

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

HAVA İZOLELİ TRAFO MERKEZLERİ VE GAZ İZOLELİ TRAFO
MERKEZLERİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur GÜRSEL

HAZİRAN- 2024

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

HAVA İZOLELİ TRAFO MERKEZLERİ VE GAZ İZOLELİ TRAFO
MERKEZLERİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur GÜRSEL

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat TUNA

Haziran – 2024

“HAVA İZOLELİ TRAFO MERKEZLERİ VE GAZ İZOLELİ TRAFO MERKEZLERİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması Onur GÜRSEL tarafından hazırlanmış olup aşağıdaki jüri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Murat TUNA
Kırklareli Üniversitesi

.....

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Erhan BÜTÜN
Beykoz Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Evren ÇAĞLARER
Kırklareli Üniversitesi

.....

Tez Savunma Tarihi: 03/06/2024

.....
Doç. Dr. Hasibe Hale KARAYEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Kırkırelı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez ve Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum bilgileri, verileri ve dokümanları, değişik sonuç verebilecek şekilde araştırma araç gereçleri kullanmadan, işlem veya kayıt sonuçlarını değiştirmeden akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Onur GÜRSEL
03/06/2024

ÖZET

HAVA İZOLELİ TRAFİ MERKEZLERİ VE GAZ İZOLELİ TRAFİ MERKEZLERİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Onur GÜRSEL

Yüksek Lisans Tezi

Kırkırel Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Doç. Dr. Murat TUNA

Haziran 2024, 129 sayfa

Elektrik enerjisini tüketimi nüfusla ve gelişmişlikle doğru orantılı olarak artmaktadır. Dolayısıyla elektriğin dağıtımını sağlayan trafo merkezlerinin sayısı ve çeşitliliği de artmaktadır. Elektriğin, üretildiği santrallerden yüksek gerilime çevrilip iletilmesi ve orta gerilime dönüştürülmesi, sonrada orta gerilimden düşük gerilime dönüştürülmesi trafo merkezleri tarafından yapılmaktadır. Yüksek gerilim tesislerinin kurulumu ve işletilmesi ulusal ve uluslararası standartlara uygun yapılmalıdır. Bu nedenle elektrik projelerinde bu standart ve düzenlemeler önemlidir. Ülke elektrik şebekesinin düğüm noktalarını oluşturan, trafo merkezlerinde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları tezin temel konusudur. Trafo merkezleri kurulum bakımından hava izoleli ve gaz izoleli olarak ayrılmaktadır. Bu iki trafo merkezi işletilmesinde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği kuralları karşılaştırmalı analiz yöntemi ile incelenmiş olup İstanbul örneği bağlamında bu iki trafo merkezinde yapılan risk değerlendirmeleri karşılaştırılmıştır. Yapısal farklılıklar nedeniyle farklı elemanlara ve tehlikelere sahip bu trafo merkezlerinin risk değerlerinin farklılaştığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava izoleli trafo merkezi, Gaz izoleli trafo merkezi, Risk Değerlendirme

ABSTRACT

COMPARISON OF AIR INSULATED SUBSTATIONS AND GAS INSULATED SUBSTATIONS IN TERMS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Onur GÜRSEL

MSc Thesis

Kirklareli University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Title Name Surname

Co-supervisor: Title Name Surname

June 2024, 129 pages

Electrical energy consumption increases in direct proportion to population and development. Therefore, the number and diversity of transformer centers that distribute electricity are also increasing. Conversion of electricity from medium voltage to low voltage is done by transformer centers. Transformer centers transmit electricity between cities and deliver it to end users. Installation and operation of high voltage facilities must be carried out in accordance with national and international standards. Therefore, these standards and regulations are important in electrical projects. Occupational health and safety practices in these centers, which enable the creation of high voltage and its conversion to low voltage by transformer centers, are the main subject of this thesis. Transformer centers are divided into air insulated and gas insulated in terms of installation maintenance. The occupational health and safety rules applied in the operation of these two substations were examined by comparative analysis method, and the risk assessment tables made in these two substations were compared in the context of the Istanbul example. It is seen that the risk values of these substations, which have different elements and hazards due to structural differences, differ.

Anahtar Kelimeler: Air insulated substation, Gas insulated substation, Risk Assessment

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Murat TUNA'ya, yoğun çalışmalarım sırasında sabır gösteren ve bana ilham veren eşim Serap GÜRSEL'e, çalışmama izin veren kızım Irmak GÜRSEL'e çalışmam sırasında tecrübelerini esirgemeyen her daim tüm sorularımı yanıtlayan değerli dostum Elk. Eln. Müh. Geylani İLHAN'a, moral ve motivasyonumu hep yüksek tutan değerli iş arkadaşım Hüseyin ÇOTUR'a çalışmamda bana yol gösteren değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Evren ÇAĞLARER ve değerli TEİAŞ çalışanlarına çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. TRANSFORMATÖR MERKEZLERİ	3
2.1. Transformatörler	4
2.1.1. Verilerle trafo merkezleri.....	5
2.1.2. Anahtarlama tertibatlarının tarihsel gelişimi.....	6
2.2. Trafo Merkezlerinde Ulusal ve Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatı.....	12
2.2.1. Trafo merkezleri ile ilgili ulusal iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı	12
2.2.2. Trafo merkezleri ile ilgili uluslararası iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı	14
3. HAVA İZOLELİ TRAFÖ MERKEZLERİ.....	17
3.1. Hava İzoleli Trafo Merkezleri Standart ve Ekipmanları	19
3.1.1. Hava izoleli trafo merkezleri tasarımı	19
3.1.2. Çevre koşulları	19
3.1.3. Bağlantı kesme anahtarları (Disconnect Switches)	20
3.1.4. Yük ayırıcıları	20
3.1.5. Yüksek hızlı topraklama anahtarları	20
3.1.6. Güç sigortaları.....	21
3.1.7. Devre değiştiriciler.....	21
3.1.8. Devre kesiciler	22
3.2. Hava İzoleli Trafo Merkezlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları.....	22
3.2.1. Topraklama	22
3.2.2. Elektrik alanı mesleki maruziyeti	23
3.2.3. Yalıtım	24
3.2.4. Risk değerlendirmesi	24
3.2.5. Bakım yönetimi.....	24
3.3. Kaza Raporlarına Göre Risk Faktörleri	25

3.4. Hava İzoleli Trafo Merkezlerinde İSG Uygulamaları İstanbul Örneği	27
3.4.1. Risk analizi raporunun değerlendirilmesi	29
3.4.2. Risk düzeyleri ve dağılımı	49
4. GAZ İZOLELİ TRAFİ MERKEZLERİ.....	51
4.1. Gaz İzoleli Trafo Merkezleri Standartları ve Ekipmanları	54
4.2. Gaz İzoleli Trafo Merkezleri Tasarımı.....	56
4.3. Gaz İzoleli Trafo Merkezleri ile İlgili Düzenlemeler	56
4.4. Gaz İzoleli Trafo Merkezlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları.....	58
4.4.1. Elektrik ve manyetik alan ölçümleri	58
4.4.2. Çevresel etki	60
4.4.3. Bakım.....	61
4.4.4. SF6 Gazının kullanımı (Sülfür Hexaflorüd).....	62
4.4.5. SF6 Gazının yan ürünleri	65
4.4.6. SF6 Gazının taşınması izolasyonu ve sızıntısı	65
4.4.7. SF6 Gazının sakıncaları	66
4.5. Gaz İzoleli Trafo Merkezlerinde İSG İstanbul Örnekleri.....	67
4.5.1. Risk analizi raporunun değerlendirilmesi	69
4.5.2. Risk düzeyleri ve dağılımı	83
5. BULGULAR	85
5.1. Hava İzoleli ve Gaz İzoleli Trafo Merkezlerinin Avantajları ve Dezavantajları.....	86
5.2. İstanbul Özelinde Hava İzoleli ve Gaz İzoleli Trafo Merkezlerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Karşılaştırılması.....	87
6. SONUÇ	103
KAYNAKLAR.....	107
ÖZGEÇMİŞ	113

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 2.1. 2022 yılsonu transformatör merkez sayısı, transformatör sayısı,.....	12
Çizelge 2.2. Ulusal kanun ve yönetmelikler.....	13
Çizelge 2.3. Uluslararası standartlar.....	15
Çizelge 3.1. Risk faktörleri.....	26
Çizelge 3.2. L Matris risk değerlendirme metodu kriterleri.....	30
Çizelge 3.3. AIS’lerde 25 risk değerinde olan tehlikeler	31
Çizelge 3.4. AIS’lerde 20 risk değerinde olan tehlikeler	33
Çizelge 3.5. AIS’lerde 16 risk değerinde olan tehlikeler	34
Çizelge 3.6. AIS’lerde 15 risk değerinde olan tehlikeler	34
Çizelge 3.7. AIS’lerde 12 risk değerinde olan tehlikeler	36
Çizelge 3.8. AIS’lerde 10 risk değerinde olan tehlikeler	38
Çizelge 3.9. AIS’lerde 9 risk değerinde olan tehlikeler	40
Çizelge 3.10. AIS’lerde 8 risk değerinde olan tehlikeler	41
Çizelge 3.11. AIS’lerde 6 risk değerinde olan tehlikeler	42
Çizelge 3.12. AIS’lerde 5 risk değerinde olan tehlikeler	44
Çizelge 3.13. AIS’lerde 4 risk değerinde olan tehlikeler	46
Çizelge 3.14. AIS’lerde 3 risk değerinde olan tehlikeler	47
Çizelge 3.15. AIS’lerde 2 risk değerinde olan tehlikeler	48
Çizelge 4.1. Gaz izoleli trafo merkezleriyle ilgili uluslararası düzenlemeler	56
Çizelge 4.2. GIS’lerde 25 risk değerinde olan tehlikeler	70
Çizelge 4.3. GIS’lerde 20 risk değerinde olan tehlikeler	73
Çizelge 4.4. GIS’lerde 15 risk değerinde olan tehlikeler	73
Çizelge 4.5. GIS’lerde 12 risk değerinde olan tehlikeler	75
Çizelge 4.6. GIS’lerde 10 risk değerinde olan tehlikeler	76
Çizelge 4.7. GIS’lerde 9 risk değerinde olan tehlikeler	77
Çizelge 4.8. GIS’lerde 8 risk değerinde olan tehlikeler	78
Çizelge 4.9. GIS’lerde 6 risk değerinde olan tehlikeler	78
Çizelge 4.10. GIS’lerde 5 risk değerinde olan tehlikeler	79
Çizelge 4.11. GIS’lerde 4 risk değerinde olan tehlikeler	81

Çizelge 4.12. GIS’lerde 3 risk değerinde olan tehlikeler	82
Çizelge 4.13. GIS’lerde 2 risk değerinde olan tehlikeler	82
Çizelge 4.14. GIS’lerde 1 risk değerinde olan tehlikeler	83
Çizelge 5.1. Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı tehlikeler (AIS’lerde bulunup GIS’lerde bulunmayan)	89
Çizelge 5.2. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek hesaplanmış tehlikeler	96
Çizelge 5.3. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha düşük hesaplanmış tehlikeler	100
Çizelge 5.4. Gaz izoleli trafo merkezlerinde bulunup hava izoleli trafo merkezlerinde bulunmayan tehlikeler	101



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 3.1. Hava izoleli trafo merkezinde risk değerlendirmesi dağılımı	49
Şekil 4.1. Gaz izoleli trafo merkezinde risk değerlendirmesi dağılımı	84
Şekil 5.1. AIS ve GIS’lerde tehlikeler dağılımı.....	88
Şekil 5.2. AIS ve GIS risk değerleri dağılımları.....	88
Şekil 5.3. Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı olan tehlikelerin dağılımı.....	95
Şekil 5.4. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek hesaplanmış tehlikelerin dağılımı	99
Şekil 5.5. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha düşük hesaplanmış tehlikelerin dağılımı	101
Şekil 5.6. Gaz izoleli trafo merkezlerinde bulunup hava izoleli trafo merkezlerinde bulunmayan tehlikelerin dağılımı.....	102

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 2.1. Türkiye enterkonnekte elektrik sistemi	4
Resim 2.2. Türkiye kurulu gücünün yıllar itibariyle gelişimi	7
Resim 2.3. Türkiye trafo güçlerinin gelişimi (2011-2021).....	8
Resim 2.4. Türkiye trafo adetlerinin gelişimi (2011-2021).....	9
Resim 2.5. 2011 ve 2021 Yılları için birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü	10
Resim 2.6. 2020 OECD Ülkeleri toplam elektrik enerjisi üretimin kaynak bazında	11
Resim 3.1. Hava izoleli trafo merkezi İstanbul örneği	18
Resim 4.1. 1968' de Berlin, Almanya'da Wittenau Trafo Merkezinde 110 kV anma	52
Resim 4.2. Çelik mahfaza-endüktif flanş üretimi.....	53
Resim 4.3. Gaz izoleli trafo merkezi İstanbul örneği	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
Hz	Hertz- Frekans
kA	Kilo Amper
kPa	Kilo Paskal
kV	Kilo Volt
mT	Mili Tesla
MVA	Mega Volt Amper
MW	Mega Watt
ppmv	Parts Per Million By Volume -Birim Hacimsel Hal İçin Milyonda 1 m ³ Havadaki Kirletici
rms	Root Mean Square- Karekök ortalama

Kısaltmalar

Açıklamalar

AC

Alternatif Akım

AIS

Air Insulated Substation-Hava İzoleli Trafo Merkezi

AL

Action Levels-Aksiyon Seviyeleri

ASTM

American Society for Testing and Materials- Uluslararası Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu

CT

Current Transformers-Akım Transformatörü

DC

Doğru akım

ECR

Elektriksel Temas Direnci

EU

European Union-Avrupa Birliği

GIS

Gas Insulated Substation -Gaz İzoleli Trafo Merkezi

IEC

International Electrotechnical Commission- Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineers-Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü

İSG

İş Sağlığı ve Güvenliği

OECD

Organisation for Economic Co-Operation and Development- Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü

OG

Orta Gerilim

SF6

Kükürt Hekzaflorür

TEİAŞ

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

TM	Trafo Merkezi
VT	Voltage Transformers-Voltaj Transformatörü
XLPE	Cross-Linked PolyEthylene-Çapraz Bağlı Polietilen Kablo
YG	Yüksek Gerilim



1. GİRİŞ

Yaşam şartlarını iyileştirmek ve günlük ihtiyaçları karşılamak için insanlık modern teknolojik araç ve yöntemleri kullanmaktadır. Bu eğilimin bir sonucu olarak elektrik enerjisine olan ihtiyaç önemli ölçüde artmaktadır. Bu da klimalar, çamaşır makineleri, bulaşık makineleri, ısıtıcılar, elektrikli araçlar, televizyonlar, alıcılar ve bilgisayarlar gibi birçok modern elektrikli aletin hem evlerde hem iş yerlerinde yaygın olarak kullanılmasına yol açmıştır. Ayrıca aydınlatma cihazları ve evlerdeki düşük tüketimli cihazlar da ana elektrik tüketim kaynağı olarak kabul edilmektedir.

Elektrik, modern toplum için çok önemlidir. Binaları ve sokakları aydınlatmak, yaşanan ve çalışılan yerleri ısıtmak ve serinletmek için elektrik kullanılmaktadır. Elektrik gücü, gıda ve temiz su tedarikini sağlamak için kullanılmaktadır. Ticaret ve sanayiye güç sağlamakta, iletişimi mümkün kılmaktadır. Gaz, ulaşım, su ve diğer ağa bağlı altyapıları çalıştırmakta, hastanelerin açık ve çalışır durumda kalmasını sağlamakta, atıkların işlenmesine yardımcı olmaktadır.

Elektrik enerjisine modern toplumların bağımlı hale gelmesi elektrik kesintilerinin dünya çapında ciddi bir sorun olarak algılanmaya başlamasına sebep olmuştur. 2017 yılında yalnızca ABD’de 36,7 milyon insan elektrik kesintisinden etkilenmiştir ve bu kesintinin tahmini maliyeti 150 milyar dolar civarındadır. Elektrik kesintilerini tamamen önlemek mümkün olmasa da uygun bakım çalışmalarıyla azaltmak mümkün olabilmektedir.

Elektriğin yoğun olarak gündelik hayatın bir parçası olarak kullanılmaya başlanmasıyla trafo merkezlerinin sayılarında artış yaşanmıştır. 2022 yılı sonu itibari ile Türkiye’de 781 trafo merkezi bulunmaktadır. Yerleşimin dağınıklığı sonucunda da hem şehir içinde hem de şehir dışında çok sayıda trafo merkezi kurulmuştur. Şehir içinde kurulan trafo merkezlerine ayrılabilen alanlar ile şehir dışında bulunan trafo merkezlerine ayrılabilen alanlar farklılık gösterebilmektedir. Özellikle şehir içinde kısıtlı bulunan alanlarda açık (Hava İzoleli Trafo Merkezleri) sistem yapmak mümkün olmadığından 1980 yılı sonrasında gelişen kapalı mekânlı (Gaz İzoleli Trafo Merkezleri) sistem kullanılmaya başlanmıştır. İzolasyonda farklılaşan trafo merkezlerinde iş sağlığı ve

güvenliği önlemleri benzer şekillerde alınmaktadır. Bununla beraber İş Sağlığı ve Güvenliği açısından hava izoleli ve gaz izoleli trafo merkezlerinin farklılaşmak zorunda olduğu hususlar da bulunmaktadır.

Tarihsel gelişim süreci içerisinde hava izoleli trafo merkezlerine alternatif olarak ortaya çıkan ve zaman geçtikçe yaygınlaşan gaz izoleli trafo merkezleri iş sağlığı güvenliği düzenlemeleri ve tedbirleri açısından birlikte değerlendirilmiştir. Bununla beraber her iki tür trafo merkezinin farklı özellikleri dolayısıyla farklı iş sağlığı güvenliği tehlikeleri bulunması olasıdır. Bu doğrultuda Türkiye’de İstanbul’da bulunan örnek bir hava izoleli ve bir gaz izoleli trafo merkezinin risk değerlendirmesi incelenmiş ve farklılıklar tespit edilmeye çalışılmıştır. Uygulama kapsamında İstanbul’dan seçilen hava izoleli ve gaz izoleli trafo merkezlerinin, L Matris metodu ile belirlenmiş risk analizleri, tehlikeler çizelgelerinde risk değeri büyüklüğüne göre listelenecektir. Araştırma yöntemi olarak karşılaştırmalı analiz yöntemi kullanılmıştır. Karşılaştırmalı analizde iki veya daha fazla aktör çeşitli açılardan karşılaştırılarak aralarındaki benzerlik ve farklar saptanmaya çalışılmaktadır. Karşılaştırmalı analiz içerisinde veri filtreleme tekniği kullanılarak farklılıklar ortaya çıkartılmış ve ardından yorumlanmıştır.

Söz konusu çalışmada hava izoleli trafo merkezleri ile gaz izoleli trafo merkezlerinin iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları, risk değerlendirme tabloları yoluyla karşılaştırılma yapılmıştır. Ortak noktalar ve farklılıklar bulgular ve sonuç kısmında incelenmiştir.

2. TRANSFORMATÖR MERKEZLERİ

Üretildiği yerlerden uzak mesafelere taşınması elektrik enerjisinin en önemli özelliğidir. Bu taşımının verimli bir şekilde yapılabilmesi için gerilim, Transformatör merkezlerinde yüksek voltaja çıkartılarak iletilmektedir. Elektrik enerjisinin iletimi sırasında hatlarda ısı şeklinde güç kayıpları ve gerilim düşümleri oluşmaktadır. Bunları ortadan kaldırmak ve en az seviyelere indirmek için iletilen gücün sabit tutulup gerilimin yüksek voltaja seviyelerine çıkartılması gerekir. Gerilim yüksek voltaj seviyelerine çıktığından ve güç sabit kalmasından dolayı akım değeri Ohm kanunu gereğince düşer. Akımın düşmesi ile birlikte, akımın karesi ile doğru orantılı olarak dolayısıyla hatlarda ki kayıplar azaltılmış, hem de daha küçük kesitli iletken çaplarından dolayı ekonomik olarak fayda sağlanmış olur. Santrallerde jeneratör vasıtasıyla ile üretilen elektrik enerjisinin voltaj seviyesi çok yüksek değildir. Jeneratör çıkış voltajı 0,4 – 3,3 – 6,3 – 10,6 – 13,0 – 14,7 – 15,8 – 35 kV değerindedir. Üretilen elektrik enerjisinin, bu voltaj seviyeleri ile uzak bölgelere iletilmesi (enerji kayıpları ve ekonomik) kazançlı olmadığından, gerilim seviyesinin TM’lerde bulunan transformatörlerle yükseltilerek iletilmesi gerekmektedir. TM’leri 380/154 ve 154/36 kV voltaj seviyelerini sağlayan transformatörler birlikte bulunacak şekilde tasarlanabilmektedir. Resim 2.1.’de yer alan Türkiye enterkonnekte iletim sisteminde (maintainengineering.com, Erişim Tarihi: 10/06/2024) görüldüğü üzere, santrallerde üretilen orta gerilim TM’ler vasıtasıyla yüksek gerilime dönüştürülmekte ve iletilmektedir. Yüksek voltajla iletilen elektrik enerjisi yine indirici TM’lerde orta gerilime dönüştürülmektedir. Tüm yüksek gerilim sistemi Türkiye’de birbirlerine bağlanmakta olup bu yapıya enterkonnekte sistem denmektedir.



Resim 2.1. Türkiye enterkonnekte elektrik sistemi

2.1. Transformatörler

Transformatörler, elektrik enerjisinin gerilim ve akım değerlerini frekansta değişiklik yapmadan ihtiyaca göre değiştiren elektrik makineleridir. Transformatörler ince silisli saçlardan oluşan kapalı bir manyetik gövde (nüve) ile bunun üzerine, yalıtılmış iletkenlerden sarılan sargılardan oluşur. Transformatörde iki sargı bulunur. Bunlardan birine primer, ötekine ise sekonder sargı denilmektedir. Transformatör sargıları gerilim değerine göre alçak gerilim (AG) sargısı veya yüksek gerilim sargısı (YG) gibi isimlerde verilmektedir. Primer gerilimi sekonder geriliminden büyük ise bu çeşit transformatörlere düşürücü veya alçaltıcı transformatörler, primer gerilimi sekonder geriliminden düşük ise bu çeşit transformatörlere de yükseltici transformatörler denilmektedir. Bu nedenle ülkemizde çıkış voltaj seviyeleri, TM’lerde ki yükseltici transformatörler yardımıyla 154 ya da 380 kV seviyelerine yükseltilerek tüketim alanlarındaki indirici TM’lerin de 380/154 kV transformatörler ile 154 kV voltaj seviyesine düşürülür. Bu iş için kullanılan transformatörlerin gücü 150-25- MVA’dır ve bunlara oto transformatörler denir. Bu TM’lerde 154 kV seviyesine düşürülen gerilim, bir sonraki indirici TM’ye taşınır ve burada 154/31,5-33,6-34,5 kV transformatörlerle orta gerilim seviyesine düşürülür. Bu iş için kullanılan transformatörler ise 25-50-100 MVA gücündedir ve güç transformatörleri olarak adlandırılırlar (Pustu, 2016, p.19).

2.1.1. Verilerle trafo merkezleri

Dünya nüfusunun artışıyla paralel olarak elektrik enerjisinin de kullanımı artmıştır. Artan enerji ihtiyacıyla her gün yeni trafo merkezlerinin inşası ya da mevcut tesislerin genişlemesi gerekmektedir. Trafo merkezleri oldukça karmaşık merkezlerdir. Trafo merkezlerinin sistemleri o kadar karışıktır ki konunun uzmanları dahi sistemin en baştan kurulmasından itibaren işletilmesi ve bakımı sırasında yapılanlara aşina değildir. İş sağlığı güvenliği açısından sistemin tamamının farklı teknolojilerle çalıştırılması durumunda avantajları ve dezavantajları önem kazanmaktadır. Bu nedenle trafo merkezlerinin öncelikle teknolojilerinin incelenmesinde fayda bulunmaktadır.

Toplamda dört ana elektrik trafo merkezi bulunmaktadır. İlk trafo merkezi türü bir üretim istasyonundaki şalt sahasıdır. Bu tesisler jeneratörlerin elektrik şebekesine bağlanmasını sağlamaktadır. Ayrıca tesise saha dışından güç sağlamaktadır. Jeneratör şalt sahaları genellikle enerji santrali tasarımcıları tarafından tasarlanmakta ve inşa edilmektedir. Rutin trafo merkezlerinden farklı planlama, finans ve inşa süreçlerine sahip büyük tesislerdir. Bu tür tesislerin genişletilmesi ve geliştirilmesi genellikle sistem istasyonları ile aynı süreçleri takip etmektedir. İkinci tür trafolar müşteri trafo merkezi olarak adlandırılmaktadır. Bu tür trafolar belli ticari müşteriler için ana elektrik güç kaynağı olarak işlevlerini sürdürmektedir. Bu tür tesislerin büyütülmesi genellikle müşterinin ihtiyacı doğrultusunda gelişmektedir. Üçüncü tür trafo merkezleri elektrik gücünün toplu halde ağ üzerinden transferini içermektedir. Sistem istasyonu olarak da adlandırılmaktadırlar. Bu tür tesislerin bazılarında güç trafosu bulunmamaktadır, sadece anahtarlama tesisleri olarak çalışmaktadırlar. Diğerlerinde ise geri dönüşüm gerçekleşmektedir. Bu tür istasyonlar tipik olarak üretim şalt sahalarından çıkan iletim hatları için çıkış noktası olarak hizmet etmektedir. Trafo istasyonlarını besleyen devreler için elektrik gücü sağlamaktadırlar. Elektrik sisteminin uzun vadeli güvenilirliğini sağlamaktadırlar ve bütünün ayrılmaz parçalarıdır. Büyük enerji bloklarının jeneratörlerden yük merkezlerine taşınması işini gerçekleştirmektedirler. Bu sistem istasyonları stratejik tesislerdir. İnşa edilmeleri ve bakımları çok pahalıdır. Dördüncü tür trafo merkezi ise dağıtım istasyonudur. Bunlar elektrik enerjisi sistemlerindeki en yaygın tesislerdir. Çoğu elektrik müşterisini doğrudan besleyen dağıtım devrelerini sağlamaktadırlar. Yük merkezlerine yakın konumda bulunmaktadırlar ve müşterilerin en çok karşılaştığı trafo türüdür. Genellikle mahallelerin içinde ya da yakınında bulunurlar ve çok sayıda bulunduklarından en çok ilgiyi bu tür trafolar çekmektedir. Kullanılan

ekipmanın türüne bağlı olarak trafo merkezleri hava yalıtımlı ya da gaz yalıtımlı olabilmektedir (Burke & Sahazizian, 2012, pp. 14-15). İş sağlığı güvenliği uygulamaları bakımından bu iki tür trafo merkezlerinin farkları ve benzerlikleri çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

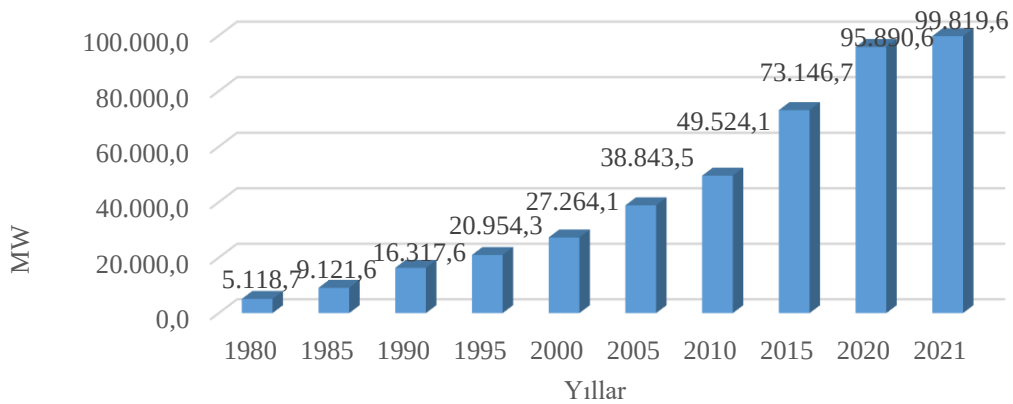
2.1.2. Anahtarlama tertibatlarının tarihsel gelişimi

Anahtarlama tertibatı bir trafo merkezinin hava izoleli mi gaz izoleli mi olacağını belirlemektedir. Bu nedenle anahtarlama tertibatının gelişimi hava izoleli ve gaz izoleli trafo merkezlerinin farklarını ortaya koymada önemlidir. Anahtarlama tertibatının gelişimi, gerilim anahtarlama ve akım kesme için güvenilir cihazlara duyulan ihtiyaç tarafından yönlendirilmiştir. Gerilim ve akım değerleri mevcut ve gelişen teknolojiye paralel olarak artış göstermektedir. Kesintiye yönelik geliştirilmiş ilk teknolojiler atmosferik basınçtan yüksek havayı kullanmaktadır. Kesinti yönteminin tasarımında arkın içine hava püskürterek soğutma ve söndürme sağlamak için atmosferik basınç kullanılmaktadır. Bu tasarımda arkın soğutulması ve söndürülmesi arka üflenmiş hava ile gerçekleştiğinde bu tür trafolar hava izoleli trafolar olarak adlandırılmaktadır. Bu sistem yüksek akımda bir ark söndürebilen bir tasarımdır. Daha sonraki tasarımlarda soğutma ve ark söndürme için yağa batırılmış elektrik kontakları kullanılmıştır. Bu tasarımda da içinde bir bütün olarak anahtarlama donanımının bulunduğu büyük yağ depoları kullanılmaktadır. Tarihsel süreç içinde daha sonra gelişen yağ depo bölmeleri daha küçüktür ve sadece kesme ünitesini ve devre kesicinin kontak sistemini içermektedir. Ekipmanın kalanı yine hava içerisinde ve burçlarla birbirine bağlanmıştır. Daha sonra gelişen şalt yalıtım ortamı ise SF₆ (Kükürt Hekzaflorür) gazı kullanılarak soğutulmaktadır. Bu tür trafolar da gaz izoleli trafolar denmektedir. Hava ve farklı türde yalıtkan gazlar (örneğin N₂) metal mahfazaların içerisinde yalıtım amacıyla kullanılmıştır. 1960'larda yüksek yalıtımı ve ark söndürme kapasitesi nedeniyle kükürt hekzaflorid (SF₆) şalt teçhizatı için tercih edilen gaz olmuştur. 2010 yılından bu yana ise çok daha düşük küresel ısınma potansiyeline sahip alternatif bir yalıtım ve anahtarlama gazı arayışı, vakumlu devre kesicilerle birleştirilmiş Flournitril, Flourketone ve havaya dayalı çözümler ile birlikte düşünülmektedir (Giegel vd., 2022, p. 21).

Güvenilir ve ekonomik güç iletimi ve dağıtımı geleceğin elektrik güç dağıtımı için temel işlevlerdir. 1 kV'tan 1100 kV'a kadar olan gerilimler için yüksek gerilim anahtarlama donanımı ve ekipmanı elektrik enerjisi beslemesindeki kritik unsurlardır. Bu nedenle

yüksek bir kullanılabilirlik ve güvenilirlik standardına tabidir. Ayrıca iş sağlığı ve güvenliği bakımından hava izoleli ve gaz izoleli trafo ve şalt sahalarının değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Endüstriyel alanların tasarımında yerden tasarruf ve ekonomik tasarım gerekmektedir. Yüksek enerji talepleriyle tasarım özelliklerinin daha fazla önem kazanması beklenmektedir. Bu gereksinimlerin bir kısmı günümüzde SF6 gazının kullanımı ile karşılanmaya çalışılmaktadır (Airoboman, 2022, pp. 91-93).

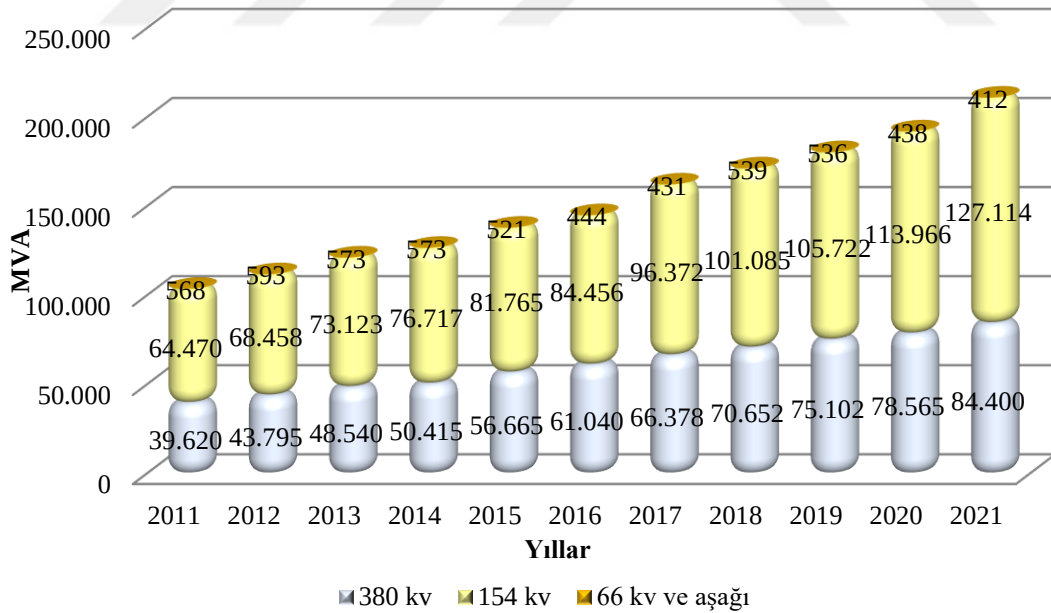
Enerji üretimi ve kullanımı bir ülkenin sosyo-ekonomik yapısının şekillenmesine etki eden temel gereksinimlerden biridir. Uluslararası ilişkilerde de enerji üretimi ve dağıtımının önemi kabul edilmektedir. Günümüzde enerji üretimi ve dağıtımı ticari anlamda küresel boyutta gerçekleştirilmektedir. Avrupa Birliği ile uyum süreçleri bağlamında ve diğer uluslararası enerji düzenleyici kurumlar nedeniyle enerji üretimi ve dağıtımının uluslararası düzenlemeleri önem kazanmıştır. Bu düzenlemeler sektörde bağlayıcı standartlar ve kriterler geliştirilmesine neden olmuştur. Elektrik enerji bazı özellikleriyle diğer enerji türlerinden farklılık göstermektedir. En önemli fark elektrik enerjisinin depolanamamasıdır. Bu nedenle elektrik enerjisi ihtiyaç anında üretilerek tüketilmelidir. Türkiye’de elektrik enerjisinin gelişimi dünyadaki verilerle paralel gelişmiştir. Trafo merkezlerinin iş sağlığı güvenliği önlemleri açısından incelenmesinde temel olarak Türkiye’de sektörle ilgili değerlendirmeler yapmak önemlidir. Aşağıdaki bilgiler bu temeli oluşturmada faydalıdır. Aşağıda yer alan tablolarda 2021 yılına kadar ülkemizde elektrik enerjisinin gelişimi ve trafo merkezleri ile ilgili bilgiler yer almaktadır (teias.gov.tr, Erişim Tarihi: 25/06/2023). Resim 2.2.’de Türkiye kurulu gücünün yıllar itibariyle gelişimi bilgileri bulunmaktadır.



Resim 2.2. Türkiye kurulu gücünün yıllar itibariyle gelişimi

Türkiye’de elektrik enerjisine ait istatistiklere 1980 yılından itibaren bakmak uygun olacaktır. Resim 2.2.’ye göre 1980’lerde Türkiye’de kurulu güç yaklaşık 5.118 iken 1990’larda bu rakam %218 oranında artarak 16.317’ye çıkmıştır. 2000’li yıllara gelindiğinde ise on yıllık artış oranının %67 olduğu görülmektedir. 2010’lu yıllarda on yıllık artış oranı %81 oranı ile bir önceki 10 yıllık gelişmeye neredeyse paralel artış göstermiştir. 2020’li yıllara gelindiğinde de son on yıllık artış oranının %93 olması ile yaklaşık olarak on yıllık dönemlerde artış oranının eşitlendiği görülmektedir. Bu doğrultuda hesaplandığında kaba bir tahminle 2030’lu yıllara gelindiğinde Türkiye’de kurulu gücün %100 artışı ile toplam yaklaşık sayının 191.780 olabileceği değerlendirilebilmektedir. Bu doğrultuda trafo merkezlerinin iş sağlığı güvenliği önlemlerinin de önemi kavranabilmektedir.

Resim 2.3.’te Türkiye trafo güçlerinin gelişimi (2011–2021) bulunmaktadır (<https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, Erişim Tarihi: 25/06/2023).

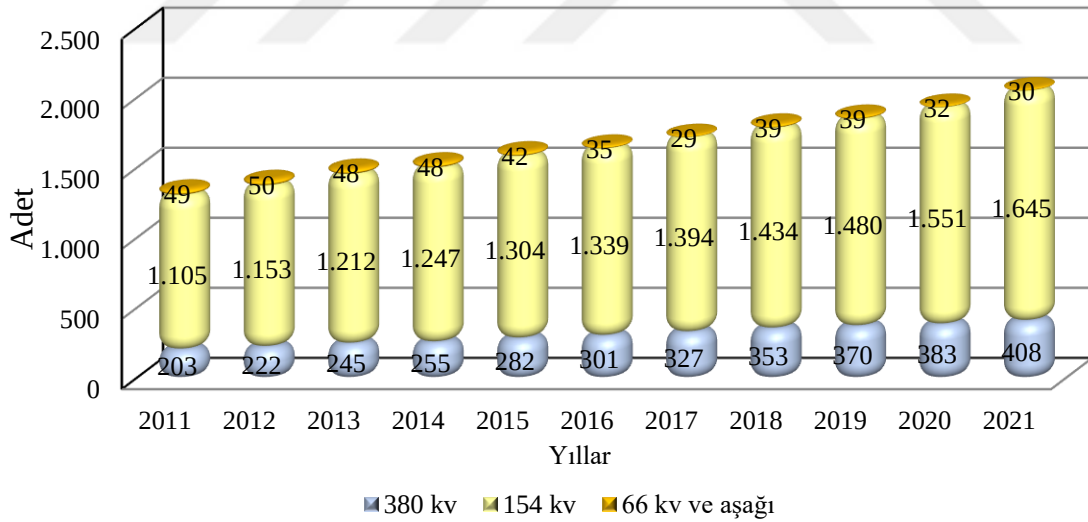


Resim 2.3. Türkiye trafo güçlerinin gelişimi (2011-2021)

Resim 2.3.’te Türkiye’de trafo güçlerinin gelişiminin 2011-2021 yılları arasındaki değişimi yer almaktadır. Çizelgede 380 kV, 154 kV ve 66 kV ve altı trafo merkezleri

değerlendirmeye alınmıştır. 380 kV trafoların 2011 yılında 39.620 MVA güç ürettiği görülmektedir. 10 yıl içerisinde bu tip trafoların gücünde yaklaşık %113 artış ile 84.400 MVA'ya ulaştığı görülmektedir. 154 kV trafoların 2011 yılında 64.470 MVA güç ürettiği görülmektedir. 10 yılda bu tip trafoların ise yaklaşık %97 artış ile 127.114 MVA güce ulaştığı görülmektedir. 66 kV ve altı trafoların da 2011 yılında 568 MVA gücü olduğu görülmektedir. 10 yıl içerisinde bu tip trafoların yaklaşık %27 azalış ile 412 MVA'ya düştüğü görülmektedir. Toplam trafo merkezlerinin sayısının 2011 yılında 104.658 MVA güce olduğu resimde görülmekte olup bu rakam yaklaşık %102 artışla 2021 yılında 211.926'ya ulaşmıştır. Bu trafoların içerisinde 2011'den itibaren en büyük güç artışı olanlar 154 kV trafolardır. En fazla güç artışının ise %113 ile 380 kV trafolarda olduğu görülmektedir.

Resim 2.4.'de Türkiye trafo adetlerinin gelişimi (2011–2021) bulunmaktadır (<https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, Erişim Tarihi: 25/06/2023).

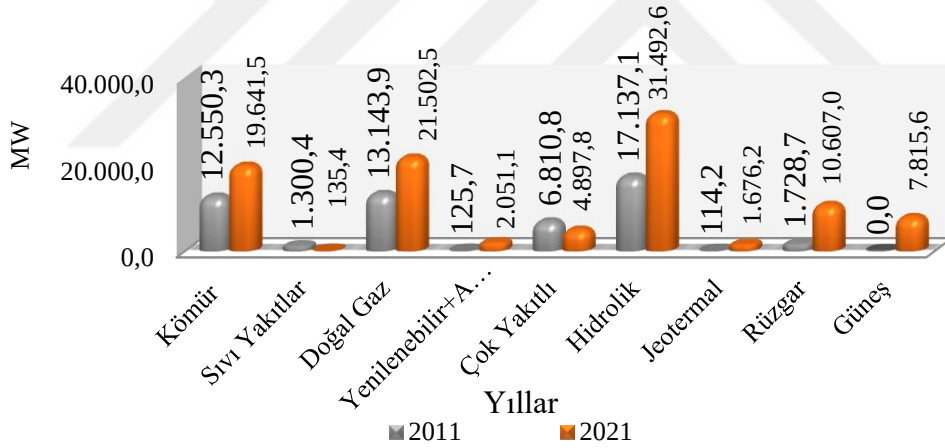


Resim 2.4. Türkiye trafo adetlerinin gelişimi (2011-2021)

Resim 2.4.'te Türkiye'deki trafoların adetlerinin gelişimi 2011-2021 yılları içerisinde gösterilmektedir. Toplam trafo merkezlerinin yıllar içerisindeki dağılımına bakıldığında 2012 yılında trafo adetleri toplam da yaklaşık %5 oranında artış gösterdiği görülmektedir. 2021 yılına kadar yaklaşık %3 ve %5 arasında sürekli bir artış gösteren trafo adetleri sayısı 2021 yılında 2083'e ulaştığı görülmektedir. 2011'den 2021'e artış da yaklaşık %

53'e denk gelmektedir. 66 kV ve altı trafo adetleri sayısı 2011-2021 arasındaki gelişimine bakıldığında dengesiz bir artış-azalış görülmektedir. Toplam 66 kv ve altı trafo adetleri sayısı 2021 yılında 2011 yılına göre yaklaşık -%39 oranında azalış göstermektedir. 154 kV trafo adetleri sayısına bakıldığında 2011–2021 yılları arasında yaklaşık %49'luk bir artış gözükmemektedir. Bu artışın 2011 yılından itibaren dengeli bir şekilde %3 ile %5 arasında değiştiği görülmektedir. 380 kV trafo adetleri sayısı değerlendirildiğinde 2011 yılında 203 olan sayının 2021 yılında 408'e ulaştığı görülmektedir. Bu rakam da yaklaşık %100 oranında artış oranına denk gelmektedir. Bu artış oranları da aslında iş sağlığı güvenliği ile ilgili önlemlerin artması gerektiğinin bir ifadesidir.

Resim 2.5.'te Türkiye kurulu gücünün birincil enerji kaynaklarına göre gelişimi yer almaktadır (<https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, Erişim Tarihi: 25/06/2023).



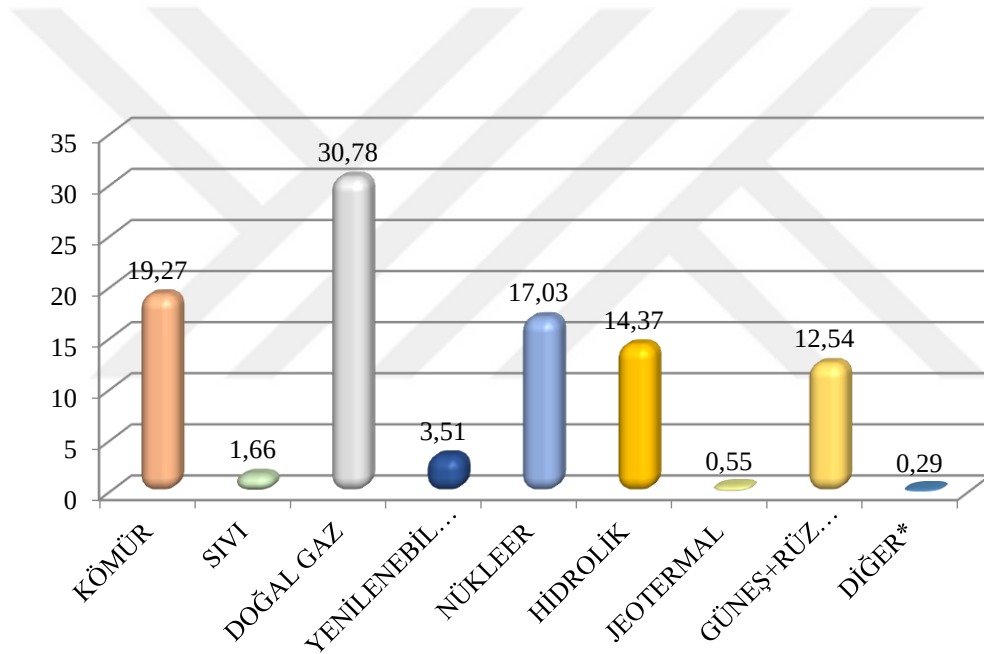
Resim 2.5. 2011 ve 2021 Yılları için birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü

Ayrıca 2011-2021 yıllarında Türkiye’de birincil enerji kaynaklarına göre kurulu güç hakkında bilgi sahibi olmak da gereklidir. Bu açıdan bakıldığında 2011 yılında toplam enerji miktarı içerisinde Kömür kullanımı yaklaşık %32’dir. Sıvı yakıtlar toplam pay içerisinde yaklaşık %3, Doğalgaz yaklaşık %33, Yenilenebilir kaynaklar yaklaşık %1, Çok yakıtlı kaynaklar yaklaşık %17, Hidrolik kaynaklar yaklaşık %43, Jeotermal yaklaşık %1, Rüzgâr yaklaşık %4 ve Güneş %0’dır. 2021 yılında ise Kömürün toplam enerji miktarı içindeki payı yaklaşık %20, Sıvı yakıtların payı yaklaşık %1, Doğalgaz yaklaşık

%22, Yenilenebilir kaynakların payı yaklaşık %2, Çok yakıtlı kaynakların payı yaklaşık %5, Hidrolik yaklaşık %32, Jeotermal yaklaşık %2, Rüzgâr yaklaşık %11 ve Güneş yaklaşık %8'dir.

Türkiye'de ile ilgili istatistiki bilgiler, dünyada elektrik enerjisinin gelişimi doğrultusunda anlam kazanacaktır.

Resim 2.6.'da OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development - Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü) Ülkeleri toplam elektrik enerjisi üretimin kaynak bazında dağılımı yer almaktadır (<https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, Erişim Tarihi: 26/06/2023).



Resim 2.6. 2020 OECD Ülkeleri toplam elektrik enerjisi üretimin kaynak bazında dağılımı

Dünyadaki verilere ulaşmak için OECD verileri kullanılacaktır. OECD standartları elektrik üretim ve dağıtımda önem arz etmektedir. Bu nedenle OECD verilerini Türkiye verileriyle karşılaştırmak yerinde olacaktır. Toplam enerji kaynakları içerisinde Kömür Türkiye'de yaklaşık %20 iken OECD ülkelerinde bu oran yaklaşık %19 ile aynı düzeydedir. Sıvı yakıtların payı yaklaşık %2 (Türkiye'de %2), Doğalgaz yaklaşık %31 (Türkiye'de %22), Yenilenebilir kaynakların payı yaklaşık %4 (Türkiye'de %2), Hidrolik yaklaşık %14 (Türkiye'de %32), Jeotermal yaklaşık %1 (Türkiye'de %2), Rüzgâr ve

Güneş yaklaşık %13 (Türkiye’de %19)’tür. Ayrıca Türkiye’de kullanılmayan nükleer kaynaklı enerji OECD ülkelerinde %17 oranında toplam enerji kaynakları içerisinde yer almaktadır.

Çizelge 2.1.’de 2022 yıl sonu transformatör merkez sayısı, transformatör sayısı, transformatör kurulu güç verileri bulunmaktadır (TEİAŞ faaliyet raporu, 2022, p.39).

Çizelge 2.1. 2022 yılsonu transformatör merkez sayısı, transformatör sayısı, transformatör kurulu güç verileri

GERİLİM (kV)	TRANSFORMATÖR		TRANSFORMATÖR SAYISI	TRANSFORMATÖR KURULU GÜCÜ (MVA)
	MERKEZİ SAYISI			
	TOPLAM	YURTDIŞI BAĞLANTILI		
400	124	7	427	87.842,5
220	0	0	0	0
154	655	4	1648	129.465,5
66	2	3	21	263
TOPLAM	781	14	2.096	217.571

Çizelgeden de anlaşılacağı üzerine Türkiye’de 2022 itibari ile 2096 yüksek gerilim trafosu ve 781 adet trafo merkezi bulunmaktadır.

2.2. Trafo Merkezlerinde Ulusal ve Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatı

Trafo merkezlerinde elektrik kaynaklı riskler ve diğer risklerin gerçekleşmesini önlemek için İş Sağlığı Güvenliği önlemleri açısından birçok düzenleme mevcuttur. Bu düzenlemelerin tamamından bahsetmek mümkün değildir. Söz konusu düzenlemelerden ilgilileri konuların içerisinde ayrıca verilmektedir.

2.2.1. Trafo merkezleri ile ilgili ulusal iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı

Trafo merkezleri ile ilgili iş sağlığı güvenliği gerekliliklerine Hava İzoleli Trafo Merkezleri ve Gaz İzoleli Trafo merkezleri başlıklarında yer verilecek olup bu başlıkta sadece kısaca yönetmelikler isim ve konu olarak belirtilecektir. Çizelge 2.2.’de Trafo merkezleriyle ilgili başlıca ulusal kanun ve yönetmelikler yer almaktadır.

Çizelge 2.2. Ulusal kanun ve yönetmelikler

No	Adı
1	TEİAŞ İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği
2	TEİAŞ İşletme Arız Halleri Yönergesi ve Ekleri
3	Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği
4	Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği
5	Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği
6	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Yönetmeliği
7	Elektrik Tesislerinde Emniyet Yönetmeliği
8	Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği
9	Elektromanyetik Uyumluluk Yönetmeliği
10	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
11	Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği
12	Transformatör Merkezleri Yer Seçimi ve Elektrik İletim Hatları Güzergâh Tespiti Yönergesi ve Ekleri
13	Yük Tevzi İşletme Usulleri Yönergesi
14	TEİAŞ Yüksek Gerilim SF6 Gaz Yalıtımlı Şalt Donanımı Teknik Şartnamesi

TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi) iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği Türkiye’de ihaleye çıkılan büyük trafo merkezleri için standart olarak uygulanmaktadır. Bu yönetmelik kapsamında; TEİAŞ sorumluluğundaki iş yerlerinde çalışan personel ve tesislerdeki diğer kişileri kapsamaktadır. TEİAŞ personeli tüm iş yerlerinde çalışma yaparken bu yönetmeliğe uygun hareket etmektedir. TEİAŞ iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliğinin amacı iş sağlığı güvenliği kanununa ek olarak TEİAŞ sorumluluğu altındaki iş yerlerinde yapılan çalışmalarda ve TEİAŞ personeli tarafından yapılan diğer çalışmalarda iş sağlığı güvenliği kurallarını belirlemektir.

TEİAŞ İşletme arıza halleri yönergesi ise TEİAŞ iletim tesislerinde meydana gelen arıza durumlarında, işletme personelinin yapacağı iş ve işlemlerinin belirlenmesi ile işletme birimleri, yük tevzi işletme birimleri ve kullanıcılar arasında yapılacak bilgilendirme usullerinin belirlenerek, uygun birliğin sağlanmasıdır.

Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliğinin amacı elektrik tesislerinin modern teknolojiyle kurulabilmesi için proje onay işlemlerinin hangi esaslara uygun yapılacağını

belirlenmesidir. Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği elektrik kuvvetli akım tesislerinin kurulması, işletilmesi ve bakımı sırasında çalışan ve ekipmanın korunmasına ilişkin esasları kapsamaktadır. Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliğinin amacı da kamu göreviyle elektrik üretmek iletmek ve dağıtmak için kurulacak tesislerin kabul işlemlerinin standart ve esaslarını belirlemektir. İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Yönetmeliğinin amacı ise iş yerinde iş ekipmanlarının kullanımında sağlık ve güvenlik esas ve standartlarının belirlenmesidir. Elektrik Tesislerinde Emniyet Yönetmeliği oldukça eski bir yönetmelik olup (1989) elektrik tesislerinde görev ve sorumlulukların emniyetli şekilde gerçekleştirilmesi için standart ve esasları içermektedir. Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği frekansı 100 Hz'in altında alternatif ve doğru akım elektrik tesislerinde topraklama işlemlerinin yapılması amacıyla tesislerin kurulması, işletilmesi ve denetlenmesi hükümlerini kapsamaktadır. Bu kapsamda yüksek gerilimli tesisler ile alçak gerilimli tesislere ilişkin ayrı düzenlemeler mevcuttur.

Elektromanyetik Uyumluluk Yönetmeliği donanımın elektromanyetik uyumluluk seviyesini ölçmek için kullanılmaktadır. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik ise tamamıyla elektrik tesisleriyle ilgili olmayıp, elektrik tesislerine özgü farklılıklar içermektedir. Bu yönetmeliğin temel amacı her türlü yapının çeşitli safhalarında çıkabilecek yangınların engellenmesi amacıyla tedbir ve denetim standartlarının oluşturmaktır. Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği de elektrik iç tesislerin kurulması ve işletilmesindeki standart ve esasların belirlenmesinde temel uygulamaları içermektedir.

2.2.2. Trafo merkezleri ile ilgili uluslararası iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı

Trafo merkezleri ile ilgili İş sağlığı güvenliği gerekliliklerine hava izoleli trafo Merkezleri ve gaz izoleli trafo merkezleri başlıklarında yer verilmektedir. Trafo merkezleri ile ilgili uluslararası mevzuat parça parça ve oldukça ayrıntılıdır. İlgili IEC ve IEEE standartları Çizelge 2.3.'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Uluslararası standartlar

No	Orijinal Adı	Türkçe Adı
1	IEEE C37.122-1993- Standard for Gas-Insulated Substations	Gaz yalıtımlı trafo merkezleri Standardı
2	IEC 61558 Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products	Güç transformatörlerinin, güç kaynaklarının, reaktörlerin ve benzerleri ürünlerin emniyeti
3	IEC 61850 Communication Networks and Systems in Substations	Trafo merkezlerinde haberleşme ağları ve sistemleri
4	IEEE-P1402-Recommended Practice for Physical Security of Electric Power Substations	Trafo merkezlerinin fiziksel emniyeti için önerilen uygulamalar
5	IEEE 998-1996-Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations	Trafo merkezlerinin doğrudan yıldırım darbesine karşı koruma kılavuzu
6	IEEE 1246-2020- Guide for Temporary Protective Grounding Systems Used in Substations	Trafo merkezlerinde kullanılan geçici koruyucu topraklama sistemleri rehberi
7	IEEE P979- Guide for Substation Fire Protection	Trafo merkezi yangından korunma kılavuzu
8	IEEE 1264-2022 Guide for Animal Deterrents for Electric Power Supply Substations	Trafo merkezleri için hayvanları caydırmaya yönelik kılavuz
9	IEC 60044 Instrument transformers	Ölçü transformatörleri
10	IEC 60076 Power transformers	Güç transformatörleri
11	IEC 60137 Bushings for alternating voltages above 1000V	1000 V' un üzerindeki alternatif gerilimler için buşingler
12	IEC 60270 High-Voltage Test Techniques – Partial Discharge Measurements	Yüksek gerilim test teknikleri – kısmi deşarj ölçümleri
13	IEC 60298 High voltage switchgear in metallic enclosure	Metalik muhafazada yüksek gerilim şalt sistemi
14	IEC 60331 Tests for Electric Cables under Fire Conditions	Yangın koşullarında elektrik kablolarına yönelik testler

Çizelge 2.3. Uluslararası standartlar (devamı)

15	IEC 60364 Electrical installations of buildings	Binaların elektrik tesisatları
16	IEC 61000 Electromagnetic compatibility	Elektromanyetik uyumluluk



3. HAVA İZOLELİ TRAFİ MERKEZLERİ

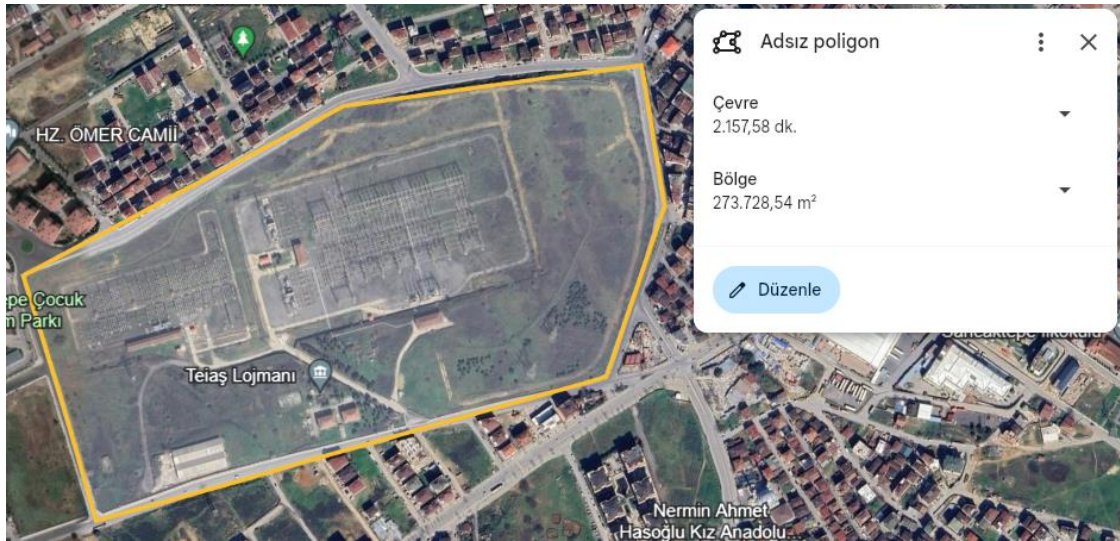
Hava izoleli trafo merkezi (AIS, Air Insulated Substation), ana devre potansiyelinin zeminden porselen veya kompozit izolatörler ve/veya burçlar kullanılarak hava ile yalıtıldığı yerdir. AIS tamamen devre kesiciler, ayırıcılar, parafudrlar, enstrüman trafoları, güç trafoları, kapasitörler, baralar vb. hava yalıtımlı teknoloji bileşenlerinden oluşmaktadır ve devreler telli esnek iletkenler, tüpler veya gömülü güç kabloları tarafından bileşenler birbirine bağlanmaktadır. AIS, tüm dünyadaki trafo merkezlerinin %70' inden fazlasını oluşturan en yaygın trafo merkezi türüdür (Kawakita, 2019, p. 143).

Trafo merkezlerinin iş sağlığı güvenliği, trafo merkezlerinin tasarımı aşamasından itibaren değerlendirilmektedir. Bu açıdan bakıldığında trafo merkezlerinin emniyetinde en önemli konulardan bir tanesi yer seçimidir. Yeni bir trafo merkezi için yer seçimi, teknik, ekonomik, çevresel ve idari faktörler arasında bir uzlaşmadır. Basit bir ifadeyle problem, genellikle, toplam devre sayısı, hatların varış yeri ve trafoların tasarlanan nominal gücü göz önüne alındığında, bir trafo merkezinin inşa edilebileceği bir coğrafi bölge içinde en uygun yeri bulmaktır. Tipik olarak tüm bölgede iklim ve rakım hemen hemen aynıdır, ancak teknik ve çevresel faktörler sahanın konumuna göre değişmektedir. İlk adım, makul bir maliyetle, yeterli kullanılabilir alana sahip, mümkün olduğu kadar düz olan olası sahaların aralığını belirlemektir. Genel konum içinde, ağır nakliye için kabul edilebilir erişime sahip ve trafo merkezinin minimum çevresel etkiyle kurulabileceği hat koridorlarında herhangi bir büyük kısıtlama olmaksızın yerleşebileceği bir alan belirlenmelidir. Sahaları mevcut hat koridorlarının yakınına veya hatta geçiş noktalarına yerleştirmek genellikle avantajlıdır. Bazen bu tür yerler mevcut olmayabilir ve seçim, yukarıdaki özelliklerden yalnızca bazılarına sahip olan yerlerle sınırlı olabilir. Muhtemel sahalar belirlendikten sonra, maliyetler, potansiyel çevresel etkiler ve bunları önlemek veya azaltmak için alınabilecek önleyici veya düzeltici önlemler dahil olmak üzere her birinin tüm teknik ve çevresel yönleri için bir analiz yapılmaktadır (Kawakita, 2019, p. 144).

Hava izoleli trafo merkezinde faz-toprak ve faz-faz yalıtımı arasında hava kullanılmaktadır. Zayıf dielektrik ve yasal hava açıklığına rağmen daha fazla alan

gereklidir ve kentsel yerleşim alanlarında alan kaynakları çok sınırlıdır. Nem seviyesi, yağmur, havadaki kirleticiler gibi ortam sıcaklığındaki değişiklikler yalıtımın bozulmasına neden olmaktadır. Tüm bu faktörlerden dolayı, belirtilen gereksinimleri karşılamak için AIS'in yalıtımı için daha fazla alana ihtiyaç bulunmaktadır. Atmosferik koşullar nedeniyle sürekli bozulmaya karşı fiziksel altyapı önem kazanmaktadır. Herhangi bir sismik dengesizlik tüm altyapıyı olumsuz etkileyebilmektedir. Belirtilen tüm sorunlardan dolayı Hava izoleli trafo merkezi, karmaşık planlama ve daha fazla uygulama süresi gerektirmektedir, bu da sermaye maliyetini artırmaktadır, ayrıca daha sık bakım nedeniyle işletme maliyeti de yüksektir. Tüm bu gerçekler dikkate alındığında, trafo merkezinin boyutunu küçülten bir yalıtım malzemesine ihtiyaç bulunmaktadır. Gaz izoleli trafo merkezi kullanmak buna bir çözüm olarak düşünülmektedir. Ekipmanlar, hava izole merkezine kıyasla çok daha az alanda etkin yalıtım sağlayan gaz dolu bir odaya kapatılmaktadır. Yalıtım malzemesi olarak, özellikleri daha ayrıntılı olarak açıklanan özel gaz kullanılmaktadır. Bu gaz, baralar, devre kesiciler, şalt cihazları vb. gibi elektrik bileşenleri ile birlikte bir hazne içinde muhafaza edilmektedir. GIS (Gas Insulated Substation-Gaz izoleli trafo merkezi) kullanmak sadece yerden tasarruf sağlamamaktadır, aynı zamanda maliyet ve bakım şeklinde birçok avantajı da bulunmaktadır (Latif vd., 2010, p. 3).

Resim 3.1.'de hava izoleli trafo merkezlerinin boyutlarını anlamamız açısından İstanbul örneği bulunmaktadır.



Resim 3.1. Hava izoleli trafo merkezi İstanbul örneği

3.1. Hava İzoleli Trafo Merkezleri Standart ve Ekipmanları

Elektrik trafo merkezlerinde ve şalt sahalarında anahtarlama cihazları önemli elemanlardır. Bir trafo merkezinin veya şalt sahasının tasarımını değerlendirirken dikkate alınması gereken ek parametreler; bakım, çalışma esnekliği, röle koruması, maliyet ve ayrıca tesis hat bağlantılarıdır. Bu parametrelerin her birini gözden geçirmek tesislerin güvenilirliğini etkilemektedir (Bio, 2012, p. 43).

3.1.1. Hava izoleli trafo merkezleri tasarımı

Yüksek gerilim trafo merkezinin tasarımında öncelikle ekipmanın güvenli bir şekilde çalıştırılması ve bakımının dikkate alınması gerekmektedir. Anahtarlama ekipmanı, izolasyon, yüksüz anahtarlama (hat şarj akımını kesme, döngü bölme ve mıknatıslama akımı kesme dahil), yük anahtarlama ve arıza akımlarının kesilmesini sağlamak için kullanılmaktadır. Yük akımlarının ve arıza akımlarının büyüklüğü ve süresi, kullanılan anahtarlama ekipmanının özelliklerinde önemli olmaktadır. Ekipman belirtilirken sistem ve bakım işlemleri de dikkate alınmalıdır. Önemli bir seçim, tek fazlı veya üç fazlı çalışma kararıdır. Yüksek gerilim güç sistemleri genellikle üç fazlı bir sistem olarak çalıştırılmaktadır ve ekipmanın tek fazlı modda çalıştırılması durumunda oluşacak dengesizlik göz önünde bulundurulmalıdır (Harris & Childress, 2012, p. 50).

3.1.2. Çevre koşulları

Çevresel şartlar içerisinde öncelikle ortam sıcaklığı ve irtifaya dayalı standartlar önem kazanmaktadır. Hava yalıtımlı yüksek voltajlı elektrikli ekipmanlar için ortam sıcaklıkları ortam soğutmasına bağlı ekipmanlar oldukları için genellikle -40°C ila +40°C aralığında olmalıdır. 1000 m'nin (3300 ft) üzerindeki rakımlar değer kaybı gerektirebilmektedir. Daha yüksek rakımlarda hava yoğunluğu azalmaktadır; bu nedenle, havanın dielektrik dayanımı da azalmaktadır ve ekipmanın değerinin düşürülmesi önerilmektedir. Ortam havasının dielektrik dayanımındaki azalmayı telafi etmek için çalışma boşlukları (vuruş mesafeleri) artırılmalıdır. Akım değerleri, yük akım seviyeleri ile ilişkili kayıpların ürettiği ısıyı dağıtmak için kullanılan soğutma ortamı olan ortam havasının yoğunluğunun azalması nedeniyle genellikle daha yüksek rakımlarda azalmaktadır. Bununla birlikte, sürekli akım değer kaybı, dielektrik değer kaybı ile ilişkili olarak küçüktür ve çoğu durumda ihmal edilebilir düzeydedir. Çoğu durumda, mevcut değer kaybı, tipik olarak bu yüksek rakımlarda bulunan ortam havasının daha soğuk sıcaklığı ile dengelenmektedir (Harris & Childress, 2012, p. 51).

3.1.3. Bağlantı kesme anahtarları (Disconnect Switches)

Bir bağlantı kesme anahtarı, elektrik akımını ileten ve devre kesiciler, devre değiştiriciler, güç transformatörleri, kapasitör bankları, reaktörler ve diğer trafo merkezi ekipmanlarından birinin izolasyonu için bir devrede açık nokta sağlayan mekanik bir cihazdır (Zile, 2019, pp. 96-99). Ayırıcı anahtarların yerine getirmesi gereken en önemli üç işlev, çalışması için açıldığında güvenilir bir şekilde açıp kapatmak, yük akımlarını aşırı ısınma olmadan sürekli olarak taşımak ve arıza akımı koşullarında kapalı çalışma konumunda kalmaktır. Bağlantı kesme anahtarları normalde bakım için trafo merkezi ekipmanının görsel izolasyon noktasını sağlamak için kullanılmaktadır. Öncelikli olarak personel emniyeti için güç iletkenlerinin açıldığına dair görünür bir onay sağlamak için bir trafo merkezi ekipmanının her bir tarafına bir bağlantı kesme anahtarı kurulmaktadır. Anahtarlar açık konuma getirildikten sonra, çalışanın korunması için enerjisi kesilen ekipmana taşınabilir emniyet topraklamaları takılabilmektedir. Taşınabilir topraklamaların yerine veya taşınabilir topraklamalara ek olarak (yedek emniyet aracı olarak), anahtarlar, güvenli topraklama işlevini yerine getirmek için topraklama bıçaklarıyla (grounding blades) donatılabilmektedir (Harris & Childress, 2012, p. 51).

3.1.4. Yük ayırıcıları

Bir yük kesme anahtarı, belirli akımların kesilmesini ve istenen akımın ayarlanmasını sağlamak için donatılmış bir bağlantı kesme anahtarıdır. Bu, açma sırasında metalin metale temasının son noktalarını ve kapanmanın ardından metalin metale temasının ilk noktalarını değiştiren, metalin metale temas parçasının son noktalarının anahtarlama hızını artıran ekipmanın eklenmesiyle gerçekleştirilir. Bu durum havada veya arkı emniyetli ve güvenilir bir şekilde kesebilecek bir dielektrik ortam içeren bir haznede arkı sınırlayan bir ortam yaratmaktadır (Dhakal & Sachdev, 1995, pp.30-32).

3.1.5. Yüksek hızlı topraklama anahtarları

Otomatik yüksek hızlı topraklama anahtarları, diğer koruyucu ekipmanı sağlama maliyetinin gereksiz olduğunda ve yüksek hızlı topraklama anahtarının yarattığı sistem bozukluğu miktarının kabul edilebilir olduğuna karar verildiğinde, güç trafolarının korunması için uygulanmaktadır. Anahtarlar genellikle "yüksek hızlı" çalışmayı sağlamak için bir yay mekanizmasının boşaltılmasıyla çalıştırılmaktadır. Topraklama anahtarı güç trafosunu besleyen yüksek voltaj barasının bir fazında kasıtlı bir toprak arızası sağlamak için çalışmaktadır. Bir fazı etkili bir şekilde kaldırarak ve diğer iki fazın

da arızalanmasına neden olarak normalde dengeli 120° faz kaydırmalı üç fazlı sistemi bozmaktadır. Bu sistem dengesizliği, güç trafosunu besleyen hattın uzak ucundaki iletim hattı kesicilerini çalıştıran ve arızayı gidermek için devreyi açan koruyucu aktarma ekipmanı tarafından uzaktan tespit edilmektedir. Bu şema aynı zamanda, uzak devre kesiciler ile güç trafosu arasına bağlı diğer tüm yüklerde bir gerilim kesintisi ve ayrıca korunan güç trafosunda geçici bir yükselme uygulayarak trafonun kullanım ömrünü etkili bir şekilde kısaltmaktadır. Sıklıkla, yüksek hızlı bir toprak anahtarı kullanan bir sistem aynı zamanda motorla çalışan bir bağlantı kesme anahtarının ve veri yolu voltajını algılamak için bir röle sisteminin kullanımını içermektedir. Röle sisteminin mantığı, arızalı güç trafosunun otomatik izolasyonunu sağlamak için iletim hattında voltaj olmadığında motorlu ayırma anahtarının çalıştırılmasına ve iletim hattına yeniden hizmet verilmesi için uzak kesicilerin bu hattan beslenen diğer tüm yüklere tekrar kapama işlemlerine izin vermektir (Hasibar, vd., 1981, p. 1513).

3.1.6. Güç sigortaları

Güç sigortaları genel olarak küçük güç trafolarını (15 MVA ve daha küçük güç trafoları), kapasitör banklarını, potansiyel trafoları ve/veya istasyon servis trafolarını korumak için kabul edilen bir araçtır. Bir güç sigortasının birincil amacı kalıcı arızaları önlemektir. Güç sigortaları, devre değiştirici veya devre kesici korumasına ekonomik bir alternatiftir. Sigorta koruması genellikle 15 ila 69 kV arasındaki voltajlarla sınırlıdır, ancak 161 kV kadar büyük ekipmanların korunması için uygulanmıştır (Harris & Childress, 2012, p. 68).

3.1.7. Devre değiştiriciler

Devre değiştiriciler, trafo merkezi güç trafoları için kaynaştırmanın bazı sınırlamalarının üstesinden gelmek üzere geliştirilmiştir. SF6 gaz kesiciler kullanan devre anahtarlayıcılar, üç fazlı kesinti sağlamak (dengesiz voltaj hususlarını çözmek) ve güç sigortaları ve devre kesiciler arasındaki rekabetçi bir maliyetle geçici aşırı gerilim ve yük akımı aşırı yüklerine karşı koruma sağlamak üzere tasarlanmıştır. Ek olarak, diferansiyel, ani basınç ve aşırı akım röle şemalarına dayalı güç trafosu arızalarına ve ayrıca düşük yağ seviyesi, yüksek yağ veya sargı sıcaklığı, basınç tahliye cihazının çalışması vb. gibi kritik çalışma kısıtlamalarına karşı koruma sağlayabilirler (Harris, Childress, 2012, p. 66).

3.1.8. Devre kesiciler

Bir devre kesici, “normal devre koşullarında akım oluşturabilen, taşıyabilen ve kesebilen ve ayrıca belirli bir süre için akım oluşturabilen, taşıyabilen ve kesebilen ve kısa devre gibi belirli anormal koşullar altında akımları kesebilen mekanik bir anahtarlama cihazı olarak tanımlanmaktadır.” (IEEE Standardı C.37.100-1992).

Devre kesiciler genellikle elektrik arkını soğutmak ve uzatmak için kullanılan kesintiye izin veren kesme ortamına göre sınıflandırılmaktadır. Devre kesici türleri şunlardır (Harris & Childress, 2012, p. 68):

- Hava manyetik
- Vakum
- Hava patlaması
- Yağ (dökme yağ ve minimum yağ)
- SF6 gazı

3.2. Hava İzoleli Trafo Merkezlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları

Endüstriyel emniyet bağlamında iş sağlığı ve güvenliğinin amacı, ulusal sanayiye uygun bir çalışma durumu, ergonomik, optimal ve sağlıklı bir çalışma ortamı, güvenli çalışanlar ve işyerleri, endüstriyel süreçlerin güvenliğini sağlamak, öngörülemeyen durumları sınırlamak ve azaltmaktır. İş sağlığı ve güvenliği düzeyini olumsuz etkileyebilecek olayların yarattığı durumlar hava izoleli trafo merkezlerinin kurulumunda ve operasyonunda oldukça önemlidir. Endüstriyel emniyet ve toplumsal emniyet amacıyla devlet altyapı tesislerini; normal altyapılar, özel altyapılar ve kritik altyapılar olarak sınıflandırmaktadır. Bu bağlamda elektrik trafo merkezleri kritik altyapılar olarak değerlendirilmektedir (Pasulescu vd., 2021, pp. 12-15).

3.2.1. Topraklama

Yağışlı zamanlarda veya don yaşanan durumlarda düşük veya yüksek öz dirençli toprak tabakası oluşmaktadır. Bu durum topraklama sisteminin güvenliğini etkilemektedir. Topraklama sistemi topraklama direncinin, zemin yüzeyindeki adım ve dokunma gerilimlerinin değişmesine neden olmaktadır. Yağış mevsiminde oluşan düşük öz dirençli toprak tabakasının kalınlığı, topraklama sisteminin gömülme derinliğinden daha küçük ise dokunma gerilimi artacaktır. Öte yandan, yağmur mevsimi, bir yüzey granit tabakası kullanılsa bile, dokunma voltajı sınırının gerçek dokunma voltajından daha küçük olmasına neden olmaktadır. Yağmurun topraklama sisteminin güvenliği üzerindeki

etkileri kapsamlı bir şekilde ele alınmalıdır. Yüksek özdirençli toprak tabakası donma mevsiminde oluştuğunda, topraklama direnci, adım ve dokunma gerilimleri, donan toprak tabakasının kalınlığı veya direnci ile artacaktır. Yüksek özdirençli toprak tabakasının kalınlığı, topraklama sisteminin gömülme derinliğini aştığında, topraklama direnci, adım ve dokunma gerilimleri keskin bir şekilde artacak ve dokunma gerilimi, bir yüzey granit tabakası tarafından belirlenen dokunma gerilimi sınırını aşacaktır. Donma mevsiminde topraklama sisteminin güvenliğini sağlamak için, topraklama sistemi dikkatli bir şekilde tasarlanmalı ve özel önlemler alınmalıdır, topraklama sistemine eklenen uzun dikey topraklama elektrotları, mevsimsel etkiyi etkili bir şekilde azaltabilir ve güvenliğini artırabilir (He vd., 2003, p. 5).

3.2.2. Elektrik alanı mesleki maruziyeti

Yüksek gerilim elektrik trafo merkezlerinde çalışmakta olan personel son derece düşük frekanslı bir elektrik alanına maruz kalmaktadır. Bu tür bir elektrik alanına maruziyetle ilgili yapılmış birkaç araştırma bulunmaktadır. Elektrik alanına maruz kalma ile ilgili düzenlemeler 013/35/EU sayılı Avrupa Birliği düzenlemeleriyle çerçevelendirilmiştir. Çalışanların elektromanyetik fiziksel etkenlerden kaynaklanan risklere maruz kalmasına ilişkin asgari sağlık ve emniyet gereklilikleri Avrupa Parlamentosunun ve Konsey Direktifinin söz konusu düzenlemesinde incelenmiştir. Finlandiya’da 400 kV trafo merkezinde yürütülmüş araştırma yedi farklı mesleki maruziyet düzeyi belirlemiştir. Çalışanların işler bir trafo merkezinde bakım çalışmaları gibi yerine getirmesi gereken 12 farklı görev tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalarda ölçüm yapılan görevler; bir servis platformunda devre kesicinin bakımı, zemin seviyesinde ayırıcının bakımı, 220 kV trafo merkezinde devriye görevi, bir akım transformatörünün birincil terminallerinin zemin seviyesinde incelenmesi, bir akım transformatörünün ikincil terminallerinin bir insan kaldırma tertibatından incelenmesi ve bir platformdan bir kablo terminalinin yağ basıncı göstergesinin okunmasıdır. Bu çalışmalar sırasındaki mesleki maruziyet yüksek düzeylerde çıkmıştır. 110 kV trafo merkezlerinde ise düşük düzeyde mesleki maruziyet görülmüştür. 220 kV trafo merkezlerinde yapılan benzer çalışmanın sonucunda ise yüksek mesleki maruziyet tespit edilmiştir (Pirkkalainen, vd., 2017, pp. 1-7).

3.2.3. Yalıtım

Elektrik, bireye görsel veya işitsel uyarılar vermeyen, görünmez bir risktir ve çalışma koşullarında sıklıkla dikkati azaltan bir gerçektir. Bununla ilgili faaliyetler, insanların sağlığı ve güvenliği için risk oluşturmaktadır ve hafif semptomlardan ani ölüme kadar her şeye neden olabilmektedir. Endüstride çeşitli elektriksel riskler tanımlanabilir, ancak en önemlileri elektrik çarpması, elektrik arkı ve elektromanyetizmadır; ilk ikisi çalışanlara daha fazla zarar vermektedir. Bu nedenle yalıtım iş sağlığı güvenliği açısından oldukça önemlidir. Elektrik çarpması, harici elektrik akımının insan vücudundan doğrudan veya dolaylı geçişinden kaynaklanan patofizyolojik etkidir. Maruz kalma süresine, mağdurun fiziksel direncine, dolaşan elektrik akımının yoğunluğuna ve yoluna bağlı olarak şokun neden olduğu fizyolojik hasar, birey için daha ciddi komplikasyonları beraberinde getirebilmektedir (Rocha & Delabrida, 2021, p. 63).

3.2.4. Risk değerlendirmesi

Elektrik trafo merkezleri emniyet ve iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilirken, bu merkezlerdeki tehlikeler tanımlanarak risk değerlendirmesi yapılmaktadır. Risk değerlendirme sürecine literatürde farklı yaklaşımlar uygulanmaktadır. Bu uygulamalardan bir tanesi olasılık temelli risk değerlendirmesidir. Olasılık tabanlı risk değerlendirme yönteminde trafo merkezlerinde elektrik çarpması riskini etkileyen tüm önemli faktörler hesaba katılmaktadır. Tüm faktörlerin muhtemel olasılıkları değerlendirilmektedir. Çalışanın bir alandaki varlığı rastgele bir değişken olarak hesaplanmaktadır. Emniyetli voltaj dağılımlarını sağlamak için tasarlanmış topraklama sisteminin ayrıntılı bilgisayar simülasyonu kullanılmaktadır (Dimopoulos, 2012, p. 14).

Bir trafo merkezinde çalışanlara elektrik çarpması ve bunun sonucunda ölüm riskinin hesaplanmasında çeşitli parametreler değerlendirmeye alınmaktadır. Bu yaklaşımı kullanarak risk değerlendirmesi yapılması risklerin daha iyi değerlendirilebilmesi ve hafifletilmesinde etkili olmaktadır. Risklerin kabul edilebilir duruma getirilmesinde de risk değerlendirmesinin iyi yapılması önem taşımaktadır.

3.2.5. Bakım yönetimi

Modern toplumlarının enerji bağımlılığının artışı ile birlikte enerji iletim sistemlerinin ve trafo merkezlerinin bakımı kilit bir husus haline gelmiştir. Öncelikle trafo merkezleri sürekli izlenmeli ve gerekli durumlarda veya belirli aralıklarla bakım yapılması

gerekmektedir. Bakım görevi gerçekleştiren çalışanların daha emniyetli çalışması açısından sektörde yeni teknoloji ürünler parçaların bakımının takibinde kullanılmaktadır. Örneğin yüksek gerilim trafo merkezi konektörünün farklı parametrelerinin gerçek zamanlı izlenmesi için kendi kendine güç sağlayan bir IoT çözümü bulunmaktadır. Bu yeni güç konektörü ailesine SmartConnector adı verilmektedir. Bu sistem bir vericiyi kontrol eden bir mikro denetleyiciye güç sağlayan bir termal enerji toplama sistemi ve elektriksel temas direncini (ECR) tahmin etmek için konektör boyunca sıcaklık, akım ve voltaj düşüşünü ölçen birkaç elektronik sensör içermektedir (Kadechkar, vd., 2020, p. 126).

Trafo merkezlerinin işletimleri sırasındaki bakımları geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmekte ve insan emeğine dayanmaktadır. Geleneksel metotta yüksek bakım maliyetleri oluşmaktadır. Düşük yönetim verimliliği ve gerçek zamanlı operasyonlarda aksama da ortaya çıkabilecek diğer olumsuz durumlardır. Trafo merkezlerinde dijitalleşme geleneksel bakım yöntemleriyle ortaya çıkabilecek iş sağlığı ve güvenliği problemleri ortaya çıkmayabilecektir. Bakım operasyonlarının dijitalleşmesinde yapay zeka teknolojisi, giyilebilir cihazlar, robot ve büyük veri teknolojisi kullanılabilecek yöntemlerdendir (Luo, vd., 2019, pp. 66-68). Trafo merkezlerinin bakımının dijitalleşmesinde iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının şekil değiştirebileceği unutulmamalıdır.

3.3. Kaza Raporlarına Göre Risk Faktörleri

Hava izoleli trafo merkezlerinde risk değerlendirmelerinde geleceğe yönelik tahminlerle birlikte geçmişe dönük kaza verileri de kullanılmaktadır. Söz konusu kaza verileri iş sağlığı ve güvenliği açısından hava izoleli ve gaz izoleli trafo merkezlerinin birbirinden ayrılmasına da yardımcı olacaktır. Enerji iletimi ve trafo merkezlerinin emniyet kazaları istatistiksel analiz yöntemleriyle değerlendirilerek risk faktörleri ortaya çıkartılmaktadır. Trafo merkezlerinin kaza raporları trafo merkezinin inşa sürecini, işletim sürecini ve bakım ve denetim gibi süreçlerini içerir şekilde düzenlenmektedir. Özellikle inşa sırasında kazaların çok sık görülmediği fakat görüldüğünde ölümcül olduğu bilinmektedir. Kaza raporlarına göre yüksekten düşme en çok karşılaşılan risk faktörü olmuştur. Kazaların nedenleri incelendiğinde de insan faktörü en başta gelen nedenlerdendir. Tehlike farkındalık eksikliği ve risk faktörlerini doğru değerlendirememesi insan faktörleri arasında yer alan en önemli alt nedenlerdir (Liu, vd., 2023, p. 92).

Trafo merkezlerinin inşasında günümüze kadar en çok karşılaşılan kaza risk faktörleri elektrik çarpması, yüksekte düşme ve nesnelerin çarpmasıdır. Kaza raporlarının değerlendirilerek risk değerlendirmenin yapılması çeşitli adımlardan oluşan bir süreçtir. İlk önce bulunulan ortamda tehlikelerin tanımlanması gerekmektedir. Doğru tehlike tanımlama, bulunulan alan ve mesleki hâkimiyetle gerçekleştirilmektedir. Trafo merkezlerinde risk faktörlerinin beş kategoride sınıflandırılabilceği düşünülmektedir. Bu beş kategori; insan, makine, malzeme, yöntem ve çevredir. Bu beş kategorideki risk faktörlerinin kazalara etkisinin belirlenmesinde günümüze kadar taksonomik yöntemler ve HAZOP analizi kullanılmıştır. Bu yöntemler sübjektif faktörlerden etkilenebildiğinden makine öğrenme yöntemlerinin sınıflandırmada kullanılması önerilmektedir. Çin’de yapılan bir çalışmada 2005-2020 yılları arasında yaşanan kazalar yer almaktadır. Risk faktörleri ise aşağıdaki Çizelge 3.1.’de yer almaktadır (Liu, vd., 2023, p. 85).

Çizelge 3.1. Risk faktörleri

Kategori	Risk Faktörü	Alt Kategori
İnsan	Yetersiz yönetim seviyesi	Yönetici
İnsan	Taşeron yönetiminin eksikliği	Yönetici
İnsan	Kural ve düzenlemelerin eksikliği	Kural Koyucu
İnsan	Proje yönetiminde eksiklik	Kural Koyucu
İnsan	Sahada emniyet denetiminin olmaması	Kural Koyucu
İnsan	Yetersiz emniyet eğitimi	Teknisyen
İnsan	Operasyonda beceri eksikliği	Teknisyen
İnsan	Operasyon ihlalleri	Teknisyen
İnsan	Sertifikasız İşlemler	İnşaatçı
İnsan	Emniyet koruması eksikliği	İnşaatçı
İnsan	Risk tanımlama yeteneğinde eksiklik	İnşaatçı

Çizelge 3.1. Risk faktörleri (devamı)

Makime	Makine ve aletlerin doğru çalışmaması
Makime	Araç kontrolünün kaybedilmesi
Malzeme	Malzeme kalitesinde eksiklik
Yöntem	Verimsiz emniyet koruması
Yöntem	Mantıksız düzenleme planlaması
Yöntem	Yanlış teknik seçimi
Çevre	Meteorolojik faktörler
Çevre	Kişisel olmayan fiziksel problemler

Hava izoleli trafo merkezlerinde derinlemesine iş sağlığı ve güvenliği analizi yapmak için kaza raporlarına yönelik yapılmış önceki analiz sonuçlarından yararlanılabileceği gibi örnek kaza raporlarının incelenmesi de faydalı olacaktır. Riskleri kontrol etmek kaza oranını azaltarak kapsamlı, verimli ve emniyetli enerji projelerinin üretilmesini sağlayacaktır.

3.4. Hava İzoleli Trafo Merkezlerinde İSG Uygulamaları İstanbul Örneği

Hava izoleli trafo merkezleri dünyada ilk kurulan trafo merkezleridir. Bu tür trafo merkezleri yirminci yüzyılın başlarından itibaren kurulmaya başlanmıştır. Hava izoleli trafo merkezlerinde meydana gelen tehlikeler trafo merkezlerinde iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının gelişimine yol açmıştır. Gelişen İSG uygulamaları ulusal ve uluslararası düzenlemelerle zorunlu hale gelmiştir. İSG uygulamaları hava izoleli trafo merkezlerinin yapısı ile orantılı olarak gelişmektedir. Bu doğrultuda çeşitli konularda İSG uygulamaları düzenlenmiştir. Hava izoleli trafo merkezlerinde İSG önlemleri trafo merkezlerinin tasarımından itibaren gelişmektedir.

Tasarım aşamasında hava izoleli trafo merkezlerinde yer seçimi alınacak iş sağlığı ve güvenliği için önemli bir husustur. Yer seçimi aşamasında öncelikle trafo merkezinin hava izoleli olması için gerekli alanın sağlanması gerekmektedir. Yeterli alan kavramının

içerisinde düz bir alan olması ve karayolu bağlantısının olması gerekmektedir. Yalıtımın bozulmaması için de nem seviyesinin ve yağış oranının uygun olması ve havadaki kirleticilerin olmaması gerekmektedir. Ayrıca hava izoleli trafo merkezi kurulması planlanan yerin sismik açıdan dengede olması önemli bir noktadır. Ortam sıcaklığı da önemlidir ve -40 ve +40 değerleri arasında sıcaklık olmasına dikkat etmek gerekmektedir. Rakım 1000 m değerlerinde değilse 1000 metre üzerindeki değerler için hava izoleli trafo merkezinde alınacak tedbirlerde düzeltme yapmak gerekmektedir.

Topraklama tüm trafo merkezlerinde hatta tüm elektrik tesislerinde ve elektrik ekipmanlarında önemli bir iş sağlığı ve güvenliği tedbiridir. Hava izoleli trafo merkezlerinde topraklama yapılırken İSG açısından dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Yağışlı durumlarda düşük özdirençli toprakla, don yaşanması durumunda ise yüksek özdirençli toprakla karşılaşmaktadır. Düşük ve yüksek özdirençli topraklarda topraklama yapmak zorlaşmaktadır. Bu nedenle bir iş sağlığı ve güvenliği önlemi olarak uzun dikey topraklama elektrotları eklenmelidir. Elektrik alanında elektriğe mesleki maruziyet yaşanabilmektedir. Tüm trafo merkezlerinde yaşanabilecek elektrik alanına maruziyet sorunu hava izoleli trafo merkezlerinde ölçülmeli izlenmeli ve kontrol edilmelidir. Trafo merkezlerinde yaşanabilecek bir başka İSG sorunu elektrik çarpmasıdır. Elektrik arkı ve elektromanyetizma tehlikesi yalıtım açısından iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine muhtaçtır.

Söz konusu tüm iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri hava izoleli trafo merkezlerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmelerine göre analiz edilmektedir. Bu süreç içerisinde uygulanacak risk değerlendirmesi metodu işletmeden işletmeye değişiklik göstermektedir. Risk değerlendirme sürecine verilen önem alınacak iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini de belirlemektedir. Bu süreçte kilit nokta kabul edilebilir risk seviyesinin belirlenmesidir.

Hava izoleli trafo merkezlerinde bakım prosedürleri iş sağlığı ve güvenliği süreçlerini etkilemektedir. Bakım faaliyetleri sırasında alınacak iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri bulunmaktadır. Bakım faaliyetleri bizzat çalışanlar tarafından düzenli olarak yapılırken iş kazası yaşanması ihtimali artış göstermektedir. Hava izoleli trafo merkezleri ile gaz izoleli trafo merkezleri bakım faaliyetleri açısından farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle bakım faaliyetleri sırasında alınacak iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri de farklılık göstermektedir. Hava izoleli trafo merkezlerinde çoğunlukla açık alanlara odaklanmış

tehlikeler önem kazanmışken gaz izoleli trafo merkezlerinde çoğunlukla SF6 kaynaklı tehlikeler önem kazanmıştır. Dijital yöntemler ile trafo merkezlerinin izlenmesi de mümkündür. Bu yöntemlerle bakım faaliyetleri izlendiğinde dijitalleşmenin etkileri de iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının içerisinde yer almalıdır.

3.4.1. Risk analizi raporunun değerlendirilmesi

Risk değerlendirmesi ve risk analizi yapılan İstanbul'da bulunmakta olan hava izoleli ve gaz izoleli trafo merkezlerinin risk değerlerinin incelenmesi sonucunda hava izoleli ve gaz izoleli trafo merkezlerinde risk faktörleri farklılaşması analiz edilmektedir. Trafo merkezinin güncel risk değerlendirmesi işletme gizli bilgisi olduğundan trafo merkezinin ismi çalışmada yer almayacaktır. Risk değerlendirmesi 2023 yılına aittir.

Hava izoleli trafo merkezi ve gaz izoleli trafo merkezi örneklerinde risk değerlendirme yöntemi olarak çalışma ortamının incelenmesi, tehlike kaynakları, alınması gereken önlemler ve olası etki/zararın bulunduğu kontrol listeleri ve L MATRİS metodu (Olasılık X Şiddet = Risk) birlikte kullanılmıştır. Çizelge 3.2.'de L matris risk değerlendirme metodu değerlendirme kriterleri bulunmaktadır.

Olasılık ve şiddet değerlerinin aşağıda verilen tablolara uygun olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Riskin değeri hesaplanırken olasılık değeri ve şiddet değeri çarpılarak işlem yapılmaktadır. Risk değeri risk matrisine yerleştirildiğinde bir renk ile belirtilmektedir. Belirlenen risk değeri yeşil renk ile gösterilmişse “Kabul Edilebilir Risk” olarak kabul edilmektedir. Yeşil alandaki risk değerleriyle ilgili düzeltici önleyici faaliyet gerçekleştirilmesi zorunlu değildir. Sarı alandaki risk değerlerinde bulunan riskler işletmelerin karar alması gereken değerlerdir ve “Dikkate Değer Risk” olarak isimlendirilir. Bu alandaki risklerle ilgili bir kabul edilebilir risk seviyesi belirlenerek işletme kararını belirtmektedir. Kırmızı alandaki risk değerleri ise işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği önlemleriyle ilgili önemli risklerden oluşmaktadır ve “Kabul Edilemez Risk” olarak isimlendirilir. Bu alandaki tüm riskler için kontrol tedbirleri alınmalıdır.

Çizelge 3.2. L Matris risk değerlendirme metodu kriterleri

SONUÇ		ŞİDDET
Çok Hafif	1	İş saat kaybı yok, ilk yardım gerektiren
Hafif	2	İşgünü kaybı yok, kalıcı etki olmayan ayakta tedavi, ilkyardım gerektiren
Orta	3	Hafif yaralanma, yatarak tedavi gerektiren
Ciddi	4	Ciddi yaralanma, uzun süre tedavi, meslek hastalığı
Çok Ciddi	5	Ölüm, sürekli iş göremezlik

SONUÇ		OLASILIK
Çok Hafif	1	Hemen hemen hiç
Hafif	2	Çok az (yılda bir kez), sadece anormal durumlarda
Orta	3	Az (yılda bir kez)
Ciddi	4	Sıklıkla (ayda bir)
Çok Ciddi	5	Çok sıklıkla (haftada bir, her gün), normal çalışma şartlarında

SONUÇ DEĞERLENDİRME MATRİSİ

R=OLASILIK X ŞİDDET		ŞİDDET				
		Çok Ciddi (İş Saat- İlkyardım)	Ciddi (İş Saat- İlkyardım)	Orta (Hafif Yara- Tedavi)	Hafif (Ölüm- Ciddi Yaralanma- MH)	Çok Hafif (> Ölüm- SİG)
		5	4	3	2	1
OLASILIK	Çok Yüksek (Günde Bir)	5	4	3	2	1
	Yüksel (Haftada Bir)	4	3	2	1	0
	Orta (Ayda Bir)	3	2	1	0	0
	Küçük (3 Ayda Bir)	2	1	0	0	0
	Çok Yüksek (Yılda Bir)	1	0	0	0	0

RENK	SONUÇ	EYLEM
	1, 2, 3, 4, 5, 6	Kabul Edilebilir Risk (Acil tedbir gerektirmeyebilir)
	8, 9, 10, 12	Dikkate Değer Risk (Bu risklere mümkün olduğu kadar çabuk müdahale edilmeli)
	15, 16, 20, 25	Kabul Edilemez Risk (Acil tedbir gerekmektedir)

İstanbul şehrinde örnek alınan hava izoleli trafo merkezinde, 2023 yılında yapılmış olan risk değerlendirmesi sonucu aşağıdaki çizelgelerde yer almaktadır.

Çizelge 3.3.'te AIS'lerde 25 risk değerine sahip tehlikeler yer almaktadır. Risk değerlendirmesinde yer alan tehlikelerin düzeltici önleyici faaliyetler öncesi ilk değerlendirmeleri çizelgelerde yer almakta olup karşılaştırma için kullanılmaktadır. Çizelgelerdeki risk değerleri yüksekten düşüğe göre sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 3.3. AIS'lerde 25 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
34	Trafo merkezi kapalı şalta giriş ve çıkışında ark, patlama ve yanma	İş kazası oluşması	25
36	Kapalı şalt hücrelerinde fider isim ve numarası, manevra şeması eksikliği	İş kazası oluşması	25
37	Enerjili hücreye girme ve elektrik enerjisine maruz kalma	Elektrik çarpması	25
38	OG Açma manevrası öncesi yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
40	Tek baralı sistemlerde OG hat fideri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
41	Tek baralı sistemlerde OG hat fideri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
42	Tek baralı sistemlerde OG trafo fideri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
45	Tek baralı kuplaj sistemlerde OG hat fideri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
50	İki ana bara transfer sistemlerde OG hat fiderleri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
51	İki ana bara transfer sistemlerde OG hat fiderleri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
52	İki ana bara transfer sistemlerde OG fideri transfere alama manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25

Çizelge 3.3. AIS’lerde 25 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

53	İki ana bara transfer sistemlerde transferde olan OG fiderinin normal işletme şartlarına getirilme manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
54	İki ana bara sistemlerde OG kuplaj üzerinden baraların birleştirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
55	İki ana bara sistemlerde OG kuplaj üzerinden birleştirilen baraların normal işletme şartlarına getirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
56	İki ana bara sistemlerde OG kuplaj üzerinden baraların birleştirilmesi ve bir baranın boşaltılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
57	İki ana bara sistemlerde bir OG fiderin bir baradan diğerine aktarılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
62	OG fiderde arıza durumu manevraları sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
82	İki ana bara transfer sistemlerde bara resktör fiderinin servisten çıkarılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
137	Açık şalt kesicilerde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	25
157	Çift bara transferli sistemlerde OG hat fideri hücrelerinde çalışma demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	25
158	Çift bara transferli sistemlerde OG bara giriş fideri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	25

Çizelge 3.3.’de yer almakta olan tehlikeler en yüksek risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 25 risk değerindedir ve “Kabul Edilemez Risk” eyleminde

bulunulması gereken kategoridedir. Bu tehlikelerin meydana gelmesi durumunda ölüm ya da ağır yaralanma ile sonuçlanacağı tahmin edilmektedir.

Çizelge 3.4. AIS’lerde 20 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
72	İki ana bara sistemlerde YG hat fiderini açma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	20
79	İki ana bara transfer sistemlerde YG hat fideri kapatma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	20
80	İki ana bara transfer sistemlerde YG fideri transfere alma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	20
81	İki ana bara transfer sistemlerde transferde olan YG fiderin normal işletme şartlarına getirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	20
83	İki ana bara transfer sistemlerde bara reaktör fiderinin servise alınması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	20
89	Tüm tesis çalışmaları için kişisel koruyucu malzemelerin temin edilmemesi ve kullanılmaması	İş kazası oluşması	20
110	Yüksekte çalışma sırasında düşme	İş kazası/Meslek hastalığı	20
151	Tek baralı sistemlerde OG hat fideri hücresinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	20

Çizelge 3.4.’te yer almakta olan tehlikeler yüksek risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 20 risk değerindedir ve “Kabul Edilemez Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Manevralar sırasında hatalı işlemler, bakım ve montaj sırasında yaşanan durumlar sonucu oluşan tehlikeler ile yüksekte çalışma sırasında düşme tehlikesi bu çizelgede içerisinde yer almaktadır.

Çizelge 3.5. AIS’lerde 16 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
65	Açık şalta girişlerde ark, patlama ve yanma	Yangın ve patlama yaşanması	16
71	Açık şalt YG teçhizatı işletme kontrolleri kapsamında oto trafoları, güç trafoları ve YG teçhizatı işletme kontrolleri sırasında hatalı işlemler	İş kazası oluşması	16

Çizelge 3.5.’te olan tehlikeler yüksek risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 16 risk değerindedir ve “Kabul Edilemez Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir tehlikeler. Bu çizelgede yer alan risklerden açık şalt ile ilgili 65 numaralı tehlike gaz izoleli trafo merkezlerinde yer almamaktadır. Bu nedenle özellikle sonuçlar kısmında incelenmiştir.

Çizelge 3.6. AIS’lerde 15 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
43	TM tek baralı sistemlerde OG trafo fideri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
48	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG fideri transfere alma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
58	TM OG barada servis trafosu açma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
59	TM OG barada servis trafosu kapatma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
60	TM OG barada gerilim trafosu açma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
61	TM OG barada gerilim trafosu kapatma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
69	TM açık şalt fider kilitleme sistemleri sırasında iş kazası riski	İş kazası oluşması	15

Çizelge 3.6. AIS’lerde 15 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

76	TM iki ana bara sistemlerde YG kuplaj üzerinden baraların birleştirilmesi ve bir baranın boşaltılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
84	TM iki ana bara transfer sistemlerde hat reaktör fiderinin servisten çıkarılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
113	TM tüm tesis çalışmaları enerjili sahada tevziat çalışmaları sırasında elektrik çarpması	Elektrik çarpması	15
133	TM açık şalt güç trafosu-reaktörü arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
134	TM açık şalt ölçü trafolarında demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
135	TM açık şalt parafudrlarda demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
136	TM açık şalt ayırıcılarda demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
145	TM açık şalt mesnet izolatörlerinde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
146	TM açık şalt treplerde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
149	Kapalı şaltta fider isim ve numarası, manevra şeması eksikliği	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
150	Kapalı şaltta yanlışlıkla enerjili hücreye grime	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
159	Çift bara transferli sistemlerde OG kuplaj fideri hücresinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
160	Çift bara transferli sistemlerde OG transfer fideri hücresinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15

Çizelge 3.6.'te yer alan tehlikeler yüksek risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 15 risk değerindedir ve “Kabul Edilemez Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Hatalı manevralar, bakım tutum sırasındaki tehlikeler yer almaktadır.

Çizelge 3.7. AIS’lerde 12 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
7	TM tüm çalışma alanlarında TM’nin açık şalt sahasında kanal kapaklarının kırık olması	Kırılmış kanal kapaklarına çalışanların ayaklarının girmesi	12
13	TM’de kişisel koruyucu malzemelerin temin edilememesi ve kullanılmaması	KKD eksikliği sonucu iş kazasına maruz kalma	12
18	TM’lerde tahta parçası, metal, ot batması	Batma sonucu yaralanma ve tetanos tehlikesi	12
27	TM kumanda-role-elektronik odasında AC ve DC panolardan kaynaklı riskler	AC ve DC pano kaynaklı risklere maruz kalma	12
30	TM’lerde akü odasında yangın, parlama ve patlama	Yangın ve patlama oluşması	12
47	TM tek bara ve kublaj sistemlerinde OG trafo fideri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
49	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG trafo fiderinin normal işletme şartlarına getirilmesi manevra sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
63	TM kapalı şalt temizlik sırasında yanlış veya hatalı hareketler	İş kazası oluşması	12
64	TM kapalı şalt OG metal clad hücrelerde manevra sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
67	TM açık şalt sahasında düşme, çarpma, takılma, kayma	İş kazası oluşması	12

Çizelge 3.7. AIS’lerde 12 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

68	TM açık şalt sahasında fider, bara, kesici, ayırıcı, faz isimleri, numaraların eksikliği	İş kazası oluşması	12
70	TM açık şalt açma manevrası öncesi yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
73	TM iki ana bara sistemlerde YG hat fideri kapatma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
74	TM iki ana bara sistemlerde YG kuplaj üzerinden baraların birleştirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
75	TM iki ana bara sistemlerde YG kuplaj üzerinden birleştirilen baraları ayrılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
77	TM iki ana bara sistemlerde bir YG fiderin bir bardan diğerine aktarılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
78	TM iki ana bara transfer sistemlerde YG hat fideri açma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
103	TM’lerinde bulunan AC panolarda kaçak akım rölesi eksikliği	Yangın, patlama	12
104	TM akü odasının elektrik tesisatının exproof olmaması	Yangın, patlama/ İş Kazası	12
117	Tüm çalışma alanlarında eğitim eksikliği	İş Kazası/Meslek hastalığı	12
121	Tüm çalışma alanlarında iş güvenliği malzemelerinin ve tehlike uyarı levhalarının temin edilmemesi ve kullanılmaması	İş Kazası/Meslek hastalığı	12
130	TM açık şaltta teçhizatın durumu	İş Kazası/Meslek hastalığı	12

Çizelge 3.7. AIS’lerde 12 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

152	TM tek baralı sistemlerde OG bara giriş fideri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım iş kazası/meslek hastalığı çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	12
175	Atölye, trafo merkezi ve ambarlarda elle malzeme taşıma işlerinde iş kazası	İş Kazası/Meslek hastalığı	12

Çizelge 3.7.’de yer alan tehlikeler orta risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 12 risk değerindedir ve “Dikkate Değer Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Tehlikeler risk değerlendirmenin içerisinde gittikçe azalmış tehlikeler olarak değerlendirilebilmektedir. Muhtemelen orta hasar verecek iş kazalarının oluşmasına neden olabilecek tehlikeler bu bölümde yer almaktadır. Açık ortamda yer alan hava izoleli trafo merkezlerinin açık alanda olmaları nedeniyle değerlendirilen tahta parçası, metal ve ot batması sonucu tetanos tehlikesi (18) yine risk değerlendirmede bu çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 3.8. AIS’lerde 10 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
20	TM’lerine Terör ve sabotaj	TM ve çalışanlarının zarar görmesi	10
22	TM’nin hatalı tesisi ya da bakımsızlığı	TM’nin yetersizliği sonucu çalışanlarının ve TM’nin zarar görmesi	10
35	TM Kapalı şalt koridorlarında düşme, takılma, çarpma, kayma	İş kazası oluşması	10
44	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG hat fideri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	10
46	Tek baralı kuplaj sistemlerde OG trafo fideri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	10

Çizelge 3.8. AIS’lerde 10 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

66	TM açık şalt sahası zemini	İş kazası oluşması	10
88	TM tüm tesis çalışmalarında trafik kazası	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
109	TM’lerde inşaat ve montaj sırasında yüksekte malzeme düşmesi	İş kazası ve meslek hastalığı oluşması	10
111	TM tüm tesis çalışmalarında inşaat sahası çalışmaları sırasında	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
112	TM tüm tesis çalışmalarında yüksekte çalışma, yüksekte malzeme düşmesi, monte edilen teçhizatın hasarlanması	İş kazası/Meslek hastalığı	10
116	Diğer tesislerde harici işler	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
127	Tüm çalışma alanlarında iş makina kazası	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
128	TM açık şalt girişlerinde ark, patlama ve yanma	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
129	TM açık şaltta şalt sahası zemininden kaynaklı riskler	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
131	TM açık şaltta yüksekte çalışma	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
138	TM açık şaltta şönt kapasitörlerde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
141	TM açık şaltta nötr direnci demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
154	TM tek baralı sistemlerde OG ölçü hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
155	TM tek baralı sistemlerde yardımcı servis hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10

Çizelge 3.8. AIS’lerde 10 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

161	TM çift bara transferli sistemlerde OG ölçü fiderleri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
162	TM çift bara transferli sistemlerde yardımcı servis trafosu hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
164	TM metal clad, hücre binaları, kablo katında demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
169	TM akü odası elektrolit (asit) ile temas, asit buharı patlaması	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
178	Basınçlı kaplarla çalışmada	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
179	Üçüncü şahıs tesislerinde harici işlerde	İş Kazası/Meslek hastalığı	10

Çizelge 3.8.’de yer alan tehlikeler orta risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 10 risk değerindedir ve “Dikkate Değer Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Terör ve sabotaj riski, arıza ve bakım-tutum çalışmaları, basınçlı kaplar bu çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 3.9. AIS’lerde 9 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
6	TM’nin açık alanında yanıcı ve kuru otların bulunması	Açık alanda kuru otlar nedeniyle yangın oluşması	9
12	TM’lerde jeneratörün çalışmaması	Aydınlatma sisteminin çalışmaması	9
26	TM’lerde kanal kapakları	Kanal kapaklarından kaynaklanan tehlikelere maruz kalma	9
28	TM kumanda odasında düşme, çarpma, takılma, kayma	Kumanda odasında iş kazasına maruz kalma	9

Çizelge 3.9. AIS’lerde 9 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

29	TM akü odasında elektrolit ve asit buharı	Asit buharına maruz kalma	9
95	TM tüm tesis çalışmalarında el aletleri kazaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	9
106	Otomatik yangın söndürme sisteminin olmaması	Yangına zamanında müdahale edilmemesi	9

Çizelge 3.9.’de yer alan tehlikeler orta risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 9 risk değerindedir ve “Dikkate Değer Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Çizelgede yanıcı ot, kanal kapakları kayma, düşme, el aleti kullanımı ve yangın söndürme sistemi yetersizliği gibi tehlikelerdir.

Çizelge 3.10. AIS’lerde 8 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
4	TM kumanda odasının tabanında yıpranma	Yıpranma sonucu tabanda kalkma	8
8	TM’lerin kapalı şaltların altında su sızıntısı sonucu su birikmesi	Su basması sonucu binaya ve ekipmana zarar vermesi	8
9	TM’lerde dışa açılan kapılarda panik bar olmaması	Personelin dışarıya çıkamaması	8
14	TM’lerde İSG malzemelerinin ve tehlike uyarı levhalarının temin edilememesi ve kullanılmaması	Çalışanların ve diğer kişilerin sahadaki tehlike ve riskleri fark edememesi	8
16	TM’lerde Uygun olmayan aydınlatma	Yetersiz aydınlatma sonucu iş kazasına maruz kalma	8
31	TM akü odasının taban ve duvarlarında asit birikmesi	Asit birikmesi nedeniyle yangın çıkması	8
32	TM akü odalarının elektrik tesisatının exproof olmaması	Asit buharı nedeniyle yangın ve patlama oluşması	8

Çizelge 3.10. AIS’lerde 8 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

85	TM iki ana bara transfer sitemlerde hat reaktör fiderinin servise alınması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	8
87	TM tüm tesis çalışmalarında iletişim ve koordinasyon eksikliği	İş kazası/Meslek Hastalığı	8
118	TM tüm çalışmalarında iletişim ve koordinasyon eksikliği	İş kazası/Meslek Hastalığı	8
125	TM tüm çalışmalarında el aleti kazaları	İş kazası/Meslek Hastalığı	8
126	TM tüm çalışmalarında çalışma alanına elle malzeme ve ekipman taşınması	İş kazası/Meslek Hastalığı	8

Çizelge 3.10.’da yer alan tehlikeler orta risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 8 risk değerindedir ve “Dikkate Değer Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Akü odaları yapıları ve tesisatı, hatalı işlemler, koordinasyon eksikliği elle malzeme taşınması gibi tehlikeler bulunmaktadır.

Çizelge 3.11. AIS’lerde 6 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
1	TM’de eğitim eksikliği	Çalışanların yaptıkları iş bilmediklerinde yaşayacakları iş kazası	6
2	TM’ne yetkisiz şahısların giriş ve çıkışı	TM içinde kazaya maruz kalma ya da kazaya neden olma	6
3	TM’lerde iletişim ve koordinasyon eksikliği	Çalışan, işveren- işveren vekili, yönetim arasındaki iletişim eksikliği sonucu bilgi eksikliği	6
5	TM ve acil çıkış kapılarında yönlendirme levhalarının yıpranması	Çalışanların yangın ve deprem anında dışarı çıkamaması	6

Çizelge 3.11. AIS’lerde 6 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

23	TM’lerde yangın söndürme araç ve sistemlerinin bakımsızlığı ve kullanım hataları	TM’de yangın	6
25	TM’lerde vardiya devir tesliminde eksik bilgi iletme	Bilgi eksikliği sonucu iş kazası	6
33	TM Bakım odasında el aletlerinin kullanımı	Bakım odasında el aleti kaynaklı tehlikelere maruz kalma	6
86	TM tüm tesis çalışmalarında eğitim eksikliği	İş Kazası / Meslek Hastalığı	6
96	TM tüm tesis çalışmalarında çalışma alanında elle malzeme ve ekipman taşınması	İş Kazası / Meslek Hastalığı	6
101	TM tüm tesis çalışma alanlarında giriş ve çıkış kapılarında panik bar yetersizliği	Panik durumunda dışarı çıkamama /iş kazası	6
107	TM kumanda odasında ilkyardım çantası olmaması veya malzeme yetersizliği	Yaralı ve hastaya müdahale edilmemesi	6
132	TM açık şaltta trafo-reaktör yağ tasfiyesi	İş Kazası/Meslek hastalığı	6

Çizelge 3.11.’de yer alan tehlikeler düşük risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 6 risk değerindedir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Eğitim eksikliği ve iletişim eksikliği, eksik bilgi paylaşımı eksik levha ve ilk yardım çantası gibi organizasyon kaynaklı tehlikeler bu alanda yer almaktadır.

Çizelge 3.12. AIS’lerde 5 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
10	TM’lerde trafik kazası	Trafik kazasına maruz kalma	5
11	TM’de trafik kazası	İş makinalarıyla çalışırken kazaya maruz kalma	5
39	TM OG açma manevrası esnasında kesicinin uzaktan kumanda edilememesi	İş kazası oluşması	5
94	TM tüm tesis çalışmalarında terör ve sabotaj	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
97	TM tüm tesis çalışmalarında iş makinası kazası	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	5
98	TM tüm tesis çalışmalarında heyelan	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	5
99	TM tüm tesis çalışmalarında temel çukurlarında toprak çökmesi	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	5
100	TM tüm tesis çalışmalarında temel çukurlarına düşme	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	5
108	TM tevsiat temel topraklama çalışmasında elektrik enerjisine maruz kalma	Elektrik enerjisine maruz kalma	5
114	TM Güç trafosu reaktör nakli sırasında trafo yükleme-indirme ve platform üzerinden çekilmesi	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
115	Geçici kabul hazırlık (2T kontrolü) ve yeni tesis enerjilenmesi sırasında yüksekte çalışma, portal ve teçhizat üzerine çıkma-inme, yüksekte malzeme düşmesi, elektrik enerjisine maruz kalma ve patlama	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
118	Tüm çalışma alanlarında iletişim ve koordinasyon eksikliği	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
119	Tüm çalışma alanlarında trafik kazası	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5

Çizelge 3.12. AIS’lerde 5 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

123	Tüm çalışma alanlarında sürünge, kemirgen ve böcek	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
124	Tüm çalışma alanlarında terör ve sabotaj	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
139	Trafo merkezi açık şalt seri kapasitörlerde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
140	Trafo merkezi açık şalt seri kapasitörler demontaj / montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
142	TM açık şalt baralarda demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
143	TM kompresör sistemlerinde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
144	TM topraklama sisteminde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
153	TM tek baralı sistemlerde şönt kapasitör fideri hücresinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
156	TM tek baralı sistemlerde bara bölümleyici hücresinde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
163	TM çift bara transferli sistemlerde Şönt kapasitör fideri hücresinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
165	TM metal clad, hücre binaları, metal clad katında demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
166	TM metal clad hücre binaları, metal clad hücreler kablo bölümünde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
167	TM metal clad hücre binaları, metal clad hücreler kesici bölümünde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5

Çizelge 3.12. AIS’lerde 5 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

168	TM metal clad hücre binaları, metal clad hücreler bara bölümünde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
170	TM DC dağıtım panosunda demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
171	TM AC dağıtım panosunda demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
172	Atölye ve trafo merkezinde kaynak işlerinde elektrik çarpması, yangın	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
173	Atölye ve trafo merkezinde torna/tesfiye işlerinde elektrige çarpılma, makinalarla çalışma	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
174	Atölye ve trafo merkezinde kimyasallarla çalışma işlerinde zararlı kimyasallar	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
176	Atölye, trafo merkezleri ve ambarlarda uygun olmayan KKD ve iş güvenliği malzemeleri kullanımı	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
177	Atölye, trafo merkezleri ve ambarlarda iş ekipmanları ve donanımlarının görevlerini yerine getirmemesi	İş Kazası/Meslek hastalığı	5

Çizelge 3.12.’de yer alan tehlikeler düşük risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 5 risk değerindedir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Açık alanda düşük olasılıklı tehlikeler, arıza bakım-tutum sırasında tehlikeler ve ekipman, KKD kullanımı gibi tehlikelere bu çizelgenin içinde yer almaktadır. Ayrıca bakım çalışmaları sırasında nadiren karşılaşılan tehlikeler de bu çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 3.13. AIS’lerde 4 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
21	TM’lerde el aletlerinin kullanımı	El aletlerinin tehlikelerine maruz kalma	4

Çizelge 3.13. AIS’lerde 4 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

91	TM tüm tesis çalışmalarında yırtıcı hayvanla karşılaşma	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	4
147	TM açık şalt Aydınlatma sisteminde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	4
148	TM Kapalı şaltın fiziksel durumu	İş Kazası/Meslek hastalığı	4

Çizelge 3.13.’te yer alan tehlikeler düşük risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 4 risk değerindedir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Aynı zamanda meydana geldiğinde de düşük hasar yaratacak risklerdendir. Trafo merkezinin kırsalda yerleşimi, el aleti kullanımı, arıza bakım çalışmaları, şaltın fiziksel durumu gibi tehlikeler bu çizelgede de yer almaktadır.

Çizelge 3.14. AIS’lerde 3 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
19	TM’lerine yöre halkının tepkisi	Yöre halkıyla çatışılması/tartışılması	3
92	TM tüm tesis çalışmalarında sürüngen, kemirgen ve böcek	İş Kazası/Meslek hastalığı	3
93	TM tüm tesis çalışmalarında yöre halkı tepkisi	İş Kazası/Meslek hastalığı	3
102	TM’leri ve kumanda odasında aydınlatma yetersizliği	Gözlerde kamaşma, yanma /iş kazası	3
105	TM akü odasında akü odası taban ve duvarların yanmaz ve fayans olmaması/dökülmesi	Aküden asit sızması, asit yayılması, yangın ve patlama oluşması	3

Çizelge 3.14.’te yer alan tehlikeler düşük risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 3 risk değerindedir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Yöre halkının tepkisi, kemirgen böcek ısırması, aydınlatma yetersizliği gibi tehlikelere çizelgede yer almaktadır.

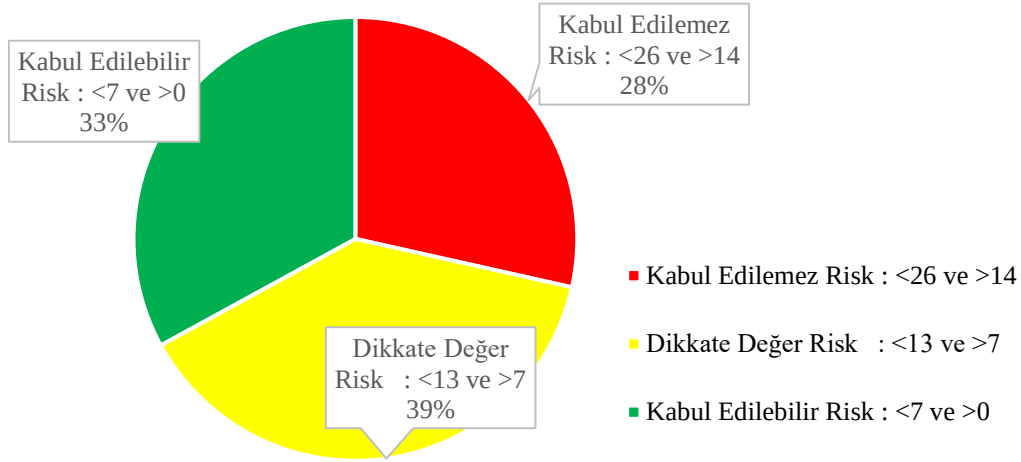
Çizelge 3.15. AIS’lerde 2 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
15	TM iklim şartları ve hava koşulları	İklim şartları ve olumsuz hava koşullarından etkilenme	2
17	TM sürüngen kemirgen ve böcek	Değişik hayvanların zararlı etkilerine maruz kalınması	2
24	TM’lerde çalışma alanına elle malzeme ve ekipman taşınması	İş kazası ve meslek hastalığı	2
90	TM tüm tesis çalışmalarında iklim şartları ve hava koşulları	İş kazası ve meslek hastalığı	2
122	Tüm tesis çalışma alanlarında iklim şartları ve hava koşulları	İş kazası ve meslek hastalığı	2

Son olarak Çizelge 3.15.’te yer yer alan tehlikeler düşük risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 2 risk değerindedir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Bu tehlikeler, olasılık ve şiddet olarak en düşük risk değerine sahip olan değerindeki tehlikelerdir. Bu son çizelge ile risk değerlendirmenin içindeki tehlikelere ve “risk değerlendirme sonuçları” listelenmiştir.

Bu çizelgelerde ile “risk değerlendirme sonuçlarına” göre 179 risk listelenmiştir. Bu riskler hava izoleli trafo merkezleri ile ilgili riskler olduğundan ve bu tehlikelerin tamamı belirlenmiş bir alan içerisinde elektrik ile ilgili değerlendirildiğinden hava izoleli trafo merkezlerinde bu tehlikeleri ortadan kaldırmak için alınan tedbirlerden bazıları, tesisat iletkenlerinin, cihaz ve donanımların yönetmeliklerde ve projede belirtilen ölçüde ve standart değerde olması, koruma elemanlarının görev yapmasının sağlanması, kullanılan teçhizat ve cihazların işletme ve bakım talimatlarında belirtilen esaslar dâhilinde kullanılması, bakımının yönetmeliklere ve talimatlara uygun yapılması, koordinasyon sağlanması ve İSG kural-yönetmeliklerine tam uyulması olarak sıralanabilir.

3.4.2. Risk düzeyleri ve dağılımı



Şekil 3.1. Hava izoleli trafo merkezinde risk değerlendirmesi dağılımı

Şekil 3.1.'de hava izoleli trafo merkezinde risk değerlendirmesine bakıldığında risk değerlerinin orta değerlerde yoğun olarak toplandığı görülmektedir. Kabul edilebilir risk değerleri 1 risk değeri ile 7 risk değeri arasında yer alan tehlikeler olup, toplam risklerin %33'ünü oluşturmaktadır. Dikkate değer riskler, 8 risk değeri ile 12 risk değeri arasındaki tehlikeler olup, toplam risklerin %39'unu oluşturmaktadır. Son olarak kabul edilemez riskler ise 16 ve 25 arasındaki riskleri içerir ve toplam riskin ise %28'ini oluşturmaktadır. Hava izoleli trafo merkezleri elektrik tehlikesi ile çalışılan tesislerdir. Bu nedenle bu tesislerin risk değerlendirmesinde düşük risk değerlerde tehlikeler az sayıda iken (%33) orta ve yüksek risk değerlerinde olan tehlikeler (%67) çoğunluktadır.



4. GAZ İZOLELİ TRAFÖ MERKEZLERİ

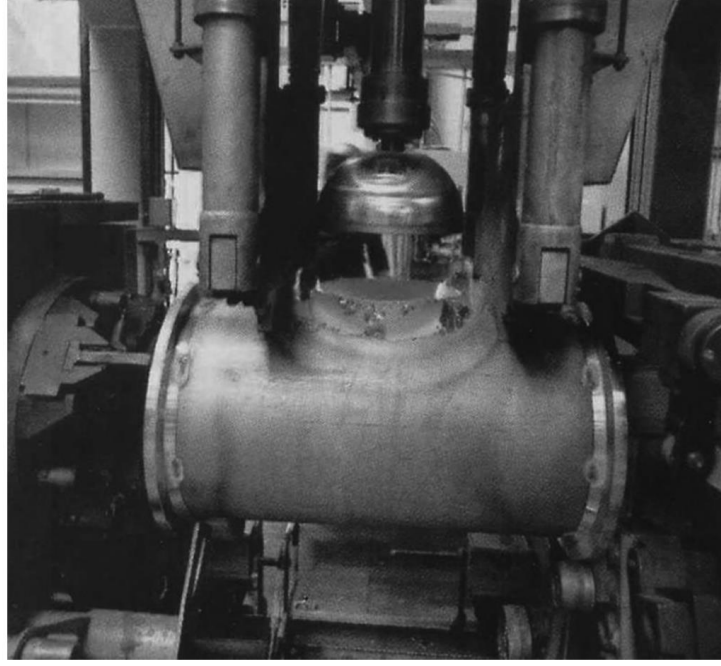
Gaz izoleli bir trafo merkezi (GIS, Gas Insulated Substation) fazdan faza ve fazdan toprağa yalıtım için dielektrik bir gaz olan kükürt hekzaflorür (SF₆) kullanmaktadır. Yüksek gerilim iletkenleri, devre kesiciler, anahtarlar, akım trafoları (CT, current transformers), gerilim trafoları (VT, voltage transformers) topraklanmış metal kapsüller içinde SF₆ gazıyla muhafaza edilmektedir. Geleneksel hava izoleli bir trafo merkezinde kullanılan atmosferik hava yalıtımının metrelerce SF₆ gazının santimetresine eşittir. Bu nedenle GIS'ler AIS'lerden on kat daha küçük olabilmektedir. Bir GIS çoğunlukla kısıtlı alan bulunan yerlerde kullanılmaktadır. Bir GIS'te aktif parçalar atmosferik havaya, neme ve kirlenmeye maruz kalmadan bozulmaya karşı korunmaktadır. Sonuç olarak GIS, AIS'ten daha güvenilirdir. Daha az bakım gerektirmektedir ve elli yıldan fazla kullanım ömrüne (AIS'ten daha fazla) sahip olmaktadır. GIS ilk olarak 1968–1972 yılları arasında farklı ülkelerde geliştirilmiştir. Beş yıllık kullanımın ardından alan kısıtlı olan ülkelere yeni trafo merkezlerinde %20 oranında GIS'ler kullanılmaya başlanmıştır. Alan sorunu olmayan ülkelere ise GIS'in AIS'e göre maliyeti daha yüksek olduğundan genellikle AIS'ler tercih edilmektedir. Örneğin ABD'de yeni trafo merkezlerinin sadece %2'si GIS'tir (Bolin, 2012, p. 22).

Yüksek voltaj seviyeleri için ilk yalıtımlı şalt tertibatları, yalıtım ortamı olarak yağ kullanılarak 1920'lerde tasarlanmıştır. Bu yağ yalıtımlı şalt tertibatları daha önce kullanılan hava püskürtme devre kesicili hava yalıtımlı şalt teçhizatından daha yüksek anahtarlama kapasitesine sahip kabul edilmiştir. Yüksek gerilim şalt sahalarında mevcut gerilimin yükselmesi ile yangın tehlikesi daha da artmıştır ve bu nedenle trafo merkezleri ve personel için önemli riskler oluşturmuştur. Yanıcı yağların yangın riskini arttırmasıyla trafo merkezlerinde personel için ciddi bir iş sağlığı güvenliği riski de ortaya çıkmıştır. Yanıcı yağ riskinin en aza indirilmesi için gazlı yalıtımlar geliştirilmiştir. Yalıtım gazı olarak freon kullanılan ilk gaz yalıtımlı metal mahfazalı şalt kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknoloji de 1930'lardan itibaren bilinmektedir. 60 kV ile 100 kV arasında voltaj seviyesine sahip SF₆ içeren GIS kurulumu ilk olarak 1960'ların başlarında kullanmaya başlamıştır. SF₆'nın modern şalt teknolojisinde kullanılmaya başlanmasıyla dünyanın ilk SF₆ yüksek voltajlı gaz yalıtımlı şalteri 1968'de piyasaya sunulmuştur. İlk kez yalıtım ve

ark söndürme ortamı olarak SF6 kullanılmıştır. 1968' de Berlin, Almanya'da Wittenau Trafo Merkezinde 110 kV anma gerilimi için kurulan ilk GIS'lerden biri Resim 4.1.'de gösterilmektedir. Daha sonra, Kanada'da şimdiye kadar elde edilen en yüksek kesme kapasitesine sahip 100 kA ile 550 kV dereceli bir SF6 şalt sistemi kurulmuştur. Bu şimdiye kadar elde edilen en yüksek kesme kapasitesidir. Sürekli araştırma geliştirmeyle gelen teknolojik yenilikler günümüzde altıncı nesil kompakt ve genel olarak optimize edilmiş anahtarlama donanımına yol açmıştır. Birinci nesil SF6 teknolojisinin GIS tasarımında muhafaza olarak çelik kullanılmıştır. O zamanlar gaz geçirmez alüminyum kalıplama işlemleri geliştirilmemiştir. Ayrıca, alüminyum döküm kalıp da mahfazanın boyutunu sınırlandırmıştır. Resim 4.2., bir çelik mahfazanın bir flanşı bağlamak için nasıl işlendiğini göstermektedir. Endüktif ısıtma kullanılarak çelik, flanş bağlantısı için mekanik olarak ısıtılmaktadır (Giegel vd., 2022, pp. 23-24).



Resim 4.1. 1968' de Berlin, Almanya'da Wittenau Trafo Merkezinde 110 kV anma gerilimi için kurulan ilk GIS

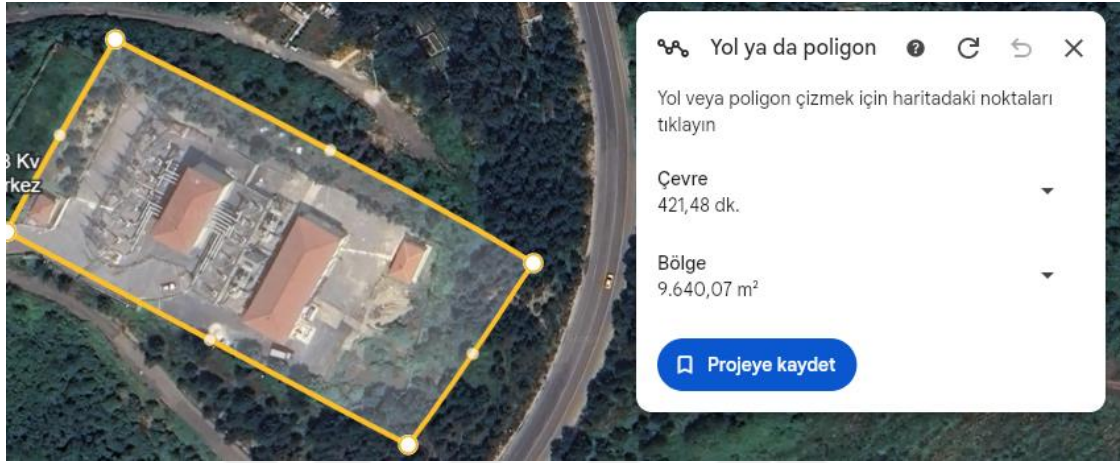


Resim 4.2. Çelik mahfaza-endüktif flanş üretimi

Birinci nesil SF6 teknolojisinin GIS tasarımında muhafaza olarak çelik kullanılmıştır. Ayrıca alüminyum kalıplama işlemleri bu dönemde geliştirilmemiştir. Çelik tasarım yüksek stablitedir. Ancak yüksek GIS ağırlığını beraberinde getirmektedir. Bu tür GIS'lerin tasarımı ve işlevselliği oldukça güvenilirdir. Çelik mahfazaların üretim süreci, çok sayıda fabrika montaj adımı ve tek parça ve elemanların üretiminden oluşmaktadır. Muhafaza, içindeki sabitleme yapıları ve herhangi bir tek parça, özelleştirilmiş bir el yapımı üretim süreci gerektirmektedir. 1980'lerde, alüminyum muhafazaların üretimi giderek artmıştır. Döküm kalıplarla yapılan muhafazaların daha yüksek işlevselliği, gereken el işçiliğini azaltmış ve üretim sürecinin otomasyonuna izin vermiştir. Çok flanşlı muhafazalar, büyük makine istasyonlarında üretilmektedir ve süreç tamamen otomatiktir. Alüminyum muhafazaların GIS tasarımı, ekipmanın boyutu ve görsel görünümü üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Nispeten küçük modül muhafazaları, ayırıcı ve toprak anahtarı, gerilim ve akım trafoları ve devre kesici gibi ayrı işlevler için yapılmıştır. Bu tasarımdaki bara muhafazası üç fazlı yalıtımlıdır. Ek olarak, GIS' in bu kompakt tasarımı bölme kontrol sistemi, SF6 gaz ölçümü ve devre kesici çalıştırma sürücüsü için entegre kontrol kabinine izin vermektedir. Alüminyum döküm teknolojisindeki gelişmeler, muhafaza boyutlarının küçültülmesine yol açmıştır ve bu, üç fazlı tasarıma izin vermiştir. Bu tasarımın avantajları, malzemenin azaltılması ve daha küçük bir genel şalt boyutudur. Daha yüksek voltaj seviyelerinde, alüminyum döküm

muhafazalar, ekipmanın büyük boyutundan dolayı hala tek fazlı kapsüllenmiştir (Giegel vd., 2022, p. 25).

Resim 4.3.'te İstanbul'da bulunan gaz izoleli trafo merkezi (10.000 metre kare) görülmektedir. Boyutlarının hava izoleli TM ile karşılaştırıldığında (300.000 metre kare) yaklaşık 30 kat daha küçük yapıya sahip olduğu görülmektedir.



Resim 4.3. Gaz izoleli trafo merkezi İstanbul örneği

4.1. Gaz İzoleli Trafo Merkezleri Standartları ve Ekipmanları

Gaz izoleli trafo merkezleri bazı uluslararası düzenlemelere göre kurulmaktadır. GIS ekipmanları da bu tür uluslararası düzenlemelerde tanımlanmaktadır. Bazı temel amaç farklılıkları nedeniyle bu uluslararası düzenlemelerde farklı tanımlamalara rastlanabilmektedir. Bunlardan kısaca bahsetmek gerekmektedir. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinde geçen kavramların birbirinden farklı olabileceğini belirtmek için bu kısım gereklidir.

IEEE C37.122'de GIS şu şekilde tanımlanmaktadır:

“Gaz yalıtımlı anahtarlama tertibatı (GIS, Gas-insulated switchgear): Birincil yalıtım ortamı gaz (SF₆) olan ve normalde hat (bus), anahtarları, devre kesicileri ve diğer ilgili ekipmanı içeren topraklanmış bir metalik mahfaza içine alınmış kompakt, çok bileşenli bir anahtarlama tertibatı grubudur. Ayrıca yaygın olarak gaz yalıtımlı anahtarlama donanımı olarak da bilinmektedir.

Gaz izoleli şalt koruması (Gas insulated switchgear enclosure): Gaz izoleli metal korumalı şalt teçhizatının topraklanmış bir kısmıdır. Gerekli izolasyon seviyesini

korumak için gerekli koşullar altında izolasyon gazını tutmaktadır. Ekipmanı dış etkilere karşı koruyan ve yüksek derecede koruma sağlayan topraklanmış bir bölümdür.

Bölme (Compartment): Gaz izolasyonunun yalıtımını sağlayan, ara bağlantı için gerekli açıklıklar dışında kalan, kapalı bir gaz yalıtımlı şalt panosu bölümüdür. Bir bölmenin içindeki ana bileşenler bölmenin isimlendirilmesini sağlamaktadır. Örneğin; devre kesici bölme, bağlantı kesme anahtarı bölmesi, bara bölmesi gibi.”

Ayırıcı (Partittion): Bir ayırıcı bir bölmeyi diğer bölmelerden ayıran düzeneğin parçasıdır. İletken için gaz izolasyonu ve destek sağlamaktadır. Gaz bariyer izolatörü gibi.

Güç kinematik zinciri (Power kinematic chain): Çalışma mekanizmasından hareketli kontaklara kadar mekanik bağlantı sisteminin tamamıdır.”

IEC 62271–203' te GIS şu şekilde tanımlanmaktadır:

“Metal mahfazalı şalt ve kontrol tertibatı (Metal enclosed switchgear and control gear): Topraklanması amaçlanan harici bir metal mahfazaya sahip şalt ve kumanda tertibatı tertibatlarıdır. Harici bağlantılar hariç kabul edilmektedir.

Gaz izoleli metal mahfazalı şalt (Gas insulated metal enclosed switchgear): Yalıtımın kısmen atmosferik basınçta, havadan başka bir yalıtkan gazla sağlandığı metal mahfazalı şalterdir.

Gaz yalıtımlı şalt mahfazası (Gas insulated switchgear enclosure): Önceden belirlenmiş koşullar altında yalıtım gazını tutan sistemin bir parçasıdır. En yüksek yalıtım seviyesini güvenli bir şekilde sürdürmek için gerekli olan, ekipmanı dış etkilere karşı koruyan ve personele yüksek derecede koruma sağlayan gaz yalıtımlı metal korumalı şalt sisteminde yer almaktadır.

Bölme (Compartment): Ara bağlantı ve kontrol için gerekli açıklıklar dışında tamamen kapalı, gaz yalıtımlı metal korumalı şalt sisteminin bir parçasıdır.

Destek izolatörü (Support Insulator): Bir veya daha fazla iletkeni destekleyen dâhili izolatördür.

Ayırıcı (Partititon): Bir bölmeyi diğer bölmelerden ayıran gaz yalıtımlı metal korumalı şalt sisteminin destek yalıtkanıdır.”

4.2. Gaz İzoleli Trafo Merkezleri Tasarımı

Yüksek akım ve orta akım GIS'lerin tasarım temelleri AIS'lerle birçok konuda benzerdir. GIS'lerin temel tasarım farkı SF6 gazı ve trafo merkezlerinde kullanılan diğer basınçlandırılmış gazlardır. Basınçlandırılmış SF6 gazı AIS trafo merkezlerinde bulunan mesafelerin GIS'lerde daha küçük olmasını sağlamaktadır. GIS'lerde SF6 gazı üretilen ya da taşınan akım yüzünden oluşan ısınmayı transfer etmektedir. Standart bir gereklilik olarak GIS dış sıcaklığı, dokunma korumalı 60 °C veya 70 °C'lık güvenli dokunma sıcaklığı ile sınırlıdır. İletken ile mahfaza arasındaki sıcaklık farkı yaklaşık 25 veya 35 °C'dir. Gerektiğinde, dış mekân kurulumlarında dolaşım akımları veya güneş ışıınımı nedeniyle mahfazanın ısınması da dahil olmak üzere sıcaklığı belirlemek için teorik ve ampirik olarak elde edilen hesaplamalar kullanılmaktadır. İlk nesil yüksek gerilim GIS kurulumlarında tek bir büyük gaz bölmesinde birden fazla eleman kullanılmıştır. Ancak herhangi bir ekipmanın arızalanması durumunda önemli miktarda zaman ve çaba gerekmektedir. Bu nedenle, üzerinde çalışılacak elemana ulaşmak için bazen bitişik elemanlar kaldırılmaktadır (Nuvev, 2022, p. 54).

Kötü toprak koşulları, yüksek hava kirliliği, yüksek sismik veya yüksek fırtına dalgası gibi zorlu koşullara sahip alanlar, olası bir trafo merkezi sahasının doğal ortamı tarafından oluşturulan olası faktörlerdir. Bununla birlikte, yerel topluluğa estetik, izin sorunları ve/veya kentsel alan etkileri gibi çevreyle ilgili diğer niteliksel faktörler, en uygun trafo merkezi çözümünü etkileyebilmektedir (Koch vd., 2014, p. 70).

4.3. Gaz İzoleli Trafo Merkezleri ile İlgili Düzenlemeler

GIS'ler ile ilgili genel uluslararası düzenlemeler aşağıdaki Çizelge 4.1.'de yer almaktadır (Koch & Brunke, 2022, p. 12).

Çizelge 4.1. Gaz izoleli trafo merkezleriyle ilgili uluslararası düzenlemeler

Düzenleme No	Düzenleme İsmi
IEEE C37.122	IEEE Gaz İzoleli Standartlar (Standard for Gas-Insulated Substations)

Çizelge 4.1. Gaz izoleli trafo merkezleriyle ilgili uluslararası düzenlemeler (devamı)

IEEE C37.123	IEEE Gaz İzoleli Düzenlemeler için Kılavuz, Elektrik Güç Trafo Ekipmanı (Guide to Specifications for Gas-Insulated, Electric Power Substation Equipment)
IEEE C37.122.1-2014	IEEE 52 kV üzeri Gaz İzoleli Trafo Merkezlerinin Değerlendirilmesi (Guide for Gas-Insulated Substations Rated Above 52 kV)
IEEE C37.24	Dış Mekân Metal Mahfazalı Şalt Panosu Üzerinde Güneş Radyasyonunun Etkisinin Değerlendirilmesi (Evaluating the Effect of Solar Radiation on Outdoor Metal-Enclosed Switchgear)
IEC 62271-203	52 kV üzerinde Ölçülen Gerilimler için Gaz İzoleli Metal Mahfazalı Şalt Odası (Gas-Insulated Metal-Enclosed Switchgear for Rated Voltages above 52 kV)
IEC 62271-1	Yüksek Gerilim şalt ve kontrol tertibatı Bölüm 1: Alternatif akım şalt ve kontrol tertibatı için ortak şartname (High-Voltage switchgear and controlgear Part 1: Common specification for alternating current switchgear and controlgear)
IEC TS 62271-5 ED1	Yüksek gerilim şalt ve kontrol tertibatı – Bölüm 5: Doğru akım şalt teçhizatı için ortak özellikler (High-voltage switchgear and controlgear – Part 5: Common specifications for direct current switchgear)
CIGRE Brochure 125	72,5 kV ve Üzeri ölçülen Gerilimler için Gaz İzoleli Hücre (GIS) Uygulaması Kullanım Kılavuzu (User Guide for the Application of Gas-Insulated Switchgear (GIS) for Rated Voltages of 72.5 kV and Above)

SF6 gazı ile ilgili uluslararası düzenlemeler ise (Koch & Brunke, 2022, p. 13);

- ASTM D2472-00: Sülfür Heksaflürid için Standart Şartname (Standard Specification for Sulfur Hexafluoride)
- IEC 62271-4 ED2: Yüksek gerilim şalt ve kontrol donanımı – Bölüm 4: Kesinti ve yalıtım için gazlar ve gaz karışımları için taşıma prosedürleri (High-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Handling procedures for gases and gas mixtures for interruption and insulation)
- IEC 60376: Elektrikli Ekipmanlarda Kullanım için Teknik Sınıf Sülfür Hekzaflorür (SF6) Şartnamesi (Specification of Technical Grade Sulfur Hexafluoride (SF6) for Use in Electrical Equipment)
- IEC 60480: Elektrikli Ekipmandan Alınan Sülfür Hekzaflorürün (SF6) Kontrol Edilmesi ve İşlenmesi ve Yeniden Kullanım Şartnamesine İlişkin Yönergeler (Guidelines for the Checking and Treatment of Sulfur Hexafluoride (SF6) Taken from Electrical Equipment and Specification for its Re-use)

4.4. Gaz İzoleli Trafo Merkezlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları

Gaz izoleli trafo merkezleri günümüzde daha fazla tercih edilir hale gelerek artmaktadır. GIS'ler daha çok; akıllı şehirler ve metropollerde, yer altı istasyonlarında, açık denizlerde ve tepelik alanlarda ve vadilerde kurulmaktadır (Talukdar & Bharadwaj, 2016, p. 11).

4.4.1. Elektrik ve manyetik alan ölçümleri

Gaz izoleli trafo merkezlerinde elektrik kablolarının elektrik ve manyetik alanı proje maliyeti üzerinde ve alınacak iş sağlığı güvenliği tedbirlerinde önemli bir etkiye sahiptir. Elektrik alanları GIS mahfazası ile korunabilmektedir. Güç frekansının manyetik alanları GIS mahfazasındaki ters akımlarla telafi edilebilmektedir. Çelik plaklar gibi manyetik malzemelerle ilave koruma sağlamak da mümkündür. İlave koruma çoğu zaman oldukça maliyetlidir. GIS' in dış manyetik alan gücü, mahfazadaki indüklenen ters akım nedeniyle genellikle düşüktür. Bir GIS kullanımdayken güç frekansı voltajının elektrik alanı, GIS'in sağlam topraklama sistemi tarafından korunmaktadır. Anahtarlama işlemlerinden kaynaklanan geçici gerilimler durumunda, yüksek frekanslı geçici gerilimler, yüksek elektrik alanı yoğunluğunu önlemek için düşük empedanslı bir toprak bağlantısına ihtiyaç duymaktadır. Bu düşük empedanslı topraklama genellikle GIS' in altındaki topraklama ızgarasına birden fazla paralel toprak bağlantısıyla yapılmaktadır. GIS veya XLPE kablo sistemi üzerinden kısa devre akımı olması durumunda, nominal kısa devre akımlarını

(örneğin 50 kA veya 63 kA) ve anlık tepe akımını idare etmek için toprak bağlantılarının daha yüksek tasarlanması gerekmektedir. Sağlanan değer nominal kısa devre akımının 2,6-2,7 katı olabilmektedir. GIS veya XLPE kablusunun çevresini sık güçlü manyetik alanlardan korumak için, iletkenin manyetik alanını GIS' in dış mahfaza borusunun indüklenen ters akımıyla veya XLPE kablusunun izlenmesiyle telafi etmek gerekmektedir. İndüklenen ters akım ne kadar yüksek olursa, GIS veya XLPE kablusunun etrafında kalan manyetik alan o kadar düşük olacaktır. GIS'lerde tipik ters akım iletkenindeki akımın %90-95'i aralığındadır. Kısa devre akım değerleri durumunda, ters akımın kesitinin, yüksek kısa devre akım değeri nedeniyle sıcaklık artışını sınırlayacak kadar yüksek olması gerekmektedir. GIS'lerde mahfaza borusunun kesiti tipik tasarım gereği yeterince büyüktür (mahfaza duvar kalınlığına bağlı olarak kesitler 12.000-20.000 mm²'dir). XLPE kablolarda aşırı ısınmayı önlemek için kısa devre akımlarının sınırlandırılması gerekebilmektedir. Kablo blendajı için daha düşük akım değerleri olması durumunda, kablo blendajındaki ters akımın düşük olması nedeniyle kabloyu çevreleyen kalan aktif manyetik alan daha yüksektir (Koch vd., 2022, p. 110).

Günümüzde, çalışanların ortaya çıkan risklere maruz kalmasıyla ilgili asgari sağlık ve güvenlik gerekliliklerine ilişkin Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi 2013/35/EU'ya uymak için elektrik ve manyetik alanlara olası mesleki maruziyetin analiz edilebilmesi önemlidir. 50 Hz frekansında manyetik alanlar için eylem seviyeleri (AL'ler, çalışanlar) şu şekildedir: düşük AL'ler, 1000 mT (rms); uzuvların lokalize bir manyetik alana ve elektrik alanlarına maruz kalması için yüksek AL'ler (Action Levels-Aksiyon seviyeleri), 6000 mT (rms) ve AL'ler, 18 mT (rms): düşük AL'ler 10 kV m21 (rms) ve yüksek AL'ler 20 kV m21 (rms). Ayrıca, Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP), elektromanyetik alanlar (EMF'ler) (1 Hz–100 kHz) için maruz kalma kılavuzları yayınlamıştır. Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü de emniyet standartlarını yayınlamıştır (Korpinen & Paakkönen, 2015, p. 7).

4.4.2. Çevresel etki

Son yıllarda önemli bir konu haline gelen çevre bilinci birçok tesisin baskı altında kalmasına neden olmaktadır. Mineral yağ/epoksi döküm reçineleri en zararlı toprak kirleticilerden biridir. Bu malzeme dağıtım/güç transformatörlerinde iyi bir yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır, ancak düşük ateşleme noktası, ek yalıtım maliyetleri, söndürme aparatı gereksinimi, uzun açıklık mesafesi, toksisite, maliyetli dekontaminasyon ve patlama gibi bazı dezavantajlar da sunmaktadırlar. Bu nedenle günümüzde gaz yalıtımlı transformatörler spesifikasyonlara dâhil olmaktadır. SF6 GIS'ler, yanmaz izolasyona ve patlamaya dayanıklı tasarıma sahip olduğundan, SF6'nın özellikleri nedeniyle daha güvenilir çalışma koşulları sunmaktadır. Bu nedenle önerilen transformatör tasarımı çoğunlukla denizaltılar, madenler ve nükleer santraller gibi güvenlik riski taşıyan ortamlara uygundur. Bu avantajların yanı sıra, yeni SF6 GIS tasarımı kompakt bir tasarıma sahiptir ve yağlı tip veya epoksi döküm reçine tipinden daha hafiftir (Özgönenel & Thomas, 2017, p. 6).

Birleşmiş Milletler Kyoto ve Paris anlaşmaları gibi uluslararası toplumun büyük bir kısmı tarafından imzalanan çevresel düzenleme ve protokoller, Elektrik Dağıtım Sistemi Operatörlerinin (DSO'lar) ve İletim Sistemi Operatörlerinin (TSO'lar) emisyonların azaltılmasına katkıda bulunmalarına yol açmıştır. Kükürt hekzaflorür (SF6), aynı koşullar altında havanın dielektrik dayanımının yaklaşık 2,5 katı olan olağanüstü dielektrik özelliklere sahiptir. SF6, düşük ayrışma sıcaklığına ve yüksek ayrışma enerjisine sahiptir, bu da onu mükemmel bir ark söndürme gazı yapmaktadır. Bu özellikler, şalt cihazı üreticilerinin ekipmanlarını tasarlamak için bu gazı kullanmasını sağlamıştır. Ancak AB yönetmeliklerine göre SF6'nın küresel ısınma potansiyeli (GWP), karbondioksitten (CO2) 22.800 kat daha fazladır ve atmosferde 3.200 yıllık bir ömrü bulunmaktadır. Bu çevresel etkinin bilincinde olan Avrupa Birliği (AB), 2030 yılına kadar emisyonlarını 2014 seviyelerine göre üçte iki oranında azaltmak için SF6'yı da içeren florlu sera gazları düzenlemesini gözden geçirmektedir. AB'nin çabaları, iklim açısından nötr olmayı hedeflemektedir. 2050, bu nedenle Avrupa Elektrik İletim Sistemi Operatörleri Ağı (ENTSO-E), mevcut filo ve yeni ekipman için yıllık SF6 emisyonlarını 2019 yılında kurulu varlıkların %0,5'inin altına düşürmeyi taahhüt etmeye isteklidir; bu da çok düşük bir orandır. 2050 yılına kadar GWP veya SF6'nın hiç kullanılmaması anlamına gelmektedir (Aranda vd., 2022, p. 3).

Çevrenin korunması; işletme emniyeti, bakım gereksinimleri, yangın riskleri ile birlikte güç ve dağıtım trafo merkezlerinin tasarım aşamasından montaj sürecine ve hatta operasyona kadar takip edilmesi gereken en önemli kavramlardan birisidir. Küçük boyutlu trafo merkezleri ekonomik ve teknik nedenlerden dolayı tüketici noktalarına çok yakın konumlandırıldıkları için çevrenin korunması özellikle daha önemlidir. Günümüz şartlarında artan güç talebini karşılamak için yağlı izolasyonlu ve/veya kuru tip transformatörler çoğunlukla nominal güçlerinde çalışmakta ve genellikle toplam ihtiyacı karşılayabilecek kapasitede olmamaktadır. Ayrıca bu transformatörlerin ağır yüklemeleri nedeniyle iç sıcaklığı artmakta, yağın ve iç yalıtım malzemelerinin erken yaşlanmasına neden olmaktadır. Bunları sürekli olarak tam kapasitede kullanmak yüksek emniyet risklerini beraberinde getirmektedir (Özgönel & Thomas, 2017, p. 12).

4.4.3. Bakım

Bakım, bir cihazın kullanım ömrü boyunca gerçekleştirilen ve amacı, cihazın işlevlerini yerine getirebilecek duruma getirilmesini sağlamak veya tekrar bu duruma geri getirmek olan teknik, idari ve yönetsel eylemlerin birleşimidir. Bu nedenle bu, her cihazın normal çalışması için ihtiyaç duyduğu olağan bir süreçtir. İletim trafo merkezlerinde (Transformation System, TS) bakım, elektrik güç sisteminin (Electrical Power System, EPS) güvenli ve güvenilir çalışması için çok önemlidir. Bakım terminolojisi iki tür bakımı kapsamaktadır. Bunlar; önleyici ve düzeltici bakımdır. Elektrik iletim cihazları alanında önleyici bakım hâlâ geçerlidir. Bu bakım türü zamana dayalı bakım olabileceği gibi cihazların durumuyla ilgili, duruma dayalı bakım (Condition Based Maintenance, CBM) da olabilmektedir (Kitak vd., 2021, pp. 2-4).

Gaz izoleli trafo merkezlerinin bakım çalışmaları iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarında önemli bir husustur. Bu noktada yaşanan deneyimlere göre GIS'lerin iç parçalarının metal mahfaza içerisinde iyi korunduğu ve bu nedenle eskimediği bilinmektedir. Yağlayıcılar nedeniyle anahtar kontaklarında ihmal edilebilir bir aşınma olduğu gözlemlenmiştir. Devre kesici ark kontakları ve kesicinin teflon nozulu, işlem sayısı ve arıza akımlarının seviyesi ile orantılı olarak aşınmaktadır. Problem yaşanmayan zamanlarda kontaklar ve meme malzemeleri modern devre kesicilerin kısa kesme süresi sayesinde, herhangi bir incelme ya da değiştirme ihtiyacı olmadan binlerce yük akımı kesme işlemi ve onlarca nominal arıza akımı kesintisini sorunsuz sağlamaktadır. Pompalı depolama tesisleri gibi örneklerdeki devre kesiciler dışında çoğu devre kesici iç denetim gerektirecek kadar

kullanılmamaktadır. Çoğu GIS'in bu nedenle bakım için açılmasına gerek duyulmamaktadır. Dış işletim mekanizmaları ve gaz izleme sistemleri (deneyimle belirlenen bir sıklıkla) görsel olarak denetlenmelidir. GIS'in bakım görmesi ve parçalarının değiştirilmesi de belli durumlarda gereklidir. Bu durumların başında doğal arızalar ve SF6 sızıntı sorunlarının neden olduğu kalıcı korozyon gelmektedir. İlk GIS modellerinde GIS parçalarının dayanıklılığı daha azdır ve eski modeller şimdiki modellerden oldukça farklıdır (Miao vd., 2016, p. 1421).

4.4.4. SF6 Gazının kullanımı (Sülfür Hexaflorüd)

SF6, altı flor atomu ile bağlanmış bir kükürt atomundan oluşan toksik olmayan, renksiz, kokusuz, tatsız ve yanıcı olmayan bir gazdır. Havadan beş kat daha yoğun olan bu gaz GIS'lerde 400 ila 600 kPa basınçta kullanılmaktadır. Basınç değeri SF6 gazının sıvılarıyla karışmayacağı ve yoğunlaşmayacağı şekilde seçilmektedir. Aynı basınçtaki havanın yalıtım yeteneğinden iki/üç kat fazla yalıtım değeri bulunmaktadır. SF6 gazı kesme arkları açısından havadan 100 kat daha iyidir. Bu nedenle de yağ ve hava gibi eskiden kullanılan ortamların yerini alan gaz, yüksek voltajlı devre kesiciler için evrensel olarak kullanılan kesme ortamı olarak kullanılmaktadır. SF6 bir elektrik arkının yüksek sıcaklığında ayrışmaktadır fakat ayrışan gaz SF6'ya çok çabuk ve iyi bir şekilde yeniden birleşmektedir. Bu nedenle GIS'lere SF6 gazının tekrar doldurulmasına gerek bulunmamaktadır. Kükürt ve flor iyonlarının eser miktarda nem, hava ve diğer kirleticilerle etkileşimi nedeniyle oluşan bazı reaktif ayrışma yan ürünleri bulunmaktadır. Bu yan ürünlerin oluşma miktarı oldukça küçüktür. GIS içerisinde yer almakta olan molekül elek emiciler bu reaktif yan ürünleri zamanla ortadan kaldırmaktadır. SF6 uygun depolama ve taşıma sağlamak amacıyla 6000 kPa basınçta sıvı halde 50 kilogramlık gaz tüplerinde depolanmaktadır. Ticari olarak kullanılma amacıyla tasarlanmış filtreli, kompresörlü ve vakum pompalı gaz taşıma sistemleri bulunmaktadır. SF6 gazının kullanımı ile ilgili uluslararası standartlar bulunmaktadır. Ekipmanlarda kullanılan SF6 gazı nemin katı epoksi destek izolatörlerinin yüzeylerinde yoğunlaşmasını önlemek önemlidir. Nemlenme olursa yüzeydeki sıvı su dielektrik bozulmaya neden olabilmektedir. Ancak nem sıvı olarak değil de buz şeklinde yoğunlaşsa arıza gerilimi etkilenmemektedir. Bu nedenle alanlar -10 derecenin altında tutulmalıdır. Nem düzeylerinin de 1000 ppmv'den daha düşük tutulması önemli bir husustur. Bu durumun dikkatli gaz kullanımıyla elde edilmesi kolaydır. GIS korumasının içerisindeki emiciler zamanla nemin iç yüzeylerden ve katı dielektrik malzemelerden dışarı çıkmasına rağmen

gazdaki nem seviyesinin düşük tutulmasına yardımcı olmaktadır (Nagpal vd., 2023, pp. 2-4).

Küçük iletken parçacıklar (milimetre boyutunda) SF6 gazının dielektrik gücünü önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu etki basınç arttıkça daha da artabilmektedir. Parçacıklar elektrik alanı tarafından ekipmanın içindeki daha yüksek bölgelere taşınmaktadır. Katı epoksi destek izolatörlerinin yüzeyi boyunca birikerek çalışma voltajı seviyelerinde dielektrik bozulmaya yol açmaktadır. Bu nedenle montajda temizlik çok önemlidir. Kirleticiler fabrika ve saha yüksek voltaj testleri sırasında hareket ederken tespit edilebilir. Kirleticiler küçük elektrik deşarjlarına ve akustik sinyallere neden olmaktadır. Bu durum ekipman açılarak giderilebilmektedir. Bazı GIS ekipmanlarında parçacık yakalayıcıları bulunmaktadır. Çoğu GIS düzeneği, parçacıkların sorun yaratmadan durabileceği bazı doğal düşük elektrik alan bölgeleri sağlayan bir şekilde sahiptir (Bolin, 2012, p. 24).

SF6 aynı zamanda küresel ısınmaya katkıda bulunabilecek güçlü bir sera gazıdır. Kyoto sözleşmesinde emisyonlarının azaltılması kabul edilen altı gazdan bir tanesi SF6'dır. Aslında SF6 toplam sera gazları arasında emisyon miktarı olarak oldukça küçük miktara sahiptir. Bunun yanında atmosferde çok uzun bir ömre sahiptir. Atmosferde yarı ömrünün 3200 yıl olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle SF6 atmosferde kalıcı ve kümülatif kabul edilmektedir. SF6'nın ana kullanımı elektrik ekipmanlarıdır. SF6 gazının geri dönüştürülmesi mümkündür. Küresel ısınmaya etkisi çok küçük kabul edilmektedir. Elektrikli ekipmanlarda kullanımı son yıllarda azaltılmıştır. Bunun temel nedeni daha iyi işlenmesi ve geri dönüşüm uygulamalarındaki artıştır. SF6 gazının sızıntı yapmamasını sağlamak da oldukça önemlidir. GIS saha kontrolleri sayesinde yılda %0,1'den daha düşük sızıntı beklenmektedir. Kullanılan SF6 kullanım sonrasında sıvı (yağ) ve katı kirleticiler filtreler tarafından çıkartılmaktadır. Oksijen ve nitrojen gibi gaz kirleticilerin ise giderilmesi daha zordur. Oksijen ve nitrojen normal gaz kullanımı sırasında sızıntı oluşturmaktadır. Bu durum SF6 doldurmadan önce ekipmanlardaki havanın boşaltılmaması durumunda da sızıntı yaşanması ihtimali bulunmaktadır. SF6'nın saflığının yalnızca %98'in üzerinde olması gerektiği uluslararası teknik komiteler tarafından belirlenmiştir. Bu nedenle ticari olarak mevcut yüzde ölçerler kullanılarak yapılan basit saflık kontrolleri ile kullanılmış SF6 tekrar kullanılabilir. Kontaminasyon vakalarında SF6 üreticileri SF6'yı geri alarak üretim sürecine ilave etmektedir ve bu gazı yeni SF6'ya dönüştürmektedir (Wartmann & Harnisch, 2005, pp. 15-22).

ABD Çevre Koruma Ajansı SF6 gazı için bir emisyon azaltma programına sahiptir. Bu program elektrik hizmeti sektörü için emisyon oranlarını takip etmekte, emisyon azaltma teknikleri hakkında bilgi sağlamak ve SF6 emisyon azaltma programlarına sahip kamu hizmetlerini ödüllendiren bir programdır. ABD ve diğer ülkeler SF6 gazının yasaklanmasını veya fazladan vergilendirilmesini tartışmışlardır. Orta gerilim elektrikli güç ekipmanlarının SF6'ya alternatifi bulunmaktadır. Bunlar vakum kesiciler ve yalıtım için temiz havadır. Ancak bu alternatiflerin yıllarca süren araştırmalara rağmen yüksek voltajlı elektrik güç ekipmanları için kullanılabileceği ispatlanamamıştır. Ayrıca diğer alternatiflerin daha az sera gazı salması avantajları dışında dezavantajları da bulunmaktadır. Bu nedenle SF6, güç sistemi arızaları yaşanmasın diye GIS'lerde kullanılmaya devam edecektir (Bolin, 2012, p. 25).

Örneğin, Baoding ve Guangdong bölgelerindeki GIS hata nedenlerinin istatistiksel analizi, SF6 gaz kaçağı hatasının GIS ekipmanında en sık görülen hata olduğunu göstermektedir. Çok sayıda SF6 sızıntısı, ekipmanların izolasyonunun bozulması, elektrikli ekipmanların zarar görmesi, toksik ayrışma ürünleri, insan sağlığına zarar vermesi ve çevre kirliliği gibi ciddi sonuçlara neden olmaktadır. Bu arızanın giderilmesi sürecinde çok fazla elektrik kesintisi süresi, insan gücü ve malzeme kaynağı harcanmakta ve bu da ekipmanın normal çalışmasını etkileyen önemli bir faktör haline gelmiştir. SF6 gazı sızıntısının yaygın nedenleri arasında çeşitli nedenler yer almaktadır. Malzeme kalitesi sorunları, ekipman montaj sorunları, yoğunluk rölesi sorunları ve ekipmanın eskime sorunları bu nedenler arasında yer almaktadır. SF6 gazı sızıntı noktaları da kaynak sızıntısı, kabuk kum deliği sızıntısı, flanş bağlantı yüzeyi sızıntısı ve diğer sızıntı noktaları dâhil olmak üzere birbirinden farklıdır. Uzun yıllardır yurtiçi ve yurtdışındaki bilim insanları ve uzmanlar SF6 gazı kaçağının tespiti konusunda birçok araştırma yapmıştır. Yaygın SF6 gaz kaçağı tespit teknolojileri; absorpsiyon yöntemi, izleme yöntemi, gaz kızılötesi absorpsiyon görüntüleme, sızıntı dedektörü, lazer foto akustik spektrum tespiti, sabun köpüğü yöntemi, bandajlama yöntemi, vakum izleme, gaz kızılötesi radyasyon görüntülemesidir. SF6 gaz kaçağı arızasının sık sık oluşmasını önlemek için ürün kalitesi ve montaj kalitesinin sıkı bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Seçilen GIS ekipmanı mükemmel kalitede olmalı ve standart prosedürlere tam olarak uygun şekilde kurulmalıdır. Ayrıca ekipmanların muayene ve bakımının güçlendirilmesi, bakım ve işletme personelinin beceri düzeyinin artırılması, sızıntı sorununun çözümü için etkili ve makul önlemlerin alınması gerekmektedir (Ma, 2021, p. 22).

4.4.5. SF6 Gazının yan ürünleri

SF6 genellikle izolasyonda kullanılan bir gazdır. Kullanım sırasında birçok gaz ürünlerine ayrılabilir. Ayrılma elektrik boşaltımı ile ve/veya elektriğin taşınması sırasında gerçekleşmektedir. Ayrılan yan ürünler zehirleyici, korozyon yapıcı ve insanlara ve çevreye zarar vericidir. Yan ürünlerin özellikleri SF6 gazının kendisinden de farklı olduğundan yan ürünlerle ilgili çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiş ve bunların sonucunda da yan ürünlerle ilgili iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınmıştır. SF6 gazının yan ürünleri SOF2, SO2F2, SOF4, S2F10, SO2, HF gazlarıdır. Ayrıca alüminyum florür, tungsten florür ve benzeri sıvı yan ürünleri de bulunmaktadır (Liu vd., 2015, p. 4223).

4.4.6. SF6 Gazının taşınması izolasyonu ve sızıntısı

Yüksek gerilim tesislerinde kullanılan SF6 gazının sızıntı oranı oldukça küçüktür fakat her ne kadar küçük bir oran söz konusuysa da uzun ömürlü ekipmanın kullanımı sırasında sızıntısız sistem garantisi bulunmamaktadır. Sızıntı yaşanmasına karşı tesisler ulusal ve uluslararası standartlar tarafından korunmaktadır. Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) standardı 62271-203, gaz yalıtımlı yüksek voltaj ekipmanında izin verilen maksimum SF6 sızıntı oranını yılda %0,5 olarak kararlaştırmıştır. IEEE kılavuzunda (Devre Kesiciler için İzleme Seçimi) SF6 gaz yoğunluğunun sürekli izlenmesini önermektedir. SF6 Gaz yalıtımlı ekipmanlar çok düşük düzeyde SF6 sızıntı oranları da dâhil olmak üzere oldukça yüksek derecede güvenilirlik sağlamaktadır. Sızıntı SF6 gazının atmosferde birikmesi ve küresel ısınmaya neden olması yüzünden önemlidir. 1 kg SF6 atmosferde 22,8 ton CO2 ile aynı miktarda ısıyı hapsedmektedir (Graber, 2011, p. 12).

SF6 gaz izoleli trafo merkezlerinde kullanışlı yalıtım özellikleri sergilemektedir. Havadan üç kat daha yalıtım kapasitesi yüksektir. Gaz yalıtımlı hatların kullanılmasında (GIL, Gas Insulated Lines) da SF6 gazı kullanılmaktadır. Yağ ve hava yalıtımlı ekipmanlarla karşılaştırıldığında yüksek voltaj stresleri altında çalışırken yüksek emniyet servis kaydına sahiptir. Kullanımdaki ekipmanın yaşına ve bozulmasına bağlı olarak değişen bir sızıntı oranının ve bu gazın küresel ısınmaya olası etkisinin hem şimdi hem de gelecekte değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır (Widger & Haddad, 2018, pp. 3-6).

4.4.7. SF6 Gazının sakıncaları

SF6 gazının iş sağlığı güvenliğini etkileyecek bazı sakıncaları bulunmaktadır. Örneğin, GIS ekipmanında bazı yalıtım kusurları olduğunda, iç elektrik alanı bozulmaktadır ve bu da yüksek yerel elektrik alanı maruziyeti ile sonuçlanmaktadır. SF6 gaz izolasyon ortamının izolasyon mukavemeti aşıldığında kısmi deşarj (PD) meydana gelmektedir. Aslında her kısmi deşarj, GIS yalıtımının elektriksel gücünü az çok azaltmaktır, özellikle uzun süreli veya güçlü kısmi deşarj, GIS ekipmanının yalıtımının arızalanmasına ve çabuk eskimesine, hatta ciddi arızalara neden olmaktadır. Yalıtım bozulmasının sonuçları daha ciddi olduğundan ve elektrik kesintisi üzerindeki etkisi daha kötü olduğundan, yerli ve yabancı güç sistemleri, uzmanlar ve akademisyenler tarafından geniş çapta ilgi görmektedir. GIS ekipmanının yalıtım durumu, kısmi deşarj tarafından üretilen ışık, ses, elektrik ve diğer bilgilerle bilinebilmektedir. Bu tespit yöntemine kısmi deşarj izleme yöntemi denmektedir. Ana kısmi deşarj izleme teknolojileri bulunmaktadır. Bu yöntemler; darbe akımı yöntemi, ultrasonik algılama yöntemi, ultra yüksek frekans yöntemi, ışık algılama yöntemi, SF6 gazı ayrışma bileşeni algılama yöntemidir. Ayrıca, darbe testi yöntemi, dayanım gerilimi testi yöntemi vb. dahil olmak üzere, esas olarak ilgili yönetmeliklerin gerektirdiği önleyici testler olmak üzere, yalıtım durumu tespitine yönelik periyodik izleme yöntemleri bulunmaktadır (Miao vd., 2016, p. 1421).

GIS bileşenler fonksiyonel mekanizmalardan oluşmaktadır. Fonksiyonel mekanizmalar birbirleriyle iş birliği yaparak GIS'in tamamını oluşturmaktadır. GIS'in normal çalışması çeşitli güvenilir bileşenlerden ayrılamaz, dolayısıyla bileşen kusurları ve arızaları yaygındır ve trafo merkezlerinin iş sağlığı ve güvenliğini etkilemektedir. Devre kesici çalıştırma mekanizmasının yavaş açılması ve kapanması, anormal motor, anormal enerji depolama göstergesi, hidrolik mekanizmada anormal basınç oluşması, parçaların eskimesi ve arızalanması, gövdenin anormal titreşimi vb. gibi kusur ve arızalarla karşılaşılabilir. Bileşen kusurları tasarım kusurlarından, kötü çalışma koşullarından, çalışma yıllarından ve diğer nedenlerden kaynaklanabilmektedir. GIS ekipmanında işlev bozukluğu meydana geldiğinde hatalı çalışma, yalıtımın bozulması ve hatta ekipmanın hasar görmesi gibi kazalara yol açacaktır (Ma, 2021, p. 24).

SF6'nın daha düşük küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahip daha çevre dostu bir gazla değiştirilmesi birkaç yıldır tartışılmaktadır. Üretici araştırmaları ve resmi makamların düzenlemeleri bu süreci yönlendirmektedir. Alternatif bir gazın sağlanması gereken,

dikkate alınması gereken farklı özellikler bulunmaktadır. Bunlar; düşük GWP, yüksek izolasyon kapasitesi, yüksek ark söndürme kapasitesi, toksisite olmaması, moleküllerin uzun ömrü, dekompanasyon yan ürünlerinin olmaması ve düşük maliyettir. Şu ana kadar bu gereksinim yelpazesi, düşük GWP gereksinimi dışında en iyi şekilde SF6 tarafından karşılanmıştır. Son yıllarda izolasyon gazı üreticilerinin laboratuvarlarında ve GIS üreticilerinin test alanlarında birçok araştırma yapılmıştır. İlk araştırmalarda 1970'li yıllardan itibaren sentetik hava ve CO2 gazları kullanılmış, bunu 2010 yılında N2 gazları izlemiş ve 2015'ten sonraki son araştırmalarda ise floronitril, floroketon gibi yeni gaz molekülleri ve O2/N2 veya O2/CO2 karışımı olan sentetik hava kullanılmıştır (Grossman & Koch, 2022, p. 105).

SF6, havanınkinden birkaç kat daha yüksek elektronegatiflik ile özellikle güçlü bir elektronik adsorbe etme yeteneğine sahiptir. SF6 gibi güçlü elektronegatif gazlar mükemmel yalıtım özelliklerine sahiptir. Elektrotlar arası alan yoğunluğunda bir miktar elektron emisyonu meydana geldiğinde, elektrotlar arasındaki serbest elektronlar hızla SF6 tarafından adsorbe edilen büyük iyonlar haline gelmektedir, bu da darbeli iyonizasyon sürecinin gelişimini büyük ölçüde engellemektedir, böylece elektrotlar arası iyonizasyon azalmaktadır ve böylece dayanım voltajı artmaktadır. Son yıllarda bazı araştırmacılar, SF6'dan çok daha küçük sera etkisine sahip olan SF6 gibi F atomları içeren elektronegatif gazlar üzerinde çalışmaktadır. Bu araştırmaların çoğunluğu oktaflorosiklobütan (c-C4F8), perfloropropan (C3F8) ve heksafloroetan (C2F6) üzerine odaklanmıştır (Xiao, 2016, pp. 274-275).

4.5. Gaz İzoleli Trafo Merkezlerinde İSG İstanbul Örnekleri

Gaz izoleli trafo merkezleri hava izoleli trafo merkezlerine alternatif olarak geliştirilmeye başlanmıştır. İlk SF6 gaz izoleli trafo merkezi 1968 yılında kurulmuştur. Hava izoleli trafo merkezleri fazla açık alan gereksinimi nedeniyle genellikle kırsalda kurulmaktayken artan şehirleşme sonucunda şehir merkezlerinde de trafo merkezlerine ihtiyaç duyulmuştur. Kısıtlı alanda ve nüfuzun yoğun olduğu bölgelerde trafo merkezlerinin kapalı olarak kullanılması daha makul kabul edilmiştir. Bu durumda hava izoleli trafo merkezlerinde trafo merkezinin yalıtımında kullanılan havanın yerini gaz izoleli trafo merkezlerinde SF6 gazı almıştır. Gaz izoleli trafo merkezlerinde meydana gelen tehlikeler hava izoleli trafo merkezlerinden farklı iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının gelişmesine neden olmuştur. Gelişen İSG uygulamaları ulusal ve uluslararası

düzenlemelerle zorunlu hale gelmiştir. İSG uygulamaları gaz izoleli trafo merkezlerinin yapısı ile değil kullanılan SF6 gazıyla orantılı olarak gelişmiştir. Gaz izoleli trafo merkezlerinde İSG önlemleri trafo merkezlerinin tasarımından itibaren gelişmektedir.

Gaz izoleli trafo merkezlerinde gaz mahfazası ekipmanı ve buna bağlı tehlikeler önemli yer tutmaktadır. Gaz izoleli trafo merkezleri kısıtlı alanlarda ve kapalı tesisler olarak kurulduğundan açık alan ile ilgili tehlikeler bu tesislerin risk değerlendirmesinde yer almamaktadır. Gaz izoleli trafo merkezlerinde kapalı alan dolayısıyla yangın riski de hava izoleli trafo merkezlerinden fazladır. Gaz izoleli trafo merkezlerinin kullanım ömrü hava izoleli trafo merkezlerinden daha uzun (yaklaşık 50 yıldan fazla) kabul edilmektedir. Gaz izoleli trafo merkezleri dış çevresel şartlardan ve bunların tehlikesinden kısmen muaftır. Gaz izoleli trafo merkezlerinin kurulum maliyeti de hava izoleli trafo merkezlerinden daha yüksektir. Hem kullanım ömrünün uzunluğu hem de kurulum maliyetini yüksek olması nedenleriyle gaz izoleli trafo merkezlerinin bakım faaliyetleri daha fazladır.

Tasarım aşamasında gaz izoleli trafo merkezlerinde yer seçimi alınacak iş sağlığı ve güvenliği için önemli bir husustur. Tasarım aşamasında gaz izoleli trafo merkezinin iş sağlığı ve güvenliği önlemleri hava izoleli trafo merkezlerine benzerdir. SF6 gazının kullanım tehlikeleri gaz izoleli trafo merkezlerinin iş sağlığı güvenliğinde önemli yer tutmaktadır. Gaz izoleli trafo merkezleri şehrin içerisinde ve yerleşimin yoğun olduğu alanlarda olduğundan yerel halkın gaz izoleli trafo merkezlerine tepkisi de bir tehlike olarak kabul edilmektedir. Hava izoleli trafo merkezlerinde bu tehlike risk değerlendirme içerisinde yer almamaktadır. Gaz izoleli trafo merkezlerinin tasarımında dikkate alınan diğer hususlar; kötü toprak olmaması (topraklama açısından), hava kirliliğinin düşük olması (yalıtım açısından), sismik şartların uygunluğu ve hava koşullarıdır.

Gaz izoleli trafo merkezleri akıllı şehirler ve metropollerde, yeraltı istasyonlarında, açık denizlerde, tepelik alanlarda ve vadilerde kurulduğundan kurulum yerine göre alınan özel iş sağlığı ve güvenliği tedbirler de bulunmaktadır. Gaz izoleli trafo merkezlerinde kısa devre olma ihtimali hava izoleli trafo merkezlerine göre daha yüksektir. Bu nedenle iş sağlığı ve güvenliği önlemleri kısa devre olma ihtimaline göre alınmaktadır. Gaz izoleli trafo merkezlerinde gaz mahfazasında manyetik alan bulunmaktadır. Bakım çalışmaları sırasında bu duruma özellikle dikkat etmek gerekmektedir. Gaz izoleli trafo merkezlerinde kullanılan SF6 gazı ve kullanılan diğer kirleticiler (mineral yağ ve epoksi) toprağın kirlenmesine neden olmaktadır. Sızıntılara karşı alınan önlemler iş sağlığı

güvenliği içerisinde risk değerlendirmede dikkate alınmaktadır. SF6 gazı ayrıca daha önce de bahsedildiği gibi atmosferde birikerek çok uzun süre (3200 yıl) atmosferde kalmaktadır.

Gaz izoleli trafo merkezlerinde SF6 gazının kullanımı yüzünden oluşan çeşitli tehlike ve riskler bulunmaktadır. SF6 gazı sızıntısı sonucu korozyon riski bulunmaktadır. SF6 gazının kullanımı başlı başına bir risk olarak kabul edilmektedir. SF6 gazının tekrar doldurulmasına gerek yoktur fakat kükürt ve flor iyonlarının nem, hava ve kirleticilerle etkileşimi nedeniyle oluşan bazı reaktif ayrışma yan ürünleri bulunmaktadır. Hava, nem ve kirleticilerin izole edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle özellikle kapalı alanlar seçilmektedir. Kyoto protokolünde azaltılması gereken altı gaz bulunmaktadır ve bu gazlardan birisi SF6 gazıdır.

Söz konusu tüm iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri gaz izoleli trafo merkezlerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmelerine göre analiz edilmektedir. Bu süreç içerisinde uygulanacak risk değerlendirmesi metodu işletmeden işletmeye değişiklik göstermektedir. Risk değerlendirme sürecine verilen önem alınacak iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini de belirlemektedir. Bu süreçte kilit nokta kabul edilebilir risk seviyesinin belirlenmesidir.

4.5.1. Risk analizi raporunun değerlendirilmesi

Risk değerlendirmesi ve risk analizi yapılan İstanbul'da bulunmakta olan gaz izoleli bir trafo merkezinde risk değerlerinde inceleme sonucunda hava izoleli ve gaz izoleli trafo merkezlerinde risk faktörleri farklılaşması analiz edilmektedir. Trafo merkezinin güncel risk değerlendirmesi işletme gizli bilgisi olduğundan trafo merkezinin ismi çalışmada yer almayacaktır. Risk değerlendirmesi 2023 yılına aittir ve aşağıda çizelgelerde yer alan tehlike, risk ve risk değerlerini içermektedir. Risk değerlendirmesinde yer alan risklerin düzeltici önleyici faaliyetler öncesi ilk değerlendirmeleri çizelgelerde yer almakta olup karşılaştırma için kullanılmaktadır. Çizelgelerdeki risk değerleri yüksekte düşüğe göre sınıflandırılmaktadır. Çizelge 4.2.'de GIS'lerde 25 risk değerinde olan tehlikeler yer almaktadır.

Çizelge 4.2. GIS’lerde 25 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
10	Trafik kazasına maruz kalma	Yaralanma Uzun Kaybı Ölüm	25
36	TM kapalı şalt hücrelerinde fider isim ve numarası, manevra şeması eksikliği	İş kazası oluşması	25
40	TM tek baralı sistemlerde OG hat fideri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
41	TM tek baralı sistemlerde OG Hat fideri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
42	TM tek baralı sistemlerde OG trafo fideri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
43	TM tek baralı sistemlerde OG trafo fideri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
44	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG hat fideri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
45	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG hat fideri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
46	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG trafo fideri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
47	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG trafo fideri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
54	TM iki ana bara sistemlerde OG kuplaj üzerinden baraların birleştirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25

Çizelge 4.2. GIS’lerde 25 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

55	TM iki ana bara sistemlerde OG kuplaj üzerinden birleştirilen baraların normal işletme şartlarına getirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
56	TM iki ana bara sistemlerde OG kuplaj üzerinden baraların birleştirilmesi ve bir baranın boşaltılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
57	TM iki ana bara sistemlerde bir OG fiderin bir baradan diğerine aktarılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
62	TM OG fiderde arıza durumu manevraları sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
63	TM kapalı şalt temizlik sırasında yanlış veya hatalı hareketler	İş kazası oluşması	25
64	TM kapalı şalt OG metal clad hücrelerde manevra sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
72	TM iki ana bara sistemlerde YG hat fiderini açma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
73	TM iki ana bara sistemlerde YG hat fideri kapatma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
74	TM iki ana bara sistemlerde YG kuplaj üzerinden baraların birleştirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
75	TM iki ana bara sistemlerde YG kuplaj üzerinden birleştirilen baraları ayrılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25

Çizelge 4.2. GIS’lerde 25 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

76	TM iki ana bara sistemlerde YG kuplaj üzerinden baraların birleştirilmesi ve bir baranın boşaltılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
77	TM iki ana bara sistemlerde bir YG fiderin bir bardan diğerine aktarılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
86	TM’lerde tüm tesis çalışmalarıyla ilgili eğitim eksikliği	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	25
117	TM tüm çalışma alanlarında eğitim eksikliği	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	25
118	TM tüm çalışma alanlarında iletişim ve koordinasyon eksikliği	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	25
150	TM kapalı şaltta yanlışlıkla enerjili hücreye grime	İş Kazası/Meslek hastalığı	25
180	TM kapalı şalt OG baranın bölümleyici hücresinde baranın ayrılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
181	TM kapalı şalt OG baranın bölümleyici hücresinde baranın birleştirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş Kazası/Meslek hastalığı	25

Çizelge 4.2.’de yer almakta olan tehlikeler en yüksek risk değerine sahip olan risklerdir. Bu çizelgede yer alan riskler 25 risk değerindedir ve “Kabul Edilemez Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Bu tehlikelerin meydana gelmesi durumunda ölüm ya da ağır yaralanma ile sonuçlanacağı tahmin edilmektedir. Gaz izoleli trafo merkezlerinde 25 risk değerindeki tehlikelerin sayısının hava izoleli trafo merkezlerindeki 25 risk değerindeki tehlikelerin sayısından fazla olduğu görülmektedir. Bunun anlamı kapalı ve kısıtlı alan nedeniyle tüm tehlikelerin birbirlerini tetikleyebilecek olmasıdır.

Çizelge 4.3. GIS’lerde 20 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
87	TM tüm tesis çalışmalarında iletişim ve koordinasyon eksikliği	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	20
89	TM tüm tesis çalışmalarında KKD temin edilememesi ve kullanılmaması	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	20
110	TM tüm tesis çalışmalarında inşaat iskelesi, portal, teçhizat yüksekte çalışma sırasında düşme	İş kazası/Meslek hastalığı	20
151	TM tek baralı sistemlerde OG hat fideri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	20
152	TM tek baralı sistemlerde OG bara giriş fideri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	20

Çizelge 4.3.’te yer almakta olan tehlikeler risk değerlendirmede yine üst değerlerde yer alan 20 risk değerindeki risklerdir ve “Kabul Edilemez Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. KKD kullanımı, bakım ve montaj sırasında yaşanan durumlar sonucu oluşan tehlikeler ile yüksekte çalışma sırasında düşme tehlikesi bu çizelge içerisinde yer almaktadır.

Çizelge 4.4. GIS’lerde 15 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
27	TM’lerinde kumanda-role-elektronik odasında bulunan AC ve DC Panolar	AC ve DC panolarından kaynaklı riskler	15
28	TM’lerinde kumanda odasında düşme, çarpma, takılma kaynaklı	Kumanda odasında iş kazasına maruz kalma	15

Çizelge 4.4. GIS’lerde 15 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

37	TM Hücre kapı kilitlemeleri sırasında enerjili hücreye girme ve elektrik enerjisine maruz kalma	Elektrik çarpma riski	15
38	TM OG açma manevrası öncesi işlemlerde manevra öncesi yanlış veya hatalı işler	İş kazası riski	15
58	TM OG barada servis trafosu açma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işler	İş kazası riski	15
59	TM OG barada servis trafosu kapatma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası riski	15
60	TM OG barada gerilim trafosu açma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
61	TM OG barada gerilim trafosu kapatma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
113	TM tüm tesis çalışmaları Enerjili sahada tevsiat çalışmalarında elektrik enerjisi	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	15
120	Tüm çalışma alanlarında KKD malzemesi temin edilmemesi ve kullanılmaması	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
121	Tüm çalışma alanlarında iş güvenliği malzemelerinin ve tehlike uyarı levhalarının temin edilmemesi ve kullanılmaması	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
149	Tüm çalışma alanlarında fider isim ve numarası, manevra şeması eksikliği	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
175	Atölye, TM ve ambarlarda elle malzeme taşınması	İş Kazası/Meslek hastalığı	15

Çizelge 4.4.’te 15 risk değerinde olan tehlikeler yer almaktadır “Kabul Edilemez Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Enerjili sahada tevsiat çalışmaları, AC-DC panolarla ilgili tehlikeler bu alanda yer almaktadır.

Çizelge 4.5. GIS’lerde 12 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
23	TM’de yangın söndürme sistemleri ve yangın söndürme tüplerinin bakımsızlığı ve kullanım hataları	TM de yangın riski	12
25	TM’lerde vardiya devir teslim sırasında eksik bilgi aktarımı	Bilgi eksi İş kazası riski kliği sonucu iş kazası riski	12
26	TM’lerde kanal kapakları	Kanal kapaklarından kaynaklı riskler	12
30	TM’lerde akü odasından kaynaklı yangın, parlama ve patlama	Akü odasında meydana gelebilecek yangın ve patlama riski	12
32	TM’lerde akü odasının elektrik aydınlatmasının exproof olmaması	Asit buharı nedeniyle yangın oluşması	12
34	TM kapalı şalt giriş ve çıkış hücrelerinde ark, patlama ve yanma	İş kazası riski	12
102	TM ve kumanda odasında aydınlatma yetersizliği	Gözlerde kamaşma, yanma /iş kazası	12
103	TM AC dağıtım panolarında kaçak akım rölesi eksikliği	Yangın, patlama /İş kazası	12
104	TM akü odasında akü odası exproof tesisatın olmaması	Yangın, patlama/İş kazası	12
125	Tüm çalışma alanlarında el aletleri kazaları	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	12

Çizelge 4.5.’te yer alan tehlikeler risk değerlendirmenin içerisinde gittikçe azalmış tehlikeler olarak değerlendirilebilmektedir ve “Dikkate Değer Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Muhtemelen orta hasar verecek iş kazalarının

oluşmasına neden olabilecek tehlikeler bu bölümde yer almaktadır. Aydınlatma sistemlerinin yetersizliği, el aletleri kullanımı, AC panolarda kaçak akım rölesi eksikliği ve akü odası elektrik tesisatının exproof olması gibi tehlikeler yer almaktadır.

Çizelge 4.6. GIS’lerde 10 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
35	TM’lerde kapalı şalt koridorlarında düşme, takılma, kayma	İş kazası riski	10
88	TM tüm tesiste trafik kazası	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	10
109	TM inşaat ve montaj sırasında yüksekten malzeme düşmesi	İş kazası ve meslek hastalığı oluşması	10
111	TM tüm tesis çalışmalarında inşaat sahası çalışmaları sırasında	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
112	TM tüm tesis çalışmalarında yüksekten malzeme düşmesi, teçhizatın hasarlanması	İş kazası/Meslek hastalığı	10
116	Üçüncü şahıs tesisleri harici işler	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
123	Tüm çalışma alanları sürünge, kemirgen ve böcek ısırıkları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
124	Tüm çalışma alanları terör ve sabotaj riski	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
127	Tüm çalışma alanları iş makinası kazası riski	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
144	TM topraklama sistemi demontaj/montaj arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
154	TM tek baralı sistemlerde OG ölçü hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
155	TM tek baralı sistemlerde yardımcı servis hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10

Çizelge 4.6. GIS’lerde 10 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

164	TM metal clad hücre binaları kablo katı demontaj/montaj arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
169	TM akü odaları elektrolit (asit) ile temas, asit buharı, patlama	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
178	Basınçlı kaplarla çalışmalar	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
179	Üçüncü şahıs tesislerinde harici işlerde	İş Kazası/Meslek hastalığı	10

Çizelge 4.6.’da yer alan tehlikeler 10 risk değerinde olan tehlikelerdir ve gittikçe azalmış tehlikeler olarak değerlendirilebilmektedir ve “Dikkate Değer Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Yoğunlukla trafo merkezlerinin yapısı gereği karşılaşılan tehlikelerdir. Kapalı şalt koridorlarında düşme, takılma, çarpma, kayma ve harici işlerde yaşanabilecek tehlikeler bu çizelge içerisinde yer almaktadır.

Çizelge 4.7. GIS’lerde 9 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
29	TM akü odasında Elektrolit ve asit buharı	Asit buharına maruz kalma	9
95	TM tüm tesislerde el aletleri kazaları	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	9
106	TM yangın sisteminde otomatik yangın söndürme sisteminin olmaması	Yangına zamanında müdahale edilmemesi	9

Çizelge 4.7.’de yer alan tehlikeler 9 risk değerinde olan tehlikelerdir ve “Dikkate Değer Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Akü odasında asit buharına maruz kalma el aleti kazaları ve yangın söndürme sistemleri gibi tehlikelerden oluşmaktadır. Bu çizelgedeki riskler nispeten düşük risk değerine yakın risklerdir.

Çizelge 4.8. GIS’lerde 8 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
3	TM iletişim ve koordinasyon eksikliği	Çalışan, işveren- işveren vekili, yönetim arasındaki iletişim eksikliği sonucu bilgi eksikliği	8
105	TM akü odası taban ve duvarların yanmaz ve fayans olmaması, dökülmesi	Aküden asit sızması, yere yayılması, yangın, patlama	8
122	Tüm çalışma alanları iklim şartları ve hava koşulları	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	8
126	Tüm çalışma alanlarında elle malzeme ve ekipman taşınması	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	8

Çizelge 4.8.’de yer alan tehlikeler 8 risk değerinde olan tehlikelerdir ve “Dikkate Değer Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Bu çizelgede yer alan tehlikeler ise koordinasyon eksikliği, akü odası yapısı elle ekipman taşınması gibi tehlikelerdir.

Çizelge 4.9. GIS’lerde 6 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
1	TM’lerinde eğitim eksikliği	Çalışanların yaptıkları işe vakıf olmadıkları için iş kazalarına maruz kalmaları	6
2	TM yetkisiz giriş ve çıkışları	Yetkisiz şahısların TM içinde kazaya maruz kalmaları ve kazaya neden olmaları	6
14	TM’lerde iş güvenliği malzeme ve tehlike uyarı levhalarının temin edilmemesi ve kullanılmaması	Çalışanların ve üçüncü şahısların sahadaki tehlike ve riskleri fark edememesi	6
31	TM akü odasının taban ve duvarlarında asit birikmesi	Asit birikmesi nedeniyle yangın çıkması	6
33	TM bakım odasında el aletlerinin kullanımı	Bakım odasında el aleti kaynaklı tehlikelere maruz kalma	6

Çizelge 4.9. GIS’lerde 6 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

96	TM tüm çalışma alanlarında elle malzeme ve ekipman taşınması	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	6
101	TM tüm tesiste giriş ve çıkış kapılarında panik bar yetersizliği	Panik durumunda dışarı çıkamama /iş kazası	6
107	TM kumanda odasında ilkyardım çantası olmaması veya malzeme yetersizliği	Yaralı ve hastaya müdahale edilmemesi	6

Çizelge 4.9.’da yer alan tehlikeler 6 risk değerinde olan tehlikelerdir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Yetkisi giriş-çıkış, uyarı levha eksikliği ilkyardım çantası eksikliği gibi tehlikeler bu çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 4.10. GIS’lerde 5 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
20	TM’lerde terör ve sabotaj	Terör ve sabotaj olayları sonucu trafo merkezi ve çalışanlarının zarar görmesi	5
22	TM’lerinin hatalı tesisi ya da bakımsızlığı	TM’nin yetersizliği sonucu çalışanlarının ve TM’nin zarar görmesi	5
39	TM OG açma manevrası sırasında kesicinin uzaktan kumanda almaması	İş kazası riski	5
94	TM tüm tesisler açısından terör ve sabotaj	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	5
97	TM tüm tesis çalışmalarında iş makinası kazası	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	5
98	TM tüm tesis çalışmalarında heyelan	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	5
99	TM tüm tesis çalışmalarında temel çukurlarında toprak çökmesi	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	5

Çizelge 4.10 GIS’lerde 5 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

100	TM tüm tesis çalışmalarında temel çukurunda toprak göçmesi	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	5
108	TM tevsiat temel topraklama çalışmasında elektrik enerjisine maruz kalma	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
114	TM’lerde güç trafosu naklinde trafo yükleme-indirme ve platform üzerinde çakılması	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
115	Geçici kabule hazırlık (2T kontrol) ve yeni tesisin enerjilenmesi yüksekte çalışma portal ve teçhizat üzerine çıkma-inme yüksekten malzeme düşmesi elektrik enerjisine maruz kalma ve patlama	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
119	Tüm çalışma alanlarında trafik kazası	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
153	TM tek baralı sistemlerde şönt kapasitör fideri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
156	TM tek baralı sistemlerde bara bölümleyici hücrelerinde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
165	TM metal clad hücre binaları, metal clad katında demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
166	TM metal clad hücre binaları, metal clad hücreleri kablo bölümünde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
167	TM metal clad, hücre binaları, kesici bölümünde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5

Çizelge 4.10 GIS’lerde 5 risk değerinde olan tehlikeler (devamı)

168	TM metal clad hücre binaları, metal clad bara bölümünde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
170	TM’lerde DC dağıtım panosunda demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
171	TM’lerde AC dağıtım panosunda demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
172	Atölye ve trafo merkezlerinde kaynak işlerinde elektrige çarpılma ve yangın	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
174	Atölye ve trafo merkezinde kimyasallarla çalışma işlerinde zararlı kimyasallar	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
176	Atölye, trafo merkezleri ve ambarlarda uygun olmayan KKD ve iş güvenliği malzemeleri	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5
177	Atölye, trafo merkezleri ve ambarlarda iş ekipmanları ve donanımlarının görevlerini yerine getirmemesi	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	5

Çizelge 4.10.’da yer alan tehlikeler 5 risk değerinde olan tehlikelerdir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Trafik kazası ve terör tehdidi, arıza bakım çalışmaları kaynak işleri gibi tehlikeler bu çizelgede yer almaktadır. Açık alanlarda oluşabilecek tehlikeler gaz izoleli trafo merkezlerinde düşük risk değerlerine sahiptir. Bu tür risklerin bazıları bu çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 4.11. GIS’lerde 4 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
91	Tüm tesis çalışmalarında yırtıcı hayvanla karşılaşma	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	4
148	TM’lerde kapalı şatın fiziksel durumu	İş Kazası/Meslek hastalığı	4

Çizelge 4.11.’de yer alan tehlikeler 4 risk değerinde olan tehlikelerdir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Aynı zamanda meydana geldiğinde de düşük hasar yaratacak risklerdendir. Trafo merkezinin kırsalda yerleşimi nedeniyle yaşanabilecek riskler bu çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 4.12. GIS’lerde 3 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
19	TM’lerde yöre halkının tepkisi	Yöre halkıyla çatışılması/tartışılması	3
92	TM tüm tesis çalışmalarında sürünge, kemirgen ve böcek	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	3
93	TM tüm tesis çalışmalarında yöre halkının tepkisi	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	3

Çizelge 4.12.’de yer alan tehlikeler 3 risk değerinde olan tehlikelerdir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Tehlikeler geçmişte yaşanmış günümüzde de yaşanma ihtimali oldukça düşük olan (risk değeri 3 olan) riskler olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.13. GIS’lerde 2 risk değerinde olan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
17	TM’lerde sürünge kemirgen ve böcek ısırması	Değişik hayvanların zararlı etkilerine maruz kalınması	2
24	TM’lerde çalışma alanına elle malzeme ve ekipman taşınması	İş kazası ve meslek hastalığı	2
90	TM tüm tesis çalışmalarında iklim şartları ve hava koşulları	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	2

Çizelge 4.13.’te yer alan tehlikeler 3 risk değerinde olan tehlikelerdir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Tehlikeler olasılık ve şiddet olarak en düşük risk değerine sahip olan riskler arasındadır.

Çizelge 4.14. GIS’lerde 1 risk değerinde olan tehlikeler

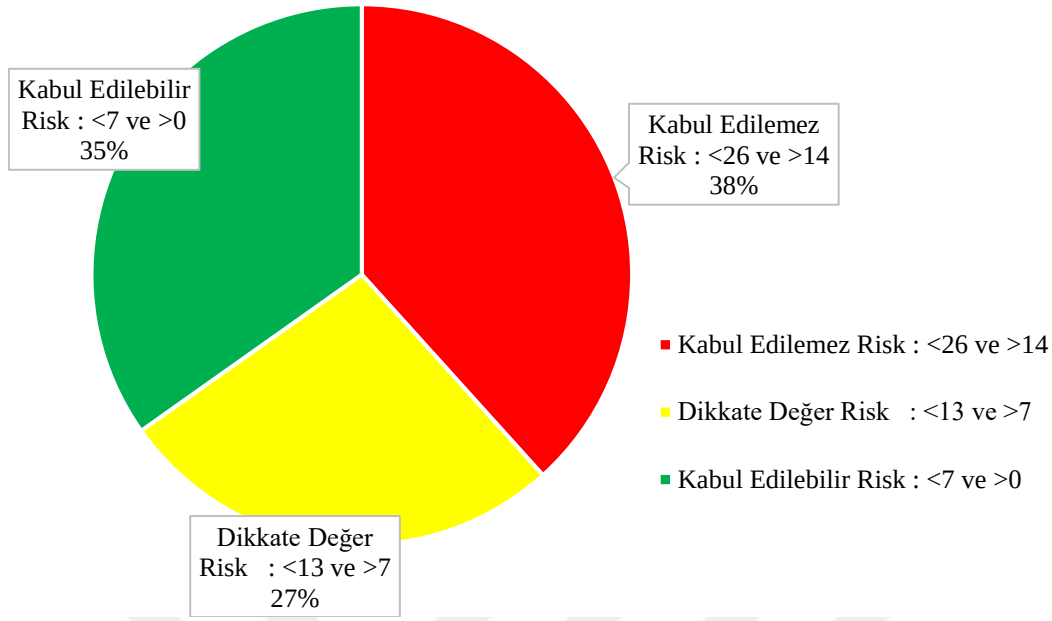
No	Tehlike	Risk	Değer
13	TM’ler için kişisel koruyucu malzeme temin edilmemesi ve kullanılmaması	KKD eksikliği sonucu iş kazasına maruz kalınması	1
16	TM’de uygun olmayan aydınlatma	Yetersiz aydınlatma sonucu iş kazasına maruz kalma	1

Çizelge 4.14.’te yer alan tehlikeler 1 risk değerinde olan tehlikelerdir ve “Kabul Edilebilir Risk” eyleminde bulunulması gereken kategoridedir. Tehlikeler olasılık ve şiddet olarak en düşük risk değerine sahip olan risklerdendir.

Bu tablolarda ile “risk değerlendirme sonuçlarına” göre 122 risk faktörü listelenmiştir. Bu riskler gaz izoleli trafo merkezleri ile ilgili riskler olduğundan ve bu tehlikelerin tamamı belirlenmiş bir alan içerisinde elektrik ile ilgili değerlendirildiğinden, gaz izoleli trafo merkezlerinde bu tehlikeleri ortadan kaldırmak için alınan tedbirler de hava izoleli TM’lerde alınan tedbirlere benzer tedbirlerdir. Bu tedbirler içerisinde; tesisat iletkenlerinin yönetmeliklerde ve projede belirtilen kesitte ve standart değerde olması, koruma elemanlarının görev yapmasının sağlanması, kullanılan teçhizat ve cihazların işletme ve bakım talimatlarında belirtilen esaslar dâhilinde kullanılması ve bakımının yapılması gibi tedbirler yer almaktadır.

4.5.2. Risk düzeyleri ve dağılımı

Aşağıda verilen çizelgede gaz izoleli trafo merkezlerinin risk değerleri dağılımları yer almaktadır.



Şekil 4.1. Gaz izoleli trafo merkezinde risk değerlendirmesi dağılımı

Şekil 4.1.'de gaz izoleli trafo merkezinde risk değerlendirme tablosuna bakıldığında risk değerlerinin yüksek değerlerde (15-25 risk değeri arası) en yüksek oran olarak olduğu görülmektedir. Bu riskler “Kabul Edilemez Risk” kategorisindedir. Bu yüksek değere sahip riskler toplam risklerin %38’ini oluşturmaktadır. Orta risk değeri olan “Dikkate Değer Risk” kategorisinde sayılan riskleri ise (8 ile 14 risk değerleri arasında) toplam riskin %27’sini oluşturmaktadır. Bu risklere mümkün olduğu kadar çabuk müdahale edilmesi gerekmektedir. Düşük risk değeri olan “Kabul Edilebilir Risk” kategorisinde sayılan riskler ise toplam riskin %35 oluşturmaktadır. Bu riskler acil tedbir gerektirmeyen risklerdir.

Gaz izoleli trafo merkezleri elektrik tehlikesi ile çalışılan tesislerdir. Bu nedenle bu tesislerin risk değerlendirmesinde düşük risk değerlerde tehlikeler az sayıda iken (%35) orta ve yüksek risk değerlerinde olan tehlikeler (%75) çoğunluktadır. Risk değerlendirme Sonucunda “8” ve daha yüksek çıkan riskler için mutlaka bir Düzeltici Önleyici Faaliyet (DÖF) planlanmalıdır. Risk değerlendirme sonucunda ortaya çıkan her 8 puan ve üstü olan risklerle ilgili olarak aksiyonlar planlanmalıdır.

5. BULGULAR

İş sağlığı güvenliği uygulamaları iş ortamını bozan ciddi sorunlardır. Çalışanları zarar görmesine ve işletmelerin ve hatta ülkelerin maddi kayıplarına neden olmaktadır. İş kazaları önlenebilmektedir ve gerekli tedbirler alınarak zararlar azaltılabilmektedir ya da ortadan kaldırılabilmektedir. Türkiye’de de dünyada olduğu gibi iş kazalarının yoğun olarak görüldüğü riskli sektörler bulunmaktadır. Bazı sektörlerde de daha az kaza yaşanmasına rağmen kazalar ölümcüldür. Risklerin belirlenmesi iş kazaları ile mücadele etmenin ilk adımıdır. İş kazaları, güvenli olmayan hareket ve koşullardan kaynaklanan, ölümle, mal hasarıyla veya üretimin geçici olarak durmasıyla sonuçlanan, çoğunlukla uygun önlemlerle önlenebilen, kasıtsız ve beklenmedik olaylardır (Ceylan vd., 2022, pp. 32-34).

Trafo merkezlerinde alınan iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinden bir tanesi ve belki de en önemlisi topraklamadır. Hem hava izoleli hem de gaz izoleli trafo merkezlerinde benzer topraklama uygulamaları mevcuttur. Topraklama; işletme topraklaması ve koruma topraklaması olarak ikiye ayrılmaktadır. Ayırıcılar trafo merkezlerinde yüksüz devreleri gerilim altında açıp kapatmaya yarayan basit kesme araçlarıdır. Trafo merkezlerinde; hat ayırıcısı, bara ayırıcısı, toprak ayırıcısı ve bara bölümleyici ayırıcıları bulunmaktadır. Ayırıcıların da gerilim kesmede kontaklarını koruyan ekipmanlar bulunmaktadır. Bunlar yardımcı kontaklar ve ark boynuzlarıdır. Trafo merkezlerinde her türlü yük altında açma ve kapama işlemi gerçekleştiren ekipmana kesici denmektedir. Kesiciler ark söndürme prosedürlerine göre; havalı kesiciler, tam yağlı kesiciler, az yağlı kesiciler ve SF6 gazlı kesiciler olmak üzere dört sınıftır. Trafo merkezlerinde bir de izolatörler bulunmaktadır. İletkenleri taşımaya ve toprakla direği iletkenlere karşı izole etmeye yaramaktadır. Prafudrlar ve sigortalar da iş sağlığı ve güvenliği ekipmanı olarak trafo merkezlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca trafo merkezlerinde açık alanda kuşların konması ve/veya yuva yapmasına engel olmak için kullanılan kuşkonmazlar da bir iş sağlığı ve güvenliği önlemidir. Trafo merkezlerinde çeşitli istenmeyen durumlar nedeniyle oluşabilecek kısa devre durumlarının iş kazası oluşturmaya veya ekipman arızasına neden olmasına engel olmak için koruma röleleri kullanılmaktadır. Trafo merkezlerinde, iletkenlerde elektrik

yükünden dolayı oluşan sıcaklığı azaltmak için çeşitli yağlar (reçine, parafin, hidrokarbon yağlar) kullanılmaktadır. Bunun yanında elektrik enerjisini kontrol ve kumanda etmek için bara adı verilen bakır ve alüminyum iletkenler yer almaktadır. Tüm trafo merkezlerinde yüksek yangın riski bulunmaktadır. Bunun için bir yangından korunma sistemi ve yangın söndürme sistemi iş sağlığı ve güvenliği düzeneği olarak tesislerde bulunmaktadır (İncekara, 2008, pp. 18-30).

Hava ve gaz izoleli trafo merkezlerinde en önemli iş sağlığı güvenliği problemlerinden bir tanesi toprağa sızan en zararlı kirleticilerden biri olan mineral yağın kullanılmasıdır. Bu yağlar dağıtım/güç transformatörlerinde yalıtım görevi gören iyi bir malzeme olmasına rağmen, bazı çevresel tehlikeler ve emniyet problemleri yaratmaktadır (Özgönel vd., 2018, p. 8).

5.1. Hava İzoleli ve Gaz İzoleli Trafo Merkezlerinin Avantajları ve Dezavantajları

Elektriğin insanların gündelik hayatına girmesiyle elektrik üretim ve iletim tesislerine ihtiyaç duyulmuştur. Trafo merkezlerinin ilk ortaya çıkışı hava izoleli trafo merkezleriyle olmuştur. Nüfusun yoğunlaşmasıyla birlikte de kentleşmede artış yaşanmıştır. Hava izoleli trafo merkezleri genellikle büyük alanlara ve kırsala kurulmuşken, yüksek elektrik ihtiyacı kent içlerinde görülmüştür. Kent içerisindeki trafo merkezlerinin tehlikeleri ve açık alanının sınırlı olması nedeniyle başka tür bir izolasyon malzemesi araştırılmaya başlanmıştır. Bu araştırma sonucunda SF₆ gazını kullanan gaz izoleli trafo merkezleri meydana gelmiştir. Hava izoleli ve gaz izoleli trafo merkezlerinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Gaz izoleli trafo merkezlerinde yaşanabilecek bazı dezavantajlar (Talukdar & Bharadwaj, 2016, pp. 15-20);

- Devre Kesici: Her devre kesicinin içerisinde mikro şalter bulunmaktadır, bu mikro şalterde yay takılı olup çeşitli sebeplerden dolayı zarar görebilmektedir. Bu sorunların üstesinden gelmek için yayın zamanında değiştirilmesi gerekmektedir.
- Sıcaklığın Etkisi: Temas eden iki oda arasında gres ve sargılar mevcuttur. Sıcaklık etkisi nedeniyle gres eriyebilmektedir, bu da siyah lekeler oluşturabilmektedir ve ayrıca haznede basınç oluşmasına neden olabilmektedir. Bu sorun büyük sıkıntılara neden olabilmektedir. Bu nedenle sıcaklığın orta düzeyde tutulması gerekmektedir.

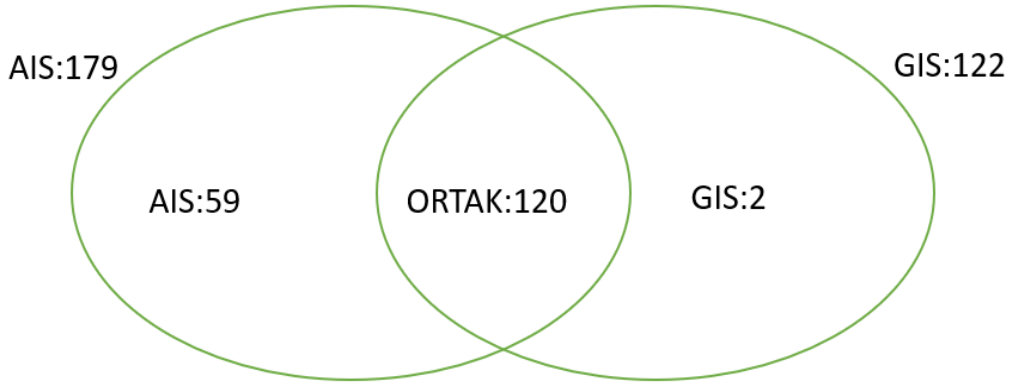
- SF6'nın Dezavantajı: SF6'nın CFC (Kloroflorokarbon Gazları) salınımına neden olan bir sera gazı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle doğrudan solunması sağlığa zararlıdır. Bu nedenle odadan SF6 sızıntısını durdurmak için dikkatli olunmalıdır. SF6 gazı çok maliyetlidir ve periyodik olarak değiştirilmesi gerekmektedir. Böylece SF6'nın dezavantajının üstesinden gelmek için gazı, ekonomik olması gereken ve çok yüksek kırılma voltajına ve yüksek dielektrik dayanıma sahip olması gereken diğer uygun gazlarla değiştirilebilmektedir.

Hava izoleli trafo merkeziyle karşılaştırıldığında Gaz izoleli trafo merkezlerinin birçok avantajı da bulunmaktadır (Ma, 2021, p. 24):

- Gaz izoleli trafo merkezlerinin arıza oranı geleneksel açık trafo merkezi ekipmanından bir kat daha düşüktür ve ekipmanın bakım döngüsü uzatılabilmektedir. 110 kV trafo merkezinin geleneksel bakım döngüsü genellikle yılda bir kez olmak üzere yaklaşık 3 yıldır; gaz izoleli trafo merkezinin revizyon döngüsü genellikle yaklaşık 10 yıl olmakla birlikte, en uzun 20~25 yıla kadar uzatılabilmektedir.
- Küçük hacimli, arazi kaynaklarından tasarruf sağlanmaktadır.
- Gaz izoleli trafo merkezlerinin ekipmanının kurulumu kolaydır. Genellikle fabrikada montajı yapıldıktan sonra doğrudan sahaya nakledilmektedir ve yeniden monte edilmesine gerek bulunmamaktadır. Gaz izoleli trafo merkezlerinin ekipmanlarının bu avantajları nedeniyle güç sistemindeki uygulamaları giderek daha yaygın hale gelmektedir.
- Gaz izoleli trafo merkezlerinin hava izoleli trafo merkezlerinden daha ekonomik olan tipik durumlar bulunmaktadır. Trafo merkezleri kırsal kesimlere ve sanayi bölgelerine inşa edilecekse, dağlık bölgelere inşa edilecekse, kıyı kesimlere inşa edilecekse, yeraltına inşa edilecekse ve şehrin ortasına inşa edilecekse estetik amaçlarla inşa edilecekse ve mobil taşınabilir trafo merkezlerinin inşa edileceği durumlarda GIS tercih edilmektedir (Boggs vd., 1985, p. 11).

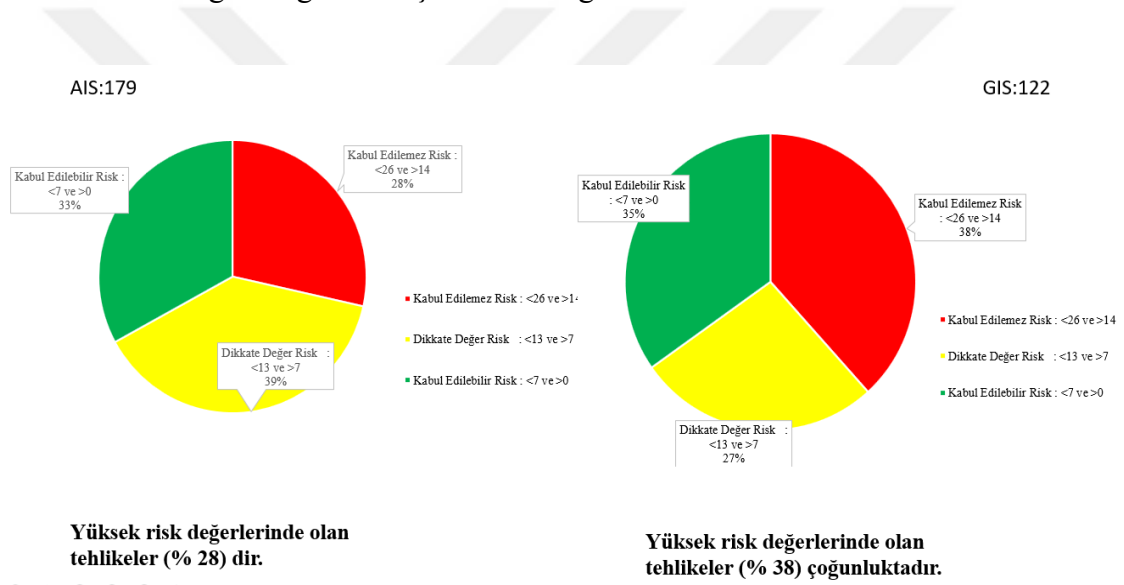
5.2. İstanbul Özelinde Hava İzoleli ve Gaz İzoleli Trafo Merkezlerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Karşılaştırılması

Hava izoleli TM'ler ile gaz izoleli TM'lerin risk değerlendirme tablolarına baktığımızda ve her iki tür trafo merkezinde bulunan tehlikeleri analiz ettiğimizde Şekil 5.1.'de bulunan karşılaştırma sonuçlanmıştır.



Şekil 0.1. AIS ve GIS’lerde tehlikeler dağılımı

TM’lerin risk değeri dağılımları şekil 5.2. de görülmektedir.



Şekil 0.2. AIS ve GIS risk değerleri dağılımları

Risk değerlerinin karşılaştırılması;

- Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı tehlikeleri
- Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek hesaplanmış tehlikeler
- Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha düşük hesaplanmış tehlikeler
- Gaz izoleli trafo merkezlerinde bulunup hava izoleli trafo merkezlerinde bulunmayan tehlikeler

başlıkları altında aşağıda değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.1. de hava izoleli trafo merkezlerinin risk değerlendirme çizelgelerinde bulup gaz izoleli trafo merkezlerinin risk değerlendirme çizelgelerinde bulunmayan 59 tehlike

yer almaktadır. Hava izoleli trafo merkezlerinin iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları açısından gaz izoleli trafo merkezleri ile en önemli farklılaşması bu doğrultuda tespit edilmiştir.

Çizelge 0.1. Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı tehlikeler (AIS’lerde bulunup GIS’lerde bulunmayan)

No	Tehlike	Risk	Değer
50	İki ana bara transfer sistemlerde OG hat fiderleri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
51	İki ana bara transfer sistemlerde OG hat fiderleri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
52	İki ana bara transfer sistemlerde OG Fideri transfere alama manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
53	İki ana bara transfer sistemlerde transferde olan OG Fiderinin normal işletme şartlarına getirilme manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
82	İki ana bara transfer sistemlerde bara resktör fiderinin servisten çıkarılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
137	Açık Şalt kesicilerde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	25
157	Çift bara transferli sistemlerde OG hat fideri hücrelerinde çalışma demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	25

Çizelge 5.1. Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı tehlikeler (AIS’lerde bulunup GIS’lerde bulunmayan) (devamı)

158	Çift bara transferli sistemlerde OG bara giriş fideri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İř Kazası/Meslek hastalığı	25
79	İki ana bara transfer sistemlerde YG hat fideri kapatma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İř kazası oluşması	20
80	İki ana bara transfer sistemlerde YG fideri transfere alma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İř kazası oluşması	20
81	İki ana bara transfer sistemlerde transferde olan YG fiderin normal işletme şartlarına getirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İř kazası oluşması	20
83	İki ana bara transfer sistemlerde bara reaktör fiderinin servise alınması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İř kazası oluşması	20
65	Açık şalta girişlerde ark, patlama ve yanma	Yangın ve patlama yaşanması	16
71	Açık şalt YG teçhizatı işletme kontrolleri kapsamında oto trafoları, güç trafoları ve YG teçhizatı işletme kontrolleri sırasında hatalı işlemler	İř kazası oluşması	16
48	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG fideri transfere alma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İř kazası oluşması	15
69	TM açık şalt fider kilitleme sistemleri sırasında is kazası riski	İř kazası oluşması	15

Çizelge 5.1. Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı tehlikeler (AIS’lerde bulunup GIS’lerde bulunmayan) (devamı)

84	TM iki ana bara transfer sistemlerde hat reaktör fiderinin servisten çıkarılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	15
133	TM açık şalt güç trafosu-reaktörü arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
134	TM açık şalt ölçü trafolarında demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
135	TM açık şalt parafudrlarda demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
136	TM açık şalt ayırıcılarda demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
145	TM açık şalt mesnet izolatörlerinde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
146	TM açık şalt treplerde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
159	Çift bara transferli sistemlerde OG kuplaj fideri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
160	Çift bara transferli sistemlerde OG transfer fideri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	15

Çizelge 5.1. Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı tehlikeler (AIS’lerde bulunup GIS’lerde bulunmayan) (devamı)

7	TM tüm çalışma alanlarında TM’nin açık şalt sahasında kanal kapaklarının kırık olması	Kırılmış kanal kapaklarına çalışanların ayaklarının girmesi	12
18	TM’lerde tahta parçası, metal, ot batması	Batma sonucu yaralanma ve tetanos tehlikesi	12
49	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG trafo fiderinin normal işletme şartlarına getirilmesi manevra sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
67	TM açık şalt sahasında düşme, çarpma, takılma, kayma	İş kazası oluşması	12
68	TM açık şalt sahasında fider, bara, kesici, ayırıcı, faz isimleri, numaraların eksikliği	İş kazası oluşması	12
70	TM açık şalt açma manevrası öncesi yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
78	TM iki ana bara transfer sistemlerde YG hat fideri açma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	12
130	TM açık şaltta teçhizatın durumu	İş Kazası/Meslek hastalığı	12
66	TM açık şalt sahası zemini	İş kazası oluşması	10
128	TM açık şalt girişlerinde ark, patlama ve yanma	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
129	TM açık şaltta şalt sahası zemininden kaynaklı riskler	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
131	TM açık şaltta yüksekte çalışma	İş Kazası/Meslek hastalığı	10

Çizelge 5.1. Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı tehlikeler (AIS’lerde bulunup GIS’lerde bulunmayan) (devamı)

138	TM açık şaltta şönt kapasitörlerde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
141	TM açık şaltta nötr direnci demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
161	TM çift bara transferli sistemlerde OG ölçü fiderleri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
162	TM çift bara transferli sistemlerde yardımcı servis trafosu hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
6	TM’nin açık alanında yanıcı ve kuru otların bulunması	Açık alanda kuru otlar nedeniyle yangın oluşması	9
12	TM’lerde jeneratörün çalışmaması	Aydınlatma sisteminin çalışmaması	9
4	TM kumanda odasının tabanında yıpranma	Yıpranma sonucu tabanda kalkma	8
8	TM’lerin kapalı şaltların altında su sızıntısı sonucu su birikmesi	Su basması sonucu binaya ve ekipmana zarar vermesi	8
9	TM’lerde dışa açılan kapılarda panik bar olmaması	Personelin dışarıya çıkamaması	8
85	TM iki ana bara transfer sistemlerinde hat reaktör fiderinin servise alınması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	8

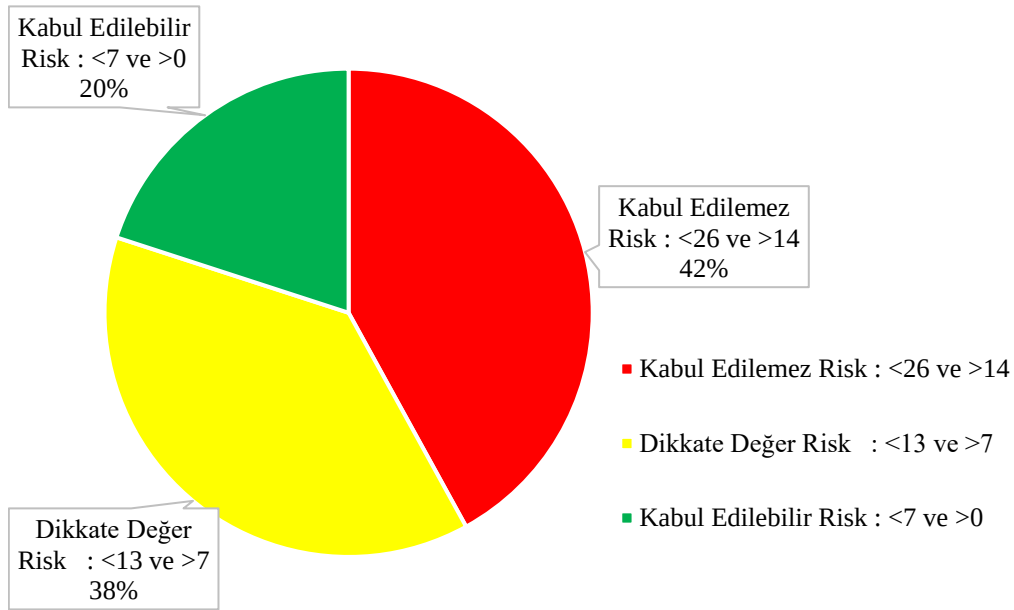
Çizelge 5.1. Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı tehlikeler (AIS’lerde bulunup GIS’lerde bulunmayan) (devamı)

5	TM ve acil çıkış kapılarında yönlendirme levhalarının yıpranması	Çalışanların yangın ve deprem anında dışarı çıkamaması	6
132	TM açık şaltta trafo-reaktör yağ tasfiyesi	İş Kazası/Meslek hastalığı	6
11	TM’de trafik kazası	İş makinalarıyla çalışırken kazaya maruz kalma	5
139	Trafo merkezi açık şalt seri kapasitörlerde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
140	Trafo merkezi açık şalt seri kapasitörler demontaj / montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
142	TM açık şalt baralarda demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
143	TM kompresör sistemlerinde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
163	TM çift bara transferli sistemlerde Şönt kapasitör fideri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
173	Atölye ve trafo merkezinde torna/tesfiye işlerinde elektrığe çarpılma, makinalarla çalışma	İş Kazası/Meslek hastalığı	5
21	TM’lerde el aletlerinin kullanımı	El aletlerinin tehlikelerine maruz kalma	4

Çizelge 5.1. Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı tehlikeler (AIS’lerde bulunup GIS’lerde bulunmayan) (devamı)

147	TM açık şalt Aydınlatma sisteminde demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	4
15	TM iklim şartları ve hava koşulları	İklim şartları ve olumsuz hava koşullarından etkilenme	2

Şekil 5.3.’te hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı olan 59 adet olan tehlikelerin risk değerlerinin dağılımı görülmektedir. Bu dağılımdan görüldüğü üzere hava izoleli trafo merkezlerinde riskler daha çok yüksek değerlerde yoğunlaşmaktadır.



Şekil 0.3. Hava izoleli trafo merkezlerinin gaz izoleli trafo merkezlerinden farklı olan tehlikelerin dağılımı

Çizelge 5.2.’te yer alan tehlikeler hava izoleli trafo merkezlerinde değerlendirilirken daha düşük risk değerinde çıkmış 36 adet tehlikelerdir.

Çizelge 0.2. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek hesaplanmış tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
10	Trafik kazasına maruz kalma	Yaralanma UzuV Kaybı Ölüm	25
43	TM tek baralı sistemlerde OG trafo fideri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
44	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG hat fideri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
46	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG trafo fideri açma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
47	TM tek baralı kuplaj sistemlerde OG trafo fideri kapatma manevrası sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
63	TM kapalı şalt temizlik sırasında yanlış veya hatalı hareketler	İş kazası oluşması	25
64	TM kapalı şalt OG metal clad hücrelerde manevra sırasında yanlış ve hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
72	TM iki ana bara sistemlerde YG hat fiderini açma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
73	TM iki ana bara sistemlerde YG hat fideri kapatma manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
74	TM iki ana bara sistemlerde YG kuplaj üzerinden baraların birleştirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25

Çizelge 5.2. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek hesaplanmış tehlikeler
(devamı)

75	TM iki ana bara sistemlerde YG kuplaj üzerinden birleştirilen baraları ayrılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
76	TM iki ana bara sistemlerde YG kuplaj üzerinden baraların birleştirilmesi ve bir baranın boşaltılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
77	TM iki ana bara sistemlerde bir YG fiderin bir bardan diğerine aktarılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
86	TM'lerde tüm tesis çalışmalarıyla ilgili eğitim eksikliği	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	25
117	TM tüm çalışma alanlarında eğitim eksikliği	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	25
118	TM tüm çalışma alanlarında iletişim ve koordinasyon eksikliği	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	25
150	TM kapalı şaltta yanlışlıkla enerjili hücreye grime	İş Kazası/Meslek hastalığı	25
87	TM tüm tesis çalışmalarında iletişim ve koordinasyon eksikliği	İş kazası/Meslek hastalığı oluşması	20
152	TM tek baralı sistemlerde OG bara giriş fideri hücrelerinde çalışmada demontaj/montaj, arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	20
27	TM'lerinde kumanda-role-elektronik odasında bulunan AC ve DC Panolar	AC ve DC panolarından kaynaklı riskler	15

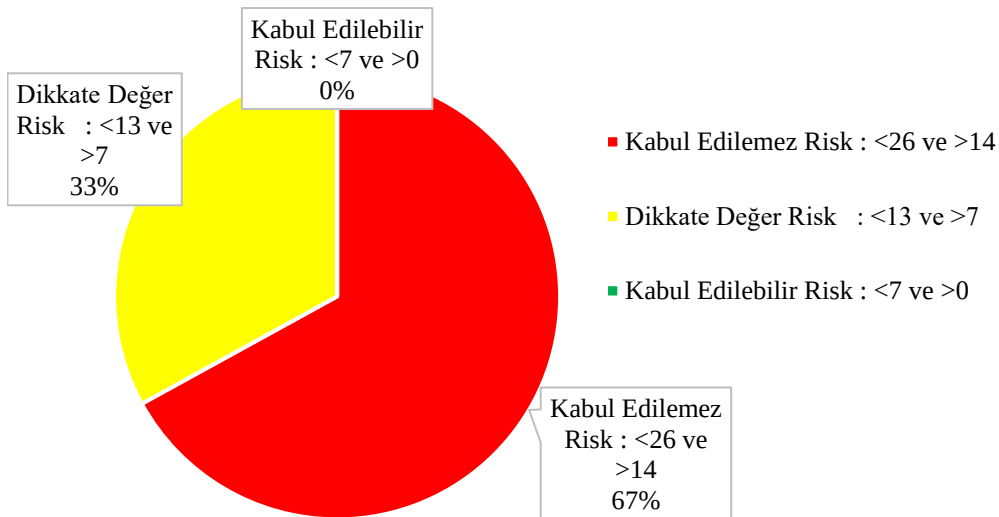
Çizelge 5.2. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek hesaplanmış tehlikeler
(devamı)

28	TM'lerinde kumanda odasında düşme, çarpma, takılma kaynaklı	Kumanda odasında iş kazasına maruz kalma	15
120	Tüm çalışma alanlarında KKD malzemesi temin edilmemesi ve kullanılmaması	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
121	Tüm çalışma alanlarında iş güvenliği malzemelerinin ve tehlike uyarı levhalarının temin edilmemesi ve kullanılmaması	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
175	Atölye, TM ve ambarlarda elle malzeme taşınması	İş Kazası/Meslek hastalığı	15
23	TM'de yangın söndürme sistemleri ve yangın söndürme tüplerinin bakımsızlığı ve kullanım hataları	TM de yangın riski	12
25	TM'lerde vardiya devir teslim sırasında eksik bilgi aktarımı	Bilgi eksikliği sonucu iş kazası riski	12
26	TM'lerde kanal kapakları	Kanal kapaklarından kaynaklı riskler	12
32	TM'lerde akü odasının elektrik aydınlatmasının exproof olmaması	Asit buharı nedeniyle yangın oluşması	12
102	TM ve kumanda odasında aydınlatma yetersizliği	Gözlerde kamaşma, yanma /iş kazası	12
125	Tüm çalışma alanlarında el aletleri kazaları	İş Kazası / Meslek Hastalığı Riski	12
123	Tüm çalışma alanları sürünge, kemirgen ve böcek ısırıkları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
124	Tüm çalışma alanları terör ve sabotaj riski	İş Kazası/Meslek hastalığı	10

Çizelge 5.2. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek hesaplanmış tehlikeler (devamı)

144	TM topraklama sistemi demontaj/montaj arıza ve bakım çalışmaları	İş Kazası/Meslek hastalığı	10
3	TM iletişim ve koordinasyon eksikliği	Çalışan, işveren-işveren vekili, yönetim arasındaki iletişim eksikliği sonucu bilgi eksikliği	8
105	TM akü odası taban ve duvarların yanmaz ve fayans olmaması, dökülmesi	Aküden asit sızması, yere yayılması, yangın, patlama	8
122	Tüm çalışma alanları iklim şartları ve hava koşulları	İş Kazası/Meslek Hastalığı Riski	8

Şekil 5.4.'te gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek hesaplanmış 36 adet olan tehlikelerin dağılımı yer almaktadır. Risk değerine bakıldığında gaz izoleli trafo merkezlerinde tehlikelerin daha çok yüksek risk değerlerinde, “Kabul Edilemez Risk” kategorisinde yoğunlaştığı görülmektedir.



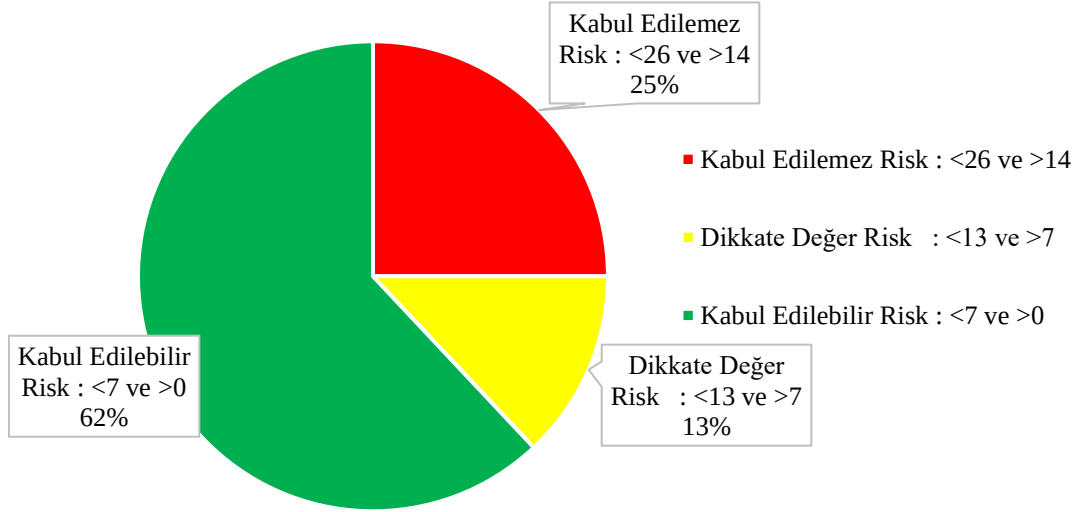
Şekil 0.4. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek hesaplanmış tehlikelerin dağılımı

Çizelge 5.3.’te yer alan risk değeri artmış 8 adet olan tehlikeler hava izoleli trafo merkezlerinde değerlendirilirken daha yüksek risk değerinde çıkmış tehlikelerdir.

Çizelge 0.3. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha düşük hesaplanmış tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
37	TM Hücre kapı kilitlemeleri sırasında enerjili hücreye girme ve elektrik enerjisine maruz kalma	Elektrik çarpma riski	15
38	TM OG açma manevrası öncesi işlemlerde manevra öncesi yanlış veya hatalı işler	İş kazası riski	15
34	TM kapalı şalt giriş ve çıkış hücrelerinde ark, patlama ve yanma	İş kazası riski	12
31	TM akü odasının taban ve duvarlarında asit birikmesi	Asit birikmesi nedeniyle yangın çıkması	6
20	TM’lerde terör ve sabotaj	Terör ve sabotaj olayları sonucu trafo merkezi ve çalışanlarının zarar görmesi	5
22	TM’lerinin hatalı tesisi ya da bakımsızlığı	TM’nin yetersizliği sonucu çalışanlarının ve TM’nin zarar görmesi	5
13	TM’ler için kişisel koruyucu malzeme temin edilmemesi ve kullanılmaması	KKD eksikliği sonucu iş kazasına maruz kalınması	1
16	TM’de uygun olmayan aydınlatma	Yetersiz aydınlatma sonucu iş kazasına maruz kalma	1

Şekil 5.5.’te gaz izoleli trafo merkezlerinde daha düşük hesaplanmış 8 adet olan tehlikelerin dağılımı yer almaktadır. Risk değerine bakıldığında gaz izoleli trafo merkezlerinde tehlikelerin daha düşük risk değerlerinde, “Kabul Edilebilir Risk” kategorisinde yoğunlaştığı görülmektedir.



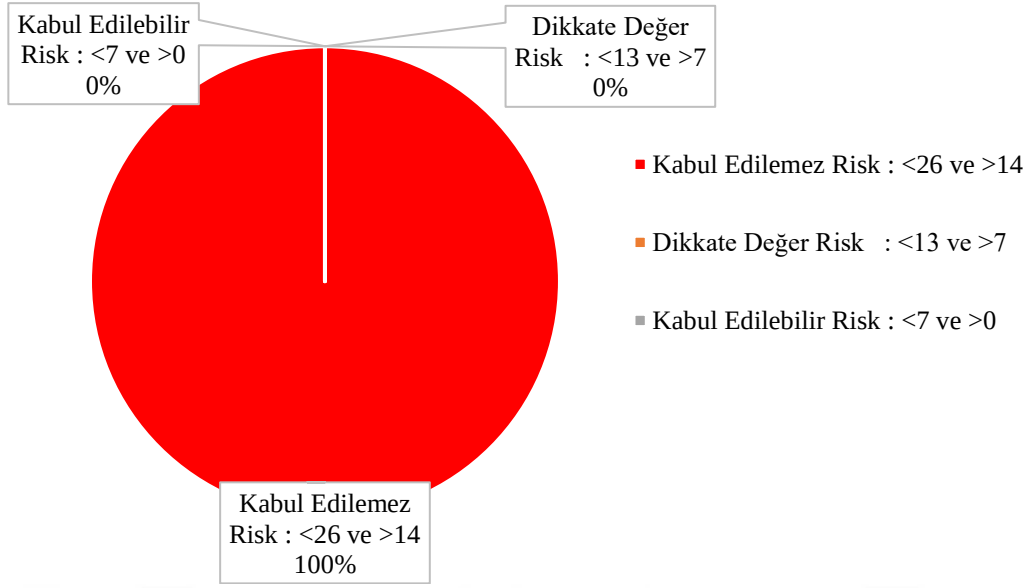
Şekil 0.5. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha düşük hesaplanmış tehlikelerin dağılımı

Çizelge 5.4.’te yer alan 2 adet olan tehlikeler hava izoleli trafo merkezlerinin risk değerlendirme tablosunda olmayıp gaz izoleli trafo merkezlerinin risk değerlendirme tablosunda yer almaktadır.

Çizelge 0.4. Gaz izoleli trafo merkezlerinde bulunup hava izoleli trafo merkezlerinde bulunmayan tehlikeler

No	Tehlike	Risk	Değer
180	TM kapalı şalt OG baranın bölümleyici hücrelerinde baranın ayrılması manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş kazası oluşması	25
181	TM kapalı şalt OG baranın bölümleyici hücrelerinde baranın birleştirilmesi manevrası sırasında yanlış veya hatalı işlemler	İş Kazası/Meslek hastalığı	25

Şekil 5.6.’t hava izoleli trafo merkezlerinde olmayıp gaz izoleli trafo merkezlerinde olan tehlikelerin dağılımı yer almaktadır. Risk değerine bakıldığında gaz izoleli trafo merkezlerinde tehlikelerin tümü “Kabul Edilemez Risk” kategorisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 0.6. Gaz izoleli trafo merkezlerinde bulunup hava izoleli trafo merkezlerinde bulunmayan tehlikelerin dağılımı

6. SONUÇ

Hava izoleli trafo merkezlerinin risk değerlendirme tablosu 179 adet tehlike oluşmaktadır. GIS’te olmayan 59 ve AIS’te olmayan 2 tehlike bulunmaktadır. Gaz izoleli trafo merkezinde bulunan toplam tehlikeler ise 122’dir.

Gaz izoleli trafo merkezlerinde hava izoleli trafo merkezlerindeki risk değerlendirme tablolarında ortak 120 tehlike bulunmaktadır. Hava izoleli trafo merkezleri ile gaz izoleli trafo merkezlerinin risk değerlendirme tabloları içerdiği tehlikeler açısından yaklaşık %32 farklılaşmaktadır.

Hava izoleli trafo merkezlerinde 59 adet tehlike farklılaşmaktadır. Hava izoleli trafo merkezlerinde riskler daha çok yüksek değerlerde yoğunlaşmaktadır. Bu alandaki riskler şalt sahasının açık olduğundan ve izolasyon sisteminin hava olduğundan dolayı açık alanda yapılan manevraların tehlikelerinden kaynaklanan risklerdir. Bu nedenle hava izoleli trafo merkezlerinin risk değerlendirmesinde açık şaltta yaklaşma mesafelerinin ve topraklama sisteminin önemi büyüktür.

Şekil 5.4. gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek hesaplanmış tehlikelerin dağılımına baktığımızda Çizelge 5.2 yer alan risk değerlerindeki artış (hava izoleli trafo merkezlerinin risk değerlendirmesindeki risk değerlerinden) ortak olan tehlikelerin yaklaşık %30’u ve 36 adet tir. “Kabul edilemez risk değerinde” olan 24 tehlike ve “Dikkate Değer Risk” değerinde olan 12 tehlike bulunmaktadır. Risk değerine bakıldığında gaz izoleli trafo merkezlerinde tehlikelerin daha çok yüksek risk değerlerinde, “Kabul Edilemez Risk” kategorisinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu trafo merkezlerin kapalı alanda olması ve hava izoleli trafo merkezlerine nazaran daha dar alanda tasarlanmış olması nedeniyle tehlikelerin risk değerlerini arttırdığı düşünülmektedir. Hava izoleli trafo merkezlerinde ve gaz izoleli trafo merkezlerinde ortak olarak bulunan malzeme ve ekipmanın tehlikelerinin yer aldığı bu çizelgede bulunan 36 tehlikenin risk değerinin gaz izoleli trafo merkezlerinde daha yüksek çıkması gaz izoleli trafo merkezlerin birleşik ve kapalı yapısı nedeniyle olabilir. Gaz izoleli trafo merkezlerinin şehrin nüfus yoğun bölgelerinde yer alması da risk değerindeki artışın nedeni olabilir.

Şekil 5.5. Gaz izoleli trafo merkezlerinde daha düşük hesaplanmış tehlikelerin dağılımına baktığımızda Çizelge 5.3.te yer alan risk değerlerindeki azalış ise (hava izoleli trafo merkezlerinin risk değerlendirmesindeki risk değerlerinden) ortak olan tehlikelerin yaklaşık %6 ve 8 adettir. Risk değeri dağılımına bakıldığında “Kabul Edilemez Risk” 2 adet, “Dikkate Değer Risk” 1 adet ve “Kabul Edilebilir Risk” 5 adet olduğu görülmektedir. Gaz izoleli trafo merkezlerinde tehlikelerin daha düşük risk değerlerinde, “Kabul Edilebilir Risk” kategorisinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu trafo merkezlerinin kapalı alanda olması ve hava izoleli trafo merkezlerinin açık şalt olarak tasarlanmış olması nedeniyle tehlikelerin hava izoleli trafo merkezlerinde artışı düşünülmektedir.

Şekil 6.6. Gaz izoleli trafo merkezlerinde bulunup hava izoleli trafo merkezlerinde bulunmayan tehlikelerin dağılımına bakıldığında, gaz izoleli trafo merkezlerinde 2 adet olan tehlikelerin tümü “Kabul Edilemez Risk” kategorisinde olduğu görülmektedir. Bu trafo merkezlerin kapalı alanda olması ve hava izoleli trafo merkezlerinden farklı ekipmanlar kullanılması bu tehlikelerin oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Araştırmanın temel sorusu hava izoleli trafo merkezleri ile gaz izoleli trafo merkezleri arasında iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları bağlamında fark olup olmadığıdır. Bu doğrultuda araştırmanın hipotezi de “hava izoleli trafo merkezleri ile gaz izoleli trafo merkezleri arasında iş sağlığı ve güvenliği açısından uygulama farklılıkları bulunmaktadır” şeklindedir.

Araştırma gerçekleştirilirken hava izoleli ve gaz izoleli trafo merkezlerinin farklılıklarına yoğunlaşan literatürün azlığı bir kısıt yaratmıştır. İşletmelerin verilerinin gizliliği ve iş kazalarını açıklamak istememeleri sonucunda farklılaşan tehlikelere karşılaştırmalı analiz ile ulaşılabileceği düşünülerek bu yöntem tercih edilmiştir. Araştırma sırasında hava izoleli trafo merkezlerinin ve gaz izoleli trafo merkezlerinin iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarıyla (özellikle risk değerlendirmenin yapılması) aynı şirketin ilgilendiği ve farklılıklara vurgu yapmadıkları tespit edilmiştir.

Öneriler:

Trafo merkezlerinde iş kazalarının daha az yaşanması için alınması gereken tedbirler bulunmaktadır. Bu doğrultuda risk değerlendirmeye yönelik olarak alınması gereken tedbirlerden bazıları aşağıdaki listede yer almaktadır (substation-safety.com, E.T 04.04.2024);

- Çevre alanının güvenli hale getirilmesi,
- Ziyaretçi erişiminin kısıtlanması ya da yasaklanması,
- Araç trafiğinin izlenmesi ve yönlendirilmesi,
- Ekipman depolanmasının yasaklanması,
- Pil depolarının güvenli hale getirilmesi,
- Emniyet ekipmanlarının sağlanması,
- Personelin eğitimi,
- Güvenlik ekipmanının kurulması.

İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınırken personele eğitim verilmelidir. Verilecek eğitimin içeriği aşağıdaki konuları içerecek şekilde düzenlenirse iş kazalarının gerçekleşmesi engellenebilecektir. Söz konusu eğitimler; işyerine özel tehditlerle ilgili emniyet konuları, iş yeri emniyet ekipmanının doğru kullanımı, tehlikelerin risk değerleriyle ilgili konular, enerjisi boşaltılmış cihazlara da dokunulmaması ile ilgili uyarılar, rutin denetimlerin cihaz ve bölge bazlı tanıtımı, uzaktan gerçekleştirilecek operasyonların tanıtımı, emniyetli ve uygun giysilerin operasyonlarda kullanılacak şekilde hazırlanması/kullanımı, koordinasyon ve acil durum senaryoları olarak sayılabilir.



KAYNAKLAR

- Aioboman, A. E.,** (2022). Reliability Assessment of Power System Network: A Detailed Review, *International Journal of Engineering Technologies*, IJET, Vol.7, No: 4.
- Aranda, F. C., Sierra, R. G., Piamba, A. F. C., Gil, L. M. L.,** (2022). An Algorithm for Estimation of SF6 Leakage on Power Substation Assets, *Algorithms*, Vol. 15, No. 2.
- Bio, M., J.,** (2012). Air-Insulated Substations: Bus/Switching Configurations, *The Electric Power Engineering Handbook*, Üçüncü Basım, Editör: McDonald, John, D., CRC Press, New York, ISBN: 978-1-4398-5639-0, ss.42-49.
- Boggs, S. A., Chu, F. Y., Fujimoto, M.,** (1985). *Gas Insulated Substations, Technology and Practice*, Pergamon Press, Toronto.
- Bolin, P.,** (2012). Gas Insulated Substations, Electric Power Substations Engineering, *The Electric Power Engineering Handbook*, Üçüncü Basım, Editör: McDonald, John, D., CRC Press, New York, ISBN: 978-1-4398-5639-0, ss.22-41.
- Burke, J., Sahazizian, A. M.,** (2012). How a Substation Happens, Electric Power Substations Engineering, *The Electric Power Engineering Handbook*, Üçüncü Basım, Editör: McDonald, John, D., CRC Press, New York, ISBN: 978-1-4398-5639-0, ss.14-21.
- Ceylan, H., Kaplan, A., Bekar, M.,** (2022). High-Risky Sectors in Terms of Work Accidents in Turkey, *International Journal of Engineering Research and Development*, Cilt 14, Sayı 1.
- Dhakal, P., Sachdev, M.S.,** (1995). A Computer-based Substation Switching Scheme, *IEEE Wescanex, 95 Proceeding*, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=493940>.
- Dimopoulos, A., Griffiths, H., Harid, N., Haddad, A., Ainsley, A., Guo, D., Mpofo G.,** (2012). Proposal for Probabilistic Risk Assessment in Grounding Systems and Its Application to Transmission Substations, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 27, No. 4, October 2012.
- Forrester, R.** (2019). *History of Electricity*, New York: History of Science and Technology.
- Giegel, D., Koch, H., Becker, G., Grossman, P., Patel, P.,** (2022). Basic Information, *Gas Insulated Substations*, İkinci Basım, Editör: Koch, H., J., Wiley, New Jersey, ISBN: 978-1-1196-2359-5, ss.21-152.

- Goetsch, D. L.,** (2015). *Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers and Managers*, Eight Edition, Global Edition, Pearson.
- Graber, L.,** (2011). Improving the Accuracy of SF6 Leakage Detection for High Voltage Switchgear," in *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 18, No. 6, ss.1835–1846, doi: 10.1109/TDEI.2011.6118621.
- Grossman, P., Koch, H.,** (2022). Alternative Gasses to SF6, *Gas Insulated Substations*, İkinci Basım, Editör: Koch, H., J., Wiley, New Jersey, ISBN: 978-1-1196-2359-5, ss.105-125.
- Harris, D. L., Childress, D.,** (2012). *High-Voltage Switching Equipment, The Electric Power Engineering Handbook*, Üçüncü Basım, Editör: McDonald, John, D., CRC Press, New York, ISBN: 978-1-4398-5639-0, ss.50-75.
- Hasibar R. M., Legate A. C., Brunke J., Peterson W. G.,** (1981). The Application of High-Speed Grounding Switches for Single-Pole Reclosing on 500 kV Power Systems, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS–100, no. 4, ss. 1512–1515.
- He, J., Zeng, R., Gao, Y., Tu, Y., Sun, W., Zou, J., Guan, Z.,** (2003). Seasonal Influences on Safety of Substation Grounding System, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 18, No. 3, July.
- İncekara, N. G.,** (2008). *Yüksek ve Orta Gerilim İletiminde İş Sağlığı ve Güvenliği Sorunları ve Çözüm Önerileri*, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Kadechkar, A., Riba, J-R., Moreno-Eguilaz, M., Pérez, J.,** (2020). SmartConnector: A Self-Powered IoT Solution to Ease Predictive Maintenance in Substations, *IEEE Sensors Journal*, Vol. 20, No. 19, October 1, 2020.
- Kawakita, K.,** (2019). *Substations*, CIGRE Green Books, Krieg, T., Finn, J., (Editörler), Springer Nature, https://doi.org/10.1007/978-3-319-49574-3_10, ss.143-148.
- Kitak, P., Belak, L., Pihler, J., Ribic, J.,** (2021). Maintenance Management of a Transmission Substation with Optimization, *Applied Science*, 11, 11806.
- Koch, H., Brunke, J.,** (2022). Introduction, *Gas Insulated Substations*, İkinci Basım, Editör: Koch, H., J., Wiley, New Jersey, ISBN: 978-1-1196-2359-5, ss.1-21.
- Koch, H., Brunke, J., Borgess, J.,** (2014). Basic Information, *Gas Insulated Substation*, Editör: Koch, H., New Jersey, IEEE Press, Wiley, United Kingdom, ss.18-113.
- Koch, H., Kosse, M., Becker, G., Kuschel, M., Heck, A., Helbig, D., Riechert, U.,** (2022), Advanced Technologies, *Gas Insulated Substations*, İkinci Basım, Editör: Koch, H., J., Wiley, New Jersey, ISBN: 978-1-1196-2359-5, ss.525-596.

- Korpinen, L., Paakkönen, R.,** (2015). Examples of Occupational Exposure to Electric and Magnetic Fields at 110-kV Gas-Insulated Substations (GISs), *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 163, No. 3.
- Latif, B., M., Abbas, W., Masood, B.,** (2010). Comparision of Gas Insulated Substation over Air Insulated Substation, *Vision and Framework*.
- Liu, C-H., Palanisamy, S., Chen, S-M., Wu, P-S., Yao, L., Luo, B-S.,** (2015). Mechanism of Formation of SF₆ Decomposition Gas Products and its Identification by GC-MS and Electrochemical Methods: A Mini Review, *International Journal of Electrochemical Science*, Volume 10, ss.4223-4231.
- Liu, W., Wang, X., Ye, P., Jiang, L., Feng, R.,** (2023). Safety Accident Analysis of Power Transmission and Substation Projects Based on Association Rule Mining, *Environmental Science and Pollution Research*, <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28329-8>.
- Luo, B.-B., Xiao, Q., Wang, C.,** (2019). Research on Application of Intelligent Operation and Maintenance in Conventional Substations, *IEEE Sustainable Power and Energy Conference (ISPEC)*, Beijing, China, 2019, ss. 740-743.
- Ma, Y.,** (2021). Analysis of Common Faults in Gas Insulated Substation, *Journal of Physics: Conference Series*, Sayı 1865, Doi:10.1088/1742-6569/1895/022055.
- Mia, W., Tianshu, H., Bo, L., Guobin, L., Bo, L., Liu, W., Chenyang, L., Xinyu, L., Qinghao, W., Yanjun, P., Chunwei, G., Ning, W.,** (2016). Research on Universal SF₆ Gaz Sampling Interface Device, *4th International Conference on Machinery, Materials and Computing Technology (ICMMCT 2016)*, ss.1419-1424.
- Nagpal, M., Hadzimohavic, K., Barone, R., Calero, F., Chowdhury, R.,** (2023). Catastrophic Breaker Failures Due to Missing Current Zero-Crossing in Highly Shunt-Compensated 500 kV Lines-Point on Wave, Reclosing, and Protection Considerations, *Presented at the 50th Annual Western Protective Relay Conference*, Washington.
- Novev, M.,** (2022). Comparision High Voltage and Medium Voltage AIS, *Gas Insulated Substations*, İkinci Basım, Editör: Koch, H., J., Wiley, New Jersey, ISBN: 978-1-1196-2359-5, ss.125-210.
- Özgönenel, O., Thomas, D.,** (2017). Modeling and Simulation of 2.5 MVA SF₆-Gas-Insulated Transformer, *Turkish Journal of Electical Engineering and Computer Sciences*, Sayı 25, Doi:10.3906/elk-1603.108.
- Özgönenel, O., Thomas, D., Kurt, Ü.,** (2018). SF₆ Gas-Insulated 50 kVA Distribution Transformer Design, *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, Sayı 26, Doi:10.3906/elk-1708.28.

Pasulescu, D., Fita, N. D., Grigorie, E., Popescu, F. G., Handra, A. D., (2021). Risk Assessment in Terms of OHS for Critical Power Infrastructures in Context of Industrial Safety, *MATEC Web of Conferences*, 343, 10020.

Pustu, M., (2016). Güç Transformatörleri ve Saha Testleri, Mattek Matbaacılık, Ankara, Genişletilmiş 2. Baskı, ISBN:978-605-01-0818-7

Pirkkalainen, H., Heiskanen, T., Tonteri, J., Elovaara, J., Mika, P., Korpinen, L., (2017). Measuring Occupational Exposure to Extremely Low-Frequency Electric Fields at 220 kV Substations, *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 176, No. 4, pp. 400–403.

Rocha, V. M., Delabrida, S., (2021). Augmented Reality Applied to Reducing Risk in Work Safety in Electric Substitutions, ICEIS 2021, *23rd Conference on Enterprise Information Systems*, Volume 2, ISBN: 978–989–758–509–8.

Talukdar, B., K., Bharadwaj, S., (2016). A Study on Gas Insulated Substation with Reference to 220/33kV GIS, Khanapara, *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, Vol. 5, Issue 6, June 2016, ss.4672–4676.

Wartmann, S., Harnisch, J., (2005). Reductions of SF6 Emissions from High and Medium Voltage Electrical Equipment in Europe, *Final Report to CAPIEL*, https://www.voltimum.it/sites/www.voltimum.it/files/fields/attachment_file/it/others/1/2005080490911479Ecofys_sf6.pdf.

Widger, P., Haddad, A., (2018). Evaluation of SF6 Leakage from Gas Insulated Equipment on Electricity Networks in Great Britain. *Energies*, 11(8), 2037. <https://doi.org/10.3390/en11082037>.

Xiao, D., (2016). *Gas Discharge and Gas Insulation*, Springer, London, ISBN: ISBN 978–3–662–48040–3.

Zile, M., (2019). Fuzzy Control of Circuit Breakers in Power Transformer Centers, *International Journal of Engineering and Innovative Research*, 1-2, ss.93-99.

İnternet kaynakları;

Substation-safety.com, Safety Practices in Substations, <https://www.substation-safety.com/latest-news/safety-practices-substations/>, Erişim Tarihi: 04.04.2024.

IEC 62271–203, <https://webstore.iec.ch/publication/65853>, Erişim Tarihi: 03.02.2024.

IEEE Standards, <https://standards.ieee.org/ieee/C37.122/7281/>, Erişim Tarihi: 03.02.2024.

TEİAŞ Türkiye İletim İstatistikleri, <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, Erişim Tarihi: 25/06/2023.

TEİAŞ Faaliyet Raporu, <https://www.teias.gov.tr/faaliyet-raporlari>, Erişim Tarihi: 03.02.2024.

Türkiye Enterkonnekte Sistemi, <https://maintainengineering.com/turkiye-enterkonnekte-sistemi/>, Erişim Tarihi: 10.06.2024.





ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler		
Adı Soyadı		
Doğum Yeri		
Doğum Tarihi		
Uyruğu		
Telefon		
E-Posta Adresi		
Web Adresi		

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	
Fakülte	
Bölümü	
Mezuniyet Yılı	

Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	

Doktora	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Program Adı	

Makale ve Bildiriler