirlenmiş KM miktarı dikkate alınacaktır. Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %15, Organik KM miktarı %80 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Büyükbaş Hayvan (Sığır) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

529.836 adet sığır gübresinden günde 15.365.244 kg atık (29kg/adet sığır * 529.836 adet sığır) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{b.b.h.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$m_{b.b.h.}$ = Bir günde toplanan büyükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 36**'da verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 553.148,8 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 529.836 adet büyükbaş hayvandan (sığır) elde edilecek **metan** miktarı 387.204,2 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 38'da küçükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 38. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%KM)	Katı Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Koyun-Keçi Gübresi	% 30	% 75-%80		0,3

*Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %30, Organik KM miktarı %78 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Küçükbaş Hayvan (koyun ve keçi) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

6.642.354 adet koyun ve keçi gübresinden günde 15.941.650 kg atık (2,4 kg/adet küçükbaş hayvan*6.642.354 adet küçükbaş hayvan) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{k.bh.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$m_{k.bh.}$ = Bir günde toplanan küçükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 38**'de verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 1.119.104 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 6.642.354 adet küçükbaş hayvandan (koyun ve keçi) elde edilecek **metan** miktarı 783.372,7 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 39'de kümes hayvanı gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 39. Kümes Hayvanı Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%KM)	Katı Madde Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Kümes Hayvanı Gübresi	% 10-%30	% 70-%80		0,35-0,60

*Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %30, Organik KM miktarı %75 ve Biyogaz miktarı 0,4 alınmıştır.

Kümes Hayvanı gübresi **biyogaz miktarı 0,4** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

113.241 adet kümes hayvanı gübresinden günde 22.648 kg atık (0,2 kg/adet kümes hayvanı*113.241 adet kümes hayvanı) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{k.h.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Kümes hayvanı atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{k.h.}$ = Bir günde toplanan kümes hayvanı gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Kümes hayvanı gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Kümes hayvanı gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Kümes hayvanı gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 39**'da verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 2038,3 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7$$

Denklem (2)

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 113.241 adet kümes hayvanından elde edilecek **metan** miktarı 1426,8 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Bahçe Düzenleme ve Çim Atıklarından Oluşan Biyogaz ve Metan Miktarı

TRB2 Bölgesinde (Van, Bitlis, Muş ve Hakkâri) park ve bahçe atıkları Van, Muş ve Hakkâri Büyükşehir Belediyesi Park ve Bahçe Müdürlüğü'nden alınan 2015 verilerine göre Van'da yıllık yaklaşık 150 ton, Muş'ta 4,7 ton/yıl ve Hakkâri'de 5 ton/yıl' dır. Park ve bahçe atıklarının değerleri Tablo 40-41'de verilmiştir.

Tablo 40. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Türkiye Şartları (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM Miktarı* (%)	Organik Madde Miktarı* (%KM)	Katı Miktarı* (%)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Park ve Bahçe Atıkları	% 25	% 90		0,55

Tablo 41. Park ve Bahçe Atıkları Değerleri Almanya Verileri (FNR, 2010)

Atık Kaynağı	KM Miktarı* (%)	Organik KM Miktarı* (%KM)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kg OKM)
Park ve Bahçe Atıkları	%12	%87.5	0,55

*Park-bahçe atıkları verileri ülke şartlarına göre değişiklik gösterdiğinden katsayılar da buna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu proje kapsamında Tablo 40'taki Türkiye Şartlarındaki park ve bahçe atıklarının laboratuvar analiziyle belirlenmiş KM ve OKM katsayıları kullanılacaktır.

**Hesaplamalar yapılırken biyogaz üretim miktarı 0,55 alınmıştır, metan/biyogaz oranı ise 0,7 kabul edilmiştir (FNR,2010).

Park ve bahçelerden kaynaklı organik atıkların biyogaz miktarı ve metan miktarı Denklem (3) ve Denklem (4) eşitliğinde verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{çim.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (3)}$$

$V_{bio.}$ = Park ve bahçe atıklarından oluşan biyogaz hacmi ($m^3/gün$)

$m_{çim.}$ = Bir günde toplanan park ve bahçe atığı miktarı ($kg/gün$)

KM = Park ve bahçe atıklarının katı madde miktarı (%)

OKM = Park ve bahçe atıkları katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Park ve bahçe atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm^3/kg OKM)

TRB2 Bölgesinde park ve bahçelerden kaynaklanan organik atık miktarı 159,7 ton/yıl'dır. Denklem (3)'teki eşitlik yardımıyla 55,7 $m^3/gün$ biyogaz oluştuğu hesaplanmıştır. Denklem (4)'ten günlük oluşacak metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (4)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi ($m^3/gün$)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi ($m^3/gün$)

Park ve bahçelerden kaynaklanan organik atıklardan Denklem (4) kullanılarak günde 39 m^3 metan gazı oluşmaktadır.

Bu verilere göre TRB2 Bölgesi **büyükbaş, küçükbaş, kümes hayvanları ve park-bahçe atıkları kullanılarak elde edilebilecek toplam metan miktarı ~ 1.172.042,7 $m^3/gün$ ' dür (1.172.003,7 $m^3/gün$ + 39 $m^3/gün$).**

Günlük Elde Edilen Enerji Miktarı

1 Nm^3 metanın ısı değeri 9,9 kwh'tir (Avrupa Biyokütle Birliği Verileri). Tesiste oluşan enerji miktarının hesaplanması Denklem (5)'te verilmiştir.

$$E = V_{CH_4} \times 9,9^*$$

Denklem (5)

E= Tesiste oluşacak enerji miktarı (kW)

V_{CH_4} = Tesiste oluşacak günlük metan miktarı (m^3/sa)

$9,9^* = 1Nm^3$ metanın ısı değeri (kwh)

Denklem (5) eşitliğinde değerler yerine konduğunda kojenerasyon ünitesi **483.467,6 kW** kurulu gücünde olacaktır. Park ve bahçe atıklarının toplanmadığı günlerde oluşacak kurulu güç ise **483.451,5 kW** olacaktır.

Çıkan biyogaz miktarı ve oluşacak enerji miktarları göz önüne alındığında kurulacak tesisin kapasitesi çok büyük olmaktadır. Ayrıca tek bir tesis yapılması hammaddenin toplanması ve işlenmesi açısından da sorun yaratabilmektedir. TRB2 bölgesi illeri için ayrı ayrı tesis kurulması gerçekleştirildiğinde hayvan sayılarının çok fazla olması sebebiyle yine büyük kapasiteli tesislerin kurulması gerekmektedir. Diğer uygulanabilecek bir ihtimalde münferit bölgeler için ayrı ayrı biyogaz tesisinin yapılmasıdır. Hammaddelerin taşınmasının kolaylaştırılması ve daha küçük kapasiteli tesislerin kurulacak olmasından dolayı daha avantajlı gözükmemektedir.

7.BİYOGAZ TESİSLERİ

Biyogaz tesisleri planlanan amaca göre farklı teknolojiler kullanılarak tasarlanabilmektedir. Biyogaz tesisleri kapasite olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- Aile Tipi: 10-12 m³ kapasiteli
- Çiftlik tipi: 50-100-150 m³ kapasiteli
- Köy tipi: 100-200 m³ kapasiteli
- Sanayi tipi: 1.000-10.000 m³ kapasiteli

Aile tipi biyogaz tesisleri dışındaki diğer tesislerin çoğunda, optimum biyogaz üretimi için, biyogazın olduğu ortamın(reaktör) ısıtılması gereklidir. Biyogaz üretiminde ortam sıcaklığının yaklaşık 35 °C olması istenmektedir. Biyogaz tesislerinde, ısı kontrolünün sağlanması amacıyla güneş enerjisinden yararlanılabileceği gibi, en pratik ve yaygın kullanılan sistem, tesisin içine yerleştirilen sıcak sulu serpantinlerden yararlanmaktır.

7.1.Biyogaz Tesis Çeşitleri

Biyogaz üretimi için kurulabilecek tesis çeşitlerini 2 alt başlıkta toplamak mümkündür. Bunlar:

1. Besleme Yöntemlerine Göre Biyogaz Tesisleri
2. Reaktör Tasarımına Göre Biyogaz Tesisleridir.

7.1.1.Besleme Yöntemlerine Göre Biyogaz Tesisleri

Biyogaz tesisleri, besleme yöntemlerine göre, sürekli tip ve kesikli tip tesisler olarak gruplandırılabilir.

7.1.1.1.Sürekli Tip Biyogaz Tesisleri

Sürekli tip biyogaz tesislerinde reaktörden gaz çıkışı başladığında günlük olarak besleme yapılır. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış çökelti sistemden dışarıya alınır. Organik madde reaktöre her gün belirli miktarlarda verilir. Gerekli bekletme süresi kadar bekletilir. Aynı oranlarda fermente olmuş materyal günlük olarak reaktörden alınır. Böylece, günlük beslemelerle sürekli biyogaz üretimi sağlanır.

Sürekli tip biyogaz tesislerinde, biyokütle yüklenmesi sürekli olup, reaktördeki substrakt hacmi yaklaşık olarak sabittir. Bu tip tesisler uygulamada günde bir veya iki kez yüklenir. Sürekli tip tesislerin üç tipi vardır.

1. Tam karıştırmalı
2. Fermantasyon kanallı
3. Karma Sistem

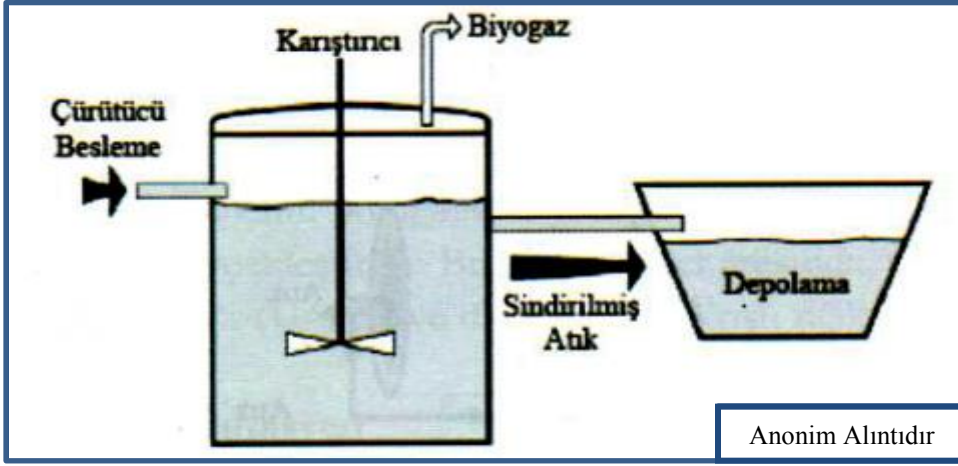
Sürekli beslenen tesislerin üstünlüğü, sabit miktarda biyogaz üretimine uygun olmasıdır. Yüzey durumdaki parçacıkların çökerek katı bir cüruf tabakası oluşturması sorun oluşturur. Bu durum, biyogaz üretimini engelleyerek, tesisin çalışamaz duruma gelmesine neden olabilir. Bu sorun, uygun bir karıştırıcı kullanılarak ve bekleme süresi uzatılarak önlenabilir.

Sürekli beslemeli biyogaz tesisleri, kullanılan organik materyale uygun bir bekletme süresi ve reaktör yükü dikkate alınarak tasarlanırlar. Sürekli tesisler düzenli bir şekilde günlük olarak doldurulur ve boşaltılır. Sürekli beslemeli sistemde, doldurulmuş olan reaktörden gaz çıkışı başladığında günlük olarak besleme yapılır. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış çökelti sistemden dışarıya alınır. Böylece sürekli ve düzenli bir şekilde gaz elde edilmiş olur. Sürekli çalışma, her tasarım için uygundur, bununla birlikte kullanılan materyalin akışkan ve homojen olması gerekir. Sürekli tesisler taşma şeklinde otomatik olarak boşalırlar. Sürekli tesisler genel olarak kırsal kesim için uygundur. Bu tip tesisler, günlük çalışma için daha uygundur.

Sürekli tip biyogaz tesislerinde, gaz üretimi sabittir ve kesikli tesislerden biraz daha yüksektir. Sürekli işlemlerde gerçek verim, organik maddenin daha az bozunması ve iz elementler bulunması nedeniyle daha düşüktür. Metan (CH_4) verimi aşağıdaki etmenlere bağlıdır:

- Toplam katı içeriği
- Uçucu özellikteki katıların(VS) toplam katılara(TS) oranı
- Özgül metan verimi

Tam karıştırmalı sürekli bir sistem, bekletme süresine bağlı olarak belirlenen, belirli miktarda hammadde ile düzenli olarak beslenir. Küçük reaktörler günlük bir veya iki kez beslenir, diğer yandan daha büyük sistemler, her saatte bir gibi, çok sık aralıklarla beslenebilir. Tam karıştırmalı sürekli tip sistem gösterimi Şekil 8’de verilmiştir.

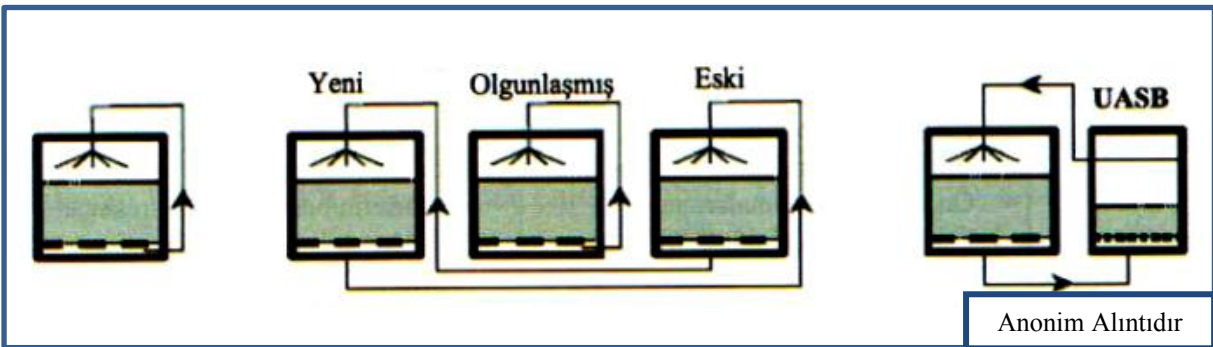


Şekil 8. Tam Karıştırılmalı Sürekli Tip Sistem

7.1.1.2. Kesikli Tip Biyogaz Tesisleri

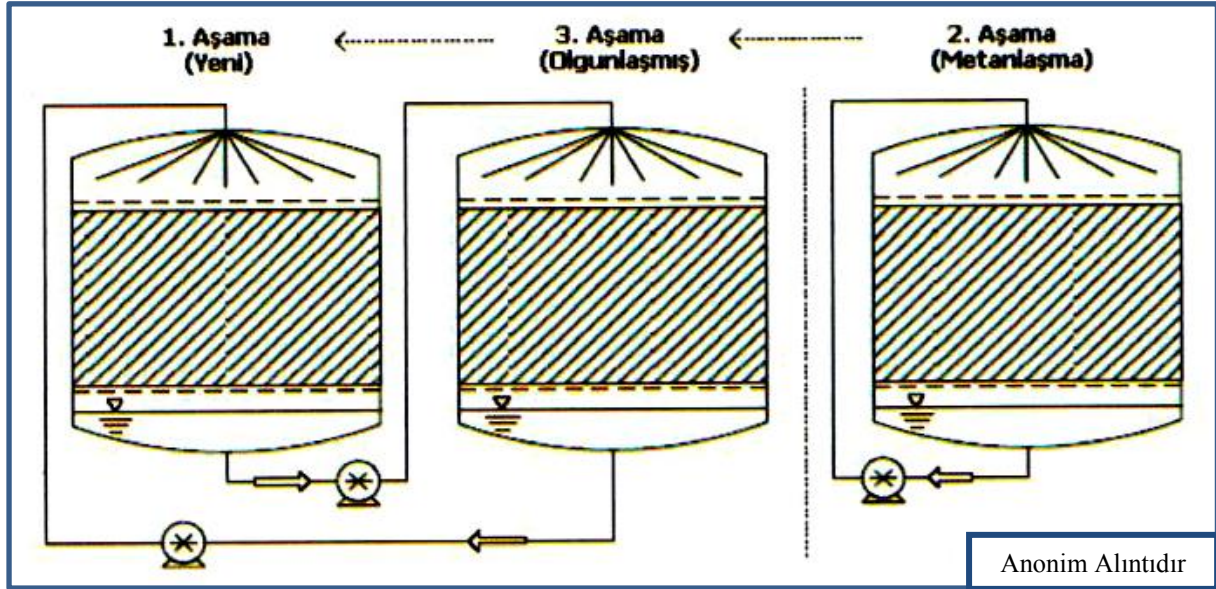
Tesisin reaktörü (üretim tankı) hayvansal ve/veya bitkisel atıklar ile doldurulur. Bekletme süresi kadar bekletilerek biyogaz oluşumu tamamlanır. Bekletme süresi, kullanılan organik maddeye ve sistem sıcaklığına bağlı olarak değişir. Bu süre sonunda, tesisin reaktörü tamamen boşaltılır ve yeniden doldurulur. Kesikli besleme sistemlerinde reaktör başlangıçta biyogaz elde edilecek malzeme ile doldurulur ve biyogaz elde edilinceye kadar beklenir. Kullanılan malzemeye ve sistem sıcaklığına bağlı olarak bekletme süresi değişir. Sürenin sonunda reaktör boşaltılarak, yeniden doldurulur.

Kesikli tip biyogaz tesisleri, organik madde yığın halinde yüklenir ve belirli miktardaki substrat(aşı) başlatıcı olarak işlev yapar. Biyogaz üretim hızı azaldığında, fermentasyon işlemi kesilir. Tesis temizlenir ve yeniden doldurulur. İstenilen miktarda gaz üretebilmek için, birkaç adet reaktör paralel durumda kullanılabilir. Kesikli tip reaktörlerin farklı tasarımları Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Kesikli Tip Reaktörlerin Farklı Tasarımları

Kesikli tip tesisler, tamamen doldurulur ve belirli bir bekletme süresinden sonra tamamen boşaltılır. Her tasarım ve fermantasyon materyali kesikli tip tesisler için uygundur. Kesikli tip tesislerde gaz teminin tekdüze olarak sürdürebilmek için, büyük gaz depoları veya fermantasyonun gerçekleştiği bir dizi reaktör gereklidir. Kesikli tip ardışık reaktör tasarımı ile ilgili akım şeması Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Kesikli Tip Ardışık Reaktör Tasarımları

Kesikli tip tesisler, katı içeriği yüksek saman ve lifli hammaddelerin fermantasyonunda, genellikle, yağış miktarı düşük olan yerler için uygundur. Saman ve gübrenin birlikte kullanılması durumunda, biyogaz tesisi yarı-kesikli tip tesis olarak çalıştırılabilir. Saman gibi yavaş fermente olan materyal, kesikli yük olarak yılda yaklaşık iki kez beslenir. Gübre, eklenir ve düzenli olarak uzaklaştırılır. Yarı-kesikli tip biyogaz tesislerinde, reaktör başlangıçta belirli oranda organik madde ile doldurulur. Reaktörün geri kalan hacmi, fermantasyon süresine bölünerek, günlük miktarda tamamlanır. Fermantasyon süresi sonuna reaktör boşaltılır ve yeniden doldurulur. Kesikli sistemlerin üstünlük ve olumsuzlukları Tablo 42'de verilmiştir.

Tablo 42. Kesikli Sistemlerin Üstünlük ve Olumsuzlukları

ÖLÇÜT	ÜSTÜNLÜKLERİ	OLUMSUZLUKLARI
<i>Teknik</i>	✓ Basit bir teknolojidir. ✓ Materyal işleme basitleştirilmiştir. ✓ Ön işlem uygulama azdır. ✓ Teknoloji düzeyi düşüktür. ✓ Sağlamdır.	✓ Tıkanma oluşur. ✓ Reaktörlerin boşaltılması süresince risk oluşabilir.
<i>Biyolojik</i>	✓ Metanlaşma aşamasından hidroliz aşamasının ayrışması ✓ Çöplük gazı reaktörlerinden hızlıdır. ✓ Birkaç adet reaktörün kullanılması nedeniyle güvenilir bir işlemdir.	✓ Tek reaktör sistemlerinde gaz üretimi değişkendir. ✓ Organik madde yükleme hızı düşüktür.
<i>Ekonomik ve Çevresel</i>	✓ Gelişmekte olan ülkeler için ucuz ve uygulanabilir. ✓ Su tüketimi azdır. ✓ Maliyeti Düşüktür. ✓ Çöplük gazı için uygundur.	✓ Çok geniş alan gereklidir. ✓ Organik maddeler tam olarak fermente olmaz

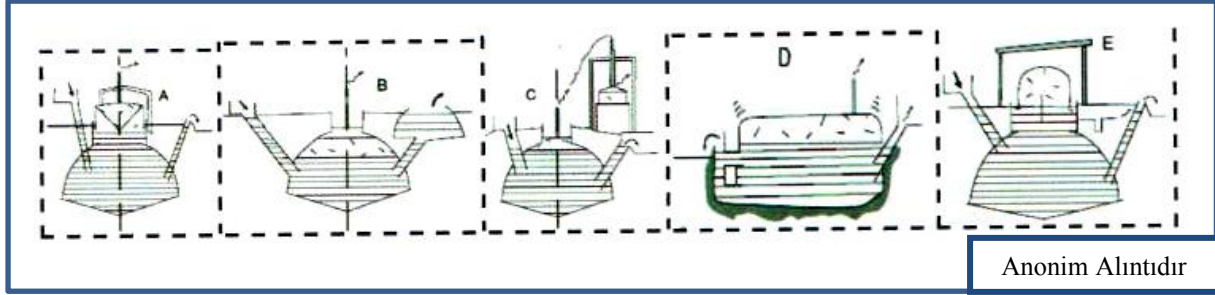
Kesikli reaktörlerde gaz üretimi, önce artmakta ve sonra düşmektedir. Bu durum, her biri farklı bir evredeki kesikli sistemlerin birbirine bitişik olarak çalıştırılması sonucunda gerçekleşir. Bu yöntemle tüm tesisten gaz üretimi az veya çok durağan olarak sürdürülmektedir.

7.1.2.Reaktör Tasarımına Göre Biyogaz Tesisleri

Modern ileri teknoloji uygulamalarının dışında, uzun yıllardır kullanılan biyogaz sistemleri de vardır. Kırsal kesimler için önerilen ve kısıtlı yerel olanaklarla yapılan ve kullanılan bu tür sistemler, çok değişik tipte olup genel olarak aşağıdaki gibi gruplandırılır:

1. Sabit kubbeli biyogaz tesisleri
2. Hareketli kubbeli biyogaz tesisleri
3. Balon tipi biyogaz tesisleri

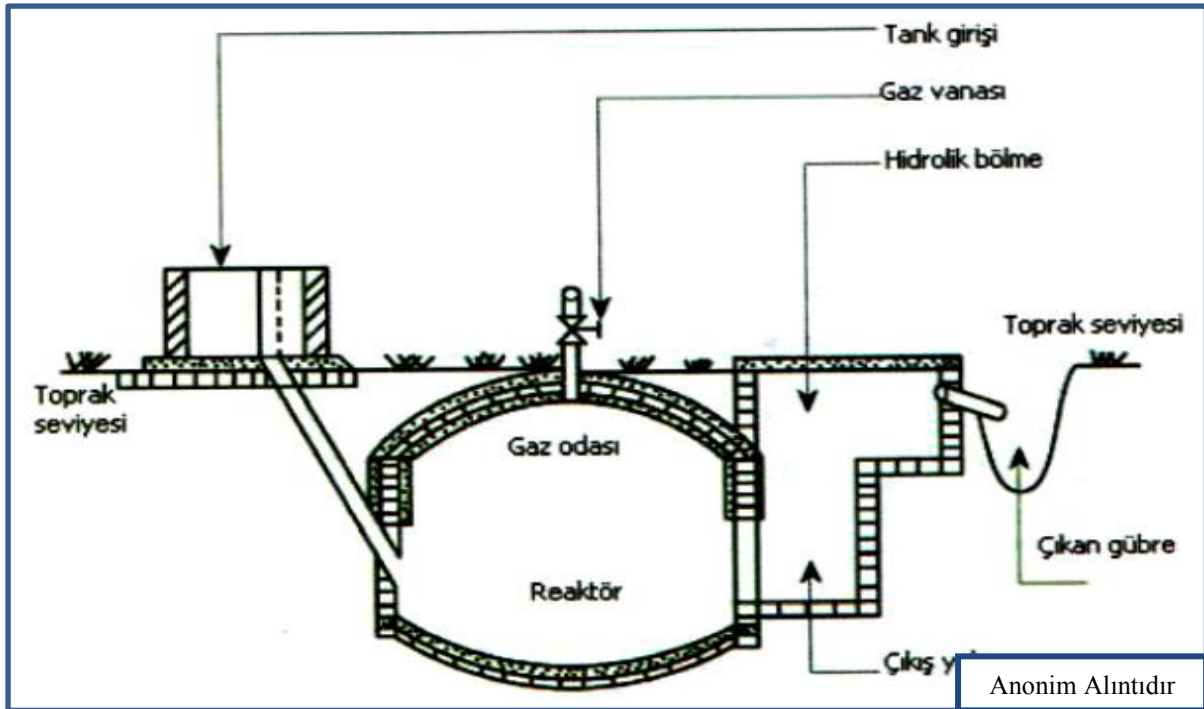
Basit biyogaz tesisleri Şekil 11’de gösterilmiştir.



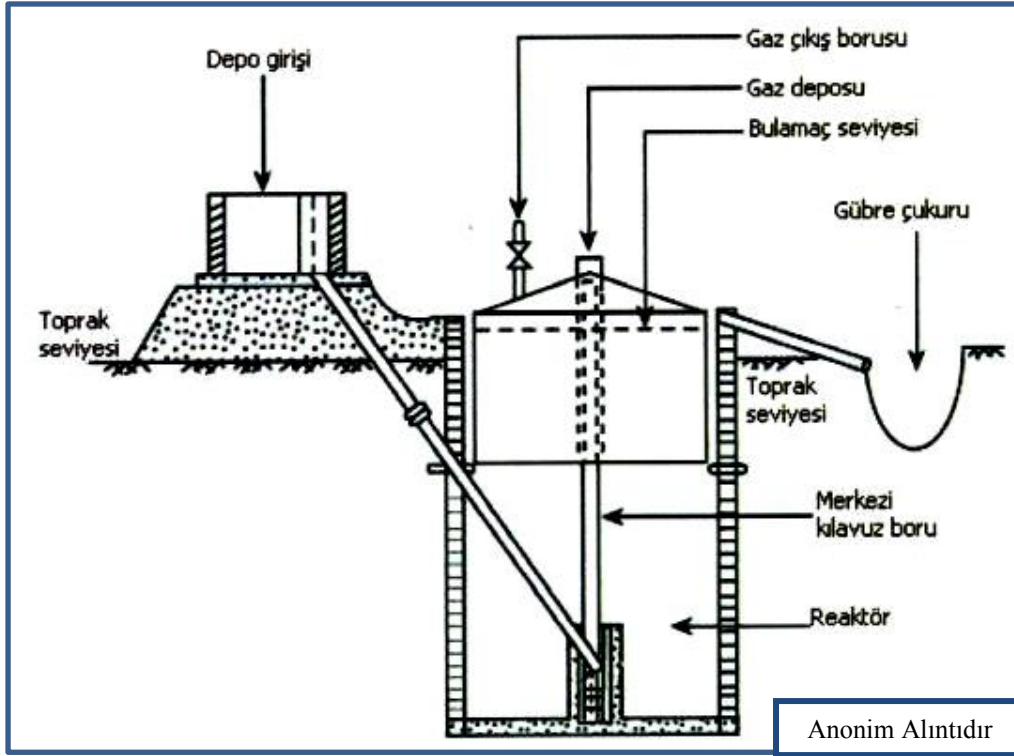
Şekil 11. Basit Biyogaz Tesisleri

A) Hareketli kubbeli tesis, B) Sabit kubbeli tesis, C) Ayrı gaz deposu sabit kubbeli tesis: Gaz basıncı yüzer durumdaki gaz deposuyla sabit tutulur. Dengeleme tankı olmayan tesis, sürekli tesis olarak çalıştırılabilir. Bu tip bir biyogaz tesisi için karıştırıcı kullanılması önerilir D) Balon tipi tesis, E) Kanal tipi tesis

Hareketli kubbeli tesislerde, gaz deposu reaktörün üst kısmındadır. Sabit kubbeli tesislerde ise, gaz sabit bir depoda depolanır. Sabit kubbeli tip biyogaz tesisi Şekil 12’te hareketli kubbeli tip biyogaz tesisi Şekil 13’de gösterilmektedir.



Şekil 12. Sabit Kubbeli Tip Biyogaz Tesisi

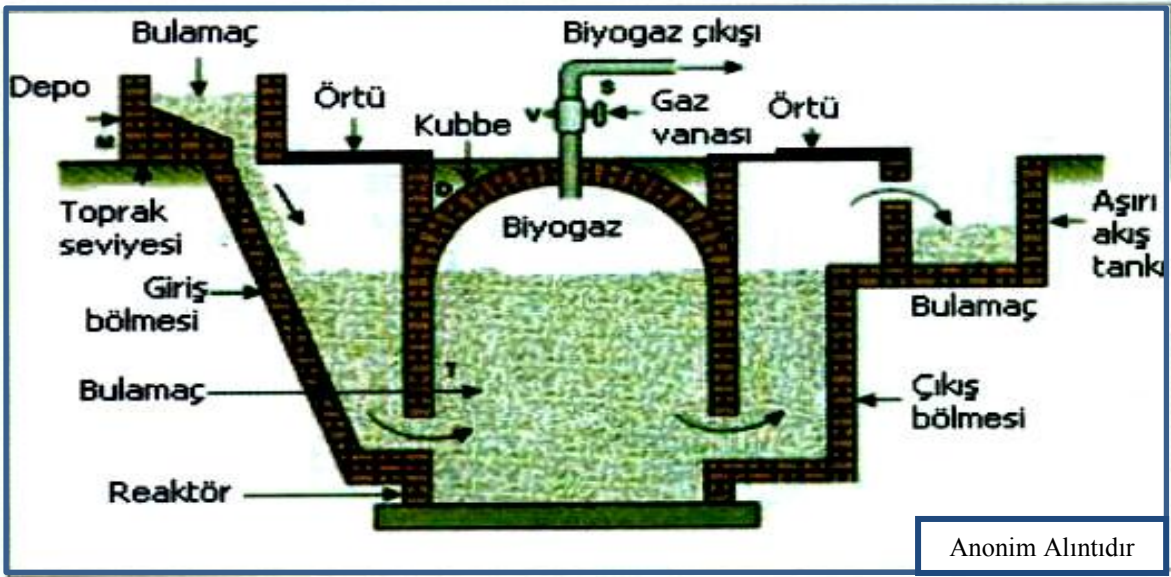


Şekil 13. Hareketli Kubbeli Tip Biyogaz Tesisi

7.1.2.1.Sabit Kubbeli Biyogaz Tesisleri

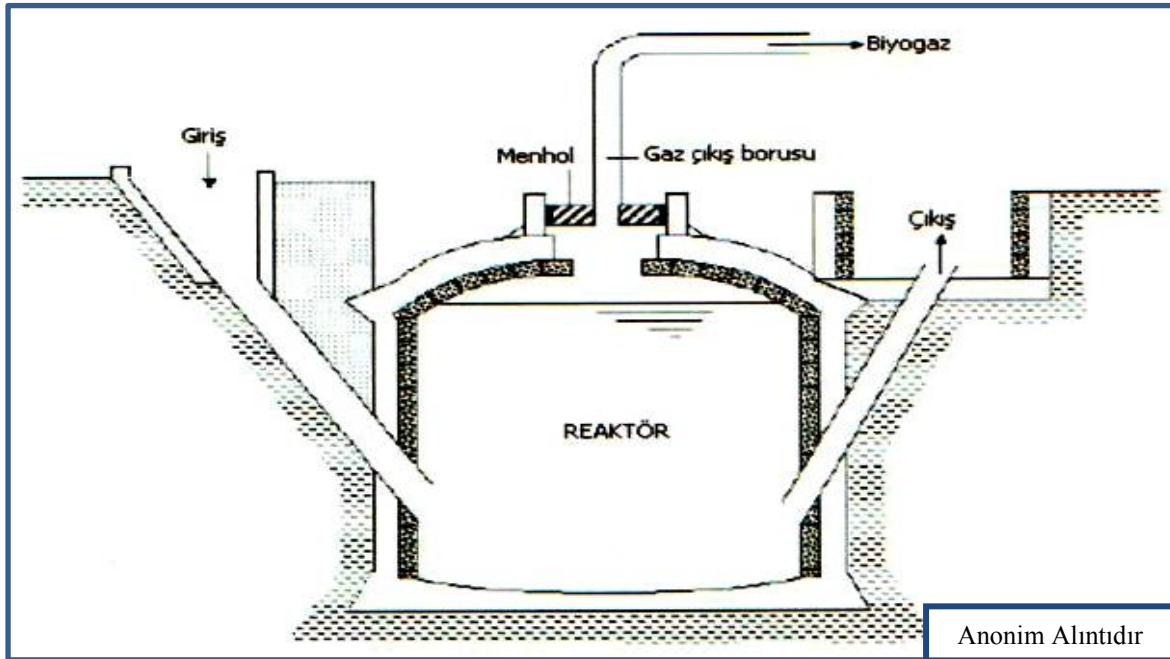
Sabit kubbeli biyogaz tesisi; kapalı kubbe şeklinde bir reaktör, sabit bir gaz deposu ve bir çukurdan oluşur. Biyogaz, tankın üst kısmında toplanır. Gaz üretimi, reaktördeki basıncı artırır ve substraktı çukur içerisine iter. Gaz çıkarıldığında, belirli miktar substrakt reaktör içine dolar.

Sabit kubbeli tesiste, gaz basıncı sabit değildir ve depolanan gaz miktarına bağlı olarak artar. Sonuç olarak, sabit basınç sağlayabilmek için, özel basınç kontrol cihazları veya ayrı bir gaz tutucu gereklidir. Bu tip tesislerin reaktörü genellikle duvar şeklinde tasarlanır ve gaz geçirmeyecek şekilde parafinle kaplanır veya bitümlü boya ile boyanır. Sabit kubbeli biyogaz tesisinin yapısı Şekil 14’te verilmiştir.



Şekil 14. Sabit Kubbeli Biyogaz Tesisinin Yapısı

Sabit kubbeli Çin modeli biyogaz tesisi, 1936 yılının başlarında tasarlanmıştır. Toprak altında tuğla duvardan örülmüş bir fermantasyon odasının üst kısmı gaz depolama için bir kubbe ile donatılmıştır. Bu tip tasarımda, fermantasyon odası ve gaz deposu tek bir ünite şeklinde kombine durumdadır. Gaz deposu olarak çelik depo maliyetinden tasarruf edilmiş olur. Sabit kubbeli tesislerin kullanım süresi 20-50 yıl arasındadır. Sabit kubbeli tip (Çin modeli) biyogaz tesisi Şekil 15'te gösterilmektedir.



Şekil 15. Sabit Kubbeli (Çin Modeli) Biyogaz Tesis

Sabit kubbeli tesislerde, hayvan atıkları ile bir arada lifli bitkisel materyal kullanılabilir. Tesis sürekli beslemeli tiptedir. Sabit kubbeli tesisler, gaz dolu boşluğun üst kısmına kadar toprak ile örtülmek durumundadır. Kural olarak, reaktör hacmi 20 m³'ten fazla olmamalıdır. Bu durumda gaz deposu hacmi 3-4 m³ düzeyindedir. Toprakla örtmek soğuk iklimler için uygundur ve gerekli olduğunda ısıtılabilir.

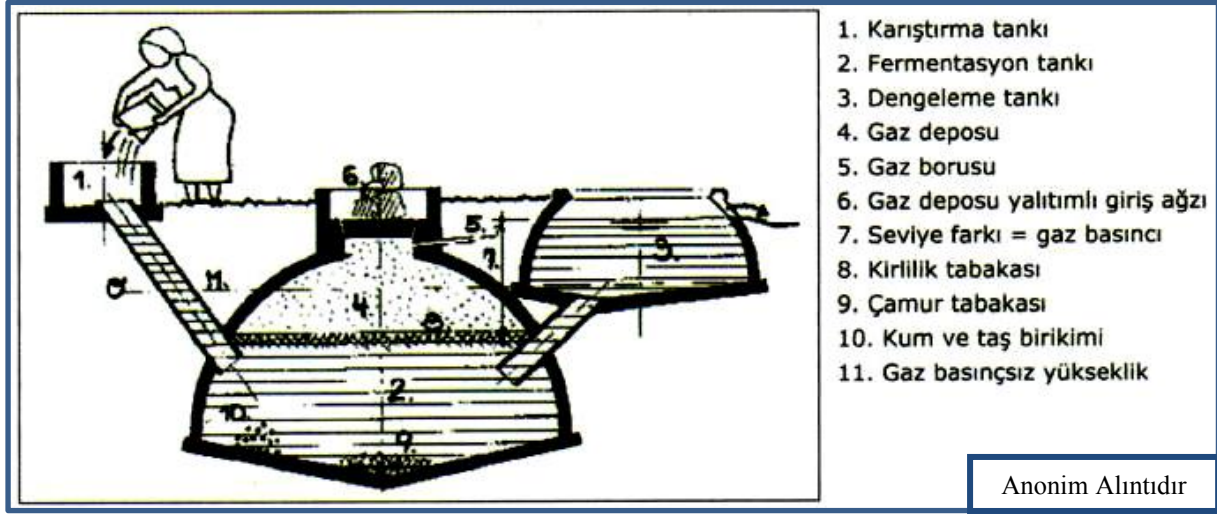
Sabit kubbeli tip bir biyogaz tesisi esas olarak; tuğladan tasarlanmış bir reaktör çukuru ve onun üzerine geçici olarak örtülmüş olan beton bir çatıdan oluşur. İçeride üretilen gazın depolanmasına yardımcı olabilmek için çatının üst kısmına toprak yığılır. Gaz üretildikten sonra kubbe içerisinde toplanır ve reaktör çukurundaki substraktın bir kısmı atık deposuna gider. Atık deposundaki substrakt, biyogaz üretiminde kullanılmak üzere, reaktör çukuru içerisine doğru akar. Tasarım ve temizleme işlemleri süresince reaktör çukuru içerisine girilmesi güçtür. Bu durum sabit kubbeli biyogaz tesislerinin temizlik ve bakım işlemlerini güçleştirmektedir.

Sabit kubbeli biyogaz tesislerinin üstünlükleri ve olumsuzlukları Tablo 43'te verilmiştir.

Tablo 43. Sabit Kubbeli Biyogaz Tesislerinin Üstünlük ve Olumsuzlukları

ÜSTÜNLÜKLERİ	OLUMSUZLUKLARI
✓ İlk yatırım maliyeti düşüktür. ✓ Kullanım ömrü 20 yıldan fazladır. ✓ Temel tasarım, basit ve iyi yalıtılmıştır. ✓ Hareketli parçalar yoktur. ✓ Hareketli ve paslanabilen çelik parçalar yoktur. ✓ Kışın soğuklardan korunma ve yer tasarrufu sağlamak için yeraltında tasarlanabilir. ✓ Bölgesel olarak iş olanağı yaratma potansiyeli vardır.	✓ Çatlaklar ve boşluklar nedeniyle, tesislerin gaz yalıtımı iyi değildir. ✓ Özel bir şekilde yalıtım gereklidir. ✓ Çatlamalar gaz sızıntılarına neden olur. ✓ Gaz basıncı çok yüksektir ve önemli düzeyde değişir. ✓ Gaz basıncının değişmesi, gaz kullanımını engeller. ✓ Tesisin çalışması tam olarak anlaşılır değildir.

Sabit kubbeli bir tesis, sabit ve hareketli olmayan gaz boşluğu bulunan kapalı bir fermantasyon tankından oluşur. Gaz fermantasyon tankının üst kısmında depolanır. Gaz üretimi başladığı zaman, substrakt dengeleme tankı içerisine boşaltılır. Gaz basıncı, depolanan gaz hacminin artışıyla bağlı olarak değişir. Depodaki gazın çok az olması durumunda, gaz basıncı düşüktür. Sabit kubbeli biyogaz tesisinin bileşenleri açıklamaları ile Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16. Sabit Kubbeli Biyogaz Tesisinin Bileşenleri

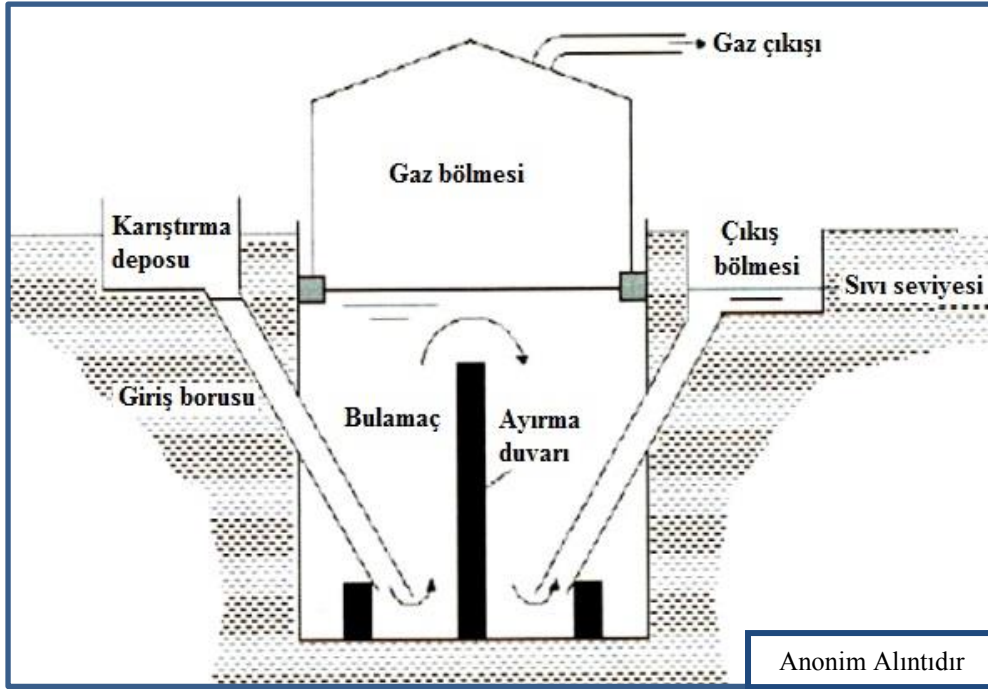
Uygun bir şekilde tasarımılanmış olan biyogaz tesisinin, farklı büyüklüklerde üretim için uygun olması ve müşteri gereksinimlerini karşılaması gerekir. Sabit basınçta gaz gerekiyorsa (örneğin motorlar için), bir gaz basınç regülatörü veya hareketli gaz deposu gereklidir. Fazla miktarda gaz gerektiren motorlar için büyük gaz depoları gereklidir. Hareketli gaz deposu yoksa gaz basıncı çok yüksek olur. Sabit kubbeli tesislerin sadece deneyimli biyogaz teknisyenleri tarafından tasarımılanması önerilir.

7.1.2.2.Hareketli Kubbeli Biyogaz Tesisleri

Biyogaz teknolojisi konusunda ilk araştırmalar 1937 yılında Hindistan'da başlamıştır. 1956 yılında *Jashu Bhai J Patel*, yaygın bir şekilde Gobar gaz tesisi olarak bilinen, hareketli kubbeli tip biyogaz tesisi tasarımı geliştirmiştir. 1962 yılında *Pater*'in tasarımı, Khadi ve Hindistan Köy Endüstrileri Birliği tarafından iyileştirilmiştir. Bu tasarım, kısa sürede Hindistan'da ve tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu tasarımda fermentasyon odası, çimento harcı ile yapılmış tuğla duvarlardan oluşmaktadır. Reaktörde üretilen gazı toplamak için, fermenterin en üst bölümüne yumuşak çelikten bir depo tasarımılanmıştır. Sabit kubbeli Çin modelinin geliştirilmesi ile hareketli kubbeli tip tesisler, maliyetleri ve bakım giderlerinin yüksek olması nedeniyle eski önemini yitirmişlerdir.

Hareketli kubbeli tip biyogaz tesisinde, substrakt toprak içerisinde açılmış olan silindirik bir çukur içinde tutulur. Bu çukur tuğlalardan tasarımılanır ve toprak ile desteklenir. Tesisin substrakt nedeniyle oluşan hidrolik basınca karşı dayanıklı olması gerekir. Gaz, normal olarak silindirik çelik gaz deposunda toplanır. Hareketli kubbeli tip bir biyogaz tesisi tasarımı Şekil 17'de gösterilmiştir.

önleyen tasarım uygulanır. Şekil 18’de hareketli kubbeli tip (Hindistan modeli) biyogaz tesisi gösterilmektedir.

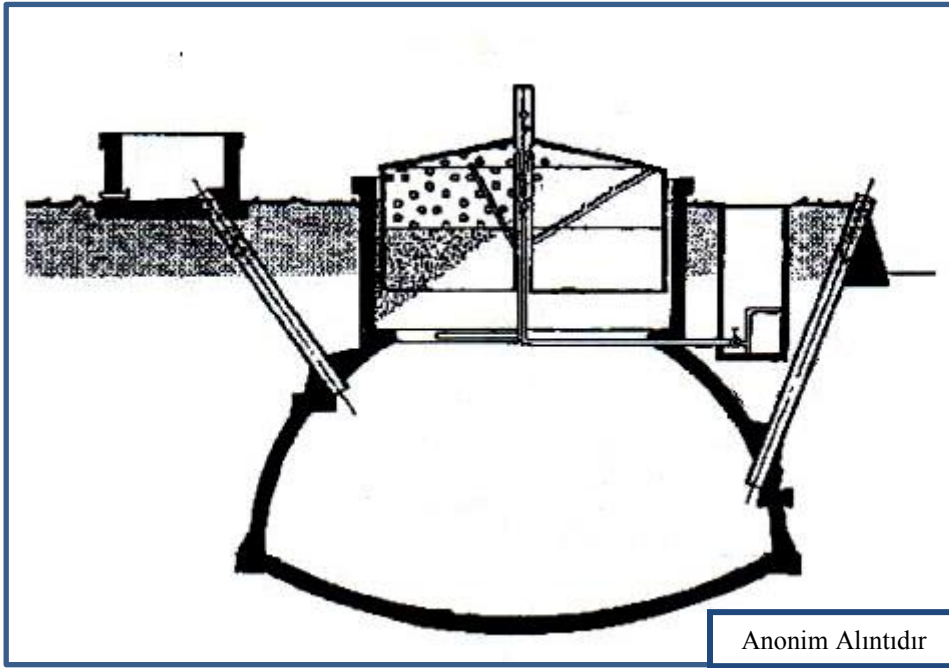


Şekil 18. Hareketli Kubbeli Tip (Hindistan Modeli) Biyogaz Tesisi

Gaz deposu, ikinci bir boru içerisinde düşey olarak hareket eden merkezi bir kılavuz boru yardımıyla, düşey pozisyonda tutulur. Bu sistem, deponun yukarı aşağı doğru hareket etmesine ve kendi aksı etrafında dönmesine olarak tanır. Gaz deposu, tesisinin yukarı aşağı hareketi üretilen gazın basıncının sabit bir değerde olmasına yardımcı olur. Ayrıca, gaz deposu tesisinin dönme özelliği, reaktördeki substraktın yüzeyinde köpük tabakası oluşmasının önlenmesine yardımcı olur. Hareketli kubbeli biyogaz sistemi, sürekli biyogaz sistemleri kategorisinde yer alır. Bu sistemde substrakt, giren substrakt tarafından atık odası içerisine yönlendirilir. Etkin olarak karıştırılan reaktörler içerisine substraktın beslenmesi için bu tip biyogaz sistemlerine gereksinim vardır. Reaktör kapasitesinin kademe kademe azalmasına neden olan, kum ve taş gibi inorganik maddelerin çökmesini önlemek için, bu tip sistemlerin önemi büyüktür. Reaktörün dip kısmında fazla miktarda kum ve taş birikmesi durumunda, reaktörün çalışmasına son vermek ve substraktı el ile boşaltarak birikmiş olan kum ve taşları temizlemek gereklidir.

Hareketli kubbeli biyogaz tesisleri, bir fermantasyon tankı ve hareketli bir gaz deposundan oluşur. Gaz deposu, ya fermantasyon substraktı üzerinde veya ona ait bir su ceketi içerisinde doğrudan yüzer. Gaz, gaz bidonunda toplanır ve böylece deposu yükselir. Gaz çekildiğinde, gaz deposu tekrar alçalır. Bir iskelet yardımıyla gaz deposunun devrilmesi engellenir. Hareketli kubbeli tip biyogaz tesisi esas

olarak, silindirik veya kubbe şeklinde bir reaktör ve taşınabilir bir gaz deposundan oluşur. Biyogazın toplandığı depo, dayanıklılık sağlayan iç veya dış taraftan kılavuz bir çatıya sahip olabilir. Bağlantılar depoya kaynakla tutturulur. Reaktör, tuğla, beton veya taş duvar olarak tasarlanabilir. Gaz deposu normal olarak metal malzemeden tasarlanır. Bu tip tesislerde, sürekli besleme (günlük girdi) çalışma ilkesine göre hayvan atıkları kullanılır. Reaktör hacmi, küçük ve orta ölçekli çiftlik tipi tesisler için 5-15 m³, kurumsal ve büyük tarımsal endüstriyel tesisler için 20-100 m³ arasındadır. Hareketli kubbeli tip biyogaz tesisinin yapısı Şekil 19’da verilmiştir.



Anonim Alıntıdır

Şekil 19. Hareketli Kubbeli Tip Biyogaz Tesisinin Yapısı

1) Karıştırma çukuru, 2) Reaktör, 3) Gaz deposu, 4) Substrakt deposu, 5) Gaz borusu,

Sabit kubbeli biyogaz tesislerinin üstünlükleri ve olumsuzlukları Tablo 44’te verilmiştir.

Tablo 44. Hareketli Kubbeli Tip Biyogaz Tesislerinin Üstünlük Ve Olumsuzlukları

ÜSTÜNLÜKLERİ	OLUMSUZLUKLARI
✓ Çalışması basit ve kolay anlaşılır durumdadır. ✓ Gaz basıncı sabittir. ✓ Depolanan gaz hacmi doğrudan gözlemlenebilir. ✓ Tasarım maliyeti düşüktür. ✓ Tasarımı iyi bilinmektedir.	✓ Korozyona uğrayabilen birçok çelik elemanlar vardır. ✓ Düzenli bakım giderleri vardır. ✓ Kullanım Süresi kısadır. ✓ Çelik gaz deposu pahalıdır. ✓ Gaz deposunun periyodik olarak temizliği ve bakımı gereklidir. ✓ Lifli hammadde kullanıldığında, gaz deposunda cüruf oluşabilir.

Standart özelliklerdeki hareketli kubbeli tip biyogaz tesislerinde bazı düzenlemeler yapılarak daha ileri iyileştirmeler sağlanabilmektedir.

Bu tip tesislerde:

- Reaktör çukurunu örtmek için gaz deposu çatısı genişletilir. Bu tasarım reaktör çukuru içerisine yağmur sularının girerek substraktın seyreltilmesini önler.
- Reaktör çukuru içerisine atığın geri akmasını önlemek için, atık deposunun üst kısmında ve içerisinde atık borusu çıkarılır.
- Reaktör içerisinde bölme duvar tasarımı; gelen substraktın atık borusu içerisine doğrudan girmesini önlemek için gereklidir.
- Bölme duvar olmaması durumunda, reaktör giriş ve çıkış boruları arasında 90°C-135°C arasında bir açı korunmalıdır. Böylece, gelen substraktın atık borusuna doğrudan gönderilmesi önlenir.
- Atık borusunun yüksekliği ve atık borusu girişi, substraktın hemen reaktör içerisine girmesini önler.

7.1.2.3.Membran Tipi Biyogaz Tesisleri

Membran tipi bir biyogaz tesisi, üst kısmında gaz deposu bulunan plastik veya kauçuk reaktör ünitesinden oluşur. Giriş ve çıkış, membranın dokusuna doğrudan tutturulmuştur. Gaz deposu

tamamen dolduğunda, tesis, sabit kubbeli tesis gibi çalışır. Bu durumda, balon şişebilir özellikte ve çok elastik değildir.

Balon tipi biyogaz tesisleri, ısı yalıtımlı plastik veya kauçuk balondan oluşur. Balonun üst kısmı gaz deposu, dip kısmı ise reaktör olarak işlev yapar. Gerekli gaz basıncı membrana basınç uygulanarak sağlanır. Membranın yararlı kullanım süresi 2-5 yıl arasındadır. Balon tipi biyogaz tesislerinin görselleri Şekil 20’de verilmiştir.



Şekil 20. Balon Tipi Biyogaz Tesisi

Balon Tipi biyogaz tesislerinin üstünlükleri ve olumsuzlukları Tablo 45’te verilmiştir.

Tablo 45. Balon Tipi Biyogaz Tesislerinin Üstünlük Ve Olumsuzlukları

ÜSTÜNLÜKLERİ	OLUMSUZLUKLARI
✓ Maliyeti düşüktür. ✓ Taşıma gereksinimi az ve kolaydır. ✓ Tasarım işçiliği azdır. ✓ Fermantasyon sıcaklığı yüksektir. ✓ Boşaltılması, bakımı ve temizliği kolaydır. ✓ Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerde yüzeysel tesis olarak tasarlanabilir.	✓ Kolay bir şekilde zarar görebilir. ✓ Düşük gaz basıncı ekstra yük getirir. ✓ Plastik balonlar, mekanik etkilere karşı duyarlı olduğundan, kullanım süreleri kısadır. ✓ Zarar görmüş balonlar yerel esnaf tarafından nadiren tamir edilir. ✓ Bölgesel olarak iş olanağı yaratma potansiyeli azdır.

Fermente olacak olan substrakt, membran dokusunun hareketi ile hafifçe çalkalanır. Bu işlem, fermantasyon işlemi için tercih edilen bir durumdur. Balon tipi tesislerde su içeriği yüksek hammaddeler kullanılabilir. Bu tip tesislerde kullanılacak olan plastik malzemelerin, güneşten gelen UV ışınlarına

sıcaklığı azaldıkça, gaz üretimi de azalır. Reaktör içine organik madde giriş ve çıkışı için iki ağız yerleştirilir.

7.2.2.Gaz Deposu

Büyük kapasiteli tesislerde oluşan biyogazı, bir yerde toplamak ve gaz basıncının sabit kalmasını sağlamak için kullanılan depodur. Reaktör üzerinden alınan gaz, bir boru ile bu depoya taşınır. Buradan da kullanıma gönderilir. Kullanım fazlası depoda kalır.

7.2.3.Organik Madde Deposu

Biyogazın üretilmesi için, reaktöre alınacak organik maddenin kuru madde içeriğinin % 8-10'u geçmemesi gerekir. Bunun anlamı, sıgır gübresi kullanılacaksa, gübrenin 1/1 oranında su ile karıştırılması demektir. Bu madde fermentasyon süresi sonunda reaktörden aynı şekilde çıkacaktır. Akışkan durumuna gelmiş olan bu substrakt halindeki gübrenin depolanması için, betondan yapılmış havuz şeklinde bir gübre deposuna gereksinim vardır.

7.2.4.Diğer Üniteler

Biyogaz tesislerinde, yukarıdaki belirtilen 3 ana ünitenin yanı sıra aşağıdaki ekipmanlar da yer almaktadır:

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| ✓ Hammadde depolama tankı | ✓ Karıştırıcılar |
| ✓ Gaz boruları | ✓ Isı transfer elemanları |
| ✓ Vanalar | ✓ Ayırma elemanları |
| ✓ Isıtma sistemleri | ✓ Filtrasyon elemanları |
| ✓ Pompalar | ✓ Bağlantı ekipmanları |

Biyogaz tesislerindeki karıştırıcıların işlevleri şunlardır:

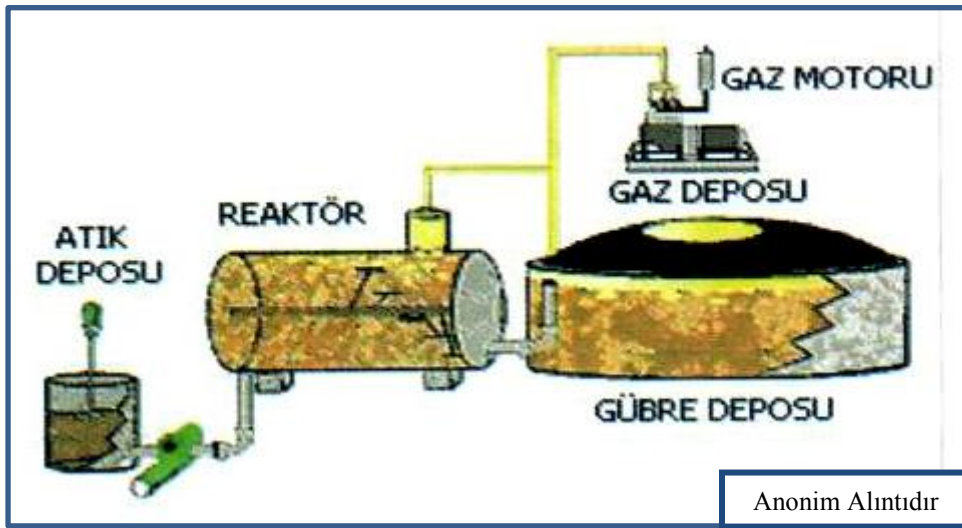
- Metanojenlerin ürettiği metabolitleri dağıtmak
- Taze hammaddeyi, bakteri popülasyonuna homojen olarak karıştırmak
- Çökelmelere ve heterojeniteye engel olmak
- Homojen sıcaklık dağılımı sağlamak
- Bir bakteri popülasyonunu reaktör içinde iyice dağıtmak

- Reaktör içinde heterojen ölü bölgeler oluşturmamak

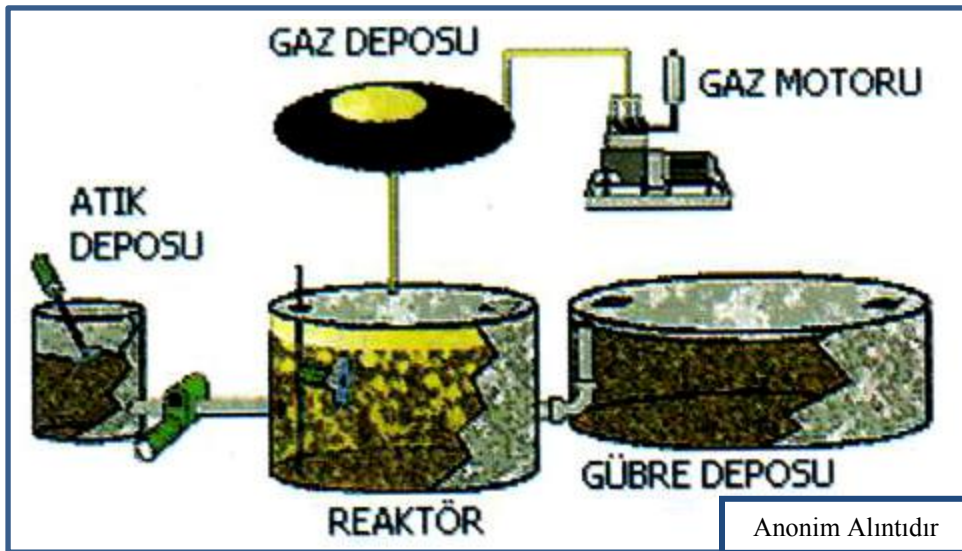
Bu nedenle, uygun bir karıştırma ekipmanının seçimi önemlidir. Modern biyogaz tesislerinde genellikle 3 tip karıştırma sistemi kullanılır:

1. Daldırılmalı motorlara bağlı mekanik marine tip karıştırıcılar
2. Hidrolik karıştırma sağlayan pompalama sistemleri
3. Gaz enjeksiyonuyla oluşan pnömatik karıştırma sistemleri

Birleşik gaz tutuculu biyogaz tesisi için başlıca üniteler Şekil 22’de ayrı gaz tutucusu olan biyogaz tesisi için başlıca üniteler Şekil 23’te verilmiştir.



Şekil 22. Birleşik Gaz Tutucusu Olan Biyogaz Tesisindeki Başlıca Üniteler



Şekil 23. Ayrı Gaz Tutucusu Olan Biyogaz Tesisindeki Başlıca Üniteler

7.3.Avrupada Biyogaz Teknolojisi

Avrupa ülkelerinde biyogaz teknolojisi esas olarak tarımsal üretimle ilişkilidir. Günümüzden yaklaşık 30 yıl önce tasarımlanan ve geliştirilen biyogaz tesislerinin başlıca kuruluş amaçları şunlardır:

- Hayvansal atıkların koku sorununu gidermek
- Elektrik üretmek
- Çiftlikleri ısıtmak

Avrupa'daki bu ilk biyogaz tesislerinin özellikleri şunlardır:

- Reaktör hacimleri yaklaşık 50-100 m³ arasındadır.
- Elektriksel güçleri 10-20 kW arasındadır.
- Kojenerasyon sistemleri ile birlikte tasarlanmışlardır.
- Günümüzdeki tesisler ile karşılaştırıldıklarında, oldukça küçük tesislerdir.

Biyogaz teknolojisi, hayvansal atıklar dışındaki diğer organik atıkların da biyogaz üretiminde kullanılmasına bağlı olarak büyük gelişme göstermiştir. Biyogaz tesislerinin başlıca amacının, elektrik üretilip satmaya doğru gelişme göstermesi, tesislerin büyüklük ve sayılarının artmasını sağlamıştır. Oldukça küçük ölçekli tarımsal işletmelerin bulunduğu bölgelerde, biyogaz tesisleri kooperatif ve/veya merkezi girişimler olarak kullanılmaktadır. Günümüzdeki büyük çiftlikler veya merkezi biyogaz tesislerinde, birkaç bin m³ hacminde 2 veya 3 adet reaktör bulunmakta olup, kojenerasyon sistemleriyle 500-1000 kW kapasite aralığında elektrik üretimi yapılmaktadır. Özellikle Almanya ve Avusturya'da biyogaz üretimi konusunda ulusal politikalar geliştirilmiştir.

Bu ülkelerdeki modern biyogaz tesislerinde, tarımsal atıklar yanında, ürün işleme endüstrisinden açığa çıkan atıklar, kantin ve mutfak atıkları kullanılmaktadır. Bu özelliklerdeki biyogaz tesisleri İsviçre'de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

7.3.1.Reaktör Teknolojisi

Avrupa ülkelerindeki reaktörler, esas olarak çelik destekli beton malzemeden tasarlanmaktadır. Reaktör hacimleri, 500-3000 m³ arasında değişmekle birlikte, küçük çiftliklerde daha küçük reaktörler de kullanılmaktadır. Reaktörler genel olarak yukarıya doğru yükselen silindir şeklindedir. İklim koşulları nedeniyle reaktör içerisinde sıcaklık kontrolü sağlayabilmek için, reaktörler ısıtma sistemi ile donatılmış ve ısı yalıtımı uygulanmıştır. Reaktörlerde, fermantasyon

substraktını karıştırmak için karıştırma ünitesi de bulunmaktadır. Karıştırma sistemi olarak değişik özellikler de karıştırma üniteleri geliştirilmiştir. Üretilen biyogaz, dış bir plastik depoda veya membran ile örtülü substraktın üzerindeki boşlukta depolanmaktadır.

Bu reaktörler günde birkaç kez yüklenmektedir. Tarımsal biyogaz tesislerinde substrakt doğrudan ahırlardan gelir veya reaktöre girmeden önce küçük depolarda depolanır. Substrakta diğer hammaddelerinde eklendiği yerlerde, genellikle bir ön karıştırma çukuru vardır. Bazı durumlarda, fazla hacimli hammaddeler ek bir yükleme sistemi ile doğrudan reaktöre yüklenebilir. Reaktör çıkışı, girişe paralel olarak tasarlanır. Fermente olmuş substrakt, genellikle bir sonraki reaktöre ve/veya depolama tankına pompalanır. Bu depolama tanklarının ulusal düzenlemelere uygun olarak 6-9 ay gibi bir süre için substrakt depolama kapasitelerine sahip olmaları gerekir.

Ana reaktördeki ortalama bekletme süresi, genellikle 28 gündür. Bununla birlikte, bitki veya bitkisel atıkların eklenmesi durumunda, biyogaz ölçümü 90 günden sonra bile belirlenebilir. Bu nedenle, birçok biyogaz tesisi, post reaktör ve/veya gaz depolama işleri yapan membran ile örtülü substrakt depolama tankı ile birlikte tasarlanır. Son fermantasyon ve depolama işlemi süresince, toplam biyogazın %30'u üretilmiş olur.

7.4. Türkiye’de Biyogaz Tesisi Örnekleri

Türkiye’de kurulan biyogaz tesislerinin büyük bir kısmı membran tip biyogaz tesisidir. Türkiye’de kurulan biyogaz tesislerine verilecek örnekler membran tip tesisler olmakla birlikte kapasiteleri 100 kW-2,5 MV aralığında olacaktır.

2,2 MV’lık Biyogaz Tesisi Örneği

2,2 MV kapasiteli kurulan membran tip biyogaz tesisinde büyükbaş hayvan, tavuk ve mısır silajı atıkları hammadde olarak alınmıştır. Biyogaz tesisinde 4 adet fermantör(4100 m³) ve 4 adet post fermantör(7100 m³) bulunmaktadır. 330 ton/gün büyükbaş hayvan, kümes hayvanı ve mısır silajı atıkları için 2010 yılında kurulan biyogaz tesisi görselleri Resim 5, Resim 6 ve Resim 7’de verilmiştir.



Resim 5. 2,2 MW Kapasiteli Biyogaz Tesisi-1



Resim 6. 2,2 MW Kapasiteli Biyogaz Tesisi-2



Resim 7. 2,2 MW Kapasiteli Biyogaz Tesisi-3

100 kW'lık Biyogaz Tesisi Örneği(Gaziantep)

100 kW kapasiteli kurulan membran tip biyogaz tesisinde büyükbaş hayvan atıkları hammadde olarak alınmıştır. Biyogaz tesisinde 2 adet fermantör(470 m³) bulunmaktadır. 24 ton/gün büyükbaş hayvan atıkları için 2013 yılında kurulan biyogaz tesisi görselleri Resim 8 ve Resim 9'da verilmiştir.



Resim 8. 100 kW Kapasiteli Biyogaz Tesisi-1



Resim 9. 100 kW Kapasiteli Biyogaz Tesisi-2

8.KÜÇÜK ÖLÇEKLİ (25 Büyükbaş ya da 300 Küçükbaş Hayvan) ÖRNEK BİYOGAZ TESİSİNİN TASARIMI

Biyogaz tesis tasarımında dikkate alınması gereken birçok husus vardır. Uygun hammadde miktarı, hammaddenin cinsi ve özellikleri, organik atıkların toplanabilirliği, biyogazın taşınması ve depolanması, çıkan biyogübrenin(organik gübre) depolanması, uygulanacağı alana taşınması ve dağıtımı, tesisin kurulacağı yerin seçimi, biyogazın kullanım amaçları vb. birçok konu biyogaz tesisi tasarımında dikkat edilecek hususlardandır. DAKA Bölgesi coğrafi şartları incelendiğinde oluşan hayvansal atıkların toplanması ve taşınması büyük ölçekli biyogaz tesisleri için sorun teşkil etmektedir. Proje kapsamında; çiftlikler bazında küçük ölçekli biyogaz tesislerinin kurulması ve uygulanması ile hayvansal atıklar daha yüksek oranlarda toplanabilir ve daha verimli biyogaz eldesi sağlanabilir.

Bu kapsamda 25 büyükbaş hayvan(725 kg/gün hayvansal atık-%15KM) ve eşdeğeri hayvansal atık oluşturan 300 küçükbaş hayvan(720 kg/gün hayvansal atık-%30KM) için kurulabilecek biyogaz tesisinin tasarımı gerçekleştirilecektir.

8.1.Ön Karıştırma Havuzu ve Karıştırma Düzeni

Ön karıştırma havuzu ve karıştırıcı düzenin bulunduğu sistem, hesaplanan oranlarda su ilave edilip karıştırılarak atıkların fermantasyon tankına gönderildiği ünedir. 25 büyükbaş hayvan için 725 kg/gün %15KM içeriğine sahip hayvansal atık oluşmaktadır. Biyogaz tesisinin optimum çalışabilmesi için beslenen atıkların KM oranı %10 olmalıdır. %10 KM oranının sağlanabilmesi için 725 kg/gün atık miktarının yarısı kadar(362,5 lt) yani 1/0,5 oranında su ilave edilmelidir. Aynı şekilde 25 büyükbaş hayvana eşdeğer atık üreten 300 küçükbaş hayvan için ise 720 kg/gün %30KM içeriğine sahip hayvansal atık oluşmaktadır. Küçük baş hayvan için %10 KM oranının sağlanabilmesi amacıyla 720 kg/gün atık miktarının iki katı kadar(1440 lt) yani 1/2 oranında su ilave edilmelidir. 25 büyükbaş hayvan ve eşdeğeri olan 300 küçükbaş hayvan atığı için 2,5m x 2,5m x 1,5m (en x boy x yükseklik) ölçülerinden betonarme yapılacak olan ön karıştırma havuzu büyükbaş hayvan atıkları için 8 gün, küçükbaş hayvanlar için 4 gün bekleme süresine sahip bir tank olup, fermantasyon tankına homojen hayvansal atığın gitmesini sağlayacaktır. Ön karıştırma havuzu, karışımı sağlayacak olan, bir adet motor ve motora bağlı parmaklı karıştırıcıdan ibarettir. Bu ekipmanları kontrol etmeye yarayan bir adet de kontrol panosu bulunabilecektir.

8.2.Fermantasyon Tankı ve Karıştırıcı Düzen

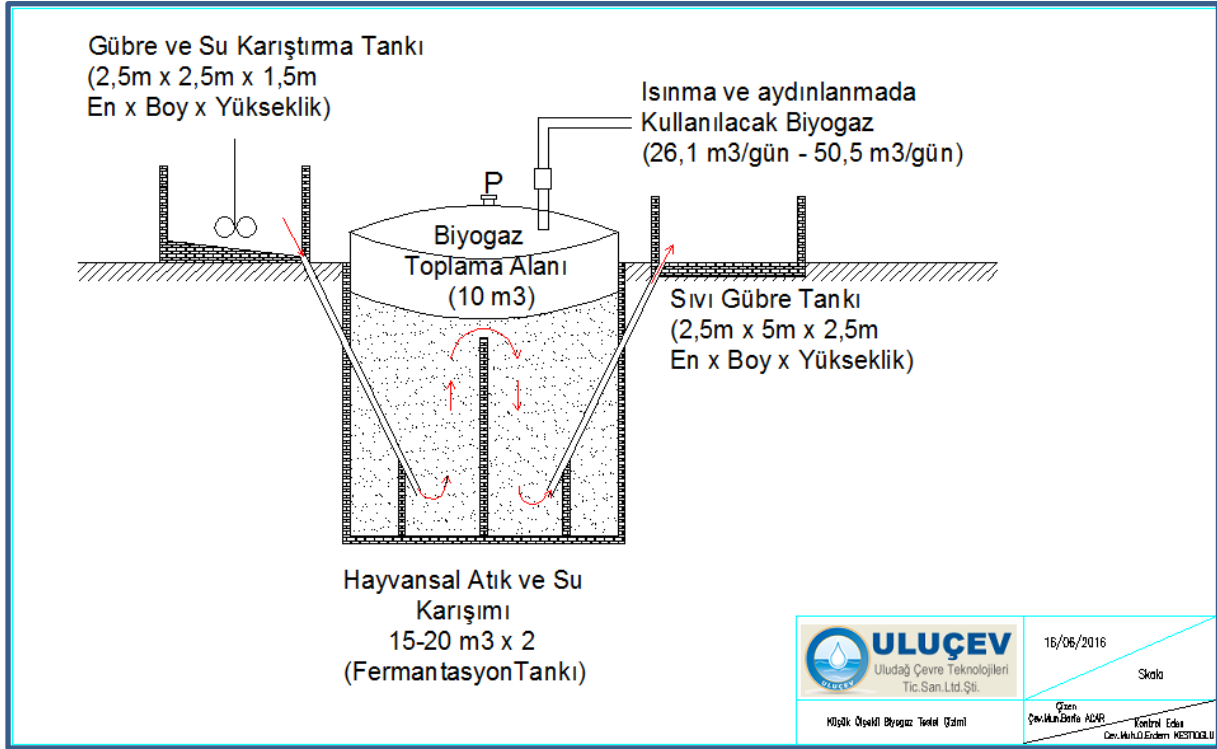
Fermantasyon tankı saç yada beton malzemeden imal edilebilecektir. Büyükbaş hayvan gübreleri için 15m³'lük iki adet, küçükbaş hayvanlar için ise 20 m³'lük iki adet tank kullanılması uygun olacaktır. İçerisinde gübreden oksijensiz ortamda metan bakterileri sayesinde 25-30 °C'de mezofilik şartlarda metan gazı üretimi gerçekleşecektir. Fermantasyon tankı içerisindeki karıştırıcı günde sekizer saat aryla 10'ar dakika çalışma süresinde günde 3 defa otomatik olarak karıştırma işlemi yapılacaktır. Depo üzerine monte edilen motordan alınan güç ile zincir dişli mekanizma sayesinde karıştırıcılar dönerek fermantasyon tankında karışımı sağlayacaktır. Fermantasyon tankı 2 eş parçadan oluşacaktır. 15 günlük aralıklar ile fermente olacak hayvansal organik atıklar 1. Fermantasyon tankından 2. Fermantasyon tankına otomatik olarak aktarılarak fermantasyonu tam olarak tamamlanmamış(en son eklenmiş) organik atıkların tanktan sıvı gübre(organik gübre) olarak çekilmesi engellenecektir.

8.3.Biyogaz Depolama Tankı

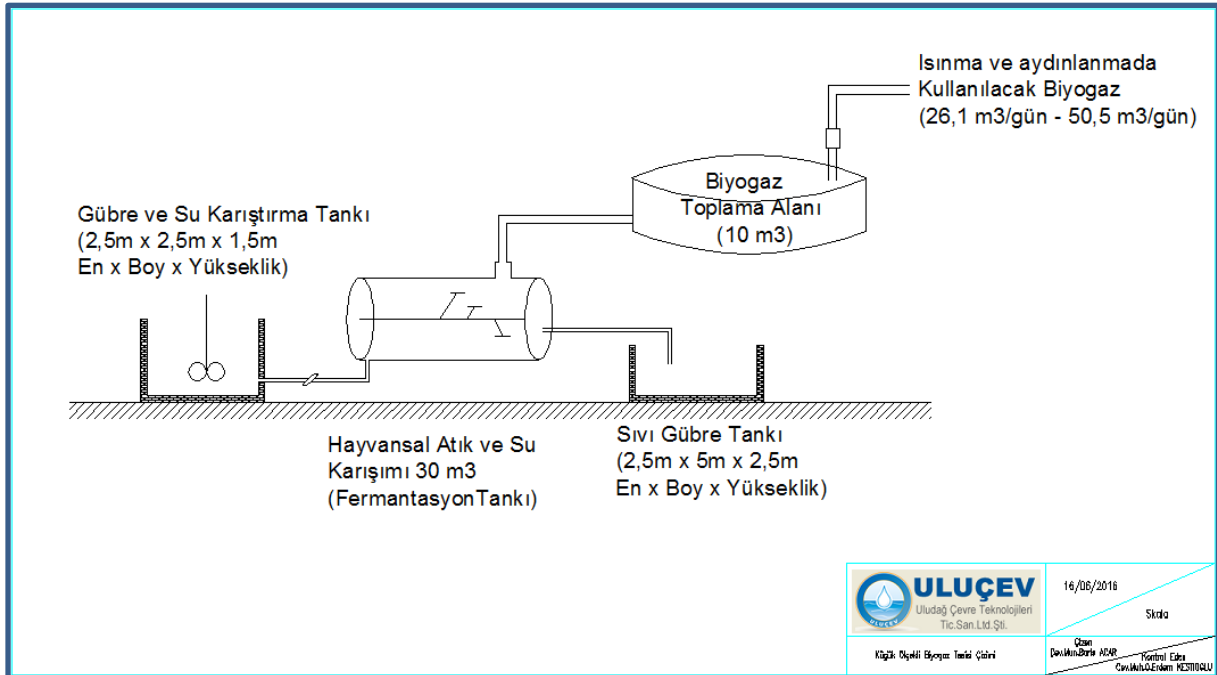
Membran malzemeden tank üzerinde yapılacak olan bir depodur. 10 m³ hacminde biyogazın depolanmasını sağlayacaktır. Önerilen sistemde biyogaz depolama ünitesi fermantasyon tanklarının üzerine yerleştirilecektir. Ancak ayrı depolarda da toplanabilmektedir. Biyogaz depolama ünitesinde depolanan biyogaz, belirli bir basınca kadar toplanacaktır. Biyogaz depolama tankının güvenliği için tankın üzerinde emniyet sibopları bulunacaktır. Basınç belli bir değere ulaştığı zaman kontrollü olarak emniyet sibopları açılarak biyogaz dışarı tahliye edilecektir.

8.4.Biyogübre(Organik Gübre) Havuzu

Biyogübre havuzu 2,5m x 5m x 2,5m (en x boy x yükseklik) ebatlarında betonarme olarak inşa edilebilecektir. Biyogübre sıvı gübre tanklarıyla yada bir romörk yardımı ile alınarak tarlalarda kullanılabilir. 4 ana ünitelerden oluşacak olan biyogaz tesisinin akım şeması basit olarak aşağıdaki Şekil 24'teki gibi olacaktır.



Şekil 24. Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi Akım Şeması (Yer altına gömmeli tasarım)



Şekil 25. Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi Akım Şeması (Zemin üstü tasarım)

8.5.Gaz Ölçer, pH ve EC Ölçüm Cihazı

8.5.1.Gaz Ölçer

Fermantasyon tankında fermente olan hayvansal atıkların çıkardığı gaz miktarının ölçülmesi için kullanılacak cihazdır. Ölçümler m³ cinsinden yapılacak olup bu amaçla doğal gaz sayacı da kullanılabilir.

8.5.2.pH ve EC Ölçüm Cihazı

Hayvansal atıkların fermantasyon tankına girmeden önce ve fermantasyon tankından çıktıktan sonraki asitlik derecesinin ve elektrik iletkenliğinin ölçülmesi için kullanılacak cihazlardır.

8.6.Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi İçin Oluşacak Biyogaz ve Metan Miktarının Hesaplanması

Bir büyükbaş hayvan günde 29 kg gübre, küçükbaş hayvan 2,4 kg gübre oluşturmaktadır (Kaya ve Öztürk, 2012). Tablo 46-47’de büyükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 46. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%)	Katı Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Sığır Gübresi	% 15	% 80		0,2-0,3

Tablo 47. Büyükbaş Hayvan (Sığır) Gübresi Değerleri (FNR, 2010)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Madde (%)	Katı Miktarı	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kg OKM)
Sığır Gübresi	%10	%80		0,3

*Sığır gübresi verileri ülkelere göre değişiklik gösterdiğinden katsayılar da buna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu proje kapsamında Tablo 42’deki Türkiye Şartlarındaki hayvan atıklarının analiziyle belirlenmiş KM miktarı dikkate alınacaktır. Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %15, Organik KM miktarı %80 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Büyükbaş Hayvan (Sığır) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

25 adet sığır gübresinden günde 725 kg atık (29kg/adet sığır * 25 adet sığır) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{b.b.h.} * KM * OKM * K_{bio.}$$

Denklem (1)

$V_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$M_{b.b.h.}$ = Bir günde toplanan büyükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Büyükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Büyükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 46**'da verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 26,1 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7$$

Denklem (2)

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)'ye göre miktarı 25 adet büyükbaş hayvandan (sığır) elde edilecek **metan** miktarı 18,27 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 48’de küçükbaş hayvan gübresine ait değerler verilmiştir.

Tablo 48. Küçükbaş Hayvan (Koyun ve Keçi) Gübresi Değerleri (Kaya ve Öztürk, 2012)

Atık Kaynağı	KM (%)*	Organik Katı Madde Miktarı (%KM)	Biyogaz Miktarı** (Nm ³ /kgOKM)
Koyun-Keçi Gübresi	% 30	% 75-%80	0,3

*Hesaplamalar yapılırken KM miktarı %30, Organik KM miktarı %78 ve Biyogaz miktarı 0,3 alınmıştır.

Küçükbaş Hayvan (koyun ve keçi) gübresi **biyogaz miktarı 0,3** kabul edilmiş **metan/biyogaz oranı 0,7** kabul edilmiştir (FNR,2010).

25 adet büyükbaş hayvan eşdeğeri olarak 300 adet koyun ve keçi gübresinden günde 720 kg atık (2,4 kg/adet küçükbaş hayvan*720 adet küçükbaş hayvan) oluşmaktadır. Bu atıklardan elde edilecek biyogaz miktarı Denklem (1) de verilmiştir.

$$V_{bio.} = m_{k.bh.} * KM * OKM * K_{bio.} \quad \text{Denklem (1)}$$

$V_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m³/gün)

$m_{k.bh.}$ = Bir günde toplanan küçükbaş hayvan gübresi miktarı (kg/gün)

KM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarı (%)

OKM = Küçükbaş hayvan gübresinin katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

$K_{bio.}$ = Küçükbaş hayvan gübresi atıklarının biyogaza dönüşme oranı (Nm³/kg OKM)

Denklem (1) eşitliğinde, **Tablo 48**’de verilen değerler yerine konulursa oluşan biyogaz miktarı 50,5 m³/gün olmaktadır. Denklem (2) kullanılarak günlük metan hacmi bulunur.

$$\frac{V_{CH_4}}{V_{bio.}} = 0,7 \quad \text{Denklem (2)}$$

V_{CH_4} : Metan hacmi (m³/gün)

$V_{bio.}$: Biyogaz hacmi (m³/gün)

Denklem (2)’ye göre miktarı 300 adet küçükbaş hayvandan (koyun ve keçi) elde edilecek **metan** miktarı 35,4 m³/gün olarak hesaplanmıştır.

9.BİYOGAZ VE YAN ÜRÜNLERİN KULLANIMI

Anaerobik fermentasyon sürecinin son ürünü, esas olarak metan (CH_4 , %50-70) ve karbondioksit (CO_2 , %30-50) karışımı olan, biyogazdır. Hidrojen sülfür (H_2S) ve amonyak (NH_3) da genellikle düşük miktarda olmak üzere bulunabilirler. Hidrojen (H_2), oksijen (O_2) ve azot (N_2) gazlarının izlerine de rastlanabilir. Bununla birlikte, oksijen ve azot bulunması gaz sızıntısının bir göstergesidir.

Doğal gazlarla karşılaştırıldığında, biyogazın özellikleri Tablo 49 ve Tablo 50’de verilmiştir.

Tablo 49. Biyogaz ve Doğalgazın Bileşim ve Özelliklerinin Karşılaştırılması (Persson ve Ark.,2006)

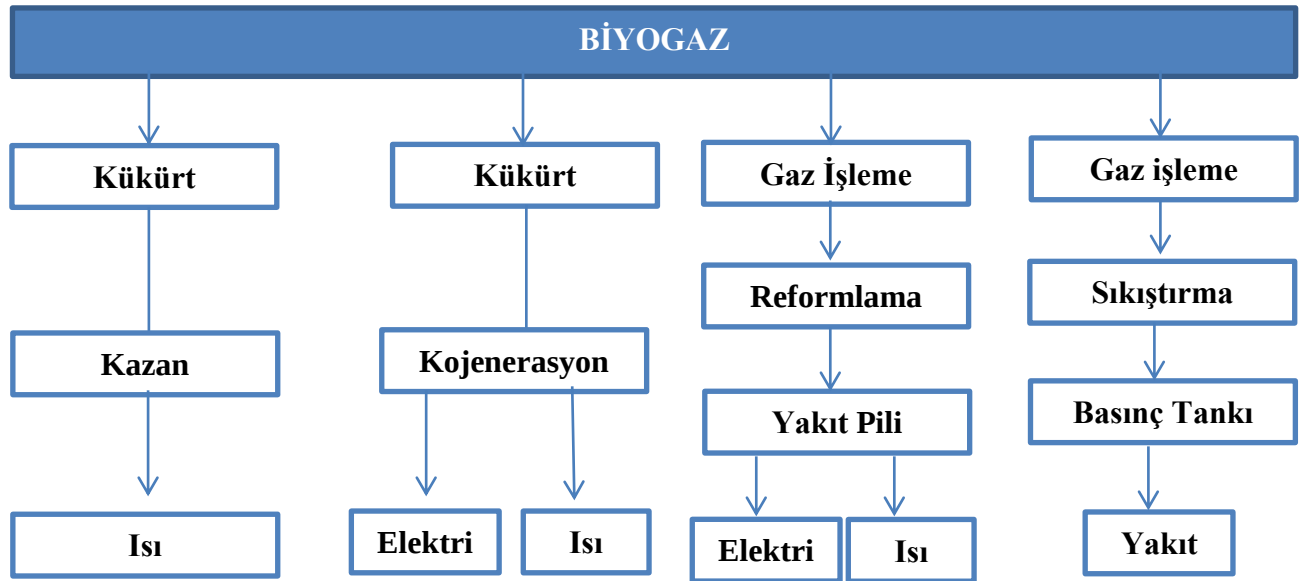
Bileşim ve Özellik	Birim	Doğal Gaz	Biyogaz
Metan	Hacim %	87	53-70
Karbondioksit	Hacim %	1.2	30-47
Azot	Hacim %	0.3	0.2
Oksijen	Hacim %	0	0
Hidrojen sülfat	ppm	1-2	0-10000
Amonyak	ppm	0	<100
Alt ısı değeri	MJ/m ³	40	23
Alt ısı değeri	kwh/ m ³	11	6.5
Yoğunluk	kg/ m ³	0.84	1.2
Yüksek Wobbe endeksi	MJ/ m ³	55	27
Metan sayısı	-	70	>135

Tablo 50. Biyogaz ve Doğalgazın Belirli Özelliklerinin Karşılaştırılması

Özellik	Birim	Doğal Gaz	Biyogaz*
Max. ateşleme	m/s	0.39	0.25
Teorik hava ihtiyacı	m ³ _{hava} /m ³ _{gaz}	9.53	5.71
Baca gazındaki max. CO ₂	hacim%	11.9	17.8
Çiğ noktası	°C	59	60-160
*%60 CH ₄ , %38 CO ₂ , %2 diğerleri			

Hidrojen sülfür (H_2S), biyogazı yakarken gaz makinalarının ve diğer makinaların ömrünü kısaltarak, paslanma sorunlarına neden olabilir. Eğer H_2S derişimi 500 ppm üstünde olursa, genellikle arındırılmaktadır. Biyogazın bileşiminden, hidrojen sülfür gibi, su buharı ve karbondioksit de gaz kalitesini arttırmak için uzaklaştırılır.

Biyogaz, çok yönlü bir enerji kaynağı olarak doğrudan ısıtma ve aydınlatma amacıyla kullanıldığı gibi, elektrik ve mekanik enerjiye çevrilerek kullanımı da mümkündür(Şekil 26). Ayrıca biyogaz üretimi sonucu ortaya çıkan yan ürünler de çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Biyogaz, pişirme, aydınlatma ve elektrik üretiminde kullanılabilir. Gelişmekte olan ülkelerde başlıca kullanım amacı pişirme işlemidir. Gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ölçekli uygulamalarda özel bir işlemden geçirilmemiş biyogaz kullanılır. Bu amaçla, özel biyogaz ocakları ve lambalarından yararlanılır. Tipik olarak, 1 m³ ham biyogaz 2 saatlik bir pişirme işlemi veya 1.5 kwh elektrik çıktısına olanak sağlar. 2.5 m³ ham biyogaz 1 kg LP gazına eşdeğerdir(Kaya ve Öztürk, 2012).



Şekil 26. Biyogazın Kullanım Alanları(Kaya ve Öztürk, 2012)

Biyogaz, enerji içeriği yüksek bir yakıttır. Biyogazın bileşimine bağlı olarak özellikleri Tablo 51’de verilmiştir. Biyogazın kullanılabileceği uygulamalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Elektrik üretimi
- Isıtma
- Soğutma
- Kurutma

9.1. Biyogaz İle Yapılabilecek Uygulamalar

Biyogaz, ilke olarak diğer gaz yakıtların kullanıldığı, konutlardaki ve endüstrideki uygulamalarda kullanılabilir. Bunun için başlıca ön koşul, özel olarak tasarlanmış biyogaz yakma üniteleri veya uyarlanmış tüketicilerin gerekli olmasıdır. Farklı tesislerde üretilen gaz kalitesi önemli düzeyde farklı olabilmektedir. Bu nedenle; gaz basıncı, sıcaklığı, ısıl değeri gibi özelliklerin kullanım sırasında dikkate alınmaları gerekir.

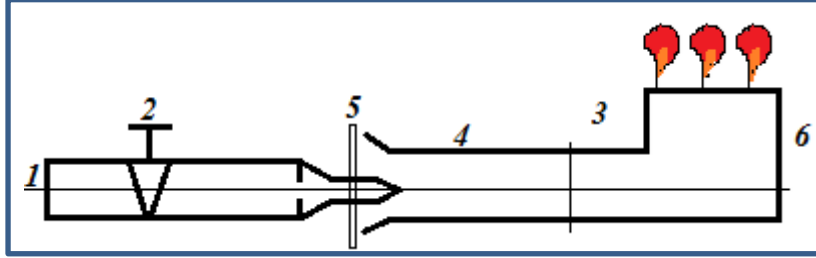
Amonyak ve su ile çalışan soğurmalı tip soğutma makinalarında, otomatik termosifon dolaşımı ile donatılarak biyogaz kullanılabilir. Biyogaz, soğutucunun sadece dışsal bir ısı kaynağı olduğundan, yakma ünitesi kendi başına modifiye edilmelidir. Soğutucuların biyogazla çalışacak tasarıma getirilmesi durumunda, bazı güvenlik önlemleri alınması gerekir.

Tablo 51. Biyogazın Bileşimine Bağlı Olarak Özellikleri (0 °C, 1013 mbar)

Özellikler	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	%60 CH ₄ %40 CO ₂	%65 CH ₄ %34 CO ₂ %1 Diğerleri
Hacimsel oran (%)	55-70	27-44	1	3	100	100
Net ısıl değer (kwh/m ³)	9.9	-	3.0	6.3	6.0	6.8
Tutuşma eşiği (% havada)	5-15	-	4-80	4-45	6-12	7.7-23
Tutuşma sıcaklığı (°C)	650-750	-	585	-	650-750	650-750
Kritik basınç (bar)	47	75	13	89	75-89	75-89
Kritik sıcaklık (°C)	-82.5	31.0	-240	100	-82.5	-82.5
Normal yoğunluk (g/L)	0.72	1.98	0.09	1.54	1.2	1.15
Gaz/hava yoğunluk oranı	0.55	2.5	0.07	1.2	0.83	0.91
Wobbe indeksi, K (kwh/m ³)	13.4	-	-	-	6.59	7.15
Özgül ısı, c _p (kJ/m ³ °C)	1.6	1.6	1.3	1.4	1.6	1.6
Alev yayma (cm/s)	43	-	47	-	36	38

9.1.1. Biyogazın Yakılması

Herhangi bir gaz uygulamasının en önemli birimi yakma ünitesidir. Birçok durumda, hava/gaz karışımı ile çalışan atmosferik tip yakıcıların kullanılması tercih edilir. Akış ve tepkime kinetiği koşullarının farklı olması nedeniyle, gaz yakıcıların tasarım ve ayarlarına özel önem verilmelidir.



Şekil 27. Biyogaz Yakma Ünitesi ve Bölümleri(Kaya ve Öztürk, 2012)

Biyogaz yakma ünitesi ve bölümleri:

1. Gaz borusu
2. Gaz akımı kontrol vanası
3. Jet
4. Gaz ve yakma havası için karıştırma odası
5. Yakma havası giriş kontrolü
6. Yakma başlığı

Piyasada yaygın olarak kullanılan ticari tip yakıcıların, biyogaz kullanımı için ayarlanmaları gerekir. Bütan ve propan yakan bu tip ticari olarak pazarlanan yakma ünitelerinin bazı üstünlükleri şunlardır:

- Bütan ve propanın ısı değeri biyogazdan üç kat daha yüksektir.
- Biyogaza dönüşme daha düşük verim değeri ile sonuçlanır.

Bazı ayarlamalarla kararlı, basit ve hafif mavimsi bir alev sağlanabilir.

- Gaz akışını arttırmak için enjektör gaz alanı 2-4 kat genişletilir.

Yanma ve hava sağlanmanın düzenlenmesi, yanma havası kontrol ünitesinin bulunması durumunda, jet açıklıkları arttırılmalıdır(Kaya ve Öztürk, 2012).

9.1.2. Biyogazın Isıtmada Kullanılması

Biyogazın yanma özelliği, bileşiminde bulunan metan gazından kaynaklanır. Biyogaz, hava ile 1/7 oranında karıştığı zaman, tam yanma gerçekleşir. Isıtma amacıyla gaz yakıtlarla çalışan fırın ve ocaklardan yararlanılabileceği gibi, termosifon ve şofbenler de biyogazla çalıştırılarak kullanılabilir. Biyogaz, sıvılaştırılmış petrol gazı ile çalışan sobaların meme çaplarında basınç ayarlaması yapılarak kolaylıkla kullanılabilir. Biyogaz sobalarda kullanıldığında, bünyesinde bulunan hidrojen sülfür gazının yanmadan ortama yayılmasını önlemek için, bir baca sistemi gereklidir. Bu nedenle, daha sağlıklı bir ısınma için kalorifer sistemleri tercih edilmektedir.

9.1.2.1. Biyogaz Yakan Fırın ve Sobalar

Biyogaz yakan fırın ve sobaların bazı temel gereksinimleri karşılamaları gerekmektedir:

- Basit ve kolay çalışmalıdır.
- Değişik boyutlarda pişirme kapları kullanılabilir.
- Temizlenmesi kolay olmalıdır.
- Maliyeti kabul edilebilir bir düzeyde olmalıdır.
- Bakım/onarımı kolay olmalıdır.
- Kararlı alev, yüksek verim gibi yakma özellikleri iyi olmalıdır.
- Tasarımı kolay olmalıdır.

Herhangi bir fırın kullanılmadan önce, yakma ünitesinin dikkatli bir şekilde ayarlanması gerekir:

- Basit ve mavi alevsi olmalıdır.
- Pişirme kabı alevin dış konisini kavramalıdır.
- Alev dengeli bir şekilde oluşmalıdır.
- Alevlenmeyen bölgeler, 2-3 saniyede otomatik olarak tutuşmalıdır.

Yakıt tüketiminin azalması için bazı ölçümlerin yapılması gereklidir. Başlıca bir gaz yakıcının fiziksel verimi 0,6-0,8 arasında değişir. Biyogaz ocakları veya sobaları için, su kullanılarak verim hesaplaması aşağıdaki eşitlik ile yapılabilir.

$$\eta = \frac{QW.(T_1-T_2).cW+EW \times L}{NCV \times Q}$$

Denklem (6)

Burada;

η = yakma ünitesinin verimi,

QW= ısıtılmış suyun miktarı (kg),

T_1, T_2 = ilk ve son sıcaklıklar (°C),

cW= suyun özgül ısı kapasitesi (4.2 kJ/kg °C),

EW= buharlaşan suyun miktarı (kg),

L= buharlaşma ısı kaybı= (2260 kJ/kg),

NCV= biyogazın net ısı değeri (kJ/m³) ve

Q= biyogaz miktarıdır(m³)



Şekil 28. Biyogaz Sobası

9.1.2.2. Biyogaz Yakan Işınım Isıtıcılar

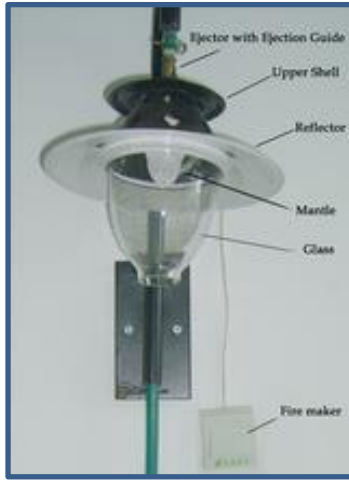
Kızılötesi ısıtım ısıtıcılar, ortam ısıtma amacıyla tarımsal uygulamalarda yaygın olarak kullanılırlar. Sıcaklık kontrolü, ısıtıcıyı yükselterek veya alçaltarak sağlanır. Işıtım ısıtıcılar, biyogaz alevi ile 600-800 °C sıcaklığa kadar ısıtılan seramik bir cisim aracılığı ile kızılötesi ısıtım yayarlar. Işıtım ısıtıcının ısı kapasitesi, gaz akışının gazın ısı değeri ile çarpılması ile

tanımlanır. Biyogazın enerji içeriğinin %95'i ısıya dönüştürülebilir. Küçük ısıtıcıların ısı güçleri 1,5-10 kW arasında değişir.

Ticari tip ısıtıcılar, 30-80 mbar arasındaki bir basınçta bütan, propan ve doğal gaz ile çalışacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu tip ısıtıcıların, biyogaz yakan ısıtıcılara dönüştürülebilmesi için enjektör yerleştirilmesi gerekir. Biyogazın ısı değerinin düşük ve gaz basıncı 20 mbar'ın altında olduğu için, biyogaz yakan ısıtıcılar genel olarak verimli bir şekilde çalışmamaktadırlar. Seramik panel uygun olarak ısınmamakta, diğer bir deyişle, alev bütün yüzeye ulaşmamaktadır. Biyogaz yakan ısıtım ısıtıcıların, güvenli bir çalışma için, emniyet sibobu ve filtre ile donatılmaları gereklidir.

9.1.3. Biyogazın Aydınlatmada Kullanılması

Biyogaz, doğrudan yanma işleminde ve elektriğe çevrilerek aydınlatmada kullanılabilir. Biyogazın doğrudan aydınlatmada kullanımında, sıvılaştırılmış petrol gazları ile çalışan lambalardan yararlanılır. Bu sistemde, aydınlatma alevini artırmak üzere amiyant gömlek ve cam fanus kullanılmaktadır. Cam fanus ışığı sabitleştirdiği gibi, çıkan ısıyı geri vererek alevin daha fazla olmasını sağlar.



Şekil 29. Biyogazla Çalışan Lamba

9.1.3.1. Biyogaz Lambaları

Biyogaz lambaları ile ak korlaşma sonunda parlak ışık elde edilir. Işık akısının 400-500 lm olması durumunda, biyogaz lambaları ile 25-75 W gücündeki akkor telli lambalarla karşılaştırılabilir düzeyde, en yüksek ışık şiddeti değerlerine ulaşabilir. Bu lambaların aydınlatma verimi 1,2-2 lm/W arasında değişir. Bununla birlikte, bir karşılaştırma

yapılabilmesi için, akkor telli lambaların toplam verimi 3-5 lm/W, flüoresan lambalarınki ise 10-15 lm/W arasında değişir. Biyogaz lambalarının verimi; akkor optimum ayarlanmasına ve memedeki alevin şekline bağlıdır. Akkor yapının çok büyük olması durumunda, lamba karanlık noktalar gösterecektir. Alev çok büyük olduğunda ise, gaz tüketimi çok fazla olacaktır. Biyogaz lambaları, gaz ve hava girişi ayarlanarak kontrol edilir(Kaya ve Öztürk, 2012).

9.2. Yan Ürün Değerlendirme Olanakları

Anaerobik fermentörden çıkan ve fermente gübre veya atık olarak adlandırılan maddeler; azot, fosfor, potasyum ve birçok iz element içerir. Bu nedenle, bu atıklardan, bitki besin maddesi ve organik madde açısından etkin özellikte toprak iyileştirici madde olarak yararlanılır. Biyogaz üretimi sonucu sıvı formda fermente organik gübre elde edilir. Elde edilen gübre tarlaya sıvı olarak uygulanabilir, granül haline getirilebilir ve/veya beton/toprak havuzlarda doğal kurumaya bırakılabilir. Fermentasyon sonucunda elde edilen organik gübrenin en önemli üstünlüğü, anaerobik fermentasyon sonucu patojen mikroorganizmaların büyük bölümünün yok olmasıdır. Bu özellik, kullanılacak olan organik gübrenin yaklaşık %10 oranında daha verimli olmasını sağlar.

Atık tanklarındaki atık toprağın humus içeriğini arttırmak ve yapısını iyileştirmek için iyi bir organik madde kaynağı olduğundan gübre olarak çok yararlıdır. Bu atığın diğer yararlı özelliği de bitkiler tarafından kullanılmaya hazır suda çözünebilir azot içermesidir. Atık içerisindeki azot amonyum formundan olduğundan, çabuk bir şekilde buharlaşabilir. Bu nedenle doğrudan bitkilere verilmesi gerekir ve buharlaşma ile oluşabilecek olan kayıpları azaltmak için toprak altına verilmelidir. Açığa çıkan atıkta, süzülerek katı maddeler süzülecektir. Katı maddeler bitkilerin etrafına dağılabilir. Sıvı kısmı ise substrak oluşturabilmek için reaktöre yeni doldurulacak olan taze hammadde ile karıştırılabilir veya doğrudan bitkilerin dip kısmına pompalanabilir. Biyogaz tesisinden açığa çıkan atıklar buharlaşma ile besin kayıplarının azalmasını önlemek için etkin bir şekilde depolanarak gereksinim duyulduğunda bitkilere verilir. Reaktör atığı verilen bitkilerde verilmeyenlere kıyasla %5-20 arasında verim artışı sağlanacağı bildirilmektedir.

10. 200 kW ÖRNEK BİYOGAZ TESİSİ TASARIMI

TRB2 Bölgesi illeri için tasarımı gerçekleştirilen 1 MW kurulu gücü bulunan biyogaz tesislerinin yanı sıra 200 kW kurulu gücünde daha küçük tesislerinde kurulması da mümkündür. 1MW'lık tesislerde olduğu gibi 200 kW kurulu gücündeki biyogaz tesislerinden de TRB2 bölgesi için birçok kurulması gerekmektedir. Kurulacak biyogaz tesisleri için bölge illerinde oluşan atıkların yüzde yüzünün toplanması mümkün değildir. Oluşan hayvansal atıkların %60'ı* toplanabilmektedir.

10.1. TRB2 Bölgesi İlleri İçin Kurulabilecek 200 kW' lık Biyogaz Tesisi Tasarımı

TRB2 Bölgesi Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri'nden alınan bilgilere göre bulunan hayvan sayıları Tablo 52'de verilmiştir.

Tablo 52. Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri'nden Alınan Büyükbaş, Küçükbaş ve Kümes Hayvanı Sayıları

Bilginin Temin Edildiği Kurum	Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (adet)
TRB2 Bölgesi (Van, Muş, Bitlis ve Hakkâri) İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri	Büyükbaş Hayvan	529.836
	Küçükbaş Hayvan	6.642.354
	Kümes Hayvanı	113.241

NOT: Alınan hayvan sayıları 2015 kayıtlı verileri olup değişiklik gösterebilmektedir.

* Toplanabilirlik Oranı: Hayvanların ahırda kalma süresi, tesise gelme süresi ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Harran Üniversitesi ve Karacadağ Kalkınma Ajansı Verilerine göre bu değer; 0,5-0,6 arasında olup bu çalışmada 0,6 kabul edilecektir.

TRB2 Bölgesi mevcut hayvan sayılarına göre büyükbaş hayvan atıkları 15.365.244 kg/gün, küçükbaş hayvan atıkları 15.941.650 kg/gün, kümes hayvanı atıkları 22.648,2 kg/gün ve park-bahçe atıkları ise 150 ton/yıl(420 kg/gün) olarak belirlenmiştir. Kurulacak biyogaz tesisi için toplanma kolaylığı ve miktarları göz önüne alındığında kümes hayvanları atıkları ve park-bahçe atıklarının alınmaması uygun olacaktır. Toplanabilirlik oranının 0,6 kabul edildiği bu proje kapsamında ilde bulunan hayvan sayılarının %60'ının oluşturduğu atıkların toplanabileceği düşünülerek tesis tasarımı yapılacaktır. Toplanabilirlik oranının 0,6 kabul edilmesi durumunda atıklarının toplanabileceği hayvan sayıları Tablo 53'te verilmiştir.

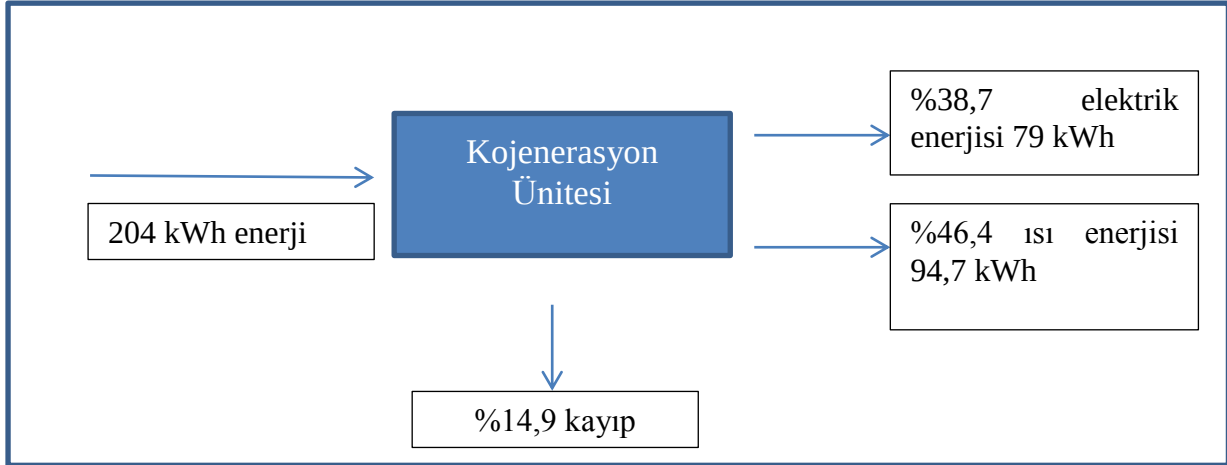
Tablo 53.TRB2 Bölgesi İllerinde Atıklarının Toplanabileceği Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Sayıları

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (adet)
Büyükbaş Hayvan	318.000
Küçükbaş Hayvan	3.985.000

200 kW kurulu gücünde kurulacak olan biyogaz tesisleri için TRB2 Bölgesi illerinde ortalama 225 adet büyükbaş hayvan, 2.800 adet küçükbaş hayvan atığı beraber alınabilmektedir. 225 adet büyükbaş hayvandan 6.525 kg/gün hayvansal atık, 2.800 adet küçükbaş hayvandan 6.720 kg/gün hayvansal atık oluşmaktadır. Denklem (1)[sayfa 39] ve Denklem (2)[sayfa 39]'den faydalanarak, 6.525 kg/gün büyükbaş hayvansal atıktan 235 m³/gün biyogaz ve 165 m³/gün metan oluşmaktadır. Küçükbaş hayvan için 6.720 kg/gün hayvansal atıktan Denklem (1) ve Denklem (2)'den faydalanarak, 472 m³/gün biyogaz ve 330 m³/gün metan oluştuğu belirlenmiştir. Toplamda 13.245 kg/gün organik atık toplanarak kurulacak olan biyogaz tesisi kurulu gücü **204 kW** olacaktır. Bu enerjiyi sağlamak için uygun kojenerasyon ünitesinin belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen kojenerasyon ünitesinin enerji dönüşüm değerlerine göre elde edilen elektrik enerjisi ve ısı enerjisi değerleri belirlenecektir.

10.1.1.Kojenerasyon Ünitesi Seçimi

Bu proje kapsamında Türkiye’de kullanılan bir kojenerasyon ünitesi seçilmiş olup, bu değerler farklı kojenerasyon ünitelerine göre farklılık gösterebilecektir.



Şekil 30. Enerjinin Dönüşüm Grafiği (Türkiye’de kullanılan bir kojenerasyon ünitesi 2015 Kataloğu)

Denklem (6) eşitliğine göre elektrik ve ısı enerjisi verimleri hesaplanırsa;

$$E_{elektrik/ısı} = E_{top.} * \% Verim \quad \text{Denklem (7)}$$

$E_{elektrik/ısı}$ = Uygun kojenerasyon ünitesine göre elde edilecek elektrik/ısı enerjisi (kwh)

$E_{top.}$ = Elde edilen toplam enerji miktarı (kwh)

Denklem (6) eşitliğine göre elde edilen elektrik enerjisi **79 kWh** olarak hesaplanmış, elde edilen ısı enerjisi ise **94,7 kWh** olarak hesaplanmıştır.

Şekil 30’da görüldüğü üzere kurulabilecek biyogaz tesisinde 225 büyükbaş hayvan, 2.800 küçükbaş hayvan atıkları ile kurulacak biyogaz tesisinde toplanan atıklardan 79 kwh elektrik enerjisi elde edilmektedir(Türkiye’de kullanılan örnek bir kojenerasyon ünitesi seçilmiştir. Farklı kojenerasyon ünitelerinde farklı değerler elde edilebilir).



Resim 10. Biyogaz Üretim Tesislerinde Kullanılan Örnek Kojenerasyon Ünitesi (Kullanılabilecek Kojenerasyon Sistemi Özellikleri **EK-1**'de verilmiştir)

10.1.2.Tesisin Boyutlandırılması

TRB2 Bölgesi illeri için hayvansal kaynaklı atıklardan kurulabilecek olan Biyogaz Tesisi'nin detaylı bir şekilde boyutlandırılması için gerekli parametreler, bekleme süresi, günlük besleme miktarları, reaktör hacmidir.

10.1.2.1.Bekleme Süresi

Bekleme süresi reaktöre yüklenilen materyalin reaktörde beklediği süre olup fermantasyon olayının bakteriler tarafından tamamlanması için bu süre önemlidir. Bekletme süresi sisteme yüklenen atık türüne göre kabul edilir. Bu çalışma kapsamında büyükbaş ve küçükbaş hayvan atıkları kullanılacağından, bu atıklar için bu süre 30 gün olarak belirlenmiştir (Kaya ve Öztürk, 2012).

10.1.2.2 Günlük Besleme Miktarları

10.1.2.2.1. Toplam Organik Madde Karışımının Katı Madde Oranı

Tesise alınacak büyükbaş atıkları 6.525 kg/gün ve küçükbaş atıkları 6.720 kg/gün olarak belirlenmiştir. Denklem (8) ve Denklem (9) kullanılarak tesise eklenecek karışımın KM içeriği ve miktarı bulunabilir.

$$mKM_{b.b.h./k.b.h.} = m_{b.b.h./k.b.h.} * \%KM \quad \text{Denklem (8)}$$

$mKM_{b.b.h./k.b.h.}$ = Büyükbaş/küçükbaş hayvan atıklarının KM miktarı (kg/gün)

$m_{b.b.h./k.b.h.}$ = Büyükbaş/küçükbaş hayvan atıklarının miktarı (kg/gün)

%KM = Tablo 12 ve Tablo 14’te belirlenen KM Oranları (%)

Büyükbaş hayvan atığı KM içeriği %15 olduğundan günde oluşacak KM miktarı;

6.525 kg/gün * 0,15 = 978,75 kg/gün olarak hesaplanmıştır (Denklem 8).

Küçükbaş hayvan atığı KM içeriği %30 olduğundan günde oluşacak KM miktarı;

6.720 kg/gün * 0,30 = 2.016 kg/gün olarak hesaplanmıştır (Denklem 8).

Tesise gelecek günlük KM miktarı ise 2.994,75 kg olarak belirlenmiştir

Oluşan atık miktarının yüzde KM içeriği Denklem (9) ‘e göre hesaplanmıştır.

$$(mKM_{b.b.h.} * \%KM_{b.b.h.}) + (mKM_{k.b.h.} * \%KM_{k.b.h.}) = mKM_{toplam} * \%KM_{ist.}$$

Denklem (9)

$\%KM_{ist.}$ = Tesise beslenecek olan atıkların KM içeriği (%)

$mKM_{b.b.h./k.b.h.}$ = Büyükbaş/küçükbaş hayvan atıklarının KM miktarı (kg/gün)

$\%KM_{b.b.h./k.b.h.}$ = Büyükbaş(Tablo 12) / küçükbaş(Tablo 14) için belirlenen KM Oranları (%)

$mKM_{toplam} = mKM_{b.b.h.} + mKM_{k.b.h.}$ (kg/gün)

Denklem (9)'den yararlanılarak tesise beslenecek olan atıkların **%KM içeriği %25,07** bulunmuştur. Ancak biyogaz tesislerinde eklenmesi gereken gübre miktarının KM içeriği %10 olmalıdır(Ardıç ve Taner, 2004). Bu yüzden tesise su eklenerek **%KM oranının %10 değerine** düşürülmesi gerekmektedir.

10.1.2.2.2.Tesise Beslenmesi Gereken Su Miktarı

Tesise gelen gübrenin KM içeriğinin %10'luk olması gerekmektedir. Bu sebeple %25,07 KM içeriğine sahip gübre su eklenerek seyreltilmelidir. Tesise eklenen su miktarının hesabı için Denklem (10)'da kullanılmıştır.

$$0,1 = mKM_{top.} / (m_{top.} + m_{su})$$

Denklem (10)

0,1 = Tesiste elde edilmek istenen KM oranı (%10)

$mKM_{toplam} = mKM_{b.b.h.} + mKM_{k.b.h.}$ (kg/gün)

$m_{top.}$ = Büyükbaş ve küçükbaş hayvan atıklarının toplam miktarı (kg/gün)

m_{su} = Tesise eklenmesi gereken su miktarı (kg/gün)

Denklem (10)'a göre tesise eklenmesi gereken su miktarı **16.702,5 kg/gün** bulunmuştur. Suyun yoğunluğu 1000 kg/m^3 olarak kabul edildiğinden tesise eklenmesi gereken su hacmi **16,7 m³/gün** olarak bulunmaktadır.

10.1.2.3.Reaktör Hacmi

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek olan biyogaz tesisi reaktörüne, 13.245 kg/gün hayvansal atık ve 16,7 m³/gün su ile birlikte toplam 30 m³/gün' dür. 30 gün bekleme süresi kabul edersek toplam reaktör hacmi;

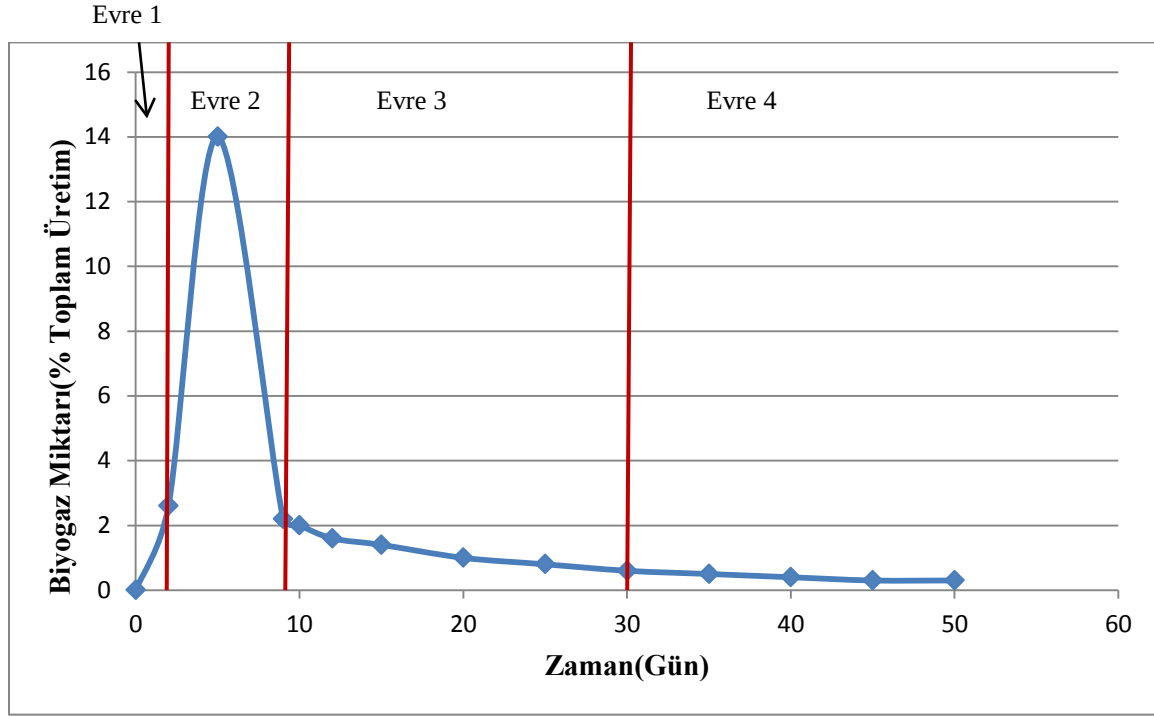
$V = 30 \text{ m}^3/\text{gün} * 30 \text{ gün}$ formülünden 900 m³ reaktör hacmi oluşmaktadır. Uygun hacme göre boyutlandırma yapıldığında reaktörün boyutları Tablo 54' te verilmiştir.

Tablo 54. Kullanılacak Reaktörlerin Boyutları

Reaktör Boyutları	Değerler
Bekleme Süresi (gün)	30
Reaktör Yüksekliği (m)	6
Taban Alanı (m ²)	150
Reaktör Çapı (m)	14

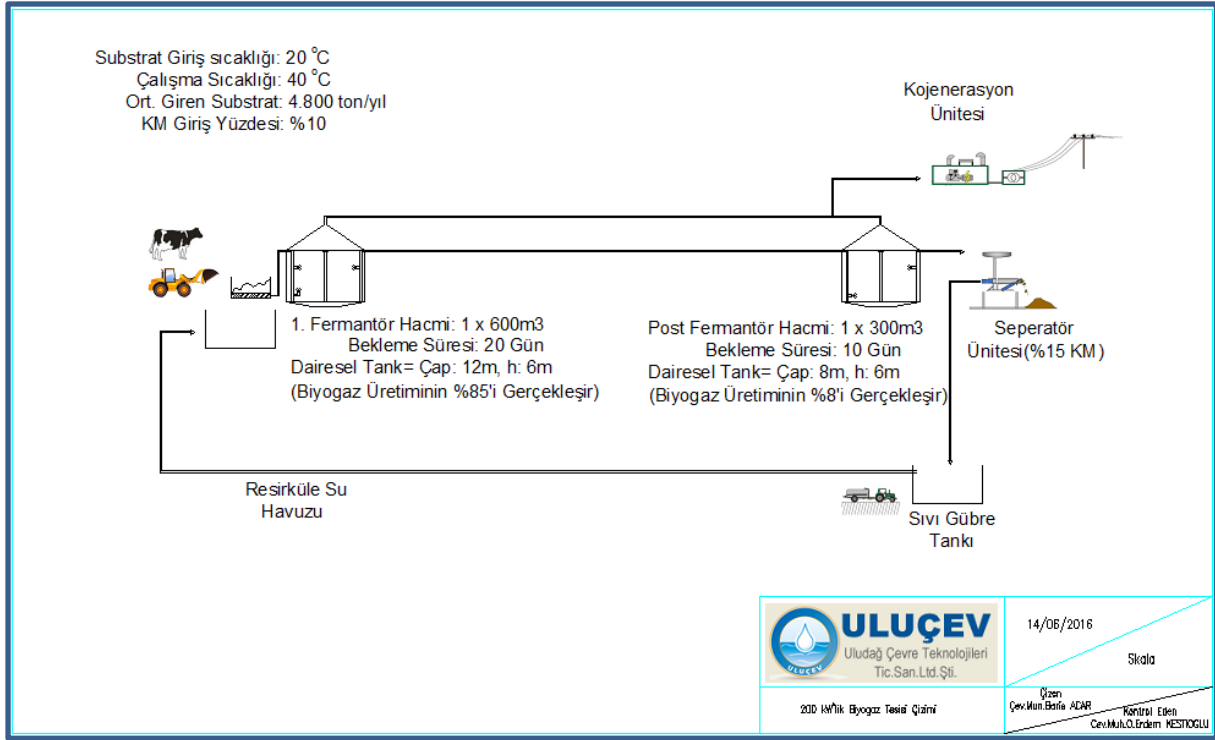
TRB2 Bölgesi illeri hayvan sayıları göz önüne alındığında kurulacak tesisten, uygun yerlerin belirlenmesinden sonra gerekli sayılarda kurulması gerekmektedir. Kurulacak biyogaz tesisleri 200 kW kurulu gücündeki tesisler ile oluşan hayvansal atıkların oluşturduğu çevresel sorunların önüne geçilmiş olacak ayrıca ülke ekonomisine katkıda bulunulacaktır.

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek biyogaz tesisinin tasarımı hayvan sayılarının optimum değerleri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Biyogaz tesislerinde fermentasyon süresi 50-60 güne kadar devam edebilmektedir(Kaya ve Öztürk, 2012). Süreye bağlı biyogaz üretimi Şekil 32'de verilmiştir.



Şekil 31. Biyogaz Üretiminin Bekletme Süresi İle Değişimi(Kaya ve Öztürk, 2012).

Tasarımı yapılan 200 kW'lık biyogaz tesisi için fermantasyon tankı hacimlerini küçülmek amaçlı 1 adet 1. Fermantasyon tankı kullanılmıştır. 1. Fermantasyon tankında bekletme süreleri 20 gün olarak seçilip tank hacimleri bu seçimden yola çıkılarak gerçekleştirilmiştir. Post fermentör tankı ise 20 gün fermente olan gübre su karışımının 10 gün daha fermente olacağı tanktır. Hacimsel ve boyut olarak verilen tankların bulunduğu biyogaz tesisi akım şeması Şekil 32'de verilmiştir.



Şekil 32. Kurulabilecek 200 kW' lık Biyogaz Tesisi Akım Şeması(Tesis ile ilgili özellikler EK-1'deki akım şemasında verilmiştir)

TRB2 Bölgesi illeri hayvan sayıları farklılıklar gösterdiği için biyogaz tesislerine alınacak hayvan atıklarında da farklılıklar oluşmaktadır. TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek biyogaz tesislerine alınacak hayvan sayıları atık miktarları ve kurulacak biyogaz tesisi sayıları Tablo 55'te verilmiştir.

Tablo 55.TRB2 Bölgesi İlleri İçin Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Tesisleri Hayvan Sayıları, Atık Miktarları ve Biyogaz Tesisleri Sayıları

Parametreler İller	Hayvan Sayıları		Atık Miktarları	Biyogaz Tesis Sayısı
Van	Büyükbaş Hayvan Sayısı	200 Adet	5.800 kg/gün	500 Adet
	Küçükbaş Hayvan Sayısı	3.000 Adet	7.200 kg/gün	
Hakkâri	Büyükbaş Hayvan Sayısı	120 Adet	3.480 kg/gün	160 Adet
	Küçükbaş Hayvan Sayısı	3.600 Adet	8.640 kg/gün	
Muş	Büyükbaş Hayvan Sayısı	275 Adet	7.975 kg/gün	600 Adet
	Küçükbaş Hayvan Sayısı	2.500 Adet	6.000 kg/gün	
Bitlis	Büyükbaş Hayvan Sayısı	245 Adet	7.105 kg/gün	150 Adet
	Küçükbaş Hayvan Sayısı	2.800 Adet	6.720 kg/gün	

11.BÜYÜK ÖLÇEKLİ BİYOGAZ TESİSİNİN PROJELENDİRİLMESİ

TRB2 Bölgesi Van, Hakkâri, Bitlis ve Muş illerini içine alan bir bölgedir. Bölgede küçük ve büyük baş hayvancılık çok gelişmiştir ve bu gelişmişlik bölgede önemli ölçüde biyogaz potansiyeli oluşturmaktadır. Ancak bölgedeki hayvancılık yapısı ve sosyo-kültürel yapı düşünüldüğünde büyük biyogaz tesislerinin yerine, toplaması ve işletmesi daha kolay küçük tesislerin yapılması daha uygun olacaktır. Ancak merkezi bölgelerde taşıma ve işletme olanakları kırsal alanlara göre daha rahat olacaktır. Bu nedenle 1MW kurulu güce sahip örnek bir tesisin TRB2 Bölgesinde bulunan her il için tasarımı yapılmıştır.

TRB2 Bölgesi'nde 159,7 ton/yıl park-bahçe atığı oluşmaktadır. 529.836 adet büyükbaş hayvandan 15.365.244 kg/gün hayvansal atık, 6.642.354 adet küçükbaş hayvandan 15.941.650 kg/gün hayvansal atık ve 113.241 adet kümes hayvanından 22.648,2 kg/gün hayvansal atık oluşmaktadır. Tüm bu atıklar düşünüldüğünde TRB2 bölgesinin biyogaz potansiyeli **kurulu güç olarak yaklaşık 483 MW** olmaktadır. Ancak bu potansiyelin tümünü kullanmak mümkün değildir. Örnek 1 MW'lık lisanssız tesisin tasarımı her il için 12 Bölüm başlığı altında ayrıntıları ile anlatılmıştır.

12. 1 MW ÖRNEK BİYOGAZ TESİSİ TASARIMI

Lisanssız bir biyogaz tesisinin kurulması için maksimum 1MW kurulu gücünde olması gerekmektedir. Proje kapsamında TRB2 Bölgesi illeri için ayrı ayrı kapasite hesabı yapılmıştır. Aynı şekilde 1MW lık tesislerden TRB2 bölgesi için birçok kurulması gerekmektedir. Kurulacak biyogaz tesisleri için bölge illerinde oluşan atıkların yüzde yüzünün toplanması mümkün değildir. Oluşan hayvansal atıkların %60'ı* toplanabilmektedir.

12.1. TRB2 Bölgesi İlleri İçin Kurulabilecek 1 MW' lık Biyogaz Tesisi Tasarımı

TRB2 Bölgesi Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri'nden alınan bilgilere göre bulunan hayvan sayıları Tablo 56'da verilmiştir.

Tablo 56. Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri'nden Alınan Büyükbaş, Küçükbaş ve Kümes Hayvanı Sayıları

Bilginin Temin Edildiği Kurum	Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (adet)
TRB2 Bölgesi (Van, Muş, Bitlis ve Hakkâri) İl Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri	Büyükbaş Hayvan	529.836
	Küçükbaş Hayvan	6.642.354
	Kümes Hayvanı	113.241

NOT: Alınan hayvan sayıları 2015 kayıtlı verileri olup değişiklik gösterebilmektedir.

TRB2 Bölgesi mevcut hayvan sayılarına göre büyükbaş hayvan atıkları 15.365.244 kg/gün, küçükbaş hayvan atıkları 15.941.650 kg/gün, kümes hayvanı atıkları 22.648,2 kg/gün ve park-bahçe atıkları ise 150 ton/yıl(420 kg/gün) olarak belirlenmiştir. Kurulacak biyogaz tesisi için toplanma kolaylığı ve miktarları göz önüne alındığında kümes hayvanları atıkları ve park-bahçe atıklarının alınmaması uygun olacaktır. Toplanabilirlik oranının 0,6 kabul edildiği bu proje kapsamında ilde bulunan hayvan sayılarının %60'ının oluşturduğu atıkların toplanabileceği düşünülecek tesis tasarımı yapılacaktır. Toplanabilirlik oranının 0,6 kabul edilmesi durumunda atıklarının toplanabileceği hayvan sayıları Tablo 57'de verilmiştir.

Tablo 57.TRB2 Bölgesi İllerinde Atıklarının Toplanabileceği Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Sayıları

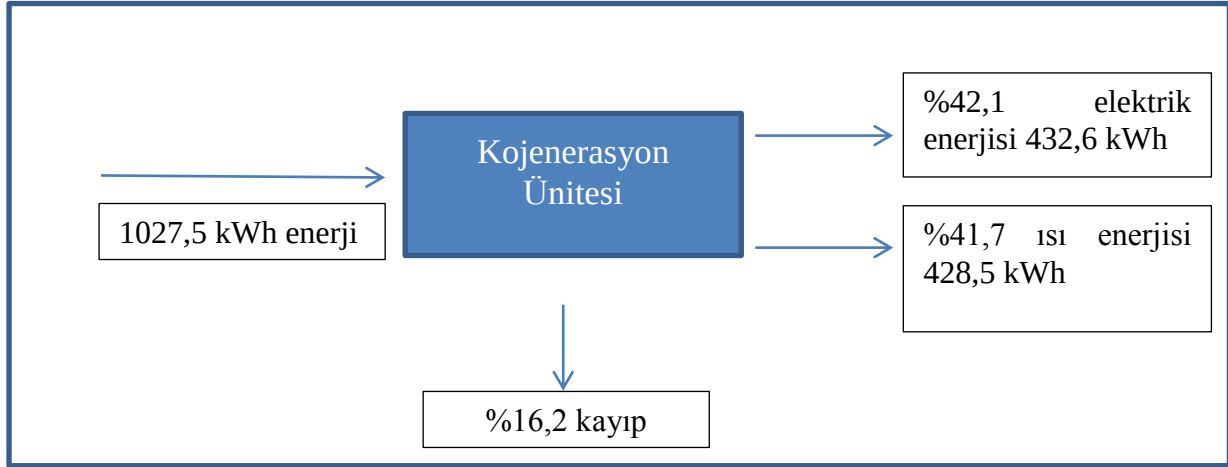
Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (adet)
Büyükbaş Hayvan	318.000
Küçükbaş Hayvan	3.985.000

1MW kurulu gücünde kurulacak olan biyogaz tesisleri için TRB2 Bölgesi illerinde ortalama 1.125 adet büyükbaş hayvan, 14.150 adet küçükbaş hayvan atığı beraber alınabilmektedir. 1125 adet büyükbaş hayvandan 32.625 kg/gün hayvansal atık, 14.150 adet küçükbaş hayvandan 33.960 kg/gün hayvansal atık oluşmaktadır. Denklem (1)[sayfa 39] ve Denklem (2)[sayfa 39]'den faydalanarak, 32.625 kg/gün büyükbaş hayvansal atıktan 1.175 m³/gün biyogaz ve 822 m³/gün metan oluştuğu belirlenmiştir. Küçükbaş hayvan için 33.960 kg/gün hayvansal atıktan Denklem (1) ve Denklem (2)'den faydalanarak, 2.385 m³/gün biyogaz ve 1670 m³/gün metan oluştuğu belirlenmiştir. Toplamda 66.585 kg/gün organik atık toplanarak kurulacak olan biyogaz tesisi kurulu gücü **1027,5 kw** olacaktır. Bu enerjiyi sağlamak için uygun kojenerasyon ünitesinin belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen kojenerasyon ünitesinin enerji dönüşüm değerlerine göre elde edilen elektrik enerjisi ve ısı enerjisi değerleri belirlenecektir.

*: Toplanabilirlik Oranı: Hayvanların ahırda kalma süresi, tesise gelme süresi ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Harran Üniversitesi ve Karacadağ Kalkınma Ajansı Verilerine göre bu değer; 0,5-0,6 arasında olup bu çalışmada 0,6 kabul edilecektir.

12.1.1.Kojenerasyon Ünitesi Seçimi

Bu proje kapsamında Türkiye’de kullanılan bir kojenerasyon ünitesi seçilmiş olup, bu değerler farklı kojenerasyon ünitelerine göre farklılık gösterebilecektir.



Şekil 33. Enerjinin Dönüşüm Grafiği (Türkiye’de kullanılan bir kojenerasyon ünitesi 2015 Kataloğu)

Denklem (6) eşitliğine göre elektrik ve ısı enerjisi verimleri hesaplanırsa;

$$E_{elektrik/ısı} = E_{top.} * \% Verim \quad \text{Denklem (7)}$$

$E_{elektrik/ısı}$ = Uygun kojenerasyon ünitesine göre elde edilecek elektrik/ısı enerjisi (kwh)

$E_{top.}$ = Elde edilen toplam enerji miktarı (kwh)

Denklem (6) eşitliğine göre elde edilen elektrik enerjisi **432,6 kwh** olarak hesaplanmış, elde edilen ısı enerjisi ise **428,5 kwh** olarak hesaplanmıştır.

Şekil 33’ te görüldüğü üzere kurulabilecek biyogaz tesisinde 1.125 büyükbaş hayvan, 14.150 küçükbaş hayvan atıkları ile kurulacak biyogaz tesisinde toplanan atıklardan 432,6 kwh elektrik enerjisi elde edilmektedir(Türkiye’de kullanılan örnek bir kojenerasyon ünitesi seçilmiştir. Farklı kojenerasyon ünitelerinde farklı değerler elde edilebilir).



Resim 11. Biyogaz Üretim Tesislerinde Kullanılan Örnek Kojenerasyon Ünitesi (Kullanılabilecek Kojenerasyon Sistemi Özellikleri **EK-2**'de verilmiştir)

12.1.2. Tesisin Boyutlandırılması

TRB2 Bölgesi illeri için hayvansal kaynaklı atıklardan kurulabilecek olan Biyogaz Tesisi'nin detaylı bir şekilde boyutlandırılması için gerekli parametreler, bekleme süresi, günlük besleme miktarları, reaktör hacmidir.

12.1.2.1. Bekleme Süresi

Bekleme süresi reaktöre yüklenen materyalin reaktörde beklediği süre olup fermantasyon olayının bakteriler tarafından tamamlanması için bu süre önemlidir. Bekletme süresi sisteme yüklenen atık türüne göre kabul edilir. Bu çalışma kapsamında büyükbaş, küçükbaş ve park-bahçe atıkları kullanılacağından, bu atıklar için bu süre 30 gün olarak belirlenmiştir (Kaya ve Öztürk, 2012).

12.1.2.2 Günlük Besleme Miktarları

12.1.2.2.1. Toplam Organik Madde Karışımının Katı Madde Oranı

Tesise alınacak büyükbaş atıkları 32.625 kg/gün ve küçükbaş atıkları 33.960 kg/gün olarak belirlenmiştir. Denklem (8) ve Denklem (9) kullanılarak tesise eklenecek karışımın KM içeriği ve miktarı bulunabilir.

$$mKM_{b.b.h./k.b.h.} = m_{b.b.h./k.b.h.} * \%KM$$

Denklem (8)

$mKM_{b.b.h./k.b.h.}$ =Büyükbaş/küçükbaş hayvan atıklarının KM miktarı (kg/gün)

$m_{b.b.h./k.b.h.}$ = Büyükbaş/küçükbaş hayvan atıklarının miktarı (kg/gün)

$\%KM$ = Tablo 12 ve Tablo 14’te belirlenen KM Oranları (%)

Büyükbaş hayvan atığı KM içeriği %15 olduğundan günde oluşacak KM miktarı;

32.625 kg/gün * 0,15 = 4893,75 kg/gün olarak hesaplanmıştır (Denklem 8).

Küçükbaş hayvan atığı KM içeriği %30 olduğundan günde oluşacak KM miktarı;

33.960 kg/gün * 0,30 = 10.188 kg/gün olarak hesaplanmıştır (Denklem 8).

Tesise gelecek günlük KM miktarı ise 15.081,75 kg olarak belirlenmiştir

Oluşan atık miktarının yüzde KM içeriği Denklem (9) ‘e göre hesaplanmıştır.

$$(mKM_{b.b.h.} * \%KM_{b.b.h.}) + (mKM_{k.b.h.} * \%KM_{k.b.h.}) = mKM_{toplam} * \%KM_{ist.}$$

Denklem (9)

$\%KM_{ist.}$ = Tesise beslenecek olan atıkların KM içeriği (%)

$mKM_{b.b.h./k.b.h.}$ = Büyükbaş/küçükbaş hayvan atıklarının KM miktarı (kg/gün)

$\%KM_{b.b.h./k.b.h.}$ = Büyükbaş(Tablo 12) / küçükbaş(Tablo 14) için belirlenen KM Oranları (%)

mKM_{toplam} = $mKM_{b.b.h.} + mKM_{k.b.h.}$ (kg/gün)

Denklem (9)’den yararlanılarak tesise beslenecek olan atıkların **%KM içeriği %25,13** bulunmuştur. Ancak biyogaz tesislerinde eklenmesi gereken gübre miktarının KM içeriği %10 olmalıdır(Ardıç ve Taner, 2004). Bu yüzden tesise su eklenerek **%KM oranının %10 değerine** düşürülmesi gerekmektedir.

12.1.2.2.2. Tesise Beslenmesi Gereken Su Miktarı

Tesise gelen gübrenin KM içeriğinin %10'luk olması gerekmektedir. Bu sebeple %25,13 KM içeriğine sahip gübre su eklenerek seyreltilmelidir. Tesise eklenen su miktarının hesabı için Denklem (10)'da kullanılmıştır.

$$0,1 = mKM_{top.} / (m_{top.} + m_{su}) \quad \text{Denklem (10)}$$

0,1 = Tesiste elde edilmek istenen KM oranı (%10)

$$mKM_{toplam} = mKM_{b.b.h.} + mKM_{k.b.h.} \text{ (kg/gün)}$$

$m_{top.}$ = Büyükbaş ve küçükbaş hayvan atıklarının toplam miktarı (kg/gün)

m_{su} = Tesise eklenmesi gereken su miktarı (kg/gün)

Denklem (10)'a göre tesise eklenmesi gereken su miktarı **84.232,5 kg/gün** bulunmuştur. Suyun yoğunluğu 1000 kg/m³ olarak kabul edildiğinden tesise eklenmesi gereken su hacmi **84,25 m³/gün** olarak bulunmaktadır.

12.1.2.3. Reaktör Hacmi

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek olan biyogaz tesisi reaktörüne, 66.585 kg/gün hayvansal atık ve 84,25 m³/gün su ile birlikte toplam 150,81 m³/gün' dür. 30 gün bekleme süresi kabul edersek toplam reaktör hacmi;

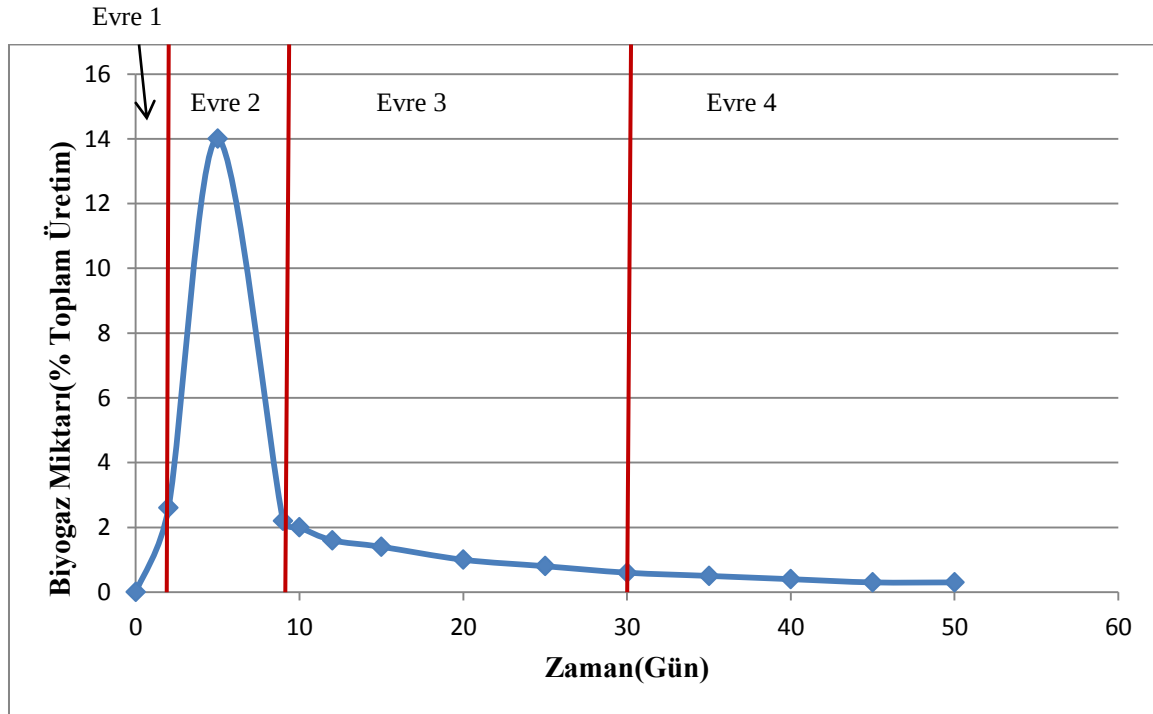
$V = 150,81 \text{ m}^3/\text{gün} * 30 \text{ gün}$ formülünden 4524,5 m³ reaktör hacmi oluşmaktadır. Uygun hacme göre boyutlandırma yapıldığında reaktörün boyutları Tablo 58' de verilmiştir.

Tablo 58. Kullanılacak Reaktörlerin Boyutları

Reaktör Boyutları	Değerler
Bekleme Süresi (gün)	30
Reaktör Yüksekliği (m)	6
Taban Alanı (m ²)	754,1
Reaktör Çapı (m)	32

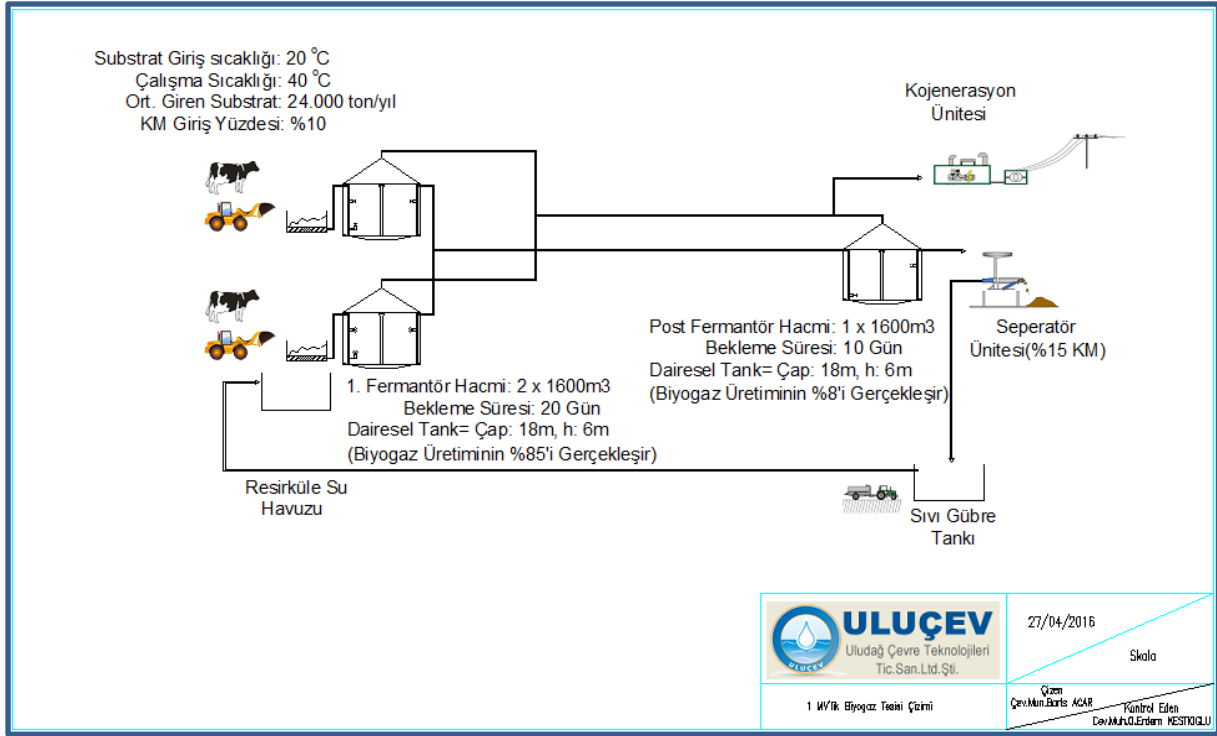
TRB2 Bölgesi illeri hayvan sayıları göz önüne alındığında kurulacak tesisten, uygun yerlerin belirlenmesinden sonra gerekli sayılarda kurulması gerekmektedir. Kurulacak biyogaz tesisleri 1 MW kurulu gücündeki tesisler ile oluşan hayvansal atıkların oluşturduğu çevresel sorunların önüne geçilmiş olacak ayrıca ülke ekonomisine katkıda bulunulacaktır.

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek biyogaz tesisinin tasarımı hayvan sayılarının optimum değerleri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Biyogaz tesislerinde fermentasyon süresi 50-60 güne kadar devam edebilmektedir(Kaya ve Öztürk, 2012). Süreye bağlı biyogaz üretimi Şekil 34’te verilmiştir.



Şekil 34. Biyogaz Üretiminin Bekletme Süresi İle Değişimi(Kaya ve Öztürk, 2012).

Tasarımı yapılan 1MW’lık biyogaz tesisi için fermentasyon tankı hacimlerini küçülmek amaçlı 2 adet 1. Fermentasyon tankı kullanılmıştır. 1. Fermentasyon tanklarında bekletme süreleri 20 gün olarak seçilip tank hacimleri bu seçimden yola çıkılarak gerçekleştirilmiştir. Post fermentör tankı ise 20 gün fermente olan gübre su karışımının 10 gün daha fermente olacağı tanktır. Hacimsel ve boyut olarak birbirlerinin aynı 3 fermentasyon tankı bulunan biyogaz tesisi akım şeması Şekil 35’te verilmiştir.



Şekil 35. Kurulabilecek 1 MW' lık Biyogaz Tesisi Akım Şeması (Tesis ile ilgili özellikler **EK-2'**deki akım şemasında verilmiştir)

TRB2 Bölgesi illeri hayvan sayıları farklılıklar gösterdiği için biyogaz tesislerine alınacak hayvan atıklarında da farklılıklar oluşmaktadır. TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek biyogaz tesislerine alınacak hayvan sayıları atık miktarları ve kurulacak biyogaz tesisi sayıları Tablo 59'da verilmiştir

Tablo 59.TRB2 Bölgesi İlleri İçin Kurulabilecek 1 MV'lık Biyogaz Tesisleri Hayvan Sayıları, Atık Miktarları ve Biyogaz Tesisleri Sayıları

Parametreler İller	Hayvan Sayıları		Atık Miktarları	Biyogaz Tesis Sayısı
Van	Büyükbaş Hayvan Sayısı	1.000 Adet	29.000 kg/gün	100 Adet
	Küçükbaş Hayvan Sayısı	15.000 Adet	36.000 kg/gün	
Hakkâri	Büyükbaş Hayvan Sayısı	600 Adet	17.400 kg/gün	32 Adet
	Küçükbaş Hayvan Sayısı	18.000 Adet	43.200 kg/gün	
Muş	Büyükbaş Hayvan Sayısı	1.350 Adet	39.150 kg/gün	120 Adet
	Küçükbaş Hayvan Sayısı	12.500 Adet	30.000 kg/gün	
Bitlis	Büyükbaş Hayvan Sayısı	1.215 Adet	35.235 kg/gün	30 Adet
	Küçükbaş Hayvan Sayısı	14.025 Adet	33.660 kg/gün	

13.MALİYET/ETÜT-FİZİBİLİTE VE UYGULANABİLİRLİK

“Dap Bölgesi Kırsal Alanda Biyogaz Üretimine Yönelik Sektör Raporu Hazırlanması Projesi” kapsamında TRB2 Bölgesi’nde biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amacıyla çalışmalar yürütülmüştür. Bölgesel olarak biyogaz potansiyeli belirlenmiş ve iller bazında kurulabilecek uygun tesislerin tasarımı yapılmıştır. Biyogaz potansiyelinin belirlenmesinde ve tesis tasarımının yapılmasında, bölgesel açıdan değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Kurulabilecek biyogaz tesislerinin uygulanabilirlik açısından değerlendirilmesi **“Proje Yönetimi ve Uygulama Planı”**, **“Biyogaz Tesisi Yatırım/İşletme Maliyetleri”** ve **“Biyogaz Tesisinin Gelir-Gider Hesapları”** olarak 3 alt başlıkta incelenmiştir.

13.1.Proje Yönetimi ve Uygulama Planı

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek olan biyogaz tesisleri, proje kapsamında 3 şekilde incelenmiştir.

1. Küçük ölçekli biyogaz tesisi
2. 200 kW’lık biyogaz tesisi
3. 1 MW’lık biyogaz tesisi

13.1.1. Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi Proje Yönetimi ve Uygulama Planı

TRB2 Bölgesi illerinde küçük ölçekli biyogaz tesisi 25 büyükbaş hayvan ve eşdeğeri atık oluşturan 300 küçükbaş hayvan atıkları için tasarlanmıştır. Tasarlanan biyogaz tesisi için öncelikle uygulanabilirlik ve elde edilecek faydalar ortaya konmalıdır. Yapılacak olan ön değerlendirme ile birlikte biyogaz tesisinin kurulum aşamasına geçilecektir. Küçük ölçekli biyogaz tesisleri büyükbaş ve küçükbaş hayvan bulunduran çiftlikler için uygulanabilecektir. Profesyonel bir destek ile birlikte kurulacak olan biyogaz tesisi işletilmesi tamamen çiftçiye bağlıdır. Küçük ölçekli biyogaz tesisinin uygulanmasında ve yönetiminde, Belediyelerin ve çiftçilerin yapması gereken sorumluluklar şu şekilde sıralanabilir:

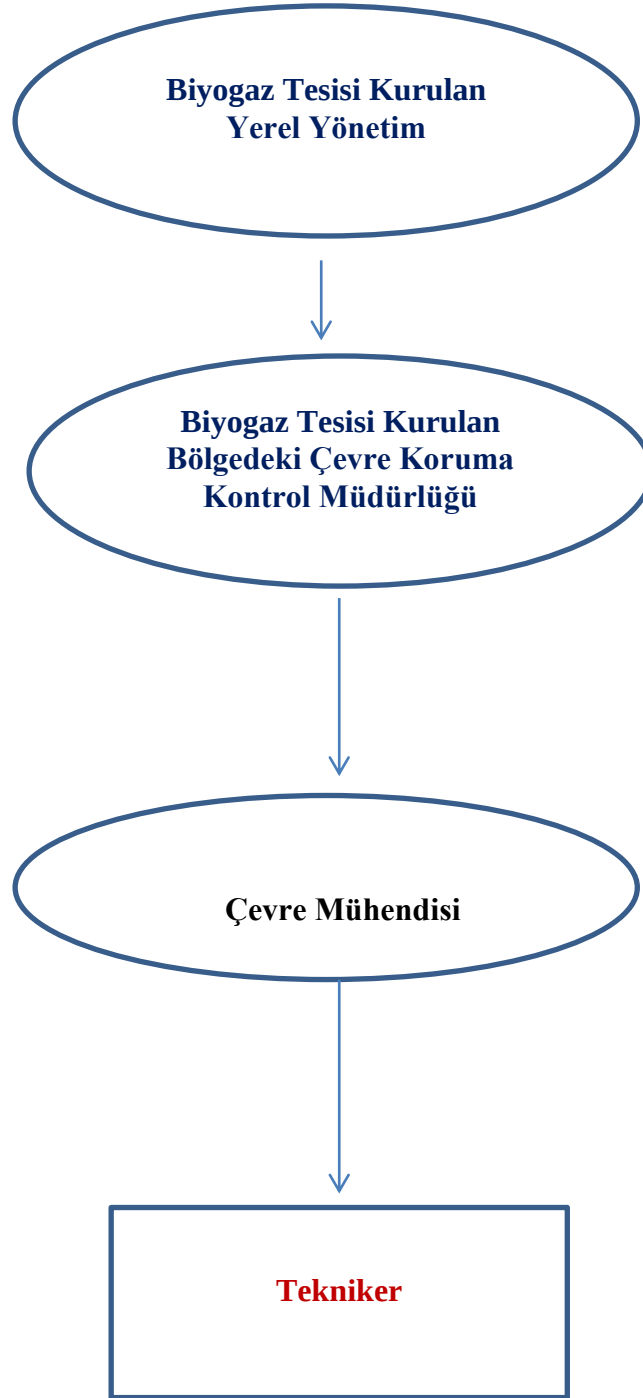
- İlgili reklamın yapılarak biyogaz tesisinin tanıtımlarının yapılması,
- Kurulacak biyogaz tesisinin sağlayacağı faydaların bölgesel yönetim ve yetkili kurumlarca ayrıntılarıyla anlatılması,
- Biyogaz tesislerinin kurulması ile ilgili devlet teşviklerinin verilmesi,

- Biyogaz tesislerinin kurulmasında gerekli incelemelerin yapılarak en doğru tesisin kurulmasının sağlanması,
- Kurulan biyogaz tesislerinin işletilmesinin en verimli şekilde sağlanması için çiftçilerin konu ile alakalı yeterli bilgiye erişmiş olması,
- Yeterli bilgi ve deneyim yok ise eğitimler verilerek biyogaz tesisi işletilmesi konusunda yeterliliğe sahip olunmasının sağlanması,
- Oluşan hayvansal atıkların düzenli olarak toplanmasının sağlanması,
- Tesiste oluşacak sorunlara karşı alınacak önlemlerin çiftçi tarafından bilinmesi ve uygulanabilmesi

Küçük ölçekli biyogaz tesisinin kurulup işletilmesi kurumlar arası yetki dağılımı problemini ve TRB2 bölgesinin iklimsel koşullarından kaynaklanabilecek toplama zorluklarını ortadan kaldıracaktır. Ancak bu tesislerin kurulup işletilmesi için bölgesel olarak teşviklerin verilmesi ve yukarıda örnekleri verilen konular hakkında bilgilenmenin sağlanması gerekmektedir. Bu kapsamda yerel yönetimler, ajanslar, üniversiteler ve STK'lar etkin rol oynayacaktır.

13.1.2. 200 kW'lık Biyogaz Tesisi İçin Proje Yönetimi ve Uygulama Planı

TRB2 Bölgesinde kurulabilecek 200 kW'lık biyogaz tesisleri, uygun yerlerin belirlenmesinden sonra bağlı olduğu belediyeye ait olup, kurulduktan sonra işletilmesi için 1 mühendis ve 1 adet tekniker görev alacaktır. Tesisin kurulması halinde kuruluşun organizasyon şeması Şekil 36'da gösterildiği gibi olacaktır.



Şekil 36. Kurulabilecek 200 kW’lık Biyogaz Tesisleri Organizasyon Şeması

TRB2 Bölgesinde kurulabilecek olan 200 kW’lık Biyogaz Üretim Tesisi’nde organizasyon ve yönetim giderleri olarak yıllık 25.000 TL genel işletme gideri (sigorta, vergiler dahil) belirlenmiş, ayrıca 1 mühendis ve 1 tekniker için yıllık 78.000 TL gider belirlenmiştir.

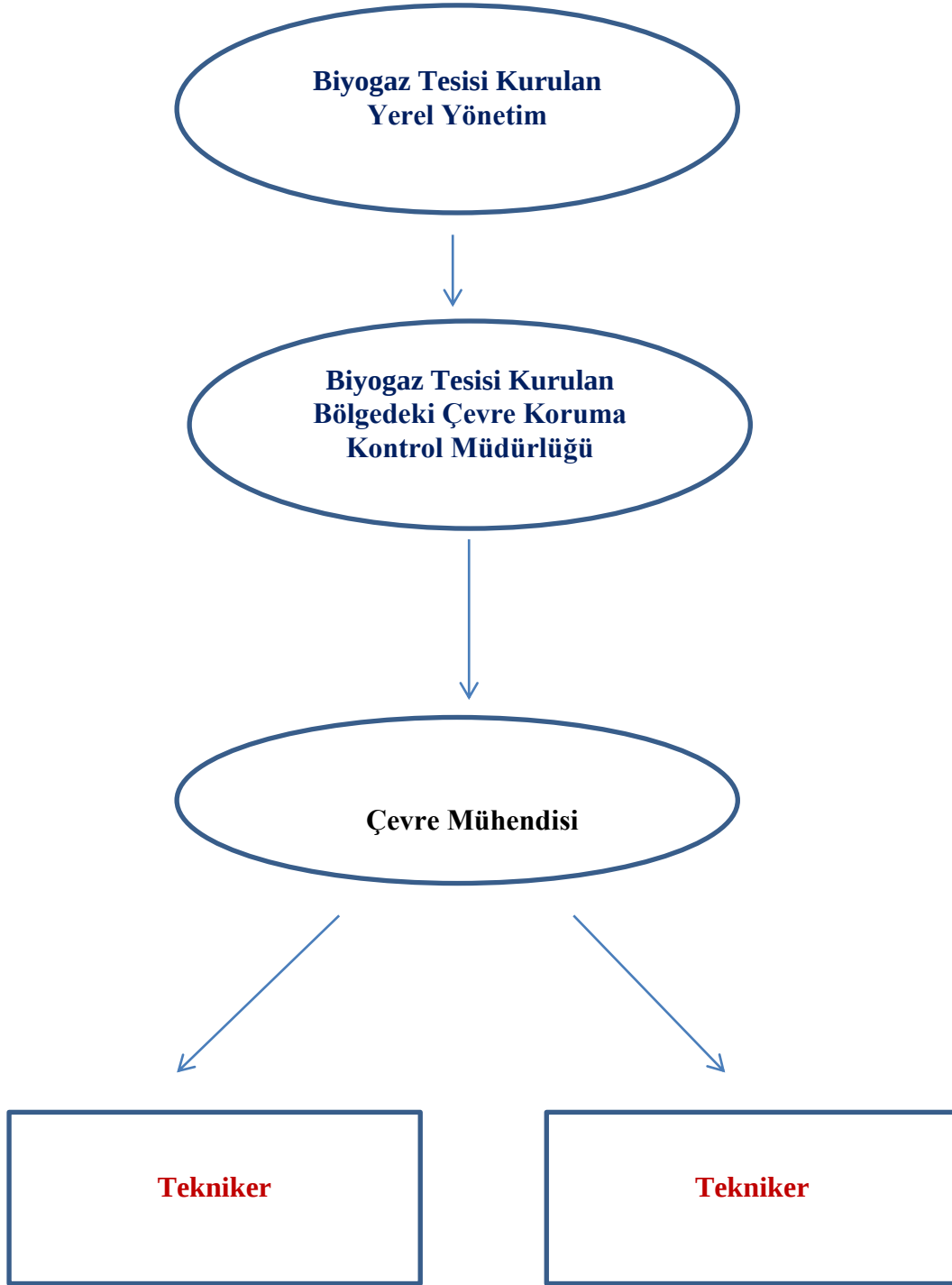
TRB2 Bölgesi illerinde(Van, Hakkari, Muş ve Bitlis) optimum koşullar için (lisanssız kurulabilecek) kurulabilecek biyogaz tesis kapasiteleri 200 kW olacak şekilde bölgedeki hayvan sayılarından yola çıkılarak 1410 adet(Van-500 adet, Hakkâri-160 adet, Muş-600 adet ve Bitlis-150 adet) kurulabileceği belirlenmiştir. Tüm Uygulama adımları düşünüldüğünde 1 tesisin kurulum işi baştan sona yaklaşık 12 aydır. Proje uygulama planı Tablo 60'ta verilmiştir.

Tablo 60. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Üretim Tesisi Proje Uygulama Planı

No	Uygulama Adımları	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	7.ay	8.ay	9.ay	10.ay	11.ay	12.ay
1	Proje ve Mühendislik Süresi (Etüd-Fizibilite)												
2	İhale Süreçleri												
3	Ekipman temini ve Kurulumun Başlanması												
4	İnşaat İşleri												
5	Tesis Denemelerinin Yapılması												
6	Devreye Alma Süreci												
7	Nihai Sonuçların Alınması												

13.1.3. 1 MW'lık Biyogaz Tesisi İçin Proje Yönetimi ve Uygulama Planı

TRB2 Bölgesinde kurulabilecek 1 MV'lık biyogaz tesisleri, uygun yerlerin belirlenmesinden sonra bağlı olduğu belediyeye ait olup, kurulduktan sonra işletilmesi için 1 mühendis ve 2 adet tekniker görev alacaktır. Tesisin kurulması halinde kuruluşun organizasyon şeması Şekil 37'de gösterildiği gibi olacaktır.



Şekil 37. Kurulabilecek 1 MW’lık Biyogaz Tesisleri Organizasyon Şeması

TRB2 Bölgesinde kurulabilecek olan Biyogaz Üretim Tesisi’nde organizasyon ve yönetim giderleri olarak yıllık 45.000 TL genel işletme gideri (sigorta, vergiler dahil) belirlenmiş, ayrıca 1 mühendis ve 2 tekniker için yıllık 108.000 TL gider belirlenmiştir.

TRB2 Bölgesi illerinde(Van, Hakkari, Muş ve Bitlis) optimum koşullar için (lisanssız kurulabilecek) kurulabilecek biyogaz tesis kapasiteleri 1MW olacak şekilde, bölgedeki hayvan sayılarından yola çıkılarak 282 adet(Van-100 adet, Hakkâri-32 adet, Muş-120 adet ve Bitlis-30 adet) kurulabileceği belirlenmiştir. Tüm Uygulama adımları düşünüldüğünde 1 tesisin kurulum işi baştan sona yaklaşık12 aydır. Proje uygulama planı Tablo 61’de verilmiştir.

Tablo 61. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 1 MV’lık Biyogaz Üretim Tesisi Proje Uygulama Planı

No	Uygulama Adımları	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	7.ay	8.ay	9.ay	10.ay	11.ay	12.ay
1	Proje ve Mühendislik Süresi (Etüd-Fizibilite)												
2	İhale Süreçleri												
3	Ekipman temini ve Kurulumun Başlanması												
4	İnşaat İşleri												
5	Tesis Denemelerinin Yapılması												
6	Devreye Alma Süreci												
7	Nihai Sonuçların Alınması												

13.2.Biyogaz Tesisi Yatırım/İşletme Maliyetleri

13.2.1.Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi İçin Yatırım/İşletme Maliyetleri

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek Küçük Ölçekli Biyogaz Üretim Tesislerinde ekonomik maliyetler yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri diye iki kısımda ele alınmıştır. Kurulması planlanan Biyogaz Üretim Tesisinin ilk yatırım maliyetleri Tablo 62’de verilmiştir.

Tablo 62. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek Küçük Ölçekli Biyogaz Üretim Tesisleri Yatırım Maliyetleri

Proje Tesisleri Ana Maliyet Tablosu	Fiyat (TL)
Proje sistem planlama maliyeti	8.000
Digester Sistemi	25.600
Karıştırma Donanımı	6.000
Digester Tankı Isıtma sistemi	8.280
Gaz Depolama Haznesi	4.850
Borulama Tesisat Maliyetleri	5.850
Komple Sistem Kontrol Otomasyonu	7.900
İnşaat ve Toprak İşleri	4.500
TOPLAM	70.980

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek Küçük Ölçekli Biyogaz Üretim Tesislerinde işletme maliyetleri ise Tablo 63'te verilmiştir.

Tablo 63. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek Küçük Ölçekli Biyogaz Üretim Tesisleri İşletme Maliyetleri

İşletme Parametreleri	Fiyat (TL/yıl)
Ekipman Elektrik Borulama ve İnşaat İşleri	500
Bakımları	
TOPLAM	500

13.2.2. 200 kW'lık Biyogaz Tesisleri İçin Yatırım/işletme Maliyetleri

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Üretim Tesislerinde ekonomik maliyetler yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri diye iki kısımda ele alınmıştır. Kurulması planlanan Biyogaz Üretim Tesisinin ilk yatırım maliyetleri Tablo 64'te verilmiştir.

Tablo 64. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Üretim Tesisi Yatırım Maliyetleri

Proje Tesisi Ana Maliyet Tablosu	Fiyat (TL)
Proje sistem planlama maliyeti	71.060
Digester Sistemi	230.600
Karıştırma Donanımı	23.400
Hammadde Yükleme Sistemi	19.280
Digester Tankı Isıtma sistemi	21.125
Basınçlı Hava Sistemi	3.000
Gaz Depolama Sistemi, MEMBRAN	22.600
Gaz Şartlandırma Ünitesi, Desülfürizasyon, Gaz Teknolojisi	58.700
Co-Genarator Ünitesi	140.250
Komple Sistem Kontrol Otomasyonu	50.250
İnşaat ve Toprak İşleri(Gübre Depoları Dâhil)	28.000
İlave Maliyetler (Gümrük, Sigorta, Teminat)	5.000
Organik Gübre Ayırıcısı	18.600
TOPLAM	691.865

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek Biyogaz Üretim Tesislerinde işletme maliyetleri ise Tablo 65'te verilmiştir.

Tablo 65. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Üretim Tesisi İşletme Maliyetleri

İşletme Parametreleri	Fiyat (TL/yıl)
İnşaat İşleri Bakımı	5.000
Ekipman Elektrik Borulama Bakımları	15.600
Kojenerasyon Bakımı	21.400
Genel İşletme Giderleri(Sigortalar, Vergiler)	25.000
İş Gücü (1mühendis+1 Operatör)	78.000
Olası Nakliyat Giderleri	23.000
TOPLAM	168.000

13.2.3. 1 MW'lık Biyogaz Tesisi İçin Yatırım/işletme Maliyetleri

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek 1 MW'lık Biyogaz Üretim Tesislerinde ekonomik maliyetler yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri diye iki kısımda ele alınmıştır. Kurulması planlanan Biyogaz Üretim Tesisinin ilk yatırım maliyetleri Tablo 66'da verilmiştir.

Tablo 66. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 1 MW'lık Biyogaz Üretim Tesisi Yatırım Maliyetleri

Proje Tesisi Ana Maliyet Tablosu	Fiyat (TL)
Proje sistem planlama maliyeti	280.250
Digester Sistemi	960.000
Karıştırma Donanımı	98.900
Hammadde Yükleme Sistemi	82.960
Digester Tankı Isıtma sistemi	86.180
Basınçlı Hava Sistemi	5.600
Gaz Depolama Sistemi, MEMBRAN	88.400
Gaz Şartlandırma Ünitesi, Desülfürizasyon, Gaz Teknolojisi	220.720
Co-Genarator Ünitesi	690.500
Komple Sistem Kontrol Otomasyonu	245.950

İnşaat ve Toprak İşleri(Gübre Depoları Dâhil)	146.800
İlave Maliyetler (Gümrük, Sigorta, Teminat)	15.000
Organik Gübre Ayırıcısı	92.600
TOPLAM	3.013.860

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek Biyogaz Üretim Tesislerinde işletme maliyetleri ise Tablo 67’de verilmiştir.

Tablo 67. TRB2 Bölgesi İllerinde Kurulabilecek 1 MW’lık Biyogaz Üretim Tesisi İşletme Maliyetleri

İşletme Parametreleri	Fiyat (TL/yıl)
İnşaat İşleri Bakımı	18.000
Ekipman Elektrik Borulama Bakımları	84.000
Kojenerasyon Bakımı	99.000
Genel İşletme Giderleri(Sigortalar, Vergiler)	45.000
İş Gücü (1mühendis+2 Operatör)	144.000
Olası Nakliyat Giderleri	129.000
TOPLAM	519.000

13.3.Biyogaz Tesisi Gelir-Gider Hesapları

13.3.1.Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi İçin Gelir-Gider Hesapları

TBR2 Bölgesi illerinde kurulabilecek olan küçük ölçekli biyogaz tesisleri konutlarda ısınma, biyogaz lambaları ile aydınlanmada ve biyogaz tesis ısıtma sisteminde kullanılabilecektir. Küçük ölçekli biyogaz tesislerinde elde edilen biyogazdan sağlanan kazanç, yıllık doğalgaz tüketiminin azalmasıyla sağlanacaktır. TRB2 Bölgesi illerinden Hakkâri’de doğalgaz dağıtımı bulunmamaktadır. Bitlis ve Muş illeri için T.C. ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURULU(EPDK) tarafından hazırlanan aylık raporlarda konutlarda doğalgaz kullanım miktarlarına ilişkin bilgiler kayıt altına alınmamıştır. Bu sebeple elde edilecek biyogaz miktarı ve sağlanabilecek kazanç hesaplanırken Van ili doğalgaz kullanım miktarları göz önüne

alınarak hesaplamalar gerçekleştirilecektir. EPDK'nın aylık(2015 yılı için) sektör raporları incelendiğinde Van ili 2015 yılında yaklaşık 40.000.000 m³ doğalgazı konutlarda kullanmıştır(EPDK Aylık Sektör Raporları, 2015). Yine EPDK 2014 yılı sektör raporunda Van ili için konut abone sayısı yaklaşık 30.000 olarak açıklanmıştır(EPDK Doğalgaz Piyasası Sektör Raporu, 2014). Bu veriler ışığında Van ili için hane başı doğalgaz kullanımı 1350 m³ seviyelerindedir. 28 Eylül 2014 tarihinde TRT-Haber'in EPDK verilerinin kullanarak yaptığı haberde Van ili için konut başına doğalgaz tüketimi 1240 m³ olarak verilmiştir(TRT-Haber, 28 Eylül 2014). İki kaynak içinde konut başı doğalgaz tüketimleri benzer olduklarından dolayı Van ili konut başı doğalgaz tüketimi 1300 m³ olarak alınacaktır. TRB2 Bölgesi Van hariç kalan illeri düşünüldüğünde doğalgaz tüketimlerine dair bilgi bulunmadığından referans olarak Van ili konut başına doğalgaz tüketimi olan 1300 m³ kabulü kullanılacaktır. Kurulacak küçük ölçekli biyogaz tesisinden 25 büyükbaş hayvan atığı ile günde 25 m³ biyogaz, 300 küçükbaş hayvan atığı ile günde 50 m³ biyogaz elde etmek mümkündür. Yıllık bazda elde edilebilecek biyogaz miktarı büyükbaş hayvan atıkları için 9.000 m³, küçükbaş hayvan atıkları için 18.000 m³'tür. Konut başına 1300 m³ doğalgaz harcandığı düşünülerek hesaplamaları yapılacak olan biyogaz tesisi için yıllık gelir-gider hesabı Tablo 68'de verilmiştir.

Tablo 68. TRB2 Bölgesinde Kurulabilecek Olan Küçük Ölçekli Biyogaz Tesisi Yıllık Getirisi

Gelir Parametresi	Yıllık Tasarruf Edilen Doğalgaz	Yıllık Elde Edilen Biyogaz	Elde Edilen Biyogazın Fayda Sağlayabileceği Konut Sayısı
Biyogaz	1300 m ³ Doğalgaz	9.000-18.000 m ³	7-14 Konut
Organik Gübre*	-	-	-
Toplam	**1508 TL/yıl	**10.440-20.880 TL/Yıl	

*Tesis işletmeye alındıktan sonraki duruma göre karar verilecektir.

**Doğalgaz stdm3 Fiyatı 1,16 TL alınmıştır(TÜİK,2015)

TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek olan küçük ölçekli biyogaz tesisleri ile 7-14 konutun ısınmada kullanacağı biyogaz miktarını karşılamak mümkündür. Ayrıca Aydınlanmada biyogaz lambalarının ve tarlalarda organik gübrenin kullanılabilecek olması ekstra kazanç sağlayacaktır. Yıllık bakım maliyetinin 500 TL olacağı düşünülen küçük ölçekli biyogaz tesisi

için 10.000-20.000TL/Yıl kazanç sağlanabileceği görülmektedir. Tüm bu etkenler göz önünde bulundurulduğunda küçük ölçekli biyogaz tesislerinin kurulması fayda-maliyet açısından değerlendirildiğinde fizibil görülmektedir.

13.3.2. 200 kW'lık Biyogaz Tesisi İçin Gelir-Gider Hesapları

TBR2 Bölgesi illerinde kurulabilecek olan 1410 adet 200 kW'lık biyogaz tesislerinde üretilen elektrik enerjisi, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanuna göre Biyogaz'dan elektrik enerjisi üretimi için kwh başına 13,9 Cent=0,39 TL/kwh karşılığında satılabilmektedir. Biyogazdan Elektrik enerjisi üretilmesi ve devlet katkısı ile satılması durumunda kwh başına **0,39 TL** gelir elde edilebilmektedir. 200 kW kurulu gücünde kurulabilecek olan tesisler için ortalama 79 kwh elektrik enerjisi üretilmektedir. Buna göre tesisten oluşacak elektrik enerjisi geliri Tablo 69'da verilmiştir(Biyogaz tesisinin günde 20 saat, yılda 360 gün çalıştığı kabul edilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir).

Tablo 69. TRB2 Bölgesinde Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Tesisi Yıllık Gelir Tablosu

Gelir Parametresi	Gelir
Elektrik	221.830 TL/yıl
Organik Gübre*	-
Toplam	221.830 TL/yıl

*Tesis işletmeye alındıktan sonraki duruma göre karar verilecektir.

Kurulabilecek biyogaz tesisi için yatırım ve işletme giderlerinin yanında yıllık gelir hesabının yapılması ile elde edilecek yıllık net kâr hesaplanabilmektedir. Yıllık kâr hesabı Tablo 70'te verilmiştir.

Tablo 70. TRB2 Bölgesinde Kurulabilecek 200 kW'lık Biyogaz Tesisi Yıllık Gelir-Gider Tablosu

Gelir(TL/yıl)	İşletme(TL/yıl)	Kâr(TL/yıl)
221.830	168.000	53.830

TRB2 Bölgesi illerinde kurulacak her biyogaz tesisi için yıllık 53.830 TL kazanç elde edilebileceği görülmektedir.

13.3.3. 1 MW'lık Biyogaz Tesisi İçin Gelir-Gider Hesapları

TBR2 Bölgesi illerinde kurulabilecek olan 282 adet biyogaz tesislerinde üretilecek elektrik enerjisi, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanuna göre Biyogaz'dan elektrik enerjisi üretimi için kwh başına 13,9 Cent=0,39 TL/kWh karşılığında satılabilmektedir. Biyogazdan Elektrik enerjisi üretilmesi ve devlet katkısı ile satılması durumunda kWh başına **0,39 TL** gelir elde edilebilmektedir. 1MW kurulu gücünde kurulabilecek olan tesisler için ortalama 432,6 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Buna göre tesisten oluşacak elektrik enerjisi geliri Tablo 71'de verilmiştir(Biyogaz tesisinin günde 20 saat çalıştığı kabul edilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir).

Tablo 71. TRB2 Bölgesinde Kurulabilecek 1 MW'lık Biyogaz Tesisi Yıllık Gelir Tablosu

Gelir Parametresi	Gelir
Elektrik	1.214.740 TL/yıl
Organik Gübre*	-
Toplam	1.214.740 TL/yıl

*Tesis işletmeye alındıktan sonraki duruma göre karar verilecektir.

Kurulabilecek biyogaz tesisi için yatırım ve işletme giderlerinin yanında yıllık gelir hesabının yapılması ile elde edilecek yıllık net kâr hesaplanabilmektedir. Yıllık kâr hesabı Tablo 72'de verilmiştir.

Tablo 72. TRB2 Bölgesinde Kurulabilecek 1 MW'lık Biyogaz Tesisi Yıllık Gelir-Gider Tablosu

Gelir(TL/yıl)	İşletme(TL/yıl)	Kâr(TL/yıl)
1.214.740	519.000	695.740

TRB2 Bölgesi illerinde kurulacak her biyogaz tesisi için yıllık 695.740 TL kazanç elde edilebileceği görülmektedir.

14.PROJE SONUÇLARI

“Dap Bölgesi Kırsal Alanda Biyogaz Üretimine Yönelik Sektör Raporu Hazırlanması Projesi” kapsamında proje sonuçlarını değerlendirirken farklı başlıklar altında değerlendirmek gereklidir. TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek biyogaz tesisleri için 4 alt başlık altında değerlendirme yapılmıştır.

14.1.Çevresel Katkılar

Türkiye gibi gelişmekte olan ve nüfusu hızla artmakta olan bir ülkenin büyümesinde en büyük etkenlerden olan sanayileşme süreci ülkemizde de son yıllarda yüksek ivme kazanmıştır. Büyüme ile beraber ülkenin enerjiye olan ihtiyacı oldukça artmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak adına ülkemizde çeşitli yöntemler ile elektrik enerjisi üretilmektedir. Geleneksel elektrik enerjisi üretim sistemleri, doğal kaynakların tüketilmesi ve çevresel açıdan onarımı mümkün olmayan olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir.

Hayvansal atıklar ve park bahçe atıklarının bertarafı, toplanması ve depolanması sorun teşkil etmektedir. Ayrıca bilinçsiz gübre uygulamaları sonucunda, yeraltı sularının kirlenmesi ve hava kirliliğine yol açmaktadır. TRB2 Bölgesi illerinde kurulabilecek potansiyel 282 adet 1 MW'lık biyogaz tesisi 1410 adet 200 kW'lık biyogaz tesisi ve küçük ölçekli biyogaz tesisleri ile bu sorun ve çevresel etkilerin azalması sağlanabilecektir. TRB2 Bölgesi illerinde biyogaz dönüşümünün yapılması, hem çevresel problemlerin çözümünde, hem de atığı bir girdi olarak kullanarak enerji elde edilmesi yönünde ekonomik ve çevreci bir çözüm olarak görülmektedir.

14.2.Finansal Fayda

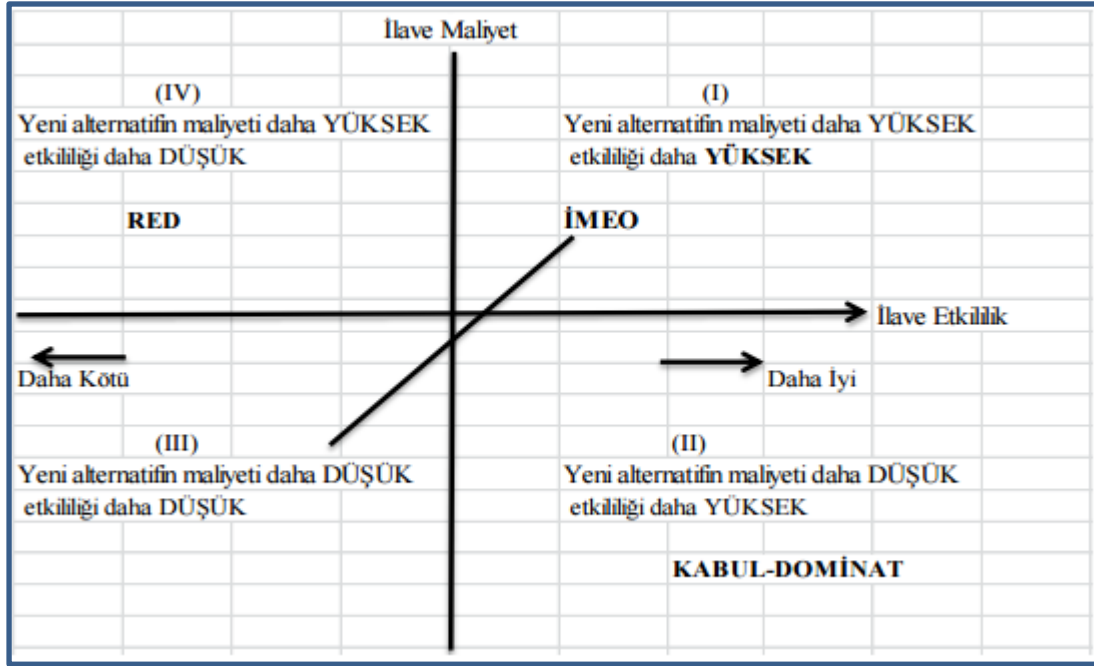
TRB2 Bölgesinde kurulabilecek potansiyele sahip 1MW kurulu gücünde 282 adet Biyogaz Üretim Tesisinin her biri için ilk yatırım maliyeti 3.013.860 TL'dir. Ayrıca tesis kurulduktan sonra oluşacak olan yıllık işletme giderleri ise, 519.000 TL olarak belirlenmiştir. Biyogaz Üretim Tesisleri'nde elektrik enerjisinden gelir elde edilmesi planlanmaktadır. Bu kapsamında elektrik enerjisinden yıllık 1.214.740 TL gelir elde edilmesi planlanmaktadır. Elde edilen gelir ile her bir tesisin yıllık kârı 695.740 TL olacaktır. Buna göre tesisin geri ödeme süresi yer temini de göz önüne alınarak 5 yıl olarak belirlenmiştir. Bu süreden sonra tesisten elde edilecek gelir biyogaz tesisinin kurulu olduğu belediye sermayesine kalacaktır.

TRB2 Bölgesinde kurulabilecek potansiyele sahip 200 kW kurulu gücünde 1410 adet Biyogaz Üretim Tesisinin her biri için ilk yatırım maliyeti 691.865 TL'dir. Ayrıca tesis kurulduktan sonra oluşacak olan yıllık işletme giderleri ise, 168.000 TL olarak belirlenmiştir. Biyogaz Üretim Tesisleri'nde elektrik enerjisinden gelir elde edilmesi planlanmaktadır. Bu kapsamında elektrik enerjisinden yıllık 221.830 TL gelir elde edilmesi planlanmaktadır. Elde edilen gelir ile her bir tesisin yıllık kârı 53.830 TL olacaktır. Buna göre tesisin geri ödeme süresi yer temini de göz önüne alınarak 12-13 yıl olarak belirlenmiştir. Bu süreden sonra tesisten elde edilecek gelir biyogaz tesisinin kurulu olduğu belediye sermayesine kalacaktır.

Ayrıca Biyogaz Üretim Tesisleri'nden çıkan fermente gübre sıvı gübre olarak kullanılabilir. Ayrıca istenirse ileriki zamanlarda Separatör Ünitesi konularak gübrenin katı madde içeriği artırılarak organik gübre olarak da değerlendirilebilir. İlk planda elde edilen sıvı gübre, yakın çevrelerdeki seralara ve tarım arazilerine uygulanmak üzere satılabilir. Satılması planlandığı takdirde sıvı gübreden de elektrik gelirinin %60-70'i kadar ek gelir elde edilecektir.

Küçük Ölçekli Biyogaz tesisleri için elde edilen biyogaz ile yıllık 10.000-20.000 TL kazanç sağlanabilir.

Hizmet sektöründe alternatifler arasında hem en yüksek etkililiğe sahip hem de en düşük maliyetli olanının seçiminde maliyet-etkililik oranı kullanılmaktadır (Willian and O'Brian, 1996). Maliyet-etkililik analizinde etkinlik ölçüsü olarak ara veya sonuç çıktıları kullanılmaktadır. Sonuç çıktıları olarak çevresel etkiler ve üretilen enerji miktarı gösterilebilir. Ara çıktıları ise enerji miktarlarıdır. Maliyet etkililik analizi bulguları Şekil 38'de gösterilmiştir.



Şekil 38. Maliyet-Etkililik Düzlemi(Drummond ve diğ., 2006; Akt, Özgen ve Tatar, 2007)

TRB2 Bölgesinde kurulabilecek 1 MW'lık ve 200 kW'lık Biyogaz Üretim Tesislerinin ve Küçük Ölçekli Biyogaz Tesislerinin yatırım ve işletme maliyetleri göz önüne alındığında elde edilecek gelir ile bu maliyetin yaklaşık 1MW'lık tesislerde 5, 200 kW'lık tesislerde 16-17 ve küçük ölçekli tesislerde 5-7 yılda karşılaması planlanmaktadır. Ayrıca Biyogaz Üretim Tesisleri hammaddeyi kullanmakta ve çıkan son ürün de sıvı gübre olarak kullanılmakta olduğundan etkililiği yüksek tesislerdir. Bu sebeple TRB2 Bölgesinde kurulabilecek Biyogaz Üretim Tesislerinin maliyet-etkililiğinin (II) Bölge'de oluşacağı tahmin edilmektedir.

14.3.Risk Analizi

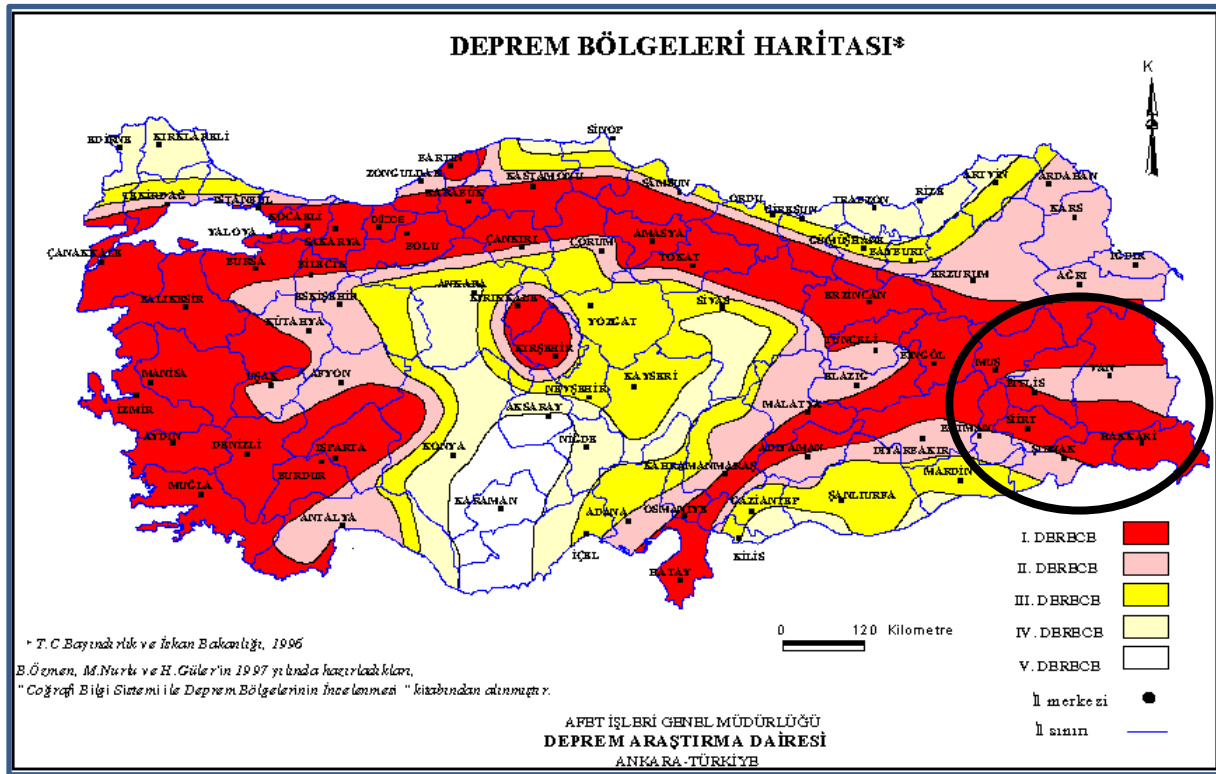
TRB2 Bölgesinde kurulabilecek Biyogaz Üretim Tesisleri için risk analizi iki başlık altında incelenmiştir.

14.3.1.Doğal Afet Durumları İçin Oluşacak Risk Analizi ve Etkileri

TRB2 Bölgesinde kurulabilecek 282 adet 1 MV'lık ve 1410 adet 200 kW'lık Biyogaz Üretim Tesisleri için öncelikle yer tespitlerinin yapılması gerekmektedir. Yer tespitlerinin yapılmasının ardında daha ayrıntılı risk analizi yapılabilir. Oluşabilecek doğal afet

durumlarının önlenmesi için yapılacak yapıların projelendirilmesi sırasında, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalara Dair Yönetmelik" hükümlerine uyulmalıdır. Ayrıca, 7269 sayılı "Umumî Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun" kapsamında yapılacak bir işlem yoktur.

TRB2 Bölgesi İlleri Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 1. Derece Deprem Bölgesi içerisinde yer almaktadır. Bu sebeple buraya yapılacak yapılar için, 14.07.2007 Tarih ve 26582 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren, "Afet Bölgelerinde yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" ile 06.02.2007 tarih ve 26454 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" hükümlerine uyulmalıdır. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası Şekil 39'da verilmiştir.



Şekil 39. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

14.3.2. Proje İnşaatı Sırasında Oluşacak Risk Analizi ve Etkileri

Söz konusu proje kapsamında, 1 MW lık tesisler için üç adet Fermantör Tankı, bir adet Kojenerasyon Ünitesi ve ilerleyen yıllarda isteğe bağlı olarak bir adet Seperatör Ünitesi bulunacaktır. 200 kW'lık tesisler için 2 adet FERMantör Tankı, bir adet kojenerasyon Ünitesi ve aynı şekilde ilerleyen yıllarda isteğe bağlı olarak bir adet Seperatör Ünitesi Bulunacaktır. Ayrıca salınan zehirli gazların bertarafı için de Gaz Depolama Üniteleri ve Desülfürizasyon Üniteleri kurulması planlanmaktadır. Söz konusu proje kapsamında yüksek miktarlarda metan, CO, NO ve uçucu organik bileşikler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca biyogaz üretim tesislerinde organik atıklardan metan, CO₂ ve az miktarlarda amonyak ve hidrojen sülfür meydana gelmektedir. Bu gazlar hastalıklar ve maruz kalınan dozlara bağlı olarak ölümlere dahil yol açmaktadır. Bu sebeple bu gazların uygun şekilde sistemden uzaklaştırılması için son teknolojiler kullanılmalıdır.

14.3.3. Biyogaz Tesislerinin İşletilmesinde Atık Toplama Risk Analizi ve Etkileri

TRB2 Bölgesi gelişmişlik olarak Türkiye ortalamalarının gerisinde kalmış bir bölgedir. Kurulabilecek potansiyel biyogaz tesisleri için hayvansal atıkların toplanması ve nakliyesi ile ilgili sorunların yaşanması beklenebilmektedir. Bu sebeple kurulacak biyogaz tesisleri için en önemli etken yer seçimi olarak gözükmektedir. Hayvancılık potansiyeline bağlı olarak potansiyeli fazla olan bölgelerde biyogaz tesislerinin yoğunlaşması daha doğru bir seçim gözükmektedir. Potansiyel biyogaz tesislerinin, hayvancılık faaliyetlerine bağlı olarak belirli bölgelerde yoğunlaşması o bölgenin gelişmesine büyük katkı sağlayacaktır. Ayrıca Biyogaz Tesisleri için materyallerin toplanması ve taşınmasında kullanılacak konteyner ve araçlarında “Hayvansal Yan Ürün Kullanan Biyogaz ve Kompost Tesislerinin Çalışma Usul ile Esaslarına İlişkin Talimat” a göre uygun olması gerekmektedir. “Hayvansal Yan Ürün Kullanan Biyogaz ve Kompost Tesislerinin Çalışma Usul ile Esaslarına İlişkin Talimat” ına göre materyallerin toplanması ve taşınmasında kullanılacak konteyner ve araçlar:

1. Biyogaz ve kompost tesislerinde kullanılacak olan materyaller kapalı yeni paketler (ambalaj), kapalı sızdırmayan konteyner ya da araçlarda toplanmalı ve taşınmalıdır.
2. Biyogaz ve kompost tesislerinde kullanılacak materyaller ile temas eden araçlar, yeniden kullanılabilir konteynerler ve tüm ekipmanlar temiz tutulmalı ve çapraz bulaşmayı önlemek için sadece belli materyallerin taşınması için tahsis edilmelidir.

3. Konteyner ve araçlar, belli materyallerin taşınmasına tahsis edilemiyorsa çapraz bulaşmayı önleyecek şekilde aşağıdaki koşulları sağlamalıdır.
 - a) Kullanımdan önce kuru ve temiz olmalıdır.
 - b) Her kullanımdan sonra, temizlenmeli, yıkanmalı, dezenfekte edilmelidir.
4. Yeniden kullanılabilir konteynerler, İl Müdürlüğü tarafından onaylandığı takdirde aşağıdaki koşullarda kullanılabilir.
 - a) Çapraz bulaşmayı önlemek için kullanımlar arasında, temizlenme ve dezenfekte edilmesi halinde, farklı hayvansal yan ürün ve türev ürünlerin taşınmasında,
 - b) Çapraz bulaşmayı önleyecek koşullar altında, beşeri tüketim amaçlı ürünlerin taşınmasında kullanılmasından sonra sadece kategori 3 materyalinin taşınmasında kullanılabilir
5. Hayvansal yan ürünlerin taşınması sırasında, sevkiyata Talimatın Veteriner Sağlık Sertifikası ve Ticari Belgeler (Nakil Beyannamesi) İle Ürünlerin Naklinde Tutulacak Kayıtlar bölümündeki hükümlere göre gerekli belgeler eşlik eder.
6. Ürünleri sevk eden, taşıyan ya da teslim alan işletmeciler sevkiyat ile ilgili sevk raporu ya da sağlık sertifikalarını İl Müdürlüğüne sunulmak üzere muhafaza etmelidir.
7. Hayvansal yan ürün ve türev ürün sevkiyatı süresince bu Talimatın Hayvansal Yan Ürünlerin Tanımlanması bölümünde verilen şartları taşıması gerekmektedir.

TRB2 Bölgesi İllerinde kurulma potansiyeline sahip 1 MV'lık ve 200 kW'lık biyogaz tesisleri için hayvansal atıkların taşınması için gerekli araç ve konteyner özelliklerine göre belirlenen uygun yerlerde tesislerin kurulmasının sağlanması ile atık toplanması ve nakliyesi konusunda oluşabilecek sorunlar minimize edilebilecektir.

14.4.Sosyal Katkılar

Hayvansal ve bitkisel atıklar, doğaya sera gazları toprak ve atık su kirliliği yönünden zararlar vermektedir. Aynı zamanda, özellikle hayvan atıklarının düzensizce doğaya bırakılması koku ve hijyen problemlerine neden olmaktadır. Bu tip atıkların bertaraf edilebilmesi ve bunun yanında enerji elde edilebilmesi için biyogaz sistemleri geliştirilmiştir.

Yapılan **Dap Bölgesi Kırsal Alanda Biyogaz Üretimine Yönelik Sektör Raporu Hazırlanması Projesi** kapsamında, kurulması planlanan biyogaz tesisleri için ilk yatırım ve

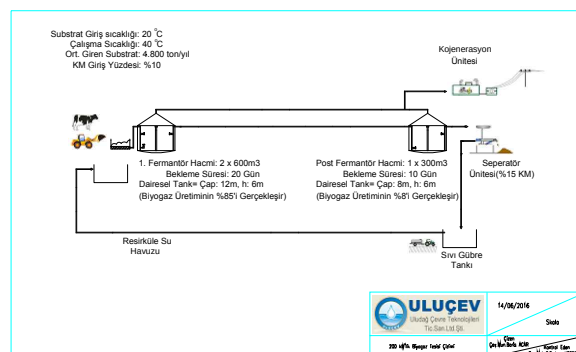
işletme maliyetleri ve elde edilecek gelir hesaplanmıştır. Sonuç olarak amortisman süresi 1 MV'lık tesisler için yaklaşık 5 yıl 200 kW'lık tesisler için 12-13 yıl ve küçük tesisleri için 5-7 arasında olarak gözükmemektedir. Ortalama- 3 yıllık bir sürecin ticari olarak karlı bir yatırım olduğu düşünülmektedir. Ayrıca tesislerin sosyal fayda getirileri de düşünüldüğünde bu tip bir yatırımın ve sürenin uygun olduğu anlaşılmaktadır.

Özellikle hayvansal atıklardan kaynaklanan koku ve hijyen problemleri giderilecek, toprak ve su kirliliği önlenmiş olacaktır. Bunun yanında sera gazının emisyonu da azaltılarak hava kirliliği yönünde pozitif katkı sağlayacaktır.

Biyogaz tesislerinin çevresel ve enerji yönünden katkılar düşünüldüğünde yerel yönetimlerin bu tip yatırımları planlaması ve uygulaması, toplumsal refah açısından önemli katkılardır.

EK-1

200 kW Kurulu Gücü Olan Biyogaz Tesisi ve
Kojenerasyon Sistemi Özellikleri



Jenbacher type 2



continuous development for 30 years

Introduced in 1976, the Jenbacher type 2 engine offers extremely high efficiency in the 250 to 350 kW power range. Its robust design and stationary engine concept result in excellent component durability and a service life of 60,000 operating hours before the first major overhaul. Optimized components and a proven control and monitoring concept give this engine outstanding reliability.

reference installations

model, plant

key technical data

description

J208 GS
Sewage treatment
plant; Fritzens,
Austria

Fuel Sewage gas
Engine type 2 x JMS 208 GS-B.LC
Electrical output 660 kW
Thermal output 2,598 MBTU/hr
Commissioning December 2002 (1st engine),
April 2005 (2nd engine)

Both J208 engines generate more than 3.3 MWh of electricity per year, which offsets the plant's electricity demand. In addition, the engine's heat is used for food waste processing and additional energy generation while benefiting the waste management operations.



J208 GS
Biogas plant
Lamping;
Emstek, Germany

Fuel Biogas
Engine type 1 x JMS 208 GS-B.L
Electrical output 330 kW
Thermal output 1,383 MBTU/hr
Commissioning December 2003

The gas engine runs on biogas produced from liquid manure and corn from the Lamping farm. The generated electricity is entirely fed into the public grid, and the produced heat is used for heating of the digester, housing and stables.



J208 GS
Strass im Zillertal
Tirol, Austria

Fuel Sewage gas
Engine type and number 1 x JMS 208 GS
..... 1 x JMS 312 GS
Electrical output 330 kW; 625 kW
Thermal output 420 kW; 724 kW
Commissioning April 2001 (1st engine),
June 2009 (2nd engine)

The shining star for energy efficiency in WWTPs. The engines provide electricity and heat for a facility that generates 120% of its energy demand. The excess power is fed into the local grid.



technical data

Configuration	In line
Bore (mm)	135
Stroke (mm)	145
Displacement/cylinder (lit)	2.08
Speed (rpm)	1,500 (50 Hz) 1,800 (60 Hz)
Mean piston speed (m/s)	7.3 (1,500 rpm) 8.7 (1,800 rpm)
Scope of supply	Generator set, cogeneration system, generator set/cogeneration in container
Applicable gas types	Natural gas, flare gas, propane, biogas, landfill gas, sewage gas.
Engine type	J208 GS
No. of cylinders	8
Total displacement (lit)	16.6

Dimensions l x w x h (mm)

Generator set	4,900 x 1,700 x 2,000
Cogeneration system	4,900 x 1,700 x 2,000
Container 20-foot (generator set)	6,100 x 2,500 x 2,800
Container 40-foot (cogeneration)	12,200 x 2,500 x 2,800

Weights empty (kg)

Generator set	4,900
Cogeneration system	5,600
Container 20-foot (generator set)	13,100
Container 40-foot (cogeneration)	17,000

outputs and efficiencies

Natural gas

1,500 rpm | 50 Hz

1,800 rpm | 60 Hz

NOx <	Type	Pel (kW) ¹	η_{el} (%)	Pth (kW)	η_{th} (%)	η_{tot} (%)	Pel (kW) ¹	η_{el} (%)	Pth (kW)	η_{th} (%)	η_{tot} (%)
500 mg/m ³ _N	208	300	38.2	400	50.9	89.1	335	37.2	407	45.2	82.4
	208	330	38.7	363	42.6	81.3					
250 mg/m ³ _N	208	294	37.6	401	51.3	88.9	335	35.9	418	44.8	80.7

Biogas

1,500 rpm | 50 Hz

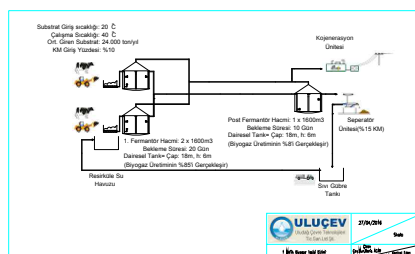
1,800 rpm | 60 Hz

NOx <	Type	Pel (kW) ¹	η_{el} (%)	Pth (kW)	η_{th} (%)	η_{tot} (%)	Pel (kW) ¹	η_{el} (%)	Pth (kW)	η_{th} (%)	η_{tot} (%)
500 mg/m ³ _N	208	330	38.7	395	46.4	85.1	335	36.3	402	43.5	79.8
	208	248	38.9	293	46.0	84.9					

1) Total heat output with a tolerance of +/- 8%, exhaust gas outlet temperature 120°C, for biogas exhaust gas outlet temperature 180°C
All data according to full load and subject to technical development and modification.

EK-2

1 MW Kurulu Gücü Olan Biyogaz Tesisi ve
Kojenerasyon Sistemi Özellikleri



Jenbacher type 4

The new 4B version

an efficiency milestone

Based on the proven design concepts of types 3 and 6, the modern type 4 engines in the 800 to 1,500 kW power range are characterized by a high power density and outstanding efficiency. The optimized control and monitoring provides easy preventive maintenance and maximum reliability and availability.



reference installations

model, plant

J416 GS

**Richard van Schie,
Greenhouses Facility;
Monster, The
Netherlands**

key technical data

Fuel..... Natural gas
Engine type..... 2 x JMS 416 GS-N
Electrical output..... 2,260 kW
Thermal output..... 2,806 kW
Commissioning ... September 2004 (1st engine),
July 2007 (2nd engine)

description

At this greenhouse facility, the Jenbacher cogeneration system provides power for artificial lighting, heating and CO₂ to increase the chrysanthemum production capabilities. The CO₂ produced from the engine's exhaust gas is used for the fertilization of the greenhouses, whereas the operator gains additional economic benefit due to the supply of the generated electricity to the local grid.



J420 GS

**Landfill site
Bootham Lane;
Doncaster, UK**

Fuel..... Landfill gas
Engine type..... 2 x JGC 420 GS-L.L
Electrical output..... 2,666 kW
Commissioning May 2001 (1st engine),
December 2002 (2nd engine)

At this site, the methane content of the landfill gas can drop as low as 35%. The fluctuations in the methane content can be handled easily by the Jenbacher engines due to the patented LEANOX* lean mixture combustion system. Thus these variations do not cause any reduction in the high output level of our power systems. The installation is operated by United Utilities Green Energy Limited.



J420 GS

**Hospital;
Padua, Italy**

Fuel..... Natural gas
Engine type..... 2 x JMS 420 GS-N.L.C
Electrical output..... 2,832 kW
Thermal output..... 2,576 kW
Commissioning February 2002 (1st engine),
October 2003 (2nd engine)

Two Jenbacher cogeneration systems help the Padua hospital to control its energy costs by providing power and heat at high efficiency levels. The electrical efficiency of each engine is 42.3%.



J420 GS

**Containerized
solution
Biogas plant SBR;
Kogel, Germany**

Fuel..... Biogas
Engine type..... 1 x JMC 420 GS-B.L
Electrical output..... 1,413 kW
Thermal output..... 751 kW
Steam production..... 1,037 kg/h at 3 bar
or 698 kW output
Commissioning October 2003

This biogas plant utilizes leftover food from hospitals, hotels and canteens as well as organic residual waste from the food industry for producing biogas that fuels our gas engine. The electricity generated is entirely fed into the public grid, and the exhaust gas from the engine is used for steam production. The steam serves for the pasteurization of the waste, which can then be used as sterilized fertilizer.



GE imagination at work

technical features

feature	description	advantages
Heat recovery	Flexible arrangement of heat exchanger, two stage oil plate heat exchanger on demand	- Maximum thermal efficiency, even at high and fluctuating return temperatures
Gas dosing valve	Electronically controlled gas dosing valve with high degree of control accuracy	- Very quick response time - Rapid adjustment of air/gas ratio - Large adjustable calorific value range
Four-valve cylinder head	Optimized swirl and channel geometry using advanced calculation and simulation methods (CFD)	- Minimized charge-exchange losses - Central spark-plug position resulting in optimal cooling and combustion conditions
Crack connecting rod	Applying a technology – tried and tested in the automotive industry – in our powerful stationary engines	- High dimensional stability and accuracy - Reduced connecting rod bearing wear - Easy to maintain

technical data

Configuration	V 70°		
Bore (mm)	145		
Stroke (mm)	185		
Displacement/cylinder (lit)	3.06		
Speed (rpm)	1,800 / 1,200 (60 Hz) 1,500 (50 Hz)		
Mean piston speed (m/s)	7.4 (1,200 rpm) 9.3 (1,500 rpm)		
Scope of supply	Generator set, cogeneration system, generator set/cogeneration in container		
Applicable gas types	Natural gas, flare gas, biogas, landfill gas, sewage gas. Special gases (e.g., coal mine gas, coke gas, wood gas, pyrolysis gas)		
Engine type	J412 GS	J416 GS	J420 GS
No. of cylinders	12	16	20
Total displacement (lit)	36.7	48.9	61.1

Dimensions l x w x h (mm)

Generator set	J412 GS	5,400 x 1,800 x 2,200
	J416 GS	6,200 x 1,800 x 2,200
	J420 GS	7,100 x 1,900 x 2,200
Cogeneration system	J412 GS	6,000 x 1,800 x 2,200
	J416 GS	6,700 x 1,800 x 2,200
	J420 GS	7,100 x 1,800 x 2,200
Container	J412 GS	12,200 x 3,000 x 2,600
	J416 GS	12,200 x 3,000 x 2,600
	J420 GS	12,200 x 3,000 x 2,600

Weights empty (kg)

	J412 GS	J416 GS	J420 GS
Generator set	10,900	12,500	14,400
Cogeneration system	11,500	13,100	15,000
Container (generator set)	28,200	30,300	35,600
Container (cogeneration)	28,800	30,900	35,000

outputs and efficiencies

Natural gas		1,500 rpm 50 Hz					1,800 rpm 60 Hz					1,200 rpm 60 Hz				
NOx <	Type	Pel (kW) ¹	η _{el} (%)	Pth (kW)	η _{th} (%)	η _{tot} (%)	Pel (kW) ¹	η _{el} (%)	Pth (kW)	η _{th} (%)	η _{tot} (%)	Pel (kW) ¹	η _{el} (%)	Pth (kW)	η _{th} (%)	η _{tot} (%)
500 mg/m ³ _N	412	889	42.8	901	43.4	86.2	850	41.1	949	45.9	87.0	634	41.8	657	43.3	85.1
	416	1,189	43.0	1,201	43.4	86.3	1,137	41.3	1,265	45.9	87.2	850	42.0	876	43.3	85.4
	420	1,487	43.0	1,502	43.4	86.4	1,426	41.4	1,582	45.9	87.4	1,063	42.0	1,094	43.3	85.3
250 mg/m ³ _N	412	889	41.5	963	45.0	86.5	850	40.0	985	46.3	86.3	599	41.1	639	43.9	85.0
	416	1,189	41.6	1,283	44.9	86.6	1,137	40.1	1,312	46.3	86.4	799	41.1	851	43.8	85.0
	420	1,487	41.7	1,604	44.9	86.6	1,426	40.3	1,641	46.3	86.6	1,004	41.4	1,065	43.9	85.2
350 mg/m ³ _N	412	889	42.1	932	44.2	86.3										
	416	1,189	42.3	1,242	44.1	86.4										
	420	1,486	42.3	1,553	44.1	86.5										

Biogas		1,500 rpm 50 Hz					1,800 rpm 60 Hz				
NOx <	Type	Pel (kW) ¹	η _{el} (%)	Pth (kW)	η _{th} (%)	η _{tot} (%)	Pel (kW) ¹	η _{el} (%)	Pth (kW)	η _{th} (%)	η _{tot} (%)
500 mg/m ³ _N	412	889	42.0	883	41.7	83.8	850	40.0	918	43.2	83.2
	416	1,189	42.1	1,177	41.7	83.9	1,137	40.2	1,224	43.3	83.4
	420	1,487	42.2	1,472	41.7	83.9	1,426	40.3	1,530	43.2	83.6
250 mg/m ³ _N	412	889	41.6	895	41.9	83.5	850	39.2	949	43.7	82.9
	416	1,189	41.7	1,194	41.9	83.7	1,137	39.3	1,266	43.7	83.0
	420	1,487	41.8	1,493	41.9	83.7	1,426	39.4	1,581	43.7	83.1

1) Total heat output with a tolerance of +/- 8%, exhaust gas outlet temperature 120°C, for biogas exhaust gas outlet temperature 180°C
All data according to full load and subject to technical development and modification.

**DAP BÖLGESİ KIRSAL ALANDA
BİYOGAZ ÜRETİMİNE
YÖNELİK SEKTÖR RAPORU
HAZIRLANMASI PROJESİ
NİHAİ RAPOR**

2016



Şerefiye Mah. Cumhuriyet Cad. 943. Sok. No:1 65140 İpekyolu / Van



Tel : (0432) 215 65 55 (pbx) / Faks : (0432) 215 65 54 - (0212) 381 79 93



E-mail : bilgi@daka.org.tr / Web : www.daka.org.tr



www.facebook.com/doguanadolukalkinmaajansi
www.twitter.com/DAKA_org_tr