

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ MERKEZ KAMPÜSÜNÜN ENERJİ İHTİYACINI  
KARŞILAMAYA YÖNELİK BİYOGAZ TESİSİNİN TASARIMI VE  
TEKNO - EKONOMİK ANALİZLERİ**

**Çiğdem IŞIKYÜREK**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**Haziran 2019**

**ANTALYA**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ MERKEZ KAMPÜSÜNÜN ENERJİ İHTİYACINI  
KARŞILAMAYA YÖNELİK BİYOGAZ TESİSİNİN TASARIMI VE  
TEKNO - EKONOMİK ANALİZLERİ**

**Çiğdem IŞIKYÜREK**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**Haziran 2019**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ MERKEZ KAMPÜSÜNÜN ENERJİ İHTİYACINI  
KARŞILAMAYA YÖNELİK BİYOGAZ TESİSİNİN TASARIMI VE  
TEKNO - EKONOMİK ANALİZLERİ**

**Çiğdem IŞIKYÜREK**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

**Bu tez**  
**Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi**  
**tarafından FDK-2017-2480 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**HAZİRAN 2019**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ MERKEZ KAMPÜSÜNÜN ENERJİ İHTİYACINI  
KARŞILAMAYA YÖNELİK BİYOGAZ TESİSİNİN TASARIMI VE  
TEKNO - EKONOMİK ANALİZLERİ**

**Çiğdem IŞIKYÜREK**  
**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

Bu tez 14/06/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Can ERTEKİN  
Prof.Dr. Recep KÜLCÜ  
Prof.Dr.İbrahim YILMAZ  
Prof.Dr.Kamil EKİNCİ  
Prof.Dr.Murad ÇANAKCI



## ÖZET

### AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ MERKEZ KAMPÜSÜNÜN ENERJİ İHTİYACINI KARŞILAMAYA YÖNELİK BİYOGAZ TESİSİNİN TASARIMI VE TEKNO - EKONOMİK ANALİZLERİ

Çiğdem IŞIKYÜREK

Doktora Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Can ERTEKİN

Haziran 2019; 146 sayfa

Bu çalışmada Akdeniz Üniversitesi, enerji karakteristiği yönünden incelenmiş ve enerji üretim potansiyeli değerlendirilmiştir. Üniversite merkez kampüsü 3.400 ha alanı ve yaklaşık 70.000 öğrenci sayısı ile küçük bir ilçenin özelliklerine sahiptir. Kampüs eğitim ve hastane kısmı ile büyük bir yerleşke olmasının yanı sıra enerji tüketimi yönünden de 24 saat boyunca aktif durumda bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında ilk olarak Akdeniz Üniversitesinin enerji tüketimi 3 yıl boyunca takip edilerek enerji dağılımı günlük, aylık ve mevsimsel olarak incelenmiştir. Üniversitenin enerji tüketim karakteristiğinin çıkarılması, enerji tüketimi ölçümlerinin yapılması, enerji dağıtım sistemlerinin incelenmesi, pik yüklerin belirlenmesi, yük-zaman profillerinin çıkarılması ve toplam enerji talebinin belirlenmesi çalışmanın birinci aşamasını oluşturmaktadır. Daha sonra üniversitenin ve bulunduğu yakın bölgenin atık potansiyeli belirlenmiştir. Bu kısımda üniversitenin hastane ve merkezi yemekhane atıkları, çim atıkları ve hayvansal atıklarının yıllık toplam miktarı ile üniversite yerleşkesinin bulunduğu çevredeki belediyenin kullanılabilir çim atık miktarları belirlenmiştir. Belirlenen bu atıkların dağılım oranlarına göre numuneler alınarak gerekli analizler yapılmış ve metan üretim potansiyeli, kimyasal ve fiziksel özellikleri laboratuvar analizleri ile saptanmıştır. Bu sayede atık karışımının biyometan üretim potansiyeli ve buna bağlı üretilebilecek enerji miktarı laboratuvar koşullarında ortaya konmuştur.

Yapılan enerji analizleri doğrultusunda planlanmış biyogaz tesisinin kapasitesi hesaplanmıştır. Elektrik ve ısı enerjisi yönünden üretilebilecek maksimum enerji düzeyi tespit edilerek bu enerjinin üniversitenin enerji tüketimini karşılama imkanları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre üniversitenin enerji tüketiminin büyük kısmını karşılayabilecek ölçekte bir biyogaz tesisinin boyutlandırılarak tasarlanması, tesisin teknik, ekonomik, çevresel yönden hesaplamalarının ve analizlerinin gerçekleştirilmesi ile üniversitenin kendi enerjisini üretmesi yönünde gerekli tüm alt yapı ve fizibilite çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada uzun yıllardır artan elektrik tüketim maliyetine ve kampüs atık problemine çözüm önerisinde bulunulmuştur.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Atık, Biyogaz, Ekonomi, Enerji, Üretim, Maliyet, Yenilenebilir Enerji

|              |                         |       |
|--------------|-------------------------|-------|
| <b>JÜRİ:</b> | Prof.Dr. Can ERTEKİN    | ..... |
|              | Prof Dr. Recep KÜLCÜ    | ..... |
|              | Prof.Dr. İbrahim YILMAZ | ..... |
|              | Prof.Dr. Kamil EKİNCİ   | ..... |
|              | Prof.Dr. Murad ÇANAKCI  | ..... |

## **ABSTRACT**

### **DESIGN OF THE BIOGAS PLANT TO MEET THE ENERGY NEED OF AKDENİZ UNIVERSITY CENTRAL CAMPUS AND TECHNO - ECONOMIC ANALYSIS**

**Çiğdem IŞIKYÜREK**

**PhD Thesis, Department of Agricultural Machinery and Technology Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. CAN ERTEKİN**

**June 2019; 146 pages**

In this study, Akdeniz University has been examined in terms of energy characteristics and energy production potential has been evaluated. The university central campus has the characteristics of a small district with an area of 3.400 hectares and a number of approximately 70.000 students. Campus and training hospital with a large part of the campus as well as in terms of energy consumption that is still in the active state for 24 hours. In the scope of the study, energy consumption of Akdeniz University was monitored for 3 years and energy distribution was examined daily, monthly and seasonally.

The first step of the study is to determine the energy consumption characteristics of the university, to make measurements of energy consumption, to examine energy distribution systems, to determine peak loads, to determine load-time profiles and to determine the total energy demand. Then, the waste potential of the university and the nearby region was determined. In this section, the annual total amount of the hospital, central cafeteria wastes, animal wastes and animal wastes of the university and the available lawn sludges of the surrounding municipality are determined where the university campus is located. Necessary analyzes of these wastes were made by taking samples according to the distribution rates of these wastes and methane production potential, chemical and physical properties were determined by laboratory analysis. By this way, bio-methane production potential of the waste's mixture and in addition to this amount of producible energy have been demonstrated under laboratory conditions.

According to the energy analyzes, the capacity of the planned biogas facility was calculated. The maximum energy level that can be produced in terms of electricity and heat energy was determined and the possibilities of this energy to meet the energy consumption of the university were evaluated. In accordance with the obtained results, all necessary infrastructure and feasibility studies have been carried out in order to design a biogas plant that can meet the majority of the energy consumption of the university by sizing it, performing technical, economic, environmental calculations and analysis of the plant and generating the energy of the university. In this study, solutions for the increasing electricity consumption cost and campus waste problems have been proposed for many years.

**KEYWORDS:** Waste, Biogas, Economy, Energy, Production, Cost, Renewable Energy

**COMMITTEE:** Prof.Dr. Can ERTEKİN .....  
Prof Dr. Recep KÜLCÜ .....  
Prof.Dr. İbrahim YILMAZ .....  
Prof.Dr. Kamil EKİNCİ .....  
Prof.Dr. Murad ÇANAKCI .....

## ÖNSÖZ

Enerji basit olarak iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Enerjinin sağlandığı kaynağın kendi öz kaynaklarınızı tüketmeden karşılanması ise en önemli unsurdur. Gelişen teknoloji, artan nüfus her geçen gün daha fazla enerji ihtiyacı doğurmaktadır. Gelecek nesillere temiz bir dünya bırakabilmemiz açısından enerjinin sağlandığı kaynaklar bu noktada büyük önem taşımaktadır. Bu anlamda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çok önem arz etmektedir. Bu çalışmada da Akdeniz Üniversitesinin kendi enerjisini üretebilmesi ve dışarıdan satın alma yolu ile tedarik ettiği enerjiye alternatif oluşturulması amacı güdülmüştür. Enerji üretiminin sağlanabilmesi için en başta ne kadar enerji tüketildiği ve bu tüketimin hangi zaman dilimlerine ait dağılıma sahip olduğunun, bir başka deyişle enerji karakteristiğinin iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu kapsamda Akdeniz Üniversitesine ait enerji tüketimleri 3 yıl boyunca düzenli olarak incelenmiştir. Tez kapsamında da bu ölçümler neticesinde oluşan enerji talebinin karşılanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyogaz üretim tesisi tasarımı yapılmış ve bunun ekonomikliği incelenmiştir. Yapılan çalışma çok kapsamlı olup çalışma akabinde geliştirme olanakları da çok yüksektir.

Bu çalışmanın oluşmasında ve her aşamasında desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile bana öncülük eden danışmanlarım Sayın Prof. Dr. Osman YALDIZ'a, ve Sayın Prof. Dr. Can ERTEKİN'e, laboratuvar çalışmalarında destek veren Sayın Prof. Dr. Altunay PERENDECİ'ye ve Çevre Teknolojisi Ana Bilim Dalı laboratuvar asistanlarına ve Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Dr. Emre AKMAN' a, atık potansiyeli belirleme çalışmaları kapsamında destek veren Konyaaltı Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürü Sayın Özgür Bülent YALÇIN ve Deniz ALTA'ya, Teknik ve bilgi desteğinden dolayı Antalya Organize Sanayi Bölge Müdürü ve EMO Antalya Şube Başkanı Sayın İlhan METİN'e, üniversitemiz ve hastane yemekhane müdürlükleri ve çalışan personele, çalışmanın tesis projelendirme kısmında yardımcı olan değerli mesai arkadaşlarım Akdeniz Üniversitesi Yapı İşleri Teknik Daire Başkanlığı çalışanları Mimar Yeşim BAŞ, Makine Mühendisi Burçin ŞENTÜRK, Şahsenem EKİZOĞLU, İnşaat Mühendisi Doğan KOÇ, Elektrik Müh. Latife ŞİMŞEK BAYSAL' a, çalışmanın ekonomik kısmında yardımcı olan sayın Tarım Ekonomisi Bölümü Bölüm Başkanı Prof.Dr.İbrahim YILMAZ'a, çalışmanın analizlerinin değerlendirilmesi ve kaynak kısmında yardımcı olan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr Recep KÜLCÜ'ye, çalışmaya kattıkları değerli görüşleri ve destekleyici önerilerinden dolayı Sayın Prof.Dr.Kamil EKİNCİ ve Prof.Dr.Murad ÇANAKCI'ya, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Davut KARAYEL'e ve çalışma aşamasında beni motive eden, yalnız bırakmayan değerli arkadaşım Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü öğretim üyesi Sayın Dr. Öğretim Üyesi Nefise Yasemin TEZCAN'a, çalışma süresince beni sabırla destekleyen kardeşim Çağdaş IŞIKYÜREK ve kıymetli aileme, çalışmanın ve hayatımın her alanında beni destekleyen, yol gösteren değerli büyüğüm Elektrik Mühendisi Sayın Ali CESUR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                  |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                                                                        | i    |
| ABSTRACT.....                                                                                    | iii  |
| ÖNSÖZ .....                                                                                      | v    |
| AKADEMİK BEYAN .....                                                                             | ix   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                                                     | x    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                             | xiii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                          | xvii |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                   | 1    |
| 2. KAYNAK TARAMASI.....                                                                          | 7    |
| 2.1. Enerji Analizleri ve Enerji Üretim Teknolojileri.....                                       | 7    |
| 2.2. Biyogaz Fermentasyon Süreci .....                                                           | 10   |
| 2.3. Biyogazın Yakıt Olarak Kullanılmasının Enerji Üretim Motorları Yönünden<br>İncelenmesi..... | 15   |
| 2.4. Biyogazın Yakıt Olarak Kullanımının Çevresel Etkileri.....                                  | 16   |
| 2.5. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Hammaddenin ve Sistemin Ekonomisi .....                       | 17   |
| 3. MATERYAL VE METOT.....                                                                        | 21   |
| 3.1. Çalışma Alanının İncelenmesi.....                                                           | 21   |
| 3.1.1. Akdeniz Üniversitesi mevcut enerji tüketimlerinin incelenmesi.....                        | 22   |
| 3.1.2. Elektrik enerjisi altyapısı .....                                                         | 23   |
| 3.1.3. Isı enerjisi altyapısı .....                                                              | 24   |
| 3.1.4. Soğutma enerjisi altyapısı .....                                                          | 26   |
| 3.2. Elektrik Tüketim Verilerinin Ölçümlemesi ve Hesaplanması.....                               | 27   |
| 3.2.1. Otomatik sayaç okuma sistemi ( OSOS) .....                                                | 27   |
| 3.2.2. Toplanan verilerin hesap edilmesi .....                                                   | 29   |
| 3.2.3. İhtiyaç duyulan elektrik miktarının hesaplanması .....                                    | 31   |
| 3.2.4. Birleşik ısı geri kazanım (BIGK) sisteminden elde edilecek buhar miktarı                  | 31   |
| 3.2.5. Birleşik ısı geri kazanım sisteminden elde edilecek ısı miktarı.....                      | 32   |
| 3.2.6. Birleşik ısı geri kazanım sisteminin üretim verileri.....                                 | 33   |
| 3.3. Akdeniz Üniversitesi ve Çevre Birimlerin Atık Miktarının Belirlenmesi.....                  | 34   |
| 3.3.1. Yemekhane atıklarının miktarı .....                                                       | 34   |
| 3.3.2. Süt üretim çiftliği hayvan atıklarının miktarı .....                                      | 35   |
| 3.3.3. Akdeniz Üniversitesi kampüsü ve yakın çevre belediyenin yıllık çim atık<br>miktarı .....  | 35   |
| 3.4. Toplanan Atıkların Biyometan Potansiyelinin Belirlenmesi.....                               | 36   |
| 3.4.1. Toplam katı madde (TKM) analizi .....                                                     | 37   |
| 3.4.2. Uçucu katı madde (UKM) analizi.....                                                       | 37   |
| 3.4.3. Elementel kompozisyon (CHNS) analizi.....                                                 | 37   |
| 3.4.4. Biyokimyasal Metan Potansiyeli denemeleri (BMP) .....                                     | 37   |
| 3.4.5. Biyogaz hacmi ve gaz kompozisyonunun belirlenmesi.....                                    | 38   |
| 3.5. Biyogaz tesisi yatırım projesinin hazırlanması.....                                         | 40   |
| 3.6. Biyogaz Tesisinin İşletme Parametrelerinin Belirlenmesi .....                               | 41   |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.7. Biyogaz Tesisi Ekonomik Analizleri.....                                                    | 43  |
| 3.7.1. Biyogaz tesisinin yaklaşık maliyet hesabı .....                                          | 43  |
| 3.7.2. Projenin ekonomik değerlendirme ölçütleri .....                                          | 44  |
| 3.7.3. Projenin net bugünkü değer hesabı.....                                                   | 45  |
| 3.7.4. Projenin İç Karlılık oranı ve geri ödeme süresi .....                                    | 46  |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                                                   | 47  |
| 4.1. Enerji Ölçüm Analizleri.....                                                               | 47  |
| 4.1.1. 2014 yılı hastane bölümü elektrik enerjisi tüketimi.....                                 | 47  |
| 4.1.2. 2014 yılı eğitim bölümü elektrik enerjisi tüketimi .....                                 | 51  |
| 4.1.3. 2014 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüs toplam elektrik tüketimi .....                     | 55  |
| 4.1.4. 2015 yılı hastane bölümü elektrik enerjisi tüketimi.....                                 | 57  |
| 4.1.5. 2015 yılı eğitim bölümü elektrik enerjisi tüketimi .....                                 | 61  |
| 4.1.6. 2015 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüs toplam elektrik tüketimi .....                     | 65  |
| 4.1.7. 2016 yılı hastane bölümü elektrik enerjisi tüketimi.....                                 | 67  |
| 4.1.8. 2016 yılı eğitim bölümü elektrik enerjisi tüketimi .....                                 | 71  |
| 4.1.9. 2016 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüs toplam elektrik tüketimi .....                     | 75  |
| 4.2. Üç Yıllık Hastane Bölümü Elektrik Tüketim Verilerinin Değerlendirmesi.....                 | 78  |
| 4.3. Üç Yıllık Eğitim Bölümü Elektrik Tüketim Verilerinin Değerlendirmesi.....                  | 79  |
| 4.4. Üç Yıllık Kampüs Geneli Enerji Tüketim Verilerinin Karşılaştırması .....                   | 80  |
| 4.5. Kampüs Geneli Gelecek Yıllara Ait Tahmini Enerji Tüketimi Verilerinin Saptanması.....      | 83  |
| 4.6. İhtiyaç Duyulan Enerji Üretim Kapasitesinin Belirlenmesi .....                             | 84  |
| 4.7. Akdeniz Üniversitesi ve Çevre Birimlerden Toplanan Atık Miktarının Değerlendirilmesi ..... | 86  |
| 4.7.1. Akdeniz Üniversitesi yemekhane atıkları .....                                            | 86  |
| 4.7.2. Süt üretim çiftliği hayvan atıkları .....                                                | 88  |
| 4.7.3. Akdeniz Üniversitesi kampüsü ve belediyenin yıllık çim atık miktarı.....                 | 88  |
| 4.8. Enerji Üretim Tesisinde Kullanılacak Materyalin Özelliklerinin Belirlenmesi ..             | 90  |
| 4.9. Biyogaz Hacmi ve Gaz Kompozisyonunun Belirlenmesi .....                                    | 92  |
| 4.9.1. Diğer laboratuvar analizleri .....                                                       | 98  |
| 4.10. Biyogaz Tesisi Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi.....                                 | 98  |
| 4.10.1. Biyogaz Tesis Teknolojisi yönünden yapılan değerlendirme.....                           | 98  |
| 4.10.2. Üniversitenin ihtiyaç duyacağı elektrik miktarının belirlenmesi.....                    | 103 |
| 4.10.3. Birleşik ısı geri kazanım sisteminin verimi .....                                       | 104 |
| 4.10.4. Üniversitenin ihtiyaç duyacağı ortalama güç miktarının belirlenmesi....                 | 106 |
| 4.10.5. Üç zaman dilimlerinde tüketilecek güç miktarı.....                                      | 106 |
| 4.10.6. Tüketilen gücün günlük zaman dilimlerindeki dağılım oranı.....                          | 107 |
| 4.10.7. Birleşik ısı geri kazanım sisteminden alınabilecek maksimum güç miktarı .               | 107 |
| 4.10.8. Birleşik ısı geri kazanım sisteminden elde edilecek ortalama buhar miktarı              | 108 |
| 4.10.9. Birleşik ısı geri kazanım sisteminden elde edilecek ısı miktarı.....                    | 110 |
| 3.2.1 Üretim dışı kalan elektrik miktarının belirlenmesi.....                                   | 111 |
| 4.10.10. Birleşik ısı geri kazanım sisteminin üretim verilerinin değerlendirilmesi...           | 112 |
| 4.11. Biyogaz Tesisi İnşaatının Teknik Değerlendirmesi .....                                    | 114 |
| 4.11.1. Fermentör imalatı.....                                                                  | 116 |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.11.2. Gaz taşıma sistemi imalatı .....                                  | 119 |
| 4.11.3. Gaz hazırlama desülfürüzyon sistemi.....                          | 120 |
| 4.11.4. Biyogaz tesisi betonarme imalatı .....                            | 120 |
| 4.11.5. Ön yükleme deposu ve pompalar .....                               | 122 |
| 4.11.6. Elektrik tesisatı .....                                           | 122 |
| 4.11.7. Birleşik ısı geri kazanım sistemi .....                           | 123 |
| 4.11.8. Yıldırımdan korunma ve topraklama tesisatı.....                   | 123 |
| 4.11.9. Elektrik proses kontrol teknolojisi .....                         | 123 |
| 4.11.10. Acil durum güç beslemesi.....                                    | 123 |
| 4.12. Biyogaz Tesisi Ekonomik Analizleri.....                             | 124 |
| 4.12.1. Biyogaz tesisi yaklaşık maliyeti .....                            | 124 |
| 4.12.2. Tahmini gelirler toplamı .....                                    | 126 |
| 4.12.3. Tahmini giderler toplamı .....                                    | 126 |
| 4.12.4. Projeden beklenen gelirlerin net bugünkü değer hesaplanması ..... | 129 |
| 4.12.5. Projenin fayda-masraf oranı.....                                  | 134 |
| 4.12.6. Projenin iç karlılık oranı ve geri ödeme süresi .....             | 134 |
| 5. SONUÇLAR .....                                                         | 135 |
| 6. KAYNAKLAR .....                                                        | 139 |
| 7. EKLER.....                                                             | 147 |
| ÖZGEÇMİŞ                                                                  |     |

## AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Akdeniz Üniversitesi Merkez Kampüsünün Enerji İhtiyacını Karşılamaya Yönelik Biyogaz Tesisinin Tasarımı ve Tekno - Ekonomik Analizleri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

14/06/2019

Çiğdem IŞIKYÜREK

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

%: Yüzde

°C: Santigrad derece

cm: Santimetre

d: Gün

g: Gram

h: Saat

kg: Kilogram

kW: Kilowatt

m<sup>3</sup>: Metreküp

mg: Miligram

ml: Mililitre

$\eta$  : Kazan verimi

$q$  : Isı akış katsayısı

Sm<sup>3</sup>: Standart m<sup>3</sup>

H: Metan Isıl Değeri

### Kısaltmalar

BG : Buhar Gücü

BMP: Biyokimyasal Metan Potansiyeli

BIGK : Birleşik Isı Geri Kazanım Sistemi

CSTR: Sürekli Karıştırılmalı Tank Reaktör

DTM: Aylık Metan Tüketim Miktarı

EDAŞ: Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

EİGM: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü

EMO: Elektrik Mühendisleri Odası  
EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu  
ETKB: Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı  
HRT: Hidrolik Alıkonma Süresi  
IEA: International Energy Agency  
IEİ : Isıtma Enerji İhtiyacı  
İK: Toplam İnorganik Karbon  
İKO: İç Karlılık Oranı  
KM(TS): Katı Madde  
KOİ : Kimyasal Oksijen İhtiyacı  
KVA: Kilo Volt Amper  
kW:Kilowatt  
kWh: Kilowattsaat  
MSW : Kentsel Katı Atık  
MW: Mega Watt  
MWh: Megawattsaat  
NBD: Net Bugünkü Değer  
OECD: Ekonomik Kalkınma Ve İşbirliği Örgütü  
OG: Orta Gerilim  
OKM : Organik Katı Madde  
OME: Akdeniz Ülkeleri Enerji Şirketleri Birliği  
OPBİ: Ortalama Proses Buhar İhtiyacı  
OSOS :Otomatik Sayaç Okuma Sistemi  
RES : Rüzgar Enerjisi  
RMS : Basınç Düşürme İstasyonu  
T1: 06:00-17:00 Saatleri Arası Zaman Dilimlerinde

T2 : 17:00-22:00 Saatleri Arası Zaman Dilimlerinde

T3: 22:00-06:00 Saatleri Arası Zaman Dilimlerinde

TEDAŞ: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.

TEP: Ton Eşdeğer Petrol

TK : Toplam Karbon

TKM: Toplam Katı Madde

TKN: Toplam Kjeldahl Azotu

TOK: Toplam Organik Karbon

UASB : Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yataklı Reaktörler

UFAF : Yukarı Akışlı Anaerobik Filtre Reaktör

UKM : Uçucu Katı Madde

WTE : Atıktan Enerjiye

YEK: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

YEKDEM: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

YG: Yüksek Gerilim

Bu Tezde çalışmasında “ , “ ondalık ayırıcı kullanılmaktadır.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1. Türkiye 2018 yılı sonu elektrik üretimi kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı .....                          | 2  |
| Şekil 1.2. Türkiye'nin lisanslı elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı .....                                        | 3  |
| Şekil 1.3. 2017 yılı YEKDEM kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı .....                                                 | 3  |
| Şekil 1.4. Türkiye'de yenilenebilir, atık ve atık ısı kurulu gücünün yıllara göre dağılışı.....                           | 4  |
| Şekil 1.5. Dünya birincil enerji talebi.....                                                                              | 5  |
| Şekil 1.6. Türkiye birincil enerji talebi.....                                                                            | 5  |
| Şekil 2.1. Metan oluşturuıcı bakterilerin gelişimi (Eder ve Schulz, 2006).....                                            | 14 |
| Şekil 2.2. Hammadde bazında biyogaz üretim miktarları (m <sup>3</sup> biyogaz/ton hammadde).....                          | 15 |
| Şekil 3.1.Proje sahası-Akdeniz Üniversitesi kampüsü .....                                                                 | 21 |
| Şekil 3.2. Akdeniz Üniversitesi kampüs şematik harita .....                                                               | 22 |
| Şekil 3.3. Otomatik sayaç okuma sistemi.....                                                                              | 28 |
| Şekil 3.4. Akdeniz EDAŞ ve OSOS sayaç ölçüm sistemi.....                                                                  | 28 |
| Şekil 3.5. 07.09.2016 tarihine ait saatlik veri ölçümleri.....                                                            | 29 |
| Şekil 3.6. Hastane ve merkezi yemekhane ön hazırlık çalışmaları .....                                                     | 34 |
| Şekil 3.7. Akdeniz Üniversitesi hayvan çiftliği .....                                                                     | 35 |
| Şekil 3.8. Akdeniz Üniversitesi kampüs alanı peyzajı .....                                                                | 36 |
| Şekil 3.9. BMP denemeleri için hazırlanan numuneler .....                                                                 | 36 |
| Şekil 3.10. Denemeler boyunca yapılan ölçümlere ait ölçme cihazı ekran görüntüleri.....                                   | 39 |
| Şekil 3.11. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı 2018 inşaat ve tesisat birim fiyatları kitabı..... | 43 |
| Şekil 3.12. AMP hakediş ve yaklaşık maliyet programı ikonu .....                                                          | 44 |
| Şekil 3.13. Yaklaşık maliyet programı proje içeriği belirleme.....                                                        | 44 |
| Şekil 4.1. 2014 yılı 1440 nolu bara hastane aylık tüketimleri .....                                                       | 48 |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.2.</b> 2014 yılı 4290 Nolu bara hastane aylık tüketimleri .....                        | 49 |
| <b>Şekil 4.3.</b> 2014 yılı hastane toplam aylık tüketimleri .....                                | 50 |
| <b>Şekil 4.4.</b> 2014 yılı hastane ortalama tüketimleri .....                                    | 51 |
| <b>Şekil 4.5.</b> 2014 yılı 145 nolu bara eğitim bölümü aylık tüketimleri.....                    | 52 |
| <b>Şekil 4.6.</b> 2014 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık tüketimleri.....                   | 53 |
| <b>Şekil 4.7.</b> 2014 yılı eğitim bölümü toplam aylık tüketimleri.....                           | 54 |
| <b>Şekil 4.8.</b> 2014 yılı eğitim bölümü ortalama toplam tüketim .....                           | 55 |
| <b>Şekil 4.9.</b> 2014 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri .....                        | 56 |
| <b>Şekil 4.10.</b> 2014 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüsü toplam ortalama elektrik tüketimi ..... | 57 |
| <b>Şekil 4.11.</b> 2015 yılı 1440 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri .....        | 58 |
| <b>Şekil 4.12.</b> 2015 yılı 4290 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri .....        | 59 |
| <b>Şekil 4.13.</b> 2015 yılı hastane aylık toplam elektrik tüketimleri.....                       | 60 |
| <b>Şekil 4.14.</b> 2015 yılı hastane ortalama toplam elektrik tüketimleri.....                    | 61 |
| <b>Şekil 4.15.</b> 2015 yılı 145 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri .....   | 62 |
| <b>Şekil 4.16.</b> 2015 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri .....  | 63 |
| <b>Şekil 4.17.</b> 2015 yılı eğitim bölümü aylık toplam elektrik tüketimleri .....                | 64 |
| <b>Şekil 4.18.</b> 2015 yılı eğitim bölümü ortalama toplam elektrik tüketimleri .....             | 65 |
| <b>Şekil 4.19.</b> 2015 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri .....                       | 66 |
| <b>Şekil 4.20.</b> 2015 Yılı Akdeniz Üniversitesi kampüsü toplam ortalama elektrik tüketimi ..... | 67 |
| <b>Şekil 4.21.</b> 2016 yılı 1440 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri .....        | 68 |
| <b>Şekil 4.22.</b> 2016 yılı 4290 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri .....        | 69 |
| <b>Şekil 4.23.</b> 2016 yılı hastane aylık toplam elektrik tüketimleri.....                       | 70 |
| <b>Şekil 4.24.</b> 2016 yılı hastane ortalama toplam elektrik tüketimleri.....                    | 71 |
| <b>Şekil 4.25.</b> 2016 yılı 145 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri.....    | 72 |

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.26. 2016 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri....                                               | 73  |
| Şekil 4.27. 2016 yılı eğitim bölümü aylık toplam elektrik tüketimleri .....                                                           | 74  |
| Şekil 4.28. 2016 yılı eğitim bölümü ortalama toplam elektrik tüketimleri .....                                                        | 75  |
| Şekil 4.29. 2016 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri .....                                                                  | 76  |
| Şekil 4.30. 2016 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüsü toplam ortalama elektrik tüketim                                                   | 77  |
| Şekil 4.31. Hastane bölümü 3 yıllık ortalama saatlik elektrik tüketim değerleri .....                                                 | 78  |
| Şekil 4.32. Eğitim bölümü 3 yıllık ortalama saatlik elektrik tüketim değerleri .....                                                  | 79  |
| Şekil 4.33. Kampüs aylık faturalanmış elektrik tüketim değerleri üzerinden 2014, 2015,2016 yılları saatlik ortalama tüketimleri ..... | 81  |
| Şekil 4.34. 3 yıllık kampüs toplam elektrik tüketim değerleri .....                                                                   | 82  |
| Şekil 4.35. %10 artış öngörüsü doğrultusunda oluşan kampüs geneli 2017 tahmini elektrik tüketim verileri .....                        | 84  |
| Şekil 4.36. Kampüs optimum enerji ihtiyacı .....                                                                                      | 85  |
| Şekil 4.37. Deneme 1-1 % 8 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları .....                                                                  | 93  |
| Şekil 4.38. Deneme 1-2 % 8 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları .....                                                                  | 93  |
| Şekil 4.39. Deneme 2-1 % 10 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları .....                                                                 | 94  |
| Şekil 4.40. Deneme 2-2 % 10 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları .....                                                                 | 94  |
| Şekil 4.41. Deneme 3-1 % 12 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları .....                                                                 | 95  |
| Şekil 4.42. Deneme 3-2 % 12 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları .....                                                                 | 95  |
| Şekil 4.43. Ortalama kümülatif metan değerleri.....                                                                                   | 97  |
| Şekil 4.44. Biyogaz üretiminde genel uygulama adımları (FNR, 2016) .....                                                              | 99  |
| Şekil 4.45. Birleşik ısı geri kazanım sisitemi katalog verileri görseli .....                                                         | 105 |
| Şekil 4.46. Örnek bir biyogaz tesisi (Enerjiportali, 2018).....                                                                       | 114 |
| Şekil 4.47. Biyogaz tesisi PLC otomasyonu.....                                                                                        | 115 |
| Şekil 4.48.Biyagaz tesisi vaziyet planı .....                                                                                         | 117 |
| Şekil 4.49. Biyogaz tesisi proses şeması .....                                                                                        | 118 |
| Şekil 4.50. Fermentör gaz depolama kısmı .....                                                                                        | 119 |

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 4.51.</b> Biyogaz tesisi gaz kontrol hatları. ....                            | 120 |
| <b>Şekil 4.52.</b> Örnek biyogaz tesisi betonarme inşaatı (Enerji portalı, 2018) ..... | 121 |
| <b>Şekil 4.53.</b> Biyogaz tesisi fermentör içi ısıtma sistemi.....                    | 122 |
| <b>Şekil 4.54.</b> Biyogaz ön yükleme deposu (walker-technik.de, 2019) .....           | 122 |
| <b>Şekil 4.55.</b> Birleşik ısı geri kazanım sistemi .....                             | 123 |
| <b>Şekil 4.56.</b> Biyogaz tesisi yaklaşık maliyet programı hesap cetveli.....         | 124 |
| <b>Şekil 4.57.</b> Projenin geri ödeme süresi .....                                    | 134 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 2.1.</b> Yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim tesis tipine bağlı uygulanan birim fiyatlar (I sayılı cetvel) ..... | 19 |
| <b>Çizelge 3.1.</b> 31.5 ve 6.3 kV'luk trafo güçleri ve enerji hatlarının beslediği bölgeler ....                                    | 23 |
| <b>Çizelge 3.2.</b> 2014 yılı beklenen doğalgaz tüketim verileri .....                                                               | 25 |
| <b>Çizelge 3.3.</b> Dönemsel doğalgaz tüketimleri .....                                                                              | 25 |
| <b>Çizelge 3.4.</b> Soğutma grupları ve enerji besleme trafoları .....                                                               | 26 |
| <b>Çizelge 4.1.</b> 2014 yılı 1440 nolu bara hastane aylık tüketimleri .....                                                         | 47 |
| <b>Çizelge 4.2.</b> 2014 yılı 4290 Nolu bara hastane aylık tüketimleri .....                                                         | 48 |
| <b>Çizelge 4.3.</b> 2014 yılı hastane toplam aylık tüketimleri .....                                                                 | 49 |
| <b>Çizelge 4.4.</b> 2014 yılı hastane ortalama toplam tüketim .....                                                                  | 50 |
| <b>Çizelge 4.5.</b> 2014 yılı 145 Nolu bara eğitim bölümü aylık tüketimleri.....                                                     | 51 |
| <b>Çizelge 4.6.</b> 2014 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık tüketimleri.....                                                    | 52 |
| <b>Çizelge 4.7.</b> 2014 yılı eğitim bölümü aylık toplam tüketimleri.....                                                            | 53 |
| <b>Çizelge 4.8.</b> 2014 yılı eğitim bölümü ortalama toplam tüketim .....                                                            | 54 |
| <b>Çizelge 4.9.</b> 2014 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri .....                                                         | 55 |
| <b>Çizelge 4.10.</b> 2014 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüsü toplam ortalama elektrik tüketimi .....                                  | 56 |
| <b>Çizelge 4.11.</b> 2015 yılı 1440 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri .....                                         | 57 |
| <b>Çizelge 4.12.</b> 2015 yılı 4290 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri .....                                         | 58 |
| <b>Çizelge 4.13.</b> 2015 yılı hastane aylık toplam elektrik tüketimleri.....                                                        | 59 |
| <b>Çizelge 4.14.</b> 2015 yılı hastane ortalama toplam elektrik tüketimleri.....                                                     | 60 |
| <b>Çizelge 4.15.</b> 2015 yılı 145 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri .....                                    | 61 |
| <b>Çizelge 4.16.</b> 2015 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri .....                                   | 62 |

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 4.17.</b> 2015 yılı eğitim bölümü aylık toplam elektrik tüketimleri .....                                       | 63 |
| <b>Çizelge 4.18.</b> 2015 yılı eğitim bölümü ortalama toplam elektrik tüketimleri .....                                    | 64 |
| <b>Çizelge 4.19.</b> 2015 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri .....                                              | 65 |
| <b>Çizelge 4.20.</b> 2015 Yılı Akdeniz Üniversitesi Kampüsü toplam ortalama Elektrik Tüketimi.....                         | 66 |
| <b>Çizelge 4.21.</b> 2016 yılı 1440 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri .....                               | 67 |
| <b>Çizelge 4.22.</b> 2016 yılı 4290 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri .....                               | 68 |
| <b>Çizelge 4.23.</b> 2016 yılı hastane aylık toplam elektrik tüketimleri.....                                              | 69 |
| <b>Çizelge 4.24.</b> 2016 yılı hastane ortalama toplam elektrik tüketimleri.....                                           | 70 |
| <b>Çizelge 4.25.</b> 2016 yılı 145 nolu bara eğitimaylık elektrik tüketim değerleri .....                                  | 71 |
| <b>Çizelge 4.26.</b> 2016 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri .....                         | 72 |
| <b>Çizelge 4.27.</b> 2016 yılı eğitim bölümü aylık toplam elektrik tüketimleri .....                                       | 73 |
| <b>Çizelge 4.28.</b> 2016 yılı eğitim bölümü ortalama toplam elektrik tüketimleri .....                                    | 74 |
| <b>Çizelge 4.29.</b> 2016 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri .....                                              | 75 |
| <b>Çizelge 4.30.</b> 2016 yılı kampüs toplam ortalama elektrik tüketimi.....                                               | 76 |
| <b>Çizelge 4.31.</b> Hastane bölümü 3 yıllık ortalama saatlik elektrik tüketim değerleri .....                             | 78 |
| <b>Çizelge 4.32.</b> Eğitim bölümü 3 yıllık ortalama saatlik elektrik tüketim değerleri .....                              | 79 |
| <b>Çizelge 4.33.</b> Kampüs geneli 3 yıllık ortalama saatlik elektrik tüketim değerleri .....                              | 80 |
| <b>Çizelge 4.34.</b> 2016 yılı kampüs elektrik tüketiminin T1, T2, T3 zaman dilimlerindeki ortalama tüketim oranları ..... | 82 |
| <b>Çizelge 4.35.</b> %10 artış öngörüsü doğrultusunda oluşan kampüs geneli 2017 tahmini elektrik tüketim verileri .....    | 83 |
| <b>Çizelge 4.36.</b> Hastane ve eğitim bölümü yemekhaneleri toplam yıllık atık değerleri .....                             | 86 |
| <b>Çizelge 4.37.</b> Akdeniz Üniversitesi toplam atık miktarlar .....                                                      | 87 |
| <b>Çizelge 4.38.</b> Kampüs alanı içerisinde biçilen çim miktarı aylara göre dağılımı.....                                 | 88 |
| <b>Çizelge 4.39.</b> Biçilen çimin hesaplama çizelgeleri.....                                                              | 89 |

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 4.40.</b> Çevre belediyeye ait çim artışı.....                                                 | 89  |
| <b>Çizelge 4.41.</b> Biyogaz üretimi için kullanılabilecek materyal miktarları .....                      | 90  |
| <b>Çizelge 4.42.</b> Kullanılan materyalin KM ve OKM oranları .....                                       | 90  |
| <b>Çizelge 4.43.</b> Hazırlanan deneme şişelerinin içerik oranları .....                                  | 92  |
| <b>Çizelge 4.44.</b> Ortalama kümülatif metan değerleri.....                                              | 97  |
| <b>Çizelge 4.45.</b> Tesis tasarımı için kullanılan biyogaz ölçüm değerleri.....                          | 99  |
| <b>Çizelge 4.46.</b> Biyogaz tesisi enerji üretim parametreleri.....                                      | 101 |
| <b>Çizelge 4.47.</b> Birleşik ısı geri kazanım enerji üretim sistemi ekipman özellikleri .....            | 101 |
| <b>Çizelge 4.48.</b> Birleşik ısı geri kazanım sistemi işletme değerleri.....                             | 102 |
| <b>Çizelge 4.49.</b> Birleşik ısı geri kazanım sistemi enerji üretim parametreleri.....                   | 103 |
| <b>Çizelge 4.50.</b> Birleşik ısı geri kazanım sisteminin santral verimliliği.....                        | 103 |
| <b>Çizelge 4.51.</b> Birleşik ısı geri kazanım sistemi elektrik üretim verileri (MWM, 2018) .....         | 104 |
| <b>Çizelge 4.52.</b> Sistemin ortalama ihtiyaç duyacağı güç .....                                         | 106 |
| <b>Çizelge 4.53.</b> Üniversite sisteminin gün içerisinde tükettiği güç miktarı.....                      | 106 |
| <b>Çizelge 4.54.</b> Günlük tüketilen gücün farklı zaman dilimlerine göre oranı .....                     | 107 |
| <b>Çizelge 4.55.</b> Birleşik ısı geri kazanım sisteminden alınabilecek maksimum güç miktarı .....        | 107 |
| <b>Çizelge 4.56.</b> Üniversitenin buhar gücü ihtiyacı .....                                              | 108 |
| <b>Çizelge 4.57.</b> Birleşik ısı geri kazanım sisteminden alınabilecek maksimum buhar gücü miktarı ..... | 109 |
| <b>Çizelge 4.58.</b> Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum soğutma gücü.....                 | 110 |
| <b>Çizelge 4.59.</b> Birleşik ısı geri kazanım sisteminin üretebileceği ısı miktarı .....                 | 111 |
| <b>Çizelge 4.60.</b> Tedarik edilecek elektrik miktarı .....                                              | 111 |
| <b>Çizelge 4.61.</b> 6000 kW kapasiteli birleşik ısı geri kazanım sistemin aylık verileri .....           | 113 |
| <b>Çizelge 4.62.</b> Biyogaz tesisi inşaatı yatırım masrafları .....                                      | 125 |
| <b>Çizelge 4.63.</b> Projeye ait gelirler .....                                                           | 127 |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge 4.64.</b> Projeye ait giderler .....                                                | 128 |
| <b>Çizelge 4.65.</b> Biyogaz tesisi nakit akım çizelgesi ilk 3 yıllık gelir gider analizi..... | 130 |
| <b>Çizelge 4.66.</b> Biyogaz tesisi nakit akım çizelgesi .....                                 | 131 |
| <b>Çizelge 4.67.</b> Net bugünkü değer çizelgesi .....                                         | 133 |
| <b>Çizelge 4.68.</b> Projenin farklı iskonto oranlarındaki fayda masraf oranı.....             | 134 |

## 1. GİRİŞ

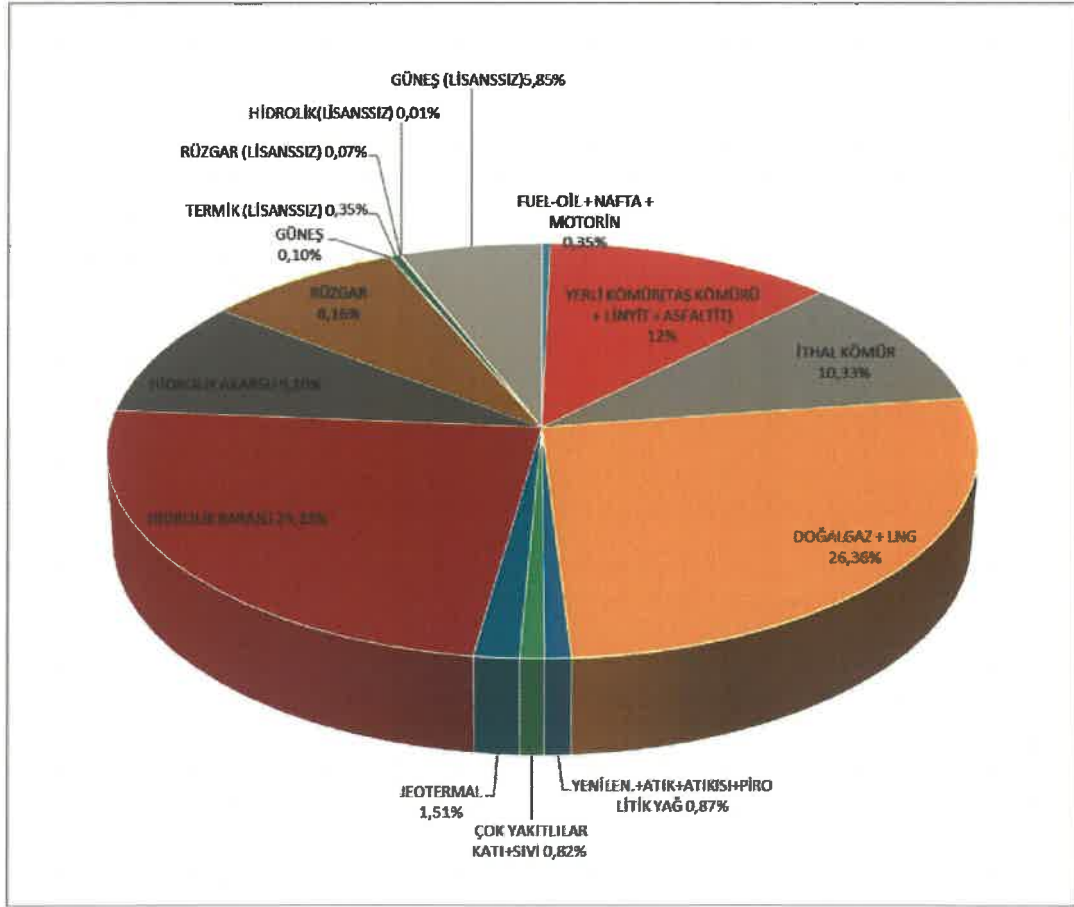
Ülkemiz, geçtiğimiz 10 yıllık dönemde OECD ülkeleri içerisinde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke durumuna gelmiştir (Kilci 2015). Ülkemizin gerçekleştirdiği yüksek büyüme oranları sonucunda enerji talebi de hızla artmakta ve önümüzdeki yıllarda da bu eğilimin devam edeceği tahmin edilmektedir (EMO, 2019). Ülkemizde 2014 yılı itibarıyla yaklaşık 77,7 milyon nüfusa sahip ve kişi başına enerji tüketiminin %1.66 artışla 1595 TEP, elektrik tüketiminin ise %3.93 artışla 2.669 kWh olduğu hesaplanmıştır (EİGM, 2015). Bu değere 2018 yılı sonu itibarı ile bakıldığında ülkemiz nüfusu 82 milyon olurken elektrik kurulu gücünün 88.551 MW'a ulaştığı, 2019 yılı Mart ayı sonu itibarıyla 580,9 MW'lık artışla 89.131,7 MW olarak gerçekleştiği görülmektedir (EİGM, 2019). 2016 yılında Türkiye'de kişi başına gerçekleşen net elektrik tüketimi 2761 kWh olarak gerçekleşmiştir (IEA 2017).

Ülkemizde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca belirlenen son elektrik talep serilerine göre 3 senaryo öngörülmekte olup, (Senaryo 1 – Düşük Senaryo, Senaryo 2 – Referans Senaryo, Senaryo 3 – Yüksek Senaryo) bu senaryolara göre önümüzdeki 20 yıllık dönem için yıllık ortalama elektrik talebi artış oranı %2,90 ile %3,84 arasında hesaplanmaktadır. 2039 yılında elektrik ihtiyacının yüksek talep senaryosunda 679,9 milyar kWh, düşük talep senaryosunda ise 556,3 milyar kWh düzeyine ulaşacağı tahmin edilmektedir (ETKB, 2019).

Bu veriler incelendiğinde ülke genelinde artış gösteren enerji talebine karşılık gelecek olan alternatif üretim kaynaklarının bulunması, bu konularda araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılmasına olan ihtiyacında aynı şekilde arttığı görülmüştür.

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. 31.12.2018 tarihli son güncelleme raporlarına göre ülkemiz kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımında, birinci sırayı 22.437,8 MW ile doğal gaz ve LNG santralleri, ikinci sırayı 19.776 MW ile hidrolik enerji (barajlı) tesisler, üçüncü sırayı 10.203,5 MW ile linyit, taş kömürü ve 8.793,9 MW ithal kömür termik santralleri alırken bunları sırasıyla, 7.489,7 MW ile hidrolik (akarsu), 6.942,3 MW ile rüzgar, 41.40,3 MW ile çok yakıtlılar, 1.282,5 MW ile jeotermal, 738,8 MW ile yenilenebilir, atık, pirolitik yağ, atık ısı, 81,7 MW ile güneş olmuştur. Toplam kurulu güç miktarı 88.550,8 MW olarak belirtilmektedir (TEİAŞ, 2019). Aşağıda yer alan Şekil 1.1'de kurulu gücün oransal yönden dağılımı görülmektedir.

Türkiye 01.01.2018 tarihi itibarıyla lisanslı 81.555 MW, lisanssız 3.645 MW ve toplamda 85.200 MW kurulu güce sahiptir. 31 Ekim 2017 tarihinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) tarafından yayınlanan nihai Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK) listesine göre YEK destekleme mekanizmasından (YEKDEM) yararlanan santrallerin kurulu gücü 19.266 MW'a ulaşmıştır. Yenilenebilir kaynaklı santrallerin kurulu güçteki payı ise %43,6 olmuştur (EPIAS, 2018).

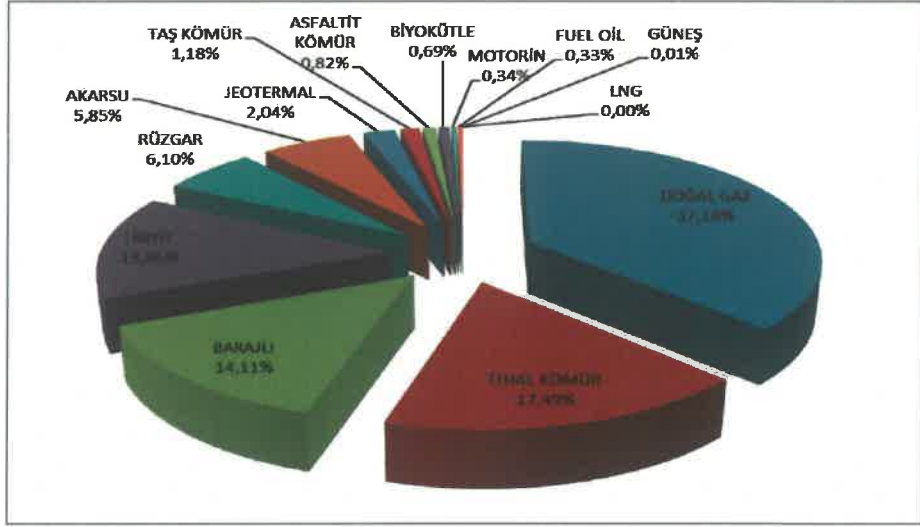


**Şekil 1.1.** Türkiye 2018 yılı sonu elektrik üretimi kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

Ülkemizdeki lisanslı elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı Şekil 1.2' de verilmiştir. Lisanslı elektrik enerjisi üretiminde 2016 yılında doğal gaz yakıtlı santrallerin payı %32,16 iken 2017 yılında %37,18'e, rüzgar santrallerinin payı %5,69 iken %6,10'a, jeotermal santrallerinin payı da %1,77 iken %2,04'e yükselmiştir. Diğer taraftan hidroelektrik santrallerin payı 2016 yılında %24,69 iken %19,96'ya, yerli kömür (linyit, taş kömürü ve asfaltit) santrallerinin payı %19,78 iken %15,86'ya, ithal kömür santrallerinin payı %17,52 iken %17,49'a düşmüştür (EPDK, 2018).

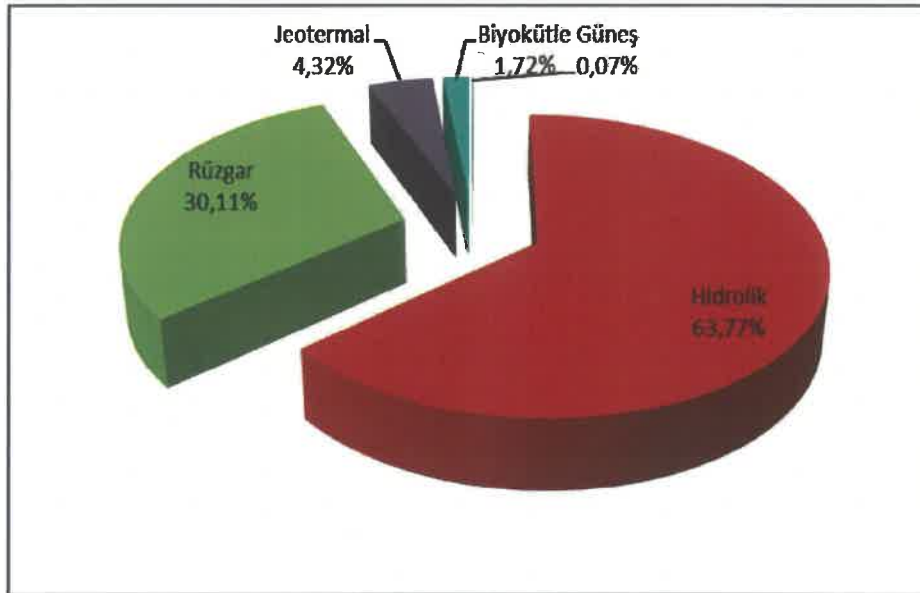
14/3/2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanununun 14 üncü maddesi kapsamında, tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarının tüketim noktasına en yakın üretim tesislerinden karşılanması amaçlanmış olup, 02.10.2013 Tarih ve 28783 Sayılı 'Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik' ile elektrik piyasasında arz güvenliğinin sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve etkin kullanımının sağlanması, elektrik şebekesinde meydana gelen kayıp miktarlarının düşürülmesi amacıyla lisans alma ile şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın, elektrik enerjisi üretebilmiş gerçek veya tüzel kişilere uygulanmış usul ve esaslar belirlenmiştir. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynaklarının belgelendirilmesi ve desteklenmesine ilişkin yönetmelik ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretiminin teşvik edilmesine yönelik olarak üretim lisansı sahiplerine

Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi verilmesi ve YEKDEM' in kurulmasına ve işletilmesine ilişkin esaslar düzenlenmiştir (EPDK, 2018).



Şekil 1.2. Türkiye'nin lisanslı elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı

Lisanssız santraller de dahil olmak üzere YEKDEM kapsamındaki kurulu gücün Türkiye kurulu gücüne oranı 2016 yılında %19,4 iken, 2017 yılında bu oran %24,28 olmuştur. YEKDEM kurulu gücünün kaynak türüne göre dağılımı Şekil 1.3'de görüldüğü gibi 11.096,26 MW ile hidrolik santrallerin en büyük paya sahip olduğu, 5.238,70 MW ile rüzgarın ikinci sırada yer aldığı saptanmıştır.

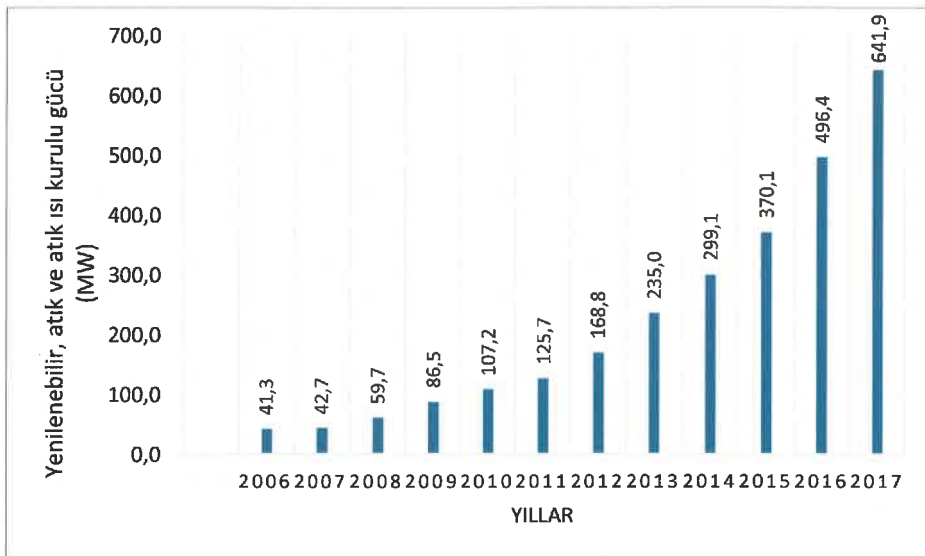


Şekil 1.3. 2017 yılı YEKDEM kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

Diğer enerji kaynakları ise sırasıyla 752,11 MW jeotermal, 299,97 MW biyokütle ve 12,9 MW güneş enerjisi kurulu gücü bulunmaktadır. Bu kapsamda 2017 yılında YEKDEM üzerinden faaliyet gösteren toplam kurulu gücü 17.399,94 MW olan 647 adet lisanslı şirket bulunmaktadır. Lisanssız santraller de dahil olmak üzere YEKDEM katılımcılarının 2016 yılındaki toplam kurulu gücü 15082,72MW olurken, bu değer 2017 yılında yaklaşık olarak %10,18 artış göstermiştir (EPDK, 2018).

2016 yılında YEKDEM kapsamında üretim yapan santrallerin üretimlerinin ülke üretimine oranı ise %16,8 seviyesinde iken, 2017 yılında bu oran %17,26 olarak gerçekleşmiştir.

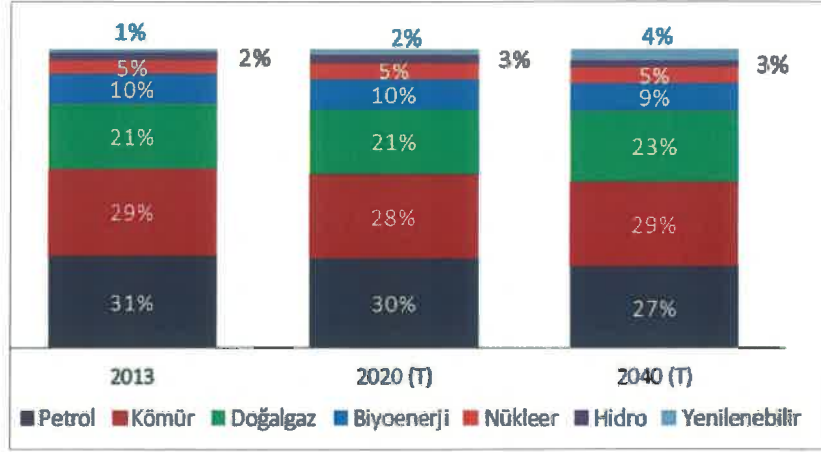
Bununla beraber ülkemizde kurulu gücün yenilenebilir, atık ve atık ısıdan elde edilen enerji üretimi gelişimin 2006 yılından 2017 yılına kadar olan süreçteki değişimi ise Şekil 1.4’de görülmektedir. Bu kurulu güce dayalı güç sistemlerinden enerjinin üretiminde yıllık artış oranının %10’un üzerinde olduğu görülmektedir (TEİAŞ, 2018).



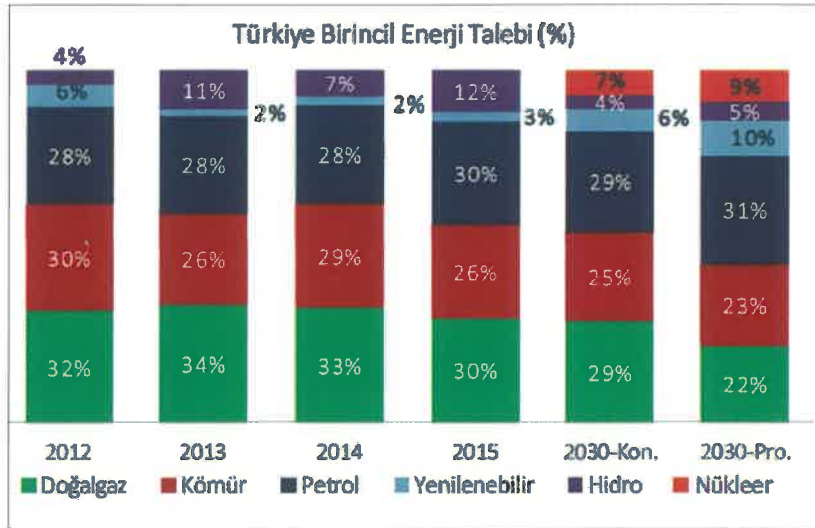
Şekil 1.4. Türkiye’de yenilenebilir, atık ve atık ısı kurulu gücünün yıllara göre dağılışı

Türkiye’nin enerjide yurt dışı bağımlılık düzeyi yaklaşık %76 seviyelerinde iken, doğalgazda bu oran %99,2 düzeyindedir. Doğalgaz ithalatının yüksek seviyesi Türkiye’nin dış ticaret açığının seyrinde etkilidir. Şekil 1.5’de Uluslararası Enerji Ajansı’nın (IEA) dünya genelinde birincil enerji kaynakları talebine ilişkin projeksiyonu incelendiğinde, 2040 yılına kadar talebi en hızlı artan enerji kaynağının sanayi ve enerji sektörleri öncülüğünde doğalgazın olacağı öngörülmektedir. Şekil 1.6’da yapılan tahminlerde ise Akdeniz Ülkeleri Enerji Şirketleri Birliği’nin (OME) Türkiye’ye yönelik benzer tahminlerinde, konservatif ve proaktif olmak üzere iki senaryo bulunmaktadır. Konservatif senaryoda 2030 yılında doğalgaz ve petrolün birincil enerji kaynakları talebi içinde eşit paya sahip olacağı öngörülmürken, proaktif senaryoda doğalgazın, petrol ve kömürün gerisinde kalacağı tahmin edilmektedir. İki senaryoda da dikkat çeken ayrıntı yenilenebilir enerji kaynağı payındaki yukarı yönlü eğilim ve uzun vadede nükleer

enerjinin artan varlığıdır. Buna karşın, yıllara göre hidroelektrik santrallerinin doyum noktasına ulaşarak payının düştüğü gözlenmektedir (IEA, 2017).



Şekil 1.5. Dünya birincil enerji talebi



Şekil 1.6. Türkiye birincil enerji talebi

Çalışmada incelenen en önemli konu enerji yönünden dışa bağımlılığın azaltılmasına alternatifler aramaktır. Bu kapsamda ülkemizin enerji üretiminin önemli kaynağının doğalgaz olduğu görülmektedir. Türkiye’de doğalgaz varlığı 1970’li yıllarda keşfedilmiş, 2016 yılı itibarıyla Türkiye’nin kullanılabilir doğalgaz rezervinin 18,7 milyar Sm<sup>3</sup>’e ulaştığı görülmüştür. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın (ETKB) son dönemde yerli kaynak üretimini desteklemek amacıyla ülke genelinde kaynak arama çalışmalarının teşvik edildiği, önümüzdeki dönemde doğalgaz üretimini bir miktar destekleyeceği tahmin edilmektedir. Tabi bu çalışmaların yanısıra doğalgazdaki dışa bağımlılığı azaltma yönünde tedbirlerin alınması gerekli olmaktadır. Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için alınacak tedbirler sonucunda, elektrik üretiminde doğal gazın payının %30’un altına düşürmek amaçlanmaktadır (Aşker, 2013).

Makroekonomik değerlendirmeler kapsamında, ekonomik büyüme ve kalkınmanın önündeki en büyük engellerden birisi de hiç şüphesiz cari açık sorunu olmuştur. Toplam enerji tüketiminde  $\frac{3}{4}$  oranında dışa bağımlı olan Türkiye’de cari açığın hemen hemen hepsini enerji ithalatı oluşturmaktadır. Türkiye’nin son yıllardaki enerji politikasında, yerli, yenilenebilir ve çevre dostu olan enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve bu kaynakların elektrik üretiminde değerlendirilmesi üzerine önemli çağrılar yapılmaktadır. (Hotunoğlu & Yılmaz, 2015). Bu çalışmalardan en önemlisi Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair 6094 sayılı kanun çerçevesinde, mevcut Yenilenebilir Enerji Kanununa önemli yenilikler ve teşvikler getirmiştir. Bu değişiklikler içerisinde en büyük teşviği Biyokütleyle dayalı üretim tesislerinden üretilen enerjinin satın alma bedeline 13,3 Dolar Cent olarak 10 yıl süre ile sabit fiyat garantisi verilmiş olmasıdır. Bir önemli husus ise 2020 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinden arazi kullanım teşvikleri kapsamında, yatırım ve işletme dönemlerinin ilk 10 yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine %85 indirim uygulanması olmuştur.

Ülkemizde yenilenebilir enerji politikası içerisinde desteklenme açısından en önemli yeri alan atık değerlendirme konusu üzerine çalışmalar yapılması önemli bir ihtiyaç oluşturmaktadır. Bu çalışmada, hem artan atık problemine bir çözüm oluşturulması, hem de enerji problemine katkı sağlamak amacıyla biyogaz enerji üretim sistemi incelenmiştir.

Çalışmada Akdeniz Üniversitesi kampüsünün öncelikle enerji karakteristiği belirlenmiş, bu sayede ihtiyaç duyulan enerji miktarına göre bir biyogaz tesisi tasarımı yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikli olarak Akdeniz Üniversitesi kampüsü elektrik ve ısı enerjisi yönünden incelenmiş, yakın çevredeki kullanılabilir atık miktarının, cinsinin ve özellikleri tespit edilmiş ve kurulabilecek bir biyogaz tesisinin enerji üretimi için gerekli teknik ve ekonomik alt yapı projeleri hazırlanmıştır. Ayrıca tasarlanmış biyogaz tesisine ait teknik çizimler ile ekonomik hesaplamalarda yapılmıştır.

## 2. KAYNAK TARAMASI

Litaratür taraması çalışması beş ana başlık altında toplanmıştır. İlk kısımda enerji analizi ve enerji üretim teknolojileri yönünden yeralan kaynak taramaları yapılmış, bu alandaki benzer çalışmalar değerlendirilmiştir. Çalışmalarda kullanılan farklı teknolojiler yönünden enerji üretim yöntemleri değerlendirilmiştir. Yapılmış olan tez çalışmasındaki üretim değerlendirmesi ile benzerlikler gösterdiği anlaşılmıştır.

İkinci kısımda ise biyogaz fermantasyon süreci incelenmiş ve bu alandaki çalışmalar değerlendirilmiştir. bu kısımda biyogazın biyogaz fermantasyonunu etkileyen faktörler üzerinde durulmuştur.

Üçüncü ve dördüncü kısımda ise biyogazın yakıt olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Yakıt olarak kullanılan biyogazın gerek enerji üretim motorlarındaki performans değerlendirmeleri gerek ise yandıktan sonra çıkan egzoz gazlarındaki çevresel faktörler yönünden yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Beşinci kısımda Byogaz üretiminde kullanılan hammaddenin farklı üretim methodlarında ve farklı hammaddelerde değişimi incelenmiş bu doğrultuda sistemin kurulum maliyetleri ve ekonomikliği yönünden yapılan çalışmalar incelenmiştir

### 2.1. Enerji Analizleri ve Enerji Üretim Teknolojileri

Türkyılmaz (2007) yapmış olduğu çalışmasında dünya enerji talebindeki gelişmeleri özetledikten sonra Türkiye'nin mevcut enerji rezervlerini ve enerji talebini irdelemiştir. Genel olarak enerji politikaları, özel olarak yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi konusundaki önerilerini ayrıntılı bir şekilde yer vermiştir.

Demir ve Emeksiz (2016) çalışmalarında, ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya geneline göre durumu karşılaştırılmış, kullanıldıkları alanlar incelenmiştir. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynağı potansiyellerinden; güneş enerjisi, hidrolik sistemler, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi ve özellikle rüzgar enerjisi üzerinde durulmuştur. Türkiye'deki yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu güç ve buna karşılık üretilen elektrik enerjisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ülkemizde kurulu RES'lerin genel potansiyelleri ve ana şebekeye katkıları, enerji üretiminin ekonomikliği, enerji üretim teknolojisinin gelişimi, temiz çevre ve temiz enerji için gerekliliği hakkında bilgi verilmiştir. Son yıllarda büyük önem kazanan yenilenebilir enerji kaynaklarının aktif olarak değerlendirilmesiyle ülkemizdeki enerji açığında yaşanan sorunların minimuma indirgeneceği, böylece ülkemizde var olan enerji sorunlarının nispeten çözülecek ve enerji konusunda dışa bağımlılığın azaltılacağı belirtilmiştir.

Demirtaş (2011) yapmış olduğu çalışmasında, imalat süreçlerinde, sanayi ve belediye katı atıkları (MSW) incelenmiş, bu atıkların enerjiye (WTE) dönüştürüldüğü teknolojiler farklı yöntemler ile değerlendirmiştir. MSW, endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar ve atık yan ürünlerini de içeren atık maddelerden, yenilenebilir enerji üretme potansiyeli taşıyan yeni nesil WTE teknolojilerinin olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmasında organik atıkların sentetik yakıtlara dönüştürülmesi için dört ana yöntem üzerinde durulmuştur: Bunlar;

1. Hidrojenasyon,
2. Piroliz,
3. Gazlaştırma,
4. Biyolojik dönüşüm,

olarak belirlenmiştir. Dünya’da atık enerji (WTE) teknolojileri kullanılarak çalışan 780 adet tesiste yılda 140 milyon ton atık işlenmektedir. İşlenmiş atıklardan, katı yakıt haline getirilmiş çöplerden ve yakılmış atıklardan farklı şekilde enerji elde edilebileceği, bu yöntemlerin kullanıldığı gelişmiş WTE teknolojileri ile biyogaz (metan ve CO<sub>2</sub>), sentetik gaz (hidrojen ve CO), sıvı biyoyakıtlar (etanol ve biyodizel) veya saf hidrojen üretilabileceği vurgulanmıştır. WTE teknolojilerinin ana kategorilerini fiziksel yöntemler, ısı yöntemler ve biyolojik yöntemler olarak 3 kısma ayırmıştır. Biyolojik atıklardan elde edilen yakıtların gelecekte yakıt arzını garanti altına alabilecek en büyük potansiyele sahip olduğu ve biyo-atık yakıtların kullanımının çevre açısından önemli avantajlar sağladığı yapmış olduğu çalışmanın sonuçlarında belirtilmiştir. Biyolojik atıkların organik, inorganik, enerji içeriği ve fiziksel özellikleri de dahil olmak üzere kömür ile karşılaştırmasında kömüre göre genellikle daha az karbon, daha fazla oksijen, daha fazla silis ve potasyum, daha az alüminyum ve demir, daha düşük ısıtma değeri, daha yüksek nem içeriği ve daha düşük yoğunluk ve ufalanabilirliğe sahip olduğu belirlemiştir. Biyolojik atıkların değişken özelliklerine rağmen, tek yakıt kaynağı olarak kullanılmaları enerji üretiminde kısıtlamalara neden olmasının yanı sıra, biyolojik atıktan elde edilen yakıtların yüksek nem ve kül içeriğinin ateşleme ve yanma problemlerine neden olabileceği belirtmiştir. Yüksek nem içeriğine sahip yakıtların biyokimyasal reaksiyonları içeren süreçlerde kullanıldığında, ıslak dönüştürme işleminin daha uygun olacağı; düşük nem içeriğine sahip biyokütlenin ise yanma, piroliz veya gazlaştırma gibi dönüştürme işlemleri için daha ekonomik olacağı yapmış olduğu çalışmada belirtmiştir.

Yaldız (2009) yapmış olduğu çalışmada anaerob fermentasyon yoluyla enerji üretiminin organik materyalin çevre dostu uygulamalarla dezenfeksiyonu yanında, enerji üretimi yönünden de günümüzün güncel konularından birisi olduğu belirtmiştir. Önceki yıllarda sadece hayvan dışkılarından elde edilebilen biyogazın, gelişen teknoloji ile tüm organik atıklardan üretilabileceği ifade edilmiştir. Aynı zamanda kentsel atıklarda dahil olmak üzere tüm organik atıkların bertarafında ve arıtılmasında biyogaz üretimi zincirinin önemli halkalarından birisi durumuna geldiği belirtilmiştir. Organik atıkların gerek fiziksel gerekse kimyasal yapılarının çok farklı olması nedeniyle fermentasyon yöntemi, koşulları ve üreteç tipi konusunda çok farklı seçeneklerin geliştirilerek uygulamada kullanıldığı belirtilmiş ve çeşitli örnekler sunulmuştur.

Öz (2006) yapmış olduğu çalışmada, Bursa bölgesinin iklim şartlarında ihtiyaç duyulan tipik evsel enerji talebine cevap verebilecek, yakıt hücreli evsel bir bileşik ısı-güç (kojenerasyon) sistemi ile çözümünü araştırmıştır. Bilgisayar simülasyonu ile Proton Değiştirici Membranlı Yakıt Hücresi ve Katı Oksitli Yakıt Hücresi esaslı ısı geri kazanımlı, evsel bir bileşik ısı güç sisteminin, saatlik termal ve elektriksel yükler için ulusal şebekeden tam bağımsız olarak nasıl çalışabileceği tespit edilmiştir.

Durmayaz (2005) yapmış olduğu çalışmada İstanbul için, mimarisi önceden belirlenmiş bir apartmanda yaşayan insanların sayısı ile meteorolojik sıcaklıkları birlikte ele alarak kış ve yaz sezonundaki iç şartlara göre ısıtma ihtiyacını ve yakıt gereksinimini tahmin etmiştir. Bir yıl içinde ısıtma süresinin yılın 292. günü başladığını ve bir sonraki

yılın 127. gününde bittiğini görmüştür. Maksimum günlük ortalama dış hava sıcaklığı 29 Temmuz'a karşılık gelen 210. gününde görülmüş, ısıtma enerji gereksinimi ve yakıt tüketiminin ise bina yapımında kullanılan malzeme çeşitliliğine bağlı olarak değişmekte olduğunu göstermiştir. Çalışmada İstanbul için kullanılan hava sıcaklığı kayıtlarına dayanan tahmin metodunun, kolayca aynı şekilde dünyanın herhangi bir bölümü içinde uygulanabilir olduğu belirtilmiştir.

Yüksel (2001) çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarından enerjinin elde edilmesi ve sera ısıtmasında kullanımından bahsetmiştir. Elazığ şartlarında biyogaz, güneş ve toprak enerjisi kaynaklarıyla desteklenen seranın ısıtması gerçekleştirilmiş, üretilen biyogazın yakılması ve ısı pompası uygulaması yapılarak ısıtma sağlanmıştır. Isı kayıp ve kazançları hesaplanarak seranın gerekli ısıtma yükü belirlenmiştir.

Eryaşar (2007) kırsal kesime yönelik, yüksek verimli, yatırım, işletim ve bakım maliyetleri düşük, kolay kurulum ve kullanım özelliklerine sahip, orta düzey teknoloji biyogaz sistemlerinin oluşturulmasını amaçlamış, tesis kurulum parametrelerini değerlendirmiştir.

Yaldız (2004) çalışmasında biyogazın üretiminin temel amacını ısı ve elektrik enerjisine dönüşümde mümkün, kolay ve çevre dostu bir enerji olarak belirtmiştir. Ancak, bunun kadar önemli diğer amacı da organik atıkların kontrollü koşullarda depolanmasının sağlanması, arıtma etkisinin bulunması, organik atıklardan kaynaklanan koku sorununu büyük ölçüde çözmesi ve tarımda organik gübre kullanımının kolaylaştırılmasıdır. Fermantasyon sonucu akışkanlığın artması, pompa ile iletimi, karıştırmayı ve tarlaya uygulamayı kolaylaştırır. Biyogaz, kapalı ortamda üretildiği için besin maddesi, özellikle azot kaybı çok azalmakta olduğu belirtilmiştir.

Buğutekin (2007) çalışmasında, ülkemizde potansiyeli yüksek olan sığır artığının biyogaz üretiminde en elverişli hammadde olduğunu belirlemiş ve imal edilen bir biyogaz şartlandırıcısı ile aynı sınır şartlarında farklı karıştırıcılar ile biyogaz üretim oranlarındaki değişimleri vurgulanmıştır.

Kaygusuz ve Turker (2002) çalışmasında Türkiye'de toplam enerji tüketiminin %10'unun biyokütle enerjisiyle karşılandığını tespit etmiştir. Bu oranın 1980'de %20 iken 1998'de %10'a gerilediği, toplam biyokütle enerjisi potansiyelinin yaklaşık olarak 16–32 Mtep arasında tahmin edildiğini, hayvansal atıkların potansiyelinin ise yaklaşık 2,3 Mtep civarında olduğu belirtilmiştir.

Göğül (2016) Ankara'da bulunan müstakil bir konutta enerji talebinin azaltılmasının potansiyelini araştırmıştır. Konutun ısıtma amaçlı saatlik enerji talep modeli ESP-r bina enerji simülasyon yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu amaçla konutun mimari çizimi, inşası sırasında kullanılan malzemeler ve ısı kazançları hakkında bilgiler temin edilmiştir. Yapılan analizler ile Ankara'da 12 milyon m<sup>3</sup>/yıl doğalgaz eşdeğeri enerji tasarrufunun elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Hoogwijk (2008), biyokütle kullanımının geleneksel ve modern olmak üzere ikiye ayrıldığını, geleneksel kullanımın ormanlardan elde edilip yakacak olarak kullanılan odun, yine yakacak olarak kullanılan bitki atıkları ve tezek kullanımını kapsadığını belirlemiştir. Bu sistemin dünya genelinde kullanımının 45±10 EJ/yıl civarında olduğu,

modern biyokütle kaynaklarının ise enerji ormanları, enerji bitkileri, hayvansal ve bitkisel atıklar, endüstriyel atıklar gibi kaynakları kapsadığı, modern kullanımın yakıt ve elektrik eldesiyle ifade edilebileceği, bunun değerinin ise 7–10 EJ/yıl civarında olduğu belirtilmiştir.

## 2.2. Biyogaz Fermentasyon Süreci

Siemons (2002) enerji üretimi alanında yapmış olduğu çalışmada bitkisel bazı biyokütlenin içeriğinin selüloz, hemiselüloz ve lignin olmak üzere üç kimyasal yapıya ayrıldığını, bu yapıların yanında  $H_2$ ,  $O_2$  ve C, ancak aynı zamanda içeriğinde hidrojen, sülfür ve metallerinde az miktarda bulunduğu, hayvansal kökenli biyoküttele ise yağ ve protein yapılarının olduğu ve bitkisel kökenlilerden ayrı oranlarda olsa da, içeriklerinde  $H_2$ ,  $O_2$  ve C yer aldığı, azot, sülfür ve metallerin bitkisel kökenlilere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Karve vd (2005) çalışmada geviş getiren hayvanların atıklarının sindirim sistemindeki metan bakterileri tarafından dönüştürülemeyen maddeler içerdiği, sığır atıklarında metanın bir kısmının hayvanın sindirim sistemi içerisinde dönüştürüldüğü ve kilogram atık başına biyogaz eldesinin düştüğü tespit edilmiştir.

Wilkie (2003) özel tasarım reaktörlerin özellikle hayvansal atıkların suyla yıkandığı işletmelerde ekonomik olduğunu belirlemiştir. Bu atıkların yıkama sırasında kuru madde oranının %1'e kadar düştüğünü, bunun da geleneksel reaktörlerde bekletme süresine bağlı olarak reaktör boyutunun ve ısı ihtiyacının artmasına neden olduğunu, anaerobik filtre reaktör gibi yüksek hızlı reaktörlerde ise bekletme süresinin üç güne kadar düşürülebildiğini ve reaktör boyutlarının azaldığını saptamıştır.

Anonim (2002) çalışmada biyogaz üretiminde anaerobik fermentasyon sürecini incelenmiş ve reaktörlerde kütle denkliliğine bakılmıştır. Reaktör çıkışında kütlenin %98-96 oranına düştüğü, bu kütlenin yaklaşık %7-25'inin katı, %75-93'ünün sıvı halde olduğu belirtilmiştir. Anaerobik fermentasyon sırasında uçucu katının yaklaşık olarak %30-60 kadarının biyogaza çevrildiği bildirilmiştir.

Martinez-Perez vd (2007) iki fazlı reaktörler üzerindeki yapmış olduğu incelemesinde fermentasyonda asidifikasyon aşamasının gerçekleştirildiği evrede,  $H_2$ 'nin yanı sıra  $CO_2$  ve asetik asit üretildiğini saptamıştır. Buradan alınan materyalin metanlaştırma reaktörüne gönderildiği, karbonhidratlarca zengin olan materyallerin kullanım durumunda elde edilen  $H_2$ 'nin sistem verimini yükselttiği tespit edilmiştir.

Börjesson ve Berglund (2006) çalışmalarında biyogaz üretim sistemi incelenmiş, üretimde oluşan  $CH_4$  ve  $CO_2$  değerlerindeki emisyonlara bakılmıştır. Biyogaz emisyonu, sisteme bağlı olarak toplam biyogaz üretiminin %5–20 oranında fermente gübrenin depolanması sırasında oluştuğu, biyogazın arıtılması ve sıkıştırılması sırasında ise yine sisteme bağlı olarak %0.2 ile %11–13 arasında değişen kaybın söz konusu olabileceği belirlenmiştir. Eğer üretim sırasındaki biyogaz kaybı %2 alınırsa, toplam yakıt çevrimi sırasında oluşan  $CH_4$  emisyonunun 10–100 kez, %15 alınırsa 100–1000 kez artacağı belirtilmiştir.

Nelson ve Lamb (2002) ise biyogaz üretiminde uzun bekleme süresinin azaltılabilmesi yönünde araştırmalar yapmış, bekleme sürelerinin farklılaştığı yüksek hızlı reaktörlerin tasarlandığını ve uygulamalarda kullanıldığını belirtmiştir. Yüksek hızlı reaktörlerde asitleştirme ve metan üretimi aşamalarının farklı reaktörlerde gerçekleştirildiği tasarımların da olduğu belirtilmiş, bu reaktörlerin başlıca çeşitleri gösterilmiştir. Bunlar anaerobik filtre reaktörler, katı-yukarı akışlı reaktörler, katı dönüşümlü karıştırmalı tip reaktörler, yukarı akışlı anaerobik reaktörler, anaerobik kontakt reaktörler, akışkan yataklı reaktörler, sabit film reaktörler, ardışık kesikli tip reaktörler, iki fazlı reaktörler.

Amorim vd. (2005) yapmış oldukları çalışmalarında, evsel atık suyun, yatay akışlı anaerobik sabit yataklı reaktörde anaerobik arıtım ile organik besleme hızının ve şok organik yüklemelerin reaktör performansına etkileri araştırılmıştır. Reaktör evsel atık su arıtma çamuru ile çalıştırılmış, organik ve şok beslemeler ile yapay olarak üretilen atık su (mineral tuzları, iz elementler ve karbon kaynağı olarak metanol ve uçucu asitlerden oluşmaktadır) kullanılarak yapılmıştır. Çalışma 35°C’de, 100 cm boy ve 5 cm çapında boru şeklindeki reaktör kullanılarak ve 20 günlük hidrolik bekletme süresinde yürütülmüştür. Deneylerde 2, 3 ve 5 g KOİ/L (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) derişimlerde 4 farklı sentetik çözelti ve 6,8 ile 18,8 kg KOİ/m<sup>3</sup>.d arasında değişen organik besleme hızları uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, giriş KOİ derişiminin artırılmasının reaktör performansını etkilemediği, ancak tüm deneylerde yapılan şok beslemeler ile çıkış suyu KOİ ve uçucu yağ asitleri derişimlerinin arttığı, üretilen biyogazın metan içeriğinin ise düştüğü belirlenmiş, sistemin performansının son beslemeden 17 saat sonra tekrar eski durumuna döndüğü görülmüştür.

Neves, Oliveira ve Alves (2009) çalışmasında, inek gübresi ile yemek atıklarının hacimsel olarak 100/10 oranında karıştırılarak hazırlanan hammadde üzerinde anaerobik işlem uygulamışlar, hammaddeye yağlı balık atıklarının karıştırılmasının sistem verimine etkilerini araştırmışlardır. İnek gübresinin hacimsel olarak %5’i kadar yağlı atıkların karıştırılması ile sistem veriminin arttığı ancak 18 g KOİ/L oranında yağlı atıkların karıştırılması ile gaz üretiminin durduğu belirtilmiştir.

Karim vd. (2005) çalışmalarında, inek gübresinin sulu karışımlarına reaktör içinde küttelece %5, %10 ve %15 (TKM) kurumadde olacak şekilde üç farklı deneme yapmışlar, anaerobik reaktörde biyogaz üretim verimliliğini araştırmışlardır. Yapılan denemelerde 35°C’de, 16,2 günlük hidrolik bekletme süresi ve sırasıyla 3,1, 6,2 ve 6,3 g TKM/L.gün’lük toplam katı madde besleme hızları uygulanmıştır. Karıştırma seçenekleri; üretilen biyogazın geri dönüşümü, dışardan mekanik karıştırma ve beslenen hammaddenin hareketi olmak üzere üç ayrı biçimde incelenmiştir. Çalışma sonunda, reaktörde küttelece %5 TKM olduğu zaman, biyogaz üretim verimleri açısından karıştırılan reaktörler ile karıştırılmayan reaktörler arasında etkili bir fark olmadığı ve 0,84-0,94 L.biyogaz/L.gün biyogaz üretimi ile 0,26-0,28 L.CH<sub>4</sub>/L.gün metan verimi elde edildiği belirtilmiştir. Ancak küttelece %10 ve %15 toplam katı madde içeren reaktörlerde ise karıştırmanın etkili olduğu ve bu reaktörlerde dışardan mekanik karıştırma ile karıştırılmayan reaktörden elde edilen biyogaz üretim veriminden %10-30 daha fazla bir üretim elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca karıştırma ile biyogaz üretim veriminin artırılacağı ve reaktörde %15 katı madde olduğu zaman, reaktörün içerisindeki

malzemenin karıştırılması ile biyogazın geri dönüşümünün kullanılmasının etkili olmadığı belirtilmiştir.

Held vd.(2002) çalışmalarında 200 L'lik Sürekli Karıştırılmalı Tank Reaktör (CSTR) ile 50 L'lik Yukarı Akışlı Anaerobik Filtre Reaktör (UFAF) arıtım sürecini iki aşamalı olarak araştırmıştır. Çalışmada pH değeri 4,2 ve sulu kısmının değerinin 235 g KOİ/L sahip olan evsel katı artığı mekanik olarak ayrıştırılmıştır. İlk aşamada CSTR de 5 ay boyunca 40 °C'de 9,8 kg KOİ/m<sup>3</sup>gün organik yükleme hızı ile çalışmış ve 24 saat Hidrolik Alıkonma Süresinde (HRT) sonunda % 68 KOİ giderimi olduğunu gözlemlemiştir. Çalışmanın ilk aşamasında metan içeriği %47 olan, 1,1 m<sup>3</sup> biyogaz/kg UKM giderimde 40 m<sup>3</sup> biyogaz üretim verimi sağlamıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise CSTR çıkış suyu UFAF reaktöre aktarılarak biyogaz üretim veriminin artırılmasına çalışılmıştır. UFAF reaktörde 6 günlük HRT sonunda %38 KOİ giderime %61 metan içeriğine sahip 0,5 m<sup>3</sup>/kg biyogaz elde edilmiştir. Böylece iki aşamalı anaerobik sistemde toplam %80 KOİ giderimi sağlanmış ve sistemden çıkan atıkların kokusuz ve kompost işlemine uygun nitelikte olduğu belirtilmiştir.

Chinnaraj ve Rao (2006) yapmış oldukları çalışmada, kağıt üretim endüstri hammaddesinin yıkanması sonucu oluşan atık suyun arıtımında kullanılan geleneksel anaerobik lagünleri, iki adet 5 mL kapasiteli anaerobik Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yataklı Reaktörler(UASB) ile değiştirilmiştir. Böylece hem enerji üretimi hem de sera gazlarının azaltılması hedeflenmiştir. Bu tesiste, günde 12 L atıksu, 5,75 kg KOİ/m<sup>3</sup>.gün organik besleme hızında, 20 günlük hidrolik bekletme süresinde anaerobik olarak parçalanarak %82-85 KOİ giderimi sağlanmış, 520 L.biyogaz/kg.KOİ giderilen biyogaz üretim verimi görülmüştür. Tesis 9 ayda 2,14 mL petrole eşdeğer enerji üreterek, 64 GgCO<sub>2</sub>'in atmosfere verilmesini önlemiştir. Ayrıca geleneksel yöntemden UASB'e geçiş ile 2,1 Gg CH<sub>4</sub>'e eşdeğer olan 43,8 Gg CO<sub>2</sub> üretilmesinin de önlenmiş olduğu belirtilmiştir.

Uemura ve Harada (2000) çalışmaslarında 3000 mgKOİ/L derişimindeki evsel atık suyun, 21.5 L'lik UASB reaktörde, 11 kg KOİ/m<sup>3</sup>.gün organik besleme hızı ve 4.7 saat HRT'de (Hidrolik Alıkonma Süresi) 178 gün süreyle anaerobik işleme tabi tutulması araştırılmıştır. Reaktör, 178 günlük fermentasyon süresince, 57 gün 25°C, 36 gün 22°C, 31 gün 19°C, 29 gün 16°C ve son 25 gün 13°C'de çalıştırılmıştır. Farklı sıcaklıklar altında yapılan bu çalışmada sıcaklığın düşürülmesi ile KOİ gideriminin %70'den %64'e, biyogazın metan içeriğinin ise %60'dan %35'e düştüğü bulunmuştur. Üretilen metanın, giderilen KOİ'ye oranı ise 25°C'de 0,26 L.CH<sub>4</sub>/g KOİ iken, 13 °C'de 0,16 L CH<sub>4</sub>/g KOİ'ye düşmüştür. Çalışmada, evsel atık suyun düşük sıcaklıklarda anaerobik işlemlerde biyogaz ve metan üretim verimleri açısından verimli olmadığı belirtilmiştir.

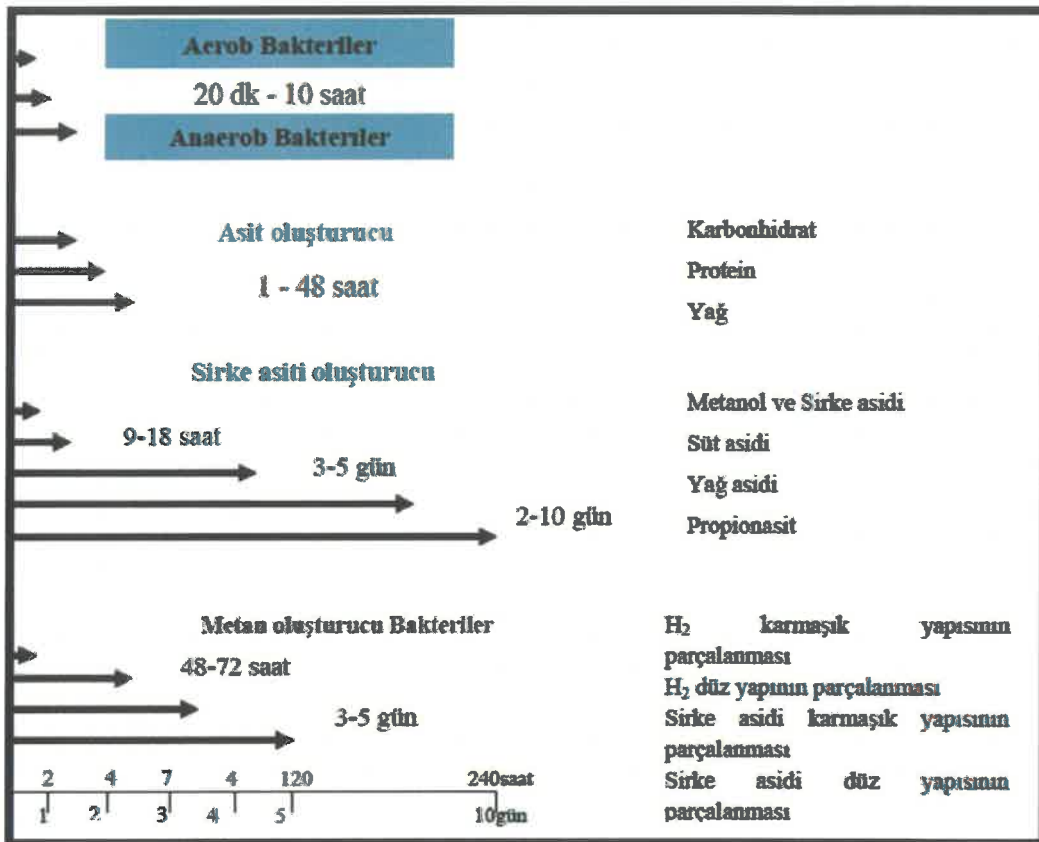
Anonim (2000) çalışmada reaktörde gaz üretiminin sabit sıcaklıkta tutulmasının önemine vurgu yapmış, ısıtma olmayan biyogaz sistemlerinin sadece sıcak iklim kuşağındaki bölgelerde mümkün olduğu belirtilmiş, Türkiye gibi yaz ve kış aylarındaki sıcaklıkların çok farklı olduğu ülkelerde, sistemin stabilitesini sağlayabilmek için reaktör ısıtma sisteminin gerekli olduğu belirtilmiştir.

El-Mashad vd (2004) çalışmalarında, reaktörlerin ısıtılması üzerinde durmuş, reaktörün ısıtılmasında genellikle elektrik, fosil yakıt veya üretilen biyogazın kullanıldığı belirtilmiştir. Bu durumun ekonomik yönden işletme masraflarının artmasına ve net enerji

eldesinin düşmesine neden olduğu, yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerji sisteminin kullanılmasının bu dezavantajları azaltmak için önemli bir alternatif oluşturacağı belirtilmiştir.

Eder ve Schulz (2006) yapmış oldukları çalışmada biyogaz, organik materyalin bakteriler yardımı ile parçalanması sonucunda ortaya çıkan bir gaz karışımı olarak tanımlamaktadırlar. Çeşitli bakteri grupları ağırlıklı olarak protein, yağ, karbonhidrat ve minerallerden oluşan organik materyalleri parçalayarak, onları kendi ana bileşenleri olan karbondioksit, mineraller ve suya ayrıştığını saptamışlardır. Bunun sonucu olarak bakteri metabolizmalarının ürettiği gaz karışımı olan biyogaz oluşur. Bu gaz karışımı içerisindeki metan miktarı ( $\text{CH}_4$ ) yaklaşık %50 ile %85 arasında değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir.

Biyogaz oluşum sürecinin sadece oksijensiz ortamda ve metan oluşumunun dört aşamada gerçekleştiği açıklanmıştır. İlk aşama hidroliz aşamasıdır. Bu aşamada anaerobik bakteriler protein, yağ, karbonhidrat ve selüloz gibi karmaşık yapıli molekülleri enzimlerin yardımı ile aminoasitler ve yağ asitleri gibi basit yapıli moleküllere çevirirler. İkinci aşamada asit oluşturucu fakültatif anaerobik bakteriler kalan oksijeni de tüketerek metan oluşturucu bakterilere uygun ortamı hazırlarlar. Burada 6 ile 7,5 pH değerleri arasında bulunan yağ asitlerinin küçük zincirlere ayrılması ile basit yapıli moleküller olan alkol, aynı zamanda etanol, hidrojen ( $\text{H}_2$ ), karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) ve amonyak oluşur. Üçüncü aşamada sirke asidi bakterileri, organik asitlerden sirke asidi, hidrojen ( $\text{H}_2$ ) ve karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) meydana getirerek metan oluşturucu ortamı sağlar. Dördüncü ve son aşama olarak metan ( $\text{CH}_4$ ), karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) ve su ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ortaya çıkar. Bakterilerin sindirimlerinin sonucunda oluşan parçalanma işlemi, çeşitli bakteri grupları tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu bakteri grupları farklı zaman Aralıklarında materyalleri parçalamaktadır. Her bakteri grubu aynı zamanda farklı hızlarda faaliyet göstermektedir. Aerob bakteriler yeterli besin maddelerine sahip olduklarında 20 dakika ile 4-10 saat arasında vücut büyüklüklerini iki katına çıkarabilirler ancak anaerob bakteriler de bu süreç oldukça yavaş işlemektedir. Sirke asidi bakterilerinin gelişim sürecinin ise anaerob bakterilerden daha da yavaş olduğu görülmektedir. Bakteriler materyalleri isleyebilmek ve gelişimlerini tamamlayarak vücut büyüklüklerini uygun hale getirebilmek için birkaç güne ihtiyaç duymaktadır. Metan oluşturan bakteriler de diğerleri gibi yavaş çalışmaktadır, her şeyden önce düz yapıli bakterilerin 3 ile 5 güne ihtiyaçları vardır. Bundan sonra sirke asitlerinin metan oluşumunu başlatmaları birkaç saatle üç günü bulabilir denilmektedir. Bu süreç ve belirtilen zamanlar Şekil 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Metan oluşturucu bakterilerin gelişimi (Eder ve Schulz, 2006)

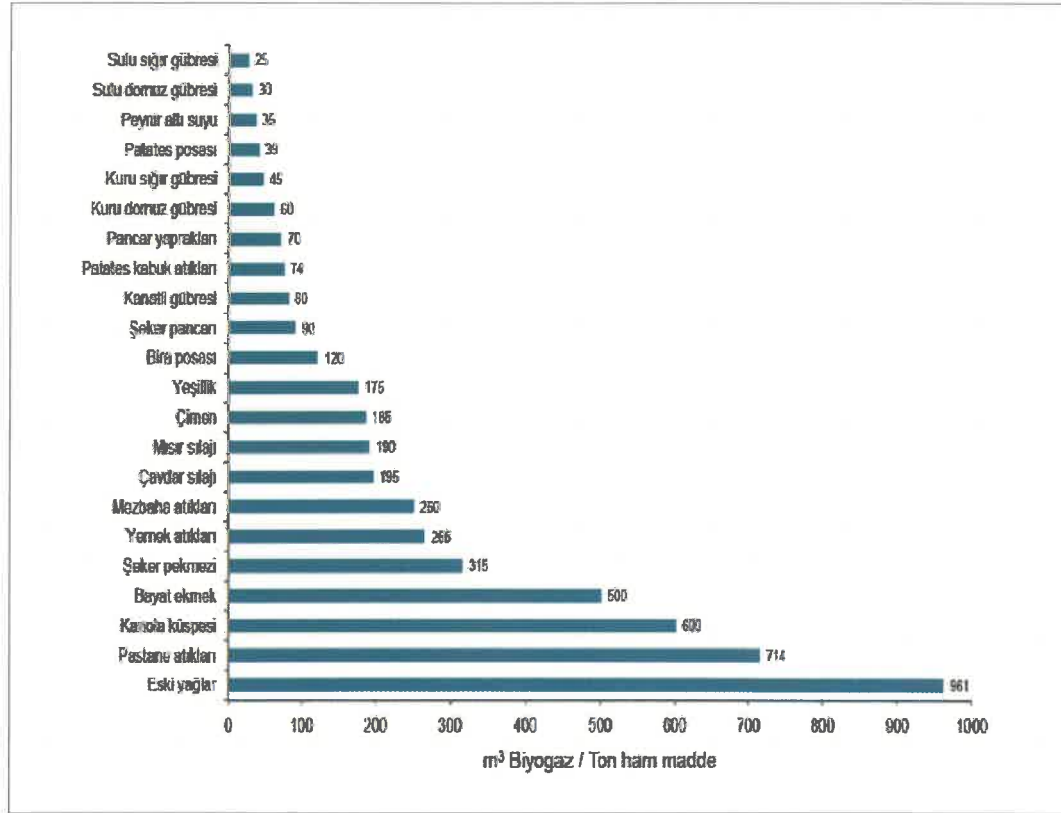
Karakuz (2017) yapılan çalışmada hayvansal atıkların anaerobik fermentasyona daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Vijayalekshmy (1985) Hayvansal atıklarda atık miktarları, hayvanların beslenme rejimine, büyüklüklerine ve iklim şartlarına göre değişkenlik gösterdiği üzerinde durulmuştur.

Bouallagui vd. (2009) anaerobik fermentasyon ile biyogaz üretimi konusunda yapılan ilk çalışmalarında çiftlik gübresi kullanılmış, daha sonra zaman içerisinde meydana gelen gelişmeler neticesinde fermentasyon işleminde farklı atık türleri gübre ile birlikte kullanımının mümkün olduğu saptanmıştır. Birden fazla atık malzemenin homojen karışımının fermentasyonu, kofermantasyon, farklı tipte kullanılan malzemeler ise komateryal olarak adlandırılmıştır.

Deviren vd.(2017) proses performansını artırma ve farklı atık türlerini eş zamanlı ve daha ekonomik olarak değerlendirebilme şansı sunan kofermantasyon uygulamasında tarımsal, kentsel, kırsal ve endüstriyel atıklar kullanılabileceğini belirtmiştir. Bu uygulamada, reaktörde fermentasyon işleminin gerçekleştirilmesinde gerekli ve yeterli bakteri popülasyonunun sağlanabilmesi için çiftlik gübresi genellikle ana bileşen olarak ön plana çıkmıştır. Diğer atık türleri çiftlik gübresi ile birlikte kullanılacağı saptanmıştır. Kullanılacak komateryalin zararlı bileşenler yönünden incelenmesinin önemi vurgulanmıştır.

Werner vd. (1989) kullanılan hammaddeye göre ise elde edilen biyogaz miktarları değişiklik gösterdiğini belirlemiştir. Bunun sebebi hammaddeler içerisindeki biyolojik olarak çürüyebilme özelliğine sahip bileşiklerin hammadde içerisinde değişik oranlarda dağılıyor olmasındandır. Biyogazın elde edilebilmesinde kullanılan bazı maddelerin içerdikleri biyogaz potansiyelleri Şekil 2.2’de görüldüğü gibidir



Şekil 2.2. Hammadde bazında biyogaz üretim miktarları (m³ biyogaz/ton hammadde)

### 2.3. Biyogazın Yakıt Olarak Kullanılmasının Enerji Üretim Motorları Yönünden İncelenmesi

Mears (2001) çalışmasında biyogazın, LPG ve doğalgazla çalışan cihazlarda kullanılabilmesi için çeşitli modifikasyonlar gerektiğini, bu değişikliklerin birinin primer hava girişinin ve yanma hızının ayarlanması olduğunu belirtmiş, bu cihazların meme çapının büyütülmesi, hava giriş portunun küçültülmesi, meme çapının, doğal gazla çalışanlara göre yaklaşık 1,3 kat artırılması gerektiği belirtilmiştir.

Roubaud ve Favrat (2005) çalışmalarında, benzinli motorlarda biyogaz kullanıldığında, sıkıştırma oranının 1:14 – 1:16 arasında değiştirilebildiğini belirtmiştir. Yanmanın ölü noktaya %30 kala başladığı ve hava yakıt oranının ise 1:10’a ulaştığı görülmüştür. Biyogazın yağlanma soDenemeu yüzünden iki zamanlı motorlarda kullanıma uygun olmadığı, dizel motorlarda kullanım için oldukça elverişli olduğu,

genellikle motorinle birlikte kullanıldığı, dizel motorlarda kullanımda yüksek sıkıştırma oranına bağlı olarak daha yüksek verim alınabildiği belirtilmiştir. Yüksek sıkıştırma oranı verimi arttırırken, motor ömrünü düşürmektedir. Ayrıca sıkıştırma oranının düşürülmesinin, NO<sub>x</sub> emisyonunu azaltırken performansı düşürdüğü, bu performans düşüşünü engellemek için motorların ön yanma odalı olarak oluşturulması gerektiği belirtilmiştir.

Gustavsson (2000) çalışmasında besleme materyaline bağlı olarak biyogaz içerisinde amonyak miktarının 450 ppm'e kadar çıkabildiğini belirtmiştir. Bu amonyanın içten yanmalı motorlarda NO<sub>x</sub> emisyonunun artmasına, yakıt hücrelerinde kullanımda sistem ömrünün azalmasına neden olduğunu, bu nedenle özellikle azot yönünden zengin hammaddelerin kullanıldığı durumlarda serbest amonyak miktarının izlenmesi gerekliliği belirtilmiştir.

Amon vd. (1999) çalışmalarında biyogazla çalıştırılan içten yanmalı motorlarda hava-yakıt oranı artırıldığında NO<sub>x</sub> ve CO emisyonlarının azaldığını, fakat bunun da verimi düşürdüğü belirtmişlerdir.

#### **2.4. Biyogazın Yakıt Olarak Kullanımının Çevresel Etkileri**

Crookes (2006) çalışmasında biyogazın içerisinde CO<sub>2</sub> bulunması nedeniyle motor performansının düştüğünü, buna karşılık NO<sub>x</sub> emisyonunun azaldığını belirtmiştir. CO emisyonunun daha yüksek olduğu ve biyogaz içerisinde H<sub>2</sub>S bulunması nedeniyle katalizör kullanarak bu emisyonun düşürülmesi gerektiği, CO'in, NO<sub>x</sub>'e göre daha problemsiz bir gaz olduğu, çok hızlı bir şekilde okside olarak CO<sub>2</sub>'e dönüştüğü ve doğal karbon çevrimine dahil olduğu belirtilmiştir.

Gürbüz (2006) çalışmasında, farklı sektörlerde yapılan araştırmalara göre enerji tasarruf potansiyellerinin farklılık gösterdiğini, en fazla tasarrufun sanayi sektöründe bulunduğunu ve bu sektörün %20 tasarruf potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, enerji tüketiminde %1 tasarruf sağlanması durumunda, CO<sub>2</sub> emisyonlarının %2,5 azaltılacağını vurgulamıştır.

Linke (2006) çalışmasında patates işleme tesisi katı atıklarının 55 °C'de Sürekli Karıştırmalı Tank Reaktörde (CSTR) farklı organik besleme hızlarında çalışılmış ve organik besleme hızındaki artışla hem biyogaz üretim verimi hem de biyogazdaki metan bileşiminde düşüş olduğu belirtilmiştir. Çalışmada organik besleme hızının 0,8 g/L.gün'den 3,4 g/L.gün'e artırılması ile biyogaz üretim verimi 0,85 L/g'dan 0,65 L/g'a ve biyogazın metan bileşimi ise %58'den % 50'ye düşmüştür.

## 2.5. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Hammaddenin ve Sistemin Ekonomisi

Andrade vd. (2009) yapmış olduğu çalışmada artan ot ve çim problemine dikkat çekmiş ve sadece çim silajını kullanarak biyogaz üretim prosesini incelemiştir. Çalışmada tek fazlı çalışma prensibinde silaj preparasyonun (kesim uzunluğu ve silaj katkı maddeleri) önemine değinmiştir. Ot silajın mezofilik ve termofilik koşullar altında anaerobik fermentasyonu üzerindeki etkisine bakılmış ve test edilen tüm silaj ön işlemler arasında spesifik metan veriminde bir fark bulunmadı saptanmıştır. Çalışma neticesinde uzun süreli mezofilik koşullar altında yükleme oranının  $2 - 2,5 \text{ kg oTS} / \text{m}^3\text{d}^1$  olarak bulunmuştur. Termofilik koşullar altında yüksek amonyak konsantrasyonları ve yüksek yükleme oranı olduğu saptanmıştır. Böyle durumlarda bozunma işleminin dengelenmesi için bir mineral katkı maddesinin eklenmesi gerekeceği ve bu durumun potansiyel yükleme oranını  $3 \text{ kg oTS} / \text{m}^3\text{d}^1$  e yükselteceği tespit edilmiştir. Her ne kadar tek başına çim silajının termofilik koşullarda yüksek azot içeriği bulunmasından dolayı biyolojik proseste problem oluşturabileceği bilinse de, mezofilik çalışma koşullarında ot silajı kullanımının uygun olduğu saptanmıştır.

Pagilla vd. (2000) çalışmasında mezofilik ve termofilik bakterilerin kullanıldığı reaktörleri incelemiş, mezofilik reaktörlerde patojen gideriminin termofilik reaktörlere göre daha az olduğunu belirtmiştir. Bu yüzden, domuz artığının besleme materyali olarak kullanıldığı bazı uygulamalarda bekletme süresi bir gün ve çalışma sıcaklığı  $62^\circ\text{C}$  olan termofilik reaktörlerde, bekletme süresi 14 gün ve çalışma sıcaklığı  $37^\circ\text{C}$  olan anaerobik mezofilik reaktörle birlikte çalıştırılmış, patojen giderimi ve sistem veriminin arttığını,  $\text{H}_2\text{S}$  üretiminin azaldığını tespit etmiştir.

Callaghan vd. (2002) çalışmalarında, inek gübresine %20–50 arasındaki oranlarda meyve-sebze atıkları ile tavuk gübresi karıştırılarak, anaerobik işlem ile metan üretim hızı, uçucu madde giderimi ve metan üretim verimlerini inceleyerek en uygun karışımın belirlenmesini araştırmıştır. Deneyler 18 L'lik CSTR reaktörde, 21 günlük bekleme süresinde ve  $35^\circ\text{C}$ 'de yapılmıştır. Çalışmalar her karışım için  $3.19\text{--}5.01 \text{ kg UKM (Uçucu Katı Madde)} / \text{m}^3\text{gün}$  arasında değişen organik yükleme hızlarında yürütülmüştür. Çalışmada inek gübresine meyve-sebze atıkları karıştırılmasının, metan üretiminde tavuk gübresi karıştırılmasından daha verimli olduğu, inek gübresine eklenen meyve-sebze atıklarının oranının artırılması ile metan üretim veriminin  $0.23 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg UKM}$ 'den  $0.45 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg UKM}$ 'e yükseldiği belirtilmiştir. İnek gübresine tavuk gübresinin karıştırılması ile reaktördeki serbest amonyak derişiminin artmasıyla bakteriyel faaliyetin durduğu, metan üretim verimi ve uçucu madde giderim oranının düştüğünü belirlemiştir.

Boyd (2000) çalışmasında biyogaz sistemlerini ölçeklerine göre üçe ayırmış bunların sırasıyla küçük ölçekli çiftlik tipi sistemler, 20–30 çiftliğin paylaştığı müşterek biyogaz sistemleri, büyük ölçekli merkezi biyogaz sistemleri olduklarını ve genellikle kullanılan küçük ve orta ölçekteki tesisler olduğunu belirtmiştir. Özellikle sahip olunan hayvan sayısının iki civarında olduğu ailelerin bulunduğu Nepal ve Hindistan gibi ülkelerde müşterek biyogaz tesislerinin daha fazla tercih edildiğini, bu tesislerde daha az otomasyon kullanıldığını ve basit tasarıma sahip olduklarını, bunun da reaktör hacmi başına maliyetlerin daha düşük olmasını sağladığını bildirmiştir. Gelişmiş ülkelerde ise daha çok merkezi biyogaz tesislerinin bulunduğunu, özellikle Avrupa'da bulunan biyogaz tesislerinin sadece %50'sinin çiftlik tipi küçük ölçekli olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda Avrupa'da çalışan biyogaz sistemlerinin %89'unun hayvan atıklarını kaynak

olarak kullandığını vurgulamıştır. Sığır artığında biyogaz verimi ortalama 0,2 m<sup>3</sup>/kg UK iken, domuz artığında bu değer yaklaşık 0,3–0,45 m<sup>3</sup>/kg UK'dır. Bu farkın domuz artığında toplam katıda yağ oranının %7–12,3, sığır artığında %3,5–7,5 civarında olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Leggett vd. (2002) yapmış olduğu çalışmada, biyogaz tesislerini ekonomik yönden incelemiş ve ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olduğu, işletilmesinde özen ve teknik bilgi gerektiği aynı zamanda da bu tesislerde periyodik bakımın zorunluluğu üzerinde durulmuştur.

Koçar vd. (2007) çalışmada, enerji üretim kaynağı olarak biyogazın doğrudan yakılarak sıcak su ve sıcak hava elde etmede, kurutmada, buhar elde ederek ısı ve güç üretiminde kullanılabilirliği üzerine bilgi vermiş, biyogazın yakıt olarak kullanılmasında içten yanmalı motorlar tercih edildiğinde mekanik iş ve elektrik elde edilebileceği belirtilmiştir.

McKendry (2002) modern biyokütle enerjisi kaynaklarından olan enerji bitkilerinin genel özellikleri üzerine çalışmış ve bu bitkilerin yüksek büyüme hızına sahip olduklarını, üretimde düşük enerji girdilerinin olduğunu, bununda düşük üretim maliyeti sağladığını ve daha az oranda kirletici madde içerdiğini tespit etmiş, ancak bu avantajlarının yanında besin amacıyla kullanımının düşük olduğunu belirtmiştir.

Korucu ve Çağlar (2005) çalışmada, EİE tarafından yapılan enerji verimliliği etüt çalışmalarının sonuçlarını incelemiş, sanayi sektöründe yatırım yapılmaksızın veya az yatırımlı önlemlerin uygulanması ile asgari %10 düzeyinde enerji tasarrufu sağlamanın mümkün olacağını, ancak uygulamaların düşük düzeylerde kaldığını belirlemiş. Yapılan önerilerin uygulanmasında büyük oranda yatırımsız önlemlerin tercih edildiği saptanmıştır. Ayrıca, sanayi sektörü için proses değişikliklerini de içeren önlemlerin uygulanması ile %20 düzeyinde ve yaklaşık 1 milyar dolar olarak tahmin edilen enerji tasarruf potansiyelinin ekonomimize katkı sağlayabileceği belirtilmiştir.

Kaya vd (2009) çalışmalarında biyogaz ve enerji üretim teknolojileri için hayvansal ve tarımsal kaynaklı iki ayrı modallemeyi laboratuvar ölçekli düzenekler ile hazırlamışlar ve bu düzeneklere ait karar destek sistemi(KDS) simülasyonu modallemesi yapmışlardır. Bu sistemin dahil edildiği pilot ölçekli bir biyogaz tesisi tasarlanıp imal edilmesi, enerji dönüşüm sistemiyle entegrasyonu, deneysel çalışmalar , teknik ve ekonomik analizler ve yaşam döngü analizleri incelenmiştir. Oluşturulan pilot tesis için iki adet birbirine bağlı üreteçler imal edilmiştir. Bu tesislerde en uygun bekleme süresinin 47 gün olduğu, organik kuru madde oranının %9 olduğu ve üreteç içi sıcaklığı 35-40 °C olduğu belirlenmiştir.

Hotunoğlu ve Yılmaz (2015) yapmış oldukları çalışmada dünya'da ve Türkiye'de yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikleri ele almışlardır, Destek ve teşvik mekanizmalarının en başında sabit fiyat garantisinin en yaygın biçimde kullanıldığını tespit etmişlerdir. Her bir yenilenebilir enerji kaynağı için eşit olmamak kaydıyla yeni sabit fiyat garantili bir plan getirildiğini açıklamışlardır. Bu kapsamda gerçek ve tüzel kişiler, ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjilerini dağıtım sistemine göndermeleri halinde Enerji ve Tabi Kaynaklar bakanlığı tarafından yayınlanan çizelge 2.1.'de yer alan fiyatlardan 10 yıl süre ile yararlanmaktadırlar denilmektedir. Lisans

sahibi gerçek ve tüzel kişilerin, 31.12.2020 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesislerinde yararlanılan mekanik veya elektro- mekanik aksamın yurt içinde üretilmesi halinde, bu tesislerden elde edilip iletim ve dağıtım sistemine gönderilen elektrik enerjisi için, I sayılı cetvelde sunulan fiyatlara, yerli katkı ilavesi desteği eklendiğini belirtmiştir.

**Çizelge 2.1.**Yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim tesis tipine bağlı uygulanan birim fiyatlar (I sayılı cetvel)

| Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi | Uygulanacak Fiyatlar (ABD doları cent/kWh) |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Hidroelektrik üretim tesisi                             | 7,3                                        |
| Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi                  | 7,3                                        |
| Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi               | 10,5                                       |
| Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (Çöp gazı dâhil)      | 13,3                                       |
| Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi                   | 13,3                                       |

Ekinci vd. (2010) çalışmalarında Türkiye genelindeki hayvansal gübre potansiyeli incelenmiştir. Türkiye genelindeki potansiyel biyogaz tesislerinin kapasitesini belirlemek için, her ildeki yıllık oluşabilecek hayvan gübresinin% 10'unun biyogaz üretimi için kullanıldığı varsayılarak çalışma yapılmıştır. Çalışmada biyogaz prosesi sonucunda oluşacak metan üretimi, elektrik ve ısı enerjisi, son atık, gelirler ve CO2 tasarrufu değerlendirilmiştir. Biyogaz tesislerinin ekonomik uygulanabilirliği, net bugünkü değere, fayda-maliyet oranına, iç verim oranına ve geri ödeme süresine dayanarak değerlendirilmiştir. Çalışmada hesaplamalarda ısı geliri ayrı tutularak iki farklı elektrik alım fiyatı üzerinden yapılmıştır. TBMM'de 5 Haziran 2009'da çıkarılan yeni tasarıya göre, biyogaz yoluyla üretilen elektrik için planlanan fiyat ilk on yıllık dönem için 0,14 Euro / kWh ve ikinci on yıllık dönem için 0,08 Euro / kWh olarak belirtilmiş, yapılan hesaplamalarda bu doğrultuda yapılmıştır. Elektrik ve ısı enerjisinin en yüksek üretim miktarına göre Doğu Marmara'da 380,22 GWh / yıl ve 434,54 GWh / yıl, en düşük üretim rakamlarının ise İstanbul bölgesi için 5.25 GWh / yıl olduğunu gösterilmiştir. Üretilen elektrik enerjisinde elde edilebilecek gelir Doğu Marmara bölgesi için yıllık 25,09 Milyon Euro, İstanbul bölgesi için 0,35 Milyon Euro arasında değiştiği hesaplanmıştır. Biyogaz üretiminden elde edilen ısı geliri İstanbul Bölgesi için yıllık 0,20 Milyon Euro ile 14,43 Milyon Euro arasında değiştiği hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada ısı gelirleri dahil edilmesiyle satış fiyatı 0,066 ile 0,11 Euro/kWh değişkenlik göstermesi üzerine geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Doğu Marmara bölgesi için 3,75 ile 5,89 yıl arasında değiştiğini görülmüştür. Doğu Marmara bölgesi' nin yüksek metan potansiyeline sahip atıklar kullanılarak kurulan biyogaz tesislerinde geri ödeme süresi 3,75 ve 2,74 yıla kadar düştüğü belirtilmiştir. Çalışmada Biyogaz tesislerinden üretilen elektriğin piyasaya verilmesinin, biyogaz tesislerinin inşasına destek olmak için fon yaratılmasına teşvik edeceği belirtilmiştir. Biyogaz tesislerinin yapımını desteklemek için fon sağlama gibi bazı finansal mekanizmaların yürürlüğe konması gerektiği sonucu

çalışmada ortaya koyulmuştur. Yatırımcılar için kredi ve vergi indirimleri getirilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Aktan (1999) Kamu yatırımlarında projelerin değerlendirilmesi yönünden yapmış olduğu çalışmada, fayda-maliyet analizi (F-M) üzerinde durmuş ve fayda maliyet analizinin kamu ekonomisinde yatırım projelerini etkinlik yönünden değerlendirmeye yarayan, topluma en yüksek faydayı sağlayacak olan projelerin seçiminde veya öncelik sırasının tespit edilmesinde yararlanılan bir teknik olduğunu belirtmiştir. F-M analizinin mahiyetini kısaca şu şekilde özetleyebiliriz: Belirli bir yatırım projesinin bütün ömrü boyunca sağlayacağı fayda ve maliyetler parasal olarak belirlenir. Fayda ve maliyetler parasal olarak ifade edildikten sonra uygun bir iskonto oranı ile iskonto edilerek fayda ve maliyetlerin bugünkü değerleri karşılaştırılarak yatırım projesinin uygulanabilir durumu hakkında karar alınır. Faydanın (F) bugünkü değeri, maliyetin (M) bugünkü değerinden büyükse yatırıma gitmek uygun kabul edilir demıştır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Çalışma Alanının İncelenmesi

Çalışmanın yapıldığı alan Akdeniz Üniversitesi kampüsü ile bu yerleşkenin bulunduğu Konyaaltı belediyesi sınırlarını kapsamaktadır. Üniversitemizin ana yerleşkesi Dumlupınar Bulvarı-Uncalı semti arasında yer alan bölgede kurulmuştur. Üniversite merkez kampüsü 3,4 milyon m<sup>2</sup> büyüklüğündedir. Projelendirilmiş örtülü alan büyüklüğü ise 677.832 m<sup>2</sup> olup, 19 Fakülte, 7 Enstitü, 4 Yüksekokul, 1 Konservatuar ve 11 Meslek Yüksekokulu, 4 Bölüm Başkanlığı, 44 Araştırma ve Uygulama merkezi ve 17 idari birimi ile eğitim ve araştırma hizmeti vermektedir. Tüm yerleşkelerin toplamında 621.813 m<sup>2</sup> kapalı alan bulunmaktadır. Şekil 3.1'de Üniversite kampüsünün bölge yerleşim planı görülmektedir.



Şekil 3.1. Proje sahası-Akdeniz Üniversitesi kampüsü

Eğitim öğretim alanı dışında kampüs yerleşkesi içerisinde üç bloktan oluşan Akdeniz Üniversitesi Hastanesi toplam 161.663 m<sup>2</sup>lik hizmet alanına sahiptir. 2012 yılında tamamlanan 304 yatak kapasiteli B Blok ile yatak sayısı 846' ya yükselmiştir. Ayrıca kütüphane, merkezi yemekhane, kapalı spor salonu, kapalı yüzme havuzu, atletizm pisti, Olbia kültür merkezi, Yakut yaşam alanı, sosyal tesisler, rektörlük binası ve rektörlük ek hizmet binası, sağlık kültür ve spor daire başkanlığı, merkezi ısı santral binası, 75. yıl çocuk kreşi binaları da kampüs içerisinde yer almaktadır. Fakülte binaları, laboratuvarlar, kütüphane ve spor tesisleri merkez kampüste yer almaktadır. Şekil 3.2.'de Akdeniz Üniversteski Kampüs alanı şematik haritası görülmektedir.



doğalgaz kullanılmaktadır. Bu kısımda tüketilen doğalgaz miktarının belirlenmesinde tez kapsamı içerisinde yer almaktadır.

Akdeniz Üniversitesi mevcut enerji ihtiyaçlarına bakıldığında, enerji ihtiyaçları üç ana kısımda toplanmıştır. Birinci kısım elektrik enerjisi, ikinci kısım ısı enerjisi ve üçüncü kısım ise soğutma enerjisi olarak belirlenmiştir.

### 3.1.2. Elektrik enerjisi altyapısı

Akdeniz Üniversitesi'nin mevcut elektrik alt yapısı incelendiğinde kampüsün 31,5 ve 6,3 kV iki şebeke hattından beslendiği görülmektedir. 31,5 ve 6,3 kV'luk trafolar ve bu taraforların beslediği bölgeler Çizelge.3.1'de gösterilmiştir. Bu çalışma yapıldığı esnada yayınlanan üniversitenin strateji planı kapsamında 2017 yılı sonlarında Üniversite de yer alan 6,3kV sistemin 31,5kV sisteme değiştirilmesinin yapılacağı belirtilmiş ve tamamlanmıştır.

**Çizelge 3.1.** 31.5 ve 6.3 kV'luk trafo güçleri ve enerji hatlarının beslediği bölgeler

| TRAFO ADI               | TRAFO GÜCÜ<br>kVA | TRAFO GERİLİM<br>SEVİYESİ<br>kV | BESLEDİĞİ BÖLGELER                                |
|-------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|
| Hastane TR-1            | 1000              | 6,3/0,4                         | K Blok, R.Altı Ayd.,Psikiyatri Günü Birlik        |
| Hastane TR-2            | 500               | 6,3/0,4                         | Isı Mrk, Diş Hek.(Yeni), Amatem, Strateji ve Kreş |
| Hastane TR-3            | 500               | 6,3/0,4                         | H11,Ziraat Trafoları, Halk Otobüsleri             |
| Hastane TR-4            | 1000              | 6,3/0,4                         | Tıp Fak. Dekanlık Binası                          |
| Hastane TR-5/1          | 1250              | 6,3/0,4                         | Hastane A-A1,Tıbbi Gaz Kompresörleri              |
| Hastane TR-5/2          | 1250              | 6,3/0,4                         | Hastane A-A1,H9                                   |
| Hastane TR-6            | 1250              | 6,3/0,4                         | Kütüphane, Bilgi-İşlem, Rektörlük                 |
| Hastane R.altı TR-1     | 1600              | 6,3/0,4                         | R.Altı Soğutma Grupları                           |
| Hastane R.altı TR-2     | 1600              | 6,3/0,4                         | R.Altı Soğutma Grupları                           |
| Hastane Pak"et TR       | 1600              | 6,3/0,4                         | H1 Blok Soğutma Grupları                          |
| Hastane B Blok TR-1     | 2500              | 31,5/0,4                        | Hastane B Blok Ve Acil Servis                     |
| Hastane B Blok TR-2     | 2500              | 31,5/0,4                        | Hastane B Blok Ve Acil Servis                     |
| Hastane Rad.Onk.TR      | 1600              | 31,5/0,4                        | H2-3-4-5-6-7-8-10                                 |
| Hastane H Blok Kuzey TR | 1600              | 31,5/0,4                        | H Blok Soğutma Grupları                           |
| Hastane H Blok Güney TR | 1600              | 31,5/0,4                        | H Blok Soğutma Grupları                           |
| Hastane H Blok Paket TR | 1600              | 31,5/0,4                        | H Blok Soğutma Grupları                           |
| Hastane Psikiyatri TR   | 1250              | 31,5/0,4                        | Psikiyatri Hastanesi                              |
| Kampüs Ziraat TR-1      | 160               | 6,3/0,4                         | Sulama Pompası                                    |
| Kampüs Ziraat TR-2      | 400               | 6,3/0,4                         | Ziraat Fak.Hayvancılık Tesisi                     |
| Kampüs Ziraat TR-3      | 250               | 6,3/0,4                         | Hizmet Binaları, Kümes                            |
| Kampüs TR-14            | 500               | 6,3/0,4                         | Sosyal Tesisler Ve Lojmanlar                      |
| Kampüs Turizm TR        | 1600              | 31,5/0,4                        | Turizm Y. Okulu, Yemekhane, Mediko Ve Rektörlük   |

Çizelge 3.1.'in devamı

|                       |      |          |                                                         |
|-----------------------|------|----------|---------------------------------------------------------|
| Kampüs İktisat TR     | 1600 | 31,5/0,4 | İktisat 1 Ve 2.Blok, İletişim Ve Hukuk                  |
| Kampüs Besyo TR       | 800  | 31,5/0,4 | Besyo B-C Ve D Blok, Havuz Ve Kapalı Spor Salonu        |
| Kampüs Hukuk TR       | 1600 | 31,5/0,4 | Hukuk Fak.                                              |
| Kampüs Stadyum TR     | 1600 | 31,5/0,4 | Stadyum                                                 |
| Kampüs Su Ürünleri TR | 1250 | 31,5/0,4 | Su Ürünleri, Gıda Ar-Ge                                 |
| Kampüs TR-9-11        | 800  | 31,5/0,4 | Teknik Bilimler MYO ve Atölyeleri                       |
| Ziraat Fakültesi      | 1250 | 31,5/0,4 | Ziraat Fak.1-2-3 4 5.Blok                               |
| Kampüs TR-10/1        | 1000 | 31,5/0,4 | Merkezi Derslik 1-2-3 Ve 4, Sağlık MYO ve Edebiyat Fak. |
| Kampüs TR-10/2        | 1250 | 31,5/0,4 | Tıp Fak. Dekanlık Soğutma Grupları                      |
| Kampüs Strateji TR    | 1250 | 31,5/0,4 | Strateji Matbaa Binası                                  |
| Kampüs Güzel Sanatlar | 1600 | 31,5/0,4 | Güzel Sanatlar ve Mühendislik, Olbia                    |
| Mühendislik Fak.      | 1600 | 31,5/0,4 | Mühendislik Fakültesi                                   |
| Eğitim Fak.           | 1600 | 31,5/0,4 | Eğitim fakültesi Yabancı diller Fakültesi               |
| Edebiyat Fak.         | 1600 | 31,5/0,4 | Edebiyat Fakültesi                                      |
| İlahiyat Fak.         | 1600 | 31,5/0,4 | İlahiyat fakültesi                                      |

### 3.1.3. Isı enerjisi altyapısı

Akdeniz Üniversitesi Kampüsünün mevcut ısı enerjisi ihtiyacı doğalgaz yakıtlı her biri 10.000 kg/saat kapasiteli dört (4) adet Buhar Kazanı ile temin edilmektedir. Su, buhar kazanlarına ortalama 18 °C ile giriş yapmakta ve sıcaklığı 170 °C'ye çıkartıldıktan sonra ısı ihtiyacı olan bölgelere 7 bar basınç ile buhar olarak temin edilmektedir.

Gelecekte kampüs sahasında yapılacak olası genişletmeler sonrası 30.000 kg/saat kapasiteye sahip olması düşünülen ikinci bir ısı merkezi oluşturulması planlanmaktadır. Ancak genişletme ile ilgili henüz detaylı bir proje yapılmamıştır. Genişletme kapsamında sadece, yeni yapılacak onkoloji binası için ilave 15.000 kg/saat kapasiteli buhar kazanlarına ihtiyaç duyulacağı belirlenmiştir.

Isıtma amaçlı olarak buhar iletilen merkezler sırasıyla; çamaşırhane, kullanım sıcak suyu, ısıtma eşanjörleri, ameliyathane sterilizasyon cihazları, kampüs binaları, rektörlük, kütüphane, merkezi derslikler, Ziraat Fakültesi 1,2,3 bloklar, Fen Fakültesi, Tıp Fakültesi, Güzel Sanatlar, Turizm Fakültesi, Merkezi Yemekhane'den oluşmaktadır.

Buhar kazanları tek beslemeli bir (1) adet ısı merkezi içerisinde yer almaktadır. Isı santrali için gerekli doğalgaz yakıtı 7.000 m<sup>3</sup>/saat ana ve 2.000 m<sup>3</sup>/saat yedek RMS istasyonundan oluşmaktadır.

2014 yılı için aylık doğalgaz tüketim miktarları Çizelge 3.2'de, saatlik, günlük, aylık ve yıllık maksimum tüketim değerleri de Çizelge 3.3'de verilmektedir. Maksimum tüketim miktarı, herhangi bir dönem için maksimum çekilebilecek doğal gaz miktarını

belirtmektedir. Bu verilerin 2015 ve 2016 yılında bir değişiklik göstermediği hastane teknik müdürlüğü tarafından beyan edilmektedir.

RMS ve ısı altyapısında kullanılan basınç değerleri şöyledir;

- RMS Giriş Basıncı (Olimposgaz Firmasından alınan gaz basıncı)=19 bar
- RMS istasyon çıkış basıncı = 4 bar
- Bina içi tesisat doğal gaz basıncı = 1 bar
- Brülör yakma basıncı = 100 milibar

**Çizelge 3.2.** 2014 yılı beklenen doğalgaz tüketim verileri

| TARİH         | TÜKETİM MİKTARLARI (Sm <sup>3</sup> /Ay) |
|---------------|------------------------------------------|
| Ocak          | 500.000                                  |
| Şubat         | 390.000                                  |
| Mart          | 300.000                                  |
| Nisan         | 90.000                                   |
| Mayıs         | 90.000                                   |
| Haziran       | 90.000                                   |
| Temmuz        | 90.000                                   |
| Ağustos       | 90.000                                   |
| Eylül         | 90.000                                   |
| Ekim          | 90.000                                   |
| Kasım         | 180.000                                  |
| Aralık        | 200.000                                  |
| <b>TOPLAM</b> | <b>2.200.000</b>                         |

**Çizelge 3.3.** Dönemsel doğalgaz tüketimleri

| DÖNEM   | TÜKETİM MİKTARLARI (Sm <sup>3</sup> ) |
|---------|---------------------------------------|
| Saatlik | 3.200                                 |
| Günlük  | 20.000                                |
| Aylık   | 500.000                               |
| Yıllık  | 2.200.000                             |

### 3.1.4. Soğutma enerjisi altyapısı

Kampüsteki soğutma grupları ve bu gruplara enerji sağlayan trafolar Çizelge 3.4’de listelenmiştir. İlk 9 sırada hastane birimlerinin otuziki (32) soğutma grubunu, Çizelgede diğer belirtilen sekiz (8) adet soğutma grubu ise Rektörlük bölümündeki soğutma sistemini kapsamaktadır. Çizelgeden da anlaşılabacağı gibi kampüs içerisinde soğutma ihtiyacı Chiller Grupları ve Klima sistemleri ile sağlanmaktadır.

**Çizelge 3.4.** Soğutma grupları ve enerji besleme trafoları

| SOĞUTMA GRUPLARI                          | ENERJİ SAĞLAYAN TRAFİ BİLGİLERİ                       |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Mc Quay Chiller 1-2-3                     | Rampaaltı TR 1 ve TR 2 ( 6,3 Kv 1.600 kVA )           |
| A Blok Bahçe Carrier 1-2                  | Rampaaltı TR 1 ve TR 2 ( 6,3 Kv 1.600 kVA )           |
| B Blok Train 1-2-3-4                      | B Blok TR 1 ve TR 2 (31,5 Kv 2.500 kVA )              |
| H Blok Carrier 1-2-3-4-5                  | H Blok Kuzey-Güney Ve Paket TR. ( 31,5 Kv 1.600 kVA ) |
| E Ve H1 Blok Teba 1...10                  | 6,3 Kv Paket TR ( 6,3 Kv 1600 kVA )                   |
| Morfoloji Carrier 1-2-3                   | TR-10/2 ( 31,5 Kv 1250 kVA )                          |
| Yeni Dış HEkimliği Fak. Çatı York Chiller | TR 2 ( 6,3 Kv 500 kVA )                               |
| K Blok Çatı Carrier 1-2                   | TR 1 ( 6,3 Kv 1000 kVA )                              |
| Şizofreni Has. Carrier 1-2                | Şizofreni TR ( 31,5 Kv 1250 kVA )                     |
| Rektörlük Chiller                         | TR 10/1 ( 31,5 Kv 1600 kVA)                           |
| Kütüphane Chiller                         | TR 6 ( 6,3 Kv 1250 kVA )                              |
| Merkezi Kafeterya Chiller 1-2             | Turizm TR ( 31,5 kV1600 kVA )                         |
| Güzel Sanatlar Carrier 1-2                | Güzel Sanatlar TR ( 31,5 Kv 1600 kVA )                |
| Merkezi Derslikler Carrier 1-2            | TR – 10/1 ( 31,5 kV 1600 kVA )                        |

### 3.2. Elektrik Tüketim Verilerinin Ölçülmesi ve Hesaplanması

Akdeniz Üniversitesi enerji ihtiyaçlarının belirlenmesi ile kurulması planlanan enerji üretim tesisi için uygun kapasitenin saptanması çalışmalarında mevcut tüketim değerleri incelenmiştir.

Akdeniz Üniversitesinde mevcut elektrik enerjisinin temini, iki adet 6,3 kV, iki adet 31,5 kV ana bağlantı sistemi üzerinden sağlanmaktadır. Bu sistemler üzerinde 1440 ve 4290 numaralı 2 abonelik ile hastane bölümüne, 1450 ve 4800 numaralı 2 abonelik ile Eğitim-Öğretim bölümüne (Rektörlük, Sosyal Tesisler ve Tıp Fakültesi haricindeki diğer fakülteler) elektrik enerjisi sağlamaktadır.

Elektrik enerjisi ölçümleri tüketim değerlerinin ölçülmesinde Rektörlük- Enerji Yönetim Birimi ortak çalışması ile her 4 abone üzerinde ölçüm sayaçları yerleştirilmek suretiyle saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak düzenli olarak ölçümlenmiştir. Elde edilen veriler “Fatura Bedellerine Dayalı Tüketim Değerleri” ve halihazırda kampüse enerji sağlanan TEDAŞ (Özelleştirme süreci sonrasında Akdeniz Elektrik Dağıtım A. Ş.) tarafından kaydedilen “Uzaktan Sayaç Okuma ve Enerji Yönetim Takip Sistemi” verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu ölçümlerde Otomatik sayaç okuma sistemi programından yararlanılmıştır.

#### 3.2.1. Otomatik sayaç okuma sistemi ( OSOS)

Elektrik sayaçlarının internet vasıtası ile uzaktan okunması için kurulmuş bir sistemdir. Sistemde, her elektrik sayacına bir modem takılır. Bu modem üzerinden elektrik sayaçları web üzerinden takip edilebilmektedir. Şekil 3.3’de bu sisteme ait yapı görülmektedir.

Bu sistem yardımıyla tüm üç yıllık elektrik tüketimleri düzenli şekilde kontrol edilmek suretiyle depolanmış ve hergün kayıt altına alınmıştır.

Sistemde her bir sayaç için Şekil 3.4’de görülen ekran oluşturulmaktadır. Bu ekranın sol üst kısmında saatlik, günlük ve aylık toplanan verilere ait grafiklere yapılabilmektedir. Ekranın alt kısmında ise kaydedilen veriler bir Çizelge halinde yer almaktadır. Bu veriler bir yıl süre ile burada saklanmaktadır. Şekil 3.4’de örnek oluşturması amacıyla 07.09.2016 tarihine ait günlük elektrik tüketiminin grafiği görülmektedir. Bu tarihe ait saat 23:55 ile 22:55 arasında aktif tüketilen enerji miktarı 0,240 kWh olarak sayaçta görülmektedir. Şekil 3.5’de ise bu tarihe ait detaylı saatlik veriler yer almaktadır. Ölçümlemede sayaç üzerindeki değişimler saatlik olarak kayıt edilerek, günlük ve aylık değerleri tek tek hesaplanmıştır.



| 07/09/2016 Tarihinde Endeks Değerleri |                    |                      |                    |           |
|---------------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-----------|
| Zaman                                 | Aktif Enerji (Güç) | Aktif Enerji (Puant) | Aktif Enerji (Güç) | Aktif E   |
| 2016-09-07 23:55:29.0                 | 2.476,159          | 864,997              | 995,15             | 4.336,307 |
| 2016-09-07 22:55:29.0                 | 2.476,159          | 864,997              | 994,911            | 4.336,067 |
| 2016-09-07 21:55:29.0                 | 2.476,159          | 864,978              | 994,683            | 4.335,821 |
| 2016-09-07 20:55:29.0                 | 2.476,159          | 864,714              | 994,683            | 4.335,556 |
| 2016-09-07 19:55:29.0                 | 2.476,159          | 864,633              | 994,683            | 4.335,275 |
| 2016-09-07 18:55:29.0                 | 2.476,159          | 864,139              | 994,683            | 4.334,982 |
| 2016-09-07 17:55:29.0                 | 2.476,159          | 863,828              | 994,683            | 4.334,671 |
| 2016-09-07 16:55:29.0                 | 2.476,126          | 863,475              | 994,683            | 4.334,294 |
| 2016-09-07 15:55:30.0                 | 2.475,63           | 863,475              | 994,683            | 4.333,788 |
| 2016-09-07 14:55:29.0                 | 2.475,094          | 863,475              | 994,683            | 4.333,252 |
| 2016-09-07 13:55:29.0                 | 2.474,544          | 863,475              | 994,683            | 4.332,702 |
| 2016-09-07 12:55:29.0                 | 2.474,003          | 863,475              | 994,683            | 4.332,161 |
| 2016-09-07 11:55:29.0                 | 2.473,485          | 863,475              | 994,683            | 4.331,643 |
| 2016-09-07 10:55:29.0                 | 2.472,974          | 863,475              | 994,683            | 4.331,132 |
| 2016-09-07 09:55:29.0                 | 2.472,476          | 863,475              | 994,683            | 4.330,634 |
| 2016-09-07 08:55:29.0                 | 2.472,001          | 863,475              | 994,683            | 4.330,158 |
| 2016-09-07 07:55:29.0                 | 2.471,629          | 863,475              | 994,683            | 4.329,787 |
| 2016-09-07 06:55:29.0                 | 2.471,357          | 863,475              | 994,683            | 4.329,514 |

**Şekil 3.5. 07.09.2016 tarihine ait saatlik veri ölçümleri**

Toplanan dört ana sayaç verileri her bir trafo için akım- gerilim hesapları yapılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

### 3.2.2. Toplanan verilerin hesap edilmesi

Toplanan verilerin nihai tüketim değerlerine dönüştürülebilmesi için her sayacın kendine ait akım ve gerilim trafolarının dönüşüm hesaplarının yapılması gerekmektedir. Yüksek gerilim sayaç ölçümlerinde kullanılan akım trafoları "primer" dediğimiz esas devreden geçen akımı, manyetik bir kuplaj ile küçülterek "sekonder" dediğimiz ikincil devreye ve bu devreye bağlı cihazlara aktarırlar. Bunun sonucunda cihazların büyük akımlar ile zorlanması veya orta gerilim ve yüksek gerilim devrelerinde, cihazların büyük gerilimler ile zorlanması önlenmiş olur.

Akım ve gerilim trafoları üzerinde bir demir nüve üzerine sarılmış olan bir primer sargı ve ayrıca (primer sargıya göre ters yönde sarılmış) bir sekonder sargı bulunmaktadır. Ana devreye seri olarak bağlanan primer sargıdan geçen akımın meydana getirdiği manyetik alan, demir nüvede manyetik akımın oluşmasına neden olur.

Manyetik akım sekonder sargıda bir gerilim indükler. Sekonder sargıya cihazların bağlanması sonucu sekonder devreden geçen akım; (sarımların yönlerinin ters olması yüzünden) ters yönde bir manyetik alan ve demir nüvede ters yönde bir manyetik akı oluşturur. Sonuçta demir nüvedeki manyetik akı dengelenmiş olur. Manyetik akıların dengelenmesi, primer ve sekonder amper sarım eşitliği ile açıklanır. Sayaç verilerinin değerlendirilmesi için akım trafo hesabı denklem 3.1’de verilen bağıntı ile yapılmaktadır.

$$I_p \times w_p = I_s \times w_s \quad \text{veya} \quad \frac{I_p}{I_s} = \frac{w_s}{w_p} \quad (3-1)$$

$I_p$ : Primerden geçen akım (A)

$w_p$ : Primer Sarım sayısı

$I_s$ : Sekonderden geçen akım (A)

$w_s$ : Sekonder Sarım sayısı

Bir başka anlatım ile akım trafoları, primerden geçen akımı değiştirerek (genellikle küçülterek) sekonder devreye aktaran cihazlardır. Primer akımın hangi oranda değiştirildiğini belirleyen sayıya (k), o akım trafosunun “Akım Oranı” denir.

Sayaç çarpanı hesaplanmasında akım-trafo oranının gerilim trafosu oranı ile çarpılması ile elde edilen değer kullanılmaktadır. Bu değerler her trafo için farklılık göstermektedir. O yüzden her bir ölçüm merkezi için ayrı ayrı hasaplama yapılmasına gereksinimi duyulmaktadır. Denklem 3.2’ de sayaç çarpan hesabı görülmektedir. Devamında yer alan değerler ölçüm yapılacak herbir trafonun sayaç çarpanını göstermektedir.

$$k_A = \frac{I_p}{I_s} \times \frac{w_s}{w_p} \quad (3-2)$$

$k_A$  : Sayaç çarpanı

4800 nolu sayaca bağlı sayaç çarpanı (Denklem 3.3);

$$k_A = \frac{142,5}{5} \times \frac{31500}{100} = 9000 \quad (3-3)$$

429 nolu sayaca bağlı sayaç çarpanı (Denklem 3.4);

$$k_A = \frac{150}{5} \times \frac{31500}{100} = 9450 \quad (3-4)$$

145 nolu sayaca bağlı sayaç çarpanı hesabı (Denklem 3.5);

$$k_A = \frac{500}{5} \times \frac{6300}{100} = 6300 \quad (3-5)$$

144 nolu sayaca bağlı sayaç çarpanı hesabı (Denklem 3.6);

$$k_A = \frac{500}{5} \times \frac{6300}{100} = 6300 \quad (3-6)$$

### 3.2.3. İhtiyaç duyulan elektrik miktarının hesaplanması

Üniversitenin 3 yıllık elektrik tüketimlerinin belirlenmesi ile elektrik tüketim değerlerine gelecek yıllara ait artış miktarı oransal olarak tahmin edilecektir. Bu değerlendirme neticesinde projelendirme amacıyla kullanılan veriler üzerinde yaklaşık olarak %10'luk bir artış olacak şekilde hesaplanmıştır. Enerji ihtiyacının değerlendirilmesi sonucunda toplamda tüketilecek elektrik miktarı belirlenmiş olacaktır. Bu doğrultuda bir birleşik ısı geri kazanım sistemi belirlenecektir. Birleşik ısı geri kazanım sistemi en önemli parametresi kullanılan yakıtı karşılık elde edilen güç miktarıdır. Hesaplama yapılırken kullanılan yakıtın bir kg'ının (gaz yakıtlarda, m<sup>3</sup> ünün) yakılması ile elde edilen ısıya o yakıtın ısı değeri denir ve kcal ile ölçülür. Yakıtların ısı değerleri birbirinden farklıdır. Biyogazın ısı değeri 4700-5700 kcal iken metan gazının ısı değeri 8250 kcal.dir. Bu ısı değerleri yardımı ile bir saatte yakacağımız yakıt miktarını aşağıdaki denklem 3-7 ile hesaplanmıştır.

$$SYM = \frac{IT}{\eta_{kazan}} \times H \quad (3-7)$$

SYM: Saatlik yakıt miktarı ( m<sup>3</sup>/h)

IT : Yakıt ihtiyacı (m<sup>3</sup>/h)

$\eta_{kazan}$  : Kazan verimi

H : Yakıtın ısı değeri (kcal)

Birleşik ısı geri kazanım elektrik üretim verimi bir başka deyişle sistemin elektrik üretim verimi hesaplanırken motor ve alternatör üzerindeki kayıplarında göz önünde tutulması gerekmektedir. Bu değerler seçilen motor alternatör grubunun katalog değerlerindeki verimlilik parametreleri üzerinden hesaplamalara katılmıştır. Birleşik ısı geri kazanım sisteminden elde edilecek katalog verileri verilmiştir.

### 3.2.4. Birleşik ısı geri kazanım (BIGK) sisteminden elde edilecek buhar miktarı

Üniversitenin her bir saat dilimindeki buhar ihtiyacı ayrı ayrı olmak üzere denklem 3-8'deki gibi hesaplanır. Elde edilen 3 zaman dilimi toplamı üniversitenin ortalama buhar ihtiyacını vermektedir. Denklem 3-9'da birleşik ısı geri kazanım ünitesinden alınabilecek en çok buhar miktarı hesaplanmıştır. Burada birleşik ısı geri kazanım ünitesinin üretecek o zaman dilimine ait en çok gücünün birleşik ısı üretim sistemi kapasitesi oranı ile sistemin egzoz ısı kapasitesinin egzoz verimine oranının çarpımı olarak hesaplanmaktadır. Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek en çok soğutma gücü ise denklem 3-10'ile hesaplanmaktadır.

$$OBI = \frac{IEI}{Gün} \times \eta_{kazan} \times \frac{EO}{T} \quad (3-8)$$

OBI: üniversitenin ortalama buhar ihtiyacı (kWh/ay)

IEI: üniversitenin ısıtma için enerji tüketimi (kWh/ay)

Gün: o aya ait gün sayısı

$\eta_{kazan}$  : Kazan verimi

EO: Hesaplama zamanında kullanılan elektriğin yüzdelik dilimi

T: Tüketilen elektrik süresi

$$BIGKBG = \frac{W_{BIGK}}{Q_{BIGK}} \times \frac{Q_{max}}{\eta_{kazan}} \quad (3-9)$$

BIGKBG: Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum buhar gücü miktarı (kWh)

WBİGK: Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum güç miktarı (kWh)

QBİGK: Birleşik ısı geri kazanım ısı üretim kapasitesi (kW)

QmaxÇ Ehzoz ısı kapasitesi (kW)

$\eta_{kazan}$  : Kazan verimi

$$BIGKSG = \frac{W_{BIG}}{W_{BIGK}} \times SK \quad (3-10)$$

BIGKSG: Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum soğutma gücü miktarı (kWh)

SK: Birleşik ısı geri kazanım soğutma kapasitesi (kW)

### 3.2.5. Birleşik ısı geri kazanım sisteminden elde edilecek ısı miktarı

T1, T2, T3 zaman dilimlerinde birleşik ısı geri kazanım sisteminin üretebileceği toplam ısı miktarı denklem 3-11'de ki veriler doğrultusunda hesaplanmıştır.

$$BIGK_{ısı} = \frac{T_{1BIG}}{W_{BIGKG} \times E_{Egzoz} \times T_1} + \frac{T_{2BIG}}{W_{BIGKG} \times E_{Egzoz} \times T_2} + \frac{T_{3BIG}}{W_{BIGKG} \times E_{Egzoz} \times T_3} \quad (3-11)$$

BIGK ısı : Birleşik ısı geri kazanımın alınacak ısı gücü miktarı (kWh/ay)

T1BIG : T1 zaman diliminde birleşik ısı geri kazanımdan alınacak maksimum elektrik miktarı

WBİGKG : Birleşik ısı geri kazanım kurulu gücü (kWh)

E<sub>Egzoz</sub> : Egzoz enerji kapasitesi (kWh)

T1: 06-17 saatleri arasında ki geçen süre

### 3.2.6. Birleşik ısı geri kazanım sisteminin üretim verileri

Bu hesaplamalar 3 yıllık süre boyunca günlük ölçümler sonucu alınmış değerlerin karşılaştırılması ile yapılmıştır. Kullanılacak olan birleşik ısı geri kazanım sistemine ait T1, T2, T3 zaman dilimlerindeki ortalama çekilen güç (OÇG) Mega Watt cinsinden hesaplanmıştır.

Hesaplanan veriler ise birleşik ısı geri kazanım sisteminde üretilebilecek maksimum elektrik miktarını göstermektedir. Burada T1, T2, T3 zaman dilimlerinde üniversitede tüketilen ortalama güçten az olmamak kaydı ile birleşik ısı geri kazanım sisteminin elektrik üretim kapasitesinin çalışma verimi ile üretilebilecek elektrik miktarı hesaplanmaktadır. Üniversitenin Ortalama Proses Buhar İhtiyacı (OPBİ) denklem 3-12 ile hesaplanmıştır. Birleşik ısı geri kazanım sisteminden elde edilebilecek buhar gücü denklem 3-13 ile gösterilmektedir. Üniversitenin aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı IEİ ile gösterilmiş ve denklem 3-14 ile hesaplanmıştır.

$$OPBİ = BuharBIGK \times \frac{T1 \%Elektrik}{T1} \quad (3-12)$$

OPBİ:Üniversitenin Ortalama Proses Buhar İhtiyacı (OPBİ) (kW)

Buhar BIG: Buhar için birleşik ısı geri kazanım den alınan max Güç (Kwh)

T1%Elektrik :T1 zaman dilimindeki elektrik kullanım yüzdesi

T1 zaman : T1 zaman dilimindeki kullanım saati (h)

$$BIGKBG = \frac{I_{EI}}{Gün} \times \eta_{BIG} \quad (3-13)$$

BIGKBG: Buhar için birleşik ısı geri kazanım den alınabilecek max güç (kWh/ay)

IEİ : Isıtma enerji ihtiyacı (kWh)

$\eta$ : Verim faktörü

Gün: Ayın gün sayısı

$$IEİ = DTM \times H \times q \times \eta_{kazan} \quad (3-14)$$

DTM: Aylık metan tüketim miktarı (m3)

H: metan ısı değeri (kWh/m3)

q=Isı akış katsayısı (kW/m3)

$\eta$ = Kazan verimi

### 3.3. Akdeniz Üniversitesi ve Çevre Birimlerin Atık Miktarının Belirlenmesi

Çalışmanın ikinci aşamasında enerji üretim tesisi için üniversitenin ve yakın çevrenin atık potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda Akdeniz Üniversitesi hastane ve merkezi yemekhane işletmelerindeki ön işleme atıklarının, üniversite peyzaj atıklarının, Ziraat Fakültesi hayvancılık işletmesi atıklarının ve üniversitenin bulunduğu yakın çevredeki atık potansiyelinin özellikleri ve miktarları incelenmiştir. Tespit edilen mevcut atıklarda yıllık enerji üretimi ve hammadde değerlendirmesi yapılmıştır. Sırasıyla kampüs yemekhane atıkları, hastane yemekhane atıkları gündelik olarak toplanarak tartılmış ve bu atıklardan numuneler alınarak  $-4^{\circ}\text{C}$  saklanmıştır. Alınan numunelerin oluşum oranlarına bağlı kalarak bir karışım elde edilmiştir. Bu karışım laboratuvar ortamında özel dizayn edilmiş çırpıcı ile yüksek hızda karıştırılacak ve %8, %10, %12 olmak üzere 3 farklı toplam katı oranı (TK, %TK) herbirinden ikişer tekrar numunesi alınarak, organik kuru madde oranı (UKM), pH ve elementel analizleri yapılmıştır. Elemanter analizler Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği laboratuvarında uygun karışım oranlarında alınarak kül fırınında  $540^{\circ}\text{C}$  de 2 saat kurutulan numuneler haline getirildikten sonra ODTÜ Merkez Laboratuvar AR-GE Eğitim ve Ölçme Merkezi'ne gönderilmiş ve polimer analiz laboratuvarında incelenmiştir.

#### 3.3.1. Yemekhane atıklarının miktarı

Bu çalışma kapsamında hastane ve merkezi kampüs yemekhanelerinden günlük olarak işlenmemiş (pişmemiş) yemek önhazırlık atıkları toplanmıştır.



Şekil 3.6. Hastane ve merkezi yemekhane ön hazırlık çalışmaları

İki hafata boyunca günlük olarak toplanan atıklar, yemekhanelere yerleştirilen kantarlar aracılığı ile düzenli olarak tartılmış ve o güne ait numuneler toplanan atık miktarları oranında alınarak  $-4^{\circ}\text{C}$ 'de uygun koşullarda saklanmıştır. Şekil 3.6.'de Hastane ve merkezi yemekhane önhazırlık çalışmaları yer almaktadır.

### 3.3.2. Süt üretim çiftliği hayvan atıklarının miktarı

Akdeniz Üniversitesi süt üretim çiftliğinde 90 adet büyük baş damızlık inek bulunmaktadır. Bu ineklerin ortalama ağırlıkları 800 kg civarındadır ve günlük olarak ortalama 51 kg katı sıvı karışımı atık elde edilmektedir. Hayvan çiftliği atıkların düzenli toplanabilmesi için uygun alt yapıları hazırlanmış ve çıkan atıklar düzenli olarak sıyrıcılar ile atık deposuna aktarılmıştır. Çiftlikten elde edilen yıllık atık miktarı belirlenmiştir. Şekil 3.7.'de hayvan çiftliğine ait bir görüntü yer almaktadır.



Şekil 3.7. Akdeniz Üniversitesi hayvan çiftliği

### 3.3.3. Akdeniz Üniversitesi kampüsü ve yakın çevre belediyenin yıllık çim atık miktarı

Akdeniz Üniversitesi ana yerleşkesi ve projelendirilmiş örtülü alan büyüklüğü ise 677.832 m<sup>2</sup> olup, tüm yerleşkelerin toplamında 621.813 m<sup>2</sup> kapalı alan bulunmaktadır. Geri kalan kısımlarda Ziraat Fakültesine ve Teknokent yapılarına ait seralar ve işletme alanları bulunmaktadır. Şekil 3.8'de bu alanlar dışında kalan fakülte binalarının çevre düzenleme alanları ve peyzaj düzenleme alanlarının bir resmi görülmektedir. Üniversitenin güney kısmında yer alan botanik park dışındaki alanda doğal kayalık bir alan mevcuttur. Üniversite kampüsü içerisindeki peyzaj çalışmaları kapsamında Aralık, Ocak ve Şubat ayları dışında kalan 9 ay boyunca çim biçimi yapılmaktadır. Biçilen çim miktarları bir traktör römorku üzerinden hesaplamaya tabi tutulmuştur. Traktörün römork ölçüleri boy 3 m, en 2 m, yükseklik ise 0,6 m dir. Bu ölçüler doğrultusunda yıllık toplanan çim miktarı hesaplanmıştır. Traktörün römork hacmi 3,6 m<sup>3</sup> tür.

Akdeniz Üniversite kampüsünün yakınında bulunduğu Konyaaltı Belediyesi çim atıkları miktarıda proje kapsamında incelenmiştir. Belediye peyzaj alanlarının çim atıkları kamyon ile toplandığı, Belediye Çevre Koruma ve Kontrol müdürlüğü veri paylaşımı ile çim atığı potansiyeli tespit edilmiştir. toplanan kamyon kasası büyüklüğü boy 7 m, en 3 m ve yükseklik 1 m olarak belirtilmiştir. Belediyeninde yılın 9 ayı çim biçimi gerçekleştirdiği belirtilmiştir.



Şekil 3.8. Akdeniz Üniversitesi kampüs alanı peyzajı

### 3.4. Toplanan Atıkların Biyometan Potansiyelinin Belirlenmesi

Yapılan literatür çalışması sonucunda biyometan potansiyeli tespiti analizleri için tekrar edilebilir sonuçların alınması ve homojen numunelerin elde edilmesi amacıyla numuneler öncelikle kesici ve parçalayıcılar yardımı ile parçalanmış ve 1-3 mm boyutlarına indirgenmiştir. Toplanan 3 farklı atık toplanma miktarlarındaki oranları doğrultusunda karıştırılarak, karışım numunesi elde edilmiştir. elde edilen karışım toplam katı madde (TKM), uçucu katı madde (UKM) ve PH analizleri Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır Şekil 3.9.). Toplanan atıkların elementel (C, H, N ve S) analizleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi, AR-GE Eğitim ve Ölçme Merkezi laboratuvarında hizmet alımı yoluyla yaptırılmıştır.



Şekil 3.9. BMP denemeleri için hazırlanan numuneler

### 3.4.1. Toplam katı madde (TKM) analizi

TKM analizleri Standart Metot 2540-C'ye göre yapılmıştır. TKM, belirli miktarda numunenin 103-105°C'de sabit tartıma gelene kadar etüvde kurutulması sonucunda oluşan ağırlık kaybının belirlenmesi ile ölçülmüştür (APHA 2005). Analizlerini yapımında WTW Binder ED115 Etüv Presica XB 220A ve XT 1220M Terazî kullanılmıştır.

### 3.4.2. Uçucu katı madde (UKM) analizi

UKM, TKM'nin organik kısmını temsil etmektedir. UKM analizi Standart Metot 2540-C'ye göre yapılmıştır. UKM, TKM içeriği bilinen numunenin 550°C'de fırında yakılması ve sabit tartıma getirilmesi sonucu gözlenen ağırlık kaybının belirlenmesi ile ölçülmüştür (APHA 2005). Analizlerini yapımında Protherm, PLF 120 Kül fırını Presica XB 220A ve XT 1220M Terazî kullanılmıştır.

### 3.4.3. Elementel kompozisyon (CHNS) analizi

550°C'de fırında 2 saat boyunca yakılan numunelere ait elementel (C, H, N ve O) analizler Orta Doğu Teknik Üniversitesi, AR-GE Eğitim ve Ölçme Merkezi laboratuvarında hizmet alımı yoluyla yaptırılmıştır. Analizlerini yapımında Elementel analiz cihazı EAC kullanılmıştır.

### 3.4.4. Biyokimyasal Metan Potansiyeli denemeleri (BMP)

Toplanan ve parçalanmış uygun oranda karıştırılan materyaller için biyokimyasal metan potansiyellerin belirlenmesinde standart BMP testi uygulanmıştır. Bu yöntemde temel yaklaşım, anaerobik aşı ile karıştırılmış belirli miktardaki atığın belirli bir sıcaklıkta inkübe edilmesi ve üretilen gaz hacmi ile gaz kompozisyonunun ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. BMP testi Carrere vd. (2009) ile Us ve Perendeci (2012) tarafından uygulanan yöntemle göre yapılmıştır. Bu yöntemde temel yaklaşım anaerobik aşı ile karıştırılmış belirli miktardaki atığın belirli bir sıcaklıkta inkübe edilmesi ve üretilen gaz hacmi ile gaz kompozisyonunun ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Önerilen yöntemle göre, BMP şişesi (500 mL kapasiteli) içerisindeki aktif aşı konsantrasyonunun 3-5 g UKM/L ve substrat-aşı oranının 0.5 (katı numuneler için g UKM/g UKM, sıvı numuneler için g KOİ/g UKM) olması sağlanmıştır. Ayrıca deney süresince aşı çamur aktivitesinin devam etmesi için uygun miktarda makro ve mikro besinler ile deneme şişesi içerisinde pH değişiminin tamponlanması amacıyla ise NaHCO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Numune, aşı ve gerekli besinlerin BMP şişesine ilave edilmesinden sonra ortamdaki oksijenin giderilmesi için N<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> (%70 / %30) gaz karışımı kullanılmıştır. Oksijenin giderilmesinden sonra şişeler sızdırmaz septum ile kapatılıp inkübatöre (36°C) yerleştirilmiştir.

Çalışmada BMP testi 400 mL kapasiteli cam deneme şişelerinde yapılmıştır. BMP testleri mezofilik (36°C) şartlarda 100 gün boyunca takip edilmiştir. BMP deneme şişelerinde aşı için 3 g UKM/L olacak şekilde anaerobik aşı çamuru eklenmiştir. Yapılan ön hazırlıklar Şekil 3.9'da görülmektedir. BMP deneme şişelerine eklenen aşı miktarının hesaplanmasında aşağıda verilen denklem 3-15 kullanılmaktadır (Dumlu, 2011).

$$V_b = \frac{C_{xe} * V}{C_x} \quad (3-15)$$

$V_b$  =BMP deneme şişesine ilave edilen aşı çamur hacmini L,

$C_{xe}$  = BMP deneme şişesinde olması istenen aşı çamur konsantrasyonunu (3 g/L),

$C_x$ , = Anaerobik aşı çamur konsantrasyonunu (gUKM/L)

$V$  = BMP deneme şişesinin çalışma hacmini temsil etmektedir (L)

Her bir BMP deneme şişesi içerisinde substrat-aşı oranı 0,5 olacak şekilde numune ilave edilmiştir. Numuneler için BMP deneme şişesi içinde olması gereken miktar Denklem 3-16 ile hesaplanmıştır (Dumlu, 2011)

$$\text{Numune Miktarı (mL)} = \frac{(B) * V * C_{xe}}{N_{UKM}} \quad (3-16)$$

(B): BMP deneme şişeleri içerisindeki substrat-aşı oranını (0,5 gUKM<sub>numune</sub>/gUKM<sub>aşı</sub>)

$N_{UKM}$  ise numunenin uçucu katı madde (g/g)

Numuneler için BMP deneme şişeleri içerisine ilave edilen konsantrasyonun numune oranı 1,5UKM/L olacak şekilde Eşitlik 3-17 ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Numune kanstrasyonu} = \frac{(B) * V_b * C_x}{V} \quad (3-17)$$

### 3.4.5. Biyogaz hacmi ve gaz kompozisyonunun belirlenmesi

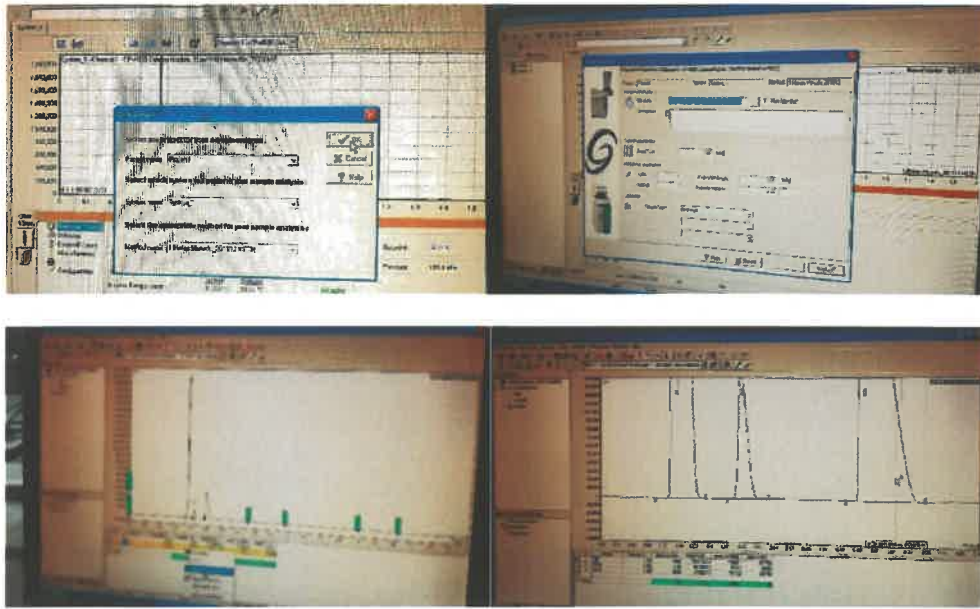
BMP deneme şişelerinde aşı aktivitesinin sürekliliğini sağlamak amacıyla mikro ve makro elementleri içeren çözelti ile pH'nın tamponlanması için NaHCO<sub>3</sub> çözeltisi eklenmiştir. İnkübasyon öncesinde her BMP deneme şişesinde %70 N<sub>2</sub> ve %30 CO<sub>2</sub> içeren gaz karışımı 1 dakika süreyle verilerek başlangıç koşullarının anaerobik olması sağlanmıştır. Deney süresince BMP deneme şişelerinden gaz kaçışının engellenmesi için kalın plastik septumlar ve alüminyum kapaklar kullanılmıştır. BMP deneme şişeleri test süresince inkübatörde 36°C'de muhafaza edilmiştir.

Analizler boyunca BMP deneme şişelerinde oluşan biyogaz miktarı belirli günlerde gaz-su yer değiştirme prensibiyle çalışan gaz ölçüm sistemi kullanılarak ölçülmüştür. Biyogaz kompozisyonu ise gaz kromatografi cihazı ile belirlenmiştir. (Us 2010).

BMP deneme şişeleri içerisinde oluşan biyogaz bileşenleri ise (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub>) Varian CP-4900 Mikro gaz kromatografi (GC) cihazı ile ölçülmüştür. Kullanılan GC, termal iletkenlik dedektörüne (online-TCD) ve PPQ kolona (10 m) ölçüm materyaline

sahiptir. Analiz metodunda kullanılan enjektör ve kolon sıcaklıkları sırasıyla 110°C ve 70°C'olarak belirlenmiştir. Varian CP 4900 Micro GC'de helyum (25 mL/dk) taşıyıcı gaz olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.10'da yer alan görüntülerde ölçüm cihazının ekran görüntüleri bulunmaktadır. Burada görüleceği üzere gaz yoğunluklarına bağlı olarak oluşan gaz miktarı grafiksel olarak ekrana yansımaktadır. Ölçülen Aralık işaretlenerek her bir gün için ayrı ayrı çalışmalar yapılmıştır.

Gaz çıkışın düşüşe geçtiği süre olan 100 günlük inkübasyon süresince oluşan biyogaz miktarı ve biyogaz içerisindeki metan yüzdesi tespit edilmiştir. BMP testlerinde kullanılacak aktif anaerobik aşı çamuru, Antalya Hurma atık su arıtma tesisi anaerobik çamur çürütme deneme ünitelerinden alınarak, kompozisyonunun belirlenmesi için TKM, UKM ve pH analizleri yapılmıştır. Saf glikoz standart substrat kaynağı olarak kontrol amacıyla kullanılmıştır. Aşıdan kaynaklanan metan üretiminin belirlenmesi için anaerobik aşı çamuru şahit olarak kullanılmış ve hesaplamalarda aşının ürettiği metan miktarı düşülerek materyale ait metan üretim miktarı belirlenmiştir. Deneme şişesinde oluşan biyogaz miktarı gaz-su yer değiştirme prensibi ile ölçülerek deney süresince kayıt edilmiştir. Biyokimyasal metan potansiyeli testinde biyogaz içindeki gaz bileşenleri (metan, karbondioksit) PPQ kolona (10m) sahip Varian CP 4900 Micro Gaz Kromatografi ile tespit edilmiştir (Akman, 2019).



Şekil 3.10. Denemeler boyunca yapılan ölçümlere ait ölçme cihazı ekran görüntüleri

BMP deneme şişelerinde üretilen metan miktarının hesaplanmasında aşağıda verilen denklem 3.17 kullanılmıştır (Dumlu, 2011).

$$\text{mL CH}_4 = \left( \frac{Vh \cdot (P2 - P1)}{100} \cdot \frac{273,15}{T1 + 273,15} \right) + \left( \frac{Vg \cdot (P2 + P1) \cdot 0,5}{100} \cdot \frac{273,15}{T2 + 273,15} \right) \quad (3-17)$$

$Vh$  = BMP deneme şişesindeki boşluk hacmi (L)

$P1$  ve  $P2$  = ölçüm günlerinde ölçülen metan gazının % değeri

$T1$  = inkübasyon sıcaklığını (°C)

$T2$  = normal şartlar altındaki sıcaklığı (°C)

$Vg$  = ölçülen biyogaz hacmi (L)

BMP deneme şişesindeki boşluk hacminin ( $Vh$ ) hesaplanmasında ise denklem 3.18 kullanılmaktadır.

$$V_h = D_0 - D \quad (3-18)$$

$D_0$  = Su dolu BMP deneme şişesinin ağırlığı (kg)

$D$  = BMP deneme şişesi ile numune, aşı ve çözeltilerin beraber tartılan son ağırlığı (kg)

### 3.5. Biyogaz tesisi yatırım projesinin hazırlanması

Proje üniversitemiz tarafından kamu projeleri kapsamında hem araştırma geliştirme hemde enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi ve kullanımı yönünden öncü olunması açısından değerlendirilmek üzere Devlet Planlama Teşkilatına (DPT) sunulmak üzere hazırlıkları yapılabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Ülkemizde kamu kuruluşları yatırımlarını, her yıl Bakanlar Kurulu Kararı ile uygulamaya konulan kamu Yatırım Programında belirtilen proje maliyeti, karakteristik, süre, yer, yıl ödeneği gibi belirleyiciler çerçevesinde yürütmek zorundadırlar. Kalkınma planları ve bu planların uygulama aracı olan yıllık programların hazırlanmasından ve bu çerçevede, kalkınma hedefleri ile uyumlu kamu yatırım projelerinin seçilmesi, programlanması ve yatırım tahsislerinin belirlenmesinden sorumlu kuruluş ise Devlet Planlama Teşkilatı'dır. Bu nedenle yatırımcı kamu kuruluşları, kamu yatırım programına dahil edilmesini önerdikleri yatırım projelerini ilgili yapılabilirlik (fizibilite) etüdleri ile birlikte DPT'ye iletmek zorundadırlar. DPT, kamu kuruluşları tarafından iletilen yapılabilirlik etüdlerini, plan hedefleri, kamu yatırım politikası, ulusal ekonomi, sektörel ve sektörlerarası öncelikler açısından değerlendirerek projeler arasında seçim yapmakta ve seçilen projelere kaynak tahsisi suretiyle kamu yatırım programını oluşturmaktadır. (Ayanoglu vd. 1996)

Bu kapsamda hazırlanan projede öncelikle kamu arazisi üzerine kurulum yapılacağı planlanmış olması yanında kurulacağı bölgedeki arsa emsal değerleri üzerinde belediyenin rayiç bedelleri doğrultusunda bir arsa fiyatıda projede belirtilmiştir.. Kullanılacak atıkların mevcut üniversite kampüsünde ve yakın çevreden tedarik edilebilecek olacağı öngörülmektedir. Atık alım bedeli söz konusu değildir. İnşaat,

Makine, Elektrik imalatlarına ait yaklaşık maliyetleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, birim fiyatlar, analizler ve tariflerinden yararlanılarak yapılmıştır.

Yapılması planlanan Proje özel kapsamlı bir inşaat projesi olarak değerlendirilmekte ve aşağıda yer alan şartnamelere uygunluk sağlaması gerekmektedir.

- Yapım İşleri Genel Şartnamesi,
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007,
- TS 498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri,
- TS 648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları,
- TS 3357 Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları,
- TS 4561 Çelik Yapıların Plastik Teoriye Göre Hesap Kuralları,
- TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları,
- 09/09/2009 Gün ve 27344 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik,
- Mimarlık ve Mühendislik Hizmetleri Genel Şartnamesi,
- Yukarıda İmalat Şartnamelerinde geçen standartlar ile Türk Standartları Enstitüsünce yayımlanmış bulunan diğer ilgili standartlar.

### 3.6. Biyogaz Tesisinin İşletme Parametrelerinin Belirlenmesi

Biyogaz tesisi projelendirilmesinde hammadde kısmında kullanılan atığın, cinsine, içeriğine, kuru madde ve organik kuru madde oranına göre tesis tasarımı yapılmıştır.

Bir biyogaz tesisinin işletilmesinde kullanılacak parametreler prosesin sürekliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu parametreler sırasıyla fermentörün yükleme oranı, bekleme süresi , biyogaz reaktörünün üretkenliği, verimi, bozunma derecesi ile fermentörün düzenli karıştırılması gazın oluşum potansiyelini ve metanojenik aktivitesini olumlu yönde etkiler (Yaldız, 2004).

Biyogaz tesisi projelendirilmesinde sırasıyla aşağıdaki formuller yardımı ile hesaplamalar yapılır.

Fermentörün organik yükleme oranı, birim hacme (m<sup>3</sup>) belirli zaman aralığında kaç kg kuru organik madde miktarı eklenmesi gerektiğini belirler.

Yükleme oranı kg OKM/m<sup>3</sup>gün (organik materyal konsantrasyonu) (Denklem 3-19) (Yaldız, 2004);

$$YO = \frac{S \cdot OKM}{VR} \quad 3-19$$

S= günlük yüklenen materyal miktarı (kg./ gün )

OKM = Organik madde oranı (% OKM)

VR = Biyogaz reaktörünün hacmi m<sup>3</sup>

Fermentörde bekleme süresi, hidrolik bekleme süresi hydraulic retention time (HRT) (Denklem 3-20) biyogaz deneme şişesinde kullanılacak tank büyüklüklerinin belirlenmesinde kullanılır. Eklenen bir materyalin tekrar çıkartılıncaya kadar fermentörde kaldığı ortalama süredir (FNR, 2016).

$$HRT = \frac{VR}{V} \quad 3-20$$

$VR$  = Biyogaz reaktörünün hacmi  $m^3$   
 $V$  = Hergün eklenen materyal hacmi  $m^3$

Fermentör hacmine bağlı olan gaz üretimi, üretilen gaz miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Günlük gaz üretiminin deneme şişesi hacmine oranıdır (Denklem 3-21). Üretkenlik olarak ta belirtilen günlük gaz üretimi, hem toplam biyogaz üretimi için hem de metan için ayrı ayrı hesaplanır.

$$P_{CH_4} = \frac{V_{CH_4}}{VR} \quad 3-21$$

$V_{CH_4}$  = Günlük metan üretimi ( $Nm^3/gün$ )  
 $V_R$  = Biyogaz reaktör hacmi ( $m^3$ )

Üretkenlik gibi verimde, hem biyogaz üretimi için hem de metan için ayrı ayrı hesaplanır (Denklem 3-22) (FNR, 2016).

$$A_{CH_4} = \frac{V_{CH_4}}{m \text{ oTS}} \quad 3-22$$

$m \text{ oTS}$  = Eklenen Organik Kuru Madde (ton/gün)

Kullanılan materyalin ne kadarının değerlendirildiği bozunma derecesinin belirtilmesi ile olur. Bozunma derecesi (Denklem 3-23) (FNR, 2016);

$$\eta_{oTS} = \frac{oTS_{sub.mzu} - oTS_{abl.mabl}}{oTS_{sub.mzu}} * 100 [\%] \quad 3-23$$

$\eta_{oTS}$  = Biyokütlenin bozunma derecesi  
 $oTS_{sub}$  = İlave edilen ham maddenin OKM oranı (kg/t YM)  
 $m_{zu}$  = İlave edilen ham maddenin kütlesi (ton)  
 $oTS_{abl}$  = Fermentör çıkışında OKM oranı (kg/ton YM)  
 $m_{abl}$  = Fermentasyon artıklarının kütlesi (ton)

### 3.7. Biyogaz Tesisi Ekonomik Analizleri

#### 3.7.1. Biyogaz tesisinin yaklaşık maliyet hesabı

Tesis yaklaşık maliyeti inşaat mekanik ve elektrik imalatları olmak üzere 3 ana kalem üzerinden yapılmıştır. Bu hesaplamalarda kamu yatırımı olması münasebeti ile Şekil 3.11 'de görüleceği üzere Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı 2018 İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatlarından yararlanılmıştır.



**Şekil 3.11.** Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı 2018 inşaat ve tesisat birim fiyatları kitabı

Hesaplamalar yapılırken AMP hakediş ve Yaklaşık Maliyet programından yararlanılmıştır. Programda ilk olarak projenin adı ve sözleşme türü “Anahtar Teslim Götürü Bedel” olacak şekilde seçilmiştir. İşin yapılmasında kullanılacak malzemelerin ve her türlü kırım, nakliye, işçilik ve kar maliyetleri birim fiyat hesaplamalarında iş kalemlerine dahil edilerek hesaplanmıştır. Her bir iş kalemine ait uygun olan pozlar seçilerek yaklaşık maliyet oluşturulmuştur. İnşaat, makine ve elektrik kaleminden toplam 391 adet birim fiyatı pozundan yararlanılmıştır.



Şekil 3.12. AMP hakediş ve yaklaşık maliyet programı ikonu

Şekil 3.13. Yaklaşık maliyet programı proje içeriği belirleme

### 3.7.2. Projenin ekonomik değerlendirme ölçütleri

Kurulacak biyogaz tesisi kamu yatırım projesi olarak değerlendirilmiştir. Tesis kurulumu ve devreye alma süresi yaklaşık 1 yıl olarak öngörülmektedir. Tesisin işletme dönemi minimum 20 yıl olacaktır. Toplam proje döneminin 21 yıl olması öngörülmüştür. Projenin tüm yatırım maliyeti ilk yıl içerisinde kullanılacaktır. Hesaplamalarda Merkez Bankası Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) ile hesaplanan 2018 yılına ait enflasyon oranını; % 20,30 olarak belirlenmiştir (Merkez Bankası, 2018). Bankalarca Türk lirası üzerinden açılan ticari kredi ortalama faiz oranları yaklaşık olarak %22-24 civarında kabul edilmektedir. Biyogaz tesisine ait Ekonomik analiz için seçilen iskonto oranı mevcut faiz oranlarından yüksek olması için %26 olarak değerlendirilmiştir. Biyogaz

Tesisi genelinde amortisman süresi ve tesisin ekonomik ömrünün 20 yıl olacağı öngörülmüştür. Tesis üretimi elektrik ve ısı olarak değerlendirilmiş olup biyogübre satışı olması durumunda bu durum ilave kar olarak değerlendirilecektir. Üretilen elektrik ve ısıların vergi oranı kurumlar vergisi olarak değerlendirilip kamu hizmetinde kullanıldığı için % 0 olarak alınmıştır. Fizibilitesi yapılan işletmede üretilecek enerji kamu tesisleri ihtiyacı için kullanılacağından satış pazarlama ile ilgili herhangi bir maliyet oluşmayacaktır. Bu ön belirlemeler doğrultusunda tesisin 20 yıllık ekonomik fizibilite çalışmasında yatırımlara ilişkin değerlendirmelerde temel alınan hesaplamalar; geri ödeme süresi yöntemi, net bugünkü değer analizi ve iç karlılık oranı analizi kullanılarak yapılmıştır.

Yapılan hesaplamalarda ihtiyaç dahilinde kullanılan elektriğin fiyatı üniversitenin elektrik satın alımının gerçekleştiği fatura birim fiyatı doğrultusunda hesaplanmıştır. İhtiyaç fazlası elektrik birim fiyatı ise 5346 sayılı yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanuna göre değerlendirilmiştir. Bu kanuna göre Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına (YEK) dayalı elektrik üretimi yapmak üzere işletmeye girmiş/girecek üretim lisansı sahipleri; On yıl süreyle yüksek tarife uygulanarak denilmekte buna göre ihtiyaç fazlası üretilen Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil) 13,3 ABD Dolar Cent sabit fiyat garantisi verilmiştir. Hesaplamalar bu fiyat doğrultusunda yapılmıştır. Ayrıca yapılan hesaplamalarda aynı kanun maddesinde 2020 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinden arazi kullanım teşvikleri kapsamında, yatırım ve işletme dönemlerinin ilk 10 yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine %85 indirim uygulanması bulunduğundan arsa arazi tahsis bedeli hesaplamasında bu değerlendirmeye katılmıştır.

Net bugünkü değer (NBD) ve iç karlılık oranı (İKO) analizleri, paranın zaman değerini, yani bugünkü ve gelecekteki tüketime ilişkin tercihleri göz önünde bulunduran proje değerlendirme yöntemleridir (Demirburgan, 2008).

### 3.7.3. Projenin net bugünkü değer hesabı

Projenin hesaplanmasında öncelikle Net bugünkü değer ölçütünden faydalanılmıştır. Bu yöntemde yatırım projesinin net bugünkü değeri yatırımın ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı nakit girişinin önceden belirlenen bir iskonto oranı (yatırımdan beklenen minimum iç karlılık oranı) üzerinden bugüne indirgenmiş değerleri toplamı ile yatırımın gerektirdiği nakit çıkışının aynı iskonto oranına göre bugünkü değeri toplamı arasındaki farktır. Bu tanıma göre NBD ölçütünü formül edebiliriz (Denklem 3-23) (Aktan, 1999).

$$NBD = \sum_{t=1}^n \frac{G_t}{(1+i)^t} + \frac{H}{(1+i)^n} - \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+i)^t} \quad 3-23$$

G = n'ci yıldaki gelir ve nakit girişleri

H = yatırım projesinin ekonomik ömrü sonundaki kalıntı (hurda) değeri

n = Yatırım projesinin ekonomik ömrü

i = Toplumsal iskonto oranı

It = t yılındaki toplam yatırım tutarı (nakit artışları)

Bu yöntemde NBD pozitif ise proje kabul edilebilir durumdadır. Bu ölçütün uygulamasında iskonto oranı (i) büyük önem taşımaktadır. İskonto oranı, yatırımlardan beklenen verim oranını veya yatırımdan beklenen iç karlılık oranını ifade etmektedir. Yatırımın uzun dönem borçlar ile finanse edilmesi durumunda ödenen gerçek faiz oranı, iskonto oranı olarak kabul edilmelidir. Projenin finansmanı borçlanmadan sağlanmış ise, bu kez Merkez Bankasının uzun dönem borçlar için uyguladığı faiz oranı, iskonto oranı olarak kullanılmalıdır (Aktan, 1999).

Projede seçilen iskonto oranı seçilirken finansal piyasalarda oluşan faiz oranı dikkate alınmıştır. Finansal piyasalarda faiz oranları, vade yapısı, yatırımların geri ödeme riski, uygulanan vergi oranı gibi piyasa koşullarına bağlıdır (Kidwell ve Peterson, 1981). Aynı zamanda iskonto oranı seçilirken Merkez Bankasının uzun dönemli borçlar için uyguladığı faiz oranlarının altında kalmamasına dikkat edilmiştir.

### 3.7.4. Projenin İç Karlılık oranı ve geri ödeme süresi

İç karlılık oranı olarak da adlandırılan ölçüt, o yatırım projesinden sağlanacak fayda akımlarının bugünkü değerini, maliyetlerin bugünkü değerine eşit kılan iskonto oranı saptanmaktadır. Diğer bir deyişle iç karlılık oranı, bir yatırım projesinin ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı gelirlerin bugünkü değerini yapılan yatırıma esas kılan iskonto oranıdır.

$$iKO = \sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t} \quad 3-23$$

İskonto oranı yukarda yer alan denklem 4-23 yardımı ile “r” deneme yanılma metodu ile bulunur. (Gedik, Akyüz, & Akyüz, 2005) NBD’i sıfır yapan değer formül yardımıyla bulunmuştur. Bu değer bulunurken tahmini bir “r” iskonto oranı alınmış ve formülde yerine konularak sıfıra eşitlemeye çalışılmıştır. Bulunan “r” iskonto oranı pozitif olduğu durumlarda “r” değeri arttırılmış, negatif çıktığı durumlarda o zaman “r” iskonto oranı azaltılmıştır. Bu hesaplama NBD = 0 oluncaya kadar deneme yanılma yöntemi ile bulunmuştur. Yatırım kararı alınmasında yukarıdaki formül ile hesaplanan iç karlılık oranı toplumsal iskonto oranı (i) ile karşılaştırılır.  $r > i$  ise proje kabul edilir,  $r < i$  ise reddedilir. İç getiri oranı ölçütünün net bugünkü değer ölçütüyle birçok ortak yönleri vardır. Her iki yöntem de projenin ekonomik ömrünü ve paranın zaman değerini göz önüne almaktadır (Aktan, 1999).

İç karlılık oranı yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen iskonto oranı olarak tanımlanmaktadır (Gedik vd. 2005).

Projenin geri ödeme süresi yapılan yatırımın ne kadar sürede kendisini geri ödeyeceğinin bir göstergesidir. Bu süre sonunda yatırımı gerçekleştirmek için yapılmış olan maliyetinin elde edildiği değer ile net karın birbirine eşitlendiği günü belirtmektedir.

İlk yatırım tutarının yıllık ortalama net gelire bölümü sonucunda elde edilen geri ödeme süresi denklem 3-24’deki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Geri ödeme süresi} = \frac{\text{Projenin yatırım tutarı}}{\text{Yıllık ortalama net gelir}} \quad (3-24)$$

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

##### 4.1. Enerji Ölçüm Analizleri

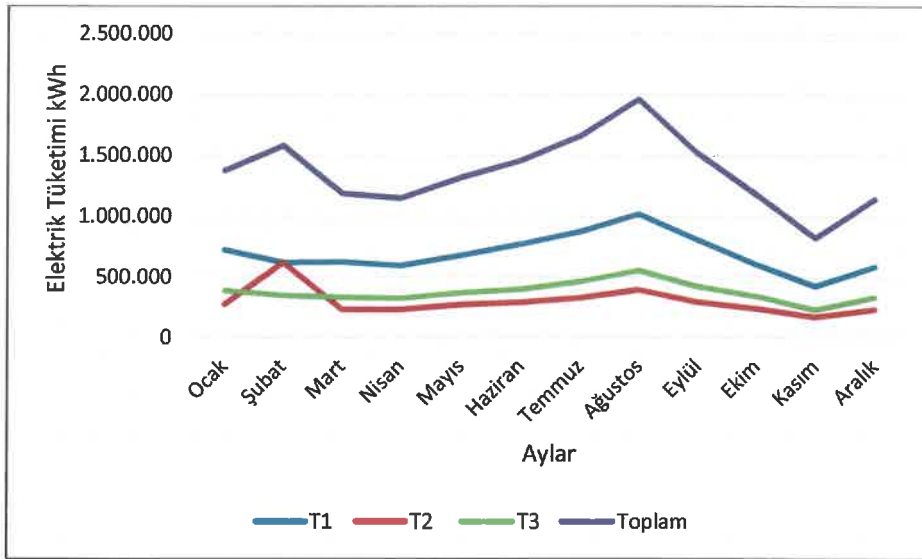
Aşağıda yer alan Çizelgeler ve Şekiller sırasıyla 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait elektrik sayaç verilerini göstermektedir. Bu veriler 3 yıl boyunca günlük, haftalık ve aylık olarak toplanmış ve aşağıda yer alan Çizelgeler halinde hazırlanmıştır. Aynı zamanda Çizelgelerde 3 yıllık süre zarfında elektrik faturalarından alınan veriler değerlendirilmiştir. Sistem üzerindeki her bir barada okunan 4 adet sayaca ait ölçümler T1 (06:00-17:00), T2 (17:00-22:00) ve T3 (22:00-06:00) zaman dilimlerinde yılın her ayı için saatlik tüketimler olarak hazırlanmıştır.

##### 4.1.1. 2014 yılı hastane bölümü elektrik enerjisi tüketimi

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de hastane bölümünün 1440 nolu baradan alınan 2014 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Burada T1 zamanına ait kısımda en yüksek elektrik tüketiminin olduğu görülmektedir. Daha sonra ise gece kullanımının bu bölümde çok olduğu ve akşam vaktinde en düşük enerji tüketimi olduğu saptanmıştır. Yine en yüksek enerji kullanımının 1.016.190 kWh olmak üzere Ağustos ayında olduğu en düşük enerji kullanımının ise 169.803 kWh tüketimle Kasım ayında olduğu Çizelgede görülmektedir. Bu barada toplamda 16.334.796 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

**Çizelge 4.1.**2014 yılı 1440 nolu bara hastane aylık tüketimleri

| 2014 Hastane 1440 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak              | 719.882   | 270.194   | 383.563   | 1.373.639     |
| Şubat             | 617.047   | 617.047   | 345.510   | 1.579.604     |
| Mart              | 622.616   | 230.901   | 332.167   | 1.185.684     |
| Nisan             | 595.646   | 229.805   | 322.837   | 1.148.288     |
| Mayıs             | 677.810   | 269.829   | 369.444   | 1.317.083     |
| Haziran           | 768.379   | 290.631   | 397.278   | 1.456.288     |
| Temmuz            | 871.693   | 327.707   | 460.296   | 1.659.696     |
| Ağustos           | 1.016.190 | 393.894   | 551.848   | 1.961.932     |
| Eylül             | 804.938   | 292.849   | 420.336   | 1.518.123     |
| Ekim              | 599.810   | 237.377   | 339.261   | 1.176.448     |
| Kasım             | 421.633   | 169.803   | 227.719   | 819.155       |
| Aralık            | 580.910   | 229.679   | 328.267   | 1.138.856     |
| Toplam            |           |           |           | 16.334.796    |

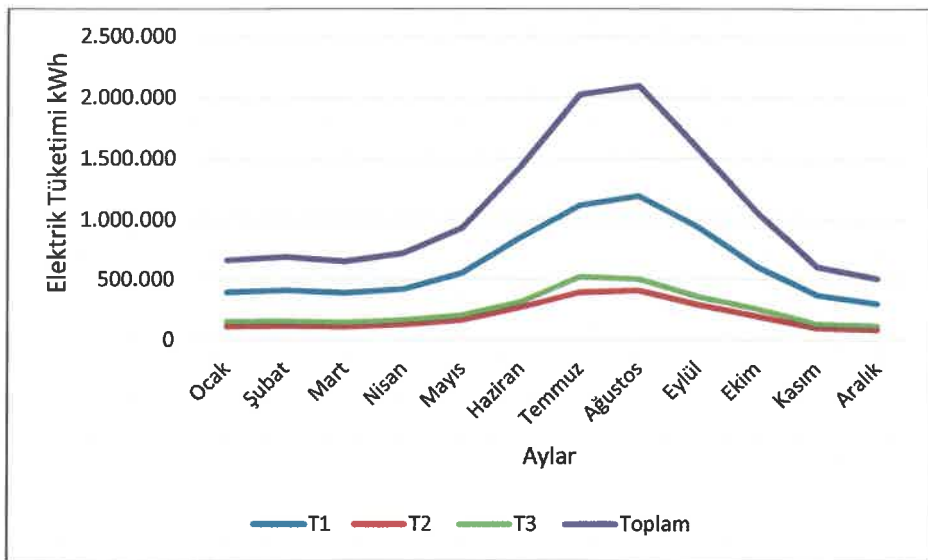


Şekil 4.1. 2014 yılı 1440 nolu bara hastane aylık tüketimleri

Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2’de hastane bölümü 4290 nolu baradan alınan 2014 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Burada T1 zamanına ait kısımda en yüksek elektrik tüketiminin olduğu saptanmıştır. Gece kullanımının bu bölümde çok olduğu ve akşam vaktinde en düşük enerji tüketimi olduğu görülmektedir. Yine en yüksek enerji kullanımının 1.185.039 kWh ile Ağustos ayında, en düşük enerji kullanımın ise 86.685 kWh tüketimle Aralık ayında olduğu çizelgede görülmektedir. Bu barada toplamda 12.923.867 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

Çizelge 4.2. 2014 yılı 4290 Nolu bara hastane aylık tüketimleri

| 2014 Hastane 4290 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak              | 394.519   | 112.134   | 152.154   | 658.807       |
| Şubat             | 413.541   | 117.227   | 154.281   | 685.049       |
| Mart              | 392.723   | 110.905   | 145.870   | 649.499       |
| Nisan             | 422.254   | 129.890   | 166.131   | 718.276       |
| Mayıs             | 552.976   | 166.556   | 203.988   | 923.520       |
| Haziran           | 847.854   | 270.941   | 313.702   | 1.432.497     |
| Temmuz            | 1.109.723 | 394.235   | 520.865   | 2.024.823     |
| Ağustos           | 1.185.039 | 409.582   | 499.773   | 2.094.394     |
| Eylül             | 927.603   | 290.342   | 357.276   | 1.575.221     |
| Ekim              | 603.297   | 195.322   | 254.734   | 1.053.354     |
| Kasım             | 369.986   | 100.142   | 132.168   | 602.296       |
| Aralık            | 301.550   | 86.685    | 117.898   | 506.133       |
| Toplam            |           |           |           | 12.923.867    |

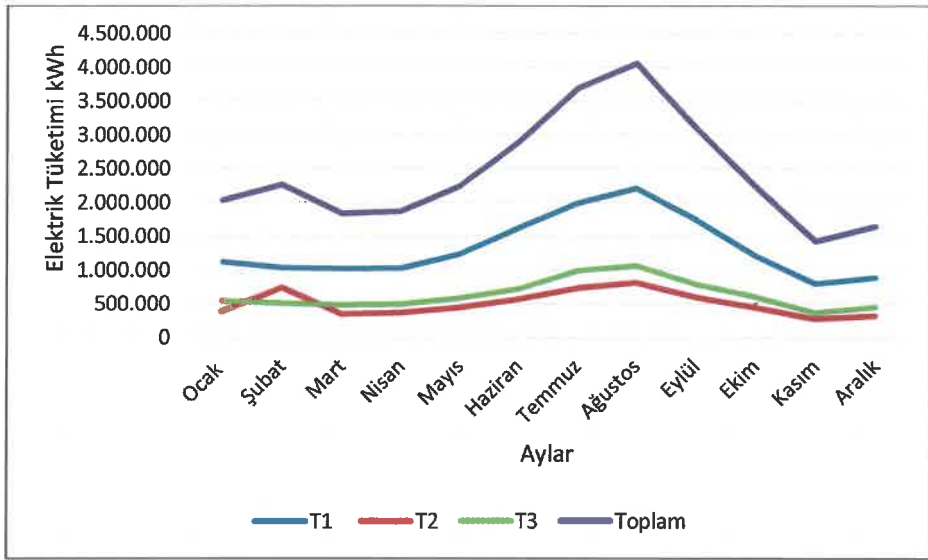


Şekil 4.2. 2014 yılı 4290 Nolu bara hastane aylık tüketimleri

Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3’de hastane bölümüne ait iki baranın birleştirilmesi neticesinde elde edilen 2014 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Hastane kullanımı açısından gündüz kullanılan enerjinin 2.201.229 kWh ile en yüksek Ağustos ,en düşük kullanımın ise akşam vaktinde 269.945 kWh ile Kasım ayında olduğu görülmektedir Bu çizelgede enerji tüketiminin %40 oranında gündüz kullanımının olduğu, %33 oranında akşam kullanımının olduğu, %26 oranında ise gece kullanımının olduğu görülmektedir. 2014 yılında hastanede tüketilen elektrik enerjisi miktarı 29.258.664 kWh/yıl olmuştur

Çizelge 4.3. 2014 yılı hastane toplam aylık tüketimleri

| 2014 Hastane | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|--------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak         | 1.114.401 | 382.328   | 535.717   | 2.032.446     |
| Şubat        | 1.030.588 | 734.274   | 499.791   | 2.264.653     |
| Mart         | 1.015.339 | 341.806   | 478.037   | 1.835.183     |
| Nisan        | 1.017.900 | 359.695   | 488.968   | 1.866.564     |
| Mayıs        | 1.230.786 | 436.385   | 573.432   | 2.240.603     |
| Haziran      | 1.616.233 | 561.572   | 710.980   | 2.888.785     |
| Temmuz       | 1.981.416 | 721.942   | 981.161   | 3.684.519     |
| Ağustos      | 2.201.229 | 803.476   | 1.051.621 | 4.056.326     |
| Eylül        | 1.732.541 | 583.191   | 777.612   | 3.093.344     |
| Ekim         | 1.203.107 | 432.699   | 593.995   | 2.229.802     |
| Kasım        | 791.619   | 269.945   | 359.887   | 1.421.451     |
| Aralık       | 882.460   | 316.364   | 446.165   | 1.644.989     |
| Toplam       |           |           |           | 29.258.664    |

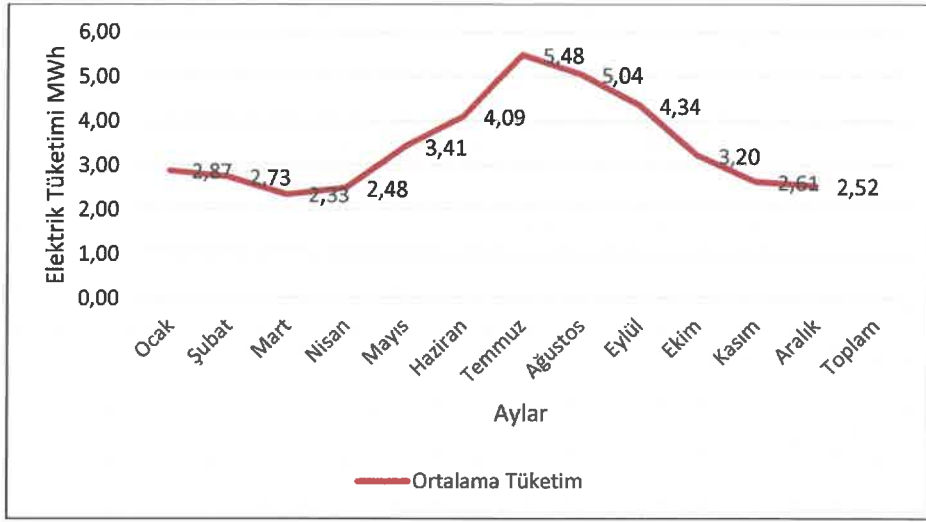


**Şekil 4.3.** 2014 yılı hastane toplam aylık tüketimleri

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4’de hastane bölümüne ait tüm tüm baraların toplamı ve 2014 yılında tüketilen elektrik enerji miktarı görülmektedir. Günlük ve aylık elektrik enerji tüketimleri eğrisinde hastane bölümü için minimum tüketilen toplam aylık elektrik enerji miktarı 1.677.082 kWh, ortalama günlük kullanım açısından değerlendirme yapıldığında en düşük değer 19.700.000 kWh olduğu görülmektedir. Kullanılan maksimum enerji miktarının aylık 3.943.980 kWh olduğu, günlük ortalama değerin ise 5,63MWh olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.4.** 2014 yılı hastane ortalama toplam tüketim

| 2014 Hastane | Tüketim (kWh/Ay) | Ortalama Tüketim (MWh) |
|--------------|------------------|------------------------|
| Ocak         | 2.069.827        | 2,87                   |
| Şubat        | 1.965.216        | 2,73                   |
| Mart         | 1.677.082        | 2,33                   |
| Nisan        | 1.786.715        | 2,48                   |
| Mayıs        | 2.454.663        | 3,41                   |
| Haziran      | 2.942.566        | 4,09                   |
| Temmuz       | 3.943.980        | 5,48                   |
| Ağustos      | 3.625.282        | 5,04                   |
| Eylül        | 3.125.071        | 4,34                   |
| Ekim         | 2.300.596        | 3,20                   |
| Kasım        | 1.876.017        | 2,61                   |
| Aralık       | 1.815.887        | 2,52                   |
| Toplam       | 29.582.901       |                        |



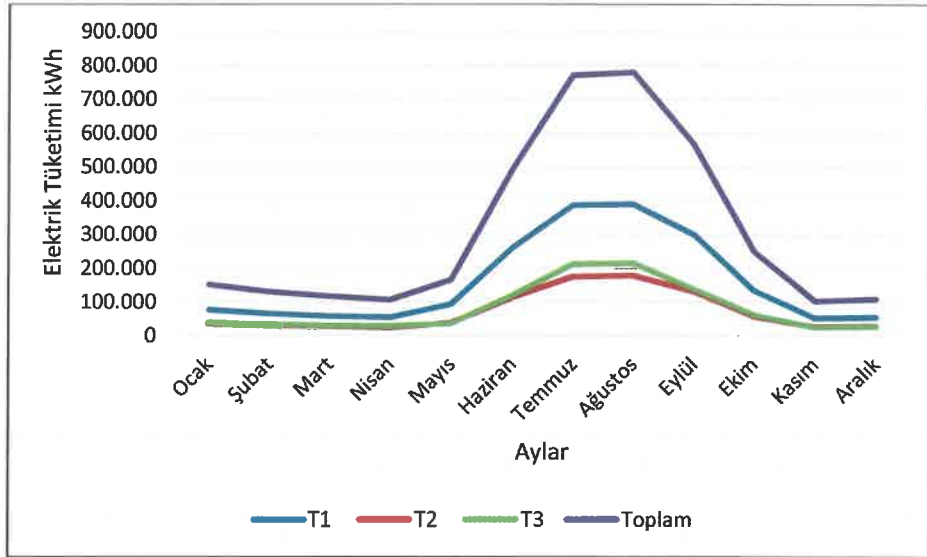
Şekil 4.4. 2014 yılı hastane ortalama tüketimleri

#### 4.1.2. 2014 yılı eğitim bölümü elektrik enerjisi tüketimi

Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5’de eğitim bölümü 145 nolu baradan alınan 2014 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Burada T1 zamanına ait kısımda en yüksek elektrik tüketiminin olduğu saptanmıştır. Ancak bu şekilde de görüleceği üzere Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına denk gelen yoğun yaz ayları dışında akşam ve gece elektrik tüketimlerinin birbirine çok yakın olduğu, yaz aylarında ise gece kullanımının arttığı görülmektedir. En yüksek enerji kullanımının 780.677 kWh olmak üzere Ağustos olduğu, en düşük enerji kullanımının ise 102.274 kWh tüketimle Kasım ayında olduğu çizelgede görülmektedir. Bu barada toplamda 3.737.229 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

Çizelge 4.5. 2014 yılı 145 Nolu bara eğitim bölümü aylık tüketimleri

| 2014 E.Ö<br>Blok 1450 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam<br>kWh/ay |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| Ocak                  | 76.425    | 36.540    | 38.304    | 151.269          |
| Şubat                 | 65.539    | 31.097    | 33.258    | 129.893          |
| Mart                  | 58.571    | 28.098    | 29.610    | 116.279          |
| Nisan                 | 54.501    | 23.883    | 27.972    | 106.357          |
| Mayıs                 | 92.837    | 37.510    | 35.387    | 165.734          |
| Haziran               | 258.747   | 113.129   | 118.138   | 490.014          |
| Temmuz                | 386.089   | 174.857   | 211.504   | 772.449          |
| Ağustos               | 388.994   | 177.477   | 214.206   | 780.677          |
| Eylül                 | 298.412   | 129.975   | 136.578   | 564.965          |
| Ekim                  | 133.012   | 56.183    | 59.781    | 248.976          |
| Kasım                 | 51.811    | 25.616    | 24.847    | 102.274          |
| Aralık                | 54.867    | 27.027    | 26.447    | 108.341          |
| Toplam                |           |           |           | 3.737.229        |

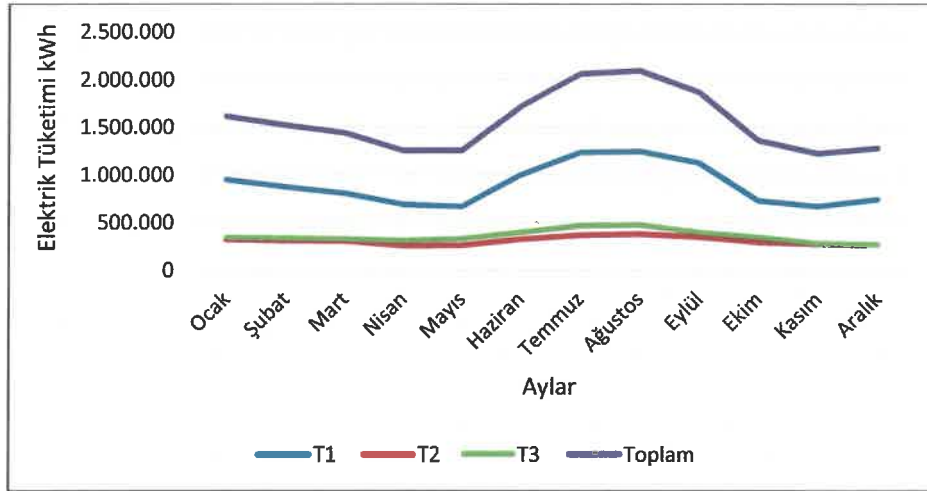


**Şekil 4.5.** 2014 yılı 145 nolu bara eğitim bölümü aylık tüketimleri

Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6’da eğitim bölümü 4800 nolu baradan alınan 2014 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Burada T1 zamanına ait kısımda en yüksek elektrik tüketiminin olduğu saptanmıştır. Daha sonra ise gece kullanımının çok olduğu ve akşam vaktinde en düşük enerji tüketimi olduğu görülmektedir. En yüksek enerji kullanımının 2.088.108 kWh olmak üzere Ağustos olduğu en düşük enerji kullanımının ise 1.222.497kWh tüketimle Kasım ayında olduğu Çizelgede görülmektedir. Bu barada toplamda 18.675.338 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

**Çizelge 4.6.** 2014 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık tüketimleri

| 2014<br>Kampüs<br>4800 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam<br>kWh/ay |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| Ocak                   | 951.273   | 321.993   | 342.756   | 1.616.022        |
| Şubat                  | 875.394   | 312.075   | 335.754   | 1.523.223        |
| Mart                   | 808.407   | 307.305   | 327.321   | 1.443.033        |
| Nisan                  | 686.619   | 257.157   | 310.671   | 1.254.447        |
| Mayıs                  | 666.522   | 260.019   | 326.808   | 1.253.349        |
| Haziran                | 995.940   | 324.045   | 395.595   | 1.715.580        |
| Temmuz                 | 1.233.072 | 363.627   | 461.709   | 2.058.408        |
| Ağustos                | 1.241.469 | 375.345   | 471.294   | 2.088.108        |
| Eylül                  | 1.122.894 | 344.601   | 395.739   | 1.863.234        |
| Ekim                   | 726.219   | 289.229   | 342.648   | 1.358.096        |
| Kasım                  | 669.627   | 273.096   | 279.774   | 1.222.497        |
| Aralık                 | 741.456   | 270.000   | 267.885   | 1.279.341        |
| Toplam                 |           |           |           | 18.675.338       |

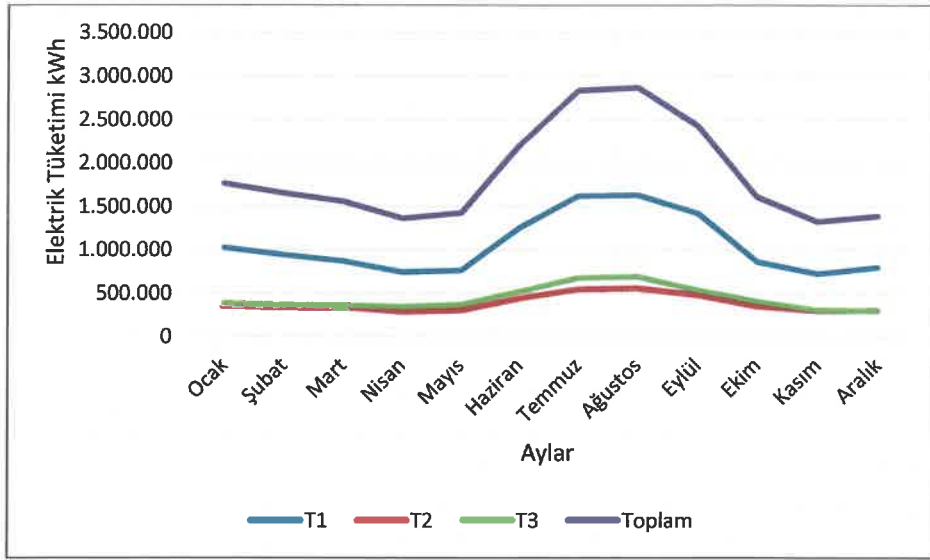


**Şekil 4.6.** 2014 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık tüketimleri

Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7’de eğitim bölümüne ait iki baranın birleştirilmesi neticesinde elde edilen 2014 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Eğitim kullanımı açısından gündüz kullanılan enerjinin 2.868.785 kWh ile en yüksek Ağustos ayında olduğu, endüyük kullanımın ise gece vaktinde 294.332 kWh ile Aralık ayında olduğu belirlenmiştir. Bu Çizelgede enerji tüketiminin %42 oranında gündüz kullanımının olduğu, %34 oranında akşam, %24 oranında ise gece kullanımın olduğu görülmektedir. 2014 yılına ait eğitim bölümüne ait tüketilen elektrik enerjisi toplam miktarı 22.412.567kWh/yıl olmuştur.

**Çizelge 4.7.** 2014 yılı eğitim bölümü aylık toplam tüketimleri

| 2014 Eğitim Öğretim Blokları | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak                         | 1.027.698 | 358.533   | 381.060   | 1.767.291     |
| Şubat                        | 940.933   | 343.172   | 369.012   | 1.653.116     |
| Mart                         | 866.978   | 335.403   | 356.931   | 1.559.312     |
| Nisan                        | 741.120   | 281.040   | 338.643   | 1.360.804     |
| Mayıs                        | 759.359   | 297.529   | 362.195   | 1.419.083     |
| Haziran                      | 1.254.687 | 437.174   | 513.733   | 2.205.594     |
| Temmuz                       | 1.619.161 | 538.484   | 673.213   | 2.830.857     |
| Ağustos                      | 1.630.463 | 552.822   | 685.500   | 2.868.785     |
| Eylül                        | 1.421.306 | 474.576   | 532.317   | 2.428.199     |
| Ekim                         | 859.231   | 345.412   | 402.429   | 1.607.072     |
| Kasım                        | 721.438   | 298.712   | 304.621   | 1.324.771     |
| Aralık                       | 796.323   | 297.027   | 294.332   | 1.387.682     |
| Toplam                       |           |           |           | 22.412.567    |

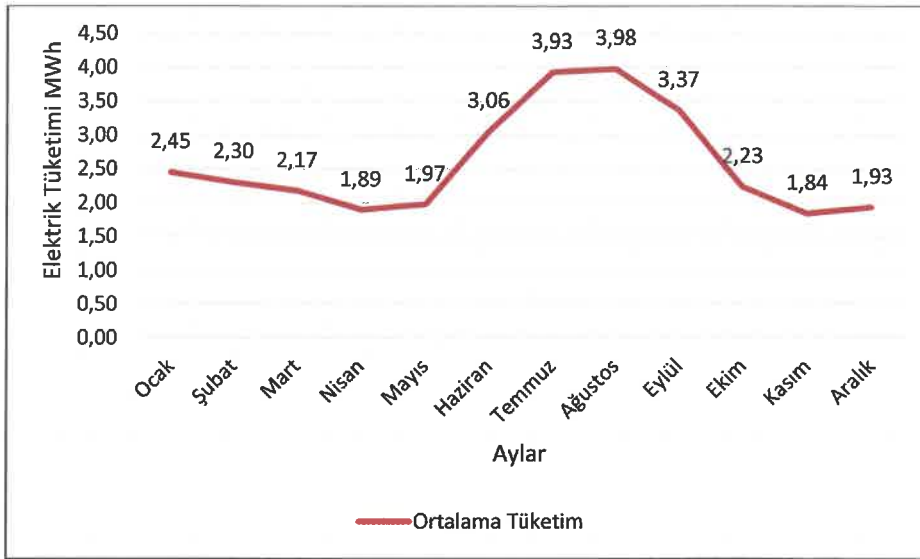


**Şekil 4.7.** 2014 yılı eğitim bölümü toplam aylık tüketimleri

Çizelge 4.8. ve Şekil 4.8.'de eğitim bölümüne ait tüm tüm baraların toplamı ve 2014 yılında yıllık tüketilen elektrik enerji miktarı görülmektedir. Günlük ve aylık elektrik enerji tüketimleri eğrisinde eğitim bölümü için minimum tüketilen toplam aylık elektrik enerji miktarı 1.324.771 kWh, ortalama günlük kullanım açısından değerlendirme yapıldığında en düşük değer 1,84 MWh olduğu saptanmaktadır. Kullanılan maksimum enerji miktarının aylık 2.868.785 kWh olduğu, günlük ortalama değer ise 3,98 MWh olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.8.** 2014 yılı eğitim bölümü ortalama toplam tüketim

| 2014 Eğitim Bölümü | Toplam Tüketim (KWh/Ay) | Ortalama Tüketim (Mwh) |
|--------------------|-------------------------|------------------------|
| Ocak               | 1.767.291               | 2,45                   |
| Şubat              | 1.653.116               | 2,30                   |
| Mart               | 1.559.312               | 2,17                   |
| Nisan              | 1.360.804               | 1,89                   |
| Mayıs              | 1.419.083               | 1,97                   |
| Haziran            | 2.205.594               | 3,06                   |
| Temmuz             | 2.830.857               | 3,93                   |
| Ağustos            | 2.868.785               | 3,98                   |
| Eylül              | 2.428.199               | 3,37                   |
| Ekim               | 1.607.072               | 2,23                   |
| Kasım              | 1.324.771               | 1,84                   |
| Aralık             | 1.387.682               | 1,93                   |
| Toplam             | 22.412.567              |                        |



Şekil 4.8. 2014 yılı eğitim bölümü ortalama toplam tüketim

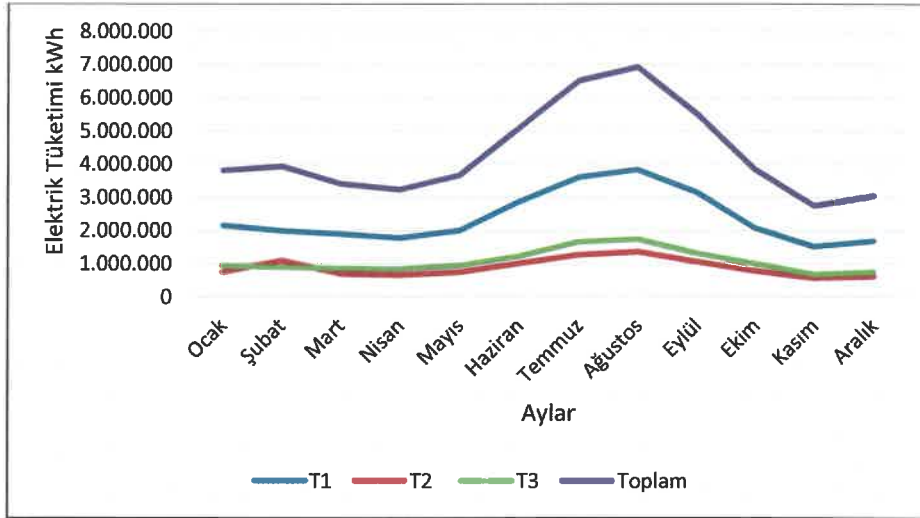
#### 4.1.3. 2014 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüs toplam elektrik tüketimi

Çizelge 4.9. 2014 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri

| 2014 Toplam | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|-------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak        | 2.142.099 | 740.861   | 916.777   | 3.799.737     |
| Şubat       | 1.971.521 | 1.077.446 | 868.802   | 3.917.770     |
| Mart        | 1.882.317 | 677.209   | 834.968   | 3.394.495     |
| Nisan       | 1.759.021 | 640.736   | 827.611   | 3.227.367     |
| Mayıs       | 1.990.145 | 733.914   | 935.627   | 3.659.686     |
| Haziran     | 2.870.920 | 998.746   | 1.224.713 | 5.094.379     |
| Temmuz      | 3.600.577 | 1.260.426 | 1.654.374 | 6.515.376     |
| Ağustos     | 3.831.692 | 1.356.298 | 1.737.121 | 6.925.111     |
| Eylül       | 3.153.847 | 1.057.767 | 1.309.929 | 5.521.543     |
| Ekim        | 2.062.338 | 778.111   | 996.424   | 3.836.874     |
| Kasım       | 1.513.058 | 568.656   | 664.508   | 2.746.222     |
| Aralık      | 1.678.782 | 613.391   | 740.498   | 3.032.671     |
| Toplam      |           |           |           | 51.671.231    |

Çizelge 4.9 ve Şekil 4.9’da tüm kampüse ait 2014 yılı elektrik tüketim verileri yer almaktadır. Çizelgedeki değerlerden ve grafiğinde eğiminden görülebileceği gibi yaz ayları dönemlerindeki altı aylık periyotta elektrik tüketiminde yoğunluk olmaktadır. En çok enerji tüketiminin kampüsün en yoğun olduğu gündüz vaktinde olduğu görülmektedir. Gündüz kullanılan en yüksek enerji miktarı 6.925.111 kWh ile Ağustos,

endüşük kullanımın ise akşam vaktinde 61.3391kWh ile Aralık ayında olduğu görülmektedir. Bu çizelgede enerji tüketiminin %41 oranında gündüz, %33 oranında akşam, %25 oranında ise gece kullanımın olduğu saptanmıştır. 2014 yılına ait kampüs genelinde tüketilen elektrik enerjisi miktarı toplamda 51.671.231 kWh/yıl olmuştur.

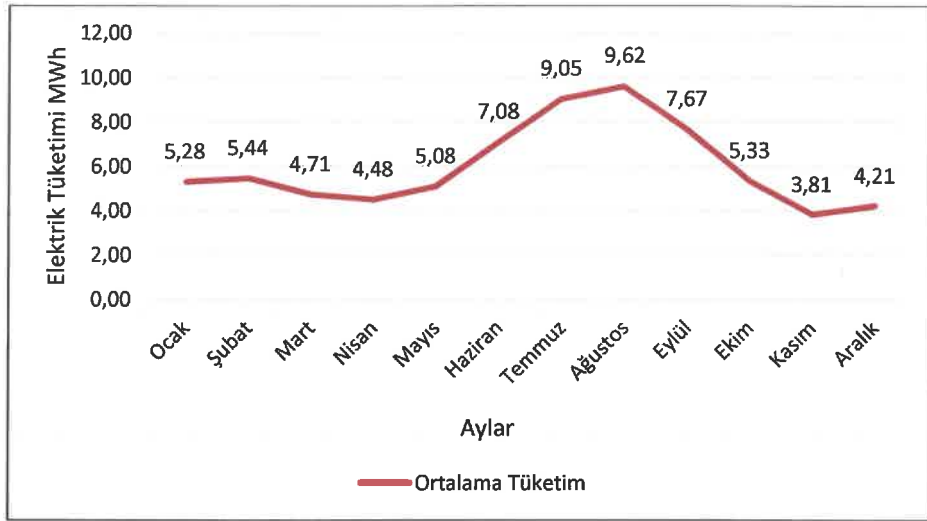


Şekil 4.9. 2014 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.10 ve Şekil 4.10'de tüm kampüste 2014 yılında tüketilen elektrik enerji miktarı görülmektedir. Günlük ve aylık elektrik enerji tüketimleri eğrisinde kampüs geneli için minimum tüketilen toplam aylık elektrik enerji miktarı 2.746.222 kWh, ortalama günlük kullanım açısından değerlendirme yapıldığında en düşük değer 3,81 MWh olduğu görülmektedir. Kullanılan maksimum enerji miktarının aylık 6.925.111 kWh olduğu, günlük ortalama değer ise 9,62 MWh olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.10. 2014 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüsü toplam ortalama elektrik tüketimi

|         | Tüketim (kWh/Ay) | Ortalama Tüketim (MWh) |
|---------|------------------|------------------------|
| Ocak    | 3.799.737        | 5,28                   |
| Şubat   | 3.917.770        | 5,44                   |
| Mart    | 3.394.495        | 4,71                   |
| Nisan   | 3.227.367        | 4,48                   |
| Mayıs   | 3.659.686        | 5,08                   |
| Haziran | 5.094.379        | 7,08                   |
| Temmuz  | 6.515.376        | 9,05                   |
| Ağustos | 6.925.111        | 9,62                   |
| Eylül   | 5.521.543        | 7,67                   |
| Ekim    | 3.836.874        | 5,33                   |
| Kasım   | 2.746.222        | 3,81                   |
| Aralık  | 3.032.671        | 4,21                   |
| Toplam  | 51.671.231       |                        |



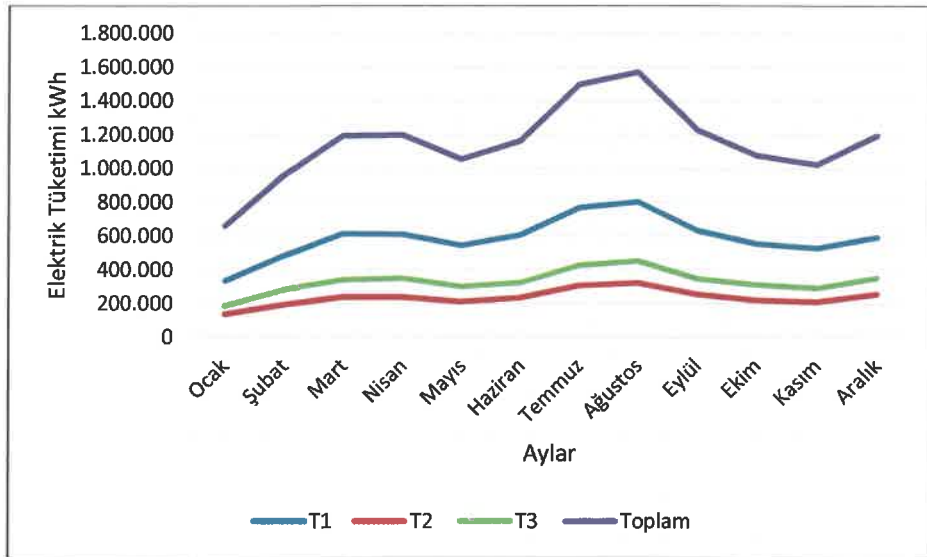
**Şekil 4.10.** 2014 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüsü toplam ortalama elektrik tüketimi

#### 4.1.4. 2015 yılı hastane bölümü elektrik enerjisi tüketimi

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.11’de hastane bölümü 1440 nolu baradan alınan 2015 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Burada T1 zamanına ait kısımda en yüksek, ikinci sırada gece çok ve akşam vaktinde en düşük enerji tüketimi olduğu saptanmıştır. En yüksek enerji kullanımının 801.083 kWh olmak üzere Ağustos, en düşük enerji kullanımının ise 134.826 kWh ile Ocak ayında olduğu görülmektedir. Bu barada toplamda 13.819.737 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

**Çizelge 4.11.** 2015 yılı 1440 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri

| 2015 Hastane 1440 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak              | 333.944   | 134.826   | 190.720   | 659.490       |
| Şubat             | 484.558   | 191.848   | 284.558   | 960.964       |
| Mart              | 614.886   | 239.558   | 342.594   | 1.197.038     |
| Nisan             | 611.528   | 239.003   | 349.209   | 1.199.741     |
| Mayıs             | 543.703   | 211.308   | 300.812   | 1.055.823     |
| Haziran           | 606.911   | 233.610   | 322.522   | 1.163.043     |
| Temmuz            | 767.567   | 305.525   | 423.977   | 1.497.069     |
| Ağustos           | 801.083   | 321.111   | 449.064   | 1.571.258     |
| Eylül             | 629.528   | 252.397   | 344.749   | 1.226.673     |
| Ekim              | 549.719   | 217.470   | 307.383   | 1.074.572     |
| Kasım             | 525.659   | 207.516   | 288.798   | 1.021.973     |
| Aralık            | 589.749   | 253.134   | 349.209   | 1.192.092     |
| Toplam            |           |           |           | 13.819.737    |

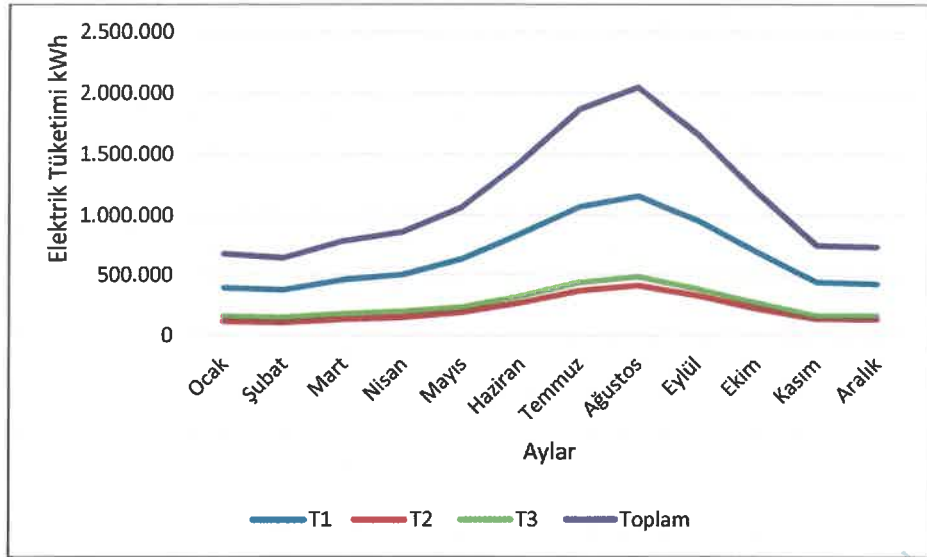


**Şekil 4.11.** 2015 yılı 1440 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.12’de hastane bölümü 4290 nolu baradan alınan 2015 yılına ait elektrik sayaç verileri sunulmuştur. Burada T1 zamanına ait kısımda en yüksek elektrik tüketiminin olduğu görülmektedir. Daha sonra ise gece kullanımının bu bölümde çok olduğu ve akşam vaktinde en düşük enerji tüketimi olduğu görülmektedir. Yine en yüksek enerji kullanımının 1.149.073 kWh olmak üzere Ağustos, en düşük enerji kullanımının ise 109.044 kWh tüketimle Şubat ayında olduğu Çizelgede görülmektedir. Bu barada toplamda 13.672.345 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

**Çizelge 4.12.** 2015 yılı 4290 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri

| 2015 Hastane<br>4290 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak                 | 393.867   | 117.426   | 163.334   | 674.626       |
| Şubat                | 379.852   | 109.044   | 152.844   | 641.740       |
| Mart                 | 464.042   | 135.286   | 183.500   | 782.829       |
| Nisan                | 504.101   | 150.983   | 200.916   | 856.000       |
| Mayıs                | 632.706   | 191.589   | 235.759   | 1.060.054     |
| Haziran              | 838.952   | 270.090   | 324.957   | 1.434.000     |
| Temmuz               | 1.059.345 | 369.882   | 435.135   | 1.864.362     |
| Ağustos              | 1.149.073 | 412.029   | 483.273   | 2.044.375     |
| Eylül                | 947.372   | 329.569   | 385.447   | 1.662.387     |
| Ekim                 | 688.177   | 223.899   | 267.870   | 1.179.946     |
| Kasım                | 440.786   | 136.449   | 164.336   | 741.570       |
| Aralık               | 428.888   | 134.729   | 166.840   | 730.457       |
|                      |           |           |           | 13.672.345    |

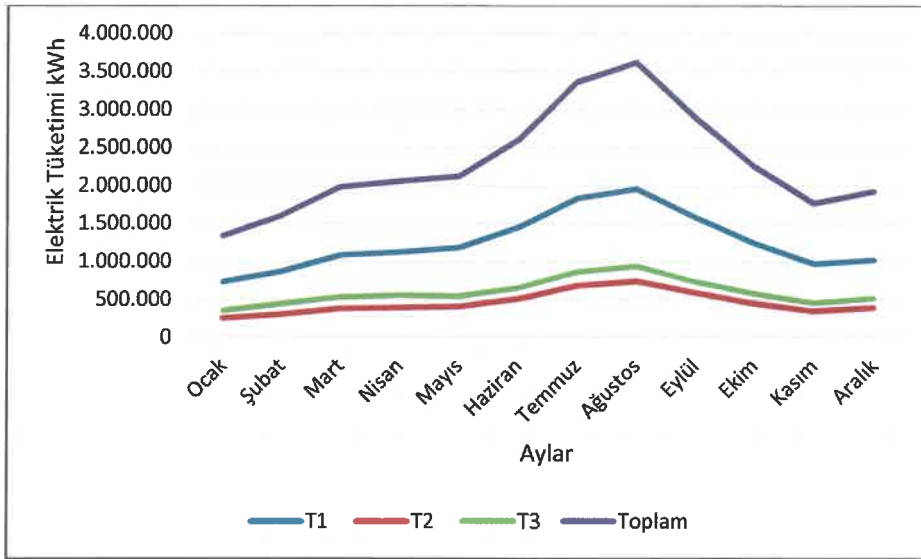


**Şekil 4.12.** 2015 yılı 4290 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.13 ve Şekil 4.13’de hastane bölümüne ait iki baranın birleştirilmesi neticesinde elde edilen 2015 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Hastane kullanımı açısından gündüz kullanılan enerjinin 1.950.156 kWh ile en yüksek Ağustos, endüşük kullanımın ise akşam saatlerinde 252.252 kWh ile Ocak ayında olduğu görülmektedir. Bu çizelgede enerji tüketiminin %41 gündüz, %32 akşam, %27 oranında ise gece kullanımın olduğu görülmektedir. 2015 yılına ait hastanede tüketilen elektrik enerjisi miktarı 27.492.082 kWh/yıl olmuştur.

**Çizelge 4.13.** 2015 yılı hastane aylık toplam elektrik tüketimleri

| 2015 Hastane | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|--------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak         | 727.811   | 252.252   | 354.054   | 1.334.116     |
| Şubat        | 864.410   | 300.891   | 437.403   | 1.602.704     |
| Mart         | 1.078.929 | 374.844   | 526.094   | 1.979.866     |
| Nisan        | 1.115.629 | 389.986   | 550.125   | 2.055.740     |
| Mayıs        | 1.176.408 | 402.898   | 536.571   | 2.115.877     |
| Haziran      | 1.445.863 | 503.701   | 647.479   | 2.597.043     |
| Temmuz       | 1.826.912 | 675.407   | 859.112   | 3.361.431     |
| Ağustos      | 1.950.156 | 733.140   | 932.337   | 3.615.633     |
| Eylül        | 1.576.899 | 581.966   | 730.195   | 2.889.060     |
| Ekim         | 1.237.896 | 441.369   | 575.253   | 2.254.518     |
| Kasım        | 966.445   | 343.964   | 453.134   | 1.763.543     |
| Aralık       | 1.018.638 | 387.863   | 516.049   | 1.922.549     |
| Toplam       |           |           |           | 27.492.082    |

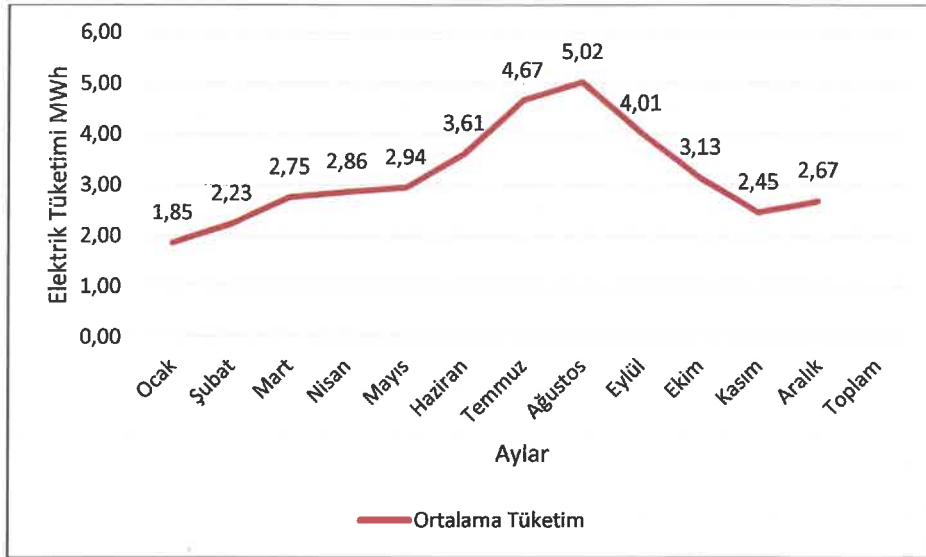


Şekil 4.13. 2015 yılı hastane aylık toplam elektrik tüketimleri

Çizelge 4.14 ve Şekil 4.14’de hastane bölümüne ait tüm baraların toplamı ve 2015 yılında yıllık tüketilen elektrik enerji miktarı görülmektedir. Günlük ve aylık elektrik enerji tüketimleri eğrisinde hastane geneli için minimum tüketilen toplam aylık elektrik enerji miktarı 1.334.116 kWh, ortalama günlük kullanım açısından değerlendirme yapıldığında en düşük değer 1,85 MWh olduğu görülmektedir. Kullanılan maksimum enerji miktarının aylık 3.361.431 kWh, günlük ortalama değer ise 5,02 MWh olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.14. 2015 yılı hastane ortalama toplam elektrik tüketimleri

| 2015 Hastane | Tüketim (kWh/Ay) | Ortalama Tüketim (MWh) |
|--------------|------------------|------------------------|
| Ocak         | 1.334.116        | 1,85                   |
| Şubat        | 1.602.704        | 2,23                   |
| Mart         | 1.979.866        | 2,75                   |
| Nisan        | 2.055.740        | 2,86                   |
| Mayıs        | 2.115.877        | 2,94                   |
| Haziran      | 2.597.043        | 3,61                   |
| Temmuz       | 3.361.431        | 4,67                   |
| Ağustos      | 3.615.633        | 5,02                   |
| Eylül        | 2.889.060        | 4,01                   |
| Ekim         | 2.254.518        | 3,13                   |
| Kasım        | 1.763.543        | 2,45                   |
| Aralık       | 1.922.549        | 2,67                   |
| Toplam       | 27.492.082       |                        |



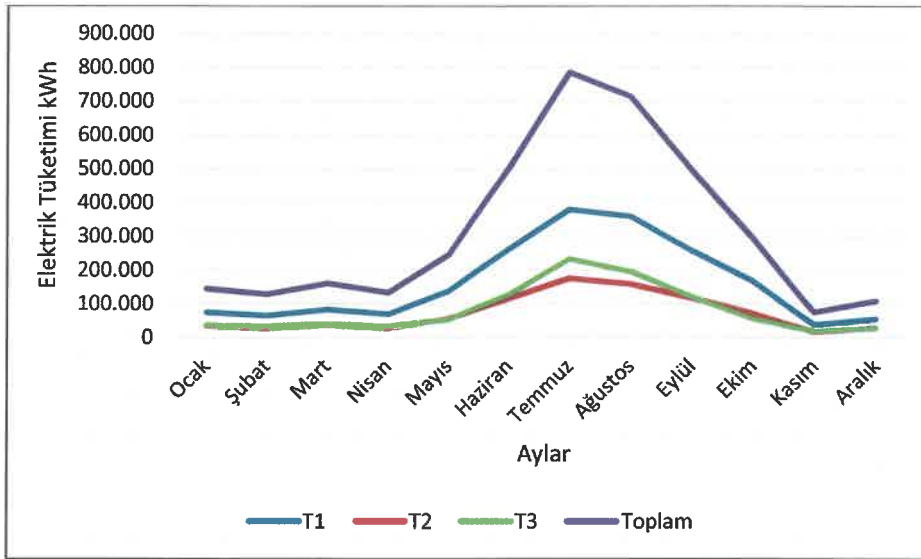
**Şekil 4.14.** 2015 yılı hastane ortalama toplam elektrik tüketimleri

#### 4.1.5. 2015 yılı eğitim bölümü elektrik enerjisi tüketimi

Çizelge 4.15 ve Şekil 4.15’de eğitim bölümü 145 nolu baradan alınan 2015 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Burada T1 zamanına ait kısımda en yüksek elektrik tüketiminin olduğu saptanmıştır. Ancak bu şekilde görüleceği üzere Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına denk gelen yoğun yaz ayları dışında akşam ve gece elektrik tüketimlerinin birbirine çok yakın olduğu, yaz aylarında ise gece kullanımının arttığı görülmektedir. En yüksek enerji kullanımının 786.763 kWh olmak üzere Temmuz ayında, en düşük enerji kullanımının ise 17.338 kWh tüketimle Kasım ayında olduğu görülmektedir. Bu barada toplamda 3.788.480 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

**Çizelge 4.15.** 2015 yılı 145 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri

| 2015 Eğitim Bölümü 145 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak                   | 73.748    | 34.644    | 35.349    | 143.741       |
| Şubat                  | 63.920    | 29.484    | 34.121    | 127.525       |
| Mart                   | 81.749    | 38.014    | 39.451    | 159.214       |
| Nisan                  | 67.977    | 29.579    | 34.222    | 131.777       |
| Mayıs                  | 138.014   | 54.640    | 52.687    | 245.341       |
| Haziran                | 261.185   | 114.414   | 126.422   | 502.022       |
| Temmuz                 | 379.348   | 174.453   | 232.961   | 786.763       |
| Ağustos                | 359.510   | 158.873   | 195.892   | 714.275       |
| Eylül                  | 258.659   | 117.766   | 121.514   | 497.939       |
| Ekim                   | 168.286   | 71.971    | 56.946    | 297.203       |
| Kasım                  | 37.920    | 17.338    | 19.083    | 74.340        |
| Aralık                 | 54.867    | 27.027    | 26.447    | 108.341       |
| Toplam                 |           |           |           | 3.788.480     |

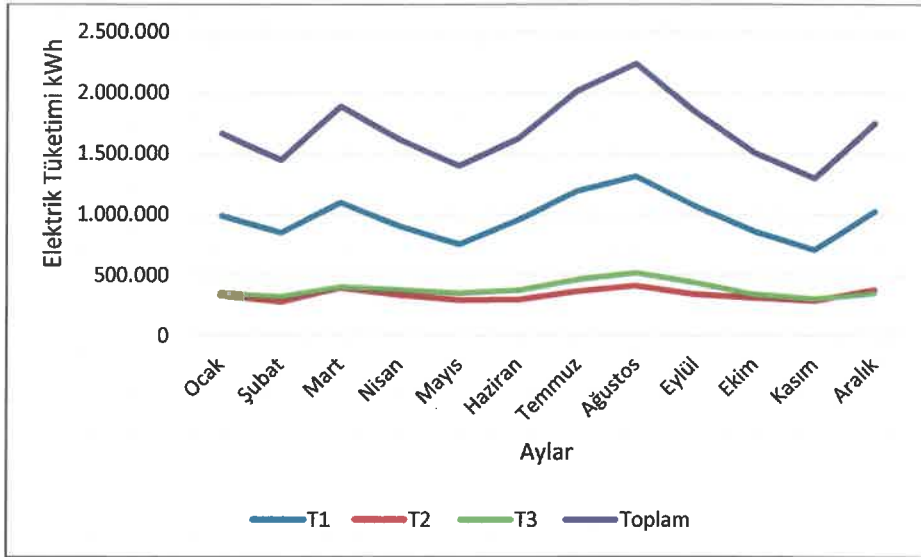


**Şekil 4.15.** 2015 yılı 145 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.16 ve Şekil 4.16’da eğitim bölümü 4800 nolu baradan alınan 2015 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Burada T1 zamanına ait kısımda en yüksek elektrik tüketiminin olduğu saptanmıştır. Daha sonra ise gece kullanımının bu bölümde yüksek olduğu ve akşam vaktinde en düşük enerji tüketimi olduğu görülmektedir. En yüksek enerji kullanımının 1.312.578 kWh olmak üzere Ağustos, en düşük enerji kullanımının ise 277.569 kWh tüketimle Şubat ayında olduğu belirlenmiştir. Bu barada toplamda 20.288.331 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

**Çizelge 4.16.** 2015 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri

| 2015 Eğitim Bölümü 4800 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak                    | 985.986   | 332.739   | 346.518   | 1.665.243     |
| Şubat                   | 847.665   | 277.569   | 319.167   | 1.444.401     |
| Mart                    | 1.094.967 | 392.427   | 399.582   | 1.886.976     |
| Nisan                   | 900.828   | 335.268   | 377.496   | 1.613.592     |
| Mayıs                   | 752.832   | 293.643   | 352.521   | 1.398.996     |
| Haziran                 | 956.628   | 295.722   | 374.949   | 1.627.299     |
| Temmuz                  | 1.190.565 | 364.617   | 462.672   | 2.017.854     |
| Ağustos                 | 1.312.578 | 413.118   | 515.286   | 2.240.982     |
| Eylül                   | 1.067.193 | 340.650   | 435.915   | 1.843.758     |
| Ekim                    | 856.980   | 310.563   | 339.768   | 1.507.311     |
| Kasım                   | 706.869   | 288.567   | 300.033   | 1.295.469     |
| Aralık                  | 1.020.654 | 375.885   | 349.911   | 1.746.450     |
| Toplam                  |           |           |           | 20.288.331    |

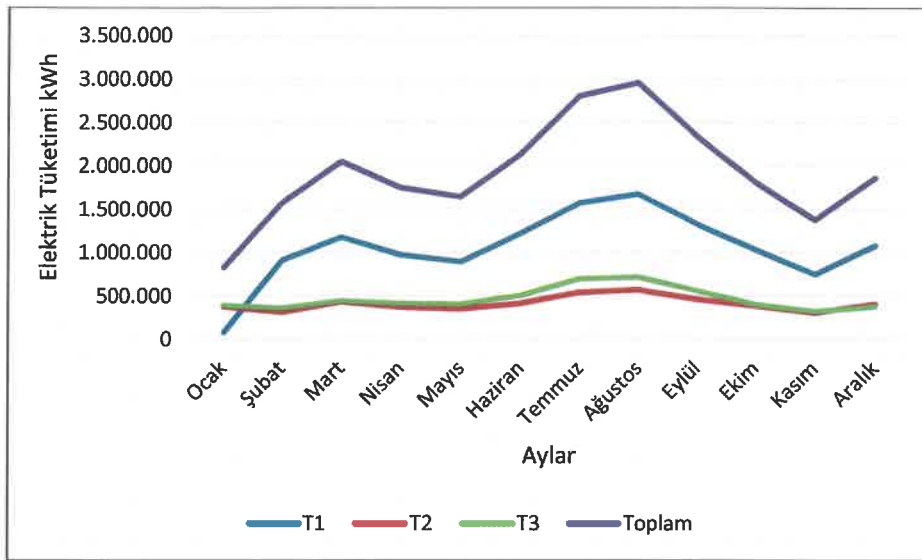


**Şekil 4.16.** 2015 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.17 ve Şekil 4.17’de Eğitim bölümüne ait iki baranın birleştirilmesi neticesinde elde edilen 2014 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Eğitim bölümü açısından gündüz kullanılan enerjinin 2.955.257 kWh ile en yüksek Ağustos ayında olduğu, en düşük kullanımın ise gece vaktinde 1.571.926 kWh ile Aralık ayında olduğu görülmektedir. Bu çizelgede enerji tüketiminin %40 oranında gündüz, %35 oranında akşam, %25 oranında ise gece kullanımın olduğu belirlenmiştir. 2014 yılına ait Eğitim Öğretim Blokları tarafında tüketilen elektrik enerjisi miktarı 23.090.826 kWh/yıl olmuştur.

**Çizelge 4.17.** 2015 yılı eğitim bölümü aylık toplam elektrik tüketimleri

| 2015 Eğitim Bölümü | T1        | T2      | T3      | Toplam     |
|--------------------|-----------|---------|---------|------------|
| Ocak               | 73.749    | 367.383 | 381.867 | 822.999    |
| Şubat              | 911.585   | 307.053 | 353.288 | 1.571.926  |
| Mart               | 1.176.716 | 430.441 | 439.033 | 2.046.190  |
| Nisan              | 968.805   | 364.847 | 411.718 | 1.745.369  |
| Mayıs              | 890.846   | 348.283 | 405.208 | 1.644.337  |
| Haziran            | 1.217.813 | 410.136 | 501.371 | 2.129.321  |
| Temmuz             | 1.569.913 | 539.070 | 695.633 | 2.804.617  |
| Ağustos            | 1.672.088 | 571.991 | 711.178 | 2.955.257  |
| Eylül              | 1.325.852 | 458.416 | 557.429 | 2.341.697  |
| Ekim               | 1.025.266 | 382.534 | 396.714 | 1.804.514  |
| Kasım              | 744.789   | 305.905 | 319.116 | 1.369.809  |
| Aralık             | 1.075.521 | 402.912 | 376.358 | 1.854.791  |
| Toplam             |           |         |         | 23.090.826 |

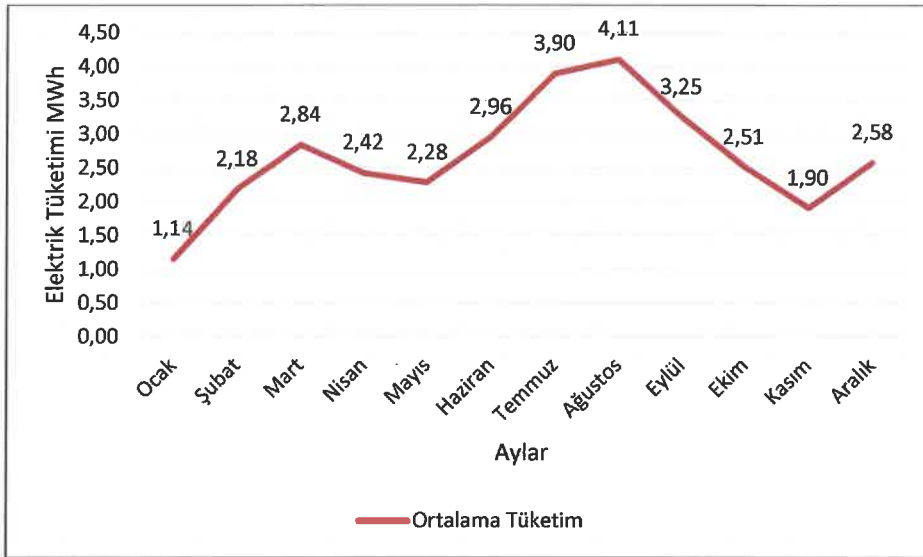


**Şekil 4.17.** 2015 yılı eğitim bölümü aylık toplam elektrik tüketimleri

Çizelge 4.18 ve Şekil 4.18’de eğitim bölümüne ait tüm baraların toplamı ve 2015 yılında tüketilen elektrik enerji miktarı görülmektedir. Günlük ortalamanın alındığı ve aylık elektrik enerji tüketimleri eğrisinde Eğitim bölümü için minimum tüketilen toplam aylık elektrik enerji miktarı 1.324.771 kWh, ortalama günlük kullanım açısından değerlendirme yapıldığında en düşük değer 1,84 MWh olduğu saptanmıştır. Kullanılan maksimum enerji miktarının aylık 2.868.785 kWh olduğu, günlük ortalama değerin ise 3,98 MWh olduğu şekilde ve çizelgede görülmektedir.

**Çizelge 4.18.** 2015 yılı eğitim bölümü ortalama toplam elektrik tüketimleri

| 2015 Eğitim Bölümü | Tüketim (kWh/Ay) | Ortalama Tüketim (MWh) |
|--------------------|------------------|------------------------|
| Ocak               | 822.999          | 1,14                   |
| Şubat              | 1.571.926        | 2,18                   |
| Mart               | 2.046.190        | 2,84                   |
| Nisan              | 1.745.369        | 2,42                   |
| Mayıs              | 1.644.337        | 2,28                   |
| Haziran            | 2.129.321        | 2,96                   |
| Temmuz             | 2.804.617        | 3,90                   |
| Ağustos            | 2.955.257        | 4,11                   |
| Eylül              | 2.341.697        | 3,25                   |
| Ekim               | 1.804.514        | 2,51                   |
| Kasım              | 1.369.809        | 1,90                   |
| Aralık             | 1.854.791        | 2,58                   |
| Toplam             | 23.090.826       |                        |



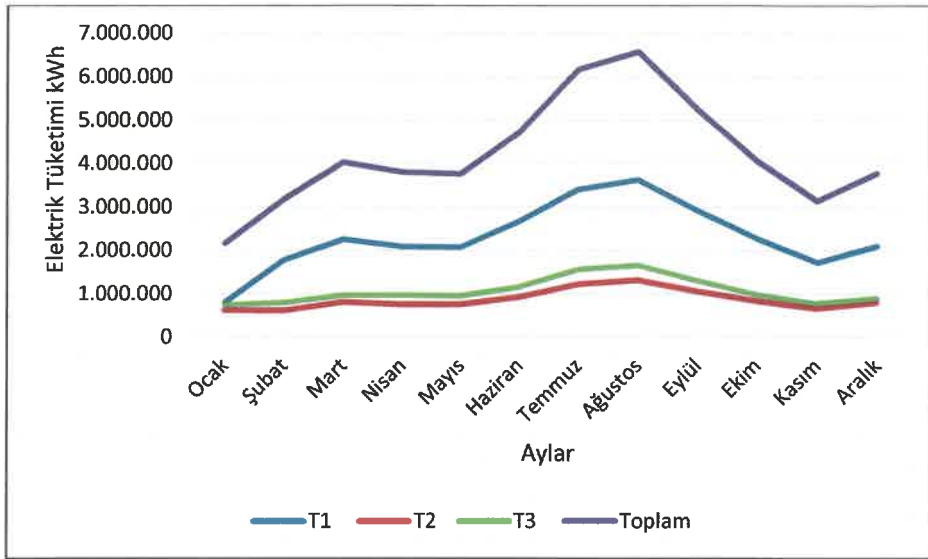
**Şekil 4.18.** 2015 yılı eğitim bölümü ortalama toplam elektrik tüketimleri

#### 4.1.6. 2015 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüs toplam elektrik tüketimi

Çizelge 4.19 ve Şekil 4.19 de tüm kampüse ait 2015 yılı elektrik tüketim verileri yer almaktadır. Çizelgedeki değerlerden ve grafiğin eğiminden görülebileceği gibi yaz ayları dönemlerindeki altı aylık periyotta elektrik tüketiminde yoğunluk olmaktadır. En çok kullanılan enerji kampüsün en yoğun olduğu gündüz vaktinde olduğu saptanmıştır. Kullanılan en yüksek enerji miktarının 3.622.243 kWh ile Ağustos, endüyük kullanımın ise akşam vaktinde 607.944 kWh ile Şubat ayında olduğu görülmektedir. Bu Çizelgede enerji tüketiminin %41 oranında gündüz, %33 oranında akşam, %26 oranında ise gece kullanımın olduğu görülmektedir. 2015 yılına ait kampüs genelinde tüketilen elektrik enerjisi miktarı toplamda 50.582.908 kWh/yıl olmuştur.

**Çizelge 4.19.** 2015 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri

| 2015 Kampüs Toplam | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak               | 801.559   | 619.635   | 735.921   | 2.157.115     |
| Şubat              | 1.775.995 | 607.944   | 790.691   | 3.174.630     |
| Mart               | 2.255.644 | 805.285   | 965.127   | 4.026.056     |
| Nisan              | 2.084.434 | 754.832   | 961.843   | 3.801.110     |
| Mayıs              | 2.067.255 | 751.181   | 941.779   | 3.760.214     |
| Haziran            | 2.663.676 | 913.837   | 1.148.850 | 4.726.364     |
| Temmuz             | 3.396.825 | 1.214.478 | 1.554.746 | 6.166.048     |
| Ağustos            | 3.622.243 | 1.305.132 | 1.643.515 | 6.570.890     |
| Eylül              | 2.902.752 | 1.040.382 | 1.287.625 | 5.230.758     |
| Ekim               | 2.263.162 | 823.903   | 971.967   | 4.059.032     |
| Kasım              | 1.711.234 | 649.869   | 772.250   | 3.133.352     |
| Aralık             | 2.094.158 | 790.775   | 892.407   | 3.777.340     |
| Toplam             |           |           |           | 50.582.908    |

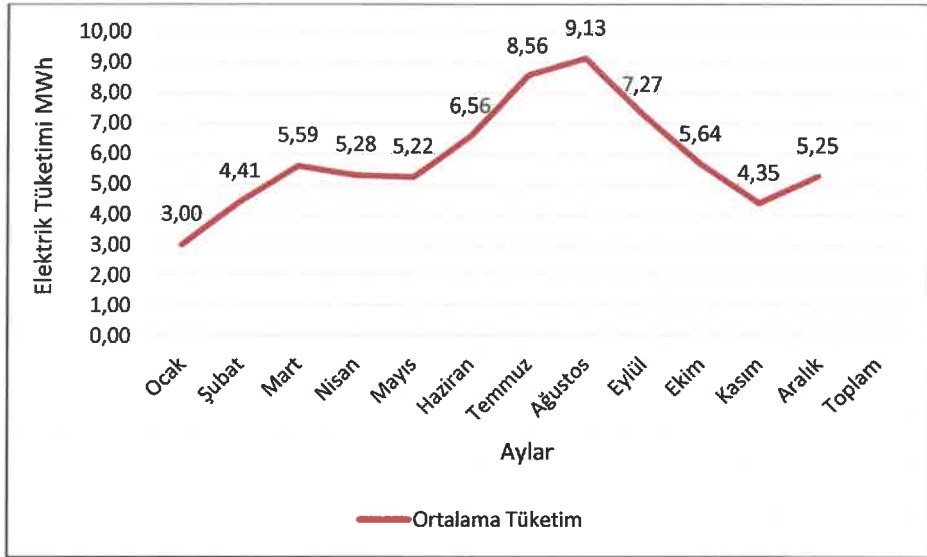


**Şekil 4.19.** 2015 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.20 ve Şekil 4.20’de tüm kampüste 2015 yılında tüketilen elektrik enerjisi miktarı görülmektedir. Günlük ve aylık elektrik enerjisi tüketimleri eğrisinde kampüs geneli için minimum tüketilen toplam aylık elektrik enerji miktarı 2.157.115 kWh, ortalama günlük kullanım açısından değerlendirme yapıldığında en düşük değerin 3,00 MWh olduğu görülmektedir. Kullanılan maksimum enerji miktarının aylık 6.570.890 kWh, günlük ortalama değerin ise 9,13 MWh olduğu saptanmıştır.

**Çizelge 4.20.** 2015 Yılı Akdeniz Üniversitesi Kampüsü toplam ortalama Elektrik Tüketimi

| 2015 Toplam | Kampüs  | Tüketim (kWh/Ay) | Ortalama Tüketim (MWh) |
|-------------|---------|------------------|------------------------|
|             | Ocak    | 2.157.115        | 3,00                   |
|             | Şubat   | 3.174.630        | 4,41                   |
|             | Mart    | 4.026.056        | 5,59                   |
|             | Nisan   | 3.801.110        | 5,28                   |
|             | Mayıs   | 3.760.214        | 5,22                   |
|             | Haziran | 4.726.364        | 6,56                   |
|             | Temmuz  | 6.166.048        | 8,56                   |
|             | Ağustos | 6.570.890        | 9,13                   |
|             | Eylül   | 5.230.758        | 7,27                   |
|             | Ekim    | 4.059.032        | 5,64                   |
|             | Kasım   | 3.133.352        | 4,35                   |
|             | Aralık  | 3.777.340        | 5,25                   |
|             | Toplam  | 50.582.908       |                        |



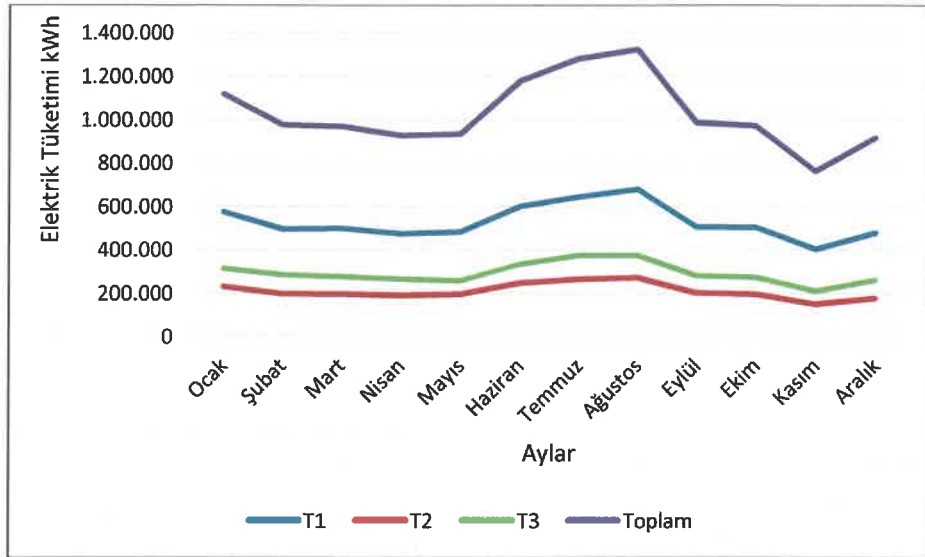
**Şekil 4.20.** 2015 Yılı Akdeniz Üniversitesi kampüsü toplam ortalama elektrik tüketimi

#### 4.1.7. 2016 yılı hastane bölümü elektrik enerjisi tüketimi

Çizelge 4.21 ve Şekil 4.21’de hastane bölümü 1440 nolu baradan alınan 2016 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Burada T1 zamanına ait kısımda en yüksek, ikinci sırada gece çok olduğu ve akşam vaktinde en düşük enerji tüketimi olduğu görülmektedir. En yüksek enerji kullanımının 680.154 kWh olmak üzere Ağustos, en düşük enerji kullanımının ise 150.400 kWh tüketimle Kasım ayında olduğu görülmektedir. Bu barada toplamda 12.344.126 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

**Çizelge 4.21.** 2016 yılı 1440 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri

| 2016 Hastane 1440 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak              | 574.976   | 231.179   | 312.512   | 1.118.666     |
| Şubat             | 494.569   | 197.348   | 283.380   | 975.297       |
| Mart              | 497.851   | 194.916   | 275.247   | 968.014       |
| Nisan             | 473.640   | 188.717   | 263.208   | 925.565       |
| Mayıs             | 481.440   | 194.783   | 256.908   | 933.131       |
| Haziran           | 599.061   | 244.440   | 333.213   | 1.176.714     |
| Temmuz            | 644.118   | 263.428   | 374.189   | 1.281.735     |
| Ağustos           | 680.154   | 270.031   | 374.434   | 1.324.619     |
| Eylül             | 505.210   | 201.272   | 280.722   | 987.204       |
| Ekim              | 504.158   | 195.483   | 273.584   | 973.224       |
| Kasım             | 403.043   | 150.400   | 209.903   | 763.346       |
| Aralık            | 478.888   | 177.534   | 260.190   | 916.612       |
| Toplam            |           |           |           | 12.344.126    |

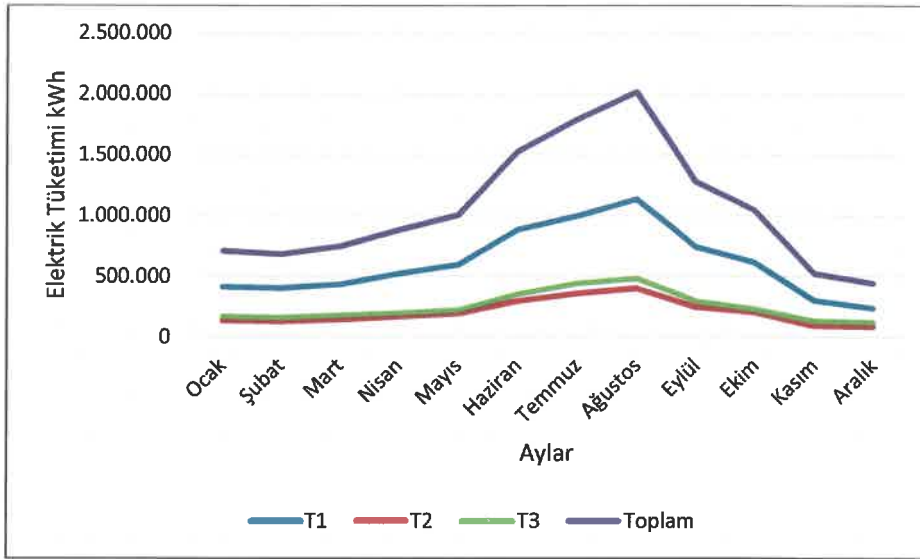


**Şekil 4.21.** 2016 yılı 1440 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.22 ve Şekil 4.22’de hastane bölümü 4290 nolu baradan alınan 2016 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Burada T1 zamanına ait kısımda en yüksek elektrik tüketiminin olduğu saptanmıştır. Gece kullanımının bu bölümde çok olduğu ve akşam vaktinde en düşük enerji tüketimi olduğu görülmektedir. En yüksek enerji kullanımının 1.134.879 kWh olmak üzere Ağustos, en düşük enerji kullanımının ise 85.636 kWh tüketimle Aralık ayında olduğu çizelgede görülmektedir. Bu barada toplamda 12.628.904 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

**Çizelge 4.22.** 2016 yılı 4290 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri

| 2016 Hastane<br>4290 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam<br>kWh/ay |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| Ocak                 | 410.149   | 131.166   | 164.250   | 705.565          |
| Şubat                | 399.310   | 124.948   | 153.534   | 677.792          |
| Mart                 | 431.062   | 139.000   | 173.786   | 743.847          |
| Nisan                | 519.126   | 164.147   | 193.470   | 876.743          |
| Mayıs                | 593.762   | 190.096   | 218.342   | 1.002.201        |
| Haziran              | 882.687   | 294.150   | 350.595   | 1.527.432        |
| Temmuz               | 995.302   | 356.435   | 440.861   | 1.792.599        |
| Ağustos              | 1.134.879 | 400.378   | 481.619   | 2.016.876        |
| Eylül                | 740.058   | 246.314   | 294.282   | 1.280.655        |
| Ekim                 | 612.256   | 201.465   | 227.972   | 1.041.692        |
| Kasım                | 301.852   | 92.771    | 129.635   | 524.258          |
| Aralık               | 235.258   | 85.636    | 118.352   | 439.245          |
| Toplam               |           |           |           | 12.628.904       |

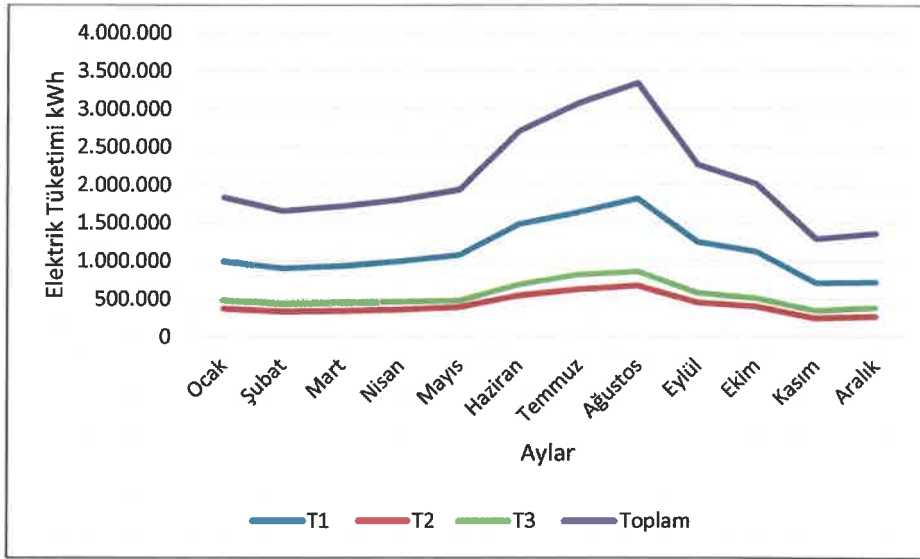


**Şekil 4.22.** 2016 yılı 4290 nolu bara hastane aylık elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.23 ve Şekil 4.23’de hastane bölümüne ait iki baranın birleştirilmesi neticesinde elde edilen 2016 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Hastane kullanımı açısından gündüz kullanılan enerjinin 1.815.033 kWh ile en yüksek Ağustos, en düşük kullanımın ise akşam vaktinde 243.171 kWh ile Kasım ayında olduğu görülmektedir. Bu çizelgede enerji tüketiminin %41 oranında gündüz, %33 oranında akşam, %27 oranında ise gece kullanımın olduğu saptanmıştır. 2016 yılına ait hastanede tüketilen elektrik enerjisi miktarı 24.973.030 kWh/yıl olmuştur.

**Çizelge 4.23.** 2016 yılı hastane aylık toplam elektrik tüketimleri

| 2016 Hastane Toplam | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak                | 985.125   | 362.345   | 476.762   | 1.824.231     |
| Şubat               | 893.879   | 322.295   | 436.914   | 1.653.089     |
| Mart                | 928.913   | 333.916   | 449.033   | 1.711.861     |
| Nisan               | 992.767   | 352.863   | 456.678   | 1.802.307     |
| Mayıs               | 1.075.202 | 384.880   | 475.250   | 1.935.332     |
| Haziran             | 1.481.747 | 538.590   | 683.808   | 2.704.146     |
| Temmuz              | 1.639.421 | 619.863   | 815.050   | 3.074.334     |
| Ağustos             | 1.815.033 | 670.408   | 856.053   | 3.341.495     |
| Eylül               | 1.245.267 | 447.587   | 575.004   | 2.267.858     |
| Ekim                | 1.116.414 | 396.947   | 501.556   | 2.014.916     |
| Kasım               | 704.894   | 243.171   | 339.539   | 1.287.603     |
| Aralık              | 714.146   | 263.170   | 378.542   | 1.355.858     |
| Toplam              |           |           |           | 24.973.030    |

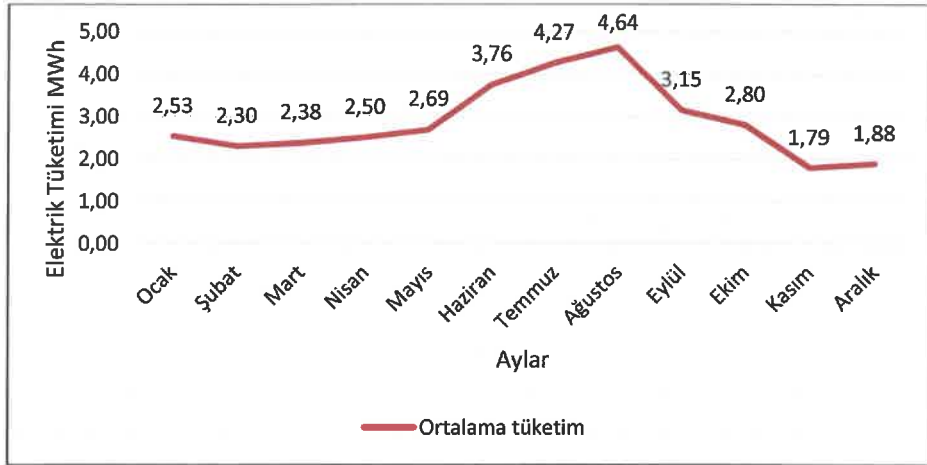


**Şekil 4.23.** 2016 yılı hastane aylık toplam elektrik tüketimleri

Çizelge 4.24 ve Şekil 4.24'te hastane bölümüne ait tüm baraların toplamı olan 2016 yılında yıllık tüketilen elektrik enerji miktarı görülmektedir. Günlük ve aylık elektrik enerji tüketimleri eğrisinde toplam hastane geneli için minimum tüketilen aylık elektrik enerji miktarı 1.287.603 kWh, ortalama günlük kullanım açısından değerlendirme yapıldığında en düşük değer 1,78 MWh olduğu hesaplanmıştır. Kullanılan maksimum enerji miktarının aylık 3.341.495 kWh, günlük ortalama değer ise 4,64 MWh olduğu saptanmıştır.

**Çizelge 4.24.** 2016 yılı hastane ortalama toplam elektrik tüketimleri

| 2016 Hastane | Tüketim (kWh/ay) | Ortalama tüketim (MWh) |
|--------------|------------------|------------------------|
| Toplam       |                  |                        |
| Ocak         | 1.824.231        | 2,53                   |
| Şubat        | 1.653.089        | 2,30                   |
| Mart         | 1.711.861        | 2,38                   |
| Nisan        | 1.802.307        | 2,50                   |
| Mayıs        | 1.935.332        | 2,69                   |
| Haziran      | 2.704.146        | 3,76                   |
| Temmuz       | 3.074.334        | 4,27                   |
| Ağustos      | 3.341.495        | 4,64                   |
| Eylül        | 2.267.858        | 3,15                   |
| Ekim         | 2.014.916        | 2,80                   |
| Kasım        | 1.287.603        | 1,79                   |
| Aralık       | 1.355.858        | 1,88                   |
| Toplam       | 24.973.030       |                        |



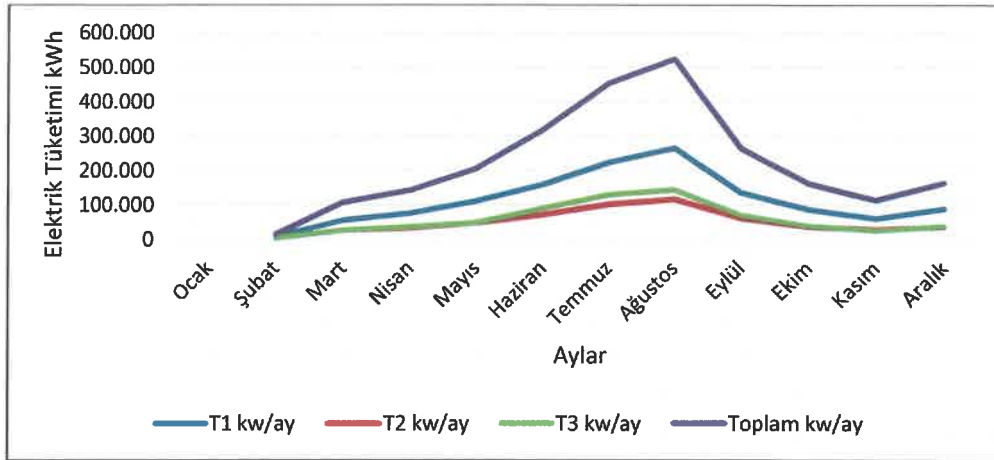
**Şekil 4.24.** 2016 yılı hastane ortalama toplam elektrik tüketimleri

#### 4.1.8. 2016 yılı eğitim bölümü elektrik enerjisi tüketimi

Çizelge 4.25 ve Şekil 4.25' te eğitim bölümü 145 nolu baradan alınan 2016 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. T1 zamanına ait kısımda en yüksek elektrik tüketiminin olduğu saptanmıştır. Ancak şekildende görüleceği üzere Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarına denk gelen yoğun yaz ayları dışında akşam ve gece elektrik tüketimlerinin birbirine çok yakın olduğu, yaz aylarında ise gece kullanımının arttığı görülmektedir. En yüksek enerji kullanımının 522.365 kWh ile Ağustos, en düşük enerji kullanımının ise 25.603 kWh tüketimle Kasım ayında olduğu görülmektedir. Bu barada toplamda 2.461.334 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur. Ölçümler esnasında oluşan teknik bir arızadan dolayı Ocak ve Şubat ayı verileri tam olarak alınamamıştır. Bu sebepten dolayı grafik Şubat ayı itibari ile çizilebilmiştir.

**Çizelge 4.25.** 2016 yılı 145 nolu bara eğitimaylık elektrik tüketim değerleri

| 2016 Eğitim Bölümü<br>1450 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam<br>kWh/ay |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| Ocak                       |           |           |           |                  |
| Şubat                      | 7.132     | 3.887     | 3.490     | 14.509           |
| Mart                       | 55.226    | 25.925    | 26.126    | 107.276          |
| Nisan                      | 74.409    | 33.321    | 34.411    | 142.141          |
| Mayıs                      | 110.571   | 47.389    | 47.225    | 205.185          |
| Haziran                    | 157.979   | 70.812    | 87.904    | 316.695          |
| Temmuz                     | 222.434   | 101.027   | 128.363   | 451.823          |
| Ağustos                    | 264.172   | 115.126   | 143.067   | 522.365          |
| Eylül                      | 134.732   | 59.233    | 68.815    | 262.779          |
| Ekim                       | 86.549    | 36.320    | 38.147    | 161.015          |
| Kasım                      | 60.827    | 27.197    | 25.603    | 113.627          |
| Aralık                     | 89.038    | 37.057    | 37.825    | 163.920          |
| Toplam                     |           |           |           | 2.461.334        |

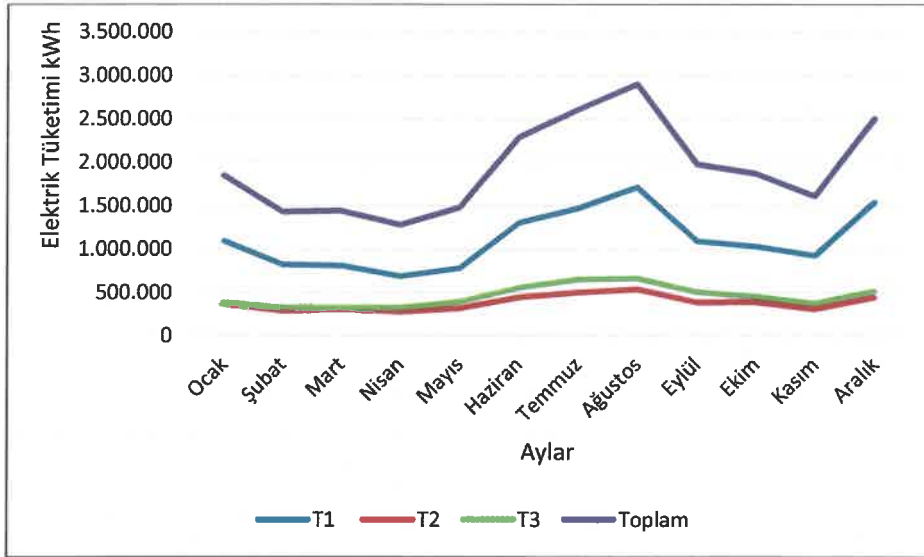


**Şekil 4.25.** 2016 yılı 145 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.26 ve Şekil 4.26’da eğitim bölümü 4800 nolu baradan alınan 2016 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. T1 zamanına ait kısımda en yüksek elektrik tüketiminin olduğu saptanmıştır. Gece kullanımının bu bölümde çok olduğu ve akşam vaktinde en düşük enerji tüketimi olduğu görülmektedir. En yüksek enerji kullanımının 1.708.848 kWh olmak üzere Ağustos, en düşük enerji kullanımının ise 285.822 kWh tüketimle Şubat ayında olduğu görülmektedir. Bu barada toplamda 23.233.518 kWh/yıl enerji tüketimi olmuştur.

**Çizelge 4.26.** 2016 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri

| 2016 Eğitim Bölümü 4800 | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak                    | 1.095.507 | 369.441   | 385.209   | 1.850.157     |
| Şubat                   | 821.547   | 285.822   | 324.774   | 1.432.143     |
| Mart                    | 805.995   | 311.175   | 322.740   | 1.439.910     |
| Nisan                   | 683.127   | 273.231   | 323.136   | 1.279.494     |
| Mayıs                   | 774.072   | 316.035   | 386.190   | 1.476.297     |
| Haziran                 | 1.298.691 | 437.886   | 550.845   | 2.287.422     |
| Temmuz                  | 1.466.235 | 496.386   | 643.041   | 2.605.662     |
| Ağustos                 | 1.708.848 | 532.746   | 657.954   | 2.899.548     |
| Eylül                   | 1.091.592 | 381.384   | 503.496   | 1.976.472     |
| Ekim                    | 1.030.383 | 387.270   | 450.882   | 1.868.535     |
| Kasım                   | 926.784   | 309.843   | 374.157   | 1.610.784     |
| Aralık                  | 1.544.913 | 443.412   | 518.769   | 2.507.094     |
| Toplam                  |           |           |           | 23.233.518    |

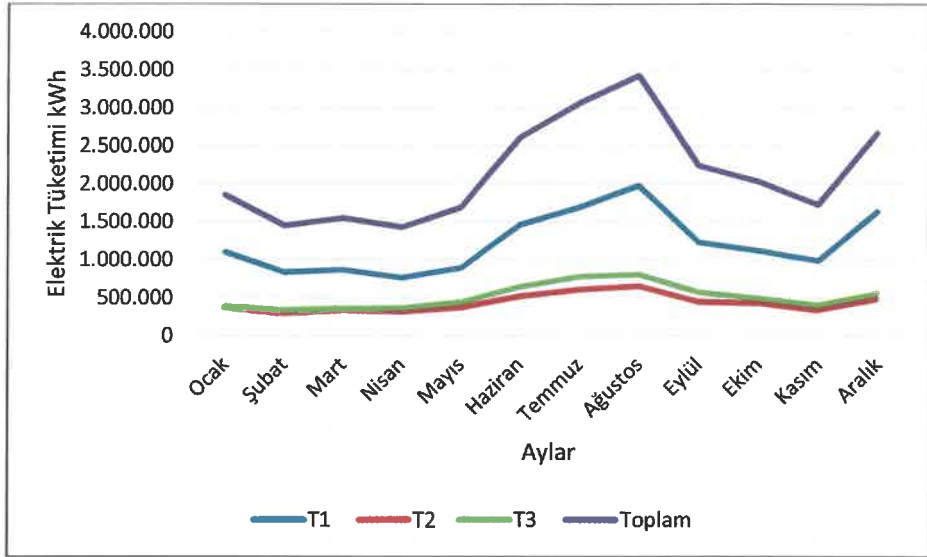


**Şekil 4.26.** 2016 yılı 4800 nolu bara eğitim bölümü aylık elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.27 ve Şekil 4.27’de eğitim bölümüne ait iki baranın birleştirilmesi neticesinde elde edilen 2014 yılına ait elektrik sayaç verileri görülmektedir. Eğitim bölümü kullanımı açısından gündüz kullanılan enerjinin 3.421.913 kWh ile en yüksek Ağustos, endüyük kullanımı ise gece vaktinde 1.421.635 kW ile Nisan ayında olduğu görülmektedir. Bu çizelgede enerji tüketiminin %43 oranında gündüz, %33 oranında akşam, %24 oranında ise gece kullanımının olduğu görülmektedir. 2016 yılına ait Eğitim bölümlerinde tüketilen elektrik enerjisi miktarı 25.694.852 kWh/yıl olmuştur.

**Çizelge 4.27.** 2016 yılı eğitim bölümü aylık toplam elektrik tüketimleri

| 2016 Eğitim Bölümü toplam | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak                      | 1.095.507 | 369.441   | 385.209   | 1.850.157     |
| Şubat                     | 828.679   | 289.709   | 328.264   | 1.446.652     |
| Mart                      | 861.221   | 337.100   | 348.866   | 1.547.186     |
| Nisan                     | 757.536   | 306.552   | 357.547   | 1.421.635     |
| Mayıs                     | 884.643   | 363.424   | 433.415   | 1.681.482     |
| Haziran                   | 1.456.670 | 508.698   | 638.749   | 2.604.117     |
| Temmuz                    | 1.688.669 | 597.413   | 771.404   | 3.057.485     |
| Ağustos                   | 1.973.020 | 647.872   | 801.021   | 3.421.913     |
| Eylül                     | 1.226.324 | 440.617   | 572.311   | 2.239.251     |
| Ekim                      | 1.116.932 | 423.590   | 489.029   | 2.029.550     |
| Kasım                     | 987.611   | 337.040   | 399.760   | 1.724.411     |
| Aralık                    | 1.633.951 | 480.469   | 556.594   | 2.671.014     |
| Toplam                    |           |           |           | 25.694.852    |

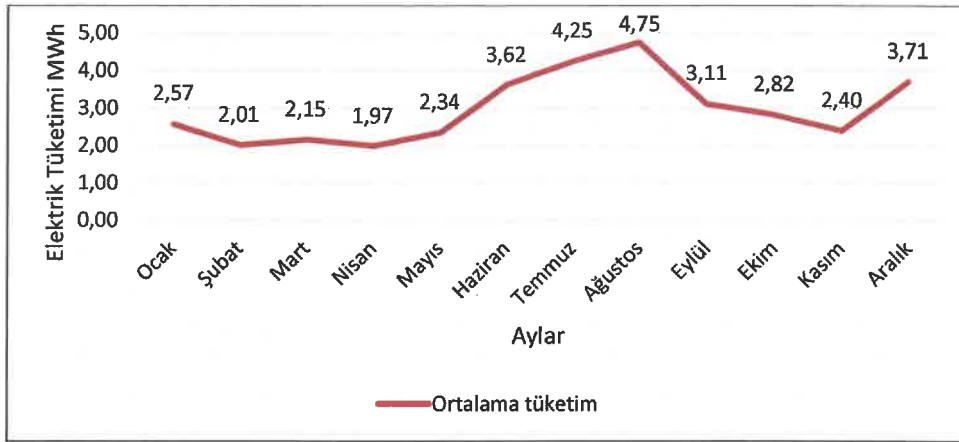


**Şekil 4.27.** 2016 yılı eğitim bölümü aylık toplam elektrik tüketimleri

Çizelge 4.28 ve Şekil 4.28’ de eğitim bölümüne ait tüm baraların toplamı ve 2016 yılında tüketilen elektrik enerji miktarı görülmektedir. Günlük ortalamanın alındığı ve aylık elektrik enerji tüketimleri eğrisinde Eğitim bölümü için minimum tüketilen toplam aylık elektrik enerjisi miktarı 1.446.652 kWh, ortalama günlük kullanım açısından değerlendirme yapıldığında en düşük değer 2,01 MWh olduğu görülmektedir. Kullanılan maksimum enerji miktarının aylık 3.421.913 kWh, günlük ortalama değerin ise 4,75 MWh olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.28.** 2016 yılı eğitim bölümü ortalama toplam elektrik tüketimleri

| 2016 Eğitim Bölümü toplam | Tüketim (kWh/ay) | Ortalama tüketim (MWh) |
|---------------------------|------------------|------------------------|
| Ocak                      | 1.850.157        | 2,57                   |
| Şubat                     | 1.446.652        | 2,01                   |
| Mart                      | 1.547.186        | 2,15                   |
| Nisan                     | 1.421.635        | 1,97                   |
| Mayıs                     | 1.681.482        | 2,34                   |
| Haziran                   | 2.604.117        | 3,62                   |
| Temmuz                    | 3.057.485        | 4,25                   |
| Ağustos                   | 3.421.913        | 4,75                   |
| Eylül                     | 2.239.251        | 3,11                   |
| Ekim                      | 2.029.550        | 2,82                   |
| Kasım                     | 1.724.411        | 2,40                   |
| Aralık                    | 2.671.014        | 3,71                   |
| Toplam                    | 25.694.852       |                        |



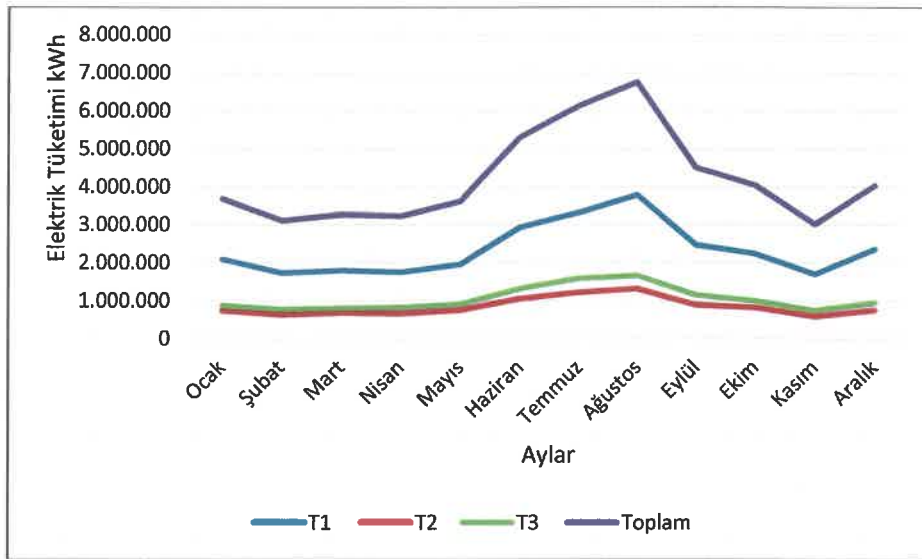
Şekil 4.28. 2016 yılı eğitim bölümü ortalama toplam elektrik tüketimleri

#### 4.1.9. 2016 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüs toplam elektrik tüketimi

Çizelge 4.29 ve Şekil 4.29’da tüm kampüse ait 2016 yılı elektrik tüketim verileri yer almaktadır. Çizelgedeki değerlerden ve grafiğin eğiminden görülebileceği gibi yaz ayları dönemlerindeki altı aylık dönemde elektrik tüketiminde yoğunluk olmaktadır. En çok kullanılan enerji kampüsün en yoğun olduğu gündüz vaktinde 3.788.053 kWh ile Ağustos, en düşük kullanımın ise akşam vaktinde 580.211 kWh ile Şubat ayında olduğu görülmektedir. Bu çizelgede enerji tüketiminin %42 oranında gündüz, %33 oranında akşam, %26 oranında ise gece kullanımının olduğu görülmektedir. 2016 yılına ait kampüs genelinde tüketilen elektrik enerjisi miktarı toplamda 50.667.882 kWh olmuştur.

Çizelge 4.29. 2016 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri

| 2015 Kampüs toplam | T1 kWh/ay | T2 kWh/ay | T3 kWh/ay | Toplam kWh/ay |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Ocak               | 2.080.632 | 731.786   | 861.971   | 3.674.388     |
| Şubat              | 1.722.557 | 612.005   | 765.179   | 3.099.740     |
| Mart               | 1.790.134 | 671.015   | 797.899   | 3.259.048     |
| Nisan              | 1.750.303 | 659.415   | 814.224   | 3.223.942     |
| Mayıs              | 1.959.845 | 748.303   | 908.665   | 3.616.813     |
| Haziran            | 2.938.417 | 1.047.288 | 1.322.557 | 5.308.263     |
| Temmuz             | 3.328.090 | 1.217.276 | 1.586.453 | 6.131.819     |
| Ağustos            | 3.788.053 | 1.318.280 | 1.657.074 | 6.763.407     |
| Eylül              | 2.471.591 | 888.203   | 1.147.315 | 4.507.110     |
| Ekim               | 2.233.346 | 820.537   | 990.584   | 4.044.467     |
| Kasım              | 1.692.505 | 580.211   | 739.299   | 3.012.014     |
| Aralık             | 2.348.097 | 743.639   | 935.136   | 4.026.871     |
| Toplam             |           |           |           | 50.667.882    |

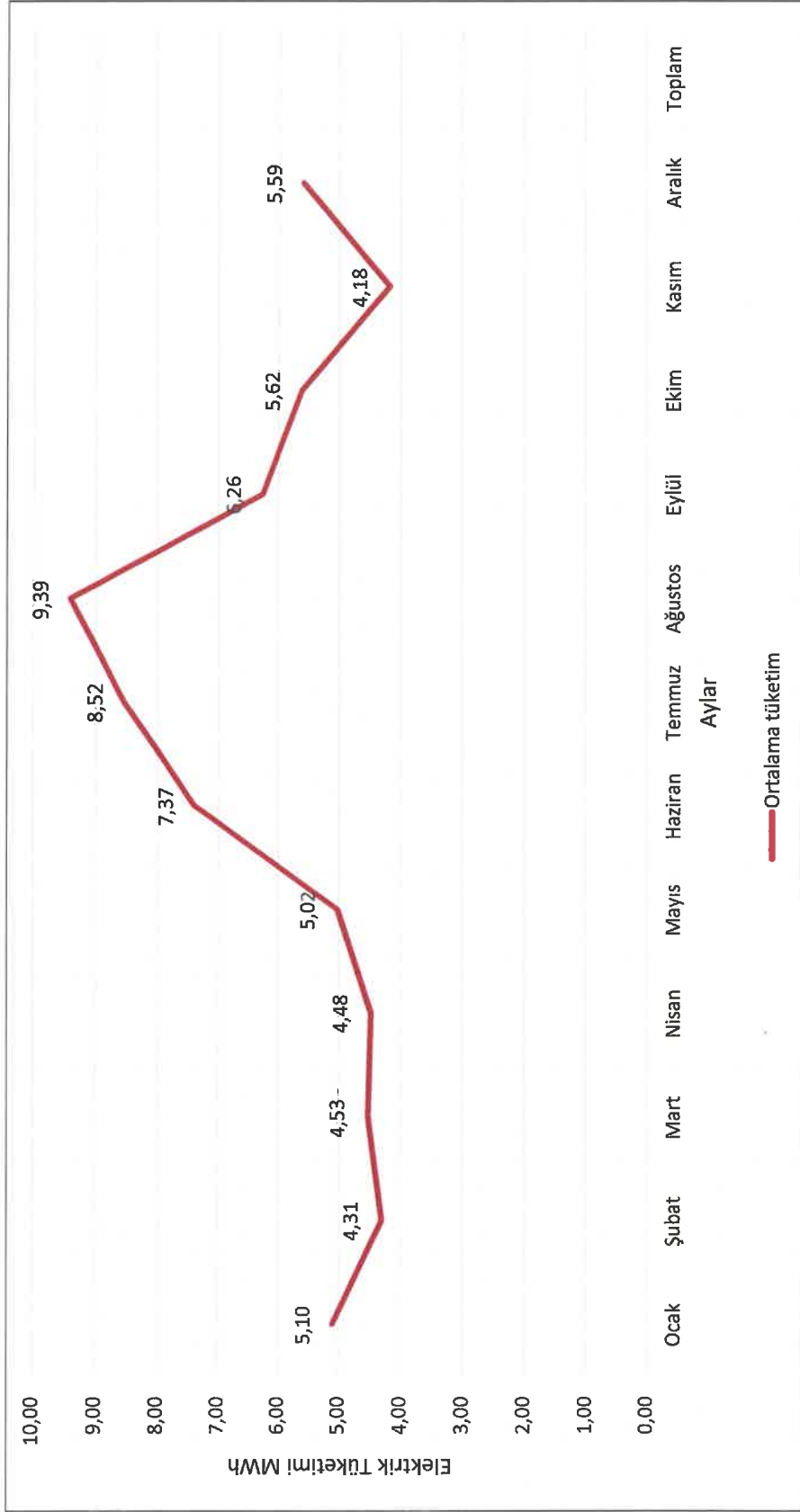


**Şekil 4.29.** 2016 yılı kampüs toplam elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.30 ve Şekil 4.30'da tüm kampüste 2016 yılında tüketilen elektrik enerjisi miktarı görülmektedir. Günlük ve aylık elektrik enerjisi tüketimleri eğrisinde kampüs geneli için minimum tüketilen toplam aylık elektrik enerji miktarı 3.012.014 kWh, ortalama günlük kullanım açısından değerlendirme yapıldığında en düşük değerin 4,18 MWh olduğu görülmektedir. Kullanılan maksimum enerji miktarının aylık 6.763.407 kWh, günlük ortalama değerin ise 9,39 MWh olduğu saptanmıştır.

**Çizelge 4.30.** 2016 yılı kampüs toplam ortalama elektrik tüketimi

| 2016 toplam | Kampüs | Tüketim (kWh/ay) | Ortalama tüketim (MWh) |
|-------------|--------|------------------|------------------------|
| Ocak        |        | 3.674.388        | 5,10                   |
| Şubat       |        | 3.099.740        | 4,31                   |
| Mart        |        | 3.259.048        | 4,53                   |
| Nisan       |        | 3.223.942        | 4,48                   |
| Mayıs       |        | 3.616.813        | 5,02                   |
| Haziran     |        | 5.308.263        | 7,37                   |
| Temmuz      |        | 6.131.819        | 8,52                   |
| Ağustos     |        | 6.763.407        | 9,39                   |
| Eylül       |        | 4.507.110        | 6,26                   |
| Ekim        |        | 4.044.467        | 5,62                   |
| Kasım       |        | 3.012.014        | 4,18                   |
| Aralık      |        | 4.026.871        | 5,59                   |
| Toplam      |        | 50.667.882       |                        |



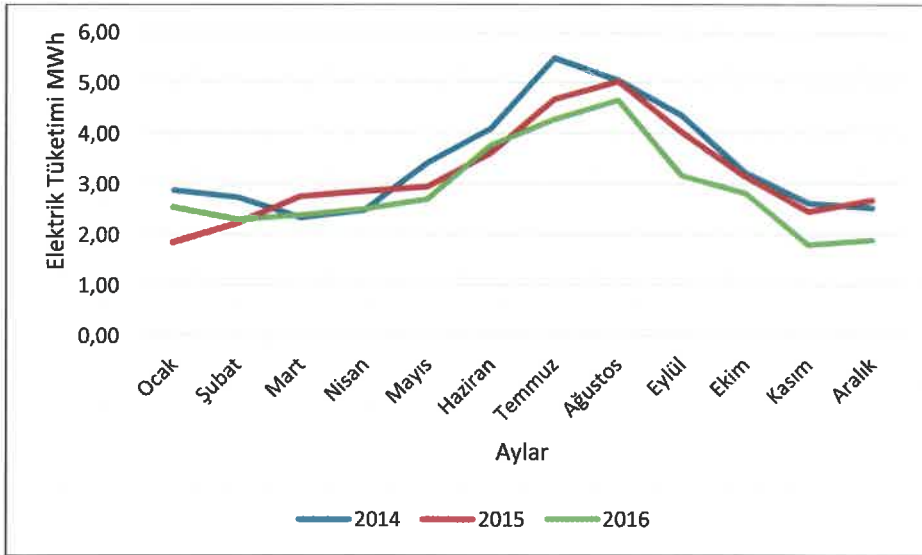
**Şekil 4.30.** 2016 yılı Akdeniz Üniversitesi kampüsü toplam ortalama elektrik tüketim

#### 4.2. 3 Yıllık Hastane Bölümü Elektrik Tüketim Verilerinin Değerlendirmesi

Çizelge 4.31’deki değerler incelendiğinde, 2015 yılına ait elektrik enerjisi tüketim miktarlarının 2014 yılı ile karşılaştırıldığında, en yoğun tüketimin olduğu dönemde enerji ihtiyacında %12 azalma olduğu gözlenmiştir. 2016 yılına ait elektrik enerjisi tüketim miktarlarının 2015 yılı ile karşılaştırıldığında ise yine en yoğun tüketimin olduğu dönemde enerji ihtiyacında %8 azalma olduğu saptanmıştır. Şekil 4.31’de görüldüğü gibi bu azalışın özellikle yaz aylarındaki soğutma enerjisi ihtiyacının mevsim sıcaklığına bağlı olarak değişmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte bu yıllarda hastane bölümünde enerji yükünü etkileyecek kayda değer yeni bir yapılaşma olmadığı bilinmektedir. Bu verilerden halihazır durumda elektrik enerjisi ile ilgili son yıllarda artış olmadığı saptanmıştır.

**Çizelge 4.31.** Hastane bölümü 3 yıllık ortalama saatlik elektrik tüketim değerleri

| Hastane ortalama tüketim | 2014 MWh/ay | 2015 MWh/ay | 2016 MWh/ay |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Ocak                     | 2,87        | 1,85        | 2,53        |
| Şubat                    | 2,73        | 2,23        | 2,30        |
| Mart                     | 2,33        | 2,75        | 2,38        |
| Nisan                    | 2,48        | 2,86        | 2,50        |
| Mayıs                    | 3,41        | 2,94        | 2,69        |
| Haziran                  | 4,09        | 3,61        | 3,76        |
| Temmuz                   | 5,48        | 4,67        | 4,27        |
| Ağustos                  | 5,04        | 5,02        | 4,64        |
| Eylül                    | 4,34        | 4,01        | 3,15        |
| Ekim                     | 3,20        | 3,13        | 2,80        |
| Kasım                    | 2,61        | 2,45        | 1,79        |
| Aralık                   | 2,52        | 2,67        | 1,88        |



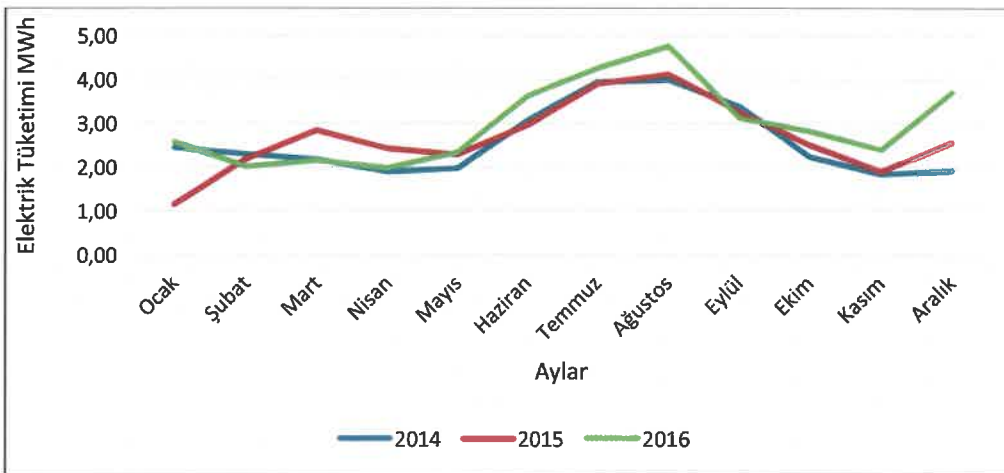
**Şekil 4.31.** Hastane bölümü 3 yıllık ortalama saatlik elektrik tüketim değerleri

#### 4.3. 3 Yıllık Eğitim Bölümü Elektrik Tüketim Verilerinin Değerlendirmesi

Çizelge 4.32'deki değerler incelendiğinde ve 2015 yılına ait elektrik enerjisi tüketim miktarlarının 2014 yılı tüketim miktarları ile karşılaştırıldığında, en yoğun tüketimin olduğu dönemde enerji ihtiyacında %3 artış olduğu gözlemlenmiştir. 2016 yılına ait elektrik enerjisi tüketim miktarlarının 2015 yılı tüketim miktarları ile karşılaştırıldığında ise yine en yoğun tüketimin olduğu dönemde enerji ihtiyacında %14 artış olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.32'de görüldüğü gibi bu artış özellikle yaz aylarındaki soğutma enerjisi ihtiyacının mevsim sıcaklığına bağlı olarak değişmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte bu yıllarda eğitim öğretim tarafında yapılan yeni fakülte binalarının da enerji yükünü etkileyecek düzeyde olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.32.** Eğitim bölümü 3 yıllık ortalama saatlik elektrik tüketim değerleri

| Eğitim bölümü ortalama tüketim | 2014 MWh/ay | 2015 MWh/ay | 2016 MWh/ay |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Ocak                           | 2,45        | 1,14        | 2,57        |
| Şubat                          | 2,30        | 2,18        | 2,01        |
| Mart                           | 2,17        | 2,84        | 2,15        |
| Nisan                          | 1,89        | 2,42        | 1,97        |
| Mayıs                          | 1,97        | 2,28        | 2,34        |
| Haziran                        | 3,06        | 2,96        | 3,62        |
| Temmuz                         | 3,93        | 3,90        | 4,25        |
| Ağustos                        | 3,98        | 4,11        | 4,75        |
| Eylül                          | 3,37        | 3,25        | 3,11        |
| Ekim                           | 2,23        | 2,51        | 2,82        |
| Kasım                          | 1,84        | 1,90        | 2,40        |
| Aralık                         | 1,93        | 2,58        | 3,71        |



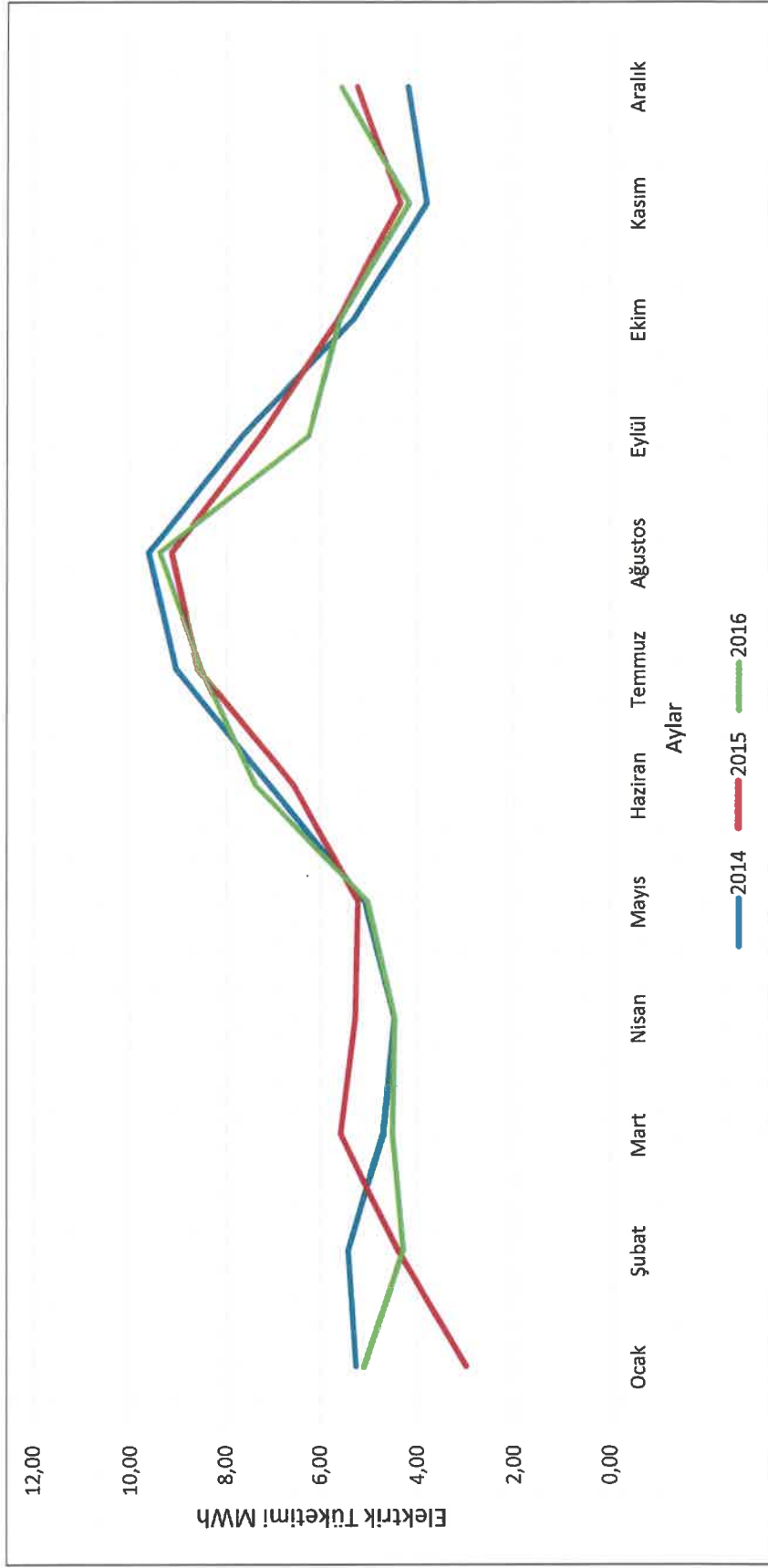
**Şekil 4.32.** Eğitim bölümü 3 yıllık ortalama saatlik elektrik tüketim değerleri

#### 4.4. 3 Yıllık Kampüs Geneli Enerji Tüketim Verilerinin Karşılaştırması

Çizelge 4.33 ve Şekil 4.33 incelendiğinde, 2015 yılına ait elektrik enerjisi tüketim miktarları 2014 yılı ile karşılaştırıldığında, en yoğun tüketimin olduğu dönemde %5 azalış olduğu gözlemlenmiştir. 2016 yılına ait elektrik enerjisi tüketim miktarlarının 2015 yılı ile karşılaştırıldığında ise yine en yoğun tüketimin olduğu dönemde %3 enerji ihtiyacında artış olduğu bulunmuştur. Bu artış özellikle yaz aylarındaki soğutma enerjisi ihtiyacının mevsim sıcaklığına bağlı olarak değişmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte bu özellik 2016 yılında eğitim öğretim tarafında yapılan yeni fakülte binalarında enerji yükünde artışa sebep olduğu görülmektedir. Ancak aynı zamanda son yıllarda uygulanan enerji tasarrufu çalışmalarının özellikle 2016 yılında yapılaşmaya rağmen ciddi bir enerji artışı olmayışına etkiye bulunduğu bir göstergedir. Bu çizelgedeki değerlerden 2016 yılındaki veriler baz alınarak Çizelge 4.33’de yer alan değerler oluşturulmuştur. Çizelgede 2016 yılına ait saatlik tüketim ortalamaları alınarak, her ay için kullanılan T1, T2, T3 zaman dilimlerindeki dağılımlar ve bu dağılımlara göre kullanılan tüm elektriğin gün içerisinde hangi oranlarda dağıldıkları görülebilmektedir.

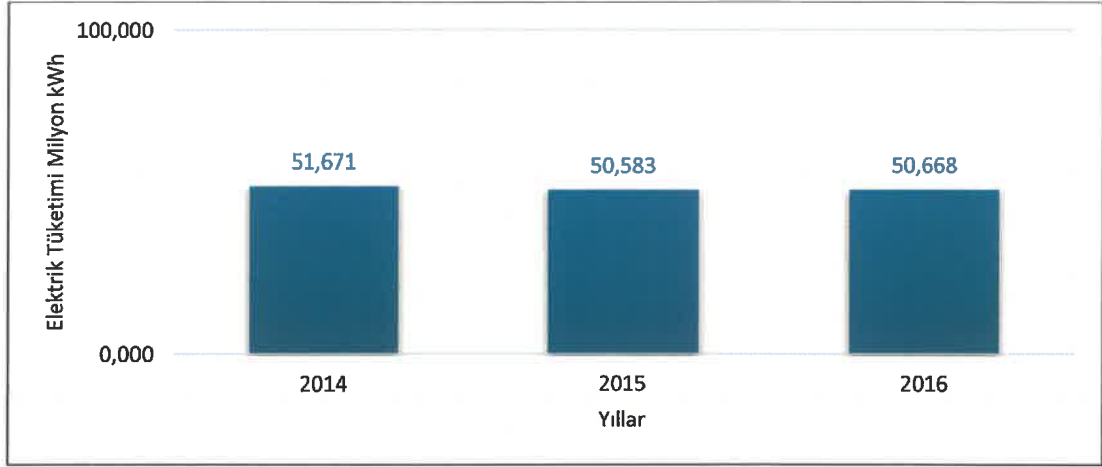
**Çizelge 4.33.** Kampüs geneli 3 yıllık ortalama saatlik elektrik tüketim değerleri

| Ortalama tüketim MWh | 2014 MWh/ay | 2015 MWh/ay | 2016 MWh/ay |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| Ocak                 | 5,28        | 3,00        | 5,10        |
| Şubat                | 5,44        | 4,41        | 4,31        |
| Mart                 | 4,72        | 5,59        | 4,53        |
| Nisan                | 4,48        | 5,28        | 4,48        |
| Mayıs                | 5,08        | 5,22        | 5,02        |
| Haziran              | 7,08        | 6,56        | 7,37        |
| Temmuz               | 9,05        | 8,56        | 8,52        |
| Ağustos              | 9,62        | 9,13        | 9,39        |
| Eylül                | 7,67        | 7,27        | 6,26        |
| Ekim                 | 5,33        | 5,64        | 5,62        |
| Kasım                | 3,81        | 4,35        | 4,18        |
| Aralık               | 4,21        | 5,25        | 5,59        |



**Şekil 4.33.** Kampüs aylık faturalanmış elektrik tüketim değerleri üzerinden 2014, 2015,2016 yılları saatlik ortalama tüketimleri

Şekil 4.34'te 2014-2015-2016 yıllarına ait yıllık toplam elektrik tüketimindeki fatura değerleri bazında olan değişim görülmektedir. Bu değerler 2014 yılında 51.671.231 kWh/yıl , 2015 yılında 50.582.908 kWh/yıl , 2016 yılında 50.667.882 kWh/yıl olmuştur



**Şekil 4.34.** 3 yıllık kampüs toplam elektrik tüketim değerleri

Çizelge 4.34'te 2016 yılı kampüs elektrik tüketiminin T1 (06:00-17:00), T2 (17:00-22:00), T3 (22:00-06:00) zaman dilimlerindeki ortalama tüketim miktarı ile gün içerisindeki zamanlarında kullanım oranları görülmektedir

**Çizelge 4.34.** 2016 yılı kampüs elektrik tüketiminin T1, T2, T3 zaman dilimlerindeki ortalama tüketim oranları

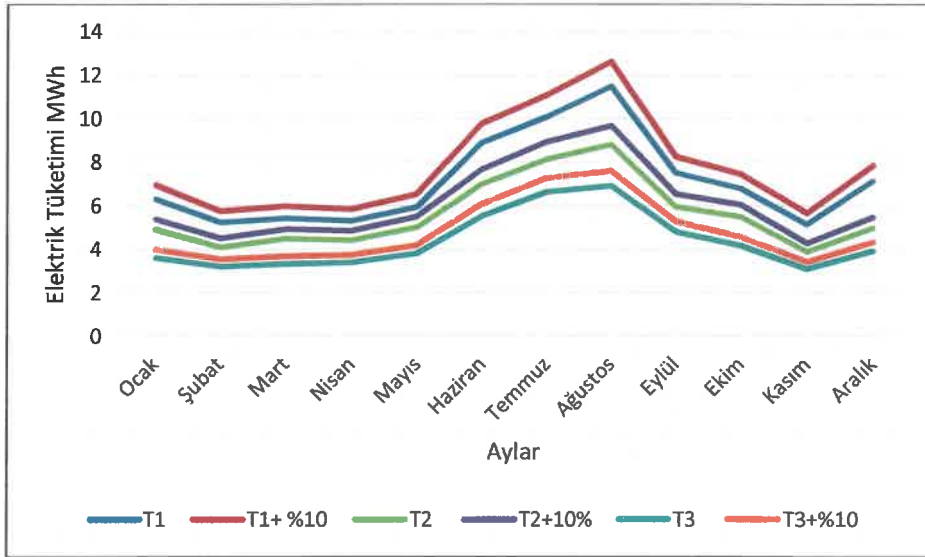
|         | T1(MWh) | T2(MWh) | T3(MWh) | T1 (%) | T2 (%) | T3 (%) |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| Ocak    | 6,3     | 4,88    | 3,59    | 42,65% | 33,04% | 24,31% |
| Şubat   | 5,22    | 4,08    | 3,19    | 41,79% | 32,67% | 25,54% |
| Mart    | 5,42    | 4,47    | 3,32    | 41,03% | 33,84% | 25,13% |
| Nisan   | 5,3     | 4,4     | 3,39    | 40,49% | 33,61% | 25,90% |
| Mayıs   | 5,94    | 4,99    | 3,79    | 40,35% | 33,90% | 25,75% |
| Haziran | 8,9     | 6,98    | 5,51    | 41,61% | 32,63% | 25,76% |
| Temmuz  | 10,09   | 8,12    | 6,61    | 40,65% | 32,72% | 26,63% |
| Ağustos | 11,48   | 8,79    | 6,9     | 42,25% | 32,35% | 25,40% |
| Eylül   | 7,49    | 5,92    | 4,78    | 41,18% | 32,55% | 26,28% |
| Ekim    | 6,77    | 5,47    | 4,13    | 41,36% | 33,41% | 25,23% |
| Kasım   | 5,13    | 3,87    | 3,08    | 42,47% | 32,04% | 25,50% |
| Aralık  | 7,12    | 4,96    | 3,9     | 44,56% | 31,04% | 24,41% |

#### 4.5. Kampüs Geneli Gelecek Yıllara Ait Tahmini Enerji Tüketimi Verilerinin Saptanması

Daha önceki yıllar arasındaki artış farkları incelendiğinde özellikle yaz aylarındaki kullanımlarda %3 ila %5 oranında bir artış olduğu gözlenmektedir. Aynı zamanda 2015 yıllarında kampüse 2 büyük fakülte ilave edilmiştir. Yapılaşmanın devam etmesi ve üniversite yıllık planları doğrultusunda 2019 yılında özellikle hastane bölümünde yapılan inşaatların tamamlanarak Onkoloji ve Diş Hekimliği hastane binalarının devreye gireceği ön görülmektedir. Bu binaların toplam elektrik yükünün elektrik tüketiminde %10'luk bir artışa sebebiyet vereceği belirlenmiştir. Bu artıştan yola çıkarak ve gelecek yıllardaki elektrik tüketim senaryosu oluşturulabilir (Çizelge 4.35). Çizelgede aynı zamanda 2017 yılı elektrik tüketimi tahmini değerleri yer almaktadır. Şekil 4.35'te ise 2017 yılına ait tahmini değer 2016 yılı verileri ile aynı anda görülebilmektedir. Bu tahmin değerleri üzerinden değerlendirme yapıldığında en yüksek saatlik ortalama elektrik tüketiminin 12,63 MWh, endüşük enerji tüketim değerinin ise 3,39 MWh olduğu görülmektedir. Üniversitenin elektrik tüketiminin %40-45 oranında T1 zaman dilimi olan gündüz kullanımı iken, elektrik tüketiminin %25 lik kısmı T3 zaman dilimi olan gece kullanımı olarak görülmektedir. Kullandığı elektriğin ortalama değeri, T1 zaman diliminde 7,8 MWh, T2 zaman diliminde 6,1 MWh, T3 zaman diliminde 4,7 MWh olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.35.** %10 artış öngörüsü doğrultusunda oluşan kampüs geneli 2017 tahmini elektrik tüketim verileri

|         | T1(MWh) | T1* (MWh<br>+ %10) | T2 (MWh) | T2*(MWh<br>+ %10) | T3 (MWh) | T3* (MWh<br>+ %10) |
|---------|---------|--------------------|----------|-------------------|----------|--------------------|
| Ocak    | 6,3     | 6,94               | 4,88     | 5,37              | 3,59     | 3,95               |
| Şubat   | 5,22    | 5,74               | 4,08     | 4,49              | 3,19     | 3,51               |
| Mart    | 5,42    | 5,97               | 4,47     | 4,92              | 3,32     | 3,66               |
| Nisan   | 5,3     | 5,83               | 4,4      | 4,84              | 3,39     | 3,73               |
| Mayıs   | 5,94    | 6,53               | 4,99     | 5,49              | 3,79     | 4,16               |
| Haziran | 8,9     | 9,79               | 6,98     | 7,68              | 5,51     | 6,06               |
| Temmuz  | 10,09   | 11,09              | 8,12     | 8,93              | 6,61     | 7,27               |
| Ağustos | 11,48   | 12,63              | 8,79     | 9,67              | 6,9      | 7,59               |
| Eylül   | 7,49    | 8,24               | 5,92     | 6,51              | 4,78     | 5,26               |
| Ekim    | 6,77    | 7,44               | 5,47     | 6,02              | 4,13     | 4,54               |
| Kasım   | 5,13    | 5,64               | 3,87     | 4,25              | 3,08     | 3,39               |
| Aralık  | 7,12    | 7,83               | 4,96     | 5,45              | 3,9      | 4,29               |



**Şekil 4.35.** %10 artış öngörüsü doğrultusunda oluşan kampüs geneli 2017 tahmini elektrik tüketim verileri

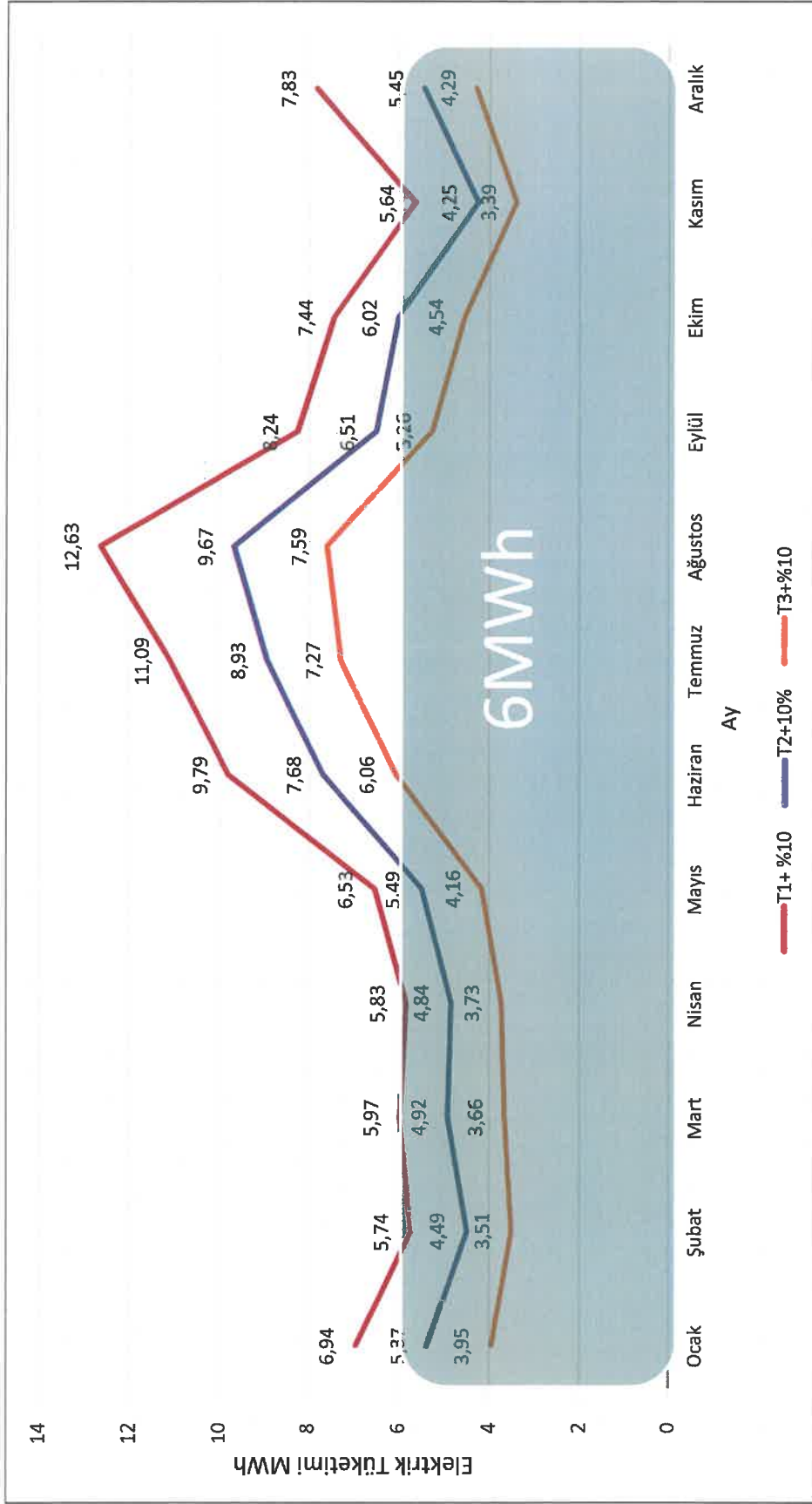
#### 4.6. İhtiyaç Duyulan Enerji Üretim Kapasitesinin Belirlenmesi

Akdeniz Üniversitesi toplam elektrik enerjisi tüketimi eğrisi Şekil 4.35’de özetlendiği şekildedir. Kampüsün yapılaşma planlamaları hakkında elde edilen bilgiler doğrultusunda kampüs bölümünde yakın tarihli yapılaşmanın büyük ölçüde tamamlandığı, ancak Hastane bölümünde planlanan Onkoloji ve Diş Hekimliği Fakülte binaları sonrasında kapasitenin yaklaşık %10 artacağı anlaşılmıştır.

Çizelgeler ve şekiller incelendiğinde kampüs geneli ortalama tüketimin 4,7 MWh ile 7,8 MWh olduğu görülmektedir. En yüksek sürekli kullanım değeri bir başka değişle herhangi bir enerji santralinden optimum yararlanılabilmesi için ihtiyaç duyulacak değerin ise 6 MWh olacağı anlaşılmaktadır. Bu kapasite üniversitenin elektrik ihtiyacını %72 oranında karşılayacaktır.

Akdeniz Üniversitesi kampüsünde yapılacak enerji üretim tesisinin kapasitesinin belirlenmesinde öncelikli olarak optimum düzeyde elektrik ve ısı enerjisi kazanımı hedeflenmiştir. Bu doğrultuda tesisin maksimum kapasitede çalışacağı öngörülmüştür. Aynı zamanda seçilen kapasiteye ait enerji üretim sisteminde piyasa şartlarına uygun olması gözetilmiştir.

Aradaki farkın çok yüksek olmasından dolayı optimal enerji kazanımı, üniversitenin maksimum fayda elde edeceği kapasite T2 zaman dilimi bandı üzerinde olacaktır. Kampüsün efektif olarak enerji harcamalarının olduğu dönemi temsilen 6 MWh kapasiteli bir tesisin kurulması durumundaki ısı ve elektrik kazanımlarını en verimli olacağı tespit edilmiştir. Şekil 4.36’da kampüsün minimum ihtiyacı 6 MWh kapasiteli enerji üretim tesislerinde elektrik enerjisi üretimi, ısı enerjisi üretimi ve sistem verimliliği ayrı ayrı hesaplanarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.36. Kampüs optimum enerji ihtiyacı

#### 4.7. Akdeniz Üniversitesi ve Çevre Birimlerden Toplanan Atık Miktarının Değerlendirilmesi

##### 4.7.1. Akdeniz Üniversitesi yemekhane atıkları

Toplanan atık miktarları Çizelge 4.36’ da toplandıkları güne ve miktarlarına göre belirtilmiştir. Bu atıklar arasında en büyük miktarı 639,5 kg ile kabak artığı oluşturmaktadır. Daha sonra bunu 223,6 kg ile havuç ve 185,5 kg ile de domates kabukları oluşturmaktadır Haftalık toplanan atık miktarı ise 2.321,4 kg olmaktadır.

Bu çalışmadan yola çıkılarak hastane yemekhanesi ve kampüs yemekhanesine ait yıllık ortalama atık değerleri elde edilmiştir. Her iki yemekhaneye ait yıllık toplam 120.712,8 kg yaş artığın elde edildiği görülmüştür. Bu atıkların oranlarına göre değerlendirmeleri Çizelge 4.37’de görülmektedir.

**Çizelge 4.36.** Hastane ve eğitim bölümü yemekhaneleri toplam yıllık atık değerleri

| Ürün ismi            | kg/Yıl    | (%)   | 1000 gr atık için |
|----------------------|-----------|-------|-------------------|
| Havuç                | 11627,2   | 9,63  | 96,32             |
| Salatalık            | 7202      | 5,97  | 59,66             |
| Soğan                | 7748      | 6,42  | 64,19             |
| Domates              | 9646      | 7,99  | 79,91             |
| Maydonuz             | 1612      | 1,34  | 13,35             |
| Kırmızı Lahana       | 3640      | 3,02  | 30,15             |
| Patlıcan             | 3536      | 2,93  | 29,29             |
| Carliston Biber      | 1092      | 0,9   | 9,05              |
| Limon                | 338       | 0,28  | 2,8               |
| Kabak                | 33254     | 27,55 | 275,48            |
| Dereotu              | 135,2     | 0,11  | 1,12              |
| Elma                 | 2808      | 2,33  | 23,26             |
| Kara Lahana          | 14248     | 11,8  | 118,03            |
| Dolmalık Biber       | 192,4     | 0,16  | 1,59              |
| Sarımsak             | 78        | 0,06  | 0,65              |
| Limon                | 416       | 0,34  | 3,45              |
| Tavuk But            | 2600      | 2,15  | 21,54             |
| Patates              | 11388     | 9,43  | 94,34             |
| Elma                 | 260       | 0,22  | 2,15              |
| Armut                | 104       | 0,09  | 0,86              |
| Beyaz Lahana         | 2808      | 2,33  | 23,26             |
| Marul                | 4420      | 3,66  | 36,62             |
| Pırasa               | 1560      | 1,29  | 12,92             |
| Toplam Bitkisel Atık | 120.712,8 | 100   | 1000              |

Çizelge 4.37. Akdeniz Üniversitesi toplam atık miktarlar

| Tarih                | 03/10/2016        | 04/10/2016 | 05/10/2016 | 06/10/2016 | 07/10/2016 | 17/10/2016 | 18/10/2016 | 19/10/2016 | 20/10/2016 | 21/10/2016 | Toplam (kg) |
|----------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Ürün ismi            | Atık miktarı (kg) |            |            |            |            |            |            |            |            |            |             |
| Havuç                | 42                | 146        |            | 5,6        | 13         | 14         |            |            | 3          |            | 223,6       |
| Salatalık            | 2,5               | 127        | 5          |            | 4          |            |            |            |            |            | 138,5       |
| Soğan                | 10                | 60         | 7          | 10         |            |            | 28         | 5          | 17         | 12         | 149         |
| Domates              | 15,5              | 110        | 16         | 16         | 19         |            |            | 9          |            |            | 185,5       |
| Maydonuz             | 5                 | 4          |            | 2          | 3          |            |            | 12         |            | 5          | 31          |
| Kırmızı Lahana       | 42                |            |            | 28         |            |            |            |            |            |            | 70          |
| Patlıcan             | 46                |            |            | 12         | 10         |            |            |            |            |            | 68          |
| Carliston Biber      | 10                |            |            | 8          | 3          |            |            |            |            |            | 21          |
| Limon                | 2                 |            |            |            |            | 3          |            | 1,5        |            |            | 6,5         |
| Kabak                | 2,5               | 629        |            |            | 8          |            |            |            |            |            | 639,5       |
| Dereotu              |                   |            | 1,1        |            | 0,5        |            |            |            |            | 1          | 2,6         |
| Elma                 |                   |            | 5          |            |            | 36         |            |            |            | 13         | 54          |
| Kara Lahana          |                   |            | 20         | 180        |            | 57         |            | 10         | 7          |            | 274         |
| Dolmalık Biber       |                   |            | 3,7        |            |            |            |            |            |            |            | 3,7         |
| Sarımsak             |                   |            | 1          | 0,3        | 0,2        |            |            |            |            |            | 1,5         |
| Limon                |                   |            | 4          |            | 4          |            |            |            |            |            | 8           |
| Tavuk But            |                   |            | 50         |            |            |            |            |            |            |            | 50          |
| Patates              |                   |            |            | 180        | 26         |            |            |            | 13         |            | 219         |
| Elma                 |                   |            |            | 5          |            |            |            |            |            |            | 5           |
| Armut                |                   |            |            |            | 2          |            |            |            |            |            | 2           |
| Beyaz Lahana         |                   |            |            |            |            |            | 32         | 6          | 16         |            | 54          |
| Marul                |                   |            |            |            |            |            | 75         |            |            | 10         | 85          |
| Pırasa               |                   |            |            |            |            |            |            | 30         |            |            | 30          |
| Toplam Bütünsel atık |                   |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 2.321,4     |

#### 4.7.2. Süt üretim çiftliği hayvan atıkları

Akdeniz Üniversitesi süt üretim çiftliğinde yetiştirilen 90 adet büyük baş hayvan dan günlük olarak ortalamada 51 kg katı sıvı karışımı atık elde edilmektedir. Hayvan çiftliği atıklarının düzenli toplanabilmesi için uygun alt yapıları hazırlanmış ve çıkan atıklar düzenli olarak sıyrıcılar ile atık deposuna aktarılmıştır. Çiftlikten elde edilen yıllık atık miktarı 1.675.350 kg dır.

#### 4.7.3. Akdeniz Üniversitesi kampüsü ve belediyenin yıllık çim atık miktarı

Üniversite kampüsü içerisindeki peyzaj çalışmaları kapsamında Aralık, Ocak ve Şubat ayları dışında kalan 9 ay boyuca çim biçimi yapılmaktadır. Çim miktarı, traktör römorku üzerinden hesaplanmıştır (Çizelge 4.38) Traktörün römork ölçüleri boy 3 m, en 2 m, yükseklik ise 0,6 m bulunmaktadır. Bu ölçüler doğrultusunda Çizelge 4.39’da yıllık toplanan çim miktarı hesaplanmıştır. Traktörün römork hacmi 3,6 m<sup>3</sup> olup toplanan çimlerin toplam hacmi 2.620,8 m<sup>3</sup> olarak bulunmaktadır. 1 m<sup>3</sup> çimin ortalama ağırlığı nem durumuna bağlı olarak 1.500 ila 2.500 kg arasında değişkenlik göstermektedir. Yıllık toplanan çim miktarının minimum 3.931.200 kg/yıl maksimum 7.020.000 kg/yıl olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.38.** Kampüs alanı içerisinde biçilen çim miktarı aylara göre dağılımı

| Aylar   | Ortalama taşıma sayısı (traktör römorku/Gün) | Ortalama traktör sayısı (26 Gün Olarak Hesaplanırsa) |
|---------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Ocak    | Çim Biçimi Yapılmamakta                      |                                                      |
| Şubat   | Çim Biçimi Yapılmamakta                      |                                                      |
| Mart    | 2                                            | 52                                                   |
| Nisan   | 3                                            | 78                                                   |
| Mayıs   | 4                                            | 104                                                  |
| Haziran | 4                                            | 104                                                  |
| Temmuz  | 5-6                                          | 130-156                                              |
| Ağustos | 5-6                                          | 130-156                                              |
| Eylül   | 4                                            | 104                                                  |
| Ekim    | 3                                            | 78                                                   |
| Kasım   | 2                                            | 52                                                   |
| Aralık  | Çim Biçimi Yapılmamakta                      |                                                      |

**Çizelge 4.39.** Biçilen çimin hesaplama çizelgeleri

| Taşıma yapılan traktör römorku ölçüleri (boy:3m en:2m h:06 m) |                                      |                |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| Römork hacmi                                                  | 3,6                                  | m <sup>3</sup> |
| Römork adeti                                                  | 728                                  |                |
| Toplam hacim                                                  | 2.620,8                              | m <sup>3</sup> |
|                                                               | 780                                  |                |
| Toplam max hacim                                              | 2.808                                | m <sup>3</sup> |
|                                                               | 1m <sup>3</sup> =1.500kg-<br>2.500kg |                |
| Minimum ağırlık                                               | 3.931.200                            | kg/yıl         |
| Maximum ağırlık                                               | 7.020.000                            | kg/yıl         |

**Çizelge 4.40.** Çevre belediyeye ait çim artığı

| Aylar   | Ortalama Taşıma Sayısı ( Kamyon adet Günlük) | Ortalama Kamyon Sayısı (26 Gün Olarak dikkate alınmıştır) |
|---------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Ocak    | Çim Biçimi Yapılmamakta                      |                                                           |
| Şubat   | Çim Biçimi Yapılmamakta                      |                                                           |
| Mart    | 1                                            | 26                                                        |
| Nisan   | 2                                            | 78                                                        |
| Mayıs   | 2                                            | 78                                                        |
| Haziran | 2                                            | 78                                                        |
| Temmuz  | 2                                            | 78                                                        |
| Ağustos | 2                                            | 78                                                        |
| Eylül   | 2                                            | 78                                                        |
| Ekim    | 2                                            | 78                                                        |
| Kasım   | 1                                            | 26                                                        |
| Aralık  | Çim biçimi yapılmamakta                      |                                                           |

Akdeniz Üniversite kampüsünün yakınında bulunduğu Konyaaltı Belediyesi çim atıkları miktarında proje kapsamında incelenmiştir. Belediye peyzaj alanlarının çim atıkları kamyon ile taşınmaktadır. Çizelge 4.40'da gösterilmiştir. Belediye verilerine göre yıl içerisinde yaklaşık olarak 598 kamyon çim toplandığı belirlenmiştir. Kamyon kasası büyüklüğü boy 7 m, en 3 m ve yükseklik 1 m olarak belirtilmiştir. Yapılan hesaplama neticesinde minimum 17,94 ton çim toplanırken, maksimum 2,9 ton çim Konyaaltı Belediyesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Yine belediyeninde yılın 9 ayı çim biçimi gerçekleştirildiği görülmektedir.

Bu veriler doğrultusunda üniversite kampüsü ve yakın çevredeki atıkların toplanması durumunda elde edilecek yıllık atık miktarı Çizelge 4.41'de görüleceği üzere, yemekhane atığı 12.713 kg, hayvan artığı 1.675.350 kg, çim artığı 21.334.560 kg olarak belirlenmektedir. Bu atıkların biyogaz ön yükleme tankına günlük olarak 330,72 kg yemekhane atığı, 4590 kg hayvan atığı, 58.450,85 kg ise çim atığı koyulabileceği öngörülmektedir. Fermantasyon hesaplamaları bu doğrultuda yapılmıştır. Bu atıkların yükleme miktarlarına göre karışım oranları % 0,52 yemekhane, %7,24 hayvan, %92,24

oranında çim atığı olarak görülmektedir. Çizelge 4.41’de biyogaz üretimi için kullanılabilecek materyal miktarları belirtilmiştir.

**Çizelge 4.41.** Biyogaz üretimi için kullanılabilecek materyal miktarları

| Toplam Atık      | Yıllık Atık Miktarı (kg) | Oran (%) |
|------------------|--------------------------|----------|
| Yemekhane Artığı | 120.713                  | 0,52     |
| Hayvansal        | 1.675.350                | 7,24     |
| Çim              | 21.334.560               | 92,24    |
| Toplam Karışım   | 23.130.623               | 100      |

#### 4.8. Enerji Üretim Tesisinde Kullanılacak Materyalin Özelliklerinin Belirlenmesi

Denemelerde kullanılan atıklar ve karışım oranları doğrultusunda yıllık atık potansiyeli hesaplanmış ve karışımlara ait KM ve OKM ölçümleri Çizelge 4.42’de hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.42.** Kullanılan materyalin KM ve OKM oranları

| Sample    | Ortalama KM (kg/kg) | Ortalama OKM (kg/kg) |
|-----------|---------------------|----------------------|
| Yemekhane | 0,14282             | 0,819                |
| Hayvansal | 0,18945             | 0,814                |
| Çim       | 0,10621             | 0,906                |
| Karışım   | 0,17149             | 0,811                |

Denemelerde kullanılan karışım atığı içeriği hayvansal atıklardan, yemekhane ön işleme atıklarından ve büyük çoğunluğu çim atıklarından oluşmaktadır. Atık kompozisyonu açısından yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde en çok kullanılan ana substratların %54 hayvan gübresi, %22 oranında atık su çamuru, %11 oranında organik kentsel atıkların kullanıldığı görülmüştür. Aynı zamanda en çok kullanılan yardımcı maddelerin %41 oranında endüstriyel atıklar, %23 tarımsal atıklar, %20 oranındada kentsel atıklar olduğu görülmüştür (Mata-Alvarez, 2014). Anaerobik fermantasyon hayvan gübresi ve bulamaç atıklarını biyogaz ve kompost olarak kullanılan değerli atıklara

dönüştürmektedir. Çeşitli hayvanlardan (domuz, sığır, kümes hayvanları vd. elde edilen gübre ve bulamaçların biyogaz üretimi için hammadde değerlendirilebilir. Bu karışımlar içersinde katı çiftlik gübresini %10 ile %30 kuru madde veya sıvı bulamaç olarak %10 kurumadde altında kullanılmaktadır. Hayvan gübresi bileşimlerinde hayvanın menşesi ve hayvan yemini kalitesine göre farklılık gösterebilmektedir. Hayvan gübresi anearop fermentasyon için en iyi hammadde substratıdır. Hayvan gübresi karışımında C/N karbon azot oranı 25/1 olarak belirlenmiştir. Bu oran anaerobik mikroorganizmaların büyümesi için gerekli olan besinler açısından uygundur. Anaerobik reaktör sisiteminde önemli bir pH azalması durumunda fermentasyon sürecini stabilize edebilmen yüksek bir tamopon kapasitesinde ve doğal mikroorganizmalara sahiptir (Wellinger, 2013).

Organik ev atıkları genellikle gübre bazlı anaerobik fermentasyon tesislerinde hayvan gübresi ve bulamaçlarla birlikte sindirilmesi mümkündür. Artan miktarda evsel atık oluşması, çok yüksek bir anaerobik fermentasyon potansiyelini göstermektedir (Rutz, 2011).

Bitki atıkları hayvan gübresi ve diğer hammadde tipleri ile birlikte yardımcı madde olarak sindirilir. Çoğu bitkisel materyalin reatöre besleme yapılmadan önce ön işleme tabi tutulması gerekmektedir. Ön işlemler, anearabik mikroorganizmaların aktive olmasının kolaylaştırmak için ligno-selüloz moleküllerinin kırılması amacıyla, büyük karmaşık sisitmeler değerlendirilebileceği gibi basit mekanik parçalayıcılar yardımı ile küçültme işlemi yapılır (Amon 1999).

Yapılmış olan benzer çalışmalarda da kullanılan bitkisel atıklar çeşitli yöntemlerle küçültülmüş ve ön işleme tabi tutulmuştur, aynı şekilde yapılan çalışmadada bitkisel atıklar ve çim atıkları mekanik parçalayıcı yardımı ile 0,5-1 cm boyutlarında küçültülerek kullanılmıştır.

Hazırlanan 3 farklı KM oranına göre düzenlenen deneme içerikleri Çizelge 4.43'de verilmiştir. Denemeler %8, %10 , %12 KM oranları kullanarak düzeneklere yerleştirilmiştir. Bu atıklar arasında çim artığının pH değerinin 8,4 ile en yüksek olduğu görülmüştür. Bu değer hayvansal atıklarda PH değerini 7,9, yemekhane atıklarında ise 5,5 olduğu ölçülmüştür. Karışımların pH değerinin ise 7,7 olduğu ve bu değer anearobik fermentasyon için uygun olduğu belirlenmiştir (Şenol, 2017). Optimum biyogaz üretimi, giriş karışımının pH değeri 6 ile 7 arasında olduğunda elde edileceği, ilk fermentasyon periyodu sırasında, büyük miktarlarda organik asit üretiminin gözlemlendiği ve karışımın pH'ının azalacağı saptanmıştır. Fermentasyon devam ettikçe ve amonyak konsantrasyonu arttıkça azotun sindirimi nedeniyle pH değerinin arttığı ve metan gazı üretiminin stabilize olduğunda, pH 7,2 ve 8,2 arasında kaldığı saptanmıştır. (Aksay, 2018) (Abbasi, 2012).

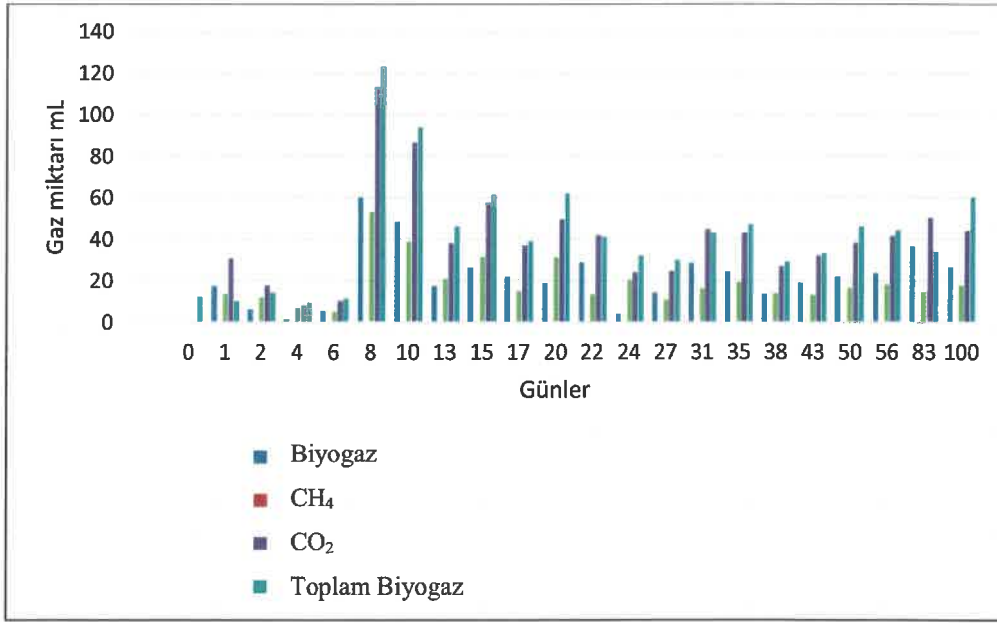
#### 4.9. Biyogaz Hacmi ve Gaz Kompozisyonunun Belirlenmesi

Bu çalışmada, Çim atığı, sığır gübresi ve yemekhane atıkları karışım oranlarına ve farklı kuru madde oranlarına göre incelenmiştir. Tüm reaktörlere Çizelge 4.43 'de yer alan oranlarda %8 kuru madde oranında 18,66g numune miktarına 11,18ml Makro element çözeltisi, 4ml mikro element çözeltisi, 208,41ml aşı çamuru, %10 kuru madde oranında 23,33g numune miktarına, 13,98ml Makro element çözeltisi, 4ml mikro element çözeltisi, 260,52 ml aşı çamuru , %12 kuru madde oranında 27,99g numune miktarına 16,77 ml Makro element çözeltisi, 4ml mikro element çözeltisi, 312,62ml aşı çamuru ve geri kalan kısma su ilave edilerek toplam 400 ml çalışma hacminde reaktörlere yerleştirilerek deneyler mezofilik şartlarda (36°C) 2 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Anaerobik fermentasyon işlemi, reaktörlerdeki biyogaz üretiminin bitimine kadar 100 gün boyunca gerçekleştirilmiştir.

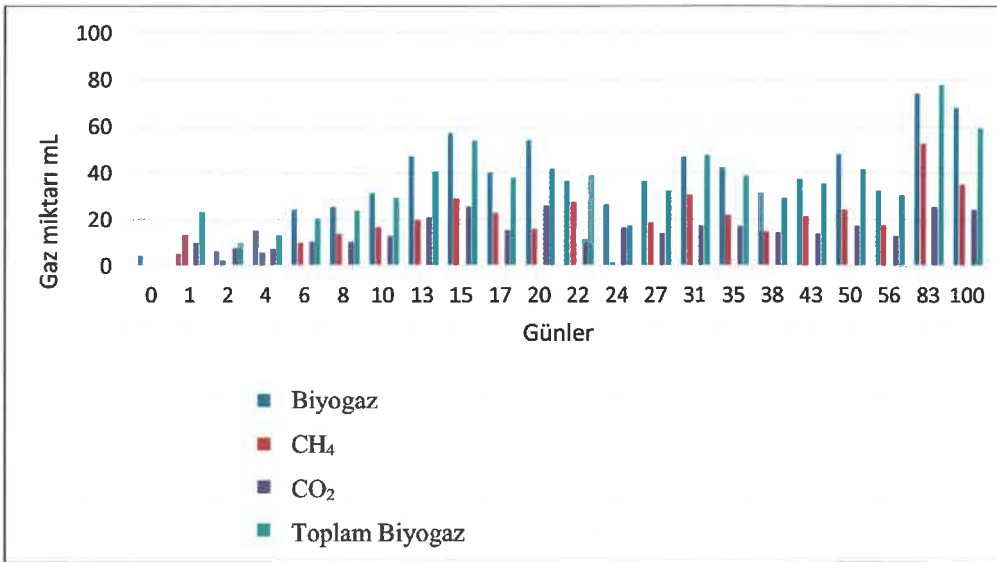
**Çizelge 4.43.** Hazırlanan deneme şişelerinin içerik oranları

| NUMUNE HESAPLARI                   | %8 KM  | %10KM  | %12KM  |
|------------------------------------|--------|--------|--------|
| İçerik oranı BMP %                 | 100    | 100    | 100    |
| KM - BMP (kg/kg)                   | 0,17   | 0,17   | 0,17   |
| OKM - BMP (kg/kg)                  | 0,81   | 0,81   | 0,81   |
| KM % (gKM/L)                       | 8      | 10     | 12     |
| KM (gKM/400 mL)                    | 3,2    | 4      | 4,8    |
| Toplam numune ağırlığı (g)         | 18,66  | 23,33  | 27,99  |
| OKM % (gKM/L) (OKM (gKM/400 mL))   | 6,49   | 8,12   | 9,74   |
| Aşı konsantrasyonu (gOKM/L)        | 12,99  | 16,23  | 19,48  |
| <b>BMP ŞİŞE HESAPLAMALARI</b>      |        |        |        |
| Hacim (mL)                         | 400,00 | 400,00 | 400,00 |
| Numune (g)                         | 18,66  | 23,33  | 27,99  |
| Makro Element Çözeltisi Hacmi (mL) | 11,18  | 13,98  | 16,77  |
| Mikro Element Çözeltisi Hacmi (mL) | 4,00   | 4,00   | 4,00   |
| Aşı Çamur Hacmi (mL)               | 208,41 | 260,52 | 312,62 |
| Toplam Çözelti Hacmi (mL)          | 263,06 | 322,62 | 382,19 |
| Eklenecek Su Hacmi (mL)            | 136,94 | 77,38  | 17,81  |

Şekil 4.37 ve 4,38 'de %8 Kuru madde oranına sahip düzeneklerinin içerisindeki biyogaz, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve toplam biyogaz üretimleri verilmiştir. Denemelerde karışım materyali incelenmiş ve birinci deneme düzeneginde ilk 10 günlük süre içerisinde en yüksek biyogaz verimliliğine ulaşıldığı ve daha sonrasında sabit bir değerde seyrettiği ölçümlenmiştir. İkinci deneme düzeneginde ise 13. günde bir yükseliş gözlenmektedir. % 8 KM içeriğine sahip deneme düzenekleride hem günlük hem de kümülatif biyogaz üretiminde diğer KM oranlarına nazaran daha az biyogaz üretimi sağlandığı tespit edilmiştir.

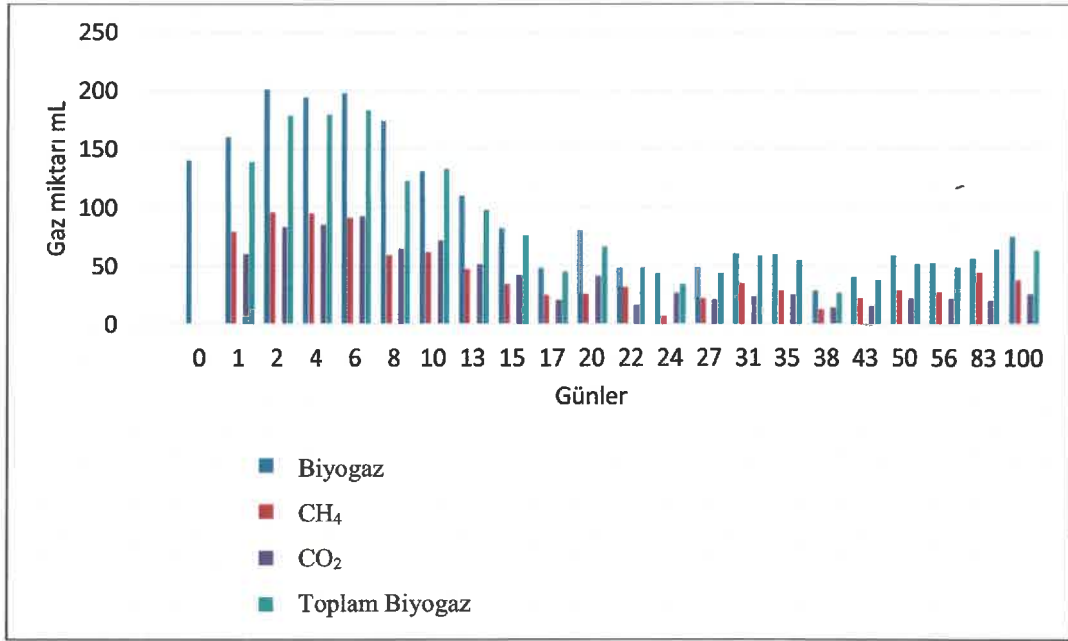


**Şekil 4.37.** Deneme 1-1 % 8 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları

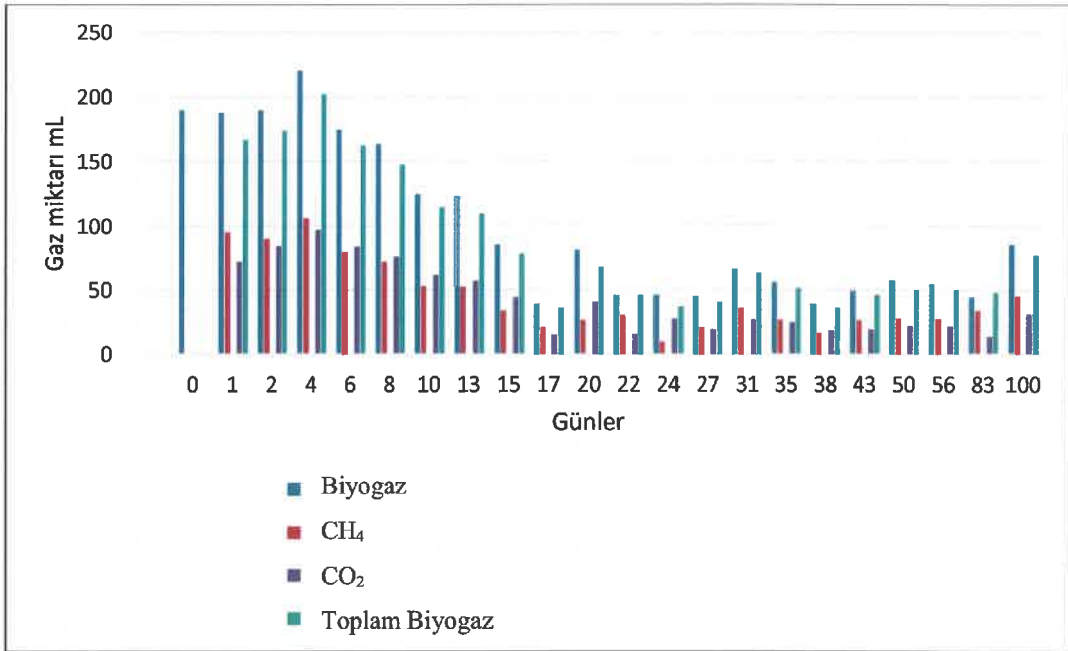


**Şekil 4.38.** Deneme 1-2 % 8 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları

Şekil 4,39 ve 4.40 'da %10 Kuru madde oranına sahip deneme düzeneklerinin içerisindeki biyogaz, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve toplam biyogaz üretimleri verilmiştir. Denemelerde karışım materyali incelenmiş ve birinci deneme düzeneğinde ilk 20 günlük süre içerisinde en yüksek biyogaz verimliliğine ulaşıldığı ve daha sonrasında sabit bir değerde seyrettiği görülmüştür. İkinci deneme düzeneğinde ise bu sürenin daha kısa olduğu ve hızlı bir yükselişin olduğu tespit edilmiştir. % 10 KM içeriğine sahip deneme düzeneklerinde hem günlük hem de toplam biyogaz üretiminde diğer KM oranlarına nazaran en çok tespit edilmiştir.



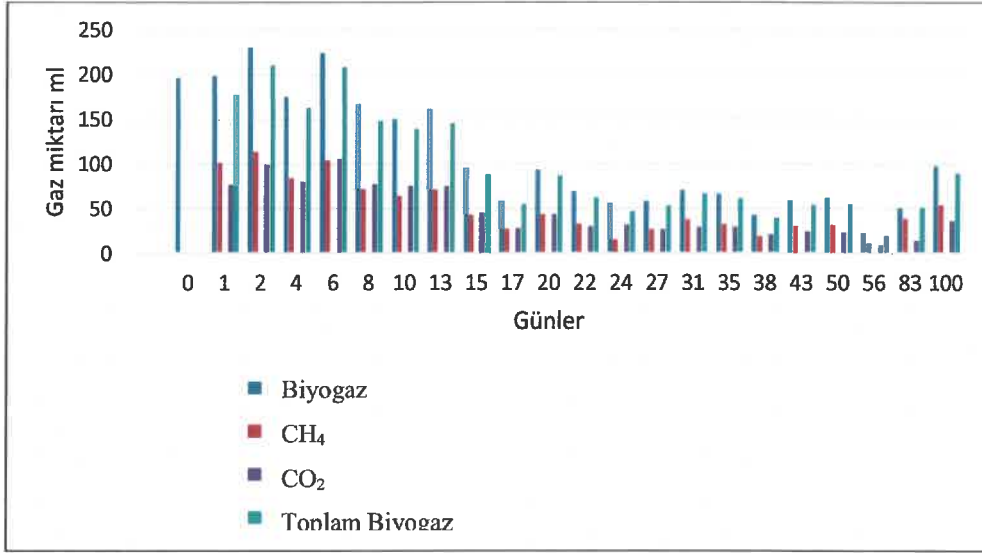
**Şekil 4.39.** Deneme 2-1 % 10 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları



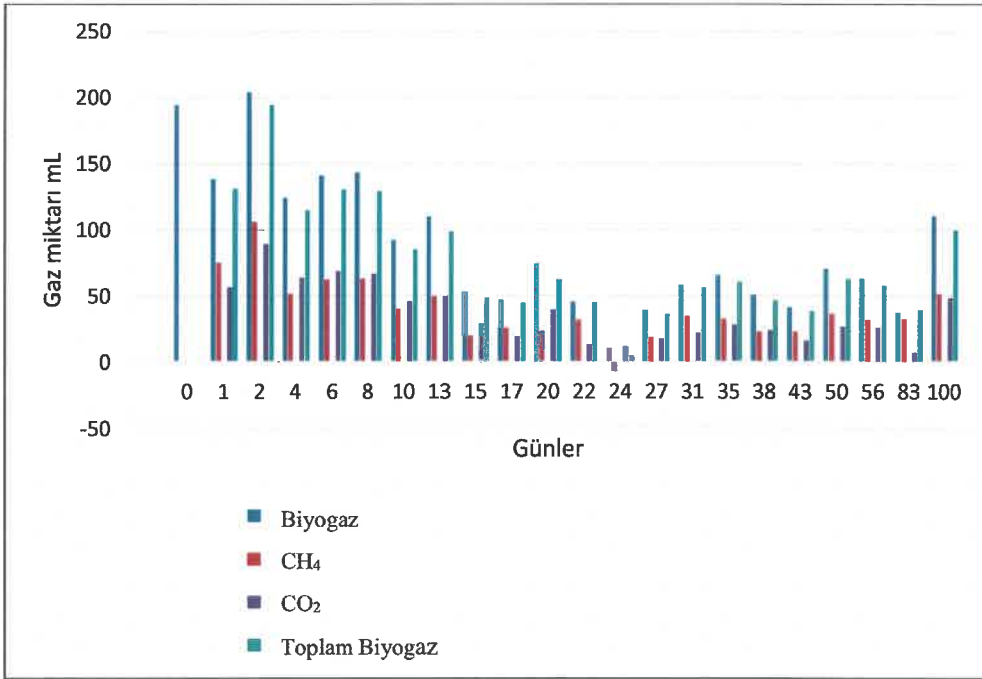
**Şekil 4.40.** Deneme 2-2 % 10 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları

Şekil 4.41 ve 4.42’de %12 Kurumadde oranındaki karışım materyaline sahip deneme düzeneklerinin içerisindeki biyogaz, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve toplam biyogaz üretimleri verilmiştir. Denemelerde karışım materyali incelenmiş ve birinci deneme düzeneğinde ilk 13 günlük süre içerisinde en yüksek biyogaz verimliliğine ulaşıldığı ve daha sonrasında sabit bir değerde seyrettiği görülmüştür. İkinci deneme düzeneğinde ise bu sürenin daha kısa olduğu ve hızlı bir yükselişin olduğu tespit edilmiştir. % 10 KM içeriğine sahip

deneme düzenekleride hem günlük hem de toplam biyogaz üretiminde diğer KM oranlarına nazaran en çok tespit edilmiştir.



**Şekil 4.41.** Deneme 3-1 % 12 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları



**Şekil 4.42.** Deneme 3-2 % 12 KM oranı ile ölçülen gaz miktarları

Denemelerde fermentörün bekleme süresi belirlenmesi amacı ile 100 gün boyunca kaç çıkışları ölçülmüştür. Bekleme süresi organik materyalin ve mikroorganizmaların bir reaktör içerisinde birlikte kalması gereken sürenin belirlenmesi için incelenmektedir. Bir anaerobik reaktörde substrat bekleme süresi ne kadar kıs ise reaktör o derece etkilidir.

Fakat düşük substrat tutuma süreleri elde etmek için yüksek mikroorganizme tutma süreleri olması gerekmektedir (Abbasi, 2012).

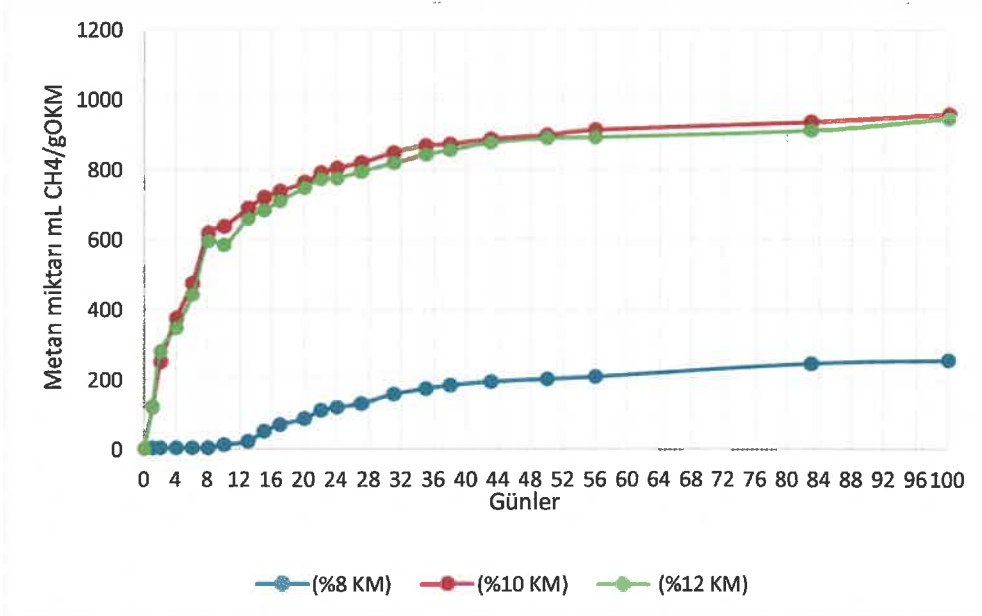
Yapılan benzer çalışmalarda çıkan biyogaz miktarlarının yaklaşık olarak aynı oldukları saptanmıştır. Lehtomäki (2007); yarı-sürekli beslemeli laboratuvar ölçekli sürekli karıştırılan reaktörlerinde çim silajının, şeker pancarı yaprakları ve yulaf samanının inek gübresiyle kofermantasyonunu değerlendirilmiştir. Beslenen atıklarda bitkilerin uçucu katılarının %40'a varan oranlarda uygulanabilir olduğunu saptanmıştır. %70 İnek gübresi, %30 oranlarında çim silajı, şeker pancarı yaprakları ve yulaf samanı ile her biriyle aynı oranında kofermantasyonunda en yüksek spesifik metan verimleri sırasıyla 268, 229 ve 213 LCH<sub>4</sub>-1 kg OKM elde edilmiştir. Benzer yükleme hızında tek başına inek gübresi ile beslenen reaktörlerde karşılaştırıldığında % 30 oranında şeker pancarı yaprakları, çim ve saman ile beslenen reaktörlerde, hacimsel metan üretimi sırasıyla % 65, 58 ve% 16 oranında arttığı saptanmıştır. Callaghan (2002); Sığır gübresinin, meyve-sebze atıklarını ve tavuk gübresi ile kofermantasyonunun etkilerini araştırmak amacıyla yapılan bir başak çalışmalarda 35°C de mezofilik şartlarda yürütülmüştür. Hidrolik bekletme süresi 21 gün olarak ayarlanmış ve yükleme oranı 3,19-5,01 kg VS/m<sup>3</sup>.d olarak belirlenmiştir. Meyve sebze atıklarının oranının %20 ile %50 arasında artırılması sonucunda metan veriminde 0,23 ile 0,45 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/kg VS arasında bir artış gözlenmiştir.

Yapılan denemeler sonucunda biyogaz tesisinin yapımı ve işletilmesi ekonomik ve teknik hususların bir arada değerlendirilmiştir. Bu kapsamda kullanılan substratların tam sindirimi ile maksimum biyogaz veriminin elde edilmesi, sindirimin içindeki substratın uzun bir tutulma süresini ve buna uygun olarak büyük bir digester boyutunu gerektirecektir (Aksay, 2018). Uygulamada, sistem tasarımının seçimi (reaktör ebat ve tip) ya da uygulanabilir bekletme süreleri daima mümkün olan en yüksek biyogaz verimine sahip olmak ve doğru tesis ekonomisine sahip olma arasındaki bir uzlaşmaya dayanmaktadır (Seadi, 2012) .

Substrat bekletme süresi organik materyalin aerobik olarak parçalanmaya uğrayan materyalin, fermentöre, girişinden çıkışına kadar geçirdiği zamanlardır ve biyogaz fermentörün boyutlandırılması için önemli bir parametredir (Aksay, 2018). Yapılan denemeler neticesinde kullanılan materyal karışımının en uygun bekletme süresinin 38 günlük bekleme süresi olduğu saptanmıştır. %8, %10 ve %12 KM oranlarındaki karışımdaki 38. gündeki kümülatif metan miktarı sırasıyla 181,3 ml CH<sub>4</sub>/gOKM, 872,0 ml CH<sub>4</sub>/gUKM ve 854,7ml CH<sub>4</sub>/gOKM olarak belirlenmiştir. 100 güne kadar bu değerde yükselişin olduğu gözlemlenmiştir. 100 günün sonunda bu değer sırasıyla 253,4 ml CH<sub>4</sub>/gOKM, 957,6 ml CH<sub>4</sub>/gOKM, 945,2 ml CH<sub>4</sub>/gOKM olarak saptanmıştır. Daha uzun bekleme süresinde daha fazla metan miktarı elde edilmiştir ancak bekletme süresinin fazlalığı fermentör büyüklüğünü artıracığından dolayı seçilecek en uygun bekletme süresinin 38 olacağı belirlenmiştir. Yapılan denemeler neticesinde kullanılacak atık karışımı için %10 kuru madde oranı ile çalışmanın uygun olacağı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak ölçülen kümülatif metan gazı miktarları aşağıda yer alan Çizelge 4.50'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.44.** Ortalama kümülatif metan değerleri

| Normalize kümülatif metan değerleri (mL CH <sub>4</sub> /gUKM) |                     |                      |                      |
|----------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Gün                                                            | Deneme 1<br>(%8 KM) | Deneme 2<br>(%10 KM) | Deneme 3<br>(%12 KM) |
| 0                                                              | 0                   | 0                    | 0                    |
| 1                                                              | 2,2                 | 119,6                | 120,9                |
| 2                                                              | 2,2                 | 248,7                | 277                  |
| 4                                                              | 2,2                 | 373,5                | 345,9                |
| 6                                                              | 2,2                 | 474,2                | 440,5                |
| 8                                                              | 2,2                 | 617,6                | 594,3                |
| 10                                                             | 11                  | 636,4                | 583,2                |
| 13                                                             | 20,6                | 689,3                | 657,8                |
| 15                                                             | 49,4                | 719,8                | 682,1                |
| 17                                                             | 68,2                | 737,2                | 708,4                |
| 20                                                             | 85,3                | 762,4                | 746,1                |
| 22                                                             | 109,7               | 789,9                | 771,9                |
| 24                                                             | 117,8               | 803,5                | 773,6                |
| 27                                                             | 129,2               | 819,1                | 792,7                |
| 31                                                             | 155,8               | 847,1                | 817,8                |
| 35                                                             | 171,8               | 867,5                | 841,7                |
| 38                                                             | 181,3               | 872                  | 854,7                |
| 43                                                             | 192                 | 886,6                | 875,7                |
| 50                                                             | 199,9               | 897,9                | 889,6                |
| 56                                                             | 207,1               | 912,6                | 891,8                |
| 83                                                             | 244,2               | 935,6                | 910,9                |
| 100                                                            | 253,4               | 957,6                | 945,2                |

**Şekil 4.43.** Ortalama kümülatif metan değerleri

#### 4.9.1. Diğer laboratuvar analizleri

Organik bir malzemede bulunan karbon ve azotun nispi oranları karbon/azot (C/N) oranı cinsinden ifade edilir. 20-30 arasındaki C/N oranının anaerobik sindirim için optimum olduğu düşünülmektedir. C/N oranı çok yüksekse, azot, protein gereksinimlerini karşılamak için metanojenler tarafından hızlı bir şekilde tüketilir ve artık malzemedeki kalan karbon içeriğine tepki verecek azot mevcut değildir ve biyogaz üretimi sona erer (Abbasi, 2012). Çalışmada elementel analiz sonuçlarında karbon (C) %30,17, Hidrojen (H) %5,4, Azot (N) 0,91 ve Sülfür (S) %0 olarak bulunmuştur. Karışımın C/N oranının yapılan diğer literatür çalışmalara uygunluk gösterdiği görülmüştür. İz elementleri ile ilgili denemeler laboratuvarlardaki cihazların arızalı olmasından dolayı yaptırılamamıştır.

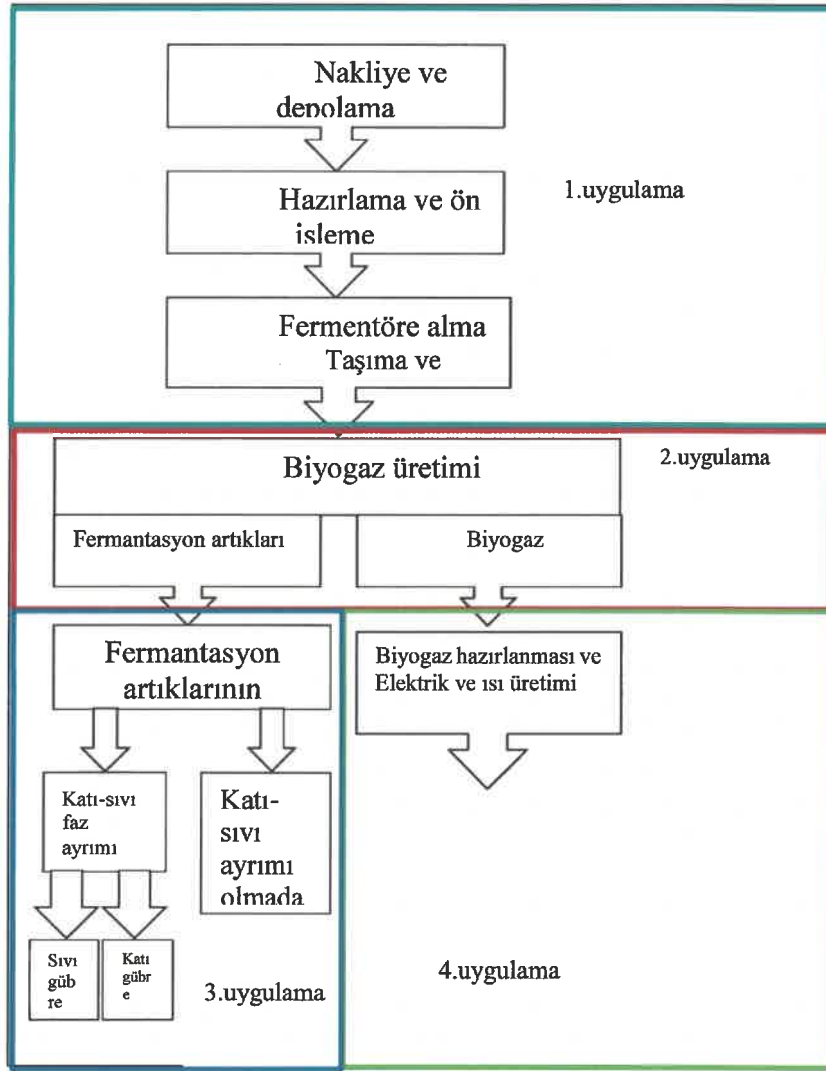
#### 4.10. Biyogaz Tesisi Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi

Bölüm 4.6.'da İhtiyaç Duyulan Enerji Üretim Kapasitesinin Belirlenmesi kısmında Üniversite kampüsünün 3 yıllık elektrik tüketimleri incelenmiş ve bu tüketimler doğrultusunda ortaya çıkan veriler değerlendirilmiştir. Bu verilerde belirtildiği üzere 6 MWh kapasiteli bir tesis kurulması durumunda sistem verimliliğinin aylık ortalamalar düzeyinde olduğu saptanmıştır. Aynı şekilde üniversitenin sürekli kullanımı olan ve değişken olmayan gücünün 6 MW olduğu bulunmuştur. Bu doğrultuda kurulacak tesisin üretmesi gerekli olan elektriksel güç belirlenmiş ve tesis tasarımı için parametreler buna göre değerlendirilmiştir.

##### 4.10.1. Biyogaz Tesis Teknolojisi yönünden yapılan değerlendirme

Şekil 4.39'da belirtildiği gibi biyogaz tesisleri işletme tarzlarından bağımsız olarak dört farklı uygulama adımıyla değerlendirilir;

- 1- Materyal yönetimi (tedarik, depolama, hazırlama, nakliyat ve fermentöre alınma),
- 2- Biyogaz elde edilmesi,
- 3- Fermantasyon atıklarının depolanması, tanktan çıkartılması,
- 4- Biyogazın depolanması, hazırlanması ve değerlendirilmesi (FNR, 2016).



**Şekil 4.44.** Biyogaz üretiminde genel uygulama adımları (FNR, 2016)

Bu uygulama adımları doğrultusunda model bir tesisin tasarımı için öngörülen koşullar Çizelge 4.45’de verilmiştir.

**Çizelge 4.45.** Tesis tasarımı için kullanılan biyogaz ölçüm değerleri

| Projeye ait biyogaz ölçüm değerleri |                              |        |
|-------------------------------------|------------------------------|--------|
| YM                                  | gokm/Lt                      | 9,74   |
| M <sub>OKM</sub>                    | ml CH <sub>4</sub> /gOKM gün | 154    |
| BS                                  | gün                          | 38     |
| OKM                                 | % kg/kg                      | 0,1392 |
| KM                                  | % Kg/kg                      | 0,1715 |
| Seçilen KM                          | % Kg/kg                      | 10     |
| Seçilen OKM (KM’de)                 | % Kg/kg                      | 81     |
| YO                                  | Kgokm/m <sup>3</sup>         | 2,55   |

Tesis kurulumu için belirlenen parametrelerde ilk olarak iki basamaklı bir proses kontrolü seçilmesi ön görülmektedir. Kurulacak tesiste günlük kuru madde yükleme oranı azami %10 kgokm/m<sup>3</sup>gün, karışımındaki OKM oranı ise azami %81 olacaktır. Kullanılacak materyal ön depoda hazırlandıktan sonra pompa yardımı ile fermentöre gönderilecektir. Fermentasyondan sonra materyal taşınacak materyalin miktarına bağlı olarak kepçeli veya yükleyicili traktör kullanılacaktır. Fermentör hacimleri hesaplanırken gereken fermentör hacmi +%10 güvenlik payı bırakılarak değerlendirilmiştir. Tesisin büyüklüğü ile ilgili yapılan hesaplamalar yıllık ihtiyaç duyulan metan miktarı baz alınarak yapılmıştır. Bu miktar 11.422.425 m<sup>3</sup> olup, günlük ihtiyaç duyulan miktar 31.360 m<sup>3</sup> tür. Yapılan denemelerde kullanılan materyal için en uygun bekleme süresinin 38-40 gün olduğu görülmüştür. Uygun bekleme süresi içerisinde üretilen metan miktarı ise 872 m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu veriler doğrultusunda yükleme oranı miktarının günlük yükleme oranının 2,13 kgokm/m<sup>3</sup> olacağı belirlenmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada sadece ot slajı kullanılarak uzun süreli mezofilik koşullar altında yükleme oranının 2 - 2,5 kg oTS / m<sup>3</sup>d<sup>1</sup> olacağı saptanmıştır.

Bu hesaplamalar aşağıda yer alan formüller yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\frac{\text{Günlük ihtiyaç duyulan OKM yükleme miktarı}}{\text{Günlük ihtiyaç duyulan metan miktarı}} = \frac{\text{Materyalin metan üretim potansiyeli}}{\text{Materyalin metan üretim potansiyeli}} \quad (4-1)$$

$$35.970 \text{ kgokm/gün} = \frac{31.366,6 \text{ m}^3 \frac{\text{CH}_4}{\text{gün}}}{872 \frac{\text{m}^3 \text{CH}_4}{\text{CH}_4 \text{gOKM}}} \quad (4-2)$$

$$\frac{\text{Günlük yüklenen KM miktarı}}{\text{Günlük OKM miktarı}} = \frac{\text{OKM oranı}}{\text{OKM oranı}} \quad (4-3)$$

$$44,4 \text{ tonKM/gün} = \frac{35.970 \text{ kgOKM/gün}}{0,81} \quad (4-4)$$

$$\frac{\text{Günlük yüklenen miktarı}}{\text{Günlük KM miktarı}} = \frac{\text{KM oranı}}{\text{KM oranı}} \quad (4-5)$$

$$444 \text{ ton/gün} = \frac{44,4 \text{ tonKM/gün}}{0,10} \quad (4-6)$$

$$\text{Tesis kapasitesi m}^3 = \text{Günlük Yükleme Mik.} * \text{Bekleme Süresi} \quad (4-7)$$

$$16875 \text{ m}^3 = 444 \text{ ton/gün} * 38 \text{ gün} \quad (4-8)$$

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda aşağıda yer alan Çizelge 4.46'da tesise yüklenecek yıllık yaş materyal miktarının 162.060 ton olacağı ön görülmüştür. Tesisin sürekli

beslemeli ve bekleme süresinin 38 gün, brüt fermentör hacminin 16.875 m<sup>3</sup> olacağı yapılan hesaplamalarda saptanmıştır.

**Çizelge 4.46.** Biyogaz tesisi enerji üretim parametreleri

| Biyogaz Tesisi Üretim parametreleri |                                | Yükleme Miktarına göre |            |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------|------------|
|                                     | Birim                          | gün                    | yıl        |
| Tesis kapasitesi                    | m <sup>3</sup>                 | 16.875                 |            |
| Bekleme süresi                      |                                | 38                     |            |
| M <sub>OKM</sub>                    | ml CH <sub>4</sub> /gOKM       | 872                    |            |
| YM                                  | gokm/L                         | 9,74                   | 3.555      |
| Yükleme miktarı                     | ton                            | 444                    | 162.060    |
| Yüklenen KM Miktarı                 | ton                            | 44                     | 16.206     |
| KM oranı                            | %                              |                        | 0,10       |
| Yüklenen OKM miktarı                | kg                             | 35,96                  | 13.126,00  |
| OKM oranı                           | %                              |                        | 0,81       |
| Biyogaz üretimi                     | m <sup>3</sup>                 | 62.721                 | 22.893.244 |
| CH <sub>4</sub> üretimi             | m <sup>3</sup>                 | 31.360                 | 11.446.622 |
| Yükleme Oranı                       | kgOKM/m <sup>3</sup>           | 2,13                   |            |
| Üretimin özgül metan üretim oranı   | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | 1,86                   |            |

Kurulması planan biyogaz tesisinin yükleme miktarının yıllık 162.060 ton, üniversite kampüsü ve yakın çevredeki atıkların toplam miktarının 23.130 ton olduğu bulunmuştur. Bu miktarın tesisin ihtiyacı olan değerin ancak %17,51'ini karşıladığı görülmüştür. Tesisin dışarıdan atık tedarik edilmesi gerekliliğinin oluşabileceği öngörülmekte, ancak kullanılacak atık profilinin %92,24 çim atıklarından oluştuğu için bulunulan bölge itibari ile bunun mümkün olduğu tespit edilmiştir.

Proje çalışmasında ihtiyaç duyulan tesis büyüklüğü üniversite kampüs elektrik ihtiyaçları doğrultusunda öngörülen birleşik ısı geri kazanım (kojenerasyon) ünitesine bağlı değerler Çizelge 4.47'de verilmiştir.

**Çizelge 4.47.** Birleşik ısı geri kazanım enerji üretim sistemi ekipman özellikleri

| Ekipman özellikleri | Birim      |             |
|---------------------|------------|-------------|
| Modül Tipi          | Gaz Motoru | TCG2020 V20 |
| Motor Gücü          | kW         | 2.056       |
| Motor sayısı        | Adet       | 3           |

Seçilecek motor 3 adet 2.056 kW güce sahip toplam güç değeri 6.168 kW büyüklüğünde olan biyogaz motorudur.

Burada 3 adet motor seçilmesi günün farklı saat dilimlerinde en uygun güç çıkışını elde etmek amacıyla. Birleşik ısı geri kazanım sistemine ait işletme parametreleri ise Çizelge 4.48’de belirtildiği gibidir.

**Çizelge 4.48.** Birleşik ısı geri kazanım sistemi işletme değerleri

| Co-Gen işletme değerleri       | Birim               | Miktar     |
|--------------------------------|---------------------|------------|
| Modül Çalışma Saatleri         | saat/yıl            | 8.000      |
| Yakıt Türü                     | CH <sub>4</sub>     |            |
| Yakıt Isıl değeri              | kcal/m <sup>3</sup> | 8.250      |
| Yakıt Tüketimi (+-%5 tolerans) | m <sup>3</sup> /h   | 1.431      |
| Günlük Yakıt Tüketimi          | m <sup>3</sup> /d   | 31.367     |
| Yıllık Yakıt Tüketimi          | m <sup>3</sup> /yıl | 11.448.825 |
| Yağ tüketimi                   | kg/h                | 0,9        |

Birleşik ısı geri kazanım sistemine ait yıllık aktif çalışma saati 8.000 h olarak değerlendirilmektedir. Burada 200 saat sistemin yağlanma ve bakım için beklemeye alınacağı öngörülmektedir. Kullanılacak olan yakıt temizlenmiş metan olacağı ve metanın ısıl değerinin 8.250 kcal/m<sup>3</sup> olduğu, yakıt tüketiminin saatte 1.431 m<sup>3</sup> olacağı düşünülmektedir.

Tasarlanan birleşik ısı geri kazanım sisteminin enerji üretim parametreleri Çizelge 4.49’da verilmiştir. Elektrik üretimi için Cos  $\phi$  değeri 1 kabul edildiği takdirde 6.000 kWh olarak belirlenmektedir.

Bu sistemin iç ihtiyacına bağlı olarak yaklaşık 114 kWh kayıp oluşacağı ön görülmektedir. Bu doğrultuda sistemin net elektrik üretimi 5.886 kWh olarak hesaplanmıştır. Yapılan aylık hesaplamalarda bu kayıplar göz önünde tutulmuştur. Bu şartlar altında yıllık elektrik üretimi 47.088.000 kWh olmaktadır. Sistemden elde edilecek egzoz ısı enerjisi 2.916 kWh, ceket ısısından elde edilecek enerji ise 3.120 kWh olarak öngörülmektedir. İşletmenin toplam ısı üretimi 5.816 kWh olmaktadır.

**Çizelge 4.49.** Birleşik ısı geri kazanım sistemi enerji üretim parametreleri

| Birleşik ısı geri kazanım sistemi enerji üretim parametreleri | Birim   | Miktar     |
|---------------------------------------------------------------|---------|------------|
| Elektrik Üretimi Bütüt( $\cos\phi=1$ )                        | kWh     | 6.000      |
| iç ihtiyaç ve dahili kayıplar                                 | kWh     | 114        |
| Elektrik üretimi Net                                          | kWh     | 5.886      |
| Yıllık Elektrik Üretimi                                       | kWh/yıl | 47.088.000 |
| Yağ tüketimi                                                  | kg/h    | 0,90       |
| Egsoz ısı gücü (+-%8 tolerans)                                | kWh     | 2.916      |
| Ceket ısı gücü(+-%8 tolerans)                                 | kWh     | 3.120      |
| intercooler (+-%8 tolerans)                                   | kWh     | 426        |
| Max toplam ısı üretim kapasitesi                              | kWh     | 6.462      |

Çizelge 4.50’de görüldüğü gibi sisteme ait motor katalog verimlilik değerleri elektrik % 42,87, ısı %42,36 ve toplam verimlilik ise %85,22 olmaktadır.

**Çizelge 4.50.**Birleşik ısı geri kazanım sisteminin santral verimliliği

| Yıllık toplam enerji tüketimine göre santral verimleri |        |
|--------------------------------------------------------|--------|
| Elektrik verimi                                        | 42,87% |
| Isı verimi                                             | 42,36% |
| Toplam verim                                           | 85,22% |

Belirtilen 6 MW gücündeki enerji üretim tesisi analiz verileri sırasıyla aşağıda belirtilen parametreler doğrultusunda değerlendirilmiştir;

#### 4.10.2. Üniversitenin ihtiyaç duyacağı elektrik miktarının belirlenmesi

Çalışmada Üniversitenin 2016 yılı elektrik tüketim değerlerine %10 ilave yapılmak sureti ile tüketimler belirlenmiştir. Yukarıdaki hesaplamalar neticesinde üniversitenin enerji ihtiyacının toplamda 55.734.671 kWh/yıl elektrik tüketimi olacağı tespit edilmiştir.

Biyogaz tesisi parametreleri içinde en önemlisi tesisten üretilcek biyogaz miktarının belirlenmesidir. İhtiyaç duyulan biyogaz miktarı 6 MW gücün sağlanabilmesi için gerekli olan miktardır. Burada yıllık üretilmesi gereken biyogaz miktarı 22.897.650m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Üretilcek elektriğin tüketim saatlerine göre dağılımı gün içerisinde 3 farklı saat diliminde incelenmiştir. Bu değerlerin gün içerisinde ve aylık yüzdelik dağılımları da değerlendirilmiştir. Aynı şekilde kurulacak dönüşüm santralinin üreteceği buhar ve soğutma kapasiteleride bu saat dilimleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Enerji üretim tesisinin ihtiyaç duyduğu biyogaz miktarı, sistem parametreleri doğrultusunda hesaplanmıştır.

#### 4.10.3. Birleşik ısı geri kazanım sisteminin verimi

Yakıtların ısı değerleri birbirinden farklıdır. Biyogazın ısı değeri 4.700-5.700 kcal iken metan gazının ısı değeri 8.250 kcal. civarındadır. Bu ısı değerler yardımı ile bir saatte yakacağımız yakıt miktarını aşağıdaki denklem 4-9 ile hesaplanmıştır. Sistemin saatlik yakıt tüketimi metan için 1.431 m<sup>3</sup> tür.

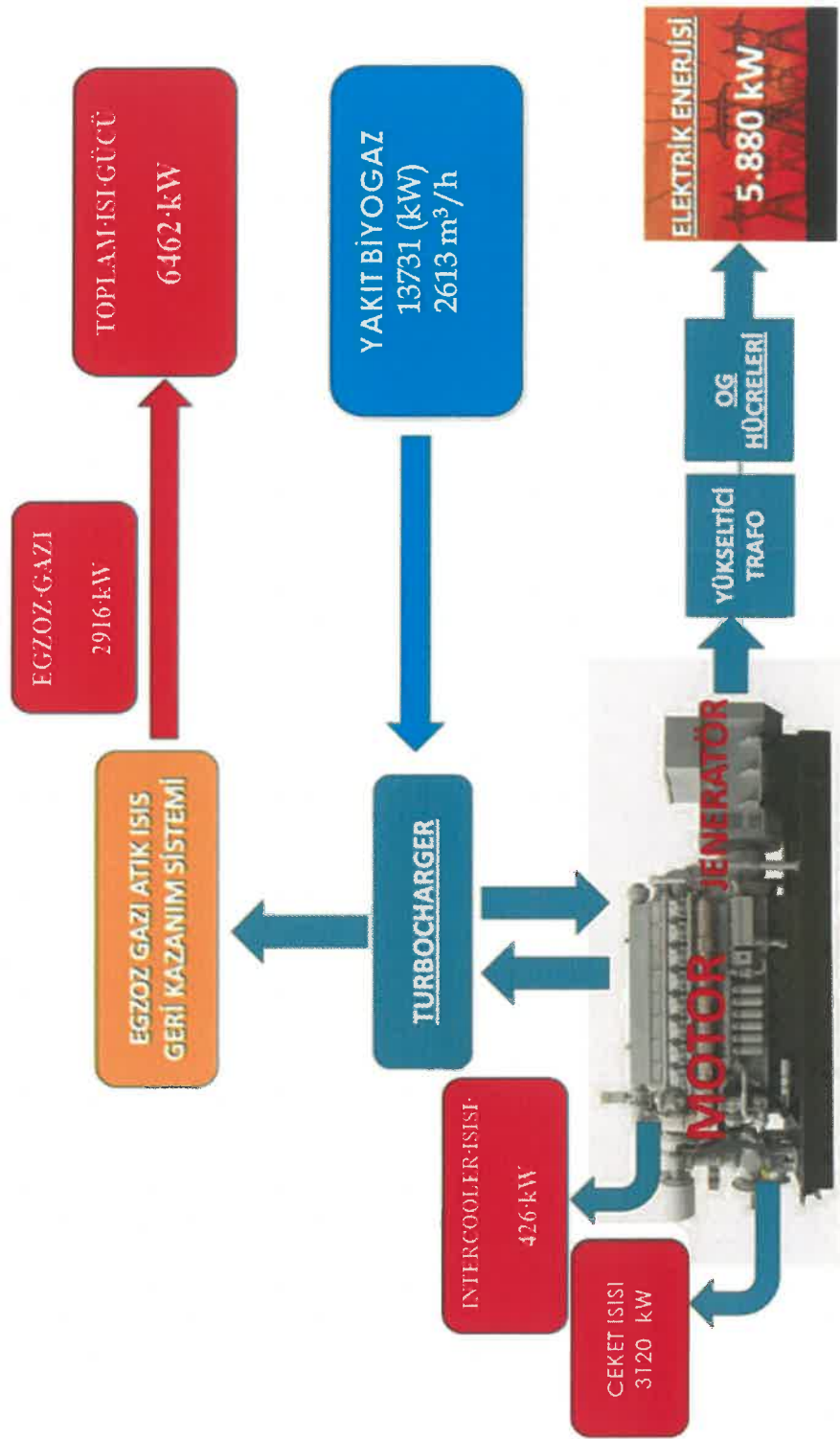
$$\text{Saatlik Yakıt miktarı} = \text{saatlik ısı ihtiyacı} / \text{Kazan verimi} \times \text{Yakıtın ısı değeri} \quad (4-9)$$

Çizelge 4.51’de birleşik ısı geri kazanım elektrik üretim verimi bir başka deyişle sistemin elektrik üretim verimi hesaplanırken motor ve alternatör üzerindeki kayıplarında göz önünde tutulması gerekmektedir. Bu değerler seçilen motor alternatör grubunun katalog değerlerindeki verimlilik parametreleri üzerinden hesaplamalara katılmıştır. Şekil 4.45’de birleşik ısı geri kazanım sisteminden elde edilecek katalog verileri verilmiştir.

Burada seçilen ürünün elektrik üretim kapasitesi 6.000 kW olarak ele alınmıştır. Sistemin elektrik üretim verimi ise 0,80 olarak belirtilmektedir. Aynı şekilde sistemin egzoz enerji kapasitesi en yüksek 2.175 kW, en düşük 861 kW olarak alınmıştır. Sistemin egzoz verimliliği 0,75 dir. Ceket ısısı enerji kapasitesi 2.934 kW’tır. Sistemini ısı üretim kazan verimliliği 0,65 olarak alınmıştır. Aynı şekilde sistemden üretilebilecek soğutma kapasitesi 426 kWh olarak verilmektedir. Çizelge 4.51’de sisteme ait detaylı veriler görülmektedir.

**Çizelge 4.51.** Birleşik ısı geri kazanım sistemi elektrik üretim verileri (MWM, 2018)

|                                                  |                      |          |
|--------------------------------------------------|----------------------|----------|
| Metan ısı değeri                                 | kcal/m <sup>3</sup>  | 8.250    |
| Isı akış katsayısı                               | kW/m <sup>3</sup>    | 0,001163 |
| Birleşik ısı geri kazanım elektrik üretim verimi |                      | 0,8      |
| Birleşik ısı geri kazanım elektrik kapasitesi    | kW                   | 6.000    |
| Egzost enerji kapasitesi ençok                   | kW                   | 2.175    |
| Egzost enerji kapasitesi enaz                    | kW                   | 861      |
| Egzost verimi                                    |                      | 0,75     |
| Ceket enerji kapasitesi                          | kW                   | 2.934    |
| Yakıt tüketimi                                   | kW                   | 13.749   |
| Yakıt tüketimi                                   | m <sup>3</sup> /saat | 1.431    |
| Kazan verimi                                     |                      | 0,65     |
| T1 günlük saat dilimi                            | h                    | 11       |
| T2 günlük saat dilimi                            | h                    | 5        |
| T3 günlük saat dilimi                            | h                    | 8        |
| Soğutma kapasitesi                               | kWh                  | 426      |



**Şekil 4.45.** Birleşik ısı geri kazanım sisitemi katalog verileri görseli

#### 4.10.4. Üniversitenin ihtiyaç duyacağı ortalama güç miktarının belirlenmesi

Çizelge 4.52’de T1, T2, T3 zaman dilimlerinde sistemin ihtiyaç duyacağı ortalama güç miktarı belirtilmiştir. Hesaplamalar yapılırken bu değer ileriki dönemlerdeki tüketim miktarında artış olacağı ön görüşüyle %10 artırılmıştır.

**Çizelge 4.52.** Sistemin ortalama ihtiyaç duyacağı güç

| Ortalama çekilecek güç (kWh) | T1     | T2    | T3    | Toplam ortalama çekilen güç (kWh) |
|------------------------------|--------|-------|-------|-----------------------------------|
| Ocak                         | 6.935  | 5.366 | 3.951 | 16.252                            |
| Şubat                        | 5.742  | 4.488 | 3.507 | 13.737                            |
| Mart                         | 5.967  | 4.921 | 3.657 | 14.545                            |
| Nisan                        | 5.834  | 4.836 | 3.732 | 14.402                            |
| Mayıs                        | 6.533  | 5.488 | 4.165 | 16.186                            |
| Haziran                      | 9.795  | 7.680 | 6.062 | 23.537                            |
| Temmuz                       | 11.094 | 8.927 | 7.271 | 27.292                            |
| Ağustos                      | 12.627 | 9.667 | 7.595 | 29.889                            |
| Eylül                        | 8.239  | 6.513 | 5.259 | 20.011                            |
| Ekim                         | 7.444  | 6.017 | 4.540 | 18.001                            |
| Kasım                        | 5.642  | 4.255 | 3.388 | 13.285                            |
| Aralık                       | 7.827  | 5.453 | 4.286 | 17.566                            |

#### 4.10.5. Üç zaman dilimlerinde tüketilecek güç miktarı

Bir gün içerisinde T1 zamanı olan 06-17 saatleri arasındaki 11 saatlik zaman diliminde tüketilen ortalama güç miktarıdır. Aynı şekilde T2 zamanı olan 17-22 saatleri arası 5 saatlik zaman diliminde ve T3 zamanı olan 22-06 saatleri arası 8 saatlik zaman diliminde çekilen toplam güç miktarını Çizelge 4.53’de hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.53.** Üniversite sisteminin gün içerisinde tükettiği güç miktarı

| Çekilen KWh/gün | T1 (06-17 saatleri) | T2 (17-22 saatleri) | T3 (22-06 saatleri) | Toplam ortalama çekilen güç (kWh) |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Ocak            | 76.285              | 26.830              | 31.608              | 134.723                           |
| Şubat           | 63.162              | 22.440              | 28.056              | 113.658                           |
| Mart            | 65.637              | 24.605              | 29.256              | 119.498                           |
| Nisan           | 64.174              | 24.180              | 29.856              | 118.210                           |
| Mayıs           | 71.863              | 27.440              | 33.320              | 132.623                           |
| Haziran         | 107.745             | 38.400              | 48.496              | 194.641                           |
| Temmuz          | 122.034             | 44.635              | 58.168              | 224.837                           |
| Ağustos         | 138.897             | 48.335              | 60.760              | 247.992                           |
| Eylül           | 90.629              | 32.565              | 42.072              | 165.266                           |
| Ekim            | 81.884              | 30.085              | 36.320              | 148.289                           |
| Kasım           | 62.062              | 21.275              | 27.104              | 110.441                           |
| Aralık          | 86.097              | 27.265              | 34.288              | 147.650                           |

#### 4.10.6. Tüketilen gücün günlük zaman dilimlerindeki dağılım oranı

Çizelge 4.54’de T1, T2, T3 zaman dilimlerinde çekilen gücün yüzdelik dilimleri olarak dağılımları verilmiştir.

**Çizelge 4.54.** Günlük tüketilen gücün farklı zaman dilimlerine göre oranı

|         | T1 % | T2 % | T3 % |
|---------|------|------|------|
| Ocak    | 57   | 20   | 23   |
| Şubat   | 56   | 20   | 25   |
| Mart    | 55   | 21   | 24   |
| Nisan   | 54   | 20   | 25   |
| Mayıs   | 54   | 21   | 25   |
| Haziran | 55   | 20   | 25   |
| Temmuz  | 54   | 20   | 26   |
| Ağustos | 56   | 19   | 25   |
| Eylül   | 55   | 20   | 25   |
| Ekim    | 55   | 20   | 24   |
| Kasım   | 56   | 19   | 25   |
| Aralık  | 58   | 18   | 23   |

#### 4.10.7. Birleşik ısı geri kazanım sisteminden alınabilecek maksimum güç miktarı

Çizelge 4.55’de T1, T2, T3 zaman dilimlerinde birleşik ısı geri kazanım sisteminden alınabilecek maksimum elektrik miktarı kWh cinsinden belirlenmiştir. Aynı zamanda bu veriler üretilen enerji miktarını da göstermiştir.

**Çizelge 4.55.** Birleşik ısı geri kazanım sisteminden alınabilecek maksimum güç miktarı

| BIGK'dan alınabilecek max güç (kWh) | T1     | T2     | T3     | Toplam  |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|---------|
| Ocak                                | 6.000  | 5.266  | 3.851  | 15.117  |
| Şubat                               | 4.594  | 3.590  | 2.806  | 10.990  |
| Mart                                | 4.774  | 3.937  | 2.926  | 11.636  |
| Nisan                               | 4.667  | 3.869  | 2.986  | 11.522  |
| Mayıs                               | 5.226  | 4.390  | 3.332  | 12.949  |
| Haziran                             | 6.000  | 6.000  | 4.850  | 16.850  |
| Temmuz                              | 6.000  | 6.000  | 5.817  | 17.817  |
| Ağustos                             | 6.000  | 6.000  | 6.000  | 18.000  |
| Eylül                               | 6.000  | 5.210  | 4.207  | 15.418  |
| Ekim                                | 5.955  | 4.814  | 3.632  | 14.401  |
| Kasım                               | 4.514  | 3.404  | 2.710  | 10.628  |
| Aralık                              | 6.000  | 4.362  | 3.429  | 13.791  |
| Toplam                              | 65.730 | 56.843 | 46.545 | 169.117 |

#### 4.10.8. Birleşik ısı geri kazanım sisteminden elde edilecek ortalama buhar miktarı

T1, T2, T3 zaman dilimlerinde üniversitenin ortalama buhar ihtiyacı denklem 4-10 ve Çizelge 4.56'da, yine aynı zaman dilimleri içerisinde birleşik ısı geri kazanım ünitesinden alınabilecek maksimum buhar miktarı denklem 4-11 ve Çizelge 4.57'de ve üretilebilecek maksimum soğutma miktarı denklem 4-12 ve Çizelge 4.58'de detaylı olarak hesaplanmıştır.

$$\dot{U}Bi = \left( \frac{\dot{U}Ii}{\text{ayın gün sayısı} \times n} \right) \times \frac{T1\%}{T1} \quad (4-10)$$

ÜBi: Üniversitenin ortalama buhar ihtiyacı kWh/ay

ÜIi: Üniversitenin ısıtma enerji ihtiyacı kWh/ay

T1%: T1 zaman diliminde kullanılan enerjinin yüzde miktarı

T1: T1 zamanında kullanılan süre

**Çizelge 4.56.** Üniversitenin buhar gücü ihtiyacı

| Gün içerisindeki ortalama buhar ihtiyacı gücü (kWh) | T1     | T2     | T3     |
|-----------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| Ocak                                                | 8.535  | 6.604  | 4.863  |
| Şubat                                               | 7.234  | 5.654  | 4.418  |
| Mart                                                | 4.968  | 4.097  | 3.045  |
| Nisan                                               | 1.522  | 1.262  | 974    |
| Mayıs                                               | 1.470  | 1.235  | 937    |
| Haziran                                             | 1.552  | 1.217  | 961    |
| Temmuz                                              | 1.473  | 1.185  | 965    |
| Ağustos                                             | 1.520  | 1.163  | 914    |
| Eylül                                               | 1.537  | 1.215  | 981    |
| Ekim                                                | 1.498  | 1.211  | 914    |
| Kasım                                               | 3.151  | 2.376  | 1.892  |
| Aralık                                              | 3.516  | 2.449  | 1.925  |
| Toplam                                              | 37.976 | 29.669 | 22.789 |

$$BIGK_{maxBG} = \left( \frac{BIGK_{maxgüç}}{BIGK_{maxüretim}} \right) \times \frac{E_{Egzos}}{n_{Egzos}} \quad (4-11)$$

$BIGK_{maxBG}$  : Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum buhar gücü (kWh)

$BIGK_{maxgüç}$  : Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum güç kWh

$BIGK_{maxüretim}$  : Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum kWh

$E_{Egzos}$  : Egzos enerji kapasitesi

$n_{Egzos}$  : Egzos verimi

**Çizelge 4.57.** Birleşik ısı geri kazanım sisteminden alınabilecek maksimum buhar gücü miktarı

| Co-Gen'den Alınabilecek Max Buhar Gücü (kWh) | T1     | T2     | T3     |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| Ocak                                         | 3.107  | 2.727  | 1.994  |
| Şubat                                        | 2.379  | 1.859  | 1.453  |
| Mart                                         | 2.472  | 2.039  | 1.515  |
| Nisan                                        | 2.417  | 2.003  | 1.546  |
| Mayıs                                        | 2.707  | 2.274  | 1.726  |
| Haziran                                      | 3.107  | 3.107  | 2.511  |
| Temmuz                                       | 3.107  | 3.107  | 3.012  |
| Ağustos                                      | 3.107  | 3.107  | 3.107  |
| Eylül                                        | 3.107  | 2.698  | 2.179  |
| Ekim                                         | 3.084  | 2.493  | 1.881  |
| Kasım                                        | 2.337  | 1.763  | 1.404  |
| Aralık                                       | 3.107  | 2.259  | 1.776  |
| Toplam                                       | 34.039 | 29.436 | 24.103 |

$$BIGK_{maxSG} = \left( \frac{BIGK_{maxgüç} \times E_{soğutma}}{BIGK_{maxüretim}} \right) \quad (4-12)$$

$BIGK_{maxSG}$  : Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum soğutma gücü (kWh)

$BIGK_{maxgüç}$  : Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum güç kWh

$E_{soğutma}$  : Soğutma kapasitesi kWh

$BIGK_{maxüretim}$  : Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum kWh

**Çizelge 4.58.** Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek maksimum soğutma gücü

| Co-Gen'den Alınabilecek Max Soğutma Gücü (kWh) | T1    | T2    | T3    |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Ocak                                           | 426   | 374   | 273   |
| Şubat                                          | 326   | 255   | 199   |
| Mart                                           | 339   | 280   | 208   |
| Nisan                                          | 331   | 275   | 212   |
| Mayıs                                          | 371   | 312   | 237   |
| Haziran                                        | 426   | 426   | 344   |
| Temmuz                                         | 426   | 426   | 413   |
| Ağustos                                        | 426   | 426   | 426   |
| Eylül                                          | 426   | 370   | 299   |
| Ekim                                           | 423   | 342   | 258   |
| Kasım                                          | 320   | 242   | 192   |
| Aralık                                         | 426   | 310   | 243   |
| Toplam                                         | 4.667 | 4.036 | 3.305 |

**4.10.9. Birleşik ısı geri kazanım sisteminden elde edilecek ısı miktarı**

T1, T2, T3 zaman dilimlerinde birleşik ısı geri kazanım ünitesinin üretebileceği toplam ısı miktarı denklem 4-9 ve Çizelge 4.59'da detaylı olarak hesaplanmıştır.

$$BIGK_{maxısı} = \left( \frac{BIGK_{T1}}{6000 \times E_{Egzos} \times T1} \right) + \left( \frac{BIGK_{T2}}{6000 \times E_{Egzos} \times T2} \right) + \left( \frac{BIGK_{T3}}{6000 \times E_{Egzos} \times T3} \right) \quad (4-13)$$

$BIGK_{maxısı}$  : Birleşik ısı geri kazanımdan alınabilecek üreteceği ısı miktarı (kWh)

$BIGK_{T1}$  : T1 süresi içindeBIG dan alınan maksimum elektrik (kWh)

$E_{Egzos}$  : Egzos enerji kapasitesi (kWh)

T1: aylık toplam T1 süresi

**Çizelge 4.59.** Birleşik ısı geri kazanım sisteminin üretebileceği ısı miktarı

| Birleşik ısı geri kazanım sisteminin üretebileceği ısı miktarı | kWh/ay     |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| Ocak                                                           | 1.284.327  |
| Şubat                                                          | 948.987    |
| Mart                                                           | 997.452    |
| Nisan                                                          | 986.661    |
| Mayıs                                                          | 1.106.881  |
| Haziran                                                        | 1.404.835  |
| Temmuz                                                         | 1.485.476  |
| Ağustos                                                        | 1.500.750  |
| Eylül                                                          | 1.311.203  |
| Ekim                                                           | 1.237.911  |
| Kasım                                                          | 922.310    |
| Aralık                                                         | 1.203.268  |
| Toplam                                                         | 14.390.062 |

### 3.2.1. Üretim dışı kalan elektrik miktarının belirlenmesi

Birleşik ısı geri kazanım sisteminden üretilecek elektrik miktarının yanısıra eksik kalan elektrik miktarı Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.'den tedarik edilmeye devam edecektir. Ancak bu kurumun özelleştirmesinden dolayı tedarikçi firma farklılık gösterebilir. Özellikle yaz aylarına denk gelen kısımda Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayında ilave elektrik tedarikine ihtiyaç duyulacaktır. Çizelge 4.60'da tedarik edilecek elektrik miktarı görülmektedir.

**Çizelge 4.60.** Tedarik edilecek elektrik miktarı

| TEDAŞ'tan Alınan Elektrik Miktarı | kWh/ay     |
|-----------------------------------|------------|
| Ocak                              | 187.306    |
| Şubat                             | 560.012    |
| Mart                              | 590.261    |
| Nisan                             | 584.590    |
| Mayıs                             | 655.971    |
| Haziran                           | 1.628.527  |
| Temmuz                            | 2.296.189  |
| Ağustos                           | 2.945.808  |
| Eylül                             | 1.023.894  |
| Ekim                              | 731.974    |
| Kasım                             | 543.130    |
| Aralık                            | 814.524    |
| Toplam                            | 12.562.185 |

#### 4.10.10. Birleşik ısı geri kazanım sisteminin üretim verilerinin değerlendirilmesi

Yukarıda belirtilen detaylı hesaplamalar doğrultusunda Çizelge 4.61 hazırlanmıştır.

Çizelgede yer alan parametreler sırasıyla T1, T2, T3 zaman dilimlerindeki ortalama çekilen güç (OÇG) MW cinsinden hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar 3 yıllık süre boyunca günlük ölçümler sonucu alınmış değerlerin karşılaştırılması sonucu elde edilmiştir. Çalışmanın ilk bölümü olan elektrik tüketimleri bölümünde detaylı olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.61’de yer alan bir sonraki kısmın ise, birleşik ısı geri kazanım sisteminde üretilebilecek maksimum elektrik miktarını göstermektedir. Burada T1, T2, T3 zaman dilimlerinde üniversitede tüketilen ortalama güçten az olmamak kaydı ile birleşik ısı geri kazanım sisteminin elektrik üretim kapasitesinin yüzde 80 verimle çalışılmasında üretilebilecek elektrik miktarını göstermektedir. Üniversitenin Ortalama Buhar İhtiyacı (OBİ) yukarı detaylı şekilde hesaplanmış ve Çizelge 4.61’de BIGK BG, birleşik ısı geri kazanım sisiteminden elde edilebilecek buhar gücü olarak gösterilmiştir.

Üniversitenin elektrik enerjisi talebi, mevsimlik, günlük ve saatlik farklılıklar göstermektedir. En yüksek yük 12,63 MWh ile en düşük yük 3,51 MWh arasında 4 kata kadar bir farklılık tespit edilmiştir. Talebin kendine özgü bu yapısı ve elektrik enerjisinin depolanamaması nedeniyle, yük-talep eğrisine en iyi şekilde cevap verebilecek bir santral sisteminin kurulması gerekmektedir. Bu yüzden önerilen 6 MWh kapasite için Akdeniz Üniversitesinin maksimum enerji ihtiyacının karşılanması ve optimal düzeyde sistemin verimliliğinin sağlanması amaçlanmıştır.

Çalışmada seçilen kapasite yatırım ve işletme maliyetleri yönünden değerlendirilmiş, mevsimlik ve günlük değişen yük-talep eğrilerindeki farklılıklar açısından incelenmiştir. Enerji talebinin gelişimi de göz önünde tutularak bu talebi en uygun karşılayacak biyogaz motor grubu seçilmiştir. Seçilen motor grubu 2 MW lık güçte 3 adet motor grubundan oluşmaktadır. Bunun avantajı farklı zaman dilimlerinde ihtiyaca bağlı olarak iki kademeli veya üç kademeli çalıştırma imkanı sunacak olmasıdır. Bu seçim en düşük kayıp ve maliyetlerle karşılayabilecek optimal üretim ve iletim sistem planları değerlendirilerek yapılmıştır. 6 MWsaat kapasiteli tesisin sistem verimliliğinin %86, elektrik ve ısı enerjisi ihtiyacının karşılanma oranlarının ise sırasıyla %84 ve %86 olduğu hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar neticesinden üniversitenin enerji ihtiyacının büyük oranda karşılanacağı eksik kalan ihtiyacın ise yine mevcut durumda olduğu gibi şebekeden temin edileceği öngörülmektedir.

Ön Fizibilite Raporunda önerilen 6 MWh kapasiteli birleşik ısı geri kazanım ünitesi için Akdeniz Üniversitenin öncelikli ihtiyacı olan elektrik enerjisi ve ısıtma enerjisi ön planda tutulmuştur. Konuyla ilgili yatırım sürecinin başlatılması öncesinde mutlaka bu raporda önerilen 6 MWh kapasiteli birleşik ısı geri kazanım ünitesi atık ısılarının soğutma enerjisi için de kullanılması olanakları detaylı olarak incelenmelidir. Özellikle Hastane bölümünün soğutma enerjisi için öncelikli bölümler belirlenip saha çalışmaları yapılarak, teknik çalışmalarda müstakil alanlar için avantaj ve dezavantajları belirlenmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.61. 6000 kW kapasiteli birleşik ısı geri kazanım sistemin aylık verileri

| TANIM                                   | OCAK    | ŞUBAT   | MART    | NİSAN   | MAYIS   | HAZİRAN | TEMMUZ  | AĞUSTOS | EYLÜL   | EKİM    | KASIM   | ARALIK  | ORTALAMA |
|-----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| T1 OÇG (MW)                             | 6,94    | 5,74    | 5,97    | 5,83    | 6,53    | 9,80    | 11,09   | 12,63   | 8,24    | 7,44    | 5,64    | 7,83    | 7,81     |
| T2 OÇG (MW)                             | 5,37    | 4,49    | 4,92    | 4,84    | 5,49    | 7,68    | 8,93    | 9,67    | 6,51    | 6,02    | 4,26    | 5,45    | 6,13     |
| T3 OÇG (MW)                             | 3,95    | 3,51    | 3,66    | 3,73    | 4,17    | 6,06    | 7,27    | 7,60    | 5,26    | 4,54    | 3,39    | 4,29    | 4,78     |
| T1BIGK(kW)                              | 6000,00 | 5742,00 | 5964,00 | 5834,00 | 6000,00 | 6000,00 | 6000,00 | 6000,00 | 6000,00 | 6000,00 | 5642,00 | 6000,00 | 5932,00  |
| T2BIGK (kW)                             | 5366,00 | 4488,00 | 4921,00 | 4836,00 | 5488,00 | 6000,00 | 6000,00 | 6000,00 | 6000,00 | 3242,00 | 4255,00 | 5453,00 | 5171,00  |
| T3BIGK (kW)                             | 3651,00 | 3507,00 | 3657,00 | 3732,00 | 4165,00 | 6000,00 | 6000,00 | 6000,00 | 5259,00 | 4540,00 | 3388,00 | 4286,00 | 4515,00  |
| T1 OBİ (ton/h)                          | 7541,00 | 6355,00 | 4397,00 | 1329,00 | 1328,00 | 1371,00 | 1300,00 | 1278,00 | 1332,00 | 1252,00 | 2643,00 | 2904,00 | 2752,00  |
| T2 OBİ (ton/h)                          | 5682,00 | 5031,00 | 3508,00 | 1090,00 | 1036,00 | 1066,00 | 1022,00 | 1042,00 | 1081,00 | 1061,00 | 2298,00 | 2283,00 | 2183,00  |
| T3 OBİ (ton/h)                          | 4042,00 | 3629,00 | 2539,00 | 833,00  | 760,00  | 790,00  | 807,00  | 824,00  | 835,00  | 849,00  | 1611,00 | 1765,00 | 1607,00  |
| T1 BIGK BG (ton/h)                      | 2527,00 | 2376,00 | 2494,00 | 2197,00 | 3107,00 | 3107,00 | 3107,00 | 3107,00 | 3107,00 | 1981,00 | 2000,00 | 2092,00 | 2600,00  |
| T2 BIGK BG (ton/h)                      | 1904,00 | 1881,00 | 1990,00 | 1801,00 | 3107,00 | 3107,00 | 3107,00 | 3107,00 | 3107,00 | 1679,00 | 1739,00 | 1644,00 | 2348,00  |
| T3 BIGK BG (ton/h)                      | 1355,00 | 1357,00 | 1440,00 | 1376,00 | 1927,00 | 2078,00 | 3107,00 | 3107,00 | 2258,00 | 1344,00 | 1219,00 | 1272,00 | 1820,00  |
| BIGK Çalışma Yüklü Verimi (%)           | 0,77    | 0,69    | 0,75    | 0,73    | 0,91    | 0,86    | 0,95    | 0,99    | 0,99    | 0,64    | 0,60    | 0,75    | 0,80     |
| Elektrik İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%) | 0,80    | 0,80    | 0,80    | 0,80    | 0,79    | 0,76    | 0,74    | 0,75    | 0,75    | 0,80    | 0,80    | 0,80    | 0,78     |
| Isıtma İhtiyacı Karşılama Yüzdesi (%)   | 0,34    | 0,37    | 0,57    | 0,96    | 0,96    | 0,96    | 0,96    | 0,96    | 0,96    | 0,96    | 0,76    | 0,72    | 0,79     |

#### 4.11. Biyogaz Tesisi İnşaatının Teknik Değerlendirmesi

İhtiyaç duyulan enerjinin karşılanması için gerekli olan tesisin kapasitesi ve büyüklükleri belirlenmiştir. Buna göre materyalin ön hazırlık kısmından başlayarak sırasıyla yapılacak işlemlere bakılacak olursa şu şekilde sıralanacaktır. Öncelikle materyal miktarının fazla olmasından kaynaklı olarak tesis alanı içerisinde silaj alanı planlanmıştır. Sıvı olarak tedarik edilen materyaller için ara depo olarak çelik tankların kullanılması öngörülmektedir. Şekil 4.46'da yapılması planlanan biyogaz tesisine örnek teşkil edebilecek bir görsel bulunmaktadır.



Şekil 4.46. Örnek bir biyogaz tesisi (Enerjiportali, 2018)

Karıştırma, parçalama ve pompalama düzenekleri bu çelik tanklar içerisinde bulunacaktır. Yükleme için hazırlanan materyal yüksek basınca dayanımlı borular ile fermentör tanklarının içine pompalanacaktır. Fermentör içi doluluk oranı ölçümü, hat üzerinde oluşabilecek kaçak ve arıza tespiti kontrol edilecektir. Fermentör beslemesi için aynı zamanda katı madde girişinin helezonlar yardımıyla yapılacağı bir düzenek oluşturulacaktır. Burada basınç pistonları ve tartı düzeneği yer alacaktır.

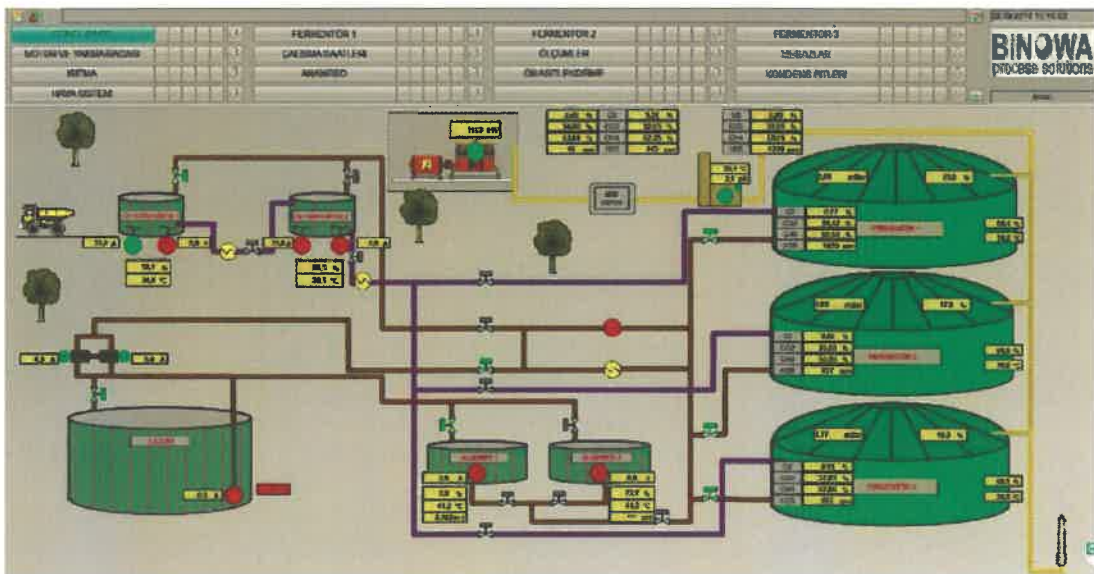
Fermentörler yer üstünde kurulu olacaktır. Fermentör içinde bir ısıtma sistemi ve bu ısıtma sisteminin birleşik ısı geri kazanım sistemi ile bağlantılı olarak üretilen atık ısının kullanımına uygun şekilde tasarlanması sağlanacaktır. Fermentör tankları ısı yalıtımına uygun malzeme ile kaplanacaktır. Fermentör içerisindeki durumun gözle kontrolünün sağlanabilmesi için gaz geçirmez tank kapağı fermentör içi basınca dayanıklı olacak şekilde tasarlanacaktır. Materyal ve gaz hatlarının, ölçüm ve kumandanın sağlanabilmesine uygun şekilde tasarlanması ve güvenlik tekniklerini içeren özelliklere sahip olması gerekmektedir.

Kurulacak fermentör tankının büyüklüğüne bağlı olarak iki adet karıştırıcısının olmasının uygun olacağı, bu karıştırıcıların güçleri  $10 \text{ kW/m}^3$  ile  $30 \text{ kW/m}^3$  arasında olacağı ön görülmüştür. İki adet  $8000 \text{ m}^3$  fermentörün tesisin ihtiyacını karşılayacağı öngörülmektedir. Çıkan malzemenin depolanması için minimum 1 aylık depolama

kapasitesine sahip ve %10 güvenlik payı olan bir fermantasyon artığı deposuna da proje kapsamında ihtiyaç duyulacağı belirlenmiştir. Günlük yüklenen materyalden yola çıkılarak bu tankın yaklaşık 10.000 m<sup>3</sup> lük son deponun olması öngörülmektedir. Oluşan gazların depolanması için fermenterler üzerinde membran kaplanması ve bir gaz depolama çatısı oluşturulması düşünülmüştür.

BMP denemeleri sonucunda yapılan ölçümlerde üretilen biyogaz içerisinde yaklaşık olarak %50 oranında metan olduğu belirlenmiştir. Gaz içerisinde bulunan hidrojen sülfürün temizlenmesi işlemine ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Bu işlem birleşik ısı geri kazanım sisteminde oluşabilecek zararların önlenmesi açısından önemlidir. Desülfürizasyon için kullanılacak yöntem, oluşan biyogazın alım noktasında kontrollü bir şekilde hava oksijen karışımı ile sağlanabilmektedir. Oluşan gaz, fermentörün çatı kısmında toplandıktan sonra bir blower ile fermentöre yani gaz çıkışının başlangıç noktasına yakın bir yerden emilmesi ile yapılabilir. Emilen gaz iletim boruları üzerinde çeşitli yoğunlaşma çukurları oluşturularak tasfiye edilebilir. Bu aşamadan sonra oluşan gaz motoruna uygun basıncın ayarlanması ile iletilebilir. Projede 2000 kW güç kapasiteli 3 adet gaz motoru kullanılmasının uygun olacağı, bu motorların yılda 8000 saat tam yükte çalışma kapasitesinin olacağı öngörülmektedir. Gaz ikmali için doğal gaz hattının bulunduğu giriş kısmına bağlantı yapılması, tesisin kurulacağı yerin ana gaz giriş hattından uzak bir yerde konumlandırılmasının ekonomik ve teknik açıdan daha uygun olacağı düşünülmüştür.

Seçilecek olan birleşik ısı geri kazanım ünitesinin çift yakıtlı motor veya biyogaz motor bloğundan oluşacağı, jeneratör, ısı değiştirici, ısı dağıtıcı, soğutucu, kumanda, gaz hatları, ölçüm, kumanda ve güvenlik tekniği, ısı değiştiriciler ve elektrik sayacı, sensörler, yoğunlaşma suyu ayırıcısı, basınçlı hava istasyonu, yağ tankı gibi sistemleri barındıracağı, gerektiğinde daimi gaz tedarikçisinden gaz almaya uyumlu olması öngörülmüştür. Şekil 4.47. deki örnek çizimde görüleceği gibi biyogaz tesisinin kontrolü PLC bazlı görselleştirilmiş bir program yardımıyla yapılacaktır.



**Şekil 4.47. Biyogaz tesisi PLC otomasyonu**

Kumandanın ve kontrolün PLC sistemi ile yapılması tesisin güvenlik ve arıza durumlarının hızlı gözlenmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Bu parametreler doğrultusunda Akdeniz Üniversitesi elektrik ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli olan gücün 6 MW'lık kısmı sürekli kullanıma tabidir. Şekil 4.48'de biyogaz tesisi vaziyet planı yer almaktadır. Kurulum yeri olarak kampüs alanı içerisine hastane ısı merkezi yakının da bir alanın olması uygun görülebilir. Bu şekilde ısı transfer kayıpları minimuma indirilmiş olacaktır. Aynı şekilde bu bölgede elektrik orta gerilim şebeke hattına da direk bağlantı sağlanabilecektir. Şekil 4.49'de ise biyogaz tesisine ait proses çizimleri yer almaktadır. Hazırlanacak projede kullanılacak sistem sırasıyla aşağıdaki gibidir.

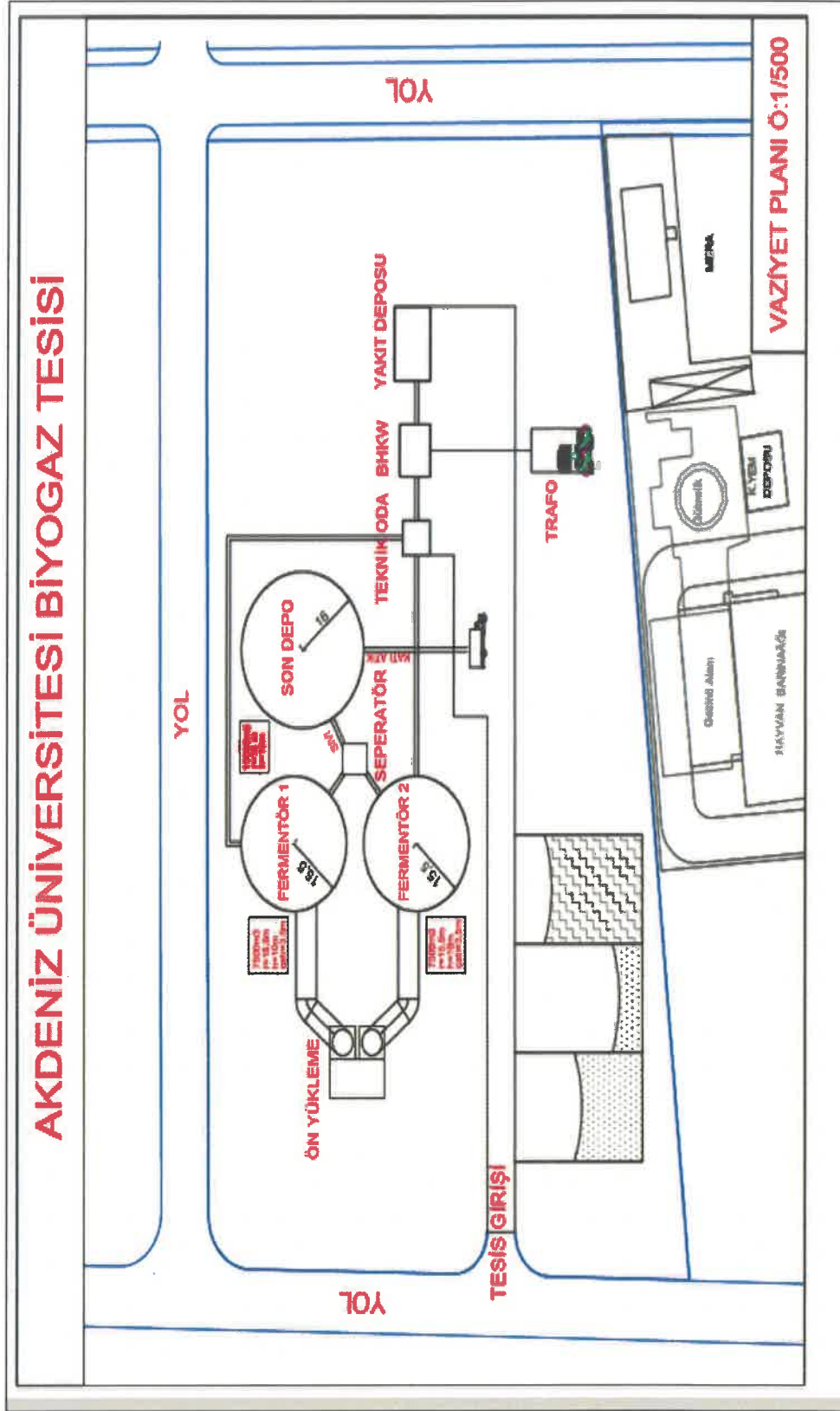
#### 4.11.1. Fermentör imalatı

Proje kapsamında seçilmiş olan fermentörlerler 8000 m<sup>3</sup> büyüklüğünde ve üst kısımlarında gaz depolama tankı olarak kullanılacak olan membranlı bir yapıdan oluşmaktadır. Üretilen gaz bu membran tabaka içerisinde depolanacaktır. Gaz akış yolu üzerinde bakım çalışmalarında kullanılmak üzere bir bypass hattı bırakılacak ve bu hat gaz depolarında ve fermentör üzerinden manuel kontrol edilebilir düzenekte olacaktır. Gaz depolama ile fermentör arasındaki kısmın kesme vanası yardımı ile gazdan arındırılmış duruma getirilmesi için gerekli kesme vanaları tasarlanacaktır. Gerekli olduğu durumlarda bir mobil gaz ölçüm cihazlarının kullanımı için ölçüm noktalı bırakılacaktır. Gaz depolama tankının dolum seviyeleri ölçümlenebilecek şekilde düzenlenecektir. Bu ölçümden bağımsız olarak gaz depolama tankının seviyesi gözle kontrol edilebilir olacaktır.

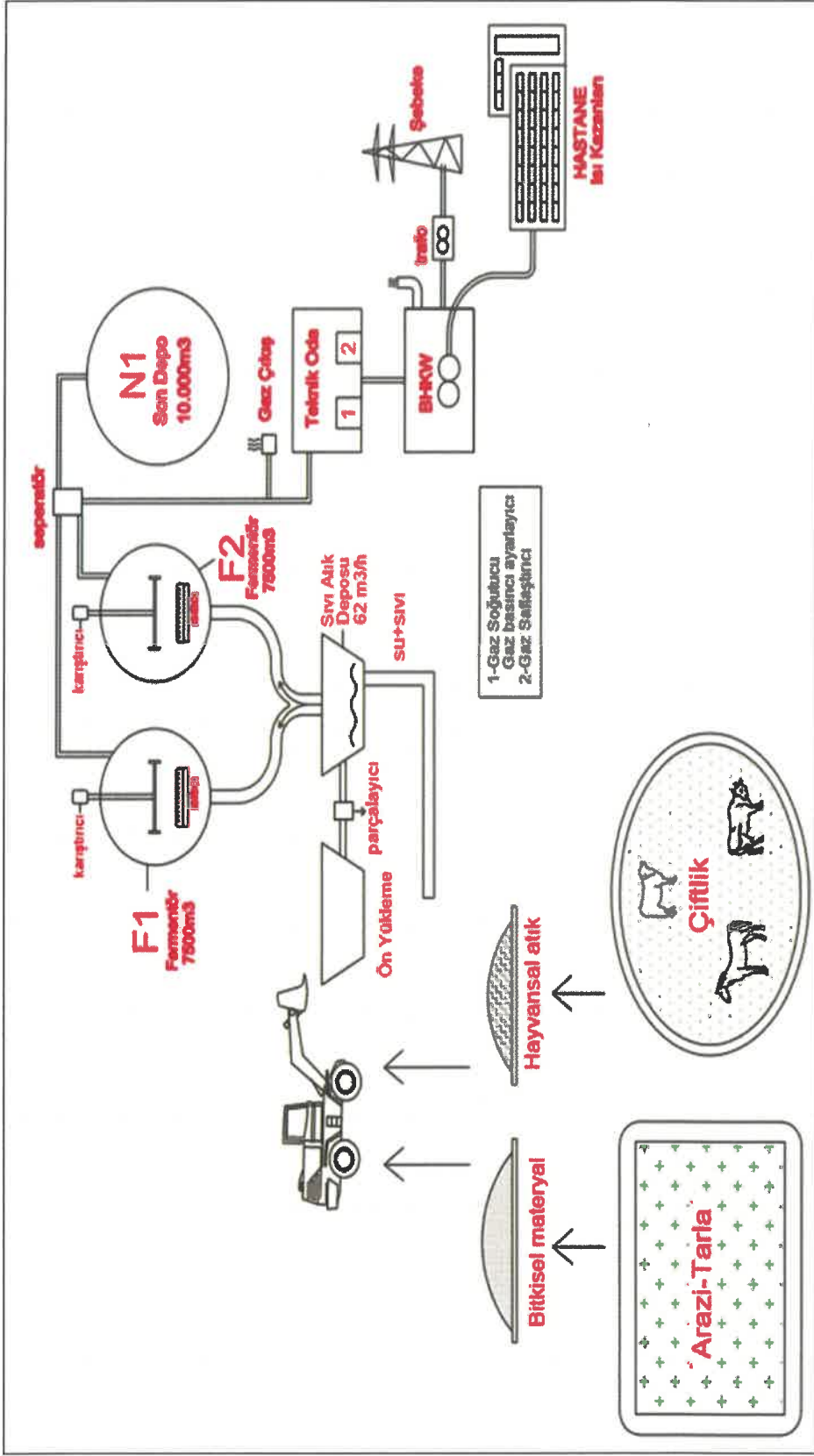
Fermente edilecek materyal yoğun şekilde çim atığından oluşmaktadır. Çim atıkları lifli bir yapıya sahip oldukları için çok hızlı şekilde yüzeyde gaz sızdırmaz bir tabaka oluşturacağı için bu atık fermentöre katılmadan önce ezilecek ve fermentör içerisinde iyi bir şekilde karıştırılacaktır. Fermentör boyutları ve kullanılan materyal özelliğinden dolayı en az iki karıştırıcı olması gerekmektedir.

Gaz çıkışı fermentör içerisinde olacağı için, üst patlama sınırı değerlendirmesi yapılmak suretiyle fermentöre içinde uygun gaz alanı sağlanacak şekilde tasarlanacaktır. Arıza durumunda vakum emniyet cihazlarından hava emilmek suretiyle fermentör içerisindeki gazın tahliyesi için uygun tedbirler alınacaktır. Normal çalışma koşullarında gaz çıkış noktalarında biriken gaz hava oranının %6'nın altında olacağı öngörülmektedir. Biyogaz çıkışlarındaki ani düşüş ve kaçışların önlenmesi için güvenlik tedbirleri otomasyon kontrolü ile sağlanacaktır. Patlamalardan korunmak için karıştırıcılara ait motorların elektrik aksamaları her zaman fermentör dışında yer alacak şekilde tasarlanacaktır.

Şekil 4.50'de görüleceği üzere fermentör üzerinde membran bir gaz depolama alanı yer alacaktır. Fermentör üzerinde yer alacak çift katlı membranlı gaz deposu içerisinde iki katman yer alacaktır. İkinci katman dıştan görüldüğünde gergin ve sabit bir yapıya sahip olacaktır. İç kısımda yer alacak ilk katman ise gazın içeride depolanabilmesi için esnek bir yapıda olacaktır.

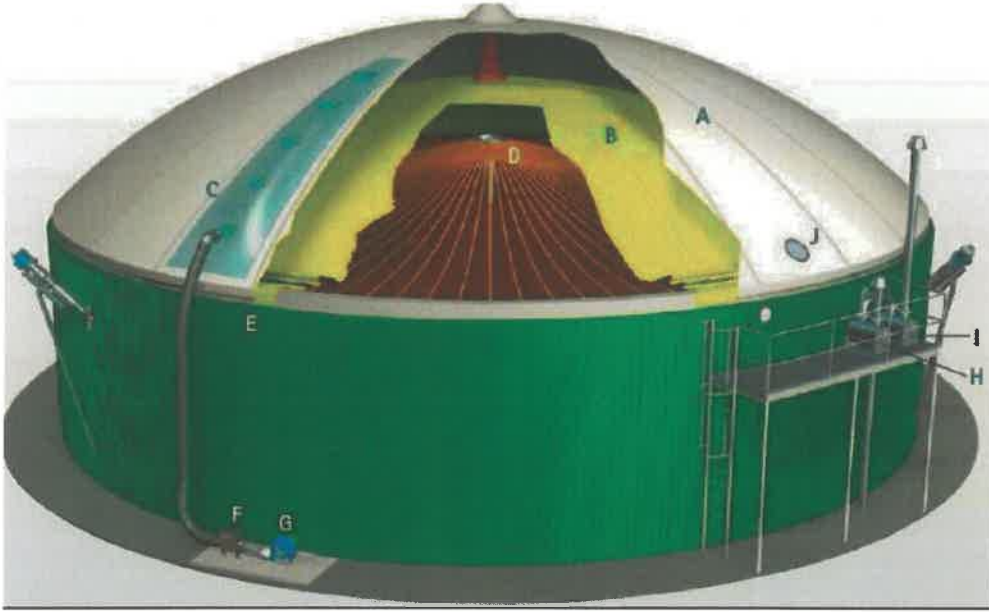


Şekil 4.48. Biyagaz tesisi vaziyet planı



Şekil 4.49. Biyogaz tesisi proses şeması

Gaz dolumu gerçekleştiğinde iç katman şişerek gaz depolama işlemi gerçekleşecektir. İki katman arasında bir hava boşluğu bulunacak ve bu boşluk dengeleme alanı ve gaz basıncının sabit kalmasını sağlayacaktır. Basınç dengeleme hidrolik aşırı basınç ve düşük basınç emniyet kontrol üniteleri ile sağlanacaktır. Bu seviyelerin kontrolü otomasyon sistemi tarafından kontrol edilecektir. Aşırı basınç ve düşük basınç sistemleri, enerji besleme hatlarını direk kapama özelliğine sahip olacaktır. Gaz çıkış borularında ani gaz çıkışlarında güvenlik tedbiri olarak açık havaya çıkış noktaları bırakılacaktır. Böylelikle bina içerisine aşırı gaz girişi önlenmiş olacaktır.



**Şekil 4.50.** Fermentör gaz depolama kısmı

Gaz depolama için kullanılacak membranın özellikleri açısından değerlendirildiğinde ; yırtılma mukavemeti ve maksimum gerilme mukavemetinin en az 3000 N/ 5 cm, gaz geçirgenliğinin maksimum 1000 ml /m<sup>2</sup>d bar, sıcaklık dayanımının - 30 °C ile +70 °C arasında olması,yüzey direncinin 109 ohm (% 50 nispi nem ve 23 °C'de) veya 1011 ohm (% 30 bağıl nem ve 23 °C'de ölçülen) olması gerekmektedir.UV direncinin UV-maruz kalan membranlar için uygunluk süresinden az olmamalıdır. Yanma sınıfı (dış zar için): EN 13501-1'e uygun olmalıdır.

#### 4.11.2. Gaz taşıma sistemi imalatı

Gaz boruları ve hatları 100 mbar çalışma basıncına dayanıklı özelliğe sahip olacaktır. Dış yüzeyde ve bina içerisinde kullanılacak gaz boruları korozyona dayanıklı çelikten imal edilecektir. Yer altı gaz boruları ise tesisat boyunca uyarı bandı ile işaretlenecektir. Gaz boru hatlarının aşırı yüklenmeyecek şekilde dizayn edilmesine dikkat edilecektir. Yer üstü borularında ısı yalıtım malzemeleri yanmaz malzemeler (taş yünü) ile yapılacaktır (FNR, 2013).

Plastik gaz borularında kaynak bağlantıları ilgili yönetmeliklerde belirtildiği gibi sertifikalı ürün ve ehil kişiler tarafından yaptırılacaktır. Borular PE sistemden çelik

malzemeye`geçişlerinde test edilmiş uygun malzemeler kullanılacak, presli bağlantılar ve paslanmaz çelik oluklu borular kullanılmayacaktır. Gaz tankları ve gaz taşıma sisteminde kullanılan hatlarda açma ve kapama cihazları manuel kullanıma uygun şekilde tasarlanacaktır. Açma ve kapama vanalarına kolay ulaşım sağlanabilecek, aşırı ve düşük basınç testlerinin yapılabilmesi için cihazlar arasında bir kaç tane açma kapama tertibatı yerleştirilecektir (FNR, 2013).

Gaz boruları güzergahı üzerinde drenaj hatları yer alacaktır. Oluşan yoğuşmanın toplanacağı şekilde uygun bir eğimle gaz boru hattı tasarlanacaktır. Burada gaz hattının uzunluğuna bağlı olarak kondens menholleri bırakılacaktır. Kondens hatları korozyona dayanıklı çelikten imal edilecektir. Gaz boruları üzerinde yerleştirilmiş gaz analiz hatları üzerinde sürekli kontroller sağlanacaktır. Gaz analizörü gaz çıkış hattı üzerinde konumlandırılacaktır. Her gaz cihazından önce bir alev tutucu monte edilecektir. Şekil 4.51’de biyogaz tesisi gaz kontrol hatları gösterilmektedir



**Şekil 4.51.** Biyogaz tesisi gaz kontrol hatları.

#### **4.11.3. Gaz hazırlama desülfürizasyon sistemi**

Fermantasyon tankların içerisinde gaz odalarına direk hava eklenmesi ile kükürt giderme işlemi yapılacaktır. Hava ölçüm pompası, gaz hatları güzergah boyunca üretilen biyogaz hacminin % 6’lık kısmını karşılayacak şekilde ayarlanacaktır. Gaz hatlarına giden besleme hatlarında geri dönüşüz vanalar kullanılacak ve gaz kaçakları önlenecektir. Bu aşamada oluşacak atık sular düzenli şekilde alınacaktır.

#### **4.11.4. Biyogaz tesisi betonarme imalatı**

Tesis inşaat projesi ilgili yasa ve yönetmelikler kapsamında hazırlanmıştır. Özel güvenlik tedbirlerinin yanısıra inşaat EN1990, 1992, ve 1999 standartlarına uygun olarak düzenlenmelidir. Ön fermantasyon tankı ve fermentör tankı masif betonarmeden oluşacak ve duvarlar yekpare özelliğe sahip olacaktır. Statik tasarım herbir parça için ayrı ayrı yapılabilir. Temel kazımı, malzeme yükleme kanalları ve tank alanları sıvı sızdırmaz atık malzemeye dayanıklı malzemedan imal edilecek, en az C30 beton kullanılacaktır.

Betonarme yapı B sınıfı yapı özelliğine haiz olacaktır. Şekil 4.52’de örnek biyogaz tesisi betonarme inşaatı görülmektedir.



Şekil 4.52. Örnek biyogaz tesisi betonarme inşaatı (Enerji portalı, 2018)

Kullanılacak derz malzemeleri ve tamamlayıcı harçlar tamamen aside dayanıklı malzemelerden oluşacaktır. Yeraltı sızdırmazlığı ve yüzey deformasyonunun önlenmesi için taban kısmı en az 100 cm kalınlığında ve  $120 \text{ min/m}^2$  deformasyona dayanımlı olacaktır. Kullanılacak yüzey kaplamalarında boşluk oluşturmayacak malzemeler tercih edilecek ve sıva yüzeyler %97 boşluksuz oluşacak şekilde yapılacaktır. Donmaya karşı dayanımlı bir malzeme kullanılacaktır. Temel betonunda kaplama malzemesi 4 veya 5 cm kalınlığa sahip sıcak püskürtmeli yekpare döşenecek şekilde olacak ek veya yama yapılmayacak, sıkıştırılmış beton kullanılacaktır. Sıvı gübre ve atığın ilk yükleme depolarında oluşabilecek gaz birikmesine karşı bu alanlar atmosfere açık şekilde tasarlanacaktır.

Biyogaz tesislerine yetkisiz kişilerce girişin engellenmesi amacı ile erişim yolları ve tesis etrafı çitler ile muhafaza altına alınacaktır. Bina yüksekliğine bağlı olarak 1m ile 2m arasında parapetler yapılacaktır. Atık kanalları düşme tehlikesine karşı üstü kapatılacak veya kenarlarına uyarıcı bariyerler yerleştirilecektir. Fermentör üstüne çıkış yolları güvenlik önlemleri ile donatılacak, merdivenler 1,2 m’den geniş olacak, her iki tarafta korkulukla desteklenecek, merdivenlerin net genişliği 60 cm’den az olmayacaktır. Şekil 4.53’de biyogaz tesisi fermentör içi ısıtıcı sistemi görülmektedir.



**Şekil 4.53.** Biyogaz tesisi fermentör içi ısıtma sistemi

#### 4.11.5. Ön yükleme deposu ve pompalar

Sıvı gübre ve atığın ilk yükleme depolarında oluşabilecek gaz birikmesine karşı bu alanlar atmosfere açık şekilde tasarlanacaktır. Ön yükleme deposu, fermentör ve son depoda kullanılacak pompalar, düşük seviyede ve sıvı içerisinde çalışabilir özellikte olacaktır. Gerekli koşulları sağlayan elektrik aksamı ile çalışması sağlanacaktır. EN 1127-1 standartlarında koruma önlemleri alınacaktır. Şekil 4.54’de örnek bir ön yükleme deposu görülmektedir.



**Şekil 4.54.** Biyogaz ön yükleme deposu (walker-technik.de, 2019)

#### 4.11.6. Elektrik tesisatı

Elektrik sistemleri düzenlenirken EN 61508 ve 61511 elektrik ve programlanabilir elektrik sistemlerinin düzenlenmesine yönelik ilgili yönetmeliklere uygun, patlayıcı ortamlarda kullanılan malzeme standartlarında ürünler tercih edilecektir. Elektrik tesisatı yapılırken korozyondan korunmasına dikkat edilecektir. Biyogaz tesisi ile elektrik şebeke bağlantıları arasındaki mesafede yeraltı ve yerüstü enerji hatları uygun kazı ve koruma önlemleri alınarak elektrik iç tesisat yönetmeliği doğrultusunda yapılacaktır.

#### 4.11.7. Birleşik ısı geri kazanım sistemi

Elektrik ve ısı üretimi için biyogaz jeneratörleri kullanılacaktır. Seçilmiş olan birleşik ısı geri kazanım sistemi ile ihtiyaç duyulan elektrik, ısı ve soğutma güçleri sağlanacaktır. Bu imalatlar biyogaz tesisinden ve üniversitenin ısı merkezinden uzak bir yerde olmayacak, burada üretilen elektrik üniversitenin kendi ihtiyacı için değerlendirilecektir. Üretilen ısı hastaneye buhar veya ihtiyaca göre sıcak su olarak verilecektir. Aşağıda yer alan şekil 4.55’de kullanılacak olan birleşik ısı geri kazanım sistemi taslak resmi ve örnek bir resim görülmektedir.



Şekil 4.55. Birleşik ısı geri kazanım sistemi

#### 4.11.8. Yıldırımdan korunma ve topraklama tesisatı

Biyogaz tesinin tüm parçaları EN62305-3 uyarınca yıldırımdan koruma sistemi ile doğrudan korumalı olacaktır. Fermenterler, serbest duran gaz deposu, desülfürizasyon tesisleri, acil gaz tahliye bacası, trafo jeneratör binası, operatör binası yüksek koruma tedbirleri ile donatılacaktır. Güvenlik cihazlarının ankraj bağlantıları sürekli sabit tutulacaktır. Elektrostatik yünden bina içi ve dışı yalıtımlı olacak ve topraklama temel topraklama ile birlikte değerlendirilecektir. Oluşacak kaçak veya harmoniklerin önlenmesi için bina toprağı ile şebeke arasında eş potansiyel bara düzenlenecektir.

#### 4.11.9. Elektrik proses kontrol teknolojisi

Sistemin güvenliğinin ve kontrolünün sağlanabilmesi için, sistemde kullanılan cihazların elektrik koruma önlemleri şartnamesi ve Atex patlayıcı tesislerde elektrik imalatları yönetmeliği kapsamında otomasyon kontrolü sağlanacaktır. Hazırlanan otomasyon kontrolü ile risk değerlendirmeleri yapılacak ve gerekli önlemler vakitli bir şekilde teknik operatöre bildirilecek şekilde düzenlenecektir.

#### 4.11.10. Acil durum güç beslemesi

Elektrik kesintilerine veya gaz arızalarına karşı biyogaz tesisinin güvenliği yedek bir güç kaynağı ya da doğrudan şebeke bağlantısı ile güvenli çalışma durumuna alınacaktır. Enerji üretim tesisindeki enerji kesintisi esnasında, şebekeden ani güç çekimlerine uygunluk sağlayacak tedbirler alınacaktır. Burada elektrik tesisatı çift korumalı motorlu şalterler ile sağlanacaktır.

Acil aydınlatmalar ve fermentör içerisinde tehlikeli bir katı tabakanın oluşumunun engellenmesi için karıştırıcı motorlara ilave yedek besleme hattı çekilecek, gerekli durumlarda karıştırıcıların sürekliliğinin sağlanabilmesi için yedek jeneratör tedarik edilecektir.

#### 4.12. Biyogaz Tesisi Ekonomik Analizleri

##### 4.12.1. Biyogaz tesisi yaklaşık maliyeti

Proje inşaatı ve devreye alınması hususundaki yatırım maliyeti Şekil 4,56'de hazırlanmış olan yaklaşık maliyet çalışmasında görülmektedir. Bu çalışmada tesis inşaatı, mekanik ve elektrik olarak üç ana kalem üzerinden değerlendirilmiş olup, detaylı yaklaşık maliyet çıktıları tez çalışması ekinde sunulmuştur. Biyogaz tesisine ait imalatların yaklaşık toplam bedeli 65.545.725TL olacağı hesaplanmıştır (Çizelge 4.62). Yaklaşık maliyetin %40'ı inşaat, %8'i Mekanik, %52'si Elektrik imalatlarından oluşturmaktadır. Biyogaz tesisi ilk yıla ait işletme sermayesi tesisin işletmeye gireceği günden ilk biyogaz üretiminin gerçekleşeceği güne kadar olan 38 günlük sürede oluşacak sabit giderlerini göstermektedir. Biyogaz tesisi her ne kadar kamu yatırım projesi olsa da bir arazi tahsis bedeli projeden oluşturulmuştur. Bu bedel Üniversitenin bulunduğu arazinin bağlı bulunduğu belediyenin arazi rayiç bedelleri üzerinden hesaplanmıştır. Tesis kurulumu için yaklaşık olarak 1500m<sup>2</sup> araziye ihtiyaç olup, arazi m<sup>2</sup> birim fiyatı 774 TL dir. Toplam arazi bedeli 1.160.430TL olarak hesaplanmıştır. Nakit akım çizelgesi içerisindeki tüm harcamalar dahil edildiğinde toplam yatırım masrafının 67.040.155 TL olacağı öngörülmüştür.

| Yaklaşık Maliyet İcmali                                                 |                      |                          |                             |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| İş Grupları                                                             |                      |                          |                             |
| Yaklaşık Maliyet İcmali ile ilgili işlemler burada yapılabilir.         |                      |                          |                             |
| Grup Kodu                                                               | Grup Adı             | Yaklaşık Maliyet Tutarı  | Yaklaşık Maliyet Porsantajı |
| 01                                                                      | İNŞAAT               | 25.970.000,00            | 39,621195                   |
| 02                                                                      | MAKİNA TESİSATI      | 5.396.125,35             | 8,232612                    |
| 02.01                                                                   | SHH TesiSat          | 5.396.125,35             | 8,232612                    |
| 02.02                                                                   | Kalorifer TesiSat    | 0,00                     | 0,000000                    |
| 02.03                                                                   | Mühterek TesiSat     | 0,00                     | 0,000000                    |
| 02.04                                                                   | Havalandırma TesiSat | 0,00                     | 0,000000                    |
| 03                                                                      | ELEKTRİK TESİSATI    | 34.179.600,45            | 52,146193                   |
| 03.01                                                                   | Kuvvetli Akım        | 34.179.600,45            | 52,146193                   |
| 03.02                                                                   | Zayıf Akım           | 0,00                     | 0,000000                    |
| Yaklaşık Maliyet Toplamı 65.545.725,80                                  |                      |                          |                             |
| <input type="checkbox"/> F.F. Gider Ekle                                | Açıklama             | % 0                      | Tutar 0,00 TL               |
| F.F. Esas Gider 0,00 F.F. Esas Gider Etkinleşmiş Toplam : 65.545.725,80 |                      |                          |                             |
| <input type="checkbox"/> Y.M. Güncelleme                                | Açıklama             | % 0                      | Tutar 0,00 TL               |
| Genel Gider : 0,00 Genel Gider Etkinleşmiş Toplam : 65.545.725,80       |                      |                          |                             |
| Genel Toplam 65.545.725,80                                              |                      | Porsantajlar Toplamı 100 |                             |

Şekil 4.56. Biyogaz tesisi yaklaşık maliyet programı hesap cetveli

**Çizelge 4.62.** Biyogaz tesisi inşaatı yatırım masrafları

| <b>İnşaat</b>                                                                      | <b>Fiyat TL</b>   | <b>Pursantaj %</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|
| 2 adet 7500m <sup>3</sup> Fermentör binası 1 adet 10000m <sup>3</sup> Son depo     | 18.375.000        | 28,03              |
| 100m <sup>3</sup> ön yükleme deposu                                                | 612.500           | 0,93               |
| Temel, kazı ve tasfiye beton                                                       | 4.900.000         | 7,48               |
| Tesis önü ham madde alanı açık alan                                                | 245.000           | 0,37               |
| Teknik oda, BHKW, yakıt deposu temel ve bina inşaatı                               | 1.225.000         | 1,87               |
| Hertürlü boru ve tesisata ait kazı ve dolgu kapama                                 | 612.500           | 0,93               |
| <b>Toplam</b>                                                                      | <b>25.970.000</b> | <b>39,62</b>       |
| <b>Mekanik</b>                                                                     |                   |                    |
| Ön yükleme , fermentör ve son depo arası atık yükleme pompa ve borulaması          | 1.470.000         | 2,24               |
| Fermentör sonrası gaz tesisatı, fermentör içi ısıtma sistemi borulaması            | 245.000           | 0,37               |
| Abs Chiller soğutma sistemi, kule ve entegrasyonu Soğutma Kapasitesi 5850 kW ± %10 | 3.062.500         | 4,67               |
| Motor soğutma sistemi ve borulaması                                                | 6.125             | 0,01               |
| gaz deposu sonrası , gaz normalizasyon ve basınç ayarlama sistemi                  | 612.500           | 0,93               |
| <b>Toplam</b>                                                                      | <b>5.396.125</b>  | <b>8,23</b>        |
| <b>Elektrik</b>                                                                    |                   |                    |
| TCG 2020 V20 model 3 adet 2056 kWm (ISO 3046/1) Trijenerasyon Santrali             | 13.300.000        | 20,29              |
| Gaz motoru, yardımcı ve kontrol üniteleri,                                         | 61.250            | 0,09               |
| Dış Ortam Tipi Taşınabilir Tek Katlı Genset                                        | 1.715.000         | 2,62               |
| Trafo ,Generatör, koruma ve kumanda panosu ile senkronizasyon sistemi,             | 612.500           | 0,93               |
| Eğitim, uygulama ve mühendislik hizmetleri,                                        | 5.474.000         | 8,35               |
| Kapsam dahili borulama ve kablolama,                                               | 12.250            | 0,02               |
| Motor yanı elektronik kontrol panosu, Otomasyon kontrol sistemi                    | 13.004.600        | 19,84              |
| <b>Toplam</b>                                                                      | <b>34.179.600</b> | <b>52,15</b>       |
| <b>Sabit Yatırım Masrafı</b>                                                       | <b>65.545.725</b> | <b>100,00</b>      |
| <b>İşletme Sermayesi</b>                                                           | <b>334.000</b>    | <b>0,50</b>        |
| <b>Arazi satın alma bedeli</b>                                                     | <b>1.160.430</b>  | <b>1,73</b>        |
| <b>Genel Yatırım Toplamı</b>                                                       | <b>67.040.155</b> | <b>100</b>         |

**4.12.2. Tahmini gelirler toplamı**

Proje kapsamında gelecek yıllık gelir, öncelikle üretilen enerjinin dışarıdan satın alma yolu ile yapılması durumunda elde edilecek geliri göstermektedir.

Bu gelirin satın alma cinsinden elektrik bedeli 23.405.331,02 TL, satın alınan buhar bedeli 2.199.432,23 TL ve soğutma enerjisi bedeli 1.634.710,86TL olmak üzere toplamda 27.239.474,11 TL gelir kaydedilecektir.

Projeden elde edilecek ikinci gelir ise ihtiyaç fazlası elektriğin şebekeye satılması ile elde edilecektir.

Burada satılabilecek elektrik miktarı için toplam 5.723.883,85 TL, satılabilecek buhar miktarı için ise 2.499.895,77 TL olmak üzere toplam 8.223.779,62 TL'dir.

Bu hesaplamalar Çizelge 4.63'de detaylı olarak verilmiştir.

Bu hesaplamalar sonucu projeden beklenen toplam gelirin 35.463.253,73 TL olacağı belirlenmiştir.

**4.12.3. Tahmini giderler toplamı**

Projede tahmini giderler toplamı yıllık 3.207.756 TL olmaktadır. Bu giderlerin en büyük kısmı atıkların toplanması ve nakliyesi için bedel oluşturmaktadır. Burada Çevre ve Şehircilik Bakanlığının taşıma ve nakliye fiyatları baz alınmıştır. Tesis için ihtiyaç duyulan su miktarı üniversitenin ASAT'tan satın almış olduğu birim fiyat üzerinden hesaplanmıştır. Personel, bakım onarım ve motor jeneratör aksamı için kullanılacak yağ gideri üretilen elektrik miktarı üzerinden hesaplanmıştır. Bu fiyatlar piyasa araştırması yapılarak değerlendirilmiştir. Tesisin toplam yıllık maliyeti ağır bakımların olacağı dönemleri olan 3, 5, 10, 13, 15, 18, 20. yılda değişkenlik gösterecektir. Bu bakımlara ait yaklaşık maliyetin 3.697.756 TL olacağı ön görülmektedir. Bu yöndeki veriler Çizelge 4.64'de görülmektedir.

Çizelge 4.63. Projeye ait gelirler

| Kullanılan enerji                                                    | Miktar kW/yıl                    | Birim fiyat TL                | Toplam fiyat TL   | Birim Fiyat TL        | Toplam fiyat TL        |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|
| Proje kapsamında Üniversitenin tüketeceği elektrik miktarı (kW/yıl): | 40.354.019                       | 0,58                          | 23.405.331        |                       |                        |
| Üniversitenin tüketeceği Buhar Miktarı (kW/yıl):                     | 21.776.557                       | 0,10                          | 2.199.432         |                       |                        |
| Üniversitenin tüketeceği Soğutma Miktarı (kW/yıl)                    | 2.818.467                        | 0,58                          | 1.634.711         |                       |                        |
| <b>Yıllık Projeden beklenen tüketime bağli gelir</b>                 |                                  |                               | <b>27.239.474</b> |                       |                        |
| <b>Artan enerji</b>                                                  | <b>Biyogaz Tesisi üretim kWh</b> | <b>Üniversite Tüketim kWh</b> | <b>Fark</b>       | <b>Birim Fiyat TL</b> | <b>Toplam fiyat TL</b> |
| Satılabilir Elektrik (kWh/yıl)                                       | 47.088.000                       | 40.354.019                    | 6.733.981         | 0,85 (13,3 \$cent)    | 5.723.884              |
| Satılabilir Buhar (kW/yıl)                                           | 46.528.000                       | 21.776.557                    | 24.751.443        | 0,10                  | 2.499.896              |
| Satılabilir soğuk hava (kW/yıl)                                      | 2.818.467                        | 2.818.467                     | 0                 | 0,58                  | 0                      |
| <b>Yıllık projenden beklenen gelir</b>                               |                                  |                               |                   |                       | <b>8.223.780</b>       |
| <b>Toplam Gelir</b>                                                  |                                  |                               |                   |                       | <b>35.463.254</b>      |

Çizelge 4.64. Projeye ait giderler

| Giderler                                                                                                              | Birim maliyet | Birim | Miktar    | Birim | EURO      | TL                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-----------|-------|-----------|---------------------|
| <b>İç tüketim Elektrik ve ısıtma</b>                                                                                  |               |       |           |       |           |                     |
| Elektrik yıllık üretimin %3 ü (47088000 kWh/yıl )                                                                     | 0,85          | TL    | 1.412.640 | kWh   | 240.149 € | 1.200.744 TL        |
| Isı yıllık üretimin %5 i (46528000 kWh/yıl)                                                                           | 0,10          | TL    | 2.326.400 | kWh   | 46.528 €  | 232.640 TL          |
| <b>Kojenerasyon Bakım servis</b>                                                                                      |               |       |           |       |           |                     |
| İlk 1500 saat çalışma sonunda işçilik ve malzeme dahil ( 3.ay sonra)                                                  | 5,00          | TL    | 1.500     | Saat  | 7.500 €   | 37.500 TL           |
| İkinci 8000 saat çalışma sonunda işçilik ve malzeme dahil (12.ay sonra)                                               | 6,50          | TL    | 8.000     | Saat  | 52.000 €  | 260.000 TL          |
| Ağır bakım 21000 saat çalışma sonunda işçilik ve malzeme dahil. (2,5 yıl sonra, 5 yıl, 10 yıl , 15yıl,18yıl, 20 yıl ) | 7,50          | TL    | 21.000    | Saat  | 157.500 € | 787.500 TL          |
| Yağ filitresi                                                                                                         | 900           | EU    | 1         | Adet  | 900 €     | 4.500 TL            |
| Oring seti                                                                                                            | 900           | EU    | 1         | Adet  | 900 €     | 4.500 TL            |
| Yağ değişimi                                                                                                          | 2.400         | EU    | 1         | Adet  | 2.400 €   | 12.000 TL           |
| <b>Biyogaz tesisi ekipman bakım</b>                                                                                   |               |       |           |       |           |                     |
| Pompalar                                                                                                              | 5.000         | EU    | 1         | Adet  | 5.000 €   | 25.000 TL           |
| Blower                                                                                                                | 500           | EU    | 1         | Adet  | 500 €     | 2.500 TL            |
| Karıştırıcılar                                                                                                        | 500           | EU    | 1         | Adet  | 500 €     | 2.500 TL            |
| Elektronik parçalar                                                                                                   | 3.000         | EU    | 1         | Adet  | 3.000 €   | 15.000 TL           |
| <b>Gaz temizleme</b>                                                                                                  |               |       |           |       |           |                     |
| Aktif karbon üniteleri                                                                                                | 5.000         | EU    | 1         | Adet  | 5.000 €   | 25.000 TL           |
| Desülfirizasyon                                                                                                       | 30.000        | EU    | 1         | Adet  | 30.000 €  | 150.000 TL          |
| Demir Oksit -Clorlama                                                                                                 | 7.000         | EU    | 1         | Adet  | 7.000 €   | 35.000 TL           |
| Amonyak yükselmesi için koruma Enzim                                                                                  | 6.000         | EU    | 1         | Adet  | 6.000 €   | 30.000 TL           |
| Gübre ve atık Nakliye Bedelleri                                                                                       | 4,73          | TL    | 137.605   | Ton   |           | 650.872 TL          |
| <b>İşçilik Bedeli</b>                                                                                                 |               |       |           |       |           |                     |
| Mühendis                                                                                                              | 5.000         | TL    | 2         | Kişi  |           | 10.000 TL           |
| Tekniker                                                                                                              | 4.000         | TL    | 4         | Kişi  |           | 16.000 TL           |
| İşçi                                                                                                                  | 3.000         | TL    | 3         | Kişi  |           | 9.000 TL            |
| <b>Beklenmeyen giderler</b>                                                                                           |               |       |           |       |           |                     |
| <b>Genel Toplam Rutin Bakımlar</b>                                                                                    |               |       |           |       |           | <b>3.207.756 TL</b> |
| <b>Genel Toplam Ağır Bakımlar</b>                                                                                     |               |       |           |       |           | <b>3.697.756 TL</b> |

#### 4.12.4. Projeden beklenen gelirlerin net bugünkü değer hesaplanması

Projenin yıllık maliyet ve tasarruf hesabı yapılırken dinamik yöntemlerden yararlanılmıştır, yani paranın zaman değeri dikkate alınmıştır.

Burada hesaplama yapılırken projeden beklenen elektrik üretimi ve buhar üretimi dikkate alınmıştır. Projeden üretilen elektrik ve buhar üretimi ve artan enerjinin satımından elde edilecek yıllık tasarruf, maliyet ve kar miktarları Çizelge 4.65’de detaylı olarak verilmiştir. Biyogaz tesisi kurulumu itibari ile ilk 3 yıllık gelir ve giderler gösterilmiştir. Çizelgede ağır bakımların olduğu yıllarda giderler kısmında artış olacağı saptanmıştır. Bu sebepten dolayıdır ki rutin bakımların olduğu yıllarda 28.978.212 TL, ağır bakımların olduğu yıllarda ise 28.488.212 TL kar olacağı hesaplanmıştır.

Bu doğrultuda Çizelge 4.66’da projeye ait nakit akım çizelgesi hazırlanmış ve 20 yıl boyunca projeden beklenen yıllık gelir ile gider miktarı arasındaki farkı ve elde edilecek net kar gösterilmektedir.

Proje başlatıldığı ilk yıl inşaat yapılmasından dolayı hiçbir gelir elde edilmeyecektir. Bunun yanı sıra işletme masrafları bu yıl itibari ile oluşacaktır. İlk yıl projenin maliyeti 67.040.155 TL olacaktır. Daha sonraki yıllarda ağır bakımların devreye girmesi ile giderler 3.697.756 TL olacağı öngörülmektedir.

Projenin NBD hesabı yapılmış ve NBD çizelgesinde (Çizelge 4.66) görülmektedir. NBD için farklı iskonto oranlarına göre hesaplamalar yapılmıştır. Günümüz şartlarında piyasada bulunan en yüksek iskonto oranı %24 olarak görülmektedir. NBD hesabında projenin başladığı yıl hiçbir gelir olmamakla birlikte toplam giderin 67.040.155 TL olacağı, toplam gelirin en yüksek iskonto oranından bile daha yüksek bir değer olan %26 iskonto oranına göre 134.707.604 TL olmasının beklendiği ve toplam giderlerin NBD 79.719.917 TL olacağı hesaplanmıştır. Buna göre projenin imalat aşamasının bitip enerji üretimin başladığı yıl için %26 iskonto oranında NBD toplam gelirinin 169.731.581 TL olacağı, toplam giderin NBD’nin ise 15.976.500 TL ve aradaki farkın ise 99.290.371 TL olacağı öngörülmektedir. Projenin ekonomik ömrü sonunda NBD toplam gelirinin 35.463.254 TL olacağı, toplam giderin NBD ‘nin ise 3.207.756 TL olacağı aradaki farkın ise 54.987.687 TL olacağı öngörülmektedir. Proje ekonomik ömrü sonunda dahi hala kar getiren bir işletme olmaktadır.

Yapılan hesaplamalarda projenin NBD’i artı olarak bulunmuş ve bu proje finansal/ekonomik yönden uygun ve uygulanabilir bir proje olarak değerlendirilmiştir. Projenin gelirleri masrafların üzerinde seçilmiş olan %26’lık yüksek iskonto oranında bile kazanç getirme yanında bunun üzerinde NBD kadar bir ilave (artı) değer sağladığı Çizelgelerde ve grafiklerde görülmektedir.

**Çizelge 4.65.** Biyogaz tesisi nakit akım çizelgesi ilk 3 yıllık gelir gider analizi

|                         | Yıl                                   | 0                   | 1                 | 2                 | 3                 |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Gelirler</b>         | <b>Elektrik Gelirleri</b>             |                     |                   |                   |                   |
|                         | Yerleşkede kullanılan Elektrik        |                     | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        |
|                         | Satılabilir (Artan) Elektrik          |                     | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         |
|                         | Soğutma için kullanılan Elektrik      |                     | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         |
|                         | <b>Buhar Gelirleri</b>                |                     |                   |                   |                   |
|                         | Yerleşkede kullanılan Buhar           |                     | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         |
|                         | Artan Satılabilir Buhar               |                     | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         |
|                         | <b>Toplam Gelir</b>                   | <b>0</b>            | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> |
| <b>Yatırım maliyeti</b> | <b>Tesis kurulum maliyeti</b>         | 65.545.725          |                   |                   |                   |
|                         | <b>İşletme Sermayesi</b>              | 334.000             |                   |                   |                   |
|                         | <b>Arazi bedeli</b>                   | 1.160.430           |                   |                   |                   |
| <b>Giderler</b>         | Tesisin İç Elektrik Ve Isıtma Tüketim |                     | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         |
|                         | Birleşik Isı Geri Kazanım Sevis Bakım |                     | 318.500           | 318.500           | 808.500           |
|                         | Gaz Temizleme                         |                     | 240.000           | 240.000           | 240.000           |
|                         | Biyogaz Tesisi Ekipman Bakım          |                     | 45.000            | 45.000            | 45.000            |
|                         | Personel                              |                     | 420.000           | 420.000           | 420.000           |
|                         | Gübre Ve Atık Nakliye Bedelleri       |                     | 650.872           | 650.872           | 650.872           |
|                         | Öngörülemeyen Giderler                |                     | 100.000           | 100.000           | 100.000           |
|                         | <b>Toplam Gider</b>                   | <b>67.040.155</b>   | <b>3.207.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.697.756</b>  |
|                         | <b>Gelir -Gider Fark</b>              | <b>- 67.040.155</b> | <b>32.255.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>31.765.498</b> |
|                         | Amortismanlar                         |                     | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         |
|                         | <b>Yıllık Net Kar</b>                 |                     | <b>28.978.212</b> | <b>28.978.212</b> | <b>28.488.212</b> |

Çizelge 4.66. Biyogaz tesisi nakit akım çizelgesi

| Yıl                                   | 0                  | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 | 5                 | 6                 | 7                 | 8                 | 9                 | 10                |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Gelirler</b>                       |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Elektrik üretim                       |                    | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        |
| Buhar üretim                          |                    | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         |
| Soğutma üretim                        |                    | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         |
| Artan Satılabilir Elektrik (kW/yıl)   |                    | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         |
| Artan satılabilir Buhar (kW/yıl)      |                    | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         |
| <b>Toplam Gelir</b>                   | <b>0</b>           | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> |
| <b>Giderler</b>                       |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Tesis masrafları                      | 65.545.725         |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| İşletme Sermayesi                     | 334.000            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Arazi maliyeti                        | 1.160.430          |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|                                       |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Tesisin İç Elektrik ve ısıtma tüketim |                    | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         |
| Kojenerasyon Bakım servisi            |                    | 318.500           | 318.500           | 808.500           | 318.500           | 808.500           | 318.500           | 318.500           | 318.500           | 318.500           | 808.500           |
| Gaz temizleme                         |                    | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           |
| Biyogaz tesisi ekipman bakım          |                    | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            |
| Personel                              |                    | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           |
| Gübre ve atık Nakliye Bedelleri       |                    | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           |
| Öngörülen giderler                    |                    | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           |
| <b>Toplam Gider</b>                   | <b>67.040.155</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.697.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.697.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.697.756</b>  |
| <b>Gelir -Gider Fark</b>              | <b>-67.040.155</b> | <b>32.255.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>31.765.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>31.765.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>31.765.498</b> |
| Amortismanlar                         |                    | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         |
| Yıllık net kar                        |                    | 28.978.212        | 28.978.212        | 28.488.212        | 28.978.212        | 28.488.212        | 28.978.212        | 28.978.212        | 28.978.212        | 28.978.212        | 28.488.212        |

Çizelge 4.66.'nin devamı

| Yıl                                   | 11                | 12                | 13                | 14                | 15                | 16                | 17                | 18                | 19                | 20                |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Gelirler</b>                       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Elektrik üretim                       | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        | 23.405.331        |
| Buhar üretim                          | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         | 2.199.432         |
| Soğutma üretim                        | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         | 1.634.711         |
| Artan Satılabilir Elektrik (kWh/yıl)  | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         | 5.723.884         |
| Artan satılabilir Buhar (kW/yıl)      | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         | 2.499.896         |
| <b>Toplam Gelir</b>                   | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> | <b>35.463.254</b> |
| <b>Giderler</b>                       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>Tesis masrafları</b>               |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>İşletme Sermayesi</b>              |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>Arazi maliyeti</b>                 |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Tesisin İç Elektrik ve ısıtma tüketim | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         | 1.433.384         |
| Kojenerasyon Bakım servisi            | 318.500           | 318.500           | 808.500           | 318.500           | 808.500           | 318.500           | 318.500           | 808.500           | 318.500           | 808.500           |
| Gaz temizleme                         | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           | 240.000           |
| Biyogaz tesisi ekipman bakım          | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            | 45.000            |
| Personel                              | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           | 420.000           |
| Gübre ve atık Nakliye Bedelleri       | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           | 650.872           |
| Öngörülen giderler                    | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           | 100.000           |
| <b>Toplam Gider</b>                   | <b>3.207.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.697.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.697.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.697.756</b>  | <b>3.207.756</b>  | <b>3.697.756</b>  |
| <b>Gelir -Gider Fark</b>              | <b>32.255.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>31.765.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>31.765.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>31.765.498</b> | <b>32.255.498</b> | <b>31.765.498</b> |
| Amortismanlar                         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         | 3.277.286         |
| Yıllık net kar                        | 28.978.212        | 28.978.212        | 28.488.212        | 28.978.212        | 28.488.212        | 28.978.212        | 28.978.212        | 28.488.212        | 28.978.212        | 28.488.212        |

Çizelge 4.67.Net bugünkü değer çizelgesi

| Yıl                                  | 0           | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | ..... | 18         | 19         | 20         |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|------------|------------|------------|
| Toplam Gelir                         | 0           | 35.463.254  | 35.463.254  | 35.463.254  | 35.463.254  | 35.463.254  |       | 35.463.254 | 35.463.254 | 35.463.254 |
| Toplam Gider                         | 67.040.155  | 3.207.756   | 3.207.756   | 3.697.756   | 3.207.756   | 3.697.756   |       | 3.697.756  | 3.207.756  | 3.697.756  |
| Gelir -Gider Fark                    | -67.040.155 | 32.255.498  | 32.255.498  | 31.765.498  | 32.255.498  | 31.765.498  |       | 31.765.498 | 32.255.498 | 31.765.498 |
| Toplam Gelir (NBD) İskonto Oranı %26 | 134.707.604 | 169.731.581 | 169.178.092 | 168.480.696 | 167.601.978 | 166.494.792 |       | 63.608.693 | 35.463.254 |            |
| Toplam Gider (NBD)                   | 79.719.917  | 15.976.500  | 16.088.618  | 16.229.886  | 15.790.484  | 15.854.238  |       | 6.243.593  | 3.207.756  |            |
| Gelir -Gider Fark (NBD)              | -1.497      | 98.915.540  | 98.730.188  | 98.455.664  | 98.774.804  | 98.521.744  |       | 68.024.179 | 53.702.732 | 31.765.498 |

#### 4.12.5. Projenin fayda-masraf oranı

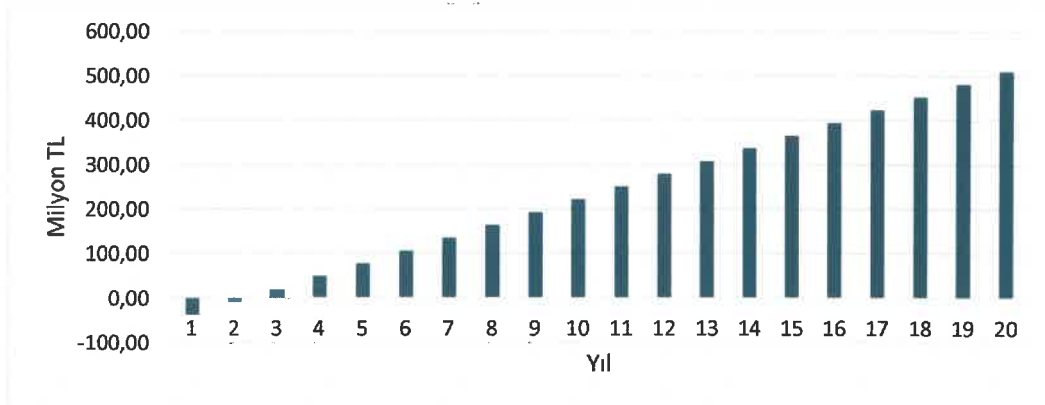
Proje fayda-masraf oranı açısından değerlendirildiğinde en düşük %10 iskonto oranında projenin 20 yıl sonraki NBD'i 206.162.435 TL olurken, en yüksek iskonto oranı %26 seçildiği zaman projenin NBD'i 54.987.687TL olarak bulunmaktadır. Bu değer Fayda masraf oranı açısından değerlendirildiğinde %10 iskonto oranında 3,153, %26 iskonto oranında 1,691 olduğu bulunmuştur. Çizelge 4.68.'de projenin farklı iskonto oranlarındaki fayda masraf oranları tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.68.** Projenin farklı iskonto oranlarındaki fayda masraf oranı

| İskonto oranları (Yüzde) | Projenin NBD | Fayda Masraf Oranı |
|--------------------------|--------------|--------------------|
| 10                       | 206.162.435  | 3,153              |
| 12                       | 172.664.426  | 2,872              |
| 14                       | 145.509.837  | 2,628              |
| 16                       | 123.231.032  | 2,416              |
| 18                       | 104.743.485  | 2,231              |
| 20                       | 89.237.023   | 2,069              |
| 22                       | 76.099.977   | 1,927              |
| 24                       | 64.865.753   | 1,802              |
| 26                       | 54.987.687   | 1,691              |

#### 4.12.6. Projenin iç karlılık oranı ve geri ödeme süresi

İç karlılık oranı yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen iskonto oranı olarak tanımlanmaktadır (Gedik, Akyüz, & Akyüz, 2005). Projeye ait hesaplamalar doğrultusunda projenin iç karlılık oranının %47 olduğu hesaplanmıştır. Bu değer göstermektedir ki proje mali yönden oldukça karlı bir projedir. İlk yatırım tutarının yıllık ortalama net gelire bölümü sonucunda elde edilen geri ödeme süresi yapılan proje için 2,31 yıl olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama amortisman payları dahil edilmiş, hurda değeri dahil edilmemiştir. Şekil 4.56'de projenin geri ödeme süresi ve kara geçtiği dönemler görülmektedir.



**Şekil 4.57.** Projenin geri ödeme süresi

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Akdeniz Üniversitesi merkez kampüsü içerisinde yer alan birimlerin ve Tıp Fakültesi Hastanesi'nin kendi enerjisini üretme imkanları üzerinde durulmuş, enerji giderlerini minimuma indireyecek efektif çalışma prensibine sahip kısa sürede kendini amorti edebilecek, bununla beraber bölgemizin atık problemine çözüm oluşturacak bir enerji üretim santrali için uygun teknoloji ve kapasitenin belirlenmesine çalışılmıştır. Çalışmada üniversite kampüsünün öncelikle enerji karakteristiği ortaya konulmuştur. Akdeniz Üniversitesi kapladığı alan ve içinde yaşayan insan sayısı açısından bakıldığında küçük bir ilçenin enerji kullanımına örnek olabilecek niteliktedir. Bu kapsamda bakıldığında çalışma aynı büyüklükte belediyelerin istifade edebileceği örnek bir çalışma olmuştur.

Kampüs elektrik ve ısı enerjisi kullanımı yönünden 3 yıl boyunca incelenmiştir. Kampüsün elektrik kullanımı 2014 yılında 51.671.231 kWh/yıl, 2015 yılında 50.582.908 kWh/yıl, 2016 yılında 50.667.882 kWh/yıl olmuştur. 2015 yılına ait elektrik enerjisi tüketim miktarlarının 2014 yılı ile karşılaştırıldığında, en yoğun tüketimin olduğu dönemde enerji ihtiyacında %5 azalma olduğu gözlemlenmiştir. 2016 yılına ait elektrik enerjisi tüketim miktarlarının 2015 yılı ile karşılaştırıldığında ise yine en yoğun tüketimin olduğu dönemde enerji ihtiyacında %3 artış olduğu gözlenmiştir.

Bu artışların özellikle yaz aylarındaki soğutma enerjisi ihtiyacının mevsim sıcaklığına bağlı olarak değişmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte bu özellikle 2016 yılında eğitim öğretim tarafında yapılan yeni fakülte binalarının enerji yükünde artışa sebep olduğu görülmektedir. Ancak aynı zamanda son yıllarda uygulanan enerji tasarrufu çalışmaları ile özellikle 2016 yılında yapılaşmaya rağmen ciddi bir enerji artışı olmayışına etkide bulunduğu bir göstergedir.

Çalışmaların yapıldığı üç yıllık dönem içerisinde kampüs yapılaşmasının arttığı, bu yapılaşmanın yanında aynı zamanda kampüs elektrik alt yapı sisteminde de düzenlemeler yapıldığı görülmüştür. Yapılan elektrik altyapısındaki iyileştirmeler ile elektrik iletim hatlarındaki kayıpların önemli oranda giderildiği ve bunun göstergesi olarak 2015 yılı toplam elektrik üretiminin 2014 yılına göre 1.088.323 kWh düştüğü tespit edilmiştir. Kampüs içi yapılaşmanın devam etmesi ve yeni fakültelerin aktive edilmesi ile 2016 yılında elektrik kullanımı 84.974 kWh artmış, bu değerin 2017 yılında da %10 oranında artacağına öngörüldüğü ve bu öngörünün 2017 yılı fatura değerlerindeki inceleme neticesinde gerçekçi bir yaklaşım olduğu saptanmıştır. 2017 yılı fatura değerleri üzerinden tüketilen elektrik miktarının 54.971.972,87 kWh olduğu yapılan incelemelerde tespit edilmiştir. Üniversite yerleşkesindeki öğrenci sayısının da aynı oranda artış gösterdiği ve bu sayının 2017 yılında 69.000 öğrenciyi geçmiş olduğu görülmüştür.

Bu incelemeler ışığında Akdeniz Üniversitesi kampüsünde yıl içerisinde değişken bir enerji yüküne, hastane kullanımından dolayı enerjinin 24 saat boyunca sürekli bir ihtiyaç olduğu ve minimum enerji ihtiyacının 3,39 MWh, maksimum enerji ihtiyacının ise 12,63 MWh olduğu saptanmıştır.

Kampüse ait enerji üretim tesisinin üretim kapasitesi belirlenirken bu değerler göz önünde tutulmuştur. Enerjinin gündüz ve gece kullanımları dahil edildiğinde enerji bandı arasındaki optimal enerji kazanımının, üniversitenin maksimum fayda elde edeceği kapasite olan T2 zaman dilimi bandı üzerinde seçilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Buna göre kampüsün efektif olarak enerji harcamalarının olduğu dönemi temsilen 6 MWh kapasiteli bir tesisin kurulması ihtiyacı olduğu belirlenmiştir. Bu büyüklükte bir tesiste ısı ve elektrik kazanımlarının en yüksek olacağı tespit edilmiştir.

Çalışmada seçilen kapasite yatırım ve işletme maliyetleri yönünden, mevsimlik ve günlük değişen yük-talep eğrilerindeki farklılıklar açısından da değerlendirilmiştir. Enerji talebinin gelişimi ve bu talebi en uygun karşılayacak biyogaz motor-jeneratör grubu seçilmiştir.

Seçilen motor-jeneratör grubu 2MW'lık güçte 3 adet motordan oluşmaktadır. Bu seçimin avantajı farklı zaman dilimlerinde ihtiyaca bağlı olarak iki veya üç kademeli çalıştırma imkânı sunacak olmasıdır. Aynı zamanda düşük güçteki motorlar düşük kayıp ve maliyet avantajları da sunmaktadır. 2 adet 3MW kapasiteli bir motor-jeneratör grubu seçilmesi durumunda hem bakım masrafları artacak hem de değişken yük talebi bulunan üniversitenin ihtiyacına tam hitap edemeyecektir. Yada tek bir 6MW motor jeneratör grubu seçimi ilk yatırım maliyetini bir miktar düşürse de kademeli çalıştırma imkanını sağlayamayacaktır. Seçilen motor grubu bu açıdan optimal üretim ve iletim sisteminin planları değerlendirilerek yapılmış, en uygun motor grubudur. Ayrıca hali hazırda biyogaz motorları en fazla 2MW gücünde bulunmaktadır. Daha büyük güçte bir motor grubu için özel imalat yaptırılması gerekmektedir.

Seçilen motor jeneratör grubu açısından değerlendirildiğinde 6 MWh kapasiteli tesisin sistem verimliliği %86 olduğu hesaplanmıştır. Sistemin Elektrik ve ısı enerjisi verimliliği sırasıyla %84 ve %86 olduğu görülmüştür.

Bu hesaplamalar neticesinde üniversite elektrik enerji ihtiyacının 55.735.000 kWh/yıl olduğu, kurulacak tesisin ile 47.088.000 kWh/yıl elektrik üretim kapasitesinin olduğu, üretilen elektriğin 40.354.019 kWh/yıl lik kısmının üniversite tarafından kullanılabilceği ve bunun da elektrik ihtiyacının %72 oranında sağlanmış olacağı tespit edilmiştir. Aynı zamanda kurulacak olan tesisin buhar üretim kapasitesinin 46.528.000 kWh/yıl olduğu ve üniversitenin buhar ihtiyacını %100 oranında karşılayacağı tespit edilmiştir.

Eksik kalan elektrik ihtiyacının ise yine mevcut durumda olduğu gibi şebekeden temin edileceği öngörülmektedir.

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda 6 MW elektrik gücü üretecek bir biyogaz tesisinin ihtiyaç duyacağı yıllık yaş materyal miktarının 162.060 ton olacağı, tedarik edilen materyalin %92 çim atığı, % 7 hayvansal atık, %1 oranında yemekhane atığından oluştuğu saptanmıştır. Bu atık karışımının kuru madde oranının %17 olarak ölçüldüğü, yapılan denemeler neticesinde en verimli tesis çalışma kurumadde oranının %10 olarak tespit edildiği görülmüştür. Kurulacak tesisin yıllık biyogaz üretim potansiyeli 22.893.244 m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Üretilen biyogazın %50 oranında metan içeriğinin olduğu tespit edilmiştir. Tesisin metan üretim potansiyelinin ise 11.446.622 m<sup>3</sup> olacağı hesaplanmıştır.

Tesisin sürekli beslemeli çalışacağı, bekleme süresinin 38 gün, brüt fermentör hacminin 16.875 m<sup>3</sup> olacağı yapılan hesaplamalarda görülmüştür.

Üniversite kampüsü ve yakın çevredeki atıkların toplam miktarının 23.130 ton olduğu, bu miktarın kurulması planan biyogaz tesisin ihtiyacının %17,51'ini karşıladığı görülmüştür. Tesis ihtiyacının karşılanması için dışarıdan atık tedarik edilmesi gerekliliğinin oluşabileceği, ancak kullanılacak atık profilinin %92,24 çim atıklarından oluştuğu göz önünde tutularak ve bulunulan bölge itibari ile tedarığın mümkün olduğu saptanmıştır. Zira Antalya bölgesi çok sayıda golf turizmüne hizmet eden otellerin olmasından kaynaklı atık bulma konusunda sorun yaşanmayacağı, bu atıkların bertaraf edilmesi konusunda da bölgede oluşan sıkıntılara da projenin hayata geçmesi ile çözüm üretilmiş olacağı düşünülmektedir.

Tesisin yaklaşık maliyeti 65.545.725 TL olarak belirlenmiştir. Bu maliyeti %40 inşaat, %8 mekanik, %52 elektrik imalatları oluşturmaktadır.

Tesis inşaatının başladığı ilk yıl hiçbir üretim ve gelir elde edilemeyecektir ancak ilk yıla ait tesisi işletmesinin masraflarının karşılanması için 334.000 TL'lik işletme sermayesine ihtiyaç duyulacaktır.

Tesisi arazi satın alma maliyeti ise 1.160.430TL olarak tespit edilmiştir.

Tesisin ilk yatırım maliyeti toplam 67.040.155 TL olarak hesaplanmıştır.

Tesis ilk yılın sonunda devreye alınabilecektir ve 38 gün sonra enerji üretimine başlayabilecektir.

Tesiste üretilecek elektriğin yerleşkede kullanılması ile yıllık 23.405.331 TL, kendi buhar ihtiyacını karşılamasından kaynaklı 2.199.432TL, soğutma için harcanan elektriğin karşılanmasından kaynaklı ise 1.634.710 TL olmak üzere toplamda 27.239.474 TL gelir elde edilecektir.

Projeden elde edilecek ikinci gelir ise ihtiyaç fazlası elektriğin ve buharın satılması ile sağlanacaktır. Satılabilecek elektrik enerjisi için toplam 5.723.883 TL, buhar enerjisi için 2.499.895 TL olmak üzere toplamda 8.223.779 TL gelir elde edilebilecektir. Bu kapsamda projeden beklenen toplam gelirin 35.463.253,73 TL olacağı öngörülmektedir.

Elde edilecek bu yüksek gelire karşılık tesisin işletme masraflarının oldukça düşük olduğu görülmüştür. Tesisin yıllık rutin bakımları ve işletilmesi için ihtiyaç duyulan bedelin 3.207.756TL olduğu, tesisin ağır bakımlarının yapılacağı dönemde ise bu miktarın 3.697.756 TL'ye çıkacağı, ancak bu durumda bile elde edilecek gelirin çok yüksek olduğu görülmektedir.

Tesisin gelir-gider farkları karşılaştırıldığında ikinci yıl için net karının 28.978.212TL olacağı, bu değer %26 iskonto oranı ile NBD hesaplamasında 98.915.540TL ve tesisin 20 yıllık işletim süresi sonunda 1.769.852.278TL net kar getireceği hesaplanmıştır.

Tesisin ilk yatırım maliyeti her ne kadar yüksek gibi görünse de, hazırlanmış olan bu projenin iç karlılık oranı 0,4783 ve yatırımın geri ödeme süresinin 2,31 yıl olduğu görülmektedir.

Üniversite kampüsü içerisinde kurulacak olan böyle bir tesisin avantajları sıralanacak olursa;

- Yüksek enerji tasarrufu sağlanacaktır. Enerjinin kampüsü içerisinde üretilmesinden kaynaklı olarak elektrik faturasında önemli bir paya sahip olan dağıtım bedelleri ödenmeyeceği gibi dağıtımdan dolayı olan kayıplar da önlenecektir.
- Kullanılacak sistemde elektrik üretiminden dolayı ortaya çıkan ısı, birleşik ısı geri kazanım sisteminde kullanılacağı için ısıtma, soğutma veya mekanik enerji olarak değerlendirilme imkânına sahip olacaktır.
- Elektrik üretiminde kullanılacak yakıtın biyogaz olmasından dolayı diğer fosil yakıtlar ile üretilen elektrığe göre CO<sub>2</sub> salınım miktarı azalacaktır.
- Kurulacak sistemden ısı enerjisi de elde edildiğinden dolayı geleneksel sistemlere göre sera gazlarının salınım miktarı düşecektir.
- Kurulacak enerji üretim santralinde sadece ihtiyacın karşılanacağı kadar üretim yapabileceği gibi, fazla üretim de satılabilecektir.
- Geleneksel elektrik üretiminde ve dağıtımında karşılaşılan sorunlar, birleşik ısı geri kazanım sistemleri entegre edilmiş tesislerde görülmeyeceğinden enerji dalgalanmalarından kaynaklı hasarlar ya da harmoniklerden kaynaklı şebekeye bir zarar verilmeyecektir.
- Kurulacak biyogaz tesisi ve elektrik üretim tesisi ilk yatırım maliyeti açısından yüksek olsa da, yüksek verimli ve yüksek tasarruflu bir yatırım olduğu ve özellikle hayati bir konu olan "enerji" hakkında olduğundan diğer yatırımlara göre çok kısa sürede kendisini amorti edeceği görülmektedir.

Yapılan çalışmada hazırlanmış olan sistemde elektrik üretimi yanında ısı enerjisi de değerlendirilmiştir. Ancak birleşik ısı geri kazanım sistemlerinde atık ısıların soğutma enerjisinde de kullanımı oldukça yaygın bir durumdur. Bu sebepten dolayıdır ki, çalışmanın devamında atık ısılarının soğutma enerjisi için kullanılması olanakları detaylı olarak incelenmelidir. Özellikle Hastane bölümünün soğutma enerjisi için öncelikli departmanlar belirlenip saha çalışmaları yapılarak, teknik çalışmalarda birleşik soğutma ve ısı geri kazanım avantaj ile dezavantajlarının belirlenmesi gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca ısıtma gerekmeyen dönemlerde veya mevsimsel değişikliklerle ısıtmanın belirli bir süre gerekli olmadığı dönemlerde, buhar türbinleri kullanılarak ortaya çıkan ısıdan bir kez daha elektrik enerjisi üretilebilir ya da mekanik enerji olarak kullanılabilir. Bu alternatifler daha sonra yapılacak bir çalışmada değerlendirilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Abbasi, T., Tauseef, S. M. and Abbasi, S. A. 2012. Biogas Energy. New York: Springer New York, 103 s.
- Akman, E. 2019. Dalı darıdan üretilebilecek metan miktarının artırılması için ön işlem ve tavuk gübresi ile ko-fermantasyonunun incelenmesi. Doktora tezi. Akdeniz Üniversitesi, Antalya. 113 s.
- Aksay, M. 2018. Farklı türden atıkların anaerobik kofermantasyon yöntemi ile biyogaz üretimi için optimum işletme şartlarının belirlenmesi. Doktora Tezi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Karabük. 113 s.
- Aktan, C. Ç. 1999. Kamu yatırım projelerinde israfları ortadan kaldırmak ve rasyonel karar almak için fayda maliyet analizi. Yeni Türkiye Mart -Nisan 103-119 s.
- Amon, T. and Boxberger, J. 1999. Organic wastes for codigestion in agricultural biogas plants: guidelines and legal conditions in Austria. In: Proceedings of the IEA workshop: Hygienic and environmental aspects of anaerobic digestion: legislation and experiences in Europe. Universität Hohenheim, Stuttgart, Germany. 8694 s.
- Amon, T., and Boxberger, J., 1999. Biogas production in agriculture-safety guidelines, confermentation and emissions from combined heat and power couplings, University of Agricultural Sciences, Inst. of Agricultural, Environmental and Energy Engineering. Vienna Austria. 2000: 458-463
- Amorim, A., Foresti, M. and Zaiat, E. 2005. Performance and stability of an anaerobic fixed bed reactor subjected to progressive increasing concentrations of influent organic matter and organic shock loads. *J Environmental Management*, S. 76(4): 319-323.
- Andrade, D. C. Marin-Perez, H., Heuwinkel, M., Lebuhn und A. Gronaue, 2009. Biogasgewinnung aus grassilage: untersuchungen zur prozessstabilität. bayerische landesanstalt für landwirtschaft, Institut für landtechnik und tierhaltung. bayerische landesanstalt für landwirtschaft, institut für landtechnik und tierhaltung. <https://www.researchgate.net/publication/313737279> [Son erişim tarihi: 08.02.2018].
- Anonim. 2000. At information: biogas. [Http://Www5.Gtz.De/Gate/ Techin Fo/Biogas/At\\_Biogas.Html](http://Www5.Gtz.De/Gate/TechinFo/Biogas/At_Biogas.Html). [Son erişim tarihi: 08.02.2018]
- Anonim. 2002. Anaerobic digestion of farm and food processing residues. british biogen, [Www.Mrec.Org/Biogas/Adgpg.Pdf](http://Www.Mrec.Org/Biogas/Adgpg.Pdf). [Son erişim tarihi: 08.02.2018].
- Apha. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater., Washington, D.C.: 21th Ed., Apha., [Son erişim tarihi: 08.08.2018].

- Aşker, M. 2013. Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları. Ankara: TC Avrupa Birliği Bakanlığı.<http://Gensed.Org/Cf/Cd/1346016ef040f9bbf9d2a5517382a30ee4d71387896230.Pdf> [Son erişim tarihi: 08.02.2018]
- Ayanoğlu, K., Düzyol, M., İter, N., & Yilmaz, C. 1996. Kamu yatırım projelerinin planlanması ve analizi. Ankara: Dpt. İktisadi sektörler ve koordinasyon genel müdürlüğü. Proje, yatırımları değerlendirme ve analiz dairesi. Ankara
- Boyd, R. 2000. Internalising environmental benefits of anaerobic digestion of pig slurry in Norfolk. University of East Anglia, [Www.Green-Trust.Org/Pigslurryadproject.Pdf](http://Www.Green-Trust.Org/Pigslurryadproject.Pdf) . [Son erişim tarihi: 08.02.2018]
- Börjesson, P. B. (2006). Environmental systems analysis of biogas systems—part 1: Fuel-cycle emissions. *Biomass And Bioenergy*, 30: 469–485.
- Buffiere, P., Loisel, D., Bernet, N., & Delgenes, J. 2006. Towards New Indicator For The Prediction Of Solid Waste Anaerobic Digestion Properties. *Wat. Sci.&Tech.*, S. 53(8): 233-241.
- Buğutekin, A. 2007. Atıklardan biyogaz üretiminin incelenmesi.Doktora tezi. Marmara Üniversitesi. İstanbul.157 s
- Callaghan, F., Wase, D., Thayanithy, K., & Forster, C. 2002. Continuous co-digestion of cattle slurry with fruit and vegetable wastes and chicken manure. *Biomass And Bioenergy*, 27:71-77. s.
- Canyurt, A. 2005. Estimating the türkish residential- commercial energy output based on genetic algorithm (ga) approaches. *Energy. Policy*, 1011-1019.
- Carrere, H., Sialve, B., & Bernet, N. 2009. Improving pig manure into biogas by thermal and thermo-chemical pretreatments. *Bioresource Technology*,. 100, 3690–3694.
- Chinnaraj, S., & Rao, G. 2006. Implementation of an uasb anaerobic digester at bagasse-based pulp and paper industry. *Biomass And Bioenergy*, 30: 273–277.
- Crookes, R. 2006. Comparative bio-fuel performance in internal combustion engines. *Biomass And Bioenergy*, 30: 461–468
- Demi, I., ve Emeksiz, C. 2016. Yenilenebilir enerji kaynaklarının türkiye potansiyeli ve kullanımı. Eeb 2016. Elektrik-elektronik ve bilgisayar sempozyumu. Tokat, Türkiye.
- Demirbas, F., Balat, M., & Balat, H. 2011. Biowastes-to-biofuels. *Energy Conversion And Management*. 52(4):1815-1828
- Demirbugan, M. 2007. Madencilik yatırım projelerinin ekonomik karlılık analiziyle değerlendirilmesi. *Dergipark*, 3-11.

- Demirburgan, M. 2008. Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde net bugünkü değer(nbd) ve iç karlılık oranı(iko) yöntemlerinin karşılaştırılması. Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi Afyon, C.X ,S 11.
- Deviren, H., İlkılıç, C. and Aydın, S. 2017. Biyogaz üretiminde kullanılabilen materyaller ve biyogazın kullanım alanları. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, Cilt 7 Sayı 2/2 .
- Dpt.Gov.Tr. 2013. Kamu yatırım programı hazırlama rehberi. Ankara: [Www.Dpt.Gov.Tr/Kamuyat/Index.Html](http://www.Dpt.Gov.Tr/Kamuyat/Index.Html).
- Dumlu, F. 2011. Evsel Atıksu arıtma tesisi çamurları ile termokimyasal ön arıtım uygulanmış lignoselülozik atıkların birlikte anaerobik parçalanabilirliğinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi. Antalya.213 s.
- Eder, B., and Schulz, H. 2006. Biogas- praxis. grundlagen- planung- anlagenbau-beispiele. Ökobuch Staufen. Doi: Isbn-13: 978-3922964599.
- Eigm,T.C. Enerji ve tabii kaynaklar bakanlığı. 2015. 2014 Yılı genel enerji dengesi tablosu. [Http://Www.Eigm.Gov.Tr](http://Www.Eigm.Gov.Tr).
- Eigm,T.C. Enerji ve tabii kaynaklar bakanlığı. 2019. 2018 Denge raporu. Ankara: Elektrik işleri genel müdürlüğü. [Www.Eigm.Gov.Tr](http://Www.Eigm.Gov.Tr) Adresinden Alındı Adresinden Alındı
- Ekinci, K., Kulcu, R., Kaya, D., Yaldiz, O., Ertekin, C., ve Ozturk, H. 2010. The prospective of potential biogas plants that can utilize animal manure in Turkey. *Energy Exploration & Exploitation*(28(3)), 187-206.
- El-Mashada, H. M., Zeeman, G., K.P.Van Loonb, W., Botb, G. P., and Lettingab, G. 2004. Effect of temperature and temperature fluctuation on thermophilic anaerobic digestion of cattle manure. *Bioresource Technology*, 95, Pp. 191–201.
- Emo. (2019). Türkiye’de Elektrik enerjisi kurulu gücü. Ankara: Elektrik Mühendisleri Odası, Elektrik İstatistikleri Çalışma Grubu 2018.
- Enerjiportalı. 2018. Şarkışla Belediyesi Biyogaz Tesisi. [www.Enerjiportalı.com](http://www.Enerjiportalı.com) [Son erişim tarihi: 08.01.2019]
- Epdk. 2018. Elektrik piyasası 2017 yılı piyasa gelişim raporu. Ankara: Elektrik Piyasası Düzenleme Kurulu.
- Epias. 2018. Epias\_2017\_Yillik\_Bulten. Ankara: Türkiye Enerji Piyasaları İşletmesi. [Ttps://Www.Epias.Com.Tr/Wp-Content/Uploads/2018/03/Epias\\_2017\\_Yillik\\_Bulten\\_V2.Pdf](https://Www.Epias.Com.Tr/Wp-Content/Uploads/2018/03/Epias_2017_Yillik_Bulten_V2.Pdf) [Son erişim tarihi: 08.08.2018]
- Eryaşar, A. 2007. Kırsal kesime yönelik bir biyogaz sisteminin tasarımı, kurulumu, testi ve performansına etki eden parametrelerin araştırılması. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi. İzmir. 302 s.

- Etkb. 2019. Türkiye\_elektrik\_enerjisi\_talep\_projesiyonu\_raporu.Pdf. Ankara: Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. [Son erişim tarihi: 08.05.2019]
- Eüaş, A. P. 2015. Elektrik Üretim Sektör Raporu 2015. Enerji Bakanlığı. [Son erişim tarihi: 08.07.2018]
- Fnr. 2013. Leitfaden biogas 2013. Fachagentur nachwachsende rohstoffe e.v. (fnr). deutsches biomasseforschungszentrum gmbh (dbfz), kuratorium für technik und bauwesen in der landwirtschaft e. v. (ktbl) und rechtsanwaltskanzlei schnutenhaus and kollegen. Almanya. 244s
- Fnr. 2016. Laitfaden Biogas; von der gewinnung zur nutzung. fachagentur nachwachsende rohstoffe e. v. (fnr). deutsches biomasseforschungszentrum gmbh (dbfz), kuratorium für technik und bauwesen in der landwirtschaft e. v. (ktbl) und rechtsanwaltskanzlei schnutenhaus and kollegen. Almanya. 244s
- Gedik, T., Akyüz, K., and Akyüz, İ. 2005. Yatırım Projelerinin Hazırlanması Ve Değerlendirilmesi (İç Karlılık Oranı Ve Net Bugünkü Değer Yöntemi İle İncelenmesi). *Zkü Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7.
- Göğül, G. 2016. Ankara’da müstakil bir konutun nihai enerji tüketimini en aza indirebilmenin yollarının araştırılması ve tekno-ekonomik değerlendirilmesi,. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.236 s.
- Gustavsson, M. 2000. Biogas technology-solution in search of its problem – a study of small-scale rural technology introduction and integration. Department of Interdisciplinary studies humen ecology section . Göteborg University, Göteborg. 102 s.
- Gürbüz, A. 2006. Enerji verimliliğinin emisyonlara etkisi. 11 Mayıs/ İklim Değişikliği Çerçevesinde Enerji Sektörü Paneli. Ankara. .
- Gürtunca, İ. U. 2013. Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde reel opsiyon yaklaşımı,. Yüksek lisans tezi. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Ankara. 106 s.
- Bouallagui, H., Lahdheb, H., Romdan, E.B., Rachdi, B. and Hamdi. M. 2009. .Improvement of fruit and vegetable waste anaerobic digestion performance and stability with co-substrates addition. *Journal Of Environmental Management*, 90, 1844-1849.
- Hoogwijk, M. 2008. On the global and regional potential of renewable energy Sources. *Renewable Energy Policy Network For The 21st Century* .
- Hotunoğlu, H., and Yılmaz, O. 2015. Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler ve türkiye *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Yıl: 2, Sayı: 2 74-97
- IEA, BP, OME Tahmin 2017. Doğalgaz sektörü, iktisadi araştırmalar bölümü iş bankası. İş Bankası İktisadi araştırmalar bölümü yayınları.48s

- Iea; International Energy Agency. 2017. Iea Statistics: World Energy Balances Overview 2017. [Http://Www.Iea.Org/Statistics](http://www.Iea.Org/Statistics), [Son erişim tarihi: 19.03.2018]
- Jewell, W. K. 1986. Cogeneration of electricity and heat from biogas,. Seri/Str-231-2844, Golden, . Colorado.
- Karakuz, S. 2017. Almanya biyogaz sektörüne bakış. *Biyoyakıt Dünyası* -S. 64-66
- Karim, K., Hoffmann, R., Klasson, K. T., & Al-Dahhan, M. 2005. Anaerobic digestion of animal waste: Effect of mode of mixing. *Water Research*, S. 39: 3597–3606.
- Karve, A. K. 2005. A new compact biogas system based on sugary/starchy feedstock. *Energy For Sustainable Development*, Volume IX, 1, Pp. 63-65 .
- Kaya, D., Tırıs, M., Yıldız, O., Saraç, İ., Ekinci, K., Koçar, G., Saraç, M. 2009. Bitkisel ve hayvansal atıklardan biyogaz üretimi ve entegre enerji üretim sisteminde kullanımı (biyogaz). Tmmob Makina mühendisleri Odası S.50.
- Kaygusuz, K. T. (2002a). Biomass energy potential in Turkey. *Renewable Energy*, 26, Pp. 661-678 .
- Kidwell, S., and Peterson, L. 1981. Financial Institutions, Markets and money. The Dreydan Press. 704 s.
- Kilci, M. 2015. 2015-2019 Stratejik Planı. Enerji ve tabi kaynaklar bakanlığı müsteşarlığı. Ankara: Enerji ve tabi kaynaklar bakanlığı.
- Kishore, V. R. 1987. Fixed Dome Biogas Plants-A Desing, Construction And Operation Manual. *Tata Energy Research Institute*, New Delhi . Record Number : 19892439676
- Koçar, G., Eryaşar, A., İllez, B., Kutlu, Ö., & Arıcı, Ş. 2007. Biyogaz reaktörlerinde yaz ve kış şartlarına göre dizayn edilen güneş enerjisi destekli ısıtma sistemlerinin ekonomik açıdan karşılaştırmalı olarak incelenmesi,. Güneş enerjisi sistemleri sempozyum ve sergisi, 8-10 Haziran, Tmmob Makina Mühendisleri Odası. Mersin.
- Korucu, Y. Ç. 2005. Enerji verimliliği, çevre ve enerji verimliliği kanun tasarısı taslağı, . İklim değişikliğinin türkiye'ye ve sanayi'ye etkileri paneli, 22 Kasım 2005, . Tobb. Ankara.
- Leggett, J., Graves, R., and Lanyon, L. 2002. Anaerobic Digestion: Biogas Production And Odor Reduction From Manure. [://Www.Age.Psu.Edu/Extension/Factsheets/G/G77.Pdf](http://www.Age.Psu.Edu/Extension/Factsheets/G/G77.Pdf).
- Lehtomäki, A. H. 2007. Laboratory investigations on co-digestion of energy crops and crop residues with cow manure for methane production: Effect of crop to manure ratio. resources, *Conservation And Recycling*, 51 (3): 591–609.

- Linke, B. 2006. Kinetic study of thermophilic anaerobic digestion of the solid wastes from tomato processing. *Biomass And Bioenergy*. Volume 30, Issue 10, October 2006, Pages 892-896
- Martı nez-Pe rez, N., Cherryman, S.J., Premier, G.C., Dinsdale, R.M., Hawkes, D.L., Hawkes, F.R., Kyazze, G., Guwy, A.J., 2007. The potential for hydrogen-enriched biogas production from crops: Scenarios in the Uk. *Biomass And Bioenergy*, In Press. 31: 95-176
- Mata-Alvarez, J., Dosta, J., Romero-Güiza, M. S., Fonoll, X., Peces, M., and Astals, S., 2014. A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013 . *Renewable And Sustainable Energy Reviews*. 36: 412-427
- Mavi Kitap, 2. 2015. Enerji ve tabi kaynaklar bakanlığı, bağlı, ilgili ve ilişkili kuruluşların amaç ve faaliyetleri. Ankara: Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Mavi-Kitaplar> [Son erişim tarihi: 08.08.2018]
- Mckendry, P. 2002. Energy production from biomass (Part 2): Conversion technologies. *Bioresource Technology*, 83: 47–54 .
- Mears, D. 2001. Biogas Applications for large dairy operations: Alternatives to conventional engine-generators, . Cornell Cooperative Extension Association Of Wyoming County.
- Merkez Bankası. 2018. Yıllık Enflasyon Oranları. Ankara: <https://www.tcmb.gov.tr/Wps/Wcm/Connect/Tr/Tcmb+Tr/Main+Menu/Istatistikler/Enflasyon+Verileri/Tuketici+Fiyatlari>. [Son erişim tarihi: 08.04.2019]
- Mitzlaff, K. 1988. Engines For Biogas, . A Publication Of The Deutsches Zentrum Für Entwicklungstechnologien, Gate, . A Division Of The Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (Gtz) Gmbh .
- Mwm. 2018, Mwm Optimizes gas engines in the Tcg 2020 Series for Biogases. [www.mwm.net](http://www.mwm.net). [Son erişim tarihi: 08.04.2019]
- Nelson, C., and Lamb, J. 2002. Final report: Haubenschild farms anaerobic digester,. The minnesota project, [www.mnproject.org/Pdf/HaubyrptupDated.Pdf](http://www.mnproject.org/Pdf/HaubyrptupDated.Pdf). [Son erişim tarihi: 08.08.2018]
- Neves, L., Oliveira, R., and Alves, M. 2009. Co-Digestion of cow manure, food waste and intermittent input of fat. *Bioresource Technology*, 100: 1957–1962.
- Öz, M. E. U. 2006. Bursa için konutlarda enerji tüketim karakteristiklerinin belirlenmesi ve bu konutlar için yakıt hücreleri ile alternatif enerji üretim sistemlerinin karşılaştırılması, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi,, Bursa, 289 s.
- Öztürk, H. 2011. Bitkisel Üretimde Enerji Yönetimi. Adana: Hasad Yayıncılık. 256s.
- Pagilla, K., Kim, H., and Cheunbarn, T. 2000. Aerobic thermophilic and anaerobic mesophilic treatment of swine waste. *Wat. Res.*, 34, 10,: 2747-2753.

- Ravena, R. G. 2007. Biogas Plants In Denmark: Successes And Setbacks. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 11: 116–132 .
- Roubaud, A. and D. Favrat. 2005. Improving Performances Of A Lean Burn Cogeneration Biogas Engine Equipped With Combustion Prechambers,,*SchinceDirect : S. Fuel*, 84: 2001-2007.
- Ruggeri, B. 1986. Kinetic And Thermal Aspects Of Biogas Production. *Agricultural Wastes*, 16:. 183-200 .
- Rutz, D., Janssen, R., Hoffstede, U., Beil, M., Hahn, H., Kulisic, B., Jurić, Ž., Kruhek, M., Ribic, B., Haider, P., Gostomska, A., Nogueira, M.A., Martins, A.S., Martins, M., doCéu Albuquerque, M., Dzene, I., Niklass, M., Gubernatorova, I., Schinnerl, D.. J. 2011. Organic Waste For Biogas Production In Urban Areas. *Proceedings Of 19th European Biomass Conference And Exhibition*,3.4.27: 2125–2131.
- S.Uemura, and Harada, H. 2000. Treatment Of Sewage By A Uasb Reactor Under Moderate To Low Temperature Conditions. *Bioresource Technology*, 72: 275-282.
- Sariaslan, H. 1990. Yatırım Projelerinin Hazırlanması Ve Değerlendirilmesi, Planlama-Analizfizibilite. Ankara: Turhan Kitapevi.448 s.
- Seadi, T. Al, Lukehurst, C., Saedi, T. Al, Lukehurst, C., Seadi, T. Al, and Lukehurst, C. 2012. Quality management of digestate from biogas plants used as fertiliser. yayıncı kuruluş IEA Bioenergy, 36 s
- Siemons, R. 2002. How European Waste Will Contribute To Renewable Energy. *Energy Policy*, 30: 471–475 .
- Şenol, H. 2017. Türkiye’de biyogaz üretimi için başlıca biyokütle kaynakları. *Beu Journal Of Science*, 81-92.
- T.Yüksel, 2. 2001. Biyogaz, Güneş Ve Toprak Enerjisi Kaynaklı Sera Isıtmasının Araştırılması. Elazığ: Fırat Üniversitesi.
- Teiaş. 2015. “Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu 2015-2019”. <https://www.teias.gov.tr/> [Son erişim tarihi: 08.04.2019]
- Teiaş. 2016. 2015 yılı üretim tüketim değerleri”, <Http://Www.Teias.Gov.Tr/Yukteviziraporlari.AspX>. Teiaş Yük Tevzi Daire Başkanlığı. [Son erişim tarihi: 08.08.2018]
- Teiaş. 2018. Türkiye kurulu gücünün birincil enerji kaynaklarına göre yıllar itibariyle gelişimi. . Ankara: Türkiye Elektrik İletim A.Ş. <https://www.teias.gov.tr/> [Son erişim tarihi: 08.08.2018]
- Teiaş. 2019. Türkiye Elektrik Sistemi Kuruluş Ve Kaynaklara Göre Kurulu Güç. Ankara: Türkiye Elektrik İşleri A.Ş. [Https://Www.Teias.Gov.Tr/Sites/Default/Files/2018-08/Kurulu\\_Guc\\_Temmuz\\_2018.Pdf](Https://Www.Teias.Gov.Tr/Sites/Default/Files/2018-08/Kurulu_Guc_Temmuz_2018.Pdf) Adresinden Alındı [Son erişim tarihi: 08.02.2019]

- Türkyılmaz, O. 2007. Türkiye'nin yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları. Iv. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları sempozyumu Kayseri : 25-44.
- Us, E., and Perendeci, A. 2012. Improvement of methane production from greenhouse residues: optimization of thermal and h<sub>2</sub>so<sub>4</sub> pretreatment process by experimental design. *Chemical Engineering Journal*, 181-182: 120-131.
- Vijayalekshmy, M. 1985. Biogas technology-an information package. Bombay : *Tata Energy Research Institute*.
- Walker-Technik.De. 2019. Biogas-fermenter-bestückung. Walker-Technik.De : [Www.Walker-Technik.De](http://www.Walker-Technik.De) Adresinden Alındı [Son erişim tarihi: 08.04.2019]
- Wellinger, A., Murphy, J., and Baxter, D., 2013. The biogas handbook: science, production and applications. *Woodhead Publishing Limited*. 512 s.
- Werner, U., Stöhr, U., and Hees, N. 1989. Biogas Plants In Animal Husbandry. A Publication Of The Deutsches Zentrum Für Entwicklungstechnologien. Gate: Division Of The Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (Gtz) Gmbh.
- Wilkie, A. 2003. Anaerobic Digestion Of Flushed Dairy Manure, . Anaerobic Digester Technology Applications In Animal Agriculture—A National Summit, Water Environment Federation, Alexandria, Virginia, P.350-354 .
- Yaldız, O. ve Külcü, R. 2014). The composting of agricultural wastes and the new parameter for the assessment of the process. *Ecological Engineering*, Volume 69, Pages 220-225.
- Yaldız, O. 2004. Biyogaz Teknolojisi. Akdeniz Üniversitesi Basımevi. Antalya. ISBN : 975-7666-64-5
- Yaldız, O. 2009 Organik atıklardan biyogaz üretim tekniği. Akdeniz üniversitesi ziraat fakültesi tarım makinaları bölümü. Antalya.
- Yegm. 2017. Enerji ve tabii kaynaklar bakanlığı yenilenebilir enerji genel müdürlüğü. Ankara. <http://www.yegm.gov.tr/> [Son erişim tarihi: 08.04.2019]
- Yüksel, T. 2001. Biyogaz, Güneş Ve Toprak Enerjisi Kaynaklı Sera Isıtmasının Araştırılması. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi. Elâzığ 175 s.

## 7. EKLER

**BİYOĞAZ TESİSİ YAKLAŞIK MALİYET**  
(Miktar + Tutarlar + Pursantajlar)

**01 - İNŞAAT**

| Sıra No | Poz No      | Tanımı                                                                                                                                            | Birimi | Miktarı   | Birim Fiyatı | Tutarı     | Pursantaj |
|---------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|--------------|------------|-----------|
| 1       | 15.140/2    | Temel tabanına el ile tuvenan kum çakıl serilmesi ve sıkıştırılması                                                                               | M3     | 6670,000  | 24,41        | 162.814,70 | 0,248399  |
| 2       | 15.140/3    | Hafif agrega (elenmiş kömür curufu) ile dolgu yapılması                                                                                           | M3     | 3050,573  | 4,43         | 13.514,04  | 0,020618  |
| 3       | 15.140/5    | Makine ile tuvenan kum çakıl temin edilerek, el ile serme, sulama, sıkıştırma yapılması                                                           | M3     | 103,234   | 12,18        | 1.257,39   | 0,001918  |
| 4       | 17.175/MK   | 50x20x10 cm boyutlarında normal çimentolu buhar kürlü beton bordür döş.                                                                           | MT     | 254,000   | 10,76        | 2.733,04   | 0,004170  |
| 5       | 18.071/3AMK | 24X14,5X23,50 İZO TUĞLA İLE DUVAR YAPILMASI                                                                                                       | M2     | 1534,460  | 24,38        | 37.410,13  | 0,057075  |
| 6       | 18.139/D5-A | 12.5 MM ÇİFT KAT SUYA VE YAN.DAY.ALÇI DUVAR LEV.ARASINA 5CM(70/KG/M3)TAŞ YÜNÜ İLE METAL .ISK. AKUSTİK GİYDİRME DUVAR YAPILMASI(DUVAR PROFİLİ İLE) | M2     | 295,703   | 47,75        | 14.119,82  | 0,021542  |
| 7       | 18.324      | H=25 cm boşluklu hafif beton blok (asmolen) döşenmesi                                                                                             | M2     | 3918,922  | 16,94        | 66.386,54  | 0,101283  |
| 8       | 18.351/A/MK | Dış duvarlarda madeni dilatasyon fugası yapılması (alüminyum kapaklı)                                                                             | MT     | 133,200   | 85,45        | 11.381,94  | 0,017365  |
| 9       | 18.353/A/MK | Bina içinde duvar,tavana madeni dilatasyon fugası yapılması (alüminyum kapaklı)                                                                   | MT     | 18,900    | 65,64        | 1.240,60   | 0,001893  |
| 10      | 18.354/A/MK | Döşemede madeni dilatasyon fugası yapılması (alüminyum kapaklı)                                                                                   | MT     | 354,300   | 93,39        | 33.088,08  | 0,050481  |
| 11      | 18.460/1    | ø150 mm spiral sarımlı pvc boru döşenmesi (drenaj,y.suyu için)                                                                                    | MT     | 1444,000  | 19,51        | 28.172,44  | 0,042981  |
| 12      | 18.460/2    | ø200 mm spiral sarımlı pvc boru döşenmesi (drenaj,y.suyu için)                                                                                    | MT     | 2200,000  | 22,75        | 50.050,00  | 0,076359  |
| 13      | 19.049/5A   | TAŞ YÜNÜ İLE ISI YALITIMI YAPILMASI                                                                                                               | M2     | 17767,150 | 9,58         | 170.209,30 | 0,259680  |
| 14      | 19.104/C2   | 0.75mm çap.ve 6 cm boy.tutkallı sonu kancalı çel.tel.beton takviyesi yapılması                                                                    | KG     | 2597,325  | 4,19         | 10.882,79  | 0,016603  |
| 15      | 21.011      | Düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı                                                                                                             | M2     | 21519,700 | 19,59        | 421.570,92 | 0,643171  |
| 16      | 23.256      | Cam elyaf takviyeli kompozit rögar kapağı temini ve yerine konulması (kapak net açıklığı minimum 600 mm)                                          | AD     | 20,000    | 330,89       | 6.617,80   | 0,010096  |
| 17      | 25.015/1    | Demir imalatın 1 kat antipas 2 kat yağlı boyayla boyanması                                                                                        | M2     | 605,184   | 10,78        | 6.523,88   | 0,009953  |

|    |              |                                                                                                                                                                             |    |               |        |            |          |
|----|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------|--------|------------|----------|
| 18 | 25.016/1     | Demir imalatın 2 kat antipas 2 kat yağlı boyayla boyanması                                                                                                                  | M2 | 24460,66<br>0 | 13,54  | 331.197,34 | 0,505292 |
| 19 | 25.045       | Yeni sıva yüzeyin beyaz üç kat kireç badana yapımı                                                                                                                          | M2 | 2407,080      | 1,69   | 4.067,97   | 0,006206 |
| 20 | 25.137       | Demir, madeni imalatı korozyona karşı 2kat boyama                                                                                                                           | M2 | 1434,320      | 10,41  | 14.931,27  | 0,022780 |
| 21 | 26.302/C1    | 3 cm kalınlığında açık renkli traverten ile döşeme kaplaması yapılması. (3x30xserbestboy)                                                                                   | M2 | 1448,445      | 84,14  | 121.872,16 | 0,185935 |
| 22 | 26.502/MK    | Beyaz çimentolu, tek tabakalı terrazo karo plak (suni mermer - sınıf 2) ile iç mekanlarda döşeme kaplaması yapılması (cilalı) (250x250mm/300x300mm/330x330mm vb. ebatlarda) | M2 | 305,272       | 47,35  | 14.454,63  | 0,022053 |
| 23 | 26.622/C     | Renkli mermer plaklar ile merdiven basamağı kaplaması (basamak 3 cm, riht 2 cm kalınlığında) yapılması                                                                      | MT | 649,000       | 45,55  | 29.561,95  | 0,045101 |
| 24 | 26.641/C     | Açık renkli traverten plaklar ile merdiven basamağı kaplaması (basamak 4 cm, riht 3 cm kalınlığında) yapılması                                                              | MT | 36,000        | 52,60  | 1.893,60   | 0,002889 |
| 25 | 26.702/C1    | 3 cm kalınlığında renkli mermer plaklar ile dış denizlik yapılması (3x30xserbestboy)                                                                                        | M2 | 164,412       | 104,54 | 17.187,63  | 0,026222 |
| 26 | 26.752/C1    | 3 cm kalınlığında renkli mermer plaklar ile parapet yapılması (3x30xserbestboy)                                                                                             | M2 | 164,412       | 108,54 | 17.845,28  | 0,027226 |
| 27 | 26.761/C1    | 3 cm kalınlığında açık traverten levhalarla parapet yapılması (3x30xserbestboy)                                                                                             | M2 | 12,238        | 111,71 | 1.367,11   | 0,002086 |
| 28 | 27.502/MK    | 250/350 çimento dozlu harçla düz sıva yapılması                                                                                                                             | M2 | 30580,74<br>5 | 16,03  | 490.209,34 | 0,747889 |
| 29 | 27.532/MK    | Kireç-çimento karışımı harçla düz sıva yapılması.                                                                                                                           | M2 | 13149,40<br>1 | 12,05  | 158.450,28 | 0,241740 |
| 30 | 27.535/1     | Alt 350dz çim.üst 0.1m3\250kg.krç-çim.tavan sıvası                                                                                                                          | M2 | 1559,840      | 11,64  | 18.156,54  | 0,027701 |
| 31 | 27.560/16    | 2 mm kalınlıkta beton,sıva ve benzeri yüzeylere silikon katkılı akrilik esaslı kaplama yapılması                                                                            | M2 | 37120,99<br>0 | 16,44  | 610.269,08 | 0,931059 |
| 32 | 27.581/Mak/A | 5,5 CM 350 DOZ TESVİYE BETONU YAPILMASI                                                                                                                                     | M2 | 18380,46<br>0 | 15,53  | 285.448,54 | 0,435495 |
| 33 | 27.581/MK    | 200 dz çimento harcıyla tesviye tabakası yapımı                                                                                                                             | M2 | 8073,000      | 7,75   | 62.565,75  | 0,095454 |
| 34 | 27.586/MK    | 4 cm kalınlığında 500 kg çimento dz şap yapımı                                                                                                                              | M2 | 35180,51<br>3 | 13,85  | 487.250,11 | 0,743374 |
| 35 | MSB.922/A    | 13 MM COMPACT LAMİNANT İLE BÖLME PANOSU VE KAPI YAPILMASI                                                                                                                   | M2 | 574,180       | 173,33 | 99.522,62  | 0,151837 |
| 36 | ÖZF          | Kamyon ve kepçe                                                                                                                                                             | Ad | 4,000         | 750,00 | 3.000,00   | 0,004577 |
| 37 | Y.15.001/1A  | Makine ile yumuşak ve sert toprak kazılması (serbest kazı)                                                                                                                  | M3 | 4720,213      | 2,69   | 12.697,37  | 0,019372 |
| 38 | Y.15.006/2B  | Makine ile her derinlik ve her genişlikte yumuşak ve sert küskülük kazılması (derin kazı)                                                                                   | M3 | 16200,00<br>0 | 4,55   | 73.710,00  | 0,112456 |
| 39 | Y.15.010/3B  | Makine ile patlayıcı madde kullanılarak her derinlik ve her genişlikte yumuşak kaya kazılması (derin kazı)                                                                  | M3 | 16200,00<br>0 | 17,25  | 279.450,00 | 0,426344 |

|    |              |                                                                                                                                                                                                                            |     |               |          |              |               |
|----|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------|----------|--------------|---------------|
| 40 | Y.15.014/5B  | Makine ile patlayıcı madde kullanmadan her derinlik ve her genişlikte sert kaya kazılması (derin kazı)                                                                                                                     | M3  | 14200,00<br>0 | 26,95    | 382.690,00   | 0,583852      |
| 41 | Y.16.050/04  | Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, c 20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)                                                                             | M3  | 1008,778      | 109,35   | 110.309,87   | 0,168295      |
| 42 | Y.16.050/06  | Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, c 30/37 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)                                                                             | M3  | 18300,00<br>0 | 124,98   | 2.287.134,00 | 3,489372      |
| 43 | Y.18.001/C01 | 85 mm kalınlığında yatay delikli tuğla (190 x 85 x 190 mm) ile duvar yapılması                                                                                                                                             | M2  | 9210,825      | 18,45    | 169.939,72   | 0,259269      |
| 44 | Y.18.001/C05 | 190 mm kalınlığında yatay delikli tuğla (190 x 190 x 135 mm) ile duvar yapılması                                                                                                                                           | M2  | 7890,424      | 25,50    | 201.205,81   | 0,306970      |
| 45 | Y.18.461/001 | 3 mm kalınlıkta plastomer esaslı (-5 soğukta bükülmeli) cam tülü taşıyıcılı ve 3 mm kalınlıkta plastomer esaslı (-5 soğukta bükülmeli) polyester keçe taşıyıcılı polimer bitümlü örtüler ile iki kat su yalıtımı yapılması | M2  | 5075,395      | 20,64    | 104.756,15   | 0,159821      |
| 46 | Y.18.461/042 | 250 gr/m <sup>2</sup> ağırlıkta geotekstil keçe serilmesi                                                                                                                                                                  | M2  | 26000,46<br>0 | 2,14     | 55.640,98    | 0,084889      |
| 47 | Y.19.055/053 | 5 cm kalınlıkta taşıyıcı levhalar (min. 120 kg/m <sup>3</sup> yoğunlukta) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)                                                       | M2  | 36390,24<br>5 | 44,99    | 1.637.197,12 | 2,497794      |
| 48 | Y.19.056/013 | 5 cm kalınlıkta ekspande polistren levhalar (eps - 30 kg/m <sup>3</sup> yoğunluğunda) ile bodrum perdelerinde su yalıtımı üzerine ısı yalıtımı yapılması                                                                   | M2  | 18820,00<br>0 | 11,29    | 212.477,80   | 0,324167      |
| 49 | Y.19.057/002 | 4 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün levhalar (xps - 300 kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (zemine oturan (toprak teması) döşemelerde veya ters teras çatılarda vb.) ısı yalıtımı yapılması                                       | M2  | 5731,550      | 9,83     | 56.341,14    | 0,085957      |
| 50 | Y.19.085/007 | Çimento esaslı polimer modifiyeli iki bileşenli kullanıma hazır yalıtım harcı ile 3 kat halinde toplam 2 mm kalınlıkta su yalıtımı yapılması                                                                               | M2  | 3920,180      | 16,75    | 65.663,02    | 0,100179      |
| 51 | Y.21.050/C01 | Çelik borudan kalıp iskelesi yapılması (0,00-4,00m arası)                                                                                                                                                                  | M3  | 26336,56<br>5 | 3,81     | 100.342,31   | 0,153087      |
| 52 | Y.21.051/C01 | Çelik borudan tam güvenli cephe iş iskelesi yapılması (0,00-51,50m arası)                                                                                                                                                  | M2  | 3657,345      | 4,03     | 14.739,10    | 0,022487      |
| 53 | Y.21.051/C03 | Çelik borudan tavanlar için tam güvenli iş iskelesi yapılması (0,00-21,50m arası)                                                                                                                                          | M3  | 13686,72<br>6 | 3,51     | 48.040,41    | 0,073293      |
| 54 | Y.21.280/03  | Ac4 sınıf 32 laminat yer kaplaması ile döşeme kaplaması yapılması (süpürgelik dahil)                                                                                                                                       | M2  | 3543,870      | 24,30    | 86.116,04    | 0,131383      |
| 55 | Y.23.010     | Nervürlü çelik hasırın yerine konulması 1,500-3,000 kg/m <sup>2</sup> (3,000 kg/m <sup>2</sup> dahil)                                                                                                                      | TON | 1,850         | 1.834,06 | 3.393,01     | 0,005177      |
| 56 | Y.23.014     | Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması                                                                                                                              | TON | 4415,180      | 1.727,34 | 7.626.517,02 | 11,63541<br>5 |

|        |            |                                                                                                            |     |           |          |               |           |
|--------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------|----------|---------------|-----------|
| 57     | Y.23.015   | Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması.            | TON | 4849,442  | 1.702,65 | 8.256.902,42  | 12,597164 |
| 58     | Y.23.176   | Lama ve profil demirlerden çeşitli demir işleri yapılması ve yerine konulması                              | KG  | 13562,000 | 4,99     | 67.674,38     | 0,103248  |
| 59     | Y.23.244/E | Elektrostatik toz boyalı ısı yalıtımsız alüminyum doğrama imalatı yapılması ve yerine konulması            | KG  | 4533,864  | 16,95    | 76.848,99     | 0,117245  |
| 60     | Y.23.244/L | Elektrostatik toz boyalı ısı yalıtımlı alüminyum doğrama imalatı yapılması ve yerine konulması             | KG  | 1799,000  | 17,95    | 32.292,05     | 0,049266  |
| 61     | YFA.4      | 6 MM TEMPERLİ +12MM HAVA BOŞUĞU+ 6MM GÜNEŞ VE ISI KONTROL KAPLAMALI RENKLİ REFLEKTE TEMPERLİ CAM TAKILMASI | M2  | 872,823   | 190,40   | 166.185,50    | 0,253541  |
| 62     | YFA.6      | Yangın güvenlik kapısı yapılması                                                                           | Ad  | 2,000     | 866,40   | 1.732,80      | 0,002644  |
| 63     | YFA.7      | Laminant Kaplamalı 19mm kal.Mdf Aküstik Panel Duvar Kaplaması Arası 5 cm (70 kg/m3)Taş Yünü Yapılması      | m2  | 116,665   | 63,33    | 7.388,39      | 0,011272  |
| 64     | YFA.8      | Laminant kaplamalı 19mm Mdf Panel Duvar Kaplaması arası 5cm(70 kg/cm3) Taş yünü yapılması                  | m2  | 116,665   | 54,36    | 6.341,91      | 0,009676  |
| 65     | YFA.9      | TABAN TUĞLASI İLE ZEMİN KAPLAMA YAPILMASI(215*105*50mm)                                                    | M2  | 375,850   | 50,68    | 19.048,08     | 0,029061  |
| Toplam |            |                                                                                                            |     |           |          | 25.970.000,00 |           |

**02.01 - Sıhhi Tesisat**

| Sıra No | Poz No   | Tanımı                                                                             | Birimi | Miktarı | Birim Fiyatı | Tutarı   | Pursantaj |
|---------|----------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|--------------|----------|-----------|
| 1       | 072.701  | Lavabo tesisatı gömme tip bataryalı (pirinçten)1.sınıf                             | TK     | 1,000   | 111,00       | 111,00   | 0,019136  |
| 2       | 073.202  | Ayna takriben 40x60 cm (kristal cam)                                               | AD     | 1,000   | 41,60        | 41,60    | 0,007172  |
| 3       | 075.103  | Plastik sifonlu takriben 50x60 cm ekstra sınıf sırlı seramikten alaturka hela taşı | AD     | 1,000   | 68,20        | 68,20    | 0,000104  |
| 4       | 080.101  | Normal tip pisuvar ve tesisatı (pirinç sifonlu) 30x25x40 ekstra sınıf              | TK     | 8,000   | 97,00        | 776,00   | 0,001184  |
| 5       | 083.202  | 1 gözlü damlalıklı eviye,paslanmaz çelik 50x100 cm                                 | AD     | 5,000   | 65,00        | 325,00   | 0,000496  |
| 6       | 084.101  | Bir gözlü eviye tesisatı,bataryalı,pirinç sifonlu 1.sınıf                          | AD     | 5,000   | 113,00       | 565,00   | 0,000862  |
| 7       | 087.101  | Sırlı seramikten duş teknesi takriben 80x80x10 cm (ekstra kalite)                  | AD     | 1,000   | 201,00       | 201,00   | 0,000307  |
| 8       | 089.105  | Uzun musluk 1/2" (süzgeçli rozet dahil)                                            | AD     | 17,000  | 17,10        | 290,70   | 0,000444  |
| 9       | 089.1612 | Çift kumandalı, duvardan çıkışlı banyo bataryası                                   | AD     | 1,000   | 176,00       | 176,00   | 0,000269  |
| 10      | 089.952  | Zaman ayarlı pisuvar musluğu, sıva altı (krome)                                    | AD     | 8,000   | 158,00       | 1.264,00 | 0,001928  |

|    |          |                                                                                |    |         |          |           |          |
|----|----------|--------------------------------------------------------------------------------|----|---------|----------|-----------|----------|
| 11 | 094.400  | Paslanmaz çelik kağıtlık                                                       | AD | 1,000   | 15,70    | 15,70     | 0,000790 |
| 12 | 097.101  | Pik bodrum süzgeci 15x24 cm                                                    | AD | 12,000  | 29,40    | 352,80    | 0,000538 |
| 13 | 097.203  | Yer süzgeci sert plastik 10x10 cm                                              | AD | 40,000  | 5,70     | 228,00    | 0,000348 |
| 14 | 1002.118 | Dn25 30m TS EN 671-1 normlarında tüplü model yangın dolabı                     | AD | 14,000  | 1.010,00 | 14.140,00 | 0,021573 |
| 15 | 1003.103 | Dn15 standart uygulamalar için otomatik yangın sprinkleri (sarkık)             | AD | 5,000   | 11,00    | 55,00     | 0,000084 |
| 16 | 1003.105 | Dn15 standart uygulamalar için otomatik yangın sprinkleri (yatay duvar kenarı) | AD | 8,000   | 21,00    | 168,00    | 0,000256 |
| 17 | 1004.042 | Rozet ilavesi (ayarlanabilir iki parçalı rozet)                                | AD | 634,000 | 3,00     | 1.902,00  | 0,002902 |
| 18 | 1005.002 | Dn100 ıslak alarm vana istasyonu                                               | AD | 10,000  | 1.728,00 | 17.280,00 | 0,002636 |
| 19 | 1005.003 | Dn150 ıslak alarm vana istasyonu                                               | AD | 2,000   | 2.098,00 | 4.196,00  | 0,006402 |
| 20 | 1005.004 | Dn200 ıslak alarm vana istasyonu                                               | AD | 2,000   | 3.055,00 | 6.110,00  | 0,009322 |
| 21 | 1008.100 | Vana istasyonlarına ilaveleri için ödenecek farklar (su motorlu gong)          | AD | 5,000   | 531,00   | 2.655,00  | 0,004051 |
| 22 | 1008.200 | Vana istasyonlarına ilaveleri için ödenecek farklar (geciktirme hücresi)       | AD | 5,000   | 372,00   | 1.860,00  | 0,002838 |
| 23 | 1008.300 | Vana istasyonlarına ilaveleri için ödenecek farklar (alarm basınç anahtarı)    | AD | 5,000   | 223,00   | 1.115,00  | 0,001701 |
| 24 | 1011.007 | Dn 100 su akış anahtarı                                                        | AD | 1,000   | 293,00   | 293,00    | 0,000447 |
| 25 | 1011.008 | Dn 150 su akış anahtarı                                                        | AD | 4,000   | 300,00   | 1.200,00  | 0,001831 |
| 26 | 1013.101 | Dn 40 izlenebilir flanş arası sıkıştırmalı kelebek vana                        | AD | 1,000   | 155,00   | 155,00    | 0,000236 |
| 27 | 1013.103 | Dn 65 izlenebilir flanş arası sıkıştırmalı kelebek vana                        | AD | 1,000   | 707,00   | 707,00    | 0,001079 |
| 28 | 1013.104 | Dn 80 izlenebilir flanş arası sıkıştırmalı kelebek vana                        | AD | 1,000   | 749,00   | 749,00    | 0,001143 |
| 29 | 1013.105 | Dn 100 izlenebilir flanş arası sıkıştırmalı kelebek vana                       | AD | 4,000   | 803,00   | 3.212,00  | 0,004900 |
| 30 | 1013.106 | Dn 150 izlenebilir flanş arası sıkıştırmalı kelebek vana                       | AD | 2,000   | 1.157,00 | 2.314,00  | 0,003530 |
| 31 | 1013.107 | Dn 200 izlenebilir flanş arası sıkıştırmalı kelebek vana                       | AD | 3,000   | 1.565,00 | 4.695,00  | 0,007163 |
| 32 | 1016.003 | Dn 40 yangın çek vana                                                          | AD | 1,000   | 117,00   | 117,00    | 0,000179 |
| 33 | 1016.007 | Dn 100 yangın çek vana                                                         | AD | 1,000   | 286,00   | 286,00    | 0,000436 |
| 34 | 1016.008 | Dn 150 yangın çek vana                                                         | AD | 2,000   | 407,00   | 814,00    | 0,001242 |
| 35 | 1016.009 | Dn 200 yangın çek vana                                                         | AD | 1,000   | 545,00   | 545,00    | 0,000831 |

|    |          |                                                                                                    |    |        |           |            |          |
|----|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|-----------|------------|----------|
| 36 | 1017.000 | İtfaiye bağlantı ağızı                                                                             | AD | 1,000  | 535,00    | 535,00     | 0,000816 |
| 37 | 1020.153 | Debi=120-126 m <sup>3</sup> /h h=80 mss yatay ayrılabilir gövdeli yangın pompası                   | AD | 25,000 | 30.315,00 | 757.875,00 | 1,156254 |
| 38 | 1020.318 | Debi=6.0 m <sup>3</sup> /h h=100 mss elektrik motorlu kaçak giderme pompa grubu                    | AD | 25,000 | 3.134,00  | 78.350,00  | 0,119535 |
| 39 | 103.108  | Soğuk su sayacı Ø 80 mm. flanşlı                                                                   | AD | 1,000  | 404,00    | 404,00     | 0,000616 |
| 40 | 104.107  | Flotör 2" 50Ømm.                                                                                   | AD | 1,000  | 45,70     | 45,70      | 0,000070 |
| 41 | 105.620  | 62,00 m <sup>3</sup> prizmatik modüler paslanmaz çelik su deposu                                   | AD | 1,000  | 34.510,00 | 34.510,00  | 0,052650 |
| 42 | 105.725  | 112,00 m <sup>3</sup> prizmatik modüler galvanizli su deposu                                       | AD | 1,000  | 27.870,00 | 27.870,00  | 0,042520 |
| 43 | 107.1302 | Debi:0-20 m <sup>3</sup> /h, basınç:60-90 mss, üç pompalı düşey milli frekans konvertörlü hidrofor | AD | 1,000  | 8.930,00  | 8.930,00   | 0,013624 |
| 44 | 109.102  | Soğuk ve sıcak su kollektör borusu 3" 80Ø mm.                                                      | MT | 4,000  | 35,00     | 140,00     | 0,000214 |
| 45 | 109.103  | Soğuk ve sıcak su kollektör borusu 4" 100Ø mm.                                                     | MT | 3,000  | 43,00     | 129,00     | 0,000197 |
| 46 | 109.201  | Kollektör ağızı Ø 15 mm.                                                                           | AD | 2,000  | 3,00      | 6,00       | 0,000009 |
| 47 | 109.202  | Kollektör ağızı Ø 20 mm.                                                                           | AD | 1,000  | 4,00      | 4,00       | 0,000006 |
| 48 | 109.203  | Kollektör ağızı Ø 25 mm.                                                                           | AD | 1,000  | 4,00      | 4,00       | 0,000006 |
| 49 | 109.205  | Kollektör ağızı Ø 40 mm.                                                                           | AD | 4,000  | 5,00      | 20,00      | 0,000031 |
| 50 | 109.206  | Kollektör ağızı Ø 50 mm.                                                                           | AD | 2,000  | 6,00      | 12,00      | 0,000018 |
| 51 | 109.207  | Kollektör ağızı Ø 65 mm.                                                                           | AD | 1,000  | 8,00      | 8,00       | 0,000012 |
| 52 | 109.208  | Kollektör ağızı Ø 80 mm.                                                                           | AD | 1,000  | 8,00      | 8,00       | 0,000012 |
| 53 | 117.303  | Elektrikli su ısıtıcı 60 lt 1800watt (TS 2212 EN 60335-2-21)                                       | AD | 5,000  | 372,00    | 1.860,00   | 0,002838 |
| 54 | 164.400  | Manometre Ø 100 mm 10 atmosfer kadar bölüntülü                                                     | AD | 2,000  | 31,00     | 62,00      | 0,000095 |
| 55 | 173.108  | Kollektör borusu Ø 324/5,6 mm.dikişli boru                                                         | MT | 10,000 | 95,00     | 950,00     | 0,001449 |
| 56 | 173.301  | Kollektör ağızı Ø 15                                                                               | AD | 2,000  | 3,00      | 6,00       | 0,000009 |
| 57 | 173.305  | Kollektör ağızı Ø 40 mm                                                                            | AD | 2,000  | 7,00      | 14,00      | 0,000021 |
| 58 | 173.306  | Kollektör ağızı Ø 50 mm                                                                            | AD | 3,000  | 8,00      | 24,00      | 0,000037 |
| 59 | 173.307  | Kollektör ağızı Ø 65 mm                                                                            | AD | 1,000  | 9,00      | 9,00       | 0,000014 |
| 60 | 173.308  | Kollektör ağızı Ø 80 mm                                                                            | AD | 1,000  | 10,00     | 10,00      | 0,000015 |

|    |          |                                                                                       |    |         |       |          |          |
|----|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|-------|----------|----------|
| 61 | 173.309  | Kollektör ağzı ø 100 mm                                                               | AD | 3,000   | 11,00 | 33,00    | 0,000050 |
| 62 | 173.311  | Kollektör ağzı ø 150 mm                                                               | AD | 4,000   | 17,00 | 68,00    | 0,000104 |
| 63 | 173.312  | Kollektör ağzı ø 200 mm                                                               | AD | 3,000   | 23,00 | 69,00    | 0,000105 |
| 64 | 174.402  | Silindirik havalandırma deposu 10 lt.                                                 | AD | 3,000   | 11,00 | 33,00    | 0,000050 |
| 65 | 201.106  | Dikişli vidalı çelik boru 1" 25 mm, dış çap 33,7/3,20 manşonsuz ağırlık 2,43 kg/m     | MT | 120,000 | 4,85  | 582,00   | 0,000888 |
| 66 | 201.107  | Dikişli vidalı çelik boru 1 1/4" 32 mm, dış çap 42,4/3,20 manşonsuz ağırlık 3,13 kg/m | MT | 130,000 | 6,00  | 780,00   | 0,001190 |
| 67 | 201.108  | Dikişli vidalı çelik boru 1 1/2" 40 mm, dış çap 48,3/3,20 manşonsuz ağırlık 3,60 kg/m | MT | 200,000 | 7,05  | 1.410,00 | 0,002151 |
| 68 | 201.109  | Dikişli vidalı çelik boru 2" 50 mm, dış çap 60,3/3,60 manşonsuz ağırlık 5,10 kg/m     | MT | 272,000 | 9,50  | 2.584,00 | 0,003942 |
| 69 | 201.110  | Dikişli vidalı çelik boru 2 1/2" 65 mm, dış çap 76,1/3,60 manşonsuz ağırlık 6,54 kg/m | MT | 310,000 | 12,60 | 3.906,00 | 0,005959 |
| 70 | 201.111  | Dikişli vidalı çelik boru 3" 80 mm, dış çap 88,9/4,00 manşonsuz ağırlık 8,53 kg/m     | MT | 268,000 | 16,10 | 4.314,80 | 0,006583 |
| 71 | 201.112  | Dikişli vidalı çelik boru 4" 100 mm, dış çap 114,3/4,50 manşonsuz ağırlık 12,50 kg/m  | MT | 118,000 | 22,45 | 2.649,10 | 0,004042 |
| 72 | 201.113  | Dikişli vidalı çelik boru 5" 125 mm, dış çap 139,7/5,00 manşonsuz ağırlık 17,10 kg/m  | MT | 20,000  | 30,65 | 613,00   | 0,000935 |
| 73 | 201.114  | Dikişli vidalı çelik boru 6" 150 mm, dış çap 165,1/5,00 manşonsuz ağırlık 20,40 kg/m  | MT | 76,000  | 35,90 | 2.728,40 | 0,004163 |
| 74 | 201.132  | Düz spiral kaynaklı çelik boru 8" dış çap 219,1/5,6 manşonsuz ağırlık 29,5 kg/m       | MT | 24,000  | 54,50 | 1.308,00 | 0,001996 |
| 75 | 201.203  | Dikişli galvanizli çelik boru 1/2" ø15 ortalama dış çap 21,3/2,65 mm                  | MT | 128,000 | 3,70  | 473,60   | 0,000723 |
| 76 | 201.204  | Dikişli galvanizli çelik boru 3/4" ø20 ortalama dış çap 26,9/2,65 mm                  | MT | 116,000 | 4,70  | 545,20   | 0,000832 |
| 77 | 201.205  | Dikişli galvanizli çelik boru 1" ø25 ortalama dış çap 33,7/3,25 mm                    | MT | 84,000  | 7,00  | 588,00   | 0,000897 |
| 78 | 201.206  | Dikişli galvanizli çelik boru 1 1/4" ø32 ortalama dış çap 42,4/3,25 mm                | MT | 24,000  | 8,50  | 204,00   | 0,000311 |
| 79 | 201.207  | Dikişli galvanizli çelik boru 1 1/2" ø40 ortalama dış çap 48,3/3,25 mm                | MT | 90,000  | 9,70  | 873,00   | 0,001332 |
| 80 | 201.208  | Dikişli galvanizli çelik boru 2" ø50 ortalama dış çap 60,3/3,65 mm                    | MT | 88,000  | 13,90 | 1.223,20 | 0,001866 |
| 81 | 201.209  | Dikişli galvanizli çelik boru 2 1/2" ø65 ortalama dış çap 76,1/3,65 mm                | MT | 12,000  | 17,10 | 205,20   | 0,000313 |
| 82 | 201.210  | Dikişli galvanizli çelik boru 3" ø80 ortalama dış çap 88,9/4,05 mm                    | MT | 36,000  | 23,40 | 842,40   | 0,001285 |
| 83 | 201.211  | Dikişli galvanizli çelik boru 4" ø100 ortalama dış çap 114,3/4,5 mm                   | MT | 6,000   | 32,75 | 196,50   | 0,000300 |
| 84 | 204.3102 | Pn 20 polipropilen 1/2" ø20/3,4 mm temiz su boruları                                  | MT | 355,500 | 1,60  | 568,80   | 0,000868 |
|    |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 45                                                     |    |         |       | 255,96   | 0,000391 |

|    |          |                                                                                                                                                                                          |    |          |        |           |          |
|----|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------|--------|-----------|----------|
| 85 | 204.3103 | Pn 20 polipropilen 3/4" Ø25/4,2 mm temiz su boruları                                                                                                                                     | MT | 255,000  | 2,35   | 599,25    | 0,000914 |
|    |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 45                                                                                                                                                        |    |          |        | 269,66    | 0,000411 |
| 86 | 204.401  | Sert pvc plastik pis su borusu dış çap Ø 50-40/3,0 mm (geçme veya yapıştırma muflu)                                                                                                      | MT | 551,000  | 2,05   | 1.129,55  | 0,001723 |
|    |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 35                                                                                                                                                        |    |          |        | 395,34    | 0,000603 |
| 87 | 204.402  | Sert pvc plastik pis su borusu dış çap Ø 75-70/3,0 mm (geçme veya yapıştırma muflu)                                                                                                      | MT | 140,000  | 3,00   | 420,00    | 0,000641 |
|    |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 35                                                                                                                                                        |    |          |        | 147,00    | 0,000224 |
| 88 | 204.403  | Sert pvc plastik pis su borusu dış çap Ø 100-110/3,0 mm (geçme veya yapıştırma muflu)                                                                                                    | MT | 8,000    | 5,35   | 42,80     | 0,000065 |
|    |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 35                                                                                                                                                        |    |          |        | 14,98     | 0,000023 |
| 89 | 204.411  | Hafif-Sert Polivinil Klorürden(HPVC-U) Plastik pis su boruları dış çap Ø 50/3,2 mm                                                                                                       | MT | 158,000  | 2,80   | 442,40    | 0,000675 |
|    |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 35                                                                                                                                                        |    |          |        | 154,84    | 0,000236 |
| 90 | 204.412  | Hafif-Sert Polivinil Klorürden(HPVC-U) Plastik pis su boruları dış çap Ø 70/3,2 mm                                                                                                       | MT | 449,000  | 3,90   | 1.751,10  | 0,002672 |
|    |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 35                                                                                                                                                        |    |          |        | 612,89    | 0,000935 |
| 91 | 204.413  | Hafif-Sert Polivinil Klorürden(HPVC-U) Plastik pis su boruları dış çap Ø 100/3,2 mm                                                                                                      | MT | 4240,000 | 6,45   | 27.348,00 | 0,041724 |
|    |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 35                                                                                                                                                        |    |          |        | 9.571,80  | 0,014603 |
| 92 | 204.414  | Hafif-Sert Polivinil Klorürden(HPVC-U) Plastik pis su boruları dış çap Ø 125/3,2 mm                                                                                                      | MT | 4354,000 | 7,90   | 34.396,60 | 0,052477 |
|    |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 35                                                                                                                                                        |    |          |        | 12.038,81 | 0,018367 |
| 93 | 210.623  | Piring, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 15 Ø mm, 1/2" tam geçişli, vidalı küresel vana (TS 3148)                                                                      | AD | 848,000  | 10,25  | 8.692,00  | 0,013261 |
| 94 | 210.624  | Piring, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 20 Ø mm, 3/4" tam geçişli, vidalı küresel vana (TS 3148)                                                                      | AD | 832,000  | 14,35  | 11.939,20 | 0,018215 |
| 95 | 210.628  | Piring, preste imal edilmiş teflon, (P. T. F. E.) contalı, 50 Ø mm, 2" tam geçişli, vidalı küresel vana (TS 3148)                                                                        | AD | 3,000    | 65,25  | 195,75    | 0,000299 |
| 96 | 210.706  | PN 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi dolu paslanmaz çelikten, tam geçişli, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, üç parçalı, flanşlı küresel vana, Ø 40 mm (TS 3148) | AD | 6,000    | 127,80 | 766,80    | 0,001170 |
| 97 | 210.707  | PN 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi dolu paslanmaz çelikten, tam geçişli, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, üç parçalı, flanşlı küresel vana, Ø 50 mm (TS 3148) | AD | 8,000    | 159,90 | 1.279,20  | 0,001952 |
| 98 | 210.708  | PN 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi dolu paslanmaz çelikten, tam geçişli, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, üç parçalı, flanşlı küresel vana, Ø 65 mm (TS 3148) | AD | 2,000    | 222,00 | 444,00    | 0,000677 |

|     |           |                                                                                                                                                                                           |    |          |        |           |          |
|-----|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------|--------|-----------|----------|
| 99  | 210.709   | PN 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi dolu paslanmaz çelikten, tam geçişli, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, üç parçalı, flanşlı küresel vana, ø 80 mm (TS 3148)  | AD | 5,000    | 284,10 | 1.420,50  | 0,002167 |
| 100 | 210.710   | PN 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi dolu paslanmaz çelikten, tam geçişli, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, üç parçalı, flanşlı küresel vana, ø 100 mm (TS 3148) | AD | 2,000    | 401,10 | 802,20    | 0,001224 |
| 101 | 210.712   | PN 10-16 Gövdesi pik döküm, küresi dolu paslanmaz çelikten, tam geçişli, paslanmaz çelikten veya teflon tabak yay takviyeli contalı, üç parçalı, flanşlı küresel vana, ø 150 mm (TS 3148) | AD | 4,000    | 700,50 | 2.802,00  | 0,004275 |
| 102 | 221.205   | Pislik tutucu,pn 16,( buhar+su için,pik dök.)ø 40 mm, Vidalı veya Flanşlı                                                                                                                 | AD | 1,000    | 81,00  | 81,00     | 0,000124 |
| 103 | 221.208   | Pislik tutucu,pn 16,( buhar+su için,pik dök.)ø 80 mm, Flanşlı                                                                                                                             | AD | 1,000    | 180,15 | 180,15    | 0,000275 |
| 104 | 221.209   | Pislik tutucu,pn 16,( buhar+su için,pik dök.)ø 100 mm, Flanşlı                                                                                                                            | AD | 1,000    | 228,90 | 228,90    | 0,000349 |
| 105 | 221.211   | Pislik tutucu,pn 16,( buhar+su için,pik dök.)ø 150 mm, Flanşlı                                                                                                                            | AD | 4,000    | 458,50 | 1.834,00  | 0,002798 |
| 106 | 224.301   | Otomatik hava atma cihazı (su için,flanşlı)ø 15 mm, 1/2"                                                                                                                                  | AD | 3,000    | 13,15  | 39,45     | 0,000060 |
| 107 | 227.301   | Geri tepme ventili, flanşlı döküm gövdeli ø 65 mm.                                                                                                                                        | AD | 1,000    | 83,00  | 83,00     | 0,000127 |
| 108 | 227.302   | Geri tepme ventili, flanşlı döküm gövdeli ø 80 mm.                                                                                                                                        | AD | 1,000    | 102,40 | 102,40    | 0,000156 |
| 109 | 229.104   | Emniyet ventili piring,yaylı,vidalı,pn-16 ø 32 mm.(1 1/4)(ts en iso 4126-1, 4, 6,7)                                                                                                       | AD | 752,000  | 37,30  | 28.049,60 | 0,042794 |
| 110 | 229.105   | Emniyet ventili piring,yaylı,vidalı,pn-16 ø 40 mm.(1 1/2)(ts en iso 4126-1, 4, 6,7)                                                                                                       | AD | 785,000  | 45,55  | 35.756,75 | 0,054552 |
| 111 | 231.101   | Süyen boyayla boru boyanması ø 15 mm - 50 mm, (1/2" - 2") arası (2") dahil                                                                                                                | MT | 1802,000 | 0,35   | 630,70    | 0,000962 |
| 112 | 231.102   | Süyen boyayla boru boyanması ø 50 mm - 100 mm, (2" - 4") arası (4") dahil                                                                                                                 | MT | 696,000  | 0,60   | 417,60    | 0,000637 |
| 113 | 231.103   | Süyen boyayla boru boyanması ø 100 mm - 150 mm, (4" - 6") arası (6") dahil                                                                                                                | MT | 960,000  | 0,70   | 672,00    | 0,001025 |
| 114 | 231.104   | Süyen boyayla boru boyanması ø 150 mm - 200 mm, (6" - 8") arası (8") dahil                                                                                                                | MT | 246,000  | 0,90   | 221,40    | 0,000338 |
| 115 | 231.201   | Yağlı boya ile boru boyanması ø 15 mm - 50 mm, (1/2" - 2") arası (2") dahil                                                                                                               | MT | 180,000  | 0,60   | 108,00    | 0,000165 |
| 116 | 231.202   | Yağlı boya ile boru boyanması ø 50 mm - 100 mm, (2" - 4") arası (4") dahil                                                                                                                | MT | 696,000  | 0,80   | 556,80    | 0,000849 |
| 117 | 231.203   | Yağlı boya ile boru boyanması ø 100 mm - 150 mm, (4" - 6") arası (6") dahil                                                                                                               | MT | 960,000  | 1,05   | 1.008,00  | 0,001538 |
| 118 | 231.204   | Yağlı boya ile boru boyanması ø 150 mm - 200 mm, (6" - 8") arası (8") dahil                                                                                                               | MT | 240,000  | 1,30   | 312,00    | 0,000476 |
| 119 | 253.706/A | KANAL TİPİ ASPIRATÖR 800 m3/h                                                                                                                                                             | AD | 25,000   | 318,40 | 7.960,00  | 0,012144 |

|     |          |                                                                                                        |    |         |           |              |          |
|-----|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|-----------|--------------|----------|
| 120 | 261.151  | En geniş kenarı 600 mm.ye kadar olanlarda 0,60 mm. galvanizli saçtan dikdörtgen hava kanalı yapılması  | M2 | 455,000 | 66,00     | 30.030,00    | 0,045815 |
| 121 | 261.152  | En geniş kenarı 1249 mm.ye kadar olanlarda 0,80 mm. galvanizli saçtan dikdörtgen hava kanalı yapılması | M2 | 540,000 | 73,70     | 39.798,00    | 0,060718 |
| 122 | 261.153  | En geniş kenarı 2490 mm.ye kadar olanlarda 1,00 mm. galvanizli saçtan dikdörtgen hava kanalı yapılması | M2 | 93,000  | 83,60     | 7.774,80     | 0,011862 |
| 123 | 261.407  | Alüminyum kaplı tam esnek borudan hava kanalları                                                       | M2 | 23,000  | 12,60     | 289,80       | 0,000442 |
|     |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 35                                                                      |    |         |           | 101,43       | 0,000155 |
| 124 | 261.503  | Yüksek basınca dayanıklı cam yünü ısı yalıtımlı alüminyum tam esnek borudan hava kanalları             | M2 | 73,000  | 28,30     | 2.065,90     | 0,003152 |
|     |          | Boru Montaj Malzemesi Bedeli % 35                                                                      |    |         |           | 723,07       | 0,001103 |
| 125 | 263.404  | Sigortalı yangın damperi 1,00 m2'ye kadar (1 m2 fiyatı)                                                | M2 | 35,000  | 1.030,00  | 36.050,00    | 0,055000 |
| 126 | 265.603  | Kauçuk köpüğü yalıtım malzemesi ile kanal izolesi 19mm                                                 | M2 | 250,000 | 28,30     | 7.075,00     | 0,010794 |
| 127 | 265.604  | Kauçuk köpüğü yalıtım malzemesi ile kanal izolesi 25mm                                                 | M2 | 350,000 | 35,90     | 12.565,00    | 0,019170 |
| 128 | 266.502  | Poliüretan yanmaz levha ile akustik izole 10 mm.                                                       | M2 | 35,000  | 23,40     | 819,00       | 0,001250 |
| 129 | 267.102  | Dağıtıcı menfez çift sıra kanatlı 501-1000 cm2                                                         | AD | 5,000   | 25,50     | 127,50       | 0,000195 |
| 130 | 267.201  | Toplayıcı menfez tek sıra kanatlı 100-500 cm2                                                          | AD | 23,000  | 17,70     | 407,10       | 0,000621 |
| 131 | 267.204  | Toplayıcı menfez tek sıra kanatlı 1601-2500 cm2                                                        | AD | 6,000   | 38,00     | 228,00       | 0,000348 |
| 132 | 267.301  | Menfez damperi 100-500 cm2                                                                             | AD | 23,000  | 13,20     | 303,60       | 0,000463 |
| 133 | 267.302  | Menfez damperi 501-1000 cm2                                                                            | AD | 5,000   | 17,00     | 85,00        | 0,000130 |
| 134 | 267.304  | Menfez damperi 1601-2500 cm2                                                                           | AD | 6,000   | 27,80     | 166,80       | 0,000254 |
| 135 | 268.101  | Kanat araları ayarlanı tip anemostat 15 cm.                                                            | AD | 37,000  | 28,60     | 1.058,20     | 0,001614 |
| 136 | 268.206  | Kanat araları sabit tip anemostat 40 cm.                                                               | AD | 20,000  | 61,00     | 1.220,00     | 0,001861 |
| 137 | 268.306  | Anemostat damperi ø 40 cm.                                                                             | AD | 20,000  | 29,40     | 588,00       | 0,000897 |
| 138 | 269.103  | Panjur (alüminyumdan)                                                                                  | M2 | 1,470   | 189,00    | 277,83       | 0,000424 |
| 139 | 270.000  | Tel kafes                                                                                              | M2 | 1,470   | 23,90     | 35,13        | 0,000054 |
| 140 | 280.1101 | 22 kw soğutma kapasitesi (nom),24 kw ısıtma kapasitesi (nom) dış ünite veya dış ünite grubu            | AD | 55,000  | 12.280,00 | 675.400,00   | 1,030426 |
| 141 | 280.1102 | 27 kw soğutma kapasitesi (nom),31 kw ısıtma kapasitesi (nom) dış ünite veya dış ünite grubu            | AD | 74,000  | 13.790,00 | 1.020.460,00 | 1,556867 |

|     |          |                                                                                               |    |         |           |              |          |
|-----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|-----------|--------------|----------|
| 142 | 280.1105 | 44 kw soğutma kapasitesi (nom), 49 kw ısıtma kapasitesi (nom) dış ünite veya dış ünite grubu  | AD | 78,000  | 23.220,00 | 1.811.160,00 | 2,763201 |
| 143 | 281.301  | Kablolu uzaktan kumanda cihazı                                                                | AD | 126,000 | 155,00    | 19.530,00    | 0,029796 |
| 144 | 281.401  | 50 iç üniteye kadar merkezi kumanda cihazı                                                    | AD | 1,000   | 2.640,00  | 2.640,00     | 0,004028 |
| 145 | 281.402  | 100 iç üniteye kadar merkezi kumanda cihazı                                                   | AD | 1,000   | 3.490,00  | 3.490,00     | 0,005325 |
| 146 | 281.501  | Bakır boru grubu 1/4 " 0,8 mm (13 mm ize) bakır borulama tesisatı                             | MT | 595,000 | 14,00     | 8.330,00     | 0,012709 |
| 147 | 281.502  | Bakır boru grubu 3/8 " 0,8 mm (13 mm ize) bakır borulama tesisatı                             | MT | 304,000 | 18,70     | 5.684,80     | 0,008673 |
| 148 | 281.503  | Bakır boru grubu 1/2 " 0,8 mm (13 mm ize) bakır borulama tesisatı                             | MT | 763,000 | 26,40     | 20.143,20    | 0,030732 |
| 149 | 281.504  | Bakır boru grubu 5/8 " 1,0 mm (13 mm ize) bakır borulama tesisatı                             | MT | 344,000 | 34,10     | 11.730,40    | 0,017897 |
| 150 | 281.505  | Bakır boru grubu 3/4 " 1,0 mm (13 mm ize) bakır borulama tesisatı                             | MT | 302,000 | 38,50     | 11.627,00    | 0,017739 |
| 151 | 281.506  | Bakır boru grubu 7/8 " 1,0 mm (13 mm ize) bakır borulama tesisatı                             | MT | 90,000  | 48,00     | 4.320,00     | 0,006591 |
| 152 | 281.507  | Bakır boru grubu 1 " 1,2 mm (13 mm ize) bakır borulama tesisatı                               | MT | 51,000  | 57,00     | 2.907,00     | 0,004435 |
| 153 | 281.508  | Bakır boru grubu 1 1/8 " 1,2 mm (19 mm ize) bakır borulama tesisatı                           | MT | 163,000 | 62,00     | 10.106,00    | 0,015418 |
| 154 | 281.509  | Bakır boru grubu 1 3/8 " 1,5 mm (19 mm ize) bakır borulama tesisatı                           | MT | 225,000 | 91,00     | 20.475,00    | 0,031238 |
| 155 | 281.601  | 25 kw.'a kadar bağlantı (joint) elamanları                                                    | TK | 122,000 | 113,00    | 13.786,00    | 0,021033 |
| 156 | ÖZHT-01  | ROOF-TOP PAKET KLİMA CİHAZI ( 20 000 m³/h Taze Hava Oranı:4 000m³/h Qd:49,5 kw , Qg:51,5 kw ) | Ad | 1,000   | 79.245,00 | 79.245,00    | 0,120900 |
| 157 | ÖZHT-02  | SİĞİNAK KLİMA SANTRALI AHU-01 (3150 m³/h ,838 Pa)                                             | Ad | 1,000   | 4.825,14  | 4.825,14     | 0,007361 |
| 158 | ÖZHT-03  | HÜCRELİ EGZOST ASPIRATÖRÜ (5700 m³/h 550Pa)                                                   | Ad | 25,000  | 2.687,50  | 67.187,50    | 0,102505 |
| 159 | ÖZHT-04  | HÜCRELİ EGZOST ASPIRATÖRÜ (2000 m³/h 350Pa)                                                   | Ad | 25,000  | 1.625,00  | 40.625,00    | 0,061980 |
| 160 | ÖZHT-05  | HÜCRELİ EGZOST ASPIRATÖRÜ (12250 m³/h 290Pa)                                                  | Ad | 25,000  | 7.050,00  | 176.250,00   | 0,268896 |
| 161 | ÖZHT-06  | KANAL TİPİ RADYAL EGZOST ASPIRATÖRÜ ( 800 m³/h 100Pa)                                         | Ad | 25,000  | 387,50    | 9.687,50     | 0,014780 |
| 162 | ÖZHT-07  | KANAL TİPİ RADYAL EGZOST ASPIRATÖRÜ ( 200 m³/h 100Pa)                                         | Ad | 25,000  | 250,00    | 6.250,00     | 0,009535 |
| 163 | ÖZHT-08  | KANAL TİPİ FAN (800m³/h-200Pa)                                                                | Ad | 25,000  | 450,00    | 11.250,00    | 0,017164 |
| 164 | ÖZHT-09  | KARE PETEK MENFEZ 60*60 cm                                                                    | Ad | 8,000   | 75,00     | 600,00       | 0,000915 |
| 165 | ÖZHT-10  | KASET TİPİ İNVERTER SPLIT KLİMA Q=14 Kw (42000 Btu)                                           | Ad | 1,000   | 6.750,00  | 6.750,00     | 0,010298 |
| 166 | ÖZST-01  | ÇATI SÜZGEÇİ Ø 125                                                                            | Ad | 14,000  | 168,33    | 2.356,62     | 0,003595 |

|        |         |                          |    |       |        |              |          |
|--------|---------|--------------------------|----|-------|--------|--------------|----------|
| 167    | ÖZYT-01 | TEST ve DRENAJ VANASI 2" | Ad | 5,000 | 347,43 | 1.737,15     | 0,002650 |
| Toplam |         |                          |    |       |        | 5.396.125,35 |          |

**03.01 - Kuvvetli Akım**

| Sıra No | Poz No        | Tanımı                                                                                                                         | Birimi | Miktarı | Birim Fiyatı | Tutarı    | Pursantaj |
|---------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|--------------|-----------|-----------|
| 1       | 22.4.1/008    | 36 kV., 630 A., 16 kA YÜK AYIRICILI GİRİŞ ÇIKIŞ HÜCRELERİ                                                                      | AD     | 3,000   | 5.211,35     | 15.634,05 | 0,023852  |
| 2       | 22.4.4/007    | 36 kV., 630 A., 16 kA KESİCİLİ ÇIKIŞ HÜCRELERİ                                                                                 | AD     | 3,000   | 10.847,31    | 32.541,93 | 0,049648  |
| 3       | 22.5.3/001    | PB-1                                                                                                                           | AD     | 2,000   | 15.586,62    | 31.173,24 | 0,047560  |
| 4       | 24.7.2.46/002 | 110 V BAKIMSIZ AKÜ REDRESÖR GRUBU                                                                                              | AD     | 3,000   | 488,03       | 1.464,09  | 0,002234  |
| 5       | 31.6.3/017    | 1250 KVA, 33/0.4-0.231 kV (28.5 - 34.5) kV HERMETİK YAĞLI TİP TRANSFORMATÖRLER                                                 | AD     | 2,000   | 29.597,70    | 59.195,40 | 0,090312  |
| 6       | 32.11.1/004   | 1x185s/25 mm², 20.3/35 KV YE3QSLQ(S)ECOCE; YE3QSLQ(S)EPPECOCE,DENİZE DÖŞENEĞİLE KABLO                                          | MT     | 152,000 | 95,88        | 14.573,76 | 0,022234  |
| 7       | 32.15/002     | 1x50s/16 mm², 20.3/35 KV YE3SV(2XSY); YE3SSV(2XSEYFGbY) KABLO (XLPE YALITKANLI,PVC DIŞ KILIFLI)                                | MT     | 60,000  | 24,32        | 1.459,20  | 0,002226  |
| 8       | 32.19.A/004   | 1x95s/16 mm²,20.3/35 KV YE3QSLQ(S)E;YE3QSLQ(S)EPPE SCE YERALTISUYU DOL.TOPRAK KANAL İÇİN KABLO                                 | MT     | 152,000 | 33,61        | 5.108,72  | 0,007794  |
| 9       | 32.31.1/004   | 1x95s/16 mm², 20.3/35 KV YE3SV(2XSY), YE3SSV(2XSEYFGbY) BÜZÜŞMELİ TİP EK MUFLAR                                                | AD     | 3,000   | 213,90       | 641,70    | 0,000979  |
| 10      | 701.201       | Önden kapaklı sac pano (ts en 61439-1/2 )                                                                                      | AD     | 20,000  | 693,00       | 13.860,00 | 0,021146  |
| 11      | 704.105       | Sıva üstü sac Çizelge 0.40 - 0.50m2'ye kadar (0,50 m2 dahil) (TS 3367 EN 60439-1 )                                             | AD     | 2,000   | 86,00        | 172,00    | 0,000262  |
| 12      | 705.104       | Gömme tip sac Çizelge 0.30-0.40 m2. (ts en 61439-1/2 )                                                                         | AD     | 5,000   | 76,00        | 380,00    | 0,000580  |
| 13      | 707.301       | Halojensiz alev geciktirici tip sıva altı Çizelge 4 otomatik sigortalık                                                        | AD     | 3,000   | 10,00        | 30,00     | 0,000046  |
| 14      | 710.100       | Döküm kutu içine ve panolara konulacak TSE şartlarına uygun bakır bara temin ve montajı ve TS EN 60445'deki renklere boyanması | KG     | 3,000   | 13,00        | 39,00     | 0,000060  |
| 15      | 713.301       | 2x16 a. kadar aç-kapa tip pako şalterler (Çizelge üzerine) (ts 4915 en 60669-1, ts en 60947-3)                                 | AD     | 2,000   | 5,00         | 10,00     | 0,000015  |
| 16      | 715.306       | Termik,mağnetik koruyuculu şalter 3*25 a.(Çizelge arkası ( ts en 60947-2)                                                      | AD     | 16,000  | 90,00        | 1.440,00  | 0,002197  |
| 17      | 715.307       | Termik,mağnetik koruyuculu şalter 3*40 a.(Çizelge arkası ( ts en 60947-2)                                                      | AD     | 1,000   | 127,00       | 127,00    | 0,000194  |
| 18      | 715.308       | Termik,mağnetik koruyuculu şalter 3*63 a.(Çizelge arkası ( ts en 60947-2)                                                      | AD     | 12,000  | 158,00       | 1.896,00  | 0,002893  |

|    |         |                                                                            |       |        |          |           |          |
|----|---------|----------------------------------------------------------------------------|-------|--------|----------|-----------|----------|
| 19 | 715.309 | Termik,mağnetik koruyuculu şalter 3*100 a.(Çizelge arkası ( ts en 60947-2) | AD    | 10,000 | 169,00   | 1.690,00  | 0,002578 |
| 20 | 715.310 | Termik,mağnetik koruyuculu şalter 3*200 a.(Çizelge arkası ( ts en 60947-2) | AD    | 10,000 | 237,00   | 2.370,00  | 0,003616 |
| 21 | 715.312 | Termik,mağnetik koruyuculu şalter 3*600 a.(Çizelge arkası ( ts en 60947-2) | AD    | 1,000  | 1.214,00 | 1.214,00  | 0,001852 |
| 22 | 715.314 | Termik,mağnetik koruyuculu şalter 3*800 a.(Çizelge arkası ( ts en 60947-2) | AD    | 3,000  | 1.262,00 | 3.786,00  | 0,005776 |
| 23 | 715.315 | Termik,mağ.koruyuculu şalter 3*400 a.(Çizelge arkası ( ts en 60947-2)      | AD    | 1,000  | 1.116,00 | 1.116,00  | 0,001703 |
| 24 | 715.316 | Termik,mağ.koruyuculu şalter 3*1250a.(Çizelge arkası ( ts en 60947-2)      | AD    | 2,000  | 2.889,00 | 5.778,00  | 0,008815 |
| 25 | 715.318 | Termik,mağ.koruyuculu şalter 3*2000a.(Çizelge arkası ( ts en 60947-2)      | AD    | 2,000  | 6.662,00 | 13.324,00 | 0,020328 |
| 26 | 715.324 | 3 x 125 a'e kadar (trifaze) ıcu: 25 ka,ı1:(0,8-1) in ( ts en 60947-2)      | AD    | 7,000  | 194,00   | 1.358,00  | 0,002072 |
| 27 | 715.325 | 3 x 160 a'e kadar (trifaze) ıcu: 35 ka,ı1:(0,8-1) in ( ts en 60947-2)      | AD    | 3,000  | 224,00   | 672,00    | 0,001025 |
| 28 | 715.327 | 3 x 250 a'e kadar (trifaze) ıcu: 35 ka,ı1:(0,8-1) in ( ts en 60947-2)      | AD    | 2,000  | 485,00   | 970,00    | 0,001480 |
| 29 | 715.328 | 3 x 500 a'e kadar (trifaze) ıcu: 35 ka,ı1:(0,8-1) in ( ts en 60947-2)      | AD    | 6,000  | 1.214,00 | 7.284,00  | 0,011113 |
| 30 | 716.301 | Elektronik motor koruma cihazı 3*12 a.                                     | AD    | 5,000  | 69,00    | 345,00    | 0,000526 |
| 31 | 718.102 | Kuru tip koruyucusuz kontaktör 3*16 a.                                     | AD    | 1,000  | 25,00    | 25,00     | 0,000038 |
| 32 | 718.310 | Aydınlatma kontrollünde kullanılan zaman rölesi                            | AD    | 1,000  | 113,00   | 113,00    | 0,000172 |
| 33 | 718.507 | Kaçak akım koruma şalteri 4*25 a.e kadar(30ma)                             | AD    | 26,000 | 66,00    | 1.716,00  | 0,002618 |
| 34 | 718.508 | Kaçak akım koruma şalteri 4*40 a.e kadar(30ma)                             | AD    | 16,000 | 70,00    | 1.120,00  | 0,001709 |
| 35 | 718.521 | Kaçak akım koruma şalteri 4*40 a.e kadar(300ma)                            | AD    | 1,000  | 70,00    | 70,00     | 0,000107 |
| 36 | 718.522 | Kaçak akım koruma şalteri 4*63 a.e kadar(300ma)                            | AD    | 10,000 | 83,00    | 830,00    | 0,001266 |
| 37 | 718.529 | Kaçak akım koruma şalteri 3*80 a.den 3*250 e kadar                         | AD    | 1,000  | 1.635,00 | 1.635,00  | 0,002494 |
| 38 | 718.530 | Kaçak akım koruma şalteri 3*300a.den 3*1250e kadar                         | AD    | 2,000  | 1.868,00 | 3.736,00  | 0,005700 |
| 39 | 718.563 | B sınıfı, 230V AC, 100 kA (I imp; 10/350µs), üç faz, nötr-toprak           | AD    | 2,000  | 1.064,00 | 2.128,00  | 0,003247 |
| 40 | 718.573 | C sınıfı 230/400 V AC, 40kA, (I max; 8/20µs), üç faz, nötr, toprak         | AD    | 1,000  | 441,00   | 441,00    | 0,000673 |
| 41 | 723.401 | Otomatik kumandalı merkezi kompanzasyon bataryaları                        | kVA R | 90,000 | 62,00    | 5.580,00  | 0,008513 |
| 42 | 723.501 | İlave kompanzasyon bataryaları (ts en 60255-6)                             | kVA R | 90,000 | 21,00    | 1.890,00  | 0,002883 |
| 43 | 723.519 | Deşarj ünitesi                                                             | AD    | 36,000 | 20,00    | 720,00    | 0,001098 |

|    |         |                                                                                                      |    |         |           |           |          |
|----|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|-----------|-----------|----------|
| 44 | 724.601 | Anahtarlı otomatik sigorta 16 a. (6ka) (ts 5018-1 en 60898-1)                                        | AD | 317,600 | 5,50      | 1.746,80  | 0,002665 |
| 45 | 724.606 | Üç fazlı anahtarlı otomatik sigorta 25 a. (6ka) (ts 5018-1 en 60898-1)                               | AD | 7,000   | 19,80     | 138,60    | 0,000211 |
| 46 | 724.701 | Anahtarlı Otomatik Sigortalar 16 A'e kadar (10 kA kesme kapasiteli)                                  | AD | 1,000   | 6,75      | 6,75      | 0,000010 |
| 47 | 724.705 | Üç fazlı 16 A'e kadar (10 kA) Anahtarlı Otomatik Sigortalar (10 kA kesme kapasiteli)                 | AD | 2,000   | 13,50     | 27,00     | 0,000041 |
| 48 | 724.706 | Üç fazlı 25 A'e kadar (10 kA) Anahtarlı Otomatik Sigortalar (10 kA kesme kapasiteli)                 | AD | 4,000   | 24,30     | 97,20     | 0,000148 |
| 49 | 724.707 | Üç fazlı 40 A'e kadar (10 kA) Anahtarlı Otomatik Sigortalar (10 kA kesme kapasiteli)                 | AD | 12,000  | 25,65     | 307,80    | 0,000470 |
| 50 | 724.712 | Bir fazlı nötr kesmeli 63 A'e kadar (10 kA) Anahtarlı Otomatik Sigortalar (10 kA kesme kapasiteli)   | AD | 13,000  | 35,10     | 456,30    | 0,000696 |
| 51 | 725.401 | Akım ölçü trafosu 100 - 500/5 a.                                                                     | AD | 3,000   | 18,39     | 55,17     | 0,000084 |
| 52 | 725.402 | Akım ölçü trafosu 501 - 2000/5 a.                                                                    | AD | 3,000   | 21,39     | 64,17     | 0,000098 |
| 53 | 725.511 | Enerji analizörü (ts 4417)                                                                           | AD | 2,000   | 748,00    | 1.496,00  | 0,002282 |
| 54 | 727.544 | 1kv y. altı kabloları ile kolon ve besleme hattı 1*50 mm2 nyy (TS IEC 60502-1+A1)                    | MT | 69,000  | 6,50      | 448,50    | 0,000684 |
| 55 | 727.546 | 1kv y. altı kabloları ile kolon ve besleme hattı 1*95 mm2 nyy (TS IEC 60502-1+A1)                    | MT | 140,000 | 18,50     | 2.590,00  | 0,003951 |
| 56 | 727.550 | 1kv y. altı kabloları ile kolon ve besleme hattı 1*240 mm2 nyy (TS IEC 60502-1+A1)                   | MT | 192,000 | 44,10     | 8.467,20  | 0,012918 |
| 57 | 734.401 | 1 kontaklı 1 na, 16a. uzaktan kumanda darbe akım anahtarı ve montajı                                 | AD | 33,000  | 39,00     | 1.287,00  | 0,001964 |
| 58 | 747.103 | Çıplak örgülü bakır iletken 95 mm2.                                                                  | KG | 203,000 | 15,13     | 3.071,39  | 0,004686 |
| 59 | 751.112 | 60 kva 20 dakikaya kadar akü besleme süreli üç faz giriş üç faz çıkışlı kesintisiz güç kaynağı (ups) | AD | 1,000   | 19.182,00 | 19.182,00 | 0,029265 |
| 60 | 780.117 | Etanş priz                                                                                           | AD | 7,000   | 5,80      | 40,60     | 0,000062 |
| 61 | 782.101 | Kablo Tava Sistemleri Kapak Sacı                                                                     | KG | 210,000 | 8,19      | 1.719,90  | 0,002624 |
| 62 | 782.102 | Kablo Merdivenleri                                                                                   | KG | 220,000 | 8,19      | 1.801,80  | 0,002749 |
| 63 | 791.311 | 3x2.5 mm2 kurşunsuz pvc izol.kablo.besleme hattı (nhxmh)                                             | MT | 630,000 | 4,40      | 2.772,00  | 0,004229 |
| 64 | 791.413 | 3x2.5 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                      | MT | 13,000  | 3,60      | 46,80     | 0,000071 |
| 65 | 791.419 | 3x95+50 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                    | MT | 20,000  | 87,20     | 1.744,00  | 0,002661 |
| 66 | 791.421 | 3x50+25 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                    | MT | 300,000 | 50,70     | 15.210,00 | 0,023205 |
| 67 | 791.422 | 3x35+16 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                    | MT | 140,000 | 37,79     | 5.290,60  | 0,008072 |
| 68 | 791.423 | 3x25+16 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                    | MT | 200,000 | 31,80     | 6.360,00  | 0,009703 |

|    |         |                                                                                                                        |    |         |          |           |          |
|----|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|----------|-----------|----------|
| 69 | 791.425 | 4x10 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                                         | MT | 230,000 | 14,60    | 3.358,00  | 0,005123 |
| 70 | 791.426 | 4x6 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                                          | MT | 230,000 | 9,69     | 2.228,70  | 0,003400 |
| 71 | 791.427 | 4x4 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                                          | MT | 3,000   | 8,10     | 24,30     | 0,000037 |
| 72 | 791.428 | 4x2.5 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                                        | MT | 445,000 | 6,40     | 2.848,00  | 0,004345 |
| 73 | 791.445 | 1x70 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                                         | MT | 96,000  | 20,19    | 1.938,24  | 0,002957 |
| 74 | 791.446 | 1x95 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                                         | MT | 60,000  | 26,69    | 1.601,40  | 0,002443 |
| 75 | 791.450 | 1x240 mm2 1kv yeraltı kabl.besleme hattı (n2xh)                                                                        | MT | 157,500 | 60,89    | 9.590,18  | 0,014631 |
| 76 | 791.502 | 1x2,5 mm2 plastik izoleli iletken (ho7z,o7z1)                                                                          | MT | 245,000 | 0,90     | 220,50    | 0,000336 |
| 77 | 791.503 | 1x4 mm2 plastik izoleli iletken (ho7z,o7z1)                                                                            | MT | 3,000   | 1,40     | 4,20      | 0,000006 |
| 78 | 791.504 | 1x6 mm2 plastik izoleli iletken (ho7z,o7z1)                                                                            | MT | 135,000 | 1,80     | 243,00    | 0,000371 |
| 79 | 791.505 | 1x10 mm2 plastik izoleli iletken (ho7z,o7z1)                                                                           | MT | 135,000 | 3,00     | 405,00    | 0,000618 |
| 80 | 791.506 | 1x16 mm2 plastik izoleli iletken (ho7z,o7z1)                                                                           | MT | 340,000 | 4,00     | 1.360,00  | 0,002075 |
| 81 | 791.614 | 2x1.5re aleve dayanıklı n2xhfe 180 0.6/1kv kablo                                                                       | MT | 330,000 | 5,50     | 1.815,00  | 0,002769 |
| 82 | 791.620 | 3x2.5re aleve dayanıklı n2xhfe 180 0.6/1kv kablo                                                                       | MT | 50,000  | 7,90     | 395,00    | 0,000603 |
| 83 | 791.628 | 3x70mm/35mm aleve dayanıklı n2xhfe 180 0.6/1kv kablo                                                                   | MT | 100,000 | 84,70    | 8.470,00  | 0,012922 |
| 84 | 791.629 | 3x95mm/50mm aleve dayanıklı n2xhfe 180 0.6/1kv kablo                                                                   | MT | 100,000 | 111,09   | 11.109,00 | 0,016948 |
| 85 | 794.301 | Normal sorti (linye ve sorti hatları kurşunsuz antigron (nhxmh) malzemeyle.)                                           | AD | 31,000  | 76,00    | 2.356,00  | 0,003594 |
| 86 | 794.302 | Komutator sorti (linye ve sorti hatları kurşunsuz antigron (nhxmh) malzemeyle.)                                        | AD | 10,000  | 98,00    | 980,00    | 0,001495 |
| 87 | 794.304 | Paralel sorti (linye ve sorti hatları kurşunsuz antigron (nhxmh) malzemeyle.)                                          | AD | 43,000  | 35,00    | 1.505,00  | 0,002296 |
| 88 | 796.103 | Linye ve sorti hatları kurşunsuz antigron (nhxmh) nevinden malzeme ile normal priz sortisi                             | AD | 45,000  | 75,00    | 3.375,00  | 0,005149 |
| 89 | 818.208 | Bina harici ana hat tesisatı 0.5 mm. 150 çift.                                                                         | MT | 152,000 | 14,70    | 2.234,40  | 0,003409 |
| 90 | 819.205 | Yanmaz plastik telefon dağıtım kutusu 150 çift                                                                         | AD | 1,000   | 214,00   | 214,00    | 0,000326 |
| 91 | 832.108 | Paralel ihbar lambası                                                                                                  | AD | 5,000   | 11,00    | 55,00     | 0,000084 |
| 92 | 833.303 | 4 çevrimli, 48 bölgesi akıllı analog adresli yangın alarm santralı 508 adres kapasiteli, 48 yangın bölgesi göstergeli. | AD | 1,000   | 9.924,00 | 9.924,00  | 0,015141 |
| 93 | 833.304 | Akıllı analog adresli yangın alarm santralı network arabirim kartı                                                     | AD | 1,000   | 1.781,00 | 1.781,00  | 0,002717 |

|     |           |                                                                                               |    |         |           |           |          |
|-----|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|-----------|-----------|----------|
| 94  | 833.361   | Adresli yangın alarm santralı TCP/IP haberleşme modülü                                        | AD | 1,000   | 2.711,00  | 2.711,00  | 0,004136 |
| 95  | 833.370   | Akıllı analog adresli yangın alarm santralı anons modülü                                      | AD | 1,000   | 2.621,00  | 2.621,00  | 0,003999 |
| 96  | 833.390   | Akıllı analog adresli yangın alarm sistemi alarm / anons kontrol modülü                       | AD | 1,000   | 11.807,00 | 11.807,00 | 0,018013 |
| 97  | 833.500   | Adresli optik duman dedektörü                                                                 | AD | 5,000   | 158,00    | 790,00    | 0,001205 |
| 98  | 833.520   | Adresli sıcaklık dedektörü                                                                    | AD | 4,000   | 158,00    | 632,00    | 0,000964 |
| 99  | 833.530   | Adresli kombine optik duman ve sıcaklık dedektörü                                             | AD | 2,000   | 204,00    | 408,00    | 0,000622 |
| 100 | 833.555   | Adresli sıfırlanabilir yangın ihbar butonu                                                    | AD | 5,000   | 134,00    | 670,00    | 0,001022 |
| 101 | 833.572   | Akıllı analog adresli 8'li röle modülü                                                        | AD | 1,000   | 1.169,00  | 1.169,00  | 0,001783 |
| 102 | 833.592   | Dahili tip flaşörlü elektronik yangın ihbar sireni                                            | AD | 19,000  | 198,00    | 3.762,00  | 0,005740 |
| 103 | 833.596   | Asma tavana monte edilecek yangın ihbar dedektörü montaj kiti                                 | AD | 5,000   | 21,00     | 105,00    | 0,000160 |
| 104 | 833.658   | 3 saat süreli gömme tip kesintide yanan acil durum aydınlatma armatürü                        | AD | 10,000  | 192,00    | 1.920,00  | 0,002929 |
| 105 | 833.686   | Sürekli yanan acil durum yönlendirme armatürü (3 saat süreli, çift yüzölçü, floresan lambalı) | AD | 26,000  | 169,00    | 4.394,00  | 0,006704 |
| 106 | 844.150   | Dvd/ vcd/ cd/ mp3 okuyucu                                                                     | AD | 1,000   | 385,00    | 385,00    | 0,000587 |
| 107 | 844.204   | 2 x 450 w power amplifikatör                                                                  | AD | 1,000   | 1.172,00  | 1.172,00  | 0,001788 |
| 108 | 880.1106  | Rack kabinler 12u 600 mm * 600 mm 19"                                                         | AD | 1,000   | 195,00    | 195,00    | 0,000298 |
| 109 | 880.1205  | Dikili tip kabinetler 27u 600 mm * 600 mm 19"                                                 | AD | 1,000   | 351,00    | 351,00    | 0,000536 |
| 110 | 880.1230  | Dikili tip kabinetler 42u 800 mm * 800 mm 19"                                                 | AD | 2,000   | 680,00    | 1.360,00  | 0,002075 |
| 111 | 880.1278  | Ürüne ait aksesuar frenli tekerlek grubu                                                      | AD | 2,000   | 46,00     | 92,00     | 0,000140 |
| 112 | 880.1280  | Ürüne ait aksesuar termostatlı fan modülü (2 fanlı)                                           | AD | 3,000   | 63,00     | 189,00    | 0,000288 |
| 113 | 880.1287  | Ürüne ait aksesuar 19" rack tipi 6 lı grup priz sigortalı                                     | AD | 5,000   | 50,00     | 250,00    | 0,000381 |
| 114 | 880.1289  | Ürüne ait aksesuar 19" 1u yatay kablo düzenleyici                                             | AD | 34,000  | 13,00     | 442,00    | 0,000674 |
| 115 | 880.1304  | Ürüne ait aksesuar 42u dikey kablo düzenleyici                                                | AD | 4,000   | 30,00     | 120,00    | 0,000183 |
| 116 | 880.2002  | Jh (st) halojensiz yangın alarm kabloları 2x2x0.8+0.8 mm2                                     | MT | 230,000 | 1,50      | 345,00    | 0,000526 |
| 117 | 880.397/1 | LIYCY, LIYC2Y sinyal kablosu 2x2.5 mm2                                                        | MT | 320,000 | 1,90      | 608,00    | 0,000928 |
| 118 | 880.397/3 | LIYCY, LIYC2Y sinyal kablosu 4x2.5 mm2                                                        | MT | 53,000  | 3,00      | 159,00    | 0,000243 |

|     |          |                                                                       |     |         |               |               |           |
|-----|----------|-----------------------------------------------------------------------|-----|---------|---------------|---------------|-----------|
| 119 | 880.5611 | Utp cat5e halojen free 4x2x24 awg kablo                               | MT  | 260,000 | 1,20          | 312,00        | 0,000476  |
| 120 | 880.5631 | Utp cat6h halojen free 4x2x23 awg kablo                               | MT  | 260,000 | 1,90          | 494,00        | 0,000754  |
| 121 | 880.576  | Utp cat6 sıva altı ikili priz                                         | AD  | 17,000  | 18,60         | 316,20        | 0,000482  |
| 122 | 880.584  | 24 portlu utp cat6 patch panel                                        | AD  | 5,000   | 223,20        | 1.116,00      | 0,001703  |
| 123 | 880.617  | 8 core sm zırlı f/o kablo                                             | MT  | 310,000 | 3,40          | 1.054,00      | 0,001608  |
| 124 | 880.641  | 3 mt sm lc-sc patchcord                                               | AD  | 2,000   | 39,00         | 78,00         | 0,000119  |
| 125 | 880.643  | 3 mt sm st-st patchcord                                               | AD  | 2,000   | 20,60         | 41,20         | 0,000063  |
| 126 | 880.749  | 24 fiber kapasiteli st/sm rak tipi fiber optik terminasyon birimi     | AD  | 1,000   | 349,00        | 349,00        | 0,000532  |
| 127 | 880.754  | 24 fiber kapasiteli sc/sm rak tipi fiber optik terminasyon birimi     | AD  | 1,000   | 292,00        | 292,00        | 0,000445  |
| 128 | 950.120  | Diesel elektrojen grubu tesisatı 1500 d/d. 875 kva                    | AD  | 1,000   | 187.572,00    | 187.572,00    | 0,286170  |
| 129 | 951.104  | Otomatik devreye girme tertibatı 300-1000 kva.                        | AD  | 1,000   | 3.003,00      | 3.003,00      | 0,004582  |
| 130 | 952.320  | Ses izolasyon kabini 875 kva                                          | AD  | 1,000   | 9.252,00      | 9.252,00      | 0,014115  |
| 131 | 982.102  | Bina ihata iletkeni 30x3.5 mm galvanizli çelik lama                   | MT  | 210,000 | 10,00         | 2.100,00      | 0,003204  |
| 132 | 983.102  | Toprak elektrodu (çubuk), elektrolitik bakır                          | AD  | 11,000  | 282,00        | 3.102,00      | 0,004733  |
| 133 | 985.105  | Termokaynak eki 150 gr.kaynak tozuna kadar                            | AD  | 23,000  | 120,00        | 2.760,00      | 0,004211  |
| 134 | ÖZF1     | Eğitim, uygulama ve mühendislik hizmetleri,                           | ad  | 1,000   | 5.474.000,00  | 5.474.000,00  | 8,351422  |
| 135 | ÖZF3     | Otomasyon sensör grubu                                                | ad  | 1,000   | 1.715.000,00  | 1.715.000,00  | 2,616494  |
| 136 | özf4     | Otomasyon kontrol sisitemi                                            | ad  | 1,000   | 13.004.600,00 | 13.004.600,00 | 19,840500 |
| 137 | ÖZF5     | TCG 2020 V20 model 3 adet 2056 kWm (ISO 3046/1) TRJENERASYON SANTRALİ | SET | 1,000   | 13.300.000,00 | 13.300.000,00 | 20,291178 |
| 138 | ÖZF-E01  | 24 PORT MANAGABLE SWITCH+4 PORT SFP ( HP 5120 )                       | AD. | 6,000   | 1.745,00      | 10.470,00     | 0,015974  |
| 139 | ÖZF-E02  | 1000 BASE-T MODÜL                                                     | AD. | 6,000   | 382,00        | 2.292,00      | 0,003497  |
| 140 | ÖZF-E03  | ORJİNAL PATCH CORD 1 MT.                                              | AD. | 9,000   | 4,00          | 36,00         | 0,000055  |
| 141 | ÖZF-E04  | ORJİNAL PATCH CORD 3 MT.                                              | AD. | 9,000   | 6,00          | 54,00         | 0,000082  |
| 142 | ÖZF-E05  | WIRELESS ACCESS POINT                                                 | AD. | 2,000   | 479,00        | 958,00        | 0,001462  |
| 143 | ÖZF-E06  | 24 PORT MANAGABLE SWITCH+4 PORT SFP ( HP A 5500 )                     | AD. | 1,000   | 4.363,00      | 4.363,00      | 0,006656  |

|               |         |                                                    |     |        |          |                      |          |
|---------------|---------|----------------------------------------------------|-----|--------|----------|----------------------|----------|
| 144           | ÖZF-E07 | SFP LC LX TRANSCEIVER                              | AD. | 1,000  | 819,00   | 819,00               | 0,001250 |
| 145           | ÖZF-E08 | M3 KABİNET                                         | AD. | 1,000  | 1.616,00 | 1.616,00             | 0,002465 |
| 146           | ÖZF-E20 | 6 ZONE ANA MERKEZ ÜNİTESİ<br>ACİL DURUM ANONS TİPİ | AD. | 1,000  | 3.771,88 | 3.771,88             | 0,005755 |
| 147           | ÖZF-E23 | 6/9 W 100 V ASMA TAVAN TİPİ<br>HOPARLÖR            | AD. | 10,000 | 24,84    | 248,40               | 0,000379 |
| 148           | ÖZF-E24 | 10/15 W 100 V DUVAR TİPİ<br>HOPARLÖR               | AD. | 4,000  | 66,00    | 264,00               | 0,000403 |
| 149           | ÖZF-E25 | 50 W VOLUME KONTROL RÖLELİ                         | AD. | 1,000  | 54,35    | 54,35                | 0,000083 |
| 150           | ÖZF-E27 | LİNEER ÇEVRE AYDINLATMA<br>DİREĞİ                  | AD. | 35,000 | 680,00   | 23.800,00            | 0,036311 |
| 151           | ÖZF-E31 | OTOMASYON SİSTEMİ GÜÇ<br>KAYNAĞI MODÜLÜ            | AD. | 1,000  | 442,68   | 442,68               | 0,000675 |
| 152           | ÖZF-E32 | OTOMASYON SİSTEMİ MERKEZ<br>ÜNİTESİ                | AD. | 1,000  | 428,40   | 428,40               | 0,000654 |
| 153           | ÖZF-E33 | OTOMASYON SİSTEMİ<br>FLÖRESAN KONTROL MODÜLÜ       | AD. | 8,000  | 314,16   | 2.513,28             | 0,003834 |
| 154           | ÖZF-E34 | OTOMASYON SİSTEMİ BUTON<br>KONTROL MODÜLÜ          | AD. | 1,000  | 221,34   | 221,34               | 0,000338 |
| 155           | ÖZF-E35 | 4 LÜ YAYLI BUTON ANAHTARI                          | AD. | 1,000  | 47,60    | 47,60                | 0,000073 |
| 156           | ÖZF-E36 | WIRELESS MODEM                                     | AD. | 1,000  | 279,65   | 279,65               | 0,000427 |
| 157           | ÖZF-E37 | ANDROİD TABLET BİLGİSAYAR                          | AD. | 1,000  | 1.404,20 | 1.404,20             | 0,002142 |
| 158           | ÖZF-E38 | ÜÇLÜ MONTAJ KIZAĞI                                 | AD. | 4,000  | 27,17    | 108,68               | 0,000166 |
| 159           | ÖZF-E39 | BAĞLANTI PANOSU,KABLO VE<br>KONNEKTÖRLER           | SET | 1,000  | 1.190,00 | 1.190,00             | 0,001816 |
| <b>Toplam</b> |         |                                                    |     |        |          | <b>34.179.600,45</b> |          |

## ÖZGEÇMİŞ

**Çiğdem IŞIKYÜREK**

**icigdem@akdeniz.edu.tr**



### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

|               |                                                                                            |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doktora       | Akdeniz Üniversitesi                                                                       |
| 2010-2019     | Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri<br>Mühendisliği A.B.D., Antalya |
| Yüksek Lisans | Akdeniz Üniversitesi                                                                       |
| 2007-2010     | Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri<br>Mühendisliği A.B.D., Antalya |
| Lisans        | Berlin Uygulamalı Teknik Üniversitesi                                                      |
| 2001-2005     | Elektrik Elektronik ve Enerji Sistemleri Mühendisliği A.B.D.<br>Berlin, ALMANYA            |

### MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

|                     |                                                                                                                   |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Araştırma Görevlisi | Akdeniz Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri<br>Mühendisliği A.B.D                                      |
| 2007-2009           |                                                                                                                   |
| Mühendis            | Akdeniz Üniversitesi                                                                                              |
| 2009-2019           | Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı.<br>Elektrik Kontrol Mühendisi<br>Enerji Yönetim Birimi, Enerji yöneticisi |
| 2014-2019           | EMO Antalya Şube Yönetim Kurulu Üyesi                                                                             |

## **ESERLER:**

### **Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler**

1. Işıkyürek, Ç., Yıldız,O., " Design of The PLC Automation System for The Biogas Plant ", Journal of Agricultural Machinery Science, vol.11, pp.89-96, 2015.
2. Işıkyürek Ç. Ertekin,C.,Yıldız,O.“Examination Of The Cogeneration System In Terms Of Energy Saving In A Public Hospital ", CIGR 2018 XIX. World Congress of CIGR, Antalya, Türkiye, 22-25 Nisan 2018, vol.1, no.1, pp. 248-248

### **Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler**

1. Işıkyürek Ç.,Ertekin C. “Dünyada ve Türkiye’de enerji kullanımı ile verimlilik potansiyelinin sektörlere göre dağılımının incelenmesi.” 9. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Antalya, Türkiye 03-05 Kasım 2017 ss 81-88