



**ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞEBEKE
YATIRIMINA VE PUANT
DEĞERLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Burak KABA

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Rasim DOĞAN

İkinci Danışman

Doç. Dr. Emre AKARSLAN

YENİLEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ

ANABİLİM DALI

Ocak 2024

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞEBEKE YATIRIMINA VE PUANT
DEĞERLERİNE ETKİSİ**

Ahmet Burak KABA

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Rasim DOĞAN

İkinci Danışman

Doç. Dr. Emre AKARSLAN

YENİLEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

Ocak 2024

TEZ ONAY SAYFASI

Ahmet Burak KABA tarafından hazırlanan “Elektrikli Araçların Şebeke Yatırımına ve Puant Değerlerine Etkisi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 15 / 01 / 2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Rasim DOĞAN

İkinci Danışman : Doç. Dr. Emre AKARSLAN

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihan GÜĞÜL

Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SERTTAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Rasim DOĞAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... / / tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Bekir YALÇIN

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

15 / 01/ 2024

Ahmet Burak KABA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞEBEKE YATIRIMINA VE PUANT DEĞERLERİNE ETKİSİ

Ahmet Burak KABA

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yenilebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Rasim DOĞAN

İkinci Danışman: Doç. Dr. Emre AKARSLAN

Elektrik enerjisine olan ihtiyacın günden güne artması, şebeke üzerinde halihazırda bir yük oluşturmaktadır. Bunlara ek olarak, yüksek güç ihtiyacı bulunan elektrikli araçların da sistem tarafından beslenmesi bazı çekinceleri de beraberinde getirmektedir. Bu tez çalışmasında, elektrikli araçların şebeke kapasitesi üzerinde oluşturabileceği etkiler yıllara göre incelenmiştir. Bu incelemeler, belirlenen pilot bir dağıtım şebekesi üzerinde OpenDSS simülasyon programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Elektrikli araç artışına göre rastgele belirlenmiş noktalara şarj istasyonları yerleştirilerek, trafo ve hat kapasite yoğunlukları gerçek bir şebeke üzerinde farklı durumlar göz önüne alınarak karşılaştırmalı incelenmiş ve sunulmuştur. Bunun sonucunda, mevcut şebeke kapasitesinin son yıllarda giderek artan elektrikli araç sayısına göre yetersiz kalacağı, puant saatinde yukarı yönlü değişimlerin olabileceği ve bu durumun yönetilememesi sonucunda elektrik kesintilerine sebebiyet verebileceği ortaya konulmuştur. Ayrıca, planlanan yeni yatırımlar için, elektrikli araçların yatırım planlamasında göz önünde bulundurulması ve puant saatte oluşacak yüksek talebin yönetilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araç, Elektrik Dağıtım Şebekesi, Puant Saat, Şebeke Yatırımı, Elektrikli Araç Şarj İstasyonu

2024, xi + 88 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

IMPACT OF ELECTRIC VEHICLES ON GRID INVESTMENT AND PEAK VALUES

Ahmet Burak KABA

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Rasim DOĞAN

Co-Supervisor: Assoc. Dr. Emre AKARSLAN

The increasing need for electrical energy is already placing a burden on the grid. In addition, feeding electric vehicles with high power needs by the system brings with it some concerns. In this thesis, the effects that electric vehicles may have on the grid capacity are investigated over the years. This investigation is carried out with the help of the OpenDSS simulation program on a determined pilot distribution network. Charging stations are placed at randomly determined points according to the increase in electric vehicles, and transformer and line capacity densities are comparatively examined and presented by considering different situations on a real network. As a result, it has been revealed that the current network capacity will be insufficient compared to the increasing number of electric vehicles in recent years, there may be upward changes in peak hours, and if this situation is not managed, it may cause power outages. In addition, it has been revealed that for planned new investments, electric vehicles should be taken into consideration in investment planning, and the high demand that will occur during peak hours should be managed.

Keywords: Electric Vehicle, Electricity Distribution Network, Peak Hour,
Grid Investment, Electric Vehicle Charging Station

2024, xi + 88 pages

TEŐEKKÖR

Bu araştırmanın konusu, deneysel alışmaların y nlendirilmesi, sonuların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu katkılarından dolayı tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Rasim DOğAN’a ve ikinci tez danışmanım Do Dr. Emre AKARSLAN’a, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teőekk r ederim.

Tez alışmam süresince desteklerini esirgemeyen aileme özellikle de anneme ve babama sonsuz teőekk r ederim. Tez yazım aşamasında bu yoğun ve yorucu serüveni, bir yandan tatlı telaşımız olan düğün hazırlıklarıyla birlikte yürütmemde bana yardımcı olan her aşamasında bana tam destek olan nişanlım Esra’ya ayrıca teőekkürü bor bilirim.

Ahmet Burak KABA

Afyonkarahisar 2024

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ.....	4
3. MATERYAL ve METOT	11
3.1 Pilot Bölge ve Dağıtım Şebekesi	12
3.2 OpenDSS	19
3.2.1 OpenDSS 'in Temel Nitelikleri	21
3.2.2 OpenDSS ile yapılan başlıca uygulamalar	22
3.3 Model oluşturma	23
4. BULGULAR	30
4.1 %10 Araç Yoğunluğu Durumu.....	30
4.2 %30 Araç Yoğunluğu Durumu.....	39
4.3 %50 Araç Yoğunluğu Durumu.....	47
4.4 %80 Araç Yoğunluğu Durumu.....	55
4.5 % 100 Araç Yoğunluğu Durumu.....	64
4.6 5 Yıl Sonrası İçin Tahmini Tüketimlerin İncelenmesi.....	73
4.7 10 yıl Sonrası İçin Tahmini Tüketimlerin İncelenmesi.....	75
4.8 15 yıl sonrası İçin Tahmini Tüketimlerin İncelenmesi	77
5. SONUÇLAR	81
6. KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	88

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

V	Volt
Hz	Hertz
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
PV	Fotovoltaik
A	Amper
kWh	Kilowatt-saat
kVA	Kilovolt-amper
W	Watt
kA	Kiloamper
μ	Mikro
σ	Sigma
°C	Santigrat

Kısaltmalar

AA	Alternatif Akım (Alternating Current)
AG	Alçak Gerilim
API	Uygulama Programlama Arabirimi (Application Programming Interface)
ATO	Akım Trafo Oranı
CBS	Coğrafya Bilgi Sistemi
DC	Doğru Akım (Direct Current)
EPDK	Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu
EPRI	Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü (Electric Power Research Institute)
OpenDSS	Açık Dağıtım Sistemi Simülatörü (Open Distribution System Simulator)
SDK	Saha Dağıtım Kutusu
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
YG	Yüksek Gerilim
QSTS	Yarı Statik Zaman Serisi (Quasi Static Time Series)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1. 1 Türkiye’de ki elektrikli araçların yıllara göre satış miktarları (İnt.Kyn.1).	1
Şekil 1. 2 Elektrikli aracın yapısı (Güven ve Akbaşak, 2021).	2
Şekil 3. 1 Seçilen mahallenin uydu görüntüsü.	12
Şekil 3. 2 Pilot bölgenin yıllara göre nüfus artışı (İnt.Kyn.2).	13
Şekil 3. 3 Mevcut enerji akış diyagramı (İnt.Kyn.7).	13
Şekil 3. 4 XLPE kablo yeraltı hat döşemesi.	13
Şekil 3. 5 Trafo etiket bilgileri.	15
Şekil 3. 6 AG yeraltı kablosu.	16
Şekil 3. 7 Ev tipi elektrikli araç şarj istasyonu (İnt. Kyn.6).	19
Şekil 3. 8 OpenDSS programının model gösterimi (İnt Kyn.8).	20
Şekil 3. 9 OpenDSS yapısı (Aljohani ve Mohammed, 2018).	20
Şekil 3. 10 Dağıtılmış Enerjinin ve Şebekenin Modernizasyonu (İnt Kyn.8).	21
Şekil 3. 11 OpenDSS üzerinde 3 boyutlu grafik (İnt Kyn.8).	23
Şekil 3. 12 24 saatlik şarj istasyonu güç dağılımı (Arias ve Bae 2016).	27
Şekil 3. 13 Yeraltı dağıtım şebekesinin OpenDSS programı üzerinde gösterimi.	28
Şekil 3. 14 Dağıtım şebekesi üzerindeki bina lokasyonları.	28
Şekil 4. 1 A kolundaki son baradan alınan gerilim ölçümleri.	31
Şekil 4. 2 A kolu üzerindeki akım ölçümleri.	32
Şekil 4. 3 A kolu çıkış barasındaki güç ölçümleri.	32
Şekil 4. 4 B kolunda son baradan alınan gerilim ölçümleri.	33
Şekil 4. 5 B Kolu üzerindeki akım ölçümleri.	34
Şekil 4. 6 B kolu üzerindeki güç ölçümleri.	34
Şekil 4. 7 C kolundaki en son baradan alınan gerilim ölçümleri.	35
Şekil 4. 8 C kolu üzerindeki akım ölçümleri.	35
Şekil 4. 9 C kolu güç ölçümleri.	36
Şekil 4. 10 D kolundaki son baradan alınan gerilim ölçümleri.	36
Şekil 4. 11 D kolu üzerindeki akım ölçümleri.	37
Şekil 4. 12 D kolu üzerindeki güç ölçümleri.	37
Şekil 4. 13 E kolu üzerindeki son baradan alınan gerilim ölçümleri.	38
Şekil 4. 14 E kolu akım ölçümleri.	38
Şekil 4. 15 E kolu güç ölçümleri.	39
Şekil 4. 16 A kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	40

Şekil 4. 17 A kolu akım ölçümleri.....	40
Şekil 4. 18 A kolu güç ölçümleri.....	41
Şekil 4. 19 B kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	41
Şekil 4. 20 B kolum akım ölçümleri.	42
Şekil 4. 21 B kolu güç ölçümleri.....	42
Şekil 4. 22 C kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	43
Şekil 4. 23 C kolu akım ölçümleri.....	43
Şekil 4. 24 C kolu üzerindeki güç ölçümleri.	44
Şekil 4. 25 D kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	44
Şekil 4. 26 D kolu akım ölçümleri.	45
Şekil 4. 27 D kolu güç ölçümleri.....	45
Şekil 4. 28 E kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	46
Şekil 4. 29 E kolu akım ölçümleri.....	46
Şekil 4. 30 E kolu üzerindeki güç ölçümleri.	47
Şekil 4. 31 A kolu gerilim ölçümleri.	48
Şekil 4. 32 A kolu akım ölçümleri.....	48
Şekil 4. 33 A kolu güç ölçümleri.....	49
Şekil 4. 34 B kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	49
Şekil 4. 35 B kolu akım ölçümleri.....	50
Şekil 4. 36 B kolu güç ölçümleri.....	50
Şekil 4. 37 C kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	51
Şekil 4. 38 C kolu akım ölçümleri.....	51
Şekil 4. 39 C kolu üzerindeki güç ölçümleri.	52
Şekil 4. 40 D kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	52
Şekil 4. 41 D kolu akım ölçümleri.	53
Şekil 4. 42 D kolu güç ölçümleri.....	53
Şekil 4. 43 E kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	54
Şekil 4. 44 E kolu akım ölçümleri.....	54
Şekil 4. 45 E kolu güç ölçümleri.	55
Şekil 4. 46 A kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	56
Şekil 4. 47 A kolu akım ölçümleri.....	56
Şekil 4. 48 A kolu güç ölçümleri.....	57
Şekil 4. 49 B kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	57
Şekil 4. 50 B kolu akım ölçümleri.....	58

Şekil 4. 51 B kolu güç ölçümleri.....	58
Şekil 4. 52 C kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	59
Şekil 4. 53 C kolu akım ölçümleri.....	60
Şekil 4. 54 C kolu güç ölçümleri.....	60
Şekil 4. 55 D kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	61
Şekil 4. 56 D kolu akım ölçümleri.	61
Şekil 4. 57 D kolu güç ölçümleri.....	62
Şekil 4. 58 E kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	62
Şekil 4. 59 E kolu akım ölçümleri.....	63
Şekil 4. 60 E kolu güç ölçümleri.	63
Şekil 4. 61 A kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	64
Şekil 4. 62 A kolu akım ölçümleri.....	65
Şekil 4. 63 A kolu güç ölçümleri.....	65
Şekil 4. 64 B kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	66
Şekil 4. 65 B kolu akım ölçümleri.....	66
Şekil 4. 66 B kolu güç ölçümleri.....	67
Şekil 4. 67 C kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	68
Şekil 4. 68 C kolu akım ölçümleri.....	68
Şekil 4. 69 C kolu güç ölçümleri.....	69
Şekil 4. 70 D kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.....	69
Şekil 4. 71 D kolu akım ölçümleri.	70
Şekil 4. 72 D kolu güç ölçümleri.....	70
Şekil 4. 73 E kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.	71
Şekil 4. 74 E kolu akım ölçümleri.....	72
Şekil 4. 75 E kolu güç ölçümleri.	72
Şekil 4. 76 D kolu 5 yıl sonrası son baradan alınan gerilim ölçümleri.	73
Şekil 4. 77 D kolu 5 yıl sonrası akım ölçümleri.....	74
Şekil 4. 78 D kolu 5 yıl sonrası güç ölçümleri.	74
Şekil 4. 79 D kolu 10 yıl sonrası son baradan alınan gerilim ölçümleri.	75
Şekil 4. 80 D kolu 10 yıl sonrası akım ölçümleri.....	76
Şekil 4. 81 D kolu 10 yıl sonrası güç ölçümleri.	76
Şekil 4. 82 D kolu 15 yıl sonrası son baradan alınan gerilim ölçümleri.	77
Şekil 4. 83 D kolu 15 yıl sonrası akım ölçümleri.....	78
Şekil 4. 84 D kolu 15 yıl sonrası güç ölçümleri.	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1 XLPE kablo özellikleri (İnt.Kyn.3).....	14
Çizelge 3. 2 AG kablo özellikleri (İnt.Kyn.4).....	17
Çizelge 3. 3 Saha dağıtım kutusu teknik özellikleri (İnt Kyn.5).....	18
Çizelge 3. 4 Elektrikli araç şarj istasyonu teknik özellikleri (İnt. Kyn.6).....	18
Çizelge 4. 1 Trafonun yıllara göre yük yoğunluğu.....	79



1. GİRİŞ

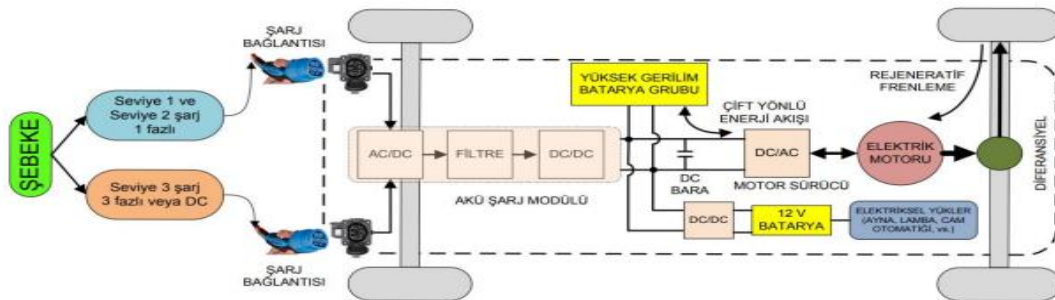
Fosil yakıtlar dünya genelinde oldukça tercih edilen bir enerji kaynağıdır. Artan nüfus oranları ve taşıt sayıları fosil yakıt tüketimini arttırmaktadır. Bu durum çevre kirliliğine ve küresel ısınmalara sebep olmaktadır. Dünya üzerindeki araçların ekseriyetinin fosil yakıtlar ile çalıştığı bilinmektedir. Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması, yüksek karbon emisyon oranları ve çevreci olmayışı fosil yakıtların dezavantajları arasında gösterilebilir. Bütün bu olumsuzluklardan dolayı çevreci temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı kullanımı dünya üzerindeki bütün taşıtlar için kaçınılmaz bir son haline gelmiştir. Ülkemizde fosil yakıtlı araç kullanımı oldukça fazladır. Sutopo vd. (2018) yaptıkları çalışmada, elektrikli araçların fosil yakıt tüketimini azalttıklarını kanıtlamışlardır. Ülkeler enerji ihtiyacında dışa bağımlılıklarını bitirmek ve çevreye salınan tehlikeli gazlar sebebiyle iklim değişikliğinin üstesinden gelebilmek için elektrikli araçları büyük bir etken olarak görmüşlerdir (Maggetto ve Van Mierlo 2000) . Bundan dolayı ülkemizde mevcut bulunan elektrik şebekelerinin potansiyel kapasiteleri değerlendirilmelidir. Artan elektrikli araç kullanımı ve birden fazla elektrikli aracın hızlı şarj edilmesi vb. durumlar göz önünde bulundurulmalıdır. Hem ülkemizin yerli elektrikli otomobilinin satışa çıktığı hem de ithal olarak ülkemize giriş yapan elektrikli otomobillerin arttığı bu dönemlerde mevcut dağıtım şebekelerinin yük yoğunlukları incelenmelidir. Mevcut yatırımların günümüzde ve gelecek yıllarda artan elektrikli araç sayısına yeterli olup olmadığı araştırılmalı ve buna göre kesintisiz bir enerji için master planlar yapıp gerekli önlemler önceden alınmalıdır. Şekil 1.1’de Türkiye’nin yıllara göre artan elektrikli araç sayıları görülmektedir.

YILLARA GÖRE ELEKTRİKLİ OTOMOBİL SATIŞI		
YIL	SATIŞ ADEDİ	KÜMÜLATİF SATIŞ
2013	31	31
2014	47	78
2015	120	198
2016	44	242
2017	76	318
2018	155	473
2019	222	695
2020	844	1539
2021	2846	4385
2022	1764	6149
2023	72179	78328

Şekil 1. 1 Türkiye’de ki elektrikli araçların yıllara göre satış miktarları (İnt.Kyn.1)

Günümüzde çok revaçta olan elektrikli arabaların geçmişi aslında 1800'lü yıllara dayanmaktadır. 1894 yılında Henry G. Morris ve Pedro G. Salom tarafından geliştirilmiş olan Electroboat aracı ilk elektrikli ticari taksi olarak kullanılmıştır (Üstkoyuncu 2018). 1800'lerin sonlarına doğru yollarda çok sayıda elektrikli araç görülmeye başlanmıştır. Karayolu mesafelerinin kısa olması elektrikli araçların menzilini zorlamadığı için bu yıllarda oldukça fazla tercih edilmiştir. Hatta ilk rejeneratif fren sistemi 1897 yılında bulunmuş ve elektrikli bir araca uygulanarak menzili artırılmıştır (Westbrook 2001). Elektrikli araçlar 1900'lü yıllarda zamanın altın çağını yaşadı da denilebilir.

Elektrikli araç denildiğinde elektrik motoru ile hareketin sağlandığı bütün tekerlekli taşıtlar akla gelmektedir. Şekil 1.2'de elektrikli araç yapısı ve şarj bağlantı modülleri gösterilmiştir. Bu araçlarda bataryadan gelen elektrik enerjisi elektrik motoru sayesinde mekanik enerjiye dönüştürülür. Ortaya çıkan bu mekanik enerji, taşıtların üzerindeki bağlantılı parçalar ile tekerleklerle aktararak hareket sağlanır. Elektrikli araçların ana parçaları; enerji depolaması için bataryalar, tahrik sistemleri için elektrik motorları, jeneratörler, mekanik ve güç kontrol devreleridir (Güven ve Akbaşak 2021). Günümüzdeki elektrikli araçların menzilleri batarya kapasitelerinin durumuna göre değişkenlik göstermektedir. Pil kapasitesi aynı olan elektrikli araç için menzil değerlerinin tüketime bağlı olduğunu gösteren kullanıcı davranış modeli simülasyon çalışmaları yapılmıştır (Febriwijaya vd. 2014). Elektrikli araçlarda tercih edilebilirlik durumlarını etkileyen özellikler menzil ve hızlı şarj olanaklarıdır. Batarya dolum süreleri ise elektrikli araçların batarya kapasitesine ve şarj cihazlarının tipine göre değişmektedir. Bundan dolayı elektrikli araç üreticileri araştırma ve geliştirme faaliyetlerini bu yönlerde yapmaktadır.



Şekil 1. 2 Elektrikli aracın yapısı (Güven ve Akbaşak, 2021).

Elektrikli taşıtların sayılarındaki artışlar ile birlikte elektrik dağıtım şebekesinde olumsuz yönde etkiler olduğu görülmektedir. Yaygınlaşmaya başlayan elektrikli araçlar dağıtım şebekeleri üzerinde yük yoğunluğu oluşturmaktadır. Hızlı şarj istasyonlarının şebekeden talep ettiği yüksek enerjiyi azaltmak için yenilenebilir enerji (rüzgar ve fotovoltaik) kaynağı ve depolama sistemi üzerine çalışmalar yapılmıştır (Domínguez vd. 2019) . Elektrikli araçlar için kullanımı gerekli olan şarj istasyonlarının devreye girmesi ile birlikte dağıtım şebekelerinde çekilen ani akım miktarı artacaktır.

Elektrikli şarj istasyonlarının hızlı ve plansız bir şekilde dağıtım şebekesine dahil olması sonucu dağıtım şebekelerinin yük yoğunlukları ve denge durumları oldukça karmaşık olan yapının daha da karmaşık hale dönüşmesine sebebiyet vermiştir. Bundan dolayı şarj altyapılarının konumlandırıldığı lokasyonlar elektrikli araçlar için önem arz etmektedir. (Csonka vd. 2020). Elektrikli araç şarj istasyonlarının şebekeye farklı noktalarda bağlı olmasından dolayı elektrik son kullanıcısının sisteminde olumsuz etkiler meydana gelecektir (Nikitha vd. 2017). Yağcıtekin vd. (2016) yaptıkları çalışmada elektrikli araç şarj altyapısı için yerleşim yeri üzerinde anket verilerinden yararlanarak, önerilen modelleme sayesinde en uygun yeri ve uygun şarj istasyonu sayısını belirleyecek saha çalışması yapmışlardır.

Bu tez çalışmasında elektrik dağıtım şebekelerine sonradan bağlanan elektrikli şarj istasyonlarının şebeke etkileri incelenmiştir. İlk olarak OpenDSS programı üzerinden belirlenen bir alçak gerilim şebeke ve trafosu tek hat şeması olarak çizilmiştir. Kullanıcıların seçebileceği şarj istasyonu tiplerine ve güçlerine göre çalışmalar yapılmıştır (Elghitani ve El-Saadany 2021). Program üzerinde belirli noktalara elektrikli araç şarj istasyonları eklenerek dağıtım şebekesi üzerindeki gerilim seviyeleri, şebekeden çekilen akım miktarları ve trafo güç yoğunluğu incelenmiştir. Günümüzdeki elektrikli araç sayısında tüm abonelerin elektrikli araç kullandığı varsayılmıştır. Gelecek yıllar için abonelerin elektrik kullanımı tahmin edilip şebeke üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kesintisiz bir enerji sağlamak için elektrikli araç kullanımlarından dolayı oluşabilecek şebeke arızalarına ek önlemler alınması önerilmiştir. Elektrikli araçların kullanımından dolayı şarj ihtiyacı için şebekede oluşacak yük yoğunlukları saatlik olarak incelenmiştir. Dağıtım şebekesinin yatırım planı ve mevcut şebekenin artan elektrikli araç sayısına

dayanım gücü tespit edilmiştir. Artan elektrikli araç sayısının puant değerdeki şebeke yoğunluğu, arıza durumları ve son kullanıcı etkileri araştırılıp gelecek mastır planlar için elektrikli araçların büyük bir rol oynayacağı tespit edilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Ulaşım sektöründe yaşanan gelişmeler ile birlikte elektrikli araçlarda büyük talep söz konusu olmuştur. Elektrikli araçların gerek maliyet gerekse çevreci olması bu talebi arttırmıştır. Elektrikli araçların hızla yayılması elektrik dağıtım şebekesine belli başlı sıkıntılar meydana getirmektedir. Bu durum güç sisteminin dengesini de etkileyecektir. Şebeke hattının bir bütün olarak çalıştığı göz aradı edilmemelidir. Sistemin bir noktasındaki etki, diğer bir noktasında farklı bir etkiye sebep olacaktır (Das vd. 2020). Güven ve Akbaşak (2021) yaptıkları araştırmada elektrik dağıtım şebekesine direkt bağlantısı bulunan şarj istasyonlarının bir simülasyon üzerinden modellenmesini incelemişlerdir. Simülasyonda şarj istasyonunun şebeke ile harmonik etkilerine bakılmıştır. Ortaya çıkan etkiler araştırılıp bunlar için çözüm önerileri sunulmuştur. Oluşan harmonik dalgalanma ve farklı zaman aralıklarındaki aşırı akım değerleri gözlemlenmiştir. Bu problemler için denetleyiciler ile kontrol mekanizmasını sağlamak çözüm olarak sunulmuştur.

Son zamanlarda, menzil ve şarj konusundaki gelişmelere elektrikli araçlara olan ilgiyi olumlu yönde etkilemiştir (Gülkaya ve Ateş 2021). Elektrikli taşıtların şebeke üzerindeki etkilerinin gözlemlenmesi ve oluşabilecek sorunlara çözümler sunulması incelenmiştir. Matlab üzerinden bir modelleme yapılmıştır ve İstanbul da yer alan bir şebeke göz önüne alınarak deneyler yapılmıştır. Matlab üzerinden bir yıllık zaman periyodu içinde şebeke verileri incelenmiştir. Transformatör ve şebeke üzerindeki olumsuz etkileri belirlenip çözüm önerileri sunulmuştur (Viviescas vd. 2019). Şebeke kararlılığının sağlanması için üretim ve tüketim etkili çözümler sunulmaktadır. Yük öteleme metodu ve yenilenebilir kaynaklı dağıtılmış güç üretimi sistemlerinin şebeke ile bağlantısı oluşabilecek sorunlara çözüm olarak sunulmuştur. Dağıtılmış güç sistemleri araştırılırken, yenilenebilir güç kaynağı olarak genellikle güneş ve rüzgâr tercih edilmektedir (Jafar vd. 2020). Çözüm

olarak sunulan metotlarda yük ötelemesinin katılım sağlayan hane sayısıyla, dağıtılmış üretim modelinin ise değişen yüzey alanıyla doğrudan ilişkili olduğu gözlemlenmiştir.

Elektrik dağıtım şebekelerine bağlanan araçların şebeke üzerinde bazı olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bunlar kullanıcı veya şebeke kapasitesi sorunlarından dolayı oluşmaktadır. Elektrikli araçların şebekeye dahil olması ile birlikte ani ve fazla akımlardan kaynaklı sorunlar meydana gelmektedir ve bu durum arızalara ve şebeke ömrünün kısılmasına sebep olmaktadır. Dulau ve Bica (2020) bu araştırmada elektrikli araçların şebeke üzerindeki oluşturduğu gerilim farklılıklarını incelemişlerdir. Farklı penetrasyon senaryoları için güç talepleri ve aktif güç kayıpları karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Hızlı şarj için gerilim seviyesi düşüşü normal şarja göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Güç kayıpları ile ilgili hızlı şarjda güç kayıplarının normal şarja göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Elektrikli araçlar karbon salınımı konusunda oldukça temiz ve çevrecidir. Hızla yayılan ve benimsenen bu araçların avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Şarj cihazlarının şebeke ile bağlantıları sonucu oluşabilecek ani dalgalanmalar ve arızalar bunlardan birkaçıdır. Li vd. (2023) yaptıkları tez çalışmasında şebeke üzerindeki yükü hafifletmek için elektrikli araçların davranış modellenmesini incelemişlerdir. Zamansal enerji modellenmesi açıklanmıştır. Özellikle zamansal ve enerji alt modellerini içeren mevcut durumlar araştırılmıştır. Ayrıca şarj seçimleri de incelenmiştir. Elektrikli araçların davranış modellemesi için farklı zamansal, mekânsal ve enerji kullanımı uygulama senaryolarında tepkileri araştırılmıştır. Elektrikli araçların şarj talep tahminleri için davranış modellerinin etkinleştirilmesi ve akıllı şarj planlaması ayrıntılı incelenmiştir. Bu çalışmada derinlemesine ve davranışsal modelleme üzerinden senaryolar kurulmuştur. Elektrikli araçların şebeke entegrasyonunu ilerletmek için verimli elektrikli araç davranış modelleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Planlanan zamanlarda araçların şarj talepleri ve şarj istasyonu davranışlarına göre hareket edilmiştir. Araçların şarj ihtiyaçlarının farklı şarj aletleri ve kullanım şekillerine göre incelenip tahminleme yöntemi ile hangi aralıklarda şarj ihtiyaçları doğacağı tespit edilmeye çalışılmıştır. Şebekenin birden fazla aracı hızlı şarj etme olanağı olmadığı için çözüm olarak akıllı şarj planı sunulmuştur.

Elektrikli araçlar tüm dünyada ekonomik ve çevresel faktörlerden dolayı önemli bir sayıya ulaşmıştır. Elektrikli araçlardaki artış dağıtım şebekelerine etkilerinin araştırılma gerekliliğini teşvik etmektedir (Temiz 2015). Çalışmada elektrikli araçların dağıtım şebekesi üzerindeki olumlu ve olumsuz yönleri incelenmiştir. İki Türkiye'ye ait üç dağıtım modeli ve dağıtım ağı parametreleri incelenmiştir. Kapsamlı bir elektrikli araç modeli olasılıklar, modeller ve varsayımlar kullanılmıştır. Değerlendirme için Monte Carlo tabanlı yük akış simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca şebeke sonuçlarını elde etmek ve sunmak için trafo ve kablo aşırı yüklerine dayalı bir metodoloji geliştirilmiştir. Bu metodoloji sayesinde dağıtım şebekesinde gerekli yatırımların zaman aralığına karar verilecektir. Bu yaklaşım ile dağıtım şirketleri planlama süreçlerine ön ayak olacaktır. Dolayısıyla bu çalışma ile elektrikli araçların dağıtım şirketlerinin yatırımları için göz önünde tutulması daha doğru yatırımların oluşmasına neden olacağı değerlendirilmiştir.

Dünyadaki sanayileşme enerji tüketimindeki artışa sebep olmuştur. Bu tüketimin artmasıyla birlikte fosil yakıtların rezervleri azalmıştır. Çevre kirliliğinin sebeplerinden biri olan fosil yakıtlara yeni alternatif enerji kaynakları aranmaya başlamıştır. Dünyada genellikle içten yanmalı motorlu araçlar fosil yakıt kullanmaktadır. Bu araçlar fosil yakıt tüketiminde büyük rol oynadıkları için çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bunlarla birlikte elektrikli araçlar hem çevreci hem de ekonomik oldukları için sayıları hızla artmaktadır. Bu çalışmada elektrikli arabalar için şarj devreleri tasarlanıp dağıtım şebekesine bağlanmıştır. Sabit akım ve sabit gerilim ile simülasyon üzerinden bataryalar doldurulmuştur. Farklı modellemeler yapılarak değişik durumlardaki davranışlar incelenmiştir (Cuma vd. 2016). Elektrikli araç şarj olurken şebekeden çekilen akım ve harmonikler incelenmiştir. Şebekenin yetersiz olduğu durumlar ve yerler tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada örnek üzerinden şarj istasyonları ve sistem performansları analiz edilmeye çalışılmıştır. Birden fazla elektrikli aracın şebekeye bağlanması sonucu oluşabilecek gerilim düşümü ve şebeke yoğunluğu durumları araştırılmıştır. İncelenen sistemin şebeke kapasitesi trafo doluluk oranları gibi durumlara uygun olduğu belirlenmiştir.

Dünyada günden güne artan teknoloji ve nüfus beraberinde yetersiz enerji kaynaklarını sorununa neden olmaktadır. Fosil yakıtların sınırlı rezerv miktarları, maliyetinin yüksek

olması ve çevreye zararlı olması nedeniyle alternatif enerji kaynaklarına yönelinmiştir. Fosil kaynaklı yakıtlar genellikle içten yanmalı motorlarda kullanılmaktadır. İçten yanmalı araçlar yerine elektrik motorlu araçlar fosil yakıt tüketiminin azalmasında büyük rol oynamaktadır. Bu teknolojiye ise menzil ve batarya gibi bazı sıkıntılar bulunmaktadır (Kerem ve Gürbak 2020). Bu çalışmada sıkıntılardan biri olan batarya üzerine incelemeler yapılmıştır. Elektrikli araçların başarısının en büyük etkenlerinden birisi yüksek verimli şarj istasyonlarıdır (Røstvik 2014). Elektrikli araç sayısının artmasına rağmen şarj istasyonu eksikliği ve uzun şarj süreleri bu araçların kullanımını sınırlandırmaktadır (Tu vd. 2019) . Seviye 1 ve seviye 2 yavaş şarj yöntemlerini ifade ederken seviye 3 ve seviye 4 hızlı şarjı ifade etmektedir. Farklı şarj modelleri incelenmiş DA şarj istasyonları ve AA şarj istasyonları için deneyler yapılmış ve farklı şarj istasyonları için şebeke etkileri araştırılmıştır. V2G (elektrikli araçların şebekeye enerji iletimi sağlayabildiği bir sistem) yönteminin verimli ve etkili olduğu arıza oluşturma olasılığının az olduğu kanıtlanmıştır.

Fosil yakıtların her gün azalması ve ülkelerin bu anlamda kendi aralarındaki problemler elektrikli araçları ön plana çıkarmaktadır. Fosil yakıt fiyatlarının fazla olması ve kaynakların giderek azalması elektrikli araçlar için yapılan yatırımları arttırmaktadır. Elektrikli araçlar içten yanmalı motorlara göre daha çevreci ve ekonomik olduğundan dolayı geleceğin teknolojisi olarak düşünülmektedir. Fakat günümüzde halen elektrikli araçların sayısı içten yanmalı motora sahip araçlara göre çok azdır. Bu durumda şarj istasyonları ve elektrikli araç teknolojileri gelişmektedir. Araçların batarya menzil alanındaki gelişmeleri şarj istasyonlarına da yansımaktadır. Elektrikli araçlarda pil teknolojileri büyük önem arz etmektedir. Günümüzde farklı anma voltajı ve enerji yoğunluğuna sahip pil çeşitleri üretilmekte ve her geçen gün geliştirilmektedir (Muratoğlu ve Akkaya 2016). Sadece kablolu şarj konusu değil kablosuz şarj tipleri de geliştirilmektedir. Yıllar geçtikçe daha güvenilir ve hızlı şarj istasyonları hayatımıza girmiş durumdadır. Şarj istasyonlarının daha kısa sürede daha uzun menzil tanıyan tiplerinin de önümüzdeki yıllarda hayatımıza gireceği söylenmektedir (Durmuş ve Kaymaz 2020). Yaygınlaşan şarj istasyonları hızlı şarj imkanları ve uzun menzilli bataryalar ile birlikte elektrikli araçların sayısında hızlı bir artış beklenmektedir. Şarj ve araç teknolojileri geliştikçe bu sayı artmaktadır. Türkiye’de yaklaşık olarak her iki

otomobile bir şarj ünitesi düşmektedir (Bayram 2019). Önümüzdeki yıllarda yaygın bir alt yapı ve yedek parça ile içten yanmalı araçların yerini elektrikli araçların alacağı öngörülmektedir. Bu teknolojileri günlük hayatta hızlı bir şekilde adapte eden şehirler ve ülkeler çok avantajlı bir konuma geçecektir.

Son zamanlarda elektrikli araçlar düşük karbondioksit salınımları ve bakım onarım maliyetlerinin düşük olması sebebiyle oldukça ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte artan elektrikli araç sayılarının elektrik dağıtım ağlarına etkileri söz konusu olacaktır. Şebeke üzerinde elektrikli araçların güç kayıpları, yük dağılımı ve harmonik bozulmalar gibi etkileri söz konusudur. Bu nedenle elektrikli araç hızlı şarj istasyonların doğru lokasyonlara yerleştirilmesi şebeke ve cihaz güvenliği için oldukça önemlidir (Ahmad vd. 2022). Bir formül üzerinden hesaplar yapılarak hız şarj istasyonlarının kurulum maliyetini en aza indirip en sürekli enerjiyi sağlamak planlanmıştır. 2 farklı teknik üzerinden araştırma yapıp hangisinin daha verimli sonuçlar vereceği tartışılmıştır. Parçacık sürüsü optimizasyonunun diğer tekniğe göre %2,02 daha başarılı olduğu araştırma sonucu gözlemlenmiştir.

Geleneksel motor tabanlı araçlardan elektrikli araçlara doğru yaşanan teknolojik ilerleme, yakıtlarda esneklik, kolay şarj etme, iyi performans ve fosil yakıtlara daha az bağımlılık gibi çok sayıda çevresel ve ekonomik avantaja imkan sağlamıştır (Han vd. 2010) .

Bilal ve Rizwan (2021) bu çalışmada elektrikli araçlar ve şarj istasyonları için yeni bir hibrit teknikten bahsetmiştir. Elektrik dağıtım şebekesinde reaktif güç kompanzasyonu güç kayıplarının önüne geçebilmek ve dağıtım ağının güvenilirliğini sağlamak için kullanılır. Araç ile şebeke bağlantıları bu çalışmada incelenmiştir. Gri kurt optimizasyonu ve parçacık sürüsü optimizasyonu karşılaştırılması yapılmıştır ve bu 2 yaklaşım hibrit olarak veriler ile test edilmiştir. Şebeke üzerindeki güç kaybını en aza indirmek ve güvenilirliği arttırmak amacıyla deneyler yapılmıştır. Öngörülen iki yaklaşım sonucu otobüs için incelenmiş şebeke bağlantıları yapılmıştır. İki yaklaşım da şebekedeki güç kayıpları ve güvenilirlik olarak karşılaştırılmıştır. Önerilen kapasitör sistemi güç kayıplarında ilk yöntemde %30 azalma ortaya koymuştur. Alınan veri yolu izlenerek yapılan deneylerde ikinci yöntem ile %27 oranında bir güç kaybında azalma meydana gelmiştir. İki yöntemde de güç kayıplarında azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Şebeke

sisteminin daha güvenilir yapıda çalıştığı araştırmalar sonucu kanıtlanmıştır. Gri kurt optimizasyonunun parçacık sürüsü algoritmasına göre daha başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Dağıtım şebekelerinde bulunan araç şarj istasyonu lokasyonları için kapasitör sistemlerinin güç kaybı ve arıza oranlarında olumlu sonuçlar elde etmiştir.

Şarj talebinin doğru tahmini şarj altyapısının planlanmasında elektrik şebekesinin döşenmesinde ve verimli operasyonlarda önemli rol oynamaktadır. Zhang vd. (2023) bu makalede Pekin'deki 25 bin elektrikli binek aracın üç aylık gerçek dünya seyahat ve şarj kayıtlarını incelemişlerdir. Bu veriler elektrikli araçların seyahat modellerini ve şarj davranışlarını nicel olarak incelemek için kullanılmıştır. Veriler sayesinde araçların şarj taleplerinin tahminleri yapılmıştır. Altmıştan fazla elektrikli araç için davranış karakteristik parametresi çıkarılmıştır. Daha sonra elektrikli araç kullanıcıların farklı alışkanlıkları, nitelikleri ve özelliklerine sahip altı kategoride kümelemek için iki aşamalı bir modelleme yapılmıştır. Bir haftalık sürekli faaliyet raporu oluşturmak için simülasyon tabanlı şarj talep tahmin modeli oluşturulmuştur. Alınan verilere göre yapılan tahminleme modellerinin gerçek dünya ile yakın oranda bir benzerlik ortaya koyduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlar doğrultusunda şarj alt yapısının planlanmasında şebeke yükü üzerindeki etkilerine göre planlama yapılması tavsiye edilmektedir. Bu gibi çalışmalar dikkate alındığında elektrik dağıtım şebekesi için yapılacak yeni yatırımlar için arıza, güç kaybı ve arzın karşılanamaması gibi durumların en az oranda meydana geleceği tahmin edilmektedir.

Fosil yakıtlar, başta ulaşım sektörü olmak üzere birçok alanda en çok tercih edilen enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Azalan rezervlere ve artan talebe bağlı olarak, petrol fiyatlarının 20 yıl içinde 200 \$'a ulaşabileceği tahmin edilmektedir (Bottery 2008). Bu yakıtların alternatifi olarak ise yenilebilir enerji kaynakları sunulmaktadır. Fosil yakıtlara alternatif olan yenilebilir enerji kaynakları kullanımı her geçen gün artmaktadır. İçten yanmalı motorlar fosil yakıt kullandıkları için bu motorların yerini de yenilebilir enerji kaynaklı yakıt tüketimine sahip elektrikli araçlar almaktadır. Özbay vd. (2020) bu çalışmada mevcut fosil yakıt durumları ve elektrikli araçların gelecek etkisini incelemişlerdir. Uluslararası projeksiyonlara göre, dünyadaki petrol rezervlerinin bilinen rezervlerle birlikte ömrünün yaklaşık 50 yıl olduğu öngörülmektedir (Jannatkah vd.

2020). Elektrikli araçların tarihi incelenip günümüzde kullanılan elektrikli ve hibrit araçların avantajları ve dezavantajları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, araştırmada elektrikli araçlarda kullanılan bataryaların teknolojileri ve elektrikli motorların çeşitleri incelenmiştir. Daha sonra içten yanmalı motor ile elektrikli motor çevresel etkiler, enerji verimliliği ve seyir yönünden ayrıntılı olarak karşılaştırılmıştır.

Günümüzde dünya yaşamının sürdürülebilirliği için birçok çalışma yapılmaktadır. Sera gazlarının kullanımı iklim krizini tetiklemektedir. İklim krizinin tetiklenmesinde büyük rolün ulaşım sektöründe olduğu tüm dünya genelinde kabul edilmiş bir kavramdır. Bu sektörün tüketilen petrol enerjisindeki payının fazla oluşu, özel araç sahipliğinin ve kullanımının günden güne artması, hızla artan nüfus ve benzin pompa fiyatlarının yıllar itibariyle artan bir eğilim göstermesinin sorunlar doğurduğu açıktır (Öztürk 2018). İçten yanmalı motorlarda kullanılmakta olan fosil yakıtlar yenilebilir enerji kaynağı olmadığı için elektrikli araçlara olan ilgi her geçen gün artmıştır. Elektrikli araçların çevreci oluşu göz önüne alındığında sürdürülebilirlik için oldukça katkı sağladığı aşikardır. Elektrikli araç teknolojilerinin geldiği son noktada araç menzilleri ve şarj istasyonlarının lokasyonlarını düşündüğümüzde şehirlerarası yolculuğu verimli kılacak istasyon sayısı yetersizdir. Halka açık şarj istasyonlarının sayısının artması araç sahiplerinin menzil kaygılarını azaltacak ve potansiyel kullanıcıların araç sahibi olmasında olumlu sonuçlar sağlayacaktır (Chen vd. 2013) . Demirtaş vd. (2021) bu çalışmada şehirler arasında ulaşım için elektrikli araçların şarj istasyonu lokasyonları hakkında araştırma yapmışlardır. En düşük menzile sahip elektrikli araç üzerinden oluşturulan eş mesafe poligonları ile Türkiye haritası üzerinde şarj istasyonları lokasyonları belirlenmiştir. Belirlenen bu ağ ile en düşük menzile sahip elektrikli araç için bile şehirler arası yollarda şarj istasyonu ve menzil açısından ulaşılabilirlik problemi yaşanmamış olacaktır.

Bu bölümde literatürde bulunan elektrikli araçlar ve dağıtım şebekesi entegrasyonu ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Yapılan birçok çalışmada harmonik dalgalanmalar, kalite problemleri, gerilim düşümleri, yüksek akım değerleri ve puant saatlerde oluşabilecek arıza nedenlerinden bahsedilmiş ve bunlara çözüm önerileri sunulmuştur. Bu araştırmada literatürden farklı olarak, Afyonkarahisar ilinden seçilen pilot bir bölge üzerinde gerçekleştirilen analizler ile şebeke yatırımlarında elektrikli araç şarj istasyonlarının da

göz önünde bulundurulmasının zorunlu olduğu ortaya konulmuştur. Bu durumu göz nünde bulundurulmadan yapılan şebekeler üzerinde aşırı yüklenmeler olabileceği simülasyon çalışmaları ile ortaya konularak, çözüm önerileri sunulmuştur.

3. MATERYAL ve METOT

Elektrikli araçların sayısının hızla artması ile birlikte şarj istasyonu ihtiyacı da artış göstermiştir. Halihazır da hızlı şarj istasyonları genellikle otoyol kenarlarında bulunmaktadır. Buna ek olarak alışveriş merkezi ve şehir merkezlerinde de görülmektedir. Hızlı şarj istasyonlarının maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle, elektrikli araç sahipleri için günlük kullanımda sıklıkla tercih edilen bir şarj istasyonu değildir. Ev tipi hızlı şarj olarak isimlendirilen AC şarj istasyonları bu tip kullanıcılar için önemli bir seçenektir. Evlere kurulabilen bu şarj istasyonları elektrikli araç sahipleri tarafından oldukça fazla tercih edilmektedir. Bu tez çalışmasının bu bölümünde elektrikli araç sahiplerinin AC şarj istasyonlarını kullanarak evlerinden araçlarını şarj ettikleri varsayılmıştır. Mevcut alçak gerilim şebekesi üzerinden enerji alan şarj istasyonlarının şebeke etkilerine bakılmıştır.

Bu bölümde tez çalışmasında, çalışmanın uygulandığı pilot bölge, kullanılan simülasyon programı ve oluşturulan model detaylıca sunulmuştur. Bu kapsamda öncelikle bir dağıtım şebekesi ve bu şebekede bulunan kritik öneme sahip malzemeler incelenmiş ve seçilen pilot bölge hakkında detaylar Bölüm 3.1’de aktarılmıştır. Sonrasında çalışmada kullanılan simülasyon programı olan OpenDSS hakkında detaylı bilgiler Bölüm 3.2’de verilmiştir. Ayrıca bu bölümde, modelin oluşturulmasında kullanılan kodlar hakkında detaylı bilgilere de yer verilmiştir. Son olarak, Bölüm 3.3’te şarj istasyonları ve bunların kullanılacağını öngördüğümüz binaların konumları elektrik dağıtım şebekesi üzerinde gösterilerek oluşturulan model hakkında bilgiler sunulmuştur.

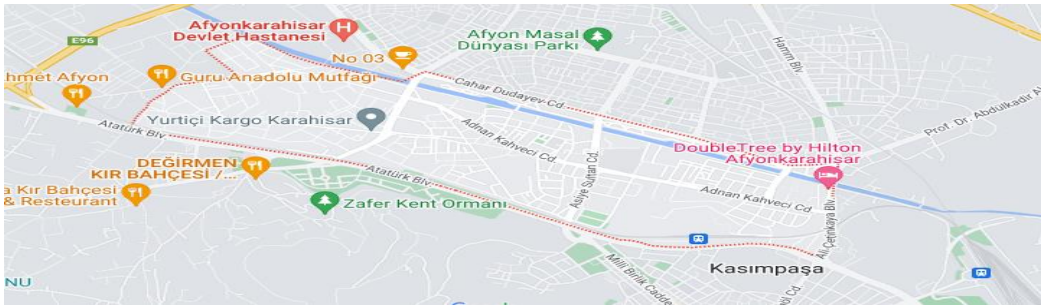
Bu çalışmada seçilen pilot bölge, Afyonkarahisar ilinin merkez ilçesi sınırları içerisinde bulunmaktadır ve Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Bu bölgenin seçilmesinde göz önünde bulundurulmuş kriterler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Seçilen bu bölge Afyonkarahisar ili için nüfusu hızlı artış gösteren (bkz. Şekil 3.2) ve Afyonkarahisar ilinin en kalabalık mahallesidir.

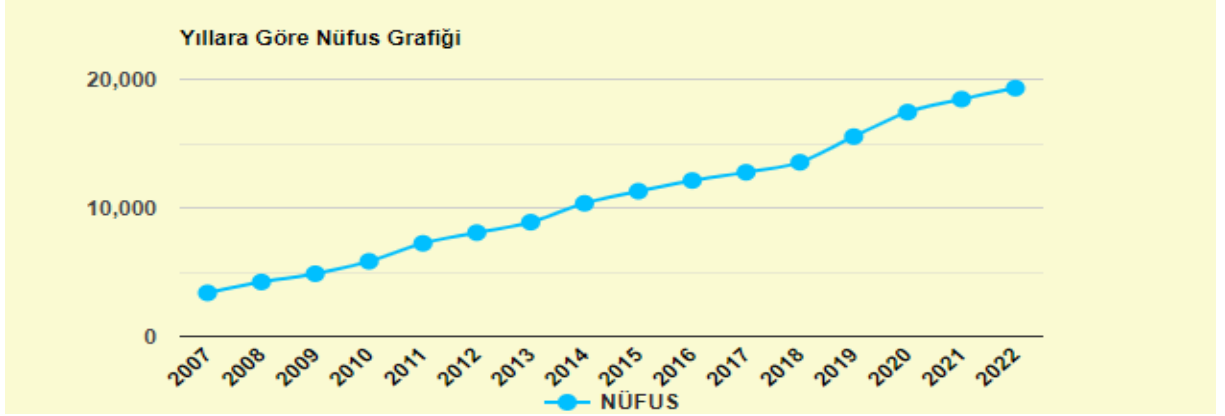
- Yapımı devam eden çok sayıda binanın bulunması, şehrin yayılımının bu bölgeye doğru olduğunu göstermektedir.
- Şehrin çetin kış şartlarına sahip olmasından dolayı yoğunlukla kapalı garajlı evler bulunmaktadır. Burada bulunan hem bireysel kapalı garajlara sahip apartmanlar hem de ortak yeraltı garajına sahip rezidanslar, elektrikli araç kullanımı için oldukça uygundur.
- Artan nüfus sayısı ve ilerleyen teknoloji ile birlikte elektrik kullanım miktarlarında artışın durmayacağı aşikardır. Bu durum, mevcutta bulunan şebeke altyapısının ilerleyen yıllarda yeterli olup olamayacağı konusunda çalışma yapılmasını elzem hale getirmektedir.

3.1 Pilot Bölge ve Dağıtım Şebekesi

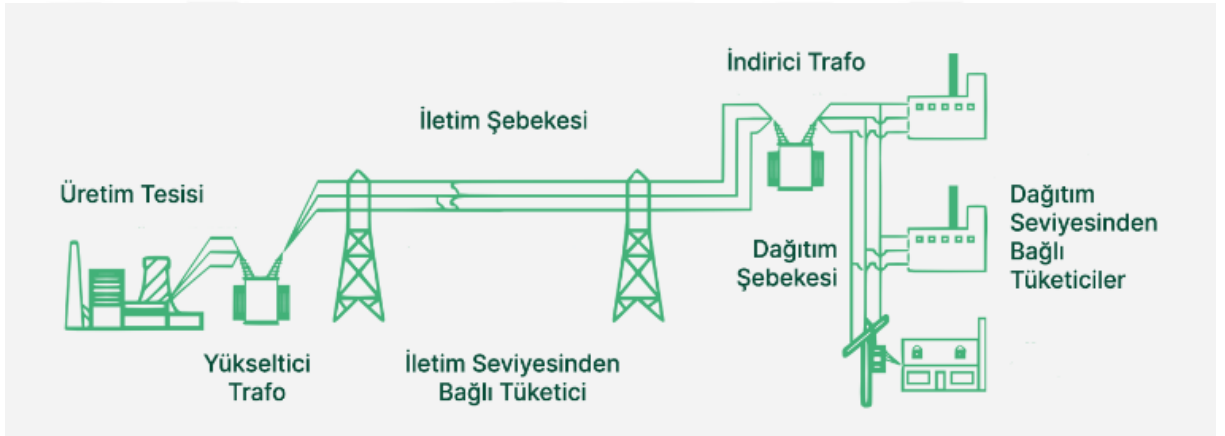
Dağıtım şebekeleri, iletim hatlarının son bulduğu şalt sahaları ile son kullanıcılar arasında enerji aktarımını gerçekleştiren şebekelerdir (bkz Şekil 3.3). Burada şalt sahası ile şehir içinde yerleştirilen dağıtım trafoları arasında 36 kV seviyesinde yüksek gerilim ile aktarım gerçekleştirilmektedir. Bu dağıtıma birincil (primer) dağıtım ismi verilmektedir. Dağıtım trafosundan sonraki kısımda ise bir faz gerilimi 220 V olacak şekilde her bir son kullanıcıya kadar enerji iletilmektedir. Bu dağıtıma ise ikincil (sekonder) dağıtım ismi verilmektedir. İkincil dağıtım, yeraltı kabloları ile yapılabildiği gibi havai hatlar ile de yapılabilmektedir. Seçilen pilot bölgede ise kullanılan dağıtım hattı kabloları yeraltından geçmektedir. Yeraltı kablolarının kullanılmasının başlıca sebepleri şebekede meydana gelen faz-faz, faz-faz-toprak ve faz-toprak arızaları gibi asimetrik arızaları en aza indirmektir. Kabin tipi trafolar kullanılan yer altı şebekeleri ile arıza sayıları düşürülüp daha estetik bir görünüm sağlanması hedeflenmektedir.



Şekil 3. 1 Seçilen mahallenin uydu görüntüsü.



Şekil 3. 2 Pilot bölgenin yıllara göre nüfus artışı (İnt.Kyn.2).



Şekil 3. 3 Mevcut enerji akış diyagramı (İnt.Kyn.7).

Birincil dağıtımda enerji akışı kabin tipi trafoya yüksek gerilim enerji nakil hatları 36 kV seviyesinde izoleli zırlı bir yapıya sahip XLPE kablolar ile gelmektedir (bkz Şekil 3.4). XLPE diğer adıyla çapraz bağlanmış polietilen yalıtım malzemeleridir.



Şekil 3. 4 XLPE kablo yeraltı hat döşemesi.

Aşınma veya darbe gibi durumların olabileceği yerlerde, yüksek gerilim seviyesinde elektrik uygulamaları kullanan tesislerde, sulu ve ıslak alanlarda, kimyasal madde ve tehlikeli her türlü maddenin bulunduğu alanlarda oldukça güvenli kullanım olanakları sağlamaktadır. XLPE kabloları, maden işlerinde, sıhhi tesisat ve kimyasal endüstrilerde, sağlık kurumlarında, stadyumlarda, ticari ve konutlarda sıklıkla tercih edilen bir malzemedir.

XLPE kablolar tek damarlı alüminyumdan oluşmaktadır ve teknik özellikleri Çizelge 3.1’de sunulmuştur. Tek devre ve çift devre modülleri için üç veya altı adet izoleli kablo kullanılmaktadır. Isınma ve aşınma karşı önlem olarak kablolar arası mesafe bırakılır. Kablo kanalı kapatılırken önce ince kum XLPE üzerine dökülür daha sonra bims tuğlalar ile kum üstü döşeme yapılır, bims tuğla üzerine tekrar kum serilir ve şerit çekilip kablo kanalı kapatılır. Herhangi bir kazı çalışmasında kabloya zarar gelmemesi için alınan bu önlemler oldukça önemlidir. Herhangi bir arıza durumunda kablo üzeri açılır, ilave ek yapılarak tekrardan kablo yerine yerleştirilir. Çapraz olarak bağlanan polimerler sayesinde moleküller birbiriyle daha sıkı bağlanmaktadır. Bu çapraz bağlar fiziksel veya kimyasal yollarla yapılabilir. Polietilen (PE) maddenin sahip olduğu mükemmel dielektrik dayanımı, oldukça fazla olan yalıtım direncine bütün frekans değerlerinde düşük yayılıma sahip olması bu maddeyi ideal bir yalıtkan yapar. XLPE kablolar, polietilen ve kauçuk benzeri yalıtım malzemelerini geride bırakıp düşük gerilimden yüksek gerilime kadar olan değerler için uygundur. XLPE kablonun fiziksel özellikleri diğer yalıtımlardan üstündür. XLPE kablolar, yüksek sıcaklık ya da düşük sıcaklıklarda kullanılır.

Çizelge 3. 1 XLPE kablo özellikleri (İnt.Kyn.3).

Parametre	Değer
Yapısı	Alüminyum İletken
Kullanıldığı Yerler	Şehir Şebekeleri ve Şalt Sahaları
Teknik Veriler	Çalışma Sıcaklığı 90°C
Akım Taşıma Kapasitesi	321 A
Kesit	1x150+25mm

XLPE kablolar ile gelen 36 kV gerilim seviyesi kabin tipi trafoya güç vermektedir. Trafo enerjisini 36 kV üzerinden alıp alçak gerilim seviyesi olan 380 V'a dönüştürmektedir. Pilot bölgede bulunan ve 1000 kVA gücünde olan dahili tip trafonun etiket bilgileri Şekil 3.5'de verilmiştir.

SIPARIŞ NO:		MAL. KOD NO:		SERİ NO: 16-07517	
STAND.: TS EN 60076		GER. SINIFI: 36 kV	B. Ç. ORANI: 142,89	CİNSİ: DAHİLİ	
GÜÇ: 1000 kVA		BAG. GRUBU: Dyn 11	İMAL YILI: 09/2018	SERVİS: SÜREKLİ	
KADEME	YG	AG	SÖĞUTMA: ONAN	SINMA: 60/65 °C	
1	28500 V			YAL. SINIF: A	
2	30000 V			YAL. SINIF: A	
3	31500 V	400/231 V		YAL. SINIF: A	
4	33000 V			YAL. SINIF: A	
5	34500 V			YAL. SINIF: A	
6	36000 V			YAL. SINIF: A	
NOMİNAL AKIM: 17,4 A		PK: 8753	W: 1338	Po: 1338	
EMPEDANS (Uk) %: 5,70		İZOLASYON DİRENCİ (GigaOhm)	YAG CİNSİ: NYWAS	YAG ADI: 488	
OLÇÜLEN YER		30 en	23,4	YAG ADI: 1720	
AG - TANK	20,6	25,7	55,1	YAG ADI: 2640	
YG - TANK	22,7				
YG - AG	46,6				

1. ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ
AHI EVRAN MAH. ANADOLU CAD. No:3
SİĞIRCI - ANKARA/TÜRKİYE
+90 312 267 91 55 (Pbx)
www.astor.com.tr

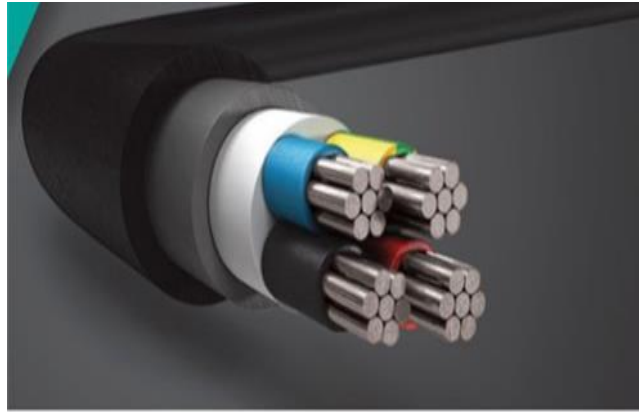
Şekil 3. 5 Trafo etiket bilgileri.

Transformatör veya diğer adıyla trafo birden fazla elektrik devresini elektromanyetik alan ile birbirine bağlamaya yarayan bir elektrik malzemesidir. Transformatörler elektrik akımının belirli değerlerinde istenilen akım ve gerilim seviyesine değişim yapabilen makinalardır. Transformatör, elektrik akımını bir devreden başka bir elektrik devresine veya birden fazla devreye aktaran bileşendir. Transformatörün bobinindeki değişen akım ile transformatörün çekirdeğinde değişken bir manyetik akı üretilmektedir. Oluşan akı yardımı ile çekirdek etrafında bulunan diğer bobinler boyunca değişken bir elektromotor kuvveti meydana gelmektedir. Elektrik akımı bu sayede iki devre arasında herhangi bir bağlantı olmadan enerji akışını sağlayabilmektedir.

Transformatörleri enerji dağıtımı ve iletiminde yaygın olarak kullanılan elektrik makinalarıdır. Elektrik enerjisinin üretildiği santralden iletim ve dağıtım seviyesindeki süreçte hatlar üzerinde güç kaybı ve gerilim düşümü meydana gelmektedir. Bu durumu düzeltmek için gücün sabit tutulurken gerilimin yükseltilmesi gerekmektedir. Başka bir deyişle akımın düşürülmesi gerekmektedir. Akımın küçük değerlerde tutulması hatlarda

kullanılan iletkenlerinde akım taşıma kapasitelerinin düşük tutulmasına böylelikle kullanılan iletkenlerin kesitlerinin küçük olmasını sağlamaktadır. Oluşan bu küçük kesitler hat irtibatlarında akım kaybını azaltırken maliyet anlamında da büyük avantaj sağlamaktadır. Trafoların birden fazla çeşidi vardır. Kullanıma bağlı olarak kuru tip, yağlı tipi, akım trafoları, gerilim trafoları ve oto trafolar gibi çeşitleri mevcuttur. Elektrik iletiminde ve dağıtımında en çok kullandığımız gerilim düşürücü ve arttırıcı trafolar kuru tip veya genleşme depolu trafolardır.

Transformatörün AG çıkış bölümündeki panodan yer altı iletim kablolarıyla şebekede bulunan saha dağıtım kutularına enerji verilmektedir. AG olarak adlandırılan bu şebeke kabloları siyah renkli izole kaplı alüminyum iletkenlerdir (bkz Şekil 3.6). Üç faz ve bir nötr olmak üzere izole kablo içinde dört adet kablo bulunmaktadır. Yüksek gerilim kablosu ile yeraltı döşeme şekli aynıdır. Trafodan beslenen tüm abonelere belirli noktalarda bulunan saha dağıtım kutuları vasıtasıyla enerji dağıtımı sağlanmaktadır. Üç faz olarak devam eden devre abonelik tipine göre apartmanlara faz-nötr veya üç faz-nötr şeklinde verilmektedir.



Şekil 3. 6 AG yeraltı kablosu.

AG yeraltı kablolarının akım taşıma kapasiteleri bakımından yeraltında en büyük ve en küçük çalışma değerleri oldukça önemlidir. Yapılan şebeke yatırımları gelecek yıllar düşünülerek yapılmaktadır. Burada, artan nüfus ve artan güç talebi göz önüne alınmalıdır. Mevcut şebekede bulunan 3x150+70 mm yeraltı AG kabloları için karakteristik özellikler Çizelge 3.2’de belirtilmiştir.

Çizelge 3. 2 AG kablo özellikleri (İnt.Kyn.4).

Parametre	Değer
Yapısı	Alüminyum İletken
Kullanıldığı Yerler	Şehir Şebekeleri ve Şalt Sahaları
Teknik Veriler	Çalışma Sıcaklığı 90°C
Akım Taşıma Kapasitesi	270 A
Kesit	3x150+70mm

Trafodan gelen enerjiyi TEDAŞ şartnamesine göre hazırlanmış ilgili dağıtım noktalarına ulaşımını gerçekleştiren panolara saha dağıtım kutusu (SDK) adı verilir. SDK'ların içerisinde birçok farklı malzeme ve donanım bulunur. Bir elektrik tesisatında en önemli şey elektriğin güvenli ve doğru şekilde dağıtılmasıdır. Bu sebeple SDK'lar, insanların güvenliği ve elektronik aletlerin doğru bir şekilde çalışması adına önemli bir görevi yerine getirmektedir.

SDK'lar, Tip-A ve Tip-B olacak şekilde iki modelde üretimi yapılmaktadır. Galvanizli saçlardan oluşan bu saha dağıtım kutularının dış yüzeylerinde elektrostatik boyalar kullanılmaktadır. Bu boyalar ürünlerde dayanıklılık sağlarken çevreden gelebilecek darbelere karşıda ürünü korumaktadır. Yağışlı havalarda, darbelere ve çizilmelere karşı dayanıklı olan SDK'lar cam elyaf ve polyester tarzı malzemelerle güçlendirilmiştir. Otoban aydınlatmaları, marinalar ve raylı sistemler için TEDAŞ tarafından farklı tip saha dağıtım kutuları uygulamaları yapılabilmektedir.

SDK'lara gelen alçak gerilim hattı abone çıkışları ve diğer SDK çıkışı olarak enerjilendirilir. Gelen elektrik enerjisi apartmanlara yer altı abone kablosu ile giriş yapıp apartmanda bulunan sayaç odalarına bağlanmaktadır. Sayaç odalarında her daire için ayrı bir sayaç bulunmaktadır. Çizelge 3.3'de teknik özellikleri verilen SDK'lar sayesinde apartmanlara elektrikli şarj istasyonları için enerji sağlanabilecektir. Şarj istasyonlarının tiplerine göre şebekeden çektiği akımlar farklılık göstermektedir. Burada mevcut şebekenin kaldırabileceği akım kapasiteleri, SDK'lar ve iletken kesitlerinden hesaplanabilmektedir. Yer altı iletim kablolarının genel kullanımı havai şebekede oluşan çok fazla arıza kaynağını ve kötü görüntüyü en aza indirmektedir.

Çizelge 3. 3 Saha dağıtım kutusu teknik özellikleri (İnt Kyn.5).

Parametre	Değer
İşletme Frekansı	50 Hz
İşletme Gerilimi	230/400 V
Giriş Ünitesi Akımı(A)	250;400
Ring Çıkış Ünitesi Akımı(A)	250;400
Dağıtım Kutuları Kısa Devre Dayanımı	38 kA

Elektrikli araç sahipleri için üretilen ev tipi şarj istasyonu tipleri 7,4kW, 11kW ve 22kW gibi farklı güçlerde olabilmektedir. Bu şarj istasyonları duvar tipi şeklinde olabileceği gibi (bkz Şekil 3.7), araç üzerinde on-board olarak da bulunabilmektedirler. Bu tez çalışmasında 11 kW güce sahip bir ev tipi AC elektrikli araç şarj istasyonu kullanılmıştır (İnt. Kyn.6). Kullanılan ev tipi şarj istasyonuna ait teknik veriler Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Bu şarj istasyonu 3 faz girişe sahip olup 380V gerilim ile çalışmaktadır. 11 kW güce sahip olan AC şarj istasyonu duvara monte olarak kullanılmaktadır. Üç faz şebeke gerilimi bulunan mesken aboneler için sayaç bağlantısı yapılarak kullanımı mümkündür. Üç faz abone bağlantısı olmayan mesken aboneler için güç arttırımına gidilerek üç faz şebeke bağlantısı yapılması zorunludur. Tam kapasite çalışması durumunda 16A akım çekmektedir. 11 kW şarj istasyonu seçilmesinin sebebi fiyatının uygun olması ve bütün elektrikli araçlar ile uyumlu olabilmesidir. 22 kW şarj istasyonu 3 faz için en hızlı şarj imkânı sunmaktadır. 22 kW şarj istasyonu üç fazda 32A akım çekmektedir. Fakat bütün elektrikli arabalarda 22 kW şarj gücü bulunmamaktadır.

Çizelge 3. 4 Elektrikli araç şarj istasyonu teknik özellikleri (İnt. Kyn.6).

Parametre	Değer
İşletme Frekansı	50 Hz
İşletme Giriş Gerilimi	400 V
İşletme Çıkış Gerilimi	380 V
Akım (A)	3x16 A
Güç	11 kW

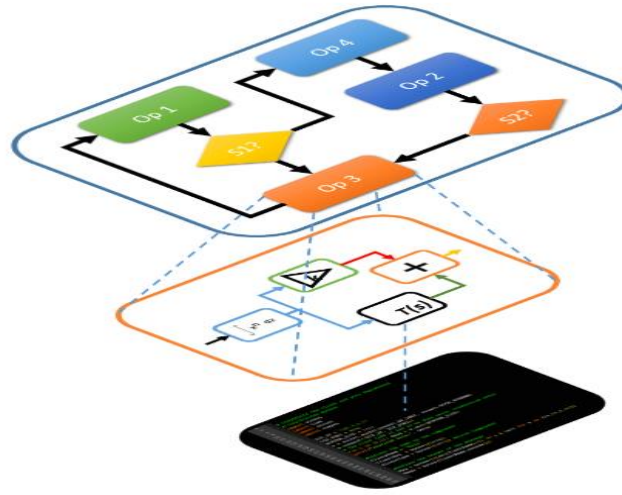


Şekil 3. 7 Ev tipi elektrikli araç şarj istasyonu (İnt. Kyn.6).

3.2 OpenDSS

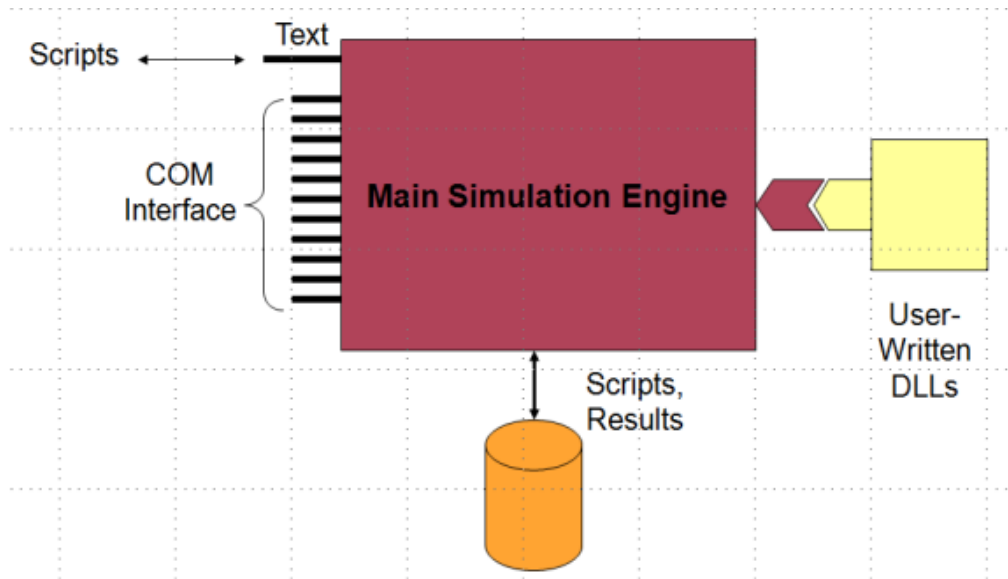
OpenDSS (Open Distribution System Simulator), Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü (EPRI) tarafından geliştirilen ve sürdürülen açık kaynaklı bir yazılım programıdır. Mühendislere ve araştırmacılara güç akışını, voltaj regülasyonunu, sistem güvenilirliğini ve dağıtım sistemlerinin diğer yönlerini incelemek için bir araç sağlayarak, elektrik dağıtım sistemlerinin çalışmasını simüle etmek ve analiz etmek için tasarlanmıştır.

OpenDSS, geleneksel ve gelişmiş dağıtım teknolojilerini, kaynakları, varlıkları ve kontrolleri modellemede kullanılır. Bu modellemenin gösterimi Şekil 3.8’de yapılmıştır. Ayrıntılı enerji depolama ve gelişmiş invertör verilerini içeren ilk platformdur. 1997’de geliştirilen DSS, ilk olarak elektrik enerjisi endüstrisine yarı statik zaman serisi (QSTS) analizi kavramını getirerek zaman ve yerel şebeke etkilerini hesaba katmak için tasarlanmıştır.



Şekil 3. 8 OpenDSS programının model gösterimi (İnt Kyn.8).

Akıllı şebeke uygulamalarını koordine etmek ve ilerletmek için, DSS on yıl sonra açık kaynaklı hale getirilmiştir. 65 000'den fazla indirme ve binlerce küresel kullanıcıyla OpenDSS, gelişmiş dağıtım uygulamalarını modellemek ve simüle etmek için endüstri genelinde kamu hizmetleri, araştırma laboratuvarları ve üniversiteler tarafından kullanılan güçlü bir simülasyon aracı haline gelmiştir. Ayrıca, öğrenciler ve yeni dağıtım mühendisleri için bir eğitim aracı olarak kullanılır. OpenDSS programı için kullanılan temel yapı bileşenleri ile devreler oluşturulabilmektedir (bkz Şekil 3.9).



Şekil 3. 9 OpenDSS yapısı (Aljohani ve Mohammed, 2018).

3.2.1 OpenDSS 'in Temel Nitelikleri

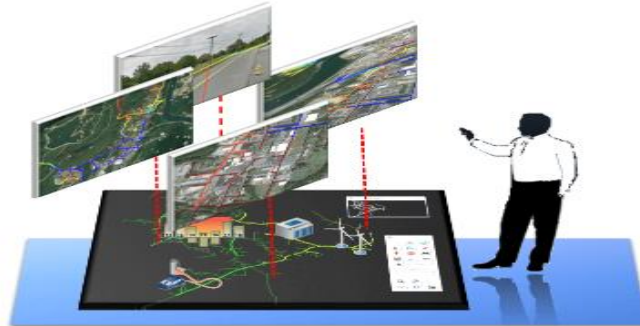
Esnek: OpenDSS, güç akışı ve kısa devre gibi temel analizlerden, harmonik analiz, dinamik (elektro-mekanik) analiz, senaryo analizi ve gerçek zamanlı gibi gelişmiş yeteneklere kadar çok çeşitli analizler için kullanılabilir.

Özelleştirilebilir: Özellikle dağıtım mühendisleri için tasarlanmış bir dağıtım dili kullanılarak ısmarlama çalışmalar için kolayca özelleştirilebilir. Özel, kullanıcı tanımlı cihaz, kontroller ve süreçler, Python, C++, Matlab, Java, VBA vb. gibi modern programlama dilleri kullanılarak kolayca modellenenir.

Erişilebilir: OpenDSS, kolay modelleme ve simülasyon için gelişmiş bir grafik kullanıcı arabirimine sahiptir (bkz Şekil 3.10). Ancak aynı zamanda senaryoları toplu iş modunda simüle etmek için güçlü bir komut dosyası oluşturma yeteneği kullanan bir Uygulama Programlama Arabirimi (API) aracılığıyla da çalıştırılabilir.

Birlikte çalışabilirlik: OpenDSS, mevcut dağıtım yazılımları ve Windows ve Linux gibi platformlar dahil olmak üzere çok çeşitli yazılım uygulamalarıyla uyumludur. Bu nedenle OpenDSS, mevcut uygulamaları genişletmek ve geliştirmek için kullanılabilir.

Sürdürülebilir: OpenDSS, geniş kullanıcı tabanı, aktif forum tartışmaları, araştırma kuruluşu uygulamaları vb. aracılığıyla, OpenDSS platformunu düzenli olarak kullanan, destekleyen ve yeni uygulamalar geliştiren endüstride sürdürülebilir bir çözüm aracı olduğunu kanıtlamıştır.



Şekil 3. 10 Dağıtılmış Enerjinin ve Şebekenin Modernizasyonu (İnt Kyn.8).

3.2.2 OpenDSS ile yapılan başlıca uygulamalar

Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu: OpenDSS, fotovoltaik (PV) sistemler ve rüzgâr türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu modellemek ve analiz etmek için yetenekler sağlar. Yenilenebilir enerji kaynakları için yaptığı hesaplar ile, ilgili projelere veri aktarımı sağlar. Yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlar ile verimlilik, uygunluk ve yerleşim planı gibi parametreler kullanıcıya sunulmuş olur.

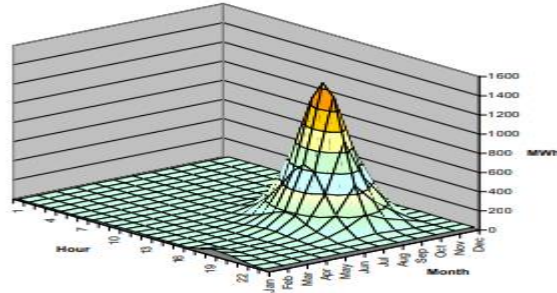
Kullanıcıların, dağıtılmış üretimin sistem voltaj profilleri, güç kalitesi ve ağ güvenilirliği üzerindeki etkilerini incelemesine olanak tanır. Yapılan analizlerin çıktıları OpenDSS üzerinden farklı formatlarda alınabilmektedir. Bunlar; iki ve üç boyutlu grafik çeşitleri ile veri çıktılarıdır (bkz Şekil 3.11).

Yük Modelleme: OpenDSS, basit sabit güç veya sabit akım modellerinden daha ayrıntılı dinamik ve harmonik modellere kadar çeşitli yük modelleme seçeneklerini içerir. Kullanıcılar, farklı çalışma koşullarında sistemin performansını değerlendirmek için yük özelliklerini gerçek verilere veya yük profillerine dayalı olarak tanımlayabilir.

Zaman Alanlı Simülasyon: OpenDSS, kullanıcıların belirli bir zaman aralığında sistem davranışını analiz etmesine izin veren zaman alanlı simülasyonları destekler. Bu özellik, gerilim düşüşleri, harmonikler ve anahtarlama işlemlerine veya arızalara dinamik yanıt gibi geçici etkilerin değerlendirilmesini sağlar.

Devre Çözücü: OpenDSS, güç akışı denklemlerini çözmek ve sistemin kararlı durum çalışma koşullarını hesaplamak için sayısal yöntemler kullanan güçlü bir devre çözücü içerir. Gerilimleri, akımları, güç akışlarını ve kayıpları belirlemek için çeşitli sistem bileşenlerini, özelliklerini ve elektrik şebekesi topolojisini dikkate alır.

Nesne Yönelimli Model: OpenDSS, bir elektrik dağıtım sisteminin farklı bileşenlerini temsil etmek için nesne yönelimli bir modelleme yaklaşımı kullanır. Bu bileşenler; otobüsleri, hatları, transformatörleri, yükleri, jeneratörleri, kapasitörleri ve daha fazlasını içerir. Nesneler, sistemin ayrıntılı bir temsilini oluşturmak için birbirine bağlanabilir.



Şekil 3. 11 OpenDSS üzerinde 3 boyutlu grafik (İnt Kyn.8).

3.3 Model oluşturma

Dağıtım şebekesinde kullanılan elektrik malzemelerinin tanımlamaları önceki bölümlerde yapılmıştır. Kullanılan her türlü malzemenin teknik ve fiziksel özellikleri açıklanmıştır. Dağıtım şebekesinin enerji akış diyagramı ile elektrik enerjisinin dağıtım trafosundan son kullanıcıya kadar izlediği yol gösterilerek şebekenin detaylı açıklaması yapılmıştır.

Bu bölümde ise OpenDSS programı üzerinden mevcut enerji hattında bulunan her türlü teçhizat ve donanımlar programa entegre edilecektir. Mevcut dağıtım şebekesi üzerinden enerji akışlarını sağlayan noktaların lokasyonları belirtilmiş ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) sistemi üzerinden alınan bu lokasyonlar OpenDSS programına aşağıdaki gibi aktarılmıştır.

Bara ismi,	Boylam ,	Enlem
A0,	30.5245,	38.7761

Güzergâh bilgisi dikkate alınarak hattın üzerindeki noktalar tanımlanmıştır. Genel olarak, havai hatlarla dağıtım yapılmasına rağmen seçilen bölgede yeraltı kablosu ile dağıtım gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple, yeraltı dağıtım şebekelerinde şebeke haritalamasında, SDK'lar ve mevcut hat dönüşlerinin lokasyonları baz alınmıştır. Ana dağıtım merkezindeki trafodan başlayarak beş kol halinde (A, B, C, D ve E) devam eden şebeke oluşumu için yukarıda belirtilen noktalar tanımlanmıştır. Tanımlanan lokasyonlardaki

baralar aşağıda gösterildiği şekilde “*New Line.****” komutu ile birleştirilip tek hat şeması meydana getirilmiştir.

```
new Line.<hat ismi> Phases=4 Bus1=<bara ismi>.1.2.3.10 Bus2==<bara ismi>.1.2.3.10  
units=m geometry=<hat geometrisi>length=50
```

Program üzerine yazılan bu kodların tanımları; Phases = Faz sayısını, Bus1 = Giriş için bağlanılan barayı, Bus2 = Çıkış için bağlanılan barayı, Units = Uzunluk birimini, Geometry = Hat geometrisini Length = Uzunluğu ifade etmektedir.

Şebeke üzerindeki hatlar belirlenerek hat şeması oluşturulmuştur. Oluşturulan noktalar arası mesafe ve ölçü birimi eklenmiştir. İki nokta arası linyeler isimlendirilerek devre tamamlanmıştır. Yukarıdaki lokasyonlar ile elektrik dağıtım şebekesinin mevcut koordinatları OpenDSS programı üzerine işlenmiştir. Bu kısımda ise mevcut işaretli noktaların koordinat sistemi üzerinden bara bağlantıları yapılmıştır. Havai şebekelerde belirtilen noktalarda AG dağıtım direkleri bulunur ve bu direkler arası iletimler açık iletkenler ile yapılır. Yeraltı dağıtım şebekelerinde ise ana dağıtım trafosundan çıkan enerji akışı yeraltı kabloları ile yapıldığı için baralar arasına isimlendirilme yapılmıştır. Burada A0 ana dağıtım trafosu olacak şekilde A1, B1, C1, D1, E1 isimleri trafonun kol çıkışlarıdır. Daha sonra bu ana kollardan oluşan şebeke her kol kendi harfiyle devam eden bir dağıtım hattına dönüşmüştür.

Örneğin C1 kolu ile başlayan hat son kullanıcının enerji aldığı nokta olarak C6 bağlantısında sona ermiştir. Bu şekilde ana trafodan beslenen her kol ve üzerindeki aboneler hat güzergahına ve konumlarına göre OpenDSS programına işlenmiştir. Kodlar üzerinde faz sayısı üç faz bir nötr olacak şekilde girilmiştir. Her bir noktadan diğer noktaya bara bağlantısı tanımlanmış ve aradaki bağlantı yapılmıştır. Baralar arasındaki mesafe birimi M olarak girilmiştir. Hat tertibatında bulunan iletken sayısı dört olarak sisteme eklenmiştir. İki nokta arasındaki bağlantıda kullanılan iletkenin uzunluğu 50 m olacak şekilde yazılmıştır. Bu kodlar yardımı ile elektrik dağıtım şebekesinde bulunan ve kullanılan her türlü parametre programa eklenmiştir. Eklenen kodlar ile birlikte sahada bulunan dağıtım şebekesinin simülasyon için oluşturduğumuz tek hat şeması meydana

gelmiş olacaktır. Oluşan bu tek hat şeması üzerinden enerji alış noktalarına apartmanlar ve şarj istasyonları eklenebilecektir.

Bölgedeki dağıtım trafosunun sayacı üzerinden alınan bir yıllık veriler kullanılarak gerçek tüketim değerleri programa işlenmiştir. Alınan bu değerler her bir daire için önce aylık daha sonra saatlik tüketim şeklinde 24 saatlik veri olarak *.csv dosyasında oluşturulmuştur. Yük tipleri aşağıdaki gibi tanımlandıktan sonra yükler isimlendirilmiş ve veri aralığı istenilen saat, gün veya yıl olarak girilmiştir. *.csv dosyası olarak tanımlı yük şekli programa aktarılmıştır.

new Loadshape.<Yük şekil ismi> npts=24 interval=1 csvfile=<Yük şeklinin csv dosyası>

Program üzerine yazılan bu kodların tanımları; Npts = İterasyon sayısını, İnterval = İterasyon aralığını, Csvfile = Yük şeklinin bulunduğu *.csv dosyasını ifade etmektedir.

Baralar arasındaki bağlantı hatları oluşturulup OpenDSS programı üzerinde tek hat şeması oluşturulmuştur. Daha sonra oluşan yer altı dağıtım şebekesinin 5 kolu üzerinde yük tanımları yapılmıştır. Yük tanımı olarak başlangıçta 30 adet bina seçilmiştir. Her bir binada 10 daire bulunmaktadır. Bundan sonrasında ise elektrikli araç sayısına göre şarj aletlerinin her bir daire için bir adet olacak şekilde dağıtılması gelmektedir. Binalarda bulunan şarj istasyonları üç faz gerilime sahip ve 11 kW gücünde olduğunun kabul edildiğinden bahsedilmiştir. Burada amaç bir dağıtım trafosu bölgesindeki mesken abonelerin ve elektrikli araç sahibi kişilerin dağıtım trafosu üzerindeki etkilerini incelemektir. Böylelikle, artan mesken tipi elektrikli araç şarj istasyonu sayısı ile birlikte dağıtım şebekesi üzerindeki olumsuz etkileri ortaya koymak olacaktır.

Güney Kore’de yapılan bir araştırmada elektrikli araç sahiplerinin araçlarını hangi aralıklarla şarj ettikleri incelenmiştir (Arias ve Bae 2016). Bölgedeki dağıtım trafosu üzerinden saatlik tüketim verileri alınarak güçteki değişim incelenmiştir. Bu araştırmada elektrikli araç sahipleri için birden fazla şarj karakteristiği oluşturulmuştur. Buradaki karakteristiklerden Şekil 3.12’de sunulan versiyon kullanılmıştır. Gün içinde mesai saatlerinde araçlar yollarda olup akşam üzeri ev tipi şarj istasyonlarında araçların şarja

takılması Şekil 3.12'deki grafikte görülmektedir. Akşam puant saatte trafo üzerindeki yoğunluk şarj istasyonlarının devreye girmesi ile birlikte artmaktadır. Bu durumda, elektrikli araçların şarja takılma saatlerinin dağılımı Denklem 3.1'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$f_{b3}(t) = \frac{1}{\sigma_{b3}\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(t-\mu_{b3})^2}{2\sigma_{b3}^2}} \quad (3.1)$$

Bu denklemde;

μ_{b3} = şarj aktivasyonunun pik değerini,

t = 24 saatlik zaman dilimini,

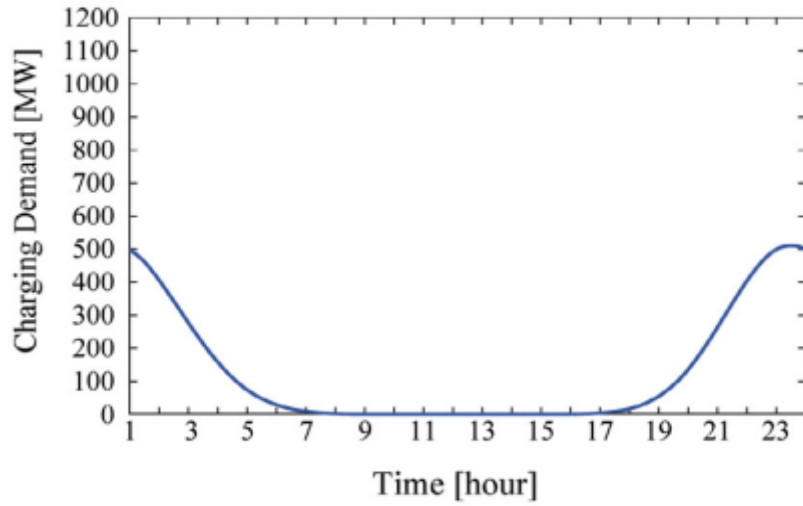
σ_{b3} = standart sapmayı

ifade etmektedir. Formülde 24 saatlik veri üzerinden elektrikli araç şarj istasyonu kullanımları yerine yerleştirildiğinde belirli zaman aralığında kaç istasyonun aktif olduğu hesaplanmaktadır. Şekil 3.12'den ve Denklem 3.1'den yola çıkarak şarj istasyonu için saatlik veri analizi oluşturulmuştur. Akşam saatlerinde başlayan yoğunluk puant değeri etkilemektedir. Program üzerinde saatlik elektrikli araç şarj istasyonu kullanımları bu araştırmalar dikkate alınarak yazılmış ve OpenDSS'e aktarılmıştır.

```
new Load.<Yük ismi> Bus1=<bara ismi>.1.2.3.10 Phases=3 Conn=wye model=1
kV=0.38 kW=<baz güç değeri> pf=0.95 daily=<günlük yük şekli>
```

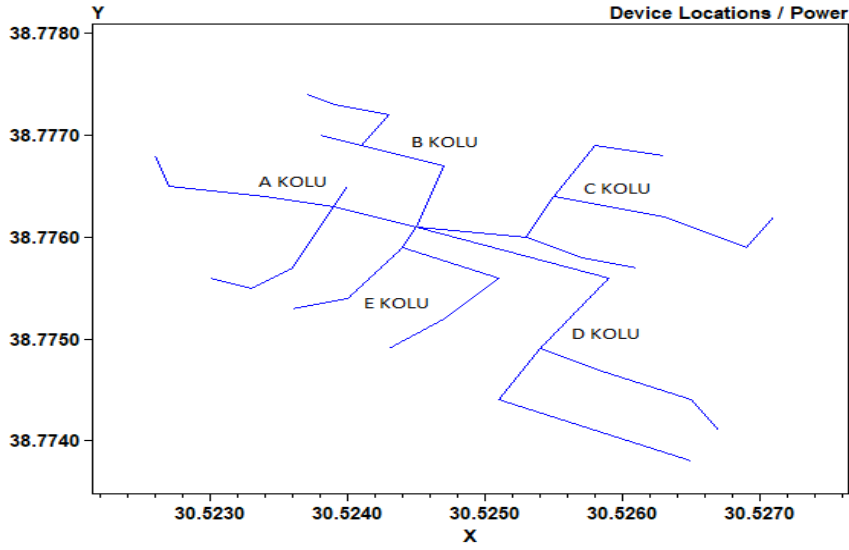
```
new Load.<Yük ismi> Bus1=<bara ismi>.1.2.3.10 Phases=3 Conn=wye model=0
kV=0.38 kW=<baz güç değeri> pf=0.95 daily=<günlük yük şekli>
```

Program üzerine yazılan bu kodların tanımları; Conn = Bağlantı tipini, Model = Yük modeli için girilen rakamsal değerini, kV = Nominal bara gerilimini, kW = Nominal bara gücünü, Pf = Güç faktörünü, Daily = Günlük yük eğrisini ifade etmektedir.

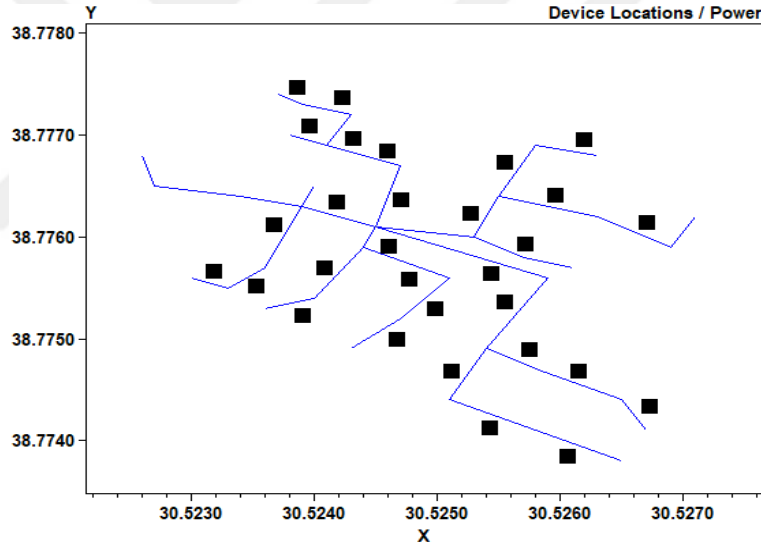


Şekil 3. 12 24 saatlik şarj istasyonu güç dağılımı (Arias ve Bae 2016).

Tanımlanan yük Denklem 3.1’de ki dağılıma göre yerleştirilmiştir. Elektrikli araçlar için şarj yük şekli günlük ihtiyacın belirlenmesi sonucunda oluşturulmuştur. Bunun için, elektrikli araçların bataryalarının ortalama 100 km de tükettiği enerji 18 kWh olarak alınmıştır. Bu hesaptan yola çıkarak bir elektrikli aracın günlük ve saatlik enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Yük tanımları yapıldıktan sonra elektrik dağıtım şebekesi üzerinde yüklerin lokasyonları belirlenmiştir (bkz Şekil 3.13). Her bir şarj istasyonu üç faz gerilime sahip 380 V şebeke ile beslenmektedir. Güç faktörü 0,95 olup şarj istasyonu gücü 11 kW olarak seçilmiştir. Her kolun uzunluğuna göre bina sayıları orantılı olarak yerleştirilmiştir. Her bir bina için 10 adet daire olacak şekilde yük tanımlaması yapılmıştır (bkz Şekil 3.14). Bina şebeke gerilimleri her dairenin üç faz elektrik şebekesine sahip olduğundan dolayı faz-faz gerilim olarak oluşturulmuştur. Güç faktörü dairelerde 0,95 olarak hesaplanmıştır. Elektrikli şarj istasyonu her binada senaryolara göre gerekli miktar kadar tanımlanmıştır. Daha sonra bu sayı bulgular kısmında arttırılıp simülasyon grafikleri incelenecektir. Sonuç olarak mevcut dağıtım sistemindeki trafo, hatlar, aboneler, şarj istasyonları, yük profilleri ve saatlik tüketim verilerinin programa tanımlanması yapılmıştır. Yapılan yük tanımlarında kodlar üzerinde belirtilen güç değerleri gerçeklerle bire bir örtüşmektedir. Simülasyon için gerekli bütün alt yapı mevcut şebeke üzerinde olan veya olabilecek güç artışlarına göre hesaplanmıştır. Toplamda 300 daire ve maksimum ortaya çıkabilecek olan 300 adet şarj istasyonu için bütün bilgiler programa işlenmiştir.



Şekil 3. 13 Yeraltı dağıtım şebekesinin OpenDSS programı üzerinde gösterimi.



Şekil 3. 14 Dağıtım şebekesi üzerindeki bina lokasyonları.

Aşağıda gösterilen şemada, program üzerinden farklı linyelerde akım, gerilim ve güç grafikleri için ölçüm ekranları oluşturulmaktadır. OpenDSS programı üzerine yazılan kodlar tamamlandıktan sonra simülasyon çalışmalarına başlanmak için monitör eklemeleri yapılmıştır. Burada istenilen değerler için farklı monitör tipleri bulunmaktadır. Örnek vermek gerekirse, mod 1 için simülasyon çalıştırıldığında grafiklerde monitör hangi linie üzerine bağlantı yapıldıysa o hat üzerindeki akım ve gerilim değerleri

ölçülmektedir. 24 saatlik işlenen veriler üzerinden ölçüm yapan monitör grafik halinde çıktı vermektedir. Burada hangi saatlerde şebeke üzerinde nasıl bir dalgalanma olduğu incelenmektedir. Puant saat değeri çıkarılmaktadır. Şebeke üzerinden çekilen akım değeri her linje ve hat için ayrı ayrı yorumlanabilmektedir. Hattın yoğunluğu ve uzunluğuna göre analiz yapılabilmektedir.

new Monitor.<Monitor ismi> element=<izlenecek element> mode=0

Program üzerine yazılan bu kodların tanımları; Element = İzlenmesi istenen elementi, Mode= İzleme tipini ifade etmektedir.

Hatların sonlarına yerleştirilen ölçüm monitörleri sayesinde hat sonunda meydana gelen gerilim düşümleri gözlemlenmektedir. Diğer bir monitör modu ise şebeke üzerindeki güç değerlerini incelemektedir. 5 çıkışlı olan trafomuz için başlangıç hatlarına yerleştirilen ölçüm cihazı sayesinde trafodaki güç yoğunluğu hesaplanmaktadır. Trafonun puant saat değer aralığında doluluk oranı incelenip devredeki güç akışına bakılabilmektedir. Kollarda ki yük yoğunluğuna göre toplam trafo üzerindeki güç değeri hesaplanmaktadır. Burada farklı modlar ile simülasyon çalışması yapıp artan elektrikli araç sayısı ve buna bağlı olarak şarj istasyonu sayıları analiz edilmektedir.

4. BULGULAR

OpenDSS programı ile yapılmış olan simülasyonların sonuçları bu kısımda sunulmuştur. Bu analizlerde, elektrik dağıtım şebekesinde bulunan beş fider (A, B, C, D ve E) için kapasite değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu değerlendirmeler gerçekleşirken, şebeke üzerinde farklı lokasyonlarda bulunan 30 adet bina ve farklı yoğunluktaki şarj istasyonları baz alınmıştır. Beş fider için hat sonlarındaki gerilim değerleri ve kollarındaki akım taşıma kapasiteleri özellikle incelenmiştir. Ayrıca, kol çıkış noktalarına güç ölçüm monitörleri eklenerek puant saat aralığında trafonun doluluk oranı gözlemlenmiştir. Böylelikle, artan şarj istasyonu sayılarına göre şebeke üzerindeki veriler karşılaştırılıp mevcut dağıtım şebekesinin kapasite yeterliliği incelenmiştir.

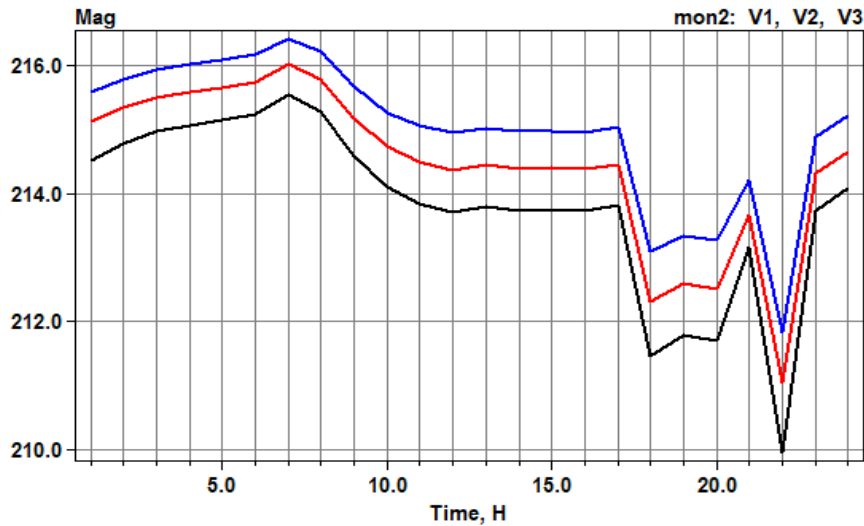
Bölüm 4.1’de toplam hane sayısının %10’unda elektrikli araç olduğu düşünülerek şebekeye 30 adet şarj istasyonu eklenip gerilim, akım ve güç değerleri değerlendirilmiştir. Bir başka deyişle bu varsayımda 30 adet elektrikli araç şebekeden beslenmektedir. Bu eklemeler, bütün varsayımlar için rastgele lokasyon seçimleriyle yapılmıştır. Bölüm 4.2’de şebeke üzerindeki şarj istasyonu sayısı 90 (hane sayısının %30’u), Bölüm 4.3’te şebeke üzerindeki şarj istasyonu sayısı 150 (hane sayısının %50’si) ve Bölüm 4.4’de şarj istasyonu sayısı 240 (hane sayısının %80’i) olarak güncellenerek analizler gerçekleştirilmiştir. Bölüm 4.5’te ise en kötü durum simüle edilmiş ve toplam hane halkının tamamının (%100) elektrikli araç şarj istasyonuna sahip olduğu düşünülerek hat kapasite analizi yapılmıştır. Bölüm 4.6, 4.7 ve 4.8’de ise gelecek yıllarda oluşacak artan elektrik talep tahminlerine göre trafo yük yoğunluğu analizi yapılmıştır. Devrede olan elektrikli şarj istasyonları ile artan abone elektrik tüketimleri karşılaştırılmıştır. Daha sonra mevcut şebekenin akım, gerilim ve güç değerleri incelenmiştir.

4.1 %10 Araç Yoğunluğu Durumu

Bu kısımda, toplam hane sayısının %10’nunda elektrikli araç olduğu düşünülerek şebekeye 30 adet şarj istasyonu eklenip gerilim, akım ve güç değerleri değerlendirilmiştir. Tekrar belirtmek gerekir ki bu eklemeler, bütün şebeke üzerinde belli bir sistematığı olmayacak şekilde rastgele lokasyon seçimleriyle yapılmıştır. Trafo çıkışlarından alınan

gerilim ve akım değerleri devre üzerindeki 30 adet şarj istasyonu için incelenmiştir. Kolların son bağlantı noktalarındaki gerilim düşümleri ve trafonun ana çıkışlarındaki akım değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Bunlara ek olarak, ana kol çıkışlarında puant saat için trafonun doluluk oranı da hesaplanmıştır.

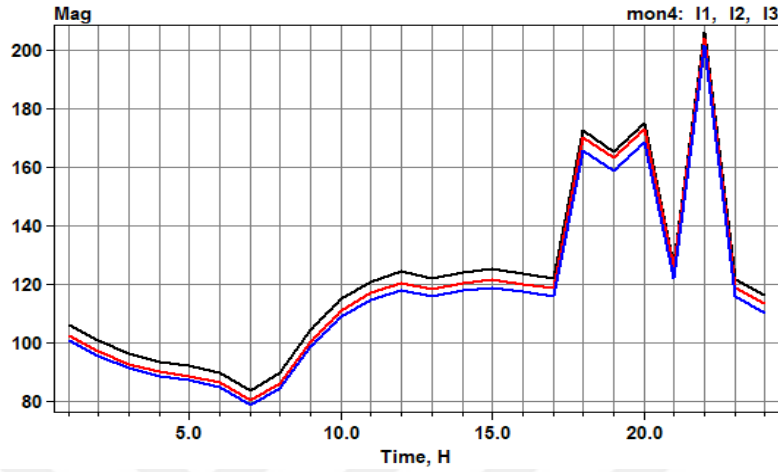
Trafon A kolunda, hat üzerinde enerji alan dört adet bina ve dört adet şarj istasyonu bulunmaktadır. Şekil 4.1'deki grafikte A kolunun en son noktasındaki gerilim grafiği görülmektedir. Saat 22h00'da en yüksek gerilim düşümü meydana geldiği ve gerilimin 210V'a düştüğü görülmektedir. Bu düşüş nominal gerilimin 220V olduğu şebekede %5'lik bir gerilime tekabül etmektedir. Bu düşüş enerji şebeke işletmesi tarafından normal sınırlar olarak belirlenen %10'luk gerilim düşümünün altında kalmıştır. Bu sebeple gerilim bakımından bir olumsuzluk gözlemlenmemektedir.



Şekil 4. 1 A kolundaki son baradan alınan gerilim ölçümleri.

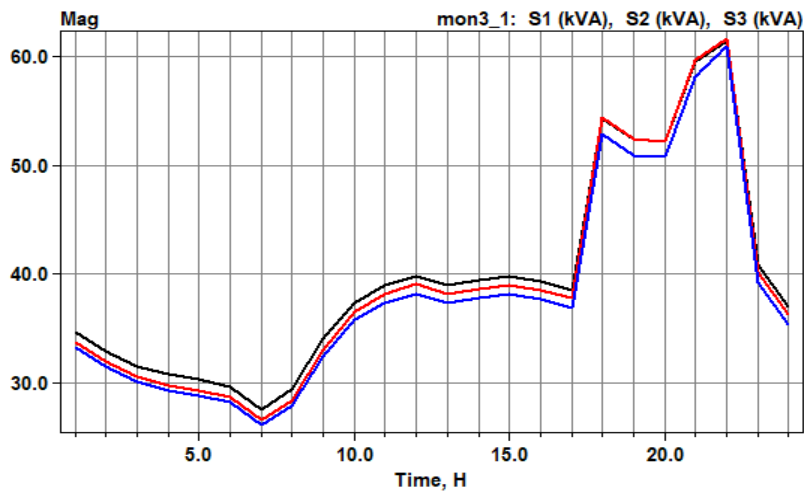
Akım yönünden bakılacak olursa, trafo üzerinde A kolu çıkış fiderinin anma akım değerleri Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Normal şartlar altında, binalar için akım puant saatinin 20h00'da olduğu gözükmemekte ve 18h00 ila 20h00 saat aralığında akım değerleri oldukça yükselmektedir. Şarj istasyonlarının da devreye girmesiyle birlikte puant değerler daha geç bir saat olan 22h00'a doğru kaymıştır. Burada, artan tüketim miktarı şebekeden çekilen akım değeriyle doğru orantılıdır. Trafonun A kolu üzerinde puant saatinde görülen maksimum akım değeri yaklaşık 210 A olarak ölçülmüştür. Öyle ki, şarj istasyonları

devrede olmadığı saatlerde en yüksek değer olarak yaklaşık 170 A akım çekilirken, üç adet şarj istasyonunun aynı saatte (22h00'da) devreye girmesi ile çekilen akım değeri 210 A' lere kadar çıkmıştır.



Şekil 4. 2 A kolu üzerindeki akım ölçümleri.

Şekil 4.3'de ise A koluna ait güç grafikleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere puant güç tüketimi 22h00'da gerçekleşmektedir. Saat 17h00'dan sonra hızla artan tüketim, 22h00'da tepe yapmakta ve bu saatten sonrasında ise güç tüketimi hızla düşmektedir. Buradan da net bir şekilde anlaşılacağı üzere araç şarj istasyonlarının çalışma saatleri birkaç saat ötelenabilirse şebeke üzerinde dengeli bir dağılım yapılması mümkün olabilmektedir.

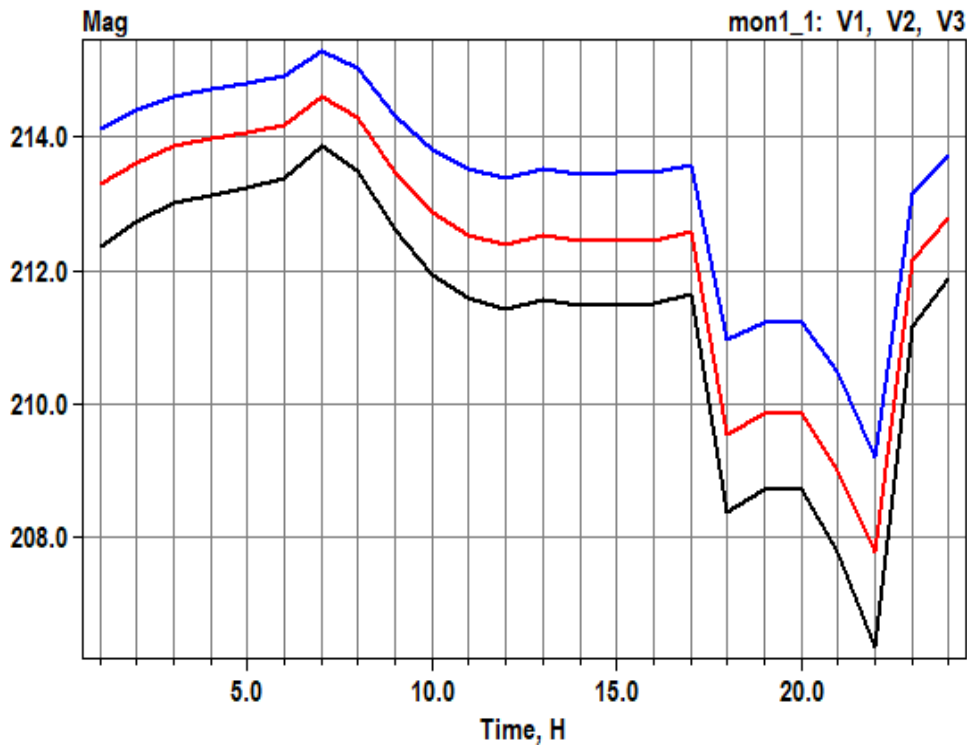


Şekil 4. 3 A kolu çıkış barasındaki güç ölçümleri.

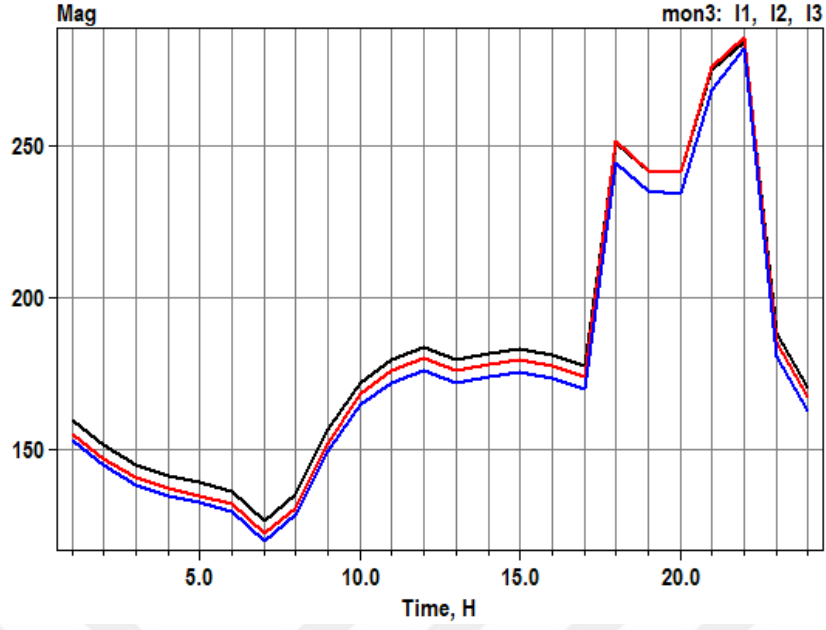
Toplamda 12 adet yükün bağlı olduğu B fideri üzerindeki gerilim düşümü noktaları incelenmiştir. Şekil 4.4’de son baradan alınan gerilim değerleri, ki en kötü duruma sahip olan bara bu baradır, gözükmemektedir. İlk bara ile son bara arasındaki gerilim düşümü 8 V’tur. Burada oluşan bu gerilim düşümü puant saatinde (22h00’da) gerçekleşmektedir.

Bir başka deyişle, puant saat aralığında şebekeden çekilen akım değerlerindeki artış, faz-nötr arasındaki gerilimde dalgalanma meydana getirmektedir. Elektrikli araç şarj istasyonu kullanımından kaynaklanan bu dalgalanma üç faz cihazların şebekeden yüksek akım çekmesi sonucunda oluşmaktadır.

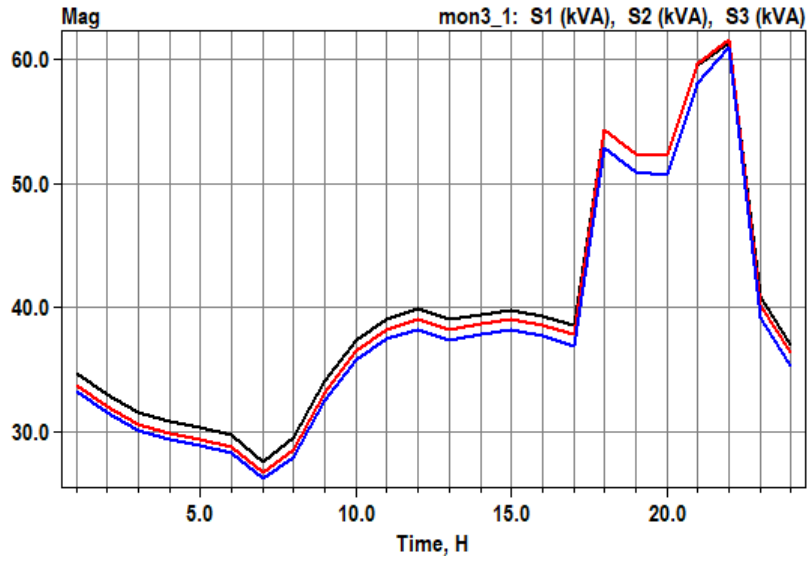
Şekil 4.5’deki akım grafiğinden anlaşılabacağı üzere fider üzerinde meydana gelen anma akım değerleri değişkenlik göstermekle beraber, altı adet şarj istasyonunun aynı anda devreye girmesi ile birlikte (22h00’da) 270 A şebekeden akım çekildiği görülmüştür. Şekil 4.6’da ise güç grafikleri verilmiştir. Buradaki durum A kolundaki durum ile paralellik göstermektedir. En büyük güç tüketimi puant saatinde (22h00) gerçekleşmektedir.



Şekil 4. 4 B kolunda son baradan alınan gerilim ölçümleri.



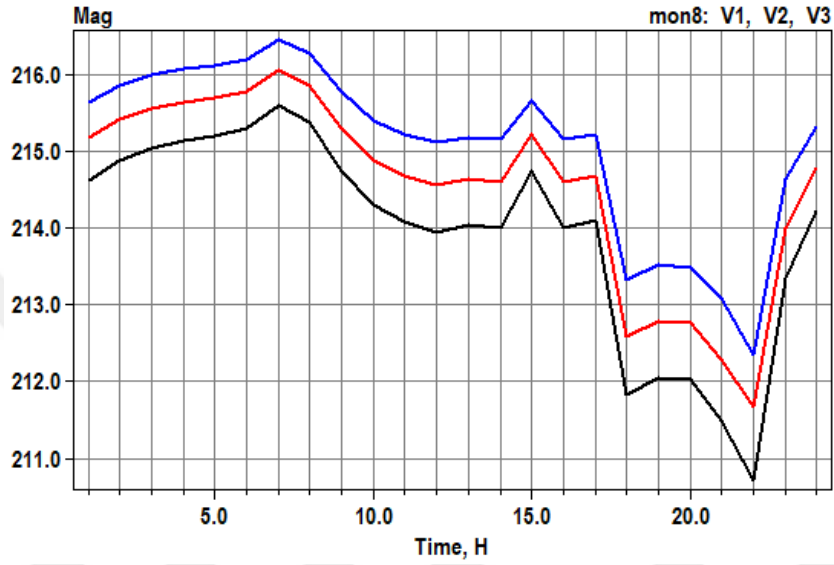
Şekil 4. 5 B Kolu üzerindeki akım ölçümleri.



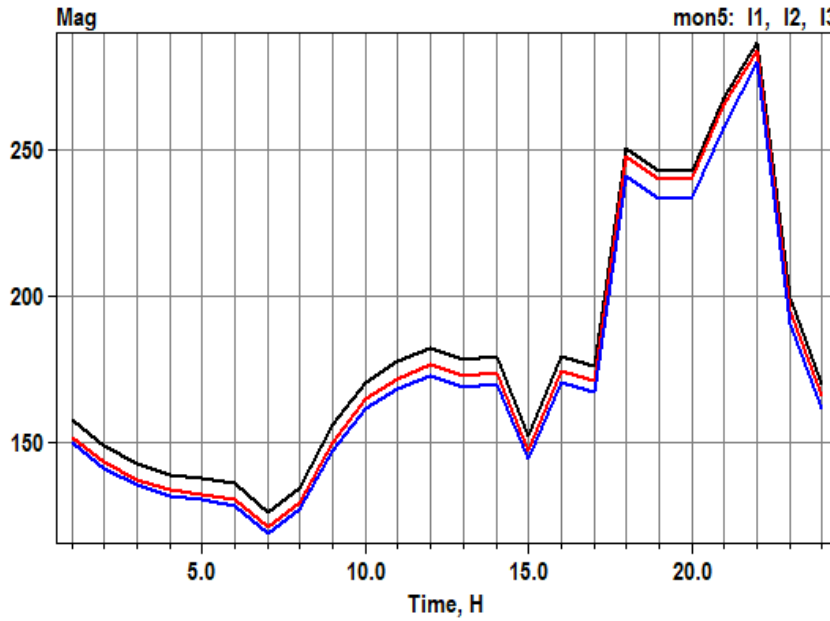
Şekil 4. 6 B kolu üzerindeki güç ölçümleri.

Trafonun C kolundaki gerilim değerleri Şekil 4.7’de gösterilmiştir. C kolu üzerine bağlı 12 adet yük bulunmaktadır ve bu yükler 6 adet şarj istasyonu ve 6 adet bina olacak şekildedir. Şekil 4.7’deki grafikte gerilimde meydana gelen değişim gözlemlenmektedir. Puant saatlerde gerilimin 211 V’a kadar düştüğü görülmüştür. Şekil 4.8’de ise bu kola ait akım grafiği verilmiştir ve akım 270 A’e ulaşmıştır. İlgili akım ve gerilime ait güç

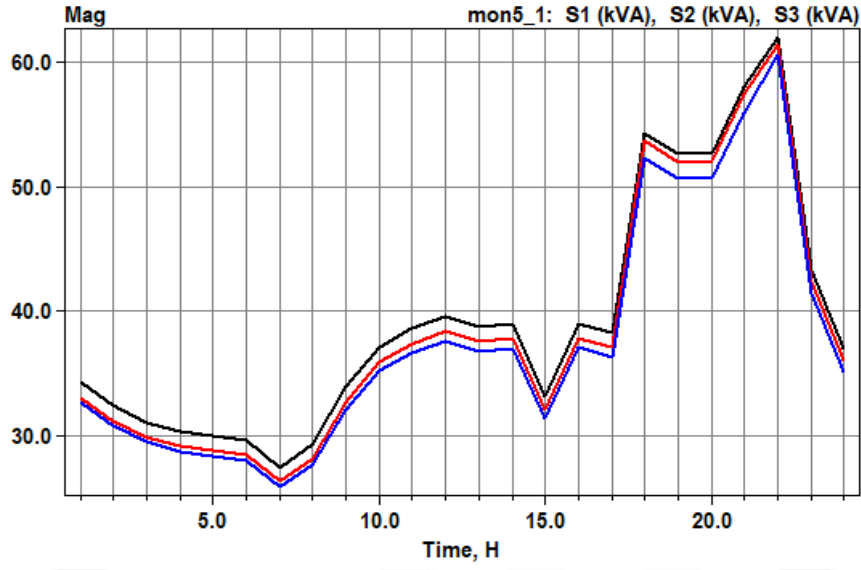
değerleri ise Şekil 4.9’da görülmektedir. Artan şarj istasyonu sayısına göre şebeke üzerindeki yoğunluk artış göstermiştir. Şebekeden çekilen akım miktarı ile birlikte ani yüklenmelerden dolayı hat sonunda gerilim düşümü meydana gelmektedir. Bu durum elektrikli cihazlarda gerilim dalgalanması oluşturacağından şebekede arıza durumları meydana getirebilmektedir.



Şekil 4. 7 C kolundaki en son baradan alınan gerilim ölçümleri.

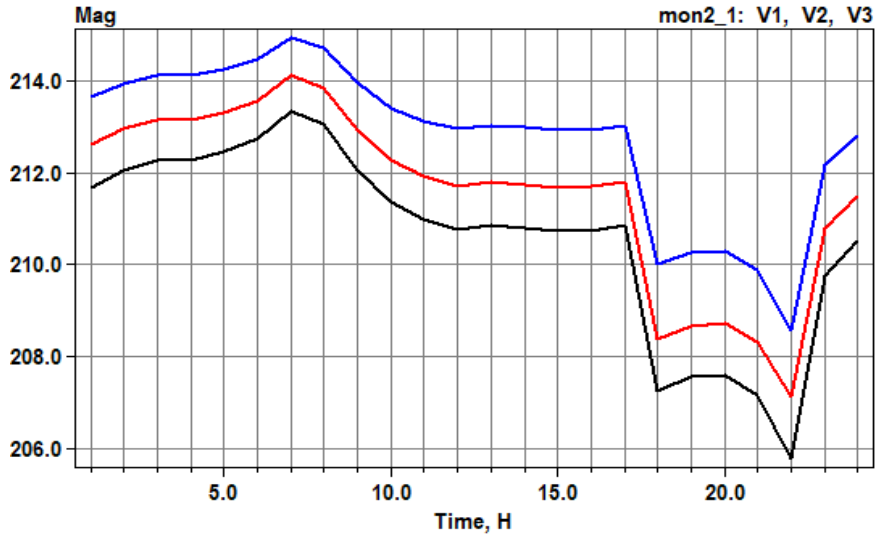


Şekil 4. 8 C kolu üzerindeki akım ölçümleri.



Şekil 4. 9 C kolu güç ölçümleri.

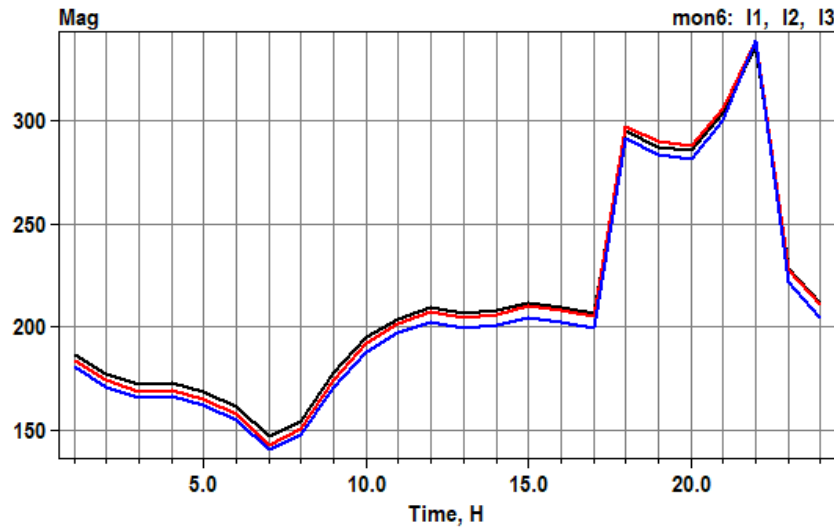
Trafonun D kolundaki gerilim değerleri incelenmiştir. Fider üzerinde toplamda 8 adet şarj istasyonu ve 8 adet bina bulunmaktadır. Baranın son enerji alışından ölçülen voltaj değerleri Şekil 4.10'daki gibi olup, belirli saat aralıklarında voltajda dalgalanmalar meydana gelmiştir.



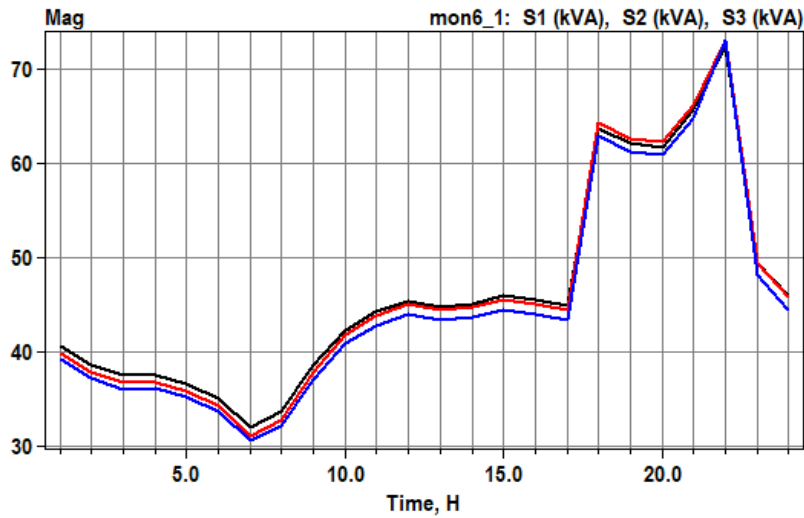
Şekil 4. 10 D kolundaki son baradan alınan gerilim ölçümleri.

Şebekenin en uzun ve en fazla yük yoğunluğuna sahip D kolunda meydana gelen gerilim düşümü diğer kollara göre en fazladır. En son barada görülen gerilim değeri 206 V'a kadar

düşmüştür. Kol üzerinde görülen akım değerleri Şekil 4.11'deki grafikte verilmiştir. Şebekeden çekilen en fazla akım miktarı puant saatlerinde 330 A olarak görülmüştür. Öyle ki, şarj istasyonları devrede olmadığı saatlerde en yüksek 200 A akım çekilirken, sekiz adet şarj istasyonunun aynı saatte (22h00'da) devreye girmesi ile çekilen akım değeri 330 A' lere çıkmıştır. Puant saatte oluşan yük yoğunluğundan dolayı son baradaki gerilim değeri elektrikli cihazların çalışması için uygun aralıkta değildir. 22h00' da trafonun d kolundan çekilen akım miktarı iletkenin maksimum akım taşıma kapasitesinden fazladır. Çekilen bu akım değerlerine göre ilgili güç grafiği Şekil 4.12'de verilmiştir.

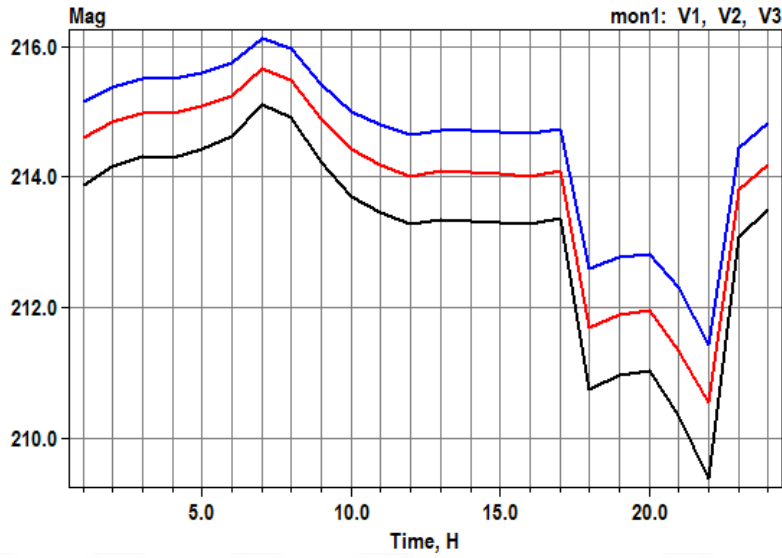


Şekil 4. 11 D kolu üzerindeki akım ölçümleri.

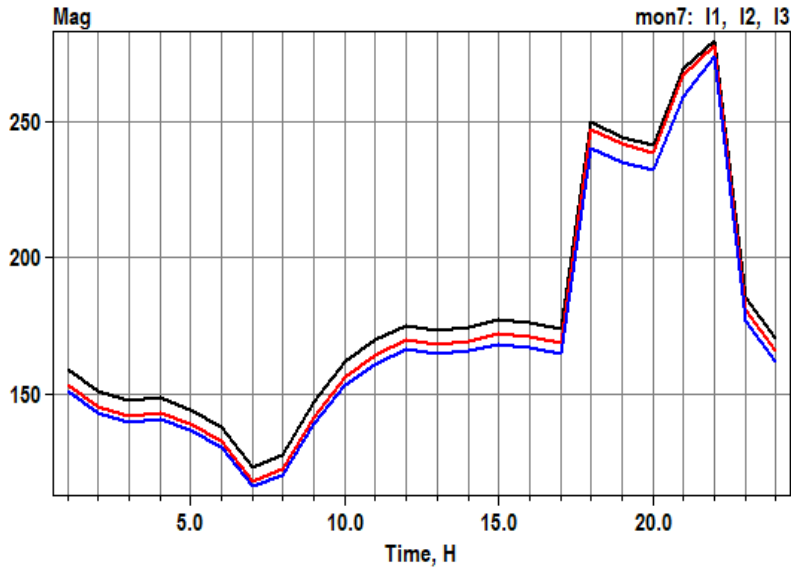


Şekil 4. 12 D kolu üzerindeki güç ölçümleri.

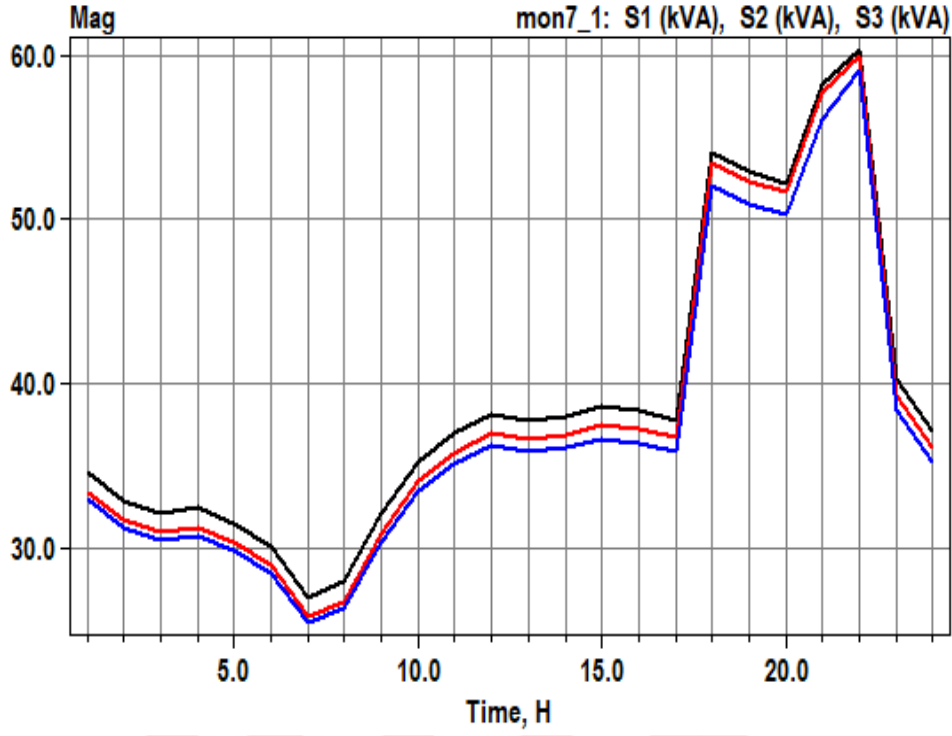
Trafonun E fideri üzerindeki gerilim değerleri araştırılmıştır. Fider üzerindeki 6 adet şarj istasyonu ve 6 adet bina için gerilim ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde voltaj dalgalanması olduğu puant saatlerinde gerilim düşüklüğü yaşandığı gözlemlenmiştir (bkz Şekil 4.13). E kolu üzerinden alınan akım değerleri şekil 4.14’de verilmiştir ve akım değeri 270 A olarak görülmüştür. İlgili akım ve gerilim grafiğinin güç değerleri Şekil 4.15’de görülmektedir.



Şekil 4. 13 E kolu üzerindeki son baradan alınan gerilim ölçümleri.



Şekil 4. 14 E kolu akım ölçümleri.



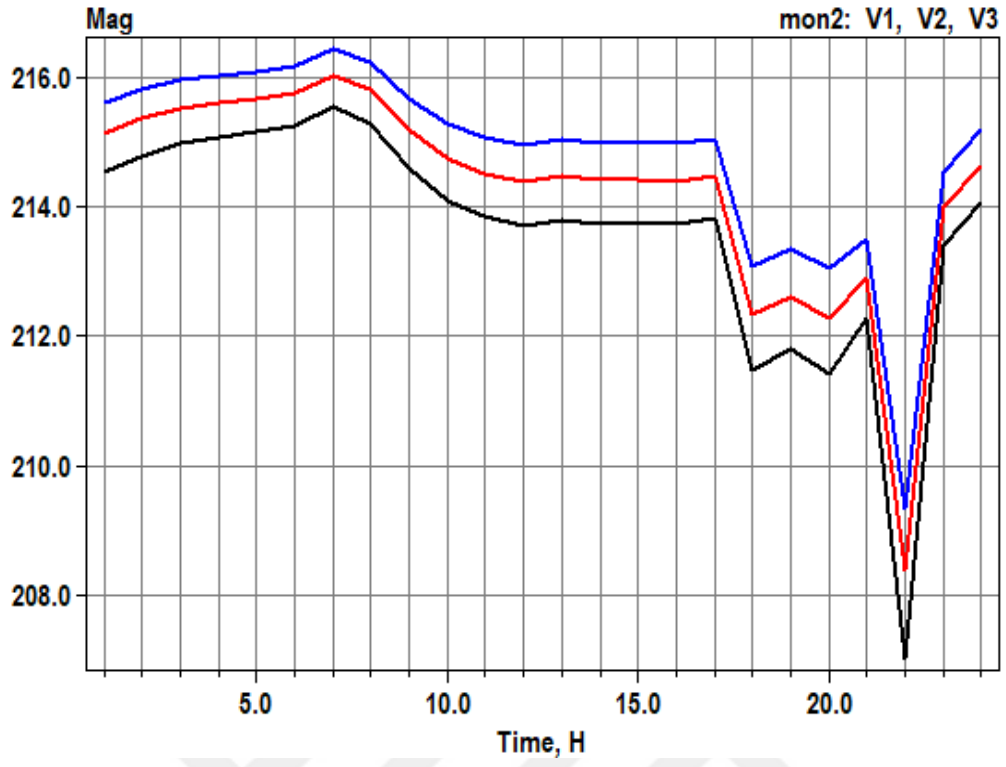
Şekil 4. 15 E kolu güç ölçümleri.

4.2 %30 Araç Yoğunluğu Durumu

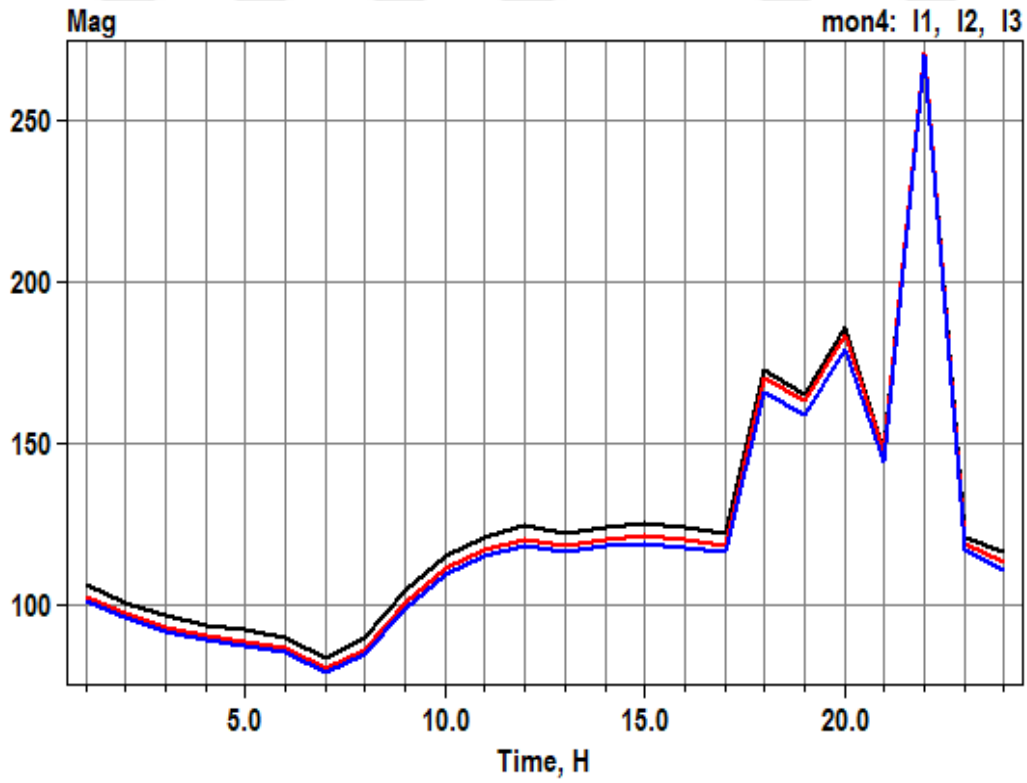
Şebeke üzerindeki elektrikli araç şarj istasyonu sayısı 90' çıkartılmıştır. Trafo çıkışlarında meydana gelen akım, gerilim ve güç değerleri artan şarj istasyonu sayısına göre değerlendirilmiştir. Hat kapasitelerine ve trafonun güç durumuna göre şebeke yoğunluğu incelenmiştir.

Trafonun A kolunda mevcut bina sayısı aynı kalırken elektrikli şarj istasyonu sayısı 13 olarak değişmiştir. Artan yük durumuna göre şebeke analizi yapılmıştır. Şekil 4.16'daki grafikte trafonun A kolunda en son baradan alınan gerilim değerleri gözükmemektedir.

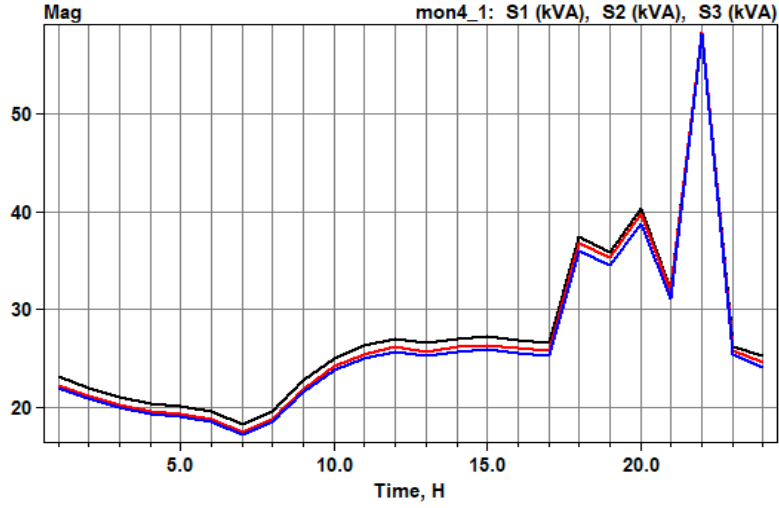
Bir önceki şarj istasyonu sayısına göre puant saat aralığında gerilim seviyesi 208 V'a kadar düşmüştür. Trafo A kolu çıkış barası üzerinde ölçülen değerler Şekil 4.17'deki grafikte gözükmemektedir. Artan şarj istasyonu sayısına göre puant saat değer aralığında 280 A akım seviyesine ulaşılmıştır. İlgili akım değerlerine göre çıkan güç grafikleri Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4. 16 A kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

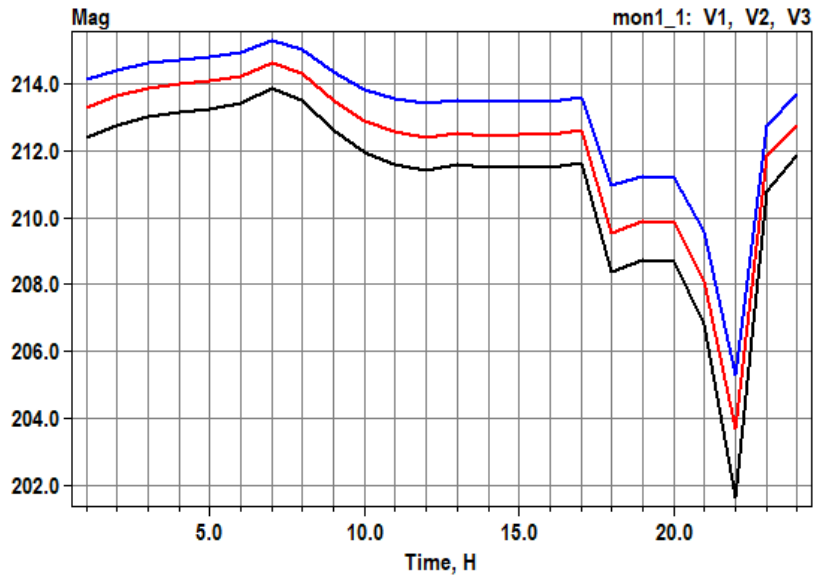


Şekil 4. 17 A kolu akım ölçümleri.

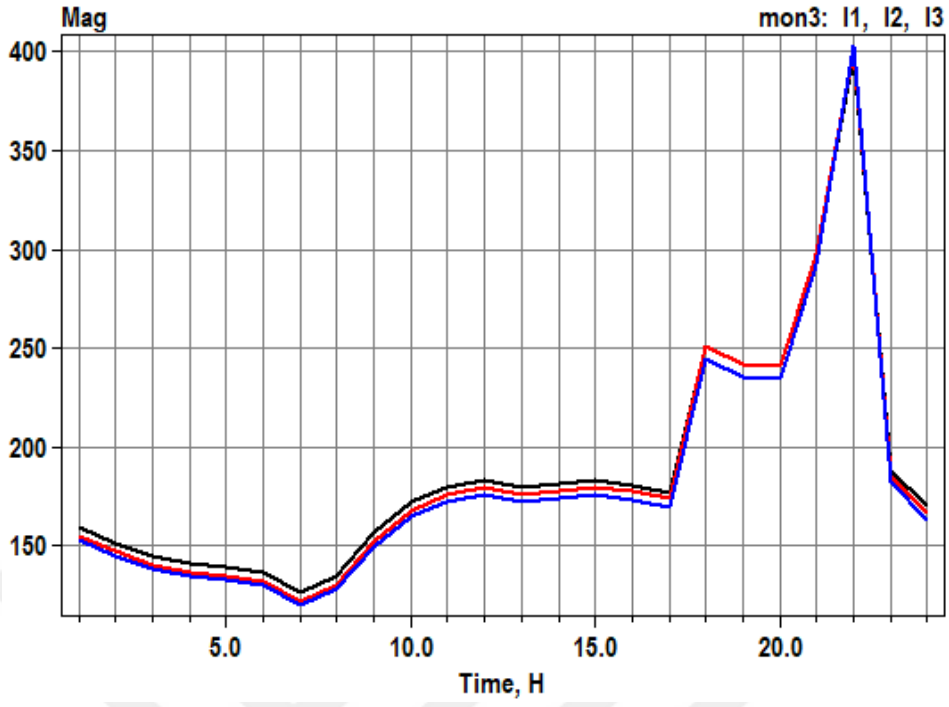


Şekil 4. 18 A kolu güç ölçümleri.

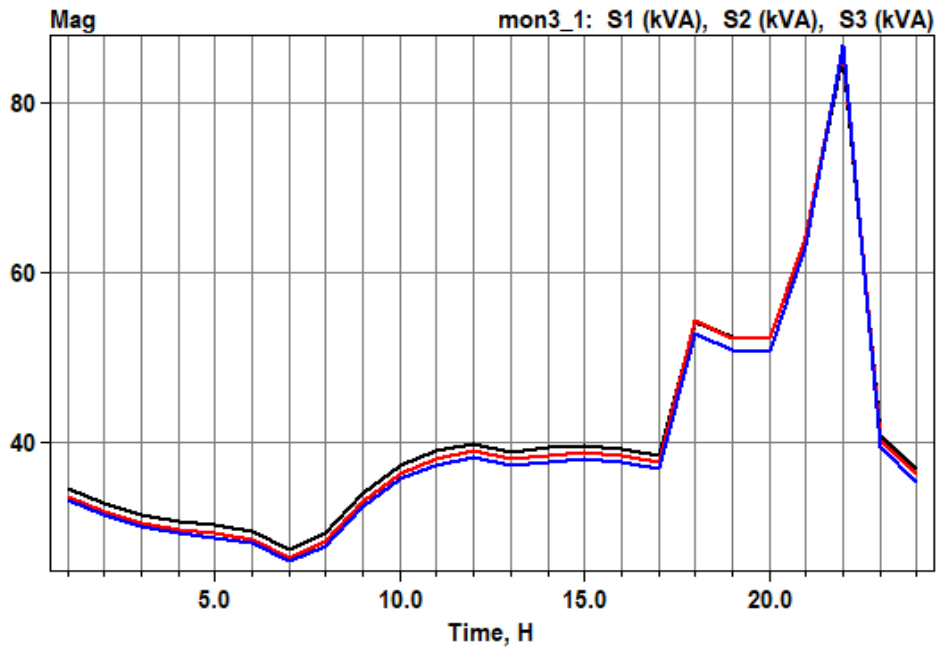
B fideri üzerindeki binaların sayısı aynı kalırken şarj istasyonu sayısı 19'a yükselmiştir. Artan şarj istasyonu sayısına göre B kolundaki şebeke gerilimleri Şekil 4.19'daki grafikte gözükmemektedir. Akım grafiklerine bakıldığında maksimum akım 400 A'dir (bkz Şekil 4.20). B kolunda bulunan iletkenlerin maksimum akım taşıma kapasitesi 300 A'dir. Gerilim seviyesi artan şarj istasyonu sayısından dolayı 202 V'lara kadar gerilemiştir. Meydana gelen gerilim düşümünden dolayı son baralardaki elektrikli aletlerin çalışma aralığı aşılmıştır. İlgili güç grafikleri Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4. 19 B kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.



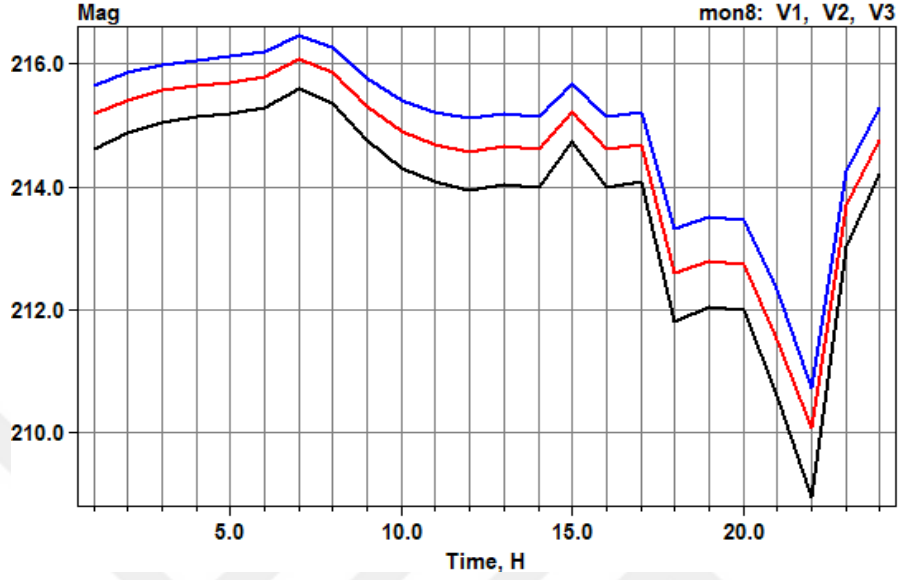
Şekil 4. 20 B kolum akım ölçümleri.



Şekil 4. 21 B kolu güç ölçümleri.

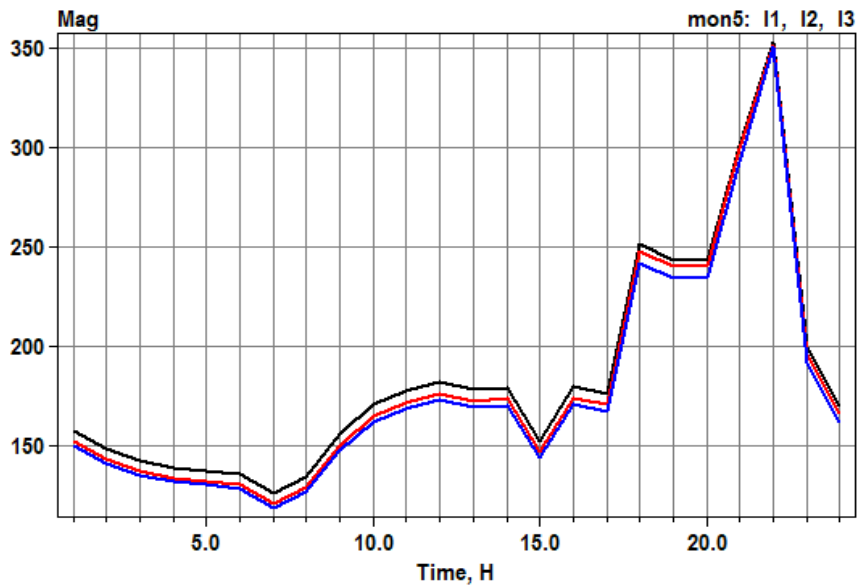
C kolundaki son baradan alınan gerilim değerleri Şekil 4.22’deki gibidir. C kolu üzerinde ki şarj istasyonu sayısı 15’e yükselmiştir. Toplam yük sayısı 21 olarak güncellenmiştir.

Puant saatlerde gerilim de meydana gelen düşüşün sebebi artan şarj istasyonu sayısı ve aynı saatte devreye giren birden fazla elektrikli araç şarj ünitesidir.

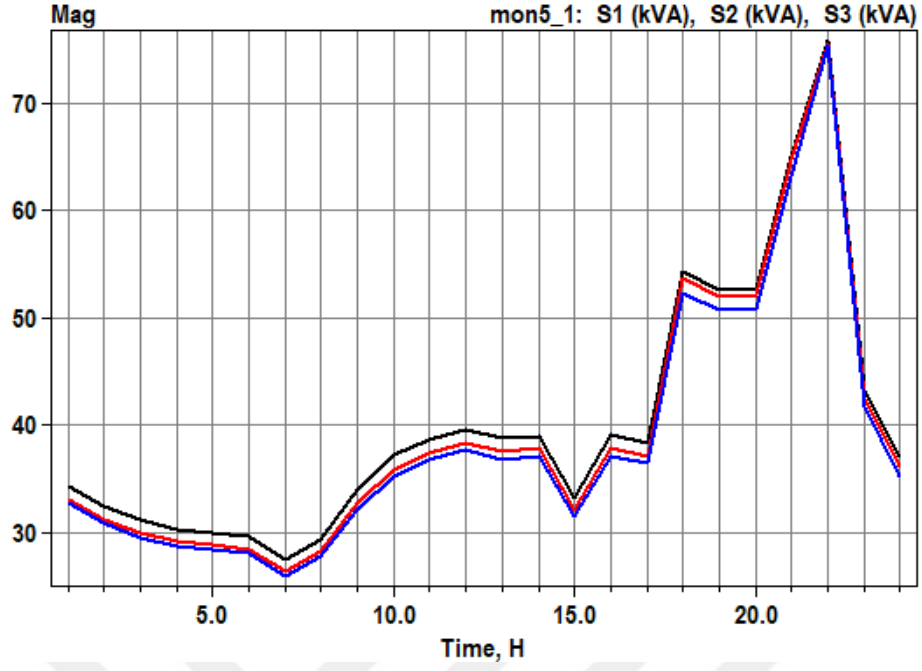


Şekil 4. 22 C kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

Artan şarj istasyonu sayısı ile birlikte C kolundan çekilen akım miktarı 350 A'e ulaşmıştır (bkz Şekil 4.23). Şebeke üzerindeki yoğunluk artışı puant saatte çekilen akım miktarını 100 A kadar arttırmıştır. Kol üzerinden alınan güç değerleri Şekil 4.24'de verilmiştir.

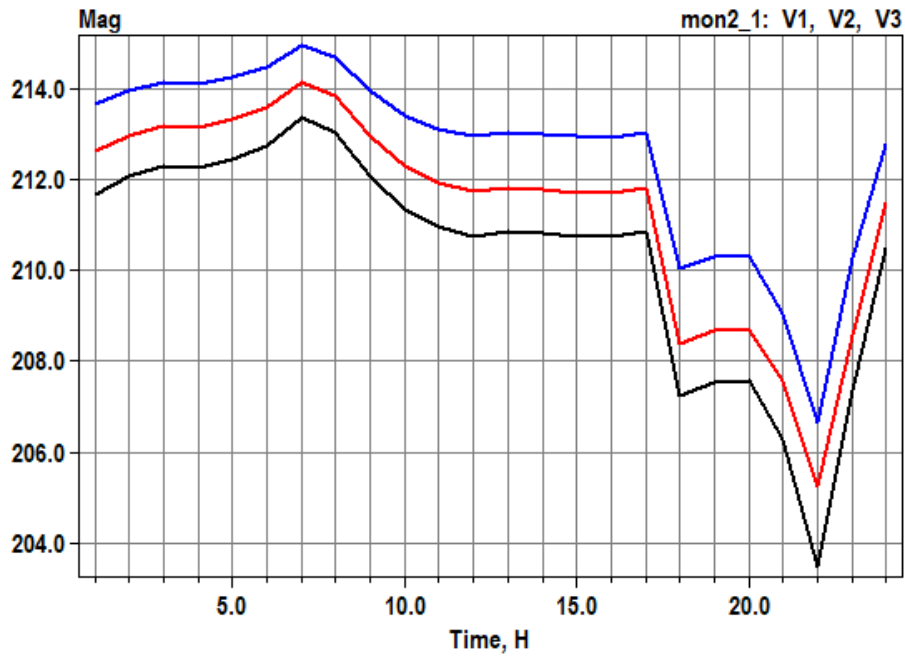


Şekil 4. 23 C kolu akım ölçümleri.



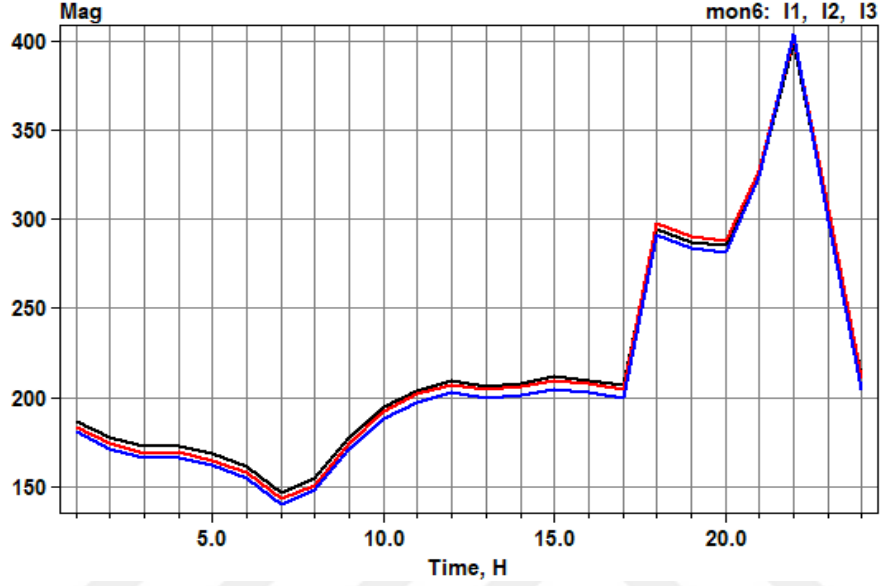
Şekil 4. 24 C kolu üzerindeki güç ölçümleri.

Trafonun D kolundaki gerilim değerleri incelenmiştir. Fider üzerinde toplamda 23 adet şarj istasyonu ve 8 adet bina bulunmaktadır. Son baradan alınan gerilim değerleri puant değer aralığında 204 V'un altına düşmüştür (bkz Şekil 4.25).

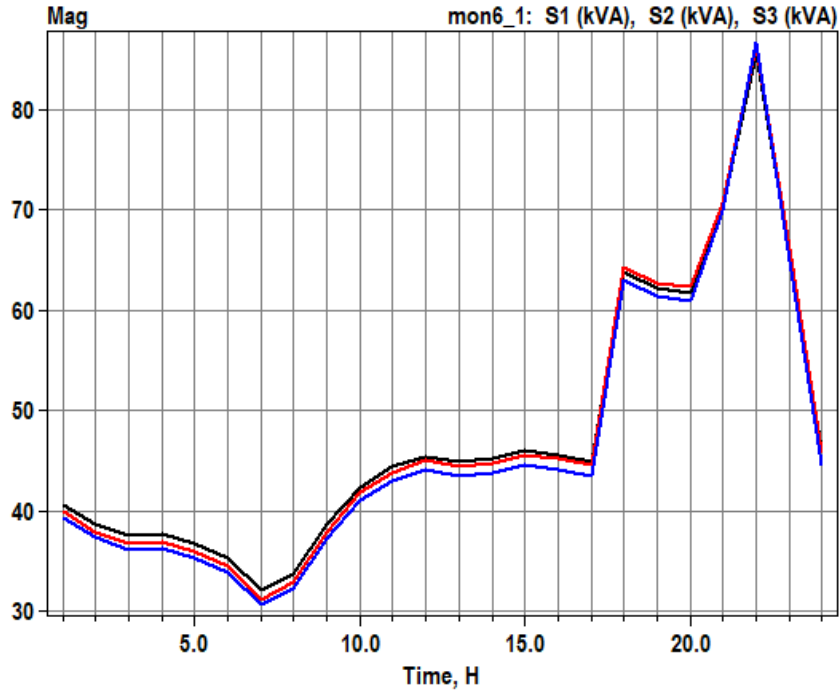


Şekil 4. 25 D kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

Şekil 4.26'daki grafikte en uzun kol olan D kolunun çıkış barasındaki akım grafikleri gözükmemektedir. İlgili koldan alınan güç değerleri Şekil 4.27'de verilmiştir. %30 araç şarj istasyonu yoğunluğunda en uzun kolda puant saatlerde meydana gelen gerilim düşümü ve yüksek akım değerleri dağıtım şebekesinin yetersiz olduğunu göstermiştir.

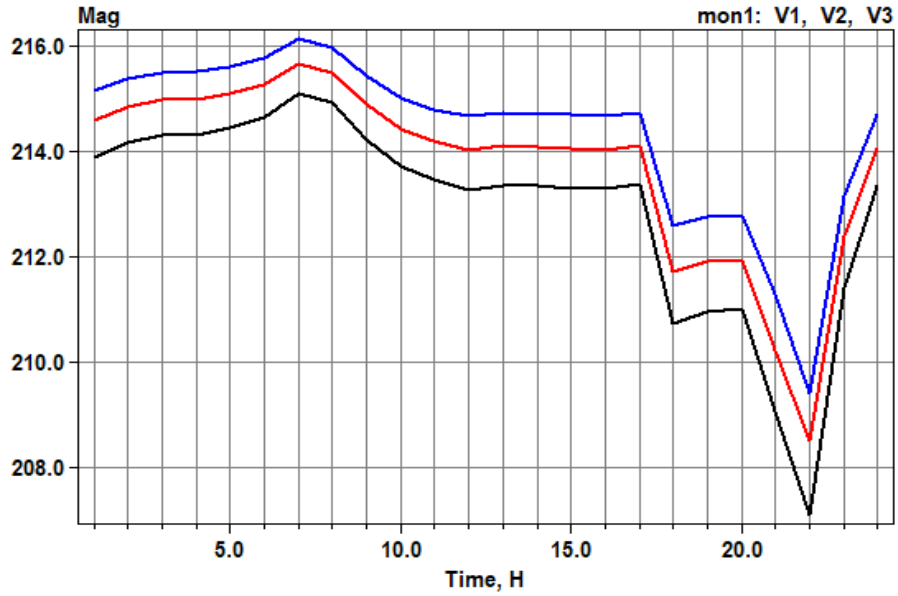


Şekil 4. 26 D kolu akım ölçümleri.

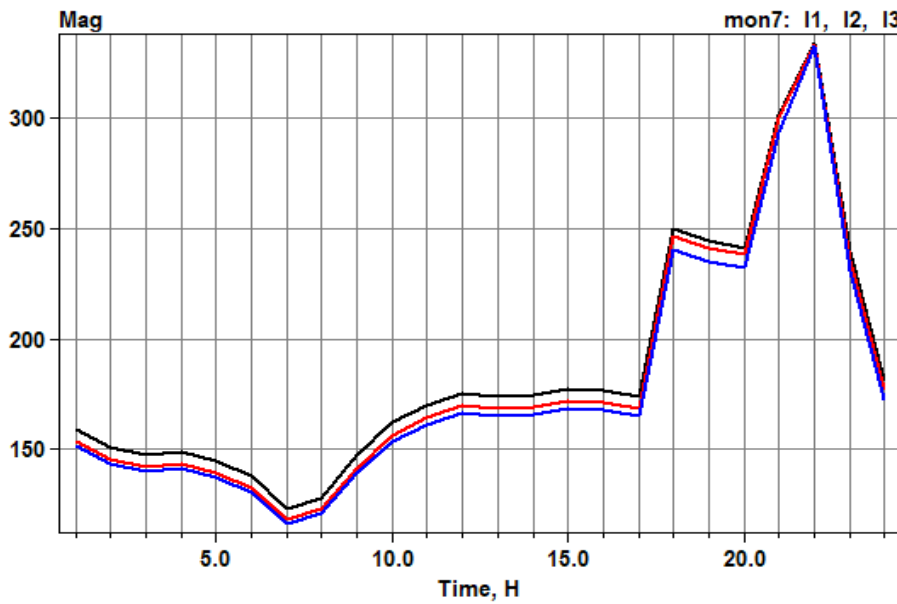


Şekil 4. 27 D kolu güç ölçümleri.

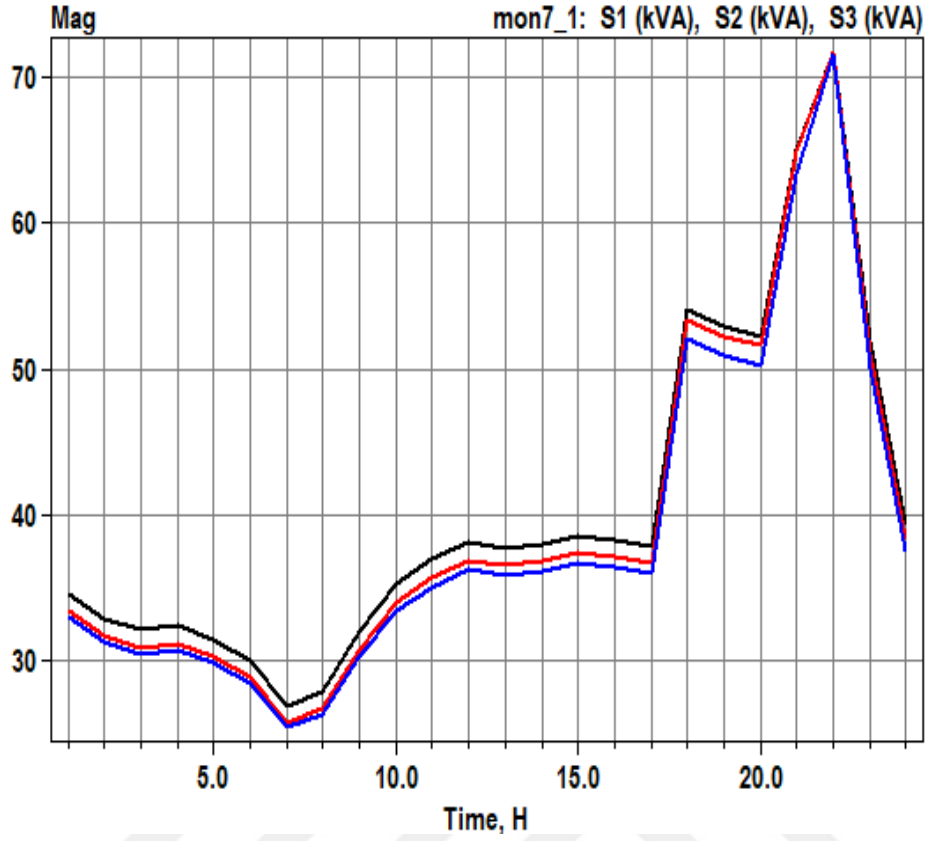
Trafonun E fiderinin son barasındaki gerilim değerleri Şekil 4.28'deki grafikte verilmiştir. Fider üzerinde 6 adet bina yükü sabit kalıp şarj istasyonu sayısı 20'ye çıkarılmıştır. Puant saat değerinde şebeke üzerinde gerilim düşümü olduğu görülmektedir. E kolunda çıkış barasından çekilen akım grafiği Şekil 4.29'da verilmiştir. Şekil 4.30'da ise güç grafikleri verilmiştir.



Şekil 4. 28 E kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.



Şekil 4. 29 E kolu akım ölçümleri.



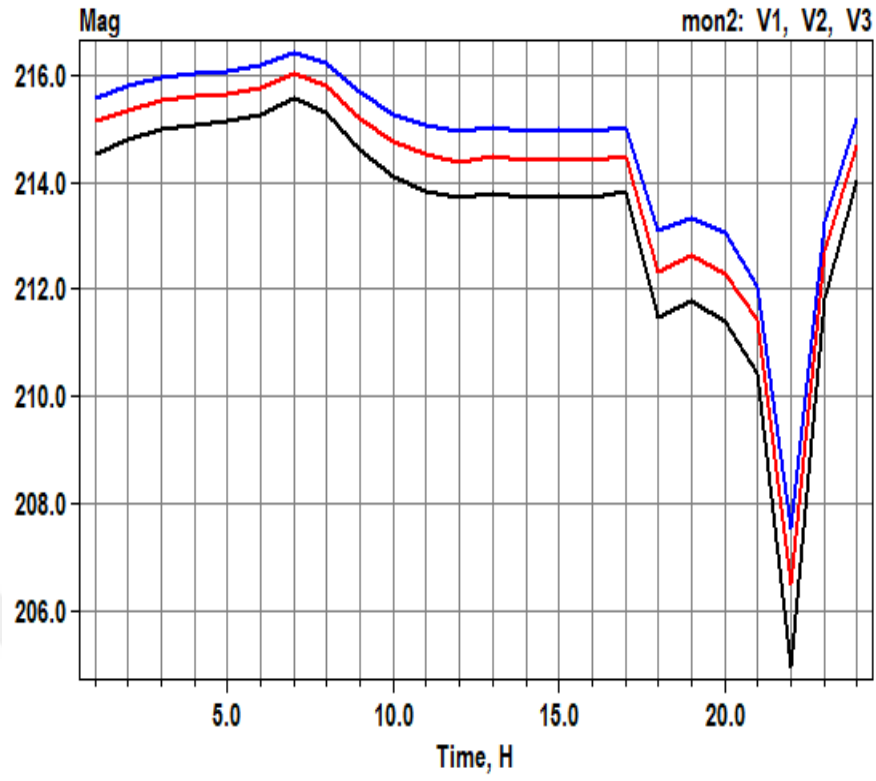
Şekil 4. 30 E kolu üzerindeki güç ölçümleri.

4.3 %50 Araç Yoğunluğu Durumu

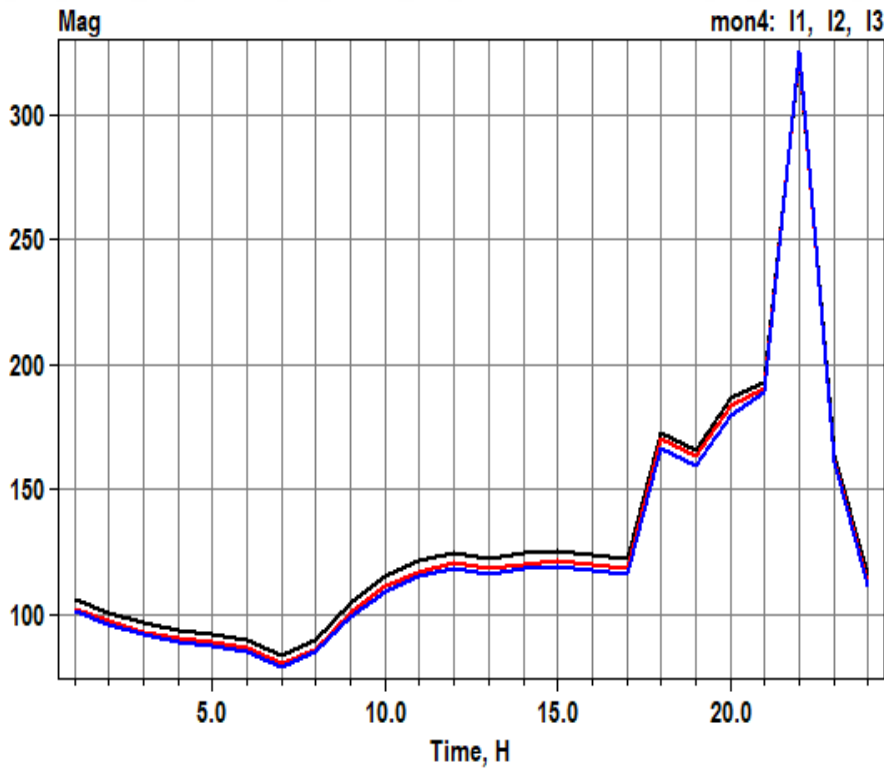
Dağıtım şebekesi üzerindeki araç şarj istasyonu sayısı 150'ye çıkarılmıştır. A Fider bazlı akım, gerilim ve güç grafikleri simülasyon üzerinden çıkarılıp yorumlanmıştır. Artan elektrikli araç şarj istasyonu sayısına göre gerilim değerleri son baradan alınıp Şekil 4.31'de verilmiştir.

Puant saat aralığında A kolunda gerilim düşümü olduğu görülmektedir. Artan yük sayısı şebeke üzerinde özellikle son baralarda gerilim düşümüne sebep olmaktadır. A kolu üzerindeki 28 adet şarj istasyonunun şebekeden çektiği akımlar Şekil 4.32'deki gibidir.

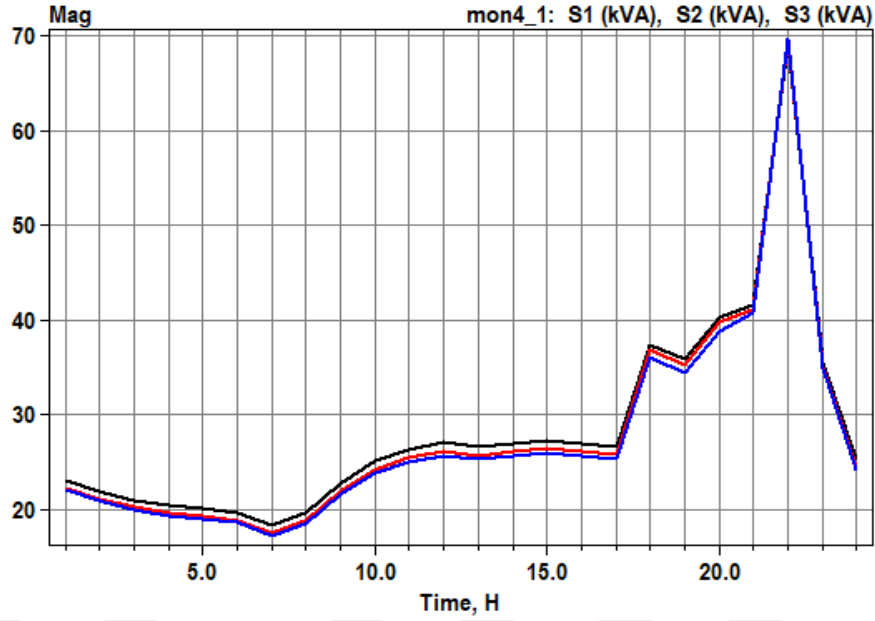
Puant saatlerinde çekilen ani akım değeri çok yüksek seviyelere çıkmıştır. Maksimum 330 A akım şebeke üzerinden şarj istasyonları tarafından çekilmiştir. Şekil 4.33'de ise kol üzerinden alınan güç grafikleri verilmiştir.



Şekil 4. 31 A kolu gerilim ölçümleri.

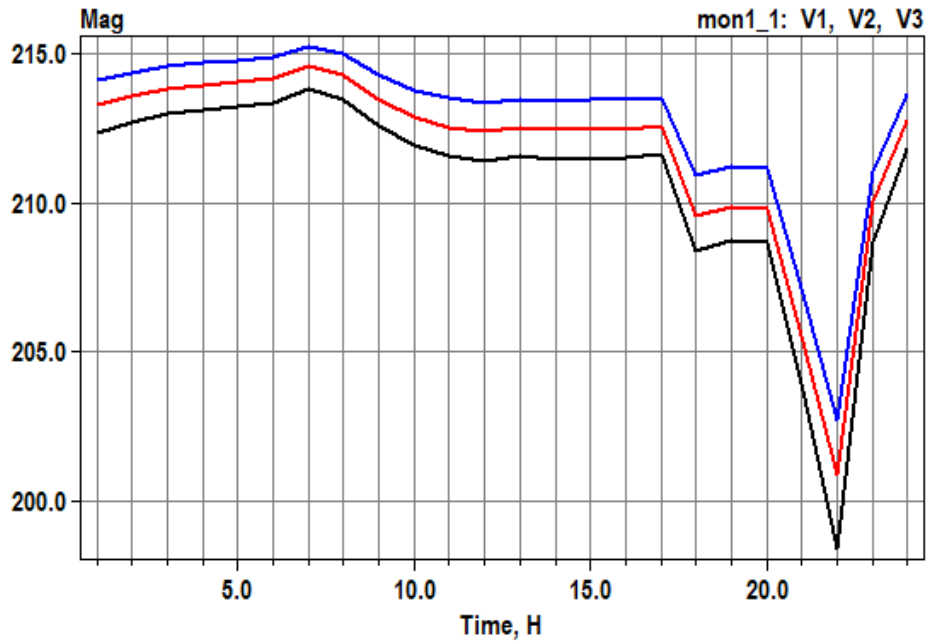


Şekil 4. 32 A kolu akım ölçümleri.



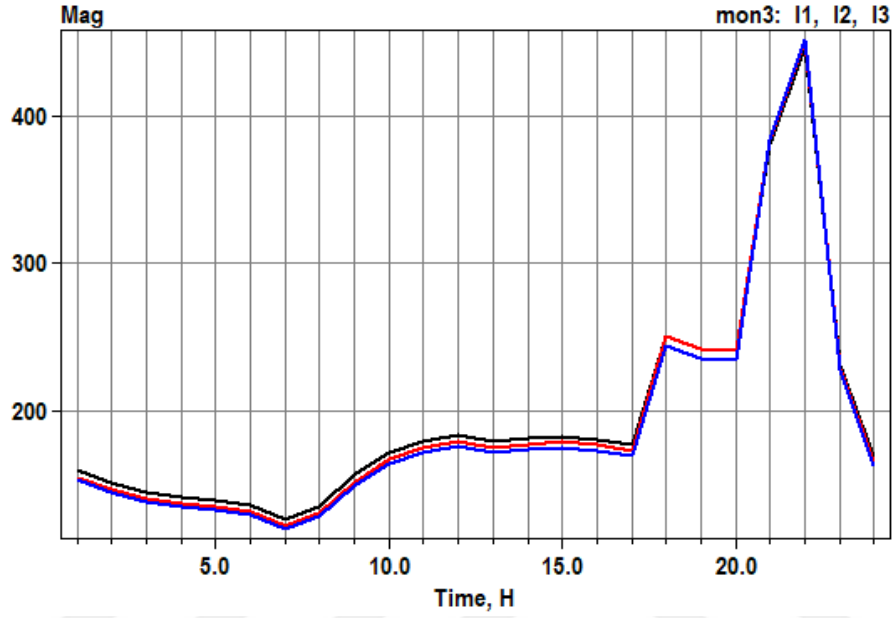
Şekil 4. 33 A kolu güç ölçümleri.

Trafonun B kolu üzerindeki şarj istasyonu sayısı 36'ya yükseltilmiştir. Trafo üzerindeki bina sayısı sabit kalmıştır. 36 adet şarj istasyonun B kolu üzerindeki gerilim düşümü etkisi akım ve güç değerleri incelenmiştir. Şebeke üzerindeki puant saat yük halinde son baradan alınan gerilim değerleri 200 V'a kadar düştüğü gözükmemektedir (bkz Şekil 4.34).

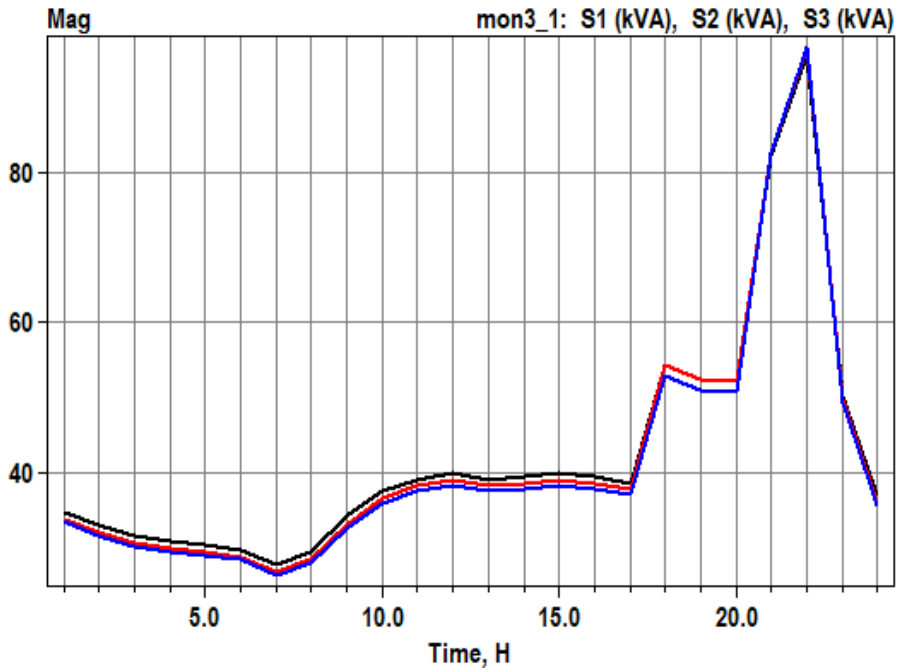


Şekil 4. 34 B kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

B kolu üzerinde çıkış barasından alınan akım değerleri Şekil 4.35'deki grafikte verilmiştir. Artan şarj istasyonu sayısı ile birlikte şebekeden çekilen ani akım değerleri 450 A'leri görmüştür. B kolu için %50 araç şarj istasyonu yoğunluğunda hat kapasitesinin üçte ikisi doldurulmuştur. Şebekeye ait güç grafikleri Şekil 4.36'de verilmiştir.

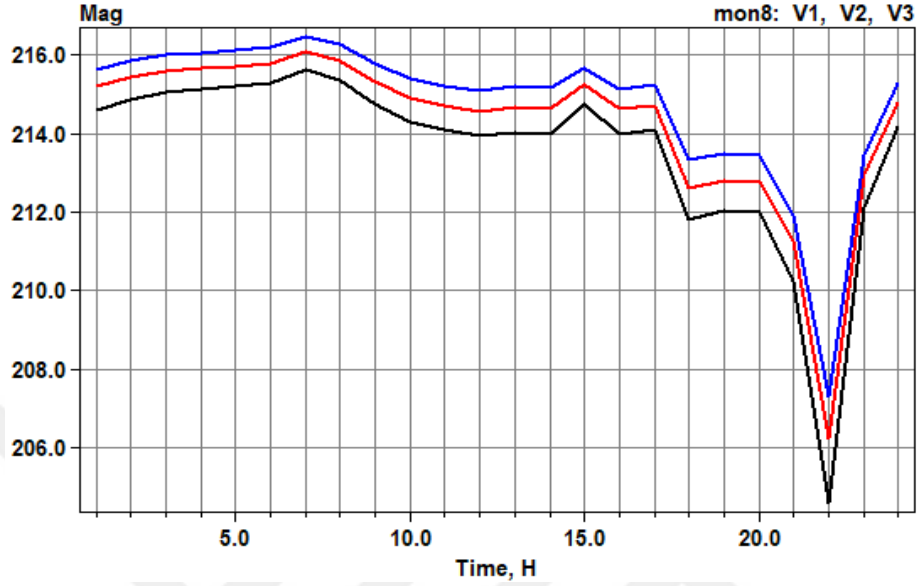


Şekil 4. 35 B kolu akım ölçümleri.



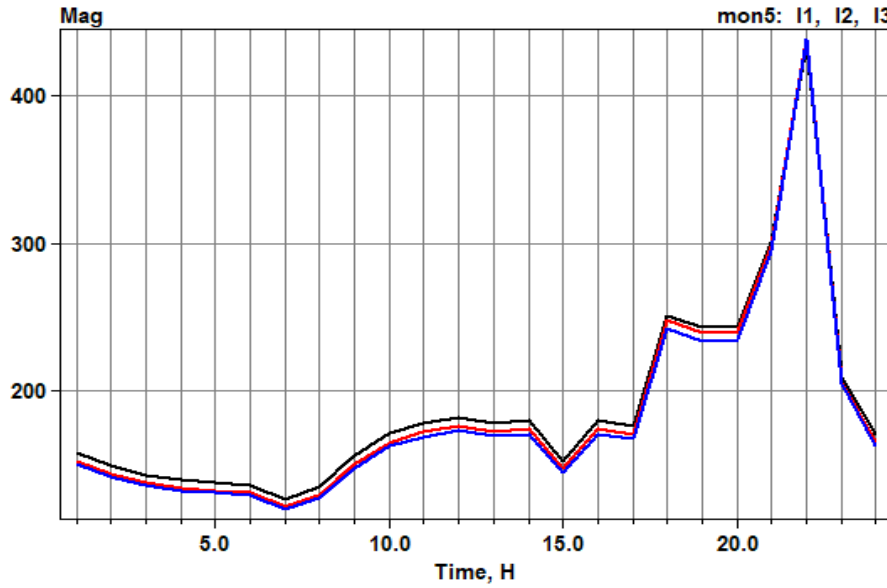
Şekil 4. 36 B kolu güç ölçümleri.

C kolu üzerindeki şarj istasyonu sayısı 24'e yükselmiştir. C kolu için son enerji alış noktasından alınan gerilim değerleri Şekil 4.37'deki grafikte gözükmektedir.

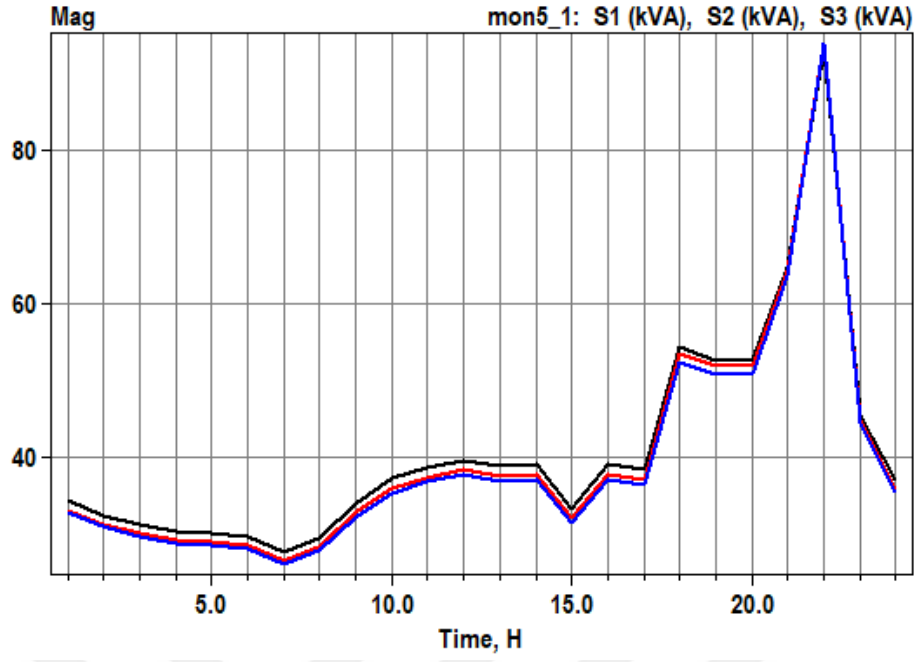


Şekil 4. 37 C kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

C kolunda toplamda 30 adet yük için çıkış barasındaki akım değerleri Şekil 4.38'deki grafikte görülmektedir. Şekil 4.39'da ise fider üzerindeki güç grafikleri verilmiştir.

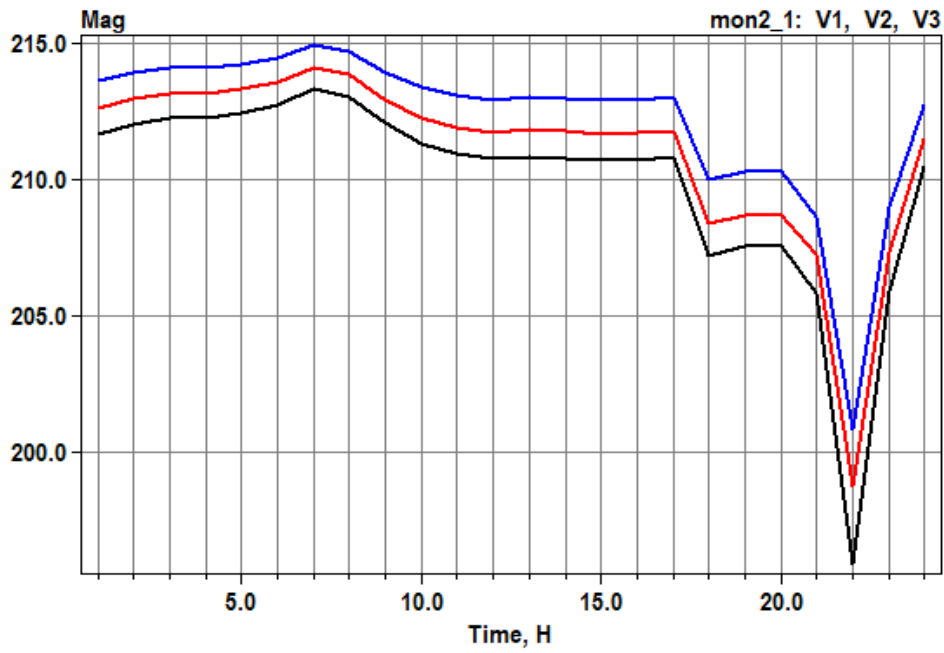


Şekil 4. 38 C kolu akım ölçümleri.



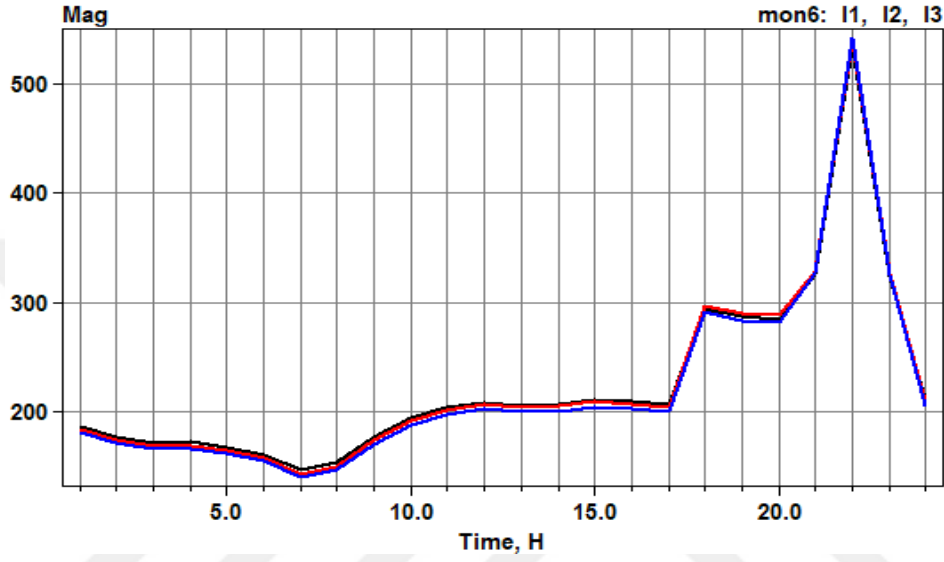
Şekil 4. 39 C kolu üzerindeki güç ölçümleri.

Trafonun D kolundaki son baradan alınan gerilim değerleri incelenmiştir. Fider üzerinde toplamda 40 adet şarj istasyonu ve 8 adet bina bulunmaktadır. Son baradan alınan gerilim değerleri puant değer aralığında 200 V'un altına düşmüştür (bkz Şekil 4.40).

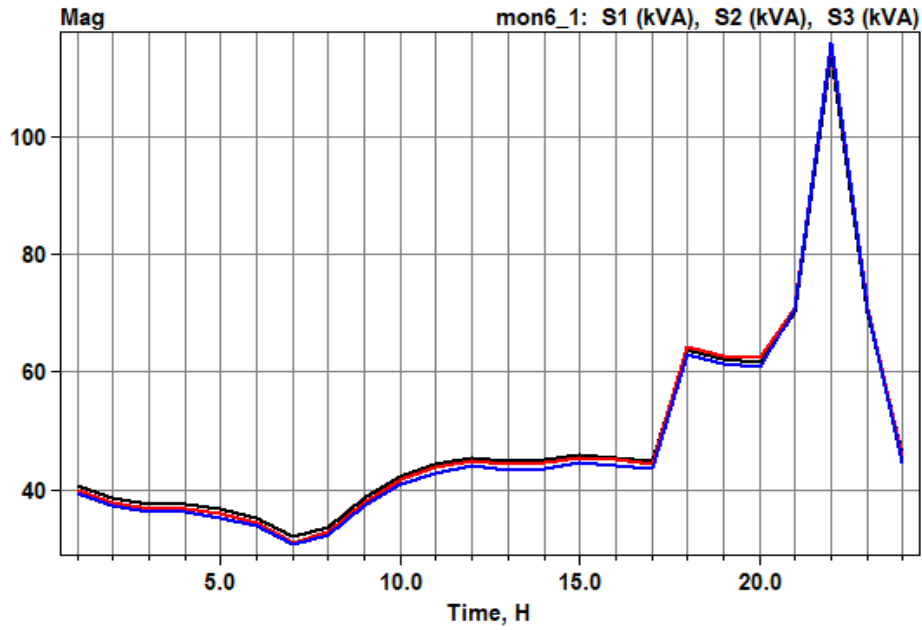


Şekil 4. 40 D kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

Şekil 4.41 deki grafikte en yoğun yüke sahip olan D kolu üzerindeki çıkış barasından alınan akım değerleri gözükmemektedir. Puant saat aralığında şebekeden çekilen akım miktarı 500 A'ın üstüne çıkmıştır. Hat kapasite anlamında şarj istasyonlarının devrede olduğu saatlerde %100 oranında bir doluluk göstermektedir. Şekil 4.42'de ise güç grafikleri verilmiştir.

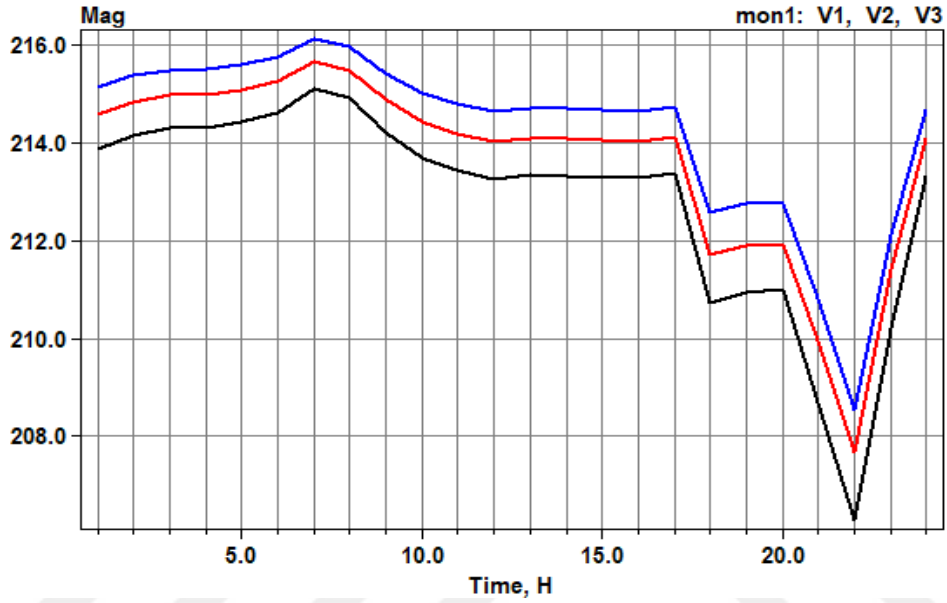


Şekil 4. 41 D kolu akım ölçümleri.

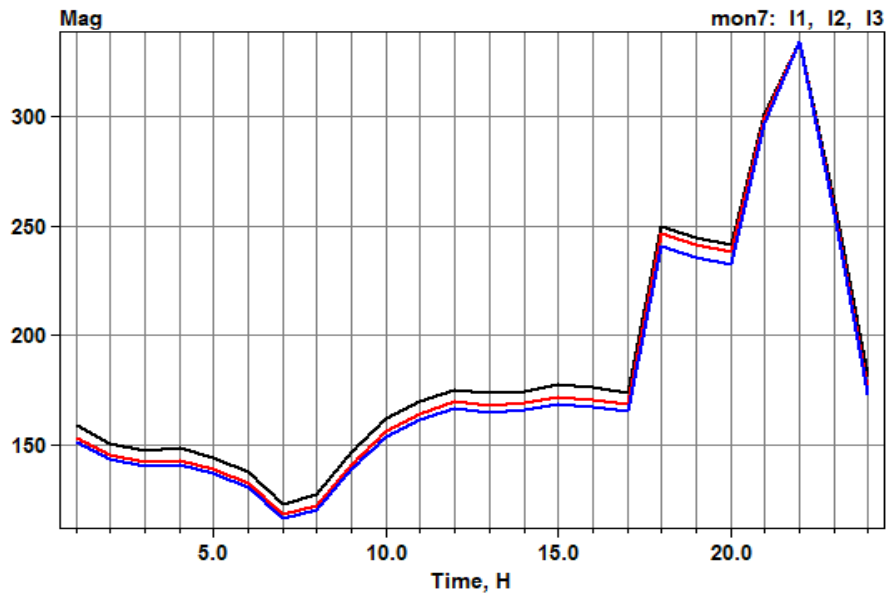


Şekil 4. 42 D kolu güç ölçümleri.

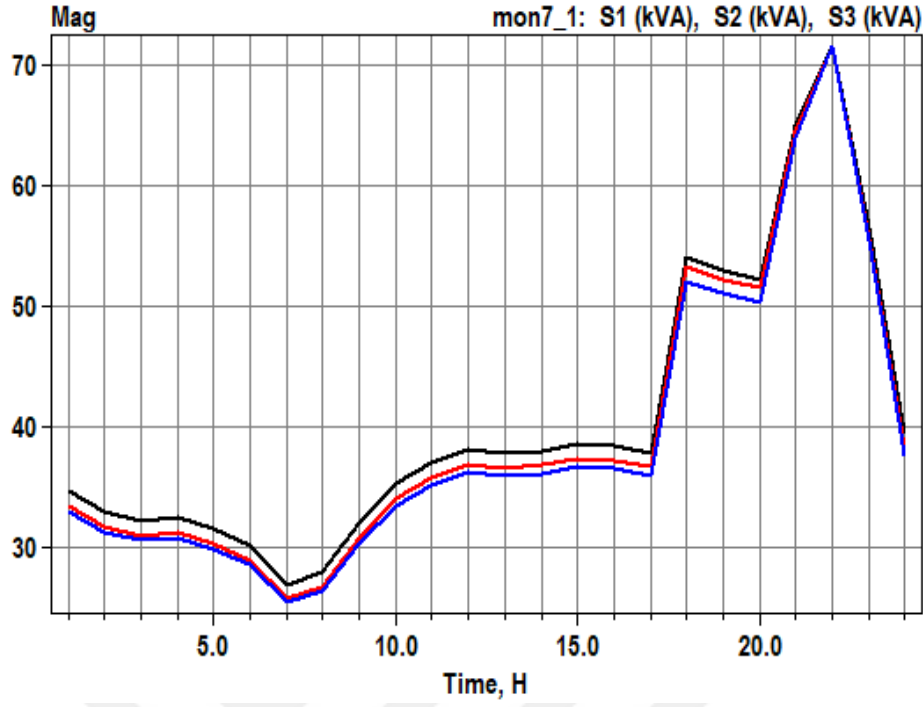
Trafonun E fiderinin gerilim değerleri Şekil 4.43’deki grafikte verilmiştir. Fider üzerinde 6 adet bina yükü bulunmakta olup şarj istasyonu sayısı 22’ye çıkarılmıştır. Şebekeden çekilen maksimum akım miktarı 340 A olarak ölçülmüştür (bkz Şekil 4.44). Puant saatlerinde gerilim düşümü olduğu görülmektedir. E fiderine ait güç grafikleri Şekil 4.45’de verilmiştir.



Şekil 4. 43 E kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.



Şekil 4. 44 E kolu akım ölçümleri.



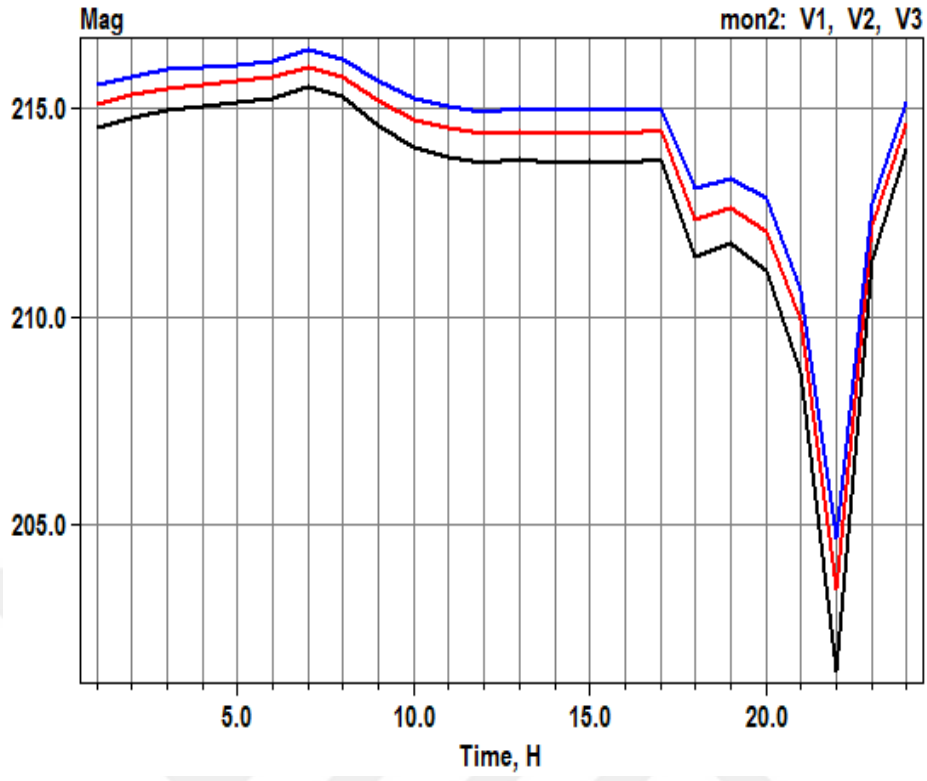
Şekil 4. 45 E kolu güç ölçümleri.

4.4 %80 Araç Yoğunluğu Durumu

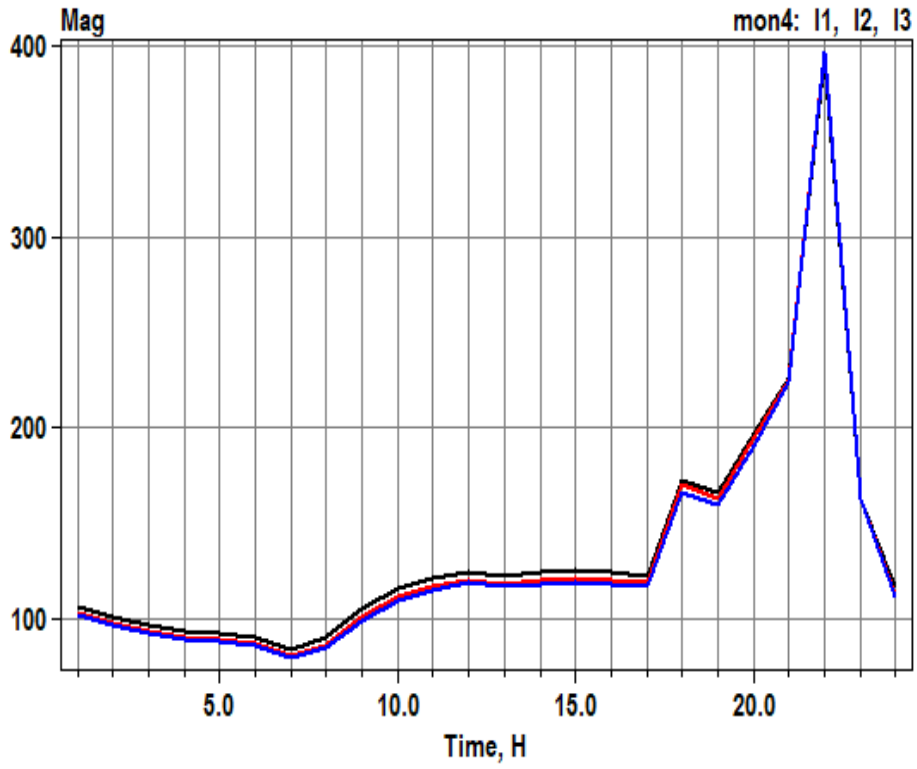
Dağıtım şebekesi üzerinde bulunan yük sayısı ev bina yükleri sabit kalacak şekilde şarj istasyonu sayısı 240'a çıkarılmıştır. Yük yoğunluğu fider uzunlukları ve saatlik değerleri dikkate alınarak dağıtılmıştır. Artan şarj istasyonu sayısının şebeke üzerindeki akım, gerilim ve güç değerleri incelenip yorumlanmıştır.

Trafonun A kolunda bina sayısı sabit kalırken şarj istasyonu sayısı 39'a çıkarılmıştır. Yük yoğunluğuna göre şebeke analizi yapılmıştır. Şekil 4.46'daki grafikte trafonun A kolunda en son baradan alınan gerilim değerleri gözükmemektedir. Bir önceki şarj istasyonu sayısına göre puant saat aralığında gerilim seviyesi 200 V'un altına düşmüştür.

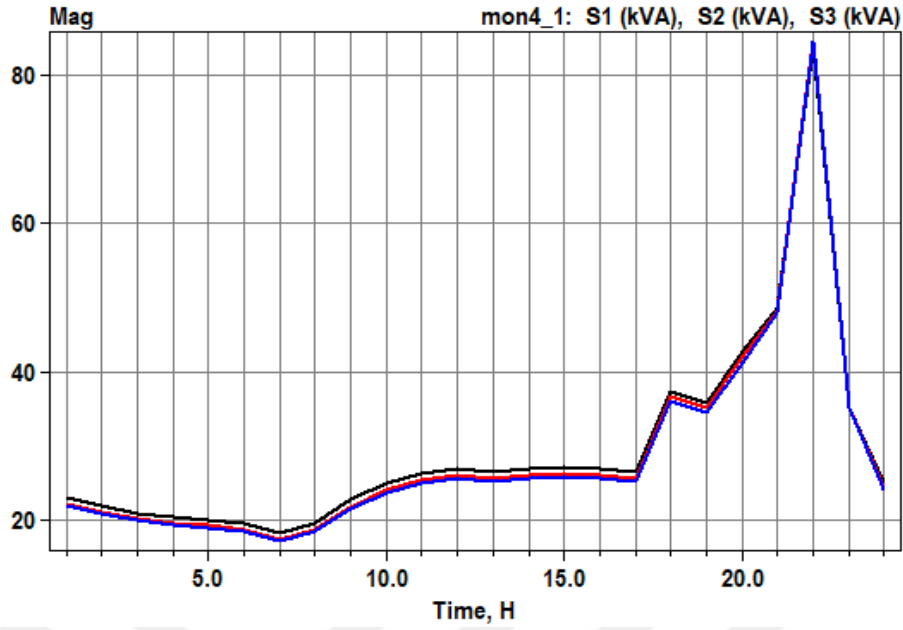
A kolu üzerindeki 39 adet şarj istasyonunun şebekeden giriş barasından çektiği akımlar Şekil 4.47'deki gibidir. Puant saatlerinde çekilen ani akım değeri çok yüksek seviyelere çıkmıştır. Maksimum 400 A akım şebeke üzerinden şarj istasyonları tarafından çekilmiştir. Şekil 4.48'de ise şebekeden çekilen güç grafikleri gözükmemektedir.



Şekil 4. 46 A kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

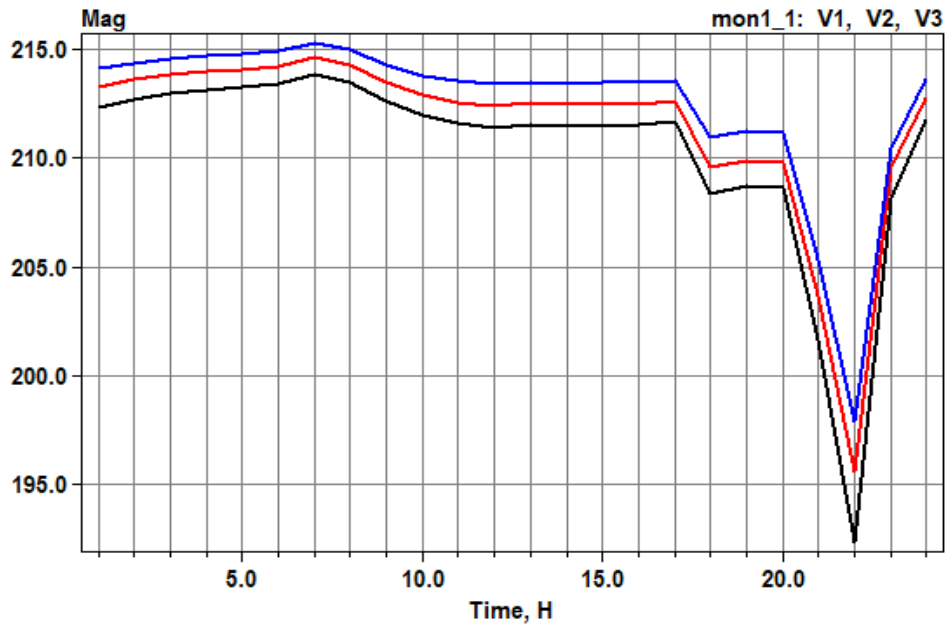


Şekil 4. 47 A kolu akım ölçümleri.



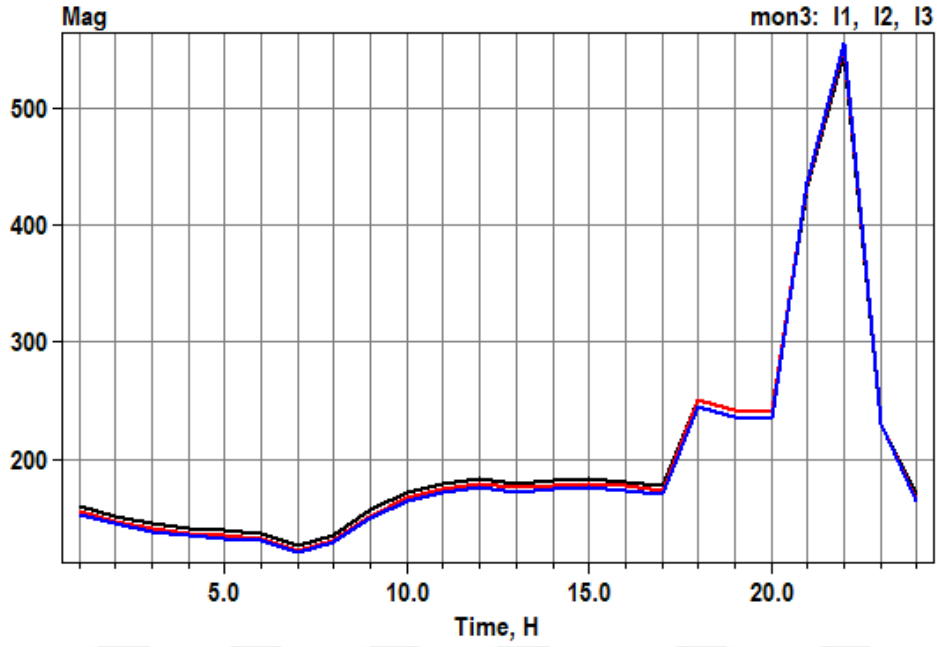
Şekil 4. 48 A kolu güç ölçümleri.

Trafonun B kolu üzerindeki şarj istasyonu sayısı 52'ye yükseltilmiştir. Trafo üzerindeki bina sayısı sabit kalmıştır. 52 adet şarj istasyonun B kolu üzerindeki gerilim düşümü etkisi akım ve güç değerleri incelenmiştir. Şebeke üzerindeki puant saat yük halinde son baradan alınan gerilim değerleri 195 V'a kadar düştüğü gözükmemektedir (bkz Şekil 4.49).

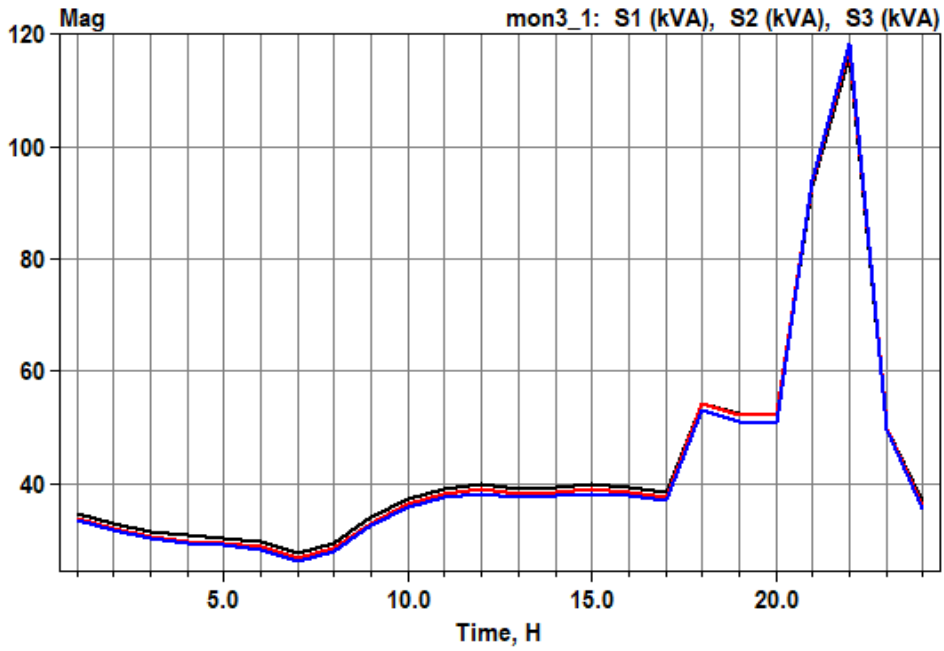


Şekil 4. 49 B kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

B kolu üzerinde çıkış barasından alınan akım değerleri Şekil 4.50'deki grafikte verilmiştir. Artan şarj istasyonu sayısı ile birlikte şebekeden çekilen ani akım değerleri 540 A'leri görmüştür. Şekil 4.51' de ise ilgili kolun güç grafikleri verilmiştir.

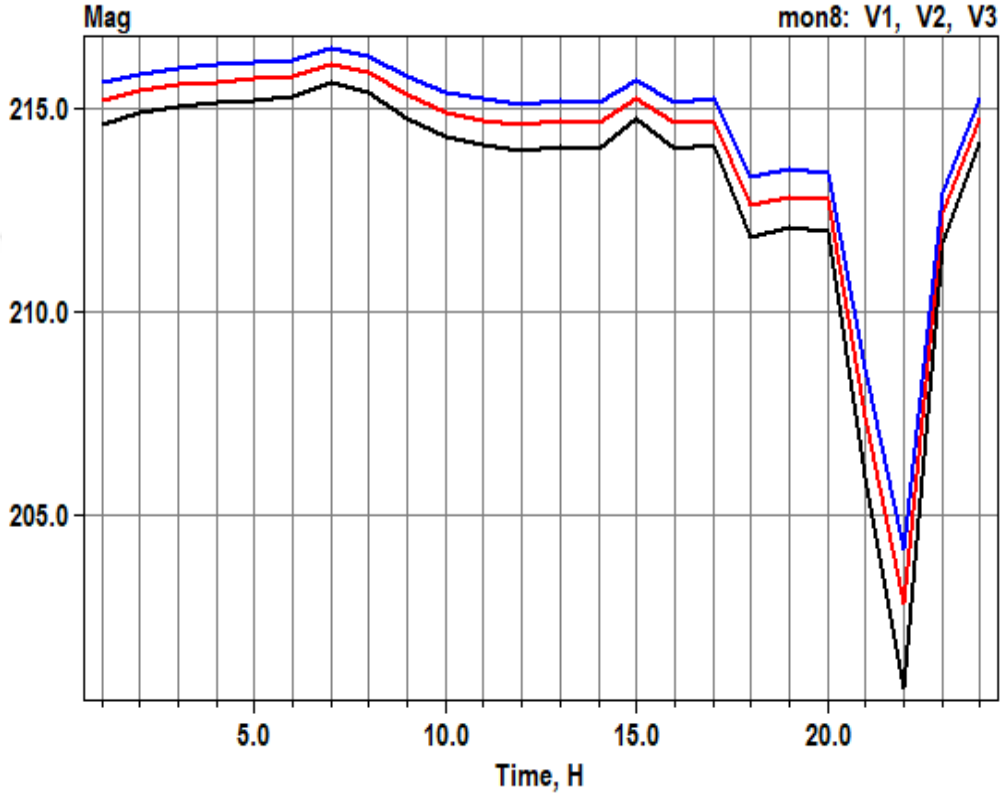


Şekil 4. 50 B kolu akım ölçümleri.



Şekil 4. 51 B kolu güç ölçümleri.

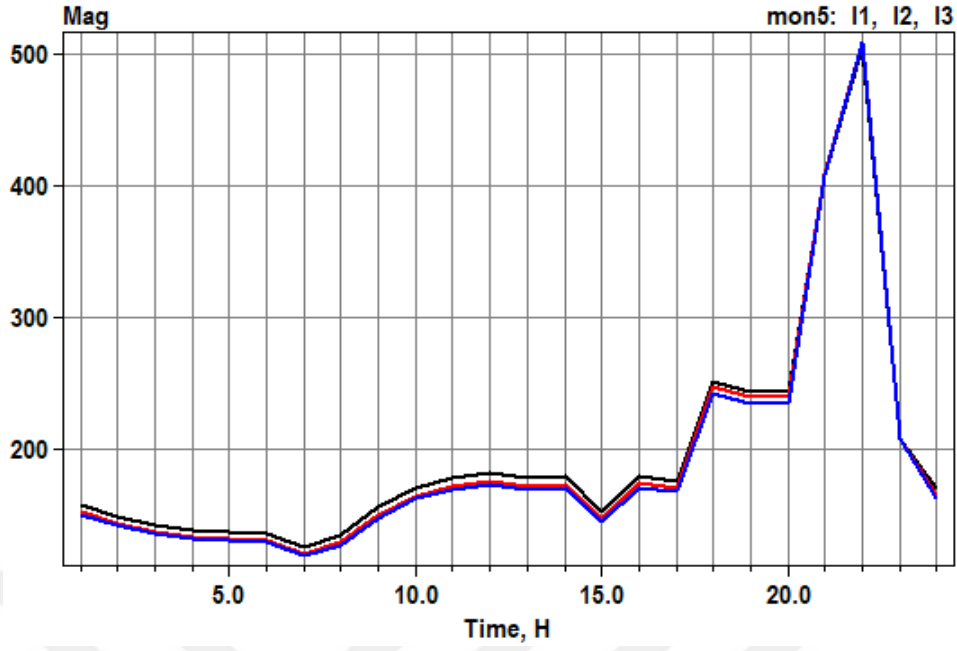
C kolu üzerindeki şarj istasyonu sayısı 41'e yükselmiştir. C kolu için son enerji alışı noktasından alınan gerilim değerleri Şekil 4.52'deki grafikte gözükmektedir. Son barada oluşan gerilim seviyeleri puant saatlerde 205 V'un altına düşmüştür. Bu gerilim seviyesi puant saatler için elektrikli cihazların çalışma gerilimi seviyesinde değildir. Bu yüzden puant saatlerinde oluşan dalgalanmadan dolayı elektrikli aletler verimli çalışmayacaktır.



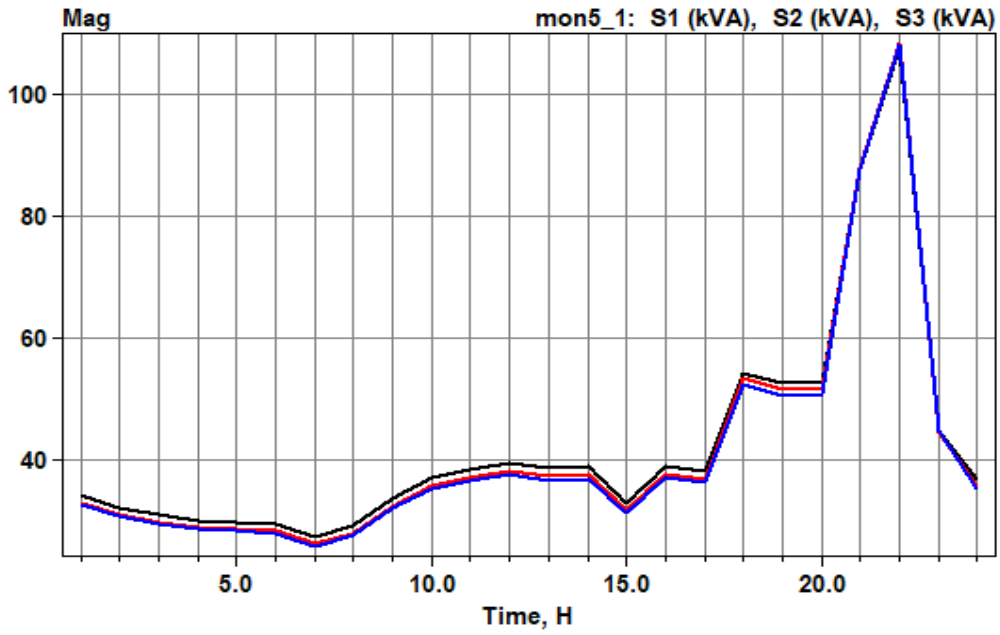
Şekil 4. 52 C kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

C kolunda toplamda 41 adet yük için çıkış barasındaki akım değerleri Şekil 4.53'deki grafikte görülmektedir. C kolu için puant saat aralığında akım değerleri 500 A'i geçmiştir. Şekil 4.54' de ise ilgili güç grafikleri görülmektedir.

Bir önceki şarj istasyonu sayısına göre puant saat aralığında akım değeri 500 A'in üstüne çıkmıştır. Puant saatlerinde çekilen ani akım değeri çok yüksek seviyelere çıkmıştır. Maksimum 500 A akım şebeke üzerinden şarj istasyonları tarafından çekilmiştir. Oluşan maksimum akım değeri ile trafonun kol çıkışında bulunan sigorta amperi aşılmıştır. Hat kapasitesinin puant saatlerinde yetersiz kalacağı öngörülmüştür.

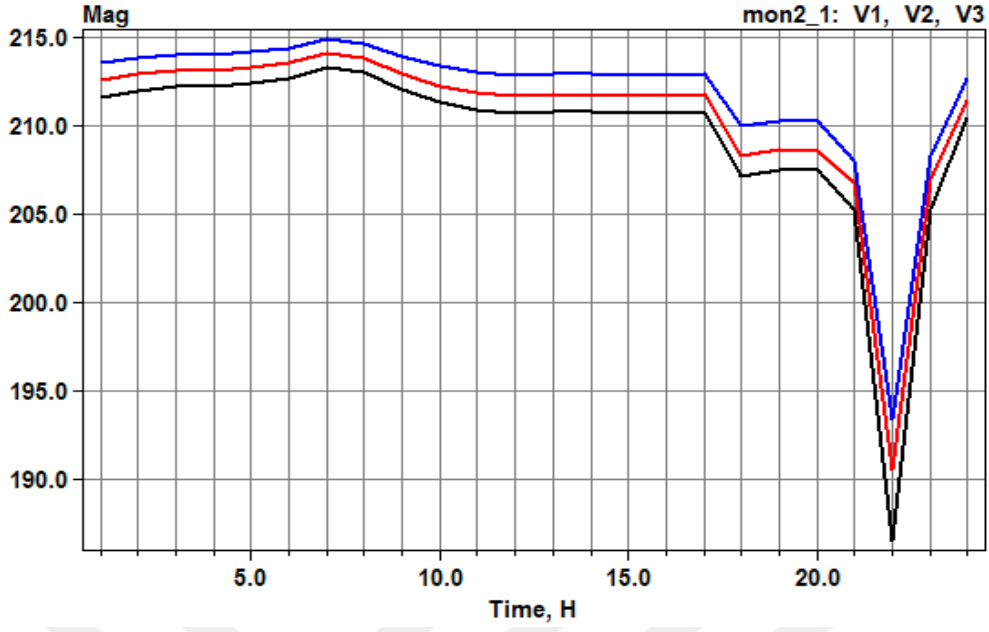


Şekil 4. 53 C kolu akım ölçümleri.



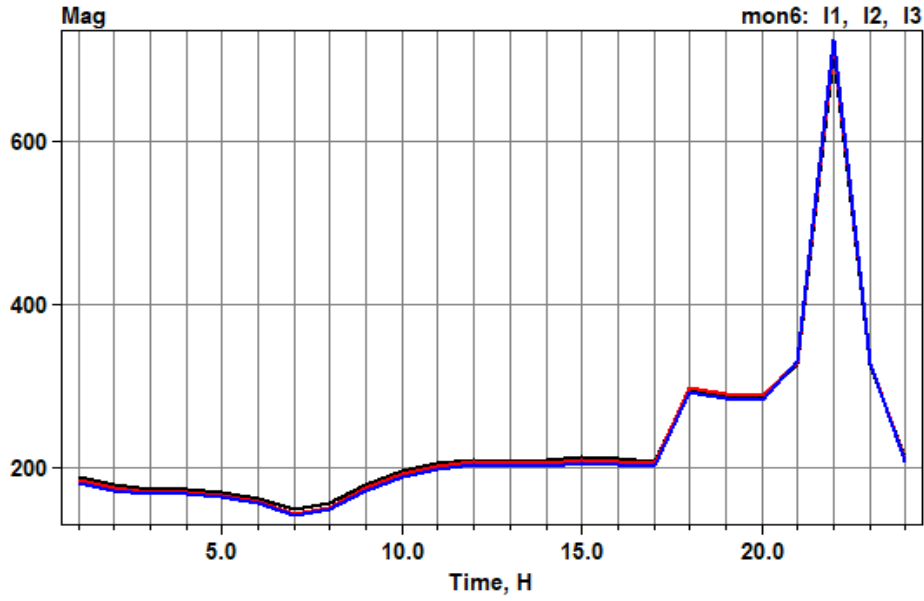
Şekil 4. 54 C kolu güç ölçümleri.

Trafonun D kolundaki son baradan alınan gerilim değerleri incelenmiştir. Fider üzerinde toplamda 61 adet şarj istasyonu ve 8 adet bina bulunmaktadır. Puant değer aralığında 190 V'un altına düşmüştür (bkz Şekil 4.55).

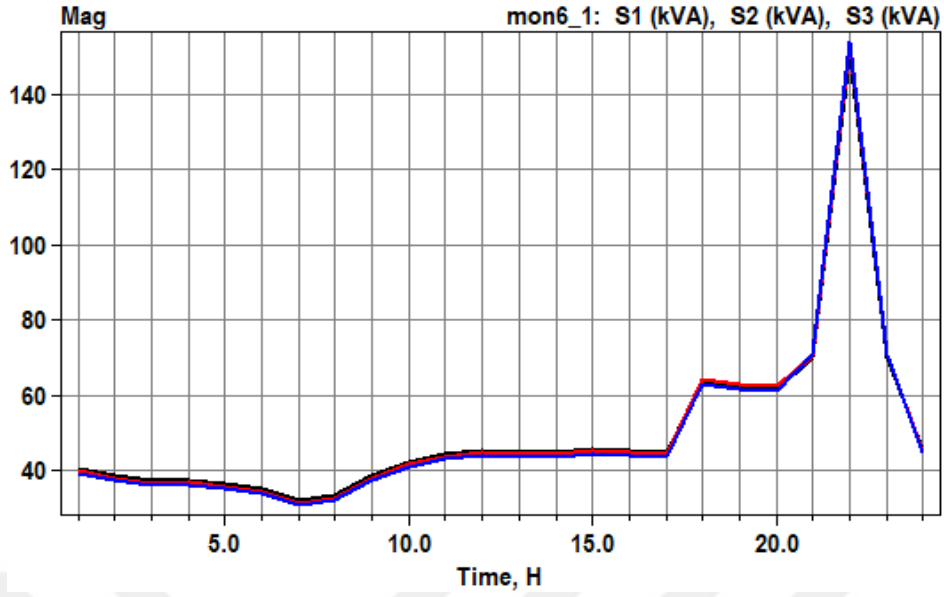


Şekil 4. 55 D kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

Şekil 4.56'daki grafikte en yoğun yüke sahip olan D kolu üzerindeki çıkış barasından alınan akım değerleri gözükmemektedir. Toplamda 61 adet yük ile puant saat aralığında şebekeden çekilen akım miktarı 600 A'ın üstüne çıkmıştır. Şekil 4.57'de ise güç grafikler verilmiştir.

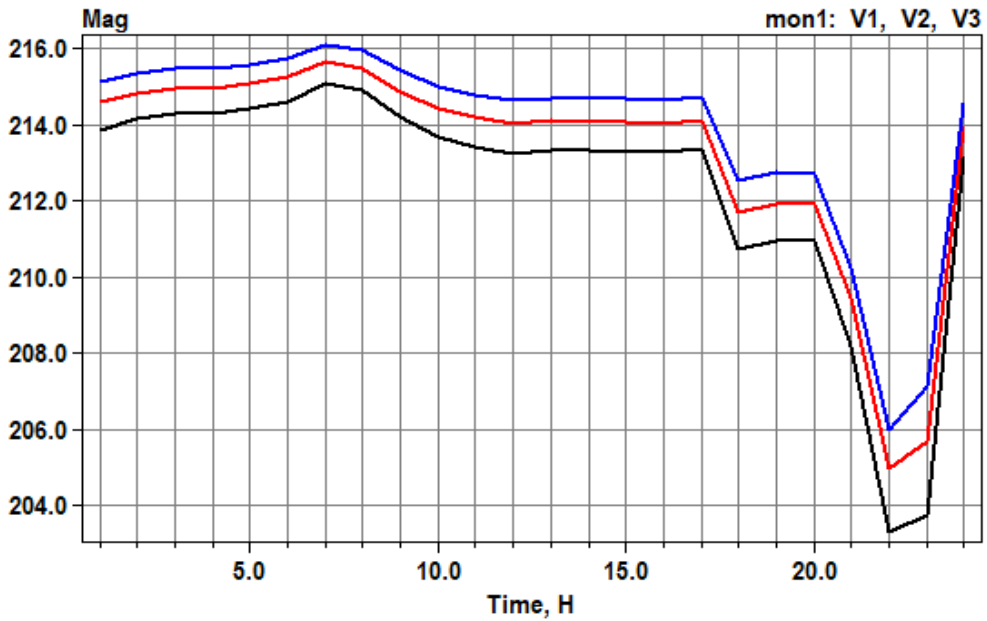


Şekil 4. 56 D kolu akım ölçümleri.

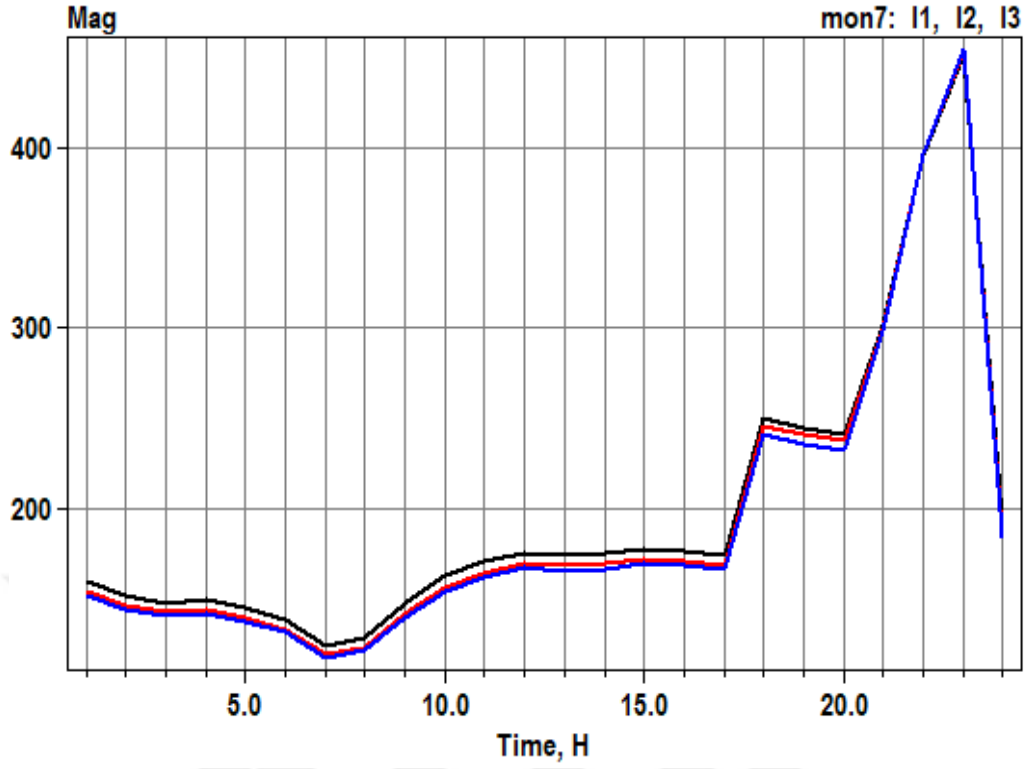


Şekil 4. 57 D kolu güç ölçümleri.

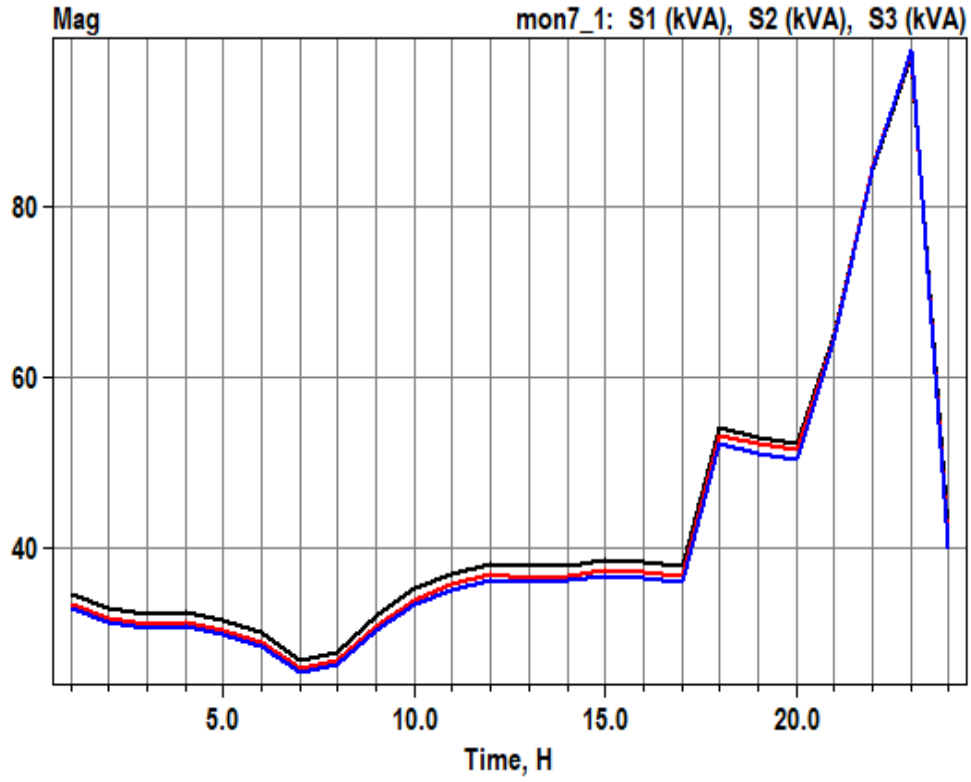
Trafonun E fiderinin gerilim değerleri Şekil 4.58'deki grafikte verilmiştir. Fider üzerinde 6 adet bina yükü bulunmakta olup şarj istasyonu sayısı 47'ye çıkarılmıştır. Puant saatlerinde çekilen akım miktarı 400 A'ı geçmiştir (bkz Şekil 4.59). Şebeke üzerindeki en düşük gerilim 204 V'un altına inmiştir. İlgili güç grafikleri Şekil 4.60'da verilmiştir.



Şekil 4. 58 E kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.



Şekil 4. 59 E kolu akım ölçümleri.

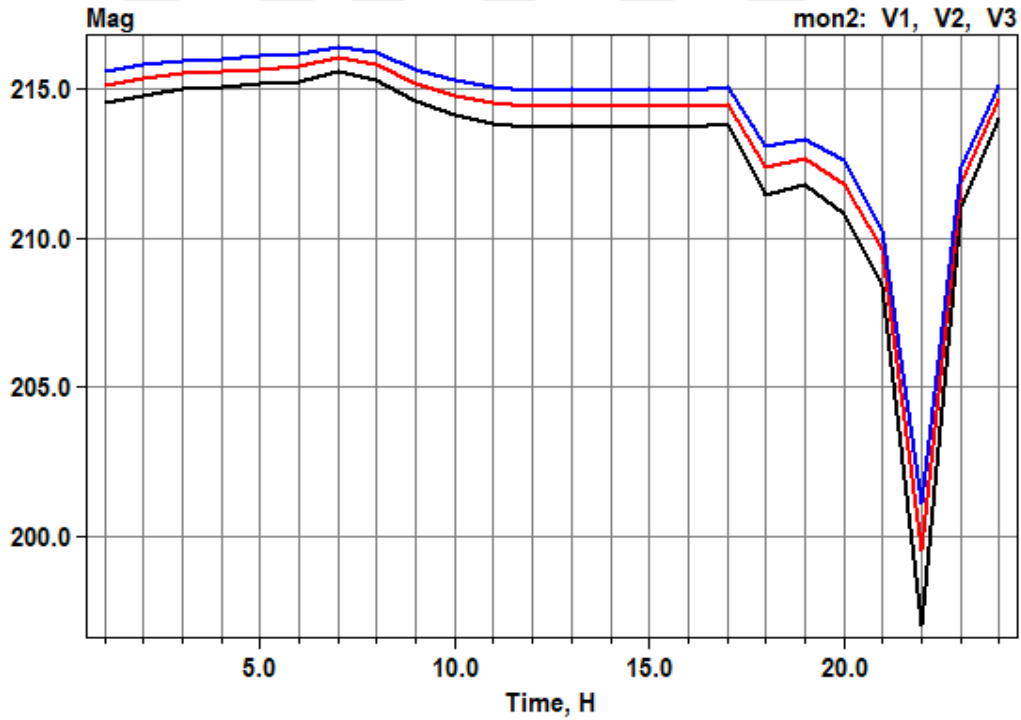


Şekil 4. 60 E kolu güç ölçümleri.

4.5 % 100 Araç Yoğunluğu Durumu

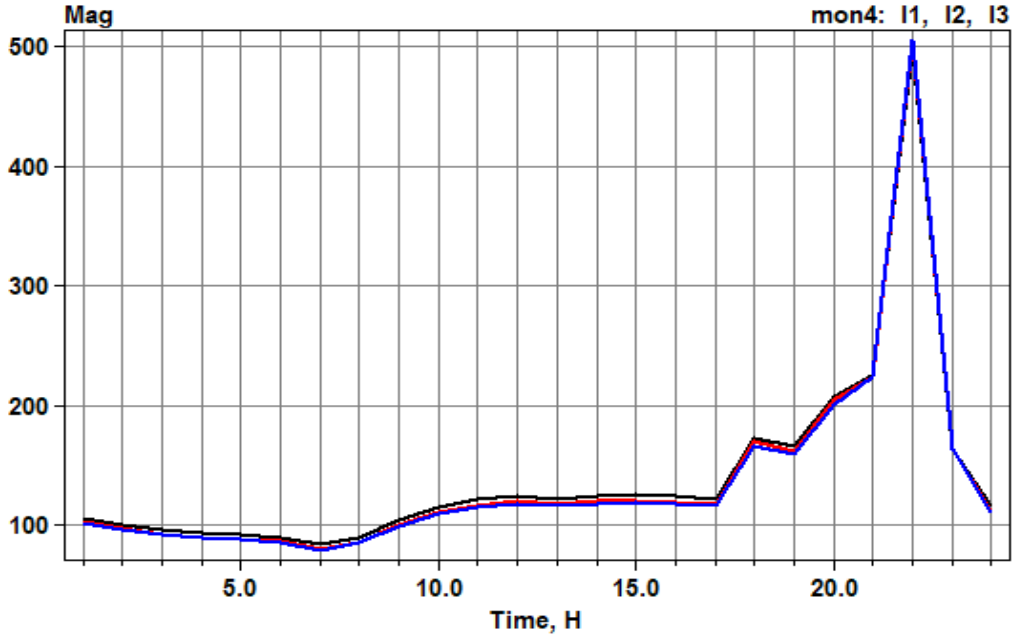
Dağıtım şebekesi üzerinde bulunan yükler bina yükleri sabit kalacak şekilde şarj istasyonu sayısı 300'e çıkarılmıştır. Yük yoğunluğu fider uzunlukları ve saatlik değerleri dikkate rastgele alınarak dağıtılmıştır. Artan şarj istasyonu sayısının şebeke üzerindeki akım, gerilim ve güç değerleri incelenip yorumlanmıştır.

Trafonun A kolunda bina sayısı sabit kalırken şarj istasyonu sayısı 51'e çıkarılmıştır. Yük yoğunluğuna göre şebeke analizi yapılmıştır. Şekil 4.61'deki grafikte trafonun A kolunda en son baradan alınan gerilim değerleri gözükmemektedir. Bir önceki şarj istasyonu sayısına göre puant saat aralığında gerilim seviyesi 200 V'un altına düşmüştür

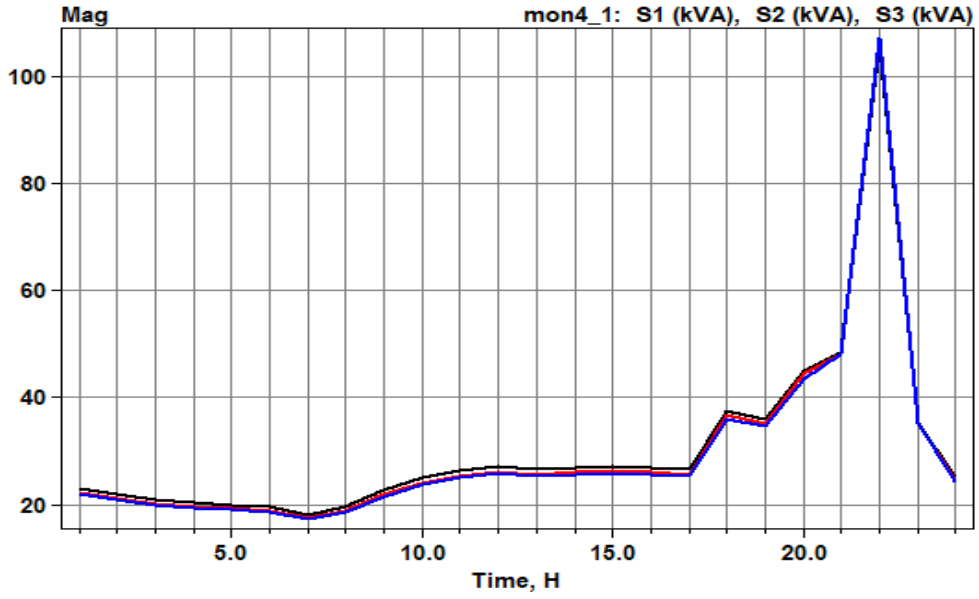


Şekil 4. 61 A kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

A kolu üzerindeki 51 adet şarj istasyonunun şebekeden giriş barasından çektiği akımlar Şekil 4.62'deki gibidir. Puant saatlerinde çekilen ani akım değeri çok yüksek seviyelere çıkmıştır. Maksimum 500 A akım şebeke üzerinden şarj istasyonları tarafından çekilmiştir. Şekil 4.63' de ise ilgili hattın güç grafikleri verilmiştir.

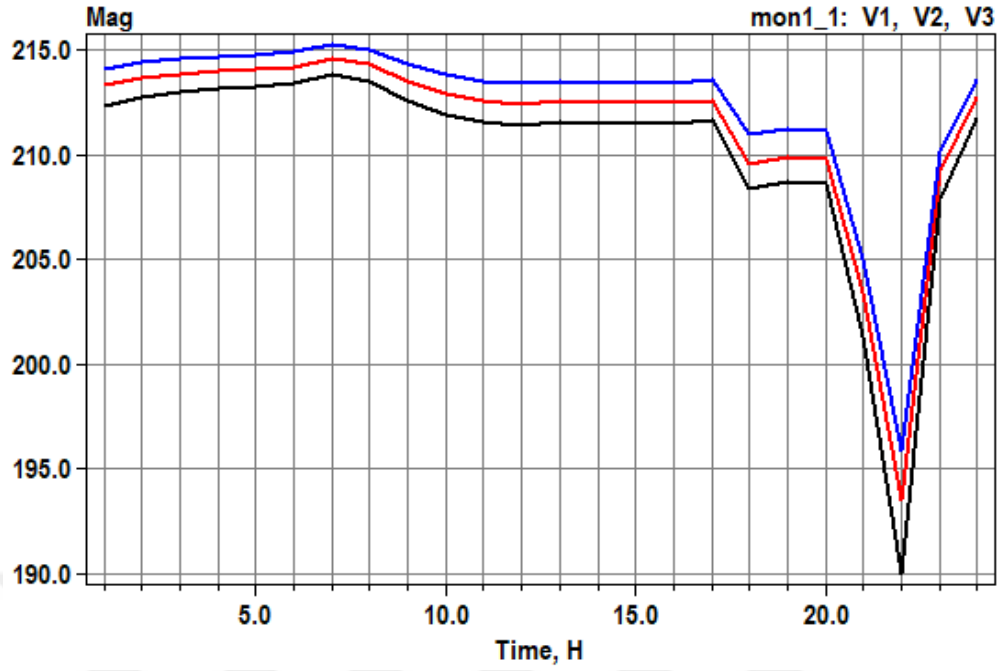


Şekil 4. 62 A kolu akım ölçümleri.



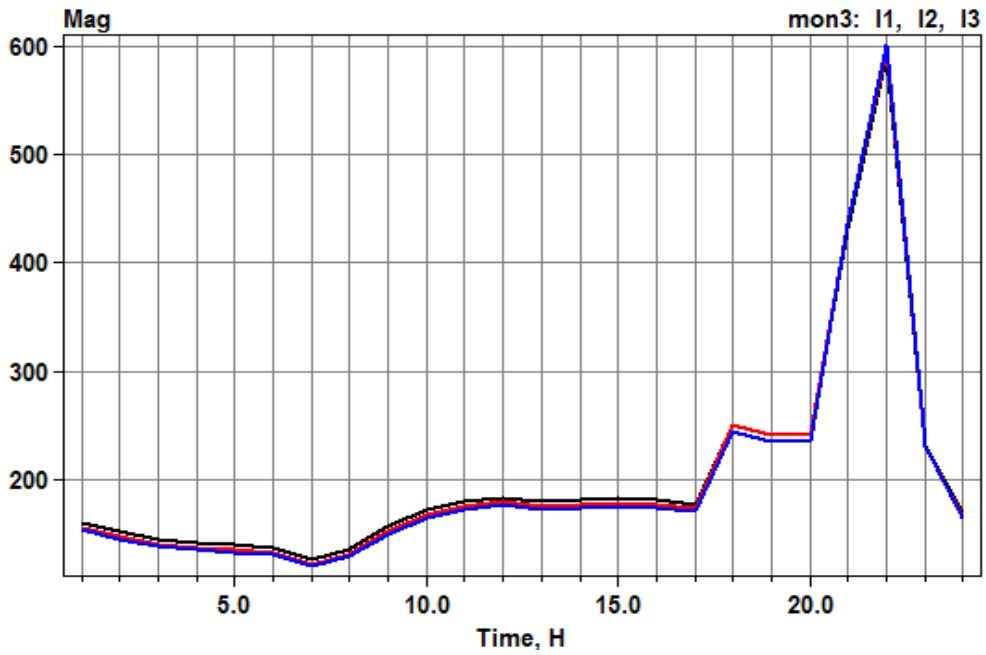
Şekil 4. 63 A kolu güç ölçümleri.

Trafonun B kolu üzerindeki şarj istasyonu sayısı 57'ye yükseltilmiştir. Trafo üzerindeki bina sayısı sabit kalmıştır. 57 adet şarj istasyonun B kolu üzerindeki gerilim düşümü etkisi akım ve güç değerleri incelenmiştir. Şebeke üzerindeki puant saatlerde son baradan alınan gerilim değerleri 190 V'a kadar düştüğü gözükmemektedir (bkz Şekil 4.64).

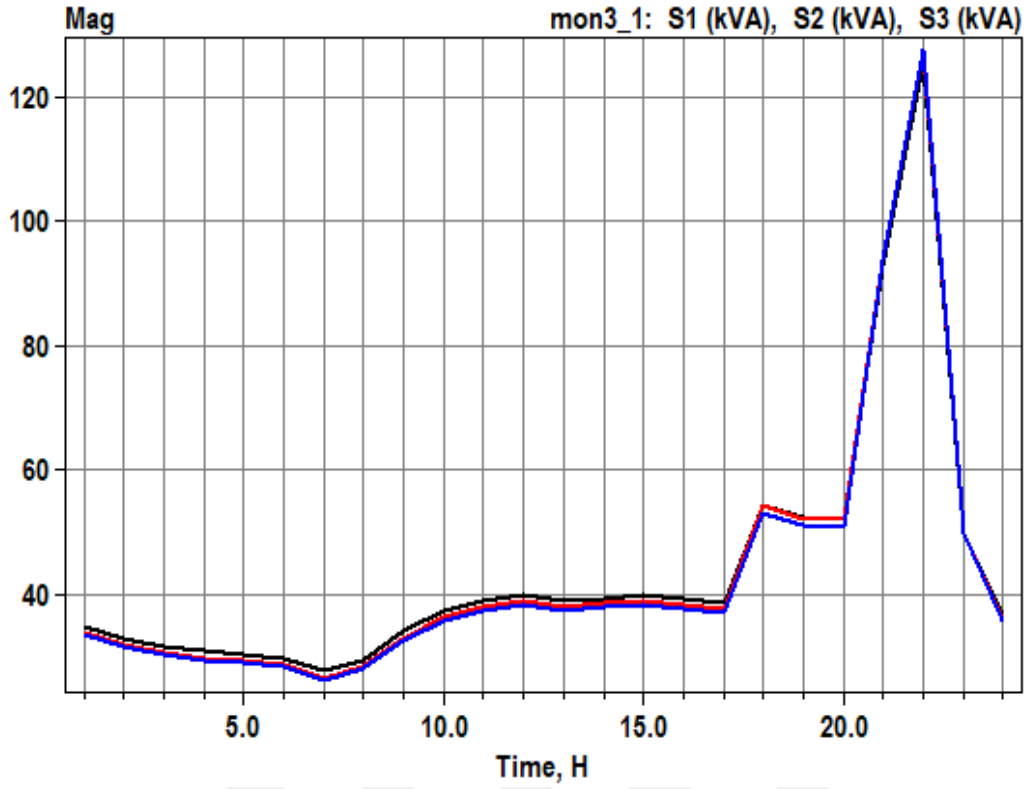


Şekil 4. 64 B kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

B kolu üzerinde çıkış barasından alınan akım değerleri Şekil 4.65'deki grafikte verilmiştir. Artan şarj istasyonu sayısı ile birlikte şebekeden çekilen ani akım değerleri 600 A'leri görmüştür. Şekil 4.66'da ise ilgili güç grafikleri verilmiştir.



Şekil 4. 65 B kolu akım ölçümleri.

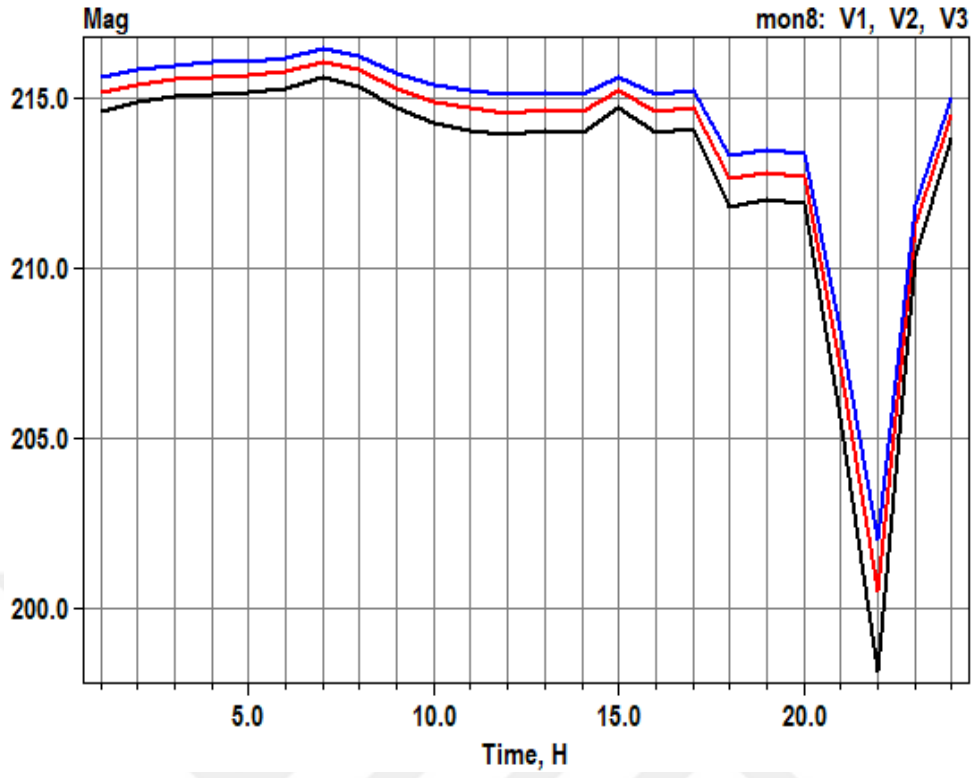


Şekil 4. 66 B kolu güç ölçümleri.

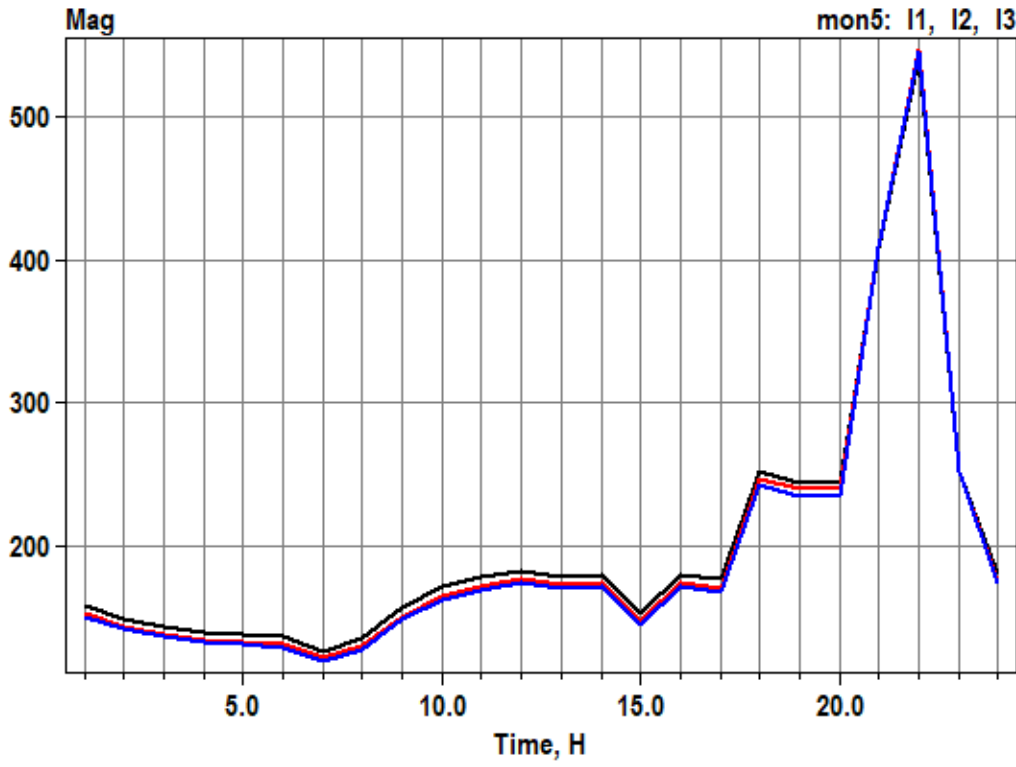
C kolu üzerindeki şarj istasyonu sayısı 50'ye yükselmiştir. C kolu için son enerji alış noktasından alınan gerilim değerleri Şekil 4.67'deki grafikte gözükmemektedir. Kolun son barasından alınan gerilim değerleri puant saatte 200 V'un altına düşmüştür.

Puant saatte meydana gelen gerilim düşümü sebebiyle elektrikli cihazlar verimli çalışmayacaktır. Sadece puant saatte oluşan bu gerilim düşümü günün diğer saatlerinde elektrikli aletler için herhangi olumsuz bir durum oluşturmamaktadır.

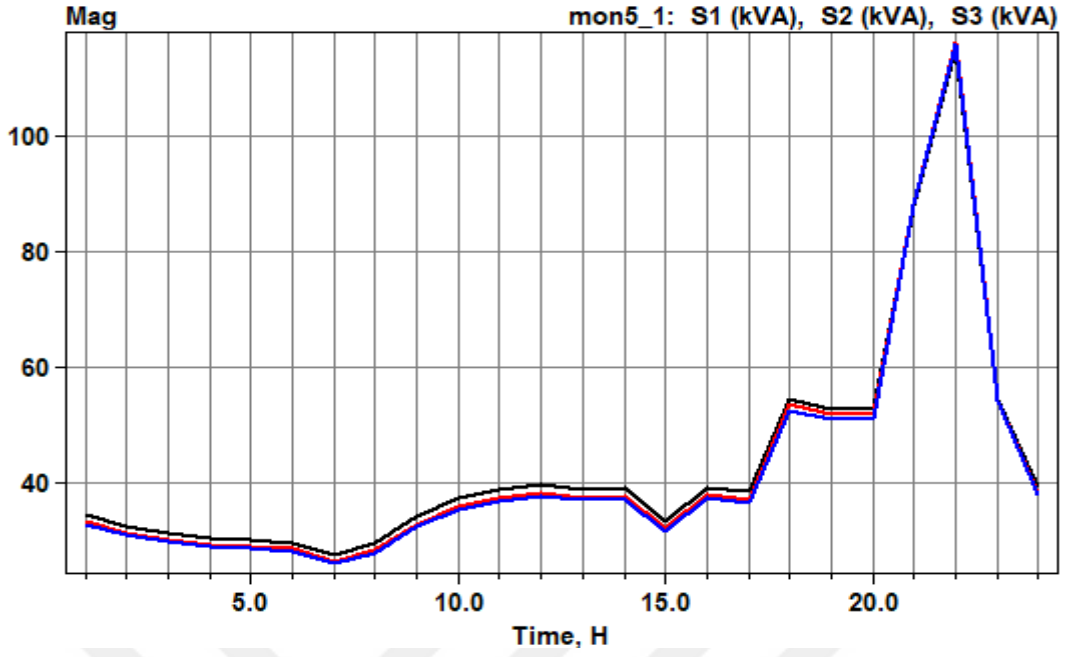
C kolunda toplamda 50 adet yük için çıkış barasındaki akım değerleri Şekil 4.68'deki grafikte görülmektedir. Maksimum akım değeri puant saatinde 500 A seviyesindedir. Oluşan bu yüksek akım değerleri şebekede olumsuz etkilere sebep olabilir. Trafonun çıkış kolunda bulunan sigortalar için ani kesme durumu puant saatlerinde meydana gelmektedir. Trafonun kolunda puant saatte oluşan akım değerleri sebebiyle trafo hat kapasitesi maksimum doluluk seviyesine ulaşmıştır. C kolu için akım ve gerilim grafikleri incelenmiştir. Şekil 4.69'da ise ilgili güç grafikleri verilmiştir.



Şekil 4. 67 C kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

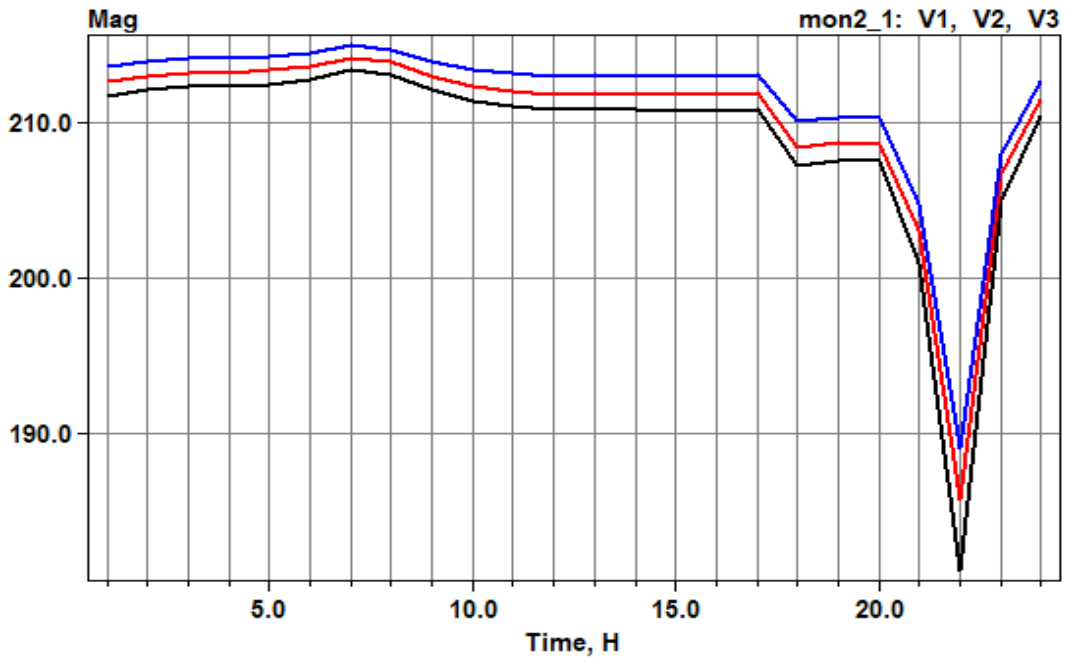


Şekil 4. 68 C kolu akım ölçümleri.



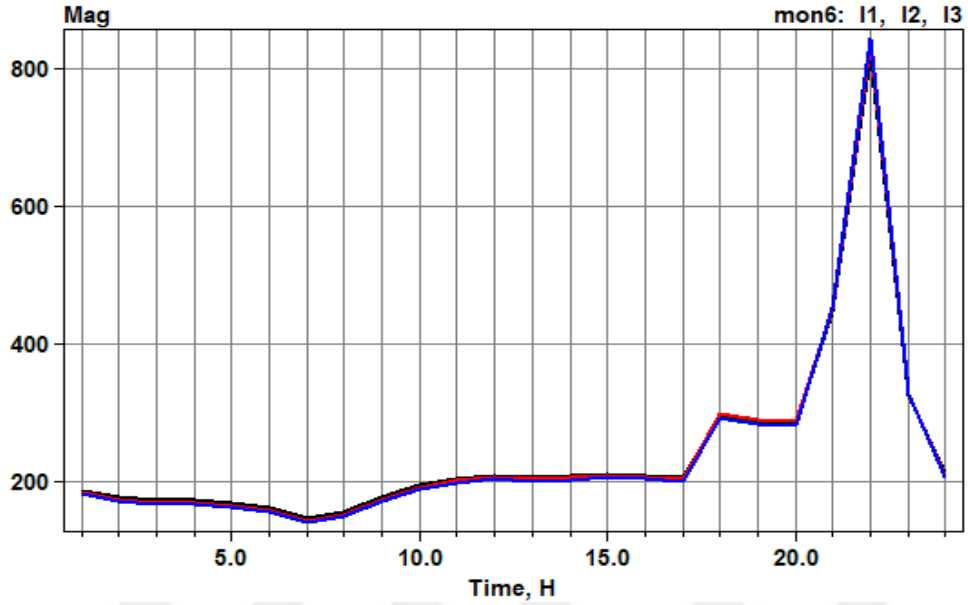
Şekil 4. 69 C kolu güç ölçümleri.

Trafonun D kolundaki son baradan alınan gerilim değerleri incelenmiştir. Fider üzerinde toplamda 87 adet şarj istasyonu ve 8 adet bina bulunmaktadır. Puant değer aralığında 190 V'un altına düşmüştür (bkz Şekil 4.70).

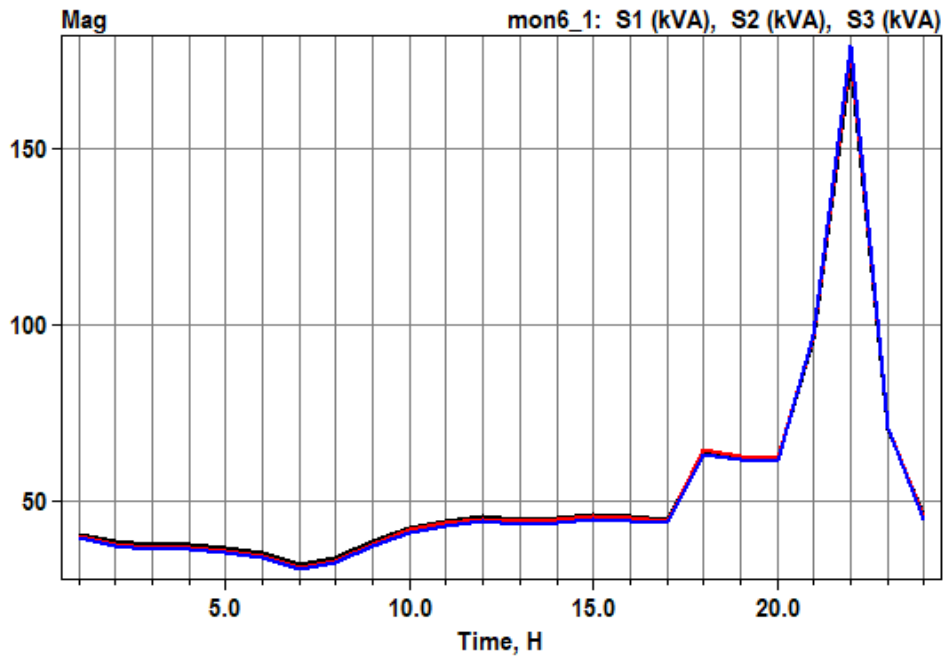


Şekil 4. 70 D kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.

Şekil 4.71'deki grafikte en yoğun yüke sahip olan D kolu üzerindeki çıkış barasından alınan akım değerleri gözükmemektedir. Toplamda 87 adet yük ile puant saat aralığında şebekeden çekilen akım miktarı 800 A'ın üstüne çıkmıştır. Şekil 4.72'de ise güç grafikleri gözükmemektedir.



Şekil 4. 71 D kolu akım ölçümleri.

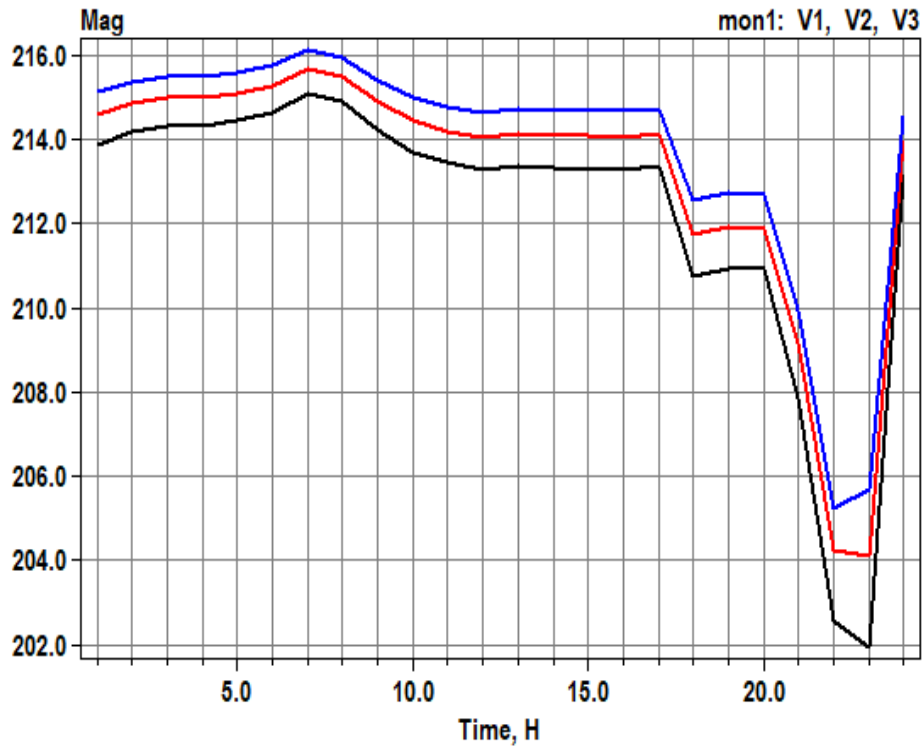


Şekil 4. 72 D kolu güç ölçümleri.

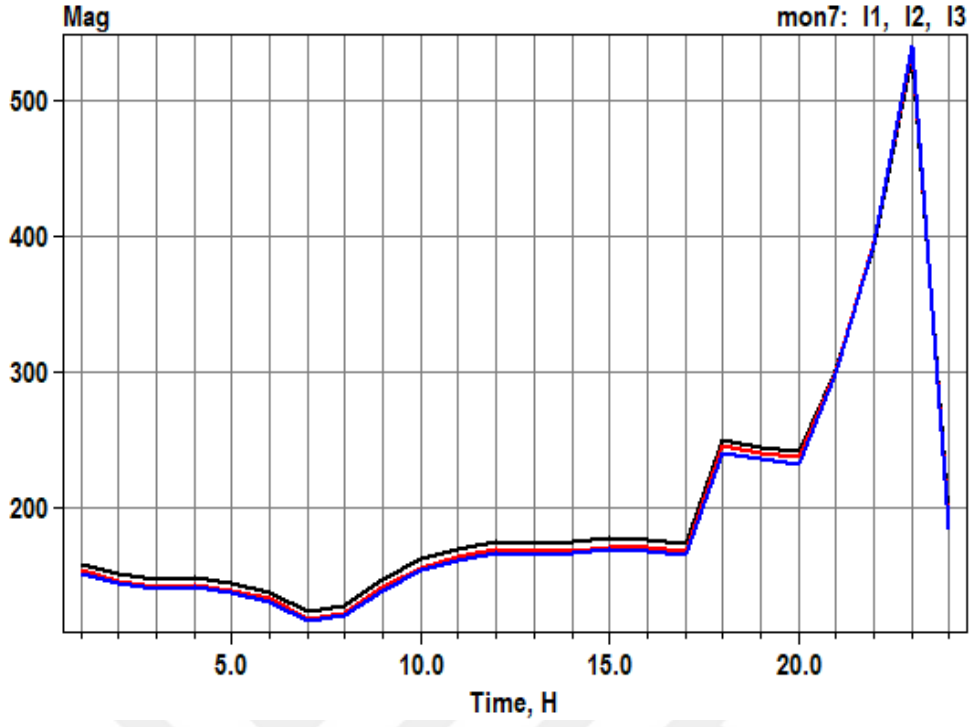
Trafonun E fiderinin gerilim değerleri Şekil 4.73'deki grafikte verilmiştir. Fider üzerinde 6 adet bina yükü bulunmakta olup şarj istasyonu sayısı 55'e çıkarılmıştır. Puant saatlerinde gerilim düşümü olduğu görülmektedir. Şebeke üzerindeki en düşük gerilim 204 V'un altına inmiştir. Oluşan bu gerilim düşümü sebebiyle birçok elektrikli cihaz çalışma geriliminin altında kalmıştır. Puant saatlerinde oluşan bu gerilim dalgalanması şebekede olumsuz etkilere yol açmaktadır.

E kolu üzerinden alınan akım değerleri Şekil 4.74'de verilmiştir. Puant saat aralığında maksimum akım 540 A'i geçmiştir. Trafonun e kolu çıkışında oluşan maksimum akım değerleri trafo hat kapasitesinin üstündedir. Trafo çıkışında bulunan sigorta amper değerleri maksimum akımdan dolayı şebekede enerji kesintilerine yol açmaktadır.

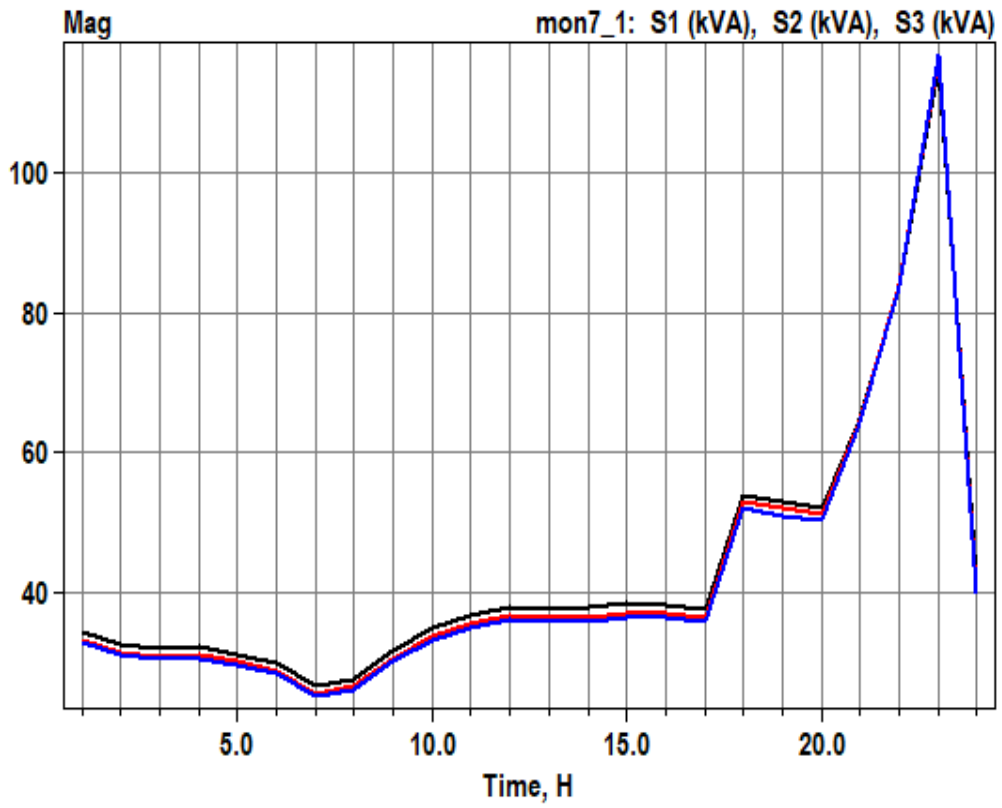
İlgili kolun akım ve gerilim grafiklerine bakıldığında puant saatlerde yüksek akım çekildiği ve bundan dolayı gerilim düşümü olduğu gözükmemektedir. Trafo e koluna ait güç değerleri puant saatlerinde trafo doluluk oranını arttırmıştır. İlgili kola ait güç grafikler Şekil 4.75'de verilmiştir.



Şekil 4. 73 E kolu son baradan alınan gerilim ölçümleri.



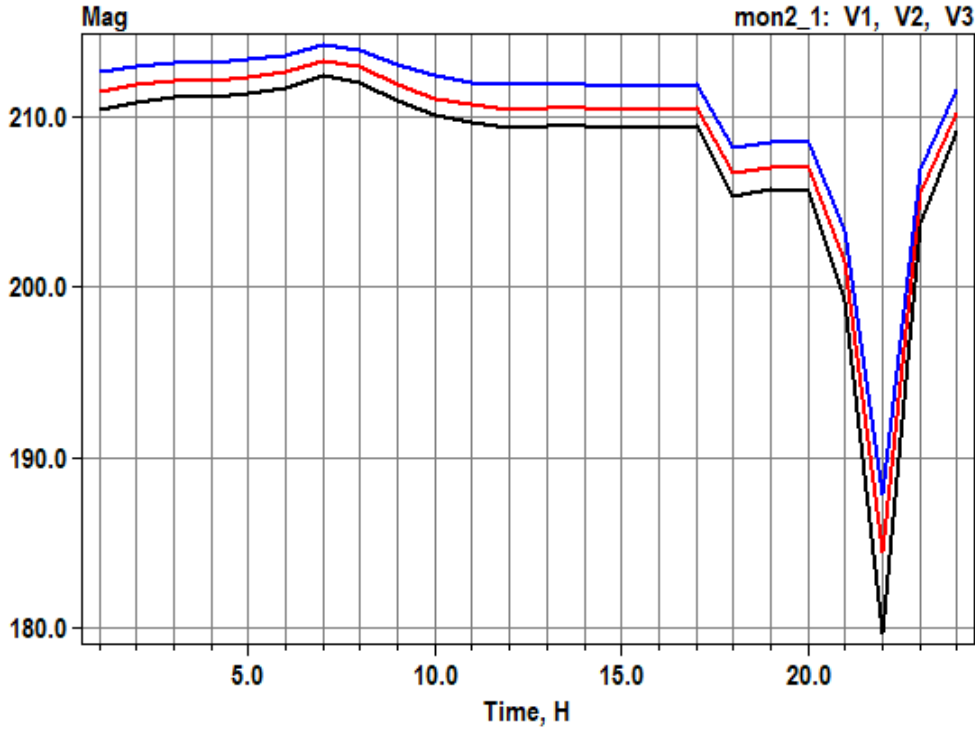
Şekil 4. 74 E kolu akım ölçümleri.



Şekil 4. 75 E kolu güç ölçümleri.

4.6 5 Yıl Sonrası İçin Tahmini Tüketimlerin İncelenmesi

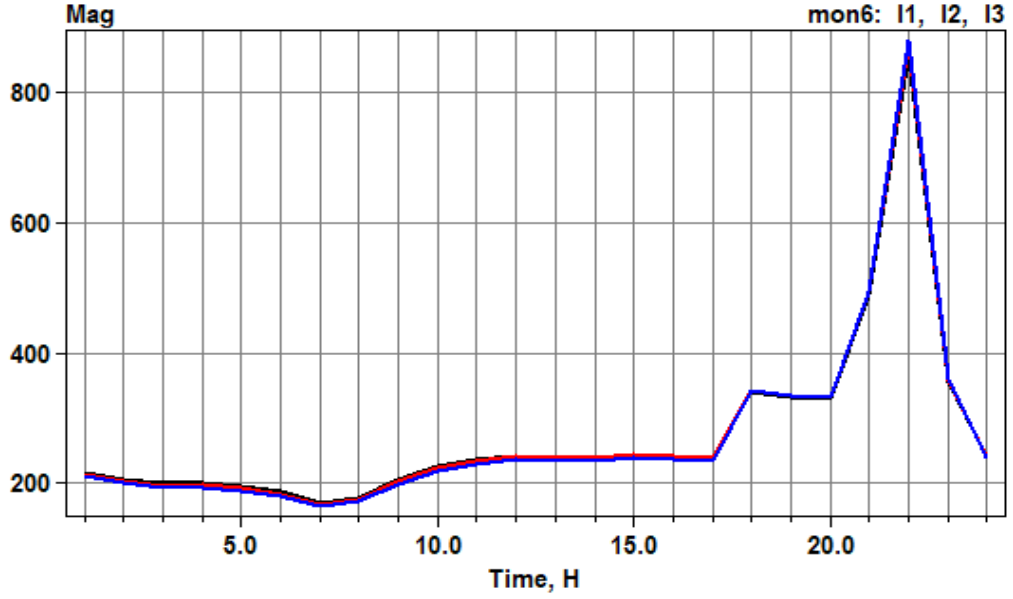
Mevcut şebekede bulunan elektrikli araç sayısı için trafo üzerindeki akım, gerilim ve güç değerleri incelenmiştir. Bu bölümde ise mesken kullanıcılarının artan elektrik ihtiyacına göre bir tahminleme yapılmıştır. TEİAŞ'ın yapmış olduğu bir çalışmadan faydalanılarak yıllık ortalama elektrik ihtiyacının artış miktarı % 3 olarak hesaplanmıştır (İnt. Kyn.9). Bu kapsamda mevcut şebekedeki elektrikli araç sayısına ek olarak aboneler için tüketim miktarları 5,10 ve 15 yıl olacak şekilde incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda hat kapasiteleri ve yoğunlukları araştırılarak grafik halinde sunulmuştur. Yıllar arasındaki elektrik tüketim miktarındaki artış tartışılarak şebeke üzerindeki etkileri yorumlanmıştır. Şekil 4.76'da şebeke üzerindeki gerilim grafikleri incelenmiştir.



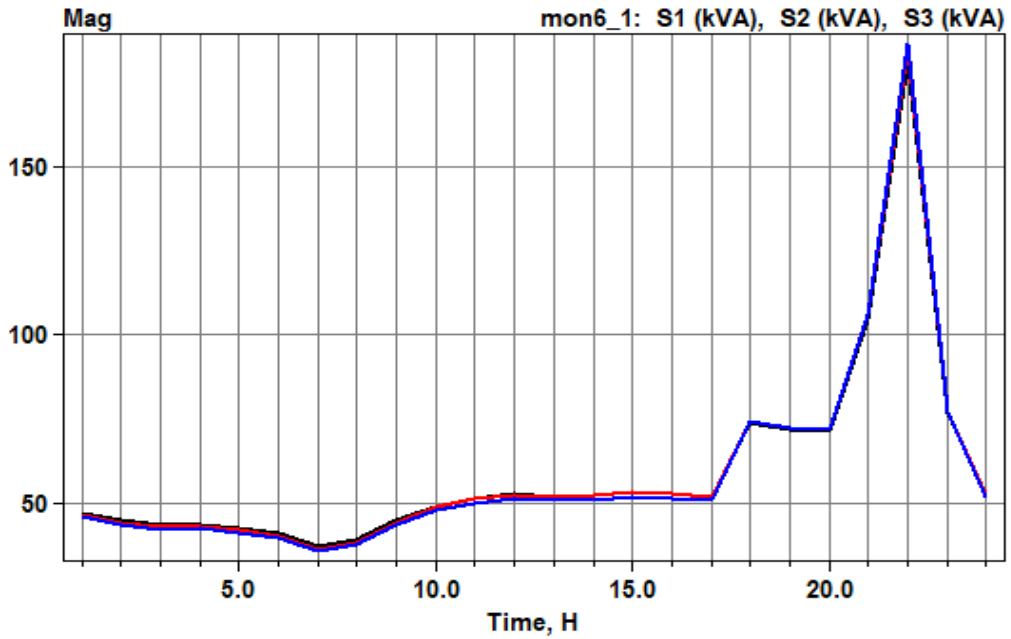
Şekil 4. 76 D kolu 5 yıl sonrası son baradan alınan gerilim ölçümleri.

Yapılan deneylerde puant saatlerde 180 V seviyelerinde gerilim değerleri görülmüştür. Artan yük miktarı ve elektrikli araç şarj istasyonu kullanımının şebekede son kullanıcıda gerilim düşümü meydana getireceği görülmüştür. Gerilimde oluşan bu ani değişme sonucu, cihazlarda yanlış çalışma veya işlevini yerine getirememesi gibi sıkıntılara yol

açar. Kısa devrelerde arıza meydana gelen noktalar gerilim düşümünün şiddetini belirler (Steciuk ve Redmon, 1996) . Şekil 4.77’de puant saat için şebekeden çekilen akım miktarı 865 A olarak görülmüştür. Hat kapasitesindeki doluluk oranı şarj istasyonları devrede iken %70 olarak gözükmemektedir. İlgili kolun beş yıl sonrası için güç grafikleri Şekil 4.78’ de verilmiştir.



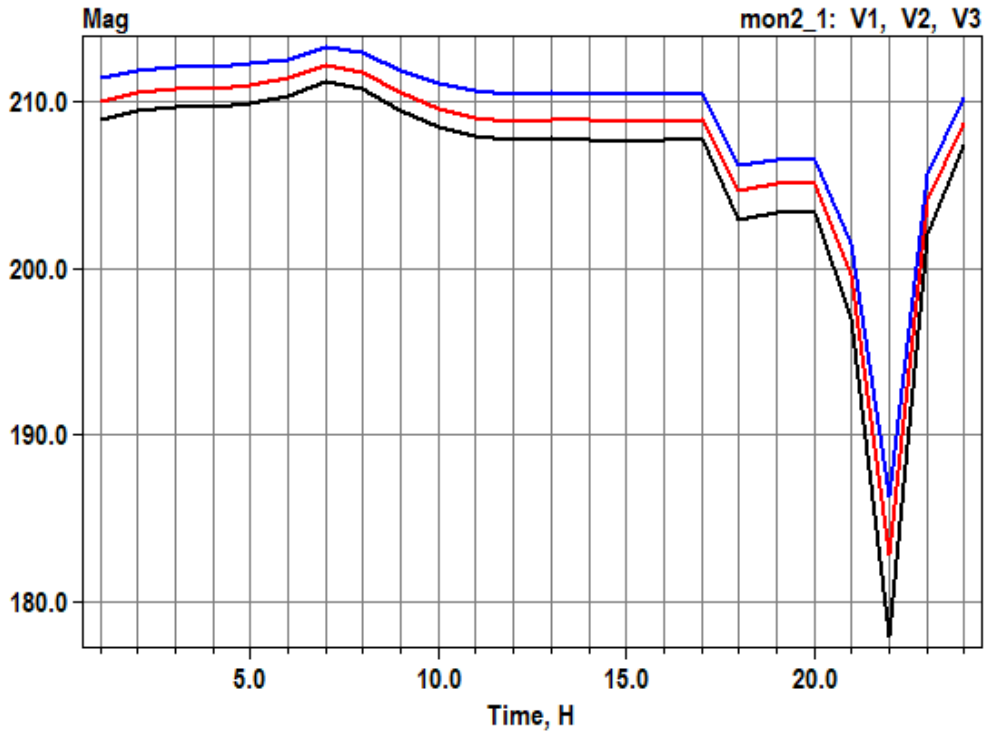
Şekil 4. 77 D kolu 5 yıl sonrası akım ölçümleri.



Şekil 4. 78 D kolu 5 yıl sonrası güç ölçümleri.

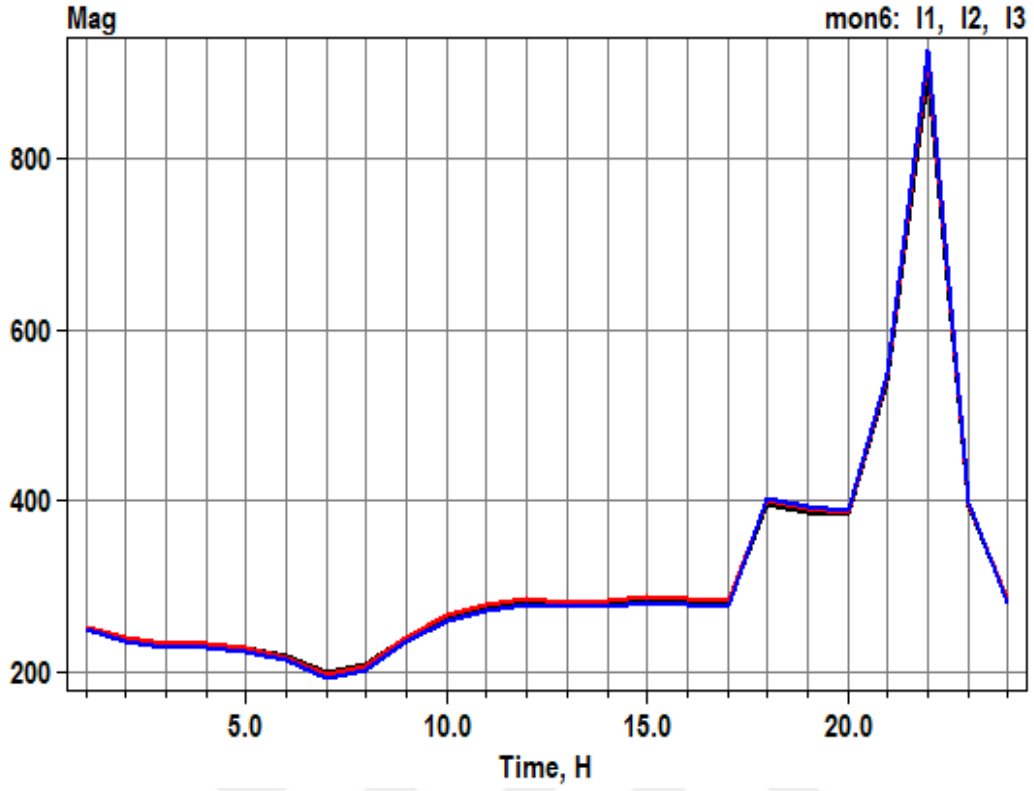
4.7 10 yıl Sonrası İçin Tahmini Tüketimlerin İncelenmesi

Şebekedeki kullanıcıların elektrik tüketim miktarlarına göre on yıl sonrası için beklenen tahmini tüketimlerin grafikleri Şekil 4.79, 4.80 ve 4.81’de yer verilmiştir. Bu durumda Şekil 4.79’da artan elektrik kullanımından dolayı D kolunun son barasından alınan gerilim değerleri 180 V seviyelerindedir. Puant saatlerindeki gerilim düşümü olduğu ve elektrikli cihazların kullanımı için yeterli gerilim seviyelerinin olmadığı gözlemlenmektedir.

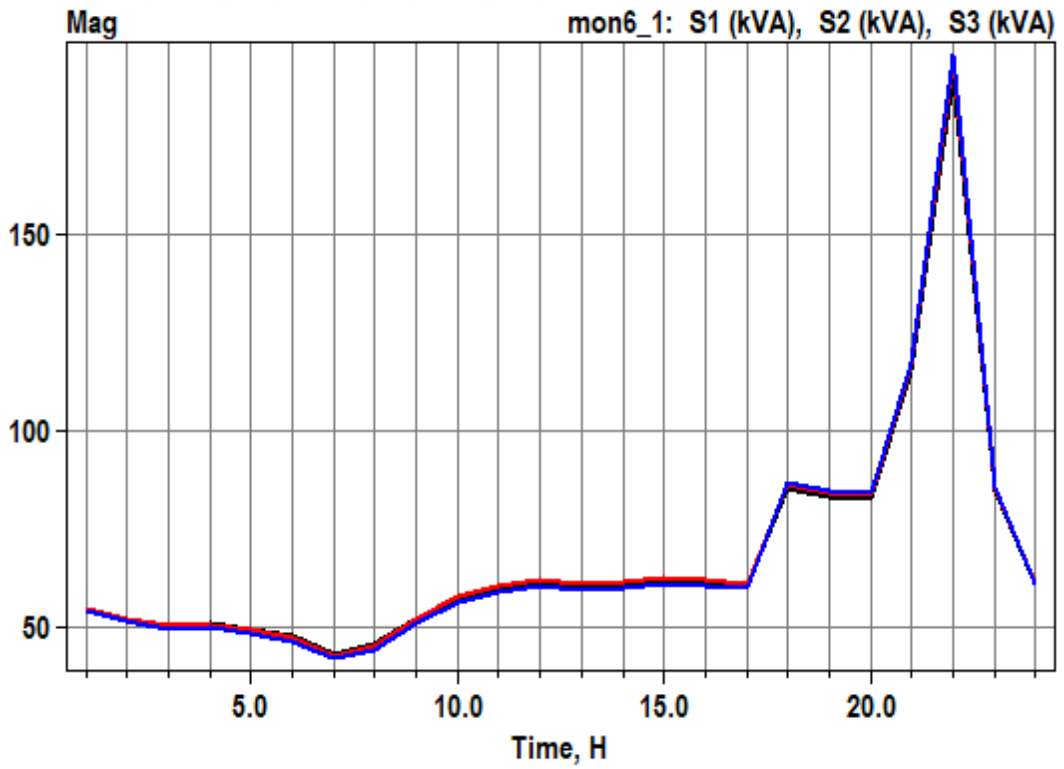


Şekil 4. 79 D kolu 10 yıl sonrası son baradan alınan gerilim ölçümleri.

Şekil 4.80’de ise on yıl sonrası için tahmin edilen şebekedeki akım oranları görülmektedir. Puant saat aralığında trafodan çekilen akım miktarının 920 A olduğu kaydedilmiştir. Mevcut şebekedeki sigortaların arıza oluşturacağı öngörülmektedir. Şebekeden çekilen 920 A’lık yük hat üzerindeki doluluk oranını %90’lara ulaşmıştır. Artan elektrik tüketim oranları ile trafo bölgelerinde saat 18h00 ila 00h00 arasında yük yoğunluğu olduğu görülmektedir. Şekil 4.81’de ise ilgili kola ait güç grafikleri verilmiştir.



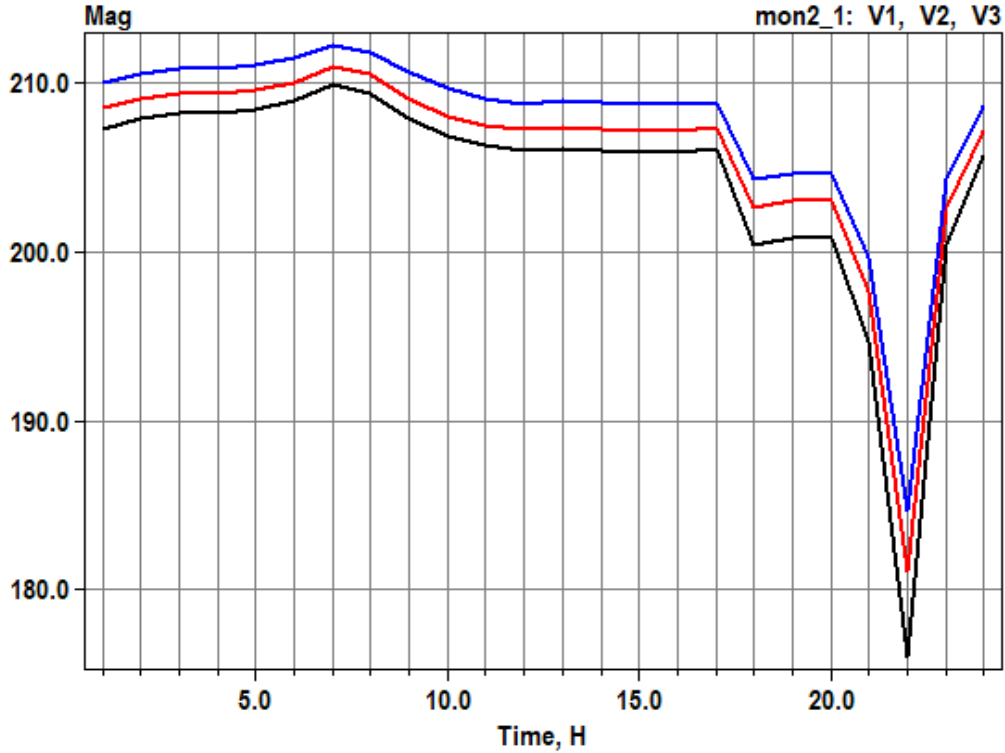
Şekil 4. 80 D kolu 10 yıl sonrası akım ölçümleri.



Şekil 4. 81 D kolu 10 yıl sonrası güç ölçümleri.

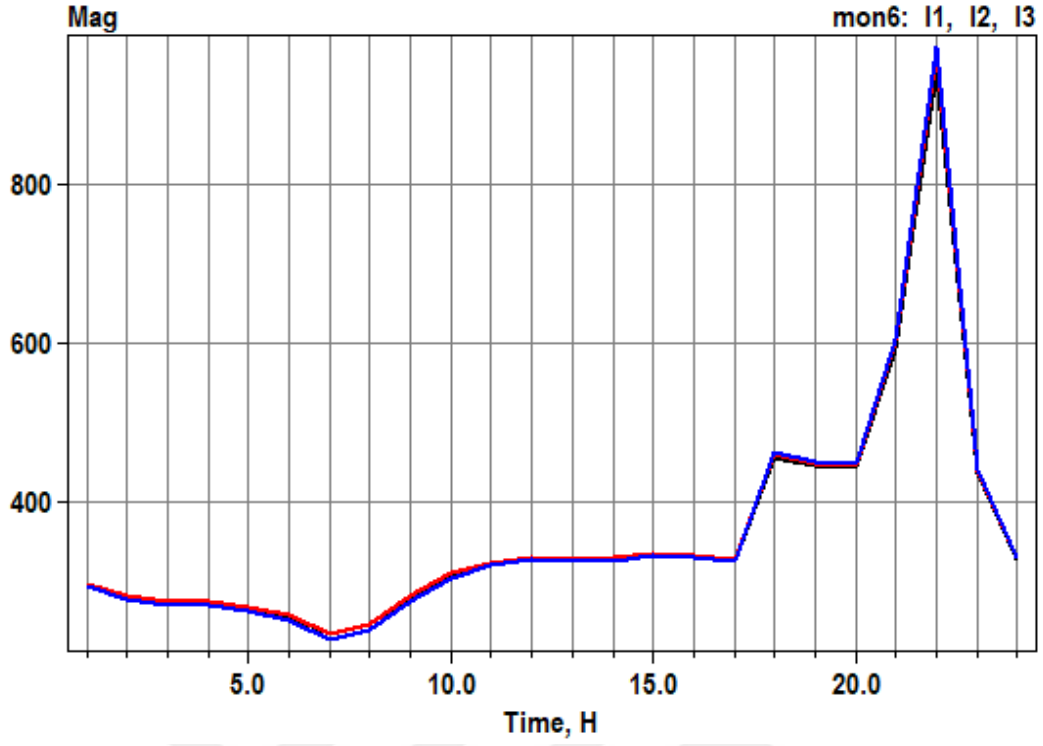
4.8 15 yıl sonrası İçin Tahmini Tüketimlerin İncelenmesi

Şekil 4.82’de şebeke üzerinde yapılan 15 yıllık bir tahmin sonucu son kullanıcıdan alınan gerilim değerleri görülmektedir. Artan elektrik ihtiyaçları doğrultusunda şebekede oluşan yük yoğunluğu sebebiyle gerilim düşümleri meydana gelmektedir. Puant saat aralığında şebekedeki son kullanıcının gerilim seviyeleri 175 V ‘a kadar düşmüştür. Gelecek yıllarda artan elektrikli araç sayısı ve elektrik ihtiyacı için gerilim seviyelerinde dalgalanmaların oluşacağı görülmektedir. Nominal gerilim seviyeleri mevcut şebekede 210 V iken puant saatlerinde 35 V’luk değişim ile gerilim düşümü meydana gelmektedir. Bu düşüş elektrikli cihazlar için yeterli gerilim seviyesi olmadığını göstermektedir.

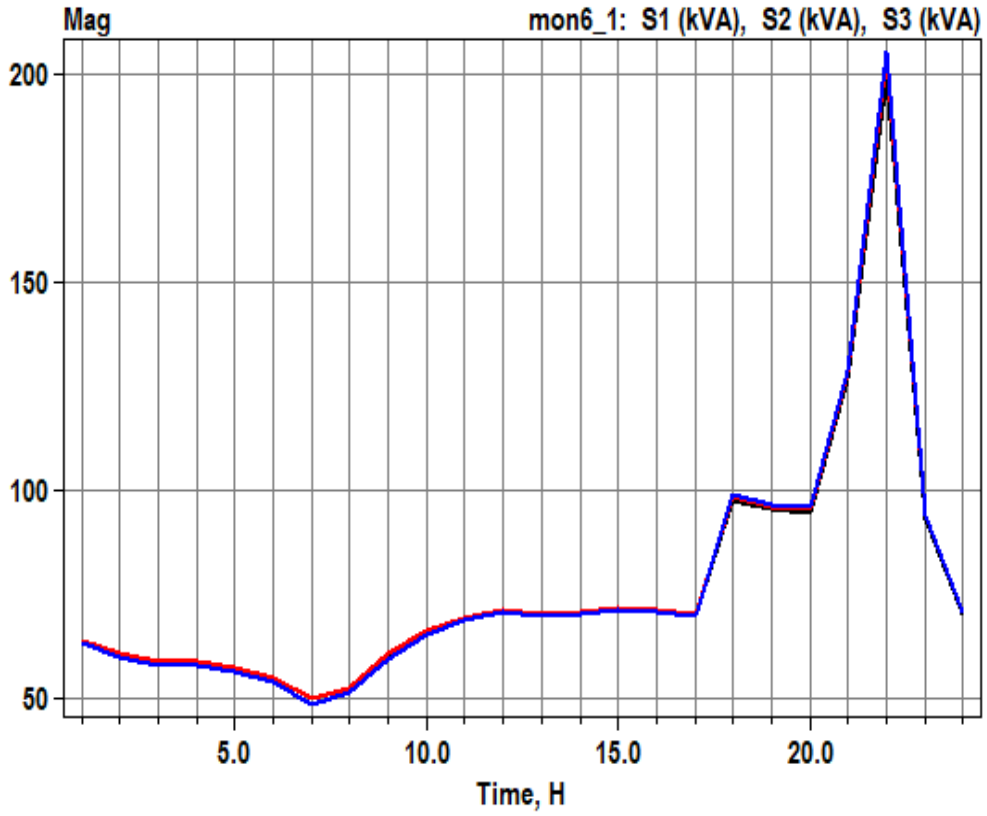


Şekil 4. 82 D kolu 15 yıl sonrası son baradan alınan gerilim ölçümleri.

Şekil 4.83’de mevcut şebekenin 15 yıl sonrası tahmin edilip elektrik tüketim miktarları incelenmiştir. 15 yıl sonrası için şebekeden çekilen akım miktarının 975 A seviyelerine ulaştığı görülmüştür. Artan elektrik tüketim miktarlarına göre 15 yıl sonrası için elektrik dağıtım şebekesinin hat kapasitesinin doluluk oranının %100 seviyelerine ulaşacağı görülmektedir. Şekil 4.84’de ilgili kola ait güç grafikleri görülmektedir.



Şekil 4. 83 D kolu 15 yıl sonrası akım ölçümleri.



Şekil 4. 84 D kolu 15 yıl sonrası güç ölçümleri.

Çizelge 4.1’de mevcut şebeke için ve gelecek yıllardaki tahmini tüketimler için trafo üzerindeki yük yoğunlukları verilmiştir. Günümüz sütununda mevcut şebekede bulunan 300 adet daire için her birinde elektrikli araç şarj istasyonu varsayılarak şebeke analizi yapılmıştır. Gerilim değeri günümüz için 200 V olarak gözlemlenmiştir. Mevcut durumda trafonun diğer kollarında puant saatlerde hat kapasite yetersizliği söz konusudur. 5 yıl sonrası sütununda ise mevcut şebekede bulunan 300 adet elektrikli şarj istasyonu sayısı sabit kalarak mesken abonelerin elektrik tüketim miktarlarındaki artış incelenmiştir. Yapılan tahminlere göre 5 yıl sonrası için D kolundaki abonelerde puant saatlerinde aşırı akımdan dolayı hat kapasitesi yetersiz kalacaktır. Diğer kollarda 5 yıl sonrası tahmini tüketimler için elektrikli araç şarj istasyonları devreye girdiği saatlerde maksimum akım değerleri hat kapasitesinin üstüne çıkmaktadır.

Çizelge 4. 1 Trafonun yıllara göre yük yoğunluğu.

		Günümüz	5 yıl sonra	10 yıl sonra	15 yıl sonra
A KOLU	Akım (A)	500	525	560	590
	Gerilim (V)	202	200	198	194
	Güç (kVA)	106	110	116	124
B KOLU	Akım (A)	595	630	665	700
	Gerilim (V)	196	195	190	186
	Güç (kVA)	125	130	140	150
C KOLU	Akım (A)	540	580	620	676
	Gerilim (V)	204	202	199	196
	Güç (kVA)	116	125	132	142
D KOLU	Akım (A)	840	865	920	975
	Gerilim (V)	190	188	185	180
	Güç (kVA)	175	180	190	205
E KOLU	Akım (A)	540	560	593	630
	Gerilim (V)	206	204	202	200
	Güç (kVA)	115	121	127	135

10 ve 15 yıl sonrası için yapılan tahminlerde trafo üzerindeki 300 adet elektrikli şarj istasyonu sayısı sabit kalırken meskenlerde artan elektrik tüketim miktarları göz önüne alınmıştır. Akım değerleri en düşük 560 A iken en yüksek 975 A seviyelerinde görülmüştür. Son kullanıcılardaki gerilim değerleri en yüksek 202 V iken en düşük 180 V olarak ölçülmüştür. Bu düşüş nominal gerilimin 220V olduğu şebekede %18’lik bir gerilime tekabül etmektedir. Trafonun tüm kollarında meydana gelen aşırı akım miktarları hat kapasitesinin üstünde olup bu değerler puant saatlerinde oldukça yükseğe çıkmaktadır. Trafo çıkışındaki 250 A’lık sigortanın kesme akımının aşıldığı ve geçici

arızaların oluşabileceği ön görülmektedir. Söz konusu trafo kollarının artan elektrik ihtiyacına göre kritik önem arz ettiği görülmektedir. Mevcut trafo ve şebekenin kapasiteleri için günümüz sütununda elektrikli araç şarj istasyonlarının devreye girdiği saatlerde hat kapasitesi akım ve gerilim değerlerinden yetersiz kalmaktadır. 10 yıl sonrası için tahminlerde ise trafonun tüm kolları günün belirli saatlerinde maksimum akım değerleri aşıldığından ve çok fazla gerilim düşümü meydana geldiğinden şebeke kapasitesinin yetersiz kalacağı ön görülmüştür. Oluşan gerilim düşümlerinden dolayı birçok elektrikli alet için yeterli gerilim seviyesi sağlanamamaktadır. Bundan dolayı şebeke üzerindeki yük yoğunluğundan meydana gelen gerilim düşümlerinde elektrikli cihazlarını eksik veya çalışmama durumları söz konusudur.

Yapılan değerlendirmelerde kullanılan şarj istasyonu ve artan enerji talep miktarları için akım, gerilim ve güç durumları incelenmiştir. Kollarda meydana gelebilecek arıza durumları değerlendirilmiştir. Şebeke üzerinde yapılan tahminlemelerin dışında beklenmedik durumların olması da göz önünde bulundurulmalıdır. Kullanılan şarj istasyonu 11 kW olup bütün elektrikli araçlar için kullanımı uygundur. Fakat 22 kW güce sahip ev tipi elektrikli araç şarj istasyonları da bulunmaktadır. Araçları 22 kW ev tipi şarj istasyonuna uygun olan kullanıcılar daha hızlı şarj için bu istasyonu tercih edebilirler. Bu durumda artan enerji talebinden dolayı şebekeden çekilen akım miktarında artış olacaktır ve son kullanıcılarda daha fazla gerilim düşümleri meydana gelecektir. Başka bir durum ise trafo bölgesine inşa edilme ihtimali olan yüksek güç talebi bulunan binalar için değerlendirilebilir. Şebekenin herhangi bir noktasına inşa edilen bu yapılar (okul veya iş merkezi) şebeke üzerinde yük yoğunluğu oluşturacaktır. Şebekeden çektikleri yüksek akım değerleri puant saatlerinde ani arızalara yol açabilir. Şebekenin belirli noktalarında oluşan gerilim düşümlerinin etkisi ile kullanıcılarda elektrikli cihazlarını çalıştıramama gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Artan yapıların etkisi ile mevcutta bulunan trafonun gücü yetersiz kalabilir. Bu ve benzeri durumlar da düşünüldüğünde trafo ve hat kapasitelerinin tahmin edilen zaman aralığından daha kısa bir sürede yetersiz kalacağı söylenebilir. Sonuç olarak şebeke üzerinde yapılan çalışmalarda tahmin edilen durumların gerçekleşmesi durumunda veya beklemedik durumların olasılıkları düşünüldüğünde şebeke üzerinde bulunan trafo gücü ve hat kapasiteleri yetersiz kalacaktır.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasının amacı artan elektrikli araç şarj istasyonu sayısının ve artan nüfusla birlikte ortaya çıkan elektrik enerjisi talebinin dağıtım şebekesi üzerindeki etkilerini araştırılmasıdır. Bu kapsamda, elektrikli araç şarj istasyonlarının dağıtım şebekelerinin hizmet sahası içerisine girmesi ile birlikte şebeke üzerinde oluşan gerilim düşümü, puant değer saat aralığı ve şarj istasyonlarının şebekeden çektiği maksimum akım miktarlarının incelenmesi gerçekleştirilmiş ve şebekenin sağlıklı yönetimi için gerekli tedbirler önerilmiştir.

Bu sebeple, çalışmada Afyonkarahisar'da bulunan ve pilot olarak seçilen bir elektrik dağıtım bölgesindeki trafo ve alçak gerilim şebekesi baz alınmıştır. Şebeke üzerindeki binaların saatlik yüklenme bilgileri trafo üzerindeki sayaçlardan alınarak, her bir kullanıcı için 24 saatlik veri tabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri tabanı OpenDSS programına aktarılmıştır. Daha sonra programa şebeke üzerindeki hat lokasyonları CBS ile alınan koordinatları ile birlikte eklenerek hat şeması oluşturulmuştur. Simülasyon programına mevcut şebekenin hat tertibatı, akım kapasiteleri, gerilim değerleri, sigorta akımları eklenerek gerçek bir simülasyon ortamı hazırlanmıştır. Oluşturulan bu yapıya elektrikli araç şarj istasyonları rastgele seçimler ile eklenerek simülasyon tanımları yapılmıştır. Artan elektrik talebine göre TEİAŞ'ın yaptığı bir çalışma baz alınarak (İnt.Kyn.9), 5, 10 ve 15 yıl sonrası için elektrik talep tahminleri oluşturulmuş ve simülasyon üzerinden yük yoğunlukları karşılaştırılmıştır.

Simülasyon programına eklenen veriler ile grafik çıktılarında gerilim düşümü, şebekeden çekilen akım miktarları ve güç durumları incelenmiştir. Saatlik olarak eklenilen şarj istasyonu ve mesken abonelerinin elektrik kullanım durumları tespit edilmiştir. Şebeke üzerindeki mesken abone sayısı sabit kalırken artan enerji talep miktarları ve şarj istasyonu sayılarına göre değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Puant saat aralığı, artan şarj istasyonu sayısının hat kapasitesine etkisi, son baralardaki kullanıcılarda meydana gelen gerilim düşümü ve ana trafodan çıkış kollarındaki akım ve güç değerleri grafiksel olarak incelenmiştir. Mevcut hatların akım taşıma kapasitesi ve sigorta yüklerine göre şarj istasyonunun etkileri gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, mevcut elektrik dağıtım şebekesi için yapılan simülasyonlarda artan enerji talep miktarları ve şarj istasyonları sayısından dolayı yetersiz kalacağı gösterilmiştir. Şebekedeki tüm kullanıcıların elektrikli araç şarj istasyonu kullanmasıyla birlikte trafo üzerindeki kolları akım sigortaları sınır seviyelerinde çalışacağı da ayrıca belirtilmiştir. Artan talep tahminlerine göre analiz yapıldığında ise mevcut şebekenin trafo güç kapasitesinin yeterli olduğu fakat hat kapasitesinin ve trafo çıkışlarında bulunan sigortaların yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda şebekeden çekilen akım miktarlarıyla puant saatlerde yük yoğunluğu olduğu görülmüştür. Mesken aboneler için puant saatin 18h00 iken şarj istasyonlarının etkisiyle puant saati 22h00'a kadar ilerlemiştir. Elektrik piyasası dağıtım sistemi yatırımlarının belirlenmesine ilişkin usul ve esaslara göre yeni yatırım yapılan şebekelerde bir sonraki yatırım için 15 yıl azami süre istenmektedir (İnt.Kyn.10). Seçilen pilot bölgede ise mevcut şebekeye yeni yatırım yapılarak yer altına alındığı ve trafo gücü, hat kesitleri değiştirildiği bilinmektedir. Bu kapsamda artan elektrik talep tahminlerine göre mevcut şebekenin gelecek 15 yıl için kapasitesinin yetersiz kalacağı öngörülmüştür.

Yapılan çalışmalar sonucunda elektrik dağıtım şebekesinin puant saatlerde meydana gelen yük yoğunluğundan ve ilgili yatırım maddesinden dolayı aşağıdaki durumlar önerilebilir;

- Elektrikli araç kullanıcıları için akıllı şarj istasyonu ağı kurularak şarj etme zaman aralığının şebeke yük yoğunluğuna göre ayarlanabilmesi.
- Mesken kullanıcılar için tek zamanlı tarife yerine üç zamanlı tarife ile elektrikli araçların gece yük yoğunluğunun az olduğu saatlerde şarj edilmesi.
- Çok fazla binanın bulunduğu siteler için kendi öz ihtiyaçlarını karşılayacak özel trafo bölgelerinin oluşturulması.
- Şehir merkezlerindeki hızlı şarj istasyonu sayılarının artırılması.
- İlgili yatırım maddesinin elektrikli araçlar düşünülerek güncellenmesi ve şebeke üzerindeki kapasite artışlarının yapılabilmesi.
- Dağıtık üretim modeliyle bölgesel olarak elektrik üretim ve tüketim parametrelerinin hayata geçirilmesi.

6. KAYNAKLAR

- Ahmad F, Iqbal A, Ashraf I, Marzband M, Khan I, 2022, Placement of electric vehicle fast charging stations in distribution network considering power loss, land cost and electric vehicle population, 1693–1709.
- Aljohani T, Mohammed O, 2018, Modeling the Impact of the Vehicle-to-Grid Services on the Hourly Operation of the Power Distribution Grid, *Designs* 2018, Vol. 2, Page 55, 2(4), 55.
- Arias M B, Bae S, 2016, Electric vehicle charging demand forecasting model based on big data technologies, *Applied Energy*, 183, 327–339.
- Bayram B 2019, Türkiye’deki Şarj İstasyonu Sayısı Elektrikli Otomobili Yakaladı, Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği (TEHAD),2019, İstanbul.
- Bilal M, Rizwan M, 2021, Integration of electric vehicle charging stations and capacitors in distribution systems with vehicle-to-grid facility, *Energy Sources, Part A Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 0000-0003-2839-7241
- Bottery M, 2008, Educational leadership, the depletion of oil supplies and the need for an ethic of global sustainability, *School Leadership and Management*, 28(3), 281–297.
- Chen T, Kockelman K, Khan M, 2013, Locating electric vehicle charging stations, *Transportation Research Record*, (2385), 28–36.
- Csonka B, Havas M, Csiszár C, Földes D, 2020, Operational Methods for Charging of Electric Vehicles, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 48(4), 369–376.
- Cuma M U, Cengiz A H, Tümay M, 2016, Çukurova Üniversitesinde Kentsel Elektrikli Araç Ulaşımı ve Şarj İstasyonu Uygulama Simülasyonu, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(2), 343–354.
- Das H S, Rahman M M, Li S, Tan C W, 2020, Electric vehicles standards, charging infrastructure and impact on grid integration, A technological review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120.
- Demirtaş M, Yılmaz E, Ünal C, Küçükpehlivan T, Ağaçsapan B, Aksoy T, 2021,

- Elektrikli Araçlar ve Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması, GSI Journals Serie C, Advancements in Information Sciences and Technologies, 4(1), 11–32.
- Domínguez-Navarro J A, Dufo-López R., Yusta-Loyo J M, Artal-Sevil J S, Bernal-Agustín J L, 2019, Design of an electric vehicle fast-charging station with integration of renewable energy and storage systems, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 105, 46–58.
- Dulau L I, Bica D, 2020, Effects of electric vehicles on power networks, Procedia Manufacturing C, 46, ss. 370–377.
- Elghitani F, El-Saadany E F, 2021, Efficient Assignment of Electric Vehicles to Charging Stations, IEEE Transactions on Smart Grid, 12(1), 761–773.
- Febriwijaya Y H, Purwadi A, Rizqiawan A, Heryana N, 2014, A study on the impacts of DC Fast Charging Stations on power distribution system, Proceedings of 2014 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science, ICEECS 2014, 136–140.
- Durmuş F S, Kaymaz H, 2020, Elektrikli araç şarj yöntemleri. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulama Dergisi, 3(2), 123–139.
- Gülkaya B, Ateş Y, 2021, Elektrikli Taşıtların Dağıtılmış Üretim Tabanlı Şebekeler Üzerindeki Etkilerinin Analizi Ve Çözüm Önerileri, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(4), 1174–1199.
- Güven A F, Akbaşak S B, 2021, Elektrikli Araçlarda DA Hızlı Şarj Ünitelerinin Şebeke Altyapısına Etkilerinin İncelenmesi, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(1), 42–54.
- Han S, Han S, Sezaki K, 2010, Development of an optimal vehicle-to-grid aggregator for frequency regulation, IEEE Transactions on Smart Grid, 1(1), 65–72.
- Jafar-Nowdeh A, Babanezhad M, Arabi-Nowdeh S, Naderipour A, Kamyab H, Abdul-Malek Z ve Ramachandaramurthy V K, 2020, Meta-heuristic matrix moth–flame algorithm for optimal reconfiguration of distribution networks and placement of solar and wind renewable sources considering reliability, Environmental Technology & Innovation, 20, 101118.

- Jannatkah J, Najafi B, Ghaebi H, 2020, Energy and exergy analysis of combined ORC – ERC system for biodiesel-fed diesel engine waste heat recovery, *Energy Conversion and Management*, 209.
- Kerem A, ve Gürbak H, 2020, *Fen Bilimleri Dergisi*, Fast Charging Station Technologies For Electric Vehicles.
- Li X, Wang Z, Zhang L, Sun F, Cui D, Hecht C, Sauer D, 2023, Electric vehicle behavior modeling and applications in vehicle-grid integration, *An overview Energy*, 268, 126647.
- Maggetto G, Van Mierlo J, 2000, Electric and electric hybrid vehicle technology A survey, *IEE Colloquium (Digest)*, (50), 1–11.
- Muratoğlu Y, Akkaya A, 2016, Elektrikli Araç Teknolojisi ve Pil Yönetim Sistemi İnceleme, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, 2015, Ankara.
- Nikitha L, Anil L, Tripathi A, Nagesh S, 2017, Effect of electrical vehicle charging on power quality, *Proceedings of IEEE International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies*, 20, 101118.
- Özbay H, Közkurt C, Dalcalı A, Tektaş M, 2020, Geleceğin ulaşım tercihi: Elektrikli araçlar, 3, 1, 34-50.
- Öztürk Z, 2018, İstanbul’da Karayolu Yolcu Taşımacılığında Elektrikli Araç Kullanımının İncelenmesi, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 367–386.
- Røstvik H N, 2014, Norway’s electric vehicle deployment success. A historical review including plans for fast charging stations covering all of the country By 2015, *2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition, EVS27*, 1-10.
- Steciuk P B, Redmon J, 1996, Voltage sag analysis peaks customer service. *IEEE Computer Applications in Power*, 9(4), 48–51.
- Sutopo W, Nizam M, Rahmawatie B, Fahma F, 2018, A Review of Electric Vehicles Charging Standard Development: Study Case in Indonesia, *Proceeding - 2018 5th International Conference on Electric Vehicular Technology, ICEVT 2018*, 152–157.
- Temiz A, 2015, Assessment of impacts of electric vehicles on low voltage distribution

networks in Turkey,Orta Doğu Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi,105s,Ankara.

Tu H, Feng H, Srdic S, Lukic S, 2019, Extreme Fast Charging of Electric Vehicles: A Technology Overview, IEEE Transactions on Transportation Electrification, 5(4), 861–878.

Üstkoyuncu N, 2018, Hibrid ve Elektrikli Arabalar Ders Notu, Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kayseri.

Viviescas C, Lima L, Diuana F A, Vasquez E, Ludovique C, Silva G N, Paredes J R, 2019, Contribution of Variable Renewable Energy to increase energy security in Latin America: Complementarity and climate change impacts on wind and solar resources, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 113, 109232.

Westbrook M H, 2001, The Electric Car: development and future of battery, hybrid and fuel-cell cars, Transport Research Laboratory,198,England.

Yağcitekin B, Uzunoğlu M, Karakaş A, 2016, A new deployment method for electric vehicle charging infrastructure, Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 24(3), 1292–1305.

Zhang J, Wang Z, Miller E J, Cui D, Liu P, Zhang Z, 2023, Charging demand prediction in Beijing based on real-world electric vehicle data, Journal of Energy Storage, 57, 106294.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://www.enerjiatlasi.com/haber/turkiye-deki-elektrikli-otomobil-sayisi>,12.12.2023
- 2- <https://www.nufusune.com/663-afyonkarahisar-merkez-selcuklu-mahallesi-nufusu>,23.11.2023
- 3- <https://www.oznirkablo.com.tr/urunler/3-6-6-20-3-35-kV-Orta-Gerilim-Aluminyum-iletkenli-XLPE-izole-ve-PVC-kilifli-Kablolar/20,335-kV-XLPE-%C4%B0ZOLEL%C4%B0-AL%C3%9CM%C4%B0NYUM->

- %C4%B0LETKENL%C4%B0-TEK-DAMARLI-ORTA-GER%C4%B0L%C4%B0M-G%C3%9C%C3%87-KABLOLARI,17.09.2023
- 4- <https://www.oznurkablo.com.tr/urunler/0-6-1-kv-pvc-izoleli-aluminyum-iletkenli-guc-kablolari-yavv-r-tse-nayy-vde-al-pvc-pvc-bs-3>, 17.09.2023
 - 5- <https://www.tedas.gov.tr/FileUpload/MediaFolder/6465e4d8-a093-4e4e-bb73-dcde522bc30d.pdf>, 1.11.2023
 - 6- https://www.elektromarketim.com/tuncmatik-tsk16031-my-charger-22kw-ac-trifaze-t2-ev-tipi-kablolu-elektrikli-arac-sarj-istasyonu?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAuqKqBhDxARIsAFZELmLuDC2q4a9GNSGd-QwAIS3YRgFD4qdZ3G3PN-29AC7Z95rzeHMHtbUaArwuEALw_wcB, 6.11.2023
 - 7- <https://www.erdem-erdem.av.tr/bilgi-bankasi/elektrik-dagitim-sektor-raporu>, 14.12.2023
 - 8- <https://www.epri.com/pages/sa/openss>, 15.12.2023
 - 9- <https://www.teias.gov.tr/ilgili-raporlar> (10 Yıllık Talep Tahminleri Raporu (2023-2032)),10.12.2023
 - 10- <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/4-8108/duyuru> “Elektrik Piyasası Dağıtım Sistemi Yatırımlarının Belirlenmesine İlişkin Usul ve Esaslar Taslağı”,11.12.2023