

**T.C.**  
**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**BAİBÜ MERKEZ KAMPÜS ELEKTRİK ENERJİ DAĞITIM**  
**SİSTEMİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ KALİTESİ**  
**AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HALUK YILDIZ**

**BOLU, EKİM - 2019**

T.C.  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM  
DALI



**BAİBÜ MERKEZ KAMPÜS ELEKTRİK ENERJİ DAĞITIM  
SİSTEMİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ KALİTESİ  
AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HALUK YILDIZ**

**BOLU, EKİM - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

**Haluk YILDIZ** tarafından hazırlanan “**BAİBÜ MERKEZ KAMPÜS ELEKTRİK ENERJİ DAĞITIM SİSTEMİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ KALİTESİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**” adlı tez çalışması Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 25.10.2019 tarihinde savunularak **Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

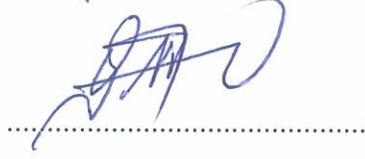
### Jüri Üyeleri

Danışman  
Prof. Dr. Erdal BEKİROĞLU  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye  
Prof. Dr. Oğuz ÜSTÜN  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye  
Prof. Dr. İbrahim SEFA  
Gazi Üniversitesi

### İmza



Prof. Dr. Ömer ÖZYURT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Eşime ve çocuklarıma,**

## ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Haluk YILDIZ



## ÖZET

**BAİBÜ MERKEZ KAMPÜS ELEKTRİK ENERJİ DAĞITIM SİSTEMİNİN  
ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ KALİTESİ AÇISINDAN  
İNCELENMESİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
HALUK YILDIZ  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ERDAL BEKİROĞLU)**

**BOLU, EKİM - 2019**

Bu tez çalışmasında BAİBÜ Merkez Kampüs elektrik enerji altyapısı enerji verimliliği ve enerji kalitesi açısından incelenmiştir.

Merkez Kampüsün elektrik enerji verimliliği incelemesinde, kampüs bölgesinde bulunan elektrik aboneliklerinin elektrik enerjisi tüketim davranışları analiz edilerek en uygun tarife önerisi yapılmıştır. Bunun yanında kampüsteki ısıtma ve su temininde kullanılan pompa sistemlerinin işletme şartları analiz edilerek daha verimli sistemlerle değiştirilmesi durumunda elde edilecek kazançlar hesaplanmıştır. Ayrıca dış aydınlatma sistemlerinin enerji verimlilik analizleri yapılarak gerekli projelendirme ve hesaplamalar yapılmıştır.

Merkez Kampüsün elektrik enerji kalitesi incelemesinde, Mühendislik Fakülte binasında karşılaşılan yüksek nötr-toprak gerilimi problemi ele alınmıştır. Binanın enerji kalite ölçümleri yapılarak TS EN 50160 standardı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, Mühendislik Fakülte binasının enerji aldığı trafo merkezi ile Mühendislik Fakülte binası ana dağıtım panosunda eş zamanlı olarak akım, gerilim, frekans, güç faktörü, harmonik, nötr-toprak gerilimi ölçümleri yapılarak enerji kalite analizi yapılmıştır. Ölçümlerde tespit edilen problemlerin sebepleri ortaya konulmuş ve bunlar için çözüm önerileri sunulmuştur. Yüksek nötr akımları, yüksek nötr-toprak gerilimi, harmonik ve yük dengesizlikleri problemlerini çözmek için aktif güç filtre kullanılmasının uygun olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca Merkez Kampüs bölgesindeki reaktif güç kompanzasyon sistemleri incelenerek, etkin bir kompanzasyon sistemi için çözüm önerileri sunulmuştur.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Enerji Dağıtım Sistemi, Enerji Verimliliği, Enerji Kalitesi, Aktif Güç Filtresi, Reaktif Güç Kompanzasyonu

## **ABSTRACT**

### **EXAMINATION OF BAIBU MAIN CAMPUS ELECTRICAL ENERGY DISTRIBUTION SYSTEM IN TERMS OF ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY QUALITY**

**MSC THESIS**

**HALUK YILDIZ**

**BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF  
NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING  
(SUPERVISOR: PROF. DR. ERDAL BEKİROĞLU)**

**BOLU, OCTOBER 2019**

In this thesis, BAIBU central campus electrical energy infrastructure is examined in terms of energy efficiency and energy quality.

In the energy efficiency analysis of the main campus, the electrical energy consumption behavior of the electricity subscriptions in the campus area was analyzed and the most appropriate tariff proposal was made. In addition, operating conditions of the pumping systems used in the campus for heating and water supply were analyzed and the gains to be obtained in case of replacement with more efficient systems were calculated. In addition, energy efficiency analysis of outdoor lighting systems were carried out and necessary projections and calculations were made.

In the electrical energy quality analysis of the main campus, the problem of high neutral-earth voltage encountered in the Building of Engineering Faculty was discussed. Energy quality measurements of the building were made and evaluated within the framework of TS en 50160 standard. In this context, current, voltage, frequency, power factor, harmonics, neutral-earth voltage measurements were made simultaneously at the transformer center where the Building of Engineering Faculty received energy and at the main distribution panel of the Building of Engineering Faculty. The reasons for the problems identified in the measurements were determined and solution suggestions were presented for them. It has been found that it is appropriate to use active power filters to solve problems of high neutral currents, high neutral-ground voltage, harmonics and load imbalances. In addition, the reactive power compensation systems in the main campus area were examined and the solution proposals for an effective compensation system were presented.

**KEYWORDS:** Energy Distribution System, Energy Efficiency, Energy Quality, Active Power Filter, Reactive Power Compensation

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ .....	xi
TEŞEKKÜR .....	xiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. BAİBÜ MERKEZ KAMPÜS ELEKTRİK ENERJİ DAĞITIM SİSTEMİ.....</b>	<b>6</b>
2.1 Merkez Kampüs Kök Abonelik Bölgesinin İncelenmesi .....	7
2.2 Merkez Kampüs Doğu TR-3 Abonelik Bölgesinin İncelenmesi.....	9
2.3 Merkez Kampüs Su Pompası Abonelik Bölgesinin İncelenmesi .....	11
<b>3. BAİBÜ MERKEZ KAMPÜS ELEKTRİK ENERJİ VERİMLİLİĞİ ..</b>	<b>13</b>
3.1 Merkez Kampüs Elektrik Aboneliklerinin Tarife Analizi.....	13
3.1.1 Kök Aboneliği İçin En Uygun Tarife Analizi .....	13
3.1.2 Doğu TR-3 Aboneliği İçin En Uygun Tarife Analizi .....	17
3.1.3 Su Pompası Aboneliği İçin En Uygun Tarife Analizi .....	21
3.2 Merkez Kampüs Pompa Sistemlerinin Verimlilik Analizi.....	24
3.2.1 Isı Merkezinde Kullanılan Pompa Sistemi Verimlilik Analizi ....	25
3.2.2 Su Pompasında Kullanılan Pompa Sistemi Verimlilik Analizi ...	29
3.3 Merkez Kampüs Dış Aydınlatma Sistemlerinin Verimlilik Analizi ..	31
<b>4. BAİBÜ MERKEZ KAMPÜS ELEKTRİK ENERJİ KALİTESİ.....</b>	<b>37</b>
4.1 TS EN 50160 Enerji Kalite Standardı .....	38
4.1.1 Frekans.....	38
4.1.2 Gerilim Genliği .....	38
4.1.3 Gerilim Dengesizliği.....	38
4.1.4 Gerilim ve Akım Harmoniği.....	38
4.2 Mühendislik Fakülte Binasında Karşılaşılan Enerji Kalite Probleminin İncelenmesi.....	39
4.2.1 Doğu TR-3 Trafo Merkezi Enerji Kalite Analizi.....	40
4.2.2 Mühendislik Fakülte Binası Enerji Kalite Analizi.....	50
4.3 Merkez Kampüs Kompanzasyon Sistemlerinin İncelenmesi .....	60
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>67</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>70</b>
<b>7. EKLER.....</b>	<b>74</b>
<b>8. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>84</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Merkez Kampüs Elektrik Abonelik Bölgeleri .....	6
Şekil 2.2. Merkez Kampüs Aboneliklerinin Elektrik Enerjisi Tüketimlerinin Yıllara Göre Değişimi .....	7
Şekil 2.3. Kök Abonelik Bölgesi Tek Hat Şeması .....	8
Şekil 2.4. Doğu TR-3 Abonelik Bölgesi Tek Hat Şeması .....	10
Şekil 2.5. Su Pompası Abonelik Bölgesi Tek Hat Şeması .....	11
Şekil 3.1. Kök Aboneliği Elektrik Enerjisi Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi...14	
Şekil 3.2. Kök Aboneliği 2018 Yılı Elektrik Enerjisi Tüketiminin Aylara Göre Değişimi .....	14
Şekil 3.3. Kök Aboneliği Elektrik Enerjisinin Saatlik Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi .....	15
Şekil 3.4. Doğu TR-3 Aboneliği Elektrik Enerjisi Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi .....	18
Şekil 3.5. Doğu TR-3 Aboneliği Elektrik Enerjisi Tüketiminin Aylara Göre Değişimi .....	18
Şekil 3.6. Doğu TR-3 Aboneliği Elektrik Enerjisinin Saatlik Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi .....	19
Şekil 3.7. Su Pompası Aboneliği Elektrik Enerjisi Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi .....	21
Şekil 3.8. Su Pompası Aboneliği Elektrik Enerjisi Tüketiminin Aylara Göre Değişimi .....	21
Şekil 3.9. Su Pompası Aboneliği Elektrik Enerjisinin Saatlik Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi .....	22
Şekil 3.10. Isı Merkezi Tek Hat Şeması .....	25
Şekil 3.11. Isı Merkezinde Bulunan Devir Daim Pompası Motor Etiket Değerleri.....	26
Şekil 3.12. Isı Merkezinde Kullanılan Vantilatör Motoru Etiket Değerleri .....	27
Şekil 3.13. Grundfos SP 60-20 Dalgıç Pompa Performans ve Motor Çalışma Eğrileri.....	30
Şekil 3.14. Merkez Kampüs Yol ve Direk Yerleşim Planları.....	33
Şekil 3.15. Aydınlatma Hesap Sonuçları .....	34
Şekil 4.1. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Enerji Kalite Ölçümü .....	40
Şekil 4.2. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Gerilim Frekansı Değişim Grafiği .....	41
Şekil 4.3. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Gerilim Genliklerinin Değişim Grafiği .....	41
Şekil 4.4. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Nötr-Toprak Gerilimi ve Nötr Akımı Değişim Grafiği.....	42
Şekil 4.5. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Faz Yüklenmeleri Değişim Grafiği .....	43
Şekil 4.6. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Gerilim Dengesizliği Grafiği .....	43
Şekil 4.7. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Güç Faktörü Değişim Grafiği .....	44
Şekil 4.8. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Faz Gerilimlerinin THDv Değişim Grafiği .....	44
Şekil 4.9. Doğu TR-3 Trafo Merkezi 3. Gerilim Harmonikleri Değişim Grafiği .....	45
Şekil 4.10. Doğu TR-3 Trafo Merkezi 5. Gerilim Harmonikleri Değişim Grafiği .....	46
Şekil 4.11. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Faz Akımlarının THDı Değişim Grafiği .....	47
Şekil 4.12. Doğu TR-3 Trafo Merkezi 3. Akım Harmonikleri Değişim Grafiği .....	48
Şekil 4.13. Doğu TR-3 Trafo Merkezi 5. Akım Harmonikleri Değişim Grafiği .....	48

<b>Şekil 4.14.</b> Mühendislik Fakülte Binası Faz Gerilim Genliklerinin Değişim Grafiği .....	<b>50</b>
<b>Şekil 4.15.</b> Mühendislik Fakülte Binası Faz Gerilim Frekansı ve Faz Gerilim Dengesizliği Değişim Grafiği.....	<b>51</b>
<b>Şekil 4.16.</b> Mühendislik Fakülte Binası Faz ve Nötr Akımlarının Değişim Grafiği .....	<b>51</b>
<b>Şekil 4.17.</b> Mühendislik Fakülte Binası Faz ve Nötr Akımlarının Değişim Grafiği .....	<b>52</b>
<b>Şekil 4.18.</b> Mühendislik Fakülte Binası Faz Gerilimlerinin THD <sub>v</sub> Değişim Grafiği .....	<b>53</b>
<b>Şekil 4.19.</b> Mühendislik Fakülte Binası Faz Akımlarının THD <sub>i</sub> Değişim Grafiği	<b>53</b>
<b>Şekil 4.20.</b> Aktif Güç Filtresi Bağlantı Şekli ve Çalışma Prensibi .....	<b>55</b>
<b>Şekil 4.21.</b> Mühendislik Fakülte Binası Elektrik Ana Dağıtım Panosunda Enerji Kalite Ölçümü .....	<b>56</b>
<b>Şekil 4.22.</b> Mühendislik Fakülte Binası Fazların Yüklenme Değişimi ve Nötr Akım Değişim Grafiği.....	<b>57</b>
<b>Şekil 4.23.</b> Aktif Güç Filtresi Devre Dışı İken Faz ve Nötr Akımlarının Dalga Şekilleri .....	<b>57</b>
<b>Şekil 4.24.</b> Aktif Güç Filtresi Devrede İken Faz ve Nötr Akımlarının Dalga Şekilleri .....	<b>58</b>
<b>Şekil 4.25.</b> Mühendislik Fakülte Binası Nötr-Toprak Gerilimi ve Nötr Akımı Değişim Grafiği.....	<b>59</b>
<b>Şekil 4.26.</b> Kompanzasyon Çeşitleri .....	<b>60</b>
<b>Şekil 4.27.</b> Kompanzasyon Sistemlerinde Pasif Filtre Uygulaması .....	<b>61</b>
<b>Şekil 4.28.</b> Kök Abonelik Bölgesi Kompanzasyon Merkezlerinin Yerleşim Planı.....	<b>62</b>
<b>Şekil 4.29.</b> Kök Abonelik Bölgesi Trafo Merkezlerinin Kompanzasyon Sistemi Tek Hat Şeması .....	<b>63</b>
<b>Şekil 4.30.</b> Merkez Kampüs Yer Altı OG Hattı Yerleşim Planı .....	<b>63</b>
<b>Şekil 4.31.</b> Doğu TR-3 Abonelik Bölgesi Kompanzasyon Merkezlerinin Yerleşim Planı.....	<b>65</b>
<b>Şekil 4.32.</b> Doğu TR-3 Abonelik Bölgesi Trafo Merkezlerinin Kompanzasyon Sistemi Tek Hat Şeması .....	<b>65</b>

# ÇİZELGE LİSTESİ

## Sayfa

<b>Çizelge 3.1.</b> Kök Aboneliği 2018 Yılı Aylık Demand Güç Değerleri.....	<b>16</b>
<b>Çizelge 3.2.</b> Doğu TR-3 Aboneliği 2018 Yılı Aylık Demand Güç Değerleri .....	<b>20</b>
<b>Çizelge 3.3.</b> Su Pompası Aboneliği 2018 Yılı Aylık Demand Güç Değerleri .....	<b>23</b>
<b>Çizelge 3.4.</b> Farklı Debi Değerlerine Sahip Dalgıç Pompa Karşılaştırması .....	<b>31</b>
<b>Çizelge 3.5.</b> M3 Yol Sınıfı Aydınlatma Sınır Değerleri ve Merkez Kampüs Aydınlatma Hesap Sonuçları.....	<b>33</b>
<b>Çizelge 3.6.</b> Merkez Kampüsü Dış Aydınlatma Sistemlerinde Kullanılan Lambaların Teknik Özellikleri .....	<b>34</b>
<b>Çizelge 4.1.</b> Gerilim Harmonik Sınır Değerleri.....	<b>39</b>
<b>Çizelge 4.2.</b> Akım Harmonik Sınır Değerleri .....	<b>39</b>
<b>Çizelge 4.3.</b> Doğu TR-3 Trafo Merkezi Gerilim Harmonik Değerleri .....	<b>46</b>
<b>Çizelge 4.4.</b> Doğu TR-3 Trafo Merkezi Akım Harmonik Değerleri .....	<b>49</b>

## KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

<b>A</b>	: Akım
<b>V</b>	: Gerilim
<b>Hz</b>	: Hertz
<b>f</b>	: Frekans
<b>W</b>	: Watt
<b>VA</b>	: Volt Amper
<b>VAr</b>	: Volt Amper Reaktif
<b>P</b>	: Aktif Güç
<b>S</b>	: Görünür Güç
<b>Q</b>	: Reaktif Güç
<b>kVA</b>	: Kilovolt Amper
<b>kW</b>	: Kilowatt
<b>MW</b>	: Megawatt
<b>GW</b>	: Gigawatt
<b>kWh</b>	: Kilowatt Saat
<b>MWh</b>	: Megawatt Saat
<b>GWh</b>	: Gigawatt Saat
<b>m</b>	: Metre
<b>cos φ</b>	: Güç Faktörü
<b>m<sup>3</sup>/h</b>	: Metreküp/Saat
<b>d/d</b>	: Devir/Dakika
<b>n</b>	: Motor Devir Sayısı
<b>H</b>	: Pompa Basma Yüksekliği
<b>Q</b>	: Debi
<b>IP</b>	: Koruma Sınıfı
<b>cd</b>	: Candela
<b>lm</b>	: Lümen
<b>EN</b>	: Avrupa Standardı
<b>TEDAŞ</b>	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim şirketi
<b>TEİAŞ</b>	: Türkiye Elektrik İletim Anonim şirketi
<b>EÜAŞ</b>	: Elektrik Üretim Anonim şirketi
<b>EPDK</b>	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu

<b>MYO</b>	: Meslek Yüksek Okulu
<b>LED</b>	: Işık Yayan Diyot
<b>TL</b>	: Türk Lirası
<b>YET</b>	: Yıllık Enerji Tüketimi
<b>YEM</b>	: Yıllık Enerji Maliyeti
<b>EBM</b>	: Enerji Birim Maliyeti
<b>YÇS</b>	: Yıllık Çalışma Süresi
<b>MET</b>	: Motor Enerji Tüketimi
<b>TYB</b>	: Toplam Yatırım Bedeli
<b>THD<sub>v</sub></b>	: Toplam Harmonik Bozulma(Gerilim)
<b>THD<sub>i</sub></b>	: Toplam Harmonik Bozulma(Akım)



## TEŞEKKÜR

BAİBÜ Merkez Kampüs Elektrik Enerji Dağıtım Sisteminin Enerji Verimliliği ve Enerji Kalitesi Açısından İncelenmesine izin vererek tez çalışmamın yapılabilmesine imkan veren Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Rektörlüğüne\*, tez süresi boyunca değerli zamanını, bilgi birikimini benimle paylaşan kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Erdal BEKİROĞLU'na, tez aşamasında bizlere yol göstererek katkı sunan Gazi Üniversitesi öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. İbrahim SEFA'ya ve BAİBÜ öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Oğuz ÜSTÜN'e, üzerimde emeği olan bütün bölüm hocalarıma teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam sırasında sabrı, hoşgörüsü ve manevi desteğiyle yanımda olan eşim Sevinç YILDIZ'a ve biricik kızlarım Aysena ve Hilal'e teşekkürü borç bilirim.

\*. Bu tez çalışmasının kampüste yapılmasına BAİBÜ Rektörlüğünün 11.02.2019 tarih ve E.9121 sayılı Bilimsel ve Eğitim Amaçlı İzin yazısı ile izin verilmiştir.

# 1. GİRİŞ

Enerji, bir ülkenin ekonomik ve sosyal gelişiminin en temel ve sürükleyici gereksinimlerinden biri olup günümüzde uygarlığımızın devamı için vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. Bugün dünyada nüfus, kentsel gelişim, sanayileşme ve buna bağlı olarak birincil enerji tüketimi de giderek artmaktadır. Dünya'nın birincil enerji ihtiyacının önemli bir kısmı fosil kaynaklardan karşılanmakta ve artan enerji tüketimine karşılık dünyamızın enerji kaynakları gün geçtikçe tükenmektedir. Fosil kaynaklı enerji kullanımının artmasına bağlı olarak çevresel problemlerde de artış gözlenmektedir. Sürdürülebilir ve temiz enerji, alternatif çevreci enerji kaynakları bulmak ve var olan enerjinin verimli kullanılması ile mümkün olabilecektir.

Teknolojinin gelişimi ile birlikte insan hayatındaki teknolojik cihazların sayısı ve etkisi artmaktadır. Enerji sistemi üzerindeki bu teknolojik cihazların etkisinin artmasına bağlı olarak enerji dağıtım sistemlerinde kalite problemleri ortaya çıkmıştır. Enerji kalite problemleri dağıtım sistemlerinde ve dağıtım sistemlerinden enerji alan cihazlarda olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Enerji kalite problemleri enerji sistemlerinde kayıpların artmasına, cihaz ömürlerinin azalmasına, cihazların gürültülü çalışmasına, hassas ölçüm yapan cihazların yanlış ölçüm yapmasına, cihaz koruma elemanlarının yanlış açma yapmasına, kompanzasyon sistemlerinin zarar görmesine, trafoların aşırı yüklenmesine neden olmaktadır. Enerji kalite problemlerinin bu olumsuz etkilerini giderebilmek için çeşitli uygulamalar yapılmaktadır.

Dünyada ve ülkemizde enerji dağıtım sistemlerinin birçok enerji kalite ve verimlilik analiz çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmaların ortak amacı enerjinin daha kaliteli ve verimli kullanılmasına katkı sunmaktır.

Kavitha vd. (2017) enerji kalitesinin enerji sistemleri üzerindeki etkilerini ve enerji kalite problemlerinin çözüm yollarının araştırmışlardır. Wang vd. (2017) elektrikli trenlerin elektrik şebekesine etkisini araştırmıştır. Elektrikli trenlerin elektrik şebekesinin kalitesini bozucu etkilerini azaltmak için çözüm önerilerini sunmuşlardır. Robescu vd. (2014) Romanya'nın doğusunda yer alan ülkenin en

büyük ikinci şehrindeki bir arıtma tesisinde enerji kalite analizi yapmışlardır. Enerji kalite analizi sonucunda, pompa motorlarının harmoniklere sebep olduğu belirlenmiştir. Karşılaşılan enerji kalite probleminin giderilmesi için çözüm önerileri sunulmuştur. Tulskey vd.(2017) Orta Mısır Bölgesi elektrik dağıtım sisteminde karşılaşılan reaktif güç kompanzasyonu problemini çözebilmek için ölçümler ve analizler yapmışlardır. Elektrik dağıtım sistemi ve ölçümler MATLAB programında modellenerek reaktif güç kompanzasyonun en uygun hangi bölgelere hangi güçlerde yapılması gerektiğini belirlemişlerdir. Chenyi vd.(2018) enerji dağıtım sistemlerinde karşılaşılan farklı enerji kalite problemlerinin çözümü için kullanılan uygulamaları bir araya getirerek birçok enerji kalite problemini aynı anda giderebilecek bir sistem tasarlamışlardır.

Tulskey vd. (2016) Moskova radyal enerji dağıtım sistemini MATLAB/Simulink programında modellemiş ve pratik ölçümler almıştır. Bu çalışmada enerji kalite problemlerinden gerilim yükselmeleri ve gerilim düşüşleri ele alınmıştır. Pratik ölçümler ve simülasyon programında elde edilen veriler değerlendirilmiş ve enerji kalite sorunlarının giderilmesi için çözüm yollarını sunulmuştur. Maraşlıoğlu (2018) Kahramanmaraş'ta bir tekstil fabrikasında enerji kalite analizi yapmıştır. Bu çalışmada enerji kalitesini etkileyen parametrelerden harmonik ve flicker kavramını incelemiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde non-linear ve linear yüklerin şebekeye yaptığı etkileri inceleyerek enerji kalite problemlerinin çözüm yollarını araştırmıştır. Bitim (2012) Niğde elektrik enerjisi dağıtım sistemini enerji kalitesi bakımından incelemiştir. Bu çalışmada yapılan enerji kalite ölçümleri sonucu enerji kalitesini bozacak müşterilerin enerji sistemine verdiği zararlar ve dağıtım şebekesi enerji kalitesinin yönetmeliklere uyumluluğunu incelemiş, enerji kalite problemlerini ortadan kaldırabilmek için çözüm önerilerini sunmuştur. Gemci (2018) Kahramanmaraş şehir merkezi dağıtım şebekesini enerji kalitesi yönünden incelemiştir. Bu çalışmada ölçüm yapılan dağıtım şebekesinde akım ve gerilim harmonikleri, kırışma, gerilim yükselmesi ve düşmesi gibi çeşitli enerji kalitesi parametrelerini yönetmelikler çerçevesinde analiz etmiştir. Rüstemli vd. (2013) Van ilindeki bir tesiste güç analizörü ile çeşitli güç kalite ölçümleri yapmış, tespit edilen verilerden hareketle harmoniklerin mevcut tesisler üzerindeki etkilerini yorumlayarak aktif filtre çözümlerini simülasyon çalışmalarıyla karşılaştırmışlardır.



Ahonen vd. (2016) farklı büyüklük ve verimdeki pompa motorlarını kıyaslayarak ihtiyaca yönelik en verimli pompa sistemini kurmaya çalışmışlardır. Krishnamoorthy vd. (2015) elektrik dağıtım sistemindeki enerji verimliliğini arttırabilmek için trafoların yüklenme durumuna göre enerji kayıplarını deneysel ve yazılımsal olarak incelemiştir. Baykal (2011) asenkron motorlar üzerinde enerji verimliliği çalışması yapmıştır. Bu çalışmada şu an kullanımda olan eski tip asenkron motorlar yerine yüksek verimli asenkron motorların kullanılması durumunda elde edilecek verim artışını incelemiştir. Ogunjuyigbe vd.(2017) farklı aydınlatma teknolojilerinin elektrik dağıtım sistemleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırmada aydınlatma teknolojilerinin enerji verimliliği ve enerji kalitesine etkileri incelenmiştir. Ciobanu vd. (2016) mevcut kamusal aydınlatma sistemlerinin verimli sistemler ile değiştirilmesi durumunda elde edilecek enerji verimliliğini araştırmışlardır. Verma vd.(2018) bir otelde aydınlatma otomasyon yazılımı kurarak enerjinin verimli kullanılmasını araştırmış, gün ışığı verilerine göre otel aydınlatmasını kontrol eden aydınlatma otomasyon yazılımını kullanarak %40'lık bir enerji tasarrufu elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır. Zalesinska vd. (2016) çeşitli yol aydınlatmaları için farklı aydınlatma türlerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada farklı aydınlatma türlerinin aydınlatma kalitesine ve enerji verimliliğine etkisini araştırmışlardır. Byun vd. (2018) kullanıcı memnuniyeti ve kullanım amacını göz önünde bulundurarak enerji tasarrufu sağlayan bir aydınlatma sistemi tasarlamış ve uygulamışlardır. Bu aydınlatma sistemi floresan aydınlatmaya göre %43'lük bir enerji tasarrufu sağlamıştır.

Enerji kalitesi ve enerji verimliliği çalışmaları üniversite kampüs bölgelerinde de büyük önem taşımaktadır. Literatürde bu konularda yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Alawasa vd.(2017) Mutah Üniversitesi Mühendislik Fakültesi enerji dağıtım sisteminin harmonik analizini yapmışlardır. Bu çalışmada Mühendislik Fakültesi enerji ana dağıtım panosunda ve bireysel yüklerde harmonik ölçümler yapmışlardır. Elde edilen veriler neticesinde harmoniklere neden olan cihazlar belirlenmiştir. Ruviano vd.(2018) Brezilya'nın Federal Santa Maria Üniversite kampüsünde elektrik enerji verimliliğini ve enerji kalitesini arttırabilmek için çeşitli çalışmalar yapmış ve ileriye dönük stratejiler oluşturmuşlardır. Sangeetha vd.(2018) Hindistan Bilim Enstitüsü kampüsü elektrik enerji dağıtım sistemi için SCADA sistemi tasarlamışlardır. SCADA uygulamasının enerji dağıtım sistemleri üzerindeki

kazanımları ele alınmıştır. Chiandone vd.(2019) İtalya'nın Trieste Üniversite kampüs elektrik enerji altyapısını izleme ve kontrol projesini gerçekleştirmişlerdir. Sarı (2017) Kahramanmaraş Sütçü İmam Avşar Kampüsü içerisinde bulunan fakülte binaları trafolarının enerji kalite analizlerini yapmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar neticesinde yüklerin şebeke üzerinde oluşturduğu sorunları tespit edip çözüm önerilerini sunmuştur. Alkan (2019) Düzce Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi enerji sistemini enerji kalitesi yönünden incelemiştir. Harmonik analizleri sonucu elde edilen verileri bilgisayar ortamına aktararak MATLAB/Simulink programında modellemiştir. Benzetim çalışması sonucu pasif filtre tasarlayarak enerji kalitesini bozucu etkileri elimine etmiştir.

Lung Lin vd.(2009) Tayvan'da bir üniversite kampüsünde bulunan bilgisayarların kullanılmadığı ancak açık olduğu durumlarda enerji tasarrufu sağlamak için bir yazılım gerçekleştirmişlerdir. Böylelikle %10'luk bir tasarruf potansiyeli öngörmüşlerdir. Singh vd.(2010) bir kampüs enerji dağıtım sistemlerinde harmoniklerin neden olduğu enerji kayıplarını incelemişlerdir. Papadopoulos vd. Yunanistan'ın Demokritus Üniversitesine bağlı 9 kampüste reaktif güç ölçüm ve izlemi yapmışlardır. Elde edilen verileri değerlendirip enerji verimliliği ve enerji kalitesi açısından yapılabilecekleri araştırmışlardır.

Bu tez çalışmasında ise BAİBÜ Merkez Kampüs enerji altyapısı enerji verimliliği ve enerji kalitesi açısından incelenmiştir. Bu tez çalışmasının amacı BAİBÜ Merkez Kampüs bölgesinde elektrik enerjisinin daha verimli ve kaliteli kullanılmasına katkı sunmaktır. Enerji verimliliği çalışmalarında Merkez Kampüs bölgesinin elektrik abonelikleri, bu bölgede kullanılan pompa ve dış aydınlatma sistemleri incelenmiştir. Enerji kalite çalışmalarında ise Mühendislik Fakülte binasında karşılaşılan yüksek nötr-toprak gerilim problemi ve Merkez Kampüs kompanzasyon sistemleri incelenmiştir. Bu çalışmalarda enerji dağıtım sisteminde ölçümler yapılarak mevcut sorunlar tespit edilmiş çözüm önerileri sunulmuş ve gerekli analizler yapılarak enerjinin daha verimli ve kaliteli kullanılması amaçlanmıştır. Bu tez çalışması 5 bölümden oluşmaktadır.

1. Bölümde Dünyada enerji tüketim artışının nedenleri, günümüzde etkin olarak kullanılan fosil enerji kaynaklarının çevresel etkileri ve rezerv problemlerine

değinilmiştir. Bununla birlikte enerji verimliliği ve enerji kalitesi konusunda yapılan çalışmalar hakkında genel bilgiler verilmiştir.

2. Bölümde BAİBÜ Merkez Kampüs elektrik enerjisi altyapısı incelenmiştir. Bu incelemede elektrik abonelik bölgelerinin tek hat şemaları çizilerek trafo merkezleri, trafo merkezlerinin yüklenme oranları, yedekleme g üniteleri incelenmiştir.

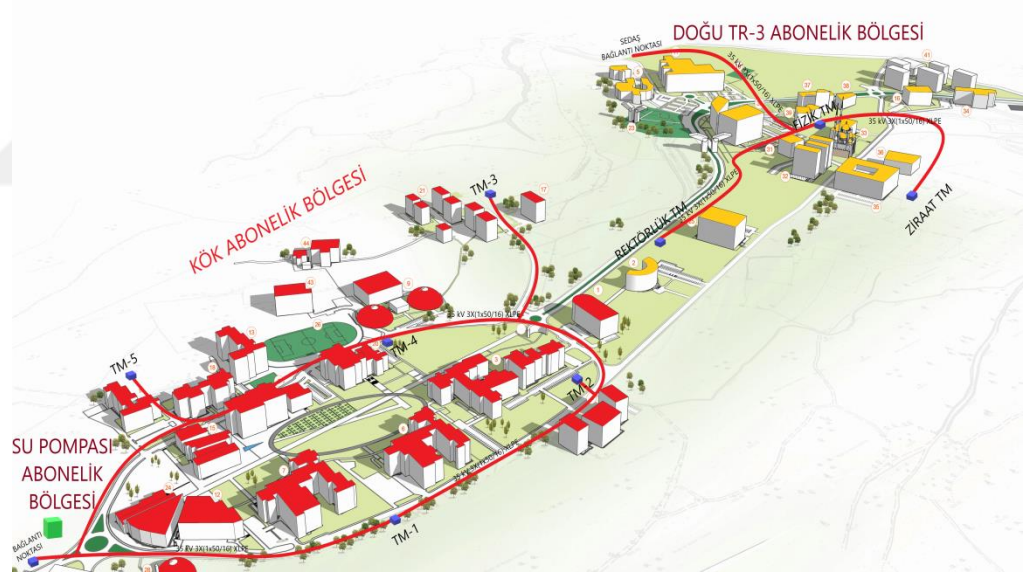
3. Bölümde BAİBÜ Merkez Kampüsünde enerji verimliliği incelenmiştir. Merkez Kampüste yer alan elektrik abonelik bölgelerinin yıllara göre elektrik enerjisi tkretim değişimleri ve elektrik enerjisi fatura analizleri yapılarak niversitenin elektrik enerjisi tkretim davranışlarına uygun elektrik tarife aboneliği çalışması yapılmıştır. Merkez Kampüste kullanılan pompa ve dış aydınlatma sistemlerinin verimliliği ölçümler ve hesaplamalar yapılarak incelenmiş, daha verimli sistemlerle değişimi durumunda elde edilen kazançlar ortaya konulmuştur.

4. Bölümde BAİBÜ Merkez Kampüs enerji kalitesi incelenmiştir. Bu incelemede Mühendislik Fakülte binasında karşılaşılan yüksek nötr-toprak gerilim probleminin nedenlerini bulabilmek için Fluke 435-II G Kalitesi ve Enerji Analizörü ile kaynak ve bina tarafında eş zamanlı enerji kalite ölçümleri yapılmış, ölçüm verileri TS EN 50160 standardına göre değerlendirilmiş ve enerji kalite sorunları tespit edilmiştir. Tespit edilen enerji kalite problemini ozebilmek için aktif güç filtre uygulaması yapılmış ve enerji kalite ölçümleri yinelenerek nötr-toprak geriliminin istenen seviyelere düştüğü grlmştir. Merkez Kampüs enerji kalite incelemesinin ikinci bölümünde bu bölgede bulunan kompanzasyon sistemleri incelenmiş, ölçümler ve hesaplamalar yapılarak sorunlar tespit edilmiştir. Merkez Kampüs bölgesinde görülen kompanzasyon problemlerinin ozm sunulmuştur.

5. ve son bölüm olan Sonuç ve öneriler bölümünde ise BAİBÜ Merkez Kampüsünde enerji verimliliği ve enerji kalitesi yönünden tespit edilen sorunların nedenleri, ozm yolları ve bundan sonra yapılacak olan yatırımlarda dikkat edilmesi gereken hususlar ele alınmıştır.

## 2. BAİBÜ MERKEZ KAMPÜS ELEKTRİK ENERJİ DAĞITIM SİSTEMİ

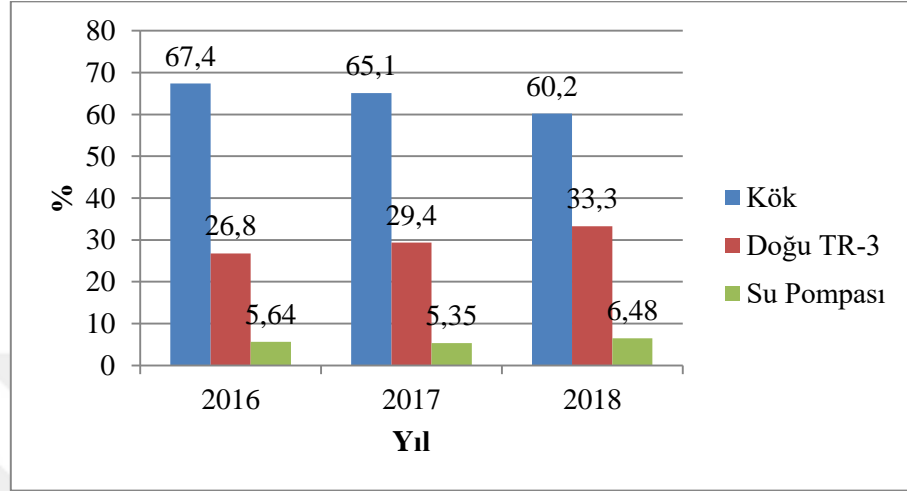
BAİBÜ Merkez Kampüsü yaklaşık 25.000 öğrencinin eğitim gördüğü, 2.000 akademik ve idari personelin görev yaptığı, çeşitli büyüklük ve amaçlarla yapılmış 40 binanın bulunduğu bir eğitim, öğretim, yaşam ve sağlık kampüsüdür. Bu büyüklükteki bir kampüsün elektrik enerji ihtiyacı, bölge elektrik enerji dağıtım şirketinde bulunan üç ayrı OG elektrik aboneliği kapsamındaki 9 trafo merkezinden sağlanmaktadır. Elektrik abonelikleri Merkez Kampüs ilk yerleşim bölgesinde yer alan Kök aboneliği, gelişim bölgesinde yer alan Doğu TR-3 aboneliği ve kampüs su ihtiyacının karşılandığı pompa istasyonunun Su Pompası aboneliğidir. Merkez Kampüste bulunan elektrik abonelik bölgeleri Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.1.** Merkez Kampüs Elektrik Abonelik Bölgeleri

Merkez Kampüs elektrik aboneliklerinin elektrik enerjisi tüketimlerinin toplam elektrik enerjisi tüketimi içerisindeki paylarına bakıldığında, 2018 yılında tüketilen elektrik enerjisinin %60’ı Kök aboneliği, %33’i Doğu TR-3 aboneliği, %6,5’inin de Su Pompası aboneliği tarafından tüketildiği görülmektedir. Bununla beraber aboneliklerin elektrik enerjisi tüketimlerinin toplam elektrik enerjisi tüketimi içerisindeki oranlarının yıllara göre değişim grafiği Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Grafik

incelendiğinde, gelişimi tamamlanmış bölge aboneliği olan Kök aboneliğinin tüketim oranının düştüğü, gelişim bölge alanı aboneliği olan Doğu TR-3 aboneliğinin tüketim oranının yükseldiği, Su Pompası aboneliğinin tüketim oranında ciddi bir değişim olmadığı görülmektedir.

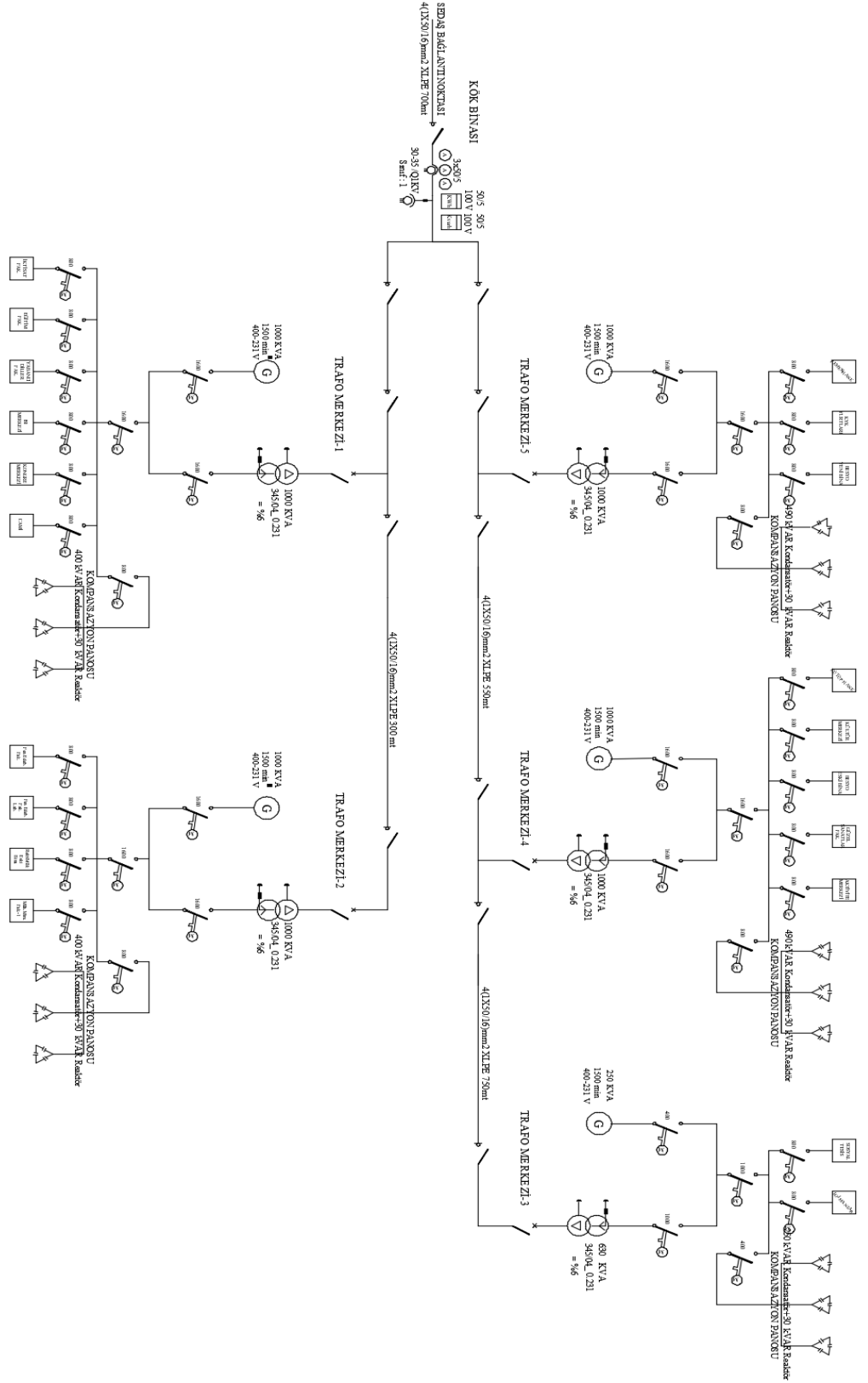


**Şekil 2.2.** Merkez Kampüs Aboneliklerinin Elektrik Enerjisi Tüketimlerinin Yıllara Göre Değişimi

## 2.1 Merkez Kampüs Kök Abonelik Bölgesinin İncelenmesi

Merkez Kampüs ilk yerleşim bölgesinde yer alan Kök aboneliğinin tek hat şeması Şekil 2.3'de çizilmiştir. Tek Hat şeması incelendiğinde, dağıtım firmasından alınan elektrik enerjisi ölçü hücresinden sonra iki ana hat üzerinde toplam beş trafo merkezini beslemektedir. Trafo merkezleri arasında bağlantıyı sağlayan yaklaşık 3 km OG hattı bulunmaktadır. Kök aboneliği bölgesinde bulunan 5 trafo merkezinin toplam trafo kurulu gücü 4630 kVA, toplam jeneratör kurulu gücü 4250 kVA, toplam kompanzasyon kurulu gücü 2250 kVA'dır.

1. trafo merkezinde 1000 kVA gücünde transformator, 1000 kVA gücünde dizel jeneratör, 400 kVA gücünde kompanzasyon panosu bulunmaktadır. Bu trafo merkezinden, İktisat Fakültesi, Eğitim Fakültesi, Yabancı Diller Yüksek Okulu, Isı Merkezi, Kongre Merkezi ve Caminin elektrik enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Trafo yüklenme oranları en yüksek %45, ortalama %35 seviyelerinde gerçekleşmektedir.



Şekil 2.3. Kök Abonelik Bölgesi Tek Hat Şeması

2. trafo merkezinde 1000 kVA gücünde transformatör, 1000 kVA gücünde dizel jeneratör, 400 kVA gücünde kompanzasyon panosu bulunmaktadır. Bu trafo merkezinden, Fen Edebiyat Fakültesi, Rektörlük İdari Birimler Binası ve Mimarlık Fakültesinin elektrik enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Trafo yüklenme oranları en yüksek %40, ortalama %30 seviyelerinde gerçekleşmektedir.

3. trafo merkezinde 630 kVA gücünde transformatör, 250 kVA gücünde dizel jeneratör, 250 kVA gücünde kompanzasyon panosu bulunmaktadır. Bu trafo merkezinden, Sosyal Tesis ve Üniversite lojmanlarının elektrik enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Trafo yüklenme oranları en yüksek %35, ortalama %25 seviyelerinde gerçekleşmektedir.

4. trafo merkezinde 1000 kVA gücünde transformatör, 1000 kVA gücünde dizel jeneratör, 400 kVA gücünde kompanzasyon panosu bulunmaktadır. Bu trafo merkezinden, Kütüphane, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Merkezi, Aktivite Merkezi ve Beden Eğitim ve Spor MYO'nun elektrik ihtiyacı karşılanmaktadır. Trafo yüklenme oranları en yüksek %50, ortalama %40 seviyelerinde gerçekleşmektedir.

5. trafo merkezinde 1000 kVA gücünde transformatör, 1000 kVA gücünde dizel jeneratör, 400 kVA gücünde kompanzasyon panosu bulunmaktadır. Bu trafo merkezinden, Öğrenci Yurtları, Öğrenci Yemekhanesi ve Spor Salonunun elektrik ihtiyacı karşılanmaktadır. Trafo yüklenme oranları en yüksek %45, ortalama %35 seviyelerinde gerçekleşmektedir.

## **2.2 Merkez Kampüs Doğu TR-3 Abonelik Bölgesinin İncelenmesi**

Merkez Kampüs gelişim bölgesinde yer alan Doğu TR-3 aboneliğinin tek hat şeması Şekil 2.4'de çizilmiştir. Tek hat şeması incelendiğinde, dağıtım firmasından alınan elektrik enerjisi ölçü hücresinden sonra iki ana hat üzerinde toplam üç trafo merkezini beslemektedir. Trafo merkezleri arasında bağlantıyı sağlayan yaklaşık 2 km OG hattı bulunmaktadır. Toplam trafo kurulu gücü 3500 kVA, toplam jeneratör kurulu gücü 2300 kVA, toplam kompanzasyon kurulu gücü 1400 kVA'dır.



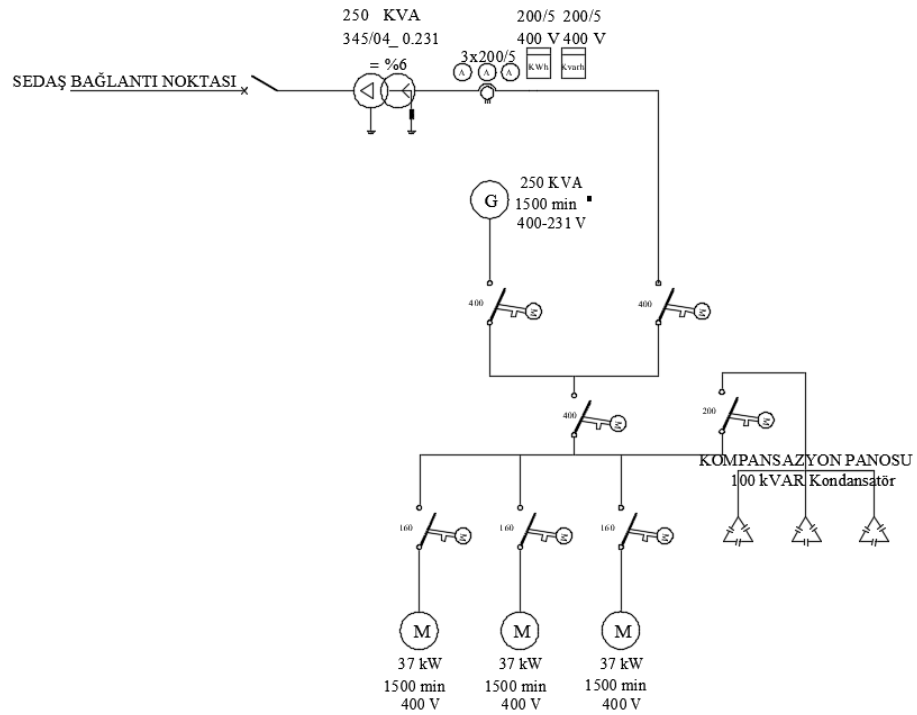


merkezinden Rektörlük ve Kütüphane binasının elektrik enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Trafo yüklenme oranları en yüksek %20, ortalama %15 seviyelerinde gerçekleşmektedir.

Doğu TR-3 abonelik bölgesinin ilk trafo merkezi Fizik Tedavi trafo merkezidir. Bu trafo merkezi gelişimini tamamlamış bölgede olup, Merkez Kampüsün en yoğun kullanılan trafo merkezidir. Buna rağmen trafo kapasitesinin en fazla %60'ı ile yüklenmiştir. Bu abonelik bölgesinin gelişim alanında yer alan ve son yıllarda yapılan Rektörlük ve Ziraat Fakültesi trafo merkezleri şu an için düşük yük oranlarında çalışmaktadır.

### 2.3 Merkez Kampüs Su Pompası Abonelik Bölgesinin İncelenmesi

Merkez Kampüs su ihtiyacının karşılandığı su kaynağı bölgesinde yer alan Su Pompası aboneliğinin tek hat şeması Şekil 2.5'te çizilmiştir.



Şekil 2.5. Su Pompası Abonelik Bölgesi Tek Hat Şeması

Üç adet dalgıç pompa yeraltı suyunu kampüs bölgesinin en yüksek noktasında bulunan beş bin tonluk su deposuna basmaktadır. Olası elektrik enerjisi kesintilerinde su sıkıntısı yaşanmaması için bire bir yedekli jeneratör bulunmaktadır. Su Pompası trafo merkezinde 250 kVA gücünde transformatör, 250 kVA gücünde dizel jeneratör, 100 kVA gücünde kompanzasyon panosu bulunmaktadır.

Merkez Kampüs bölgesinde bulunan trafo merkezlerinin incelemesinde; Kök abonelik bölgesinde yer alan trafo merkezlerinde trafoların ve jeneratörlerin kapasitelerinin altında çalıştığı, sadece kapasitif kompanzasyon yapıldığı buna bağlı olarak zaman zaman hem ekonomik hem teknik problemlerin çıktığı görülmüştür. Bu olumsuzluklar göz önünde bulundurularak Doğu TR-3 aboneliği bölgesinde son olarak tesis edilen Rektörlük ve Ziraat Fakültesi trafo merkezlerinde 1250 kVA trafo gücünü yedekleyecek 2 adet 625 kVA gücünde jeneratör sistemi planlanmıştır. Altyapı 2 adet jeneratör sistemine göre kurulmuş olmasına rağmen 1 adet 625 kVA jeneratör tesis edilmiş, ihtiyaç olması halinde ikinci jeneratör eklenecek şekilde jeneratör sistemi tesis edilmiştir. Böylelikle ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyeti düşürülmüştür. Merkez Kampüste yer alan 9 adet trafo merkezinde kurulu güç ile talep güç arasında ciddi bir fark görülmüştür. En yoğun trafo merkezinde bile trafo yükü %60 seviyesini geçmemektedir. Genel olarak trafo yükleri ise %30'lar seviyesindedir. Trafo merkezi kurulan bölgelerin gelişimi düşünülerek büyük seçilen trafo ve jeneratörler ciddi oranda kapasitelerinin altında çalışmaktadır. Bu durum ilk yatırım maliyetinin yükselmesine, işletme masrafının artmasına ve elektriksel olarak da düşük verimli bir çalışmaya sebep olmaktadır. Ekonomik ve teknik açıdan verimli bir sistem yapabilmek için, ihtiyaca yönelik sistem tasarımı ve uygulamasının yapılması önem arz etmektedir.

Merkez Kampüs bölgesinde yer alan elektrik aboneliklerinin elektrik enerjisi tüketim davranışlarına uygun tarife analiz çalışması, bu bölgede kullanılan pompa ve dış aydınlatma sistemlerinin verimlilik analiz çalışması aşağıda detaylıca yapılmıştır.

### **3. BAİBÜ MERKEZ KAMPÜS ELEKTRİK ENERJİ VERİMLİLİĞİ**

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanmaktadır. Enerji tasarrufu ve verimliliği, enerji arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılık risklerinin azaltılması, çevrenin korunması ve iklim değişikliğine karşı mücadelenin etkinliğinin artırılmasının sağlanması ülkemiz strateji hedeflerinin ve enerji politikalarının en önemli bileşenlerinden biridir. Ülkemizin enerji verimliliği çalışmalarına katkı sunmak için BAİBÜ Merkez Kampüsü enerji verimliliği açısından incelenmiştir.

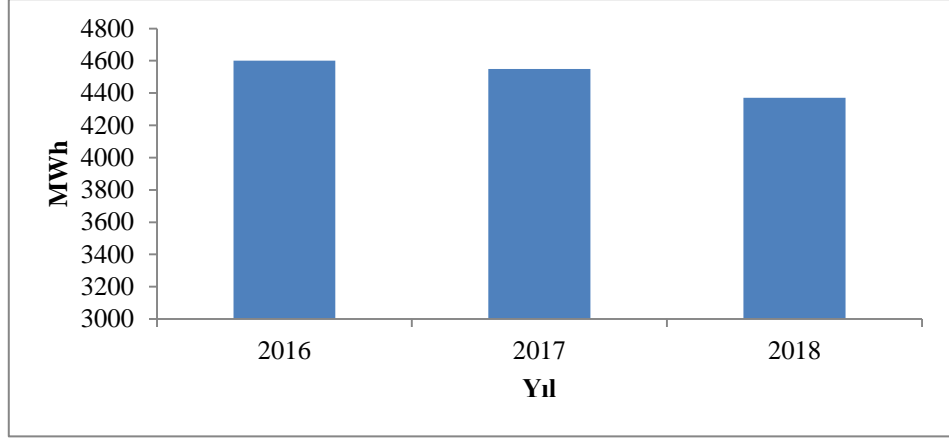
Merkez kampüs enerji verimliliğinin incelendiği bu bölümde, kampüs bölgesinde bulunan elektrik aboneliklerinin elektrik enerjisi tüketim davranışlarına uygun tarife seçimi ve bu bölgede kullanılan pompa ve dış aydınlatma sistemlerinin enerji verimlilik analizleri yapılmıştır. Enerji verimliliği analizleri sonucunda mevcut sistemlerin daha verimli sistemlerle değiştirilmesi durumunda elde edilecek kazançlar hesaplanmıştır.

#### **3.1 Merkez Kampüs Elektrik Aboneliklerinin Tarife Analizi**

Ülkemiz elektrik enerji dağıtım sisteminde farklı özelliklerde çok sayıda elektrik abonelik tarifesi bulunmaktadır. Bu bölümde BAİBÜ Merkez Kampüs bölgesinde bulunan 3 adet elektrik aboneliğinin elektrik enerjisi tüketim davranışlarına uygun tarife analizi yapılmıştır.

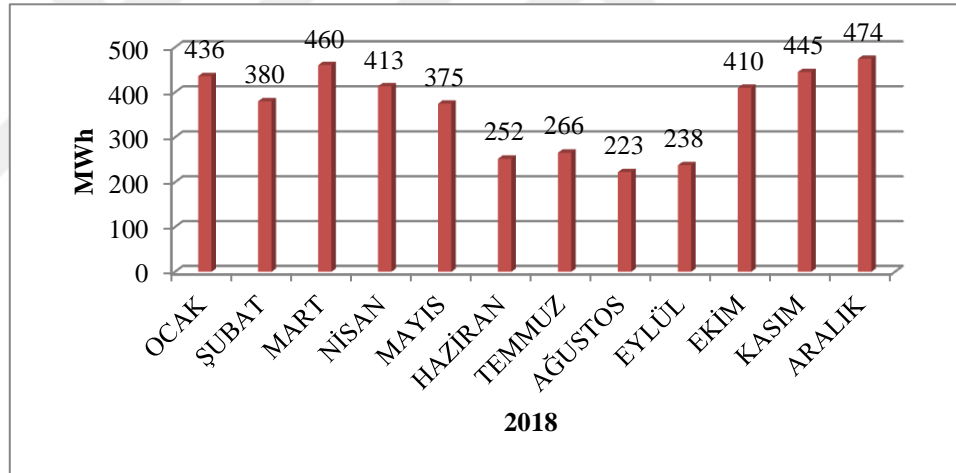
##### **3.1.1 Kök Aboneliği İçin En Uygun Tarife Analizi**

Kök abonelik bölgesi elektrik enerji tüketimlerinin yıllara göre değişimi Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.1.** Kök Aboneliği Elektrik Enerjisi Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi

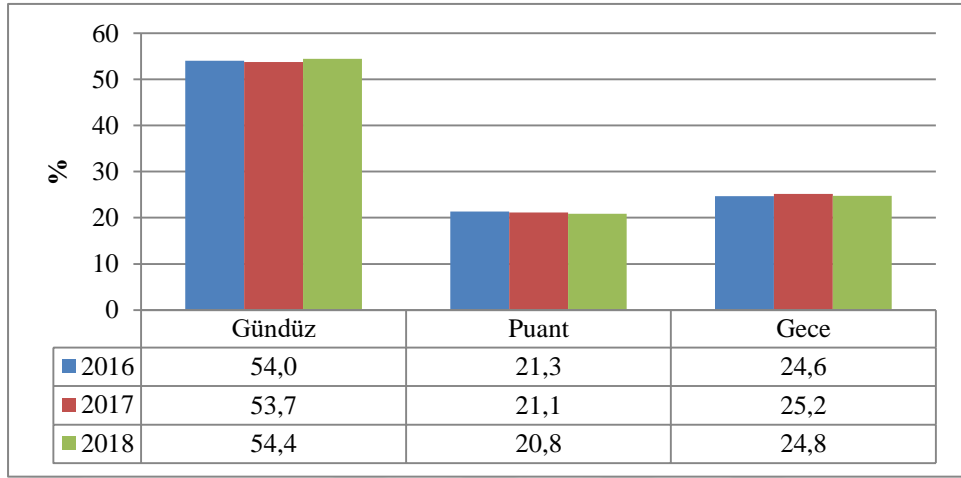
Bu bölge gelişimini tamamladığı için elektrik enerjisi tüketiminde bir artış görülmektedir. Kök aboneliği 2018 yılı elektrik enerjisi tüketiminin aylara göre değişimi Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.2.** Kök Aboneliği 2018 Yılı Elektrik Enerjisi Tüketiminin Aylara Göre Değişimi

Kök abonelik bölgesinin aylara göre elektrik enerjisi tüketim değişimi incelendiğinde, genel olarak kış aylarında tüketimin arttığı, yaz aylarında ise tüketimin azaldığı görülmektedir. En yüksek tüketim aralık ayında gerçekleşmiştir. Bunun asıl sebebi kış aylarında ısınma kaynaklı tüketimlerin artmasıdır. Yaz döneminde tüketimin azalması ise, hem ısınma kaynaklı giderlerin düşmesi, hem de eğitime ara verilmesinden kaynaklanmaktadır. Kök abonelik bölgesinde elektrik enerjisinin günün hangi saatlerinde tüketildiğinin son üç yıllık değişimine

bakıldığında, elektrik enerjisi tüketim oranları arasında ciddi bir değişim olmadığı Şekil 3.3’de görülmektedir.



**Şekil 3.3.** Kök Aboneliği Elektrik Enerjisinin Saatlik Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi

Kök abonelik bölgesi elektrik enerjisi tüketim verileri bir arada değerlendirildiğinde, dağıtım firmasından alınan elektrik enerjisinin hangi abonelik türü seçilmesi durumunda daha uygun olacağı hesaplanmıştır.

Tek zamanlı tarife, günün tüm zamanlarında tüketilen elektrik enerjisi için, ilgili bileşenlerden oluşan ve tek fiyat olarak uygulanan tarife sınıfıdır. Üç(Çok) zamanlı tarife, günün belirlenmiş olan farklı zaman dilimlerinde tüketilen elektrik enerjisi için, ilgili bileşenlerden oluşan ve farklı zaman dilimleri için farklı fiyat uygulanan tarife sınıfıdır. Tek terimli tarife, dağıtım sisteminden çekilen elektrik enerjisi miktarı (kWh) üzerinden dağıtım bedeli uygulanması esasına dayalı tarife sınıfıdır. Çift terimli tarife, dağıtım sisteminden çekilen elektrik enerjisi kWh miktarı üzerinden dağıtım bedeli ile buna ek olarak bağlantı anlaşması veya sözleşmesinde belirtilen güç karşılığı kW miktarı üzerinden güç bedeli alma ve bu gücün aşılması halinde aşılacak kısım için ilave güç aşım bedeli alma esasına dayalı tarife sınıfıdır.

Kök aboneliğinin 2018 yılı elektrik enerjisi tüketiminin tek zamanlı ya da üç zamanlı tarife grubuna abone olunması durumunda ödenecek fatura tutarları hesaplanmıştır. (Ekler Tablo A.1–Tablo A.2). Elektrik enerjisi birim fiyatları EPDK tarafından açıklanmış, sonuçlar ise (3.1) ve (3.2) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. Elektrik enerjisi birim fiyatları aynı olan aylar aynı bölümde hesaplanmıştır.

$$\text{Tek Zamanlı Fatura Bedeli} = \text{Toplam Tüketim} \times \text{Birim Fiyat} \quad (3.1)$$

$$\text{Üç Zamanlı Fatura Bedeli} = (\text{Gündüz Tüketim} \times \text{Gündüz Birim Fiyat}) + (\text{Puant Tüketim} \times \text{Puant Birim Fiyat}) + (\text{Gece Tüketim} \times \text{Gece Birim Fiyat}) \quad (3.2)$$

Kök aboneliği 2018 yılı elektrik enerjisi tüketim verileri ile hesaplanan çizelge incelendiğinde, bu aboneliğin tek zamanlı olması durumunda vergiler hariç 28000 TL daha az fatura bedeli ödeneceği görülmüştür (Ekler Tablo A.1). Kök aboneliği elektrik enerjisi tüketim verilerine göre hesaplanan çizelgede bu bölge için tek zamanlı tarifenin daha uygun olduğu belirlendikten sonra, Kök aboneliğinin 2018 yılı elektrik enerjisi tüketiminin tek terimli ya da çift terimli abone olunması durumunda ödenecek fatura bedelleri hesaplanmıştır (Ekler Tablo A.3).

Çift terimli abone olunması durumunda, dağıtım firması ile yapılan sözleşme gücüne göre bir güç bedeli ödeneceğinden, bu sözleşmelerde sözleşme gücünün çok iyi saptanması gerekmektedir. Aksi takdirde sözleşme gücünün talep gücünün altında kalması durumunda güç aşım bedeli ödenmek durumunda kalınır. Aynı şekilde sözleşme gücü büyük seçilir ve demand gücü düşük kalırsa fazladan güç bedeli ödenmek durumunda kalınır. Kök aboneliğimizin 2018 yılı aylara göre çekilen demand güçleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Kök Aboneliği 2018 Yılı Aylık Demand Güç Değerleri

Aylar	Sayaç Çarpanı	Demand Çarpanı	Demand Gücü(kW)
Ocak	3450	0.312	1076.4
Şubat	3450	0.337	1162.65
Mart	3450	0.335	1155.75
Nisan	3450	0.332	1145.4
Mayıs	3450	0.298	1028.1
Haziran	3450	0.22	759
Temmuz	3450	0.209	721.05
Ağustos	3450	0.17	586.5
Eylül	3450	0.19	655.5
Ekim	3450	0.293	1010.85
Kasım	3450	0.327	1128.15
Aralık	3450	0.351	1210.95

Kök aboneliğimizin kurulu gücü 4630 kVA, dağıtım firmasında şuan ki sözleşme gücü 2778 kW’dır. Ancak 2018 demand güçlerine bakıldığında en yüksek demand gücünün 1210 kW olduğu ve demand gücünün yaz aylarında 700 kW

seviyelerine düştüğü görülmektedir. Çift terimli abone olunması durumunda sözleşme gücüne göre güç bedeli alındığından, demand tüketime en yakın sözleşme gücü belirlenmesi en uygun faturalandırılmanın ilk şartıdır. Bununla beraber EPDK Kurul Kararına göre tüketiciler bir yıl içerisinde üç kez sözleşme gücü değiştirme hakkına sahiptir. Bu karar, demand gücünün düştüğü yaz aylarında dağıtım firması ile olan sözleşme gücü düşürülerek ödenen güç bedelinin düşürülmesine olanak sağlamaktadır. Kök aboneliği bölgesi gelişimini tamamladığı için elektrik enerjisi tüketiminde yıllar içerisinde ciddi değişiklikler görülmemektedir (bkz. Şekil 3.3). Bu nedenle Kök aboneliği çift terimli abone hesaplamasında, güç aşım bedeli ödenmemesi için 2018 yılı demand güçlerine yaklaşık %10'luk artış yapılarak kış aylarında sözleşme gücü 1300 kW, yaz aylarında 850 kW seçilmiştir. Elektrik enerjisi birim fiyatları EPDK tarafından açıklanmış, sonuçlar ise (3.3) ve (3.4) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. Elektrik enerjisi birim fiyatları aynı olan aylar aynı bölümde hesaplanmıştır.

$$\text{Tek Terimli Tek Zamanlı Fatura Bedeli} = \text{Toplam Tüketim} \times \text{Birim Fiyat} \quad (3.3)$$

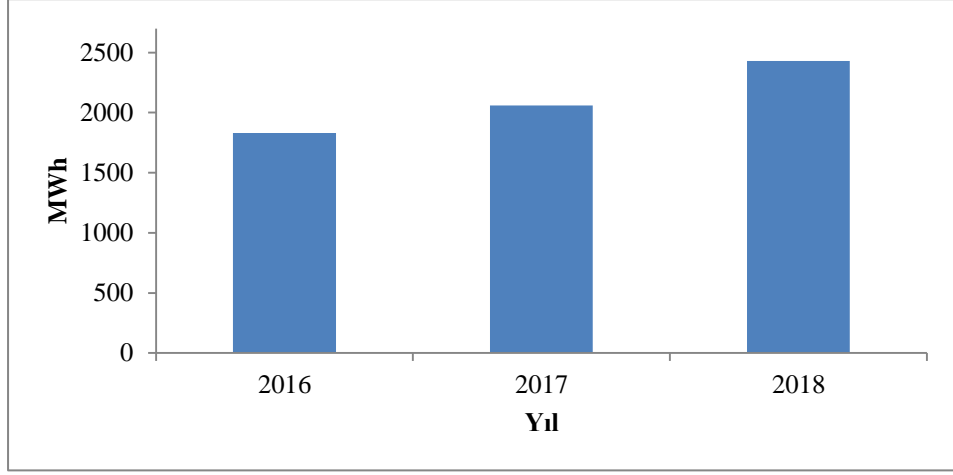
$$\text{Çift Terimli Tek Zamanlı Fatura Bedeli} = (\text{Sözleşme Gücü} \times \text{Güç Bedeli}) + (\text{Toplam Tüketim} \times \text{Birim Fiyat}) \quad (3.4)$$

Kök abonelik bölgesi 2018 yılı elektrik enerjisi tüketim verileri ile hazırlanan çizelge incelendiğinde, Kök aboneliğinin çift terimli tek zamanlı olması durumunda, tek terimli tek zamanlı olması durumuna göre, vergiler hariç 76725.58 TL daha az fatura bedeli ödeneceği görülmüştür (Ekler Tablo A.3)

Kök aboneliği için, 2018 yılı tüketimleri, EPDK birim fiyatları ve uygun sözleşme güçleri ile en uygun tarifenin çift terimli tek zamanlı olduğu görülmüştür.

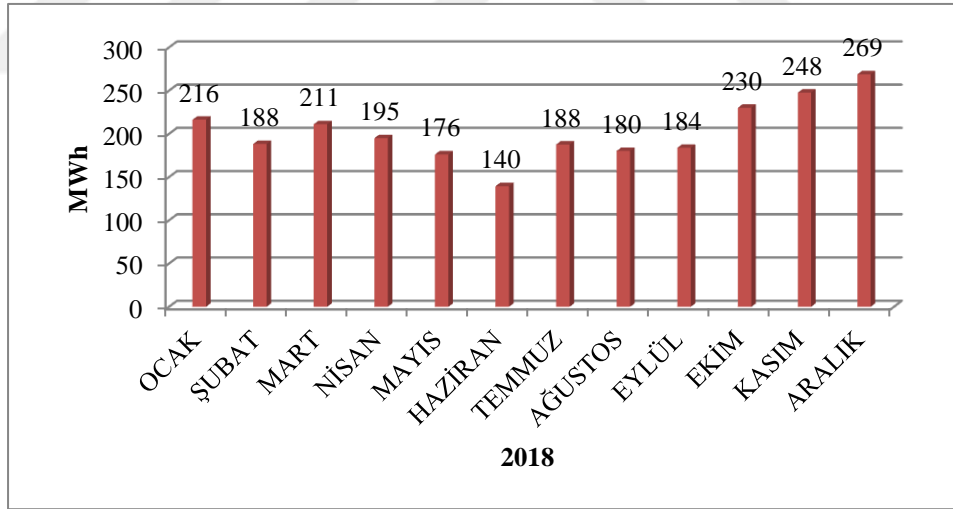
### 3.1.2 Doğu TR-3 Aboneliği İçin En Uygun Tarife Analizi

Doğu TR-3 abonelik bölgesi elektrik tüketimlerinin yıllara göre değişimi gösterilmiştir(Şekil 3.4).



**Şekil 3.4.** Doğu TR-3 Aboneliği Elektrik Enerjisi Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi

Doğu TR-3 aboneliğinin bulunduğu bölge üniversite gelişim bölgesi olduğundan yıllar arasında ciddi elektrik enerjisi tüketim artışları görülmektedir. Bu bölgede elektrik enerjisi tüketimi 2017 yılında bir önceki yıla göre %13, 2018 yılında ise bir önceki yıla göre %18 artış göstermiştir.

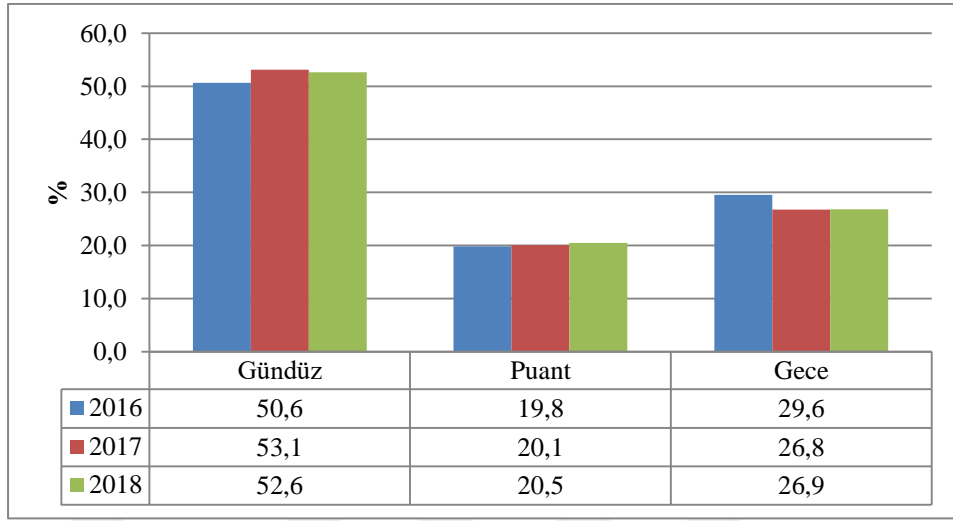


**Şekil 3.5.** Doğu TR-3 Aboneliği Elektrik Enerjisi Tüketiminin Aylara Göre Değişimi

Doğu TR-3 aboneliğinin aylara göre elektrik enerjisi tüketim değişim grafiği olan Şekil 3.5 incelendiğinde, genel olarak kış aylarında tüketimin arttığı, yaz aylarında ise tüketimin azaldığı görülmektedir. En yüksek tüketim aralık, en düşük tüketim ise haziran ayında gerçekleşmiştir. Bunun asıl sebebi kış aylarında ısınma



kaynaklı tüketimlerin artmasıdır. Yaz döneminde tüketimin azalması ise, hem ısınma kaynaklı giderlerin düşmesi, hem de eğitime ara verilmesinden kaynaklanmaktadır.



**Şekil 3.6.** Doğu TR-3 Aboneliği Elektrik Enerjisinin Saatlik Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi

Doğu TR-3 abonelik bölgesinde elektrik enerjisinin günün hangi saatlerinde tüketildiğinin son üç yıllık değişimine bakıldığında, elektrik enerjisi tüketim oranları arasında ciddi bir değişim olmadığı görülmektedir (Şekil 3.6). Doğu TR-3 aboneliği elektrik enerjisi tüketim verileri değerlendirilerek, dağıtım firmasından alınan elektrik enerjisinin hangi abonelik türü seçilmesi durumunda daha uygun olacağı hesaplanmıştır.

Doğu TR-3 aboneliğinin 2018 yılı elektrik enerjisi tüketiminin tek zamanlı ya da üç zamanlı abone olunması durumunda ödenecek fatura bedelleri hesaplanmıştır (Ekler Tablo A.4-Tablo A.5). Elektrik enerjisi birim fiyatları EPDK tarafından açıklanmış, sonuçlar ise (3.1) ve (3.2) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. Elektrik enerjisi birim fiyatları aynı olan aylar aynı bölümde hesaplanmıştır. Doğu TR-3 aboneliğinin 2018 yılı elektrik enerjisi tüketim verileri ile hazırlanan çizelge incelendiğinde, bu bölge aboneliğinin tek zamanlı olması durumunda vergiler hariç 4000 TL daha az fatura bedeli ödeneceği görülmüştür (Ekler Tablo A.4). Doğu TR-3 aboneliği için tek zamanlı tarifenin daha uygun olduğu belirlendikten sonra, bu aboneliğin 2018 yılı elektrik enerjisi tüketiminin tek terimli ya da çift terimli abone olunması durumunda ödenecek fatura bedelleri hesaplanmıştır (Ekler Tablo A.6).

Doğu TR-3 aboneliğimizin 2018 yılı aylara göre çekilen demand güçleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Doğu TR-3 Aboneliği 2018 Yılı Aylık Demand Güç Değerleri

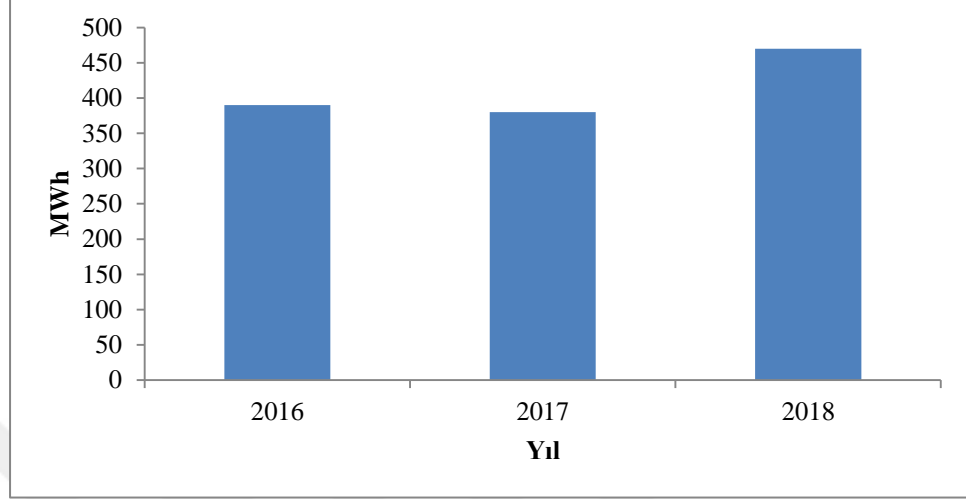
Aylar	Sayaç Çarpanı	Demand Çarpanı	Demand Gücü (kW)
Ocak	1035	0.551	570.285
Şubat	1035	0.545	564.075
Mart	1035	0.522	540.27
Nisan	1035	0.497	514.395
Mayıs	1035	0.449	464.715
Haziran	1035	0.354	366.39
Temmuz	1035	0.421	435.735
Ağustos	1035	0.421	435.735
Eylül	1035	0.425	439.875
Ekim	1035	0.513	530.955
Kasım	1035	0.59	610.65
Aralık	1035	0.679	702.765

Doğu TR-3 aboneliğimizin kurulu gücü 2250 kVA, dağıtım firmasında şuan ki sözleşme gücü 1350 kW’dır. Ancak 2018 demand güçlerine bakıldığında en yüksek demand gücünün 702 kW olduğu ve demand gücünün yaz aylarında 450 kW seviyelerinde olduğu görülmektedir. Doğu TR-3 aboneliği üniversite gelişim bölgesinde bulunduğu için elektrik enerjisi tüketiminde yıllar içerisinde ortalama %15 artış görülmektedir (bkz. Şekil 3.8). Bu nedenle Doğu TR-3 aboneliği çift terimli abone hesaplamasında, güç aşım bedeli ödememek için 2018 yılı demand güçlerine yaklaşık %20’lik artış yapılarak kış aylarında sözleşme gücü 850 kW, yaz aylarında 500 kW seçilmiştir. Sonuçlar (3.3) ve (3.4) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. Elektrik enerjisi birim fiyatları aynı olan aylar aynı bölümde hesaplanmıştır. Doğu TR-3 abonelik bölgesi 2018 yılı elektrik enerjisi tüketim verileri ile hazırlanan çizelge incelendiğinde, Doğu TR-3 aboneliğinin çift terimli tek zamanlı olması durumunda, tek terimli tek zamanlı olması durumuna göre vergiler hariç 39771.80 TL daha az fatura bedeli ödeneceği görülmüştür (Ekler Tablo A.6).

Doğu TR-3 aboneliği için, 2018 yılı elektrik enerjisi tüketimleri, EPDK birim fiyatları ve uygun sözleşme güçleri ile en uygun tarifenin çift terimli tek zamanlı olduğu görülmüştür.

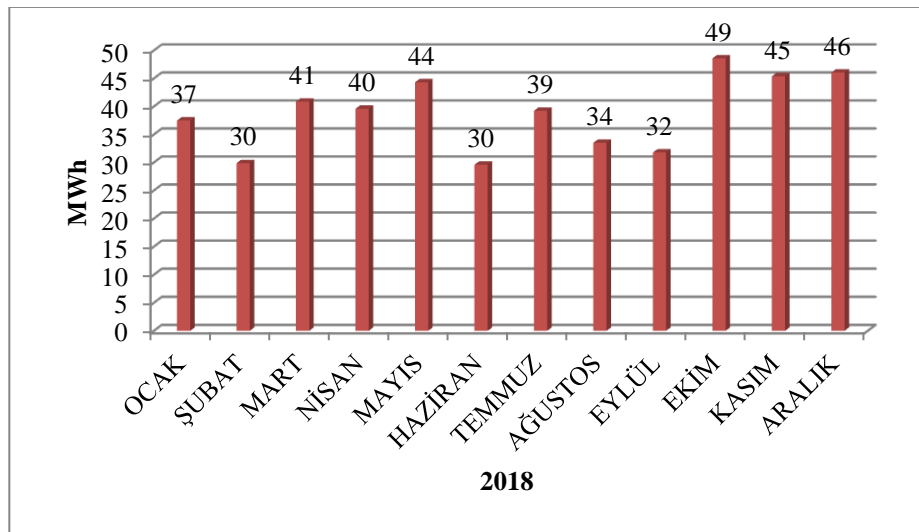
### 3.1.3 Su Pompası Aboneliği İçin En Uygun Tarife Analizi

Su Pompası abonelik bölgesi elektrik enerjisi tüketimlerinin yıllara göre değişimi Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



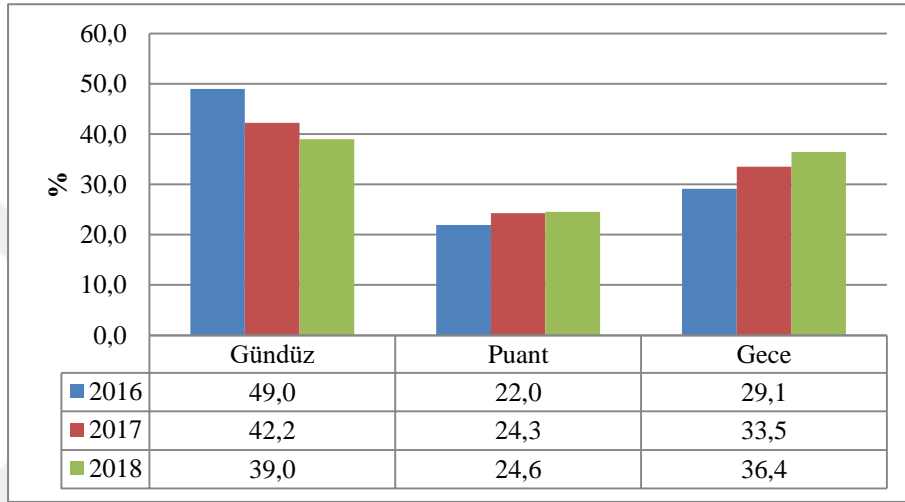
Şekil 3.7. Su Pompası Aboneliği Elektrik Enerjisi Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi

Merkez Kampüs su tüketimi artan kampüs nüfusuna ve bina sayısına bağlı olarak artmaktadır. Buna bağlı olarak Su Pompası aboneliğinin elektrik tüketimi de genel olarak artış göstermektedir. Bu aboneliğin elektrik enerjisi tüketimlerinin aylara göre değişimi Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Su Pompası Aboneliği Elektrik Enerjisi Tüketiminin Aylara Göre Değişimi

Su Pompası aboneliğinin aylara göre elektrik enerjisi tüketim değişimi incelendiğinde, su tüketim değişimine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Genel olarak eğitim dönemlerinde elektrik enerjisi tüketiminin fazla olduğu görülmektedir. Su Pompası abonelik bölgesinde elektrik enerjisinin günün hangi saatlerinde tüketildiğinin son üç yıllık değişimine bakıldığında, gündüz elektrik enerjisi tüketim oranının düştüğü, gece elektrik enerjisi tüketim oranının arttığı, puant saatlerdeki elektrik enerjisi tüketim oranları arasında ciddi bir değişim olmadığı Şekil 3.9’da görülmektedir.



**Şekil 3.9.** Su Pompası Aboneliği Elektrik Enerjisinin Saatlik Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi

Su Pompası abonelik bölgesi elektrik enerjisi tüketim verileri bir arada değerlendirildiğinde, dağıtım firmasından alınan elektrik enerjisinin hangi abonelik türü seçilmesi durumunda daha uygun olacağı hesaplanmıştır. Su Pompası aboneliğinin 2018 yılı elektrik enerjisi tüketim verilerine göre, bu aboneliğin tek zamanlı ya da üç zamanlı abone olunması durumunda ödenecek fatura bedelleri hesaplanmıştır (Ekler Tablo A.7-Tablo A.8) Elektrik enerjisi birim fiyatları EPDK tarafından açıklanmış, sonuçlar ise (3.1) ve (3.2) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. Elektrik enerjisi birim fiyatları aynı olan aylar aynı bölümde hesaplanmıştır.

Su Pompası aboneliği 2018 yılı elektrik enerjisi tüketim verilerine göre hesaplanan çizelge incelendiğinde, Su Pompası aboneliğinin tek zamanlı olması durumunda vergiler hariç 2000 TL daha az fatura bedeli ödeneceği görülmüştür (Ekler Tablo A.7). Su Pompası aboneliği için tek zamanlı tarifenin daha uygun

olduğu belirlendikten sonra, bu aboneliğin 2018 yılı elektrik enerjisi tüketimeinin tek terimli ya da çift terimli abone olunması durumunda ödenecek fatura bedelleri hesaplanmıştır (Ekler Tablo A.9). Su Pompası aboneliğinin 2018 yılı aylara göre çekilen demand güçleri verilmiştir (Çizelge 3.3).

**Çizelge 3.3.** Su Pompası Aboneliği 2018 Yılı Aylık Demand Güç Değerleri

Aylar	Sayaç Çarpanı	Demand Çarpanı	Demand Gücü(kW)
Ocak	40	1.959	78.36
Şubat	40	1.948	77.92
Mart	40	1.939	77.560
Nisan	40	1.901	76.04
Mayıs	40	1.879	75.16
Haziran	40	1.891	75.64
Temmuz	40	1.928	77.12
Ağustos	40	2.003	80.12
Eylül	40	2.031	81.24
Ekim	40	2.028	81.12
Kasım	40	2.098	83.92
Aralık	40	2.107	84.28

Su Pompası aboneliğimizin kurulu gücü 250 kVA, dağıtım firmasında şuan ki sözleşme gücü 150 kW'dır. Ancak 2018 demand güçlerine bakıldığında en yüksek demand gücünün 84.28 kW olduğu ve demand gücünün yıl boyunca ciddi değişkenlik göstermediği görülmektedir. Su Pompası aboneliği içerisinde bulunan motorların güçleri ve çekecekleri demand güçlerde ciddi değişiklikler olmayacağı öngörülmektedir. Bu nedenle Su Pompası aboneliği çift terimli abone hesaplamasında, güç aşım bedeli ödenmemesi için 2018 yılı demand güçlerine yaklaşık %10'luk artış yapılarak yıl boyunca sözleşme gücü 100 kW seçilmiştir. Sonuçlar (3.3) ve (3.4) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. Elektrik enerjisi birim fiyatları aynı olan aylar aynı bölümde hesaplanmıştır. Su Pompası aboneliği 2018 yılı elektrik enerjisi tüketim verileri ile hesaplanan çizelge incelendiğinde, bu aboneliğin çift terimli tek zamanlı olması durumunda, tek terimli tek zamanlı olması durumuna göre vergiler hariç 8647.159 TL daha az fatura bedeli ödeneceği görülmüştür (Ekler Tablo A.9).

Su Pompası aboneliği için, 2018 yılı elektrik enerji tüketimleri, EPDK birim fiyatları ve uygun sözleşme güçleri ile en uygun tarifenin çift terimli tek zamanlı olduğu görülmüştür.

BAİBÜ Merkez Kampüs elektrik enerjisi altyapısı ve enerji tüketim davranışları incelemesinde; Üniversitenin büyümesi ve gelişmesi ile beraber her geçen gün elektrik enerji tüketiminin arttığı, Merkez Kampüs bölgesinde yer alan 3 adet elektrik aboneliğinin elektrik tüketim davranışına göre en uygun elektrik aboneliği çalışması yapılarak, abone grubu değişimine bağlı yaklaşık %5'lik bir tasarruf potansiyeli görülmüştür. Merkez Kampüs bölgesinde bulunan elektrik aboneliklerinin 2018 yılı toplam elektrik tüketimi 7.27 GWh, bugün ki fiyatlar üzerinden toplam elektrik enerji faturası da yaklaşık 4.5 milyon TL'dir. Tarife değişikliğine bağlı BAİBÜ Merkez Kampüs bölgesi için yıllık 225 bin TL tasarruf edilebilecektir.

### **3.2 Merkez Kampüs Pompa Sistemlerinin Verimlilik Analizi**

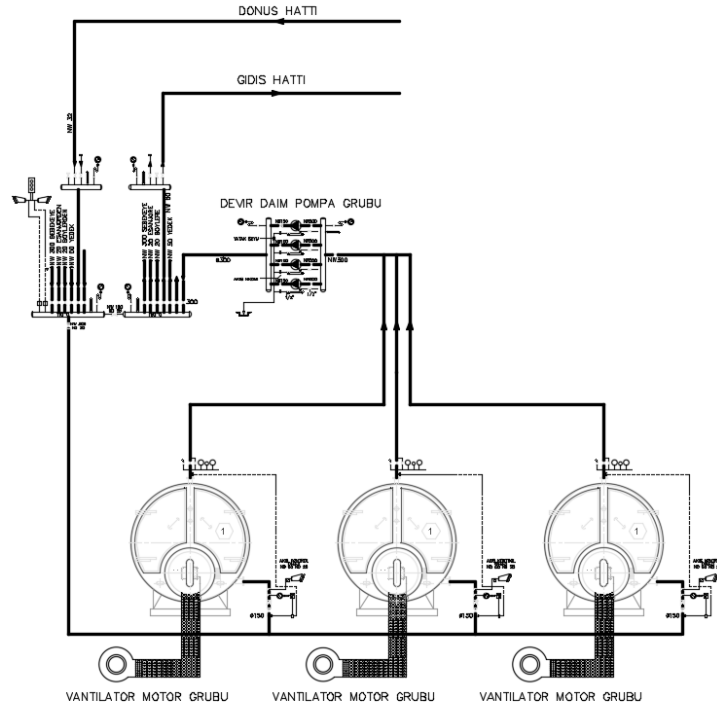
Pompa genel olarak bir elektrik motorundan aldığı mekanik enerjiyi dönüştürerek, sıkıştırılmayan akışkanlara hidrolik enerji olarak veren bir makinedir. Günümüzde sanayi ve tarım başta olmak üzere çok geniş bir alanda pompalar kullanılmaktadır. İhtiyaca yönelik farklı çeşit ve büyüklüklerde pompalar imal edilebilmektedir. Dünyada ve ülkemizde sanayinin, tarımın gelişimine bağlı olarak pompa kullanımı da artmıştır. Dünyadaki elektrikli motor enerji talebinin yaklaşık %22'sinin pompalama sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Elektrik motorları, pompalar için başlıca sürücülerdir. Pompa sistemlerinde birçok farklı elektrik motoru kullanılmaktadır. Asenkron motor, sincap kafesli motor, AC endüksiyon motorları ise pompa sistemlerinde en yaygın kullanılan elektrik motorlarıdır. Bu elektrik motorlarının yapısının basit, işletmesinin kolay, verimliliğinin yüksek, güvenilir, ucuz ve geniş güç aralıklarında üretilebilir olmalarından dolayı pompaların sürülmesinde ideal sürücüler olarak tercih edilmektedir.

Pompa sistemlerinin ömür boyu maliyetlerine bakıldığında, toplam maliyetin yaklaşık %90'ını enerji maliyeti, %5'ini ilk yatırım maliyeti, %5'ini de işletme maliyeti oluşturmaktadır. Bu veriler bizlere bir pompa sistemi kurulurken, ömür boyu maliyetin göz önünde bulundurularak en verimli sistemin kurulması gerektiğini göstermektedir. Motor verimlilik sınıfları IE1 standart, IE2 yüksek, IE3 çok yüksek, IE4 birinci sınıf verimliliği ifade etmektedir.

Merkez Kampüs bölgesinde yüksek güçlü pompa sistemleri ısı merkezinde ve su pompa istasyonlarında kullanılmaktadır. Bu bölgelerde kullanılan pompa sistemlerinin verimlilik analizleri aşağıda ayrı ayrı incelenmiştir.

### 3.2.1 Isı Merkezinde Kullanılan Pompa Sistemi Verimlilik Analizi

Isı merkezi Merkez Kampüs ilk yerleşim bölgesinde bulunmaktadır. Bu bölgede yer alan birçok fakülte binasının ısı enerji ihtiyacı bu merkezden karşılanmaktadır. Isı merkezi tek hat şeması Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Isı Merkezi Tek Hat Şeması

Isı merkezi yapıldığı tarihten sonra üniversite gelişimine bağlı enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için yüksek kapasitede tasarlanmıştır. Bu tasarıda 3 adet kazan, 3 adet kazanlara hava sağlayan fan, 4 adet devir daim pompasının yer almaktadır. Isı merkezi elektrik ve mekanik altyapısı tasarıma uygun olarak hazırlanmasına rağmen, uygulama aşamasında 2 adet kazan, 2 adet kazanlara hava sağlayan fan, 3 adet devir daim pompası yer alacak şekilde imal edilmiştir. Günümüzde ise ihtiyaca bağlı olarak 1 kazan, 1 fan, 1 devir daim pompası kış

dönemi boyunca (7 ay, 7 gün, 24 saat) çalışmaktadır. Yıllık çalışma süresi ortalama 5040 saattir. Sistem 1998 yılında devreye alınmıştır. Isı merkezinde 3 adet bulunan ancak günümüzde 1 adet kullanılan devir daim pompa motor etiket değerleri Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

WAT		TEE		TSE	CE	
3	Faz	Motor	QU 225S4A			
No		306090 GX				
37	kW	Üçgen 380 / 660 Yıldız				
cos φ	0.86	71 / 40,9		A		
50	Hz	1460		d/d		
I	Cl	F	IP	54	IC	41

**Şekil 3.11.** Isı Merkezinde Kullanılan Devir Daim Pompası Motor Etiket Değerleri

1998 yılı yapımı motor olduğu için etiket üzerinde motor verimlilik sınıfı yer almamaktadır. (3.5), (3.6), (3.7) denklemleri yardımıyla motor verimliliği hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \quad (3.5)$$

$$P = \sqrt{3} \times 380 \times 71 \times 0.86 = 40188 \text{ kW} \quad (3.6)$$

$$\eta = 37000_{kW} / 40188_{kW} = \%92 \quad (3.7)$$

Hesaplamalar sonucunda devir daim pompası motor verimliliğinin %92 ile IE2 verimlilik sınıfında olduğu belirlenmiştir. Mevcut motorun yıllık elektrik enerjisi tüketimi ve yıllık enerji maliyeti hesaplanmıştır.

$$YET = Y\dot{C}S \times MET \quad (3.8)$$

$$YEM = YET \times EBM \quad (3.9)$$

$$YET = 5040_h \times 40188_{kW} = 202547 \text{ kWh} \quad (3.10)$$

$$YEM = 202547_{kWh/Yil} \times 0.6_{TL/kWh} = 121528 \text{ TL/Yil} \quad (3.11)$$

Mevcut IE2 verimlilik sınıfına sahip devir daim pompasının yıllık elektrik enerjisi tüketimi (3.10) denklemi yardımıyla 202547 kWh olarak bulunmuştur. Güncel elektrik enerjisi birim maliyeti yaklaşık olarak 0.6 TL/kWh alınarak



pompanın yıllık ortalama enerji maliyeti (3.11) denklemi yardımıyla 121528 TL bulunmuştur. IE2 verimlilik sınıfına sahip mevcut devir daim pompasının IE3 verimlilik sınıfına sahip bir motorla değiştirilmesi sonucundaki muhtemel kazançlar ve amortisman süresi hesaplanmıştır.

$$Elektriksel\ Güç = (Mekanik\ Güç)/\eta \quad (3.12)$$

$$P = 37000_{kW}/0.94 = 39.361\ kW \quad (3.13)$$

$$YET = 5040_h \times 39361_{kW} = 198382\ kWh \quad (3.14)$$

$$YEM = 198382_{kWh/Yıl} \times 0.6_{TL/kWh} = 119029\ TL/Yıl \quad (3.15)$$

Daha yüksek verimlilik sınıfına sahip bir motorla değişmesi sonucunda yıllık enerji tüketimi %2 oranında azaltılabilecektir. Elektrik enerji tasarrufu yaklaşık 4165 kWh, enerji maliyeti tasarrufu yaklaşık 2500 TL olabilecektir. Mevcut motor teknik verilerine ve IE3 verimlilik sınıfına sahip motor maliyeti 15000 TL olduğundan amortisman süresi yaklaşık 6 yıl olacaktır.

Isı merkezindeki kazanların hava ihtiyacının karşılanması için 2 adet bulunan günümüzde ise 1 adet kullanılan vantilatör motorlarının etiket değerleri Şekil 3.12’de gösterilmiştir. 1998 yılı yapımı motor olduğu için etiket üzerinde motor verimlilik sınıfı yer almamaktadır. (3.5) denklemi yardımıyla motor verimliliği hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda vantilatör motor verimliliğinin %88 ile IE1 verimlilik sınıfında olduğu belirlenmiştir.

GAMAK					
3 Faz Motor	Type GM 160 L4				
ICL: F	JP:55	B3	S1	CE - TSE	
Volt	Hz	A	kW	Cos	d/d
Üçgen 380	50	30.5	15	0.85	1460

**Şekil 3.12.** Isı Merkezinde Kullanılan Vantilatör Motoru Etiket Değerleri

$$P = \sqrt{3} \times 380 \times 30.5 \times 0.85 = 17.063\ kW \quad (3.16)$$

$$\eta = 15.000_{kW}/17.063_{kW} = \%88 \quad (3.17)$$

Mevcut motorun yıllık elektrik enerjisi tüketimi ve yıllık enerji maliyeti (3.18), (3.19) denklemleri yardımıyla hesaplanmıştır.

$$YET = 5040_h \times 17.063_{kW} = 85997 \text{ kWh/ Yıl} \quad (3.18)$$

$$YEM = 85997_{kWh/Yıl} \times 0.6_{TL/kWh} = 51598 \text{ TL/Yıl} \quad (3.19)$$

Mevcut IE1 verimlilik sınıfına sahip vantilatör motorunun yıllık elektrik enerjisi tüketimi (3.18) denklemi yardımıyla 85997 kWh olarak bulunmuştur. Güncel elektrik enerjisi birim maliyeti yaklaşık olarak 0.6 TL/kWh alınarak vantilatör motorunun yıllık ortalama enerji maliyeti (3.19) denklemi yardımıyla 51598 TL bulunmuştur. IE1 verimlilik sınıfına sahip mevcut vantilatör motorunun IE3 verimlilik sınıfına sahip bir motorla değiştirilmesi sonucundaki muhtemel kazançlar ve amortisman süresi hesaplanmıştır.

$$P = 15.000_{kW}/0,921 = 16.286 \text{ kW} \quad (3.20)$$

$$YET = 5040_h \times 16.286_{kW} = 82084 \text{ kWh} \quad (3.21)$$

$$YEM = 82084_{kWh/Yıl} \times 0.6_{TL/kWh} = 49250 \text{ TL/Yıl} \quad (3.22)$$

Vantilatör motorunun daha yüksek verimlilik sınıfına sahip bir motorla değişmesi sonucunda yıllık enerji tüketimi %4 oranında azaltılabilecektir. Elektrik enerji tasarrufu yaklaşık 3913 kWh, enerji maliyeti tasarrufu yaklaşık 2347 TL olabilecektir. Mevcut motor teknik verilerine ve IE3 verimlilik sınıfına sahip motor maliyeti 2400 TL olduğundan amortisman süresi yaklaşık 1 yıl olacaktır.

Merkez Kampüs ısı merkezinde sıcak su kazanlarına hava sağlayan vantilatör sistemi için 2 adet 15 kW asenkron motor, sıcak suyun sistem içerisine gönderilmesine yarayan devir daim pompa sistemi için 3 adet 37 kW asenkron motor bulunmaktadır. Asenkron motorlar yıldız-üçgen yol verme yöntemi ile sürülmektedir.

Isı Merkezinde kullanılan pompa sistemlerinin enerji verimliliği incelemesinde;

Devir daim pompalarının kış dönemi boyunca tam yükte çalıştığı, pompa motorlarının IE2 verimlilik sınıfında olduğu ve motorların yıldız-üçgen yol verme ile

sürüldüğü görülmüştür. Kış döneminde tam yükte ve sabit basma yüksekliğinde çalışan bu motorların IE3 verimli motorla değiştirilmesi durumunda küçük bir oranda tasarruf elde edilebileceği, ancak geri ödeme süresinin uzun olmasından dolayı mevcut sistemin ekonomik ve teknik verimlilik açısından uygun olduğu görülmüştür. Sabit debi ihtiyacı olduğundan motor yol verme yönteminin değişmesine bağlı bir enerji tasarrufu söz konusu değildir. Fan motorlarının kış dönemi boyunca, dış hava sıcaklığına, dönüş suyu sıcaklığına vs. bağlı olarak değişken yüklerde çalıştığı, değişken enerji ihtiyacının mekanik bir sistem ile kontrol edildiği görülmüştür. Fan motoru sürekli tam yükte çalışmakta, gerektiğinde mekanik bir sistem yardımı ile vana kısılarak hava debisi ayarlanmaktadır. Değişken hava ihtiyacının olduğu, şu anda mekanik kontrolle çalışan bu vantilatör sistemi kontrol edilebilir bir elektromekanik sistem ile değiştirilirse, frekans konvertörlü yol verme kullanımına bağlı olarak enerji tasarrufları sağlanabilir.

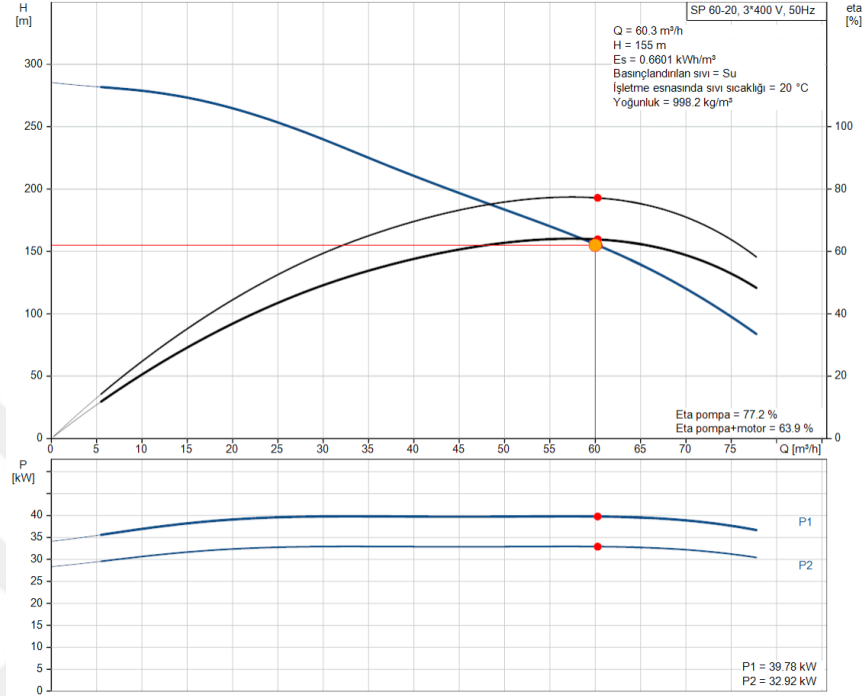
### 3.2.2 Su Pompasında Kullanılan Pompa Sistemi Verimlilik Analizi

BAİBÜ Merkez Kampüs su ihtiyacı Yumrukaya bölgesinde yer alan yeraltı sularından karşılanmaktadır. Bu bölgede yer alan su, pompa sistemi yardımıyla Merkez Kampüs bölgesinde yer alan su deposuna pompalanmaktadır. Pompa merkezi yapıldığı tarihten sonra üniversite gelişimine bağlı olarak artan su ihtiyacının karşılanabilmesi için büyük kapasitede yapılmıştır. Pompa merkezinde 3 adet 37 kW dalgıç pompa bulunmaktadır. Günümüzde ihtiyaca bağlı olarak 2 adet dalgıç pompa kullanılmaktadır. Pompa merkezinin Şekil 3.7'deki üç yıllık elektrik enerjisi tüketimi incelendiğinde, 2016 yılında 385209 kWh, 2017 yılında 381202 kWh, 2018 yılında 466143 kWh elektrik enerjisi tüketilmiştir. Merkez kampüsünün her geçen yıl büyümesi ile su ihtiyacı artmaktadır. 2018 yılı elektrik enerjisi tüketimine göre pompaların yıllık çalışma süreleri (3.23) ve (3.24) denklemleri yardımıyla bulunmuştur.

$$P_{pompa} = 39.78_{kW} \quad (3.23)$$

$$h = (466143_{kWh}/39.78_{kW})/2 = 5859 \quad (3.24)$$

Pompa merkezindeki pompaların ortalama yıllık çalışma süresi 5859 saat olarak hesaplanmıştır. Su kuyuları ile su deposu arasındaki mesafe 2300 m, kod farkı ise 130 m'dir. Merkez kampüsü günlük su ihtiyacı yaklaşık 2000 m<sup>3</sup>'tür.



**Şekil 3.13.** Grundfos SP 60-20 Dalgıç Pompa Performans ve Motor Çalışma Eğrileri

2300 m'lik boru hattı yaklaşık 23 m'lik kod farkı etkisi oluşturmaktadır. Bütün veriler incelendiğinde pompa basma yüksekliği en az 155 m seçilmelidir. Su pompa merkezinde 3 adet 37 kW, 155 m basma yüksekliğine, 60 m<sup>3</sup>/h debiye sahip Grundfos SP-60-20 modelinde dalgıç pompa bulunmaktadır. Bu motorlardan 2 tanesi günümüzde kullanılmaktadır. Kullanılan dalgıç pompaların performans ve motor eğrileri Şekil 3.13'te gösterilmiştir. Su pompa sisteminde kullanılan motorların 60 m<sup>3</sup>/h debi ve 155 m basma yüksekliğindeki elektrik tüketim değeri 39.78 kW olarak üretici firma tarafından verilmiştir.

Üniversite işletme şartlarına uygun, farklı debi değerlerine sahip, farklı güçlerdeki dalgıç pompaların kullanılması durumunda, toplam su ihtiyacının karşılanması için gerekli olan çalışma süresi ve pompaların yıllık enerji tüketim değerleri Çizelge 3.4'de karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 3.4.** Farklı Debi Değerlerine Sahip Dalgıç Pompa Karşılaştırması

Dalgıç Pompa Karşılaştırma			
	SP 60-18	SP 60-20	SP 60-22
Yıllık Su Miktarı (m <sup>3</sup> )	703080	703080	703080
Pompa Debisi (m <sup>3</sup> /h)	55 x 2	60 x 2	65 x 2
Yıllık Çalışma Süresi (h)	6391	5859	5408
Basma Yüksekliği (m)	155	155	155
Elektrik Enerjisi Tüketimi (kW)	36.21 x 2	39.78 x 2	43.45 x 2
Yıllık Elek. Enerjisi Tüketimi (kWh)	462882	466144	469980

Farklı debi, çalışma süresi ve yıllık elektrik enerjisi tüketimleri karşılaştırıldığında, 55 m<sup>3</sup>/h debi değerine sahip pompanın yıllık elektrik enerjisi tüketimin çok az bir oranda düşük olduğu görülmektedir. Bütün veriler birlikte değerlendirildiğinde ideal bir pompa seçimi yapıldığı görülmektedir. Pompa merkezindeki dalgıç pompalar direk şebekeye bağlı olarak çalışmaktadırlar.

Su Pompasında kullanılan pompaların enerji verimliliği incelemesinde; Pompa motorlarının IE2 verimlilik sınıfında olduğu ve direk yol verme ile sürüldüğü görülmüştür. Tam yükte ve sabit basma yüksekliğinde çalışan bu motorların daha verimli motorla değiştirilmesi durumunda küçük bir oranda tasarruf elde edilebileceği, ancak geri ödeme süresinin uzun olmasından dolayı mevcut sistemin ekonomik ve teknik verimlilik açısından uygun olduğu görülmüştür. Sabit basma yüksekliği ve debi ihtiyacı olduğundan motor yol verme yönteminin değişmesine bağlı bir tasarruf söz konusu değildir. Ancak yol verme yöntemi değiştirilerek ilerde muhtemel çıkabilecek elektriksel ve mekanik sorunların önüne geçilebilir.

### **3.3 Merkez Kampüs Dış Aydınlatma Sistemlerinin Verimlilik Analizi**

Aydınlatma, genel olarak çevrenin ve nesnelerin gereği gibi görülebilmesini sağlamak amacıyla yapılan ışık uygulaması olarak tanımlanır. İnsanlar yaşamları boyunca aydınlatmaya ihtiyaç duymuşlardır. Tarihte ilkel yollar ile başlayan aydınlatma, teknolojinin gelişimine bağlı olarak ciddi bir gelişim göstermiştir. Yakın

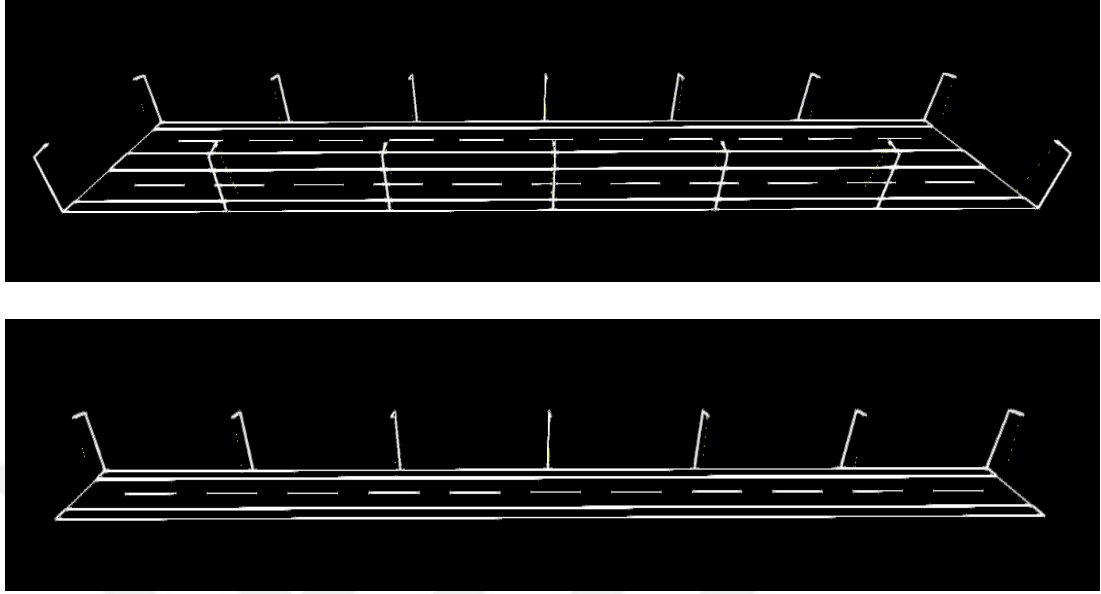
geçmişte akkor flamanlı ampüller yaygın olarak kullanılırken, günümüzde floresan ve LED armatürler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Aydınlatma, ışık kökeni bakımından doğal ve yapay aydınlatma, aydınlatılan yere göre iç ve dış aydınlatma, aydınlatma amacına göre fizyolojik, dekoratif, dekoratif fizyolojik ve dikkat çeken aydınlatma olarak gruplara ayrılır. Aydınlatma sistem tasarımlarında, aydınlık düzeyi, ışık rengi, aydınlık düzeyinin dağılımı, renksel geri verim, enerji maliyetleri ve sistem ömrü göz önünde bulundurulur. Standartlara uygun, doğru aydınlatma yapıldığında; gözün görme yeteneği artar, göz sağlığı korunur, görsel performans artışına bağlı, yapılan işin verimi yükselir ve iş kazaları azalır.

Geçmiş yıllarda yapılmış olan yol aydınlatma sistemlerinde civa buharlı lambalar yoğun olarak kullanılmaktadır. Günümüzde ise TEDAŞ'ın şartnamelerinde civa buharlı lamba kullanımı yasaklanmıştır. Teknolojinin gelişimine bağlı olarak aydınlatma sistemlerinde de daha yüksek ışık etkinliğine sahip ve daha uzun ömürlü ürünler geliştirilmektedir. Yol Aydınlatması İle İlgili Teknik Bilgiler EK B başlığı altında verilmiştir. Tablo B.1'de Farklı Yol Tipleri İçin Aydınlatma Sınıfları, Tablo B.2'de Değişik Aydınlatma Sınıflarına Uygulanacak Yol Aydınlatması Kriterleri, gösterilmiştir. Tablo B.3'de Yaya Alanlarındaki Değişik Yol Tipleri İçin Ortalama Aydınlık Düzeyi Değerleri gösterilmiştir.

Enerji maliyetlerinin artması ve çevresel etkiler aydınlatmada daha verimli ışık kaynaklarının kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu kapsamda BAİBÜ dış aydınlatma sistemlerinin yeni nesil LED aydınlatma sistemleri ile değiştirilmesi durumunda elde edilecek kazançlar hesaplanmıştır. DIALÜX programı kullanılarak EK B'de yer alan ve EN 13201 Yol Aydınlatma standardına göre hazırlanan Yol Aydınlatması ile İlgili Teknik Bilgiler kapsamında Merkez Kampüs dış aydınlatma sistemi tasarlanmıştır. BAİBÜ Merkez Kampüs dış aydınlatma sistemlerinde genel olarak alçak basınçlı sodyum buharlı ve yüksek basınçlı sodyum buharlı aydınlatma kullanılmaktadır. EK B başlığı altında yer alan Yol Aydınlatması İle İlgili Teknik Bilgilere göre Merkez Kampüs bölgesi M3 aydınlatma sınıfına girmektedir. Bu aydınlatma sınıfında en az ortalama parıltı 0.1 (cd/m), ortalama düzgünlük 0.4, boyuna düzgünlük 0.5 ve ortalama aydınlık düzeyi 7.5 lüx olmalıdır. Merkez

Kampüs park, bahçe ve yol aydınlatmalarında 273 adet alçak basınçlı sodyum buharlı lamba, 70 adet yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba kullanılmaktadır.



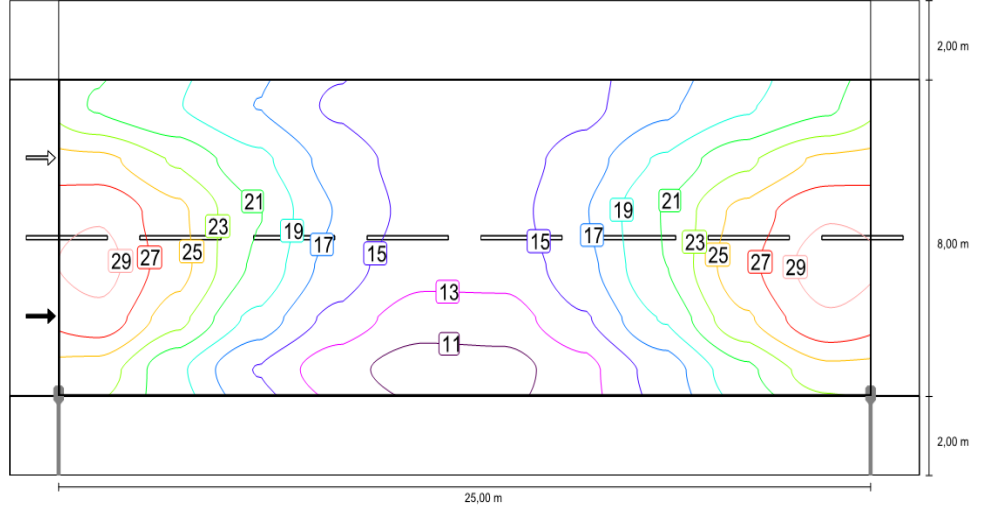
**Şekil 3.14.** Merkez Kampüs Yol ve Direk Yerleşim Planları

Merkez Kampüs içerisinde 8 m çift şeritli ve 16 m dört şeritli yollar bulunmaktadır. Mevcut dış aydınlatma sisteminde 8 m direk yüksekliği, 2 m direk kol açıklığı, 25 m direkler arası mesafe bulunmaktadır. Mevcut direkler sabit kalmak şartıyla sadece armatür değişimi yapılarak verimlilik analizi yapılmıştır. Merkez Kampüs mevcut dış aydınlatma sisteminde kullanılan alçak ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lamlar yerine, 103 W gücünde LED dış aydınlatma armatürü kullanılarak DIALÜX programı üzerinde hesaplamalar yapılmıştır.

**Çizelge 3.5.** M3 Yol Sınıfı Aydınlatma Sınır Değerleri ve Merkez Kampüs Aydınlatma Hesap Sonuçları

$L_m[\text{cd}/\text{m}^2] > 1$	$U_o > 0.4$	$U_I > 0.6$	$TI[\%] < 15$	EIR
1.01	0.65	0.84	7	0.45

M3 yol sınıfında yer alan Merkez Kampüs içi yolları için gerekli olan aydınlatma şartları sağlandığı Çizelge 3.5’de görülmüştür. M3 yol sınıfında yer alan Merkez Kampüs içi yolları için gerekli olan aydınlatma şartları sağlandığı Şekil 3.15’de görülmüştür.



**Şekil 3.15.** Aydınlatma Hesap Sonuçları

Merkez Kampüs dış aydınlatma sistemlerinde kullanılan lambaların teknik özellikleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

**Çizelge 3.6.** Merkez Kampüs Dış Aydınlatma Sistemlerinde Kullanılan Lambaların Teknik Özellikleri

Lamba Tipi	Lamba Gücü (W)	Balast Kaybı (W)	Işık Akısı (lm)	Etkinlik Faktörü (lm/W)	Ömür (Saat)	Yıllık Ortalama Enerji Tüketimi (kWh/Adet)
Alçak Basınçlı Sodyum Buharlı Aydınlatma	90	32	13600	150	18000	488
Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Aydınlatma	150	15	18000	117	32000	660
LED Aydınlatma	103	---	11211	108	60000	412

Merkez Kampüs mevcut aydınlatma sistemi yıllık elektrik enerji tüketimi ve enerji maliyeti hesaplanmıştır. Yıllık ortalama dış aydınlatma sisteminin çalışma süresi 4000 saattir. Saatte 122 W enerji harcayan 273 adet alçak basınçlı sodyum buharlı lamba ve saatte 165 W enerji harcayan 70 adet yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın yıllık elektrik enerjisi tüketimi;

$$YET_{absb} = (122_W \times 273 \times 4000_h) = 133224 \text{ kWh/Yıl} \quad (3.25)$$

$$YET_{ybsb} = (165_W \times 70 \times 4000_h) = 46200 \text{ kWh/Yıl} \quad (3.26)$$



$$YET_{top} = (179425)_{kWh/Yil} \times 0.6_{TL/kWh} = 107654 TL/Yil \quad (3.27)$$

Yukarıdaki (3.25), (3.26) ve (3.27) denklemleri yardımıyla mevcut Merkez Kampüs aydınlatma sisteminin yıllık elektrik enerjisi tüketimi yaklaşık 179424 kWh, yıllık elektrik enerji maliyeti yaklaşık 107654 TL hesaplanmıştır. Merkez Kampüs mevcut aydınlatma sisteminde kullanılan alçak ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar yerine 103W gücünde LED armatürlerle değişmesi durumunda yıllık elektrik enerji tüketimi ve elektrik enerji maliyeti hesaplanmıştır.

$$YET_{led} = (103_W \times 343 \times 4000_h) = 141316 kWh/Yil \quad (3.28)$$

$$YEM_{top} = (141316_{kWh} \times 0.6_{TL/kWh}) = 84789 TL/Yil \quad (3.29)$$

Yukarıdaki (3.28) ve (3.29) denklemleri yardımıyla Merkez Kampüs aydınlatma sisteminde kullanılan alçak ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların LED armatürlerle değişmesi durumunda yıllık elektrik enerji tüketimi ve maliyeti yaklaşık %22 oranında azalmıştır. Bugün ki elektrik enerjisi birim fiyatları üzerinden yıllık tasarruf tutarı 22865 TL'dir. İlk yatırım tutarı;

$$TYB = 343 \times 800_{TL} = 274400 TL \quad (3.30)$$

Merkez Kampüs mevcut aydınlatma sisteminde kullanılan lamba ömürlerinin LED'e göre düşük olması, lamba dışında balast, ateşleyici gibi ilave ekipmanlara ihtiyaç duyulması, ülkemizde ki elektrik enerji maliyetlerinin yıllık ortalama %15 civarında artış göstermesi, çıkacak lambaların hurda değerleri göz önünde bulundurularak geri ödeme süresi yaklaşık 5 yıl bulunmuştur. Bununla birlikte özellikle alçak basınçlı sodyum buharlı armatürün yedek parçalarının bulunmaması nedeniyle kampüs bölgesindeki dış aydınlatma armatürlerinin değişmesi gerektiği görülmüştür.

Aydınlatma sistem tasarımlarında enerji verimliliğinin ve enerji kalitesinin bir arada değerlendirilmesi gerekir. Ogunjuyigbe ve arkadaşları (2017) farklı aydınlatma teknolojilerinin elektrik dağıtım sistemleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırmada aydınlatma teknolojilerinin enerji verimliliği ve enerji kalitesine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada LED aydınlatma sistemlerinin yarı iletken teknolojisini kullandıkları için enerji kalitesi üzerinde ciddi bozucu etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Günümüzde çok sayıda LED aydınlatma sistemleri üreticisi

bulunmaktadır. Kalitesiz LED sürücü kullanan birçok firma bulunmaktadır. LED aydınlatma sistemleri iyi bir tasarıma, uygun LED çiplerine ve kaliteli bir sürücüye sahip olmazsa ciddi enerji kalite problemlerine sebep olabilir.

BAİBÜ Merkez Kampüs dış aydınlatma sistemlerinin enerji verimliliği incelemesinde; dış aydınlatma sistemlerinde kullanılan alçak ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar yerine daha uzun ömürlü ve daha az enerji tüketen LED aydınlatmaya geçiş hesabı DIALÜX aydınlatma programı üzerinden yapılmıştır. Aydınlatma yönetmeliklerinin sınır değerleri göz önünde bulundurularak yapılan aydınlatma hesabında, mevcut aydınlatma armatürlerinden daha düşük güçlü LED aydınlatma armatürleri seçilerek yıllık %22 oranında bir elektrik enerjisi tasarrufu yapılabileceği hesaplanmıştır. Ancak LED aydınlatma sistemlerinin yarı iletken teknolojisi kullanımına bağlı enerji kalite problemlerine sebep olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Aydınlatma sistem tasarım ve uygulamalarında enerji verimliliği ve enerji kalitesinin bir arada düşünülerek optimum faydayı sağlayacak sistemler kurulmalıdır.

## 4. BAİBÜ MERKEZ KAMPÜS ELEKTRİK ENERJİ KALİTESİ

Elektrik enerjisinin her geçen gün daha fazla önem kazandığı, enerjiye bağlılığının arttığı, çok farklı karakterde cihazların aynı şebekeden beslendiği günümüzde, bu gelişimlere bağlı olarak enerji kalite problemleri ortaya çıkmıştır. Elektrik enerji sistemlerinde enerji verimliliğinin ve enerji kalitesinin değerlendirilebilmesi için enerji sisteminin gözlem altında olması gerekmektedir. Ölçülmeyen, izlenmeyen ve kayıt altına alınmayan veriler denetlenemez, kontrol altına alınamaz ve muhtemel problemlere karşı çözüm yolları geliştirilemez.

BAİBÜ Merkez Kampüs bölgesinin enerji kalitesinin incelendiği bu bölümde ise Doğu TR-3 trafo merkezinden beslenen Mühendislik Fakülte binasında karşılaşılan yüksek nötr-toprak gerilim problemi ve kampüs bölgesi trafo merkezlerinde bulunan kompanzasyon sistemleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmiş, enerji kalite problemleri tespit edilmiş ve çözüm yolları sunulmuştur.

Mühendislik Fakülte binası enerji kalite probleminin nedenlerini bulabilmek için fakülte binasının enerji aldığı Doğu TR-3 trafo merkezinde ve Mühendislik Fakülte binası enerji ana dağıtım panosunda enerji kalite ölçümleri yapılmıştır. Enerji kalite ölçümlerinde frekans, gerilim genliği, güç faktörü, faz yüklenmeleri, gerilim dengesizlikleri, akım harmonikleri ve gerilim harmonikleri gibi parametreler ölçülmüştür. Bir hafta süren enerji kalite ölçümlerde ilgili parametrelerin 10'ar saniyelik ortalama değerleri alınmıştır. Ölçümlerde iki adet Fluke 435-II Güç Kalitesi ve Enerji Analizörü kullanılmıştır.

Dünyada enerji kalite konusunda EN 50160 standart kabul edilmektedir. Ülkemiz de bu standardı Türkçeleştirerek aynen kabul etmiştir. Doğu TR-3 trafo merkezinde ve Mühendislik Fakülte binası enerji ana dağıtım panosunda eş zamanlı olarak yapılan enerji kalite ölçümleri TS EN 50160 standardına göre değerlendirilmiştir.

## **4.1 TS EN 50160 Enerji Kalite Standardı**

### **4.1.1 Frekans**

Elektrik enerjisinin gerilim frekansı açısından kaliteli olarak değerlendirilebilmesi için, TS EN 50160 standardına göre enterkonnekte sisteme bağlı sistemlerin besleme gerilimi anma frekansının normal çalışma şartları altında 1 yıl boyunca ölçülen ve 10 saniyelik ortalama değerlerinin %99.5'i, şebeke frekansı 50 Hz'in  $\pm$  %1 (49.5 Hz-50.5 Hz) aralığında olmalıdır.

### **4.1.2 Gerilim Genliği**

Elektrik enerjisinin gerilim genliği açısından kaliteli olarak değerlendirilebilmesi için, enterkonnekte sisteme bağlı sistemlerin besleme gerilim genliğinin normal çalışma şartları altında 1 hafta boyunca ölçülen ve 10 dakikalık ortalama değerlerinin %95'i, şebeke gerilim genliğinin  $\pm$  %10, tamamının +%10,-%15 aralığında olması gerekmektedir.

### **4.1.3 Gerilim Dengesizliği**

TS EN 50160 standardına göre elektrik enerjisinin dengeli bir gerilim olarak değerlendirilebilmesi için, besleme gerilimi negatif faz sıralı bileşeninin 1 hafta boyunca ölçülen ve 10 dakikalık ortalama değerlerinin %95'i, pozitif faz sıralı bileşeninin %2'sini aşmamalıdır.

### **4.1.4 Gerilim ve Akım Harmoniği**

Elektrik enerjisi besleme gerilimi dalga şeklinin kaliteli olarak değerlendirilebilmesi için, 1 hafta boyunca ölçülen harmonik gerilimlerinin 10 dakikalık ortalama değerlerinin %95'i Çizelge 4.1'deki değerlere eşit ya da daha az, akım dalga şeklinin kaliteli olarak değerlendirilebilmesi için, ölçüm periyodu boyunca ölçülen her bir akım harmoniğinin etkin değerinin Çizelge 4.2'deki değerlerden küçük veya bu değerlere eşit olmalıdır.

**Çizelge 4.1.** Gerilim Harmonik Sınır Değerleri

Tek Harmonikler				Çift Harmonikler	
3'ün katları olmayan		3'ün katları olan			
Derece	Bağlı Genlik	Derece	Bağlı Genlik	Derece	Bağlı Genlik
5	6%	3	5%	2	2%
7	5%	9	1.5%	4	1%
11	3.5%	15	0.5%	6.8.10...24	0.5%
13	3.0%	21	0.5%		
17	2.0%				
19	1.5%				
23	1.5%				
25	1.5%				

**Çizelge 4.2.** Akım Harmonik Sınır Değerleri

Ik/IL						
Grup	No	<20	20-50	50-100	100-1000	>1000
Tek Harmonikler	h<11	4	7	10	12	15
	11<h<17	2	3.5	4.5	5.5	7
	17<h<23	1.5	2.5	4	5	6
	23<h<35	0.6	1	1.5	2	2.5
	h>35	0.3	0.5	0.7	1	1.4
Çift harmonikler kendinden önceki tek harmoniğin 0.25 katı ile sınırlıdır.						
THD <sub>1</sub> (%)		5	8	12	15	20

#### **4.2 Mühendislik Fakülte Binasında Karşılaşılan Enerji Kalite Probleminin İncelenmesi**

BAİBÜ Merkez Kampüsünde yer alan ve Doğu TR-3 trafo merkezinden beslenen Mühendislik Fakülte binasında nötr-toprak gerilimi farklı zamanlarda yapılan ölçümlerde 2-2.5 volt arasında ölçülmüştür. Mühendislik Fakülte binasında karşılaşılan yüksek nötr-toprak geriliminin nedenlerini bulabilmek için Mühendislik Fakülte binası ana panosunda ve Mühendislik Fakülte binasının enerji aldığı Doğu TR-3 trafo merkezinde Fluke 435-II Güç Kalitesi ve Enerji Analizörü ile enerji kalite ölçümleri yapılmıştır. Enerji kalite ölçümlerinde elde edilen veriler TS EN 50160 standardı çerçevesinde değerlendirilerek, yüksek nötr-toprak geriliminin sebepleri tespit edilmiş ve enerji kalite probleminin çözüm yolları sunulmuştur.

#### 4.2.1 Doğu TR-3 Trafo Merkezi Enerji Kalite Analizi

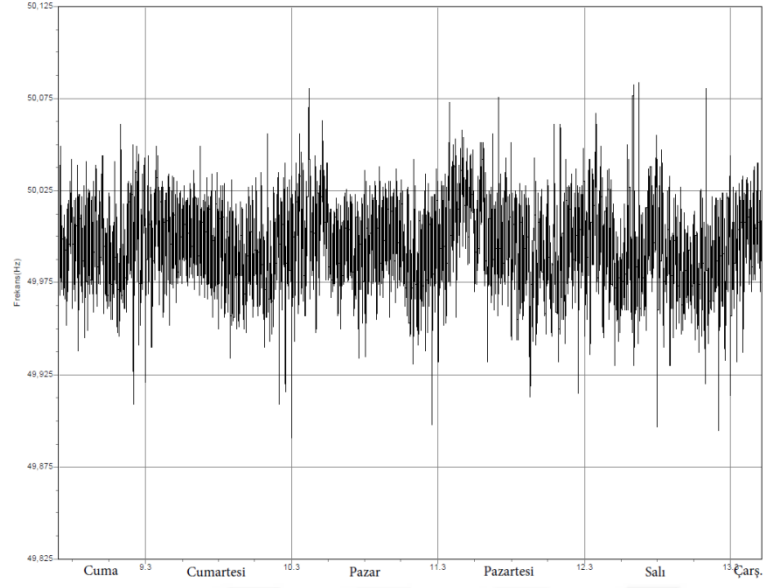
Mühendislik Fakülte binası 450 m uzaklıktaki Doğu TR-3 trafo merkezinden 3x(3x120/70) NYY kablo ile enerji almaktadır. Mühendislik Fakülte binasının enerji aldığı Doğu TR-3 trafo merkezindeki enerji kalitesinin belirlenebilmesi için Fluke 435-II Güç Kalitesi ve Enerji Analizörü ile bir haftalık ölçümler alınmıştır. Ölçümler Doğu TR-3 trafo merkezi AG ana dağıtım panosu ortak barasından alınmıştır. Doğu TR-3 trafo merkezi enerji kalite ölçümüne ait fotoğraf Şekil 4.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Enerji Kalite Ölçümü

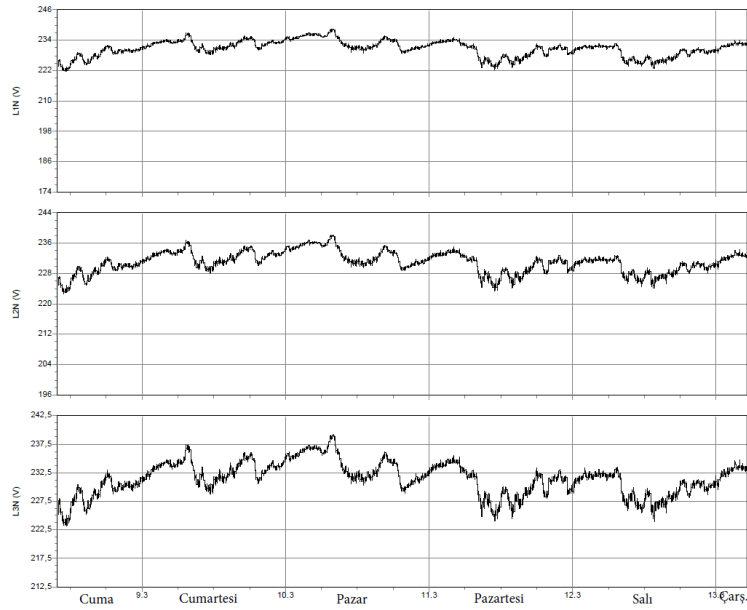
Doğu TR-3 trafo merkezindeki bir haftalık enerji kalite ölçüm verileri TS EN 50160 standardı çerçevesinde aşağıda detaylıca incelenmiştir. Grafiklerde x eksenini ölçümün yapıldığı tarihleri, y eksenini ölçüm parametrelerini göstermektedir.

Doğu TR-3 trafo merkezi gerilim frekansı değişim grafiği Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bir haftalık ölçüm süresi boyunca Doğu TR-3 trafo merkezi gerilim frekansının 49.89 Hz ile 50.08 Hz arasında değiştiğini ve bu değişim aralığının TS EN 50160 Standardına göre +%1, -%1 (49.5 Hz-50.5 Hz) kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.



**Şekil 4.2.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi Gerilim Frekansı Değişim Grafiği

Doğu TR-3 trafo merkezi gerilim genlik değerlerinin değişim grafikleri Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

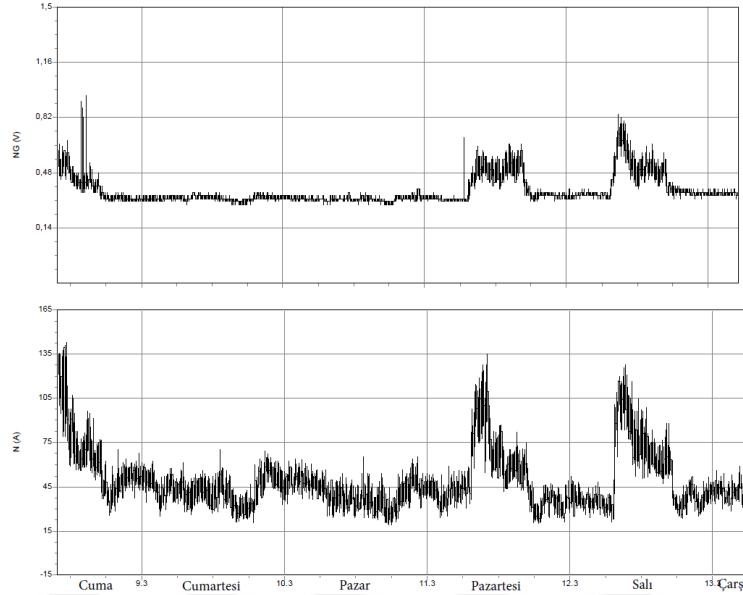


**Şekil 4.3.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi Gerilim Genliklerinin Değişim Grafiği

Bir haftalık ölçüm süresi boyunca, faz gerilimlerinin genlik değerlerinin 221 Volt ile 239 Volt arasında değiştiğini ve bu değişim aralığının TS EN 50160

Standardına göre +% 10, -% 10 (207Volt-253Volt) kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

Doğu TR-3 trafo merkezi nötr-toprak gerilimi ve nötr akımı değişim grafikleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

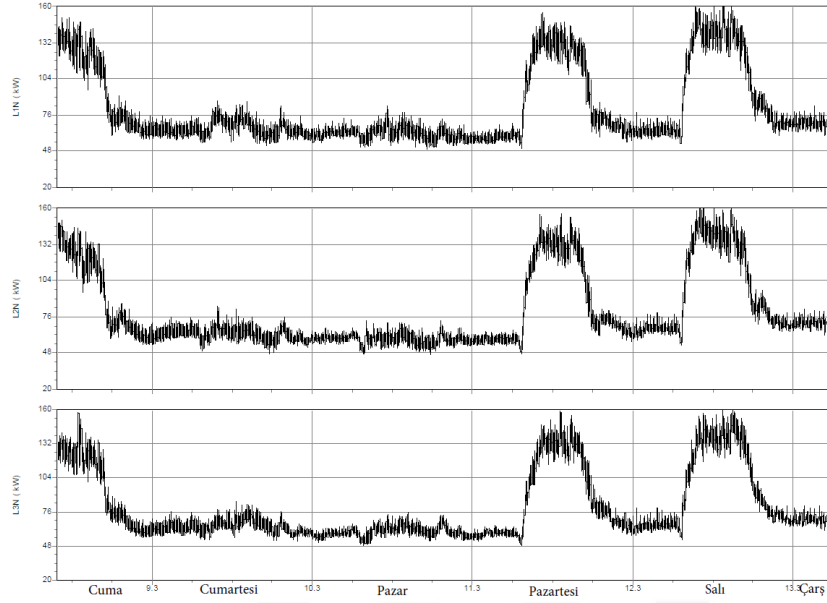


**Şekil 4.4.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi Nötr-Toprak Gerilimi ve Nötr Akımı Değişim Grafiği

Doğu TR-3 trafo merkezi nötr akımının fazların yüklenme durumuna bağlı olarak 25 amper ile 130 amper arasında değiştiği görülmüştür. Faz yüklenmelerinin azaldığı hafta sonları ve akşam saatlerinde nötr akımının 25 amperler seviyesinde olduğu, faz yüklenmelerinin arttığı mesai saatlerinde ise nötr akımının 130 amperler seviyesinde olduğu görülmüştür. Doğu TR-3 trafo merkezi nötr toprak geriliminin de nötr akım değişimine bağlı olarak 0.3 Volt ile 0.8 Volt arasında değiştiği görülmüştür.

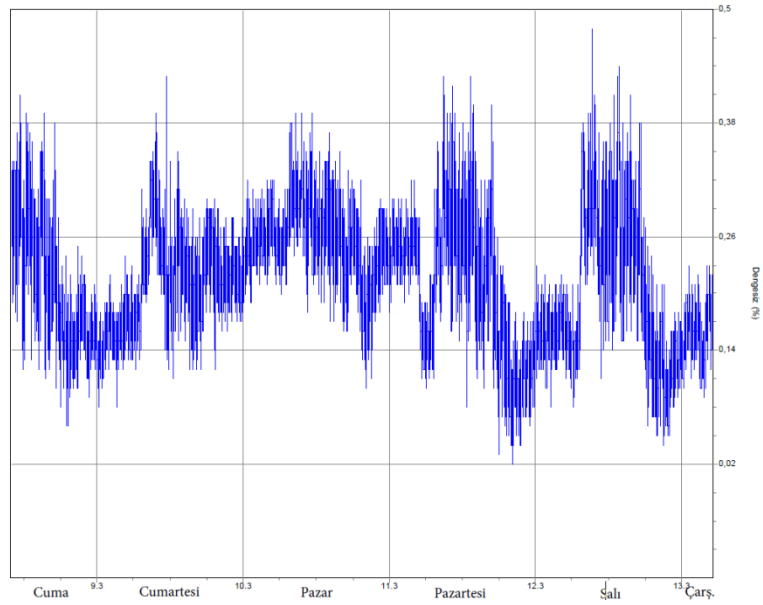
Doğu TR-3 trafo merkezi faz yüklenmelerinin değişim grafikleri Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Bir haftalık ölçüm süresi boyunca fazların dengeli bir şekilde yüklendiği, buna bağlı olarak fazların gerilim genlik değerlerinin de dengeli olduğu görülmüştür.





**Şekil 4.5.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi Faz Yüklenmeleri Değişim Grafiği

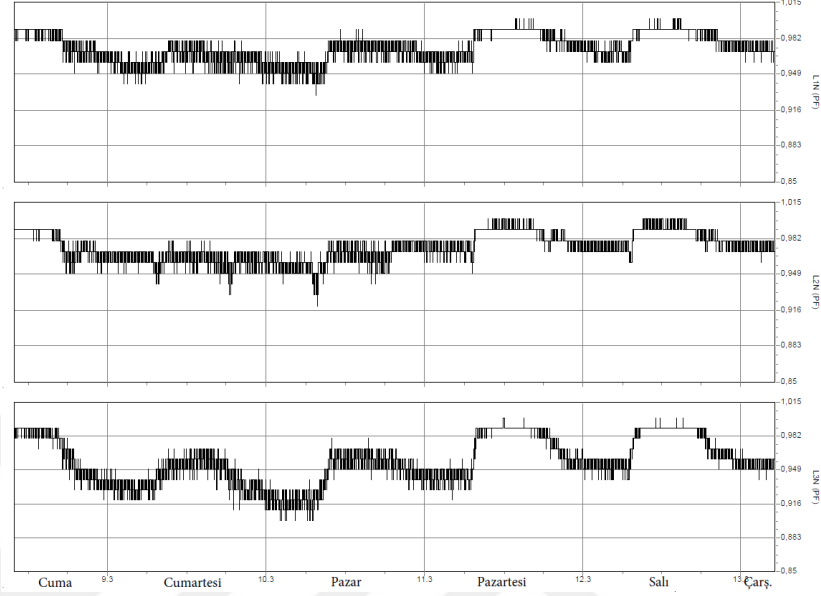
Doğu TR-3 trafo merkezi gerilim dengesizliğinin değişim grafiği Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.6.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi Gerilim Dengesizliği Grafiği

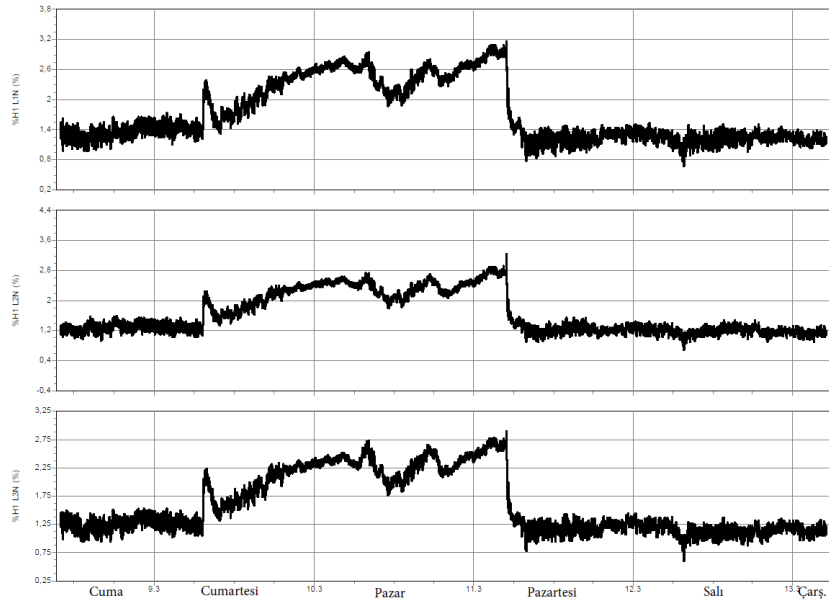
Fazların gerilim genlik değerlerinin dengeli olmasına bağlı olarak gerilim dengesizliğinin %0.02 ile %0.48 arasında değiştiğini ve bu değişim aralığının TS EN 50160 Standardına göre %2'yi aşmadığı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

Doğu TR-3 trafo merkezi güç faktörünün değişim grafiği Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Bir haftalık ölçüm süresi boyunca güç faktörünün 0.95 ile 0.99 arasında değiştiği görülmüştür.



Şekil 4.7. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Güç Faktörü Değişim Grafiği

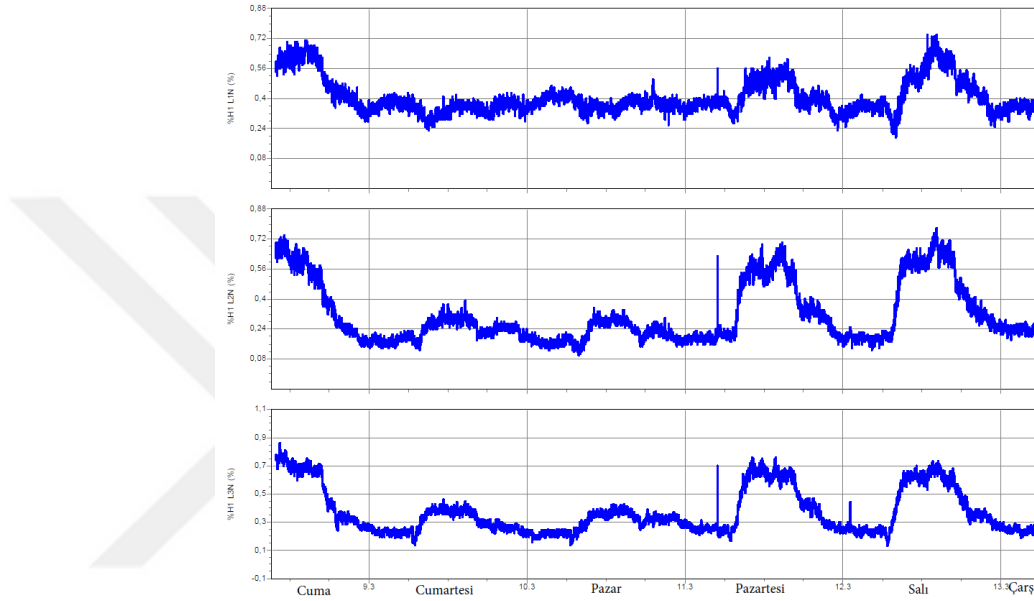
Doğu TR-3 trafo merkezi faz gerilimlerinin toplam harmonik bozulma (THDv) değişimleri grafiği Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Doğu TR-3 Trafo Merkezi Faz Gerilimlerinin THDv Değişim Grafiği

Bir haftalık ölçüm süresi boyunca ortalama THDv değerleri L1 fazı için %1.742, L2 fazı için %1.656, L3 fazı için %1.613 ölçülmüş ve bu ölçümlerin TS EN 50160 Standardına göre %5'yi aşmadığı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

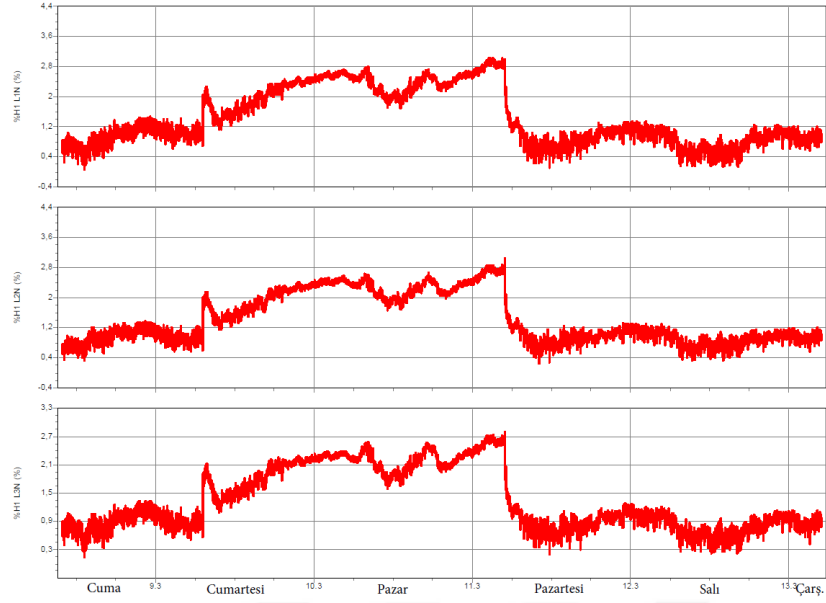
Doğu TR-3 trafo merkezi 3. gerilim harmoniği değişim grafikleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.9.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi 3. Gerilim Harmonikleri Değişim Grafiği

Bir haftalık ölçüm süresi boyunca ortalama 3. gerilim harmonik değerleri L1 fazı için %0.406, L2 fazı için %0.313, L3 fazı için %0.382 ölçülmüş ve bu ölçümlerin TS EN 50160 Standardına göre %5'yi aşmadığı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

Doğu TR-3 trafo merkezi 5. gerilim harmoniği değişim grafikleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Bir haftalık ölçüm süresi boyunca ortalama 5. gerilim harmonik değerleri L1 fazı için %1.451, L2 fazı için %1.434, L3 fazı için %1.357 ölçülmüş ve bu ölçümlerin TS EN 50160 Standardına göre %6'yi aşmadığı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.



**Şekil 4.10.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi 5. Gerilim Harmonikleri Değişim Grafiği

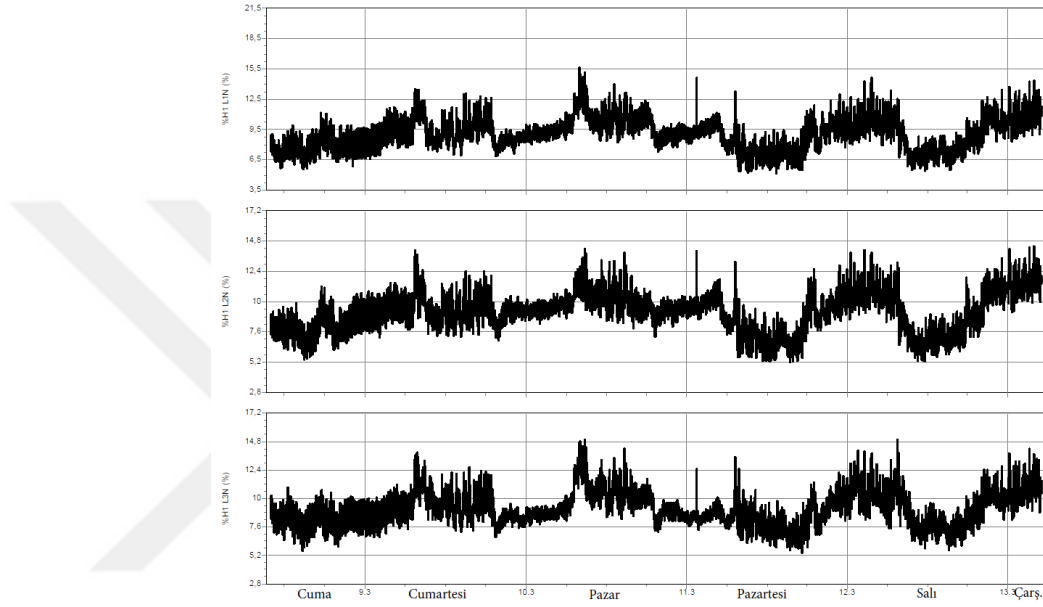
Doğu TR-3 trafo merkezi gerilim harmonik değerleri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi Gerilim Harmonik Değerleri

Doğu TR-3 Trafo Merkezi Gerilim Harmonik Değerleri										
%	Maksimum			Minimum			Ortalama			TS EN 50160 Sınırı
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	%
THDv	3.17	3.23	2.89	0.67	0.69	0.61	1.742	1.656	1.613	5
2.Harmonik	0.48	0.38	0.42	0.01	0.02	0.01	0.023	0.041	0.025	2
3.Harmonik	0.74	0.78	0.86	0.19	0.1	0.13	0.406	0.313	0.372	5
4.Harmonik	0.35	0.39	0.29	0.01	0.01	0.01	0.025	0.04	0.016	1
5.Harmonik	3.03	3.05	2.8	0.06	0.25	0.14	1.451	1.434	1.357	6
6.Harmonik	0.27	0.34	0.32	0.01	0.01	0.01	0.029	0.038	0.029	0.5
7.Harmonik	0.96	0.91	0.86	0.05	0.01	0.02	0.424	0.337	0.347	5
8.Harmonik	0.14	0.21	0.14	0	0.01	0	0.016	0.026	0.015	0.5
9.Harmonik	0.61	0.49	0.5	0.1	0.12	0.08	0.306	0.277	0.264	1.5
10.Harmonik	0.07	0.12	0.07	0.01	0.01	0	0.013	0.022	0.018	0.5
11.Harmonik	0.7	0.54	0.56	0.01	0.02	0.03	0.355	0.302	0.33	3.5

Doğu TR-3 trafo merkezi gerilim harmonik değerleri Çizelge 5.3'te gösterilmiştir. Gerilim harmonik değerleri TS EN 50160 standardı çerçevesinde değerlendirildiğinde Doğu TR-3 trafo merkezi elektrik enerjisinin gerilim harmonikleri açısından uygun olduğu görülmüştür.

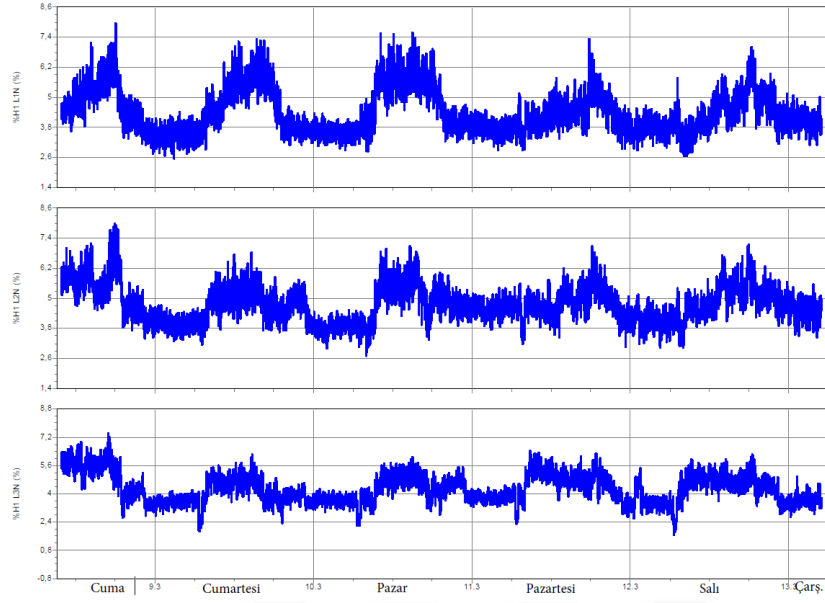
Doğu TR-3 trafo merkezi faz akımlarının toplam harmonik bozulma (THD<sub>i</sub>) değişimleri grafiği Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.11.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi Faz Akımlarının THD<sub>i</sub> Değişim Grafiği

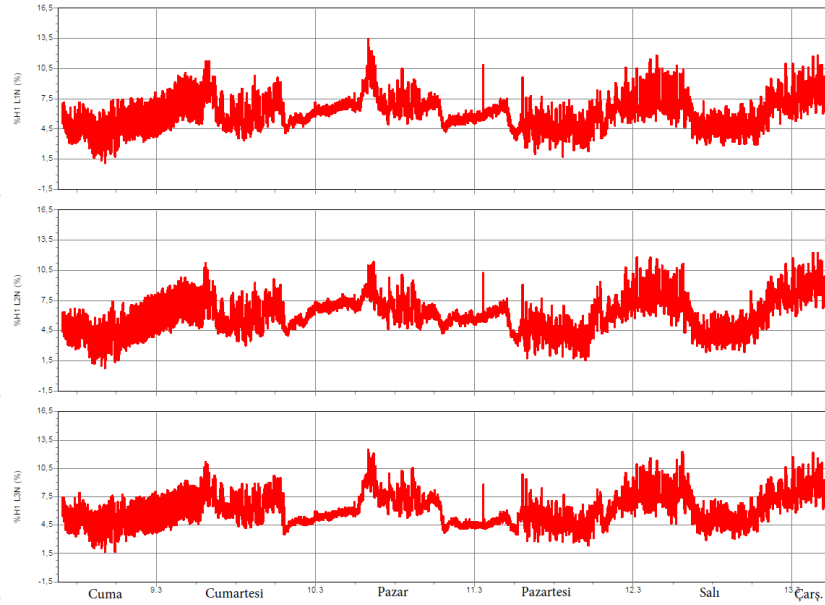
Bir haftalık ölçüm süresi boyunca ortalama THD<sub>i</sub> değerleri L1 fazı için %9.016, L2 fazı için %9.108, L3 fazı için %9.078 ölçülmüş ve bu ölçümlerin TS EN 50160 Standardına göre %12'yi aşmadığı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

Doğu TR-3 trafo merkezi 3. akım harmoniği değişim grafiği Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Bir haftalık ölçüm süresi boyunca ortalama 3. akım harmonik değerleri L1 fazı için %4.427, L2 fazı için %4.767, L3 fazı için %4.3 ölçülmüş ve bu ölçümlerin TS EN 50160 Standardına göre %10'u aşmadığı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.



**Şekil 4.12.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi 3. Akım Harmonikleri Değişim Grafiği

Doğu TR-3 trafo merkezi 5. akım harmoniği değişim grafiği Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.13.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi 5. Akım Harmonikleri Değişim Grafiği

Bir haftalık ölçüm süresi boyunca ortalama 5. akım harmonik değerleri L1 fazı için %5.936, L2 fazı için %5.885, L3 fazı için %5.987 ölçülmüş ve bu

ölçümlerin TS EN 50160 Standardına göre %10'u aşmadığı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

Doğu TR-3 trafo merkezi akım harmonik değerleri Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Akım harmonik değerleri TS EN 50160 standardı çerçevesinde değerlendirildiğinde Doğu TR-3 trafo merkezi elektrik enerjisinin akım harmonikleri açısından uygun olduğu görülmüştür. Doğu TR-3 trafo merkezi enerji kalitesinin belirlenebilmesi için yapılan ölçümlerde elde edilen veriler TS EN 50160 standardı çerçevesinde değerlendirilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Doğu TR-3 Trafo Merkezi Akım Harmonik Değerleri

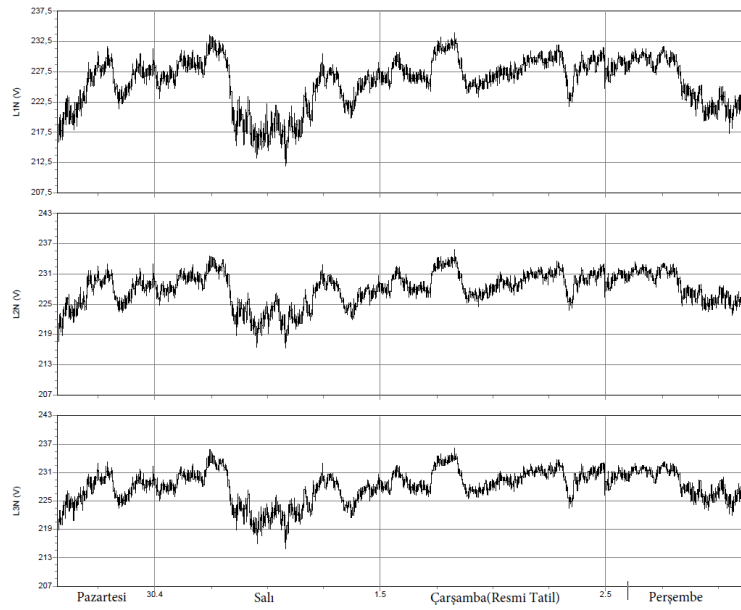
Doğu TR-3 Trafo Merkezi Akım Harmonik Değerleri										
%	Maksimum			Minimum			Ortalama			TS EN 50160 Sınırı
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	%
THD <sub>i</sub>	15.63	14.36	14.99	5.11	5.21	5.46	9.016	9.108	9.078	12
2.Harmonik	1.32	1.7	1.36	0.12	0.2	0.13	0.515	0.721	0.452	2.5
3.Harmonik	7.95	7.97	7.4	2.56	2.7	1.67	4.427	4.767	4.3	10
4.Harmonik	0.66	0.95	0.55	0.03	0.04	0.06	0.212	0.302	0.224	2.5
5.Harmonik	13.41	12.27	12.48	1.15	0.81	1.73	5.936	5.885	5.987	10
6.Harmonik	0.72	1.13	0.55	0.03	0.03	0.03	0.153	0.208	0.217	2.5
7.Harmonik	7.93	7.93	7.74	1.3	0.68	1.37	1.094	3.736	4.055	10
8.Harmonik	0.76	0.86	0.62	0.02	0.02	0.02	0.098	0.147	0.151	2.5
9.Harmonik	2.12	2.48	2.43	0.33	0.4	0.37	1.259	1.403	1.321	10
10.Harmonik	0.54	0.71	0.52	0.01	0.02	0.01	0.079	0.12	0.01	2.5
11.Harmonik	4.67	4.02	4.63	0.04	0.09	0.13	2.008	2.06	2.181	4.5

Bir haftalık ölçüm periyodu boyunca frekans, gerilim genliği, gerilim dengesizliği, fazların yüklenme durumları, güç faktörü, akım harmonikleri ve gerilim harmonikleri ölçüm verilerinin TS EN 50160 standardının sınır değerlerinin altında kaldığı ve genel olarak Doğu TR-3 trafo merkezinin kaliteli bir enerjiye sahip olduğu görülmüştür.

#### 4.2.2 Mühendislik Fakülte Binası Enerji Kalite Analizi

Mühendislik Fakülte binasının enerji aldığı Doğu TR-3 trafo merkezinin yapılan ölçümlerde TS EN 50160 standardı çerçevesinde kaliteli bir enerjiye sahip olduğu belirlendikten sonra, Mühendislik Fakülte binası ana panosunda da elde edilen ölçüm verileri de bu standart çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Mühendislik Fakülte binası faz gerilim genlik değerlerinin değişim grafikleri Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



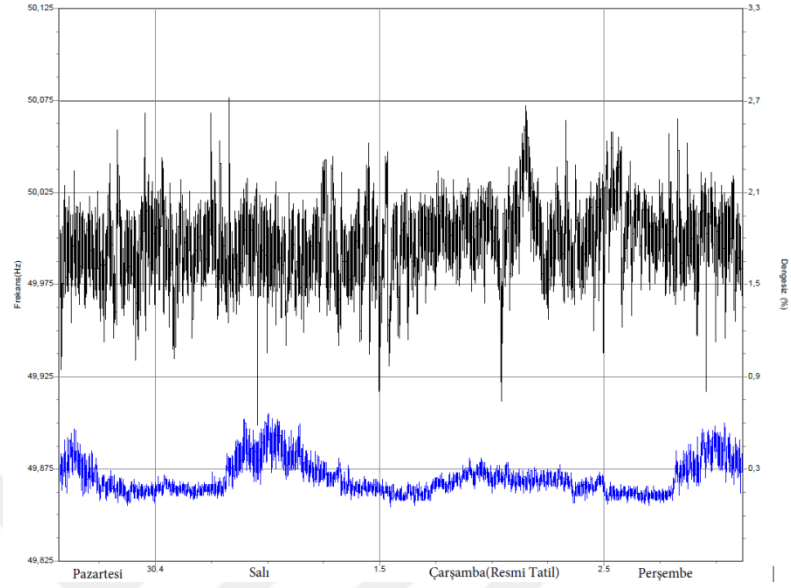
**Şekil 4.14.** Mühendislik Fakülte Binasının Faz Gerilim Genliklerinin Değişim Grafiği

Ölçüm süresi boyunca, faz gerilimlerinin genlik değerlerinin 214 Volt ile 234 Volt arasında değiştiğini ve bu değişim aralığının TS EN 50160 Standardına göre +%10, -%10 (207Volt-253Volt) kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

Mühendislik Fakülte binası faz gerilim frekansı ve faz gerilim dengesizliği değişim grafikleri Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Ölçüm süresi boyunca Mühendislik Fakültesi binası faz gerilim frekansının 49.91 Hz ile 50.06 Hz arasında değiştiğini ve bu değişim aralığının TS EN 50160 Standardına göre +%1, -%1 (49.5 Hz-50.5 Hz) kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür. Fazların gerilim genlik değerlerinin dengeli olmasına bağlı olarak gerilim dengesizliğinin %0.02 ile %0.53

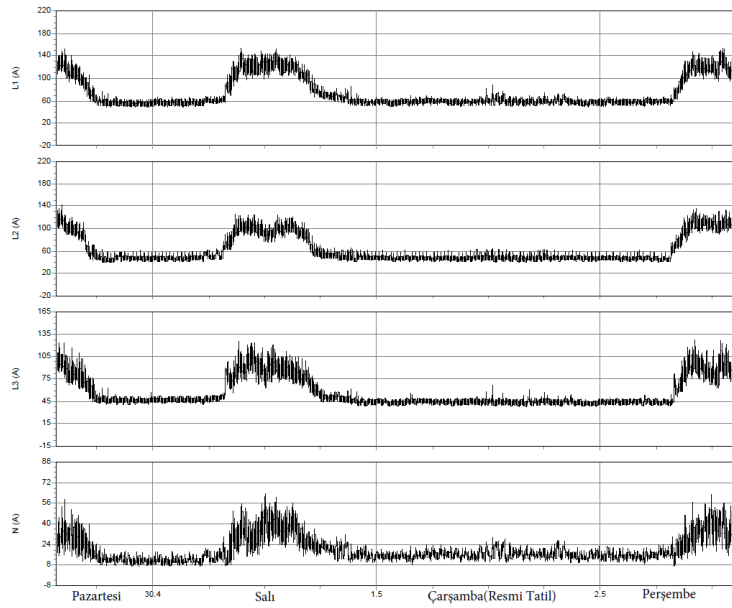


arasında değiştiğini ve bu değişim aralığının TS EN 50160 Standardına göre %2'yi aşmadığı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.



**Şekil 4.15.** Mühendislik Fakülte Binası Faz Gerilim Frekans ı ve Faz Gerilim Dengesizliği Değişim Grafiği

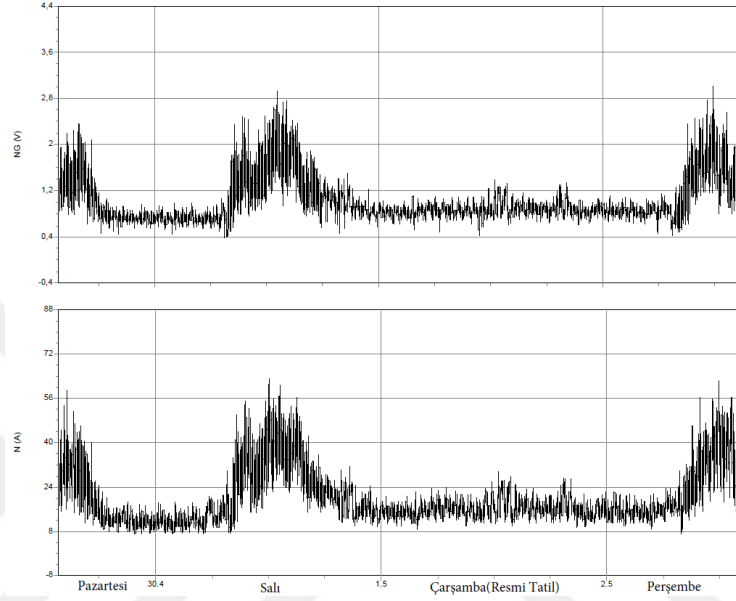
Mühendislik Fakülte binası faz ve nötr akımlarının değişim grafiği Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.16.** Mühendislik Fakülte Binası Faz ve Nötr Akımlarının Değişim Grafiği

Ölçüm süresi boyunca Mühendislik Fakülte binası fazlarının dengesiz yüklendiği buna bağlı olarak nötr akımının 45 amperlere kadar yükseldiği görülmüştür.

Mühendislik Fakülte binası nötr akım ve nötr-toprak gerilim değişim grafiği Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



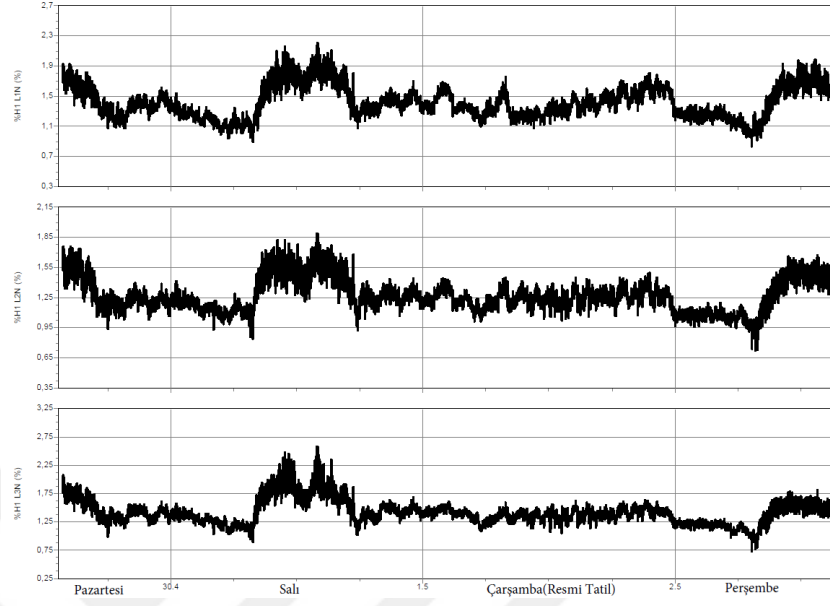
**Şekil 4.17.** Mühendislik Fakülte Binası Nötr Akım ve Nötr-Toprak Gerilim Değişim Grafiği

Ölçüm süresi boyunca Mühendislik Fakülte binası fazlarının dengesiz yüklenmesine bağlı olarak nötr akımının 45 ampere, nötr-toprak geriliminin 2.5 volta kadar yükseldiği görülmüştür. Nötr gerilim değişimi nötr akım değişimine bağlı değişkenlik göstermiştir. Uygulamada ölçülen nötr akımına göre nötr-toprak gerilimi teorik olarak da (4.1) eşitliğine göre hesaplanmıştır. Teorik sonuç ile uygulamada ölçülen veriler uyumluluk göstermiştir. Nötr iletken iç direnci kablo üretici kataloğundan alınmıştır.

$$V_{nötr-toprak} = I_{nötr} \times R_{nötr} \quad (4.1)$$

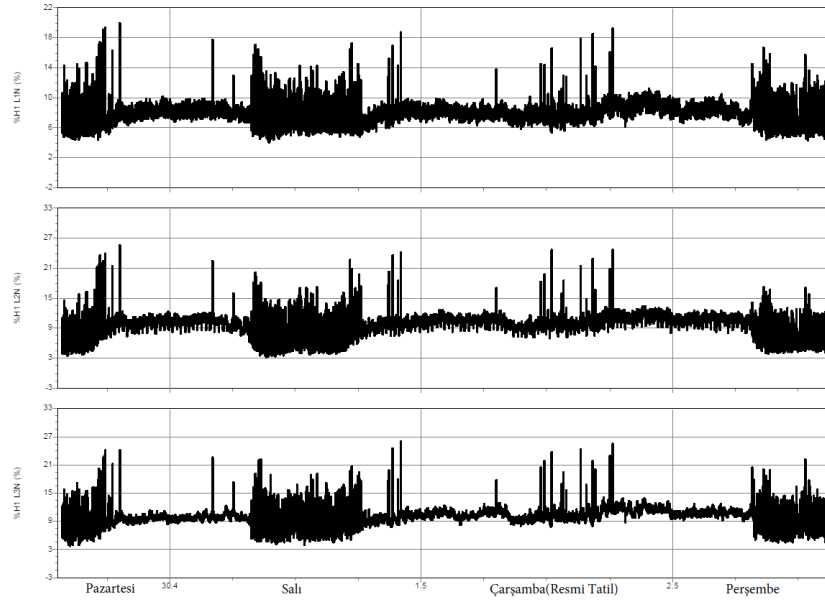
$$V_{nötr-toprak} = 40_A \times 0.168_{\Omega/km} \times 450_m/1000 = 3V \quad (4.2)$$

Mühendislik Fakülte binası faz gerilimlerinin THD<sub>v</sub> değişim grafiği Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Mühendislik Fakülte Binası Faz Gerilimlerinin THD<sub>v</sub> Değişim Grafiği

Mühendislik Fakülte binası faz akımlarının THD<sub>i</sub> değişim grafiği Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

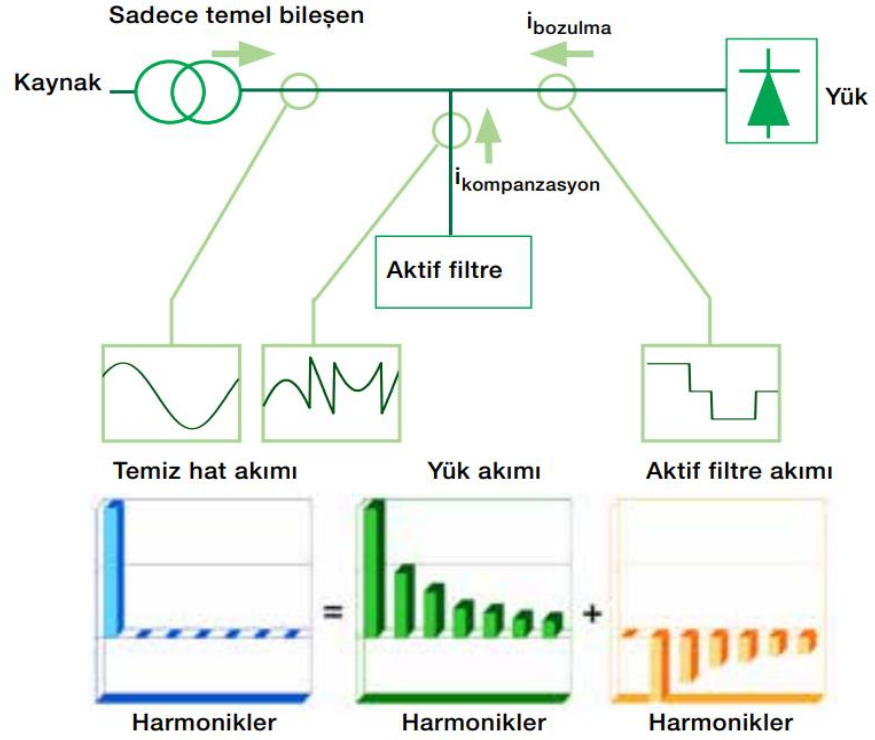


Şekil 4.19. Mühendislik Fakülte Binası Faz Akımlarının THD<sub>i</sub> Değişim Grafiği

Ölçüm süresi boyunca ortalama THD<sub>v</sub> değerleri L1 fazı için %1.443, L2 fazı için %1.309, L3 fazı için %1.487 ölçülmüş ve bu ölçümlerin TS EN 50160 Standardına göre %5'yi aşmadığı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

Ölçüm süresi boyunca ortalama THD<sub>i</sub> değerleri L1 fazı için %7.457, L2 fazı için %8.777, L3 fazı için %9.087 ölçülmüş ve bu ölçümlerin TS EN 50160 Standardına göre %12'yi aşmadığı için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür. Bireysel faz akım ve gerilim harmonik değerleri TS EN 50160 standart sınır değerlerinin çok altında olduğu için grafiklerine yer verilmemiştir.

Mühendislik Fakülte binası enerji kalitesinin belirlenebilmesi için yapılan ölçümlerde elde edilen veriler TS EN 50160 standardı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Ölçüm periyodu boyunca frekans, gerilim genliği, gerilim dengesizliği, güç faktörü, akım harmonikleri ve gerilim harmonikleri ölçüm verilerinin TS EN 50160 standardının sınır değerlerinin altında kaldığı görülmüştür. Mühendislik Fakülte binası enerji kalite ölçümlerinde tespit edilen en belirgin problem fazların dengesiz yüklenmesine bağlı olarak nötr iletkeninden yüksek akım akmasıdır. Mühendislik Fakülte binasının enerji aldığı trafo merkezinin 450 m uzaklıkta olması, nötr iletken kesitinin faz iletken kesitinden düşük olması yüksek nötr-toprak gerilim problemini ortaya çıkarmaktadır. Yüksek nötr-toprak gerilimini düşürebilmek için öncelikle fazların dengeli yüklenmesi sağlanmalıdır. Ancak Mühendislik Fakülte binasında yoğun olarak tek fazlı yüklerin bulunması bu çözümü zorlaştırmaktadır. Nötr iletken iç direncini düşürerek nötr-toprak gerilimini düşürebilmek için ilave nötr kablosu çekilmelidir. Altyapısı tamamlanmış bir enerji dağıtım sisteminde ilave kablo çekilmesi maliyet ve işçilik açısından problem oluşturmaktadır. Mühendislik Fakülte binasının daha yakın bir trafo merkezinden enerji alma imkanı da bulunmamaktadır. Bu çözüm yollarının uygulanamayacak olmasından dolayı tek fazlı ve değişken yüklerin bulunduğu kurulu enerji dağıtım sistemlerinde fazların dengesiz yüklenmelerini giderebilmek için aktif güç filtreleri kullanılır. Aktif güç filtrelerinin sisteme bağlantı şekli ve çalışma prensibi Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.20.** Aktif Güç Filtresi Bağlantı Şekli ve Çalışma Prensibi

Aktif güç filtreleri sistemde bulunan harmonik, yük dengesizliği ve reaktif güç sebebiyle oluşan güç kalitesi problemlerinin çözümünde kullanılan cihazlardır. Aktif güç filtreleri, kirletici yüke paralel bağlanan güç elektroniği temelli bir sistemdir. Aktif güç filtresi, kirletici yük tarafından çekilen kirli akımı ölçer ve bu akımdaki harmonikleri frekanslarına göre analiz eder, daha sonra bu harmonik akımlarıyla aynı genlik ve frekansta ama ters fazdaki akımı üreterek şebekeye basar. Bu sayede, aktif güç filtresinin bağlandığı noktadan şebekeye kadar uzanan kısım, harmoniklerden arındırılmış olur. Kapalı çevrim kontrolde, sistemi harmonik ve reaktif güç bileşenlerini de içeren hat akımını ölçer ve bunu hedef değerler ile karşılaştırır. Herhangi bir sapma geri besleme sayesinde otomatik olarak düzeltilir. Kapalı çevrim kontrol sistemi, harmonikler, güç faktörü düzeltme ve yük dengeleme fonksiyonlarında hedef değerlere ulaşmada etkin rol oynar.

Mühendislik Fakülte binasında karşılaşılan enerji kalite problemini giderebilmek için 4 telli, 100 amper, 0.5 ms tepki süresine bir aktif güç filtresi elektrik enerji ana dağıtım panosu AG barasına bağlanmıştır. Mühendislik Fakülte

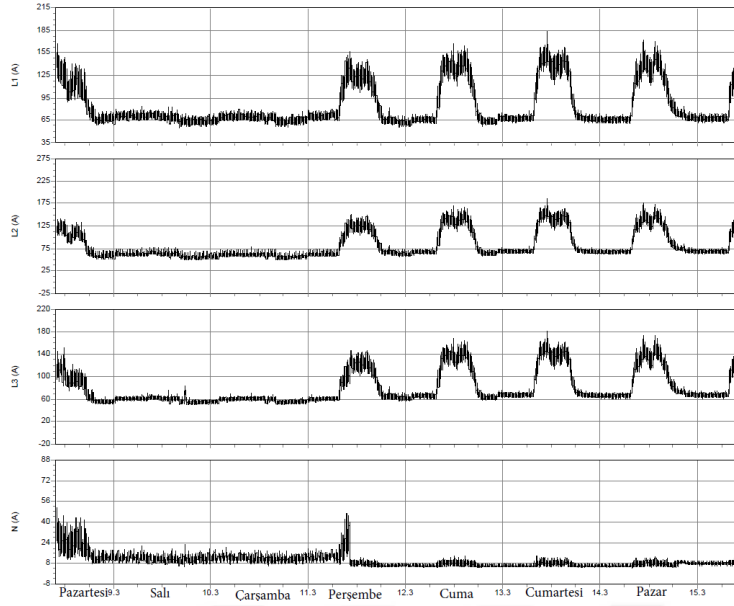
binası elektrik ana dağıtım panosuna bağlanan aktif güç filtresi ve enerji kalite ölçümüne ait fotoğraf Şekil 4.21 'de gösterilmiştir.

Aktif güç filtresi enerji dağıtım sistemine bağlandıktan sonra enerji kalite ölçümleri yinelenmiştir. Enerji kalite ölçümünün yapıldığı bir haftalık ölçüm süresinin ilk üç günü aktif güç filtresi devre dışı bırakılmış, son dört gün devreye alınmıştır. Böylelikle ana dağıtım panosundaki enerji kalite probleminin tekrar görülmesi ve aktif güç filtresinin devreye girmesinden sonra enerji kalite problemine etkisinin aynı ölçüm periyodunda görülmesi amaçlanmıştır.



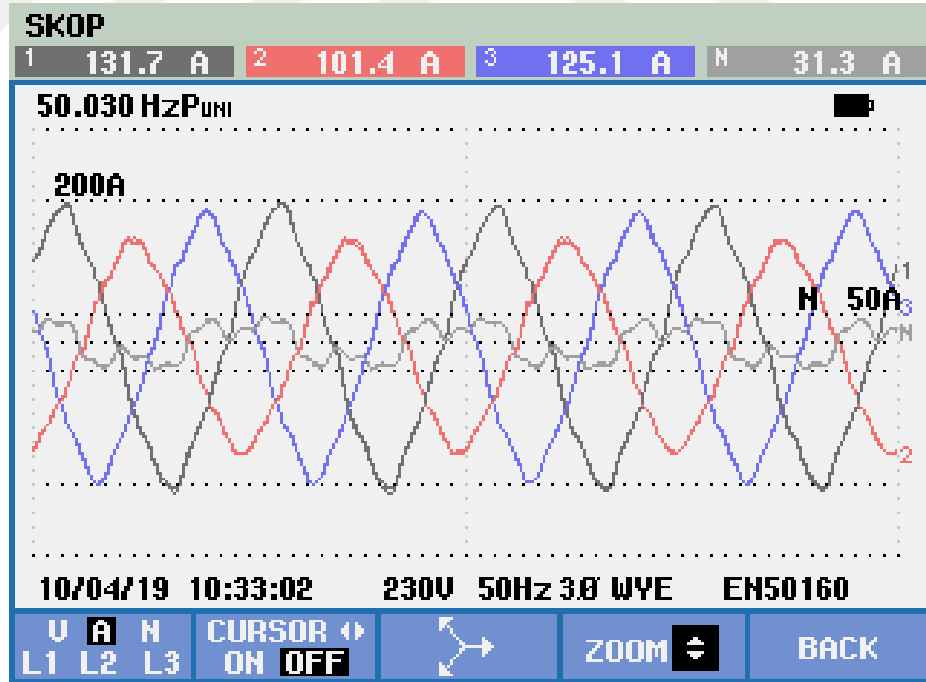
**Şekil 4.21.** Mühendislik Fakülte Binası Elektrik Ana Dağıtım Panosunda Enerji Kalite Ölçümü

Mühendislik Fakülte binasında aktif güç filtresi devre dışı ve devrede iken fazların yüklenme değişimi ve nötr akım değişim grafiği Şekil 4.22'de gösterilmiştir. Bir haftalık ölçüm süresi boyunca faz akımlarında aktif güç filtresi devre dışı iken yüklenme dengesizlikleri görülmüştür. Fazların dengesiz yüklenmesine bağlı olarak nötr akımının 40 amperlere kadar yükseldiği, aktif güç filtresinin devreye girdikten sonra fazların dengeli yüklendiği buna bağlı olarak nötr akımının 8 amper seviyelerine kadar düştüğü görülmüştür.



**Şekil 4.22.** Mühendislik Fakülte Binası Fazların Yüklenme Değişimi ve Nötr Akım Değişim Grafiği

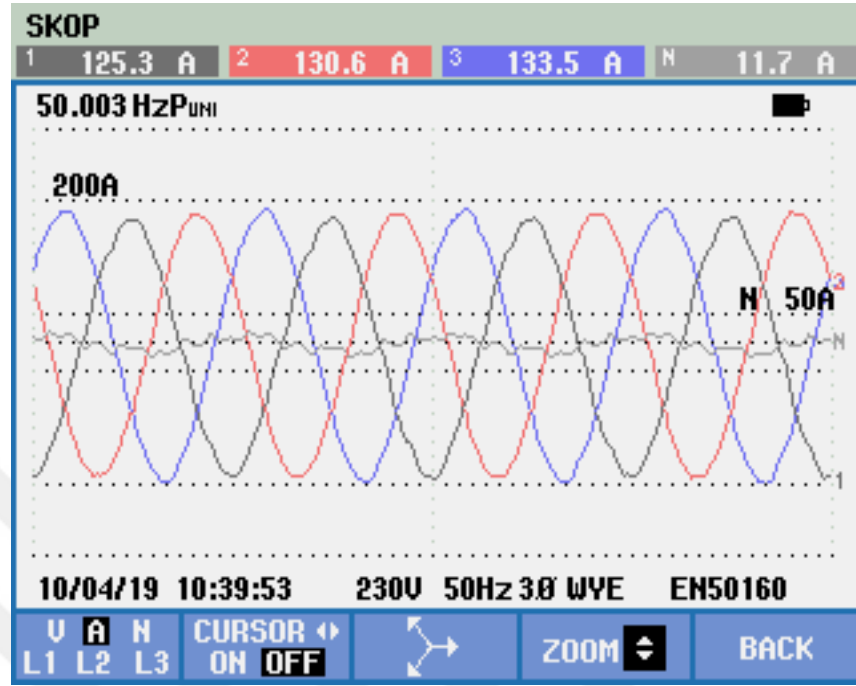
Mühendislik Fakülte binasında aktif güç filtresi devre dışı iken faz akımlarının dalga şekilleri Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.23.** Aktif Güç Filtresi Devre Dışı İken Faz ve Nötr Akımlarının Dalga Şekilleri

Mühendislik Fakülte binasında aktif güç filtresi devrede iken faz akımlarının dalga şekilleri Şekil 4.24’te gösterilmiştir. Mühendislik Fakülte binası enerji ana

dağıtım panosunda aktif güç filtresinin devreye girmesiyle faz akımlarının dalga şekillerinin ideale yakın bir şekil aldığı görülmüştür.



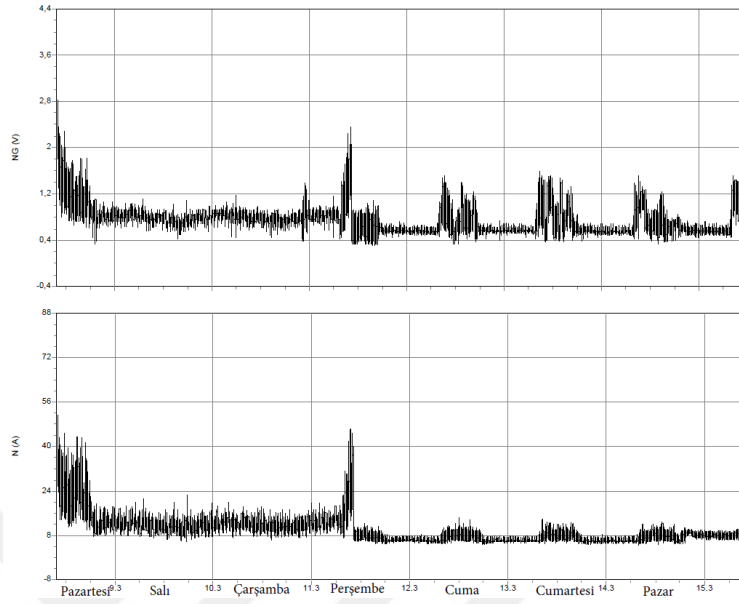
**Şekil 4.24.** Aktif Güç Filtresi Devrede İken Faz ve Nötr Akımlarının Dalga Şekilleri

Mühendislik Fakülte binası ana dağıtım panosunda aktif güç filtresi devre dışı ve devrede iken nötr akımı ve nötr-toprak gerilimi değişim grafikleri Şekil 4.25’de gösterilmiştir. Bir haftalık ölçüm süresi boyunca nötr akımı, fazların yük durumuna göre aktif güç filtresi devre dışı iken 40 amperlere kadar yükselirken, aktif güç filtresi devrede iken ortalama 8 amper ölçülmüştür. Nötr-toprak gerilimi ise yük durumuna göre aktif güç filtresi devre dışı iken 2.82 voltlara kadar yükselirken, aktif güç filtresi devrede iken ortalama 1 volt seviyelerinde ölçülmüştür.

Mühendislik Fakülte binası elektrik enerji ana dağıtım panosunda TS EN 50160 standart sınır değerlerinin altında olan harmonik ölçüm değerlerinin aktif güç filtresinin devreye alınmasıyla çok düşük seviyelere indiği görülmüştür. BAİBÜ Merkez Kampüsünde yer alan Mühendislik Fakülte binasında karşılaşılan yüksek nötr-toprak geriliminin tespiti için Mühendislik Fakülte binasının enerji aldığı Doğu TR-3 trafo merkezinde ve Mühendislik Fakülte binası elektrik enerji ana dağıtım panosunda eş zamanlı olarak güç kalitesi ve enerji analizörleri ile yapılan ölçümler sonucunda; Doğu TR-3 trafo merkezi enerji kalite ölçüm verilerinin dünyada enerji



kalitesi açısından standart kabul edilen sınır değerlerle karşılaştırıldığında kaliteli bir enerjiye sahip olduğu görülmüştür.



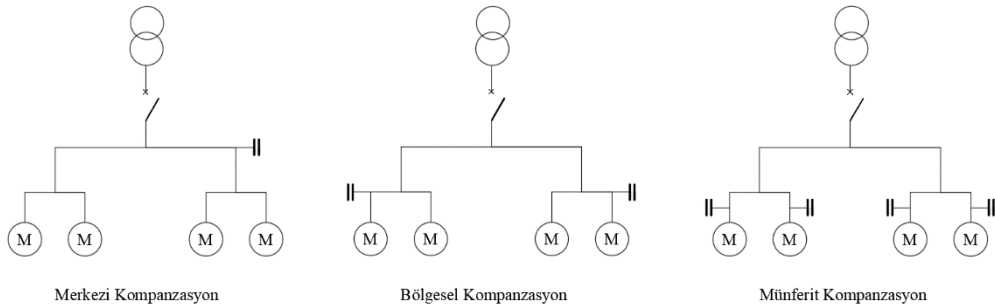
**Şekil 4.25.** Mühendislik Fakülte Binası Nötr-Toprak Gerilimi ve Nötr Akımı Değişim Grafiği

Mühendislik Fakülte binası tarafında ise elde edilen ölçümlerde frekans, gerilim genliği, gerilim dengesizliği, güç faktörü, gerilim ve akım harmonik ölçümlerinin standartlar açısından değerlendirildiğinde sınır değerlerin altında kaldığı görülmüştür. Mühendislik Fakülte binası tarafında görülen en belirgin kalite problemi ise fazların dengesiz yüklenmesi ve buna bağlı olarak nötr'den yüksek akım akmasıdır. Yük durumuna göre fazların dengesiz yüklenmesiyle birlikte nötr akımı 40 amperlere kadar yükselmiştir. Bununla birlikte Doğu TR-3 trafo merkezinin Mühendislik Fakülte binasına uzaklığı 450 m'dir. Bina beslemesi için 3x(3x120/70) mm<sup>2</sup> NYY kablo kullanılmıştır. Nötr akımı, nötr kablo iç direnci ve kablo mesafesi üzerinden teorik hesap yapıldığında yaklaşık olarak ölçülen nötr gerilimi elde edilmiştir. Fazların dengeli yüklenmesini sağlamak için Mühendislik Fakülte binası elektrik enerji ana dağıtım panosu AG barasına aktif güç filtresi bağlanmıştır. Aktif güç filtresi devreye girdikten sonra fazların dengeli yüklendiği buna bağlı olarak nötr akımının 40 amperden 8 ampere düştüğü, nötr toprak geriliminin de 2.82 volttan 1 volt seviyelerine düştüğü görülmüştür.

### 4.3 Merkez Kampüs Kompanzasyon Sistemlerinin İncelenmesi

Güç faktörü, bir elektrik tesisatının tasarım ve yönetim kalitesinin bir göstergesidir. Elektrodinamik prensibine göre çalışan cihazların (generatör, trafo, bobin, motor) çalışabilmeleri için manyetik alana ihtiyaçları vardır. Manyetik alanı oluşturacak olan mıknatıslanma akımına Reaktif Akım denir. Bu yapıdaki çekilen güce de Reaktif Güç denir. Bir elektrik sisteminde aktif ve reaktif güç bulunmaktadır. Bu iki gücün vektörel toplamı da görünür güç olarak adlandırılmaktadır. Reaktif gücün görünür güce oranı Güç Faktörü( $\cos \varphi$ ) olarak adlandırılır.  $\cos \varphi$  değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir.  $\cos \varphi$  değeri 1'den uzaklaştıkça sistem içerisindeki reaktif güç oranı artmaktadır. Sistemde bulunan reaktif güç, elektrik sistemlerinin gereksiz yüklenerek kapasitelerinin altında çalışmasına, kayıpların artmasına, enerji maliyetlerinin artmasına, cihazların ısınmasına ve sistem ömürlerinin kısılmasına neden olur. Reaktif güçte endüktif reaktif ve kapasitif reaktif olmak üzere iki çeşittir. Reaktif gücün azaltılarak sistem üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için yapılan işleme reaktif güç kompanzasyonu denir. Sistemde kapasitif reaktif güç varsa endüktif reaktif güç, endüktif reaktif güç varsa kapasitif reaktif güç sisteme basılarak bileşke reaktif güç toplamın sıfırlanması amaçlanmaktadır.

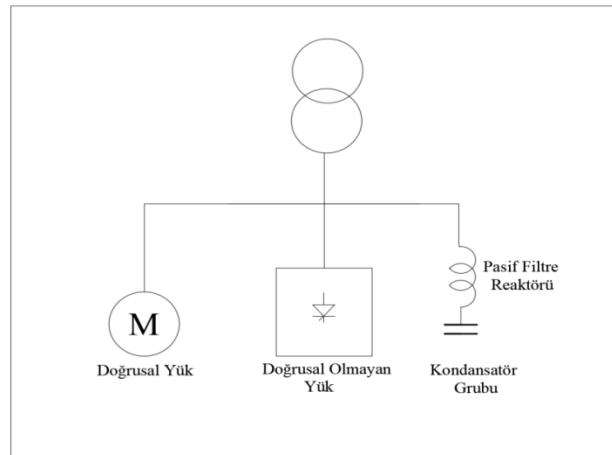
Kompanzasyon sistemleri tesisattaki bağlandıkları bölgelere göre merkezi, bölgesel ve münferit kompanzasyon olmak üzere üç çeşittir. Kompanzasyon çeşitleri Şekil 4.26'da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. Kompanzasyon Çeşitleri

Merkezi kompanzasyon sisteminde kompanzasyon enerji ana dağıtım panosunun barasına bağlanır ve yük periyodu boyunca devrede kalır. Yükün sürekli ve dengeli olduğu yerlerde merkezi kompanzasyon uygulanabilir. Bölgesel kompanzasyon sisteminde kompanzasyon her bir tali dağıtım panosunun barasına bağlanır. Yükün yoğun olduğu ve yük/zaman profilinin bölümler arası farklılık gösterdiği tesisatlar için bölgesel kompanzasyon önerilir. Münferit kompanzasyon sisteminde kompanzasyon yüklerin bağlantı terminallerine bağlanır. Münferit kompanzasyon sistemi bağlandığı cihazla birlikte devreye girer ve devreden çıkar.

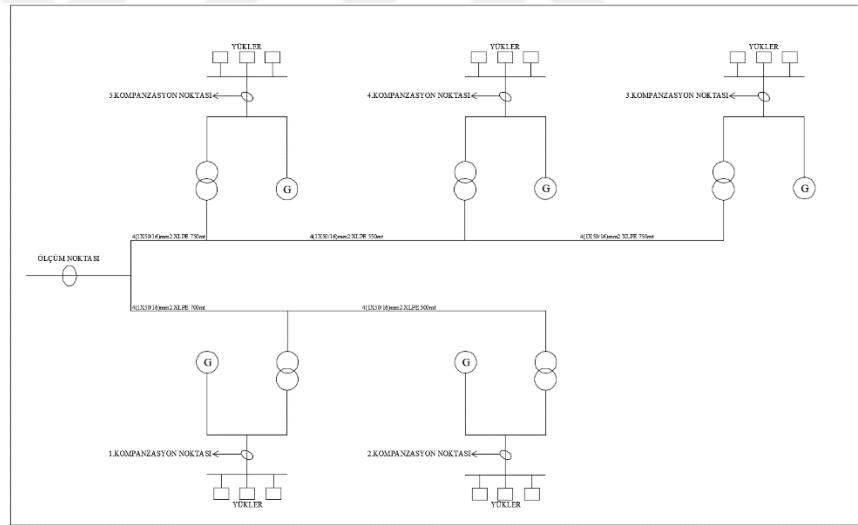
Enerji dağıtım sistemlerindeki harmoniklerin kompanzasyon sistemleri üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Harmonik kaynaklı frekans yükselmesi kondansatör empedansının düşmesine neden olur. Kondansatör empedansının düşmesi nedeniyle kondansatörler enerji dağıtım sistemindeki harmonik akımlarını üzerlerine çekmeye yatkınlırlar. Dolayısıyla şebeke frekansı ile birlikte harmonik akımlarını da üzerine çeken kondansatörlerin akım değerleri yükselir, elektriksel ve mekaniksel zorlanmaya maruz kalırlar. Kondansatörlerin harmoniklerle olan bir diğer ilişkisi enerji sisteminde rezonans problemidir. Endüktif reaktif karakterli yüklerin kullanıldığı enerji sistemlerinde kullanılan kondansatörler bu yüklerle seri ve paralel rezonans riskini doğururlar. Harmoniklerin kondansatörler üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için kondansatörlere reaktörler seri bağlanarak pasif filtre oluşturulmalıdır. Kompanzasyon sistemlerinde pasif filtre uygulaması Şekil 4.27’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.27.** Kompanzasyon Sistemlerinde Pasif Filtre Uygulaması

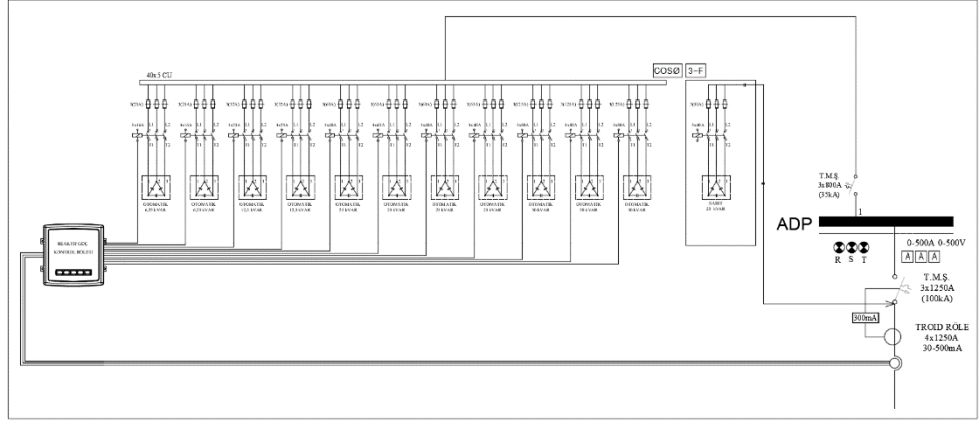
Kondansatör sistemlerindeki seri filtrelerin amacı enerji sisteminde var olan harmoniklere yüksek empedans göstererek kondansatörlere harmonik akımlarının geçişini engellemektir. Reaktörler ve kondansatörlerin seri rezonans frekansı sistemde bulunan en düşük harmonik frekansının altında olmalıdır. Pasif harmonik filtre reaktörlerinin kullanılması enerji sistemlerindeki rezonans riskini ve kondansatörlerin aşırı yüklenme riskini ortadan kaldırır. Pasif filtre uygulamalarında ayar frekansı genellikle 135 Hz, 190 Hz, 210 Hz olarak ayarlanır. Enerji sisteminde var olan harmonik frekansına uygun ayar frekansı seçilir.

BAİBÜ Merkez Kampüsündeki Kök aboneliğinde 5, Doğu TR-3 aboneliğinde 3, Su pompası aboneliğinde 1 adet trafo merkezi bulunmaktadır. Bu trafo merkezlerinde merkezi kompanzasyon sistemleri bulunmaktadır. Kök abonelik bölgesinde bulunan trafo merkezlerindeki kompanzasyon merkezlerinin yerleşimi Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.28.** Kök Abonelik Bölgesi Kompanzasyon Merkezlerinin Yerleşim Planı

Geçmiş dönemlerde tesis edilen bu bölgedeki kompanzasyon sistemleri sadece kapasitif kompanzasyon yapacak şekilde planlanmıştır. Trafo merkezlerinde bulunan kompanzasyon sistemlerinin tek hat şeması Şekil 4.29’da gösterilmiştir.



**Şekil 4.29.** Kök Abonelik Bölgesi Trafo Merkezlerinin Kompanzasyon Sistemi Tek Hat Şeması

Merkez kampüs bölgesinde yer alan 5 trafo merkezi arasında bağlantıyı sağlayan yaklaşık 3 km'lik yer altı OG hattı bulunmaktadır. Yer altı OG hattının kablo yerleşim planı Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.30.** Merkez Kampüs Yer Altı OG Hattı Yerleşim Planı

Yer altı OG hattının kapasitif etkisi (4.4), (4.5), (4.6) nolu denklemler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Q_c = \sqrt{3} \times U \times I_c \quad (4.4)$$

$$U = \sqrt{3} \times I_c \times X_c \quad (4.5)$$

$$X_c = 1/(2 \times \pi \times f \times c) \quad (4.6)$$

BAİBÜ Merkez kampüs OG yer altı kablosu olarak 1x50/16mm<sup>2</sup> XLPE kablo kullanılmıştır. Kablo üretici katalogunda bu kablonun c değeri 0.123µF olarak verilmiştir. OG şebeke gerilimimiz U =34.5 kV ve şebeke frekansı f=50 Hz'dir. Bu veriler ışığında Ic=0.77A/km bulunmuştur.

$$Ic = U \times 2 \times \pi \times f \times c / \sqrt{3} \quad (4.7)$$

$$Ic = 34500_U \times 2 \times \pi \times 50_{Hz} \times 0.123_{\mu F} / \sqrt{3} \quad (4.8)$$

$$Ic = 0.77 A \quad (4.9)$$

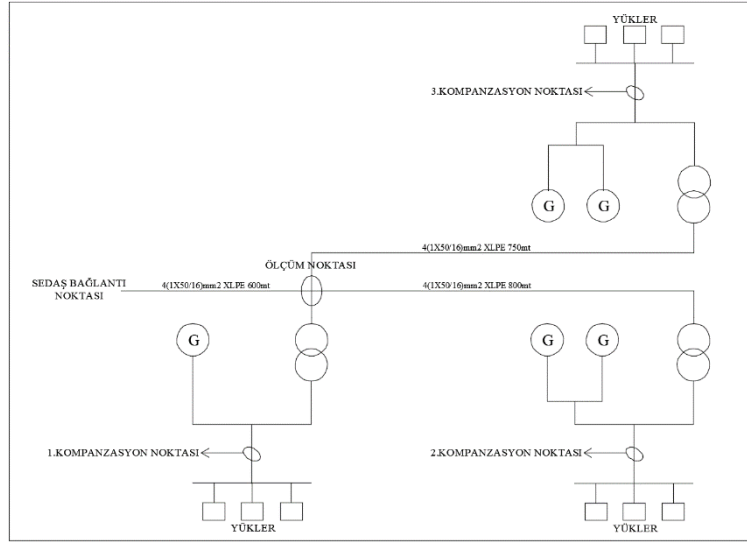
(4.7), (4.8), (4.9) denklemleri yardımıyla bulunan Ic (4.1) denkleminde yerine yazılarak 3 km'lik OG yer altı hattının kapasitif gücü Qc=138 kVAr bulunmuştur.

$$Qc = \sqrt{3} \times 34500_U \times 0.77_A \times 3_{km} \quad (4.10)$$

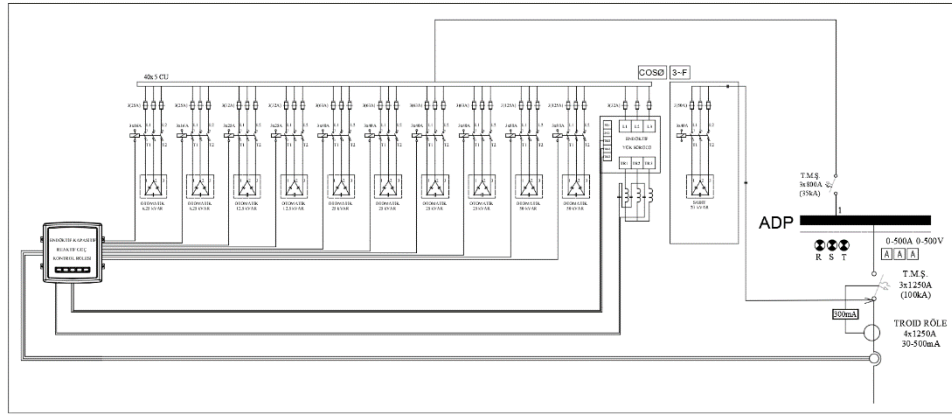
$$Qc = 138 kVAr \quad (4.11)$$

Ölçüm noktasının trafo merkezlerinden uzak olması, kompanzasyonun trafo AG baralarından yapılması ve OG hattının kapasitif etkisiyle beraber, eğitime ara verilen buna bağlı olarak aktif elektrik enerji tüketiminin azaldığı dönemlerde, kapasitif reaktif elektrik enerji tüketim oranı yönetmeliklerin izin verdiği sınır değerleri aşabildiği görülmüştür. Kapasitif reaktif ceza ödememek için trafo merkezlerinin AG baralarına belli güçlerde endüktif yük reaktörleri bağlanmıştır.

Doğu TR-3 abonelik bölgesinde bulunan trafo merkezlerindeki kompanzasyon merkezlerinin yerleşimi Şekil 4.31'de gösterilmiştir. Kök abonelik bölgesinde yaşanan kompanzasyon problemlerinden sonra bu abonelik bölgesinde yer alan trafo merkezlerinde hem endüktif hem de kapasitif kompanzasyon yapabilen kompanzasyon sistemi tesis edilmiştir. Bu abonelik bölgesinde bulunan trafo merkezlerindeki kompanzasyon sistemlerinin tek hat şeması Şekil 4.32'de gösterilmiştir. Bu bölgede de ölçüm noktası trafo merkezlerinde uzakta bulunmaktadır ve kompanzasyon ölçümü ve işlemleri trafo merkezlerindeki AG baralarından yapılmaktadır.



**Şekil 4.31.** Doğu TR-3 Abonelik Bölgesi Kompanzasyon Merkezlerinin Yerleşim Planı



**Şekil 4.32.** Doğu TR-3 Abonelik Bölgesi Trafo Merkezlerinin Kompanzasyon Sistemi Tek Hat Şeması

Yer altı OG hattının kapasitif etkisi (4.4), (4.5), (4.6) nolu denklemler yardımıyla hesaplanmıştır.  $I_c$  akımı (4.7), (4.8), (4.9) denklemler yardımıyla  $I_c=0.77A/km$  bulunmuştur.  $I_c$  (4.1) denkleminde yerine yazılarak 2 km'lik OG yer altı hattının kapasitif gücü  $Q_c=92 \text{ kVAr}$  bulunmuştur.

$$Q_c = \sqrt{3} \times 34500_U \times 0.77_A \times 2_{km} \quad (4.12)$$

$$Q_c = 92 \text{ kVAr} \quad (4.13)$$

Doğu TR-3 bölgesinde de ölçüm noktasının trafo merkezlerinden uzak olması, kompanzasyonun trafo AG baralarından yapılması ve OG hattının kapasitif

etkisiyle beraber, eğitime ara verilen buna bağlı olarak aktif elektrik enerji tüketiminin azaldığı dönemlerde, kapasitif reaktif elektrik enerji tüketim oranı yönetmeliklerin izin verdiği sınır değerleri aşabildiği görülmüştür. Bu bölgede de kapasitif reaktif ceza ödememek için trafo merkezlerinin AG baralarına belli güçlerde endüktif yük reaktörleri bağlanmıştır.

BAİBÜ Merkez Kampüsünde elektrik dağıtım sisteminde 9 adet trafo merkezinde merkezi kompanzasyon ve Kök abonelik bölgesindeki trafo merkezlerinde sadece kapasitif kompanzasyon yapabilecek kompanzasyon sistemleri tesis edilmiştir. Bununla beraber yaklaşık 5 km'lik yer altı OG hattı bulunmaktadır. Eğitime ara verilen buna bağlı olarak aktif elektrik enerji tüketiminin azaldığı yaz mevsiminde, sadece kapasitif kompanzasyon sistemlerinin bulunması ve yer altı OG hattının kapasitif etkisi birlikte kapasitif reaktif elektrik enerji tüketimi yönetmeliklerin izin verdiği sınır değerleri aşabildiği görülmüştür. Bu problemlerin yaşanmaması için bundan sonra yapılacak kompanzasyon sistemlerinde OG hattının kapasitif etkisi göz önünde bulundurularak kompanzasyon hesabı yapılmalı ve hem endüktif hem de kapasitif kompanzasyon yapabilecek kompanzasyon sistemleri tesis edilmelidir. Enerji dağıtım bölgesi kompanzasyon sistemlerinin yerleşim planı trafo merkezlerinde ve ölçüm hücresinde kompanzasyon yapabilecek şekilde projelendirilmelidir. Gün geçtikçe artan harmonik problemlerinin kompanzasyon sistemlerine zarar vermesini engellemek için harmonik filtre reaktörlü kompanzasyon sistemleri tesis edilmelidir. Enerji dağıtım sistemlerinde enerji kalite ölçümleri yapılarak var olan harmonik seviyesine uygun reaktör ayar frekansı seçilmelidir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada ve ülkemizde nüfus artışı, sanayi, ekonomi ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak enerjiye bağlılık her geçen gün artmaktadır. Dünya enerji ihtiyacının bugün çok büyük bir bölümü fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Yapılan çalışmalar fosil yakıtların uzun bir süre daha hakim enerji kaynağı olarak devam edeceğini göstermektedir. Artan enerji ihtiyacına karşılık fosil yakıt kaynak rezervlerinin hızla tükenmesi, çevreci olmaması, küresel ısınma, ekonomik ve coğrafi sebepler daha ekonomik, uzun ömürlü, çevreci bir enerjiyi zorunlu kılmaktadır. Bununla birlikte var olan enerjinin mümkün olduğunca verimli kullanılması enerji sürekliliği için önem arz etmektedir.

BAİBÜ Merkez Kampüs enerji dağıtım sistemi enerji verimliliği ve enerji kalitesi açısından incelenmiştir. Merkez Kampüs enerji verimliliği incelemelerinde; Üniversitenin gelişimi ile beraber her geçen gün elektrik enerji tüketiminin arttığı görülmüş ve bu bölgede yer alan 3 adet elektrik aboneliğinin elektrik tüketim davranışına göre en uygun elektrik aboneliği çalışması yapılarak abone grubu değişimine bağlı yaklaşık %5'lik bir tasarruf potansiyeli görülmüştür. Elektrik enerji tüketicilerinin de enerji tüketim davranışlarına uygun abone grubu seçmeleri enerji maliyetlerini düşürmelerine olanak sağlayacaktır.

Merkez Kampüsünde yer alan 9 adet trafo merkezinde kurulu güç ile talep güç arasında ciddi bir fark görülmüştür. Trafo merkezi kurulan bölgelerin gelişimi düşünülerek büyük seçilen trafo ve jeneratörler ciddi oranda kapasitelerinin altında çalışmaktadır. Bu durum yüksek ilk yatırım maliyeti ve işletme masrafı çıkarırken, elektriksel olarak düşük verimli bir çalışmaya sebep olmaktadır. İhtiyaca yönelik sistem tasarımı ve uygulama yapılması ekonomik ve teknik verimliliği sağlayacaktır.

Pompa sistemleri her geçen gün kullanım alanını ve kapasitesi de arttırmaktadır. Pompa sistemlerinin ömür boyu maliyetlerinin büyük bölümünü enerji maliyetleri oluşturmaktadır. Bir pompa sistemi kurulurken, ömür boyu maliyetin göz önünde bulundurularak en verimli sistemin kurulması enerji verimliliği açısından çok önemlidir. BAİBÜ Merkez Kampüsünde yer alan Isı Merkezi ve Su Pompasında

kullanılan motor ve motor sürücülerini incelenmiştir. Isı Merkezinde yer alan devir daim pompaları kış dönemi boyunca tam yükte, fan motorları değişken yüklerde çalışmaktadır. Bu motorlar yıldız-üçgen yol verme yöntemi ile sürülmektedir. Değişken debi ihtiyacının olduğu ve buna bağlı enerji tasarruflarının olabileceği sistemlerde uygun yol verme yönteminin kullanılmaması enerji maliyetlerini yükseltmektedir. İhtiyaca yönelik sistem tasarımı ve uygulaması yapılması(yeterli büyüklükte ve yüksek verimlilikte motor seçimi, yük durumuna uygun motor yol verici kullanılması vs.), ekonomik ve teknik açıdan en yüksek faydayı sağlayacaktır.

BAİBÜ Merkez Kampüs dış aydınlatma sistemlerinin enerji verimliliği incelemesinde dış aydınlatma sistemlerinde alçak ve yüksek basınçlı sodyum buharlı armatürlerin kullanıldığı görülmüştür. Ülkemizde yeni yapılan tesislerde LED aydınlatmanın kullanımı ve eski yapılarda da LED aydınlatmaya dönüş enerji verimliliği açısından önem arz etmektedir. BAİBÜ Merkez Kampüs dış aydınlatma sistemlerinde kullanılan alçak ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar yerine daha uzun ömürlü ve daha az enerji tüketen LED aydınlatma kullanılması durumunda yıllık %22 oranında bir elektrik enerjisi tasarrufu potansiyeli görülmüştür. LED aydınlatma sistemlerinin yarı iletken teknoloji kullanımına bağlı olarak enerji kalite problemlerine neden olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi takdirde LED aydınlatma sistemleri enerji tüketiminde tasarruf sağlarken enerji kalitesinde problemlere yol açabilir. Aydınlatma sistemi proje ve uygulamalarında enerji verimliliğinin ve enerji kalitesinin bir arada düşünülerek ihtiyaca yönelik aydınlatma sistem tasarımı yapılmalıdır.

Merkez Kampüs enerji kalitesi incelemelerinde; BAİBÜ Merkez Kampüsünde yer alan Mühendislik Fakültesinde karşılaşılan yüksek nötr-toprak gerilimi problemini tespiti ve çözümü için Mühendislik Fakültesinin enerji aldığı Doğu TR-3 trafo merkezinde ve Mühendislik Fakültesinde eş zamanlı olarak güç kalitesi ve enerji analizörleri ile ölçüm yapılmıştır. Doğu TR-3 trafo merkezi frekans, gerilim genliği, gerilim dengesizliği, güç faktörü, faz yüklenmeleri ve harmonikler açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler ülkemizde ve dünyada enerji kalitesi açısından standart kabul edilen sınır değerlerle karşılaştırıldığında Doğu TR-3 trafo merkezinin kaliteli bir enerjiye sahip olduğu görülmüştür. Mühendislik Fakültesi tarafında elde edilen ölçümlerde frekans, gerilim genliği, gerilim

dengelesizliği, g¼ç fakt¼r¼, gerilim ve akım harmonik ¼l¼mlerinin standartlar açısından değerlendirildiğinde sınır değerlerin altında kaldığı g¼r¼lm¼şt¼r. Enerji kalite ¼l¼mlerinde g¼r¼len kalite problemi ise fazların dengelesiz y¼klenmesi ve buna bağlı olarak n¼tr'den y¼ksek akım akmasıdır. Bununla beraber M¼hendislik Fak¼ltesinin enerji aldığı Doğu TR-3 trafo merkezinin uzak olmasına ve n¼tr kesitinin d¼ř¼k olmasına bağlı olarak n¼tr-toprak gerilimi y¼kselmektedir. Y¼ksek n¼tr-toprak gerilimini d¼ř¼rebilmek için M¼hendislik Fak¼ltesi enerji ana dağıtım panosu AG barasına aktif g¼ç filtresi bağlanmıştır. Aktif g¼ç filtresinin devreye girmesiyle fazların dengeli y¼klendiđi buna bağlı olarak n¼tr akımı ve n¼tr-toprak geriliminin d¼ř¼mesi sağlanmıştır. Burada karşılaşılan enerji kalite sorunlarının bundan sonra yapılacak tesislerde bir daha yaşanmaması için kaynak noktasının m¼mk¼n olduğunca yakın seçilmesi, n¼tr kesitinin en az faz kesitleri kadar seçilmesi, tesis içerisindeki y¼klerin fazlara dengeli bir şekilde dağıtılmasının ¼nemi ¼l¼mlerle tespit edilmiştir.

BAİB¼ Merkez Kamp¼s¼nde elektrik dağıtım sisteminde 9 adet trafo merkezinde merkezi kompanzasyon ve K¼k abonelik b¼lgesindeki trafo merkezlerinde sadece kapasitif kompanzasyon yapabilecek kompanzasyon sistemleri tesis edilmiştir. Bununla beraber yaklaşık 5 km'lik yer altı OG hattı bulunmaktadır. Eğitime ara verilen buna bağlı olarak aktif elektrik enerji t¼ketimeinin azaldığı yaz mevsiminde, sadece kapasitif kompanzasyon sistemlerinin bulunması ve yer altı OG hattının kapasitif etkisiyle birlikte kapasitif reaktif elektrik enerji t¼ketimei y¼netmeliklerin izin verdiği sınır değerleri aşabildiği g¼r¼lm¼şt¼r. Bu problemlerin yaşanmaması için bundan sonra yapılacak kompanzasyon sistemlerinde OG hattının kapasitif etkisi g¼z ¼n¼nde bulundurularak kompanzasyon hesabı yapılmalı ve hem end¼ktif hem de kapasitif kompanzasyon yapabilecek kompanzasyon sistemleri tesis edilmelidir. Enerji dağıtım b¼lgesi kompanzasyon sistemlerinin yerleşim planı trafo merkezlerinde ve ¼l¼m h¼cresinde kompanzasyon yapabilecek şekilde projelendirilmelidir. G¼n geçtikçe artan harmonik problemlerinin kompanzasyon sistemlerine zarar vermesini engellemek için harmonik filtre reaktif kompanzasyon sistemleri tesis edilmelidir. Enerji dağıtım sistemlerinde enerji kalite ¼l¼mleri yapılarak var olan harmonik seviyesine uygun reaktif ayar frekansı seçilmelidir.

## 6. KAYNAKLAR

- Ahonen T (2016) “Effect of Electric Motor Efficiency and Sizing on the Energy Efficiency in Pumping Systems”, 2016 18th European Conference on Power Electronics and Applications(EPE’16 ECCE Europe).
- Alawasa MK (2017) “Harmonics Assessment and Analysis at Low Voltage Networks – Case Study: Mutah University Campus (Engineering Building)” The 10th Jordan International Electrical and Electronics Engineering Conference (JIEEEEC).
- Alkan Ö (2019) Elektrik Enerji Kalitesi Bakımından Bir Sağlık Tesisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Baykal R (2011) Asenkron Motorlar Üzerine Enerji Verimliliği Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Bitim M (2012) Niğde İli Merkezinde Bulunan Dağıtım Trafolarının Enerji Kalitesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Byun J (2018) “Design and Implementation of an Energy-Saving Lighting Control System Considering User Satisfaction”, IEEE Transactions on Consumer Electronics.
- Chenyi L (2018) “Research of Comprehensive Application of Intelligent Low-Voltage Power Distribution Units in Improving Power Quality” 2018 China International Conference on Electricity Distribution (CICED).
- Chiandone M (2019) “Real-Time Monitoring And Control System For Trieste University Campus Electrical Distribution Grid” 2019 IEEE Milan PowerTech.
- Ciobanu I (2016) “ Analysis on The Possibility of Using Retrofit Solutions for Increasing The Energy Efficiency of Public Lighting System”, 2016 International Conference on Applied and Theoretical Electricity(ICATE).
- Çetinkaya E (2012) Binalarda Enerji Verimliliğinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- EMO, Aydınlatma- Yol Aydınlatması ile İlgili Tablolar, <http://www.emo.org.tr>
- Gemci A (2018) Kahramanmaraş Şehir Merkezi Dağıtım Şebekesinin Enerji Kalitesi Yönünden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

- Kavitha V (2017) “Investigation of Power Issues and Its Solution for Distributed Power System” 2017 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT).
- Krishnamoorthy S (2015) “ Evaluation of Transformer Loadind and Energy Loss for Increasing Energy Efficiency in Distribution System”, 2015 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics,Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON).
- Maraşlıoğlu B (2018) Open-End İplik Tesislerinde Enerji Kalitesinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Ogunjuyigbe ASO (2017) “Effect Of Lamp Technologies On The Power Quality Of Electrical Distribution Network” 2017 IEEE Pes PowerAfrica.
- Papadopoulos TA (2016) “Study of electricity load profiles in university campuses: The case study of Democritus University of Thrace” Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MedPower 2016)
- Robescu D (2014) “Power Quality and Energy Efficiency Analysis in a Wastewater Treatment Plant” 2014 16th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP).
- Ruviaro A (2018) “Energy Efficiency Studies in a Brazilian University Campus” 2018 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exhibition - Latin America (T&D-LA).
- Rüstemli S (2013) “Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu”, BEU Journal of Science, 2(1), 30-38, 2013.
- Sangeetha N (2018) “Development of SCADA Automation System as a Testing Platform at HSC(Indian Institute of Science) Campus” Proceedings of the International Conference on Inventive Research in Computing Applications(ICIRCA 2018)
- Sarı M (2017) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Kampüsünün Enerji Kalitesinin İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Singh R (2010) “Energy Loss Due to Harmonics in Residential Campus – A Case Study” 45th International Universities Power Engineering Conference UPEC2010.
- Tulsky VN (2016) “Study And Analysis of Power Quality for an Electric Power Distribution System-Case Study: Moscow Region” 2016 IEEE NW Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (ElConRusNW).

Verme N (2018) “ Optimized Automatic Lighting Control in a Hotel Building for Energy Efficiency”, 2018 International Conference on Power Energy, Environment and Intelligent Control (PEEIC).

Zalesinska M (2016) “Comparative Study of Lighting Quality and Energy Efficiency for Various Road Lighting Situations”, 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4).

Wang J (2017) “ Analysis of Power Quality Issues of Electrified Railway” 2017 8th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT).





# **EKLER**

## 7. EKLER

### EK A. BAİBÜ Merkez Kampüs Elektrik Aboneliklerinin Tarife Analiz Tabloları

**Tablo A.1** Kök Aboneliğinin Tek Zamanlı Tarife Olması Durumunda Ödenecek Fatura Bedeli(2018)

Tek Zamanlı Tarife Analizi									
Mart	Şubat	Ocak	Birim Fiyat	0,32236	Haziran	Mayıs	Nisan	Birim Fiyat	0,332992
			Toplam Tüketim	1276773				Toplam Tüketim	1040658
			Fatura Bedeli	411580,4				Fatura Bedeli	346530,8
Temmuz			Birim Fiyat	0,332992	Ağustos			Birim Fiyat	0,379669
			Toplam Tüketim	265926				Toplam Tüketim	222649,2
			Fatura Bedeli	88551,23				Fatura Bedeli	84533
Eylül			Birim Fiyat	0,432365	Aralık	Kasım	Ekim	Birim Fiyat	0,511529
			Toplam Tüketim	238084,5				Toplam Tüketim	1329823
			Fatura Bedeli	102939				Fatura Bedeli	680243,1
Toplam Tek Zamanlı Fatura Bedeli (TL)					1.712.377				



**Tablo A.2** Kök Aboneliğinin Üç Zamanlı Tarife Olması Durumunda Ödenecek  
Fatura Bedeli(2018)

Üç Zamanlı Tarife Analizi								
			Gündüz		Puant		Gece	
Mart	Şubat	Ocak	Br.Fiyat	0,320879	Br.Fiyat	0,501834	Br.Fiyat	0,190148
			Top. Tük.	691259,25	Top. Tük.	268082,25	Top. Tük.	317431,05
			Fat. Bedeli	221810,577	Fat. Bedeli	134532,788	Fat. Bedeli	60358,8793
			Fatura Bedeli (TL)					416.702
Haziran	Mayıs	Nisan	Br.Fiyat	0,331423	Br.Fiyat	0,523144	Br.Fiyat	0,195007
			Top. Tük.	562888,2	Top. Tük.	212375,1	Top. Tük.	265394,7
			Fat. Bedeli	186554,096	Fat. Bedeli	111102,759	Fat. Bedeli	51753,8243
			Fatura Bedeli (TL)					349.410
Temmuz			Br.Fiyat	0,331423	Br.Fiyat	0,523144	Br.Fiyat	0,195007
			Top. Tük.	148353,45	Top. Tük.	50435,55	Top. Tük.	67137
			Fat. Bedeli	49167,7455	Fat. Bedeli	26385,0554	Fat. Bedeli	13092,185
			Fatura Bedeli (TL)					88.644
Ağustos			Br.Fiyat	0,383091	Br.Fiyat	0,579116	Br.Fiyat	0,227122
			Top. Tük.	117586,35	Top. Tük.	44211,75	Top. Tük.	60851,1
			Fat. Bedeli	45046,2724	Fat. Bedeli	25603,7318	Fat. Bedeli	13820,6235
			Fatura Bedeli (TL)					84.470
Eylül			Br.Fiyat	0,436266	Br.Fiyat	0,659734	Br.Fiyat	0,258461
			Top. Tük.	127429,2	Top. Tük.	47647,95	Top. Tük.	63007,35
			Fat. Bedeli	55593,0274	Fat. Bedeli	31434,9726	Fat. Bedeli	16284,9427
			Fatura Bedeli (TL)					103.312
Aralık	Kasım	Ekim	Br.Fiyat	0,516152	Br.Fiyat	0,780962	Br.Fiyat	0,305453
			Top. Tük.	731679,45	Top. Tük.	289141,05	Top. Tük.	309002,7
			Fat. Bedeli	377657,811	Fat. Bedeli	225808,173	Fat. Bedeli	94385,8017
			Fatura Bedeli (TL)					697.851
Toplam Üç Zamanlı Fatura Bedeli (TL)							1.740.393	

**Tablo A.3** Kök Aboneliğinin Tek Terimli ve Çift Terimli Tarife Olması  
Durumunda Ödenecek Fatura Bedelleri(2018)

Mart	Şubat	Ocak	Tek Terimli		Çift Terimli		Temmuz	Haziran	Mayıs	Nisan	Tek Terimli		Çift Terimli		
			Br.Fiyat	34,41	Br.Fiyat	32,236					Br.Fiyat	35,4	Br.Fiyat	33,2992	
			Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	211,789					Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	204,3	
			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı						Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı		
				439336,1577		419840,1663						462518,9767		443866,9021	
			Fatura Farkı		Fatura Farkı	19495,99136					Fatura Farkı		Fatura Farkı	18652,07462	
Ağustos															
			Tek Terimli		Çift Terimli		Eylül	Tek Terimli		Çift Terimli		Tek Terimli		Çift Terimli	
			Br.Fiyat	40,304	Br.Fiyat	37,9669		Br.Fiyat	45,82	Br.Fiyat	43,2365	Br.Fiyat	45,82	Br.Fiyat	43,2365
			Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	221,939		Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	222,048	Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	222,048
			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı	
				89736,75622		86419,47891						109101,984		104826,8128	
			Fatura Farkı		Fatura Farkı	3317,277302		Fatura Farkı		Fatura Farkı	4275,171198	Fatura Farkı		Fatura Farkı	4275,171198
Aralık															
			Tek Terimli		Çift Terimli		Yıllık Toplam Fatura Farkı(TL)	Tek Terimli		Çift Terimli		Tek Terimli		Çift Terimli	
			Br.Fiyat	54,114	Br.Fiyat	51,1529		Br.Fiyat	54,114	Br.Fiyat	51,1529	Br.Fiyat	54,114	Br.Fiyat	51,1529
			Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	215,29		Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	215,29	Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	215,29
			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı	
				719624,5159		688639,4456						719624,5159		688639,4456	
			Fatura Farkı		Fatura Farkı	30985,07034	Yıllık Toplam Fatura Farkı(TL)		76725,58483		Fatura Farkı		30985,07034		

**Tablo A.4** Doğu TR-3 Aboneliğinin Tek Zamanlı Tarife Olması Durumunda  
Ödenecek Fatura Bedeli(2018)

Tek Zamanlı Tarife Analizi											
Mart	Şubat	Ocak	Birim Fiyat	0,32236	Haziran	Mayıs	Nisan	Birim Fiyat	0,332992	Temmuz	Ağustos
			Toplam Tüketim	615825				Toplam Tüketim	510813,9		
			Fatura Bedeli	198517,347				Fatura Bedeli	170096,942		
Eylül	Ekim	Kasım	Birim Fiyat	0,432365	Aralık	Kasım	Ekim	Birim Fiyat	0,511529	Toplam Tek Zamanlı Fatura Bedeli (TL)	961.175,6
			Toplam Tüketim	183861,5				Toplam Tüketim	747017,5		
			Fatura Bedeli	79495,2774				Fatura Bedeli	382121,115		

**Tablo A.5** Doğu TR-3 Aboneliğinin Üç Zamanlı Tarife Olması Durumunda  
Ödenecek Fatura Bedeli(2018)

Üç Zamanlı Tarife Analizi								
			Gündüz		Puant		Gece	
Mart	Şubat	Ocak	Br.Fiyat	0,320879	Br.Fiyat	0,501834	Br.Fiyat	0,190148
			Top. Tük.	329309,06	Top. Tük.	126143,73	Top. Tük.	160372,22
			Fat. Bedeli	105668,362	Fat. Bedeli	63303,2126	Fat. Bedeli	30494,4569
			Fatura Bedeli(TL)					199466,0314
Haziran	Mayıs	Nisan	Br.Fiyat	0,331423	Br.Fiyat	0,523144	Br.Fiyat	0,195007
			Top. Tük.	262523,61	Top. Tük.	105956,06	Top. Tük.	142334,27
			Fat. Bedeli	87006,3624	Fat. Bedeli	55430,2771	Fat. Bedeli	27756,179
			Fatura Bedeli(TL)					170192,8184
Temmuz			Br.Fiyat	0,331423	Br.Fiyat	0,523144	Br.Fiyat	0,195007
			Top. Tük.	95359,725	Top. Tük.	39837,15	Top. Tük.	52468,29
			Fat. Bedeli	31604,4061	Fat. Bedeli	20840,566	Fat. Bedeli	10231,6838
			Fatura Bedeli(TL)					62676,65597
Ağustos			Br.Fiyat	0,383091	Br.Fiyat	0,579116	Br.Fiyat	0,227122
			Top. Tük.	87436,8	Top. Tük.	38068,335	Top. Tük.	54793,935
			Fat. Bedeli	33496,2511	Fat. Bedeli	22045,9819	Fat. Bedeli	12444,9081
			Fatura Bedeli(TL)					67987,14115
Eylül			Br.Fiyat	0,436266	Br.Fiyat	0,659734	Br.Fiyat	0,258461
			Top. Tük.	91842,795	Top. Tük.	37364,535	Top. Tük.	54654,21
			Fat. Bedeli	40067,8888	Fat. Bedeli	24650,6541	Fat. Bedeli	14125,9818
			Fatura Bedeli(TL)					78844,52471
Aralık	Kasım	Ekim	Br.Fiyat	0,516152	Br.Fiyat	0,780962	Br.Fiyat	0,305453
			Top. Tük.	410482,04	Top. Tük.	149755,19	Top. Tük.	186780,24
			Fat. Bedeli	211871,126	Fat. Bedeli	116953,113	Fat. Bedeli	57052,5846
			Fatura Bedeli(TL)					385876,8233
Toplam Üç Zamanlı Fatura Bedeli(TL)							965.043,9	

**Tablo A.6** Doğu TR-3 Aboneliğinin Tek Terimli ve Çift Terimli Tarife Olması Durumunda Ödenecek Fatura Bedelleri(2018)

Mart	Şubat	Ocak	Tek Terimli		Çift Terimli		Temmuz	Haziran	Mayıs	Nisan	Tek Terimli		Çift Terimli	
			Br.Fiyat	Güç. Bed.	Br.Fiyat	Güç. Bed.					Br.Fiyat	Güç. Bed.	Br.Fiyat	Güç. Bed.
			34,41	0	32,236	211,789					35,4	0	33,2992	204,3
			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı						Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı	
			211904,7667		203917,964						247255,3151		238306,2528	
			Fatura Farkı		7986,802725						Fatura Farkı		8949,062321	
			Tek Terimli		Çift Terimli						Tek Terimli		Çift Terimli	
			Br.Fiyat	40,304	Br.Fiyat	37,9669					Br.Fiyat	45,82	Br.Fiyat	43,2365
			Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	221,939					Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	222,048
			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı						Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı	
			63824,24809		61097,09242						84254,36684		80605,53474	
			Fatura Farkı		2727,155671						Fatura Farkı		3648,832101	
			Tek Terimli		Çift Terimli									
			Br.Fiyat	54,114	Br.Fiyat	51,1529								
			Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	215,29								
			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı						Yıllık Toplam Fatura Farkı(TL)		39771,80388	
			404243,2694		387783,3183									
			Fatura Farkı		16459,95106									

**Tablo A.7** Su Pompası Aboneliğinin Tek Zamanlı Tarife Olması Durumunda Ödenecek Fatura Bedeli(2018)

Tek Zamanlı Tarife Analizi											
Mart	Şubat	Ocak	Birim Fiyat	0,32236	Haziran	Mayıs	Nisan	Birim Fiyat	0,332992		
			Toplam Tüketim	108201,2				Toplam Tüketim	113467,5		
			Fatura Bedeli	34879,7388				Fatura Bedeli	37783,7698		
Temmuz			Birim Fiyat	0,332992	Ağustos			Birim Fiyat	0,379669		
			Toplam Tüketim	39210,28				Toplam Tüketim	33519,12		
			Fatura Bedeli	13056,7096				Fatura Bedeli	12726,1708		
Eylül			Birim Fiyat	0,432365	Aralık	Kasım	Ekim	Birim Fiyat	0,511529		
			Toplam Tüketim	31781,52				Toplam Tüketim	139964		
			Fatura Bedeli	13741,2169				Fatura Bedeli	71595,645		
Toplam Tek Zamanlı Fatura Bedeli (TL)						183.783,2					

**Tablo A.8** Su Pompası Aboneliğinin Üç Zamanlı Tarife Olması  
Durumunda Ödenecek Fatura Bedeli(2018)

Üç Zamanlı Tarife Analizi								
			Gündüz		Puant		Gece	
Mart	Şubat	Ocak	Br.Fiyat	0,320879	Br.Fiyat	0,501834	Br.Fiyat	0,190148
			Top. Tük.	33711,56	Top. Tük.	31899,8	Top. Tük.	42589,84
			Fat. Bedeli	10817,3317	Fat. Bedeli	16008,4042	Fat. Bedeli	8098,3729
			Fatura Bedeli(TL)					34924,10879
Haziran	Mayıs	Nisan	Br.Fiyat	0,331423	Br.Fiyat	0,523144	Br.Fiyat	0,195007
			Top. Tük.	37607,52	Top. Tük.	28638,28	Top. Tük.	47221,68
			Fat. Bedeli	12463,9971	Fat. Bedeli	14981,9444	Fat. Bedeli	9208,55815
			Fatura Bedeli(TL)					36654,49961
Temmuz			Br.Fiyat	0,331423	Br.Fiyat	0,523144	Br.Fiyat	0,195007
			Top. Tük.	18093,32	Top. Tük.	8479,64	Top. Tük.	12637,32
			Fat. Bedeli	5996,54239	Fat. Bedeli	4436,07279	Fat. Bedeli	2464,36586
			Fatura Bedeli(TL)					12896,98104
Ağustos			Br.Fiyat	0,383091	Br.Fiyat	0,579116	Br.Fiyat	0,227122
			Top. Tük.	17736,48	Top. Tük.	7132,68	Top. Tük.	8649,96
			Fat. Bedeli	6794,68586	Fat. Bedeli	4130,64911	Fat. Bedeli	1964,59622
			Fatura Bedeli(TL)					12889,93119
Eylül			Br.Fiyat	0,436266	Br.Fiyat	0,659734	Br.Fiyat	0,258461
			Top. Tük.	12256,8	Top. Tük.	8150,24	Top. Tük.	11374,48
			Fat. Bedeli	5347,22511	Fat. Bedeli	5376,99044	Fat. Bedeli	2939,85948
			Fatura Bedeli(TL)					13664,07502
Aralık	Kasım	Ekim	Br.Fiyat	0,516152	Br.Fiyat	0,780962	Br.Fiyat	0,305453
			Top. Tük.	62325,88	Top. Tük.	30205,92	Top. Tük.	47432,2
			Fat. Bedeli	32169,6276	Fat. Bedeli	23589,6757	Fat. Bedeli	14488,3078
			Fatura Bedeli(TL)					70247,6111
Toplam Üç Zamanlı Fatura Bedeli (TL)							181.277,2	

**Tablo A.9** Su Pompası Aboneliğinin Tek Terimli ve Çift Terimli Tarife Olması Durumunda Ödenecek Fatura Bedelleri(2018)

Mart	Şubat	Ocak	Tek Terimli		Çift Terimli		Temmuz	Haziran	Mayıs	Nisan	Tek Terimli		Çift Terimli	
			Br.Fiyat	34,41	Br.Fiyat	32,236					Br.Fiyat	35,4	Br.Fiyat	33,2992
			Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	211,789					Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	204,3
			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı						Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı	
			37231,92472		35515,10553						54046,55294		51687,62826	
			Fatura Farkı		1716,819187						Fatura Farkı		2358,924682	
			Tek Terimli		Çift Terimli						Tek Terimli		Çift Terimli	
			Br.Fiyat	40,304	Br.Fiyat	37,9669					Br.Fiyat	45,82	Br.Fiyat	43,2365
			Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	221,939					Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	222,048
			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı						Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı	
			11865,46681		11373,38771						14563,84976		13963,26489	
			Fatura Farkı		492,0791009						Fatura Farkı		600,5848637	
			Tek Terimli		Çift Terimli						Tek Terimli		Çift Terimli	
			Br.Fiyat	54,114	Br.Fiyat	51,1529					Yıllık Toplam Fatura Farkı(TL)		8647,15773	
			Güç. Bed.	0	Güç. Bed.	215,29								
			Fatura Fiyatı		Fatura Fiyatı									
			75740,53885		72261,78896									
			Fatura Farkı		3478,749896									

**EK B** Yol Aydınlatması İle İlgili Tablolar

**Tablo B.1** Farklı Yol Tipleri İçin Aydınlatma Sınıfları

Yolun Tanımı	Aydınlatma Sınıfı
Bölünmüş yollar, ekspres yollar, otoyollar, (otoyola giriş ve çıkışlar, bağlantı yolları, kavşaklar, ücret toplama alanları)	
Trafik yoğunluğu ve yolun karmaşıklık düzeyi (Not :1) ;	
Yüksek.....	M1
Orta.....	M2
Düşük.....	M3
Devlet yolu ve il yolları (tek yönlü veya iki yönlü; kavşaklar ve bağlantı noktaları ile şehir geçişleri ve çevre	

<p>yolları dahil)</p> <p>Trafik kontrolü (Not : 2) ve yol kullanıcılarının ( Not : 3) tiplerine göre ayrımı (Not : 4) ;</p> <p>Zayıf.....</p> <p>İyi.....</p>	<p>M1</p> <p>M2</p>
<p>Şehir içi ana güzergahlar (bulvarlar ve caddeler), ring yolları, dağıtıcı yollar</p> <p>Trafik kontrolü (Not : 2) ve yol kullanıcılarının ( Not : 3) tiplerine göre ayrımı (Not : 4) ;</p> <p>Zayıf.....</p> <p>İyi.....</p>	<p>M2</p> <p>M3</p>
<p>Şehir içi yollar (yerleşim alanlarına giriş çıkışın yapıldığı ana yollar ve bağlantı yolları)</p> <p>Trafik kontrolü (Not : 2) ve yol kullanıcılarının ( Not : 3) tiplerine göre ayrımı (Not : 4) ;</p> <p>Zayıf.....</p> <p>İyi.....</p>	<p>M4</p> <p>M5</p>
<p><b>Not : 1-)</b> Karmaşıklık yolun geometrik yapısını, trafik hareketlerini ve görsel çevreyi içerir. Göz önünde bulundurulması gereken faktörler ; şerit sayısı, yolun eğimi, trafik ışık ve işaretleri.</p>	
<p><b>Not : 2-)</b> Trafik kontrolü; yatay ve düşey işaretlemeler ve sinyalizasyon ile trafik mevzuatının varlığı anlamında kullanılmıştır. Bunların olmadığı yerlerde trafik kontrolü zayıf olarak adlandırılır.</p>	
<p><b>Not : 3-)</b> Kullanıcılar ; motorlu araçlar (kamyon, otobüs, otomobil vb.), bisiklet, yavaş araçlar ve yayalar.</p>	
<p><b>Not : 4-)</b> Ayrım, tahsisli yol (her bir trafik cinsinin kullanacağı şeridin kesin olarak ayrıldığı yerler, otobüs yolu, bisiklet yolu vb.)</p>	

**Tablo B.2** Değişik Aydınlatma Sınıflarına Uygulanacak Yol Aydınlatması Kriterleri

Aydınlatma sınıfı	Ortalama parlıltı (cd/m)	U <sub>0</sub>	U <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> (%)
M1	2,0	0,4	0,7	10
M2	1,5	0,4	0,7	10
M3	1,0	0,4	0,5	10
M4	0,75	0,4	-	15
M5	0,5	0,4	-	15

Burada ;

**U<sub>0</sub> : Ortalama Düzgünlük :** Yolun sağ kenarından yol genişliğinin ¼ mesafesinde bulunan bir gözlemciye göre kısmi alanların minimum parlıltısının yolun ortalama parlıltısına oranıdır.

$$(U_0 = L_{\min} / L_{ort})$$

**U<sub>1</sub> : Boyuna Düzgünlük :** Her yol şeridinin orta çizgisi üzerinde bulunan gözlemciye noktasına göre, bu orta çizgi boyunca uzanan kısmi alanlardaki minimum parlıltının maksimum parlıltıya oranıdır.

$$(U_1 = L_{\min} / L_{\max})$$

**T<sub>1</sub> : Bağlı Eşik Artışı :** Fizyolojik kamaşmanın neden olduğu görülebilirlik azalmasının ölçüsüdür. Kamaşma koşullarındaki parlıltı eşiği  $\Delta L_K$  ile kamaşma olmadığındaki  $\Delta Le$  eşik farkının  $\Delta Le$  'ye oranı olarak ifade edilir.

$$(T_1 = (\Delta L_K - \Delta Le) / \Delta Le)$$

**Tablo B.3** Yaya alanlarındaki değişik yol tipleri için ortalama aydınlık düzeyi değerleri

Yolun Tanımı	Ortalama Aydınlık Düzeyi ( lux )
Sosyo-ekonomik ve kültürel önemi yüksek olan kalabalık yaya yolları	20,0



Kalabalık yaya veya bisiklet yolları	10,0
Orta kalabalık yaya veya bisiklet yolları	7,5
Tenha yaya veya bisiklet yolları	5,0
Doğal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki تنها yaya veya bisiklet yolları	3,0
Doğal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki çok تنها yaya veya bisiklet yolları	1,5



## 8. ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Haluk YILDIZ

**Doğum Yeri ve Tarihi** : Keban\ELAZIĞ – 16.09.1990

**Lisans Üniversite** : Selçuk Üniversitesi

**Elektronik posta** :halukyildiz@ibu.edu.tr

**İletişim Adresi** : BAİBÜ Rektörlük İdari Birimler Yapı İşleri ve  
Teknik Daire Başkanlığı Merkez\BOLU