

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ETİ MADEN BİGADIÇ BOR İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜNDE**  
**BULUNAN 7 TESİSE AİT ENERJİ İZLEME OTOMASYONU**  
**SİSTEMİNİN PLC VE SCADA İLE TASARLANMASI**

**MEHMET FATİH VANLI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jüri Üyeleri :** **Dr. Öğr. Üyesi Davut AKDAŞ** (Tez Danışmanı)  
**Prof. Dr. Öğr. Murat Erhan BALCI**  
**Dr. Öğr. Üyesi Cemil KÖZKURT**

**BALIKESİR, OCAK - 2023**

## **ETİK BEYAN**

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Eti Maden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğünde Bulunan 7 Tesise Ait Enerji İzleme Otomasyonu Sisteminin Plc ve Scada İle Tasarlanması**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Mehmet Fatih VANLI**

## ÖZET

### ETİ MADEN BİGADIÇ BOR İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜNDE BULUNAN 7 TESİSE AİT ENERJİ İZLEME OTOMASYONUN PLC VE SCADA İLE TASARLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET FATİH VANLI

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ DAVUT AKDAŞ)

BALIKESİR, OCAK - 2023

Bu çalışma Eti Maden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğünde bulunan birbirinden uzak lokasyonlardaki 7 üretim tesisine ait enerji tüketim verilerinin takibinin manuel yöntemlerle yapılması, yanlış okumalardan kaynaklı hatalı verilerin işlenmesi ve karşılaşılan cezai durumların öncesindeki değerlerin takibinin yapılamaması ve farklı departmanlardaki enerji yöneticilerinin enerji merkezlerine uzak olmaları problemlerine bir çözüm üretmek amacıyla yapılmıştır. Dünyada endüstriyel tesislerde enerji yönetim sistemleri bu çalışmaya benzer metotlarla IBM-SPSS veya PLS-SEM gibi veri analiz yazılımları ile modellenmekte ve tek bir merkezden yönetilebilmektedir. Bu çalışmada uygulanan yöntem ise bir SCADA sisteminde toplanan verilerin PLC (Programmable Logic Controller) ünitesine aktarılması ve bu sistemde takibinin ve raporlanmasının yapılması şeklinde tasarlanmıştır. Veriler enerji analizörleri vasıtasıyla MODBUS RS485 haberleşme protokolü kullanılarak merkezi bir SCADA sisteminde toplanmıştır. Bir sonraki aşamada enerji analizöründeki bilgiler PLC (Programmable Logic Controller) ünitesine aktarılmıştır. Sistem sayesinde tesislerin şebekeden çektiği aktif güç için detaylı grafiklendirmeler yapılarak aktif güç analizinin yapılması sağlanmıştır. Böylelikle lokasyon olarak birbirinden uzak ve ulaşımı zor tesislerin elektrik enerjisi verileri tek bir merkezde toplanmış ve enerji süreçleri yönetilebilir hale getirilmiştir. Uygulama sonrası manuel okumalardan kaynaklı sorunlar ortadan kalkmış, tüketilen elektrik enerjisine ait kritik veriler tek merkezden kontrol edilebilir hale getirilmiş ve farklı lokasyonlardaki enerji yöneticilerinin enerji izleme sistemine kolay bir şekilde erişebilmesi sağlanmıştır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Enerji, Scada, Modbus, Plc

Bilim Kod / Kodları : 90513/90523/90502

Sayfa Sayısı : 57

## **ABSTRACT**

### **DESIGNING THE ENERGY MONITORING AUTOMATION WITH PLC AND SCADA OF 7 FACILITIES IN ETI MINE BIGADIC BORON OPERATING DIRECTORATE**

**MSC THESIS**

**MEHMET FATİH VANLI**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. DAVUT AKDAŞ )**

**BALIKESİR, JANUARY - 2023**

In this study is a solution to the problems of following up the energy consumption data of 7 production facilities in remote locations in Eti Mine Bigadic Boron Operations Directorate with manual methods, processing erroneous data due to incorrect readings, not being able to follow up the values before the penal cases encountered, and the energy managers in different departments being far from the energy centers. Energy management systems in industrial use in the world are modeled with data analysis software such as IBM-SPSS or PLS-SEM with methods similar to this study and can be managed from a single center. The method applied in this study is designed to transfer the data collected in a SCADA system to the PLC (Programmable Logic Controller) unit and to follow up and report it in this system. Data were collected in a central SCADA system using the MODBUS RS 485 communication protocol by means of energy analyzers. In the next step, information in the energy analyzer was transferred to the PLC unit. Thanks to the system, detailed graphics were made for the active power drawn by the facilities from the network, and active power analysis was provided. Thus, the electrical energy data of the facilities that are far from each other and difficult to reach in terms of location have been collected in a single center and energy processes have been made manageable. After the application the problems caused by manual readings have disappeared, critical data of the consumed electrical energy can be controlled from a single center and energy managers in different locations have easy access to the energy monitoring system.

**KEYWORDS:** Energy, Scada, Modbus, Plc

Science Code / Codes : 90513/90523/90502

Page Number : 57

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>KISALTMA LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Çalışmanın Yapıldığı İşletme .....	3
1.2 Çalışmanın Amacı.....	4
<b>2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ÖNEMİ</b> .....	<b>5</b>
2.1 Dünyada Elektrik Enerjisi.....	5
2.2 Türkiye’de Elektrik Enerjisi .....	8
2.3 Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği .....	9
2.4 Enerji Yönetiminde Ölçme .....	9
<b>3. TASARIMDA KULLANILAN HABERLEŞME ALTYAPISI</b> .....	<b>11</b>
3.1 Haberleşme Protokolleri .....	11
3.1.1 Haberleşmede Fiber Optik Sistemler .....	11
3.1.2 Profibus Haberleşme Protokolü .....	14
3.1.3 Modbus Haberleşme Protokolü.....	15
3.1.4 Canbus Haberleşme Protokolü.....	19
3.1.5 Profinet Haberleşme Protokolü.....	20
3.2 Haberleşme Topolojileri .....	21
3.2.1 Yıldız Topoloji ( Star Topology) .....	21
3.2.2 Yol Topoloji (Bus Topology) .....	22
3.2.3 Halka Topoloji (Ring Topology) .....	23
3.2.4 Örgü Topolojisi (Mesh Topology).....	24
<b>4. TASARIMIN DONANIM VE YAZILIM YAPISI</b> .....	<b>25</b>
4.1 Enerji Analizörü.....	26
4.2 Akım Trafosu .....	29
4.2.1 Akım Trafosu Yapısı.....	31
4.3 Ethernet-Fiber Dönüştürücü.....	31
4.4 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) Sistemi.....	33
4.5 PLC (Programmable Logic Controller) .....	35
<b>5. DEĞERLENDİRMELER</b> .....	<b>38</b>
5.1 Uzak Lokasyonlar Arası Cihazların Haberleşmesi .....	38
5.2 Enerji Analizörü ve Akım Trafosu Montajları.....	39
5.3 Verilerin Tek Merkezde Toplanması ve Çıktıları.....	40
5.4 Gelecekte Yapılması Gerekenler .....	41

5.5 Sonuç.....	42
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>44</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>49</b>
EK A: Wintr SCADA modbus haberleşme .....	49
EK B: Modbus–Ethernet Converter Ayarları .....	50
EK C: SCADA Tag Listesi .....	53
EK D: SCADA sayfaları .....	54
EK E: PLC Programı .....	56
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>57</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 1.1: Üç farklı senaryoda küresel karbon emisyonu tahminleri[2].....	1
Şekil 1.2: Eti Maden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü tesisleri görünümü. ....	3
Şekil 2.1: Temel olarak enerji kaynaklarının gruplandırması[10]. ....	5
Şekil 2.2: Üç farklı senaryoda büyük ülkelere göre nihai elektrik enerjisi tüketimleri[2]....	7
Şekil 2.3: Enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimleri[2]. ....	7
Şekil 3.1: Optik haberleşme sistemlerinde kaynağa ait model[19].....	12
Şekil 3.2: Optik haberleşme sistemlerinde hedefe ait model [19]. ....	12
Şekil 3.3: Fiberin temel yapısı[22].....	14
Şekil 3.4: PROFIBUS protokol yapısının OSI referans modeline göre gösterimi[23]. ....	15
Şekil 3.5: Modbus veri yapısı modeli[24].....	16
Şekil 3.6: Modbus TCP veri yapısı modeli[25]. ....	17
Şekil 3.7: MPR53 serisi enerji analizörü seri bağlantı şeması[27]. ....	18
Şekil 3.8: CAN protokol katmanları[32].....	19
Şekil 3.9: PROFINET katmanlı mimarisi[34]. ....	21
Şekil 3.10: Yıldız topoloji.....	22
Şekil 3.11: Yol topolojisi. ....	23
Şekil 3.12: Halka topoloji. ....	23
Şekil 3.13: Örgü topoloji.....	24
Şekil 4.1: Çalışmada kullanılan fiziksel topoloji. ....	26
Şekil 4.2: Çalışmada kullanılan enerji analizörü[27].....	27
Şekil 4.3: Enerji analizörü bağlantı şeması. ....	28
Şekil 4.4: Çalışmada kullanılan akım trafosu. ....	30
Şekil 4.5: Akım trafosu iç yapısı.....	30
Şekil 4.6: Akım trafosu çalışma prensibi. ....	31
Şekil 4.7: Ethernet fiber dönüştürücü ile haberleşme. ....	32
Şekil 4.8: Wintr SCADA özellikleri[44].....	34
Şekil 4.9: Sistem SCADA ana ekran. ....	34
Şekil 4.10: Grafik Trend Sayfası.....	35
Şekil 4.11: Günlük Aylık Totalizör Sayfası.....	35
Şekil 4.12: PLC'nin temel yapısı[45]. ....	36
Şekil 4.13: Çalışmada kullanılan PLC .....	36
Şekil 4.14: Wintr-S71200 PLC haberleşmesi .....	37
Şekil 5.1: Uzak istasyonlar arası haberleşme istatistikleri. ....	38
Şekil 5.2: Enerji analizörü ile akım trafolarının montajları. ....	39
Şekil 5.3: Konsantratör 1 tesisi aktif ve reaktif güç değerleri grafiği. ....	41
Şekil 5.4: Konsantratör 4 tesisi 5 saniyelik periyotta aktif güç grafiği. ....	41
Şekil A.1: Modbus haberleşme adresleri. ....	49
Şekil B.2: Modbus seri protokol ayarları. ....	50
Şekil B.3: Modbus ethernet network ayarları. ....	51
Şekil B.4: Modbus routing ayarları.....	51
Şekil B.5: Modbus ethernet network ayarları. ....	51
Şekil B.6: Modbus SNMP agent ayarları.....	52
Şekil C.1: SCADA tag listesi.....	53
Şekil C.2: SCADA tag listesi.....	54
Şekil D.1: Tüketim totalizör sayfası. ....	54

<b>Şekil D.2:</b> Anlık izleme sayfası.....	55
<b>Şekil D.3:</b> Grafik trend sayfası.....	55
<b>Şekil E.1:</b> Modbustan gelen W cinsinden verilerin kW cinsine çevrilmesi.....	56
<b>Şekil E.2:</b> Anlık verilerin totalize edilmesi.....	56



## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 3.1:</b> Türkiye’de yıllara göre fiber altyapı uzunluğu(km)[21]. .....	14
<b>Tablo 3.2:</b> Modbus protokol çerçevesindeki fonksiyon kodları [31] .....	18
<b>Tablo 3.3:</b> PROFIBUS-MODBUS-CANBUS haberleşme protokolleri karşılaştırması[34] .....	19
<b>Tablo 4.1:</b> Sistem merkezinin tesislere uzaklıkları.....	25
<b>Tablo 4.2:</b> Enerji analizörü Modbus register tablosu[27].....	28
<b>Tablo 4.3:</b> Enerji analizörlerinin ölçebildiği veriler[37].....	29

## KISALTMA LİSTESİ

<b>ADU</b>	: Application Data Units
<b>APS</b>	: Announced Pledges Scenario
<b>CAT6</b>	: Category 6
<b>CRC</b>	: Cyclic Redundancy Check
<b>DP</b>	: Decentralized Periphery
<b>DPU</b>	: Protocol Data Unit
<b>EPDK</b>	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
<b>FMS</b>	: Fieldbus Message Specification
<b>GSYİH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>IEC</b>	: International Electrotechnical Commission
<b>IEA</b>	: Uluslararası Enerji Ajansı
<b>IP</b>	: Internet Protocol
<b>LAN</b>	: Local Area Network
<b>OPC</b>	: Open Platform Communications
<b>OSI</b>	: Open System Interconnection
<b>PA</b>	: Process Automation
<b>PLC</b>	: Programmable Logic Controller
<b>RTU</b>	: Remote Terminal Unit
<b>SAP</b>	: System Analysis Program
<b>SCADA</b>	: Supervisory Control And Data Acquisition
<b>STEPS</b>	: Stated Policies Scenario
<b>TCP</b>	: Transmission Control Protocol
<b>TEP</b>	: Toplam Eşdeğer Petrol
<b>TWh</b>	: Tera Watt Saat
<b>WEO</b>	: Dünya Enerji Görünümü

## **ÖNSÖZ**

Yüksek lisans tez çalışmalarım süresince, bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Davut AKDAŞ'a, en derin saygılarımla teşekkür ederim.

Tecrübesiyle çalışmalarına her zaman katkı sunan ve daima yanımda olan kardeşim Makine Mühendisi Orhan Murat VANLI' ya ayrıca teşekkür ederim.

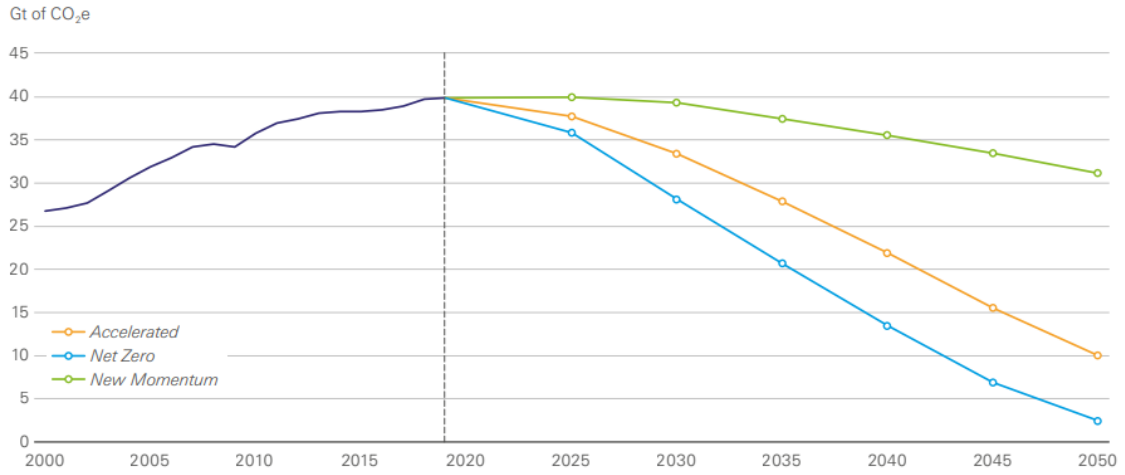
Çalışmama imkân sağlayan severek görev yaptığım kurumum Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne ve değerli yöneticilerime sonsuz teşekkür ederim.

**Balıkesir, 2023**

**Mehmet Fatih VANLI**

# 1. GİRİŞ

Günümüzde elektrik enerjisi üretebilmek için bir çok kaynak ve yöntem bulunmakta bir çok farklı uygulama karşımıza çıkmaktadır. Azalan kaynaklar, kaynağa ulaşmakta yaşanan zorluklar ve üretimin çevreye olan etkisi gibi sebepler daha elektrik enerjisi üretirken bile ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin 7. maddesine göre “2030 yılına kadar erişilebilir enerjiye herkesin kavuşmasını sağlamak için temiz enerji kaynaklarına yatırım yapmak, maliyet etkin standartların benimsenmesiyle binalarda ve sanayide elektrik tüketimini azaltmak, gelişmekte olan ülkelerin tümünde temiz enerji sağlayacak altyapıyı genişletmek ve teknolojinin yükseltilmesiyle büyümeyi teşvik etmek ve çevreye katkıda bulunmak” hedeflenmektedir[1].



**Şekil 1.1:** Üç farklı senaryoda küresel karbon emisyonu tahminleri[2].

Küresel iklim krizinin etkilerini azaltabilmek için ülkeler 2050 yılına kadar sıfır karbon emisyonu gibi radikal bir hedef belirlemişlerdir. Ülkeler karbon emisyon hedeflerini büyüme hedefleri ile beraber değerlendirdiklerinde ise ortaya büyük bir enerjiyi yönetme problemi ortaya çıkmaktadır. Örnek verecek olursak; çalışmanın yapıldığı Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nün üretimini yaptığı borik asit ürününün üretiminde maliyet girdisinin %56 gibi önemli bir yüzdesini enerji oluşturmaktadır. Kurumun büyüme hedeflerini göz önüne aldığımızda bu rakamın 2024 yılında %70'i geçeceği öngörülmektedir. Karbon emisyonu hedefi ile büyüme hedefini bir arada gerçekleminin ancak doğru bir enerji yönetimi politikası ve sistemi ile ulaşılabileceği düşünülmektedir.

Literatür taraması yapıldığında dağıtık sistemler arası böyle bir çalışma yapılmadığı ancak bu çalışmaya benzer lokal çalışmaların olduğu görülmüştür. Bayındır ve arkadaşları tıpkı bu çalışmadaki gibi endüstriyel bir tesiste elektrik enerjisi izleme sistemini lokal bazlı

gerçekleşmişlerdir. Çalışma 500 kW, 50 makineye sahip tek bir tesis için yapılmıştır[3]. Siddique ve arkadaşları Bangladeş'te kağıt endüstrisinde üretim yapan bir işletmede yaptıkları çalışmada enerji yönetim sistemlerinin enerji verimliliğini % 4-5 oranında artırabileceğini ortaya koymuşlardır. Çalışmada sadece elektrik enerjisi değil iklimlendirme, basınçlı hava tesisatı, katı yakıtlı kazan sistemleri gibi sistemlerde incelenmiştir[4]. Tıpkı kağıt endüstrisinde olduğu gibi bu çalışmanın yapıldığı işletmenin faaliyet alanı olan madencilik endüstrisinde de enerji yoğunluğu oldukça yüksektir. Bu çalışmaya benzer metotla Songur ve arkadaşları su dağıtım şebekelerindeki kayıpların önlenmesi için bir SCADA sistemi tasarlamışlar ve olumlu sonuçlar almışlardır. Elektrik enerjisi olmasa da su gibi önemli bir kaynakta yaptıkları izleme çalışması ile verimliliği sağlamışlardır[5]. Aurilio ve arkadaşları elektrik güç şebekesini uzaktan yönetebilmek için farklı bir yaklaşımla Raspberry Pi ile çalışan bir yazılımla elektrik güç şebekesini izlemişlerdir[6]. Üstündağ ve arkadaşları bu çalışmaya benzer bir şekilde PLC ve SCADA kullanarak bir üretim sistemi otomasyonu gerçekleştirmişlerdir[7]. Üstünsoy ve Sayan ise laboratuvar ortamında SCADA ile enerji yönetimine dair küçük ölçekli bir çalışma yapmışlar ve deneysel sonuçlar elde etmişlerdir[8].

Günümüzde işletmeler enerji verimliliği konusunu gündemlerine almış olsalar da bu konuya halen gereken önem verilmemektedir. Önümüzdeki yıllarda organize sanayi bölgeleri gibi yoğun elektrik enerjisi tüketimi olan alanlarda enerji izleme sistemlerinin kurulumu yasal bir zorunluluk haline gelecek ve tüm işletmeler kendi enerji izleme sistemlerini kuracaklardır.

Bu çalışmanın yapıldığı Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğünde tüm tesislerin elektrik enerjisi verileri manuel yöntemlerle takip edilmektedir. Üretim tesisleri lokasyonları birbirinden uzak ve dağıtık bir yapıdadır. Bu sebepten dolayı enerji tüketim verileri ancak aylık bazda alınmaktadır. Her ay sonunda okuma yapılan andaki endeks ile önceki döneme ait endeks arasındaki fark bir forma kaydedilmekte ve ilgili aydaki tüketim miktarı bu forma göre takip edilmektedir. Aylık bazda yapılan bu okuma yöntemi aydan aya bir değer sunabildiği için verimsiz ve analizi zor bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca mevcut yapıda insana dayalı manuel bir sistemden dolayı zaman zaman hatalı veriler alınabilmekte, bu durum zincirleme birçok soruna yol açabilmekte ve cezai durumlara sebebiyet verebilmektedir. Bu problemlere çözüm olabilecek sistemin tek bir merkezden gerçek zamanlı izlemeye olanak verebilecek; saatlik, günlük, haftalık gibi farklı periyotlarda rapor verebilecek, ayrıntılı

analiz kabiliyeti ve geleceğe dair bir projeksiyon sunabilecek bir sistem olması gerekmektedir.

## 1.1 Çalışmanın Yapıldığı İşletme

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne bağlı Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü kuruma ait 4 işletmeden biridir. 1976 yılında kurulan işletme ilk yıllarda bor madeni madenciliği faaliyetleri yapmıştır. 1980 yılında 1. konsantratör tesisinin kurulması ile konsantre bor üretimine başlamıştır. 1980, 1985 ve 2007 yıllarında konsantratör tesisi yatırımlarına devam eden işletme 1998 yılından itibaren öğütülmüş kolemanit ve öğütülmüş üleksit üretebilmek için 3 büyük öğütme tesisi kurmuştur. 2015 yılında devreye aldığı homojenlendirme tesisi ile öğütülmüş ürün zenginleştirilmeye başlanmıştır. İşletmeye ait 4 bölgede açık ocak madenciliği yöntemiyle kolemanit ve üleksit minerali çıkarılmaktadır. Konsantratör, öğütme ve homojenlendirme tesisleri ile 79 ülkeye ihracat yapan işletme 2023 yılında devreye almaya planladığı granül gübre tesisi ile ürün çeşitliliğini artırmayı planlamaktadır. 1450 çalışanı 15.041.142 metrekare arazideki 9 fabrikası ile üretim yapan işletme, ülkemiz için çok önemli olan bor cevheri üretimi için faaliyetlerine aralıksız devam etmektedir[9].



**Şekil 1.2:** Eti Maden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü tesisleri görünümü.

Şekil 1.2’de görüleceği üzere işletmede tesisler gruplanmış bir şekilde yerleşmiştir. İşletmede 3 adet büyük açık ocak bulunmaktadır. Bor cevheri bu açık ocaklardan çıkarıldıktan sonra konsantratör tesislerinde işlenmekte ve öğütme ve homojenlendirme

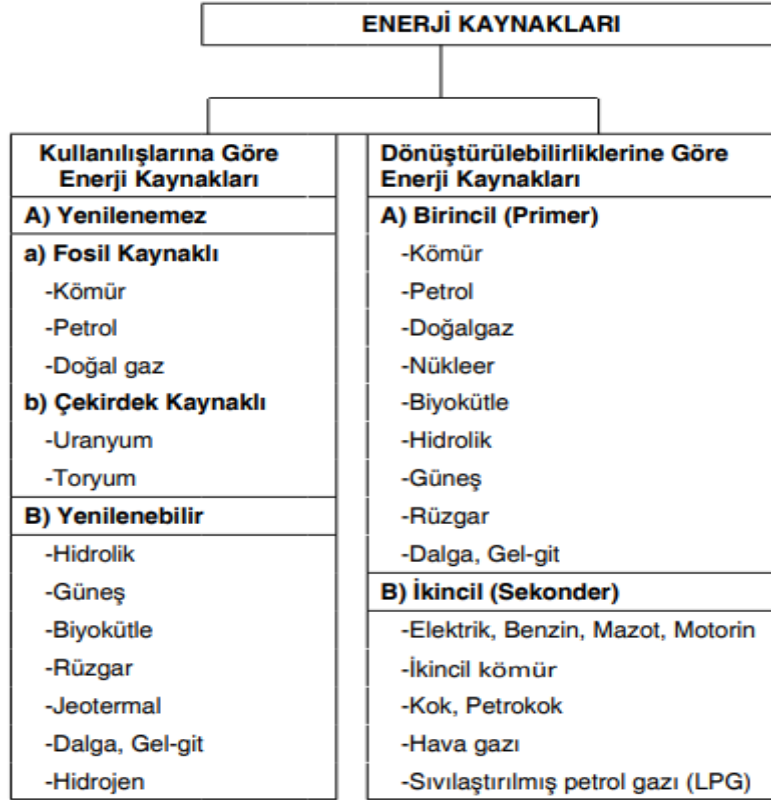
tesislerin olduğu bölgeye taşınmaktadır. Ayrıca yeni tesis yatırımları da öğütme tesisleri bölgesine yerleşmektedir. Bu durumdan dolayı çalışmaya merkez oluşturacak sistem bu bölgeye kurulmuştur. Birbirinden bu kadar uzak tesisleri haberleştirebilmek için fiber optik altyapı kullanılmıştır.

## **1.2 Çalışmanın Amacı**

Bu çalışma Eti Maden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğünde bulunan tesislere ait elektrik enerjisi süreçlerinin izlenebilmesi ve takip altına alınması için tasarlanmıştır. İşletme yapısı gereği birbirinden uzak lokasyonlar bulunmaktadır. Uzak lokasyonların elektrik enerjisi sorumlusu teknik personeller de o lokasyonlarda çalıştıklarından her lokasyon kendi sorumluluk altındaki üniteleri değerlendirebilmektedir. Bu durum süreçlerin yönetiminde sorunlara yol açmaktadır. Öyle bir çalışma yapılacak ki hem tüm enerji verileri tek bir merkezde toplanacak hem de tüm lokasyonlar bu verilere kolay bir şekilde erişebilecektir. Bu motivasyon ile yapılan bu çalışma enerji verimliliği başta olmak üzere enerji yönetimi, enerji analizi, yatırım planlaması gibi önemli bazı konular için değerli sonuçlar ortaya koymuştur.

## 2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ÖNEMİ

Enerji, farklı çeşitlerde (elektrik, ışık, manyetik, potansiyel, kinetik, termal, ışınım, ses) bulunan, birbirlerine çevrilebilen, farklı tiplerde gruplandırılabilen kısaca iş meydana getirebilme kabiliyeti olarak tanımlanan bir kavramdır. Enerji kaynakları genel olarak kullanıldıkları yere göre ve çevrilebilirliklerine göre gruplandırılmaktadırlar. Kullanıldıkları yere göre yapılan gruplandırmaya göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenmez; çevrilebilirliklerine göre ise birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır[10].



**Şekil 2.1:** Temel olarak enerji kaynaklarının gruplandırması[10].

### 2.1 Dünyada Elektrik Enerjisi

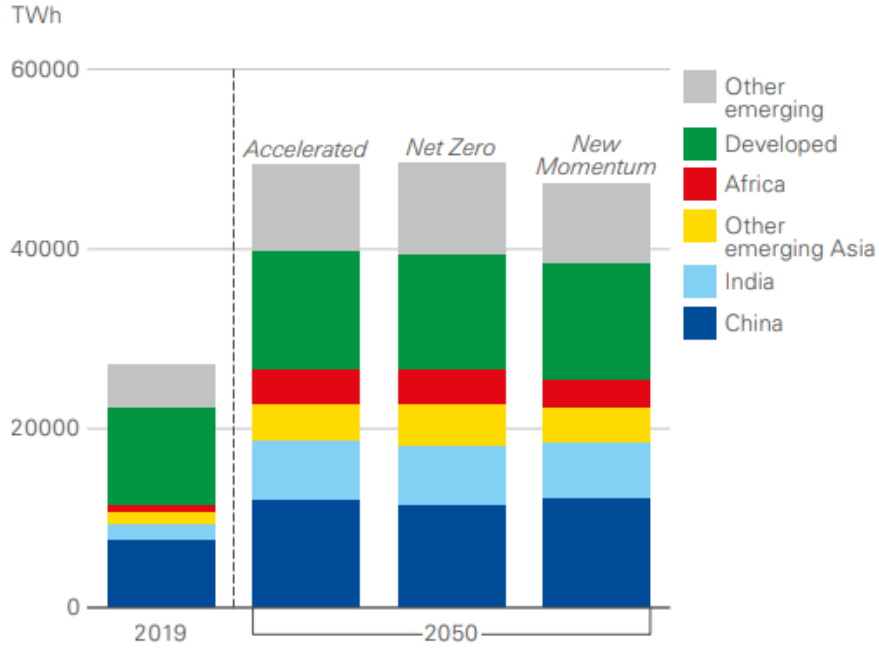
Enerji neredeyse yaşamın tümü için gerekli olan, olmazsa ya da azalırse ciddi sonuçlar doğurabilecek potansiyele sahip bir kavramdır. Bu sebeple çoğu ülke enerjiye ulaşabilmek için her yolu denemekte, var olan kaynaklarını kullanmada dikkatli davranmakta ve yeni kaynaklar aramak için yoğun çaba göstermektedir. Ülkemizde dahil olmak üzere bir çok ülke 2050 yılına kadar net sıfır emisyon hedefine ulaşabilmek için bir çok politika ortaya koymuştur.



Uluslararası Enerji Ajansı(IEA) tarafından Dünya Enerji Görünümü 2022 (WEO) raporuna göre 2050 yılına kadar karbon sıfır hedefini başarabilmek için, temiz enerji odaklı projelerin 1.3 trilyon ABD doları olan maliyetinin 2030 yılına kadar 4 trilyon ABD dolarına çıkması gerekmektedir. Stated Policies Scenario (STEPS) senaryosuna göre küresel elektrik enerjisi talebi 2030 yılına kadar 5900 terawatt-saat(TWh), bir başka politika olan Announced Pledges Scenario (APS) senaryosuna göre 7000 TWh artacağı öngörülmektedir. Bu rakamlar Amerike Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği ülkelerindeki mevcut talep seviyesine neredeyse eşdeğerdir[11].

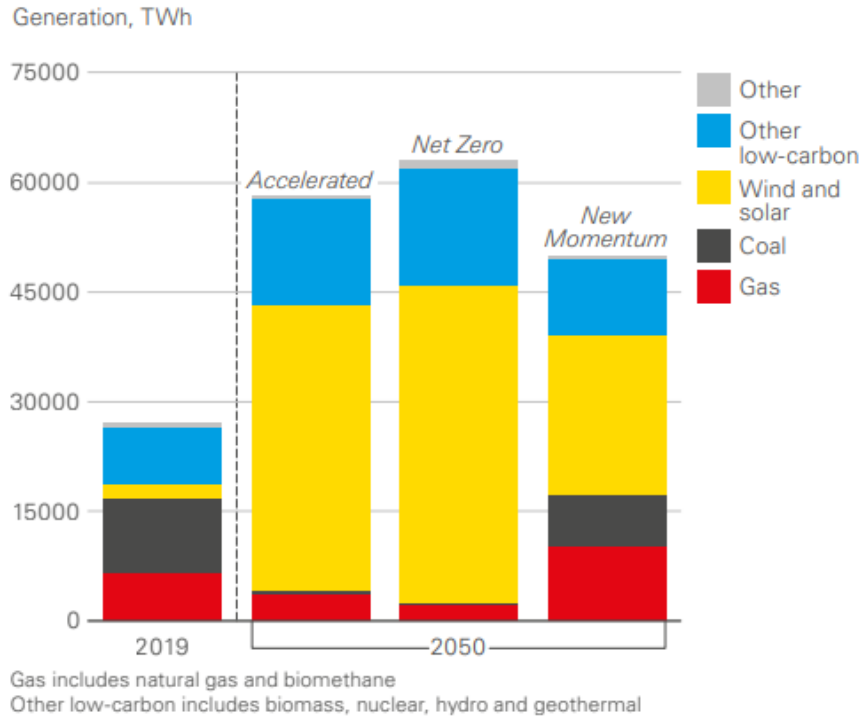
Dünya elektrik enerjisi sektöründe son zamanlarda kömür kullanımı birçok ülkede artış göstermiştir. Bu güçlü talebin en büyük sebepleri doğalgaz fiyatları ve enerji arz güvenliği konuları olsa da bu durumun geçici olduğu düşünülmektedir. STEPS senaryosunda yenilenebilir enerjide güneş ve rüzgarın etkisiyle %36 olan bu oran 2021’de %26, 2030’da %12’ye düşeceği öngörülmektedir. APS senaryosuna göre temiz enerjiye geçiş kapsamında yenilenebilir enerji 2021’de %28 iken 2030’da %50’ye 2050’de %80 seviyesine yükselecektir. Rapora göre 2021 yılında dünya enerji sektörünün yaşamış olduğu satın alınabilirlik ve güvenlik sorunlarından kaynaklanan bir dizi zorluk 2022 yılında küresel ortalama elektrik tedarik maliyetini %30 oranında artırmıştır[11].

Dünya enerji görünümü için önemli bir rapor olan Birleşik Krallık merkezli uluslararası Petro şirketi British Petrol 2022 Enerji Görünümü raporuna göre küresel enerji talebi çok güçlü bir şekilde artmaktadır. Rapor enerji görünümü 3 ana senaryoda incelemiştir.



**Şekil 2.2:** Üç farklı senaryoda büyük ülkelere göre nihai elektrik enerjisi tüketimleri[2].

Şekil 2.2' den de görüleceği üzere gelişmekte olan ülkelerde 2050 yılında refah seviyesi ve elektrifikasyon etkisi ile güçlü bir talep artışı beklenmektedir. Accelerated ve Net Zero senaryosunda %80, New Momentum senaryosunda %75 oranında talepte artış olabileceği görülmektedir.



**Şekil 2.3:** Enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimleri[2].

Şekil 2.3' den de görüleceği üzere küresel elektrik enerjisi üretimlerinde güneş ve rüzgar enerjisi 2050 yılında sisteme hakim bir duruma gelecektir. 3 farklı senaryodaki artışın da yaklaşık %85 olacağı beklenmektedir. 2050 yılına kadar rüzgar ve güneş enerjisi küresel pazarın % 70'ini oluşturacaktır[2].

## 2.2 Türkiye'de Elektrik Enerjisi

Kayar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ülkemizin 1960-2019 yılları arasında elektrik enerjisi tüketiminin sürekli olarak artış gösterdiği ve küresel elektrik enerjisi isteğinin 2035 yılına kadar %30 daha fazla olacağı değerlendirilmiştir[12]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2019 yılında yayınlanan raporuna göre, 2019-2039 döneminde Türkiye elektrik enerjisi talep projeksiyonu sonuçlarının yıllık bazda talep ve değişim oranları tablosuna göre 2030 yılında Türkiye'nin elektrik enerjisi talebi üç farklı senaryoda tahmin edilmiş ve Senaryo 1'e göre 453 TWh, Senaryo 2'ye göre 481.7 TWh, Senaryo 3'e göre 515,4 TWh olarak öngörülmüştür[13]. Ülkemizin 2053 yılına kadar sıfır karbon hedefini 2021 yılının Ekim ayında alınan Paris Anlaşması kararı kapsamında taahhüt etmesi bile enerjiyi üretirken ülkemizi yenilenebilir kaynaklara yöneltmiş ve yatırımlarını bu kaynaklara ayırmaya zorlamıştır. Üretimi bu kadar stratejik ve meşakkatli olan elektrik enerjisini tüketirken en verimli yöntemleri kullanmak çok önemli hale gelmiştir. Elektrik enerjisi tüketimini ve buna dayalı olarak ortaya çıkan maliyetleri en aza indirebilmek için en etkin yöntem enerji yönetim ve izleme sistemlerinin mevcut işletmelere entegre edilmesi olacaktır.

Enerjinin verimli kullanılmasında çok önemli bir kavram olarak enerji yoğunluğu kavramı karşımıza çıkmaktadır. Birincil enerji miktarının Enerji yoğunluğu, GSYİH(Gayri Safi Yurtiçi Hasıla)'e oranı enerji yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır. Ülkelerin enerji ile ilgili karar alma mekanizmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bir ülkede enerjinin verimli kullanıldığına dair önemli bir gösterge olan enerji yoğunluğunun düşüklüğü, birim hasıla üretmek için gereken enerjinin de düşüklüğünü gösterir[14]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre 2020 yılında birincil enerji yoğunluğu 0.145 tep/bin 2015\$, nihai enerji yoğunluğu ise 0.112 tep/bin 2015\$ olarak tespit edilmiştir. Karşılaştırmayı 2000 yılına göre yapacak olursak birincil enerji yoğunluğunda %24,5, nihai enerji yoğunluğunda ise %24,8 oranında olumlu yönde bir ilerlemenin kaydedildiğini görebiliriz[15]. Enerji yoğunluğu ve enerji verimliliği gibi kritik kavramları ülkemiz adına daha iyi hale gelebilmesi için enerji yönetim ve izleme sistemleri çok önemlidir.

### 2.3 Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği

Enerji yönetimi; enerjinin üretiminden tüketimine kadar geçen süreçlerin dikkate alınması, tüketim sonuçlarının analiz edilmesi, tüketime dayalı enerji politikalarının oluşturulması gibi konuları ele alan detaylı bir kavramdır. Enerji yönetimi kavramı başta çevre olmak üzere iş güvenliği, yatırım politikaları, sürdürülebilirlik gibi kritik bir çok konuyu doğrudan etkilediği için her organizasyonun mutlaka göz önünde bulundurması gereken bir olgudur. Artan dünya nüfusu ve gelişmişlik düzeyi enerjinin her bir türüne olan ihtiyacı her geçen yıl artırmakta ve kaynakları verimli kullanmayı zorunluluk haline getirmektedir. Bu çalışmada her ne kadar elektrik enerjisi tüketimine yoğunlaşmışsa da benzer çalışmaların tüm enerji kaynakları özelinde yapılması kaynakların hızla azaldığı günümüzde oldukça önemlidir. Öztürk yaptığı çalışmada ülkelerin enerji verimsizlik oranlarını ülkeler bazında ortalama olarak hesaplayabilmek için bazı yöntemleri kullanmıştır. Bu kapsamda birincil enerji için %16,1 ve elektrik için %13,5' e varan ortalama verimsizlik oranları olduğunu ortaya koymuştur. Başka bir sonuca göre ise çevreye duyarlı bir yaklaşımın enerji verimliliği üzerinde bir tesiri olmadığını, salt bir şekilde yenilenebilir enerji odaklı bir enerji üretim yaklaşımının enerji verimliliğini azalttığını tespit etmiştir[16]. Öztürk'ün çalışması ile bu çalışmanın konusu olan enerji yönetim sistemini beraber değerlendirdiğimizde; enerji verimliliği için somut enerji yönetim sistemi kurulmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

### 2.4 Enerji Yönetiminde Ölçme

Peter Drucker'in ünlü deyişi olan "Ölçemediğiniz bir şeyi yönetemezsiniz" bir çok konuda olduğu gibi enerji yönetimi konusunda da oldukça önemli bir tespittir. İyi bir izleme sistemi mutlaka iyi bir ölçme metodu ile gerçekleştirilebilir. Ölçme tekniği ve kontrol ile ilgili bazı tanım ve kavramlar şunlardır[17]:

- Okunabilirlik(readability)
- En küçük değerlendirme(leas count)
- Doğruluk(accuary)
- Kesinlik(precision)
- Kalibrasyon(calibration)
- İlk ayar(primary calibration)
- Hata(error)
- Duyarlılık(sensitivity)

- Histerizis(hysteresis)
- Standart(standart)
- Boyut(size)
- Birim(unit)

Bu çalışmada ölçüm için IEC(International Electrotechnical Commission) standartlarına uygun enerji analizörleri kullanılmıştır. Cihazları IEC standartlarına uygun olması yukarıda sayılan ölçüm metodolojisindeki kavramlara göre ölçüm yaptığının bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji analizörleri bir çok uygulamada test edilmiş güvenilir, hızlı ve hassas cihazlardır. Ölçülen verinin merkeze kayıpsız bir şekilde transfer edilmesi de en az ölçüm kadar kritik bir konudur. Bu yüzden ölçüm yapılacak cihazın veriyi IEC standartlarına uygun haberleşme protokollerine göre iletiyor olmasına dikkat edilmiştir.

### **3. TASARIMDA KULLANILAN HABERLEŞEME ALTYAPISI**

Günümüzde endüstriyel cihazlar arası bir çok haberleşme sistemi bulunmaktadır. Cihazlar arası uzaklık, cihazların donanımsal ve yazılımsal durumları, fiziksel şartlar gibi bir çok unsur kullanılan sistemleri etkilemektedir. Bu çalışmada lokasyonlar arası mesafelerden dolayı fiber optik haberleşme sistemi kullanılmıştır. Ana lokasyonlar arası farklı, lokasyon içinde farklı fiber optik kablo çeşitleri kullanılmıştır. Bu tasarımda modbus haberleşme protokolü ve yıldız topoloji kullanılmıştır.

#### **3.1 Haberleşme Protokolleri**

Endüstride farklı sebeplerden dolayı birçok haberleşme protokolü bulunmaktadır. Genel olarak farklı teknolojilere sahip cihazların birbiri ile iletişim kurabilmesi için üreticiden bağımsız olarak standart hale gelmiş haberleşme protokolleri endüstride yoğun olarak kullanılmaktadır. Bunlardan en sık kullanılanları;

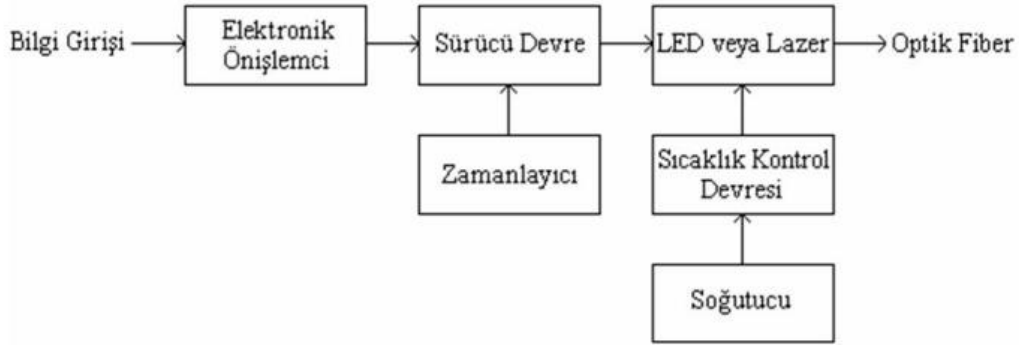
- Profibus
- Modbus
- Canbus
- Profinet

##### **3.1.1 Haberleşmede Fiber Optik Sistemler**

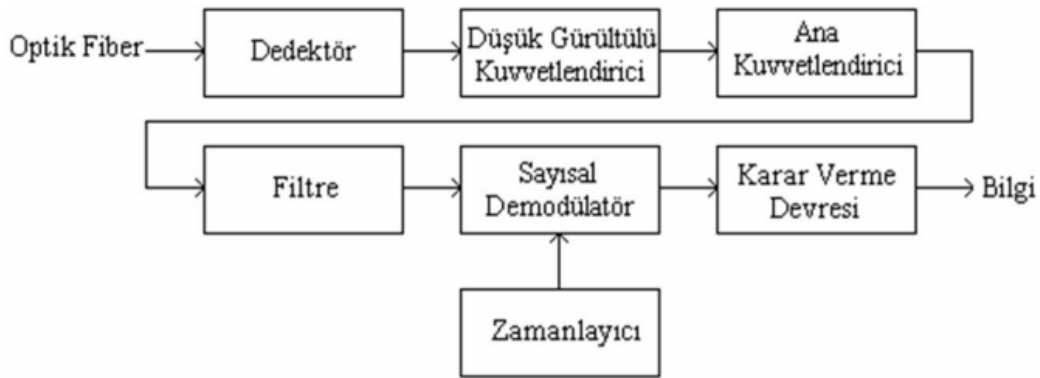
Haberleşmede fiber optik sistemleri, klasikleşmiş elektrik tabanlı ya da radyo frekansı gibi kablolu veri iletimi yerine, hat boyunca verinin ışıkla beraber taşındığı sistemler olarak tanımlayabiliriz. Fiber optik haberleşme mesafelerin birbirinden uzak olduğu bir çok uygulamada yoğun olarak kullanılmaktadır. Haberleşme sistemlerinde yoğun kullanılmasının en önemli sebebi bakıra göre oldukça az maliyetli olmasıdır. Haberleşme sistemlerinde farklı uygulamaları gerçekleştirebilmek için değişik tiplerde fiber optik kablolar üretilmektedir. Fiber optik kablolar farklı mesafeler ve farklı fiziksel koşullara göre farklı verimler gösterebilmektedir[18]. Haberleşen iki noktanın mesafesine göre single mode ve multi mode olmak üzere iki tip fiber optik kablo üretilmektedir. Uzak mesafeler için single mode kablolar kullanılırken kısa mesafelerde multi mode kablolar kullanılmaktadır. Bu çalışmada altyapısı kullanılan fiber optik hattaki kablo 24 core single mode fiber optik kablodur.

Şekil 3.1’de haberleşme sistemlerinde optik kullanıldığında kaynağın modeli görülmektedir. Veri, önce işlemci ve sürücü devresinde işlenir daha sonra kaynak olarak kullanılan lazer veya led devreden geçirilerek optik fiber hattından transfer edilir. Bu transfer yapılırken kaynağın türünden dolayı ısınma problemi ortaya çıkacaktır. Bu yüzden koruma amaçlı bir soğutma devresi kullanılması gerekecektir. Kaynakta kullanılmakta olan lazerler arsenit, alüminyum, indiyum ve galyum gibi yari iletkenlerden yapılmaktadır.

Şekil 3.2’de haberleşme sistemlerinde optik kullanıldığında hedefin modeli görülmektedir. Burada fiberden geçen veri önce dedektörden geçer, işlemcilerde işlenir ve filtrasyondan geçirilir sayısal demodülatör denilen çözücüden çıkıp kontrolcüde değerlendirilerek veri olarak alıcıya ulaşır[19].



**Şekil 3.1:** Optik haberleşme sistemlerinde kaynağa ait model[19].



**Şekil 3.2:** Optik haberleşme sistemlerinde hedefe ait model [19].

Kısaca optik haberleşme, optik kaynaktan gelen ışığın hedefe bir hat ile transfer edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Bu hattaki bilgiler cam bir malzemede ışığa dahil edilmiş bir şekilde

iletilir. Günümüzde, optik haberleşme sistemleri cam yapıyı kırılma riski ve bilgi kayıplarına karşı koruyabilmek amacıyla genellikle bir kablo formunda kullanılmaktadır. Çok ince bir yapıya sahip (ortalama insan saçı) olan fiberler kablo formuna girdiklerinde oldukça dayanıklıdır[20].

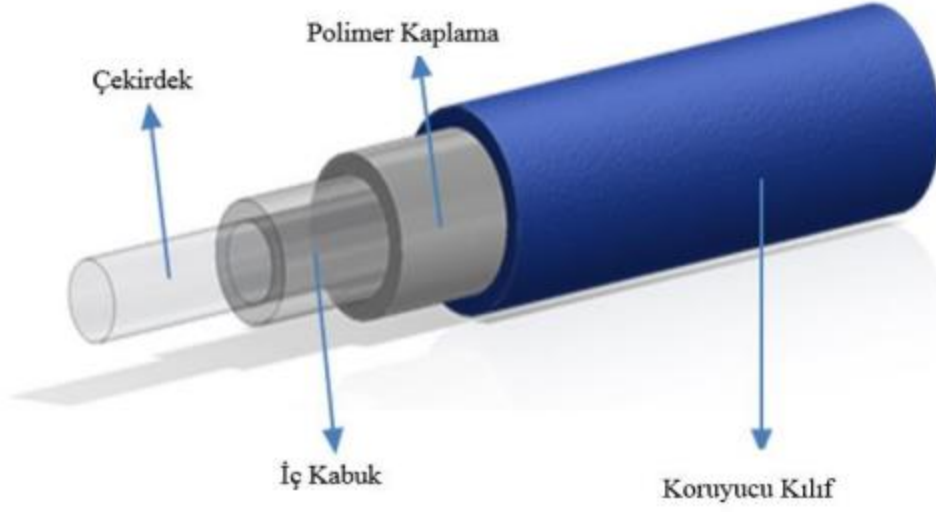
Fiber kabloların yapısını incelediğimizde 3 bölümden oluştuğunu görürüz;

- Çekirdek
- Cam Kılıf
- Plastik Gövde

Saf camdan oluşan ve ışığın içinde geçtiği ve yansıdığı bölüm çekirdektir. Çekirdeğin kesiti 8 mikrometre seviyelerine kadar inebilmektedir. Işığın yansıdıktan sonra hatta kalabilmesi için cam kılıf bulunmaktadır. Kabloyu hava koşulları, mekanik darbeler, korozyon gibi etkilerden koruyabilmek için ise plastik gövde kullanılmaktadır[21].

Günümüzde kullanıldığı hale gelene kadar bir çok fiber iletim metodu denenmiştir. Fiberin keşfedildiği ilk dönemlerde sadece çekirdek kısmından iletim denenmiş ve iletim kayıplarının fazla olduğu görülmüştür. Bu tecrübe üzerine ışığı çekirdekte tutabilecek tüm çekirdeği kaplayan çekirdek ile aynı polimer yapıya sahip malzemedan cam kılıf tasarlanmıştır. Bu yapının ışığı tutabilmesi için çekirdek kırılma katsayısının iç kabuk katsayısından daha fazla olması gerekmektedir. Bunu sağlayabilecek en efektif maddenin Germanyum olduğu keşfedilmiştir. Silikadan yapılan çekirdeğin kırılma katsayısı 1.4585'tir. Kırılma katsayısı 4.06 olan germanyumun çekirdeğe dahil edilmesi ile kırılma katsayısı çekirdeğin olduğu kısımda artırılmış olur. Bir başka yöntem olarak da iç kabuk kısmında kırılma katsayısını düşürebilecek bor gibi mineraller kullanarak iç kabuğun çekirdeğe göre daha düşük kırılma katsayılı hale getirilmesi ve optimum yansıma için kırılma katsayısı farkı oluşturulması denenmiştir[22].





**Şekil 3.3:** Fiberin temel yapısı[22].

Ülkemizde de her geçen yıl fiber optik kullanımı yaygınlaşmakta ve tercih sebebi haline gelmektedir. Aşağıdaki tabloda yıllara göre fiber altyapı uzunlukları görülmektedir[22].

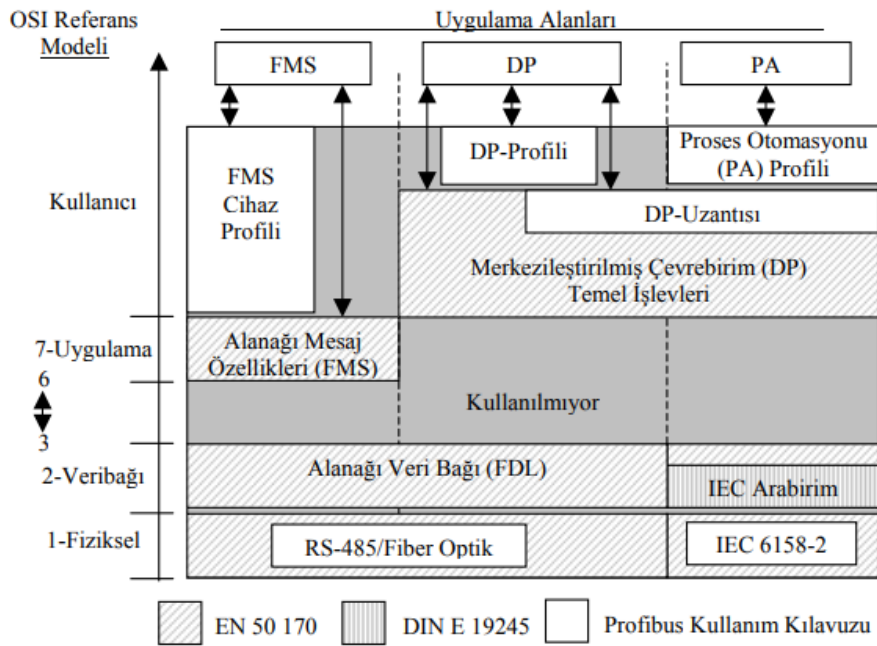
**Tablo 3.1:** Fiber optik altyapının yıllara göre değişimi[21].

YIL	Fiber Uzunluk(km)	Değişim
2010	130.000	
2011	185.223	%42
2012	210.287	%14
2013	227.413	%8
2014	244.847	%7,7
2015	268.119	%9,5
2016	290.974	%8,5
2017	324.667	%11,6
2018	355.028	%9,4
2019	390.817	%10,1
2020	424.915	%8,7
2021-3	445.219	%7,1

### 3.1.2 Profibus Haberleşme Protokolü

PROFIBUS endüstriyel kontrol sistemlerinin kullanıldığı proseslerde sıklıkla kullanılan kabul görmüş uluslararası birçok standartta tanımlanmış bir haberleşme protokolüdür. Her ne kadar kullanıma ilk girmesi Siemens markası ile olsa da bugün bir çok enstrüman,

endüstriyel kontrol sistemi ekipmanı, ölçüm ve analiz cihazları üretimi yapan firmalar tarafından müşterilerine sunulmaktadır[18]. PROFIBUS ayrıca uluslararası standartlarda tanımlanmış bir haberleşme protokolüdür. Bunlar IEC 61158 ve EN 50170 standartlarıdır. PROFIBUS, master ünite ve master üniteye bağlı birden çok slave ünitenin birbirine özel bir konnektör ile bağlı olduğu bir protokoldür. PROFIBUS farklı üreticiler tarafından üretilen cihazlarla herhangi bir arayüz kullanmadan doğrudan haberleşebilir[23]. Transfer hızının yüksek talep edildiği uygulamalar için hız performansından dolayı tercih sebebi olabilecek bu protokolün her bir cihaz için konnektör kullanma zorunluluğu dezavantajı olarak görülebilir.



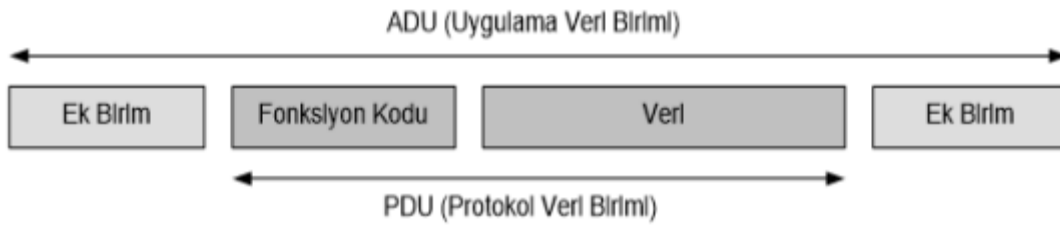
**Şekil 3.4:** PROFIBUS protokol yapısının OSI referans modeline göre gösterimi[23].

Şekil 3.4' te görüleceği üzere uygulama alanına göre FMS, DP ve PA olmak üzere üç ayrı profil bulunmaktadır. PROFIBUS ile habeleşecek cihazlar aynı profili kullanmak durumundadır. Endüstride çok kullanılmak ile beraber bu çalışmada PROFIBUS haberleşme protokolünün tercih edilmeme sebebi enerji analizörlerinin PROFIBUS haberleşme protokolünü desteklememesi ve her bir cihaz için soket maliyetinin olmasıdır.

### 3.1.3 Modbus Haberleşme Protokolü

Modbus, PLC(Programmable Logic Controller) lerin kendi aralarında veya diğer cihazlarla haberleşebilmesi için tasarlanmış temel bir haberleşme protokolüdür. 1979 yılında Modicon firması tarafından geliştirilmiştir. Diğer haberleşme protokollerine göre bir çok avantajı olan

MODBUS protokolü uzun yıllardır kullanıldığı için artık hemen hemen tüm endüstriyel cihazlarda mevcuttur. Açık kaynak kodlu olduğu için erişimi kolaydır. Modbus protokolünde bir master ve bu mastera bağlı çalışan bir çok slave ünite vardır. 1979 dan beri bu protokol bir çok alt haberleşme dizaynlarını oluşturmuştur. Bunlardan en önemlileri Modbus RTU ve Modbus TCP dir. Bu protokoller için PDU(Protokol Data Unit) ortaktır. PDU alt katmanlardan bağımsız olarak çalışır. MODBUS, zaman içinde oluşturulan alt protokollere göre uygulama veri birimi ADU(Application Data Unit) içerisinde bazı ek bölümler oluşturmuştur. Bu ek bölümler alt protokolün türüne göre çeşitlilik gösterir[24].



**Şekil 3.5:** Modbus veri yapısı modeli[24].

Şekil 3.5’de en genel şekli ile Modbusa ait bir veri yapısı modeli gösterilmiştir. Modbus PDU içerisinde bulunan fonksiyon kod alanı 1 byte veri içerir ve sisteminde haberleşen ünitelerin nasıl çalışması gerektiğini bu alan belirler. Veri alanı içerisinde ise master cihazın ya da sistemdeki haberleşen cihazın(slave) istek ve dönüş parametreleri bulunur. Master cihaz tarafından istenen veri ADU’da bir hata yoksa haberleşen(slave) cihaz talep edilen işlemi yapar ve master cihazın isteğine göre bir feedback gönderir. Fakat bir hata meydana gelirse slave cihaz master cihaza ilgili hata ile ilgili bir hata mesajı göndererek sistemin çalışmasının devam etmesini sağlar [25].

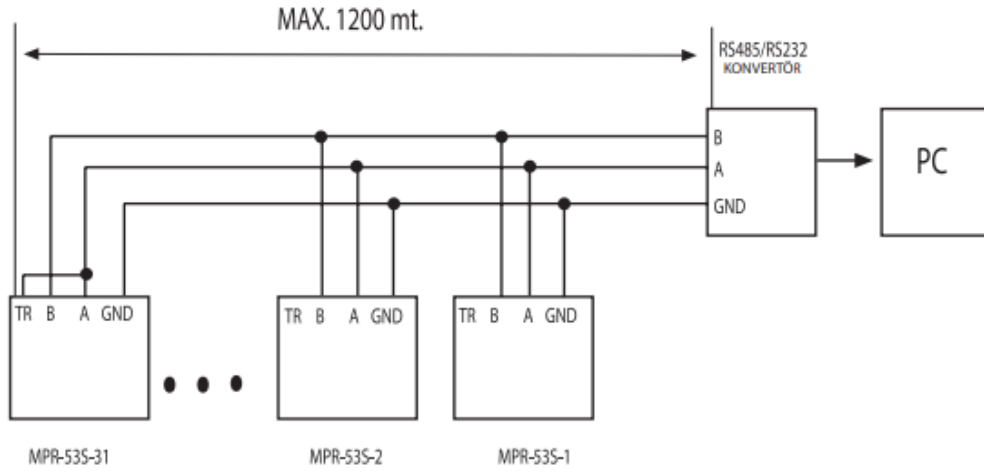
Verilerin dijital bitlerle alınıp iletildiği ve bu verilerin güvenli bir ortamda iletilebilmesi için veriye CRC (Cyclic Redundancy Check) doğrulama verisinin dahil edilip iletildiği haberleşme protokolü MODBUS RTU protokolüdür. Dahil edilen CRC verisi iletilecek verinin durumuna göre değerlendirilir ve iletilen veriye eklenir. Hedef taraf da benzer şekilde gelen veriye göre bir CRC verisi hesaplar ve onu orjinal CRC verisiyle kıyaslar. Bu yöntem ile verinin doğruluğu değerlendirilmiş olur. MODBUS RTU seri haberleşme protokolü bir çok üretici tarafından desteklenen ve açık kaynak kodlu olduğundan en çok tercih edilen haberleşme protokollerinden biridir. MODBUS TCP/IP alıcı birim numarası kimliği (Unit ID) olarak veri paketine dahil edilirken, MODBUS RTU’da 1 bytelık alıcı adresi eklenir[26].

MODBUS TCP/IP de ise farklılık oluşturan en temel kısım TCP paketine göre ayrı tanımlanan CRC doğrulama verisi ve alıcı nokta tanımlamasının yapılmasıdır. MODBUS RTU'da CRC tarafından yerine getirilen doğrulama işlemi Transaction Identifier(işlem tanımlayıcı) tarafından yapılır[26].

Ethernet Başlığı (14 byte)	IP Başlığı (20 byte)	TCP Başlığı (20 byte)	Gömülü Mesaj	FCS
-------------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------	-----

**Şekil 3.6:** Modbus TCP veri yapısı modeli[25].

TCP sistemlerinde mesaj gönderilmeden önce bağlantının kurulmuş olması gerekir. MODBUS TCP sistemlerde de aynı şekilde Modbus mesajı iletilmeden önce TCP bağlantısının kurulmuş olması zorunludur. Bu TCP'nin bağlantı yönelimli bir sistem olmasının bir gereğidir. MODBUS TCP/IP haberleşmeleri iki cihaz arasında yapılan bağlantılar olduğu için hem kaynaktan alıcıya hem de alıcıdan kaynağa giderken kaynak adresi, hedef adresi ve bağlantı kimliği gerekmektedir. MODBUS TCP/IP haberleşmesinin yayın modunda yapılmasının en büyük sebebi bu durumdur. 502 numaralı port Modbus uygulamaları için özel olarak bırakılmıştır. Herhangi bir MODBUS sunucusu bir haberleşme sisteminde sadece 502 portunu dinler. Sisteme dahil bir slave ünite sunucuya bir istek iletmek istediğinde, sunucu cihazın 502 numaralı portu ile konuşur. MODBUS TCP protokolünün uygulama veri birimi bölümünde RTU'da olduğu gibi adres birimi ve hata kontrol birimi yer almaz[25]. Bu çalışmada enerji analizörünün MODBUS RS485 çıkışından alınan veri MODBUS TCP/IP protokolü çevrilmiştir. Uzak istasyonlar arasında fiber optik hattın olması ve fiber optik hattın TCP/IP protokolüne çevirmenin kolay ve güvenilir olması MODBUS TCP/IP protokolünü tercih sebebi yapmıştır. Enerji analizörleri kendi aralarında MODBUS RS485 çıkışları seri bağlanarak haberleştirilmiştir. Şekil 5' te enerji analizörlerinin MODBUS RS485 çıkışlarının birbiri ile bağlantısı görülmektedir.



**Şekil 3.7:** MPR53 serisi enerji analizörü seri bağlantı şeması[27].

Literatürde bu çalışmaya benzer bir şekilde farklı cihazlar arasında MODBUS protokolü ile haberleşen uygulamalar yapılmıştır. Suhartono ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada çoklu jeneratör kitlerini MODBUS üzerinden izleyebilen bir sistem tasarlamıştır[28]. Zhu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise trafo testi ve ölçüm ekipmanlarının izlenmesini MODBUS temelli gerçekleştirilmiş ve üst seviyedeki yazılıma bilgiler bu sayede iletilebilmiştir[29]. Çekerek ve Demir ise İstanbul metrosuna sinyalizasyon sistemi ile otomatik anons kontrol uygulaması çalışmasını MODBUS TCP protokolü ile gerçekleştirmişlerdir[30].

**Tablo 3.2:** Modbus protokol çerçevesindeki fonksiyon kodları [31].

Kod	Hex	Fonksiyon	Tipi	
01	01	Sarmalları oku	Tek bit erişimi	Veri erişimi
02	02	Ayrık girişleri oku		
05	05	Tekli sarmala yaz		
15	0F	Çoklu sarmala yaz		
03	03	Bekletme yazmaçlarını oku	16 bit erişimi	
04	04	Giriş yazmaçlarını oku		
06	06	Tekli yazmaca yaz		
16	10	Çoklu yazmaca yaz		
22	16	Yazmaca yazmayı maskele		
23	17	Çoklu yazmaçları oku/yaz		
24	18	FIFO sorgusunu oku	Dosya Kaydı erişimi	
20	14	Dosya kaydını oku		
21	15	Dosya kaydını yaz	Arıza Tespitleri	
07	07	İstisnai durumu oku		
08	08	Arıza tespit		
11	0B	Haberleşme olay sayacını al		
12	0C	Haberleşme olay kaydını al		
17	11	Sunucu ID raporla		

Tablo 3.2’ de MODBUS protokolüne ait fonksiyon kodları ve ne anlama geldikleri belirtilmektedir. Bu tabloyu Şekil 3.5’ teki MODBUS genel veri yapısıyla beraber değerlendirdiğimizde daha anlamlı olacaktır.

### 3.1.4 Canbus Haberleşme Protokolü

CANBus başlarda otomotiv sektörü için tasarlanmış bir haberleşme protokolüdür. 1980’li yıllarda otomotive ait ünitelerle haberleşebilmek için Bosch firması tarafından tasarlanmıştır. Otomotive ait üniteler arasındaki haberleşmenin güvenilirliği yolcuların can güvenliği anlamına geldiği için hata konusunda hassas olan bu protokole istatistiksel hata ihtimali oranı yüzyılda 1 paketten daha az olduğu tespit edilmiştir[32]. CANBus çalışma mantığı diğer haberleşme protokollerinde farklıdır. Merkezine adres yerine mesajı alır ve buna göre çalışır. Mesajların her birinde farklı bir ID ve kimlik bulunmaktadır. Mesajlar veriyi göndermeden önce talep gönderirler. Transfer hattına verinin yollanabilmesi için öncelikli kimlik numarasına sahip mesaj seçilir ve veri gönderilir[33].

KATMANLAR		Görevleri
VERİ İLETİM KATMANI	Nesne Katmanı	Mesaj Filtreleme, Durum ve Mesaj Yönetimi
	Transfer Katmanı	Mesaj İletimi, Kodlama-Kod Çözme, Hata Yönetimi, Onay
FİZİKSEL KATMAN		Sinyal Seviyelerinin Tanımı, Bit Gösterimi

Şekil 3.8: CAN protokol katmanları[32].

Şekil 3.8’ de genel anlamda CANBUS haberleşme protokolünün 4 katmanı görülmektedir. Bu çalışmada CANBUS haberleşme protokolünün tercih edilmemesinin sebebi işletmede bu protokolle çalışan bir ekipman olmamasıdır.

Tablo 3.3: PROFIBUS-MODBUS-CANBUS haberleşme protokolleri karşılaştırması.

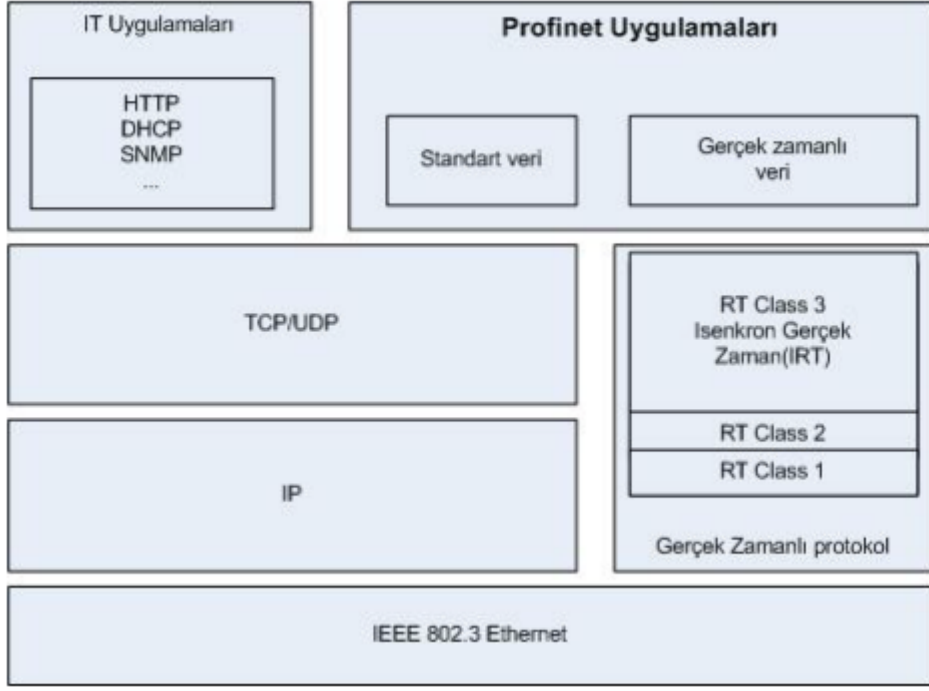
	PROFIBUS DP/DA	MODBUS RTU/ASCII	CANBUS
YIL	1989	1979	1986
BULAN FİRMA	Siemens	Schneider	Bosch
STANDARTLAR	EN 50170, EN 50254 ve IEC 61158	EN 1434-3	ISO/DIS 11519-1, ISO/DIS 11898
KABLO TİPİ	2 damarlı bükülmüş kablo	2 damarlı bükülmüş kablo	2 damarlı bükülmüş kablo
AĞ TOPOLOJİSİ	Yol, Yıldız ve Halka	Yol, Yıldız ve Ağaç	Yol, Yıldız ve Halka
BAĞLANABİLEN CİHAZ SAYISI	Her bus 32 toplam 127	1 master 247 slave toplam 248	127

<b>VERİ AKTARIM HIZI</b>	12-25 Mbps	115,2 Kbps	1 Mbps
<b>VERİ BOYUTU</b>	255 Bytes	256 Bytes	8 Bytes
<b>ERİŞİM KONTROLÜ</b>	Token Passing	Master/Slave	Master/Slave
<b>HATA KONTROL</b>	CRC	Modbus RTU:CRC Modbus ASCII:LRC	CRC
<b>DURUM BİLGİSİ</b>	Slave haberleşme yönetimi	Durum bilgisi alma yetkinliği yok	Node haberleşme

Tablo 3.3'te görüleceği üzere her protokolün avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Endüstriyel haberleşme protokollerinden en eskisi olan MODBUS marka bağımsız tüm cihazlarda neredeyse standart hale gelmiş bir protokoldür. Ayrıca slave olarak 247 cihazın aynı hattan haberleşebilmesi diğer protokollere kurduğu üstünlük olarak karşımıza çıkmaktadır. Tekrarlayıcı ile beraber kullanıldığında 1 km mesafeye veri taşıyabilmesi de bu protokolün üstün olduğu başka bir özelliktir.

### 3.1.5 Profinet Haberleşme Protokolü

PROFINET; endüstriyel haberleşme protokollerinden PROFIBUS'ı temel alan onun endüstriyel ethernet formu diyebileceğimiz bir haberleşme protokolüdür. Endüstriyel ethernetin sunduğu geniş bant ve hızlı veri transferi kapasitesini PROFIBUS katmanları üzerinden yapabilen PROFINET haberleşme protokolünün günümüzde oldukça geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır.



**Şekil 3.9:** PROFINET katmanlı mimarisi[34].

### 3.2 Haberleşme Topolojileri

Topoloji, haberleşmeyi oluşturan tüm noktaların birbirleri ile olan bağlarını ve şeklini belirleyen sistemler bütünüdür. Topoloji haberleşme sistemlerinde oldukça önemlidir. Herhangi bir haberleşme protokolüne dayalı haberleşme sistemi doğru bir topoloji ile kurulmazsa o sistemden verim alınmaz.

#### 3.2.1 Yıldız Topoloji ( Star Topology)

Tüm noktaların merkezde toplandığı switch kullanılarak oluşturulan bir ağ topolojisidir. Çok yaygın bir kullanım alanı bulunmaktadır.

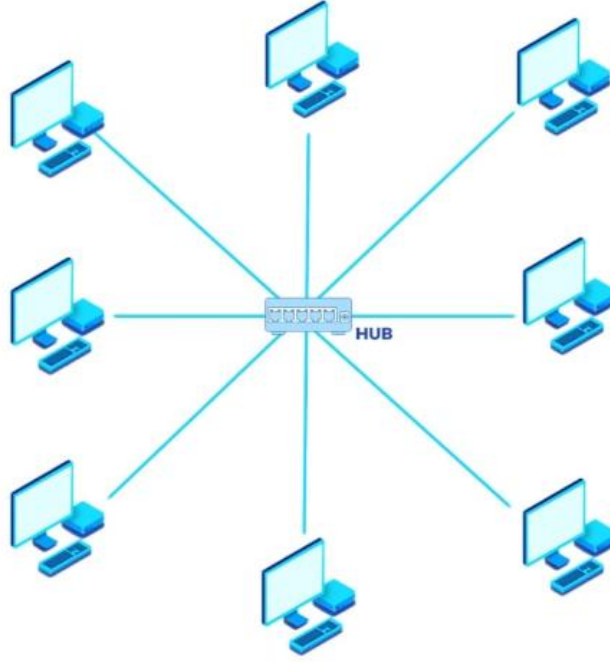
##### Avantajları:

- Hattaki bir problem sadece o hattı ilgilendirdiği için sistemin bütününe zarar vermez.
- Arıza tespiti ve sorun giderme diğer topolojilere göre kolaydır.
- Hatta ilave edilecek bir nokta haberleşmeyi etkilemez.

##### Dezavantajları:

- En büyük dezavantajı merkezdeki switch arızalanırsa tüm sistem etkilenecektir.
- Kablolama diğer topolojilere göre nispeten daha fazladır.
- Kurulum maliyeti yüksektir.





Şekil 3.10: Yıldız topoloji.

### 3.2.2 Yol Topoloji (Bus Topology)

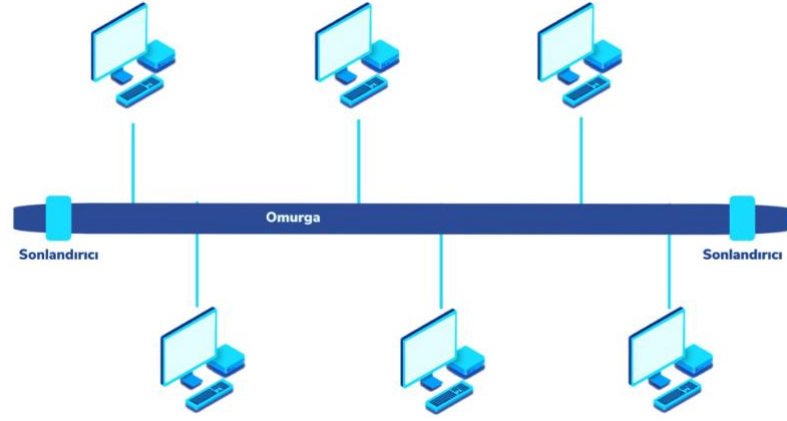
Bir hat boyunca tüm noktaların o hatta bağlı olduğu, her bir noktanın veriyi o hatta verdiği ve o hattan aldığı bir topoloji çeşididir. Endüstriyel haberleşme protokollerinde sıklıkla kullanılır. Yol topolojisinde trafik yavaştır.

#### Avantajları:

- Daha az kablo kullanılır.
- Merkezi bir ünite olmadığı için yedeklilik gerektirmez.
- Kurulum maliyeti düşüktür.

#### Dezavantajları:

- Tek bir hat olduğundan noktalardan birinde sorun olması tüm hattı olumsuz etkiler.
- Arıza tespiti diğer topolojilere göre zordur.
- Hatta bağlanacak cihaz sayısı sınırlıdır.



Şekil 3.11: Yol topolojisi.

### 3.2.3 Halka Topoloji (Ring Topology)

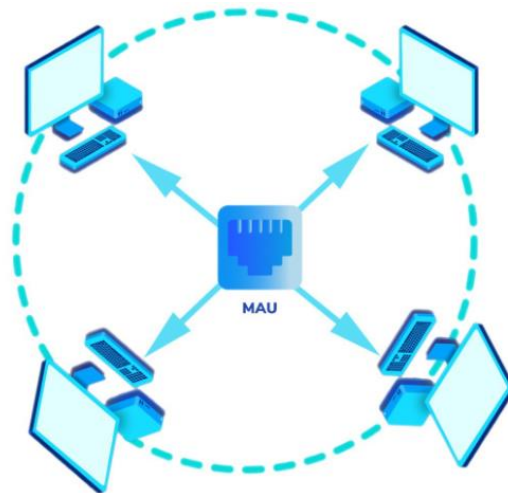
IBM tarafından geliştirilen topoloji, cihazların bağlantı şekillerinden dolayı halka ismini almıştır. Hat üzerinde kaynaktan çıkan veri hedefe gidene kadar hat boyunca tüm cihazlara gider.

#### Avantajları:

- Hattaki tüm cihazlar yetkisel olarak eşittir.
- Herhangi bir sunucuya ihtiyaç duymazlar.

#### Dezavantajları:

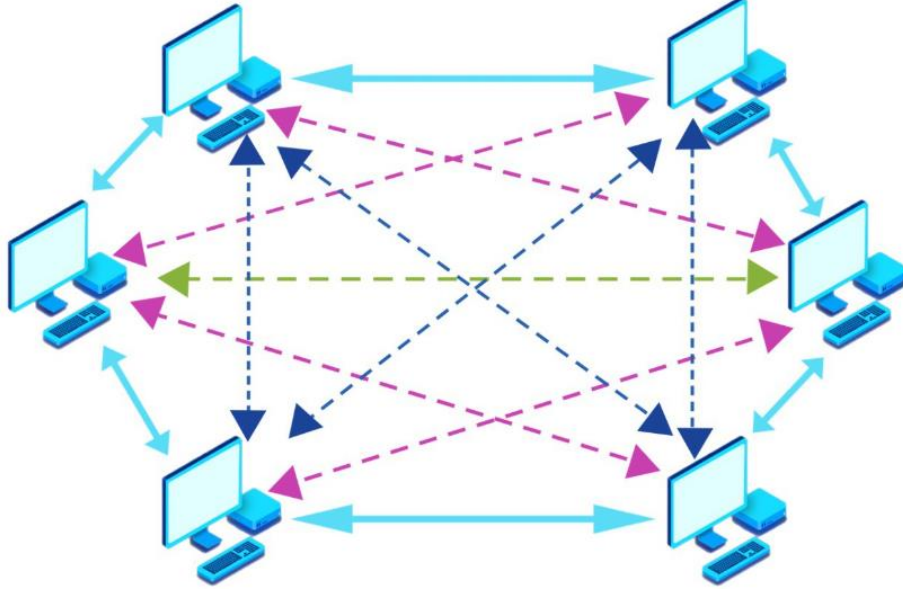
- Tek bir hat olduğundan noktalardan birinde sorun olması tüm hattı olumsuz etkiler.
- Arıza tespiti diğer topolojilere göre zordur.
- Kurulum maliyeti yüksektir.



Şekil 3.12: Halka topoloji.

### 3.2.4 Örgü Topolojisi (Mesh Topology)

Hattaki tüm noktaların doğrudan birbiri ile bağlı olduğu ve doğrudan bağlantı sayısının nokta sayısı ile orantılı olduğu topoloji çeşididir.



Şekil 3.13: Örgü topoloji.

#### Avantajları:

- Veri transfer hızı oldukça yüksektir.
- Hattaki bir cihazda sorun olması tüm sistemi etkilemez

#### Dezavantajları:

- Çok sayıda bağlantı olduğundan kompleks bir yapıya sahiptir
- Arıza tespiti ve sorun giderme diğer topolojilere göre zordur.
- Kurulum maliyeti yüksektir.

#### 4. TASARIMIN DONANIM VE YAZILIM YAPISI

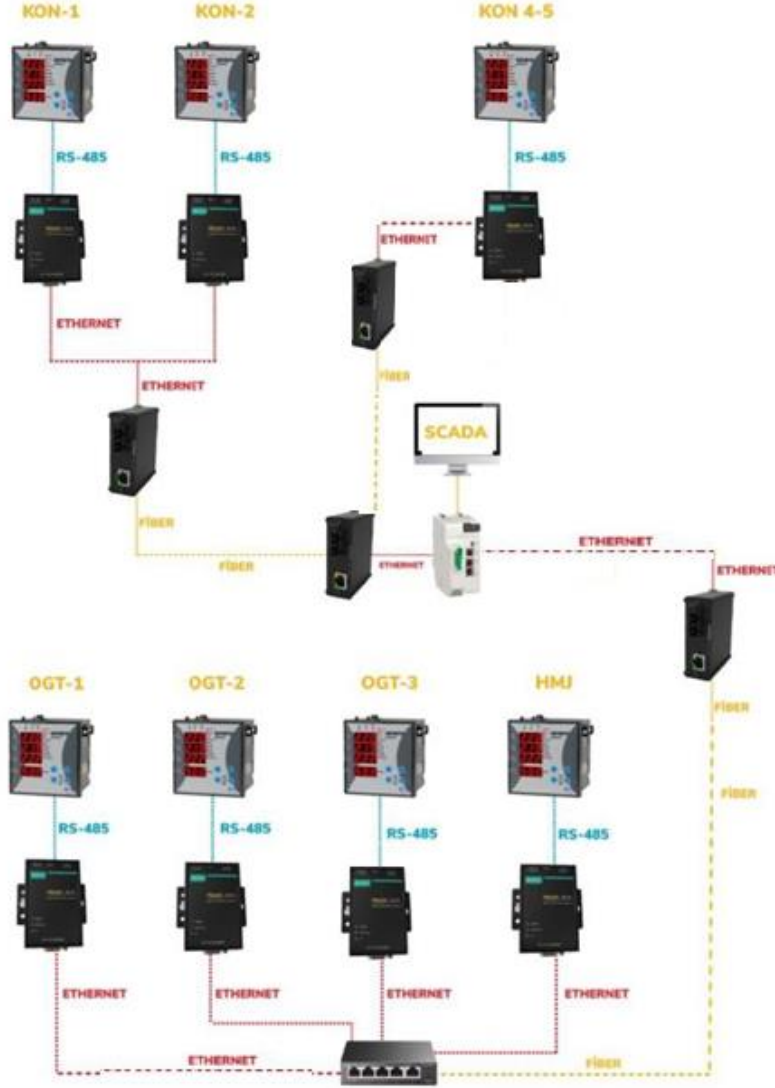
Enerji izleme ve raporlama sistemleri birçok yaklaşımla tasarlanabilecektir. Tüketilen elektrik enerjisine ait tüm verilerin tek bir merkezde toplanabilmesi için en uç noktalara ulaşabilen tek bir networke ihtiyaç vardır. Bu networkün hızlı bir şekilde verileri merkeze aktarabilmesi gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı uygulama Ethernet networkü kullanılarak tasarlanmıştır. Ethernet, en yaygın kullanılan LAN(Local Area Network- Yerel Alan Ağı) protokol olup IEEE.802.2 ve IEEE.802.3 standartları ile tanımlanmıştır. Ethernet, OSI (Open System Interconnection-Açık Sistemler Ara Bağlantısı) referans modelinin veri bağlantısı ve fiziksel katmanlarında çalışmaktadır[35]. Yapılan testler sonucu CAT6(Category 6) bir kablo ile Ethernet networkünde veri iletişimi 100 metre mesafeden sonra ciddi veri kayıplara sebep olmaktadır. Bu yüzden uzak mesafeler arası haberleşmenin sağlıklı olabilmesi için dağıtık lokasyonlardaki tesisler arasında işletmede bulunan mevcut fiber optik altyapının avantajından faydalanılmıştır. Fiber optik altyapı sayesinde kilometrelerce uzak mesafedeki noktalar arasında veri haberleşmesi oldukça hızlı ve güvenli bir şekilde yapılabilmektedir. Çalışmada merkezi kontrolcü olan PLC(Programmable Logic Controller) dahil tüm cihazların bu networke dahil edilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmaya esas olan yaklaşımda enerji tüketen her bir üniteye enerji analizörü bağlanır. Analizörler o üniteye ait her bir tüketim verisini ölçer ve MODBUS RS485 haberleşme protokolü ile veriyi dışarıya iletir. Burada RS485-Ethernet Converter dediğimiz bir dönüştürücü ile veri Ethernet verisi haline gelir. Ethernet verisi haline gelen paketin fiber optik altyapı boyunca iletilebilmesi için Ethernet-Fiber Converter adı verilen bir dönüştürücüye ihtiyaç vardır. Fiber optik altyapı sayesinde veri PLC nin olduğu merkeze kadar gelir. Burada fiber-optik hattaki veri tekrar ethernete dönüştürülür ve veri merkeze iletilmiş olur. PLC deki veri, dahili haberleşme ara yüzü ile SCADA'ya aktarılır. SCADA da her bir veri MODBUS adresine göre ayıklanarak görsel olarak ekrana yazdırılır.

**Tablo 4.1:** Sistem merkezinin tesislere uzaklıkları.

TESİS ADI	MERKEZE UZAKLIK
KONSANTRATÖR 1	1150 metre
KONSANTRATÖR 2	1250 metre
KONSANTRATÖR 4-5	1250 metre
ÖĞÜTME 1	350 metre

ÖĞÜTME 2	350 metre
ÖĞÜTME 3	400 metre
HOMOJENLENDİRME	600 metre



Şekil 4.1: Çalışmada kullanılan fiziksel topoloji.

#### 4.1 Enerji Analizörü

Enerji analizörü temel olarak elektrik enerjisine konu çoğu elektriksel parametreyi ölçebilen cihazlardır. Bu cihazlar çok düşük hata paylarıyla ölçüm yapabilmekte ve veriyi başka bir platforma iletebilecek altyapıya sahiptirler. Şebeke analizörü de denilen bu cihazlar artık klasik elektriksel parametrelerin yanında akım ve gerilime ait harmonik bozulmalar gibi farklı parametreleri de ölçebilmekte ve kayıt altına alabilmektedir. Son tüketiciye ulaştırılan

elektrik enerjisi enerji analizörü tarafından izlenerek, ileride faturalandırma veya ceza olarak karşılaşılabilecek verimsiz kullanımların önüne geçilmesini sağlar. Enerji analizörü ayrıca elektrik şebekesinde oluşabilen ve özellikle elektronik cihazların ve tüm ekipmanlardaki elektronik kartların arızalanmasına neden olan; anlık yükselme (sag), anlık düşme (swell) değerlerini ölçer ve hafızasına kaydeder. Bu sayede şebekenin kalitesi çözümlenebilir ve gerekli müdahalelerle arızalar meydana gelmeden engellenebilir[27]. Bu avantajlarından dolayı çalışmada enerji analizörleri kullanılmıştır.



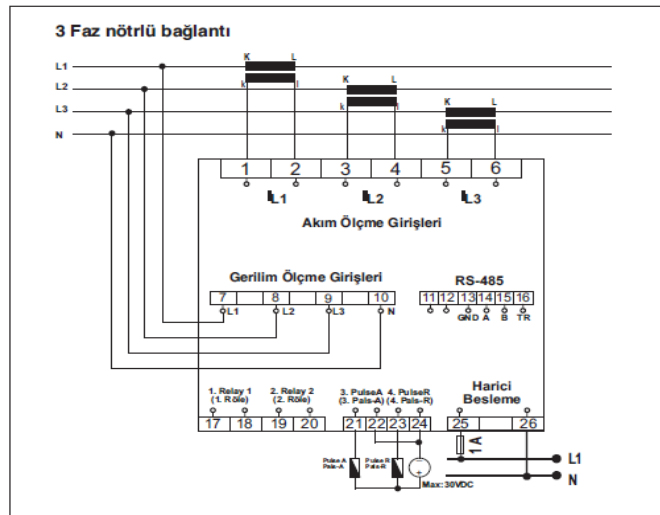
**Şekil 4.2:** Çalışmada kullanılan enerji analizörü[27].

Bu çalışmada Entes firmasına ait MPR-63 serisi enerji analizörleri kullanılmıştır. Modbus RS485 haberleşme protokolü çıkışı olması ve ekonomik olması sebebiyle bu cihaz seçilmiştir. Her enerji analizörünün modbus register tablosu vardır. Adreslerine göre izlenecek veriler ham haliyle alınır ve tablodaki uygun çarpan oranları ile çarpılarak sağlıklı veri haline getirilir. Aşağıda çalışmada kullanılan enerji analizörüne ait modbus register tablosu bulunmaktadır. Örneğin faz-nötr arası gerilimin 0000H adresinden okunabileceğini bu tablo göstermektedir. Burada adresin hexadecimal bir adres olduğuna dikkat edilmesi gerekir. Bu verinin PLC ye aktarılması için adres decimal karşılığına çevrilmeli ve PLC deki adresleme yapısı buna uygun tasarlanmalıdır. Veri alındıktan sonra tabloda verilen çarpan oranlarına dikkat edilir. Faz-nötr arası gerilim verisinin volt cinsinden okumasının yapılabilmesi için verinin gerilim trafosu oranı ve akım trafosu oranı ile çarpılması gerekir.

**Tablo 4.2:** Enerji analizörü modbus register tablosu[27].

ADRES	AÇIKLAMA	BOYUT (16 bit)	ÇARPAN	ARALIK	BİRİM
0000H	Gerilim LN1	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
0001H	Gerilim LN2	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
0002H	Gerilim LN3	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
0003H	Akım LN1	Word	Data x AT x 0.001	0 .. Imax	A
0004H	Akım LN2	Word	Data x AT x 0.001	0 .. Imax	A
0005H	Akım LN3	Word	Data x AT x 0.001	0 .. Imax	A
0006H	Toplam Akım	Word	Data x AT x 0.001	0 .. Imax	A
0007H	Aktif Güç L1	Signed Int	Data x GT x AT	0 .. ±Pmax	W
0008H	Aktif Güç L2	Signed Int	Data x GT x AT	0 .. ±Pmax	W
0009H	Aktif Güç L3	Signed Int	Data x GT x AT	0 .. ±Pmax	W
000AH	Reaktif Güç L1	Signed Int	Data x GT x AT	0 .. ±Qmax	VAr
000BH	Reaktif Güç L2	Signed Int	Data x GT x AT	0 .. ±Qmax	VAr
000CH	Reaktif Güç L3	Signed Int	Data x GT x AT	0 .. ±Qmax	VAr
000DH	Görünür Güç L1	Word	Data x GT x AT	0 .. Smax	VA
000EH	Görünür Güç L2	Word	Data x GT x AT	0 .. Smax	VA
000FH	Görünür Güç L3	Word	Data x GT x AT	0 .. Smax	VA
0010H	Güç Faktörü L1	Signed Int	Data x 0.001	-1.000 .. 1.000	-
0011H	Güç Faktörü L2	Signed Int	Data x 0.001	-1.000 .. 1.000	-
0012H	Güç Faktörü L3	Signed Int	Data x 0.001	-1.000 .. 1.000	-
0013H	Cos L1	Signed Int	Data x 0.001	-1.000 .. 1.000	-
0014H	Cos L2	Signed Int	Data x 0.001	-1.000 .. 1.000	-
0015H	Cos L3	Signed Int	Data x 0.001	-1.000 .. 1.000	-
0016H	Gerilim L12	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
0017H	Gerilim L23	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
0018H	Gerilim L31	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
0019H	Gerilim LN (Ortalama)	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
001AH	Gerilim LL (Ortalama)	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
001BH	Frekans	Word	Data x 0.01	45.00 .. 65.00	Hz
001CH	Toplam Aktif Güç	Signed Int	Data x GT x AT	0 .. ±Pt max	W
001DH	Toplam Reaktif Güç	Signed Int	Data x GT x AT	0 .. ±Qt max	VAr
001EH	Toplam Görünür Güç	Word	Data x GT x AT	0 .. St max	VA
001FH	THD V1	Word	Data x 0.1	0 .. 900	%
0020H	THD V2	Word	Data x 0.1	0 .. 900	%
0021H	THD V3	Word	Data x 0.1	0 .. 900	%
0022H	THD V3P	Word	Data x 0.1	0 .. 900	%
0023H	THD I1	Word	Data x 0.1	0 .. 900	%
0024H	THD I2	Word	Data x 0.1	0 .. 900	%
0025H	THD I3	Word	Data x 0.1	0 .. 900	%
0026H	THD I3P	Word	Data x 0.1	0 .. 900	%
0027H	*Gerilim Yüksek LN1	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
0028H	*Gerilim Yüksek LN2	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
0029H	*Gerilim Yüksek LN3	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
002AH	*Gerilim Düşük LN1	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
002BH	*Gerilim Düşük LN2	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
002CH	*Gerilim Düşük LN3	Word	Data x GT x 0.1	0 .. Vmax	V
002DH	*Demand Akım Yüksek L1	Word	Data x AT x 0.001	0 .. Imax	A
002EH	*Demand Akım Yüksek L2	Word	Data x AT x 0.001	0 .. Imax	A

Bir enerji analizöründe ölçüm yapılabilmesi için her bir faza akım trafosu bağlanması gerekmektedir. Şekil 4.3' de akım trafolarının bağlantı şeması görülmektedir.



**Şekil 4.3:** Enerji analizörü bağlantı şeması.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) tarafından yürürlüğe konulan Elektrik piyasasında dağıtım sisteminde sunulan elektrik enerjisinin tedarik sürekliliği, ticari ve

teknik kalitesi hakkında yönetmeliğe göre dağıtım şirketi ile yaşanabilecek yargıya aksetmiş bir durumda sorunun güvenilir cihazlar ile kaydedilmiş ve yönetmeliklerde istendiği biçimde raporlanmış olması gerekmektedir. Bu sebeple bu yönetmeliğe ve yönetmeliğe esas teşkil eden EN 50160'a uygun olarak enerji akışını kaliteyle ilgili tüm parametreleri hem anlık olarak izleyen hem de sorunları kaydeden cihazlara gereksinim vardır. Bu cihazların uluslar arası veya ulusal bazda akredite olması yani yapılan ölçümlerinin yasal olarak tanınması ve kabul edilebilir olması gerekmektedir[36].

**Tablo 4.3:** Enerji analizörlerinin ölçebildiği veriler[36].

Enerji Kalitesi Parametresi	1. Ürün	2. Ürün	3. Ürün	4. Ürün	5. Ürün	6. Ürün
Şebeke frekansı	•	•	•	•		•
Gerilimin ani değeri	•	•	•	•	•	•
Akımın ani değeri	•	•	•	•	•	•
Aktif güç	•	•	•	•	•	•
Reaktif güç	•	•	•	•	•	•
Görünür güç	•	•	•	•	•	•
Güç faktörü	•	•	•	•		•
cosφ		•	•	•	•	•
Aktif enerji	•	•	•	•	•	•
Reaktif enerji	•	•	•	•	•	•
Gerilim çökmeleri			•			
Gerilim yükselmeleri			•			
Gerilim dengesizliği			•			
Kesintiler			•			•
Darbeli geçici olaylar			•			
Salmımlı geçici olaylar			•			
Harmonik gerilimleri		•	•	•		•
Harmonik akımları		•	•	•		•
Toplam harmonik bozulması (en az 40. Harmoniğe kadar)			•			
Ara harmonikler			•			
Gerilim kırışması			•			
Dalga şekli kaydı			•			•
EN 50160'a göre raporlama			•			

## 4.2 Akım Trafosu

Herhangi bir şebekede akıma dayalı elektriksel bir ölçüm yapılacaksa akım trafosu kullanılması zorundadır. Akım trafosu ölçü cihazlarını yüksek gerilimden yalıtarak korur. Bu çalışmada kullanılan akım trafolarından biri Entes marka 600/5 oranlı bir ekipmandır. Akım trafoları primer akımı belli bir oran içerisinde (bu çalışmada 600/5) sekonder kısmına

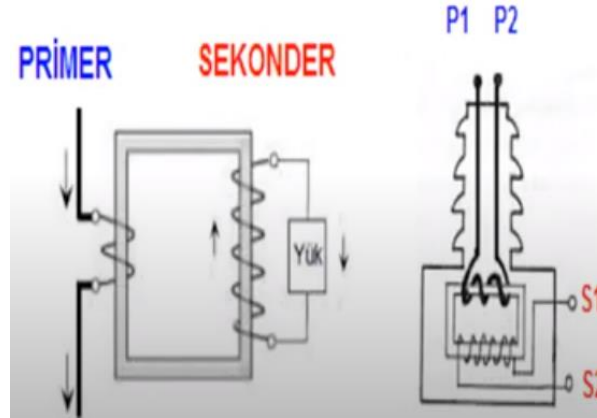


çeviren ve primer ile sekonder arasında faz farkının olmadığı bir ölçü transformatörüdür[37]. Bu çalışmada kullanılan akım trafosu Şekil 4.4’de görülmektedir.



**Şekil 4.4:** Çalışmada kullanılan akım trafosu.

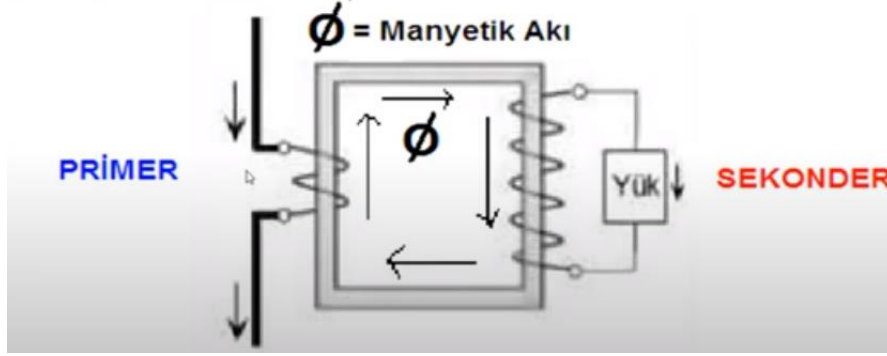
Alçak gerilim akım trafoları genellikle tek fazlı olarak üretilirler. Akım trafosunun iç yapısı primer sargı ile sekonder sargı arasında bir manyetik nüveden oluşur. Manyetik nüve ile gövde arasında bir izolasyon malzemesi vardır.



**Şekil 4.5:** Akım trafosu iç yapısı.

Akım trafosunun primer sargısından akım geçtiğinde, trafo nüvesinde manyetik akı oluşur. Oluşan bu manyetik akı, nüve üzerinde devresini tamamladığından trafonun sekonder kısmında gerilim indüklenir. Sekonder tarafın enerji analizörüne irtibatlanması durumunda sekonder taraftan enerji analizörüne doğru bir akım akmaya başlar ve enerji analizörünün enerji beslemesi gerçekleşmiş olur. Sekonder taraftan dolaşan akım primer taraftaki sargıya göre ters yönde olursa oluşacak manyetik akı da ters yönde olacaktır. Oluşan bu manyetik akı, primer tarafta dolaşan akımın oluşturduğu doğal manyetik akıyı dengeleyecektir. Akım transformatörlerinin sekonder taraflarının herhangi bir yük ya da bu çalışmada kullanılan enerji analizörü gibi cihazlarla kısa devre edilmesi gerekliliğinin en önemli sebebi bu

durumdur. Aksi halde primer taraftaki manyetik akı dengelenemeyecek ve ısı, bakır kaybı gibi sorunlara yol açabilecektir. Sekonder tarafa yük bağlanmaması ya da kısa devre edilmemesi durumunda bir gerilim indüklenecektir. Bu gerilim kontrolsüz olacağı için bakır izolasyonuna zarar verecek ve hayati riske sebep olabilecektir[38].



**Şekil 4.6:** Akım trafosu çalışma prensibi.

#### 4.2.1 Akım Trafosu Yapısı

Genel olarak bir akım trafosu 5 malzemeden oluşur;

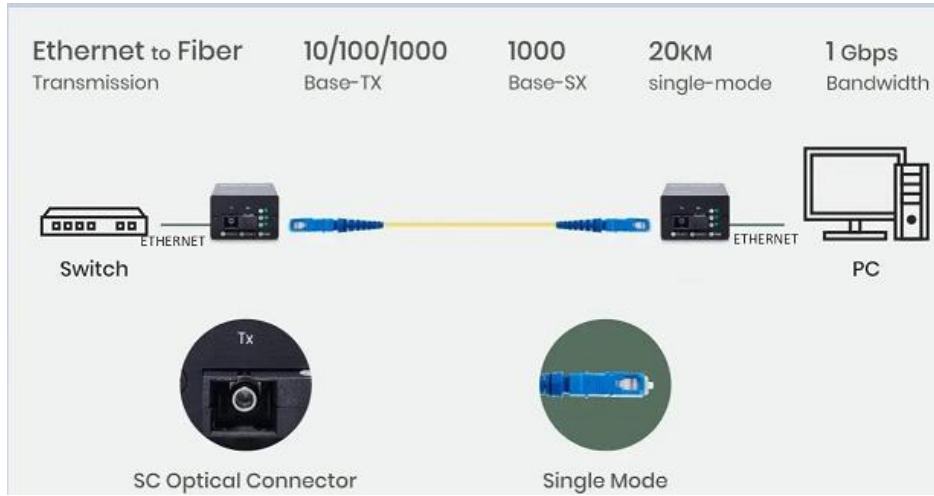
- Primer Sargı
- Sekonder Sargı
- Sargı Bağlantıları
- Gövde
- Demir Nüve

Primer sargı; kesiti kalın siper sayısı az olan demir nüve üzerine sarılmış yüksek akım taşıyan sargılardır. Sekonder sargı ise primerin tersi yönünde sarılan ve kesiti ince siper sayısı fazla olan sargıdır. Sargı bağlantıları primer tarafta bulunan bakır sargıların tüm devreye sekonder taraftaki sargıların enerji analizörüne bağlantısının yapılabilmesi amacıyla dışarıya çıkartılmış uçlarıdır[39]. Gövde, akım trafosun ait demir nüve dahil tüm parçalarının omurgasını oluşturan metal ya da katı malzemelerden yapılmış bölümdür. Sargıların sarıldığı, ince silisli saçların trafonun güç değerlerine göre uygun kesitte paketlenip preslenen metal kısmı ise demir nüveyi oluşturur.

#### 4.3 Ethernet-Fiber Dönüştürücü

Bu çalışmada fiber optik hattın sonlandığı yerlerde Ethernet networküne giriş yapabilmek için ethernet fiber dönüştürücülere ihtiyaç duyulmuştur. Bu dönüştürücüler maliyetli olmakla beraber fiber optik altyapının kazandırdığı avantajlar düşünüldüğünde oldukça efektiflerdir. Çünkü fiber optik altyapıyı anlamlı hale getirmektedirler. Bu cihazlar olmasaydı

bu altyapıyı Ethernet networküne dahil etmemiz imkansız olurdu. Günümüzde sonlanmış fiberi doğrudan okuyabilen cihazlar çok az üretilmektedir. Bu sebepten maliyetleri çok yüksek olup dönüştürücü kullanmak daha caziptir.



**Şekil 4.7:** Ethernet fiber dönüştürücü ile haberleşme.

Şekil 4.7’deki gibi lokasyonlar arası dolaşan fiber nihai noktalarda dönüştürücü ile ethernet’e dönüşmekte ve veri transferi gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada MOXA marka MGATE MB3180 model bir dönüştürücü kullanılmıştır. MGATE MB3180 Özellikleri şöyledir;

#### **LAN**

Ethernet : 10/100 Mbps, RJ45, Auto MDI/MDIX

Port Sayısı : 2 (1 IP, Ethernet cascade)

Konnektör : 8-pin RJ45 Protection

Koruma : Built-in 1.5 kV magnetic isolation

#### **Seri Arayüz**

Arayüz :RS-232/422/485

Port Numarası: 1 port

Konnektör Tipi : DB9 (male) for RS-232, terminal block for RS-422/485

Sinyaller: RS-232 : TxD, RxD, RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, GND

RS-422 : Tx+, Tx-, Rx+, Rx-, GND

RS-485 (2-wire) : Data+, Data-, GND

RS-485 (4-wire) : Tx+, Tx-, Rx+, Rx-, GND

Seri Hat Koruması :Tüm sinyaller için 15 kV ESD

Manyetik İzolasyon Koruması : 2 kV

RS-485 Veri Yolu : Patented ADDC™[40]

Dönüştürücünün networke dahil edilebilmesi için arayüzünden networke uygun bir IP verilmiştir. Bu IP sayesinde diğer cihazlarla haberleşebilmektedir.

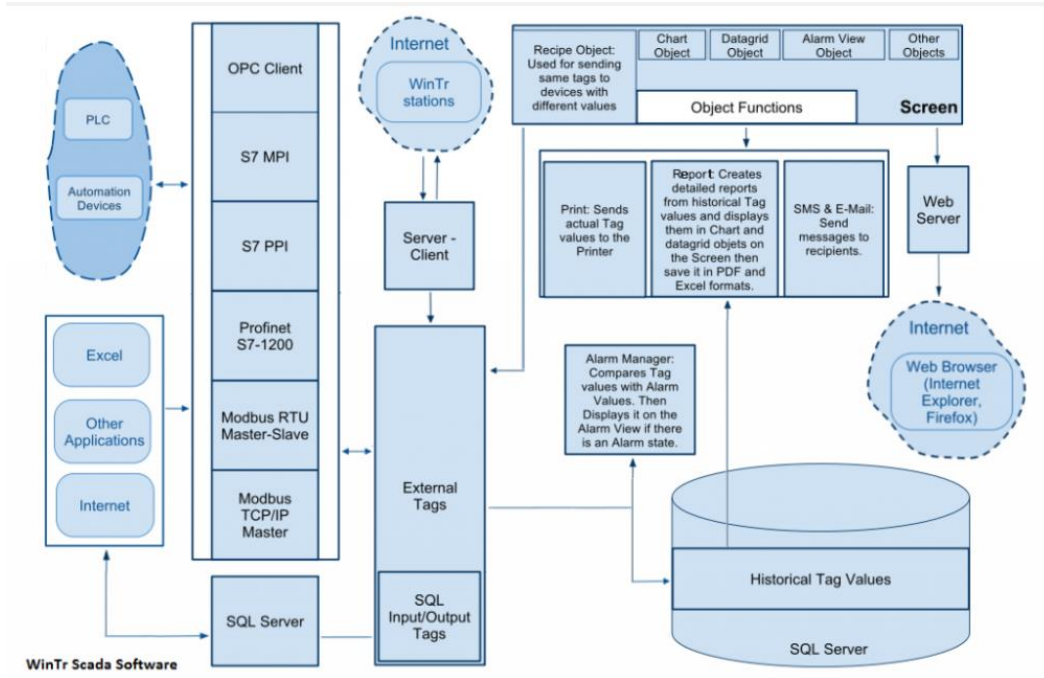
#### **4.4 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) Sistemi**

SCADA temel olarak bir süreçte ait tüm verilerin görsel objelerle takip edilmesini sağlayan görsel bir arayüzdür. Supervisory Control And Data ifadesinin kısaltmasıdır. SCADA kavramı ilk olarak 1960'larda Bonneville Power Administration tarafından ortaya atılmıştır. Terim olarak ise Power Industry Computer Applications konferansında yayınlanmıştır[41]. Mevcutta SCADA sistemleri endüstriyel işletmelerde daha çok proses otomasyonu amacıyla kullanılmaktaysa da özel amaçlar için de kullanılabilir. Aynı alanda olmayan bir çok ekipmanın belli bir mantığa göre çalışabilmesini sağlar. Günümüzde çok uzak mesafelerdeki ekipmanların aynı SCADA ile takibi yapılabilmektedir. SCADA kontrol, kumanda ve değerlendirme için tüm verileri toplar bu verileri karar birimine gönderir. Bu veriler operatör istasyonlarındaki ekranlara iletilir. Böylelikle operatör vasıtasıyla kontrol ve kumanda yapılabilir. [42]. Genel olarak bir SCADA yazılımının fonksiyonelliği şöyledir;

- Erişim Kontrolü(Access Control)
- Çoklu Arayüz(Multimedia Interface)
- Grafikleme(Trending)
- Alarm Yönetimi(Alarm Handling)
- Loglama/Arşivleme(Logging/Archiving)
- Rapor Oluşturma(Report Generation)[43]

Bir çok markaya ait çeşitli özellikleri barındıran scada yazılımları bulunmaktadır. Bu çalışmada yerli yazılım olan Wintr adlı SCADA yazılımı kullanılmıştır. Wintr adlı yazılımın diğer SCADA yazılımlarına göre tercih sebebi olmasının en önemli sebepleri; lisanslama maliyetinin olmaması, MODBUS verilerini doğrudan okunabilir yapıda olması ve ekonomik olmasıdır. Ayrıca bir çok SCADA yazılımında objeler ile ilgili yapılabilecek fonksiyonlar sınırlı sayıdadır. Wintr adlı yazılımda bir objede 256 fonksiyon çalıştırılabilir. Wintr SCADA yazılımında profinet haberleşme protokolü ile haberleşecek cihazlar için herhangi bir veri tabanı programı ya da OPC Server gibi başka bir yazılım kullanılmasına gerek yoktur. Veriler doğrudan SCADA tarafından okunabilmektedir. Enerji analizörlerinden PLC ye aktarılan tüm veriler Profinet haberleşme protokolü ile SCADA sistemine

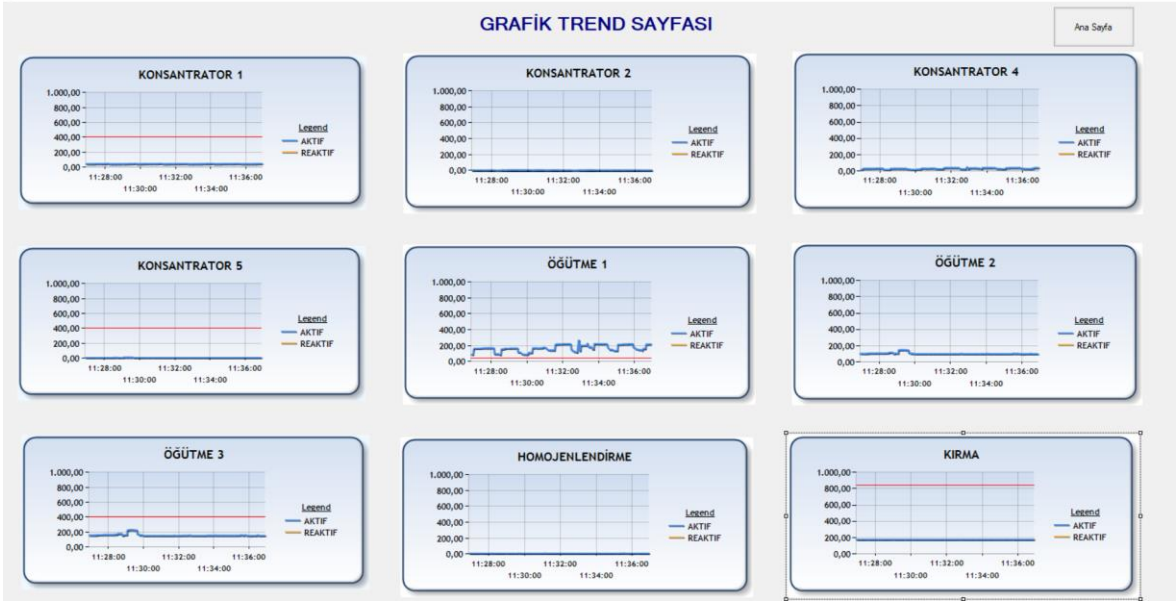
aktarılmaktadır. SCADA sistemindeki verilerin sınıflarına göre uygun objeler tasarlanarak verinin anlaşılır bir hal alması sağlanır.



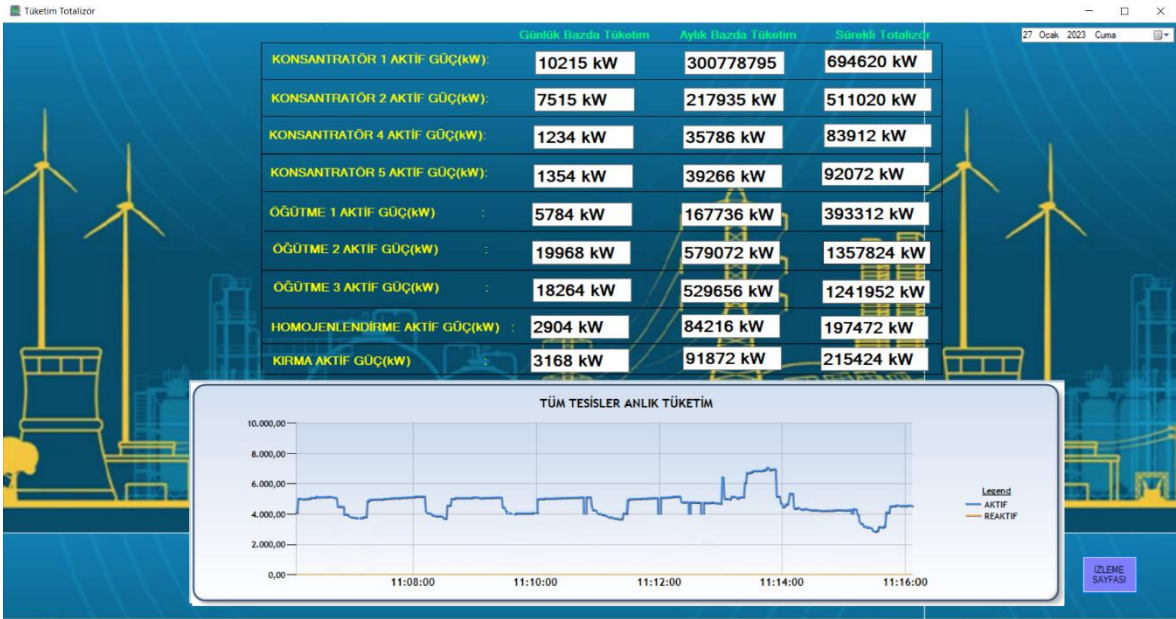
Şekil 4.8: Wintr SCADA özellikleri[44].



Şekil 4.9: Sistem SCADA ana ekran.



Şekil 4.10: Grafik trend sayfası.



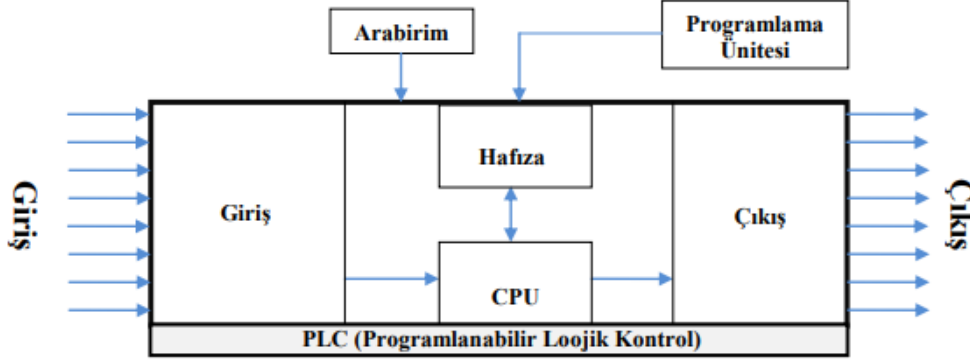
Şekil 4.11: Günlük aylık totalizör sayfası.

#### 4.5 PLC (Programmable Logic Controller)

PLC'ler klasik kumanda devresinin yaptığı işleri tasarlanan bir programa göre yapabilen, kendine ait giriş ve çıkış kanalları olan mikroişlemci tabanlı cihazlardır. Hızlı işlem kapasiteleri ve esnek bir şekilde programlanabilmeleri nedeniyle endüstride çok yoğun kullanım alanları bulunmaktadır.

Kumanda sistemlerinde PLC henüz yokken bir çok iş geleneksel röleler ile yapılmaktaydı. Röleler ile kontrol kumanda sadece rölenin kontakları üzerinden yapılır. Bu sebepten

alternatifsiz, yavaş ve kontrolü oldukça zor bir yapı idi. PLC'ler 1970'li yılların başında geleneksel röleli sistemlere çözüm olarak ortaya çıkmıştır. İlk yıllarda lojik birimlerin birbiri ile bağlantısı şeklinde kullanılan PLC'ler günümüzde mikroişlemci teknolojisinin katkısı ile çok hızlı ve kolay programlanabilir bir yapı kazanmış durumdadır. [45].



Şekil 4.12: PLC'nin temel yapısı[45].

Herhangi bir PLC hazır konuma getirilip çalıştırıldığında sırayla şu işlemler yerine getirilir;

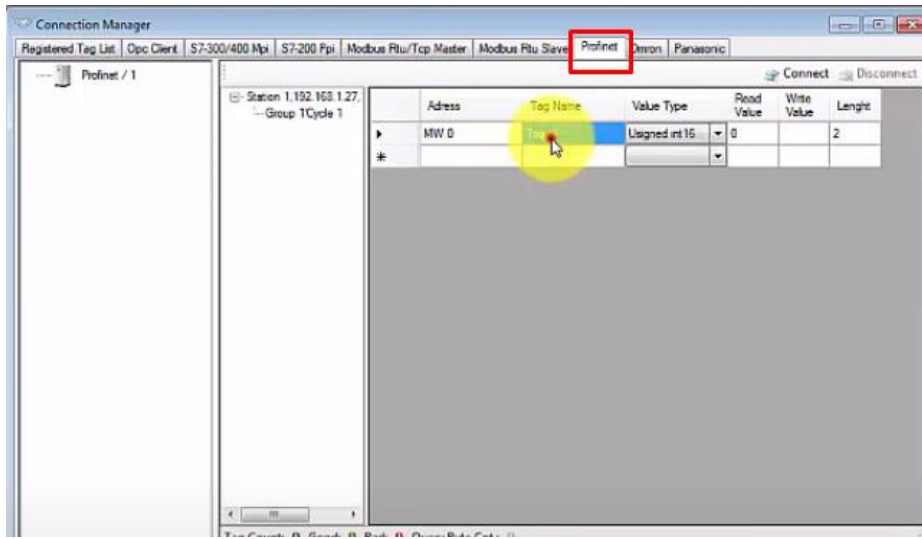
- Çevrim başlamadan önce girişteki veriler belleğe kaydedilir ve bu veriler sıradaki döngüye kadar değişmez
- Programlanan lojik komutlar sırasıyla icra edilir.
- Yazılan programa göre işlenen verilerin çıktıları çıkış birimine aktarılır ve tüm işlemler tamamlandıktan sonra ilk adıma tekrar gidilir[46].

Bu çalışmada SIEMENS marka S7-1200 model bir PLC kullanılmıştır. SCADA daki verileri PLC gibi programlanabilen bir cihaza aktardığımızda artık bu veriler için bir çok uygulama yapabilmekteyiz. Bu yüzden veriler PLC' ye aktarılmıştır.



Şekil 4.13: Çalışmada kullanılan PLC.

Aktarılan veriler PLC’de işlenebilmektedir. Enerji izleme sistemine dair maliyet analizi, raporlama, diğer kontrol sistemleri ile entegrasyon gibi bir çok ihtiyaç bu sayede gerçekleştirilebilecektir. PLC ile profinet üzerinden haberleşilmiştir. Wintr SCADA’nın en büyük avantajlarından biri cihaza özel doğrudan haberleşme protokollerini destekleyebilmesidir. Bu çalışmada kullanılan S7-1200 PLC için profinet üzerinden doğrudan haberleşme arayüzü bulunmaktadır. Şekil 4.9’da görüldüğü gibi Wintr SCADA Connection Managerda bulunan Profinet sekmesine PLC’nin IP adresi doğru bir şekilde girildiği takdirde PLC’ye SCADA üzerinden doğrudan erişilebilmektedir.



Şekil 4.14: Wintr-S71200 PLC haberleşmesi.



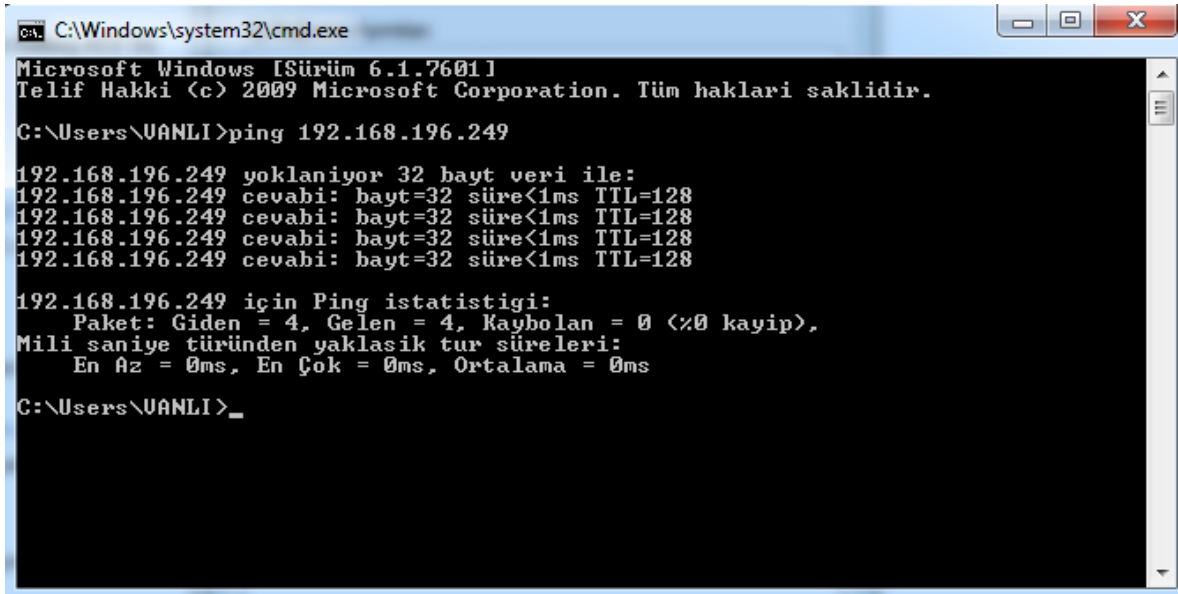
## 5. DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmayı 3 aşamada değerlendirmenin daha doğru olacağı düşünülmektedir.

- 1- Uzak lokasyonlar arası cihazların haberleşmesi
- 2- Okuma yapacak olan enerji analizörlerinin akım trafoları ile beraber montajı ve devreye alınması
- 3- Verilerin merkezi bir noktada toplanarak SCADA tasarımının yapılması ve PLC' ye entegrasyonu

### 5.1 Uzak Lokasyonlar Arası Cihazların Haberleşmesi

Uzak lokasyonlar arası 24 core single mode fiber optik kablolar kullanılmış ve istasyonlarda sonlandırılmıştır. Sonlandırılan fiber uçlar ethernet verisi haline gelebilmesi için Ethernet-fiber dönüştürücü ile dönüştürülmüştür. Bu şekilde yıldız topoloji oluşturulmuş, hızlı ve kayıpsız bir haberleşme hattı başarılı bir şekilde kurulmuştur. Başarıya ulaşan bu sistemin bir çok sistemde kullanılacak bir haberleşme altyapısı sunabileceği görülmüştür. Şekil 5.1'de iki lokasyon arası ping ekranı görseli verilmiştir. 1 milisaniyenin altında haberleşme olduğu görülmektedir.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Sürüm 6.1.7601]
Telif Hakkı (c) 2009 Microsoft Corporation. Tüm hakları saklıdır.

C:\Users\UANLI>ping 192.168.196.249

192.168.196.249 yoklanıyor 32 bayt veri ile:
192.168.196.249 cevabi: bayt=32 süre<1ms TTL=128
192.168.196.249 cevabi: bayt=32 süre<1ms TTL=128
192.168.196.249 cevabi: bayt=32 süre<1ms TTL=128
192.168.196.249 cevabi: bayt=32 süre<1ms TTL=128

192.168.196.249 için Ping istatistigi:
Paket: Giden = 4, Gelen = 4, Kaybolan = 0 (%0 kayıp),
Mili saniye türünden yaklaşık tur süreleri:
En Az = 0ms, En Çok = 0ms, Ortalama = 0ms

C:\Users\UANLI>
```

Şekil 5.1: Uzak istasyonlar arası haberleşme istatistikleri.

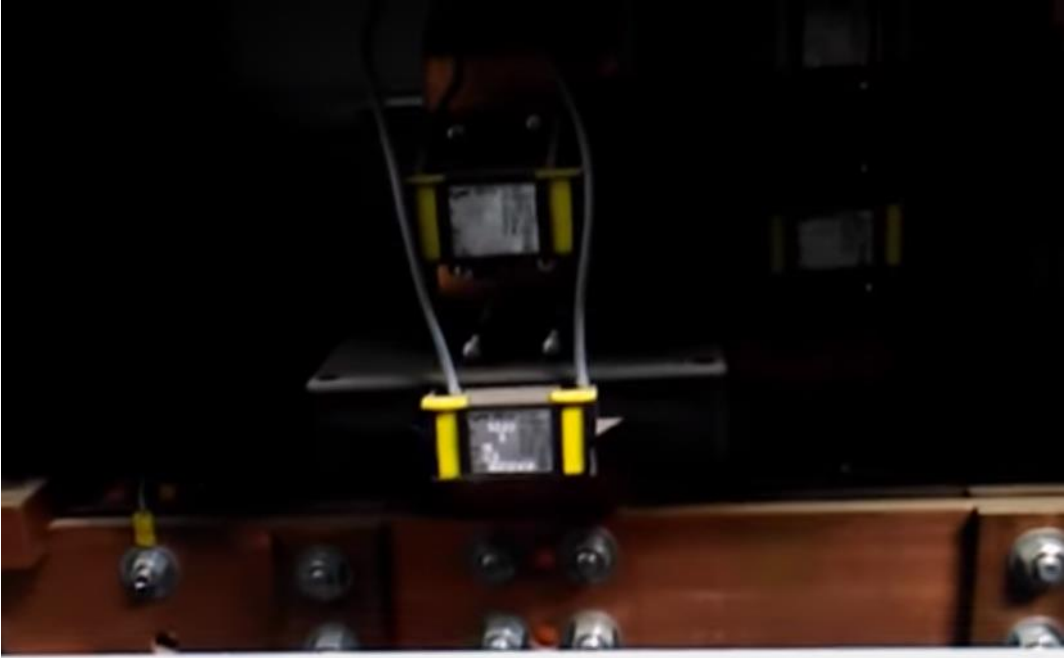
Mesafelerin fazla olduğu durumlarda günümüzde kullanılacak en verimli haberleşme altyapısı fiber optik bir hat ile mümkündür. Fiber optik haberleşme sisteminin dezavantajı olarak kullanılacak noktada sonlandırılma sorununun olduğu söylenebilir. Fiber kablo uç noktalarda sonlandırılmak zorundadır. Sonlandırmak için ise füzyon kaynak adı verilen bir cihaza ihtiyaç vardır. İki fiber kabloyu birbirine bağlamak ya da uç noktadaki fiberi sonlandırabilmek için bu cihaza ihtiyaç duyulur. Fiber kablunun yapısı cam olduğu için iki

cam yapıya sahip kabloyu birbirine ya da uç noktaya öyle bir birleştirmemiz gerekir ki fiber kablonun içinden geçen ışık birleşme noktasında dağılmadan ve yansıma performansını etkilemeden iletilebilsin. Bunun için bir nevi kaynak yapmak gerekir. Bu da özel cihazlarla yapılmaktadır. Günümüz için cihazların maliyeti yüksek seviyelerdedir. Ayrıca bu cihaz ile kaynak yapacak kişinin tecrübesi de haberleşme hattının performansında önemlidir.

Bu çalışmada fiber optik hat yerine kablosuz bir network de kurulabilirdi. Kablosuz haberleşme sistemleri de günümüzde oldukça gelişmiş ve kullanım alanı oldukça artmıştır. Ancak kablosuz haberleşme sistemleri işletmenin koşulları açısından uygun değildir. Bor üretiminde bacadan filtre edilip atılan ürün işletme çevresinde bir tabaka oluşturmaktadır. Yarı metal özelliğe sahip borun yapısından kaynaklanan bu durum işletme içinde kablosuz tüm sistemleri etkilemektedir. Bu çalışmanın başında kablosuz haberleşme sistemleri denenmiş ve verimli bulunmamıştır. Ayrıca kablosuz haberleşme sistemlerinde her uç noktada alıcı kablosuz cihazlar kullanılacağından maliyet yükselmektedir.

## 5.2 Enerji Analizörü ve Akım Trafosu Montajları

Enerji analizörleri her bir tesisin ana dağıtım panosuna monte edilmiştir. Ana dağıtım panosunun enerji baralarına akım trafoları Şekil 5.2' deki gibi bağlanmıştır.



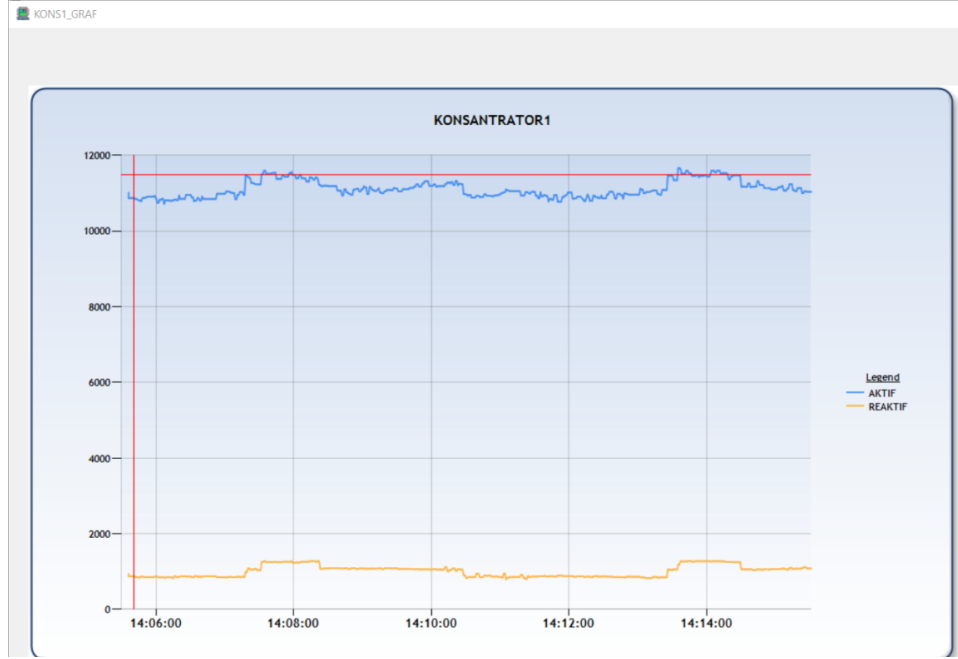
Şekil 5.2: Enerji analizörü ile akım trafolarının montajları.

Akım trafosu seçerken baradan geçebilecek maksimum akım önemlidir. Seçim buna göre yapılır. Her bir faza aynı akım trafosu bağlanır. Akım trafosunun sekonder uçları enerji analizörünün K ve L uçlarına her faz için ayrı ayrı bağlanır. Enerji analizörüne akım trafosu çarpanı girildikten sonra okuma yapmaya başlanabilir. Akım trafosu olmadan şebeke akımını enerji analizörüne aktarma yolu yoktur. Çalışmada kullanılan enerji analizörü RS485 çıkışlı bir cihazdır. Bu sayede değerleri dışarıya aktarabilmektedir. Eğer doğrudan fiber çıkışlı enerji analizörleri olsaydı çeviriciler kullanılmadan daha sade ve kolay bir topoloji kurulabilirdi.

### **5.3 Verilerin Tek Merkezde Toplanması ve Çıktıları**

Veriler Wintr SCADA’da toplanmış ve aktif güçler ile ilgili grafiklendirmeler yapılmıştır. Tesis bazında anlık aktif ve reaktif güç grafikleri aşağıdaki görsellerdeki gibi gerçekleşmiştir. Her tesis bazında 1 saniyeden 24 saate kadar farklı periyotlarda grafiklendirme yapılmaktadır. Bu çalışmada bir çok SCADA yazılımı kullanılabilirdi. Çalışma önce SCHNEIDER firmasına ait Vijeo Citect SCADA yazılımı ile başlanmış ancak bu yazılımın lisans maliyetlerinin yüksek olması ve MODBUS haberleşme için ayrı bir yazılım kullanma zorunluluğundan dolayı vazgeçilmiştir. FULTEK firmasına ait Wintr SCADA yazılımı ile opc server ihtiyacı olmadan farklı cihazlarla doğrudan haberleşebilmektedir. Bu durum Wintr SCADA kullanımını bu çalışma için tercih sebebi yapmıştır. Ayrıca Wintr SCADA için geliştirme lisansı almanıza gerek yoktur. Bu çalışma için geliştirme programına hiçbir lisanslama yapılmamıştır. Muadil bir çok yazılımda geliştirme için ayrı runtime için ayrı lisans satın alınması gerekmektedir. Günümüzde kullanılmakta olan önemli çoğu haberleşme protokolünü destekliyor olması da gelecekte yapılabilecek iyileştirmeler için önemli bir noktadır. Örneğin PROFIBUS altyapıya sahip bir sistemin bu SCADA ile haberleşebilmesi için herhangi bir ara yüze ihtiyaç yoktur. Doğrudan hem PROFINET üzerinden hem de PROFIBUS üzerinden veri alış verişi yapabilmektedir.

Çalışmada PLC kullanılmasının sebebi ise sistemin geliştirmeye açık olmasını sağlayabilmektir. Çünkü PLC çok karmaşık işleri bile kolay bir şekilde programlayabilmekte ve hızlı bir şekilde diğer ünitelere aktarabilmektedir. PLC ünitesine SCADA’ dan verilerin çekilmesi çalışmaya yapılacak bir çok geliştirmenin yolunu açmıştır. PLC’ ye aktarılan veriler ile istenilebilecek analiz ya da sentezler kolaylıkla yapılabilir. Bunun için işletmede de çok kullanılan ve bilinen SIEMENS marka S7-1200 model bir cihaz kullanılmıştır.



**Şekil 5.3:** Konsantratör 1 tesisi aktif ve reaktif güç değerleri grafiği.



**Şekil 5.4:** Konsantratör 4 tesisi 5 saniyelik periyotta aktif güç grafiği.

#### 5.4 Gelecekte Yapılması Gerekenler

Bu çalışma baz alınarak gelecekte bazı uygulamalar yapılabilir. Tasarlanan sistem geliştirilip raporlama ve arşivleme özelliği kazandırılabilir. Bunlar için ilave lisans almak gerekse de çalışmanın amacına hizmet edeceği iyileştirmeler olacağı düşünülmektedir.

Enerjinin işletmedeki ürünler içindeki maliyet girdisinin hammaddenin maliyet girdisinden fazla olduğu bilinmektedir. Tasarlanan SCADA'ya maliyet analizi ara yüzü eklenerek aktif

güç ve reaktif güce dayalı bir hesap yapılabilir. Tasarlanan sistem ile bu veriler zaten alınmaktadır. Veriler PLC’de de olduğu için her 24 saatte veya her ay sonunda PLC’ye yazılacak bir sayaçla bu veriler günlük veya aylık olarak maliyetlendirilebilir. Tesis özelinde veriler alınabildiği için tüketimin üretimdeki girdisi çok daha net ortaya konulabilir.

Çalışma sadece elektrik enerjisi üzerine yoğunlaşmış ve elektrik enerjisine dair verilerin izlenmesi ve takibinin yapılması sağlanmıştır. Gelecekte bu çalışma baz alınarak enerjiye bütünsel bir bakış açısıyla bakılabilir ve enerjiye ait tüm süreçlerin izlenmesi yapılabilir. Örneğin işletmenin bulunduğu bölgede doğal gaz altyapısı bulunmamaktadır. Doğalgaz ise işletme için çok stratejik bir kullanıma sahiptir. Sıvılaştırılmış doğal gaz olarak her gün araçlar ile işletmeye doğal gaz taşınmaktadır. Ancak tüketilen doğal gaz ile ilgili bir izleme yay takip sistemi bulunmamaktadır. Bu çalışmaya ilave olarak her bir tüketim noktasında doğal gaz ölçüm cihazlarının kullanılması ile bu veriler sistemdeki SCADA’ ya dahil edilebilir. İşletme de kullanılan kömür, basınçlı hava, su gibi diğer enerji kaynakları için de benzer uygulamalar yapıp enerji izlemeye bütünsel bir yaklaşımla bakılabilir.

Tasarlanan bu sistem ile işletmede mevcut kullanılmakta olan veri tabanı SAP (System Analysis Program) arasında bir entegrasyon yapıp enerji verilerinin işletmeye ait tüm süreçlerle beraber değerlendirmesinin yapılabilmesi sağlanabilir. Kuruma bağlı diğer işletmelerde elektrik enerjisi üretimi de bulunduğu için ilgili dağıtım şirketleri ile mahsuplaşma sözleşmeleri vardır. İşletmenin de gelecekte elektrik enerjisi üretim projeleri bulunmaktadır. Eğer elektrik enerjisi üretimi projesi gerçekleşirse dağıtım şirketleri ile yapılacak mahsuplaşma sistemleri için bu çalışma bir altyapı sunabilecektir. Ayrıca işletmede reaktif gücü dengede tutabilmek için kompanzasyon sistemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada reaktif güçler okunmakta ve grafiklendirilmektedir ancak kompanzasyon sistemleri ile doğrudan haberleşmemektedir. Gelecekte kompanzasyon sistemlerindeki reaktif güç kontrol röleleri bu çalışmada tasarlanan SCADA’ya dahil edilerek kompanzasyon süreçleri de izlenilebilir hale getirilebilir.

## **5.5 Sonuç**

Bölüm 1’de çalışma veeçalışmanın yapıldığı işletme tanıtılmış çalışmanın amacı anlatılmıştır. Bölüm 2’de enerji konusunun üzerinde durulmuştur. Dünya ve ülkemizde elektrik enerjisinin durumu tespit edilmiş, gelecekteki tahminlerle ilgili çalışmalar verilmiştir. Ayrıca enerji verimliliği, enerji yönetimi ve ölçme metotlarından da

bahsedilmiştir. Bölüm 3’de haberleşme sistemleri ve endüstriyel haberleşme protokolleri detaylı olarak anlatılmıştır. Bu protokollerin uygulamasında oldukça kritik olan haberleşme topolojilerinden de yine bu bölümde bahsedilmiştir. Bölüm 4’de çalışmanın metodolojisi anlatılmış ve detaylandırılmıştır. Çalışmada kullanılan ekipmanlar ve cihazlar ayrı ayrı incelenmiştir. Çalışmanın fiziksel topolojisi ve tasarımına ait detaylar bu bölümde verilmiştir. Bölüm 5’de ise çalışma bir bütün olarak değerlendirilmiş ve 3 aşamada anlatılmaya çalışılmıştır.

Fiber optik altyapı sayesinde 1 milisaniyenin altında bir hızla birbirinden uzak lokasyonlar arasındaki enerji analizörlerinden veriler tek bir merkezdeki SCADA’da toplanmıştır. Daha sonra bu veriler işlenebilmesi için PLC’ye aktarılmıştır. PLC’ye veri aktarımı başarılı olduğu için bu verilerle her türlü ihtiyaca karşılık verilebileceği düşünülmektedir. İşletmenin enerji yöneticilerinin tasarlanan ara yüzü kullanabilmeleri için sisteme kurum iç networkünden bir IP adresi verilmiştir. Bu sayede hangi lokasyonda olunursa olunsun yetkili kişiler o lokasyondan sisteme erişebilecek ve enerji verilerini değerlendirebileceklerdir. 2050 yılı karbon sıfır hedefi, kurumun her yıl %2 enerji tasarrufu hedefi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının konu hakkındaki denetlemeleri gibi durumlardan dolayı farkındalık anlamında önemli bir karşılığı olan enerji verimliliği kavramına ait bir uygulama olarak tasarlanan sistem gerekli geliştirmelerden sonra çok daha anlamlı hale gelecektir. Çalışmanın yapıldığı işletme de dahil olmak üzere bugüne kadar enerji her zaman ürün hammaddesinin gölgesinde kalmış ve hammaddeye verilen önem enerjiye verilmemiştir. Pandemi, teminde yaşanan güçlükler, ülkeler arası sıcak çatışmalara varan sorunlar gibi sebeplerden dolayı enerji maliyetleri yükselmiş ve işletmenin hammadde maliyetinin önüne geçmiştir. Enerji verimliliğinin önemi bu gibi sonuçlardan dolayı daha iyi anlaşılmalı ve işletmeleri bu konuda iyileştirme yapmaya zorlamıştır. 2. Bölümde üzerinde durulan enerjinin gelecek projeksiyonunu günümüzde yaşanan enerji krizleri ile beraber değerlendirdiğimizde bu ve benzer çalışmaların önemi daha iyi anlaşılacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] UNDP Türkiye. “Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları”. [Online] Erişim adresi: <https://www.kureselamaclar.org/amaclar>. Erişim tarihi: 12 Mart 2022.
- [2] BP Energy Outlook 2022. [Online] Erişim adresi: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2022.pdf>. Erişim tarihi: 24 Nisan 2022.
- [3] R. Bayındır, Ş. Demirbaş, A. Bektaş ve İ. Çolak, “Bir endüstriyel işletmede elektrik enerjisinin izlenmesi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, no. 24(1), 154-164, 2008.
- [4] M. N. I. Siddique, vd., “Energy management practices, barriers, and drivers in Bangladesh: An exploratory insight from pulp and paper industry”, *Energy for Sustainable Development*, vol.70, pp. 115-132, 2022.
- [5] M. Songur, A. Dabanlı, B. Yılmazel ve M. A. Ş. Kürkçüoğlu, “Su dağıtım şebekelerindeki fiziki kayıpların önlenmesinde SCADA’nın önemi: ASKİ örneği”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 21 no. 6, 1424-1433, 2021.
- [6] G. Aurilio, D. Gallo, C. Landi, M. Luiso, and, G. Graditi, “A low cost smart meter network for a smart utility”, *In 2014 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings, Montevideo ,Uruguay*, May. 2014, pp. 380-385.
- [7] A. Üstündağ ve Ç. Gencer, “PLC ve SCADA Kullanılarak Bir Orcik Üretim Sisteminin Otomasyonu”, *International Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 7, no. 1, pp. 173-184, 2021.
- [8] S. Üstünsoy vw H.H. Sayan, “PLC Destekli SCADA ile enerji yönetimi için örnek laboratuvar çalışması”, *Politeknik Dergisi*, vol. 21, no. 4, pp.1007-1014, 2018.
- [9] Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü. [Online] Erişim adresi: <https://www.etimaden.gov.tr/bigadic>. Erişim tarihi:3 Mayıs 2022
- [10] E. Koç ve K. Kadir, “Enerji kaynakları-yenilenebilir enerji durumu”, *Mühendis ve Makina*, vol.56, no. 668, pp. 36-47, 2015.
- [11] World Energy Outlook 2022. [Online] Erişim adresi: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2a7c111f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>. Erişim tarihi:5 Mayıs 2022.

- [12] E. Kayar, İ. L. Niyazi ve H. Carlak, Türkiye elektrik enerjisi görünümü ve yenilenebilir enerjinin global ölçekte mevcut konumu. *EMO Bilimsel Dergi*, no.11, 70-83, 2021.
- [13] M. Güllü ve Z. Kartal, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının 2030 yılına kadar tahmini. *19 Mayıs Sosyal Bilimler Dergisi*, no. 2, 288-313, 2021.
- [14] K. Kavak, "Dünyada ve Türkiye'de enerji verimliliği ve Türk sanayiinde enerji verimliliğinin incelenmesi", Uzmanlık tezi, Devlet Planlama Teşkilatı, Dpt-2689, 2005.
- [15] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, "2020 Yılı Birincil ve Nihai Enerji Yoğunluğu, Enerji Verimliliği Veri Analizi Serisi-1", Ankara, 2021.
- [16] H.H. Öztürk, *Dünyada enerji verimliliğindeki gelişmeler*. Beau Bassin-Rose Hill: Lambert Academic Publishing, 2021.
- [17] T.H. Karakoç, N. Karakoç, B. Erbay ve H. Aras, *Enerji analizi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını, 2012.
- [18] M.E. Polat, "Fiber optik kabloların kalite parametrelerinin belirlenmesi ve bu parametreler üzerine etki eden faktörlerin etki mekanizmalarının analizi", Yüksek lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniv., Tekirdağ, 2019.
- [19] N.Ö. Ünverdi ve N.A. Ünverdi, "Optik haberleşme sistemlerinin dizaynı", V. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu, Ed, İzmir, May. 2013, s. 127-133.
- [20] S. Mazı, "Endüstriyel bir kuruluş için fiber kablo ile CAT5 sisteminin uygulama yönüyle karşılaştırılması", Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniv., Sakarya, 2010.
- [21] Bilgi Teknolojileri Kurumu. "Fiber altyapının geliştirilmesinde uluslararası uygulamalar", [Online] Erişim adresi: <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/arastirma-raporlari/fiber-altyapi-raporu-son-rev.pdf>. Erişim tarihi:15 Mayıs 2022.
- [22] T. Öztaş, "İterbiyum katkılı yüksek güçlü fiber lazer üretimi", Yüksek lisans tezi, Bursa Teknik Üniv., Bursa, 2016.
- [23] T. Aydoğan, "WorldFIP/ATM yerel köprü tasarımı ve CAN/PROFIBUS/WorldFIP ağlarının atm omurga üzerinden arabağlaşımı", Doktora tezi, Sakarya Üniv., Sakarya, 2005.
- [24] Ş. Akkaya, "FPGA tabanlı modbus ağ geçidi tasarımı", Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, 2005.
- [25] S. Akkaya, O. Akbatı ve A. F. Ergenç, "Endüstriyel Sistemler için FPGA Tabanlı Modbus Ağ Geçidi Tasarımı ve Uygulaması", Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı TOK'2015, Ed, Denizli, Sep. 2015, s. 235



- [26] A. Temiz, Ö. Kahraman, C. Şahin ve A. Nadar, “Akıllı Şebekeler İçin Haberleşme Çözümü”, Tübitak MAM Enerji Enstitüsü, Ankara, 2013.
- [27] Entes, “Şebeke Analizörü MPR-53/53S”, [Online] Erişim adresi: [https://www.entes.com.tr/uploads/files/TR-A3917-MPR53\\_53S-Rev.6.pdf](https://www.entes.com.tr/uploads/files/TR-A3917-MPR53_53S-Rev.6.pdf). Erişim tarihi:1 Haziran 2022.
- [28] D. Suhartono, A. Wibowo, S. Wiguna, ve R. Saleh, Developing controller area network management application based on modbus in multi generator set controller through local network and internet. *Proceida Engineering*, no. 50, 426-435, 2012.
- [29] S. Zhu, & X. Zhang, “Design of monitoring control system based on MODBUS for transformer measurement equipment”, In Conference of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, Ed, Wuhan, Mar. 2014, pp.304-307
- [30] E. Çekerek ve M. Demir, İstanbul metrolarında yolcu konforunun artırılması sinyalizasyon sistemi ile otomatik anons kontrol uygulaması. *Demiryolu Mühendisliği*, no. 14, 110-121, 2021.
- [31] E. Irmak ve İ. Erkek, Endüstriyel kontrol sistemleri ve SCADA uygulamalarının siber güvenliği:MODBUS TCP protokolü örneği. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, cilt 6, no. 1, 1-16, 2018.
- [32] A. Özdemir, “Asansör haberleşme sistemlerinde CANBUS hata tolerans modu kullanımı”, Asansör Sempozyumu, Ed, İzmir, Sep. 2014, pp. 289-294
- [33] M.İ. Çakı, S. Canan ve H. Üzülmaz, “CANBUS iletişim protokolünden elde edilen verilerin kablosuz ağ ile aktarımı”, 4th International Congress on 3D Printing(Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry, Ed, Antalya, Apr. 2019.
- [34] O. Seden, “PROFINET IO Ağ Çözümleyicisi ve Ağ Oynatıcısı”, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniv., Sakarya, 2010.
- [35] S. Ataç, “Tek çift Ethernet”, International Aegean Symposiums, Ed, İzmir, Sep. 2021, pp. 89-101
- [36] M. Bayrak ve A.S. Yılmaz, “Enerji analizörlerinin ölçüm standartlarına uygunluğunun incelenmesi” 3. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Ed, May. 2019, pp. 242-246
- [37] T. Çarkıt, “Yenilenebilir enerji kaynakları depolama sistemlerinin incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, Erciyes Üniv., Kayseri, 2017.
- [38] Federal Elektrik. “Akım transformatörlerinin iç yapısı ve dikkat edilmesi gereken hususlar nelerdir?”, [Online] Erişim adresi: <https://federal.com.tr/akim->

[transformatorlerinin-ic-yapisi-ve-dikkat-edilmesi-gereken-hususlar-nelerdir/](#). Erişim

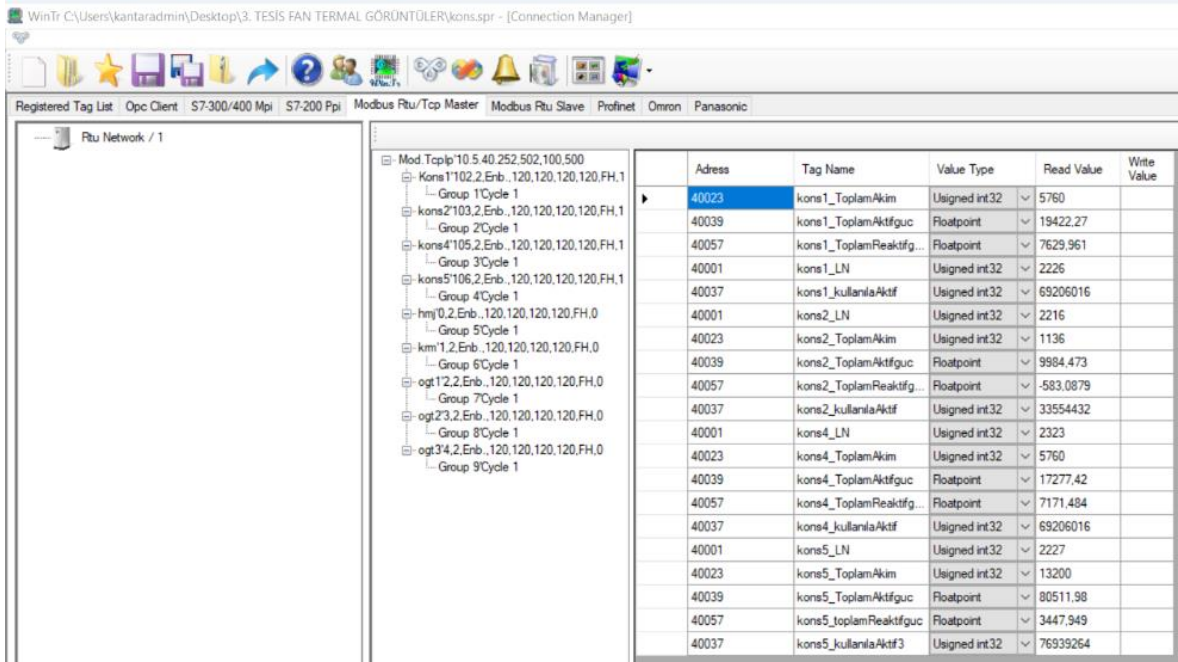
tarihi: 15 Haziran 2022

- [39] H. Büyükdora, *OG şebekelerinde ölçü trafoları ve sekonder koruma*. İzmir: Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayınları, 2006.
- [40] Moxa. “Mgate MB3000 Modbus Gateway User’s Manual”, [Online] Erişim adresi: <https://www.moxa.com/getmedia/c99d0897-cfd2-4f45-80f3-a9247b89fc14/moxa-mgate-mb3180-mb3280-mb3480-series-manual-v11.2.pdf>. Erişim tarihi: 22 Haziran 2022
- [41] H. Bentarzi, M. Tsebia ve A. Abdelmoumene, “PMU based SCADA enhancement in smart power grid”, In 2018 IEEE 12th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG 2018), Ed, Doha, Apr. 2018, p. 1-6
- [42] F. İşbilen ve M. Konar, Uçak sistemlerinin SCADA ile modellenmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, no. 18, 338-346, 2020.
- [43] A. Daneels ve W. Salter, “What is SCADA”, International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, Ed, Trieste, 1999.
- [44] Fultek. “Wintr scada programı”, [Online] Erişim adresi: <https://www.fultek.com.tr/programlar/scada/>. Erişim tarihi: 22 Haziran 2022
- [45] M. Karayel, “Mikrotip hidroelektrik santraller için PLC tabanlı SCADA sistem otomasyonu ve RTU/PLC ile frekans ve gerilim regülasyonunun gerçekleştirilmesi”, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniv., Ankara, 2013.
- [46] F. Özlük, “Endüstriyel bir süreçte scada uygulaması ve verilerin değerlendirilmesi”, Yüksek lisans tezi, Fırat Üniv., Elazığ, 2010.

# **EKLER**

# EKLER

## EK A: Wintr SCADA modbus haberleşme



Adress	Tag Name	Value Type	Read Value	Write Value
40023	kons1_ToplamAkim	Unsigned int32	5760	
40039	kons1_ToplamAktifguc	Floatpoint	19422.27	
40057	kons1_ToplamReaktifg...	Floatpoint	7629.961	
40001	kons1_LN	Unsigned int32	2226	
40037	kons1_kullanilaAktif	Unsigned int32	69206016	
40001	kons2_LN	Unsigned int32	2216	
40023	kons2_ToplamAkim	Unsigned int32	1136	
40039	kons2_ToplamAktifguc	Floatpoint	9984.473	
40057	kons2_ToplamReaktifg...	Floatpoint	-583.0879	
40037	kons2_kullanilaAktif	Unsigned int32	33554432	
40001	kons4_LN	Unsigned int32	2323	
40023	kons4_ToplamAkim	Unsigned int32	5760	
40039	kons4_ToplamAktifguc	Floatpoint	17277.42	
40057	kons4_ToplamReaktifg...	Floatpoint	7171.484	
40037	kons4_kullanilaAktif	Unsigned int32	69206016	
40001	kons5_LN	Unsigned int32	2227	
40023	kons5_ToplamAkim	Unsigned int32	13200	
40039	kons5_ToplamAktifguc	Floatpoint	80511.98	
40057	kons5_toplamReaktifguc	Floatpoint	3447.949	
40037	kons5_kullanilaAktif3	Unsigned int32	76939264	

Şekil A.1: Modbus haberleşme adresleri.

## EK B: Modbus–Ethernet Converter Ayarları

**MOXA®** Total Solution for Industrial Device Networking WWW.MOXA.COM

**Model** - MGate MB3180      **IP** - 10.5.40.252      **MAC Address** - 00:90:E8:8A:48:DD  
**Name** - MG-MB3180\_16429      **Serial No.** - TBZEE1016429      **Firmware** - 2.1 Build 18113012

**- Main Menu**  
Overview  
Basic Settings  
Network Settings  
Serial Settings  
- Protocol Settings  
    Mode  
    Modbus  
    Modbus Routing  
- System Management  
Save/Restart  
Log Out

### Modbus Parameters

**Modbus Settings**

**Initial Delay**  (0-30000ms, Default: 0ms)  
**Modbus Listen Port**  (1-65535, Default: 502)  
**Modbus TCP Exception**  Enable

**Response Time-out**

**Response Time-out** (10-120000ms, Default: 1000ms)  
**Port1**    
**TCP/ProCOM**

**Interval Time-out**

**Inter-character Time-out** (10-500ms, Default: 0ms)  
**Port1**

**Inter-frame Delay** (10-500ms, Default: 0ms)  
**Port1**

Şekil B.1: Modbus ana parametreleri.

**MOXA®** Total Solution for Industrial Device Networking WWW.MOXA.COM

**Model** - MGate MB3180      **IP** - 10.5.40.252      **MAC Address** - 00:90:E8:8A:48:DD  
**Name** - MG-MB3180\_16429      **Serial No.** - TBZEE1016429      **Firmware** - 2.1 Build 18113012

**- Main Menu**  
Overview  
Basic Settings  
Network Settings  
**Serial Settings**  
- Protocol Settings  
- System Management  
Save/Restart  
Log Out

### Serial Settings

Port	Baud rate	Parity	Data bit	Stop bit	Flow control	FIFO	Interface	RTS on delay	RTS off delay
1	<input type="text" value="38400"/>	<input type="text" value="None"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="None"/>	<input type="text" value="Enable"/>	<input type="text" value="RS-485 2-wire"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Şekil B.2: Modbus seri protokol ayarları.

**MOXA®** Total Solution for Industrial Device Networking

■ Model - MGate MB3180      ■ IP - 10.5.40.252  
 ■ Name - MG-MB3180\_16429      ■ Serial No. - TBZEE1016429

- Main Menu  
 Overview  
 Basic Settings  
 Network Settings  
 Serial Settings  
 - Protocol Settings  
 - System Management  
 Save/Restart  
 Log Out

## Network Parameters

Network Settings

IP configuration

IP address

Netmask

Gateway

Şekil B.3: Modbus ethernet network ayarları.

**MOXA®** Total Solution for Industrial Device Networking www.moxa.com

■ Model - MGate MB3180      ■ IP - 10.5.40.252      ■ MAC Address - 00:90:E8:8A:48:DD  
 ■ Name - MG-MB3180\_16429      ■ Serial No. - TBZEE1016429      ■ Firmware - 2.1 Build 18113012

- Main Menu  
 Overview  
 Basic Settings  
 Network Settings  
 Serial Settings  
 - Protocol Settings  
 Mode  
 Modbus  
 Modbus Routing  
 - System Management  
 Save/Restart  
 Log Out

## Modbus Routing

Slave ID Table

Channel No.	Type	Slave ID Range (Virtual ID<->Real ID)	Destination
<input type="checkbox"/> 01	Modbus serial	001 - 254 <-> 001 - 254	Port1 (Serial)

Şekil B.4: Modbus routing ayarları.

**MOXA®** Total Solution for Industrial Device Networking www.moxa.com

■ Model - MGate MB3180      ■ IP - 10.5.40.252      ■ MAC Address - 00:90:E8:8A:48:DD  
 ■ Name - MG-MB3180\_16429      ■ Serial No. - TBZEE1016429      ■ Firmware - 2.1 Build 18113012

- Main Menu  
 Overview  
 Basic Settings  
 Network Settings  
 Serial Settings  
 - Protocol Settings  
 Mode  
 Modbus  
 Modbus Routing  
 - System Management  
 Save/Restart  
 Log Out

## Modbus Operation Mode

Port  Mode

Şekil B.5: Modbus ethernet network ayarları.

Model	- MGate MB3180	IP	- 10.5.40.252	MAC Address	- 00:90:E8:8A:48:DD
Name	- MG-MB3180_16429	Serial No.	- TBZEE1016429	Firmware	- 2.1 Build 18113012

- Main Menu
  - Overview
  - Basic Settings
  - Network Settings
  - Serial Settings
  - Protocol Settings
    - Mode
    - Modbus
    - Modbus Routing
  - System Management
    - Accessible IP List
    - SNMP Agent
    - Misc. Settings
    - Maintenance
  - Save/Restart
  - Log Out

### SNMP Agent

**SNMP Settings**

SNMP

Contact

Read community string

Write community string

SNMP agent version

Read-only username

Read-only authentication mode

Read-only password

Read-only privacy mode

Read-only privacy

Read/Write username

Read/Write authentication mode

Read/Write password

Read/Write privacy mode

Read/Write privacy

Şekil B.6: Modbus SNMP agent ayarları.

## EK C: SCADA Tag Listesi

WinTr C:\Users\kantaradmin\Desktop\3. TESİS FAN TERMAL GÖRÜNTÜLER\kons.spr - [Connection Manager]

Registered Tag List	OpC Client	S7-300/400 Mpi	S7-200 Ppi	Modbus Rtu/Tcp Master	Modbus Rtu Slave	Profinet	Omron	Panasonic
	Network Info	Tag Name	Value Type	Value	Historical	Modbus TCP Slave Address		
0	Rtu Network / 1	kons1_ToplamAk...	Unsigned int32	5760	Not Historical			
1	Rtu Network / 1	kons1_ToplamAk...	Floatpoint	19626,33	Not Historical			
2	Rtu Network / 1	kons1_ToplamR...	Floatpoint	7483,828	Not Historical			
3	Rtu Network / 1	kons1_LN	Unsigned int32	2214	Not Historical			
4	Rtu Network / 1	kons1_kullanilaA...	Unsigned int32	69206016	Not Historical			
5	Rtu Network / 1	kons2_LN	Unsigned int32	2203	Not Historical			
6	Rtu Network / 1	kons2_ToplamAk...	Unsigned int32	1152	Not Historical			
7	Rtu Network / 1	kons2_ToplamAk...	Floatpoint	10000,1	Not Historical			
8	Rtu Network / 1	kons2_ToplamR...	Floatpoint	-601,3809	Not Historical			
9	Rtu Network / 1	kons2_kullanilaA...	Unsigned int32	33554432	Not Historical			
10	Rtu Network / 1	kons4_LN	Unsigned int32	2309	Not Historical			
11	Rtu Network / 1	kons4_ToplamAk...	Unsigned int32	5760	Not Historical			
12	Rtu Network / 1	kons4_ToplamAk...	Floatpoint	16102,15	Not Historical			
13	Rtu Network / 1	kons4_ToplamR...	Floatpoint	6220,742	Not Historical			
14	Rtu Network / 1	kons4_kullanilaA...	Unsigned int32	69206016	Not Historical			
15	Rtu Network / 1	kons5_LN	Unsigned int32	2214	Not Historical			
16	Rtu Network / 1	kons5_ToplamAk...	Unsigned int32	11400	Not Historical			
17	Rtu Network / 1	kons5_ToplamAk...	Floatpoint	86375,68	Not Historical			
18	Rtu Network / 1	kons5_toplamRe...	Floatpoint	2241,357	Not Historical			
19	Rtu Network / 1	kons5_kullanilaA...	Unsigned int32	76939264	Not Historical			
20	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons1_...	Floatpoint	221,4	Periodically, Table1			
21	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons1_...	Floatpoint	371,61	Periodically, Table1			
22	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons1_...	Floatpoint	196263,3	Periodically, Table1			
23	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons1_...	Floatpoint	7483,83	Periodically, Table1			
24	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons2_...	Floatpoint	199,31	Not Historical			
25	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons2_...	Floatpoint	101124,8	Periodically, Table1			
26	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons2_...	Floatpoint	-601,38	Periodically, Table1			
27	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons4_...	Floatpoint	230,9	Periodically, Table1			
28	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons4_...	Floatpoint	1498,28	Not Historical			

Şekil C.1: SCADA tag listesi.

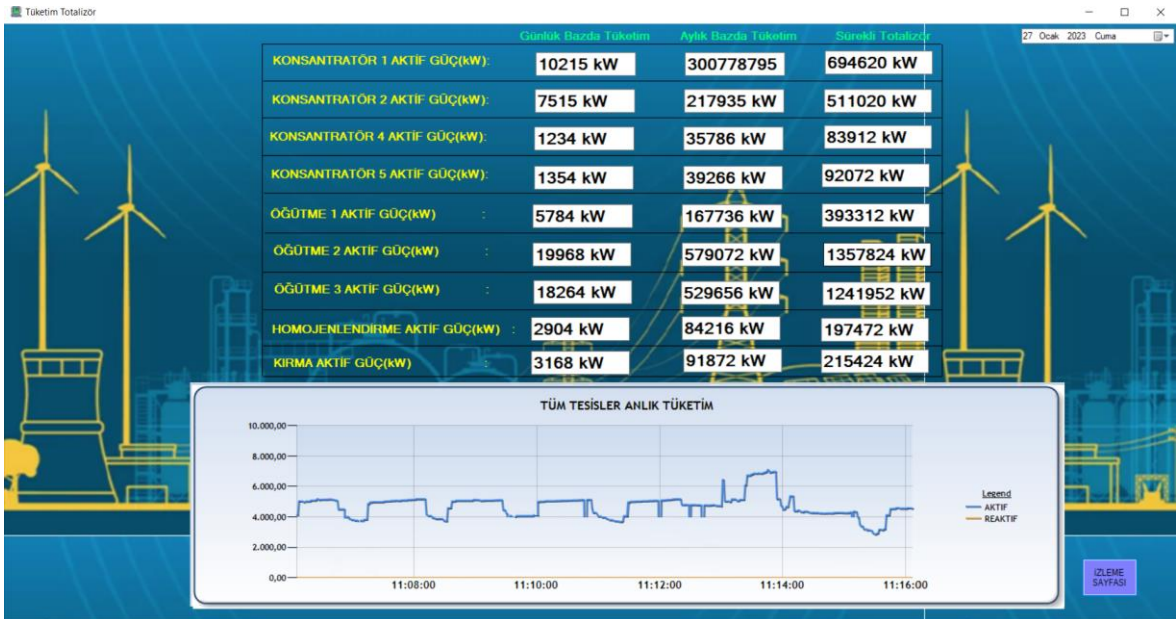


Registered Tag List	Opç Client	S7-300/400 Mpi	S7-200 Ppi	Modbus Rtu/Top Master	Modbus Rtu Slave	Profinet	Omron	Panasonic
	Network Info	Tag Name	Value Type	Value	Historical	Modbus TCP Slave Address		
27	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons4_LN	Floatpoint	230,9	Periodically,Table1			
28	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons4_ToplAmAkim	Floatpoint	1498,28	Not Historical			
29	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons4_ToplAmAktifguc	Floatpoint	720357,44	Periodically,Table1			
30	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons5_ToplAmAkim	Floatpoint	1832,15	Not Historical			
31	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons5_ToplAmAktifguc	Floatpoint	863756,81	Periodically,Table1			
32	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons5_ToplAmReaktifguc	Floatpoint	2241,36	Periodically,Table1			
33	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons4_ToplAmReaktifguc	Floatpoint	6220,74	Periodically,Table1			
34	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons2_LN	Floatpoint	220,3	Not Historical			
35	Internal\Scale\k...	carpilmis_kons5_LN	Floatpoint	221,4	Not Historical			
36	Internal\Scale\k...	hmj_LN	Floatpoint	225,69	Not Historical			
37	Internal\Scale\k...	kima_LN	Floatpoint	225,12	Not Historical			
38	Internal\Scale\k...	ogt1_LN	Floatpoint	239,21	Not Historical			
39	Internal\Scale\k...	ogt3_LN	Floatpoint	223,12	Not Historical			
40	Internal\Scale\k...	ogt2_LN	Floatpoint	228,24	Not Historical			
41	Internal\Scale\k...	hmj_guc_aktif	Floatpoint	981316,5	Not Historical			
42	Internal\Scale\k...	hmj_akim	Floatpoint	2017,12	Not Historical			
43	Internal\Scale\k...	hmj_reaktif_guc	Floatpoint	7483,83	Not Historical			
44	Internal\Scale\k...	kima_akim	Floatpoint	389,95	Not Historical			
45	Internal\Scale\k...	kima_guc	Floatpoint	183686,92	Not Historical			
46	Internal\Scale\k...	kima_reaktif	Floatpoint	-6284,02	Not Historical			
47	Internal\Scale\k...	og1_akim	Floatpoint	886,15	Not Historical			
48	Internal\Scale\k...	og1_guc	Floatpoint	418237,66	Not Historical			
49	Internal\Scale\k...	og1_reaktif	Floatpoint	65138,66	Not Historical			
50	Internal\Scale\k...	og2_akim	Floatpoint	2280	Not Historical			
51	Internal\Scale\k...	og2_guc	Floatpoint	1233938,25	Not Historical			
52	Internal\Scale\k...	og2_reaktif	Floatpoint	22413,57	Not Historical			
53	Internal\Scale\k...	og3_akim	Floatpoint	3505,32	Not Historical			
54	Internal\Scale\k...	og3_guc	Floatpoint	1708379,75	Not Historical			
55	Internal\Scale\k...	og3_reaktif	Floatpoint	87896,35	Not Historical			

Total Tag: 56 Internal Tag: 36 External Tag: 20 Historical Tag: 11

Şekil C.2: SCADA tag listesi.

## EK D: SCADA sayıları



Şekil D.1: Tüketim totalizör sayfası.

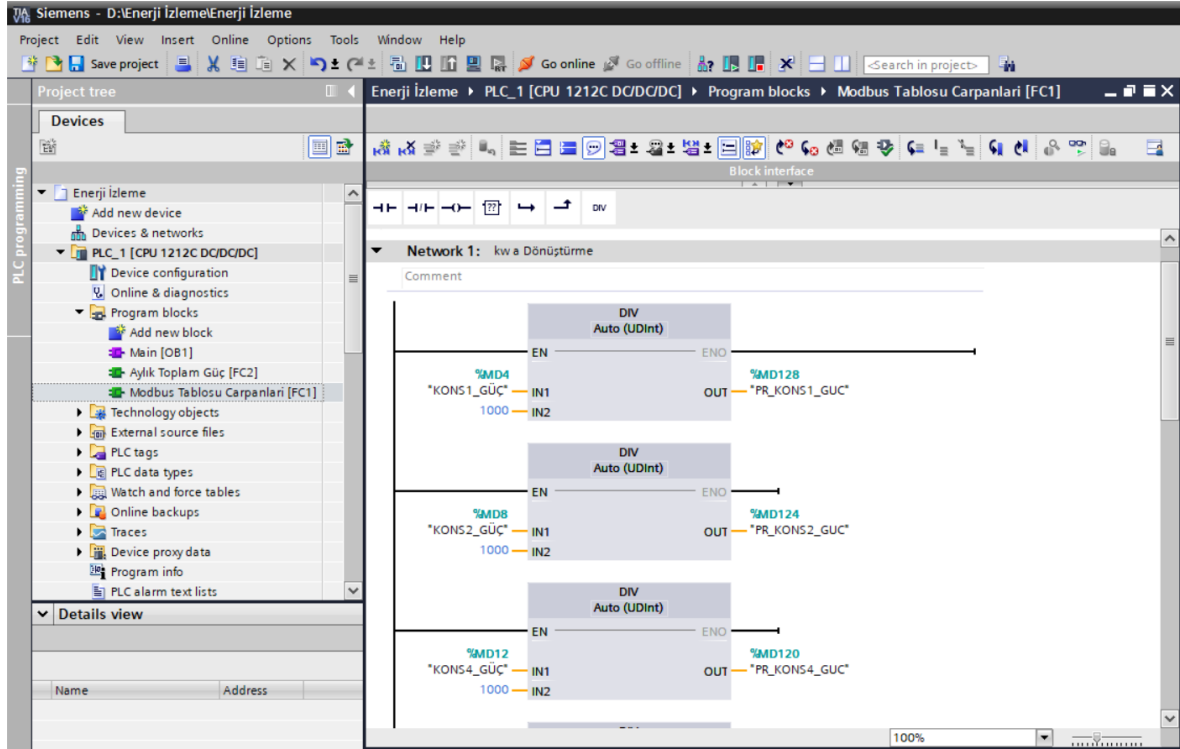


Şekil D.2: Anlık izleme sayfası.

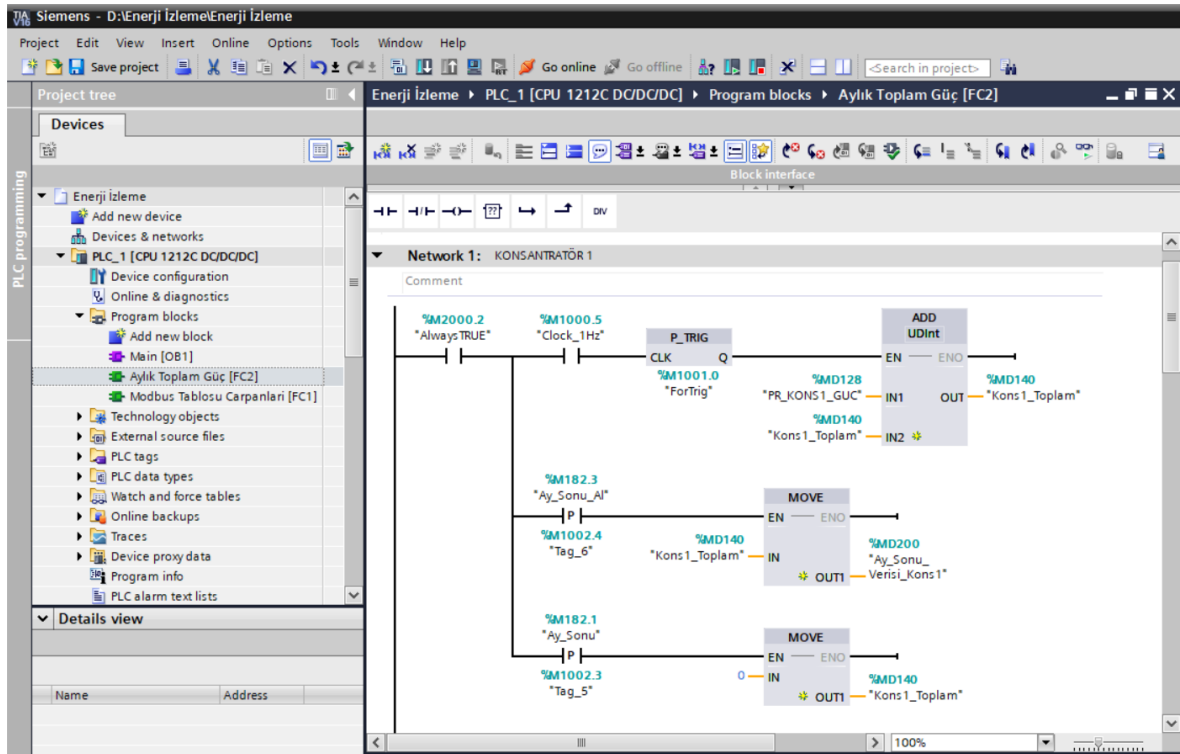


Şekil D.3: Grafik trend sayfası.

## EK E: PLC Programı



Şekil E.1: Modbustan gelen W cinsinden verilerin kW cinsine çevrilmesi.



Şekil E.2: Anlık verilerin totalize edilmesi.

# ÖZGEÇMİŞ

## Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mehmet Fatih VANLI

Doğum tarihi ve yeri : 06.06.1988/Konya

e-posta : mehmetvanli@etimaden.gov.tr

## Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Elektrik Elektronik Mühendisliği	2022
Lisans	Pamukkale Üniversitesi/ Elektrik Elektronik Mühendisliği	2010
Lise	Cemil Keleşoğlu Lisesi/Fen Bilimleri	2005