



**T. C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE FARKLI TASARIM
SEÇİMLERİNİN GÜÇ KAYBI VE MALİYET ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Oğuzhan ASİLTÜRK
(20179240018)**

Enerji Bilimi ve Teknolojisi Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Vekil SARI

SİVAS

TEMMUZ 2021

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.



Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Oğuzhan ASİLTÜRK, 2021

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda deneyim ve desteklerinden dolayı saygıdeğer danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Vekil Sarı'ya, hayatımın her anında yanımda olan, inanan ve destekleyen aileme ve yol arkadaşım Kübra Epsileli'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ 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 ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

13.07.2021

Oğuzhan ASİLTÜRK

ÖZET

ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE FARKLI TASARIM SEÇİMLERİNİN GÜÇ KAYBI VE MALİYET ANALİZLERİ

Oğuzhan ASİLTÜRK

Yüksek Lisans Tezi

Enerji Bilimi ve Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Vekil SARI

2021, 67+xiv sayfa

Gelişmekte olan illerimizde sanayi yapılanmasının getirdiği enerji ihtiyacı aynı zamanda bu enerjinin son tüketiciye kadar uygun maliyetler ile ulaştırılmasını da gerektirmektedir. Bu ihtiyaç ülkemizde elektrik dağıtım şirketlerince karşılanmaya çalışılsa da, dağıtım şirketlerinin maddi, iş gücü ve zaman olarak eksik kaldığı alanlarda müteşebbis yatırımları ile çözüme ulaşmaya çalışılmaktadır. Bu durumda yapılması gereken üretim maliyetlerini düşürmeye çalışmamıza ek olarak ileriye dönük projelerin öngörülerek, kaynakları en faydalı şekilde kullanarak; tüketiciye düşük maliyet ile bu enerjiyi sağlamaktır.

Nitelikli enerji ve iş gücü kaybını engellemenin bir yolu da şebeke tasarımının doğru planlanmış olmasıdır. Büyüyen ve gelişen şehirlerin, sanayileşmenin ve yaşam alanlarının olduğu her bölgede enerjinin arzı arttığı gibi bu arzın güvenliği, verimi ve tasarımı da önem kazanmaktadır.

Bu tez çalışmasında Kocaeli İli Başiskele İlçesi Karadenizliler Mahallesinde 150 bin m² alana sahip bir bölgede enerji ihtiyacı ve mevcut durumda 19 adet müteşebbis yatırımlar ile yapılan trafo tesisleri yerine düzenli bir yatırım planlaması ile oluşacak güç kaybı ve maliyet farklılıkları incelenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda oluşan bulgular yeni planlamanın maliyet ve güç kaybı açısından daha verimli olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Elektrik dağıtım tesisleri, enerji arzı, güç kaybı.

ABSTRACT

POWER LOSS AND COST ANALYSIS OF DIFFERENT DESIGN CHOICES IN ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORKS

Oğuzhan ASİLTÜRK

Master of Science Thesis

Department of Energy Science and Technology Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Vekil SARI

2021, 67+xiv pages

The energy need brought by the industrial structuring in our developing provinces also requires that this energy be delivered to the end consumer at affordable costs. Although this need is tried to be met by electricity distribution companies in our country, it is tried to reach a solution with entrepreneurial investments in areas where distribution companies are lacking in terms of material, labor and time. In this case, in addition to trying to reduce the production costs that need to be done, by predicting future projects, using the resources in the most beneficial way; to provide this energy to the consumer at low cost.

One of the ways to prevent the loss of qualified energy and workforce is to have the network design planned correctly. In every region with growing and developing cities, industrialization and living spaces, the supply of energy increases, as well as the security, efficiency and design of this supply.

In this thesis, energy requirement in a region which 150.000 m² in Karadenizliler Quarter of Başiskele District of Kocaeli Province and power loss and cost differences that will occur with a regular investment planning instead of transformer facilities made with 19 entrepreneur investments are examined.

Findings resulting from the study show that the new planning is more efficient in terms of cost and power loss.

Key Words: Electricity distribution facilities, energy supply, power loss.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Enerji.....	1
1.2 Literatür Taraması.....	3
2. ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKELERİ	5
2.1 Elektrik Enerjisi Gerilim Seviyeleri.....	5
2.2 Elektrik Dağıtım Şebekeleri	5
2.2.1 Enerji nakil hattı direkleri	10
2.2.1.1 Kullanım amacına göre beton direk çeşitleri	11
2.2.1.1.1 Taşıyıcı direkler.....	11
2.2.1.1.2 Köşede taşıyıcı direkler	12
2.2.1.1.3 Durdurucu direkler	12
2.2.1.1.4 Nihayet direkler	12
2.2.1.1.5 Branşman direkler	12
2.2.2 Havai enerji nakil hattı iletkenleri.....	12
2.2.3 Havai enerji nakil hattı izolatörleri	14
2.2.4 Havai enerji nakil hattı traversleri.....	18
2.2.5 Direk tipi trafo tesisleri platformları	19
2.2.6 Kesiciler ve ayırıcılar	20
2.2.7 Dağıtım transformatörleri	22
2.2.8 Yer altı orta gerilim kabloları.....	24
2.2.9 Bina tipi trafo merkezleri	25
2.2.10 Modüler hava yalıtımlı orta gerilim hücreleri.....	26
2.2.11 Elektrik dağıtım tesislerinde kayıplar	29
3. MATERYAL VE METOT	30
3.1 Mevcut Durum Elektrik Dağıtım Şebekesi	30

3.1.1	Mevcut durum elektrik dağıtım şebekesi projelendirilmesi.....	30
3.1.2	Mevcut durum gerilim düşümü ve güç kaybı	38
3.1.3	Mevcut durum maliyet hesabı.....	44
3.2	Elektrik Dağıtım Şebekesi Yeni Durum Projesi	46
3.2.1	Yeni durum gerilim düşümü ve güç kaybı.....	55
3.2.2	Yeni durum maliyet hesabı	58
4.	İŞLETME BAKIM ve ENERJİ KESİNTİLERİNİN MALİYET ANALİZİ.	60
5.	SONUÇLAR	63
	KAYNAKLAR	64
	ÖZGEÇMİŞ.....	67



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Şebeke tasarım modelleri.....	6
Şekil 2.2 Dağıtım şirketine ait direk tipi trafo merkezi tek hat şeması.....	7
Şekil 2.3 Özel müşterilere ait trafo tesisleri ana dağıtım panosu şeması.....	8
Şekil 2.4 Ölçü hücresi bulunan köşk tipi trafo tesisi	9
Şekil 2.5 Alçak gerilim seviyesinden ölçüm yapılan köşk tipi trafo tesisi	9
Şekil 2.6 Pin Tipi İzolatörler (VHD) (Url-8).....	15
Şekil 2.7 Hava hattı mesnet izolatörleri (VKS) (Url-9).....	16
Şekil 2.8 Tek askı ve gergi takımı	17
Şekil 2.9 Çubuk izolatörler	17
Şekil 2.10 Kompozit silikon izolatör	18
Şekil 2.11 Orta gerilim vibre beton traversi	18
Şekil 2.12 Orta gerilim vibre beton konsol.....	19
Şekil 2.13 Direk tipi trafo tesisi platformu görünüşü	19
Şekil 2.14 Yağlı kesici	20
Şekil 2.15 SF6 gazlı kesici.....	21
Şekil 2.16 Vakumlu kesici	21
Şekil 2.17 Havai enerji nakil hattı direk tipi ayırıcı.....	22
Şekil 2.18 Hermetik tip dağıtım transformatörü (Astor, 2020)	23
Şekil 2.19 Yağ genleşme depolu dağıtım trafosu	23
Şekil 2.20 Kuru tip dağıtım trafosu.....	24
Şekil 2.21 Tip-1 tek parçalı trafo merkezi	25
Şekil 2.22 Tip-2 iki parçalı trafo merkezi.....	26
Şekil 2.23 Yük ayırıcılı giriş hücresi	27
Şekil 2.24 Yük ayırıcı + sigorta bileşenli trafo koruma hücresi	27
Şekil 2.25 Gerilim ölçü hücresi	28
Şekil 2.26 Kesicili giriş-çıkış hücresi	28
Şekil 2.27 Akım gerilim ölçü hücresi	29
Şekil 3.1 Orta gerilim polimer parafudr.....	31
Şekil 3.2 Tesadüfen dokunmaya karşı izole malzemeler.....	32
Şekil 3.3 Mevcut durum vaziyet planı	33
Şekil 3.4 Direk tipi trafo tesisi	36
Şekil 3.5 Mevcut durum prensip şeması	41
Şekil 3.6 Tip-A Box tek hat şeması	47
Şekil 3.7 Akü-redresör grubu.....	47
Şekil 3.8 Yeni durum vaziyet planı.....	48
Şekil 3.9 TR-1 trafo merkezi yerleşim planı.....	49
Şekil 3.10 TR-1 primer malzeme listesi	50
Şekil 3.11 TR-2 trafo merkezi yerleşim planı.....	51
Şekil 3.12 TR-2 primer malzeme listesi	52
Şekil 3.13 TR-3 trafo merkezi yerleşim planı.....	53
Şekil 3.14 TR-3 primer malzeme listesi	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 Türkiye brüt elektrik üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre 2020..	1
Çizelge 2.1 Yapıldıkları malzemelere göre direk tipleri.....	10
Çizelge 2.2 Buz yükü bölgesinin yükseklik ilişkisi	11
Çizelge 2.3 Alüminyum havai hat iletkenler yapı, mekanik ve elektriksel özellikleri . (Öznur Kablo, Örgülü Alüminyum Havai Hat İletkenler (AAC), 2021).....	13
Çizelge 2.4 Çelik özlü alüminyum iletkenler yapı, mekanik ve elektriksel özellikleri (Öznur Kablo, Örgülü Alüminyum Havai Hat İletkenler (AAC), 2021).....	13
Çizelge 2.5 Buz yükü bölgelerine göre iletkenlerin müşterek hat çekme kuvvetleri	14
Çizelge 3.1 Orta gerilim projeleri lejantı	32
Çizelge 3.2 Mevcut durum enerji nakil hattı donatı listesi	34
Çizelge 3.3 Mevcut durum trafo direkleri donatı listesi	35
Çizelge 3.4 Trafo tesisleri güç değerleri ve trafo iniş kabloları.....	37
Çizelge 3.5 NAYY kablolarına ait karakteristikler.....	38
Çizelge 3.6 Alçak gerilim kabloları gerilim düşümü ve güç kaybı	39
Çizelge 3.7 Orta gerilim iletkenleri güç kaybı.....	40
Çizelge 3.8 Tedaş MLZ/99-032.E standardına göre transformatör kayıp değerleri..	42
Çizelge 3.9 Mevcut durum trafoları güç kayıpları ve toplam güç kaybı analizi.....	43
Çizelge 3.10 Mevcut durum malzeme ve montaj keşfi.....	44
Çizelge 3.11 NYY kablo karakteristikleri	46
Çizelge 3.12 TR-1 Besleme şeması	49
Çizelge 3.13 TR-2 Besleme şeması	51
Çizelge 3.14 TR-3 Besleme şeması	53
Çizelge 3.15 Orta gerilim kabloları çekilen güç değerleri.....	55
Çizelge 3.16 Orta gerilim kabloları gerilim düşümü ve güç kaybı.....	55
Çizelge 3.17 Alçak gerilim dağıtım şebekesi gerilim düşümü ve güç kaybı.....	56
Çizelge 3.18 Abone besleme kablolarında güç kaybı ve gerilim düşümü.....	57
Çizelge 3.19 Yeni durum trafoları güç kaybı ve toplam güç kaybı analizi	58
Çizelge 3.20 Yeni durum malzeme ve montaj keşfi	58
Çizelge 4.1 Kesinti süreleri ve maliyet tablosu	60
Çizelge 4.2 2020 yılı kesinti süreleri	61
Çizelge 5.1 Maliyet ve Güç Kaybı Analizi.....	63

SİMGELER DİZİNİ

P_s	Trafo çıkış gücü, W
P_p	Trafo primer gücü, W
P_k	Trafo toplam kayıp gücü, W
P_{fe}	Trafo demir kayıpları gücü, W
P_{cu}	Trafo bakır kayıpları gücü, W
g	Trafo yüklenme oranı
ΔP	İletim hatlarında güç kaybı, W
L	Hat iletken uzunluğu, m
C	İletken sabiti
P	Aktif güç, W
S	İletken kesiti, mm ²
U	İşletme gerilimi, V
k	Öz iletkenlik katsayısı
TR	Trafo
STS	Sigortalı topraklı seksiyoner
SW.	Swallow iletken
PL	Trafo platformu
T	Taşıyıcı direk
BR	Branşman direk
ENH	Enerji nakil hattı
OG	Orta gerilim
AG	Alçak gerilim
R	Direnç, Ω

KISALTMALAR DİZİNİ

CÜ	: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
SEDAŞ	: Sakarya Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
EMO	: Elektrik Mühendisleri Odası
DAPT	: Proje ve Tesis Daire Başkanlığı
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
TSE	: Türk Standart Enstitüsü
RG	: Resmi Gazete



1. GİRİŞ

1.1 Enerji

Elektrik enerjisinin son tüketiciye ulaşma basamakları üretim, iletim ve dağıtım olarak 3 grupta nitelendirilmektedir. Enerjinin nitelikli, emniyetli ve sürdürülebilir bir şekilde tüketicilere iletilmesi amaçlanmaktadır.

Sınırlı kaynaklar ve bu kaynakların gayrimesul kullanılması enerjinin üretim maliyetlerini artırmaktadır. Türkiye elektrik enerjisi tüketimi 2018 yılında bir önceki yıla göre %2,2 artarak 304,2 milyar kWh, elektrik üretimi ise bir önceki yıla göre %2,2 oranında artarak 304,8 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizin 2019 yılı itibariyle kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı; % 31,4'ü hidrolik enerji, % 29,0'sı doğal gaz, % 22,4'ü kömür, % 8,0'ı rüzgâr, % 6,0'ı güneş, % 1,5'i jeotermal ve % 1,7'si ise diğer kaynaklar şeklindedir. Elektrik tüketiminin 2023 yılında baz senaryoya göre yıllık ortalama %4,8 artışla 375,8 TWh'e ulaşması beklenmektedir (Url-1, 2021).

Çizelge 1.1'de 2020 yılına ait elektrik üretim değerlerinin yıllık dağılımı verilmektedir. Bu çizelgeye göre kurulu güç kaynakları ile üretim kaynakları arasında uyumsuzluk gözükmekte ve fosil yakıtların kullanım yoğunluğu dikkat çekmektedir.

Çizelge 1.1 Türkiye brüt elektrik üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre 2020 yılı (Url-2, 2021)

Türkiye Brüt Elektrik Üretiminin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Yıllık Dağılımı	Birim (Unit): GWh
Taşkömürü + İthal Kömür+Asfaltit	68105,17
Linyit	38163,85
Sıvı Yakıtlar	313,0387
Doğal Gaz +Lng	69331,14
Yenilenebilir + Atık	5501,491
Termik	181414,7
Hidrolik	78119,18
Jeotermal + Rüzgar+Güneş	45897,52
Brüt Üretim	305431,4
Dış Alım	1888,287
Dış Satım	2483,99
Brüt Talep	304835,7

Bu durumda yapılması gereken üretim maliyetlerini düşürmeye çalışmamıza ek olarak ileriye dönük projelerin öngörülerek, kaynakları en faydalı şekilde kullanarak; tüketiciye düşük maliyet ile bu enerjiyi sağlamaktır. Nitelikli enerji ve iş gücü kaybını engellemenin bir yolu da şebeke tasarımının doğru planlanmış olmasıdır. Büyüyen ve gelişen şehirlerin, sanayileşmenin ve yaşam alanlarının olduğu her bölgede enerjinin arzı arttığı gibi bu arzın güvenliği, verimi ve tasarımı da önem kazanmaktadır.

2013 yılında Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketinin özelleştirmeleri tamamlanarak Enerji Piyasası Denetleme Kurulu tarafından Özel Elektrik Dağıtım Şirketlerine bu dağıtım yetkisi için lisansları verilmiştir. Bu kapsamda Kocaeli İli yüksek gerilim ve alçak gerilim tesislerinin yeni yatırım planlamalarının yönetilmesi için Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş. (SEDAŞ) görevlendirilmiştir.

Bu yatırımlar dağıtım şirketi tarafından yatırım politikası ve kapsamında olan bölgelerde sürdürüldüğü gibi özel müteşebbisler tarafından gerekli izin ve belgeler alınıp, yetkili mühendisler dağıtım şirketi onaylı projeleri hazırlatılarak elektrik dağıtım şirketi kontrollüğünde de yapılabilmektedir.

Fakat gelişmesi hızlı olan sanayi sitelerinde müteşebbis yatırımları her geçen gün dağıtım şirketinin planlarının çok önünde ve parça parça yapılandığı için yatırım maliyetleri, şebeke güvenliği ve tasarımı sağlıklı sonuçlar vermemektedir.

Bu tez çalışmasında Kocaeli İli Başiskele İlçesi 154/34,5kV İzmit TM Gölcük-II Hattından Enerjili, DM285 Carrefour Köprü Altı Kabinden Besli, TR628 Kullar TR16 Binadan besli, TR614 Kullar TR18 kabinden besli şu anki mevcut hali havai ve müşterilere göre bireysel (müteşebbis yatırımları) olarak tasarlanan elektrik dağıtım şebeke sisteminin yeraltına alınarak müşterilere ortak kullanım noktaları oluşturulması sonucu arasındaki oluşacak maliyet farkları ve kayıp analizleri ele alınmıştır. Çalışma mevcut durumun verileri ile gerçekleştirilmiştir.

TR614 Köşk tipi dağıtım merkezinden beslenen Ali İslam Caddesi, Türkkın Sokak, Keskin Sokak, Fulya Sokak, Köklü Sokak adreslerindeki 8 adet 100 kVA, 1 adet 160 kVA, 4 adet 250 kVA ve 5 Adet 400 kVA direk tipi trafo merkezi, 400 kVA köşk tipi trafo merkezi ve bunlara ait alt müşteriler incelenmiştir.

Bu tesisler üzerinde farklı şebeke tasarımının sağlıklı çalışması ve tesislerin kullanılabilirliğini denetlemek amacı ile her aboneye ait gerilim düşümü hesapları da göz önünde bulundurulmuştur.

Şebeke tasarımında veriler sahada mevcut durum baz alınarak Autocad programı üzerinde planlı olarak işlenmiştir.

1.2 Literatür Taraması

Elektrik iletimi yüksek gerilim hatları ile yapılır, fakat santrallerde üretilen seviyede iletilmez. Yükseltilerek iletim hatlarıyla dağıtım merkezlerine iletilir. Bunun sebebi, $P=V \cdot I$ formülüne göre açıklanabilir. Sabit gücün alçak gerilim ile iletilmesi çok yüksek akım oluşturacağından iletkenlerinde çok kalın olması gerekir ki bu iletkenleri döşemek bir hayli maliyetli ve zor olacaktır. Gerilimin yükselmesi ile akım azalacağı için enerji iletim hattındaki kayıplarda azalacaktır (*Uzunoglu & Erdinç, 2013*).

Bu konuda daha önce yapılan çalışmalarda; Düzgün'e göre dağıtım şebekelerindeki kayıplarının azaltılmasında yüksek gerilim seviyelerinde iletim sağlanması, iletkenlerin ve kabloların boşa bekletilmemesi, dağıtım yapılan alanda kompanzasyonun sağlanması, maksimum verim için çift devre hatlarda eşit güç paylaşımının yapılması, transformatörlerin ihtiyaca uygun olarak seçilmesi alınabilecek tedbirler olarak sıralandırılmıştır (*Düzgün, 2018*).

Georgilakis, modern PDP (power distribution planning) problemine uygulanan son teknoloji modellere ve yöntemlere genel bir bakış sunar, bu alandaki mevcut ve gelecekteki araştırma eğilimlerini analiz eder ve sınıflandırır. Son yıllarda, modern güç dağıtım sistemlerinin optimum tasarımına önemli araştırma çabaları ayrılmıştır. Güç dağıtım planlamasının (PDP) amacı, dağıtım sistemini mümkün olan en ekonomik, güvenilir ve güvenli şekilde talep artışını zamanında karşılayacak şekilde tasarlamaktır. Dağıtım şebekesinin pasiften aktif hale aşamalı olarak dönüştürülmesi, planlama sırasında dağıtılmış üretim ve aktif talebin etkisini ve kontrollerinin artan avantajlarını da dikkate alma ihtiyacını doğurur. Modern PDP sorununun çözümü için son zamanlarda birkaç model ve yöntem önerilmiştir (*Georgilakis & Hatziargyriou, 2015*).

Tiryaki, çalışmasında akıllı şebekeler altyapısına uygun bir orta gerilim trafo merkezinin tasarımı ve ekonomik analizi üzerine çalışmış ve arıza, bakım ve kurulum maliyetlerini incelemiştir (*Tiryaki, 2016*).

Atak Aktaş, yüksek gerilim hatları için ekonomik bir tasarım incelemiştir. Başlangıçtaki yatırım maliyetleri, güç kaybı, bakım masrafları ve yıllık getiri üzerine dayalı maliyet hesabıyla uygun miktarda ve uygun güçte transformatörün araştırılması

sağlamıştır. Seçilmiş hat mesafeleri ve talep edilen güç değerlerine istinaden bazı durumlar incelemiştir (*Atak Aktaş, 2019*).

Başka bir çalışmada Örme; deneyimlerini ve dağıtım şirketlerinde gördüğü aksaklıkları incelediği çalışmasında dağıtım şirketlerinin müteşebbis yatırımlarındaki yaşadığı sorunları enerji arzının kalitesizliğine vurgu yaparak açıklamış ve çözüm önerilerinde bulunmuştur (*Örme, 2019*).

Diğer bir çalışmada Uyanık; konut yapılanmasının yoğun olduğu bir alanda transformatör ve hatlardaki güç kayıplarını ve yatırım maliyetini incelemiştir. Konut projelerinin ve daha sık bir yapılanmanın olduğu bu alanda yeraltı kablolu AG hatlarında havai hatlı AG hatlarına göre daha az güç kaybı meydana geldiği görülmüştür (*Uyanık, 2020*).

Başka bir çalışmada Pekiner'in yaptığı analizde teknik olan kayıpları ise akıma bağlı kayıplar(iletken dirençleri), akımdan bağımsız kayıplar (kaçak akımlar), boşta kayıplar (yükten bağımsız, trafo boşta kayıpları vb.) ve yükte kayıplar (sargı ve demir kayıpları) olarak ayrılmıştır (*Pekiner, 1993*).

Günden güne kendini yenileyen ve yeni teknolojileri içerisine alan enerji sektörü hakkında yakın zamanda yapılan bu çalışmalara ek olarak yaptığımız bu çalışmada, farklı yüksek gerilim dağıtım şebeke modellerinde güç kayıpları, yatırım maliyetleri kıyaslamaları yapılarak; müteşebbis yatırımlarının dağıtım şirketi yatırımları ile farklılıklarını da ortaya koymuştur.

2. ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKELERİ

2.1 Elektrik Enerjisi Gerilim Seviyeleri

Elektrik enerjisi gerilim seviyesine göre 1 kV' a kadar olan değerler için alçak gerilim 1kV-34,5kV değerleri arasında orta gerilim ve 34,5kV değeri üzerindeki gerilimler için yüksek gerilim olarak adlandırılır (*Örücü, 2011*).

Elektrik enerjisinin iletiminde akım seviyesinin düşürülerek yüksek gerilim seviyelerinde iletilmesi bu sayede iletken kesitlerini düşürmek ve akım düşürüldüğü için iletimdeki kayıpları azaltmak hedeflenmektedir (*Url-3, 2021*). Elektrik üretim santrallerinden yüksek gerilim değerleri ile çıkış yapan elektrik enerjisi, iletim hatları ile yüksek kV değerini güç trafoları vasıtasıyla orta gerilim seviyesine düşürdüğü için indirici merkez olarak adlandırılan dağıtım merkezlerine iletilir.

Ülkemizde yüksek gerilim iletim hatlarımızın gerilim seviyesi 154 kV ve 380 kV 'tur. İndirici merkezlerimizde buna bağlı olarak 154kV/34,5kV ve 380kV/34,5kV olarak gerilim değerlerine sahiptir (*Çakıl, Carlak, & Özen, 2015*). Ayrıca Ege bölgesinde 10 kV, İç Anadolu bölgesinde 6,3 - 15 ve 31.5 kV gerilim seviyeleri bazı alanlarda kullanılmaktadır (Akbulut, 2019). 6,3 kV, 10,5 kV, 15 kV alçak gerilim seviyelerinde, akım değerlerinin yüksek olması kayıpları artıracığı için bu sistemlerinde 36 kV seviyelerine optimizasyonu sağlanmaktadır (*Akar, 2020*). Dağıtım Merkezlerinden orta gerilim seviyesinde çıkış yapan enerji şehir, köy, sanayi tesislerinde kullanılmak üzere belirli noktalarda alçak gerilim seviyesine düşürülerek tüketiciye hizmet sunulmuş olur. İndirici merkezlerden tüketicinin kullanımına kadar kurulan bu sisteme elektrik dağıtım şebekesi adı verilir (*EPDK, 2021*).

Elektrik dağıtım şebekelerinde kullanılabilecek gerilimler TS EN 60038 numaralı Türk Standartlarında belirtilmiş olup alçak gerilim tesisleri için tek fazlı sistemlerde faz-toprak anma geriliminin 230 V, üç fazlı sistemler için faz-faz arası anma gerilimi 400 V olarak belirtilmiştir. Orta gerilim tesisleri için maksimum gerilim seviyesi standartları ise 24kV, 36kV, 40,5kV olarak verilmiştir (*Url-4, 2021*). Son kullanıcının bu gerilim seviyelerinden $\pm$ %5 değerinde etkilenmesi istenir (*EMO, 2017*).

2.2 Elektrik Dağıtım Şebekeleri

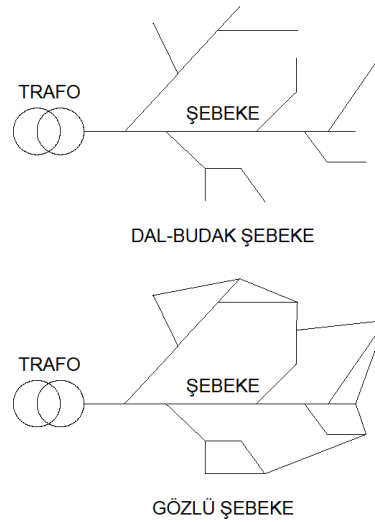
Elektrik üretim santrallerinde üretilen enerjinin gerilimi yükseltilerek tüketim tesislerinin ortak olduğu bir alanda indirici merkeze iletilir ve bu merkezde gerilim seviyesi tüketim noktalarının kullanımına uygun gerilim seviyesine düşürülmektedir.

Elektrik dağıtım şebekeleri indirici merkezlerden tüketim noktalarına enerji naklini sağlayan sistemlerdir. Gerilim seviyesi tüketim noktalarında dağıtım trafoları yardımı ile alçak gerilim seviyesine düşülerek tüketicinin kullanımına uygun hale getirilir. Bu tüketim tesisleri sulama, mesken, sanayi veya ticarethane amaçları ile kullanılmaktadır.

Şebekelerin besleme tasarımlarına göre iki başlıkta inceleyebiliriz. Şebeke tasarımları Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Akbulut, 2019).

Açık şebekeler (Dal budak şebekeler); şebeke tek yönden beslenmektedir ve güç kayıp oranları yüksektir.

Kapalı şebekeler (Gözlü şebekeler); şebeke tek yönden besli ve bütün şebeke birbirine bağlı vaziyette veya iki yönlü beslemede yapılabilmektedir (Yavuz, 2012).



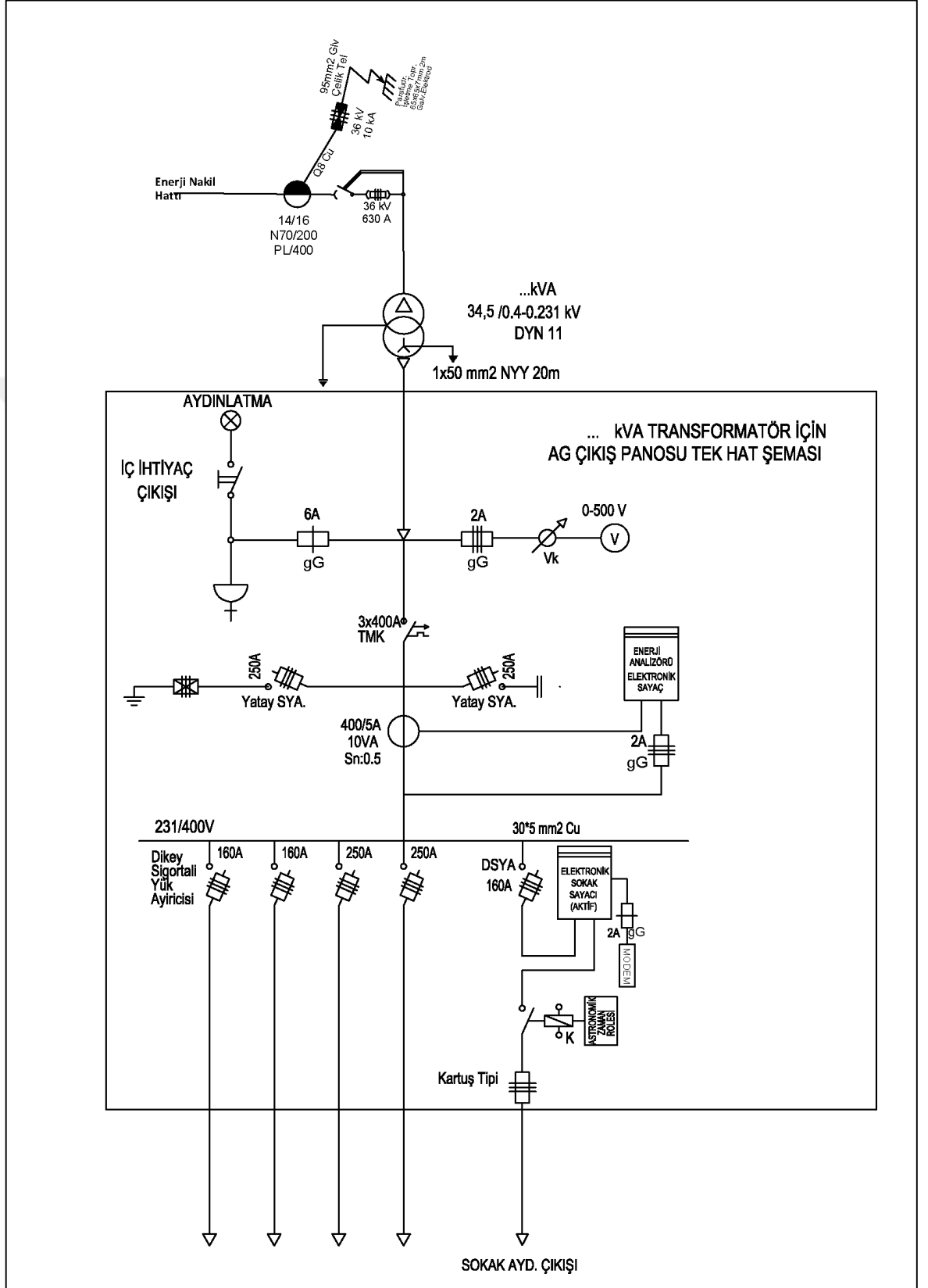
Şekil 2.1 Şebeke tasarım modelleri

Dağıtım şebekeleri aynı zamanda iletim hatlarına göre yer altı kablolu ve havai hatlı dağıtım şebekeleri olarak adlandırılmaktadırlar.

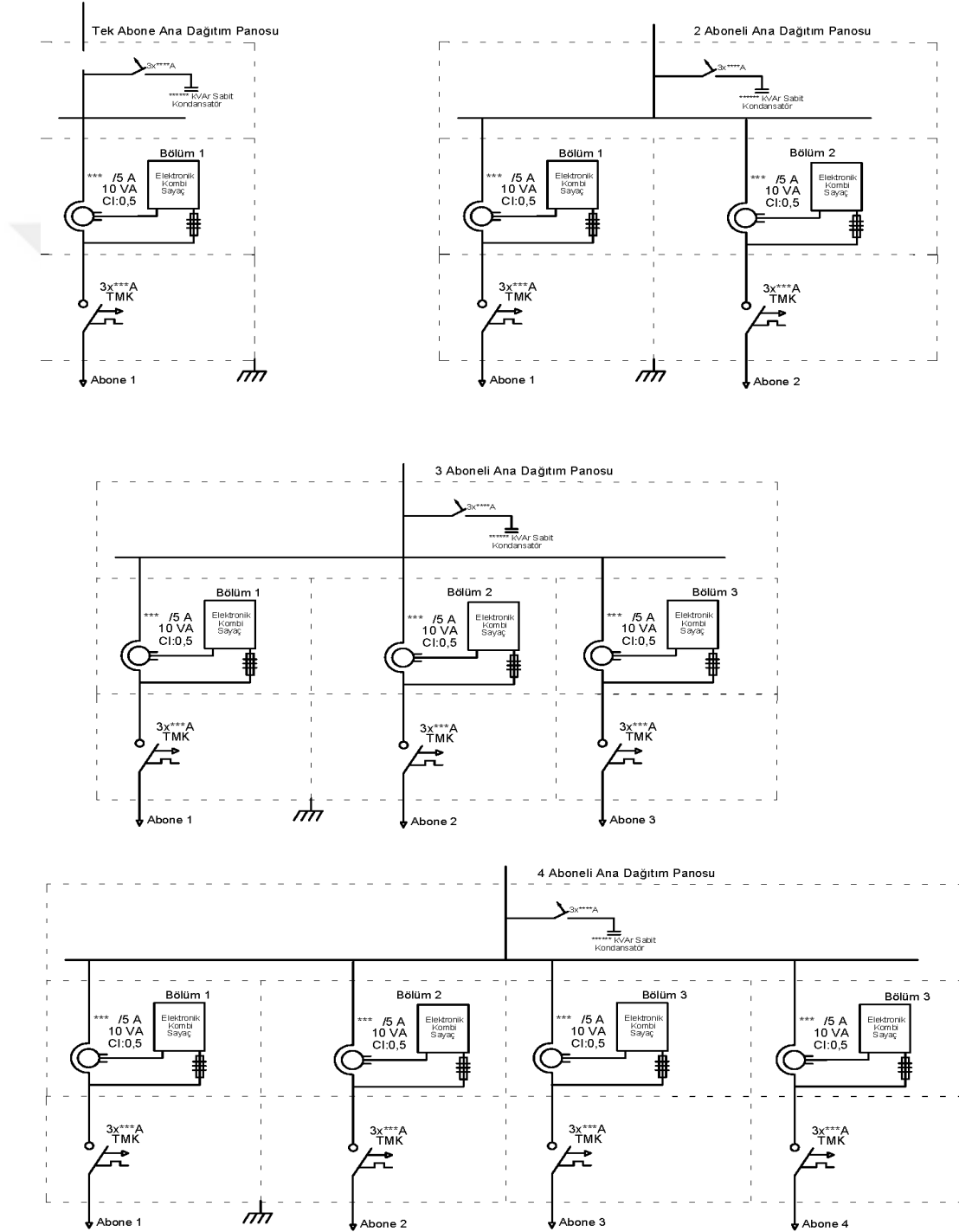
Ülkemizde dağıtım sistemleri tasarımında kullanılan yer altı kabloları ile iletimin sağlandığı köşk tipi trafo tesisleri ve havai hatlar ile iletimin sağlandığı direk tipi trafo tesisleri olarak iki baz model bulunmaktadır. Direk tipi trafo tesisleri için maksimum izin verilen trafo gücü 400 kVA dır. Bu güç üzerindeki trafo tesisleri için köşk tipi trafo merkezi tesis edilmesi gerekmektedir (Akar, 2020).

Direk tipi trafo tesislerinde trafo tesisi alçak gerilim seviyesinden ölçüm yapılmaktadır. Bu tip trafo tesisleri dağıtım şirketine ait ise trafo direği altında bulunan

alçak gerilim ana dağıtım panosundan sokak aydınlatma ve aboneliklere ait çıkışlar bulunmaktadır. Bu tesislere ait tek hat dağıtım şeması Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

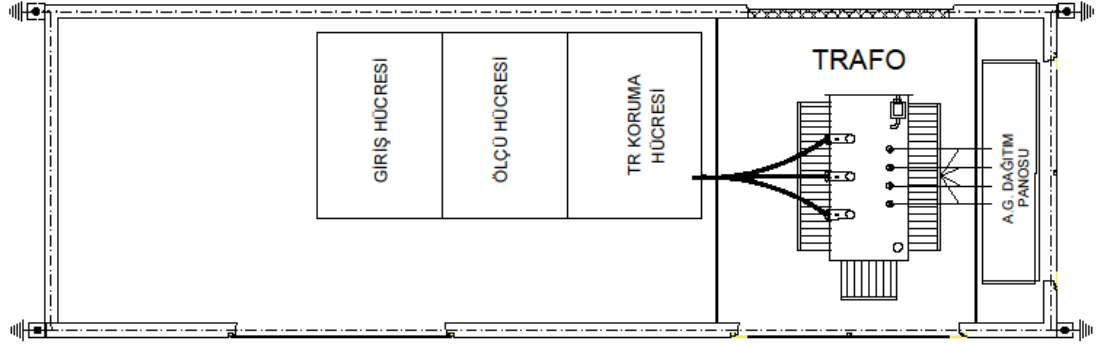


Direk tipi trafo tesisinin özel müşterilere ait olduğu alanlarda ise dağıtım şirketinin belirlediği sayıda abonelik verilerek enerji ihtiyacı sağlanmaktadır. Bölgelere göre farklılık gösteren dağıtım şirketlerinde bu tesislerde maksimum 1 ile 4 arası abonelik imkânı sunmaktadırlar. Bu tesislerde dağıtım panosu olarak ölçü panosu kullanılmaktadır. **Şekil 2.3**'de ana dağıtım panolarının farklı abone sayıları için ölçü panosu olarak kullanıldığında oluşan tek hat şeması gösterilmiştir.



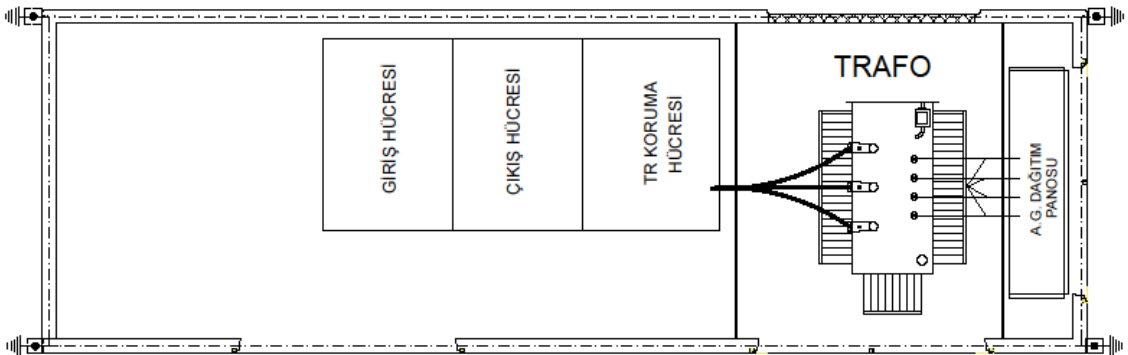
Şekil 2.3 Özel müşterilere ait trafo tesisleri ana dağıtım panosu şeması

Köşk tipi trafo tesisleri trafo tesisi özel müşteriye ait ise orta gerilim seviyesinden ölçü hücreleri vasıtasıyla ölçüm yapılmakta ve tek abonelik oluşturulabilmektedir. Şekil 2.4’de görüldüğü üzere trafo tesisi öncesinde bulunan ölçü hücresinde gerilim trafosu ve akım trafosu bulunmaktadır. Gerilim ve akım trafosu değerleri dağıtım tesisi gerilim seviyesine ve trafo gücüne göre seçim yapılmaktadır. Bu trafolardan alınan sekonder değerleri ölçü hücresi üzerinde bulunan sayaca işlenerek ölçüm tamamlanmaktadır.



Şekil 2.4 Ölçü hücresi bulunan köşk tipi trafo tesisi

Trafo tesisi dağıtım şirketine ait ise alçak gerilim seviyesinden ölçüm yapılmakta ve trafo tesisinin gücüne göre abonelik verilebilmektedir. Şekil 2.5 Alçak gerilim seviyesinden ölçüm yapılan köşk tipi trafo tesisi’te görüldüğü üzere trafo tesisinden sonra dâhili tip dağıtım panosu bulunmakta ve Şekil 2.2’de bulunan tek hata göre imal edilmektedir. Tek hat şemasında bulunan çıkışlardan boxlara ve daha sonra abonelere ait ölçü panolarına bağlantı yapılarak ölçüm sağlanmaktadır.



Şekil 2.5 Alçak gerilim seviyesinden ölçüm yapılan köşk tipi trafo tesisi

Dağıtım şirketine ait trafolarda köşk tipi veya direk tipi fark etmeksizin alçak gerilim panolarından fiderler çıkar. Bu fiderler genelde 4 kol olarak ayrılır. Alçak gerilim dağıtım panosundan yapılan çıkışlar havai hat veya yer altı kablolar ile aboneliklere

iletilmektedir. Bu fiderlerin besleyebileceği güç, iletken mesafesi, yük yoğunluğu, trafo gücü ve kol üzerinde tesis edilen iletken kesiti ile sınırlıdır. Bunlara bağlı olarak bir fiderin ne kadar alanı besleyeceği hesaplanmaktadır (Akar, 2020).

Tüm bu dağıtım şebekelerinin tasarımı ve planlaması elektrik dağıtım şirketlerinin kısa, orta ve uzun vadeli yatırım planları içerisinde hesaplanarak tesis edilmektedir.

2.2.1 Enerji nakil hattı direkleri

Enerji nakil hattı direkleri yapıldıkları malzemelere göre; ağaç direkler, demir direkler ve betonarme direkler olarak ayrılmaktadırlar (Tedaş, 2007).

Çizelge 2.1 Yapıldıkları malzemelere göre direk tipleri

1-Ağaç Direkler	
2-Demir Direkler	Boyalı-kaynaklı demir direkler
	Galvaniz cıvatalı, galvaniz demir direkler
3-Beton Direkler	Vibre betonarme (VBA) direkler
	Santrifüj betonarme (SBA) direkler

Ağaç direkler iğne yapraklı ağaçlardan elde edilir ve çürük ve kovuk bulunmamalıdır. Ağaç direkler enerji nakil hatlarında kullanıldığında temellerinde toprak ile sıkıştırılmış agrega kullanılır ve beton atılmaz. Ağaç direkler tepe ve dip çağlarına göre hafif (H), orta (O), ağır (A) olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Direk tipleri isimlendirilirken 12-A belirtiminde 12 metre direk boyu ve A harfi ağır tip direk olduğunu göstermektedir (Üçkardeş, 2010).

Demir direkler ağaç direklerden daha uzun ömürlü ve beton direklerden daha hafiftirler. Parçalanarak taşınmayı mümkün kıldığından dolayı zor ulaşım şartlarına sahip (vinç giremeyen alanlarda) kullanım kolaylığı sağlamaktadırlar. Demir direklerin dış etkenlere karşı koruması için boyama veya galvanizleme yöntemi kullanılmaktadır (EMO, 2012). Nemden kaynaklı oksitlenme yaşayabilen bu tip direklerde boyalarının yenilenmesi gerektiğinden dolayı masraf ve bu bakımlar için elektrik kesintilerine sebep olmaktadır. Bakım maliyetlerinden kaynaklı olarak 3AWG ve 1/0AWG iletkenli hatlarda boyalı kaynaklı demir direk kullanılmakta 3/0AWG 266.8MCM ve 477MCM iletkenli hatlarda galvaniz cıvatalı demir direkler tesis edilmektedir (Yunusoğlu, 2016).

Demir direkler profil üretimine bağlı olarak 6'şar metrelik olarak imal edilmektedirler. Bu tip direklerin montajı için temelleri 200 dozlu beton ile doldurulmaktadır (EMO, 2012).

Elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğine göre çaprazlar için 40x40x4 ve dikmeler için 50x50x5 köşebent kullanılmalıdır (Enerji Bakanlığı, 2000).

Demir direkler kullanım amacına göre; zaviye (Z), nihayet (N), durdurucu (D) ve taşıyıcı (T) olarak adlandırılır. Bu direkler isimlendirilirken örneğin Z-10 olarak adlandırılır ve ilk harf direğin kullanım amacını sonraki rakam direğin metrajını belirtmektedir.

Beton direkli enerji nakil hattı tesislerinde direkler toprağa 2 metre gömülerek temeline beton atılmaktadır. Kalınlıklarının yüksek olmasından dolayı cebri kuvvetlere karşı dayanıklıdır. Beton direkler H/P olarak isimlendirilir. Buradaki H direğin boyunu P direğin 25 cm aşağısındaki anma tepe kuvvetidir. Beton direkler tepe kuvvetine göre 250 kg'dan 3500 kg'a kadar boyları ise 8 m'den 26 m'ye kadar değişmektedir (Url-5, 2021).

Beton direklerin tepe kuvvetlerinin seçimi yatayda ve dikeyde etki eden kuvvetlere göre seçilmektedir. İletkenlerde oluşan buz yükü, bölgelere ve yükseltiye göre değişmektedir. Buz yükü bölgeleri yükseltiye göre ilişkisi Çizelge 2.2 de belirtilmiştir.

Çizelge 2.2 Buz yükü bölgesinin yükseklik ilişkisi

0-600 mt.	601-900 mt.	901-1600 mt.	≥ 1600 mt.
I.Bölge	II.Bölge	III.Bölge	IV.Bölge

Beton direklerin seçimlerinde aynı zamanda rüzgâr yükü hesapları da yapılmalıdır. Direklere etki eden dikey kuvvetlere ise üzerinde bulunan teçhizatlar (konsol, izolator, hırdavat malzemeleri) sayılabilmektedir (EMO, 2017).

2.2.1.1 Kullanım amacına göre beton direk çeşitleri

2.2.1.1.1 Taşıyıcı direkler

İletkenlerin düz bir hat üzerinde taşındığı durumlarda sadece iletkenleri taşımak amacı ile kullanılan direklerdir. Projelerde T harfi ile gösterilmektedirler. Üzerlerinde taşıyıcı traversler bulunmakta ve iletkenler travers üzerinde bulunan izolatörlere taşıyıcı bağ

ile bağlanmaktadır. Direğin her iki yanında bulunan iletkenler yaklaşık aynı cer kuvvetlerine sahiptir ve bileşke yük sıfıra eşittir.

2.2.1.1.2 Köşede taşıyıcı direkler

İletkenlerin geniş açısı yaptığı yerlerde kullanılmaktadır. Projelerde KT harfleri ile gösterilir.

2.2.1.1.3 Durdurucu direkler

Hatların belirlenen bazı noktalarda sağlamlık ve bakımlarında kolaylık sağlaması amacı ile kullanılan direk tipleridir. 3AWG hatlarda 1 km mesafede veya 10 direk aralığında hat durdurulmalıdır. Kesiti daha yüksek olan iletkenlerde 5 km DAPT sözleşmelerine göre 5 km de bir durdurulmalıdır. Ayrıca demiryolu ve karayolu geçişlerinde her iki tarafta bulunan direklerde durdurucu olmalıdır (*Yunusoğlu, 2016*). Hat bu direklerde top başı veya gergi gibi nihayet bağı ile bağlanmalıdır. Bu direkler projelerde D işareti ile gösterilmektedir.

2.2.1.1.4 Nihayet direkler

Havai hattın başladığı ve bittiği noktalara nihayet direk denir. Projelerde N harfi ile temsil edilir.

2.2.1.1.5 Branşman direkler

Enerji nakil hattından yapılan ayırım noktalarına sahip direklerdir. Bu direklerden sonra hat ayırımı olduğu için branşman direk sonrasındaki direğe ayırıcı kullanılması ayırımı yapılan hattın bakım ve enerji kesintisinde sağlayacağı kolaylıktan dolayı tavsiye edilir.

2.2.2 Havai enerji nakil hattı iletkenleri

Enerji nakil hatlarında iletken seçiminde güç kaybının az olması ve aynı zamanda maliyetin düşük olması istenmektedir. İletkenlerin seçiminde mesafeler ve taşınacak akım değerlerine göre seçim yapılmaktadır. Bakır iletkenlerin iletim katsayısı alüminyuma göre yüksektir. Maliyet ve ağırlık tercihine göre bakıldığında ise alüminyum daha avantajlıdır. Havai hattı iletkenleri olarak alçak gerilim tesislerinde alüminyum örgülü iletkenler orta gerilim iletim tesislerinde çelik özlü alüminyum iletkenler kullanılmaktadır. Çelik özlü alüminyum iletkenlerde bulunan çelik mukavemeti sağlamak amacı ile kullanılmaktadır (*Yaşar, 2010*).

Çizelge 2.3 Alüminyum havai hat iletkenler yapı, mekanik ve elektriksel özellikleri
(Öznur Kablo, Örgülü Alüminyum Havai Hat İletkenler (AAC), 2021)

Anma Değeri	Kanada Standartları		Kesit Komple İletken	Bakır Eşdeğeri	Tel Sayısı ve Çapları		Komple İletken	Anma Kopma Yüğü	20°C de DC. Direnci	Birim Ağırlık
mm ²	Tip	Kesit	mm ²	mm ²	Adet	Çap	Çapı	kg	ohm/km	kg/km
21	Rose	4	21.14	13,3	7	1,96	5,88	416	1,355	57,8
27	Lily	3	26.60	16,73	7	2,2	6,6	514	1,077	72,8
34	İris	2	33.53	21,09	7	2,47	7,41	637	0,853	91,8
42	Pansy	1	42.49	26,72	7	2,78	8,34	777	0,674	116,4
53	Popy	1/10	53.48	33,63	7	3,12	9,36	941	0,535	146,4
67	Aster	2/0	67.14	42,22	7	3,5	10,5	1185	0,425	184,4
85	Phlox	3/0	84.91	53,4	7	3,93	11,79	1435	0,337	232,5
107	Oxlip	4/0	107.38	67,53	7	4,42	13,26	1814	0,266	294,0
126	Valerian	250000	126.35	79,46	19	2,91	14,55	2261	0,227	347,5
135	Daisy	266800	135.28	85,07	19	3,01	15,05	2421	0,212	371,1
152	Peony	300000	151.8	95,47	19	3,19	15,85	2671	0,189	417,2

Çizelge 2.4 Çelik özlü alüminyum iletkenler yapı, mekanik ve elektriksel özellikleri
(Öznur Kablo, Örgülü Alüminyum Havai Hat İletkenler (AAC), 2021)

Cins	Kopma Yüğü	İletkenlik Direnci 20°C	Al. Birim Ağırlık	Çelik Birim Ağırlık	Toplam Ağırlık
	N/mm ²	Ohm/km	Kg/km	Kg/km	Kg/km
Swan	831	1,355	58,1	27,5	85,6
Swallow	1038	1,0742	73,2	34,6	107,8
Sparrow	1264	0,854	92,1	43,6	135,7
Robin	1579	0,677	116,4	55	171,4
Raven	1945	0,536	146,8	69,4	216,2
Quall	2430	0,426	184,7	87,3	272
Pigeon	2995	0,3366	233,5	110,4	343,9
Waxwing	3220	0,213	371,8	58,3	430,1
Partridge	5113	0,214	372,2	171,6	543,8
Pheobe	3628	0.1891	418,9	65,7	484,6
Ostrich	5736	0,19	420	192,6	612,6
Hawk	8792	0,1194	666,8	306	972,8

Enerji nakil hattı direklerinde iletkenlerin uyguladığı çekme kuvvetlerine cer kuvveti adı verilir. İletkenlerin buz yüğü bölgelerine göre uyguladıkları cer kuvvetleri farklılık gösterir (Url-6, 2021).

Çizelge 2.5 Buz yükü bölgelerine göre iletkenlerin müşterek hat çekme kuvvetleri

İLETKEN CİNSİ	1. BÖLGE	2. BÖLGE	3. BÖLGE	4. BÖLGE
ROSE	70	100	147	148
LILY	79	110	162	161
IRIS	92	125	189	175
PANSY	104.7	138.5	188	189.7
POPPY	120	152	211	206
ASTER	137	170	230	224
PHYOX	157	194	259	244
OXLIP	168.5	217.5	282	265
SWALLOW	91	107	175	175
RAVEN	137	175	235	226
PIGEON	171	220,7	290	270
266.800	220	284.5	364	328
477.000	338	406.1	500	427
10 mm ² Cu	56.2	104.7	119	119.2
16 mm ² Cu	76	128.6	177.2	140
25 mm ² Cu	100	157.2	212	163,8
35 mm ² Cu	125	185.5	245	185
50 mm ² Cu	163	226.4	292	215
70 mm ² Cu	207	272.6	343	247

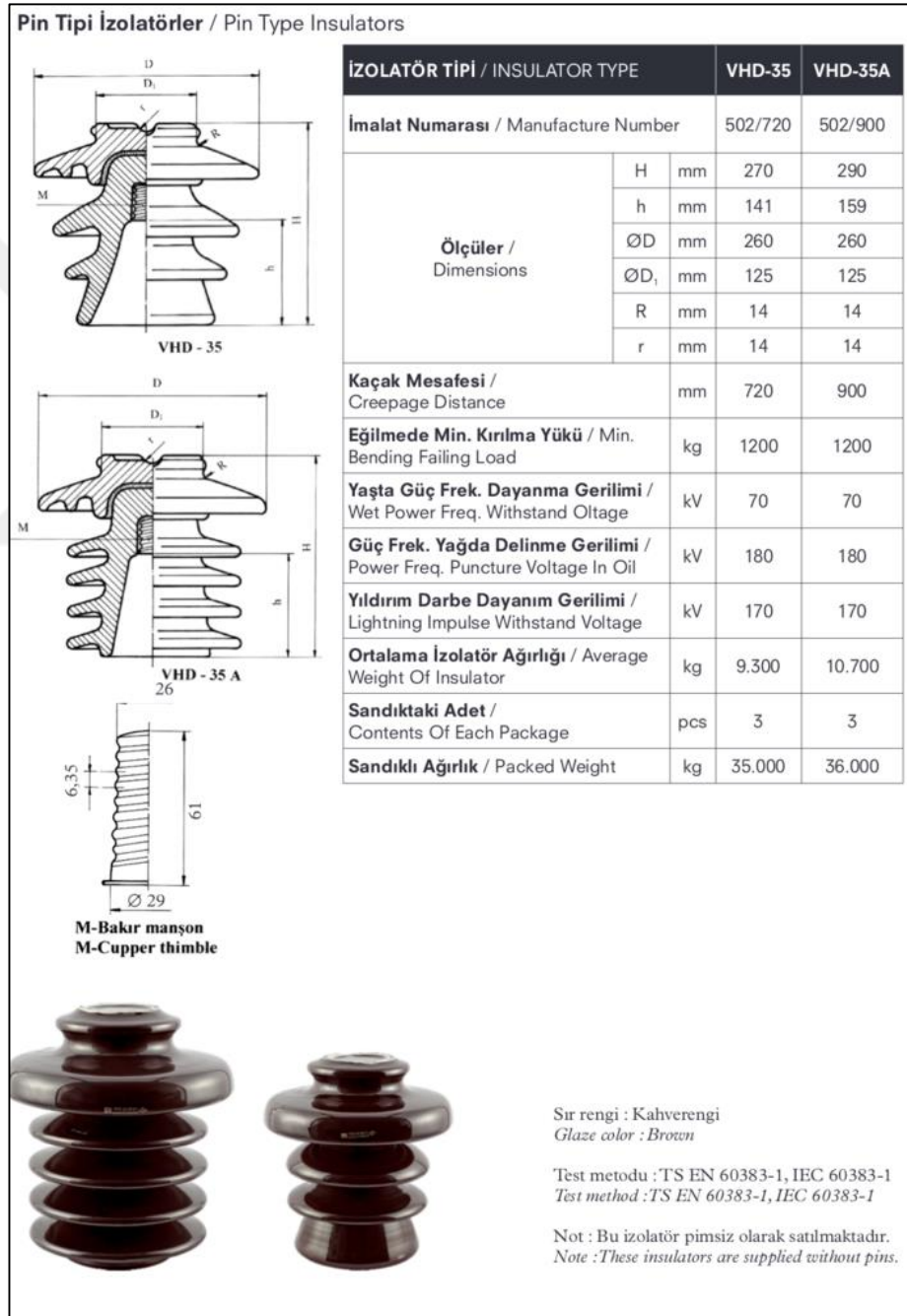
Çizelge 2.5’de verilen değerlere örnek olarak, 3. bölgede yer alan bir mahal için kullanılan swallow iletken her bir faz için hattın geliş yönüne göre 175 kg. cer kuvveti oluşturmaktadır. Enerji nakil hattı iletkenlerinin üç fazlı olarak tasarlandığı düşünüldüğünde swallow iletkenli bir hat tertibinin oluşturacağı toplam hat cer kuvveti 525 kg. olacaktır. Orta gerilim ve alçak gerilim iletkenlerinin ortak olarak kullandığı direklere müşterek direk denilmektedir. Bu direklerde toplam hat cer kuvvetlerinin hesabı alçak gerilim hat cer kuvvetinin 0,81 katı ile orta gerilim hat cer kuvvetinin toplamaları alınarak hesap edilmektedir (Erden & Çakmak, 2001).

2.2.3 Havai enerji nakil hattı izolatörleri

Enerji nakil hattı izolatörleri iletkenler ile direkler arasında enerji akışını engellemek amacı ile kullanılan donanımlardır. Bu malzemeler elektriksel dayanımı yüksek olan cam, porselen veya silikondan üretilmektedir. Kullanım alanlarına göre mesnet olan

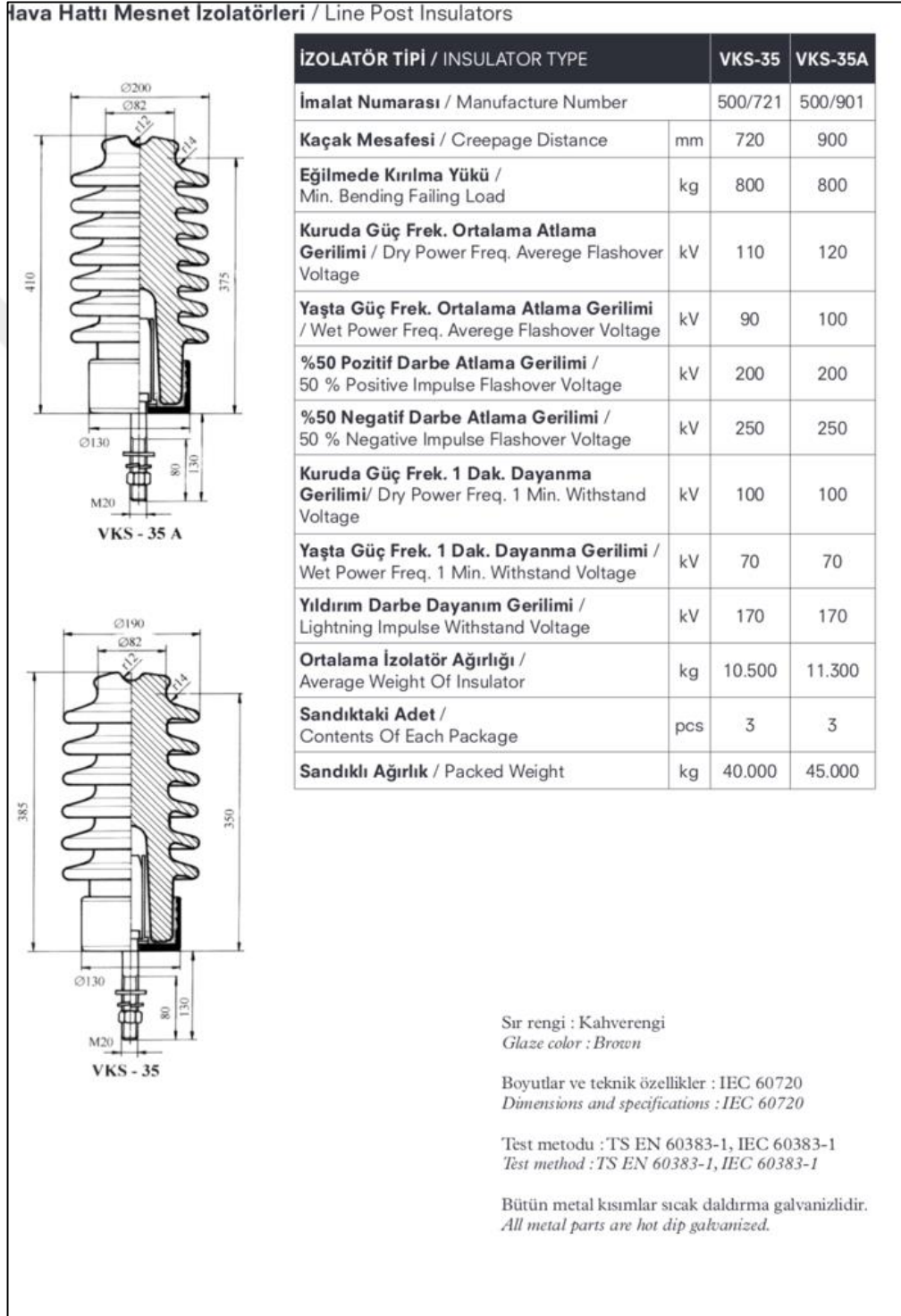
izolatörler VHD ve VKS olarak sınıflandırılmaktadırlar. Ayrıca yalıtkanlık seviyesini artırmak amacı ile zincir tip, çubuk tip ve kompozit silikon izolatörlerde bulunmaktadır (Akalp, 2019).

Pin tipi izolatörler (VHD) taşıyıcı veya durdurucu olarak kullanılabilirler. Pin tipi izolatörler kaçak mesafesi 720 mm olan VHD-35 ve 900 mm olan VHD-35A olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bu izolatörlerin traverse bağlantıları standartları Tedaş-Mlz/96-023 Tedaş şartnamesinde belirtildiği gibi demirler ile yapılmaktadır.



Şekil 2.6 Pin Tipi İzolatörler (Url-7, 2021)

Hava hattı mesnet tipi (VKS) izolatörler sadece taşıyıcı olarak kullanılmaktadırlar. Bu izolatörlerin VHD izolatörlerden farkı dayanma gerilimlerinin yüksek olmasından dolayı kırsal kesimlerde ve ağaç direklerde kullanıma uygun olmasıdır. İzolatörün kendi üzerinde bağlantı aparatı bulunduğu için ekstra bir bağlantı demiri gereksinimi duymazlar.



Şekil 2.7 Hava hattı mesnet izolatörleri (VKS) (Url-8, 2021)

Zincir tip izolatörler birbirine bağlantılar yapılarak zincir grup oluşturmaktadırlar. Üçlü veya dörtlü gruplar halinde iletken kalınlığına bağlı olarak gruplar oluşturulur. Bu zincirlerin oluşturulması TEDAŞ'ın yayınlamış olduğu dağıtım hatları proje teknik kılavuzunda bulunan değerlere göre birleştirilmektedirler ve 2008 yılında yayınlanan kılavuza göre askı takımlarında 4xK1, çift askı takımlarda 2x4xK1 adet izolatör kullanılmaktadır. Burada K1 izolatörü ifade etmekte ve 4 zincirde bulunacak izolatör sayısını belirtmektedir. Zincir izolatörler askı veya gergi takımları ile birlikte traverslere montajı yapılmaktadır.



Şekil 2.8 Tek askı ve gergi takımı

Askı takımları taşıyıcı direklerde gergi takımları durdurucu tip direklerde kullanılmaktadırlar.

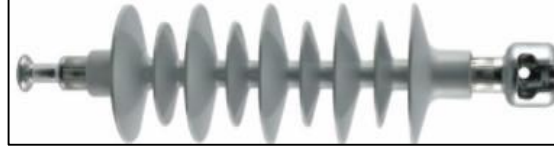
Zincir tip izolatörlerin bir çeşidi olarak tuzlu ve asidik hava şartları altında kullanılmak üzere sis tipi izolatörlerde üretilmektedir. (Yunusoğlu, 2016).

Zincir tip izolatörlerle aynı amaçlar ile çubuk izolatörlerde bulunmaktadır. Çubuk izolatörlerin kırılması durumunda hattın yere düşeceği öngörülerek kullanımı tavsiye edilmemektedir ve bununla orantılı olarak üretimi de çok fazla yapılmamaktadır.



Şekil 2.9 Çubuk izolatörler

Bu izolatörlere benzer olan kompozit silikon izolatörlerde zincir tip izolatörler gibi gergi ve askı takımları ile birlikte monte edilmektedirler. Kompozit silikon izolatörlerin esnek yapısı ve montaj kolaylığı kullanımda zincir tip izolatörlere göre avantaj sağlamaktadırlar.



Şekil 2.10 Kompozit silikon izolatör

Kompozit silikon izolatörler çekmede kopma yükü (kN) değerleri ile sınıflandırmakta ve kN40 ve kN100 tipi olarak sınıflandırılmaktadırlar.

2.2.4 Havai enerji nakil hattı traversleri

Traversler izolatörleri taşımak ve iletkenler arası mesafelerin korunması amacı ile direklerle montaj edilerek kullanılmaktadır. Hattın sonlandırması veya taşıma amacına göre traverslerinde çeşitleri bulunmaktadır. Ağaç direkler ve demir direklerde demir traversler kullanılmaktadır. Beton direklerde vibre beton traversler kullanılmaktadır. Traverslerde isimlendirme direğin kullanım amacına göre yapılmaktadır. T/27-200 olarak adlandırılan bir traversde T harfi taşıyıcı olduğunu, 27 sayısı 27000 kgcm'lik yatay momenti, 200 sayısı traversin boyunu temsil etmektedir.



Şekil 2.11 Orta gerilim vibre beton traversi

Traverslerin tek kollu olarak üretilmeleri durumunda konsol olarak adlandırılır. Konsollar hattın açısına göre ve tesis emniyet mesafelerini korumak amacı ile kullanılmaktadırlar.

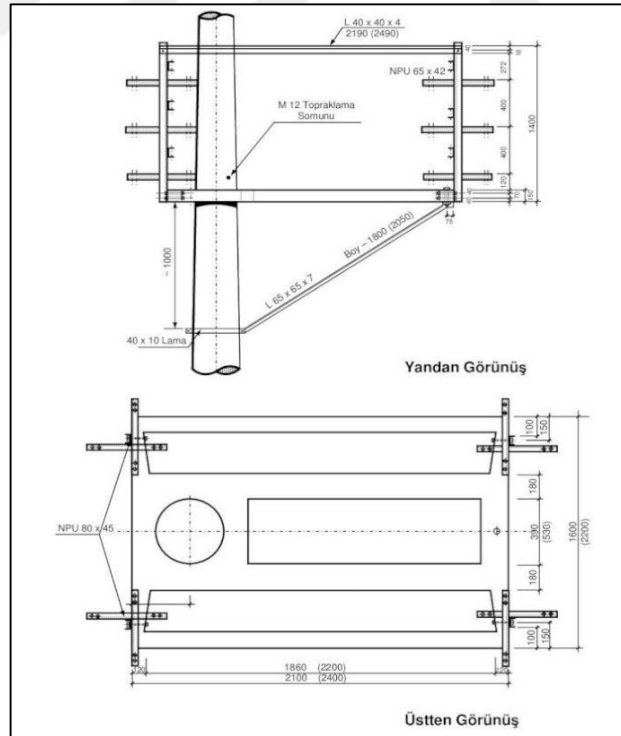


Şekil 2.12 Orta gerilim vibre beton konsol

Travers montajları 300 dozlu beton ile yapılmalıdır. Beton vibre tip traverslerin moment ve uzunlukları ile direğin içerisine gireceği delik çapları da enerji nakil hattı direklerine montajında dikkat edilmesi gerekmektedir.

2.2.5 Direk tipi trafo tesisleri platformları

Beton direk üzerinde tesis edilecek trafo merkezlerinin düşey momentte sabit kalabilmesi için kullanılan platformlardır. 250 kVA güce kadar olan trafo tesisleri için PL-250, 400 kVA trafo tesisi için PL-400 tip platformlar kullanılmaktadır.



Şekil 2.13 Direk tipi trafo tesisi platformu görünüşü

2.2.6 Kesiciler ve ayırıcılar

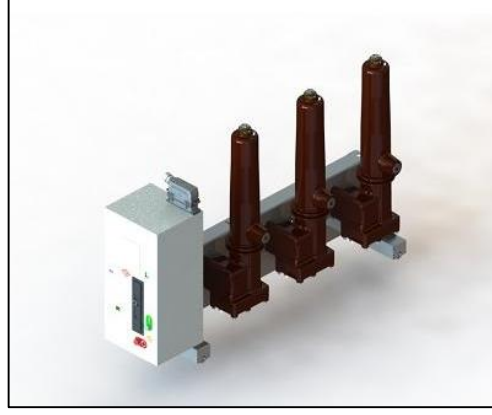
Elektrik tesislerinde koruma elemanı olarak kesiciler ve sigortalar kullanılmaktadır. Hattın veya yükün sistemden ayrılmasını sağlarken dikkat edilmesi gereken nokta yüklü sistemlerin ayrılmasıdır. Yüklerin aktif olarak kullanıldığı sistemlerde enerjinin kesilme anında elektrik arkı oluşacaktır. Elektrik arklarının oluşmasını engellemek amacı ile kesiciler kullanılmakta ve arkın olabildiğince kısa sürede söndürülmesi amaçlanmaktadır. Arkın söndürülebilmesi için en kolay yol arkın boyunu uzatmaktır. Ark boyunun uzaması direnci artırır. Kesiciler; kontaklar, ark söndürme bölümü ve mekanik bölümlerden oluşmaktadır. Ark söndürme yöntemlerine göre en çok kullanılan kesiciler yağlı, SF6 gazlı, vakumlu olarak sınıflandırılabilir (Mamuk, 2019).



Şekil 2.14 Yağlı kesici

Söndürme tertibatı yağ ile dolu olan kesicilerde kontak uçları arasında oluşan ark yağ buharlaştırır ve tertibat içerisinde sıcaklık etkisi ile girdap oluşur ve ark söndürülür.

SF6 gazlı kesicilerde SF6 gazı soğutucu özelliğe sahiptir. Sıcaklık etkisi ile iyonize olan SF6 gazı kükürt ve klor iyonları ortamdaki elektronları yakalayarak arkı söndürülürler. SF6 gazlı kesicilerin Pufer sistemi ve Fulark sistemi olarak iki çeşit çalışma sistemi bulunur. Pufer sistemlerde SF6 gazı arkın üzerine püskürtülerek söndürülürken Fulark sisteminde kesme hücrelerinde bulunan SF6 gazı kontaklar açılırken hareket sağlandığında arkı söndürülür. Boyutları ve çalışma performansları sebebi ile yağlı kesicilere göre avantaj sağlamaktadırlar.



Şekil 2.15 SF6 gazlı kesici

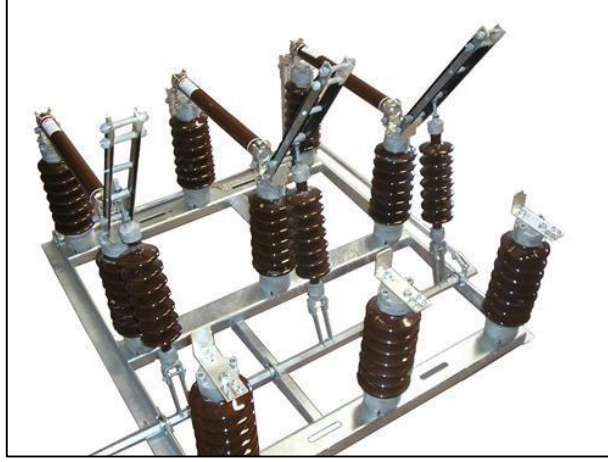
Vakumlu kesicilerde ise kontaklar havası vakum ile alınmış bir haznededir. Dielektrik bir ortamda kontak açılıp kapatıldığından dolayı direnç değeri yüksek ve ark oluşumu minimum seviyelerdedir.



Şekil 2.16 Vakumlu kesici

Sistemde bulunan yük, hat üzerinden kesiciler yardımı ile kesildikten sonra hattın güvenliğini sağlamak amacı ile ayırıcı mekanizmaları ile ayrılırlar. Ayırıcı mekanizmaları herhangi bir ark söndürme mekanizmalarına sahip olmadığından dolayı yük altında açılmamalıdır.

Ayırıcı mekanizmaları trafo tesislerinin bulunduğu direklere ve branşman alınan direktten sonraki ilk direğe monte edilerek hattın veya trafo tesisinin enerji nakil hattından ayrılmasını sağlarlar. Branşman direğinden sonra kullanılan ayırıcıların toprak mekanizmasına sahip olması ayrılan hattın reaktif enerjinin topraklanmasını sağlayacaktır. Havai enerji hatları üzerinde tesis edilen yer altı kablolarının beslendiği noktalarda da toprak mekanizmalı ayırıcıların bulunması yer altı kablosu ve havai hat üzerinde bulunan reaktif enerjisini topraklama sistemi vasıtası ile sıfırlayacaktır (Tiryaki, 2016).



Şekil 2.17 Havai enerji nakil hattı direk tipi ayırıcı

Havai hatlarda direk üzerinde bulunan ayırıcılarda hattın yüküne bağlı olarak orta gerilim sigortaları bulunmaktadır. Bu sigortalar porselen kaplı ve kuvars kumu içerisinde eriyen tel bulunmaktadır. Hat üzerinde yaşanacak bir kısa devrede aşırı akım kaynaklı açma yapmaya yardımcı olur ve hattı korurlar.

2.2.7 Dağıtım transformatörleri

Dağıtım transformatörleri indirici merkezlerden şehir içine iletilen enerjinin gerilim seviyesini tüketicilerin kullanımı için düşürmektedir.

Tedaş MLZ/99-032.E şartnamesine göre yüksek gerilim sargı ana kademeleri 6.3, 10.5, 15.8, 33 kV değerleridir. Alçak gerilim seviyesi olarak faz-faz arası gerilim 400 V faz-toprak arası 231 V olarak standart belirtilmiştir (Tedaş, 2017).

33 kV yüksek gerilim değerinde bulunan trafoların kademe sayısı 6 ve bu gerilim seviyeleri 28.5, 30, 31.5, 33, 34.5, 36 kV olarak belirlenmiştir. Transformatörlerde bağlantı grubu 100 kVA güce kadar Yzn 11 160 kVA ve üzeri transformatörlerde Dyn 11 olarak belirtilmiştir. Trafolarda bağlantı grupları ilk harfi primer sargının, ikinci harf sekonder sargının bağlantı şeklini göstermektedir. D-delta veya üçgen, Y-yıldız ve Z-zikzak bağlantıyı N harfi nötrü temsil etmektedir. Bağlantı grubu sonrasında gelen sayı 30^0 için çarpım kat sayısıdır ve grup açısını temsil etmektedir. 11 grup açısı katsayısı $11 \times 30^0 = 330^0$ 'yi temsil etmektedir (Tedaş, 2017).

Dağıtım transformatörleri kuru tip ve yağlı tip olarak ayrılmaktadır. Yağlı tip trafolar soğutma yağ ile sağlanmaktadır. Yağlı tip trafolar yağ genleşme tanklı ve hermetik tip olarak ikiye ayrılmaktadır.

Hermetik tip trafolarla vakumlu sac plaka içerisindeki sargılar yağ ile kaplanarak yalıtım ve soğutulması sağlanmaktadır. İçerisinde bulunan yağ genişmeyi ve soğumayı trafo sacı üzerindeki plakalar ile sağlanmaktadır. Yağ atmosfer ile doğrudan veya dolaylı olarak temas etmemektedir.



Şekil 2.18 Hermetik tip dağıtım transformatörü (Astor, 2020)

Yağ genişleme tanklı trafolarla yağ genişmesini tank üzerinde sağlar. Yağ atmosfer ile direkt temas halinde değildir fakat tank üzerinde bulunan hava almaya müsait kapak vasıtası ile hava alması sağlanır ve genişleme imkânı sağlanır. Havada bulunan nemin trafo yağına zarar vermemesi amacı ile nem alıcı bir malzeme olan silikajel tankın hava huzmesine bağlı olarak bulunur. Hermetik tip trafolarla göre boyutları büyüktür.



Şekil 2.19 Yağ genişleme depolu dağıtım trafosu

Kuru tip trafolarla yalıtım ve soğumayı sağlayacak yağ bulunmamaktadır. Bu tip trafolar üretim aşamasında sargılar arasına nem ve kimyasala karşı dayanıklı epoksi reçine dökülerek sargı kaplaması yapılır. Soğutma sistemi doğal hava veya cebri bir

fan ile sağlanmaktadır. Soğutma sistemi, yalıtımı, kurulumu ve yapısal boyutları sebebi ile dâhili olarak kullanıma uygundur.



Şekil 2.20 Kuru tip dağıtım trafosu

Trafolarda soğutma sistemi cebri-F ve doğal-N olarak ve soğutma malzemesine göre su-W, hava-A ve yağ-O olarak ayrılmaktadır. Soğutma sistemlerinde ONAN, ONAF, OFAF, OFWF olarak sınıflandırılmaktadır. Bu isimlendirmedeki ilk iki harf sargıların soğutma sistemini, ikinci iki harf soğutma sağlayan malzemenin soğutulma tekniğini belirtmektedir. Örneğin; ONAN soğutma sistemine sahip trafoda sargılar yağ ile doğal olarak soğutulurken yağda doğal hava ile soğutulmaktadır; ONAF soğutma sistemine sahip bir trafoda ise sargılar doğal olarak soğutulurken bu yağ cebri bir hava sirkülasyonu ile soğutulmaktadır.

2.2.8 Yer altı orta gerilim kabloları

Kablolar elektrik enerjisinin taşınmasını sağlayan iletken ve üzerlerinde yalıtım amacı ile bulunan kılıflardan oluşmaktadır. İletkenlerin isimlendirilmesinde IEC standartlarına göre ‘ 1 2 3 4 5 - 6 7 x 8 ’ kodu kullanılmaktadır. Bu kod üzerinde;

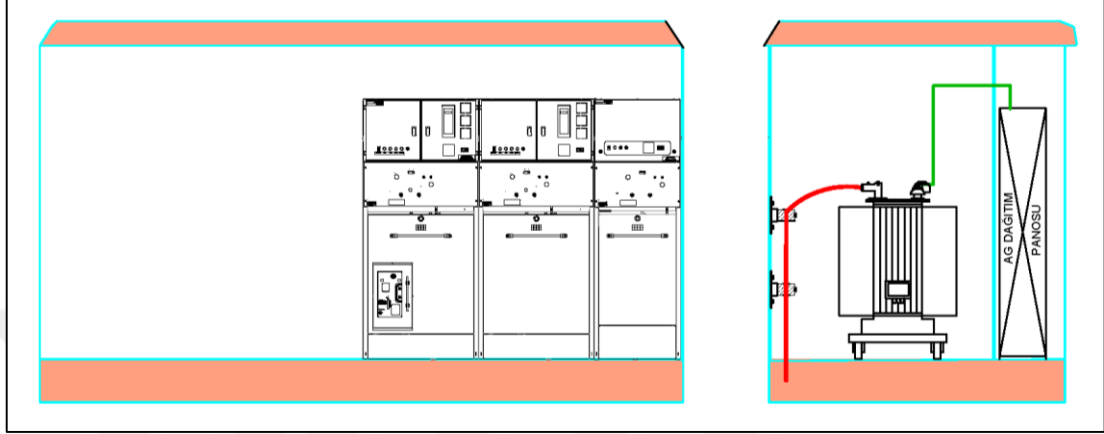
- 1 kablonun tipini,
- 2 anma gerilimini,
- 3 yalıtkan malzemesini,
- 4 kılıf malzemesini,
- 5 özel konstrüksiyonu,
- 6 iletken tipini,
- 7 damar sayısını,
- 8 iletken kesitini belirtmektedir.

Orta gerilim kablolarının genel ismini izole malzemesinden almaktadır ve XLPE olarak adlandırılmaktadır. İletken çeşidi alüminyum seçilecek ise AL-XLPE olarak adlandırılır (*Bilgiç, 2020*).

Bina tipi trafo merkezleri manevra kabiliyetlerine göre içeriden ve dışarıdan işletilebilen tip olarak ayrılmaktadır. Manevra kabiliyeti içerisinde bulunan malzemelerin işletme kabiliyetine göre değişiklik göstermektedir. Hava yalıtımlı trafo merkezleri içeriden işletmeli, yarı gömülü trafo merkezleri dışardan işletmeli ve gaz yalıtımlı trafo merkezleri hem içeriden hem dışardan işletilen tiplerdir. Bina tipi trafo merkezleri çatıları hariç duvar ve temelleri tek blok halinde imal edilmektedir. Trafo merkezleri içerisinde bulunan malzemelere göre dizayn edilerek boyutlarına göre sınıflandırılmaktadır (Tedaş, 2020).

25

Tip-2 iki parçalı hava veya gaz yalıtımlı içeriden işletilen trafo merkezleridir. Tip-2H simgesi trafo merkezinin hücrelerinin bulunduğu alanı simgeler ve sonuna alacağı A-B-C-D harfleri uzunluğunu simgelemektedir. Tip-2T trafo merkezinin trafo bölümünü simgelemektedir ve Tip-2T/A veya Tip-2T/B boyutunda oluşacak değişikliği simgelemektedir.



Şekil 2.22 Tip-2 iki parçalı trafo merkezi

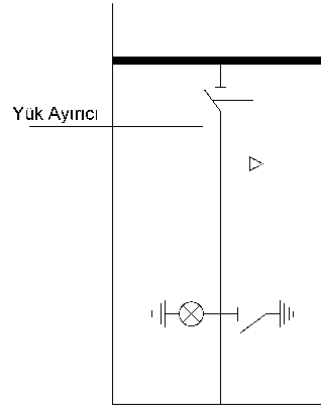
Tip-3 tek parçalı gaz yalıtımlı dışarıdan işletilen trafo merkezlerini, Tip-4 1000 kVA ya kadar tek parçalı gaz yalıtımlı yarı gömülü dışarıdan işletilen trafo merkezlerini ve Tip-5 1600 kVA ya kadar tek parçalı gaz yalıtımlı yarı gömülü dışarıdan işletilen trafo merkezlerini simgelemektedir.

2.2.10 Modüler hava yalıtımlı orta gerilim hücreleri

Trafo merkezlerinde sacdan imal edilmiş kaplamalar içerisinde ayırıcı, kesici, bara, sigorta, röle, akım trafosu, gerilim trafosu, sayaç, gösterge malzemeler bulunan ve ölçü, koruma ve manevra görevleri için farklı tiplerde üretilirler (Öztürk, 2018). Fonksiyonlarına göre hücreler;

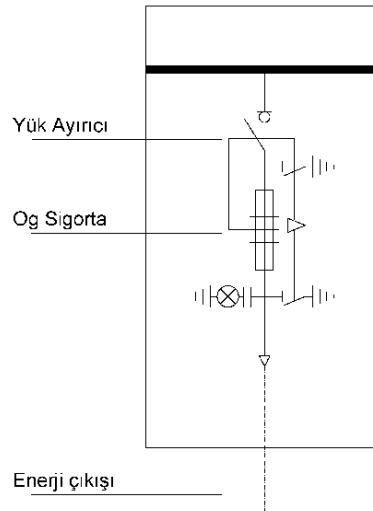
- Yük ayırıcılı giriş-çıkış hücresi
- Yük ayırıcı + sigorta birleşimi trafo koruma hücresi
- Gerilim trafosu hücresi
- Kesicili giriş çıkış hücresi
- Bara bağlama hücresi
- Ayırıcılı giriş çıkış hücresi
- Kablo giriş hücresi
- Akım ve gerilim ölçü hücresi olarak sınıflandırılmaktadır (Tedaş, 2016).

Yük ayırıcılı giriş çıkış hücrelerinde bara, yük ayırıcısı, toprak ayırıcı, kablo düzeneği gerilim göstergesi ve termostat kontrollü ısıtıcı bulunmaktadır. Bu hücre trafo merkezlerine enerji girişinde veya farklı bir trafo merkezine yapılacak çıkış için kullanılmaktadır. Hücre içerisinde bulunan termostat oluşacak nemden kaynaklı elektromekanik cihazlarda korozyonu önlemek amaçlıdır.



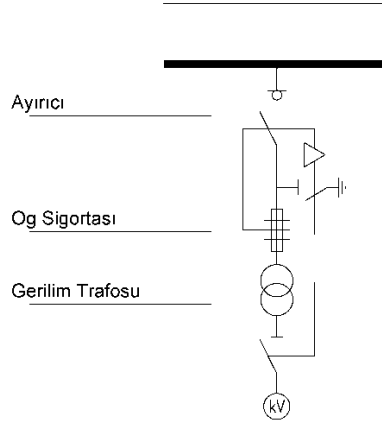
Şekil 2.23 Yük ayırıcılı giriş hücresi

Yük ayırıcı + sigorta birleşimi trafo koruma hücrelerinde yük ayırıcılı giriş çıkış hücresinden farklı yük ayırıcısı yerine yük ayırıcısı + sigorta birleşimi ve her faz için sigorta kullanılmaktadır. Bu hücre trafoya yapılacak enerji çıkışı için kullanılmaktadır. Hücre üzerinde bulunan orta gerilim sigortaları yaşanacak bir kısa devrede aşırı akımda açma sağlaması için kullanılmaktadır.



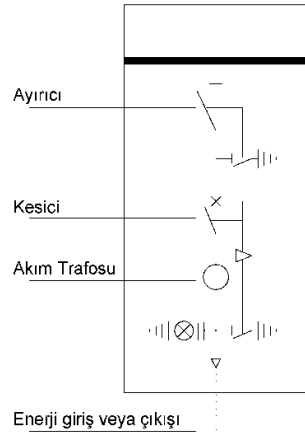
Şekil 2.24 Yük ayırıcı + sigorta bileşenli trafo koruma hücresi

Gerilim ölçü hücresinde faz-nötr arasında bağlı üç adet gerilim trafosu, ayırıcı, baralar, gerilim göstergeleri ve gerilim trafolarında oluşacak kısa devrelerde koruma amacı ile üç adet sigorta kullanılmaktadır. Hücrenin kullanım amacı gerilim seviyesini düşürerek trafo merkezinde kullanılacak iç ihtiyaç için enerji sağlamaktır.



Şekil 2.25 Gerilim ölçü hücresi

Kesicili giriş çıkış hücresinde baralar, kesici, ayırıcı, toprak ayırıcı, akım trafosu ve koruma rölesi ve yardımcı röleler bulunmaktadır. Kesicili giriş çıkış hücresini yük ayırıcılı giriş çıkış hücresinden ayıran en önemli özellik koruma rölesi yardımı ile aşırı akımdan kaynaklı açmayı yapabilme yeteneğine sahip olmasıdır. Hücrelerde kesici olarak SF6 gazlı kesici veya vakumlu kesici kullanılmalıdır.



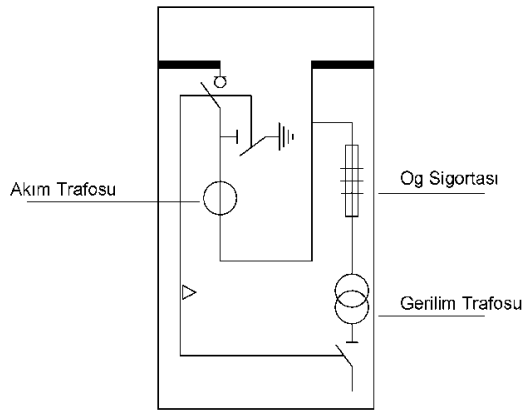
Şekil 2.26 Kesicili giriş-çıkış hücresi

Bara bağlama hücresi içerisinde ayırıcı, kesici ve baralar bulunmaktadır. Kublaj adı verilen bu hücre farklı enerji kaynaklarına yol verebilme özelliği taşımaktadır. Trafo merkezine farklı kaynaklardan gelen enerji yollarından seçim yapabilme imkânı sağlamaktadır.

Ayırıcılı giriş çıkış hücresini yük ayırıcılı giriş çıkış hücresinden ayıran özellik yük altında manevra yapmaya imkân vermemesidir. Sistemin yükten ayrılabilmesi için enerjinin yük tarafında bu hücrelerden önce bir kesici bulundurulmalıdır.

Kablo giriş hücresi enerji girişini sağlamaktadır ve herhangi bir manevraya imkân sağlamamaktadır.

Akım ve gerilim ölçü hücresi içerisinde gerilim hücresine ek olarak üç adet akım trafosu ve sayaç bulunmaktadır. Hücre orta gerilim seviyesinden ölçüm yaparak sarf edilen enerjiyi ölçmekte kullanılmaktadır.



Şekil 2.27 Akım gerilim ölçü hücresi

2.2.11 Elektrik dağıtım tesislerinde kayıplar

Bu alanda çalışan uzmanlar elektrik dağıtım şebekesinde oluşan kayıpları teknik ve teknik olmayan kayıplar olarak 2 alanda incelemişlerdir. Dağıtımda teknik olmayan kayıplar daha çok tüketicilerle ilgili bir kavram olup kasıtlı (kaçak) veya kasıtsız (bilinçsiz) olarak enerji kullanımları sonucunda ortaya çıkmaktadır (*Yaşar, Aslan, & Biçer, 2010*).

Teknik kayıplar ise ölçülebilir kayıplardır. Elektrik dağıtım tesislerinde iletkenlerin öz direncinden kaynaklı, kesici ve ayırıcılarda kontak geçişlerinde oluşan dirençlerden kaynaklı, trafolarda demir ve bakır kayıpları, orta gerilim ve alçak gerilim kablolarının dirençlerinden kaynaklı olarak kayıplar yaşanmaktadır (*Pekiner, 1993*).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Mevcut Durum Elektrik Dağıtım Şebekesi

İncelenen alanda mevcut durumda 19 adet bireysel müşterilere ait toplam kurulu gücü 4360 kVA trafo tesisi bulunmaktadır. Yeni imar planları ile sanayi ve depolama alanı olarak kullanılacak bu alanda trafo tesislerin sayısında yoğun bir artışta öngörülmektedir. Şebeke işletme gerilimi 34500 voltur.

Trafo tesislerinin yapılması yapı sahibinin güç ihtiyacına bağlı olarak bölge elektrik dağıtım şirketi olan SEDAŞ'ın vereceği enerji müsaadesi ile sağlanmaktadır. Bu müsaadeye istinaden yapı sahibi kendi imkânları ile kurmuş olduğu trafo tesisini mevcut hatta bağlantı yaparak enerji ihtiyacını sağlamaktadır. Maliyet ve alan tasarrufu ön planda tutularak yapı sahipleri direk tipi trafo tesisi tercih etmektedir. Bu tesislerde alçak gerilim üzerinden yapılacak ölçüm noktası için dağıtım şirketi 1 direk tipi trafo tesisi için 400 kVA güce kadar, 4 bağımsız bölümün enerjilendirilmesine izin vermektedir. 630 kVA ve üzeri güçler için köşk tipi yapılan tesislerde ölçüm noktası orta gerilim bölümünden yapılmakta olup tek abone olunması gerekmektedir. İncelenen alanda 19 trafo tesisine ait toplam 45 adet abone bulunmaktadır. Bu alanın projelendirilmesi zamanla teker teker yapılmış olup her yapı sahibi kendi güç ve ihtiyacına göre trafo tesis etmiş bulunmaktadır.

3.1.1 Mevcut durum elektrik dağıtım şebekesi projelendirilmesi

Tesislerde kullanılan transformatörler TEDAŞ-MYD/95.012.F veya TEDAŞ-MYD/99.032.E no'lu OG/AG Dağıtım Güç Transformatörleri (Atmosfere Açık, Genleşme Depolu) veya Hermetik Tip OG/AG Dağıtım Güç Transformatörlerinin Teknik Şartnamesinde belirtilen boşa kayıp ve yük kaybı değerlerine uygun değerlerde seçilmektedir.

Alçak gerilim ölçü devrelerinde kullanılan akım trafoları; 10 MVA' ya kadar 0,5 cl, 10 VA, 10 MVA' nın üzerindeki güçlerde ise 0.2 S cl, 10 VA olacak şekilde seçilmiştir. Ancak; çekilecek puanta göre akım trafolarının dönüştürme oranları (primer akımlarına göre) belirlenmektedir. Primerden ölçüm yapılan tesislerde ölçü hücresi gerilim trafosu özellikleri; $34,5 \text{ kV} \sqrt{3} / 0,1 \text{ kV} / \sqrt{3} \text{ C}:0,5 \text{ 30 VA}$ değerlerindedir.

Alçak gerilimde ölçüm yapılan bir tesiste akım trafosu seçimi için bir örnek verilir ise; abonemizin talep gücü 100 kW olarak düşünürsek,

$$I = P/(\sqrt{3} * V) \quad [3.1]$$

formülüne göre sistemin çekeceği akım;

$$I=100/(\sqrt{3} * 380)=152 \text{ A} \quad [3.2]$$

olacaktır. Tesiste seçilecek akım trafosunun 100/5 oranında olması akım trafosunun fazla yüklenip yanmasına 200/5 seçilmesi ise hata sınıfı aralığını yükseltmektedir. Bu tesiste akım trafolarının %20 daha fazla yüklenebileceği ön görülerek ölçümü sağlıklı sağlayacak akım trafo oranı 150/5 seçilmektedir.

Her trafo tesisinde 36 kV 10 kA metal oksit ayırıcılı parafudr hat tarafında kullanılmaktadır. Tesiste TEDAŞ-MYD/96-019.A teknik şartnamesinde belirtildiği şekilde, parafudrlar ile topraklayıcı eksiz ve kesintisiz olarak 95 mm² galvanizli örgülü çelik iletken ile yapılmış olup parafudr ayırıcısı ile topraklama irtibatı arası flexible örgülü bakır (en az 35 mm²) ile montajları yapılmıştır.



Şekil 3.1 Orta gerilim polimer parafudr

Sisteme eklenen trafolarda tesisin bağlantı yaptığı direk müşterek direk ise iletkenler arası mesafe ve iletkenlerinin yere olan mesafesinin Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliğinde belirtilen emniyet mesafelerini sağlandığı koşullarda bağlantı jet travers ile karşılanmaktadır.

Direk tipi ayırıcı ve direk tipi YG/AG Güç transformatörünün bağlantılarında, havai hatlı teçhizat ve buşingler tesadüfen dokunmaya karşı uygun bir yalıtım malzemesi ya da teçhizatı kullanılarak yalıtılmaktadır. Ayırıcı üzerindeki VHD kapamaları ve trafo üzerindeki buşing kapamalar **Şekil 3.2**'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Tesadüfen dokunmaya karşı izole malzemeler

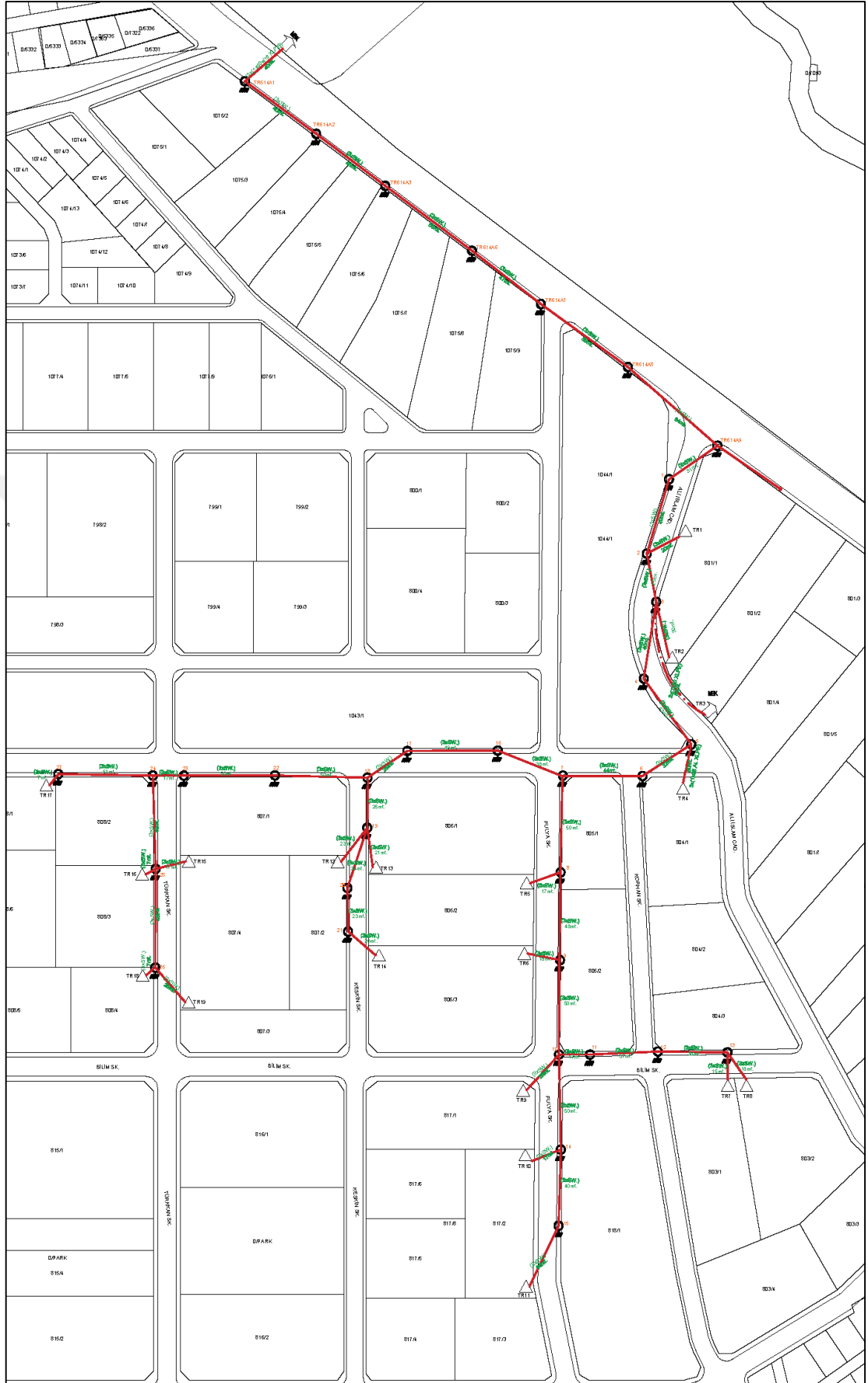
Hattı ve tesisi koruyacak sigortalı seksiyoner hattın trafo direği dâhil 2 direk ve fazlası olmasında branşman direğinden sonra tesis edilen ilk direğe, ilk direğin trafo direği olması halinde trafo üzerine montajı yapılmaktadır.

Tesis edilen direk, hücre, köşk trafolar sisteme kayıtlı olup üzerlerine numaralandırma yapılmaktadır. Projelerde kullanılan malzemeleri temsil eden lejant **Çizelge 3.1** Orta gerilim projeleri lejantı’de verilmektedir.

Çizelge 3.1 Orta gerilim projeleri lejantı

	MBK: MEVCUT MODULER BETON KOSK
	MBK: YENİ MODULER BETON KOSK
	MEVCUT DİREK TİPİ TRAFÖ POSTASI
	YENİ DİREK TİPİ TRAFÖ POSTASI
	PARAFUDR (SEBEKE İÇİN)
	İSLETME TOPRAKLAMASI
	KORUMA TOPRAKLAMASI
	BOX (MEVCUT)
	BOX (YENİ)
	A.G. SEBEKE - AYDINLATMA ŞEBEKESİ
	O.G. SEBEKE
	YERALTI KABLOSU
	MEVCUT MUSTEREK /OG DİREK
	YENİ MUSTEREK / OG DİREK
	(3P+R/P) MEVCUT HAT KESİTİ
	3P+R/P YENİ HAT KESİTİ

Mevcut durumda toplam 46 adet direk bulunmaktadır. 18 adet direk tipi trafo tesisi ve 1 adet köşk tipi trafo tesisi bulunmaktadır. Trafo tesislerinin tamamı özel müşterilere aittir. İmar planları üzerine yerleştirilmiş mevcut vaziyet planı **Şekil 3.3** Mevcut durum vaziyet planı’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Mevcut durum vaziyet planı

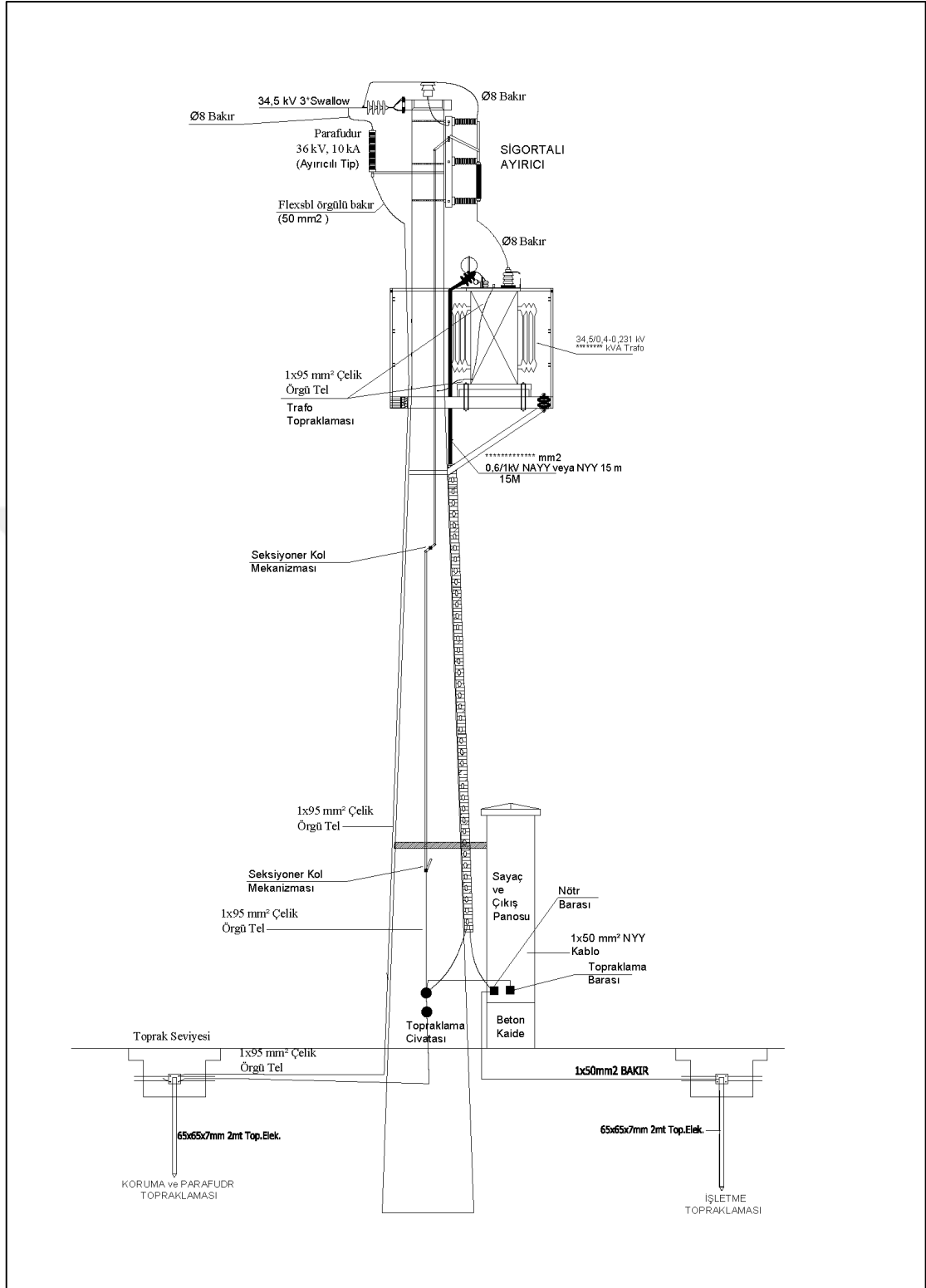
Çizelge 3.2 Mevcut durum enerji nakil hattı donatı listesi

Sıra No	Direk No	Direk Fonksiyonu	Ayrıcı ve Parafudr	Hat Tertibi	Ara Mesafe	Müşterek Direkler	OG Traversler	OG İzalatörler
1		BR		-	-	-	-	-
2	1	T		3xSW.	31 mt.	12/8	T27/200	3xVHD-35
3	2	BR		3xSW.	40mt.	12/12	T27/200 N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi
4	3	BR		3xSW.	25 mt.	14/8	KT27/200 N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi
5	4	T	10 kA Parafudur	3xSW.	40 mt.	12/6	T27/200	3xVHD-35
6	5	BR		3xSW.	43 mt.	14/6	2xN70/200	1xVHD-35 6x40kN/11B 6xTek Gergi
7	6	T	STS	3xSW.	32 mt.	14/6	2xN70/200	3xVHD-35 6x40kN/11B 6xTek Gergi
8	7	T		3xSW.	44 mt.	12/8	2xN70/200	1xVHD-35 6x40kN/11B 6xTek Gergi
9	8	BR		3xSW.	50 mt.	12/3	T27/200 N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi
10	9	BR		3xSW.	48 mt.	12/6	T27/200 N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi
11	10	BR		3xSW.	50 mt.	12/6	T27/200 N70/200	3xVHD-35 6x40kN/11B 6xTek Gergi
12	11	T	STS	3xSW.	17 mt.	13/8	2xN70/200	3xVHD-35 6x40kN/11B 6xTek Gergi
13	12	T		3xSW.	37 mt.	12/3	T27/200	3xVHD-35
14	13	BR		3xSW.	38 mt.	14/10	3xN70/200	2xVHD-35 9x40kN/11B 9xTek Gergi
15	14	BR		3xSW.	50 mt.	14/6	T27/200 N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi
16	15	BR		3xSW.	40 mt.	12/6	T27/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi
17	16	T		3xSW.	38 mt.	12/6	T27/200	3xVHD-35
18	17	T		3xSW.	49 mt.	12/6	T27/200	3xVHD-35
19	18	T		3xSW.	25 mt.	12/12	T27/200 N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi
20	19	BR		3xSW.	26 mt.	14/10	KT27/200 2xN70/200	3xVHD-35 6x40kN/11B 6xTek Gergi
21	20	T	STS	3xSW.	34 mt.	13/8	2xN70/200	3xVHD-35 6x40kN/11B 6xTek Gergi
22	21	BR		3xSW.	23 mt.	12/8	N70/200	1xVHD-35 6x40kN/11B 6xTek Gergi
23	22	T		3xSW.	50 mt.	12/3	T27/200	3xVHD-35
24	23	T		3xSW.	50 mt.	12/3	T27/200	3xVHD-35
25	24	T		3xSW.	17 mt.	12/8	T27/200 N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi
26	25	BR		3xSW.	49 mt.	12/8	T27/200 N70/200	3xVHD-35 6x40kN/11B 6xTek Gergi
27	26	BR		3xSW.	40 mt.	12/8	T27/200 N70/200	3xVHD-35 6x40kN/11B 6xTek Gergi
28	27	BR		3xSW.	51 mt.	12/8	T27/200 N70/200	3xVHD-35 353x40kN/11B 3xTek Gergi

Çizelge 3.3 Mevcut durum trafo direkleri donatı listesi

Direk No	Direk Fonksiyonu	Ayırıcı ve Parafudur	Hat Tertibi	Ara Mesafe	Müşterek Direkler	OG Traversler	OG İzalatörler	Platformlar
TR1	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	20 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-353x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR2	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	30 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR3	Köşk Tipi Trafo Tesisi		3x(1x95 AL XLPE)	85 mt.	-	-	-	
TR4	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3x(1x95 AL XLPE)	50 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR5	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	17 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR6	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	18 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL400
TR7	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	15 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR8	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	18 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL400
TR9	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	25 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR10	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	17 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR11	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	36 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL400
TR12	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	23 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR13	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	21 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL400
TR14	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	20 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR15	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	17 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR16	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	7 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR17	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	7 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250
TR18	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	25 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL400
TR19	TR	STS 10 kA Metal Oksit Parafudur	3xSW.	7 mt.	14/16	N70/200	3xVHD-35 3x40kN/11B 3xTek Gergi	PL250

Mevcut durumdaki trafoların tamamı swallow iletkenler ile irtibatı sağlanmıştır. Enerji nakil hattı direkleri donatı listesi Çizelge 3.2’de, trafo direkleri üzerinde bulunan donatı listesi Çizelge 3.3 Mevcut durum trafo direkleri donatı listesi’ de verilmiştir. Her trafo tesisinde işletme ve koruma topraklaması yapılmıştır. Topraklama sistemi olarak TT sistem tercih edilmiştir.



Şekil 3.4 Direk tipi trafo tesisi

Direk tipi trafo tesisi şeması Şekil 3.4’de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere enerji nakil hattından gelen enerji trafoya ve daha sonra iniş kablosu ile sayaç ve çıkış panosuna iletilir. Abone sayısına bağlı olarak bu panoda sayaç ve çıkış kompağı bulunmaktadır.

Mevcut durumda trafo tesislerinin kurulu gücü, abone sayısı, abonelere ait talep güçler ve trafolardan panolara iniş iletkenleri Çizelge 3.4’de verilmiştir. Trafolardan ana dağıtım panolarına iniş iletkeni olarak maliyetinden kaynaklı olarak alüminyum seçilmiştir.

Çizelge 3.4 Trafo tesisleri güç değerleri ve trafo iniş kabloları

Trafo No	Trafo Gücü	Abone Sayısı	Toplam Abone Kurulu Gücü	Trafo ve Ana Dağıtım Panosu Arası Kablo
TR1	250 KVA	1	230 kW	2x(3x120+70) NAYY
TR2	250 KVA	1	230 kW	2x(3x120+70) NAYY
TR3	400 KVA	1	380 kW	2x(3x240+120) NAYY
TR4	250 KVA	3	230 kW	2x(3x120+70) NAYY
TR5	100 KVA	1	90 kW	3x95+50 NAYY
TR6	400 KVA	3	380 kW	2x(3x240+120) NAYY
TR7	160 KVA	3	145 kW	3x185+95 NAYY
TR8	400 KVA	1	380 kW	2x(3x240+120) NAYY
TR9	100 KVA	3	90 kW	3x95+50 NAYY
TR10	100 KVA	3	90 kW	3x95+50 NAYY
TR11	400 KVA	3	380 kW	2x(3x240+120) NAYY
TR12	100 KVA	2	90 kW	3x95+50 NAYY
TR13	400 KVA	1	380 kW	2x(3x240+120) NAYY
TR14	100 KVA	3	90 kW	3x95+50 NAYY
TR15	100 KVA	4	90 kW	3x95+50 NAYY
TR16	250 KVA	3	230 kW	2x(3x120+70) NAYY
TR17	100 KVA	2	90 kW	3x95+50 NAYY
TR18	400 KVA	3	380 kW	2x(3x240+70) NAYY
TR19	100 KVA	4	90 kW	3x95+50 NAYY

Trafolarda iniş iletkeni seçimi hesabında esas alınan güç trafo gücü olmalıdır. Abonelerin kurulu gücü trafo güçlerinden düşüktür. İniş iletkeni sistemin kullanabileceği en yüksek akıma göre Eşitlik 3.3’de gösterildiği gibi hesap edilmelidir.

$$W = V.I \quad [3.3]$$

Bu eşitlikte bulunan akım ve gerilim seviyeleri faz-nötr arası seviyeleri belirtmektedir. Toplam güç ise her fazda bulunan güçlerin toplamına eşit olacaktır. Dengesiz yüklerin oluşmadığı bir sistem için Eşitlik 3.3 düzenlenir ise;

$$W_{toplamlam} = 3.V.I \quad [3.4]$$

Bu eşitlikte bulunan gerilim seviyesi 220 volt ve güç seviyesi 400 kVA bir trafo tesisinin alçak gerilim seviyesinde akım değeri Eşitlik 3.4'e göre düzenlendiğinde;

$$\frac{400}{3 \times 0,22} = 608,46 \text{ A}$$

NAYY kablolarda akım taşıma kapasitesine göre 2 adet 3x240+120 mm² kesitli kablo kullanılabilir (Vatan Kablo, 2020).

Çizelge 3.5 NAYY kabloları ait karakteristikler

Kablo Kesiti	Kablo Direnci ohm/km (20°C)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)
3x95+50 NAYY	0,32	186
3x120+70 NAYY	0,23	216
3x185+95 NAYY	0,164	285
3x240+120 NAYY	0,125	338

3.1.2 Mevcut durum gerilim düşümü ve güç kaybı

Alçak gerilim elektrik tesislerinde gerilim düşümü Eşitlik 3.5'de belirtilmiştir. Bu eşitlikte l iletken uzunluğu (m), P taşınacak aktif güç (W), S iletken kesiti (mm²), U işletme gerilimini (V) temsil etmektedir. Trafolardan Ana Dağıtım Panolarına geçiş iletkenleri mevcutta alüminyum kullanılmış olup öz iletkenlik katsayısı (k) 35 m/(Ω.mm²) alınmıştır.

$$\%e = \frac{100 \cdot l \cdot P}{S \cdot k \cdot U^2} \quad [3.5]$$

Trafo ile ana dağıtım kabloları arasında bulunan kablolardaki güç kaybı ohm kanunu ve Eşitlik 3.3'e göre üzerinden geçen akım ve kablo direncinin çarpımı yöntemi ile hesaplanmaktadır.

$$W_{\text{kablo}} = I_{\text{kablo}} \cdot R \cdot I_{\text{kablo}} = I_{\text{kablo}}^2 \cdot (R \cdot l) \quad [3.6]$$

Direk üzerinden panoya giriş yapan iletkenler 13 metredir. Çizelge 3.5'e göre TR1 trafosunda kullanılan 3x120+70 NAYY kablo direnci 0,23 ohm/km 2 adet paralel olarak bağlandığında $R_{\text{eş}}=0,1265$ ohm/km'dir. Eşitlik 3.3'e göre üzerinden geçen akım 349,86 A'dır. Eşitlik 3.6 üzerinde akım ve direnç değerlerini yazdığımızda kablo

üzerindeki güç kaybı 603,88 watttır. Diğer trafoları ait güç kayıpları Çizelge 3.6’de verilmiştir.

Çizelge 3.6 Alçak gerilim kabloları gerilim düşümü ve güç kaybı

Trafo No	Toplam Abone Kurulu Gücü	Trafo ve Ana Dağıtım Panosu Arası Kablo (Havai)	Trafo ve Ana Dağıtım Panosu Arası Gerilim Düşümü	Trafo ve Ana Dağıtım Panosu Arası Güç Kaybı (Watt)	Çekilen Akım (A)	Kablo Eşdeğer Direnci ohm/km (20°C)
TR1	230 kW	2x(3x120+70) NAYY	0,139043899	603,881055	349,863097	0,1265
TR2	230 kW	2x(3x120+70) NAYY	0,139043899	603,881055	349,863097	0,1265
TR3	380 kW	2x(3x240+120) NAYY	0,114862351	814,4274784	578,0346821	0,0625
TR4	230 kW	2x(3x120+70) NAYY	0,139043899	603,881055	349,863097	0,1265
TR5	90 kW	3x95+50 NAYY	0,137453008	233,9053766	136,902951	0,32
TR6	380 kW	2x(3x240+120) NAYY	0,114862351	814,4274784	578,0346821	0,0625
TR7	145 kW	3x185+95 NAYY	0,113718629	311,1609294	220,5658655	0,164
TR8	380 kW	2x(3x240+120) NAYY	0,114862351	814,4274784	578,0346821	0,0625
TR9	90 kW	3x95+50 NAYY	0,137453008	233,9053766	136,902951	0,32
TR10	90 kW	3x95+50 NAYY	0,137453008	233,9053766	136,902951	0,32
TR11	380 kW	2x(3x240+120) NAYY	0,114862351	814,4274784	578,0346821	0,0625
TR12	90 kW	3x95+50 NAYY	0,137453008	233,9053766	136,902951	0,32
TR13	380 kW	2x(3x240+120) NAYY	0,114862351	814,4274784	578,0346821	0,0625
TR14	90 kW	3x95+50 NAYY	0,137453008	233,9053766	136,902951	0,32
TR15	90 kW	3x95+50 NAYY	0,137453008	233,9053766	136,902951	0,32
TR16	230 kW	2x(3x120+70) NAYY	0,139043899	1207,76211	349,863097	0,253
TR17	90 kW	3x95+50 NAYY	0,137453008	233,9053766	136,902951	0,32
TR18	380 kW	2x(3x240+70) NAYY	0,114862351	814,4274784	578,0346821	0,0625
TR19	90 kW	3x95+50 NAYY	0,137453008	233,9053766	136,902951	0,32

Havai hatlı iletim hatlarında güç kaybı (ΔP); hat uzunluğu (L(km)), kullanılan iletken sabiti C ve yük faktörleri (P) ile

$$\Delta P = 10^{-6} C \cdot P^2 \cdot L \quad [3.7]$$

formülü kullanılarak hesap edilmektedir. C sabiti kablo rezistans direnci($R(\Omega/\text{km})$) ve işletme gerilimi(U) üzerinden

$$10^{-6} C = R/U^2 \quad [3.8]$$

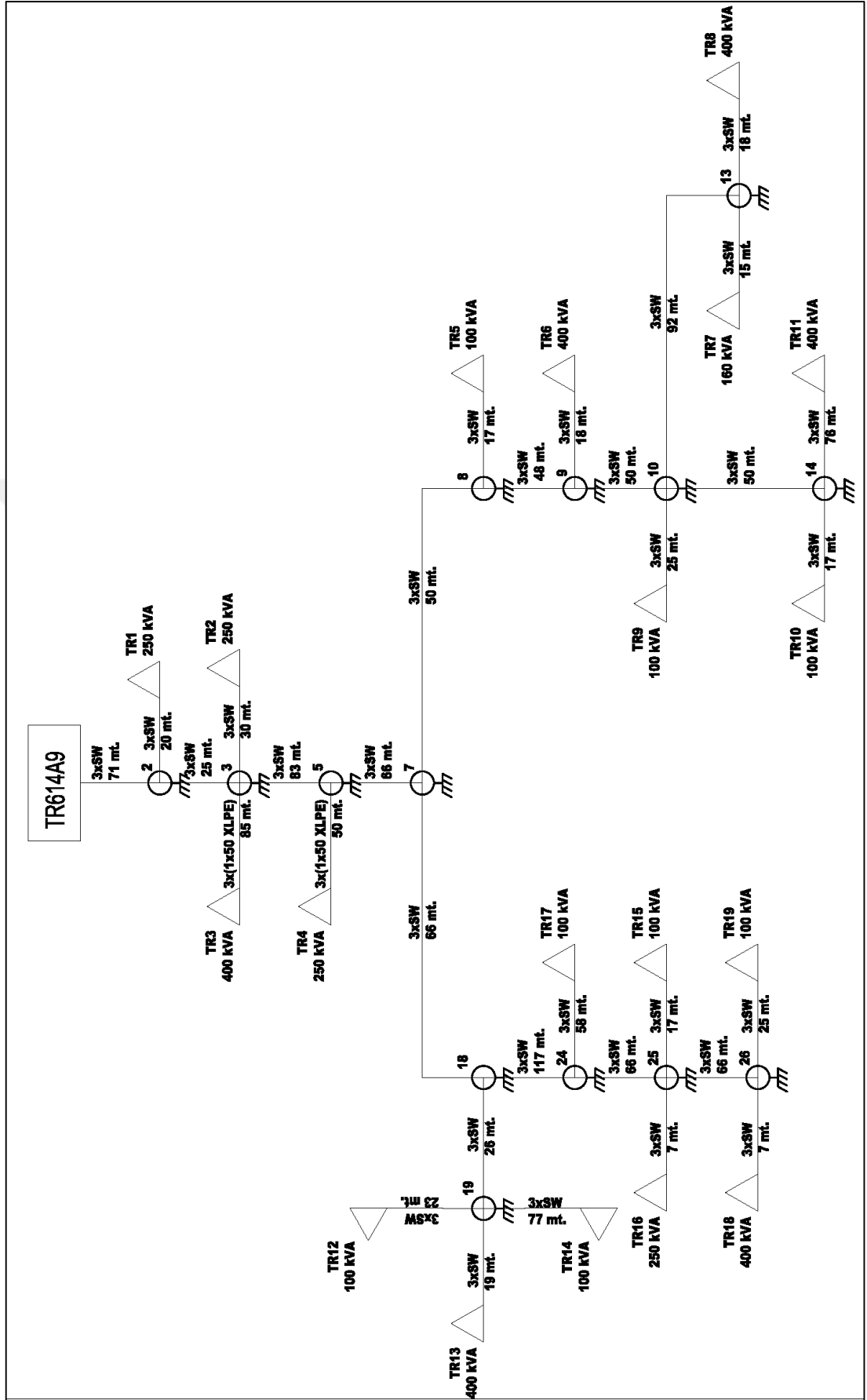
alınarak hesaplanmaktadır (EMO, 2017).

Analizi yapılan alanda 34,5 kV değeri için swallow iletken ve 2 adet trafonun hat ile bağlantısı yer altı 3x(1x50) XLPE kablo ile sağlanmaktadır. Üretici değerlerine göre

swallow iletkeninin direnci $R=1,0742 \Omega/\text{km}$ ve $3 \times (1 \times 50)$ XLPE kablo direnci $R=0,387 \Omega/\text{km}$ dir (Öznur Kablo, 2020). Eşitlik 3.5’e göre yapılan hesaplar ile swallow iletken için C sabiti 0,902 ve $3 \times (1 \times 50)$ XLPE kablo için C sabiti 0,325 bulunarak hesap edilmiştir. Hat mesafeleri Şekil 3.3 ve Şekil 3.5 üzerinde belirtilmiştir. Orta gerilim kablo ve iletkenlerine ait veriler Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Orta gerilim iletkenleri güç kaybı

Düğüm Noktası	Toplam Güç (kW)	İletken	Mesafe (km)	Güç Kaybı (kW)	Güç Kaybı (%)
2. ENH DİREĞİ	4065	3xSwl.	0,071	1,05824442	0,026033073
TR1	230	3xSwl.	0,02	0,00095432	0,00041492
3. ENH DİREĞİ	3835	3xSwl.	0,025	0,33164792	0,008647925
TR2	230	3xSwl.	0,03	0,00051578	0,00022425
TR3	380	1x3x50 XLPE	0,085	0,01107115	0,00291346
5. ENH DİREĞİ	3225	3xSwl.	0,083	0,77865319	0,024144285
TR4	230	1x3x50 XLPE	0,05	0,00085963	0,00037375
7. ENH DİREĞİ	2995	3xSwl.	0,066	0,53400353	0,017829834
8. ENH DİREĞİ	1555	3xSwl.	0,05	0,10905293	0,00701305
18. ENH DİREĞİ	1440	3xSwl.	0,066	0,12344556	0,008572608
TR5	90	3xSwl.	0,017	0,00012421	0,000138006
9. ENH DİREĞİ	1350	3xSwl.	0,048	0,07890696	0,00584496
TR6	380	3xSwl.	0,018	0,00234448	0,000616968
10. ENH DİREĞİ	970	3xSwl.	0,05	0,04243459	0,0043747
TR9	90	3xSwl.	0,025	0,00018266	0,00020295
13. ENH DİREĞİ	425	3xSwl.	0,092	0,01498899	0,00352682
TR8	380	3xSwl.	0,018	0,00234448	0,000616968
TR7	145	3xSwl.	0,015	0,00028447	0,000196185
14. ENH DİREĞİ	470	3xSwl.	0,05	0,00996259	0,0021197
TR10	90	3xSwl.	0,017	0,00012421	0,000138006
TR11	380	3xSwl.	0,076	0,00989891	0,002604976
19. ENH DİREĞİ	700	3xSwl.	0,026	0,01149148	0,00164164
TR12	90	3xSwl.	0,023	0,00016804	0,000186714
TR13	380	3xSwl.	0,019	0,00247473	0,000651244
TR14	90	3xSwl.	0,077	0,00056258	0,000625086
24. ENH DİREĞİ	880	3xSwl.	0,117	0,08172553	0,009286992
TR17	90	3xSwl.	0,058	0,00042376	0,000470844
25. ENH DİREĞİ	790	3xSwl.	0,066	0,03715392	0,004703028
TR15	90	3xSwl.	0,017	0,00012421	0,000138006
TR16	230	3xSwl.	0,007	0,00033401	0,000145222
26. ENH DİREĞİ	470	3xSwl.	0,066	0,01315062	0,002798004
TR18	380	3xSwl.	0,007	0,00091174	0,000239932
TR19	90	3xSwl.	0,025	0,00018266	0,00020295



Şekil 3.5 Mevcut durum prensip şeması

Mevcut Durumda bulunan trafolarla güç kayıpları yüklenme oranları ve trafoların TEDAŞ-MYD/99.032.E no'lu OG/AG Dağıtım Güç Transformatörleri (Atmosfere Açık, Genleşme Depolu) veya Hermetik Tip OG/AG Dağıtım Güç Transformatörlerinin Teknik Şartnamesinde belirtilen boşa kayıp ve yük kaybı değerlerine uygun değeri temel alınarak hesap edilmiştir. Bu transformatörlerde boşa kayıplar ve yük kayıpları da Tedaş MLZ/99-032.E şartnamesine göre Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8 Tedaş MLZ/99-032.E standardına göre transformatör kayıp değerleri

Anma Gerilimi (kV)	Anma Gücü (kVA)	Boşa Kayıplar (P ₀) A ₀ (W)	Yük Kayıpları (P _u) A _k (W)
33 kV	25	81	660
	50	105	825
	100	170	1375
	160	242	1925
	250	345	2585
	400	495	3575
	630	690	5060
	800	750	6600
	1000	885	8360
	1250	1095	10450
	1600	1380	13200
	2000	1670	16500
	2500	2015	20350

Trafolarla verim çıkış gücünün giriş gücüne oranıdır. Giriş gücüne P_p, çıkış gücüne P_s, toplam kayıp güçler P_k olarak adlandırılırsa trafolarla verimin yüzde olarak ifadesi

$$\eta = \frac{P_s}{P_p + P_k} \cdot 100 \quad [3.9]$$

olarak gösterilir.

Trafolarla toplam kayıp boşa çalışmadaki kayıplar (P_{fe}) ve bakır kayıplarının (P_{cu}) yüklenme oranının (θ) karesi ile orantılı olarak P_k=P_{fe}+(P_{cu}*θ²) dır (Özçivit, 2019) (Akalp, 2019). Verim ifadesini bu bilgiler ile düzenlemiş olursak;

$$\eta = \frac{P_s}{P_p + P_{fe} + (P_{cu} \cdot \theta^2)} \cdot 100 \quad [3.10]$$

formülü ile hesap edilen trafo verimleri ve güç kayıpları Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Mevcut durum trafoları güç kayıpları ve toplam güç kaybı analizi

Mevcut Durum		Güç Kaybı (%)	Güç Kaybı (kw)						
Kablolar ve İletkenler	Orta Gerilim Kabloları	0,0003	0,0119						
	Trafo ve Ana Dağıtım Panosu Arası Kablo	0,2482	10,0884						
	Havai Orta Gerilim İletkenleri	0,1343	Verim (%)	Trafo Demir Kaybı (kw)	Trafo Bakır Kaybı (kw)	Yüklenme Oranı (%)	Trafo Gücü (kVA)	Yük Gücü (kW)	Trafo Kayıp Güç (kW)
Trafolar	Tr-1	1,0839	98,910716	0,345	2,585	0,920000	250	230	2,505353
	Tr-2		98,910716	0,345	2,585	0,920000	250	230	2,505353
	Tr-3		99,030172	0,495	3,575	0,950000	400	380	3,685346
	Tr-4		98,910716	0,345	2,585	0,920000	250	230	2,505353
	Tr-5		98,593671	0,17	1,375	0,900000	100	90	1,265696
	Tr-6		99,030172	0,495	3,575	0,950000	400	380	3,685346
	Tr-7		98,758381	0,242	1,925	0,906250	160	145	1,800347
	Tr-8		99,030172	0,495	3,575	0,950000	400	380	3,685346
	Tr-9		98,593671	0,17	1,375	0,900000	100	90	1,265696
	Tr-10		98,593671	0,17	1,375	0,900000	100	90	1,265696
	Tr-11		99,030172	0,495	3,575	0,950000	400	380	3,685346
	Tr-12		98,593671	0,17	1,375	0,900000	100	90	1,265696
	Tr-13		99,030172	0,495	3,575	0,950000	400	380	3,685346
	Tr-14		98,593671	0,17	1,375	0,900000	100	90	1,265696
	Tr-15		98,593671	0,17	1,375	0,900000	100	90	1,265696
	Tr-16		98,910716	0,345	2,585	0,920000	250	230	2,505353
	Tr-17		98,593671	0,17	1,375	0,900000	100	90	1,265696
	Tr-18		99,030172	0,495	3,575	0,950000	400	380	3,685346
	Tr-19		98,593671	0,17	1,375	0,900000	100	90	1,265696
	Toplam	1,4667					4360	4065	44,0594

3.1.3 Mevcut durum maliyet hesabı

Yapı sahipleri maliyet ve alan tasarrufunu ön planda tutarak direk tipi trafo tesisi tercih etmektedir. İncelenen alanda 19 trafo tesisine ait toplam 45 adet abone bulunmaktadır. Bu alanın projelendirilmesi zamanla teker teker yapılmış olup her yapı sahibi kendi güç ve ihtiyacına göre trafo tesis etmiş bulunmaktadır. **Çizelge 3.10**'da bulunan maliyet analizi 2020 yılı TEDAŞ birim fiyat kitabına göre yapılmıştır (*Tedaş, 2020*).

Çizelge 3.10 Mevcut durum malzeme ve montaj keşfi

Poz No	Açıklama			Br.	Mik.	Malzeme		Montaj	
						Birim Fiyat	Tutarı	Birim Fiyat	Tutarı
3.1.2	8 mm Çapında Daire Kesitli Bakır Bara			Kg.	180	52,06	9.370,80	40,04	7.207,20
5.5.2	Galvanizli Demir Konstrüksiyon			Kg.	230	4,72	1.085,60	18,40	4.232,00
5.6.1	12/3 Beton Direk	1200	4800	Ad.	4	745,00	2.980,00		
5.6.1	12/6 Beton Direk	1640	9840	Ad.	6	1.150,81	6.904,86		
5.6.1	12/8 Beton Direk	2010	14070	Ad.	7	1.421,35	9.949,45		
5.6.1	12/12 Beton Direk	2140	4280	Ad.	2	1.825,07	3.650,14		
5.6.1	13/8 Beton Direk	2310	4620	Ad.	2	1.604,48	3.208,96		
5.6.1	14/6 Beton Direk	2070	6210	Ad.	3	1.469,21	4.407,63		
5.6.1	14/8 Beton Direk	2570	2570	Ad.	1	1.781,36	1.781,36		
5.6.1	14/10 Beton Direk	2630	5260	Ad.	2	2.273,13	4.546,26		
5.6.2	14/16 Trafo Direği	3540	63720	Ad.	18	3.317,17	59.709,06		
5.6.5.	Pl 250 Platform	700	9100	Ad.	13	1.065,49	13.851,37		
5.6.5.	Pl 400 Platform	950	4750	Ad.	5	1.395,21	6.976,05		
5.6.6	Beton Direk Ve Platform Montajı		129220	Kg.				1,51	195.122,20
5.7.1	T 27/200 Beton Travers	65	1170	Kg.	18	101,74	1.831,32		
5.7.6.	N 70/200 Beton Travers	125	5625	Ad.	45	258,38	11.627,10		
5.7.11.	KT27/200 Beton Travers	80	160	Ad.	2	111,02	222,04		
5.7.23	Beton Travers Montajı		6955	Kg.				1,13	7.859,15
7.5	1" Galvaniz Boru			Mt.	189	18,52	3.500,28	22,07	4.171,23
8.1	2 mm'lik Galvanizli Saç Tava			Kg.	540	8,49	4.584,60	2,87	1.549,80
8.2.2.	110 mm Kablo Muhafaza Borusu			Mt.	54	9,43	509,22	1,50	81,00
9.3.1	Swallow İletken Awg 3 (109.96)			Kg.	469	12,42	5.824,11	14,94	7.005,81
11.4.	36 KV VHD 35 (20 Mm/Kv) Normal Tip			Ad.	128	80,62	10.319,36	34,49	4.414,72
11.5	C 35 Demir Taşıyıcı			Ad.	95	24,40	2.318,00		
11.5	C 35 Demir Orta			Ad.	33	18,61	614,13		
11.6.3.	Kompozit Silikon Gergi İzolatörü 40kn/11B			Ad.	96	46,39	4.453,44	11,94	1.146,24
11.8.	Tek Gergi Tertibatı: Swallow			Ad.	96	36,68	3.521,28	38,72	3.717,12
15.2	36kv 10 Ka Metal Oksit Parafudur			Ad.	57	158,64	9.042,48	358,74	20.448,18
17.7	36 Kv Harici Tip Sigortalı Seksiyoner			Ad.	18	2.616,54	47.097,72	1.607,93	28.942,74
17.8	36 Kv Harici Tip Sigortalı Topraklı Seksiyoner			Ad.	3	2.714,56	8.143,68	1.633,14	4.899,42
17.9.	OG Sigorta Patronu 36 KV 2-20 A L=635 mm 0=45mm			Ad.	39	63,64	2.481,96		
17.9.	OG Sigorta Patronu 36 KV 25 A L=635 mm 0=45 Mm			Ad.	18	66,57	1.198,26		
17.9.	OG Sigorta Patronu 36 KV 30-40 A L=635mm 0=45mm			Ad.	6	70,61	423,66		
17.9.	OG Sigorta Patronu 36 KV 63 A L=635 mm 0=45 mm			Ad.	3	135,52	406,56		
24.4.2.	100 kva Harici Tip A.G panosu			Ad	8	4.231,58	33.852,64	1.939,15	15.513,20
24.4.2.	160 kva Harici Tip A.G panosu			Ad	1	4.418,19	4.418,19	1.943,43	1.943,43
24.4.2.	250 kva Harici Tip A.G panosu			Ad	4	6.328,72	25.314,88	2.254,91	9.019,64
24.4.2.	400 kva Harici Tip A.G panosu			Ad	6	7.370,17	44.221,02	2.265,94	13.595,64
30.2.2	50 mm ² nyy kablo ve gömülmesi			Mt	380	19,55	7.429,00	16,82	6.391,60
30.4.1	95 mm ² Galvaniz Örgülü Çelik İletken			Mt.	665	6,12	4.069,80	31,80	21.147,00
30.4.2	Topraklama Elektrodu 65x65x7mm 2mt			Ad.	230	69,00	15.870,00	116,90	26.887,00
30.4.2	Topraklama Elektrodu Bakır 22mm 2,5mt			Ad.	57	201,69	11.496,33	116,90	6.663,30
31.6.4.3.	34,5/0,4 KV Hermetik trafo 100 kva			Ad.	8	12.949,1	103.592,80	5.774,09	46.192,72
31.6.4.3.	34,5/0,4 KV Hermetik trafo 160 kva			Ad.	1	17.524,7	17.524,73	6.849,83	6.849,83
31.6.4.3.	34,5/0,4 KV Hermetik trafo 250 kva			Ad.	4	21.566,6	86.266,64	8.057,77	32.231,08
31.6.4.3.	34,5/0,4 KV Hermetik trafo 400 kva			Ad.	6	27.286,1	163.717,14	9.892,46	59.354,76
b-I 32.11.	1x50 XLPE (N2XS) Toprak Kanala			Mt	85	46,92	3.988,20	80,03	6.802,55

Poz No	Açıklama	Br.	Mik.	Malzeme		Montaj	
				Birim Fiyat	Tutarı	Birim Fiyat	Tutarı
b-I 32.11.	1x50 XLPE (N2XSY) Aynı Kanala	Mt	170	46,92	7.976,40	10,45	1.776,50
b-II - 32.12.	3x95+50 NAYY 0,6/1 kV Alüminyum Kablo (Direğe Montaj)	Mt	120	23,73	2.847,60	15,85	1.902,00
b-II - 32.12.	3x120+70 NAYY 0,6/1 kV Alüminyum Kablo (Direğe Montaj)	Mt	120	30,41	3.649,20	15,89	1.906,80
b-II - 32.12.	3x185+95 NAYY 0,6/1 kV Alüminyum Kablo (Direğe Montaj)	Mt	15	45,87	688,05	16,21	243,15
b-II - 32.12.	3x240+120 NAYY 0,6/1 kV Alüminyum Kablo (Direğe Montaj)	Mt	180	60,03	10.805,40	16,44	2.959,20
b-I 32.11.4.	1x95 AL XLPE (NA2XSY) Toprak Kanala	Mt	50	27,13	1.356,50	79,30	3.965,00
b-IV 32.19.1.	1x95 AL XLPE (NA2XSY) Aynı Kanala	Mt.	100	24,63	2.463,00	10,04	1.004,00
32.b	Eşdeğer Malzeme (20*50*6)	Ad.	500	3,34	1.670,00	7,25	3.625,00
32.34.11	1x50 /16 XLPE kablo başlığı dâhili tip	Ad	9	54,36	489,24	78,12	703,08
32.34.14	1x50 /16 XLPE kablo başlığı Harici tip	Ad	3	83,36	250,08	101,84	305,52
32.34.14.1	1x95 /16 AL XLPE Kablo Başlığı Harici Tip	Ad	6	83,36	500,16	121,07	726,42
Özel	50-70-95 mm ² Al-Cu Kablo Pabucu	Ad.	26	35,00	910,00	18,00	468,00
Özel	120-150 mm ² Al-Cu Kablo Pabucu	Ad.	72	40,00	2.880,00	27,00	1.944,00
Özel	185-240 mm ² Al-Cu Kablo Pabucu	Ad.	78	45,00	3.510,00	36,00	2.808,00
Özel	O.G. buşing kapama	Ad	57	75,00	4.275,00	5,00	285,00
Özel	A.G. buşing kapama	Ad	76	60,00	4.560,00	5,00	380,00
Özel	VHD kapama	Ad	128	75,00	9.600,00	5,00	640,00
	TOPLAM (TL)			826.732,74		569.030,23	
MALZEME+MONTAJ TOPLAMI (TL)				1.395.762,97			

3.2 Elektrik Dağıtım Şebekesi Yeni Durum Projesi

Yeni durum planlamasında alüminyum orta gerilim kabloları ve beton köşk tipi trafo merkezleri tesis edilmiştir. Yeni durum yapılanması mevcut durum planına göre yeni yapılar ekleneceği öngörülerek 3 ayrı merkezde her biri eşit güce sahip toplam kurulu gücü 4800 kVA olarak tasarlanmıştır. Bu hattın branşman direği mevcutta bulunan TR614A9 direğinden enerjisi sağlanmaktadır. Talep güçler değiştirilmemiş olup yapılan analizlerde talep güç değişkeni sabit tutulmuştur. Enerji trafo merkezlerinden alçak gerilime dönüştürülerek sokak içi boxlara dağıtılmış ve boxlardan ölçü panolarına irtibatı sağlanmıştır. Böylelikle ölçü panolarında oluşacak sayaç okuma hatası, pano içi kaçak bağlantı değişkenleri de sabit tutulmuştur.

Alanda 3 adet trafo merkezi kurulmuştur. Kurulan bu trafo merkezleri her biri 1600 kVA güce sahiptir. Trafo merkezlerinin tasarımları ileriye dönük yatırımları kolay kılmak adına ek orta gerilim hücreleri sığacak şekilde Tip-1C seçilmiştir. Eşitlik 3.4'e göre 1600 kVA trafonun çekeceği akım;

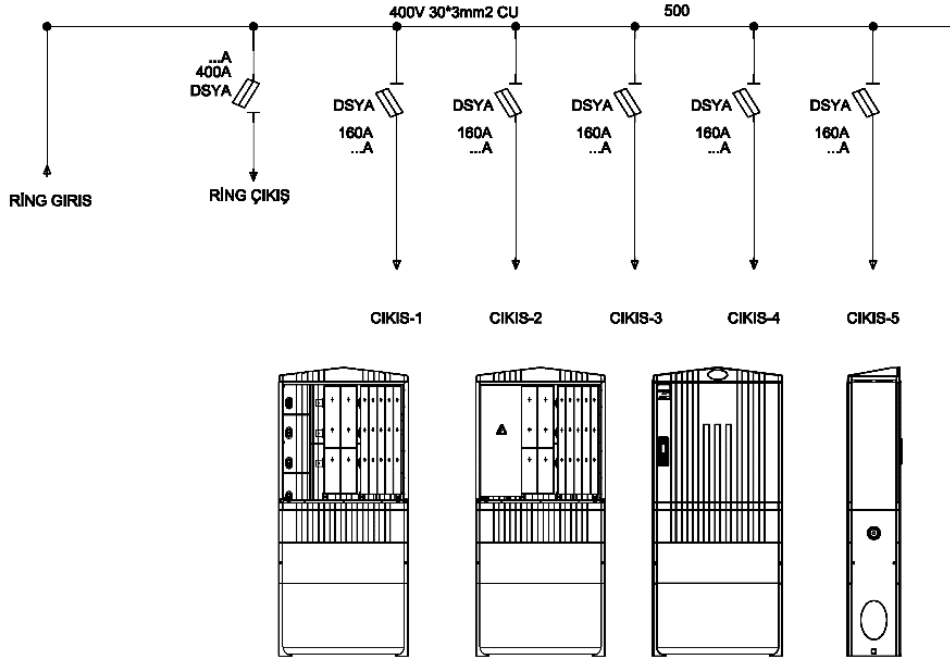
$$\frac{1600}{3 \times 0,22} = 2424,24 \text{ A}$$

Çizelge 3.11'e göre her bir faz için 6 adet 1x240 mm² NYY kablo kullanılmıştır (Vatan Kablo, 2020). Tedaş MLZ/2020-069 şartnamesine göre faz iletkeni ile nötr iletkeni sayısı eşit kullanılmaktadır ve nötr iletkeni içinde 6 adet 1x240 mm² NYY kablo kullanılmıştır.

Çizelge 3.11 NYY kablo karakteristikleri

Kablo Kesiti	Kablo Direnci ohm/km (20°C)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)
1x240	0,0754	483
3 x 35 + 16	0,524	159
3 x 70 + 35	0,268	232
3 x 120 + 70	0,153	318
3 x 150 + 70	0,124	359
3 x 185 + 95	0,0991	406
3 x 240 + 120	0,0754	473

Sistemde kullanılan Tip-A Boxlar 5 adet ölçü panosu besleme çıkışına ve bir adet ring çıkışına sahiptir. Ring çıkışları boxın farklı bir trafo merkezinden beslenmesine veya farklı boxların bu boxtan beslenmesine imkân sağlamaktadır. Projede ring çıkışları kullanılmamıştır.

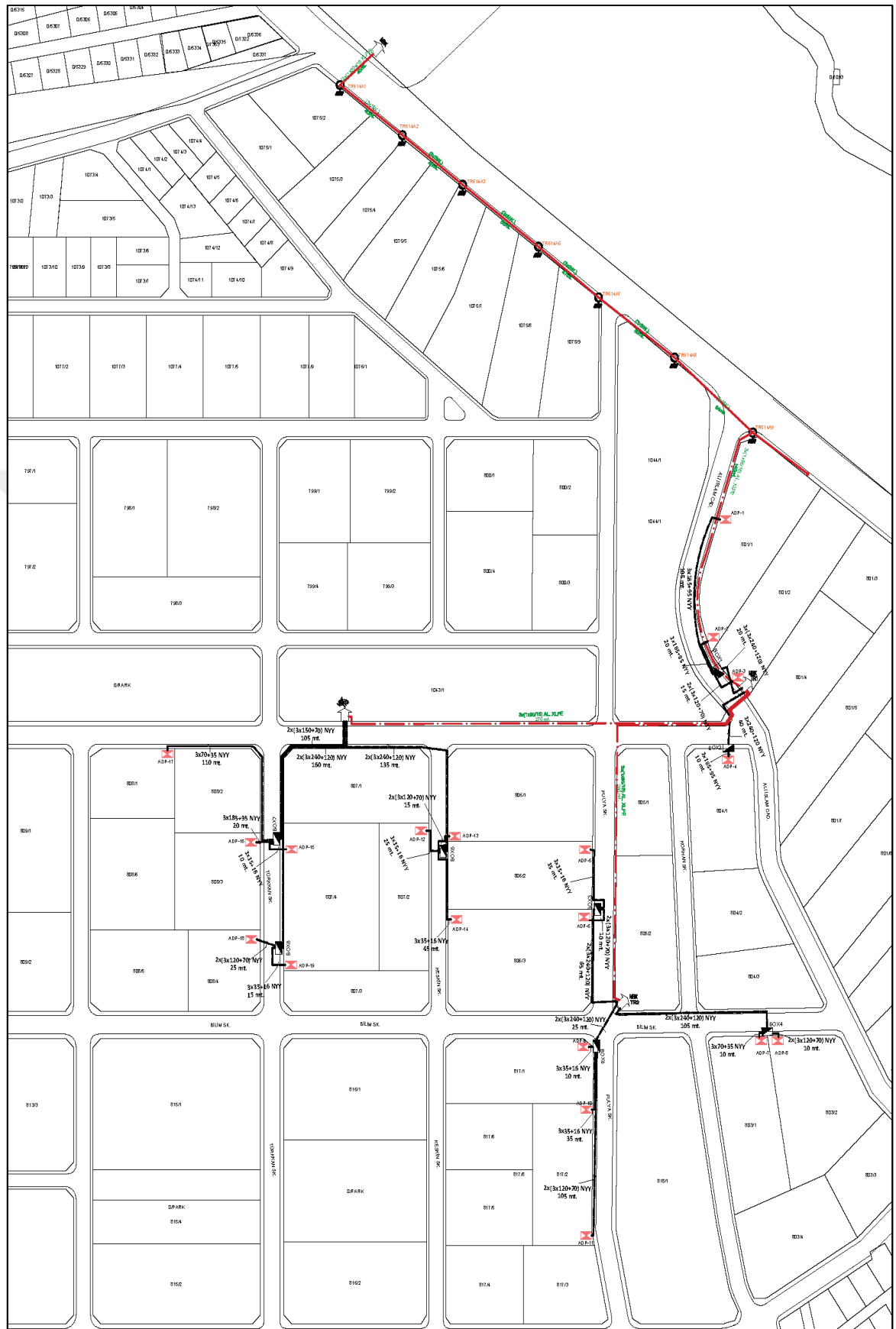


Şekil 3.6 Tip-A Box tek hat şeması

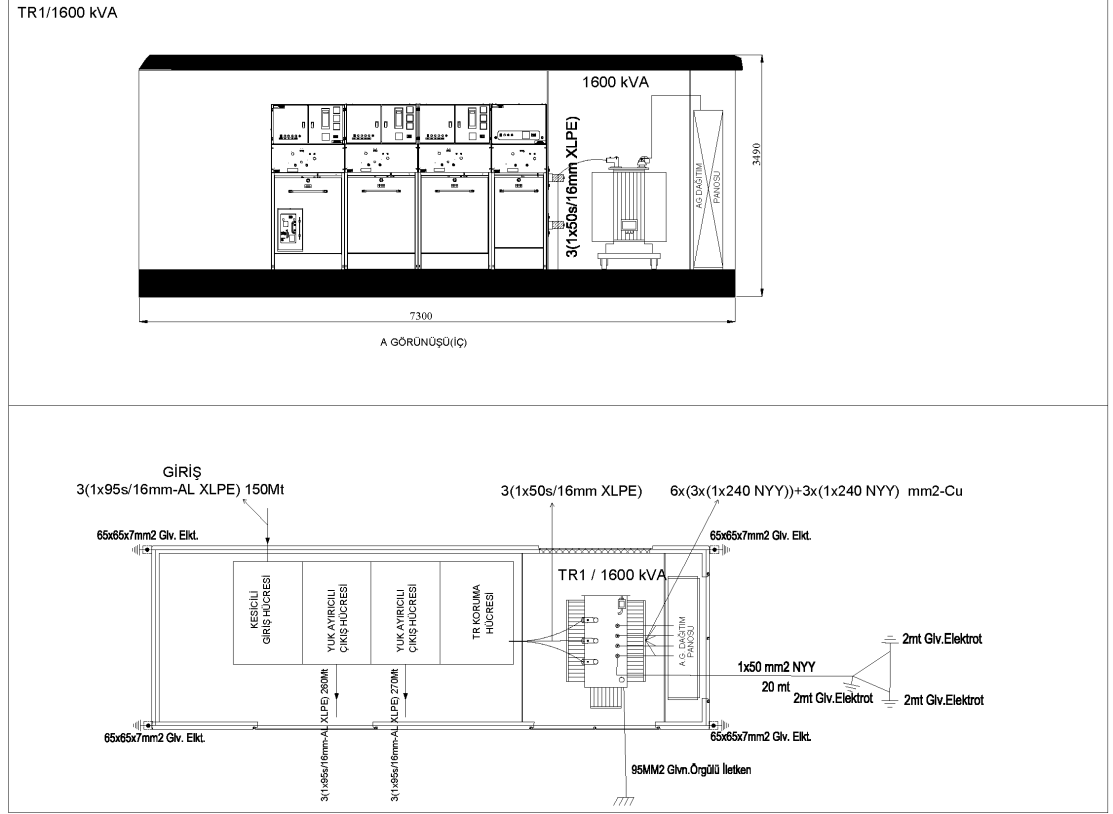
Trafo merkezlerinde enerji gittiğinde iç ihtiyaç enerjisini sağlamak amacı ile redresör bulunmaktadır. Redresörler 220VAC / 24VDC olarak tesis edilir. Redresör enerjisini AG dağıtım panolarından alır. Kesici hücrelerindeki röle ve hücreler içerisinde bulunan aydınlatmalar redresör vasıtası ile enerji olmasa dahi çalışmaktadır.



Şekil 3.7 Akü-redresör grubu



Enerji TR614A9 direğinden yeraltı $3 \times (1 \times 95 \text{ s} / 16 \text{ mm}^2 - \text{AL XLPE})$ kablo kesicili giriş hücresini beslemektedir. Trafo merkezinde TR-2 ve TR-3 trafo merkezlerini besleyen yük ayırıcı çıkış hücreleri ve sigortalı yük ayırıcı bileşikli trafo koruma hücresi bulunmaktadır. Trafo koruma hücresinden trafo beslemesi Tedaş MLZ/2020-069 şartnamesine göre $3 \times (1 \times 50 \text{ s} / 16 \text{ mm}^2 \text{ XLPE})$ kablo ile sağlanmaktadır.



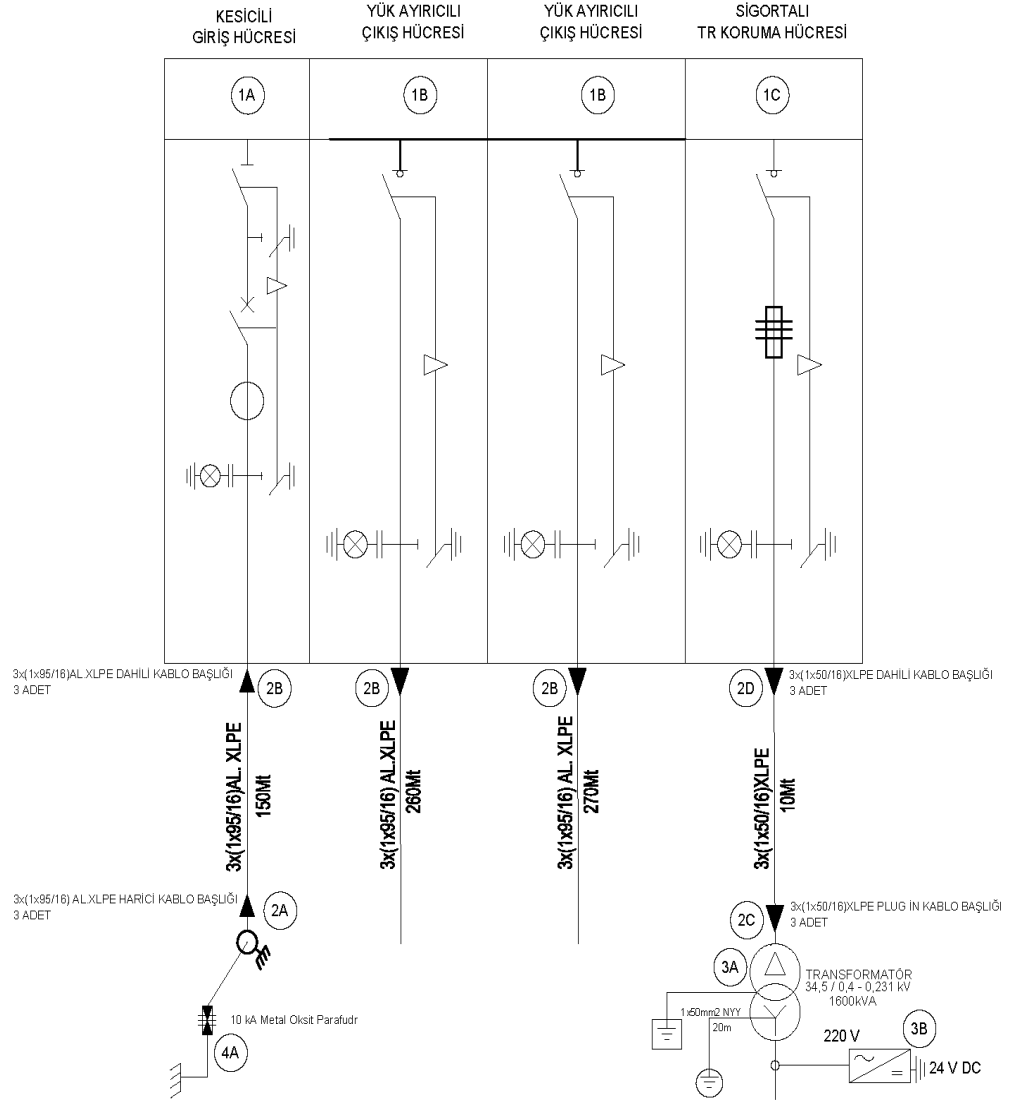
Şekil 3.9 TR-1 trafo merkezi yerleşim planı

TR-1 trafosu 2 adet box ve bunlara bağlı 4 dağıtım panosu bulunmaktadır. TR-2 trafosu besleme şeması Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.12 TR-1 Besleme şeması

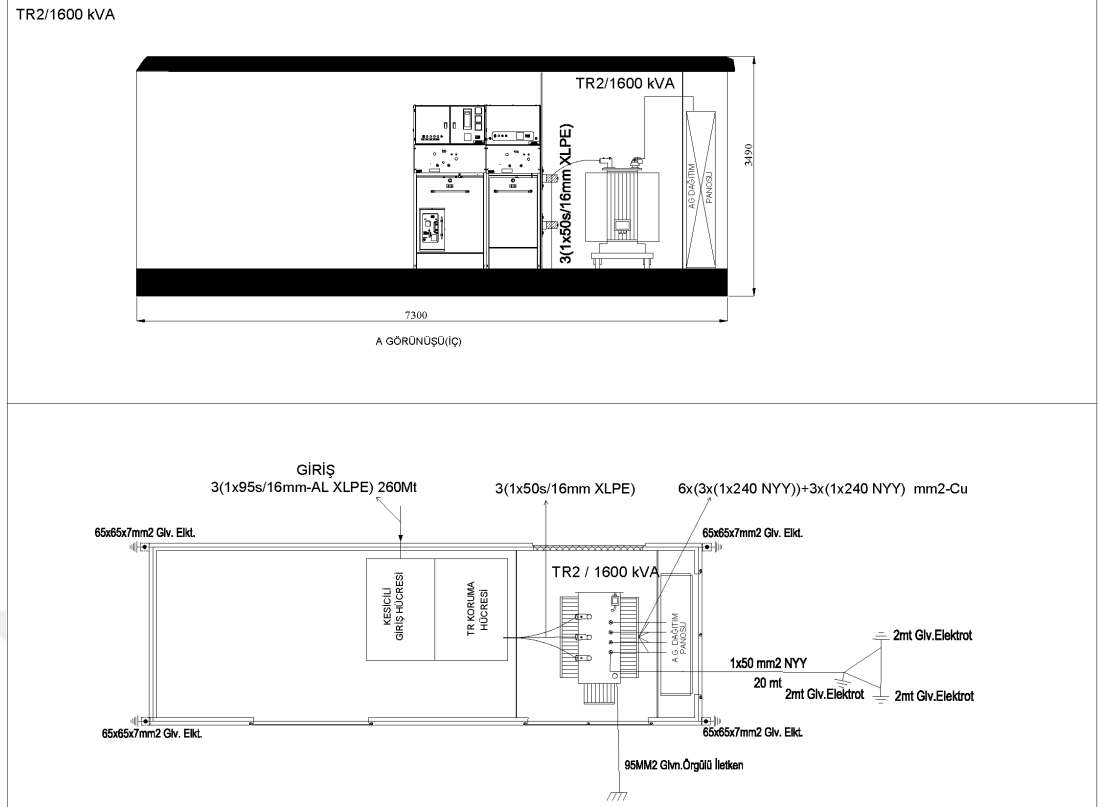
TR-1	BOX1	3x185+95 NYY	ADP-1
		3x185+95 NYY	ADP-2
		2x(3x120+70) NYY	ADP-3
	BOX2	3x185+95 NYY	ADP-4

TR1 PRİMER MALZEME LİSTESİ



NO	ADI	KARAKTERİSTİKLER	KISA DÖNEM	İLERDE	MEVCUT
1A	KESİCİLİ GİRİŞ HÜCRESİ	36kV, 630A, 16kA	1		
1B	YÜK AYIRICILI ÇIKIŞ HÜCRESİ	36kV, 630A, 16kA	2		
1C	SİĞORTALI TRAFO KORUMA HÜCRESİ	36kV, 630A, 16kA	1		
2A	BÜZÜŞMELİ TİP HARİCİ KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x95/16 AL. mm2	3		
2D	BÜZÜŞMELİ TİP DAHİLİ KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x50/16 mm2	3		
2B	BÜZÜŞMELİ TİP DAHİLİ KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x95/16 AL. mm2	9		
2C	PLUG IN KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x50/16 mm2	3		
3A	DAĞITIM TRAFOSU	36/0,4 kV, 1600kVA, Dyn 11 (HERMETİK)	1		
3B	AKÜ REDRESÖR	BAR24-24V	1		
4A	PARAFUDR	10 kA Metal Oksit Parafudr	3		

Şekil 3.10 TR-1 primer malzeme listesi



Şekil 3.11 TR-2 trafo merkezi yerleşim planı

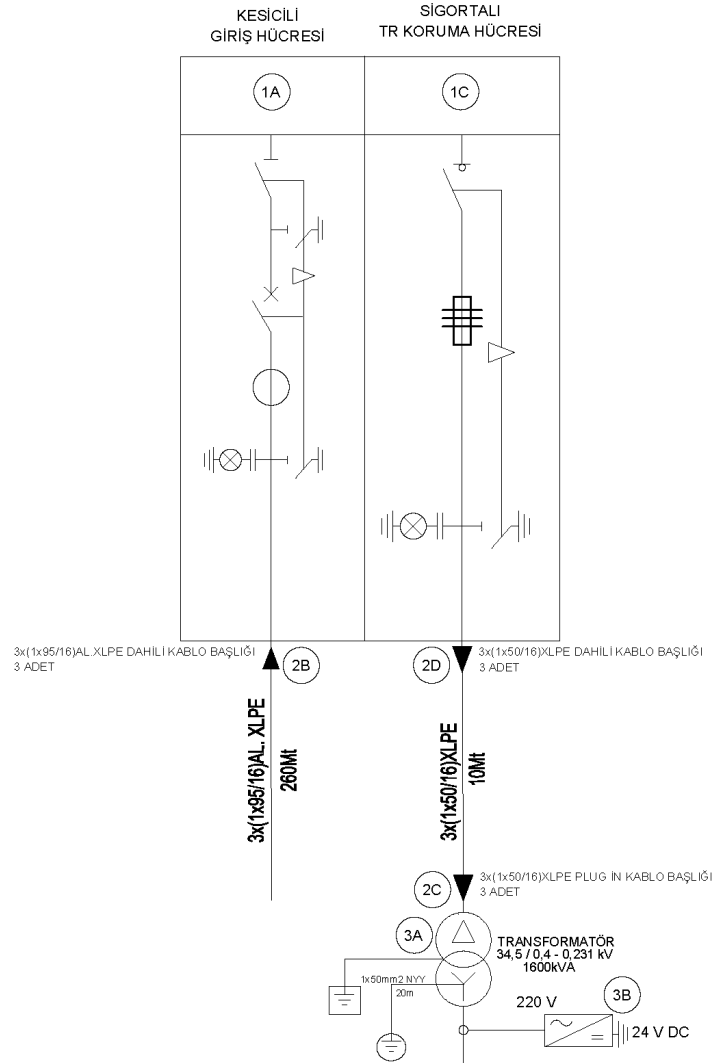
TR-1 trafosunun yük ayırıcılı kesici hücresinden çıkan enerji 260 metre yeraltı 3x(1x95s/16 mm²- AL XLPE) kablo ile TR-2 trafosu kesicili giriş hücresi beslenmektedir. TR-2 trafo merkezinde giriş kesicili giriş hücresi ile sağlanmıştır. Kesicili giriş hücresi üzerinde bulunan röle sayesinde hatlar üzerinde oluşacak aşırı akım açması besleme alınan hattı açtırmayacak selektivite sağlayarak bu hat üzerinde oluşacak arızayı sadece bu bölgede sınırlandıracaktır. Trafo merkezlerinde bu tasarıma ek olarak 2 adet hücre eklenebilmektedir. Bu imkân ile büyüme için gerekli olan yatırımda sağlanmış olacaktır.

TR-2 trafosu 3 adet box ve bunlara bağlı 7 dağıtım panosu bulunmaktadır. TR-2 trafosu besleme şeması Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.13 TR-2 Besleme şeması

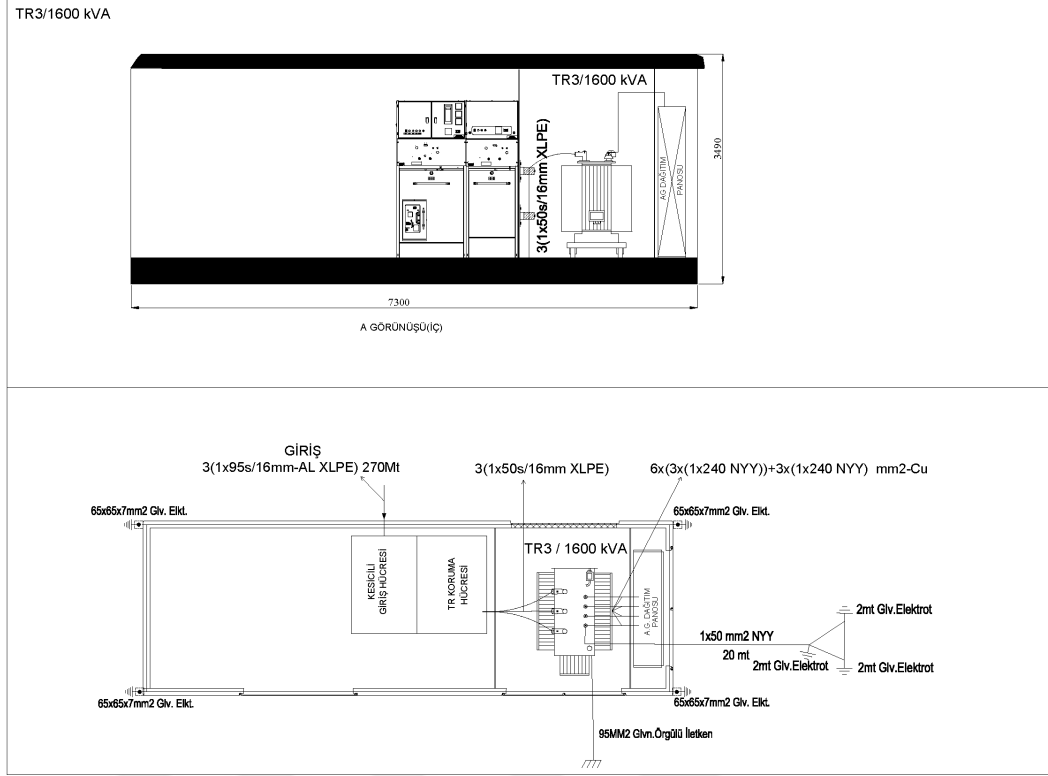
TR-2	BOX3	3x35+16 NYY	ADP-5
		2x(3x120+70) NYY	ADP-6
	BOX4	3x70+35 NYY	ADP-7
		2x(3x120+70) NYY	ADP-8
	BOX5	3x35+16 NYY	ADP-9
		3x35+16 NYY	ADP-10
		2x(3x120+70) NYY	ADP-11

TR2 PRİMER MALZEME LİSTESİ



NO	ADI	KARAKTERİSTİKLER	KISA DÖNEM	İLERDE	MEVCUT
1A	KESİCİLİ GİRİŞ HÜCRESİ	36kV, 630A, 16kA	1		
1B	YÜK AYIRICILI ÇIKIŞ HÜCRESİ	36kV, 630A, 16kA	-		
1C	SİGORTALI TRAFO KORUMA HÜCRESİ	36kV, 630A, 16kA	1		
2A	BÜZÜŞMELİ TİP HARİCİ KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x95/16 AL. mm2	-		
2D	BÜZÜŞMELİ TİP DAHİLİ KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x50/16 mm2	3		
2B	BÜZÜŞMELİ TİP DAHİLİ KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x95/16 AL. mm2	3		
2C	PLUG İN KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x50/16 mm2	3		
3A	DAĞITIM TRAFOSU	36/0.4 kV, 1600kVA, Dyn 11 (HERMETİK)	1		
3B	AKÜ REDRESÖR	BAR24-24V	1		
4A	PARAFUDR	10 kA Metal Oksit Parafudr	-		

Şekil 3.12 TR-2 primer malzeme listesi



Şekil 3.13 TR-3 trafo merkezi yerleşim planı

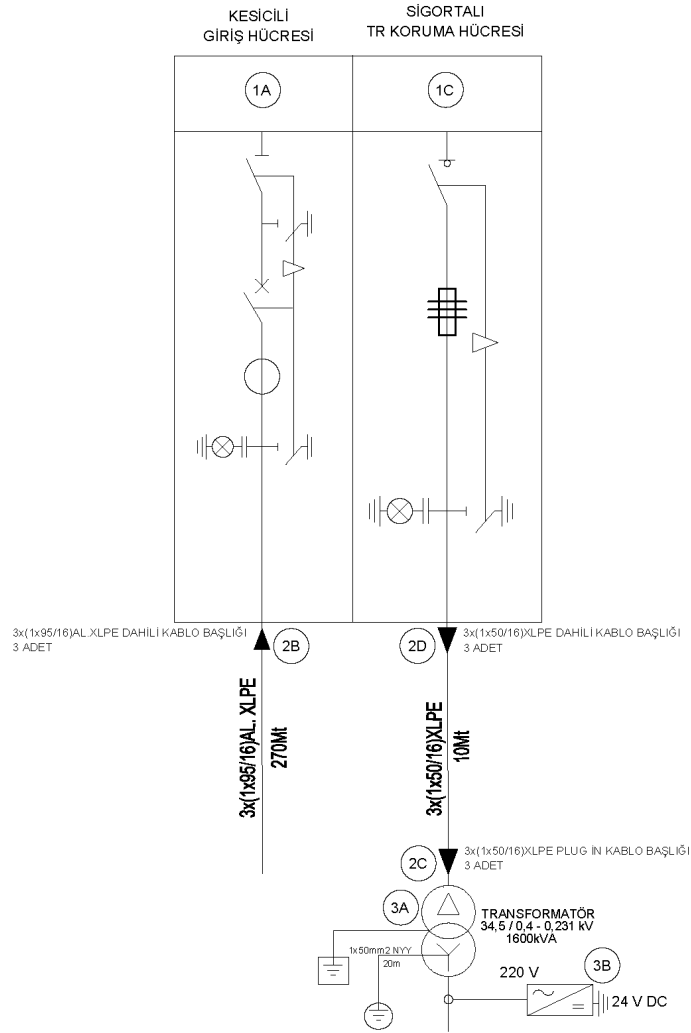
TR-3 trafosu da TR-1 trafosunun yük ayırıcılı çıkış hücresinden çıkan 270 metre yeraltı $3 \times (1 \times 95 \text{ s} / 16 \text{ mm}^2 - \text{AL XLPE})$ kablo ile enerjilendirilmektedir. Trafo merkezinin girişi selektivite amacı ile kesicili giriş seçilmiştir.

TR-3 trafosu 3 adet box ve bunlara bağlı 7 dağıtım panosu bulunmaktadır. TR-2 trafosu besleme şeması Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.14 TR-3 Besleme şeması

TR-3	BOX6	3x35+16 NYY	ADP-12
		2x(3x120+70) NYY	ADP-13
		3x35+16 NYY	ADP-14
	BOX7	3x35+16 NYY	ADP-15
		3x185+95 NYY	ADP-16
		3x70+35 NYY	ADP-17
	BOX8	2x(3x120+70) NYY	ADP-18
		3x35+16 NYY	ADP-19

TR3 PRİMER MALZEME LİSTESİ



NO	ADI	KARAKTERİSTİKLER	KISA DÖNEM	İLERDE	MEVCUT
1A	KESİCİLİ GİRİŞ HÜCRESİ	36kV, 630A, 16kA	1		
1B	YÜK AYIRICILI ÇIKIŞ HÜCRESİ	36kV, 630A, 16kA	-		
1C	SİGORTALI TRAFO KORUMA HÜCRESİ	36kV, 630A, 16kA	1		
2A	BÜZÜŞMELİ TİP HARİCİ KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x95/16 AL. mm2	-		
2D	BÜZÜŞMELİ TİP DAHİLİ KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x50/16 mm2	3		
2B	BÜZÜŞMELİ TİP DAHİLİ KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x95/16 AL. mm2	3		
2C	PLUG IN KABLO BAŞLIĞI	36kV 1x50/16 mm2	3		
3A	DAĞITIM TRAFOSU	36/0,4 kV, 1600kVA, Dyn 11 (HERMETİK)	1		
3B	AKÜ REDRESÖR	BAR24-24V	1		
4A	PARAFUDR	10 kA Metal Oksit Parafudr	-		

Şekil 3.14 TR-3 primer malzeme listesi

3.2.1 Yeni durum gerilim düşümü ve güç kaybı

Orta gerilim seviyesinde kablolardan çekilen güç değerleri Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çizelge 3.15 Orta gerilim kabloları çekilen güç değerleri

Kablo Aralığı	Çekilen Güç	Mesafe
TRP614A9-TR1 Arası	4065 kW	140 mt.
TR1-TR2 Arası	1555 kW	260 mt.
TR-1-TR3 Arası	1440 kW	270 mt.

Orta gerilim seviyesinde gerilim düşümü hesabı;

$$\%e = \frac{0,1.l.P.(0,32.\cos\alpha + 0,6.\sin\alpha)}{U^2} \quad [3.11]$$

formülü ile hesap edilmektedir.

Mevcut ve yeni durumda bir fark oluşmaması için sistemin tamamında kompanzasyon sistemi olduğu düşünüldüğünde $\cos\alpha=1$ ve $\sin\alpha=0$ olarak hesap edilmektedir. U işletme gerilimi 34,5 kV ve l mesafesi km cinsinden alınmaktadır. Üretici değerlerine göre 3x(1x95) AL XLPE kablo için üretici verilerine göre kablo direnci $R=0,320 \Omega/\text{km}$ alınmış ve Eşitlik 3.8’e göre kablo C sabiti 0,289 bulunmuştur (Öznur Kablo, 2020).

TR614A9-TR1 arası kablo için Eşitlik 3.11’e göre gerilim düşümü;

$$\%e = \frac{0,1.0,14.4065.(0,32.1+0,6.0)}{34,5^2} = 0,015300315$$

TR614A9-TR1 arası kablo için Eşitlik 3.7’e göre güç kaybı 668,57 watttır.

TR1-TR2 ve TR1-TR3 arası güç kayıpları Çizelge 3.16’da verilmiştir.

Çizelge 3.16 Orta gerilim kabloları gerilim düşümü ve güç kaybı

Ana Besleme Hattı	Trafo Besleme Kablosu	Trafo Besleme Kablosu Uzunluğu		Trafo No	Trafo Gücü		Trafodan Beslenen Güç		Orta Gerilim Gerilim Düşümü	Orta Gerilim Güç Kaybı (Watt)
TR614	3x(1x95/16) AL XLPE	140	mt.	TR1	1600	kVA	1070	kW	0,0153003	668,57014
	3x(1x95/16) AL XLPE	260	mt.	TR2	1600	kVA	1555	kW	0,0108696	181,6904
	3x(1x95/16) AL XLPE	270	mt.	TR3	1600	kVA	1440	kW	0,0104529	161,80301

Alçak gerilim kablolarında gerilim düşümü Eşitlik 3.5'e göre hesap edildiğinde TR1-BOX1 arası kabloda güç düşümü;

$$\%e = \frac{100.20.840000}{720.56.380^2} = 0,289$$

güç kaybı ise Eşitlik 3.6'ya göre;

$$W_{\text{kablo}} = I_{\text{kablo}}^2 \cdot R = 1277,76^2 \cdot 0,0251 = 819,6 \text{ Watt}$$

olarak hesaplanmıştır. Trafo tesisleri ve boxlar arasında diğer kablolarda oluşan güç kaybı ve gerilim düşümü Çizelge 3.17'de verilmiştir.

Çizelge 3.17 Alçak gerilim dağıtım şebekesi gerilim düşümü ve güç kaybı

Trafo No	Box Besleme Kablosu	Box Besleme Kablosu Uzunluğu		Çekilen Akım (Amper)		Box No	Box Kurulu Güç		Trafo AG Panosu-Box Gerilim Düşümü (%)	Trafo AG Panosu-Box Çekilen Akım	Kablo Direnci	Güç Kaybı (Watt)
TR1	3x(3x240+120) NYY	20	mt.	1277,761	A	BOX1	840	kW	0,289	1277,76	0,0251	819,60
	3x240+120 NYY	40	mt.	349,8631	A	BOX2	230	kW	0,474	349,86	0,0754	369,17
TR2	2x(3x240+120) NYY	65	mt.	714,9376	A	BOX3	470	kW	0,787	714,94	0,0377	1252,54
	2x(3x240+120) NYY	105	mt.	798,6005	A	BOX4	525	kW	1,420	798,60	0,0377	2524,58
	2x(3x240+120) NYY	25	mt.	851,8406	A	BOX5	560	kW	0,361	851,84	0,0377	683,91
TR3	2x(3x240+120) NYY	135	mt.	851,8406	A	BOX6	560	kW	1,948	851,84	0,0377	3693,11
	2x(3x150+70) NYY	105	mt.	623,669	A	BOX7	410	kW	1,775	623,67	0,0620	2532,15
	2x(3x240+120) NYY	160	mt.	714,9376	A	BOX8	470	kW	1,937	714,94	0,0377	3083,17

Box panolarından ana dağıtım panolarına giden kablolarda da Eşitlik 3.5 ve Eşitlik 3.6 ya göre yapılan gerilim düşümü değerleri ve bu kablolarda oluşan güç kaybı değerleri Çizelge 3.18'de verilmiştir.

Çizelge 3.18 Abone besleme kablolarında güç kaybı ve gerilim düşümü

Box No	Besleme Kablosu Kesiti (mm ²)	Beslenen Pano	Besleme Kablosu Uzunluğu	Abone Sayısı	Toplam Abone Kurulu Gücü	Çekilen Akım (A)	Box-Dağıtım Panosu Gerilim Düşümü (%)	Besleme Kablosu Güç Kaybı (Watt)
BOX1	3x185+95 NYY	ADP-1	105 mt.	1	230 kW	349,86	1,46	1005,28
	3x185+95 NYY	ADP-2	20 mt.	1	230 kW	349,86	0,28	191,48
	2x(3x120+70) NYY	ADP-3	15 mt.	1	380 kW	578,03	0,27	302,18
BOX2	3x185+95 NYY	ADP-4	10 mt.	3	230 kW	349,86	0,14	95,74
BOX3	3x35+16 NYY	ADP-5	35 mt.	1	90 kW	136,90	1,00	271,21
	2x(3x120+70) NYY	ADP-6	10 mt.	3	380 kW	578,03	0,18	201,45
BOX4	3x70+35 NYY	ADP-7	10 mt.	3	145 kW	220,57	0,23	100,57
	2x(3x120+70) NYY	ADP-8	10 mt.	1	380 kW	578,03	0,18	201,45
BOX5	3x35+16 NYY	ADP-9	10 mt.	3	90 kW	136,90	0,29	77,49
	3x35+16 NYY	ADP-10	35 mt.	3	90 kW	136,90	1,00	271,21
	2x(3x120+70) NYY	ADP-11	105 mt.	3	380 kW	578,03	1,86	2115,23
BOX6	3x35+16 NYY	ADP-12	25 mt.	2	90 kW	136,90	0,72	193,72
	2x(3x120+70) NYY	ADP-13	15 mt.	1	380 kW	578,03	0,27	302,18
	3x35+16 NYY	ADP-14	45 mt.	3	90 kW	136,90	1,29	348,69
BOX7	3x35+16 NYY	ADP-15	10 mt.	4	90 kW	136,90	0,29	77,49
	3x185+95 NYY	ADP-16	20 mt.	3	230 kW	349,86	0,28	191,48
	3x70+35 NYY	ADP-17	110 mt.	2	90 kW	136,90	1,58	426,18
BOX8	2x(3x120+70) NYY	ADP-18	25 mt.	3	380 kW	578,03	0,44	503,63
	3x35+16 NYY	ADP-19	15 mt.	4	90 kW	136,90	0,43	116,23

Trafolarda oluşan güç kayıpları trafolarda oluşan yüklenme oranı ile orantılıdır. Çizelge 3.8’de verilen kayıp değerlerinin ve Çizelge 3.19’da verilen yüklenme oranlarının Eşitlik 3.10’da yerine konulduğunda TR1 trafosunun verimi;

$$\eta = (1070) / 1070 + 1,38 + (13,2 * 0,66875^2) * 100 = 99,323911$$

Trafoda oluşan güç kaybı (P_{tk}) verime bağlı olarak hesap edildiğinde;

$$P_{tk} = (100 - \eta) \cdot P / 100 = (100 - 99,323911) \cdot 1070 / 100 = 7,2341 \text{ kW}$$

bulunur. Trafo tesislerinde oluşan trafo kayıpları ve diğer kayıplar toplamı Çizelge 3.19’da verilmiştir.

Çizelge 3.19 Yeni durum trafoları güç kaybı ve toplam güç kaybı analizi

Yeni Proje		Güç Kaybı (%)	Güç Kaybı (kW)						
Kablolar	Orta Gerilim Kabloları	0,0249	1,0121						
	Köşk-Box Besleme Kabloları	0,3679	14,9582						
	Box-Ana Dağıtım Panosu Besleme Kabloları	0,2164	Verim (%)	Trafo Demir Kaybı (kW)	Trafo Bakır Kaybı (kW)	Yüklenme Oranı (%)	Trafo Gücü (kVA)	Yük Gücü (kW)	Trafo Kayıp Güç (kW)
Trafolar	Tr-1	0,8101	99,323911	1,38	13,2	0,668750	1600	1070	7,2341
	Tr-2		99,117318	1,38	13,2	0,971875	1600	1555	13,7257
	Tr-3		99,168636	1,38	13,2	0,900000	1600	1440	11,9716
Toplam		1,4193							32,9315

3.2.2 Yeni durum maliyet hesabı

Yeni durumda tesiste havai hat bulunmayacak olup orta gerilim ve alçak gerilim yeraltı kablolar ile sağlanmıştır. Orta gerilim kabloları kablo muhafaza boruları ile muhafaza edilmiştir. Trafo tesisinde trafo orta gerilim girişleri Plug in başlıklar ile yapılacak diğer orta gerilim kablolarında dâhili kablo başlıkları kullanılacaktır. Kablo fiyatları aynı toprak kanala döşenecek orta gerilim kabloları için işçilik birim fiyatı farklılık göstermekte ve keşifte bu durum göz önünde bulundurulmuştur. Havai parafudur sistemi alanın ilk yeraltına alındığı TR614A9 direğinde kullanılacaktır. Fiyatlar 2020 Tedaş birim fiyat kitabına göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.20 Yeni durum malzeme ve montaj keşfi

Poz.No	Açıklama	Malzeme				Montaj	
		Br.	Mik.	Birim Fiyat	Tutarı	Birim Fiyat	Tutarı
8.2.2.	110 mm kablo muhafaza borusu	Mt	1.265	9,43	11.928,95	1,50	1.897,50
15.2	36kV 10 kA Metal Oksit Parafudur	Ad.	3	158,64	475,92	358,74	1.076,22
22.4.4	Kesicili Giriş/ Çıkış hücresi 36 kV 630 A 16 ka	Ad.	3	21.002,05	63.006,15	3.156,86	9.470,58
24.4.3.3	AG Saha Dağıtım tip A Galvaniz 550*1000*350 mm	Ad.	8	2.504,83	20.038,64	1.917,00	15.336,00
22.5.1.3	Sigortalı Trafo Koruma Hücresi 36kV 200A 16kA +1600 kVa Dahili 34,5/0,4 kV Trafo +1600 kVA Ağ Dağıtım Panosu +7,50 Beton Köşk +2 Ad. Yük Ayırıcılı Giriş Çıkış Hücresi	Ad.	1	175.751,46	175.751,46	14.073,16	14.073,16

Poz.No	Açıklama	Br.	Mik.	Malzeme		Montaj	
				Birim Fiyat	Tutarı	Birim Fiyat	Tutarı
22.5.1.3	Sigortalı Trafo Koruma Hücresi 36kV 200A 16kA +1600 kVa Dahili 34,5/0,4 kV Trafo +1600 kVa Ag Dağıtım Panosu +7,50 Beton Köşk	Ad.	2	157.877,46	315.754,92	7.969,74	15.939,48
23	24 VDC 20A Şarj Tertibatı	Ad.	3	2.090,79	6.272,37	804,00	2.412,00
30.2.2	50 mm ² nyy kablo ve gömülmesi	Mt	60	19,55	1.173,00	16,82	1.009,20
30.4.1	95 mm ² Galvaniz Örgülü Çelik İletken	Mt.	60	6,12	367,20	31,80	1.908,00
30.4.2	Topraklama Elektrodu 65x65x7mm 2mt	Ad.	15	69,00	1.035,00	116,90	1.753,50
30.4.2	Topraklama Elektrodu Bakır 22mm 2,5mt	Ad.	9	201,69	1.815,21	116,90	1.052,10
b-I - 32.1	3x35+16 NYY 0,6/1 kV Kablo	Mt	175	50,55	8.846,25	80,15	14.026,25
b-I - 32.1	3x70+35 NYY 0,6/1 kV Kablo	Mt	120	97,07	11.648,40	82,45	9.894,00
b-I - 32.1	3x120+70 NYY 0,6/1 kV Kablo	Mt	165	170,39	28.114,35	86,07	14.201,55
b-I - 32.1	3x185+95 NYY 0,6/1 kV Kablo	Mt	155	257,03	39.839,65	90,35	14.004,25
b-I - 32.1	3x240+120 NYY 0,6/1 kV Kablo	Mt	650	336,39	218.653,50	94,35	61.327,50
b-I-32.1	1X240 NYY 0,6/1 kV Kablo (Kabin İçi)	Mt	355	94,62	33.590,10	16,37	5.811,35
b-I - 32.1	3x120+70 NYY 0,6/1 kV Kablo (Aynı Toprak Kanala)	Mt	195	170,39	33.226,05	16,81	3.277,95
b-I - 32.1	3x150+70 NYY 0,6/1 kV Kablo (Aynı Toprak Kanala)	Mt	210	209,05	43.900,50	18,43	3.870,30
b-I - 32.1	3x240+120 NYY 0,6/1 kV Kablo (Aynı Toprak Kanala)	Mt	530	336,39	178.286,70	25,14	13.324,20
b-I 32.11.	1x50 XLPE (N2XSY) (Kabin içi)	Mt	90	46,92	4.222,80	10,45	940,50
b-I 32.11.4.	1x95 AL XLPE (NA2XSY)	Mt	670	27,13	18.177,10	79,30	53.131,00
b-IV 32.19.1.	1x95 AL XLPE (NA2XSY) (Aynı Kanala)	Mt.	1.340	24,63	33.004,20	10,04	13.453,60
32.b	Eşdeğer Malzeme (20*50*6)	Ad.	13.850	3,34	46.259,00	7,25	100.412,5
32.34.11.	1x50 /16 XLPE kablo başlığı dahili tip	Ad	9	54,36	489,24	78,12	703,08
32.34.11.1	1x95 /16 AL XLPE Kablo Başlığı Dahili Tip	Ad.	15	56,58	848,70	87,89	1.318,35
32.34.14.	1x50 /16 XLPE kablo başlığı Harici tip	Ad	3	83,36	250,08	101,84	305,52
32.34.14.1	1x95 /16 AL XLPE Kablo Başlığı Harici Tip	Ad	3	83,36	250,08	121,07	363,21
34.34.17	1x50/16 XLPE Ayrılabilen Ekranlanmış Tip	Ad.	9	720,76	6.486,84	41,66	374,94
32.35.1	16 Cu Kablo Pabucu	Ad.	14	1,18	16,52	3,64	50,96
32.35.1	35 Cu Kablo Pabucu	Ad.	44	1,87	82,28	5,42	238,48
32.35.1	50 Cu Kablo Pabucu	Ad.	6	2,40	14,40	5,42	32,52
32.35.1	70 Cu Kablo Pabucu	Ad.	40	2,80	112,00	5,42	216,80
32.35.1	95 Cu Kablo Pabucu	Ad.	8	4,53	36,24	5,42	43,36
32.35.1	120 Cu Kablo Pabucu	Ad.	98	5,17	506,66	12,81	1.255,38
32.35.1	150 Cu Kablo Pabucu	Ad.	12	7,80	93,60	12,81	153,72
32.35.1	185 Cu Kablo Pabucu	Ad.	24	9,96	239,04	12,81	307,44
32.35.1	240 Cu Kablo Pabucu	Ad.	149	11,56	1.722,44	12,81	1.908,69
Özel	A.G. buşing kapama	Ad	12	60,00	720,00	5,00	60,00
		TOPLAM(TL)		1.307.255,54		380.935,14	
MALZEME+MONTAJ TOPLAMI (TL)				1.688.190,68			

4. İŞLETME BAKIM ve ENERJİ KESİNTİLERİNİN MALİYET ANALİZİ

Trafo tesislerinin Elektrik Kuvvetli Akımlar Yönetmeliğine göre bir yüksek gerilim işletme sorumluluğu hizmeti alması gerekmektedir. Elektrik Mühendisleri Odası birim fiyatlarına göre 160 kVA trafo tesisine kadar aylık işletme sorumluluğu ücreti 363 TL, 160-400 kVA trafo tesisi için 500 TL olarak belirtilmiştir (EMO, 2020). 160 kVA'ya kadar 9 adet trafo tesisi 160-400 kVA arası 10 adet trafo tesisi bulunmaktadır. Sistemin yıllık yüksek gerilim işletme sorumlusu için ödeyeceği maliyet toplam 99.204 TL'dir.

2020 yılında bölgede yaşanan elektrik kesintileri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Alanda yıl boyunca 29 adet kesintide toplam 107,5 saat planlı enerji kesintisi uygulanmıştır. Bu kesintiler genel olarak sisteme sürekli trafo ve abonelik eklenmesi ve sistemde olan trafolarla bakım yapılmasından kaynaklanmaktadır. Bu kesintilere ek olarak kuş çarpılması ağaç teması kaynaklı kesintilerde yaşanmakta ve bu kesintilerin süresi tespit edilememektedir. Firmalardan alınan bilgilere göre alanda toplam çalışan sayısı 382 kişidir. Çalışanlar için ödenen ortalama ücret 25 TL/kişi.saat'dir. Alanda bulunan firmalarda işgücü olarak alanda işçilerin yarısının bulunduğu ve diğer yarısının firmalara ait saha, şantiye vb. alanlarda bulunduğu beyan edilmiştir. 107,5 saat yarı işgücü bulunan alanda işçi maliyetinin saatlik 25 TL olduğu düşünüldüğünde Ocak-Nisan ayları için işçi maliyeti;

$$(25 \text{ TL/kişi.saat}).(42 \text{ saat}).(191 \text{ kişi}) = 200.550 \text{ TL}$$

Ayrıca bu kesintilerde elektrik dağıtım şirketinin ve üretim şirketinin elektrik satışı yapamadığından kaynaklı olarak uğradığı zarar bulunmaktadır. Alanda bulunan aboneler tek terimli tek zamanlı ticarethane aboneleridir. Elektrik dağıtım şirketinden alınan bilgiye göre TR614 trafosunda A9 hattı ve buna ek olarak beslenen diğer hatlar ile birlikte gün içerisinde oluşan anlık ortalama 2.646,4234 kW güç kullanılmaktadır.

Çizelge 4.1 Kesinti süreleri ve maliyet tablosu

Tarife Dönemi	Kesinti Süresi (saat)	Tarife Ücreti (kr/kWh)	Anlık Ortalama Güç (kW)	Maliyet (TL)	İşçi Maliyet (TL)
Ocak-Nisan	42	71,8503	2.646,4234	79.861,452	200.550
Nisan-Temmuz	21,5	71,8201		40.864,275	102.662,5
Temmuz-Ekim	22	71,7208		41.756,793	105.050
Ekim-Ocak	22	75,7817		44.121,102	105.050
			Toplam	206.603,622	513.312,5

Çizelge 4.2 2020 yılı kesinti süreleri

KESİNTİ NO	İL	İLÇE	TARİH	BAŞLANGIÇ SAATİ	BİTİŞ SAATİ	KESİNTİ NEDENİ	KESİNTİ SÜRESİ (Saat)
15138	KOCAELİ	BAŞİSKELE	11.12.2020	06:00	07:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	1
15036	KOCAELİ	BAŞİSKELE	06.12.2020	09:00	15:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	6
15041	KOCAELİ	BAŞİSKELE	06.12.2020	15:00	17:00	Can Ve Mal Güvenliği Açısından Tehlike Arz Eden Ekipmanın (Direk Değişimi/Onarımı)	2
14742	KOCAELİ	BAŞİSKELE	22.11.2020	09:30	12:30	Can Ve Mal Güvenliği Açısından Tehlike Arz Eden Ekipmanın (Direk Değişimi/Onarımı)	3
14746	KOCAELİ	BAŞİSKELE	22.11.2020	13:30	16:30	Can Ve Mal Güvenliği Açısından Tehlike Arz Eden Ekipmanın (Direk Değişimi/Onarımı)	3
14448	KOCAELİ	BAŞİSKELE	10.11.2020	04:00	07:00	Can Ve Mal Güvenliği Açısından Tehlike Arz Eden Ekipmanın (Direk Değişimi/Onarımı)	3
13911	KOCAELİ	BAŞİSKELE	18.10.2020	09:00	13:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	4
13380	KOCAELİ	BAŞİSKELE	27.09.2020	08:30	15:30	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	7
13381	KOCAELİ	BAŞİSKELE	27.09.2020	08:30	15:30	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	7
12199	KOCAELİ	BAŞİSKELE	26.07.2020	14:00	18:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	4
12024	KOCAELİ	BAŞİSKELE	19.07.2020	09:00	13:00	Can Ve Mal Güvenliği Açısından Tehlike Arz Eden Ekipmanın (Direk Değişimi/Onarımı)	4
11083	KOCAELİ	BAŞİSKELE	07.06.2020	09:00	10:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	1
11084	KOCAELİ	BAŞİSKELE	07.06.2020	14:00	15:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	1
11085	KOCAELİ	BAŞİSKELE	07.06.2020	09:00	15:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	7
11086	KOCAELİ	BAŞİSKELE	07.06.2020	10:00	14:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	4
10922	KOCAELİ	BAŞİSKELE	16.05.2020	09:00	10:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	1
10923	KOCAELİ	BAŞİSKELE	16.05.2020	15:00	16:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	1
10727	KOCAELİ	BAŞİSKELE	02.05.2020	09:00	14:00	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	5
10590	KOCAELİ	BAŞİSKELE	12.04.2020	09:00	10:30	Enerji İhtiyacı Karşılatabilme	1,5
10003	KOCAELİ	BAŞİSKELE	08.03.2020	13:00	14:00	3. Şahıs Deplase Çalışması	1
10004	KOCAELİ	BAŞİSKELE	08.03.2020	09:00	10:00	3. Şahıs Deplase Çalışması	1
10006	KOCAELİ	BAŞİSKELE	08.03.2020	09:00	14:00	3. Şahıs Deplase Çalışması	5
9687	KOCAELİ	BAŞİSKELE	23.02.2020	09:00	12:00	O.G. Ve A.G. Şebeke Yatırım	3
9690	KOCAELİ	BAŞİSKELE	23.02.2020	09:00	12:00	A.G. Şebeke Yatırım Çalışması	3
9254	KOCAELİ	BAŞİSKELE	26.01.2020	09:00	14:00	3. Şahıs Deplase Çalışması	5
9152	KOCAELİ	BAŞİSKELE	19.01.2020	09:00	14:00	3. Şahıs Deplase Çalışması	5
9199	KOCAELİ	BAŞİSKELE	19.01.2020	14:00	17:00	3. Şahıs Deplase Çalışması	3
9074	KOCAELİ	BAŞİSKELE	12.01.2020	09:00	17:00	Bakım Onarım Ve Yenileme	8
8986	KOCAELİ	BAŞİSKELE	03.01.2020	09:00	17:00	Bakım Onarım Ve Yenileme	8

Yeni durumda 3. şahıslara ait trafo tesisi bulunmayacağı için herhangi bir 3. şahıs bağlantı veya bakım kesintisi bulunmayacaktır. Aboneliklere ait bağlantılar box panoları üzerinden kesinti yapılmadan sağlanabilecektir. Ağaç ve kuş teması olmayacağı için ani açmalarda doğa olaylarının etkisi azalacaktır. Tesisin tasarımında kullanılan kesiciler sayesinde aşırı akımdan kaynaklı kesintiler bölgelerde sınırlandırılacak ve diğer abonelikleri etkilemeyecektir.

Yeni durum planlamasında trafolarda aylık bakım maliyeti EMO fiyatlarına göre 400 kVA trafo tesisleri için 500 TL artan her kVA için 0,39 kuruş olarak belirlenmiştir. 1600 kVA trafo tesisi için $500 + 0,39 \cdot (1600 - 400) = 968$ TL'dir. 3 tesisin bir senelik bakımı 34.848 TL tutmaktadır.



5. SONUÇLAR

Mevcut durum ve yeni durum yatırım maliyeti olarak karşılaştırıldığında yeni uygulanacak durum yaklaşık olarak %21 fazla yatırım maliyeti doğuracaktır. Mevcut durum için işletme bakım maliyetleri ve enerji kesintisinden kaynaklanan giderlerin toplamı 819.120,12 TL olduğu göz önünde bulundurulduğunda Ocak-Nisan aylarındaki yaşanacak kayıplar ile bu yatırım kendisini amorti edecektir.

Çizelge 5.1 Maliyet ve Güç Kaybı Analizi

	Mevcut Durum	Yeni Durum
Kurulum Maliyeti	1.395.762,97 TL	1.688.190,68 TL
Yıllık İşletme ve Bakım Maliyeti	819.120,12 TL	34.848 TL
Güç Kaybı	1,47%	1,42%

Güç kaybı analizleri kıyaslandığında da yeni durumdaki güç kaybı eski durumdaki güç kaybının % 3,33 oranında daha az olduğu hesaplanmıştır.

Yeni durumda uygulanacak planın diğer avantajları ise işletme bakımında iş güvenliği açısından köşk tipi trafo tesisleri daha güvenilirdir, çevre ve göz kirliliği açısından havai hatlar yerine yer altı kablolar ve köşk tipi trafo tesisleri daha iyi bir yapıya sahiptir. Bunlara ek olarak yeni kurulacak sistemin kurulu mevcut yapılara ek olarak %18 daha fazla yük taşıyabilme kapasitesi bulunmaktadır.

Tüm bu bilgiler göz önünde tutulduğunda yatırım politikalarının önceden öngörülerek planlı yapılanmanın ve müteşebbis yatırımlarından ise dağıtım şirketi yatırımlarının ön planda tutulduğu bir yapılanma sistemi hem müteşebbis hem de dağıtım şirketi için doğru ve tasarruflu bir yatırım olacağı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akalp, O.** (2019). Yüksek Gerilim İzolatörlerinde Dış Etken Kaynaklı Arızaların Analizi ve Azaltılması. *Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), Diyarbakır.
- Akar, O.** (2020). Mevcut ve Yeni İnşa Edilecek Dağıtım Trafolarının Konum ve Güç Değerlerinin Kapsama Alanı Tabanlı Eniyilemesi. *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü* (Doktora Tezi), İstanbul.
- Akbulut, L.** (2019). Elektrik Dağıtım Şebekesi Optimizasyonu. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), Ankara.
- Astor.** (2020). *Astor katalog*. Ankara.
- Atak Aktaş, P.** (2019). Design Optimization Of Transformer Placement In Electric Power Distribution. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), Muğla.
- Bilgiç, S.** (2020). XLPE Tipi Orta Gerilim Kabloları Kapasitif Etkinin İncelenmesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), Manisa.
- Çakıl, T., Carlak, F. H., & Özen, Ş.** (2015). Modeling of Power Network System of the High Voltage Substation : a simulation study. *International Journal of Engineering & Applied Sciences (IJEAS)*, 3(7), 39-57.
- Düzgün, B.** (2018). Türkiye Elektrik İletim ve Dağıtım Şebekesinin Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi ve 2023 Projeksiyonları. *Politeknik Dergisi*(21(3)), 621-632.
- EMO.** (2012). *Elektrik Tesisleri Genel Teknik Şartnamesi ve Uygulama Esasları* (Cilt TY/2011/2). Ankara: Mattek Matbaacılık.
- EMO.** (2017). *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Cep Kitabı*. Türkiye: Elektrik Mühendisleri Odası .
- EMO.** (2020). *Elektrik, Elektronik-Biyomedikal-Kontrol Mühendisliği Hizmetleri, Kısım IV- 36 kV Enerji Nakil Hatları ve Trafo Merkezleri Projeleri ve Diğer Hizmetler (İşletme Sorumluluğu-Bakım-Danışmanlık Hizmetleri)*. Türkiye.
- Enerji Bakanlığı.** (2000). *Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği*. 30.11.2000 RG/24246.
- EPDK.** (2021). *Elektrik Piyasası Bağlantı ve Sistem Kullanım Yönetmeliği Rg-9/5/2021-31479*. Resmi Gazete.
- Erden, H. İ., & Çakmak, Ö.** (2001). *Şehir Şebekeleri OG-AG Elektrik Projesi Yapım Esasları*. Ankara: TEDAŞ.
- Georgilakis, P. S., & Hatziargyriou, N. D.** (2015). A Review of Power Distribution Planning In The Modern Power. *Electric Power Systems Research*(121), 89-100.

- Mamuk, S.** (2019). Elektrik Devre Kesicilerinin Anahtarlanmasında Oluşan Arklarının Azaltılmasına Yönelik Yeni Bir Model Tasarımı, *Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), Siirt.
- MEB.** (2012). *Elektrik-Elektronik Teknolojisi Yeraltı Enerji Hatları*. Ankara: MEGEP Yayınları.
- Örme, M. M.** (2019). Türkiye Elektrik Dağıtım Şebekesinin Sorunları ve Çözüm Önerileri, *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli.
- Örücü, O.** (2011). Elektrik İletim Hatları. *TSE Standart Dergisi*, 50-51.
- Özçivit, Ç.** (2019). Mobil Trafo Merkezi Tasarımı ve Kısa Devre Analizi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- Öznur Kablo.** (2020). *Öznür Kablo Ürün Kataloğu*. İstanbul.
- Öznur Kablo.** (2021). *Örgülü Alüminyum Çelik Özlü İletkenler (ACSR)*. İstanbul.
- Öznur Kablo.** (2021). *Örgülü Alüminyum Havai Hat İletkenler (AAC)*. İstanbul.
- Öztürk, U.** (2018). Devre Kesicilerinde Kullanılan Kompozit Malzeme Olan Epoksi Kutbun Önemi ve Patlama Sorunlarına Karşın Kutbun Sağlamaştırılması için Alınacak Tasarım Önlemleri, *Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), Düzce.
- Pekiner, F. O.** (1993). Kablolı Enerji Dağıtım Sistemlerinde Maliyet Minimazisyona Ait Yeni Bir Yaklaşım, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Doktora Tezi), İstanbul.
- Tedaş.** (2007). *Elektrik Dağıtım Sistemi Temel Eğitimi Katılımcı Rehberi*. Ankara: Performans Yönetimi Dairesi Başkanlığı.
- Tedaş.** (2016). *Yg Hava Yalıtımlı Metal Mahfazalı Modüler Anahtarlama ve Kontrol Düzenleri Teknik Şartnamesi*. Ankara: TEDAŞ.
- Tedaş.** (2017). *Hermetik Tip OG/AG Dağıtım Güç Transformatörleri Teknik Şartnamesi*. Ankara: Tedaş.
- Tedaş.** (2020). *Beton Mahfazalı Kompakt Tip Yg/Ag Dağıtım Transformatör Merkezleri Teknik Şartnamesi*. Ankara.
- Tedaş.** (2020). Tedaş 2020 Birim Fiyat Listesi.
- Tiryaki, Y. B.** (2016). Akıllı Şebekeler Altyapısına Uygun Bir Orta Gerilim Trafo Merkezinin Tasarımı ve Ekonomik Analizi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- Url-1.** *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Bilgi Merkezi*. <<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>>, alındığı tarih 13.07.2021

- Url-2.** <<http://kojenturk.org/tr/teias-elektrik-uretim-istatistikleri-2020-9296>>, alındığı tarih: 13.07.2021
- Url-3.** *Electric Power Distribution.* <https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_power_distribution>, alındığı tarih: 13.07.2021
- Url-4.** *Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 60038.* <<https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073099103051103055043119102073050075>> , alındığı tarih: 13.07.2021
- Url-5.** *Elektrik Tesisat Mühendisleri Derneği.* <<https://www.etmd.org.tr/elektrik-direklerinin-cesitleri-ve-ozellikleri>>, alındığı tarih: 13.07.2021
- Url-6.** *Buz yükü bölgelerine göre iletkenlerin müşterek hat çekme kuvvetleri.* <https://konen.com.tr/dosya/TeknikBilgi/KonenTeknik_iletkenler--buz-yuku-bolgelerine-gore-iletkenlerin-musterek-hat-cekme-kuvvetleri_010.pdf>, alındığı tarih:13.07.2021
- Url-7.** *VHD-35 Porselen İzolatör.* <<https://www.birtanstore.com/products/vhd-35-porselen-izolator>>, alındığı tarih: 13.07.2021
- Url-8.** *Hava hattı mesnet izolatörleri.* <<https://www.birtanstore.com/products/vks-35-hava-hatti-mesnet-izolatoru>>, alındığı tarih:13.07.2021
- Uyanık, G. (2020).** Elektrik Dağıtım Şebekelerinde Kayıpların İncelenmesi: Kütahya Örneği, *DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi).
- Uzunoğlu, M., & Erdinç, O. (2013).** *Akıllı Şebekelere Giriş.* İstanbul: Nobel Yayınevi.
- Üçkardeş, E. (2010).** Nevşehir Bölgesi Elektrik Dağıtım Şebekesinin Güvenilirlik Analizi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi).
- Vatan Kablo. (2020).** *Vatan Kablo Kataloğu.* Vatan Kablo.
- Yaşar, C. (2010).** *Enerji Dağıtım Sistemleri Ders Notları.* Kütahya.
- Yaşar, C., Aslan, Y., & Biçer, T. (2010).** Bir Dağıtım Transformatörü Bölgesindeki Kayıpların İncelenmesi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*(22), 9-22.
- Yavuz, E. (2012).** Örnek Bir Dağıtım Sisteminde Dağıtım Gerilim Seviyelerinin Optimizasyonu, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), Ankara.
- Yunusoğlu, A. (2016).** *34,5 Enerji Nakil Hatları* (Cilt 1). Korza Yayıncılık, Ankara.