

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE BİYOĞAZDAN ELEKTRİK ENERJİSİ
ÜRETİMİ VE UYGULANABİLİRLİK ANALİZİ**

Alim İbrahim KANAT

UZMANLIK TEZİ

NİSAN 2017



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE BİYOGAZDAN ELEKTRİK ENERJİSİ
ÜRETİMİ VE UYGULANABİLİRLİK ANALİZİ**

Alim İbrahim KANAT

UZMANLIK TEZİ

**Tez Danışmanı (Kurum)
Uğur POLAT**

**Tez Danışmanı (Üniversite)
Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU**

ETİK BEYAN

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ Uzmanlık Tezi Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Alim İbrahim KANAT
Nisan 2017

Atıksu Arıtma Tesislerinde Biyogazdan Elektrik Enerjisi Üretimi ve

Uygulanabilirlik Analizi

(Uzmanlık Tezi)

Alim İbrahim KANAT

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

Nisan 2017

ÖZET

Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin en önemli ihtiyaçlarının başında gelen enerji, üretimi ve kullanımı zorunlu olan, insan hayatında ekonomik ve sosyal gelişmeyi sağlayan vazgeçilmez bir unsurdur. Ülkelerin demografik özellikleri ve gelişmişlik düzeyi kullanılan enerjinin miktar ve çeşidini doğrudan etkilemektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin yüksek büyüme oranlarına bağlı olarak kişi başına düşen gelir arttığı için refah seviyesi yükselmektedir. Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji alanında yapılan yatırımlar giderek artmaktadır. Çünkü hem dış ticaretin hem de cari açığın önemli bir kısmını enerji ithalatının oluşturması ülkemizin dışa bağımlı hale gelmesine neden olmaktadır. Bu yüzden tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de endüstrinin gelişmesi, şehirleşme ve nüfus artışı sonucu yenilebilir enerji kaynaklarına olan talep giderek artmaktadır. Yenilebilir enerji kaynakları arasında ise biyogazın ayrı bir önemi bulunmaktadır. Çünkü enerji elde edilmesinin yanı sıra hayvansal, bitkisel ve endüstriyel atıkların bertarafı yapılarak çevre kirliliğinin önüne geçilmektedir. Bu çalışmada; atıksu arıtma tesislerinde biyogazdan elektrik enerjisi üretilmesi ve İLBANK A.Ş. tarafından finanse edilen belediyelerde uygulanabilirlik analizi yapılmıştır. Sincan ilçesi Tatlar köyü mevkiinde 1989 yılında kurulan biyogazla çalışan ülkemizin en büyük atıksu arıtma tesisi olan Tatlar Atıksu Arıtma Tesisi'nin biyogazla çalışma prensibi ve üniteleri anlatılmıştır. HES ünitesi de kurulan tesiste aylık enerji maliyetinin %60'ı kojenerasyon ünitesiyle, %20'si ise HES ünitesi vasıtasıyla karşılanmaktadır. Ayrıca İLBANK A.Ş. tarafından Aksaray Yenikent beldesinde yapılan fizibilite çalışmaları ise nüfusun artmasına bağlı olarak üretilen biyogazın da artacağı fakat bu artışın doğrusal olarak değil parabolik olarak arttığını göstermektedir. Bu tez çalışmasında nüfusun fazla olduğu yerlerde atıksu arıtma tesisinin geri dönüşüm süresi ortalama 4 yıl gibi kısa bir süre olacağı sonucuna varılmıştır. Bu yüzden İLBANK A.Ş. tarafından finanse edilen belediyelerde biyogazla çalışan tesis sayısının artacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler : Yenilenebilir enerji, biyogaz, kojenerasyon, enerji tasarrufu, geri dönüşüm süresi
Sayfa Adedi : 77
Tez Danışmanı (Kurum) : Uğur POLAT
Tez Danışmanı (Üniversite) : Prof. Dr. M.Cengiz TAPLAMACIOĞLU

Electricity Production With Biogas In Wastewater Treatment Plants
and Applicability Analysis
(ILBANK Expertise Thesis)

Alim İbrahim KANAT

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

April 2017

ABSTRACT

Nowadays, the most important necessities of developed and developing countries is energy. And also it is an indispensable element that provides economic and social development in human life. The demographic characteristics and level of development of the countries directly affect the quantity and variety of energy used. As in the whole world, investments in the energy field in our country are increasing. Because of the fact that both foreign trade and the current account deficit constitute a significant part of the country's energy imports, it causes the country to become outsider. As a result, the demand for renewable energy resources is growing steadily. Among the renewable energy resources, biogas has an important precaution. Because environmental pollution is prevented by eliminating animal, vegetable and industrial wastes as well as obtaining energy. In this study, production of biogas in wastewater treatment plants and applicability analysis in municipalities financed by İLBANK A.Ş. was carried out. Tatlar Wastewater Treatment Plant which is the biggest wastewater plant in our country is explained with the working principle and its units. In this plant 60% of the monthly energy cost is covered by the cogeneration unit and 20% by the hydroelectric plant. In addition, the feasibility studies carried out by İLBANK A.Ş. in Aksaray Yenikent site indicate that the biogas production will increase due to population growth but this increase is not linear but parabolically. In this study, it is concluded that the recycling period of the wastewater plant will be less than four years at the places where the population is high. Therefore, it is thought that the number of biogas plants will increase in municipalities financed by İLBANK A.Ş.

Key Words : Renewable energy, biogas, cogeneration, energy saving, recycling period

Page Numbers : 77

Supervisor (Corporate) : Uğur POLAT

Supervisor (University) : Assoc. Prof. Cengiz TAPLAMACIOĞLU

TEŐEKKÖR

Çalıőmam esnasında verdikleri destekten ötürü tez danıőmanlarım Uğur POLAT ve Prof Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOğLU ve iş arkadaőım E. Eray GÜLOğLU'na teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	viii
RESİMLERİN LİSTESİ	ix
KISALTMALAR	x
GİRİŞ	1
1. ENERJİ	3
1.1. Enerjinin Tanımı ve Çeşitleri	3
1.2. Enerji Kaynakları	5
1.2.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları.....	5
1.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK).....	6
1.3. Ülkemizde YEK Kaynakları ile İlgili Yasal Mevzuat	8
1.4. Dünyada ve Ülkemizde Enerji Kaynaklarının Genel Görünümü.....	9
2. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNE GENEL BAKIŞ	13
2.1. ATT ile İlgili Ülkemizdeki Yasal Mevzuat	14
2.2. Arıtma Yöntemleri	15
2.3. Ön Arıtma Üniteleri	16
2.3.1. Izgaralar.....	16
2.3.2. Kum ve yağ tutucu üniteler	17
2.3.3. Giriş terfi merkezleri	18
2.3.4. Havalandırma havuzları	18
2.3.5. Çökeltme havuzları	19
2.3.6. Çamur susuzlaştırma ünitesi	20
2.3.7. Geri devir terfi merkezi	21
3. BİYOGAZ.....	23
3.1. Biyogazın Tanımı ve Özellikleri	23
3.2. Biyogazın Tarihçesi	24
3.3. Biyogaz Oluşumunda Kullanılan Atıklar ve Özellikleri	25
3.3.1. Bitkisel atıklar	25
3.3.2. Hayvansal atıklar.....	26
3.3.3. Kentsel ve endüstriyel atıklar	26
3.4. Biyogazın Oluşum Safhaları	27

3.4.1. Hidroliz aşaması.....	29
3.4.2. Asetik asitin oluşumu.....	30
3.4.3. Metan oluşumu.....	30
3.5. Biyogaz Üretiminde Etkili Faktörler.....	31
3.5.1. Sıcaklık.....	31
3.5.2. pH.....	32
3.5.3. C / N oranı.....	33
3.5.4. Karıştırma.....	34
3.5.5. Organik madde yükleme hızı	35
3.5.6. Fermantasyon süreci.....	35
3.5.7. Toksik maddeler.....	35
3.5.8. Anaerobik ayrışma için optimum çevre koşulları	36
3.6. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Reaktör Grupları	36
3.6.1. Reaktörün tanımı.....	36
3.6.2. Reaktör çeşitleri	37
3.7. Biyogazın Kullanım Yerleri	39
3.7.1. Biyogazın ısıtmada kullanılması	41
3.7.2. Biyogazın aydınlatmada kullanılması	41
3.7.3. Biyogazın motorlarda kullanılması	42
3.7.4. Biyogazın yan ürün olarak kullanılması	43
4. TATLAR ATIKSU ARITMA TESİSİ (Atıksuyun, enerji ve suya dönüştüğü yer)	45
4.1. Temel Tasarım Kriterleri.....	47
4.2. Tesisin Konumu ve Vaziyet Planı.....	48
4.3. Arıtma Prosesi	49
4.4. İş Akım Şeması	51
4.5. Tatlar Atıksu Arıtma Tesisi Üniteleri	52
4.5.1. Ön arıtma istasyonu.....	52
4.5.2. Ön çökeltme havuzları	53
4.5.3. Havalandırma havuzları	53
4.5.4. Son çökeltme havuzları	55
4.5.5. Ham çamur yoğunlaştırıcı havuzları	55
4.5.6. Çamur özümleme tankları	56
4.5.7. Gaz depolama tankları.....	57
4.5.8. Biyogaz güç ünitesi.....	58
4.5.9. Özümlemiş çamur yoğunlaştırma ünitesi.....	58
4.5.10. Mekanik susuzlaştırma ünitesi	59
4.5.11. HES ünitesi	60
4.5.12. Sosyal donatılar	61
5. FİNANSAL ANALİZ	63
5.1. Biyogaz Tesisi Elektrik Tüketimi	67
5.2. Kurulum Maliyeti	68
5.3. İşletme Gelirleri	68
5.3.1. Elektrik üretimi	68
5.3.2. Isı üretimi	69
5.3.3. Fermente gübre üretimi	69
5.4. İşletme Giderleri.....	69
5.4.1. İçsel enerji tüketimi.....	69
5.4.2. Bakım/onarım giderleri	69

5.4.3. Personel harcamaları	70
5.5. Yatırımın İç Karlılık Oranı.....	70
SONUÇ	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	77

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Dünya enerji tüketimi.....	9
Çizelge 1.2. Ülkemizin 2020-2030 arası yıllardaki birincil enerji arzı.....	10
Çizelge 1.3. Ülkemizde kişi başına düşen enerji ve elektrik tüketimi.....	11
Çizelge 2.1. Çamur arıtmada kullanılan methodlar.....	15
Çizelge 2.2. Atıksu arıtma üniteleri.....	16
Çizelge 3.1. Organik maddelerin C/N oranları.....	34
Çizelge 3.2. Anaerobik bakteriler için en iyi çevre koşulları.....	36
Çizelge 4.1. AAT temel tasarım kriterleri.....	47
Çizelge 5.1. Organik kaynaklardaki biyogaz verimi.....	63
Çizelge 5.2. AAT enerji üretimi hesap tablosu.....	64
Çizelge 5.3. Biyogaz tesisi elektrik tüketimi.....	67
Çizelge 5.4. Biyogaz tesisi kurulum maliyeti hesabı.....	68
Çizelge 5.5. Biyogaz tesisi ekonomik özet tablosu.....	70

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimi.....	4
Şekil 1.2. Enerji kaynaklarının kategorizasyonu.....	5
Şekil 1.3. 2015 yılı Türkiye elektrik üretim yöntemleri.....	10
Şekil 2.1. Ülkemizdeki atıksu mevzuatı.....	14
Şekil 2.2. Aktif çamur sistemi akış diyagramı.....	21
Şekil 3.1. Biyogaz bileşimi.....	23
Şekil 3.2. Anaerobik çürütmekçi bakteri grupları.....	28
Şekil 3.3. Anaerobik süreçte enerji akımı.....	28
Şekil 3.4. Anaerobik işleminde sıcaklık aralıkları.....	31
Şekil 3.5. Reaksiyon hızının pH ile ilişkisi.....	33
Şekil 3.6. Reaktör sistemi akım şeması.....	37
Şekil 3.7. Kesikli tip reaktör.....	38
Şekil 3.8. Biyogaz tesisi.....	40
Şekil 4.1. Tatlar AAT genel vaziyet planı.....	48
Şekil 4.2. Tatlar AAT şematik görünüm.....	50
Şekil 4.3. Tatlar AAT iş akım şeması.....	51

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Yenilebilir ve yenilenemez enerji kaynakları.....	7
Resim 2.1. Dosab atıksu arıtma tesisi.....	13
Resim 2.2. Kaba ve ince ızgara.....	17
Resim 2.3. Kum ve yağ tutucu ünite.....	18
Resim 2.4. Atıksu terfi ünitesi.....	18
Resim 2.5. Havalandırma havuzu.....	19
Resim 2.6. Ön çökeltim havuzu.....	20
Resim 2.7. Çamur susuzlaştırma ünitesi.....	20
Resim 2.8. Geri devir terfi merkezi.....	21
Resim 3.1. Bitkisel atıklar.....	25
Resim 3.2. Hayvansal atıklar.....	26
Resim 3.3. Endüstriyel atıklar.....	26
Resim 3.4. Biyogaz oluşum safhaları.....	29
Resim 3.5. Sanayide kullanılan yatay/dikey reaktörler.....	37
Resim 3.6. Biyogazın ısıtma amaçlı kullanımı.....	41
Resim 3.7. Biyogazla çalışan otobüs.....	42
Resim 3.8. Biyogazın kullanım şekilleri.....	43
Resim 4.1. Tatlar AAT genel görünüm.....	45
Resim 4.2. Tatlar AAT kum ve yağ tutucu.....	52
Resim 4.3. Tatlar AAT havalandırma havuzu.....	54
Resim 4.4. Tatlar AAT son çökeltme havuzu.....	55
Resim 4.5. Tatlar AAT çamur özümleme tankları.....	56
Resim 4.6. Tatlar AAT gaz depolama tankları.....	57
Resim 4.7. Tatlar AAT biyogaz güç ünitesi.....	58
Resim 4.8. Tatlar AAT özümlemiş çamur yoğunlaştırma ünitesi.....	59
Resim 4.9. Tatlar AAT Santrifüj dekantör.....	60
Resim 4.10. Tatlar AAT HES ünitesi.....	61
Resim 4.11. Tatlar AAT ana kontrol merkezi.....	61

KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AKM	Askıda Katı Madde
ASKİ	Ankara Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
A.Ş.	Anonim Şirketi
BAKAY	Büyük Ankara Kanalizasyon ve Yağmur Suyu Projesi
BOI₅	Karbon Kaynaklı Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CO₂	Karbondioksit
CNG	Sıkıştırılmış Doğalgaz
C/N	Karbon Azot Oranı
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
GÖS	Geri Ödeme Süresi
HES	Hidroelektrik Santral
H₂S	Hidrojen Sülfür
İLBANK	İller Bankası
İKO	İç Karlılık Oranı
KAAY	Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt Saat
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
kVA	Kilo Volt Amper
MW	Megawatt
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TL	Türk Lirası
W	Watt
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları

GİRİŞ

15. ve 16. yüzyıllarda Avrupalılar tarafından yeni kıta ve okyanusların bulunması ile yeni ticaret yolları ortaya çıkmıştır. 16. yüzyıl başlarında ise Avrupada özgür düşüncenin önündeki engelin ortadan kalkmasıyla edebiyat, güzel sanatlar ve bilim teknik alanında çok önemli gelişmeler ve buluşlar meydana gelmiştir. Bu önemli gelişmelerin başında 18. Yüzyılda önce İngiltere’de başlayan daha sonra diğer Avrupa ülkelerine yayılan, önemi bakımından tüm dünyayı etkileyen Sanayi İnkılabı’dır. Bunun sonucunda üretim faaliyetlerinde insan ve hayvan gücünün yerini makine gücü almıştır.

18. yüzyılda İngiltere’de buhar gücünün sanayi alanında kullanılmasıyla başta dokuma olmak üzere birçok alanda fabrikalar kurulmuş ve seri üretime geçilmiştir. Bu durum başta İngiltere ve Fransa olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde enerjiye olan talebi arttırmaya başlamıştır. Günümüzde de enerjiye olan talep dünya nüfusun hızlı bir şekilde artması, sanayileşme ve teknolojinin gelişmesiyle tüm dünyada giderek artmaktadır. Bu enerji gereksiminin büyük bir bölümü eskiden olduğu gibi günümüzde de hala bitki ve hayvan kaynaklı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Her ne kadar bu gelişim ve değişim dünya ekonomisine ve insanlığın gelişimine katkıda bulursa da beraberinde birtakım olumsuzlukları da getirmiştir. Bunların en başta gelenleri enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtların insan sağlığına ve çevreye olan olumsuz etkileri ve dünyadaki rezervlerinin yetersiz oluşudur. Bu nedenle tüm dünyada alternatif enerji kaynaklarının kullanımı zorunlu hale gelmiştir.

Hızlı sanayileşme, kentleşme ve nüfus artışı neticesinde başta doğal su kaynaklarımız olmak üzere nehirler, okyanuslar fosil yakıt atıklarıyla kirletilmektedir. Bu kirlilik sonucu oluşan tahribatın azaltılması için tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtımın yapıldığı atıksu arıtma tesislerinin sayısı giderek artmaktadır. Bu kapsamda ülkemizde İLBANK A.Ş. tarafından yaptırılan atıksu arıtma tesisleri, etkin bir şekilde işletilmek üzere belediyelere teslim edilmektedir.

Bu tez kapsamında, önce atıksu arıtma tesislerinin genel çalışma prensibi anlatılmış daha sonra atıksu arıtma tesislerinde biyogazdan elektrik enerjisi üretilmesi ve İLBANK A.Ş. tarafından finanse edilen belediyelerde uygulanabilirlik analizi üzerinde durulmuştur. Çalışmanın son bölümünde ise Sincan ilçesi Tatlar köyü mevkiinde 1989 yılında kurulan biyogazla çalışan ülkemizin en büyük atıksu arıtma tesisi olan Tatlar Atıksu Arıtma Tesisinin biyogazla çalışma prensibi ve üniteleri anlatılmıştır. HES ünitesi de kurulan tesiste aylık enerji maliyetinin %60'ı kojenerasyon ünitesiyle, %20'si ise HES ünitesi vasıtasıyla karşılanmaktadır. Ayrıca İLBANK A.Ş. tarafından Aksaray Yenikent beldesinde yapılan fizibilite çalışmaları ise nüfusun artmasına bağlı olarak üretilen biyogazın da artacağını fakat bu artışın doğrusal olarak değil parabolik olarak arttığını göstermektedir. Bu tez çalışmasında nüfusun fazla olduğu yerlerde atıksu arıtma tesisinin geri dönüşüm süresinin ortalama 4 yıl gibi kısa bir süre olacağı sonucuna varılmıştır. Bu yüzden İLBANK A.Ş. tarafından finanse edilen belediyelerde biyogazla çalışan tesis sayısının artacağı düşünülmektedir.

1. ENERJİ

1.1. Enerjinin Tanımı ve Çeşitleri

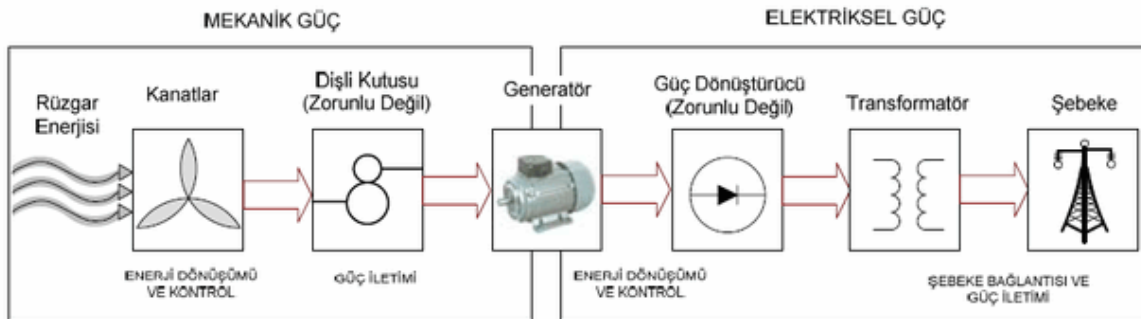
Kelime kökeni Yunan dilindeki ‘en’ ve ‘ergon’ kelimelerinden oluşan enerji kavramı en genel anlamda fizikte iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. İş yapabilme kavramı ise herhangi bir sisteme eklendiğinde veya çıkarıldığında değişikliğe neden olan faktör olarak karşımıza çıkmaktadır [1].

Günümüzde gelişen ve gelişmekte olan ülkelerin en önemli ihtiyaçlarının başında gelen enerji, kullanımı her geçen gün artan vazgeçilmez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji, insan hayatında ekonomik ve sosyal kalkınmayı sağlayan, yaşam standardını arttıran en önemli faktörler arasındadır. Ülkeler arasındaki demografik değişiklikler kullanılan enerjinin miktar ve çeşidini doğrudan etkilemektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki yüksek büyüme oranlarına bağlı olarak Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GDP) ve kişi başına düşen gelir artmakta bunun sonucunda da yaşam standardı yükselmekte ve aydınlatma, ev aletleri için olan elektrik talebi artmaktadır. Enerji kullanım ve tüketimi ile ülkelerin ekonomik refah ve gelişmişlikleri arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu için enerji kullanımının artması sanayileşme ve ekonomik kalkınmaya işaret ederken, enerji tüketiminin artması insanların alım gücünün ve refah seviyesinin arttığını göstermektedir.

Dünya nüfusunun devamlı artmasına bağlı olarak 2013 yılında 7,1 milyar olan nüfusun 2040 yılında 9 milyara yükselmesi tahmin edilmektedir. Aynı zamanda kentleşme oranının da %53’ten %63’e çıkması beklenmektedir. 2013-2040 arası dönemde ortalama %3,5 artması beklenen dünya ekonomisi, dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması, sanayileşme ve tüketim sonucu enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Halihazırdaki enerji politikalarının uygulanmasının devamı durumunda 2040’ta dünya enerji talebinin ortalama %1,38’lik artışla 2013 yılına göre %44,9 daha fazla olacağı görülmektedir. Ayrıca Uluslararası Enerji Ajansının hazırladığı senaryo çalışmasına göre (WEO2015) mevcut politikaların devamı halinde elektrik üretimi 2013 yılında 23.318 TWh iken, 2040 yılında 43.12 TWh’e yükselmesi beklenmektedir ki bu da %84,9’luk bir artışa tekabül etmektedir [2].

Teknolojik gelişmelerin sunduğu fırsatların devam edebilmesi için kullandığımız enerjinin büyük bir bölümü fosil kaynaklardan, geri kalanı ise nükleer enerji ile yenilebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Gelecekte fosil kaynaklar tükenme noktasına geleceği için yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması zorunluluk haline gelmiştir. Aynı zamanda bu fosil kaynakların kullanımı çevremize, toprağa, suya ve ekosistemdeki canlılara ciddi boyutlarda zarar vermesinden dolayı gelişmiş ülkelerde yenilebilir enerji kaynaklarına ayrılan bütçe artmakta ve bu konuda bilim adamları önemli gelişmeler kaydetmektedir. Ayrıca fosil yakıt kullanımının yarattığı enerjide dışa bağımlılık ve buna bağlı olarak ortaya çıkan yüksek ithalat giderleri olayın ekonomik tarafını oluşturmaktadır [3].

İnsan hayatının vazgeçilmez unsuru olan skaler bir büyüklük olan enerjinin birçok çeşidi vardır. Bunların başlıcaları elektrik enerjisi, nükleer enerji, kimyasal enerji, mekanik enerji, elektromanyetik enerji ve termal enerji olarak sayılabilir. Genel olarak potansiyel ve kinetik enerji olmak üzere de iki gruba ayrılmaktadır. Aynı zamanda birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak da sınıflandırması yapılan ayırmda birincil enerji kaynakları ve bu birincil enerji kaynaklarının fiziksel değişime uğramış hali olan ikincil enerji kaynakları sayılabilir. Bu kadar çok enerji çeşidinin olduğu dünyamızda hiçbir enerji yoktan var olmaz, varolan enerji de yok olamaz. Enerjinin korunumu yasası olarak da bilinen bu yasaya göre enerji, dönüştürülebilen bir büyüklüktür ve farklı biçimlere dönüştürülebilmektedir. Bunlara en temel olarak güneş panelleri vasıtasıyla güneş enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi, maddenin konumuna bağlı potansiyel enerjinin, harekete bağlı kinetik enerjiye dönüşmesi örnek olarak verilebilir [4].

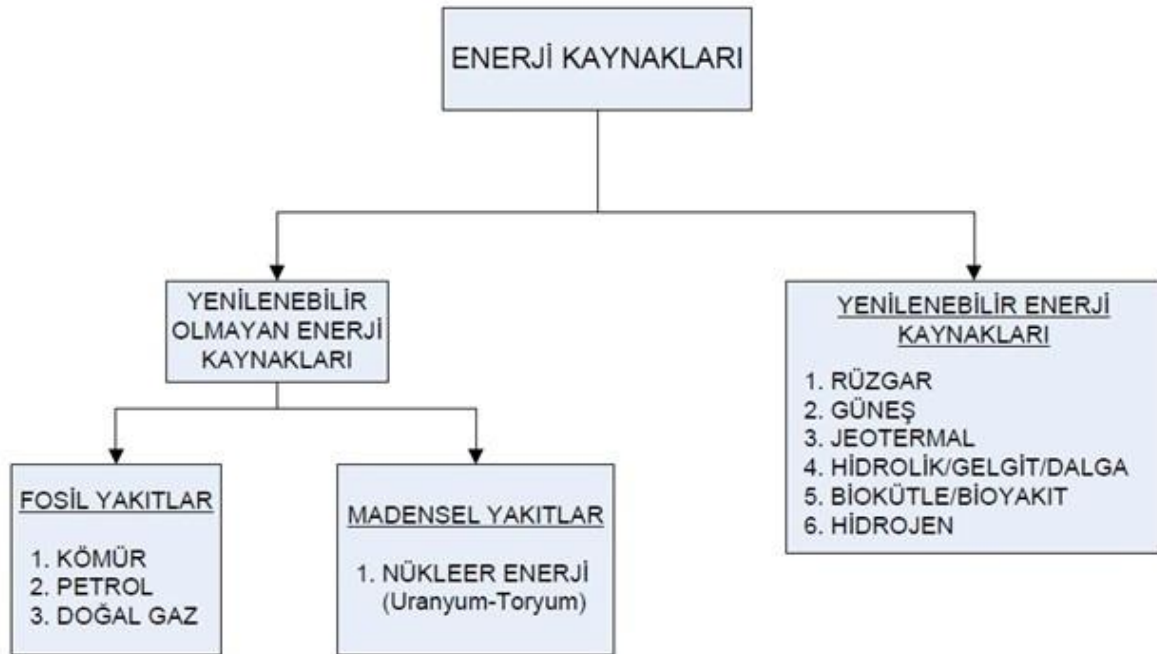


Şekil 1.1. Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimi [5]

Şekil 1.1’de rüzgar enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi gösterilmektedir. Rüzgar vasıtasıyla kanatlar dönmekte, kanatların dönmesiyle oluşan güç dişli kutusu vasıtasıyla jeneratöre aktarılmakta, jeneratör tarafından üretilen elektrik enerjisi de doğrultucu ve transformatörden geçtikten sonra şebekeye aktarılmaktadır. Böylece rüzgar enerjisi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştürülmüş olmaktadır.

1.2. Enerji Kaynakları

En genel anlamda enerji kaynakları, Şekil 1.2’de de gösterildiği gibi yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları olmak üzere iki grupta toplanmaktadır.



Şekil 1.2. Enerji kaynaklarının kategorizasyonu [6]

1.2.1. Yenilenemeyen enerji kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynakları linyit, taşkömürü, petrol, doğal gaz gibi yerin altından çıkarılan, rezervi gitgide azalan, tükenme noktasına geldiğinde ise tekrar üretilmeyecek kaynaklardır.

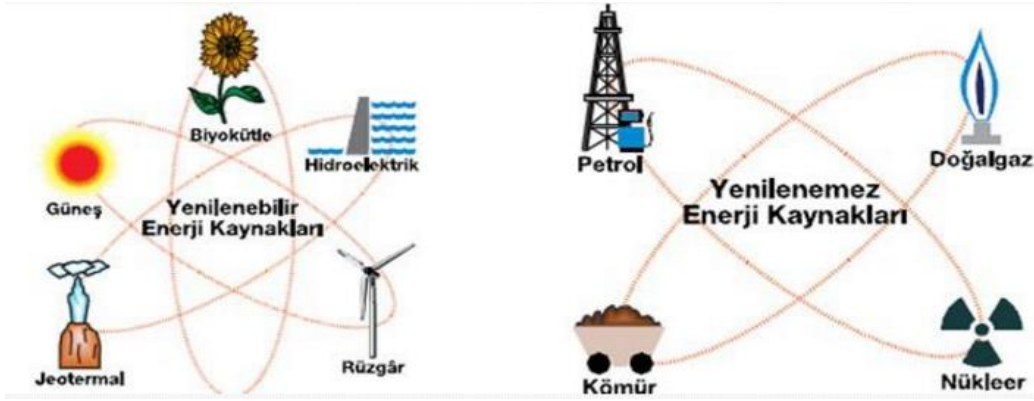
18. yüzyılda Sanayi devrimi ile kullanımı artan petrol, kömür ve doğal gaz gibi karbon içeren yakıtların bilhassa endüstride kullanılırken yakılması esnasında atmosfere azot salınımı olmaktadır. Açığa çıkan bu azotun havadaki oksijenle reaksiyonu sonucu NOx gazları meydana gelmektedir. Havadaki NOx oranının artması sera etkisi oluşmasına buna bağlı olarak atmosferin ısınmasına ve iklim değişikliklerinin yaşanmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda asit yağmurları toprağın doğal yapısını bozduğu için bundan tüm bitkiler ve insanlar doğrudan etkilenmektedir. Ayrıca havadaki azot oksit oranının yükselmesinin insan sağlığına da doğrudan olumsuz etkileri vardır. Reaksiyon sonucu oluşan NOx solunması sonucunda aside dönüşüp akciğerleri tahriş etmekte ve akciğerlerin oksijen alma kapasitesini azalttığı için vücutta daha az kan dolaşımına neden olmaktadır. Sonuç olarak yaşanan bu olumsuzluklar tüm dünyada insanları yenilenebilir enerji kaynakları da denen yeni, alternatif, temiz enerji kaynaklarına yönelmeyi zorunlu kılmıştır [4].

Aynı zamanda fosil enerji kaynakları bakımından 2014 yılı verilerine göre ülkemiz enerji ihtiyacının karşılanmasında petrolün %92'sini, doğalgazın %99'unu ve taşkömürünün %94'ünü ithal etmiştir ki bu da olayın ekonomik boyutunu göstermektedir [7].

1.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK)

Yenilenebilir enerji kavramı, doğal süreçlerden elde edilen ve sürekli yenilenen enerji olarak tanımlanabilir. Biyoyakıtlar, jeotermal, hidrolik, rüzgar, güneş, okyanus kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları arasında sayılabilir.

Resim 1.1’de yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları gösterilmektedir.



Resim 1.1. Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları [8]

Karbondioksit emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olması ve enerji dışa bağımlılığın azaltılmasına katkıda bulunarak ülke ekonomisine katkıda bulunması yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük faydaları arasındadır. Ülkemizde yenilenemeyen enerji kaynaklarının sınırlı olması ve ülkemizin enerji tüketiminin büyük bir kısmının ithalatla karşılanması yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu hale getirmektedir [1].

Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynakları konusunda yapılan çalışmalar neticesinde gelişen teknolojilere bağlı olarak düşen maliyetler, fosil kökenli yakıtların fiyatlarının talebe bağlı olarak yükselmesi, fosil yakıtların kullanımı sonucunda ortaya çıkan çevre kirliliğine karşı dünya genelinde duyarlılığın artması ve yenilenebilir enerji kaynakları için verilen teşviklerin artması yenilenebilir enerji kaynaklarının önümüzdeki yıllarda daha büyük oranlarda kullanımının yolunu açmaktadır. Bu yüzden elektrik enerjisi elde ediniminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının %21,9'dan (2013 yılı) %25,2'ye (2020 yılı) çıkması öngörülmektedir [7].

1.3. Ülkemizde YEK Kaynakları ile İlgili Yasal Mevzuat

Ülkemizin 2023 yılına kadar enerji arz güvenliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik hedefleri arasında;

- Yenilenebilir enerji kaynakları yönünden zengin olan ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimindeki payının %30'a çıkarılarak ülkemiz ekonomisine katkısının artırılması,
- Yerli kaynaklara öncelik verilerek kaynak çeşitliliğinin sağlanması,
- Dışa bağımlı olduğumuz petrol ve doğalgaz tüketiminde ithalattan kaynaklanabilecek risklerin azaltılarak gerekli tedbirlerin alınması,
- Enerji verimliliğinin artırılarak ülkemizin enerji koridoru haline getirilmesi,
- Bilinen tüm taşkömürü ve linyit kaynaklarımızın tümünün elektrik enerjisi üretiminde kullanılması,
- Dağlık ve engebeli bir ülke olduğumuzdan dolayı hidroelektrik potansiyelinin tümünün elektrik enerjisi üretiminde kullanılması,
- Toplam elektrik enerjisi üretiminin 414 milyar kWh'ye çıkarılması bulunmaktadır [9].

Bu hedeflere bağlı olarak ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çıkarılan en temel mevzuat 2005 yılında çıkarılan 5346 sayılı kanundur. Bu kanun kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimindeki payını arttırmak için yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların en uygun şekilde ekonomiye kazandırılması, atıkların değerlendirilmesi, sera gazı salınımının azaltılarak çevrenin korunması ve tüm bunların gerçekleştirilebilmesi için de ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu kanunda ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmak için uygulanacak teşviklerden bahsedilmektedir. Yenilenebilir enerjiden kaynaklarından ürettiği elektrik enerjisini iç ve dış piyasada satmak isteyen gerçek veya tüzel kişiye EPDK tarafından ‘‘Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi’’ verilmektedir. Böylece EPDK üretilen elektrik enerjisinin alım satımında hem kaynak türünü belirlemiş olmakta hem de takibini yapmış olmaktadır [10].

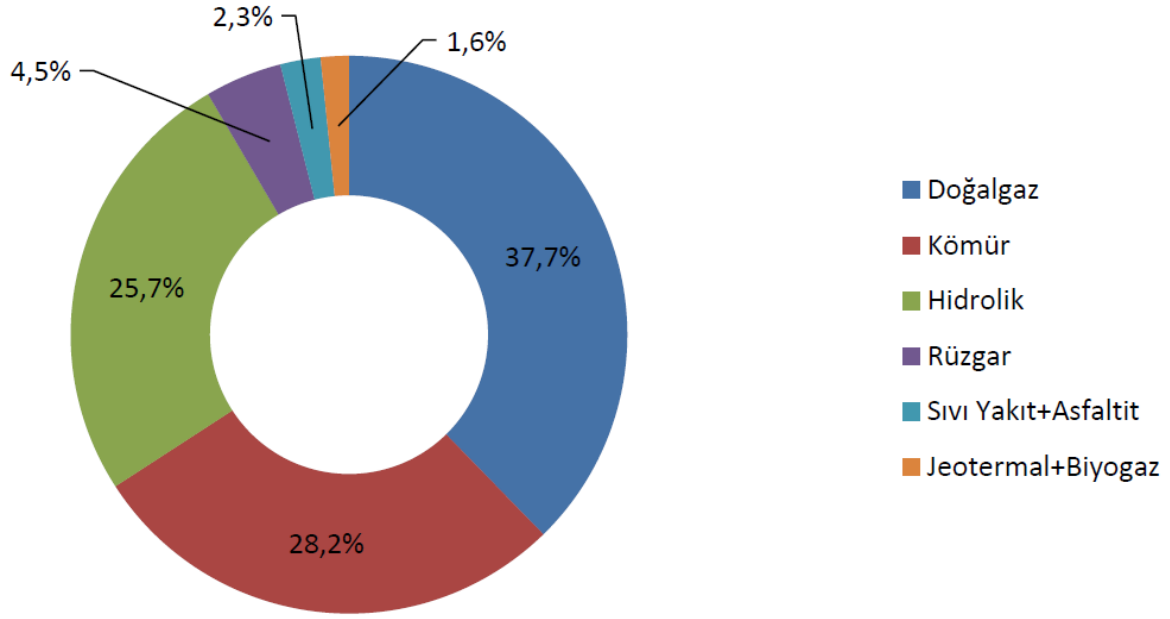
1.4. Dünyada ve Ülkemizde Enerji Kaynaklarının Genel Görünümü

Günümüzde dünyada tüketilen enerjinin büyük bir kısmı petrol, doğal gaz, linyit gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Hızlı nüfus artışıyla tüketim miktarlarının artması sonucunda yeni teknolojiler kullanılmadığı takdirde, şu anki enerji kaynakları artan enerji talebini karşılayamayacak duruma gelecektir [2].

Çizelge 1.1. Dünya enerji tüketimi [2]

Milyon Ton Eşdeğer Petrol (Mtep)	1971	2002	2010	2020	2030	2007–2030 Yıllık (%) Artış
Kömür	1407	2389	2763	3193	3601	1,5
Petrol	2413	3676	4308	5074	5766	1,6
Doğalgaz	892	2190	2703	3451	4130	2,3
Nükleer	29	692	778	776	764	0,4
Hydroenerji	104	224	276	321	365	1,8
Yenilenebilir	4	55	101	162	256	5,7
Toplam	5536	10435	12194	14404	16487	1,7

Çizelge 1.1’de görüldüğü gibi yenilenebilir enerjinin tüm dünyada öneminin anlaşılmasına bağlı olarak dünya enerji üretimindeki payı sürekli artmaktadır. 1971 yılında yenilenebilir enerji tüketimi 4 Mtep iken 2030 yılında 256 Mtep’e çıkması öngörülmüş olup artış hızı en fazla artan enerji çeşididir. Kömürün ise 1971 yılındaki tüketimi 1407 Mtep iken 2030 yılında 3601 Mtep olması beklenmektedir. Bu da yaklaşık olarak 2,5 kat artışa tekabül etmektedir. Böylece yenilenebilir enerji geleceğin enerjisi olma yolunda ilerlemektedir.



Şekil 1.3. 2015 yılı Türkiye elektrik üretim yöntemleri [9]

Kaynaklar açısından bakıldığında Şekil 1.3'de görüldüğü üzere 2015 yılı itibariyle ülkemizde üretilen toplam elektriğin %37,7'si doğalgazdan, %28,2'si kömürden, %25,7'si hidrolik kaynaklardan ve %1,6'lık gibi küçük bir kısmı ise biyogaz ve jeotermal kaynaklarından karşılanmıştır. Bu durum enerjide dışa bağımlı olduğumuzu açıkça göstermektedir.

Çizelge 1.2. Ülkemizin 2020-2030 arası yıllardaki birincil enerji arzı [9]

	2012 (bin tep)	2012 (%)	2013 (bin tep)	2013 (%)	2014 (bin tep)	2014 (%)
Doğalgaz	37.373	31,1	37.628	31,3	40.219	32,4
Kömür*	39.295	32,7	34.668	28,8	39.049	31,5
Petrol	31.205	26,0	33.896	28,2	32.428	26,2
Jeotermal-Diğ. Isı	2.216	1,8	2.636	2,2	3.524	2,8
Hidrolik	4.976	4,1	5.110	4,2	3.495	2,8
Odun	2.350	2,0	2.707	2,2	2.162	1,7
Hayv. ve Bit. Artık	1.115	0,9	1.616	1,3	1.007	0,8
Güneş	768	0,6	795	0,7	803	0,6
Rüzgar	504	0,4	650	0,5	733	0,6
Elektrik	247	0,2	533	0,4	439	0,4
Biyoyakıt	23	0,02	51	0,04	77	0,06
Toplam	120.093		120.290		123.937	

Çizelge 1.2’de görüldüğü üzere 2014 yılında 123,94 milyon tep olan enerji arzı 2013 yılına göre yaklaşık %3 artış göstermiştir. En son açıklanan verilere göre enerji arzında birinci sırada %32,4’lük pay ile doğalgaz yer alırken, ikinci sırada 31,5’lik pay ile kömür, bunu %26,2 oran ile petrol izlemiş, geri kalan % 9,9’luk kısım ise hidrolik başta olmak üzere diğer yenilenebilir enerji kaynakları izlemiştir. Çizelge 1.3’den 2012 ve 2014 dönemi karşılaştırıldığında doğalgaz, rüzgar, güneş ve biyoyakıtın birincil enerji arzındaki payının giderek arttığı görülmektedir [9].

Çizelge 1.3. Ülkemizde kişi başına düşen enerji ve elektrik tüketimi [9]

	2012	2013	2014	2012-2013 (değişim)
Nüfus	75.600.000	76.700.000	77.700.000	+ % 1,30
Enerji tüketimi	1.588 kep	1.569 kep	1.595 kep	+ % 1,66
Elektrik tüketimi (net)	2.577 kWh	2.568 kWh	2.669 kWh	+ % 3,93
Elektrik tüketimi (brüt)	3.205 kWh	3.132 kWh	3.243 kWh	+ % 3,54

Çizelge 1.3’de de gösterildiği üzere 2015 yılı itibariyle 77,7 milyon nüfusa sahip ülkemizde kişi başına düşen enerji tüketimi %1,66 artarken, kişi başına düşen elektrik tüketimi ise %3,93 artmıştır. Aynı zamanda 2015 yılında tükettiğimiz elektrik 2014 yılına göre %2,68 artarak 264,1 milyar kWh seviyesine çıkarken, ürettiğimiz elektrik ise bir önceki yıla göre %2,95 artarak 259,39 milyar kWh seviyesine çıkmıştır.

2. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNE GENEL BAKIŞ

19. yüzyıldan itibaren hem endüstrinin gelişmesi hem de dünya nüfusunun hızla artmasına bağlı olarak oluşan atık miktarı da artmıştır. Bu atıkların herhangi bir arıtmaya tabi tutulmadan deniz, göl, akarsu gibi alıcı ortamlara deşarj edilmesi doğal yaşam alanlarını kirleterek, doğal yaşam alanlarının yok olma tehlikesiyle karşı karşıya gelmesine neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için gerek dünyada gerekse ülkemizde alıcı ortama deşarj öncesi arıtmanın yapıldığı atıksu arıtma tesislerinin sayısı giderek artmaktadır. Büyükşehir belediyesi bulunan illerde atıksuların toplanması, arıtılması ve alıcı ortama bırakılması işlemi Su ve Kanalizasyon idarelerinin sorumluluğunda iken, bu idarelerin bulunmadığı küçük yerleşim birimlerinde bu görev belediyelere aittir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ilgili kuruluşu İLBANK A.Ş. de bu kapsamda atıksuyun bertarafı konusunda yerel yönetimlere proje geliştirme, teknik destek sağlama, kredi verme ve danışmanlık hususlarında yardımcı olmaktadır. Resim 1.2’de Demirtaş Organize Sanayi bölgesinde bulunan Dosab Atıksu Arıtma Tesisi’nin genel görünümü gösterilmektedir.



Resim 2.1. Dosab atıksu arıtma tesisi [12]

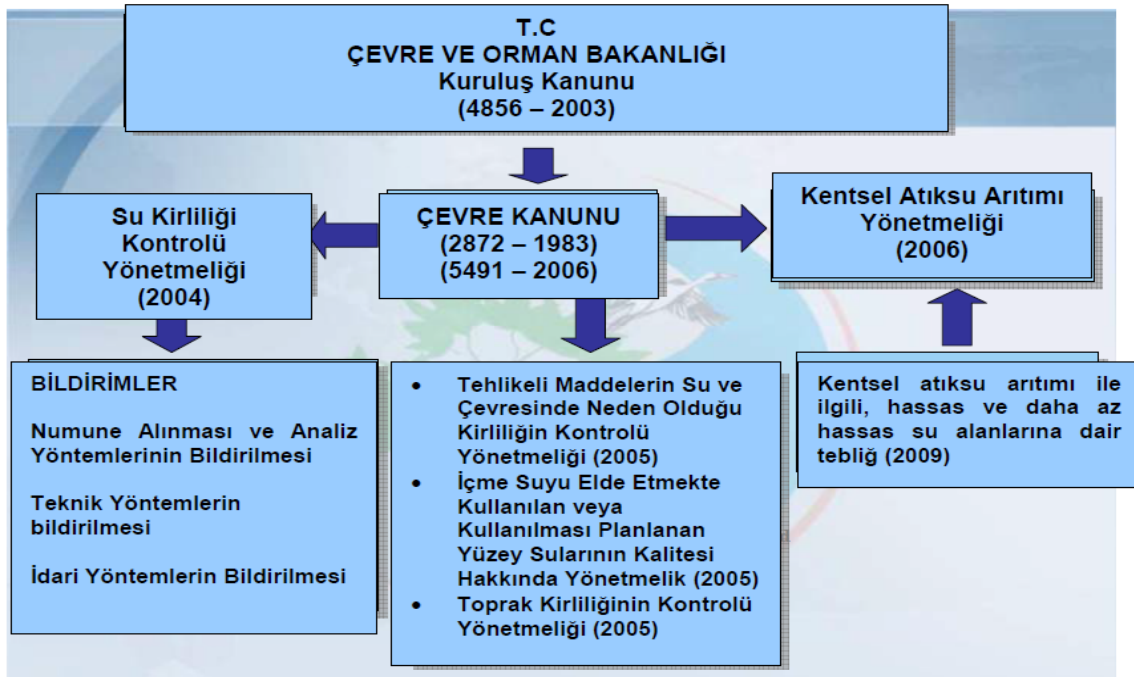
2.1. ATT ile İlgili Ülkemizdeki Yasal Mevzuat

AB uyum kapsamında 91-271-EC sayılı Avrupa Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifine göre nüfusu 10.000 ve üzeri olan yerleşim yerlerinde atıksu arıtma tesisi kurulma zorunluğu vardır. Ülkemizde nüfusu 2.000 ile 10.000 arasında olan belediyeler 2017 yılına kadar, nüfusu 10.000 ile 50.000 arasında olan belediyeler ise 2014 yılına kadar) atıksuları arıtmalıdır.

Bu kapsamda ülkemizde bu direktife uygun olarak atıksuların arıtımını ve alıcı ortama deşarj edilmesini düzenleyen Şekil 2.1' de gösterildiği gibi iki yönetmelik bulunmaktadır [13].

· Kentsel atıksuların Kentsel Atıksu Arıtımı Tesislerinde (KAAT) toplanması, arıtılması ve deşarjını düzenleyen Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY).

· Tüm meskenlerin ve sanayilerin yüzey sularına yaptıkları deşarjlar sebebiyle meydana gelebilecek su kirliliğini düzenleyen Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği.



Şekil 2.1. Ülkemizdeki atıksu mevzuatı [13]

2.2. Arıtma Yöntemleri

Bir atıksu arıtma tesisinde Çizelge 2.1’de gösterildiği gibi;

- Fiziksel arıtma yöntemleri,
- Biyolojik arıtma yöntemleri,
- Kimyasal arıtma yöntemleri olmak üzere başlıca üç yöntem kullanılmaktadır.

Atıksular için kullanılan arıtma yöntemleri, atıksuların karakteristik özelliğine bağlı olarak evsel ve endüstriyel olmasına göre farklılık gösterebilmektedir.

Çizelge 2.1. Çamur arıtmada kullanılan methodlar [14]

Fiziksel Arıtma	Biyolojik Arıtma	İleri Arıtım
Izgara	Aktif Çamur	Nitrifikasyon+Denitrifikasyon
Elek	Damlatmalı Filtre	Yumaklaştırma+Çökeltme
Kum ve Yağ Tutucu	Biyodiskler	Filtrasyon
Filtreler	Havalandırılmalı Lagünler	MBR
Çökeltme Havuzu	Stabilizasyon Havuzları	Karbon Adsorpsiyonu
Dengeleme	Anaerobik Arıtım	İyon Değişime

Atıksu arıtma tesisleri kullanılan arıtma yöntemlerine göre;

- Ön arıtma üniteleri,
- İkincil arıtma üniteleri,
- Üçüncül arıtma üniteleri

Olmak üzere Çizelge 2.2’ de gösterildiği üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır [14].

Çizelge 2.2. Atıksu arıtma üniteleri [14]

ÖN ARITMA ÜNİTELERİ	Kaba ızgaradan geçirme
	İnce ızgaradan geçirme
	Debi ölçümü
	Atıksuyun terfi edilmesi
	Kum tutucudan geçirme
	Ön çökeltme havuzları
İKİNCİL ARITMA ÜNİTELERİ	Biyolojik Arıtma
	Son çökeltme havuzları
	Dezenfeksiyon
ÜÇÜNCÜL AZOT ÜNİTELERİ	Azot Giderimi
	Fosfor giderimi

2.3. Ön Arıtma Üniteleri

Maddenin fiziksel boyutlarına bağlı olarak fiziksel arıtma yöntemlerinin uygulandığı ünitelerdir.

2.3.1. Izzaralar

Kaba ve ince olmak üzere iki çeşidi olan ızgaraların kullanılmasındaki amaç atıksu içindeki katı ve sert maddelerin pompa, vana ve boruları tıkamasını engelleyerek tesisata zarar vermesini engellemektir. Böylece hem mekanik ve elektriksel arızaların önüne geçilmiş olunmakta hem de diğer arıtma ünitelerindeki yük hafifletilmiş olmaktadır .



Resim 2.2. Kaba ve ince ızgaralar [15]

Resim 2.2'de de gösterildiği gibi kaba ızgaralar yatayla 30-60 derece açı yapacak şekilde yerleştirilirken kaba ızgaralarda çubuk aralığı 4 cm'den büyüktür. İnce ızgaralar ise yatayla 60-80 derece açı yaparken çubuk aralığı 1.5- 2 cm arasındadır [15].

2.3.2. Kum ve yağ tutucu üniteler

Genellikle ön çökeltme işleminden önce ve ızgaralardan sonra kullanılan kum ve yağ tutucu ünitelerinde atıksu içindeki 0,2 mm'den büyük kum taneciklerinin sudan ayrılarak alınması işlemi gerçekleştirilir. Kum tutucu havuz kenarına yerleştirilen havalandırıcılar sayesinde suya 0,3-0,4 m/sn hız kazandırılarak suyun spiral dönmesi sağlanır. Böylelikle atıksu içindeki ağır partiküllerin havuzun dibine çökmesi önlenerek borularının tıkanmasının, pompaların zarar görmesinin önüne geçilerek tesisin verimli çalışması sağlanır [16]. Resim 2.3'de kum ve yağ tutucu ünite gösterilmektedir.



Resim 2.3. Kum ve yağ tutucu ünite [16]

2.3.3. Giriş terfi merkezleri

Arazinin eğimine göre üniteler arasında yükseklik farkı olması durumunda atıksuda oluşacak yük kaybını en aza indirmek için Resim 2.4'de gösterildiği gibi atıksuyun alt kottan üst kota aktarımını sağlayan ünitelerdir.



Resim 2.4. Atıksu terfi ünitesi [16]

2.3.4. Havalandırma havuzları

Anaerobik ve aerobik arıtma işlemlerinin yapıldığı ünitelerdir. Atıksu içindeki bakterilerin yaşamlarını devam ettirebilmesi amacıyla havuz dibindeki uygun konumlandırılmış difüzörlerden blower vasıtası ile hava verilir. Ayrıca farklı güç ve

ebatlarda karıştırıcı mikserler kullanılarak homojen bir ortam oluşması sağlanırken aynı zamanda çamurun havuz dibine çökmesi de engellenmiş olmaktadır [17]. Resim 2.5'de iki kademeli bir havalandırma havuzu gösterilmektedir.



Resim 2.5. Havalandırma havuzu [18]

2.3.5. Çökeltme havuzları

Genellikle Resim 2.6'da gösterildiği gibi dairesel biçimde tasarlanan çökeltme havuzlarında atıksu içinde bulunan askıda katı maddelerin çökeltme ve yüzdürme ile atıksudan bertaraf edilmesi işlemi gerçekleştirilir. Bunun sonucunda bir miktar askıda katı madde miktarı ve BOI_5 de giderilmiş olmaktadır. Bu işlem ile havuz zemininde oluşan çamur ile su yüzeyindeki yağ, köpük atıksudan ayrılarak biyolojik arıtma yöntemleriyle arıtılacak organik madde miktarı azaltılır. Böylece organik yük azaltılarak sisteme verilmesi gereken oksijen miktarı azalacağı için enerjiye olan gereksinim daha az olur. Bunun sonucunda enerji tasarrufu sağlanmaktadır [19].



Resim 2.6. Ön çökeltim havuzu [18]

Çökeltme havuzlarında dipte oluşan çamur, pompalar vasıtası ile dekantör binasına gönderilirken, diğer kısım pompalar vasıtası ile havalandırma havuzu girişine gönderilir.

2.3.6. Çamur susuzlaştırma ünitesi

Çökeltme havuzlarından gelen fazla çamurun Resim 2.7'de gösterilen dekantör veya belt-preslere pompalanması esnasında çamur hattına katyonik polielektrolit denen kimyasal bir madde eklenerek çamurun susuzlaştırılması sağlanır.



Resim 2.7. Çamur susuzlaştırma ünitesi [16]

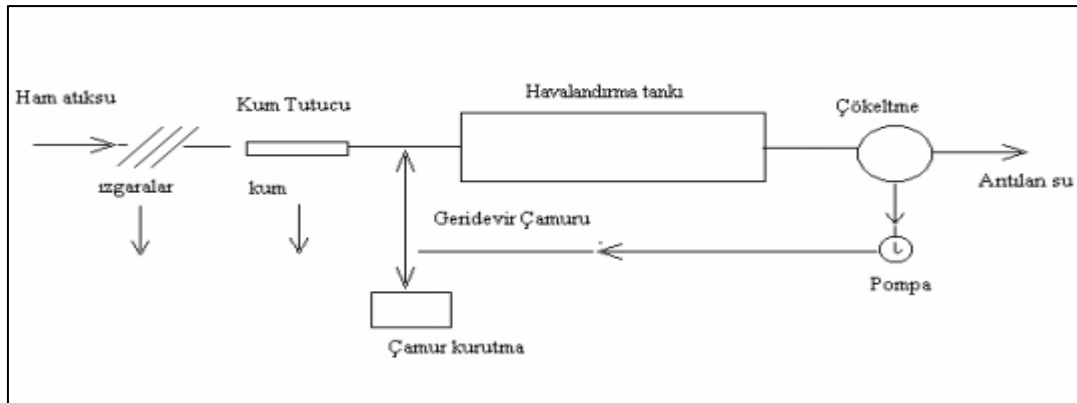
Susuzlaştırma işlemi kimyasal madde içindeki polimer zinciri ile askıdaki katı maddelerin elektriksel yükleri arasındaki iyon alış verişi esasına dayanır. Böylece katı parçacıkların kararlı yapıları bozularak koagülasyon meydana gelmektedir [20].

2.3.7. Geri devir terfi merkezi



Resim 2.8. Geri devir terfi merkezi [18]

Kapasiteye göre farklı güçlerde ve genellikle 2+1 veya 3+1 şeklinde yedekli çalışan geri devir pompalarının amacı çökeltim havuzlarından gelen aktif çamuru geri besleme ile sistem girişine geri göndermektir. Şekil 2.2’de de görüldüğü gibi çökeltme havuzlarından gelen fazla çamur geri besleme ile havalandırma havuzu girişine gönderilmektedir.



Şekil 2.2. Aktif çamur sistemi akış diyagramı [21]

3. BİYOGAZ

3.1. Biyogazın Tanımı ve Özellikleri

Biyogaz, bitkisel, hayvansal, evsel ve endüstriyel atıkların oksijensiz ortamlarda fermantasyonu sonucu oluşan, havadan hafif, rengi ve kokusu olmayan bir gazdır. İçeriğinde Şekil 3.1'de gösterildiği gibi %60-70 oranında metan, %30-40 oranında karbondioksit ile az miktarlarda hidrojen sülfür, azot, hidrojen, karbonmonoksit ve oksijen bulunur. Atıkların uygun koşullar altında mikroorganizmalar aracılığı ile biyogaza dönüşümü sağlanarak hem organik atıklar bertaraf edilmekte hem de tarımsal faaliyetlerde kullanılmak üzere iyi kalitelere gübre elde edilmektedir.

Bileşenler	Miktar (%)
Metan (CH ₄)	55–75
Karbondioksit (CO ₂)	30–45
Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	1–2
Azot (N ₂)	0–1
Hidrojen (H ₂)	0–1
Karbon monoksit (CO)	Eser Miktarda
Oksijen (O ₂)	Eser Miktarda

Şekil 3.1. Biyogaz bileşimi [22]

Biyogazın yakıt değeri içeriğinde büyük oranda bulunan metan gazından ileri gelmekte olup, metan gazının ısı değeri yaklaşık 8900 kcal/m³ tür. Biyogaz içerisinde de %55 civarı metan gazı bulunduğuna göre içeriğindeki metan miktarına göre biyogazın ısı değeri 4700-5400 kcal/m³ arasında değişmektedir. Biyogazdan verimli bir yanma sağlanabilmesi için içeriğindeki metan oranı %50 den büyük olmalıdır [22].

3.2. Biyogazın Tarihçesi

En eski medeniyetlerden biri olan Asurlular zamanında sıcak su elde etmek için biyogazın kullanıldığı bilinmektedir. Tarihi bu kadar eskilere uzanan biyogazı daha sonra İranlılar da kullanmıştır.

17. yüzyılın ünlü kimyagerlerinden Jan Baptista Van Helmont organik maddelerin oksijensiz ortamda bozulduğu zaman yanıcı özellikte bir gaz çıktığını farketmiştir. Yine aynı yüzyılda Alessandro Volta bataklıklardaki gazı yakarak bozulan organik maddenin miktarıyla ortaya çıkan gaz miktarı arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu belirledi. 1808 yılında ise Humphry Davy hayvansal atıkların anaerobik ortamlarda çürümesiyle oluşan gazda metan olduğunu ispat etti [23].

Anaerobik ortamda organik maddeleri kullanan ilk tesis 1859 yılında Hindistan'da yapılmıştır. 1895 yılına gelindiğinde ise İngiltere'nin Exter şehrinde biyogazdan elektrik elde edilmiş ve elde edilen bu elektrik sokak lambalarının aydınlatılmasında kullanılmıştır. 20 yy. başlarında ise mikrobiyoloji alanındaki gelişmeler biyogaz üretiminde etkili bakterilerin ve metan gazı üretimi koşullarının bulunmasını sağlamış ve bu alandaki çalışmalar artmıştır.

1939-1945 yıllarında gerçekleşen tüm dünyayı olumsuz etkileyen 2. Dünya savaşı her alanda olduğu gibi biyogaz alanındaki çalışmaları da durma noktasına getirmiştir. 1974 te meydana gelen petrol krizinden sonra ise biyogazın önemi daha da anlaşıldığı için biyogaz ile ilgili çalışmalar artmıştır.

Türkiye'de biyogaz ile ilgili yapılan çalışmalar ülkenin ekonomik kalkınmasına paralel olarak 1980 yılından sonra artmıştır. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye de enerji fiyatlarının artması, enerjide dışa bağımlılık, çevrenin korunması gibi faktörlerden dolayı organik atıklardan elektrik enerjisi elde edilmesine yönelmiş olup bu alandaki yatırımlarını da artırmaktadır [3].

3.3. Biyogaz Oluşumunda Kullanılan Atıklar ve Özellikleri

Biyogazın elde edilebilmesi için öncelikle temel hammadde olan organik atıklara, bu organik atıkları fermantasyon sonucu biyogaza dönüştürecek bakterilere, bu bakterilerin çalışabileceği uygun ısı değerine ve oksijensiz bir ortama ihtiyaç duyulur. Bu yüzden bu biyolojik bakterilerin üreyip çoğalmasını önleyen dezenfekte ve sterilizasyon gibi ortamların oluşmaması gerekmektedir. Çünkü fermenterde gereğinden fazla miktarda bulunan amonyum metan verimini düşüreceğinden biyogaz tesisinden elde edilen verim azalmaktadır. Bunun önlenmesi için de bu atıkların içindeki nitrojen miktarı fazla olmayan maddeler ile karıştırılması verimi artırmaktadır [24].

Biyogaz üretiminde kullanılan atık maddelerden tek tek faydalanabileceği gibi atık maddelerin uygun miktarlarda karıştırılmasıyla da kullanılabilir. En genel itibariyle bu atık maddeler katı, sıvı ve endüstriyel atıklar olmak üzere gruplandırılmaktadır.

3.3.1. Bitkisel atıklar

Bitkisel ürünlerin işlenmesiyle ortaya çıkan Resim 3.1'de de gösterildiği gibi hububat, sap, saman, fındık ve şekerpancarı yaprakları gibi atıklardır. Ayrıca orman atıkları da biyogaz üretiminde kullanılan maddelerdendir [1].



Resim 3.1. Bitkisel atıklar [25]

3.3.2. Hayvansal atıklar

Resim 3.2’de gösterilen koyun, keçi, at, inek, tavuk gibi hayvanların gübreleri, mezbahalerdeki atıklar ve hayvansal ürünlerin işleme tabi tutulması sonucu ortaya çıkan atıklardır [25].



Resim 3.2. Hayvansal atıklar [25]

3.3.3. Kentsel ve endüstriyel atıklar

Kağıt, deri, gıda ve tekstil gibi sanayilerde oluşan atıklar, şehirlerdeki kanalizasyon sistemleri, dip çamurları gibi içinde organik madde miktarı fazla olan atıklardır. Bu atıklar nüfusu fazla olan büyükşehir belediyelerinin atıksu arıtma tesislerinde ve sanayi tesislerinde gelişen teknolojinin de yardımıyla biyogaz üretim tesislerinde kullanılmaktadır.



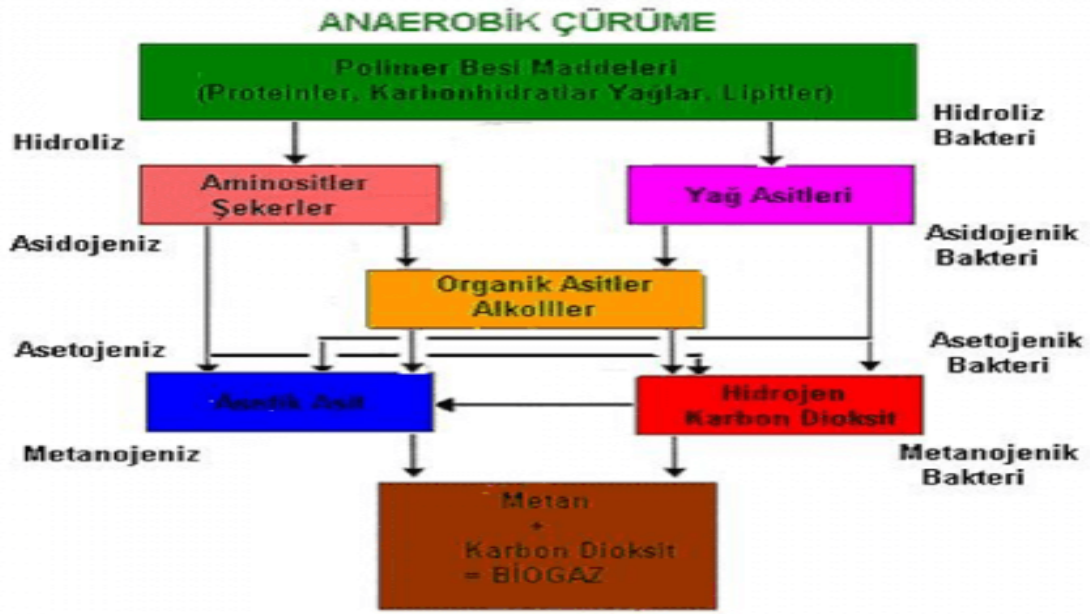
Resim 3.3. Endüstriyel atıklar [26]

3.4. Biyogazın Oluşum Safhaları

Anaerobik işlem, karmaşık yapılı organik moleküllerin oksijensiz ortamlarda ve uygun ısı koşullarında bakteriler yardımıyla parçalanıp CO₂, CH₄, H₂S, NH₃ gibi ara ürünlere dönüştürülmesidir. Bu işlem sırasında yağlar, karbonhidratlar, proteinler ve aminoasitler gibi karmaşık yapıdaki organik maddeler parçalanmakta ve bu işlemler sonucu ortaya çıkan metan miktarları da organik madde çeşidine göre farklılık göstermektedir. Örnek olarak yağların hidrolizi sonucu açığa çıkan metan miktarı karbonhidratların ve proteinlerin hidrolizi sonucu açığa çıkan metan miktarından daha fazladır.

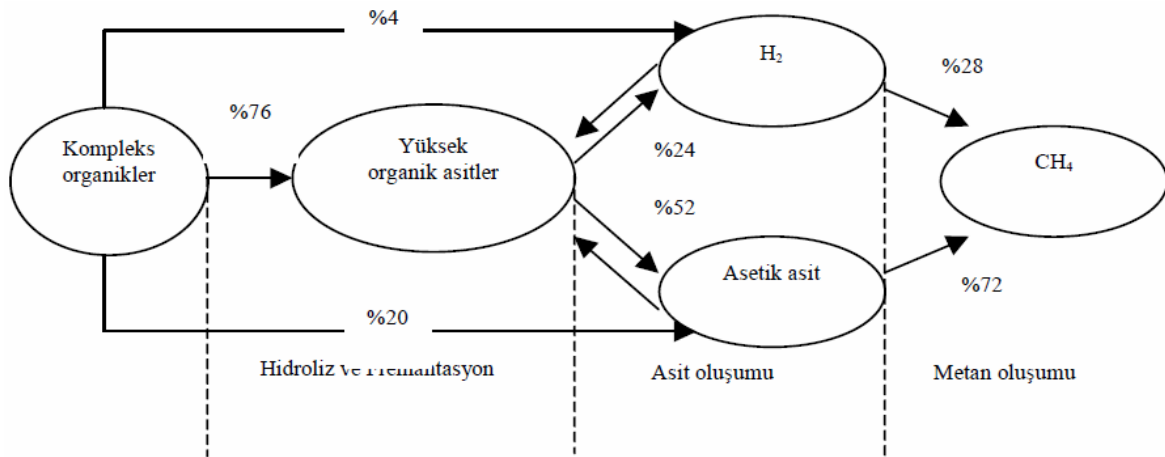
Anaerobik arıtma ile atıksuda bulunan organik maddeler biyogaza dönüştürülerek enerji elde edilmekte ve aynı zamanda ortamdaki kirlilik yükü de azaltıldığı için çevre kirliliğinin de önüne geçilmiş olmaktadır. Önceleri sadece çamurun çürütülmesi için kullanılan anaerobik arıtmanın, aerobik arıtmaya kıyasla daha az enerji gerektirmesi ve proses sonucu açığa çıkan metanın enerjiye dönüştürülmesi anaerobik arıtmanın daha yaygın kullanılmasını sağlamıştır.

Biyogazın oluşumu da organik maddelerin parçalanması esasına dayandığı için hayvansal ve bitkisel özellikteki maddeler hammadde olarak kullanılmakta ve bu işlem sonucunda karbondioksit ve yanıcı özellikte metan gazı açığa çıkmaktadır. Bu metan gazı oluşumu ise Şekil 3.3'de gösterildiği gibi birbiri ardına gelen 3 aşamadan oluşmaktadır [22].



Şekil 3.2. Anaerobik çürütmedeki bakteri grupları [14]

Organik maddelerin anaerobik şartlarda parçalanması Şekil 3.3’de gösterildiği gibi 3 kademede meydana gelmektedir.



Şekil 3.3. Anaerobik süreçte enerji akımı [13]

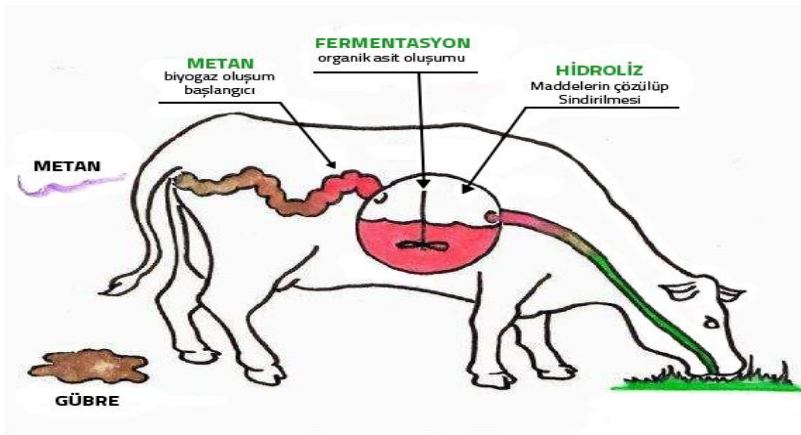
- Fermantasyon ve Hidroliz aşamasında karmaşık yapıdaki organik maddeler parçalanmakta,
- Asetik asit oluşumu aşamasında yapıtaşlarına ayrılan organik maddeler asetik asit ve H₂ ‘e dönüştürülmekte,

- Metan oluşumu aşamasında ise asetik asit ve H_2 , CO_2 'den CH_4 üretimi gerçekleştirilmektedir.

Bir anaerobik işlemin verimli bir şekilde gerçekleşebilmesi ve karmaşık organik maddelerin metana dönüştürülebilmesi amacıyla her bir aşamada Şekil 3.3'de gösterildiği gibi yapısı farklı bakteri grupları görev yapmaktadır. Bu bakteri çeşitleri, molekül ağırlığı yüksek olan maddeleri molekül ağırlığı düşük olan maddelere dönüştüren hidroliz bakterileri, asit bakterileri ve metan bakterileridir. Her bir bakteri grubu, kendinden önceki bakterilerin ürettiklerini girdi olarak kullanmakta ve kendinden sonraki bakterilerin kullanacağı besin maddelerini de çıktı olarak üretmektedir ve bu işlem zincirleme reaksiyon şeklinde tekrarlanmaktadır. Dolayısı ile metan hiçbir şekilde bir organizma tarafından tek başına üretilmemektedir [13].

3.4.1. Hidroliz aşaması

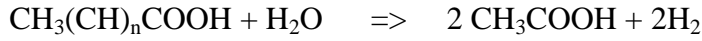
Öncelikle yapısında karbonhidrat, protein ve yağ bulunan uzun zincirli karmaşık moleküller hidrolitik bakteriler tarafından salgılanan selüler enzimler yardımıyla daha küçük ve basit yapıdaki kısa zincirli moleküllere ayrılırlar. Bu işlem sonucunda proteinlere aminoasitlere, karbonhidratlar ise glikoza dönüşmekte ve uçucu özelliği olan asetik asitler meydana gelmektedir. Bu yüzden bu devreye uçucu yağ asitlerin oluşum devresi de denmektedir [1]. Resim 3.4'de de biyogazın oluşum safhaları gösterilmektedir.



Resim 3.4. Biyogaz oluşum safhaları [27]

3.4.2. Asetik asitin oluşumu

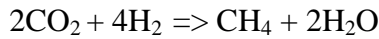
Bu aşamada hidroliz aşamasında meydana gelen uçucu asetik asitler asetogenik bakteriler tarafından hammadde olarak kullanılmaktadır. Uçucu yağ asitlerinin asetogenik bakteriler tarafından asetik aside dönüştürülmesi iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Asetogenik bakterilerinin büyük bir bölümü bu uçucu yağ asitlerini direk olarak kullanarak asetik asit ve hidrojene çevirmektedir.



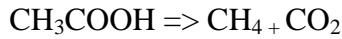
Asetogenik bakterilerin diğer bölümü ise karbondioksit ve hidrojeni hammadde olarak kullanırlar ve sonuçta asetik asit üretirler [28].

3.4.3. Metan oluşumu

Biyogaz oluşumunun son safhası olan metan oluşumu safhasında ise çevre şartlarına oldukça hassas olan metanojen bakteri grupları görev yapmaktadır. Bu aşamada metan iki farklı yolla üretilmektedir. Bakterilerin bir bölümü tarafından CO_2 ve H_2 'yi kullanılıp metan (CH_4) ve su (H_2O) üretilmektedir.



Diğer bakteri grupları ise ikinci aşamada oluşan asetik asitten metan üretmektedir.



İkinci yolla oluşturulan metan miktarı birinci yolla üretilen metan miktarında daha fazladır [25].

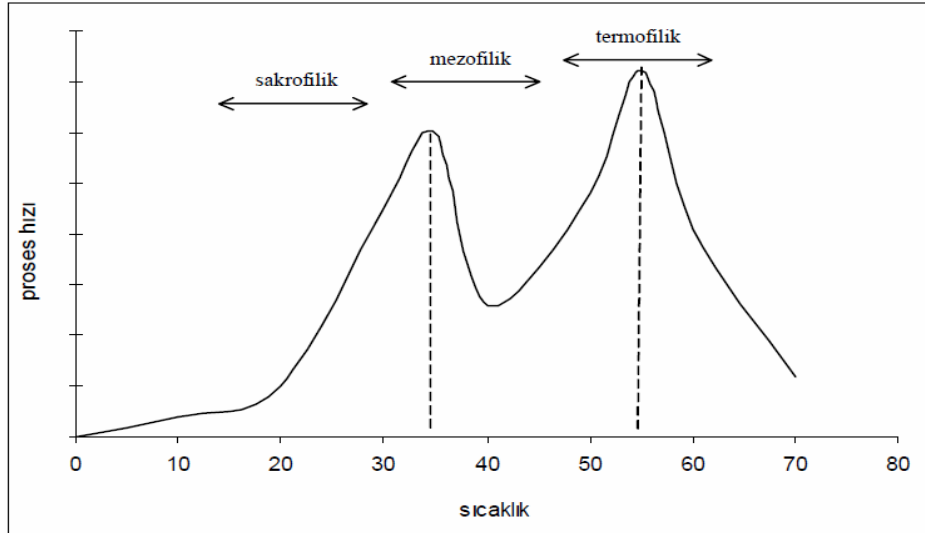
3.5. Biyogaz Üretiminde Etkili Faktörler

3.5.1. Sıcaklık

Anaerobik fermantasyonun verimli olmasını sağlayan etkenlerin başında sıcaklık gelmektedir çünkü bakterilerin üreyip gelişmeleri üzerinde sıcaklık değerleri doğrudan etkilidir. Her bakteri grubunun yaşayabileceği sıcaklık aralığı türler arasında değişkenlik göstermekle birlikte her bakteri grubunun optimal yaşayıp üreyebileceği bir sıcaklık değeri vardır. Şekil 3.4'de gösterildiği gibi bu sıcaklık değerlerinden alt ve üst limit değerlerine doğru yaklaşıldıkça üremenin yavaşladığı ve bu limit değerleri aşılmca bakterilerin üremesinin durduğu hatta ölümlerin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla ortam sıcaklığı üretilen biyogaz miktarını önemli ölçüde etkiler [13].

Değişik ortam sıcaklıklarında yaşayan bakteriler 3 gruba ayrılır.

- Sakrofilik bakteriler : 5-25 °C
- Mezofilik Bakteriler : 25-38 °C
- Termofilik Bakteriler : 50-60 °C aralığında yaşamaktadır.



Şekil 3.4. Anaerobik işlemde sıcaklık aralıkları [29]

Sakrofilik bakterilerin enzimleri -5 °C ile 20 °C arasında aktif olduğu için deniz ve göl gibi serin ortamlarda kolaylıkla üreyip yaşayabilirler. Soğuğu seven bu bakterilerin

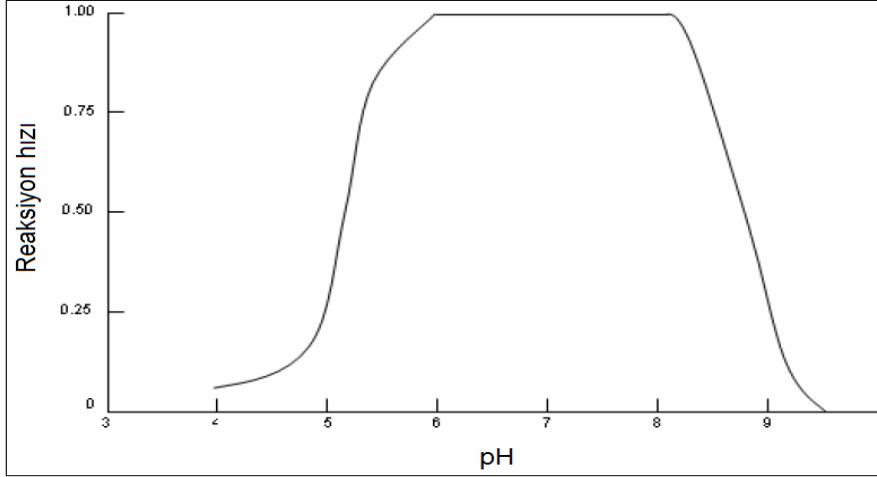
biyogaz üretim kapasitesi çok düşüktür çünkü sıcaklık düştükçe biyogaz üretim miktarı da düşmektedir. Aynı zamanda sıcaklık değerlerinin düşmesi hidrolik alıkoyulma süresinin de artmasına neden olur ki bu da kullanılacak reaktörün hacminin artması demektir. Kullanılacak reaktör hacminin artması ise ek maliyetler doğurur ki bu da istenmeyen bir durumdur. Bu yüzden biyogaz üretiminde bu bakteriler tercih edilmez. Sıcağı seven termofilik bakterilerde ise tam tersi bir durum söz konusudur. Bu bakterilerde sıcaklık artışından dolayı reaksiyon süresi azalacağı için üretim hızı artar. Ancak reaktörün bu şartlarda verimli çalışabilmesi ek enerji maliyetine neden olduğu için bu bakteriler de tercih edilmez. Sonuç olarak biyogaz üretiminde ara sıcaklıkta çalışan bakteriler olan mezofilik bakteriler tercih edilmektedir.

3.5.2. pH

Biyogaz oluşum sahasında sistemin verimini etkileyen bir diğer önemli unsur ise bakterilerin bulunduğu ortamın pH değeridir. Her enzimin belli bir pH aralığında aktive olması nedeniyle pH düzeyi bakteriler üzerinde çok etkili olmaktadır.

Üç aşamalı biyogaz üretim safhasında her safhada değişik bakteri grupları görev yaptıkları için her safhadaki bakteri grubunun optimal çalışabileceği pH düzeyi değişkenlik göstermektedir. Asetojenler için uygun pH aralığı 5,5 - 6,5 iken, metanojenler için uygun pH aralığı 6,5-8 dir. Asetojenler ve metanojenler birlikte çalıştıkları için ortam pH 'ı her iki bakteri grubu için de uygun olmalıdır. Dolayısıyla hızlı ve verimli metan üretimi için ortam pH'ı 6,5 – 7,5 aralığında olmalıdır. Yüksek pH değerlerine ulaşılması durumunda ise metan üretim miktarı önemli ölçüde azalmaktadır.

Asetik asit oluşum safhasında asedik asit oluşması ve ortamda gereğinden fazla organik maddenin olması durumlarında ortam pH'ı düşmeye başlar. Aynı zamanda asit üreten bakterilerin metan üreten bakterilerden hızlı çoğalması sonucunda pH düzeyi düşer. Bu yüzden düşük değerdeki pH seviyesini yükseltmek için ise ortama kalsiyum hidroksit, sodyum bikarbonat vs. gibi alkali kimyasallar eklenerek sistem pH'nın sürekli denetim altında tutulması sağlanır. Anaerobik işlemden reaksiyon hızının pH'a bağlı değişimi Şekil 3.4'de gösterilmektedir [30].



Şekil 3.5. Reaksiyon hızının pH ile ilişkisi

3.5.3. C / N oranı

Biyogaz oluşum safhasında görev yapan bakteri grupları her canlı gibi gerek hayatlarını sürdürebilmeleri gerekse de çoğalabilmeleri için temel besin maddelerine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu temel besin maddelerinin başında ise azot ve karbon kaynakları gelmektedir. Biyogaz üretim sürecinde karbon bakteri grupları tarafından enerji kaynağı olarak kullanılırken azot, bakteri gruplarının üreyip çoğalması için kullanılmaktadır. Dolayısı ile her iki element de biyogaz üretimin vazgeçilmez unsurlarındandır.

En genel olarak organik maddelerdeki karbon ve azot elementleri arasındaki ilişkiye C/N oranı denir. Bu oran organik maddelerin yapısına göre Çizelge 3.1’de gösterildiği gibi farklı değerler almaktadır. Organik maddelerdeki karbonun ana kaynağı karbonhidratlar iken azotun ana kaynağı protein ve amonyaktır. Dolayısıyla saman, çim gibi organik maddelerde karbon miktarı fazla iken canlı dışkılarında azot miktarı fazladır.

Çizelge 3.1. Organik maddelerin C/N oranları [31]

Yüksek Karbon İçerikli Materyaller	C / N
Yapraklar	30 - 80 : 1
Saman	40 - 100 : 1
Ağaç Kırıntıları ve Talaş	100 - 500 : 1
Karışık Kağıt	150 - 200 : 1
Gazete veya Oluklu Mukavva	560 : 1
Yüksek Nitrojen İçerikli Materyaller	C / N
Sebze Parçaları	15 - 20 : 1
Kahve Artıkları	20 : 1
Çim	15 - 25 : 1
Gübre	5 - 25 : 1

Biyogaz üretilirken anaerobik reaktörlerde olması gereken C/N oranı 20 ile 30 arasında değişmektedir. Bu sınır değerlerin aşılması veya bu sınır değerlerin altında kalınması durumları biyogaz üretimini olumsuz etkilemektedir. C/N oranının olması gerekenden yüksek olması durumunda nitrojenin metanojen bakteriler tarafından hızlı tüketilir bunun sonucu olarak da üretilen gaz miktarı azalmaktadır. C/N oranının sınır değerlerin altında kalması durumunda ise ortamdaki amonyak miktarı olması gereken seviyenin üstüne çıkarak ortam pH'nın artmasına neden olmaktadır. Bu da metanojen bakteriler üzerinde toksik etki yaratır. Dolayısıyla ortamdaki C/N oranı ortam pH'ı üzerinde de etkili olmaktadır [31].

3.5.4. Karıştırma

Bu karıştırma işlemi ile reaktörde biriken gazın daha kolay biriktirilmesi ve sisteme yeni giren organik maddelerin bakteri gruplarıyla daha kolay temasa geçirilmesi sağlanarak verimin artırılması amaçlanmaktadır. Aynı zamanda bu işlemle yüzey gerilimi de ortadan kaldırılacağı için biyogazın tahliyesi işlemi daha kolay olmakta ve çökelme de önlenmiş olmaktadır. Karıştırma işleminin bir diğer faydası da ısı dağılımı daha dengeli olacağı için bakteri dağılımının da homojen olmasıdır.

Karıştırma işlemi verimi arttırmakta fakat gereğinden fazla karıştırma işlemi pH dengesini bozarak sistemde kararsızlığa neden olmaktadır. Bu yüzden karıştırma işleminin aşırılığa kaçılmaması önem arz etmektedir [29].

3.5.5. Organik madde yükleme hızı

1 m³ hacimdeki biyogaz reaktörlerine her gün eklenen organik madde miktarına organik madde yükleme hızı denilmektedir. Fermantasyon sürecinde üretilen biyogaz miktarını etkileyen bir diğer önemli faktör organik madde yükleme hızıdır. Çünkü fermantasyon sürecinde görev yapan bakteri grupları bu faktörden direk olarak etkilenmektedir.

Organik madde yükleme hızının yüksek olması biyogaz reaktörü içinde biriken asit miktarını artırır ve ortam pH'ını düşürür. pH seviyesinin düşmesi ise metanojenik bakterileri olumsuz etkilemektedir. Bunun sonucunda biyogaz üretim miktarı azalmakta hatta durma noktasına gelmektedir. Organik madde yükleme hızının olması gerekenden daha düşük seviyede olması durumunda da üretilen gaz miktarı azalmaktadır. Bu yüzden organik madde yükleme hızının belirli bir aralıkta olması gerekmektedir [31].

3.5.6. Fermantasyon süreci

Hidrolik alıkonma süresi olarak da adlandırılan fermantasyon süresi organik maddelerin bakterilerce parçalanması için gereken süredir. Bu fermantasyon süresi ortamın sıcaklığına, reaktör tipine ve ortamdaki katı miktarına bağlı olarak değişmektedir.

Sıcaklıkla fermantasyon süresi arasında negatif korelasyon vardır. Sıcaklık arttıkça fermantasyon süresi azalmaktadır. Aynı zamanda ortamdaki katı miktarı da arttıkça su yoğunluğu azalacağı için fermantasyon süresi de artar. Son olarak organik madde içeriği de fermantasyon süresi üzerinde etkilidir. Bozunma hızı arttıkça hidrolik alıkonma süresi azalır [22].

3.5.7. Toksik maddeler

Biyogaz oluşum safhasında oksijen ve asit gibi maddelerin farklı konsantrasyonlarda bulunması bakterilerin üreyip gelişmesini engelleyerek toksik etki yaratabilmektedir. Aynı zamanda çinko, kurşun ve bakır gibi ağır metallerin de az miktarlarda bulunma biyolojik aktiviteyi artırırken fazla miktarlarda bulunması bakteriler

üzerinde toksik etki yaratabilmektedir. Bu yüzden tüm maddelerin uygun bir konsantrasyon değerinde olması gerekmektedir [22].

3.5.8. Anaerobik ayrışma için optimum çevre koşulları

Anaerobik arıtmada görev yapan bakteri gruplarının verimli bir şekilde çalışabilmesi için en uygun çevre koşulları aşağıda Çizelge 3.2' de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Anaerobik bakteriler için en iyi çevre koşulları [4]

Parametre	En Uygun Koşullar
ARITILAN ATIĞIN BİLEŞİMİ	Karbon, temel (N,P) ve iz elementler bakımından dengeli olmalı, O ₂ , NO ₃ , H ₂ O ₂ , SO ₄ gibi oksitleyici maddeler, toksit ve inhibitör elementler içermemeli
KOİ/N/P	300/5/1
pH	6,5-8,2
SICAKLIK	25-40 (35-37)°C~50-60 (55)°C
ALKALİNİTE	1000-4000 (2000) mg/L CaCO ₃
ASETİK ASİT	<1000-1500 mg/L
ASETİK ASİT /ALKALİNİTE	<0,1

3.6. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Reaktör Grupları

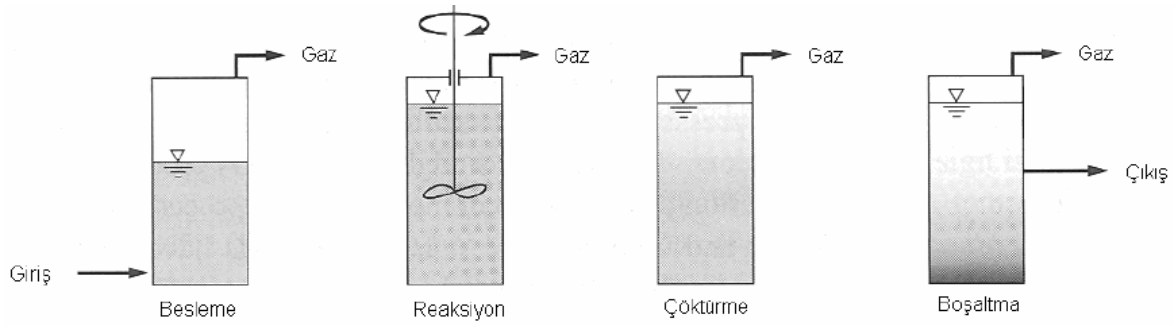
3.6.1. Reaktörün tanımı

Reaktör, en genel tanımıyla içerisinde çeşitli kimyasal veya biyolojik reaksiyonların meydana getirildiği yatay ve dikey tipleri olan endüstriyel kablarn adıdır. İçlerinde meydana gelen reaksiyon tiplerine göre farklı isimler alabilmektedir. Örnek olarak polimerleşme reaktörlerinin içerisinde polimerleşme meydana gelirken, nükleer reaktörlerin içerisinde nükleer reaksiyonlar meydana gelmektedir. Resim 3.5'de sanayide kullanılan reaktör çeşitleri gösterilmektedir.



Resim 3.5. Sanayide kullanılan yatay/dikey reaktörler [32]

Katı-sıvı ve sıvı-sıvı karışımlarının olduğu reaktörlerde karışımın homojen olması için genellikle karıştırıcılar kullanılırken gaz karışımlarının olduğu reaktörlerde böyle bir karıştırıcıya gerek olmamaktadır. Şekil 3.6'da reaktör sisteminin proses şeması gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Reaktör sistemi akım şeması [14]

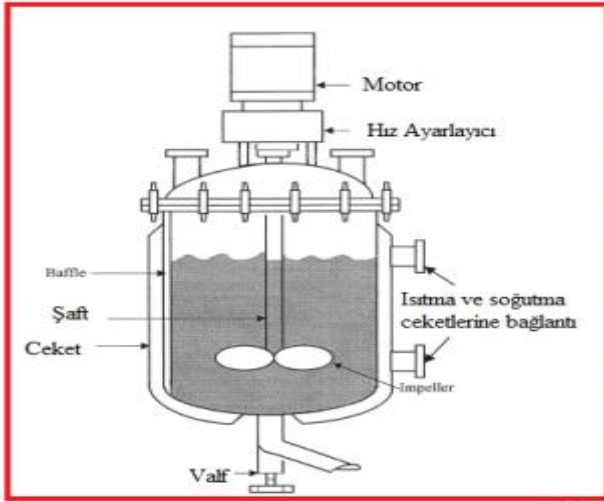
3.6.2. Reaktör çeşitleri

Sanayide kullanılan reaktörler çalışma şekillerine göre;

- Kesikli işlem methoduyla çalışan reaktör
- Yarı kesikli işlem methoduyla çalışan reaktör
- Sürekli işlem methoduyla çalışan reaktör olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır.

3.6.2.1. Kesikli işlem metoduyla çalışan reaktörler

Endüstride boya ve ilaç sektöründe kullanılan reaktörlerin çoğu kesikli işlem mekanizması ile çalıştırılırlar. Reaktöre konulan bakterilerin fermantasyonu sırasında bakterilerin üreyip sayılarının belirli bir seviyeye çıkmasına kadar beklenmekte ve daha sonra reaktör boşaltılmaktadır. Bekleme süresi kullanılan organik atığa ve ortam sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Periyodik olarak devam eden bu işlemde fermantasyon süresince reaktöre herhangi bir madde girişi ve çıkışı yapılmamaktadır [22].



Şekil 3.7. Kesikli tip reaktör [33]

Yukarıda Şekil 3.7’de de görüldüğü üzere kesikli reaktör içerisinde karıştırıcı ve ısıtma-soğutma sistemi bulunmaktadır. Isıtma-soğutma sistemi ile sıcaklığın istenilen aralıkta olması sağlanmakta iken karıştırıcı ile reaktör içindeki ortamın homojen olması sağlanmaktadır.

Kurulumunun kolay olması, maliyetinin düşük olması ve işletilmesinin basit olması gibi faktörler kesikli reaktörün endüstride yaygın kullanılmasını sağlamıştır. Buna karşılık reaktörün doldurulup boşaltılması esnasında geçen zaman vakit kaybına neden olmaktadır. Aynı zamanda reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli sıcaklık seviyesine ulaşmak ve reaksiyon bittikten sonra soğutma işlemleri için ciddi bir enerji ve zaman gerekmekte, bu da ek işletme maliyetlerine neden olmaktadır [33].

3.6.2.2. Yarı kesikli işlem metoduyla çalışan reaktörler

Yarı kesikli reaktörün kullanıldığı durumlarda fermantasyon işlemi esnasında reaktöre devamlı madde eklenip ürün uzaklaştırılmaması nedeniyle zamana bağlı olarak işlem hacmi artmaktadır. Bu sistemde reaktörün belli bir kısmı ilk olarak organik atık ile doldurulmakta, daha sonra geri kalan hacim günlük olarak fermantasyon süresine göre doldurulmaktadır [33].

3.6.2.3. Sürekli işlem metoduyla çalışan reaktörler

Sürekli işlem metoduyla çalışan reaktörlerde sisteme madde eklenmesi ve sistemden ürün uzaklaştırılması işlemi aynı anda olmaktadır. Sisteme eklenen madde kadar sistemden madde dışarı çıkarılmaktadır. Bu yüzden sisteme madde giriş ve sistemden ürün çıkış hızları reaktör hacmi sabit olacak şekilde ayarlanmaktadır [33].

3.7. Biyogazın Kullanım Yerleri

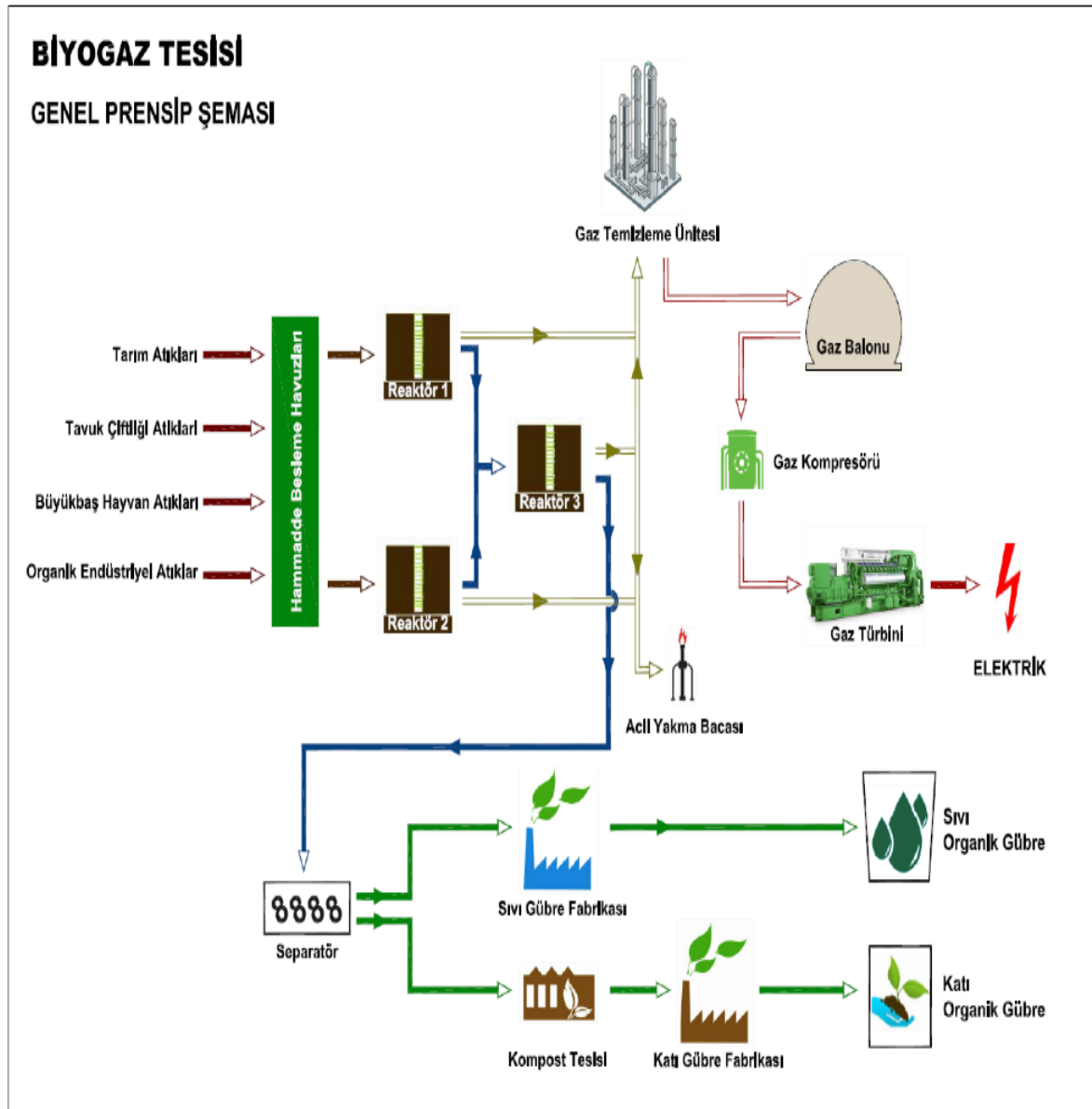
1 m³ biyogazdan elde edilen ısı miktarı 4500 - 5800 kcal arasında değişmektedir. Bu da yaklaşık olarak;

- 3,47 kg odun kömürü
- 1,46 kg odun
- 0,43 kg bütan gazı
- 0,62 lt gaz yağı
- 0,50 kg motorin
- 0,56 kg fuel-oil
- 4,7 kWh elektrik enerjisine eşdeğerdir.

1 m³ biyogaza karşılık eşdeğer yakıt miktarları ise

- 0,25 m³ propan gazı
- 0,66 lt motorin
- 0,75 lt benzin şeklinde sıralanabilir.

Biyogazın doğalgaz ile kullanım alanları neredeyse aynı olduğu için doğalgazın kullanıldığı alanlarda biyogaz da kullanılabilir. Biyogaz doğrudan ısıtma ve aydınlatmada kullanılabilir gibi jeneratör, kojenerasyon gibi ekipmanlar yardımıyla elektrik ve mekanik enerjisine dönüştürülerek de kullanımı mümkün olmaktadır. Bu gazın sıkıştırılması sonucu oluşan sıkıştırılmış doğalgaz (CNG) da motorlu araçlarda yakıt olarak kullanılabilir. Elde edilen biyogazın ısıtma, aydınlatma ve motorlarda kullanımı haricinde doğrudan elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için de kullanılmaktadır. Ayrıca biyogaz üretildikten sonra ortaya çıkan yan ürünler de çeşitli sektörlerde değerlendirilmektedir [34].



Şekil 3.8. Biyogaz tesisi genel şeması [1]

Şekil 3.8’de Biyogazla çalışan bir arıtma tesisinin genel prensip şeması gösterilmektedir. Organik maddenin depolandığı kısım olan fermentör, anaerobik ortamın oluşmasını sağlayacak şekilde içerisine hava almayacak şekilde tasarlanmaktadır. Fermentörün içinde bulunan ısıtıcı vasıtasıyla sıcaklığın 35°C de olması sağlanır, çünkü fermentör sıcaklığının düşmesi bakteri aktivitelerini doğrudan etkileyerek verimi düşürdüğü için gaz üretimi azalmaktadır. Karıştırıcı vasıtasıyla da fermentör içinde homojen bir ortamın oluşması sağlanmaktadır. Gaz deposu, açığa çıkan biyogazın hem bir yerde birikmesini sağlamak hem de gaz basıncını dengelemek amaçlı kullanılır. Gübre deposu ise tesise gelen organik maddelerin reaksiyona girmeden önce depolandığı bölümdür [1].

3.7.1. Biyogazın ısıtmada kullanılması

Biyogazın yarısından fazlasını oluşturan metan (CH_4) gazının yanıcı özelliğinden dolayı biyogazın havayla yaklaşık 1/7 oranında karışımı sonucu tam yanma meydana gelmektedir. Yanma sonucu meydana gelen ısı enerjisinden Resim 3.6’da gösterilen gaz yakıtla çalışan ocak, fırın ve termosifon gibi aletlerde yararlanılabilmektedir [25].



Resim 3.6. Biyogazın ısıtma amaçlı kullanımı [1]

3.7.2. Biyogazın aydınlatmada kullanılması

Biyogazın aydınlatma amaçlı kullanılmasında doğrudan yanmada kullanım ve elektrik enerjisine çevrilerek kullanım olmak üzere iki farklı yöntem bulunmaktadır. Biyogaz doğrudan aydınlatmada kullanılırken sıvılaştırılmış gaz ile çalışan özel lambalar kullanılmaktadır. Bu özel lambaların tasarımı yapılırken de çıkan ısıyı geri vererek alevin

daha fazla olmasını sağlayan özel bir fanus kullanılmaktadır [3]. Aşağıdaki Resim 3.7'de de biyogazla çalışan bir otobüs gösterilmektedir.



Resim 3.7. Biyogazla alışan otobüs [3]

3.7.3. Biyogazın motorlarda kullanılması

Biyogazın motorlu taşıtlarda ve doğal gaz hatlarında verimli bir şekilde kullanılabilmesi için biyogaz bileşimindeki metan (CH_4) oranının arttırılarak %96-97 seviyelerine kadar çıkarılması gerekmektedir. Çünkü bileşiminde %97 oranında metan bulunan biyogaz 1 litre benzine eşdeğerdir. Metan oranının arttırılması işlemi ise biyogaz içindeki CO_2 'nin ayrıştırılmasıyla gerçekleştirilir. Metan oranının artması sonucu biyogazın ısıl değer artmakta ve depolama için daha küçük tanklara ihtiyaç duyulmaktadır.

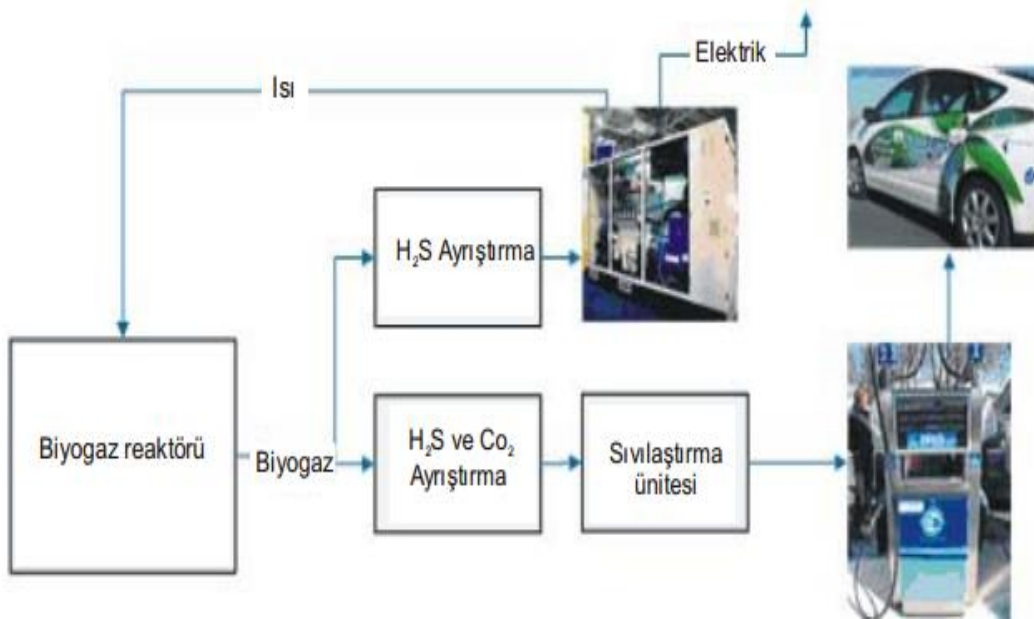
Günümüzde biyogazın içeriğinde bulunan CO_2 nin uzaklaştırılması için suda çözme, polietilen glikol ve membran ayrıştırma olmak üzere başlıca 3 method kullanılmaktadır.

Ayrıca CO_2 ayrıştırılmasına ilaveten mekanik ekipmanlarda korozyona neden olan H_2S 'nin de 17 ppm altına düşürülmesi gerekmektedir. Motor, kompresör ve depolama tanklarında korozyon oluşumunu önlemek için H_2S 'nin de biyogazdan uzaklaştırılması gerekmektedir.

H₂S 'nin biyogazdan uzaklaştırılması için ise;

- Biyogaz reaktörüne O₂ ilavesi
- Biyogaz reaktörüne demir klorür ilavesi
- Aktif karbon kullanımı
- Polietilen glikol
- Su ile ayırıştırma yöntemleri olmak üzere başlıca 6 metod kullanılmaktadır [15].

Aşağıdaki Resim 3.8'de biyogaz içindeki H₂S ve CO₂'nin biyogazdan uzaklaştırılarak biyogazın farklı kullanım alanları gösterilmiştir.



Resim 3.8. Biyogazın kullanım şekilleri [15]

3.7.4. Biyogazın yan ürün olarak kullanılması

Anaerobik fermantasyon sonucunda organik gübre elde edilmesi mümkündür. Fermantasyon sonucunda patojenik bakterilerin büyük bir kısmı bertaraf edildiği için organik gübre verimi artmaktadır [11].

4. TATLAR ATIKSU ARITMA TESİSİ (Atıksuyun, enerji ve suya dönüştüğü yer)

1 Ağustos 1997’de hizmete giren Tatlar Atıksu Arıtma Tesisi kapasite bakımından Ülkemizin en büyük, Dünya'nın da 4. en büyük atıksu arıtma tesisidir. 1992 yılında Alman hükümet kredisi kullanılarak yapımına başlanan tesis pıssu toplama kollektörlerinin inşaatı (BAKAY-Büyük Ankara Kanalizasyon ve Yağmur Suyu Projesi) ile aynı anda işletmeye alınmıştır.

Yağışın olmadığı günlerde 765 000 m³, yağışın olduğu günlerde ise 1 530 000 m³ atıksu arıtabilecek kapasitede olan tesisin, 2025 yılına kadar kademeli olarak kapasitesi artırılarak yağışsız havalarda 1 380 000 m³, yağışlı havalarda ise 2 750 000 m³ atıksuyu arıtabilecek kapasiteye ulaşması öngörülmektedir.

Tesisin tam kapasitede çalışması durumunda 600 000 m³ biyogaz elde edilmektedir. Elde edilen biyogazın bir kısmı tesis içindeki binaların ve çamur özümleme tanklarının ısıtılmasında, bir kısmı ise her biri 1,65 MW gücünde iki adet jeneratör ile biyogazdan elektrik enerjisi üretilmesinde kullanılmaktadır. Üretilen bu elektrik enerjisi tesisin tüm elektrik ihtiyacının yaklaşık %80'ini karşılamaktadır. Böylece bu şekilde biyogaz kullanılarak elde edilen elektrik enerjisi ile yıllık 8,5 milyon TL tasarruf edilmektedir [35].



Resim 4.1. Tatlar AAT genel görünüm [35]

Tesise gelen atıksu içindeki AKM (Askıda Katı Madde) oranı yaklaşık 300 mg/L olup arıtma tesisinde %90 verimle arıtma yapılması durumunda çıkış desarj hedef değeri olan 30 mg/L 'den daha düşük seviyelere indirilebilmektedir. Ayrıca arıtma tesisi sayesinde atıksudaki BOİ₅ konsantrasyonunun 8 mg/L altına düşürülmesi sonucu alıcı akarsu havzasındaki su kalitesinin IV. sınıftan II. sınıfa yükseltilmesi sağlanmıştır. Böylece atıksulardan kaynaklanan kirliliğin önüne geçilmiştir. Kirliliği az olan atıksu Resim 4.1'de de görüldüğü gibi Ankara çayına verilmektedir.

Tesiste atıksuyun arıtılması sonucunda, %25-30 oranında kuru madde içeren 650 m³ civarında yan ürün olan çamur keki oluşmaktadır. Açığa çıkan bu yan ürün organik besin maddeleri bakımından zengin olduğu için bir kısmı hem toprak kalitesini iyileştirmek hem de tarımda gübre olarak kullanılmakta iken diğer kısmı ise katı atıkları işleyen tesislerde yakılarak ısı enerjisinden elektrik enerjisi üretilmesinde kullanılmaktadır [36].

4.1. Temel Tasarım Kriterleri

Çizelge 4.1. AAT Temel tasarım kriterleri [36]

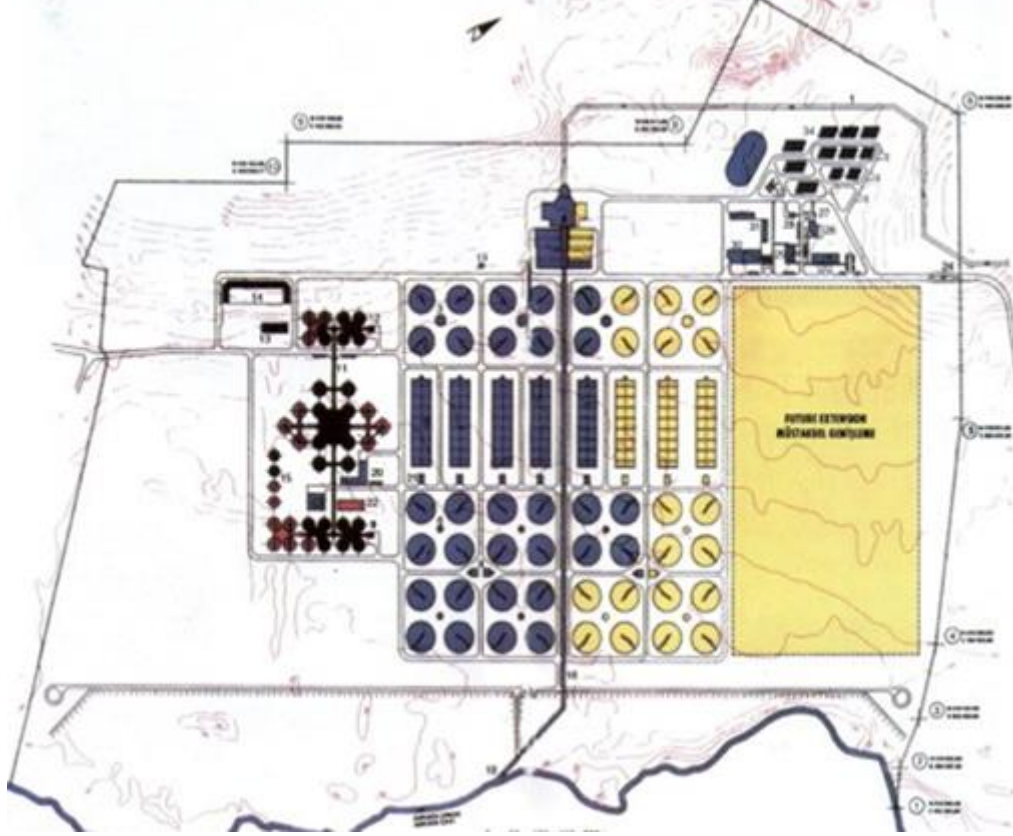
TEMEL TASARIM KRİTERLERİ			
Genişletme aşamaları	1.Aşama	2.Aşama	3.Aşama
Proses hattı sayısı	2½	3	4
Tahmini nüfus	3.277.000	3.970.000	4.859.000
Eşdeğer nüfus	3.920.000	4.833.000	6.288.000
Ortalama atıksu miktarı, metreküp/gün	765.000	971.000	1.377.000
Ortalama kuru hava debisi, metreküp/sn	8,85	11,24	15,94
Maksimum kuru hava debisi, metreküp/sn	10,19	12,93	18,33
Maksimum yağışlı hava debisi, metreküp/sn	17,71	22,48	31,88
BOİ5 yükü (60 gr/kişi/gün), kg/gün	235.175	290.000	377.300
Ham ve fazla çamur (%1,5 KM, yoğunlaştırılmamış), metreküp/gün	20.907	25.778	33.538
Özümlemiş çamur (%3,3 KM), metreküp/gün	6272	7733	10.061
Bant filtre presi sonrasında çamur keki (%30 KM), metreküp/gün	704	869	1130
BOİ5 konsantrasyonu, mg/l	< 30		
Filtre edilebilir katılar, mg/l	< 30		

Avrupa'nın ve Dünya'nın kapasite bakımından sayılı tesislerinden olan Tatlar Atıksu Arıtma Tesisi'nin kapasitesi Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere 2025 yılına kadar aşamalı olarak arttırılacaktır. Tesisin tamamlanması üç aşamada gerçekleşecektir. 1. aşamada (2002 yılına kadar) 3 900 000 kişilik eşdeğer nüfusa hizmet veren tesis, 2. aşamada (2010 yılına kadar) 4 900 000 kişilik eşdeğer nüfusa hizmet vermiş ve nihai olarak da 3. aşamada (2025 yılında) 6 300 000 kişilik eşdeğer nüfusa hizmet vermesi öngörülmektedir.

Tesisin yeri de Ankara'nın gelecekteki genişlemesi dikkate alınarak 2025 yılına kadar şehir dışında olacak şekilde belirlenmiştir.

4.2. Tesisin Konumu ve Vaziyet Planı

ANKARA MERKEZİ ATIKSU ARITMA TESİSİ GENEL VAZİYET PLANI



Şekil 4.1. Tatlar AAT genel vaziyet planı [35]

- | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 1- ANA KUŞAKLAMA HATTI | 12- ÖZÜMLENİŞ ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRICI | 23- GÜÇ İSTASYONU |
| 2- ÖN ARITMA İSTASYONU | 13- MEKANİK ÇAMUR KURUTMA İST. | 24- NİZAMİYE |
| 3- DAĞITIM ODASI İLK ÇÖKELTME | 14- ÇAMUR KEKİ DEPOLAMA ALANI | 25- İDARİ BİNA |
| 4- İLK ÇÖKELTME TANKLARI | 15- GAZ DEPOLAMA TANKLARI | 26- YEMEKHANE |
| 5- HAVALANDIRMA TANKLARI | 16- ACİL TAŞKIN SAVAĞI | 27- BÜFE |
| 6- DAĞITIM ODASI SON ÇÖKELTME | 17- DEBİ ÖLÇER | 28- ISI MERKEZİ |
| 7- SON ÇÖKELTME TANKLARI | 18- ÇIKIŞ YAPISI | |
| 8- GERİ DÖNÜŞ POMPA İST. | 19- HAVAI ENERJİ HATTI GİRİŞ NOKTASI | |
| 9- HAM ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRICI | 20- ELEKTRİK AKTARIM İSTASYONU | |
| 10- ÖZÜMLEYİCİLER | 21- ELEKTRİK ALT ENERJİ DAĞITIM İST. | |
| 11- BORU HATTI TÜNELİ | 22- DEKANTÖR İSTASYONU | |

Genel vaziyet planı Şekil 4.1' de gösterilen Tatlar Atıksu Arıtma Tesisi, 2 000 000 m² açık alanda 90 000 m² 'lik bir alana kurulmuştur. Tesiste Ankara ilinden gelen atıksuyun önemli bir kısmı arıtılarak arıtma sonucunda açığa çıkan biyogazdan elektrik enerjisi elde edilmektedir. Üretilen elektrik enerjisi de tesis içinde kullanılmaktadır.

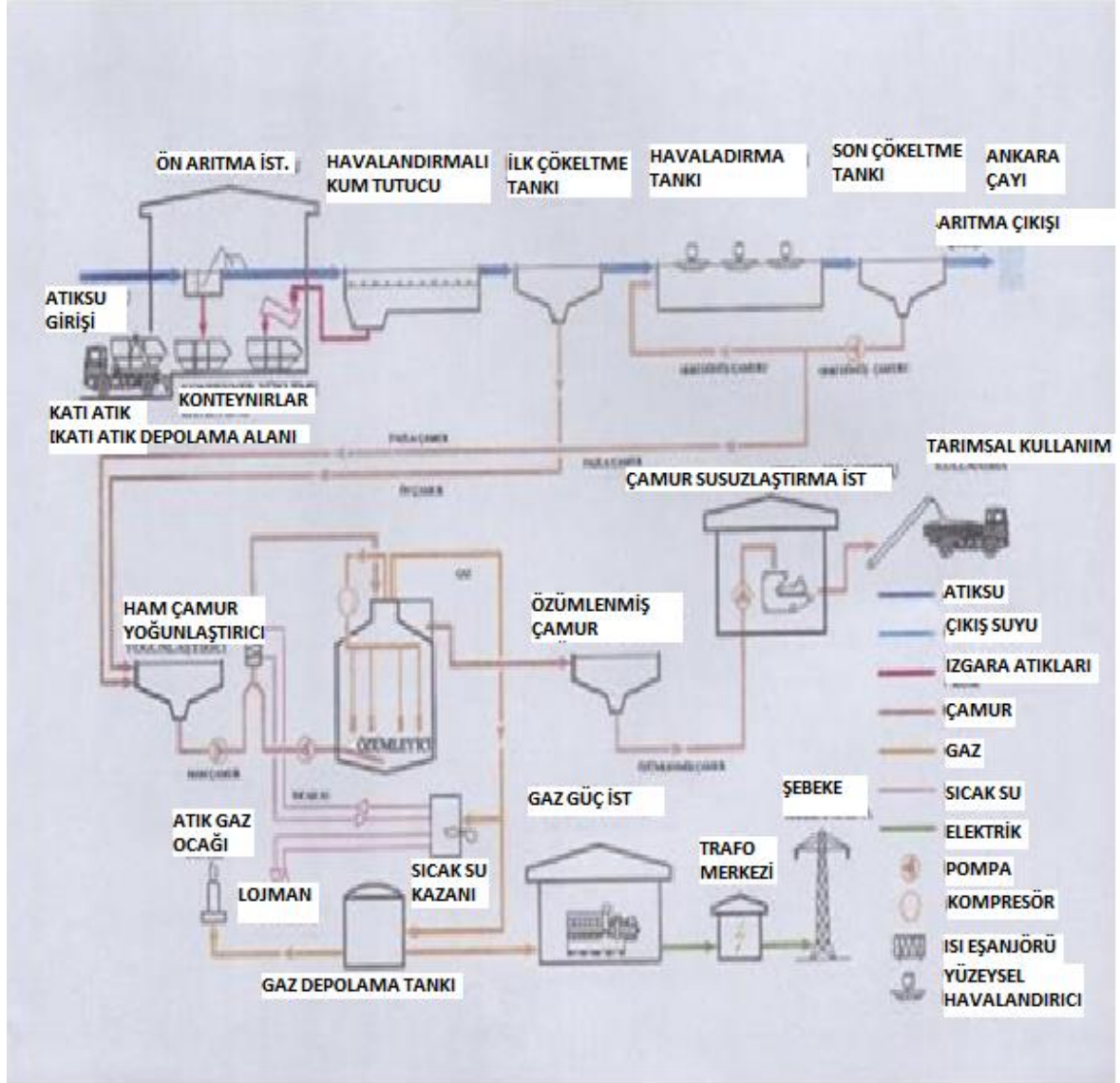
Ankara kent merkezine 40 km uzaklıkta, Sincan ilçesindeki Tatlar Köyü civarında bulunan tesis yaklaşık 190 hektarlık bir alana kurulmuştur. Tesisin topoğrafisi atıksuyun arıtma tesisine tamamen cazibe ile ulaşmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece pompa istasyona ihtiyaç olmadığı için enerjiden tasarruf edilmektedir [36].

4.3. Arıtma Prosesi

Tatlar Atıksu Arıtma Tesisi

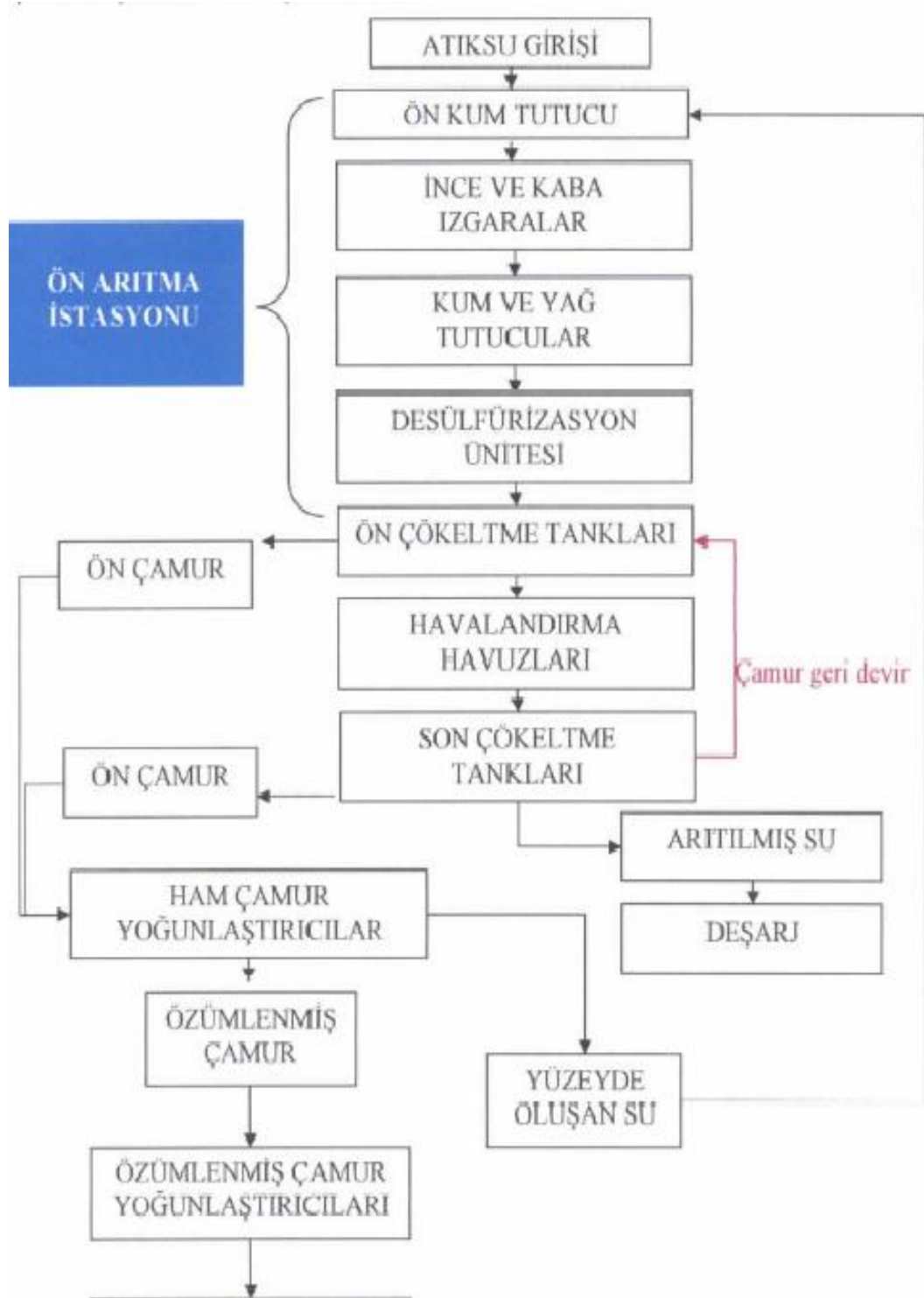
- Ön Arıtma Ünitesi
- Ön Çökeltme Havuzları
- Havalandırma Havuzları
- Son Çökeltme Havuzları
- Geri Dönüş Çamuru Pompa İstasyonu
- Ham Çamur Yoğunlaştırma Havuzları
- Çamur Özümleyiciler (Digesters)
- Biyogaz Güç İstasyonu
- Gaz Depolama Tankları
- Özümlemiş Çamur Yoğunlaştırma Havuzları
- Çamur Susuzlaştırma Ünitesi
- Sosyal Donatılardan oluşmaktadır [35].

Tatlar Atıksu Arıtma Tesisine ait şematik görünüm Şekil 4.2' de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Tatlar AAT şematik görünüm [35]

4.4. İş Akım Şeması



Şekil 4.3. Tatlar AAT iş akım şeması [36]

Su kısmı ve çamur kısmı olarak iki bölümden oluşan Tatlar Atıksu Arıtma Tesisinin iş akım şeması Şekil 4.3'de gösterilmektedir.

4.5. Tatlar Atıksu Arıtma Tesis Üniteleri

4.5.1. Ön arıtma istasyonu

Ön arıtma istasyonu, atıksuyun arıtıma hazır hale getirilmesi için birtakım ön işlemlerin yapıldığı bölümdür. Ön kum tutucular, kaba ve ince ızgaralar, havalandırılmalı kum/yağ tutucular ve desülfürizasyon ünitesi olmak üzere başlıca dört ünitelerden oluşmaktadır. Ön kum tutucularında atıksu içindeki kum ve benzeri ağır maddeler tutulmakta iken 5 adet kaba ızgarada 40 mm'den büyük, 5 adet ince ızgarada ise 15 mm'den büyük katı maddeler ayıklanıp konteynerlere boşaltılarak bertaraf edilmektedir. Herbiri 584 m³ hacmindeki 10 adet havalandırılmalı kum/yağ tutucu havuzlarda ise ön kum tutucularında tutulamayan daha ince yapıdaki maddeler ile su üstünde yüzen yağ ve köpük gibi maddeler tutulmaktadır. Bu kum tutucu havuzların diplerindeki difüzörler yardımı ile çökelen kum gezer köprü ile toplanarak dalgıç pompalar ile kum ayırıcılara gönderilmekte ve burada kum ile suyun ayrılması sağlanmaktadır. Aşağıdaki Resim 4.2'de Tatlar AAT'deki kum ve yağ tutucu ünite gösterilmektedir.



Resim 4.2. Tatlar AAT kum ve yağ tutucu

Ön arıtma ünitesinde bir de Demir Sülfat Dozlama Ünitesi bulunmaktadır. Buradan giriş suyuna Demir sülfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) çözeltisi dozlanarak özümleme tanklarında açığa çıkan biyogaz içerisindeki Hidrojen sülfür (H_2S) oranı düşürülerek, biyogaz motorlarında ve tesisatta oluşabilecek korozyona karşı önlem alınmaktadır [36].

4.5.2. Ön çökeltme havuzları

Kum tutuculardan çıkan atıksu dağıtım odasından geçerek her biri $7,600 \text{ m}^3$ hacminde 50 m çapında 10 adet çift savaklı dairesel ön çökeltme havuzlarına gönderilerek burada 1,5 saat bekletilmektedir. Bu kısımda ön arıtma ünitesinde çöktürülemeyen, askıda kalan ve yüzen maddelerin atıksudan uzaklaştırılması sağlanır. Ön çökeltme havuzlarında dibe çöken çamur pompa kullanılmadan kendi cazibesi ile ham çamur yoğunlaştırıcı havuzlara gönderilmektedir.

Yüksek verimle çalışan bir ön çökeltme havuzunda tesise giren atıksudaki askıdaki katı maddelerin (AKM) %60-70 'i, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI_5) yükünün ise %25-30 'u arıtılabilmektedir. Ön çökeltme havuzlarından savaklanan su geri devirden gelen aktif çamurla dağıtım odasında karıştırılarak biyolojik arıtma için havalandırma havuzlarına gönderilmektedir [35].

4.5.3. Havalandırma havuzları

Ön çökeltme havuzlarında birincil arıtma işlemi uygulanan atıksular, dağıtım odalarında geri dönüş çamuru ile karıştırma işlemine tabi tutulduktan sonra biyolojik arıtma için herbiri $13\ 000 \text{ m}^3$ hacminde 10 adet havalandırma havuzuna gönderilir. Biyolojik arıtma bakterilerin ihtiyaç duyduğu uygun çevre koşullarının oluşturularak atıksudaki çözünmüş ve askıdaki organik maddelerin bakteriler tarafından besin kaynağı olarak tüketilerek atıksudan uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır.

Bakterilerin ihtiyaç duyduğu oksijen havuz tabanındaki difüzörler vasıtası ile sağlanmaktadır. Bu difüzörlerin en önemli işlevi aktif çamur ile atıksuyun karıştırılarak homojen olmasının sağlanmasıdır. Böylece katı maddelerin dibe çökmesi engellenmekte ve bu maddelerin askıda tutulması ile bakterilerin bu maddelerle en yüksek düzeyde teması sağlanmaktadır. İkincil arıtma olarak yüzeysel havalandırmalı aktif çamur sistemi

uygulanan tesiste atıksuyun bekleme süresi yaklaşık 4 saattir. Tatlar atıksu arıtma tesisinde kullanılan havalandırma havuzlarından biri Resim 4.3’de gösterilmektedir [36].



Resim 4.3. Tatlar AAT havalandırma havuzu

4.5.4. Son çökeltme havuzları

Havalandırma havuzlarından çıkan su her biri 9,200 m³ hacimli 55 m çapında, aktif çamurun atıksudan uzaklaştırılmasını sağlayacak şekilde dizayn edilen konik tabanlı dairesel 20 adet son çökeltme havuzlarına gelmektedir. Orta kısımda bulunan gezer köprüye bağlı sıyırıcılar tarafından çöken çamur önce havuz tabanında bulunan çamur toplama konisine oradan da geri dönüş pompa istasyonuna gönderilir. Bu aktif çamurun bir kısmı havalandırma havuzlarına gönderilirken bir kısmı da ham çamur yoğunlaştırıcılara gönderilmektedir. Resim 4.4'de gösterilen son çökeltme havuzlarında bekleme süresi yaklaşık 4 saat süren arıtılmış atıksular çıkış kanalından Ankara Çayı'na deşarj edilmektedir [35].



Resim 4.4. Tatlar AAT son çökeltme havuzu

4.5.5. Ham çamur yoğunlaştırıcı havuzları

Bu kısımda ön çökeltme havuzlarından gelen çamur ile son çökeltme havuzlarından gelen çamur karıştırılır. Herbiri 1,900 m³ hacminde 25 m çapında 7 adet dairesel yoğunlaştırıcı havuzlarında çamur yaklaşık iki gün bekletilerek yerçekiminin etkisi ile dibe çöktürülür. Böylece çamur içindeki kuru madde oranı yükseltilmiş olmaktadır. Çünkü çamurun çamur özümleyicilere gönderilmeden önce yoğunluğunun %3-4 arasında olması

verimi arttırmaktadır. Çamurun yoğunlaştırılması esnasında çamurdan ayrılarak yüzeyde oluşan su, savaklardan taşırılarak arıtım için tesis giriş yapısına gönderilir [36].

4.5.6. Çamur özümleme tankları

Arıtma işleminden elde edilen çamurun septik koşullar oluşturmasının önlenmesi, patojenik bakteri faaliyetlerinin azaltılması ve mevcut çamurun hacminin azaltılması için çamura anaerobik özümleme (anaerobic digestion) işlemi uygulanmaktadır. Bu işlemde çamur, 35°C sıcaklıkta havasız koşullarda en az üç hafta bekletilerek içindeki organik maddeler metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) dönüştürülür. Böylece çıkan atık maddelerin kararlı yapıda olması ve kolaylıkla susuzlaştırılabilmesi sağlanmaktadır.



Resim 4.5. Tatlar AAT çamur özümleme tankları

Çamurun karıştırılması işlemi, açığa çıkan biyogazın belirli periyotlarla gaz kompresörleri yardımı ile tekrar Resim 4.5'de gösterilen özümleme tanklarının içine basılması ile gerçekleştirilir. 35 ° C sıcaklığı sağlamak için çamur, pompa vasıtası ile ısı eşanjöründen geçirilerek biyogazın jeneratörlerde yanması sonucu ısıtılan su ile ısıtılır. Sonra her biri 25 m çapında 35 m yüksekliğinde 8 adet silindirik özümleme tanklarına gönderilir. Özümleme işleminin gerçekleştirildiği özümleme tanklarında çürüyebilen organik maddeler biyolojik olarak parçalanır. Özümleme tanklarında sıcaklığın sabit olması

metanojen bakterilerin faaliyetleri için son derece önemlidir. Bu yüzden tankların çevresi ısı yalıtımı yapılarak sıcaklığın sabit kalacak şekilde tasarlanmıştır.

Özümleyicilerin, tesis içindeki lojman ve binaların ısıtılması için gereken sıcak su kazan dairesinden temin edilmektedir. Kazan dairesinde bulunan dört adet kazan, özümleme sırasında ortaya çıkan biyogaz ile çalışabilmekte, gazın yetersiz olduğu durumlarda ise mazotla çalışabilecek yapıdadır [35].

4.5.7. Gaz depolama tankları

Gaz depolama tanklarının iki önemli işlevi vardır. Birincisi biyogaz üretimi ile tüketimi arasında oluşabilecek anlık farklılıkları dengelemek iken ikincisi gazın geçici olarak depolanmasını sağlamaktır.

Çamurun eşanjörlerden geçirilerek ısıtıldıktan sonra özümleyici tankların üst kısmında biriken biyogaz, seramik ve çakıl filtrelerden süzülerek, her biri 4,000 m³ hacminde iki adet alçak basınçlı gaz tanklarına gönderilir. Çakıl filtreler safsızlığın giderilmesi için kullanılırken seramik filtreler gazın nemini almak için kullanılır. Açığa çıkan bu biyogaz, elektrik üretiminde, sıcak su ihtiyacının karşılanmasında ve özümleme tanklarında karıştırma işleminde kullanılır. Tatlar atıksu arıtma tesisindeki gaz depolama tankları Resim 4.6'da gösterilmektedir.



Resim 4.6. Tatlar AAT gaz depolama tankları

4.5.8. Biyogaz güç ünitesi

Biyogaz güç ünitesi, özümleme tanklarında elde edilen biyogazın yakılarak yılda ortalama 21 000 000 kWh elektrik enerjisinin üretildiği bölümdür. Bu bölümde, toplam 3,3 MW (2x1,65 MW) kurulu gücünde iki adet jeneratör bulunmaktadır. Tesis elektrik ihtiyacının yaklaşık %80'i karşılayan bu jeneratörler aynı zamanda acil güç kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca jeneratörlerin soğutma suyundan sıcak su elde edilerek enerjiden tasarruf edilmektedir. Aşağıdaki Resim 4.7'de Tatlar atıksu arıtma tesisindeki biyogaz güç ünitesi gösterilmektedir. Jeneratörlerde, kazanlarda ve tesislerde kullanılmayan ihtiyaç fazlası gaz, atık gaz ocaklarında yakılarak çevre için zararsız hale getirilmektedir [36].



Resim 4.7. Tatlar AAT biyogaz güç ünitesi

4.5.9. Özümlemiş çamur yoğunlaştırma ünitesi

Anaerobik özümleyicilerde çürüme işlemine tabi tutulan çamur, mekanik susuzlaştırma ünitesine gönderilmeden önce her biri 1964 m³ hacminde 25 m çapında 5 adet özümlemiş çamur yoğunlaştırma ünitesine gönderilir ve yaklaşık iki gün bekletilerek Resim 4.8'de görüldüğü gibi %5-6 oranında kuru madde içerecek şekilde iyice yoğunlaşması sağlanır. Yüzeyle oluşan yüksek BOİ₅ içeren su, savaklardan taşırılarak tekrar arıtma işlemi için tesis girişine pompalanır.



Resim 4.8. Tatlar AAT özümlenmiş çamur yoğunlaştırma ünitesi

4.5.10. Mekanik susuzlaştırma ünitesi

Bu bölümde, özümlenmiş çamur yoğunlaştırıcı havuzlardan gelen çamura belli oranlarda katyonik polielektrolit ilave edilerek çamurun susuzlaştırılması sağlanır. Bu işlem için Resim 4.9'da gösterilen her biri 70 m³/saat kapasiteli 3 adet santrifüj dekantör kullanılarak kuru madde oranı %5'ten % 30 civarlarına çıkarılmaktadır. Bu şekilde elde edilen biyokatı resimde gösterildiği gibi taşıyıcı bantlar vasıtasıyla kamyonlara yüklenmektedir. Bu biyokatının bir kısmı tarım alanlarında gübre olarak kullanılırken bir kısmı yakılmak üzere ITC katı atık yakma tesisine gönderilerek yakılmaktadır. Böylece ısı enerjisinden elektrik enerjisi üretilmektedir. Santrifüj dekantörlerden süzülen su ise tekrar arıtılmak üzere ön arıtma ünitesine pompalanır [36].



Resim 4.9. Tatlar AAT santrifuj dekantör

4.5.11. HES ünitesi

Tesiste çalışan yetkililerden alınan bilgilere göre 2014 yılında tesise HES ünitesi kurulması kararı alınmış ve 2015 yılında da HES ünitesi kurulmuştur. Bu HES ünitesi, resimde görüldüğü üzere arıtılmış suyun Ankara Çay'ına deşarj edilmeden önce suyun cazibesinden faydalanılarak elektrik enerjisi elde etmek için kullanılmaktadır. Su cazibeyle aktığı için herhangi bir pompaya ihtiyaç olmadığından enerji tasarrufu elde edilmektedir. Aynı zamanda HES ünitesinde tesis elektrik tüketiminin % 15'i kadar elektrik enerjisi üretilmektedir. Tatlar AAT ait HES ünitesi Resim 4.10'da gösterilmektedir.



Resim 4.10. Tatlar AAT HES ünitesi

4.5.12. Sosyal donatılar

İşletme binasında bürolar, konferans salonu, eğitim salonu, revir ile atıksu ve çamur ile ilgili analizlerin yapıldığı bir laboratuvar mevcuttur. Tesiste kullanılan ekipmanların periyodik bakım ve onarımları toplam 1,800 m² kullanım alana sahip bulunan atölyede yapılmaktadır. Çalışan personel için 44 adet lojmanın da olduğu tesiste sıcak su ve ısınma ihtiyacı arıtma tesisinden üretilen enerji ile sağlanmaktadır. Otomasyon (PLC-SCADA) sistemine bağlı ünitelerin kontrol edildiği ana kontrol merkezi Resim 4.11’de gösterilmektedir.



Resim 4.11 Tatlar AAT ana kontrol merkezi

5. FİNANSAL ANALİZ

Çizelge 5.1’de farklı maddelerden elde edilen biyogaz verimi ile biyogaz içindeki metan oranı gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Organik kaynaklarda biyogaz verimi [13]

KAYNAKLAR	BİYOGAZ VERİMİ (L/kg)	METAN ORANI (Hacim yüzdesi)
Sığır gübresi	90-310	65
Domuz gübresi	340-550	65-70
Buğday samanı	200-300	50-60
Çimen	280-550	70
Sebze atıkları	330-360	Değişken
Ziraat atıkları	310-430	60-70
Yer fıstığı kabuğu	365	-
Dökülmüş ağaç yaprakları	210-290	58
Alg	420-500	63
Atıksu çamuru	310-800	65-80

Çizelge 5.2. AAT enerji üretimi hesap tablosu [13]

Nüfuslar (kişi)	10 000	20 000	30 000	40 000	50 000	100 000	150 000	200 000
Debi (m ³ /gün)	1 000	2 200	3 000	4 000	6 000	12 500	19 000	22 000
Fazla Çamur (kg/gün)	300	718	913	1 200	1 600	4 160	10 950	12 480
UAKM (kg/gün)	201	481	612	804	1072	2787	7 337	8 362
Çürüyen Çamur(kg/gün)	100,5	240,5	306	402	536	1 393,5	3 668,5	4 181
Gazlaşma (lt/UKM)	750	750	750	750	750	750	750	750
Gaz Üretimi (m ³ /sa)	3,1	7,5	9,6	12,6	16,8	43,5	114,6	130,7
Günlük Enerji (kwh)	15,5	37,5	48	63	84	217,5	573	653,5
Isı Enerjisi	7	16,9	21,6	28,4	37,8	97,9	257,9	294,1
Elektrik Enerjisi	6,2	15	19,2	25,2	33,6	87	229,2	261,4
Kullanılan Enerji (kwh/m ³)	0,6	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3	0,2	0,2
Enerji Birim Fiyatı (tl/kws)	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Arıtma Tesisi Aylık Enerji Gideni (TL)	3 600	7 920	9 000	9 600	12 600	22 500	22 800	26 400
Teşvikli Elektrik Satış Birim Fiyatı (TL/kwh)	0,22	-	-	-	-	-	-	-
Biyogaz Ünitesi ile Tesiste Üretilen Enerji (TL/ay)	982,1	2 376	3 041,3	3 991,7	5 322,2	13 780,8	36 305,3	41 405,8
Üretilenin Tüketileni karşılama oranı (%)	27,3	30	33,8	41,6	42,2	61,2	159,2	156,8
Yatırım Maliyetleri (TL)	1 500 000	1 500 000	1 500 000	2 000 000	2 000 000	3 000 000	3 500 000	7 000 000
Amortisman Süresi (yıl)	127,3	52,6	41,1	41,8	31,3	18,1	14,1	8,0

Yukarıdaki Çizelge 5.2’de biyogazla çalışan Atıksu Arıtma Tesisinin arıtma çamurlarından elektrik enerjisi elde edilmesine yönelik bilgiler gösterilmektedir. Çizelge 5.2 incelendiğinde nüfusun 10 000 olduğu dönemde tesisten çıkan çamur miktarı günlük 300 kg iken üretilen elektrik enerjisi 6,2 kWh’tır. Nüfusun 200 000 olduğu dönemde ise

tesisten çıkan günlük çamur miktarı 12,480 kg olmakta ve üretilen elektrik enerjisi de 653, 5 kWh 'a çıkmaktadır. Yani tesisten çıkan çamur miktarı arttıkça üretilen elektrik enerjisi miktarı doğrusal olarak değil, parabolik artmaktadır. Çünkü nüfus miktarı 20 kat artmış iken üretilen elektrik enerjisi miktarı yaklaşık 42 kat artmıştır. Bunun sebebi ise tesisin ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasına karşılık işletim giderlerinin azalmasıdır.

Aşağıdaki çalışmada ise İller Bankası A.Ş tarafından fizibilite çalışması yapılan 8.000 adet büyükaş hayvan atığının kullanıldığı Yenikent Aksaray Atıksu Arıtma Tesisi'nde biyogazdan elektrik enerjisi elde edilmesinin maliyet analizi anlatılmaktadır.

Öncelikle günlük toplam atık miktarının hesaplanmasında hayvan başına atık miktarı 35 kg/gün olarak alınmıştır.

Atık miktarı = 8,000 adet x 35 kg/adet.gün = 280 000 kg/gün = 280 ton/gün olarak bulunur. Yapılan analizlerde atığın yoğunluğu 986 kg/m³ alındığı için günlük üretilen ortalama hacimsel atık miktarı;

Hacimsel atık miktarı = 280 000 kg/gün ÷ 986 kg/m³ = 283,98 m³/gün olarak bulunmaktadır. Atıların toplam katı katı maddesi (TK) %15 olarak alındığında

Katı madde miktarı = 280 ton/gün x 0,15 =42 ton/gün olarak bulunmaktadır.

Biyogaz üretilmesinde önemli bir etken olan toplam uçucu katı madde miktarı (UK) %88 olarak alındığında kullanılabilir UK miktarı;

Uçucu katı madde miktarı = 42 ton/gün x 0,88 = 36,96 ton/gün olarak bulunur.

Günlük biyogaz miktarının hesaplanabilmesi için 35 günlük bekleme süresinde oluşan UK miktarının bilinmesi gerekir. Kurulacak tesiste UK verimi %45 olarak alınırsa oluşan UK miktarı;

Uçucu katı madde miktarı = 36,96 ton/gün x 0,45 = 16,632 ton/gün olarak elde edilir. Uçucu madde miktarından CH₄ (metan) üretimi kg UK başına 0,35 m³/kg alındığında;

Metan üretimi = 16,632 ton/gün x 0,35 m³/kg = 5,821 m³/gün olarak bulunmaktadır.

Daha önce bahsedildiği üzere biyogaz içerisindeki metan oranı % 50- 65 civarında olduğu için, metan oranı ortalama olarak %55 olarak alındığında günlük biyogaz üretimi;

Biyogaz üretimi = 5,821 m³/gün ÷ 0,55 = 10,584 m³/gün olarak hesaplanmaktadır.

% 55 CH₄ içeriğine sahip biyogazın alt ısıl değeri yaklaşık olarak 21 MJ/m (5020 kcal/m³ - 5,837 kWh_t/m³)'dür. Kojenerasyon ünitesinin elektrik çevrim verimi % 40 ve termal verim % 48 alındığında, günlük elektrik üretimi,

$$\text{Elektrik Üretimi} = 10,584 \text{ m}^3/\text{gün} \times 5,837 \text{ kWh/m}^3 \times 0,40 = 24,712 \text{ kWh/gün}$$

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

$$\text{Jeneratör Gücü} = 24,712 \text{ kWh} \div 24 \text{ saat} = 1,030 \text{ kWe}$$

olarak karşımıza çıkar. Termal enerji üretimi ise;

Termal Enerji Üretimi = 10,584 m³/gün x 5,020 kcal/m³ x 0,48 = 25,503,206 kcal/gün olarak hesaplanmıştır. Buradan termal güç;

Termal Güç = 25.503.206 kcal ÷ 24 saat = 1,062,634 kcal/saat = 1,236 kW olarak bulunmuştur.

5.1. Biyogaz Tesisi Elektrik Tüketimi

Çizelge 5.3’de görüldüğü üzere biyogaz tesisindeki ekipmanların bir günde tükettiği elektrik enerjisi 5,517,40 kWh’tır. Kojenerasyon ünitesinde üretilen elektrik enerjisi daha önce 24,712 kWh olarak hesaplanmıştır. Üretilen enerji tüketilen enerjiden fazla olduğu için geri kalan enerji şebekeye satılabilecektir.

Çizelge 5.3. Biyogaz tesisi elektrik tüketimi

EKİPMAN	Asıl (Adet)	Yedek (Asıl)	Motor Gücü (kW)	Kurulu Güç (kW)	Çalışma Süresi (saat)	Çalışma Gücü (kW)	Elektrik Tüketimi (kWh/gün)
Besleme Havuzu Karıştırıcıları	3	1	15,00	60,00	10,00	45,00	450,00
Reaktör Besleme Pompaları	2	1	9,00	27,00	10,00	18,00	180,00
Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları	8	0	15,00	120,00	16,00	120,00	1,92
Biyogaz Reaktörü Karıştırıcıları	8	0	5,50	44,00	16,00	44,00	704,00
Kojen-Mekanik Daire Sirk. Pomp.	1	1	7,50	15,00	24,00	7,50	180,00
Kolektör-Reaktör Sirk. Pompası	4	4	2,20	17,60	24,00	8,80	211,20
Atık Dağıtım Pompası	1	1	22,00	44,00	10,00	22,00	220,00
Depolama Havuzu Karıştırıcıları	3	1	15,00	60,00	10,00	45,00	450,00
Seperatör Besleme Pompaları	2	1	9,00	27,00	10,00	18,00	180,00
Seperatör	2	0	5,50	11,00	15,00	11,00	165,00
Biyogaz Fanı	1	0	7,50	7,50	24,00	7,50	180,00
Biyolojik Desülfürizasyon Ünitesi	1	0	8,00	8,00	24,00	8,00	192,00
Chiller	1	0	18,00	18,00	24,00	18,00	432,00
FeCl ₃ Dozaj Pompası	4	0	0,01	0,04	10,00	0,04	0,40
Membran Blower	4	0	0,55	2,20	24,00	2,20	52,80
TOPLAM							5.517,40

5.2. Kurulum Maliyeti

Çizelge 5.4'de biyogaz tesisine ait kurulum maliyeti hesabı gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Biyogaz tesisi kurulum maliyeti hesabı

	KATEGORİLER	EURO
1	İnşaat İşleri	890.625
2	Karıştırıcı ve Pompalar	310.939
3	Otomasyon ve Elektrik İşleri	550.000
4	Kojenerasyon	570.000
5	Biyogaz Depolama ve Şartlandırma	391.000
6	Reaktör Isıtma Sistemi	93.384
7	Boru, Fittings ve Vanalar	76.706
8	Gözetleme Camları	62.860
9	Seperatörler	48.562
10	Projelendirme	53.125
11	İzinler	31.250
12	Öngörülemeyen Giderler	109.659
13	Müteahhit Karı	184.227
	TOPLAM	3.372.337

5.3. İşletme Gelirleri

Kurulacak olan biyogaz tesisinde hem elektrik enerjisi hem de ısı enerjisi üretilecektir. Bunlara ilaveten biyogaz üretimi sonucunda azot yönünden zengin olan fermente gübre edilmektedir.

5.3.1. Elektrik üretimi

Kurulacak olan biyogaz tesisinde çalışma saati, arızalar, bakım ve onarım nedeniyle yıllık çalışma saati ortalama olarak 8,000 saat olarak alındığında üretilecek elektrik enerjisi 8 GWh olarak hesaplanmaktadır. Bu değer lisanssız elektrik üretiminde yönetmeliğinde belirtilen 13,3 dolar / kWh değeri ile çarpıldığında;

8 GWh x 13,3 dolar /kwh = 1.064.000 dolar/yıl = 938.405 Avro/yıl olarak bulunur.

5.3.2. Isı üretimi

Kojeneratör ünitesinden elde edilen ısı enerjisi öncelikle 35 derece sıcaklığı elde edebilmek için reaktörlerin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Geri kalan kısım ise ortak alanların ısıtılmasında kullanılacaktır. Bu şekilde elde edilecek ısı enerjisinin kömür karşılığı yaklaşık 309,6 ton olup parasal karşılığı yıllık 89,784 Avro/yıl olarak hesaplanmaktadır.

5.3.3. Fermente gübre üretimi

Biyogaz üretimi sonucunda azot yönünden zengin içeriğe sahip fermente gübre edilmektedir. Avrupa ülkelerinde ticari olarak satılan fermente gübrenin ülkemizde henüz pazarı oluşmadığı için üretilen gübrenin ancak %20'sinin ticari değere dönüştürüleceği öngörülmektedir. Birim fiyatı 14,71 Avro/m³ olan fermente atığın bir yıllık parasal karşılığı 451 000 Avro olarak hesaplanmıştır.

5.4. İşletme Giderleri

Tesisin ilk yatırım maliyeti dışında içsel enerji tüketimi, personel harcamaları ile bakım/onarım giderleri gibi kalemlerden oluşmaktadır.

5.4.1. İçsel enerji tüketimi

Daha önce biyogaz tesisindeki ekipmanların günlük toplam elektrik tüketimi 5,517 kWh/gün olarak hesaplanmıştı. Bu değere ısınma, soğutma ve aydınlatma gibi içsel tüketimler de eklendiğinde 6,000 kWh/gün olarak bulunan bu değer 13 dolar/kWh değeri ile çarpıldığında toplam maliyet 257,567 Avro olarak bulunur.

5.4.2. Bakım/onarım giderleri

Biyogaz tesisinde bulunan mekanik ekipmanların ilk yatırım maliyetinin %2'si bakım ve onarım gideri olarak alındığında tesisin bir yıllık ortalama bakım ve onarım harcamaları 148 000 Avro olarak bulunmaktadır.

5.4.3. Personel harcamaları

Tesiste yeterli sayıda mühendis ve tekniker çalıştırıldığında yıllık ortalama personel gideri 39 600 Avro olarak hesaplanmaktadır.

Böylece tesisin yıllık toplam işletim gideri Çizelge 5.5'de de gösterildiği üzere 463 009 Avro, yıllık net geliri ise 1 119 840 Avro olarak bulunur.

Çizelge 5.5. Biyogaz tesisi ekonomik analiz özet tablosu

EKONOMİK ANALİZ	MALİYETLER
İçsel Elektrik Tüketimi (Avro)	257,567
Bakım Onarım Giderleri (Avro)	148,000
Personel Harcamaları (Avro)	39,600
Atıkların Tesise Taşınması (Avro)	17,842
TOPLAM GİDER (Avro)	463,009
Elektrik Üretimi (Avro)	938,405
Isı Üretimi (Avro)	89,784
Fermente Gübre Üretimi (Avro)	451,000
Organik Atık Giderimi (Avro)	103,660
TOPLAM GELİR (Avro)	1,582,849
Yatırım Maliyeti (Avro)	3,372,37
İskonto Oranı (%)	12,00
Tesis Ekonomik Ömrü (yıl)	20
Mali Net Bugünkü Değer (Avro)	4,000,530
İç Karlılık Oranı (%)	33,07
Geri Ödeme Süresi (yıl)	4

5.5. Yatırımın İç Karlılık Oranı

Mali Net Bugünkü Değer (MNBD)' in bulunmasında, işletme gelir ve giderleri hesaplamalarından elde edilen veriler kullanılarak projenin ekonomik ömrü 20 yıl ve indirgeme oranı % 12 olarak hesaba dahil edilmiştir. 20. yılda sistemin hurda değeri, inşaat kalemlerinin yüksekliği nedeniyle, ilk yatırım maliyetinin % 15'i olarak hesaplara dahil edilmiştir. Bu verilerden projenin Mali Net Bugünkü Değeri (MNBD): **4 000 530 Avro**

İç Karlılık Oranı (İKO): **İKO = % 33,07**

Geri Ödeme Süresi (GÖS); **GÖS = 4 yıl** olarak bulunmaktadır.

SONUÇ

Enerji, üretimi ve kullanımı vazgeçilmez olan, toplumların refah seviyelerini yükselten, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel yapıtaşlarından biridir. Nüfus, toplumların demografik özellikleri ve ülkelerin gelişmişlik düzeyi enerjiye olan talebi belirleyen en önemli faktörler arasındadır. 2013-2040 yılları arasında ortalama % 3,3 oranında büyümesi öngörülen dünya ekonomisi, dünya nüfusunun hızla artması, sanayileşme ve kentleşmenin artması sonucunda enerjiye olan talep tüm dünya genelinde giderek artmaktadır. Dünya nüfusunun sürekli artmasına bağlı olarak 2013 yılında yaklaşık 7 milyar olan dünya nüfusunun 2040 yılına kadar 9 milyara yükselmesi beklenmektedir. 2015 yılı sonu itibariyle yaklaşık 79 milyon nüfusa ve binde 13,4 nüfus artış hızına sahip olan Ülkemizde ise kişi başına düşen enerji tüketimi % 1,66 artarken, elektrik tüketimi % 3,93 artmıştır.

Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji alanında yapılan yatırımlar en önemli yatırımlar arasındadır. Çünkü hem dış ticaretin hem de cari açığın büyük bir kısmını enerji ithalatı oluşturmaktadır. Enerji alanındaki güncel verilere bakıldığında doğalgaz ve petrolün tamamına yakın bir kısmını yurtdışından ithal etmemiz hem ülkemizden yüksek miktarda döviz çıkışına neden olarak cari açık meydana getirmekte hem de ülkemizi dışarıya bağımlı bir ülke konumuna getirmektedir. Dolayısıyla hem endüstri ve sanayinin gelişmesi hem de nüfusun artması nedeniyle enerjiye olan talebin artması tüm dünyada konvansiyel enerji de denilen kömür, petrol, doğalgaz gibi yenilenemez enerji kaynaklarına olan talebi arttırmıştır. Bu kaynakların enerji üretimi, ısınma, ulaşım gibi yakmaya dayanan faaliyetlerde kullanılması sonucunda atmosferde oluşan CO₂ yeryüzü ısısının hapsedilmesine neden olarak tüm dünyada küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu durum ise hem insan sağlığını tehdit ederek ciddi problemlere yol açmakta hem de soluduğumuz havadan içtiğimiz suya kadar tüm hayati kaynaklarımızın kirlenmesine neden olmaktadır. Fosil yakıt kullanımı nedeniyle artan atmosferdeki CO₂ yoğunluğunun psikolojik baraj olarak kabul edilen 400 ppm seviyesine yaklaşması durumun ciddiyetini göstermektedir.

Yenilenemez enerji kaynaklarının hem sınırlı olması nedeniyle gelecekte tükenme noktasına geleceği hem de çevre kirliliğine sebep olması tüm dünyada olduğu gibi

ülkemizi de yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Aynı zamanda çevre kirliliğine bağlı olarak ülkemizdeki atıksu arıtma tesisi sayısı da giderek artmaktadır. Ülkemizde bu hususta Çevre Kanununa bağlı olarak Kentesel Atıksu Yönetmeliği ile Su Kirliliği Yönetmeliği çıkarılmıştır. Avrupa Birliği'ne uyum kapsamında da 91-271-EC sayılı Avrupa Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifine göre nüfusu 10 000 ve üzeri olan yerleşim yerlerinde atıksu arıtma tesisi kurulma zorunluğu bulunmaktadır. Bu direktife göre ülkemizde nüfusu 2,000 ile 10 000 arasında olan belediyelerin 2017 yılına kadar, nüfusu 10 000 ile 50 000 arasında olan belediyelerin ise 2014 yılına kadar atıksuları arıtılmalıdır.

Aynı zamanda ülkemiz 2011-2023 yıllarını kapsayan İklim Değişikliği Eylem Planı doğrultusunda yenilenebilir enerjinin toplam enerji üretimindeki payının % 30'a yükseltilmesi ve ekonomimizdeki enerji yükünün % 20 azaltılması hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda belediyelere finansal ve mali destek veren ülkemizin en eski ve köklü kuruluşlarından olan İLBANK A.Ş. 'e düşen görev ise yenilebilir enerji ve bu kapsamdaki hibeler hakkında yerel yönetimlere eğitim ve konferanslar vererek belediyeleri bilinçlendirmektir. Böylece enerji yönünden dışa bağımlılığımız büyük ölçüde azalmış olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyogazın ayrı bir yeri ve önemi bulunmaktadır. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı olarak enerji elde edilmesinin yanında hayvansal, bitkisel, evsel ve endüstriyel atıkların bertarafı yapılarak çevre kirliliğinin önüne geçilmektedir. Ayrıca fermantasyon sonucu oluşan zengin azot içeriğine sahip gübre tarımda kullanılabilir. Ayrıca fermantasyon sonucu oluşan zengin azot içeriğine sahip gübre tarımda kullanılabilir.

Bu çalışmanın son bölümünde ise atıksu arıtma tesislerinde biyogazdan elektrik enerjisi üretilmesi ve İller Bankası A.Ş. 'nin finanse ettiği belediyelerde uygulanabilirlik analizi üzerinde durulmuştur. Sincan ilçesi Tatlar köyü mevkiinde 1989 yılında kurulan biyogazla çalışan ülkemizin en büyük atıksu arıtma tesisi olan Tatlar Atıksu Arıtma Tesisi anlatılmıştır. Aynı zamanda HES ünitesi de kurulan tesiste, yetkilerden alınan bilgilere göre aylık enerji maliyetinin %60'ı kojenerasyon ünitesiyle, %20'si ise HES ünitesi vasıtasıyla karşılanmaktadır. İlbank A.Ş. tarafından Aksaray Yenikent beldesinde yapılan fizibilite çalışması sonucunda ise yapılan maliyet analizlerinde nüfusun artmasına paralel olarak üretilen biyogazın da artacağı, fakat bu artışın doğrusal olarak değil parabolik olarak arttığı görülmektedir. Bu durum nüfusun fazla olduğu yerlerde geri dönüşüm süresinin 4 yıl gibi kısa bir süre olduğu için biyogazla çalışan atıksu arıtma tesisi kurulmasının maliyet analizi açısından etkin olacağı görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Öçal, F. (2013). *Biyogaz Enerjisi Üretimi ve Eskişehir İli İçin Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
2. İnternet: Enerji Sektörü URL:
<http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FE%C3%9CA%C5%9E%202015%20Sekt%C3%B6r%20Raporu.pdf>
Son Erişim Tarihi: 01.07.2016
3. İnternet: Yenilebilir Enerji URL: <http://www.solar-academy.com/menus/Yenilenebilir-Enerji-Teknolojileri-Kaynaklari-Onemi.164622.pdf>
Son Erişim Tarihi: 10.07.2016
4. Selimoğlu, G. (2008). *Büyükbaş Hayvan Dışkılarından Biyogaz Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
5. İnternet: Rüzgardan Elektrik Enerjisi Üretimi URL
<http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/158-ruzgar-enerjisi-sistemlerinde-kullanilan-guc-elektronigi-topolojisi-ve-kontrol-yontemleri>
Son Erişim Tarihi: 10.07.2016
6. İnternet: Rüzgar Enerjisi URL: <http://slideplayer.biz.tr/slide/2776463/>
Son Erişim Tarihi: 12.07.2016
7. İnternet: Türkiye Enerji Görünümü Raporu URL:
http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a5a69d7ec06d9cd_ek.pdf
Son Erişim Tarihi: 12.07.2016
8. İnternet: Enerji Kaynakları Geri Dönüşüm URL:
<http://slideplayer.biz.tr/slide/3097344/> Son Erişim Tarihi: 15.07.2016
9. İnternet: Elektrik Üretim Sektör Raporu URL:
<http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FE%C3%9CA%C5%9E%202015%20Sekt%C3%B6r%20Raporu.pdf>
Son Erişim Tarihi: 20.07.2016
10. İnternet: Enerji Mevzuatı URL:
<http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5346.pdf>
Son Erişim Tarihi: 25.07.2016
11. Çelik, M.S. (2014). *Tokat Şartlarında Kentsel Atıkların Biyogaza Dönüştürülmesi ve Elektrik Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
12. İnternet: Atıksu Arıtma URL: <http://www.dosab.org.tr/Detay/143/Atik-Su-Aritma>
Son Erişim Tarihi: 27.07.2016

13. Gül, A. (2014). *Sebze Ve Meyve Atıklarının Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
14. Korkut, Ş. (2010). *Anaerobik Arıtım Sistemlerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
15. İnternet: Atıksu Arıtma Yöntemleri URL:
http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7d16d00201083a2_ek.pdf?dergi=142
Son Erişim Tarihi: 30.07.2016
16. İnternet: Su Arıtma Ekipmanları URL: <http://slideplayer.biz.tr/slide/2418142/>
Son Erişim Tarihi: 10.08.2016
17. İnternet: Su Arıtma Ekipmanları URL:
http://www.emo.org.tr/ekler/6b5b453f6a153e4_ek.pdf?dergi=639
Son Erişim Tarihi: 13.08.2016
18. İnternet: Enerji Kaynakları URL:
<http://www.celtikcioglu.com/galeri.php?sayfa=3&tur> Son Erişim Tarihi: 15.08.2016
19. İnternet: Ön Çökeltme Havuzu Tasarım Kriterleri URL:
<http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userAnnouncementsFiles/dosya7d4be3663b1e4ab5999ae9ac3fdc6d5f.pdf> Son Erişim Tarihi: 15.08.2016
20. İnternet: Katyonik Polielektrolit URL: <http://www.polielektrolit.net/katyonik-polielektrolit.html> Son Erişim Tarihi: 15.08.2016
21. İnternet: Su ve çevre URL: <http://www.suvecevre.com/?pid=31372>
Son Erişim Tarihi: 15.08.2016
22. Bayrak, E.H. (2014). *Kentsel Ve/Veya Meyve Suyu Atıksu Arıtma Tesisi Sulu Çamurlarının Biyogaza Dönüşümünde Ön İşlem Etkisinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
23. İnternet: Biyogaz Üretimi URL:
<http://mebig.marmara.edu.tr/Presentations/BiyogazUretimi.pdf>
Son Erişim Tarihi: 17.08.2016
24. İnternet: Biyogaz Oluşumu URL:
http://www.fed.sakarya.edu.tr/arsiv/yayinlenmis_dergiler/2012_1/makale_44.pdf
Son Erişim Tarihi: 19.08.2016
25. İnternet: Bitkisel Atıklar URL: www.eie.gov.tr Son Erişim Tarihi: 22.08.2016
26. İnternet: Kentsel Atıklar URL: www.radikal.com.tr Son Erişim Tarihi: 22.08.2016

27. İnternet: Biyogaz Oluşum Safhaları URL: www.solaenerji.com
Son Erişim Tarihi: 25.08.2016
28. İnternet: Biyogaz Oluşum Safhaları URL: www.albiyobir.org.tr/biyogaz02.htm
Son Erişim Tarihi: 25.08.2016
29. Arda, M. (2011). Temel Mikrobiyoloji, 94-106
30. İnternet: Biyogaz Üretimi URL:
<http://mebig.marmara.edu.tr/Presentations/BiyogazUretimi.pdf>
Son Erişim Tarihi: 29.08.2016
31. İnternet: Karbon Azot oranı URL:
http://web.deu.edu.tr/erdin/tr/ders/kati_atik/ders_not/kompost.pdf
Son Erişim Tarihi: 01.09.2016
32. İnternet: Reaktör Grupları URL: <http://www.patentmakina.com/imalat-Faliyetlerimiz-paslanmaz-proje-imalatlari-350> Son Erişim Tarihi: 05.09.2016
33. İnternet: Kesikli Reaktör URL:
<http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/kimya/moduller/ReaktörKullanma.pdf> Son Erişim Tarihi: 08.09.2016
34. İnternet: Biyogaz Kullanım alanları URL:
http://fka.gov.tr/sharepoint/userfiles/Icerik_Dosya_Ekleri/FKA_ARASTIRMA_RAPORLARI/%C3%96ZEL%20ARA%C5%9ETIRMALAR%20SER%C4%B0S%C4%B0%2010%20-%20B%C4%B0YOGAZ.pdf Son Erişim Tarihi: 10.09.2016
35. İnternet: Tatlar Atıksu Arıtma Tesisi URL:
<http://www.aski.gov.tr/tr/Icerik.aspx?detay=821&id=817>
Son Erişim Tarihi: 25.08.2016

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KANAT, Alim İbrahim
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 02.05.1982 Erzurum
Medeni Hali : Bekâr
Telefon : 0 (242) 227 05 12
Faks : 0 (242) 227 05 17
e-mail : ikanat@ilbank.gov.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Akdeniz Üniversitesi / Hukuk Fakültesi	Halen devam ediyor.
Ön lisans	Anadolu Üniversitesi / Adalet	2016
Yüksek lisans	Hacettepe Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü / İşletme Bölümü	2010
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği	2006
Lise	Mersin Fen Lisesi	2000

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-Halen	İller Bankası A.Ş. Genel Müdürlüğü	Teknik Uzman Yardımcısı
2007-2013	Türk Telekomünikasyon A.Ş. Genel Müd.	Uzman

Yabancı Dil

İngilizce



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ