

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

YÜKSEK GERİLİM TESİSLERİNDE YAPILAN CANLI
BAKIM ÇALIŞMALARINDA ELEKTROMANYETİK ALAN
SEVİYELERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET ZEKİ ÇELİK

DENİZLİ, NİSAN - 2019

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



YÜKSEK GERİLİM TESİSLERİNDE YAPILAN CANLI BAKIM
ÇALIŞMALARINDA ELEKTROMANYETİK ALAN SEVİYELERİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET ZEKİ ÇELİK

DENİZLİ, NİSAN- 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

MEHMET ZEKİ ÇELİK tarafından hazırlanan “YÜKSEK GERİLİM TESİSLERİNDE YAPILAN CANLI BAKIM ÇALIŞMALARINDA ELEKTROMANYETİK ALAN SEVİYELERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 12.04.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Prof. Dr. Yusuf ÖNER

Pamukkale Üniversitesi

Eş Danışman

Prof. Dr. Bülent ORAL

Marmara Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Okan BİNGÖL

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Üye


Doç. Dr. Engin ÇETİN

Pamukkale Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Selim KÖROĞLU

Pamukkale Üniversitesi



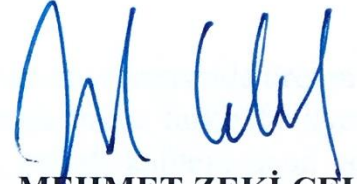
Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15/05/2019 tarih ve 21/09-b.. sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.



MEHMET ZEKİ ÇELİK

ÖZET

**YÜKSEK GERİLİM TESİSLERİNDE YAPILAN CANLI BAKIM
ÇALIŞMALARINDA ELEKTROMANYETİK ALAN SEVİYELERİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
METMET ZEKİ ÇELİK
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. YUSUF ÖNER)

DENİZLİ, NİSAN - 2019

Türkiye elektrik sektörü 2001 elektrik piyasası kanunu sonrasında üretim, iletim, toptan satış, dağıtım ve perakende satış olmak üzere farklı faaliyet alanlarına bölünmüştür. Bu kapsamda rekabete açık, şeffaf, kaliteli, ucuz ve kesintisiz elektrik temini üzerine çalışmaları başlamış ve hız kazanmıştır. Ayrıca Türkiye'nin AB aday süreci ve AB'nin direktifleri doğrultusunda Türkiye'de mevcut durumların göz önüne alınıp, elektrik piyasasının ve enterkonnekte sisteme bağlantıların işlerlik kazandırılması; hizmet kalitesinde ve enerjinin iletimin sürekliliğinin sağlanması, Avrupa ülkeleriyle birlikte hareket etmesini sağlamıştır.

Enerji işletmeciliğinin ve kesintisiz enerji iletiminin günümüz teknolojisine uygun bir hale getirilmesi ülke kalkınmasına büyük ölçüde fayda sağlayacaktır. Mevcut enerji sisteminin gelişmesi beraberinde canlı bakım konularının da ele alınması gerektiğini göstermektedir. Enerjinin arz ve talebinin artması kesintisiz elektrik iletimi konusunda yatırımlar yapılmasını ve yapılan bu yatırımlar neticesinde gerekli canlı bakım çalışmalarının sağlanması hususunu kaçınılmaz kılmaktadır.

Söz konusu bu çalışmada öncelikle dünyada canlı bakım çalışmaları incelenmiştir. Çalışmanın devamında ise; Türkiye'deki canlı bakım çalışmalarının nasıl yapıldığı üzerinde durulmuş ve bu çalışmalar esnasında çalışanların manyetik ve elektrik alanın ne derecede maruz kaldığı ölçülmüştür. Yapılan bu çalışmalarda TEİAŞ'ın yükümlülüğündeki bazı enerji iletim hatları ve trafo merkezleri seçilmiştir. İlk aşamada ilgili kurum hakkında bilgiler verilmiş olup, sonrasında iletim şirketinin canlı bakım faaliyetlerini nasıl gerçekleştirdiği ve hangi aşamalardan geçildiğiyle ilgili bilgiler sunulmuştur. Çalışmanın son aşamasında canlı bakım çalışmalarında çalışanların maruz kaldığı manyetik ve elektrik alan ölçümleri yapılmış ve çalışanlara etkileri üzerinde durulmuş, yapılan modelleme sonucunda uluslararası literatürde belirtilen sınırlar üzerine bir değerlendirme yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Elektrik alan, manyetik alan, trafo merkezi, enerji iletim hattı, canlı bakım çalışması, iletken kıyafet

ABSTRACT

DETERMINATION AND EVALUATION OF ELECTROMAGNETIC FIELD LEVELS ENCOUNTERED DURING LIVE MAINTENANCE ACTIVITIES PERFORMED IN HIGH VOLTAGE FACILITIES

MSC THESIS

MEHMET ZEKİ ÇELİK

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

(SUPERVISOR: PROF. DR. YUSUF ÖNER)

DENİZLİ, APRIL 2019

Turkish electricity sector was separated into different activity areas as generation, transmission, whole sale, distribution and retail sales, after the establishment of Electricity Market Law in 2001. In this scope, the studies for ensuring electricity sourcing in an environment which is open to competition and transparent and enabling high quality, low price and uninterrupted energy supply were started. In addition to that the nomination process of Turkey to EU and the EU requirements leded the utilization of Turkish electricity market and interconnected system, which resulted in the collaboration with the EU countries in terms of ensuring high service quality and uninterrupted transmission.

The improvement of energy management and ensuring the transmission of energy without interruption will be beneficial for the development of the country. The improvements in the energy systems lead us to consider live line maintenance issues. The increase in the supply and the demand of the energy forces us to make new investments to ensure an uninterrupted energy transmission and perform live line maintenance activities as a result of these investments.

In this study, first the live line maintenance activities in the world will be reviewed. Second, the performance of live line maintenance activities in Turkey, and the exposure to magnetic and electric fields with measurements will be examined. A group of energy transmission lines and transformer centers in the responsibility of TEİAŞ were included in the analyses for the study. First, background information related to the transmission company and the methods followed during the live line maintenance activities was provided. After the background information, the analysis results regarding the effects of magnetic and electric fields exposed during the live line maintenance activities were provided with measurement and modelling details, effects on employees and comparison to the thresholds provided in the literature.

KEYWORDS: Electric field, magnetic field, transformer center, energy transmission line, live line maintenance work, conductive clothing

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	x
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	3
2.1 Canlı Bakım Kavramı.....	3
2.2 Canlı Bakım Üzerine Dünyadaki Uygulamalar.....	4
2.2.1 Elektrik Alan Ölçümleri.....	6
2.2.2 Manyetik Alan Ölçümleri	9
2.3. Türkiye’de Canlı Bakım Faaliyetleri.....	22
2.3.1 Türkiye’deki Enerji İletim Seviyeleri	24
3. CANLI BAKIM VE UYGULAMALARI.....	25
3.1 Canlı Bakım Yöntemleri	25
3.1.1 Sıcak Sopa Yöntemi	26
3.1.2 Sıcak Eldiven Yöntemi	26
3.1.3 Sıcak El Yöntemi	28
3.2 Canlı Bakım Uygulamalarının Genel Tanımları	30
3.2.1 Bakım.....	30
3.2.2 Canlı Bakım Çalışması	30
3.2.2.1 Trafo Merkezleri Canlı Bakım Çalışma Uygulamaları.....	30
3.2.2.2 İletim Hatları Canlı Bakım Çalışma Uygulamaları.....	31
3.3 Canlı Bakım Organizasyonu.....	32
3.4 Canlı Bakım Uygulama Koşulları.....	33
3.4.1 Elektriksel Koşullar.....	33
3.4.2 Özel İşletme Rejimi.....	34

3.4.3 İşletme Koşulları.....	34
3.5 Canlı Bakım Hazırlığı.....	37
4. CANLI BAKIM ÇALIŞMALARINDA ELEKTROMANYETİK ALAN SEVİYELERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	51
4.1 Elektrik ve Manyetik Alanlarla İlgili Temel Kavramlar	51
4.2 Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etki ve İşlevleri.....	54
4.3 Türkiye’de Çeşitli Merkezlerde Yapılan Alan Ölçümleri	59
4.4 Canlı Bakım Çalışmalarında Elektrik Ve Manyetik Alan Ölçümü	68
4.4.1 170 kV Kurtköy Trafo Merkezindeki Canlı Bakım Çalışmalarında Ölçülen Alan Değerleri	70
4.5 Canlı Bakım Uygulaması Sırasında Meydana Gelen Elektrik Alanın COMSOL Multiphysics Programıyla Modellenmesi.....	79
5. SONUÇ	88
6. KAYNAKLAR	92
7. ÖZGEÇMİŞ.....	94

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: 132 kV iletim hattı için kule boyutu.....	5
Şekil 2.2: Üç boyutlu elektrik alan profili	8
Şekil 2.3: İki boyutlu elektrik alan profili	9
Şekil 2.4: Üç boyutlu manyetik alan profili.....	10
Şekil 2.5: İki boyutlu manyetik alan profili	11
Şekil 2.6: Sonlu eleman simülasyonu için oluşturulan model	15
Şekil 2.7a: Canlı bakım işçinin kullandığı normal yüz örgülü iletken kıyafetin elektrik alan şiddeti dağılımı	16
Şekil 2.7b: Canlı bakım işçinin kullandığı kaba yüz örgülü iletken kıyafetin elektrik alan şiddeti dağılımı	17
Şekil 2.7c: Canlı bakım işçinin kullandığı yüz örgüsü olmayan iletken kıyafetin elektrik alan şiddeti dağılımı	17
Şekil 2.8a: 400 kV 'da elektrik alan şiddeti dağılımının normal yüz örgüsünde üstten görünüşü	19
Şekil 2.8b: 400 kV 'da elektrik alan şiddeti dağılımının kaba yüz örgüsünde üstten görünüşü	19
Şekil 2.9: Manyetik akı yoğunluğu ölçümleri için düzenleme	20
Şekil 2.10: BUTE Yüksek Gerilim Laboratuvarı'nda geliştirilen iletken ek yüz örgüsü	21
Şekil 3.1: Canlı bakımda sıcak sopa yöntemiyle teçhizat değişimi.....	26
Şekil 3.2: Canlı bakım çalışmasında sıcak eldiven yöntemiyle bakım yapılması	27
Şekil 3.3: Canlı bakım çalışmasında sıcak el yöntemiyle teçhizat değişimi	28
Şekil 3.4: Canlı Bakım Talep Formu	35
Şekil 3.5: Manevra Kısıtlılık Formu	36
Şekil 3.6: Manevra Kısıtlılık Formunun doldurulması için örnek trafo merkezi tek hat şeması	37
Şekil 3.7: Canlı bakım çalışma dosyasının hazırlığı	38

Şekil 3.8: Çalışma alanının işaretlenmesi	39
Şekil 3.9: Çalışma alanının hazırlanması	39
Şekil 3.10: Canlı bakımda çalışılacak malzemelerin düzenlenmesi	40
Şekil 3.11: Canlı bakımda çalışılacak malzemelerin düzenlenmesi	40
Şekil 3.12: Çalışma bölgesinde izole iskelenin hareketi için zeminin hazırlanması	41
Şekil 3.13: İzole iskelenin kurularak canlı bakım çalışması için hazırlanması	42
Şekil 3.14: CB çalışmasından önce ergonomi ölçümlerinin yapılması	43
Şekil 3.15: CB çalışmasından önce atlama mesafesi ölçümlerinin yapılması..	44
Şekil 3.16: CB çalışmasında kullanılacak izole halatın testinin yapılması	45
Şekil 3.17: İzole halatı test eden cihazın alttan görünüşü.....	46
Şekil 3.18: İzole halatı test eden cihazın üstten görünüşü	46
Şekil 3.19: Canlı bakım çalışmasında kullanılan iletken kıyafet	47
Şekil 3.20: Canlı bakım çalışmasında enerjili baraya çıkılması	48
Şekil 3.21: Enerjili Barada Canlı bakım çalışması	49
Şekil 3.22: Canlı bakım çalışması çalışma sorumlusu koordinasyonu	50
Şekil 4.1: Alan parametrelerinin temel görünümü	52
Şekil 4.2: 400 kV Ümraniye-Tepeören Enerji İletim Hattı	60
Şekil 4.3: 400 kV Ümraniye-Tepeören E.İ.H. manyetik alan grafiği.....	62
Şekil 4.4: 400 kV Ümraniye-Tepeören E.İ.H. elektrik alan grafiği	64
Şekil 4.5: 400 kV Küçükbakkalköy Trafo Merkezi Trafo-2 ve Trafo 4 Fiderleri	65
Şekil 4.6: 400 kV Küçükbakkalköy trafo merkezi manyetik alan grafiği	67
Şekil 4.7: 400 kV Küçükbakkalköy trafo merkezi elektrik alan grafiği.....	68
Şekil 4.8: Manyetik alan ölçüm cihazı	70
Şekil 4.9: Elektrik alan ölçüm cihazı.....	71
Şekil 4.10: Canlı bakım çalışması mesafe ölçümleri.....	72
Şekil 4.11: Canlı bakım sırasında elektrik alan ölçümü	73

Şekil 4.12: Canlı bakım sırasında elektrik alan ölçümü	74
Şekil 4.13: Canlı bakım çalışmasında elektrik alan grafiği	75
Şekil 4.14: Canlı bakım çalışmasında elektrik alan değerleri.....	75
Şekil 4.15: Canlı bakım sırasında anlık manyetik alan ölçümü	76
Şekil 4.16: Canlı bakım sırasında manyetik alan grafik değeri	78
Şekil 4.17: Canlı bakım çalışmasında manyetik alan değerleri.....	78
Şekil 4.18: COMSOL Multiphysics Başlık ve İletken Şekil Modellemesi	81
Şekil 4.19: COMSOL Multiphysics Başlık ve İletken Konum Modellemesi ..	82
Şekil 4.20: COMSOL Multiphysics Başlık ve İletken Üç Boyutlu Modellemesi	83
Şekil 4.21: COMSOL Multiphysics Elektrik Alan Dağılım Modellemesi.....	83
Şekil 4.22: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri.....	84
Şekil 4.23.: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri.....	85
Şekil 4.24: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri.....	85
Şekil 4.25: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri.....	86
Şekil 4.26: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri.....	86
Şekil 4.27: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri.....	87

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Canlı Hat Bakım İşçileri İçin Alanlara Maruz Kalma Sınırı.	4
Tablo 2.2: 132 kV İletim Hattı Verileri.	5
Tablo 2.3: Simülasyon çalışmaları için seçilen maruz kalma senaryoları.	6
Tablo 2.4: Canlı bakım çalışmalarında senaryolara göre elektrik alana maruz kalma değerleri.	8
Tablo 2.5: Canlı Bakım çalışmalarında senaryolara göre manyetik alana maruz kalma değerleri.	11
Tablo 2.6: Düşük frekanslı elektrik alan şiddeti ve manyetik indüksiyon için ICNIRP sınırları.	14
Tablo 2.7: Canlı bakım işçinin yüzünün önündeki elektrik alan şiddetinin değerleri [kV/m].	18
Tablo 3.1: Anahtarlama aşırı gerilim değerleri.	33
Tablo 3.2: YG şebekeler için faz-toprak pik değerine sahip aşırı gerilim.	34
Tablo 4.1: Elektrik alan parametreleri.	53
Tablo 4.2: Çeşitli kaynaklardan alınan alan değerleri.	55
Tablo 4.3: Enerji iletim hatları için elektrik ve manyetik alan (50 Hz) örnekleri.	58
Tablo 4.4: 400 kV Ümraniye-Tepeören EİH manyetik alan ölçüm sonuçları.	61
Tablo 4.5: 400 kV Ümraniye-Tepeören E.İ.H. elektrik alan ölçüm sonuçları.	63
Tablo 4.6: 400 kV Küçükbakkalköy trafo merkezi manyetik alan ölçüm sonuçları.	66
Tablo 4.7: 400 kV Küçükbakkalköy trafo merkezi elektrik alan ölçüm sonuçları.	67
Tablo 4.8: 24 Temmuz 2010 tarihli ve 27651 sayılı Resmi Gazetesi'nde yayımlanan limit değerler.	69
Tablo 4.9: Kurtköy Trafo Merkezi 154 kV Şalt Ölçüm Noktası İçin Elektrik ve Manyetik Alan Sonuçları.	79

SEMBOL LİSTESİ

- A** : Genlik
- T(s)** : Periyot
- F** : Frekans
- $\lambda(m)$** : Dalga Boyu
- E** : Elektrik Alan
- H** : Manyetik Alan
- V** : Volt
- m** : Metre
- A** : Akım
- D** : Uzaklık
- t** : Zaman (s)
- B(T)** : Manyetik Akı yoğunluğu
- H(A/m)**: Manyetik Alan Şiddeti
- TEİAŞ**: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
- CB** : Canlı Bakım
- EİH** : Enerji İletim Hattı
- TM** : Trafo Merkezi
- ÖİR** : Özel İşletme Rejimi

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince gerek bilimsel katkıları ve gerekse manevi yardımları ile desteğini esirgemeyen tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Yusuf ÖNER'e,

Bu projenin yapım sürecinde pek çok şey borçlu olduğum, desteğini hiç esirgemeyen ve proje boyunca fikirlerinden faydalandığım Sayın Prof. Dr. Bülent ORAL'a, her konuda yardımlarını aldığım Sayın Arş. Gör. Murat İSPİRLİ'ye, kaynaklarından faydalandığım ve bu konuda bana yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Onur TEKEL'e ve ayrıca üzerimde çok emeği olan ve bu tezi bitirmeme öncülük eden rahmetli hocam Sayın Prof. Dr. Ayhan MERGEN'e, ve emeği olan tüm hocalarıma teşekkür ederek saygılarımı sunuyorum.

Son olarak da, bugüne kadar emek ve sevgilerini esirgemeyen AİLEME sonsuz teşekkürümü bir borç bilirim.

Mehmet Zeki ÇELİK

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Serbestleşen güç sistemlerinde, bağımsız sistem operatörleri iletim hatlarındaki aktif güç akışı ve bara gerilim sınırlarını sağlama sorumluluğundadır. Elektrik sisteminin güvenli işletilmesinin, bara gerilimlerinin ve iletim hatları yüklemelerinin sınır değerler içerisinde işletilmesinin yanında maliyetlerinin en aza indirilmesi açısından da önemi nedeniyle reaktif güç yönetimi bağımsız sistem işleticileri için yaşamsal öneme sahiptir. Bu nedenle enerji iletiminde yapılan çalışmalarında kesintilerin en aza indirgenmesi gerekmektedir. Gelişen teknolojiyle enerjinin kesintisiz olarak iletilmesinin sağlanması için bakım onarım çalışmalarının enerjili ortamda yapılması enerji iletim sisteminin sürekliliği açısından önemlidir.

Enerji iletim hatlarında ve enerjili primer teçhizatlarda canlı bakım yapılması, yüksek gerilim ihtiva eden iletim sistemi teçhizatlarını yükseltmek, yenilemek ve korumak için günümüz teknolojinde ön plana çıkmaktadır. Canlı bakım çalışmalarını incelemeden önce bakımı yapılan yüksek gerilim teçhizatların tanınması ve bu teçhizatların karakteristik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Enerji iletimi konusunda öncelikli olarak canlı bakım faaliyetlerinin yapıldığı enerji iletim hatlarının incelenmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin elektrik iletimi ve üretimindeki bu gelişmeler göz önüne alındığında enerji işletmeciliğinde elektriğin kesintisiz olarak iletilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin enerjiye olan ihtiyacının sürekli olarak artması, elektrik iletim sisteminin arz güvenilirliğini ve enerji kalitesinin sağlanmasını öncelikli hale getirmektedir. Bu nedenle iletim sistemimizde yapılan tüm bakım, onarım ve arıza giderme çalışmalarının günümüz teknolojisi kullanılarak yapılması büyük önem arz etmektedir.

Yapılan bu çalışmada öncelikle dünyada canlı bakım çalışmaları araştırılarak yapılan çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmanın devamında ise; Türkiye'deki canlı bakım çalışmalarının nasıl yapıldığı ve bu çalışmalar esnasında çalışanların manyetik ve elektrik alanının ne derecede maruz kaldığının ölçülerek incelenmesi konuları ele alınmıştır. Bu tez çalışması için Türkiye'de büyük öneme sahip enerji iletim hatları ve trafo merkezleri seçilmiştir.

Bu tezde Türkiye’de enerji iletiminin oluşma evreleri ile OECD lkelerinin canlı bakım çalışmalarının hangi yöntemlerle yapıldığı detaylarıyla araştırılmıştır. Kesintisiz enerji iletimi oluşturmak için atılmış adımlar detaylarıyla incelenmiş ve atılması gereken diğer adımlar, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki durum ile karşılaştırılarak yansıtılmaya çalışılmıştır. Tezin ilk kısmında, Türkiye’deki enerji iletim faaliyetlerinin gelişimi ile alt yapısının zaman içindeki değişiminden bahsedilmiştir. Enerji iletimindeki bu değişim öncelikle TEİAŞ altyapısı ile enerji iletim sürecine etkileri bakımından değerlendirilmiş olup mevcut enerji ihtiyacı bakımından meydana gelen gelişmeleri göstermektedir. İkinci kısımda, Türkiye’deki canlı bakım çalışmalarının nasıl yapıldığını ve bakım onarım sürecindeki adımların birbirleriyle olan ilişkileri incelenmiştir.

Sonuç olarak yapılan bu araştırmada; ilk aşamada ilgili iletim şirketi hakkında bilgiler verilmiş olup sonrasında iletim şirketinin canlı bakım faaliyetlerine ne lde ihtiyaç duyduğuyla ilgili yapılan araştırmalar belirtilmiştir. Tezin son kısımlarında ise canlı bakım uygulamalarının içeriği detaylı olarak anlatılmıştır. Canlı bakım çalışmalarındaki manyetik ve elektrik alanların llerek enerjili ortamda çalışan kişilerin bu alanlara ne derecede maruz kaldığı ve gelişmiş ülkelerdeki benzer çalışmalar ile Türkiye kıyaslanarak Türkiye’de gelinmek istenen iletim sisteminin yapısı hakkında değerlendirmelere ve önerilere yer verilmiştir. Bununla birlikte canlı bakım çalışmaları sırasında çalışan operatörün maruz kaldığı elektrik alan değerleriyle ilgili detaylı ölüm sonuçları verilmiştir.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1. Canlı Bakım Kavramı

Enerji iletim hatlarındaki gerilim seviyeleri gelişen teknoloji sayesinde giderek artmaktadır. Bu nedenle enerji iletim hatlarındaki elektrik enerjisinin sürekliliği; bakım ve onarım çalışmalarında teknolojinin kullanılmasına ve bazı metotlar geliştirilmesine sebep olmuştur. Günümüz teknolojisinde kullanılan metotlar içerisinde en gelişmiş yöntem canlı bakım yöntemidir. Canlı bakım yöntemleri incelendiğinde yüksek gerilim çalışmalarında endüstride kullanılan terminolojiye göre bazı metotlar kullanılmaktadır. Kullanılan bu metotlarda, doğrudan insan temasını enerjili alandan ayıran izole yapışkan bileşenler kullanılmaktadır. Enerji iletim hatlarında ya da trafo merkezlerinde çalışan işçiler canlı bakım çalışmalarında yalıtılmış cam elyaf kutuplara tutturulan izole aletleri kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu sayede canlı ortamda çalışan hat ve trafo işçileri ile enerjili sistem arasında güvenli bir mesafe oluşturulmaktadır. Canlı bakım metotları incelendiğinde enerjili hatta ya da trafo merkezlerindeki primer teçhizatlarda çalışmanın ekonomik avantajlarının yanı sıra enerjili alanda çalışma koşulları dikkate alındığında, canlı iletim hattında ya da trafo merkezinde çalışan işçi güvenliğinde doğru önlemlerin alınmasını beraberinde getirmektedir.

Her çeşit ekonomik faaliyetin ana girdisi olan elektrik enerjisinin kullanım alanının çoğalması, en küçük yerleşim alanına kadar giden elektrik şebekesinin tüketiciye sağladığı kolaylık, enerji sistemlerinin enerji kalitesine ve sürekliliğine önem arz eder. Bu nedenle bakım ve arıza durumlarında arızanın çabuk analiz edilmesi ve çözülmesi büyük önem taşımaktadır(Ceylan,2012).

Canlı Bakım; Ulusal Elektrik Sisteminin herhangi bir parçasında veya belirli birimlerinde yapılacak olan bakım faaliyetlerinin, sistemin enerjisi kesilmeden yapılması işlemidir. Canlı Bakımın İletim Sistemine faydaları şöyle sıralanabilir.

- Kullanıcılara kesintisiz ve kaliteli elektrik enerjisinin sağlanması
- Kesintilerin minimize edilmesi ile enerji ve üretim kayıplarının azaltılması
- Ayrıca yeni çalışma yöntemlerinin kazanılması ile iş disiplini ve iş güvenliği açısından yüksek kazanımların sağlanmasıdır.

2.2. Canlı Bakım Üzerine Dünyadaki Uygulamalar

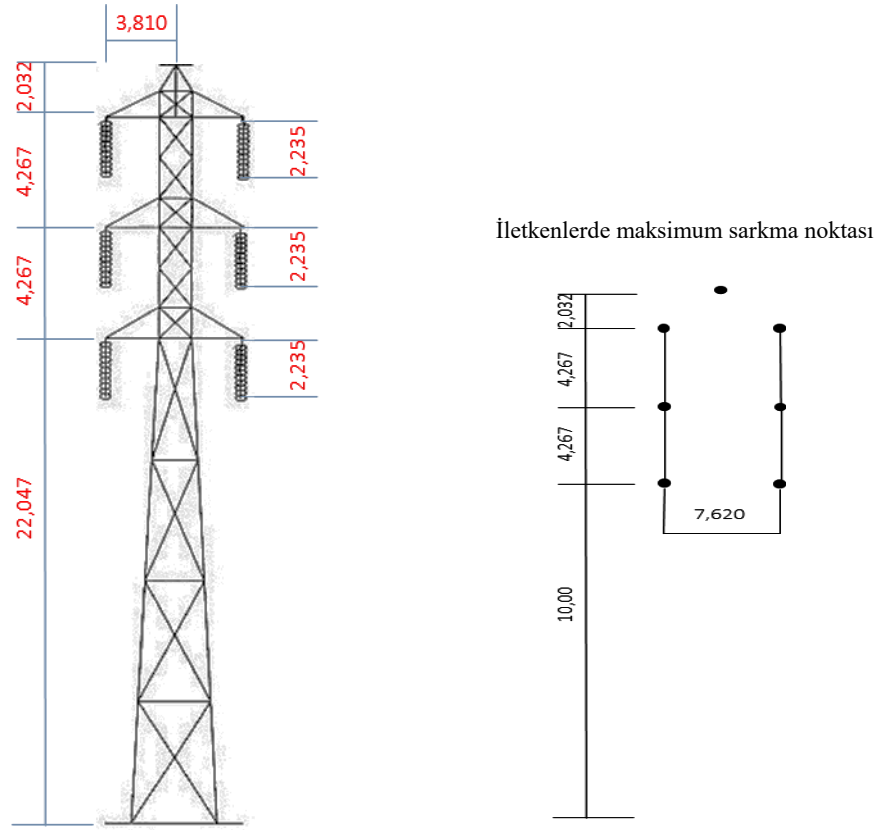
Canlı bakım çalışmalarında diğer ülkelerde yapılan çalışmalar incelendiğinde; bu çalışmaları yapan ülkeler arasında Suudi Elektrik Şirketi (SEC) çalışanlarının yüksek gerilim (60Hz) hatları tarafından üretilen aşırı düşük frekanslı elektrik ve manyetik alanlara (ELF-EMF) maruz kaldığı ve maruz kalınan bu alanların çalışanların sağlıklarını tehdit ettiği konusunda artan bir endişesi bulunmaktadır. SEC firmasının, 110 kV' un üzerinde ve 33.685 km uzunluğunda olan iletim şebekelerinin, başta canlı bakımda çalışan işçiler ve iletim hattına yakın seviyede yaşayan halk olmak üzere, elektrik ve manyetik alanlara güvenli bir seviyede maruz kalma düzeylerini belirlemede giderek artan bir ilgisi vardır.

Birçok kuruluş, Tablo 2,1'de de görüldüğü gibi elektrik ve manyetik alanlara maruz kalma seviyeleri konusunda izin verilen standartlar ve yönergeler geliştirmiştir. Bu standartların ve kılavuzların oluşturulmasına katkıda bulunan organizasyonların başında Elektronik ve Elektrik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) ile Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) gelmektedir. Devlet Organik Hijyenistler Amerikan Konferansı (ACGIH) gibi diğer organizasyonlar da vardır(Belhadj, C. A 2008).

Tablo 2.1: Canlı Hat Bakım İşçileri İçin Alanlara Maruz Kalma Sınırı

Organizasyon	E (kV/m)	Bx10⁴ (mG)
IEEE	20	2.71 (Head & Torso)
ICNIRP	8.333	0.417
ACGIH	25	1

Çalışma için bir çift devre iletim hattı seçildi. Seçilen hat, trafo 8114 (Qortoba Bölgesi) 'dan Riyad bölgedeki trafo 8079 (Alhamra Bölgesi-Khorais)' ya uzanıyor. Nominal voltaj ve güç değerleri sırasıyla 132 kV ve 293 MVA'dır. Ayrıntılı hat verisi ve kule boyutu Şekil 2.1 ve Tablo 2.2'de sunulmuştur.



Şekil 2.1: 132 kV iletim hattı için kule boyutu(Belhadj, C. A 2008)

Tablo 2.2: 132 kV İletim Hattı Verileri (Belhadj, C. A 2008)

Hat Değerlendirmeleri		
Güç (MVA)	293 MVA	
Nominal Hat Gerilimi (kVL-L)	132 kV	
Gerçek Hat Gerilimi (kVL- L)	132 kV	
Nominal Hat Akımı (kA)	1.284 kA	
Her İki Devre için En Yüksek Yük Akımı (kA)	Akım 1	Akım 2
	603	603
Hat İletkeni ve Havai Topraklama Kablosu Parametreleri		
İletken / Topraklama Kablosu	İletken	Topraklama Kablosu
Çap (cm)	2.773 cm	1.03 cm
Alt İletken Sayısı	Tek	
İletkenlerin Faz İlişkisi	Dikey (R-	
Doğru Yol	40 m	
Tam kapsamlı (m)	305 m	
Orta aralık yüksekliği (m) veya sarkma (M) (en düşük nokta)	10 m	

2.2.1. Elektrik Alan Ölçümleri

İletim hattındaki yapılan canlı bakım çalışmasında elektrik alanlar için farklı maruziyet senaryoları yürütülmektedir. 132 KV iletim hattı iletkeninin yanında canlı hat çalışanları için elektrik ve manyetik alan değerlendirmesi ile ilgili yazıda alanlar için dört farklı senaryo sunulmuş olup Tablo 2,3'te açıklanmıştır. Dış elektrik ve manyetik alanların hesaplanması sunulan dört senaryonun tamamında yapılmıştır. Söz konusu bu senaryolar, seçilen bir iletim hattının altında çalışan canlı bakım işçisinin manyetik ve elektrik alana maruz kalınan olası yerlerini kapsar. Yapılan canlı bakım çalışmalarında çalışan bir işçinin ortalama boyu 1,75 m olarak alınmıştır. Canlı bakım çalışmasında işçinin 0,25 m' lik bir adımda elektriksel ve manyetik alanlar için yapılan hesaplama söz konusu işçinin vücudunun 0,5 m'den 1,75 m'ye kadar olan kısmı için gerçekleştirilir. Yapılan canlı bakım çalışmalarında insan vücudunun bu noktadaki alan değerlerinin hesaplanmasından sonra, elektriğin maksimum değeri kaydedilir.

Tablo 2.3: Simülasyon çalışmaları için seçilen maruz kalma senaryoları (Belhadj, C. A 2008)

No.	Maruziyet Senaryosunun Açıklaması
1.	Bir işçi, kulenin kenarında yerdedir.
2.	Bir işçi kamyonun kulesinin kenarında oturuyor.
3.	Bir işçi, orta açıklığın altındaki iletim hattının altındaki zeminde (azami sarkma noktası) duruyor.
4.	Bir işçi kamyonun orta menzili altında oturuyor (azami sarkma noktası).

Yarı statik alanların temel fiziği incelendiğinde, canlı bakım çalışmalarında güç frekansı, elektrik ve manyetik alanların ayrı ayrı ele alınmasını sağlar(Belhadj, C. A 2008). Canlı bakım çalışmalarında elektrik ve manyetik alanlar için yapılan ölçüm metodolojisi bu bölümde vurgulanmıştır. Canlı bakım çalışmalarında, çalışılan alanından aralıklı bölge seçildiğinde elektrik alan profiline orta aralıktan kuleye doğru yükselerek simetrik bir şekil aldığı görürüz. Söz konusu aralıklı çalışmanın yarısı oluşan elektrik alanın bilgisini bize gösterir.

Elektrik alan Şekil 2.2'te de görüldüğü gibi orta aralıktan kuleye doğru bir oluşum sergiler ve elektrik alanda meydana gelen simetri nedeniyle canlı bakım çalışma alanı belirlenir. Yapılan canlı bakım çalışmalarında düşünülen yükseklik yerden 3.28 feet yani 1 metre yüksekliğindedir.

Çalışılan bölgede maksimum elektrik alanı, orta mesafenin üstünde ve orta hattın her iki yanında 17 feet yani 5,2 metre yanal mesafede bulunur. Elektrik alan grafiği incelendiğinde orta aralıktan kuleye doğru hareket ederken iletim hattının yerden yüksekliği, yerden 32,8 fit (10 m) ile 65 feet (19,8 m) arasında artmaya devam etmektedir.

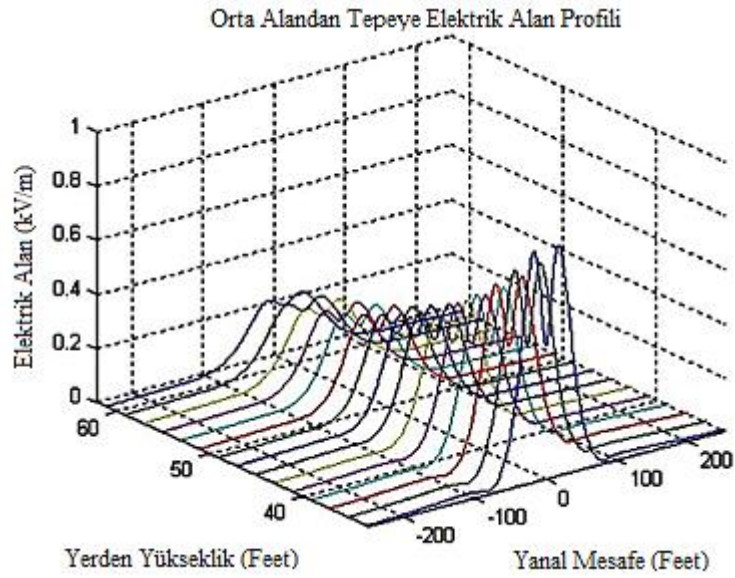
Sonuç olarak, canlı bakımda çalışılan bölgedeki elektrik alan profili büyük oranda azalmıştır. Canlı bakım çalışmasındaki seçilen elektrik alan profili Şekil 2,3'da daha açık bir şekilde gösterilmektedir. Elektrik alan profili, yere en yakın iletken zemin boşluğunun 32,8 fit (10 m) olduğu orta açıklıkta ve toprağın 3.28 feet (1 m) üzerinde hesaplanmaktadır. Elektrik alanın, merkezi dikey çizgiden 17 fit (5,2 m) uzaklıkta hesaplandığında yanal mesafede 0.851 kV / m olarak maksimum değere ulaştığı görülür. Elektrik alan profili sıfır merkez noktasında 0,5 kV / m bir eyer noktası seviyesine ulaşır. Dikey çizginin orta noktasında meydana gelen simetri nedeniyle elektrik alanın iki benzer maksimum noktası bulunur. Elektrik alan değerleri, 75 fit (22,9m) uzakta yanal bir zirve değeri oluşturduğundan dolayı söz konusu mesafede hızlı bir şekilde sifira yaklaşır. Söz konusu canlı bakımda yapılan bu çalışmada, çalışan bir işçi için 1 ve 3 nolu senaryolar göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Canlı bakım çalışmalarında çalışılan her bir senaryo için yukarıda açıklandığı gibi insan vücudu modeli altı elektrik manyetik alan etkilerini belirlemek için altı adet EMF İş İstasyonu simülasyonu gerçekleştirildi.

Söz konusu bu altı adet senaryonun her biri için hesaplanan değerlerin maksimum elektrik alan değeri, ilgili bu senaryo için maruz kalma seviyesi olarak seçilmiş ve Tablo 2,4'te gösterilmiştir. Canlı bakım çalışmalarında maruz kalınan elektrik alan için dört adet senaryo için elektrik alan (E) kilovolt/metre (kV / m) cinsinden gösterilir. Canlı bakım çalışmalarında 4 nolu senaryoya göre, kamyon üzerinde canlı bakım çalışmaları yapan bir işçinin elektrik alana maruz kalınan en yüksek seviyesi (1.806 kV / m) olarak ölçülmüştür.

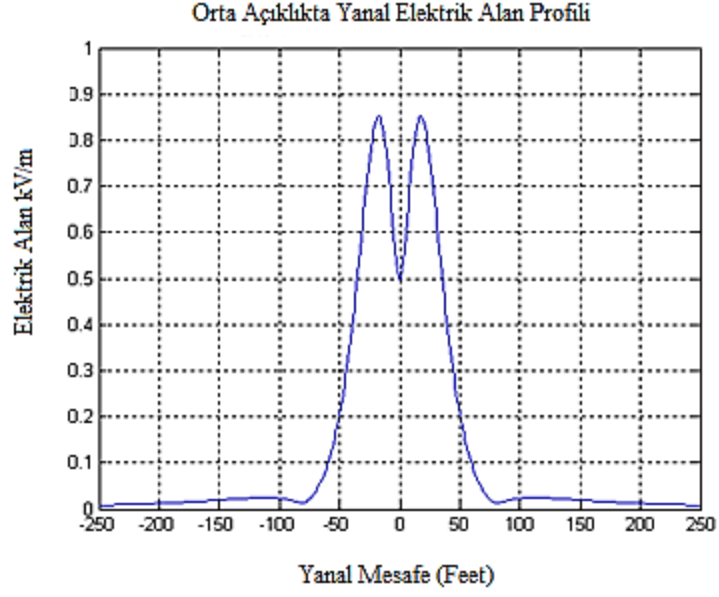
Söz konusu çalışmalarda 1 nolu senaryoya göre, kamyon üzerinde çalışan bir işçinin maruz kaldığı minimum elektrik alan seviyesi (0,745 kV / m) olarak belirlenmiştir(Belhadj, C. A 2008).

Tablo 2.4: Canlı bakım çalışmalarında senaryolara göre elektrik alana maruz kalma değerleri (Belhadj, C. A 2008).

Senaryo	Elektrik ALAN (E) (kV/m)
1	0.745
2	0.766
3	1.689
4	1.806



Şekil 2.2: Üç boyutlu elektrik alan profili (Belhadj, C. A 2008)

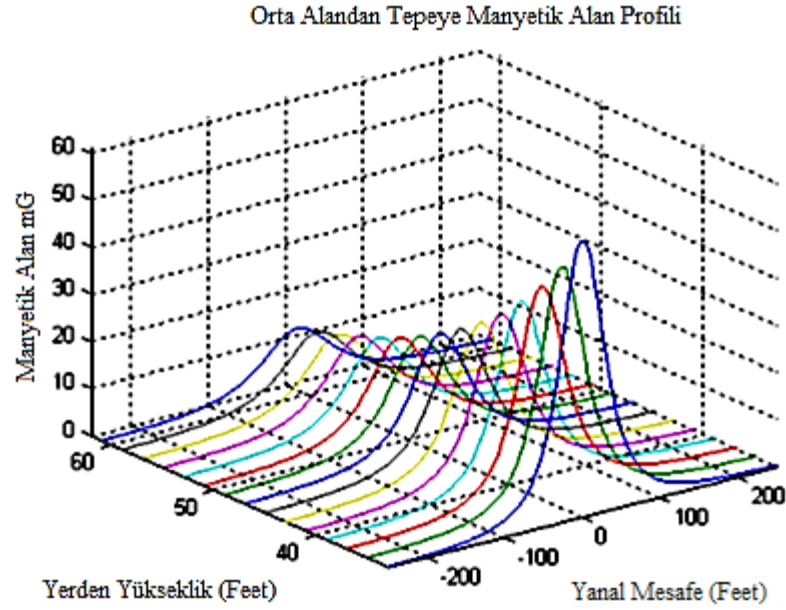


Şekil 2.3: İki boyutlu elektrik alan profili (Belhadj, C. A 2008)

2.2.2. Manyetik Alan Ölçümleri

Canlı bakım çalışmalarında ölçülen veriler iletim hattı alanı çevresinde üç boyutlu olarak gösterilmiştir. 132 KV iletim hattı iletkenin yanında canlı hat çalışanları için elektrik ve manyetik alan değerlendirmesi ile ilgili çalışmalarda maruz kalınan manyetik alan iletim hattının orta açıklık merkez çizgisine göre yatay arazi profili için hesaplanmış olup sağ ve sol yanal mesafe değerlerinde hesaplanan ölçümler 3-D grafikte belirtilmiştir.

Canlı bakım çalışmalarında düşünülen yerden yükseklik 3.28 feet (1 m) olarak alınmıştır. Şekil 2.4’de çalışma alanı profilinin aralıklı çalışma bölgesi görüntülenmiş olup orta aralıktan kuleye doğru manyetik alan profilinin değişim bölgeleri gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Üç boyutlu manyetik alan profili (Belhadj, C. A 2008)

Canlı bakım çalışmalarında maruz kalınan manyetik alan profilinin orta aralık değerleri arasındaki bir örneği Şekil 2.5'de gösterilmektedir. Söz konusu canlı bakım çalışmalarında en düşük iletken zemin boşluğu 32,8 feet (10 m) olarak ölçülmüş olup yukarıdaki çalışma alanındaki profil, zemin seviyesinin 3.28 feet (1 m) üzerinde hesaplanmaktadır.

Yapılan çalışmada profil merkez dikey çizginin etrafında manyetik alan değerlerinin simetrik bir hal aldığı görülmektedir. Ayrıca simetrik manyetik alan değerlerinin, sifıra ulaşabilmek için merkez hattın 250 fit (76,2 m) uzaklığa doğru gittikçe azaldığı görülmektedir. Yapılan canlı bakım çalışmalarında çalışan işçi için profil zemin seviyesinde 1 ve 3 numaralı senaryolar uygulanmıştır. İlgili çalışmalarda her bir senaryo için insan vücudunun modeli EMF (elektrik ve manyetik alan) iş istasyonu simülasyonu gerçekleştirildi. Yapılan bu simülasyonda her senaryonun altı adet hesaplanmış maksimum manyetik alan değeri ile bu senaryoda manyetik alana maruz kalma seviyesi seçilerek Tablo 2.5' da gösterilmiştir.

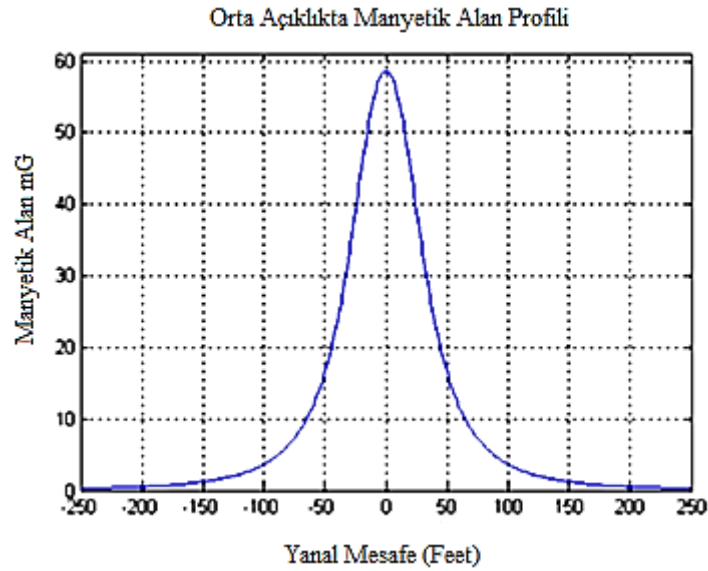
Canlı bakım çalışmalarında manyetik akı yoğunluğu (B), mili-gauss (mG) cinsinden gösterilmiş olup yapılan çalışmalarda manyetik alana maruz kalma senaryosu için hesaplanmıştır.

Yapılan bu hesaplamalarda manyetik alana maruz kalma seviyesinin en yüksek değeri senaryo 4'e göre 104,8 mG olarak bulunur ve bu değer orta seviyede bir kamyonunda oturan işçinin maruz kaldığı seviyeye denk gelir.

Manyetik alana en düşük maruz kalma seviyesi ise 37.29 mG ölçülür ve bu 1 numaralı senaryoya göre hesaplanırsa kule kenarında oturan bir işçinin manyetik alana maruz kaldığı seviyeye karşılık gelir.

Tablo 2.5: Canlı Bakım çalışmalarında senaryolara göre manyetik alana maruz kalma değerleri

	E	B (mG)
1	0.745	37.29
2	0.766	40.78
3	1.689	91.41
4	1.806	104.8



Şekil 2.5: İki boyutlu manyetik alan profili (Belhadj, C. A 2008)

Yapılan bu ölçümler neticesinde Suudi Elektrik Kurumu (SEC) firmasında canlı bakımda çalışan işçilerin 132 kV yüksek gerilim seviyelerinde manyetik ve elektrik alana maruz kalma seviyeleri değerlendirilmiştir.

Bu çalışmalarda EPRI' nin EMF İş İstasyonu gerilim seviyeleri ve çalışma mesafeleri dikkate alınarak; çalışma senaryoları için 132 kV'luk yüksek gerilim hatları seçilmiştir. Seçilen bu hatlarda harici elektrik ve manyetik alanları ölçülmüş olup grafiklerle gösterilmiştir. (Belhadj, C. A 2008)

Canlı bakım çalışmaları incelendiğinde bazı enerji iletim hattı kulelerin veya kulelerindeki iletkenin bağlı bulunduğu kısımlarının neden daha duyarlı olduğu sorusunu cevaplamak için elektromanyetik alanların şekli ve kuvveti hesaplanmalı ve ardından referans değerlerle karşılaştırılmalıdır (Ahlbom, A 1998).

Enerji iletim hattındaki iletkenleri ve ferromanyetik kuleyi dikkate alarak yüksek gerilim hattını çevreleyen alanda elektromanyetik alanı belirlenir. Aynı zamanda, kule elemanları üzerinden akımları ve toprak potansiyeline göre potansiyellerin hesaplanması gerekmektedir. Bu potansiyeller hattın normal koşulları için küçük ancak beklenmedik arıza akımı, beklenmedik bir nedenle örneğin bakım alanından fırlayan bir fırtına gibi artarsa önemli ölçüde artabilir(Tang,Pan 2017).

Elektrikte manyetik alanın oluşturduğu çoğu çevre etkileri araştırılsa da, canlı hat bakım çalışmaları sırasında çalışma prosedürlerinin birçoğunun hazırlanması sırasında manyetik alan etkileri dikkate alınmamaktadır.

Canlı bakım çalışmalarındaki pek çok farklı prosedür çalışmanın başladığı ilk adımından son adıma kadar belgelendirilir; fakat canlı bakımdaki maruz kalınan manyetik alanın etkilerinin sağlık açısından güvenli olup olmadığının garantisi verilememektedir. Bunun yanında gerilim seviyesinin veya yükleme akımının bir fonksiyonu olan frekansın ekstra düşük alanlarda insan sağlığına etkileri kesin olarak bilinmemektedir(Németh B, 2008; Németh B, 2009).

Budapeşte Teknoloji Üniversitesi'nin Yüksek Gerilim Laboratuvarı'ndaki birçok deney ve ölçüm, dünyanın dört bir yanında çalışan canlı bakım çalışanlarının iletken giysilerin farklı özelliklerini araştırmaktadır (B. Németh, 2011).

Canlı bakım çalışmalarında maruz kalınan manyetik alan ve elektrik alan sonuçlarıyla, işçi sağlığını koruyucu özelliklerin ve işçinin güvenliğinin artmasına neden olacak iletken giysilerin geliştirilmesi mümkündür.

Bu geliştirmelerin bazıları pratik olarak uygulanmakta olup bazı iyileştirme çalışmaları teorik aşamadır, ancak bu deneylerin hepsi daha güvenli iletken giysiler ve daha güvenli canlı hat çalışması içindir.

Teknik ve ekonomik faydalarından dolayı yüksek gerilim şebekesinin elemanlarının bakım ve onarımında farklı canlı hat bakım yöntemleri yaygın olarak uygulanmaktadır. Çoğunlukla enerji iletim hatlarına uygulanan "çıplak yöntem" sırasında, canlı bakımda çalışan işçiler genellikle iletkenlerin yakınında veya üzerinde çalışmaktadır. Bu durumda, yüksek voltaj seviyeleri ve akımlar, yüksek manyetik alan (manyetik akım yoğunluğu) ve elektrik alana neden olmaktadır.

Avrupa'da enerji iletim hatlarının uzunluğu göz önüne alındığında yaygın olarak uygulanan 50 Hz frekansındaki dalgaboyu, söz konusu elektrik ve manyetik alan ölçümlerinin birbirinden ayrı olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır.(Kimpian, Aladar, B. Nemeth, and I. Berta 2009; Csikós, Béla 1967-1980)

Hem elektriksel hem de manyetik alanların insan sağlığına etkileri bulunmakta fakat bu alanların insan sağlığı açısından uzun vadeli etkileri bilinmemektedir. Canlı bakım çalışmalarında maruz kalınan elektrik alan ve manyetik alan etkileri genellikle epidemiyolojik araştırmalara dayanarak tanımlanmaktadır. Enerji iletim hatlarında yapılan canlı bakım çalışmalarında ise çalışan işçilerin maruz kaldığı manyetik ve elektrik alan etkileri katlanarak gerçekleşmektedir(Hotte, P. W,1991; Tamus, Z. A 2011; Tamus, Z. A 2010).

Ekstra düşük frekanslı (ELF) elektrik alan şiddeti ve manyetik indüksiyon değerleri için geçerli sınır değerleri Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyon Koruması (ICNIRP) Komisyonu tarafından Tablo 2.6'da tanımlanmıştır.

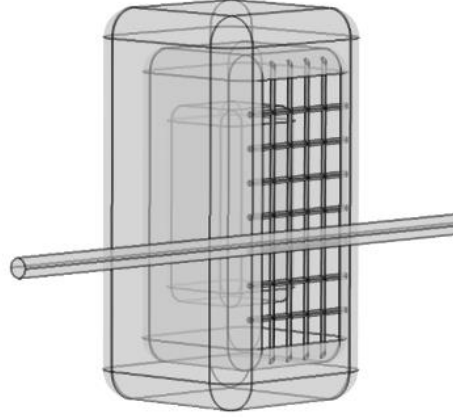
Tablo 2.6: Düşük frekanslı elektrik alan şiddeti ve manyetik indüksiyon için ICNIRP sınırları

	2010 yılına kadar ölçülen elektrik alan şiddeti sınır değerleri [kV/m]	Elektrik alan şiddeti için akım sınır değerleri [kV / m]	2010 yılına kadar ölçülen manyetik indüksiyon limit değerleri [μT]	Manyetik indüksiyon için geçerli sınır değerleri [μT]
Halka açık yerler	5	5	100	200
CB işçileri (8 saat / gün)	10	10	500	1000

Tablo 2.6’da ölçülen değerler 2010 yılına kadar geçerliliği koruyan değerlerdir; ancak söz konusu manyetik indüksiyon değerleri günümüzde önemli ölçüde artmıştır.(Lin, Jiali 2010).

Canlı bakımda kullanılan iletken giysilerin çoğunun yüz kısmında iletken bir ağ bulunmamakta ve söz konusu bu kıyafetle canlı bakım çalışması yürütülmektedir. Macar canlı bakım hat operatörleri tarafından, canlı bakım sırasında yüksek elektrik alan şiddetinin neden olduğu yüksek voltaj nedeniyle iletken kıyafet ekipmanlarına yakın işler sırasında bazı rahatsızlıkların meydana geldiği belirtilmiştir.

Bu nedenle sonlu eleman simülasyonu ile yapılan deneyde canlı bakım çalışmaları modellenerek maruz kalınan elektrik alan şiddeti değerleri ölçülmeye çalışılmıştır. İnsan vücudunda ve iletken giysilerdeki elektrik alan kuvvetini hesaplamak için sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Sonlu eleman simülasyonları için kullanılan model Şekil 2.6’da gösterilmektedir(Chow, Yung Leonard, and K. D. Srivastava,1984).



Şekil 2.6: Sonlu eleman simülasyonu için oluşturulan model(Göçsei, Gábor, Bálint Németh, and Dániel Tarcsa 2013).

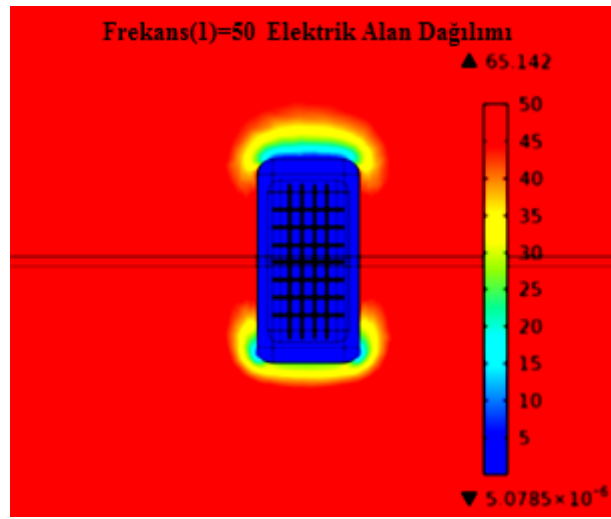
Sonlu elemanlar yöntemindeki hesaplamalar sırasında alan Şekil 2.6'da gösterilen modelin normal ağ (2,96 cm ortalama açıklıklar), kaba ağlar (ortalama açıklıklar 7,13 cm) ve ağ gözü olmaksızın üç yüz örgü tipi kullanılmıştır. Söz konusu canlı bakımda kullanılan kıyafetin yüzeyden uzak mesafeler için elektrik alan kuvveti araştırıldı. Canlı bakım operatörlerinin kullandığı iletken kıyafetin malzemesi, yüksek gerilim güç hatlarında yaygın olarak kullanılan alüminyum olarak belirlenmiştir.

Canlı bakım operatörlerinin yüz hattı ve iletken arasındaki mesafe, canlı bakım işçisi iletkene yaklaştığında birçok canlı hat bakım yönteminde pratik durumu simüle etmek için 50 cm olarak alınmıştır. Söz konusu iletken giysilerin yüksek iletkenliğini simüle etmek için iletken giysi ve yüz örgü malzemesi olarak bakır uygulanmıştır. Ayrıca sonlu elemanlar metodunu uygulamak için insan vücudu da iletken bir malzeme olarak modellendi. Simülasyonların çoğu, Macaristan'da ve Avrupa şebekesinde ortak bir yüksek voltaj seviyesi olan 400 kV 'da gerçekleştirilmiş olup faz voltajının sinüzoidal dalganın tepe değeri, iletken voltaj seviyesi olarak seçilmiştir.

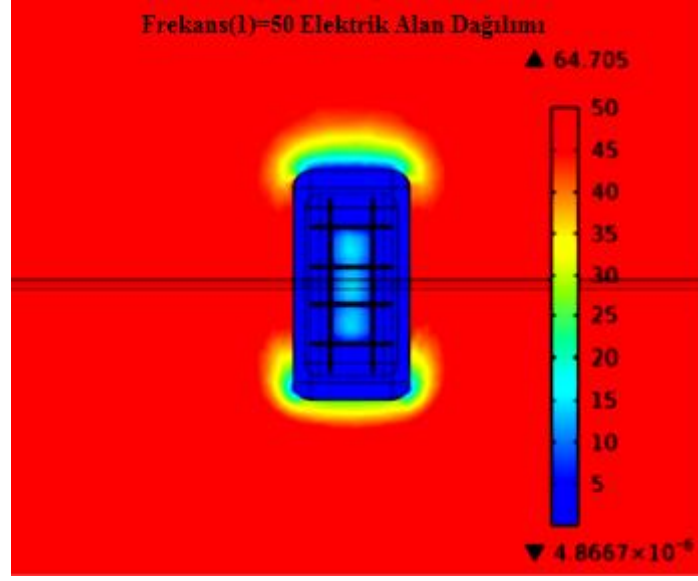
Canlı bakım kıyafetindeki elektrik potansiyeli sonlu elemanlar yöntemleri ile hesaplanarak elektrik alan kuvveti dağılımı Şekil 2.7(a,b,c)'da kV/m cinsinden gösterilmiştir. Değerler, canlı bakım sırasında çalışan operatörün iletken kıyafetin yüz kısmı üzerinde hesaplanmıştır.

Sonlu elemanlar simülasyonunda görüldüğü üzere iletken kıyafette kullanılan yüz örgüsünün, canlı bakım operatörünün maruz kaldığı elektrik alan kuvvetini önemli ölçüde azalttığı açıkça görülmektedir.

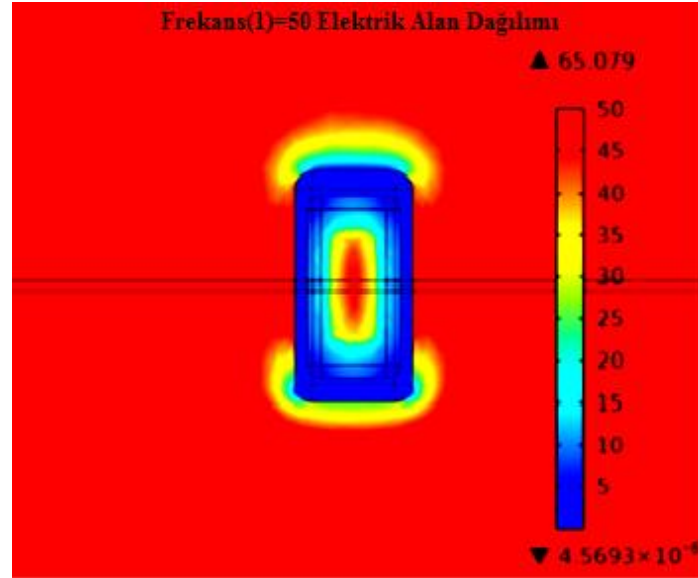
Şekil 2.7(a,b,c)'de, maruz kalınan elektrik alan kuvvetinin üç farklı durumu gösterilmektedir. Canlı bakım kıyafetinde yüz kısmında kullanılan iletkenin, maskeli olup olması ve farklı örgü yoğunluklarının meydana getirdiği elektrik alan kuvveti araştırılmıştır. Söz konusu simülasyon sonuçları Şekil 2.7(a,b,c)'de gösterilmektedir.



Şekil 2.7a: Canlı bakım işçinin kullandığı normal yüz örgülü iletken kıyafetin elektrik alan şiddeti dağılımı(Göçsei, Gábor, Bálint Németh, and Dániel Tarcsa 2013).



Şekil 2.7b: Canlı bakım işçinin kullandığı kaba yüz örgülü iletken kıyafetin elektrik alan şiddeti dağılımı(Göçsei, Gábor, Bálint Németh, and Dániel Tarcsa 2013).



Şekil 2.7c: Canlı bakım işçinin kullandığı yüz örgülü olmayan iletken kıyafetin elektrik alan şiddeti dağılımı(Göçsei, Gábor, Bálint Németh, and Dániel Tarcsa 2013).

Mevcut sonlu elemanlar yöntemiyle ölçülen elektrik alan parametreleri Tablo 2.7’de özetlenerek gösterilmiştir.

Tablo 2.7: Canlı bakım işçinin yüzünün önündeki elektrik alan şiddetinin değerleri [kV/m]

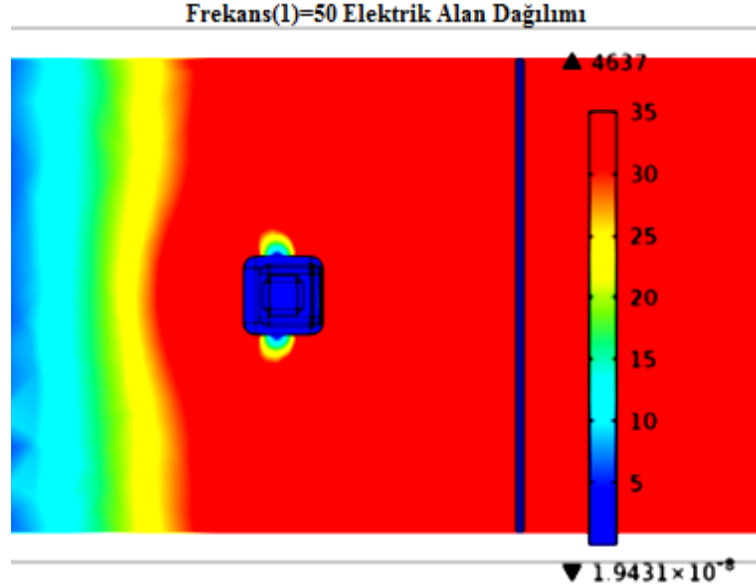
	400 kV			750 kV
	Normal Yüz Örgüsü [kV/m]	Kaba Yüz Örgüsü [kV/m]	Yüz Örgüsü Yok [kV/m]	Yüz Örgüsü Yok [kV/m]
Minimum	0,62	1,49	6,38	11,96
Maksimum	2,47	16,73	45,68	85,64
Ortalama	1,59	6,75	24,89	46,67

Söz konusu değerler incelendiğinde 400 kV'luk gerilim seviyesinde iletken kıyafetin yüz örgüsünün olmaması durumunda canlı bakım operatörünün yüzündeki elektrik alan gücünün ICNIRP sınırlarının üstünde olduğu görülebilir. Macaristan elektrik iletim şebekesinde mevcut voltaj seviyesi olan 750 kV'da elektrik alan şiddeti değerleri 400 kV üzerindeki değerlere kıyasla arttığı açıkça görülmektedir.

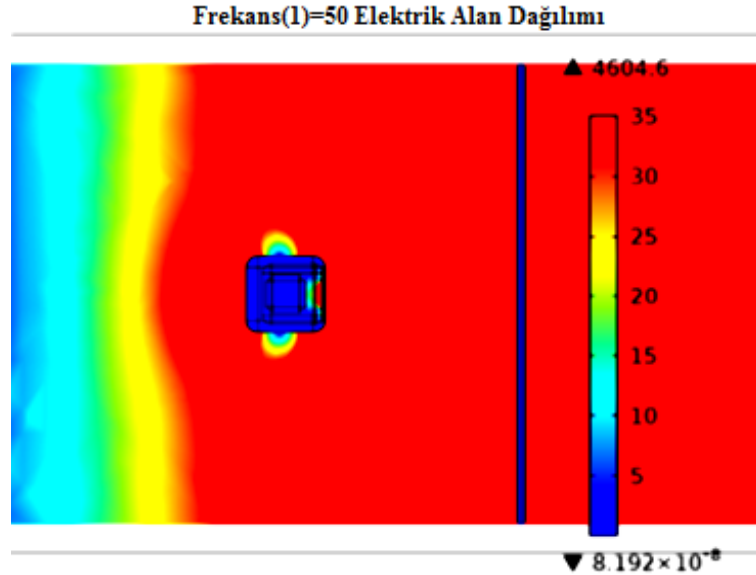
Hem 400 kV hem de 750 kV'luk yüz örgülü canlı bakım işi, işçinin sağlığını tehlikeye atabilir. Faraday kafesinin etkisinden dolayı canlı bakım işçisinin kullandığı iletken kıyafetin yüz örgülü (normal, hatta kaba örgü) iletken giysilerde elektrik alan şiddetinin seviyelerinin güvenli olduğu görülmektedir.

Tüm bu sonuçlar incelendiğinde canlı bakım çalışmanın uygun koşullarını sağlamak için iletken kıyafette Faraday deliklerinin bulunması gerekmektedir.

Yüksek gerilim seviyesinden kaynaklanan yüksek elektrik alan gücünün etkilerinin, Şekil 2.8(a,b)'in üstten görünüşünde de görüldüğü gibi, hem canlı bakım çalışanın başının önündeki hem de arkasındaki elektrik alan sınırlarının üzerinde olabileceğini göstermektedir.



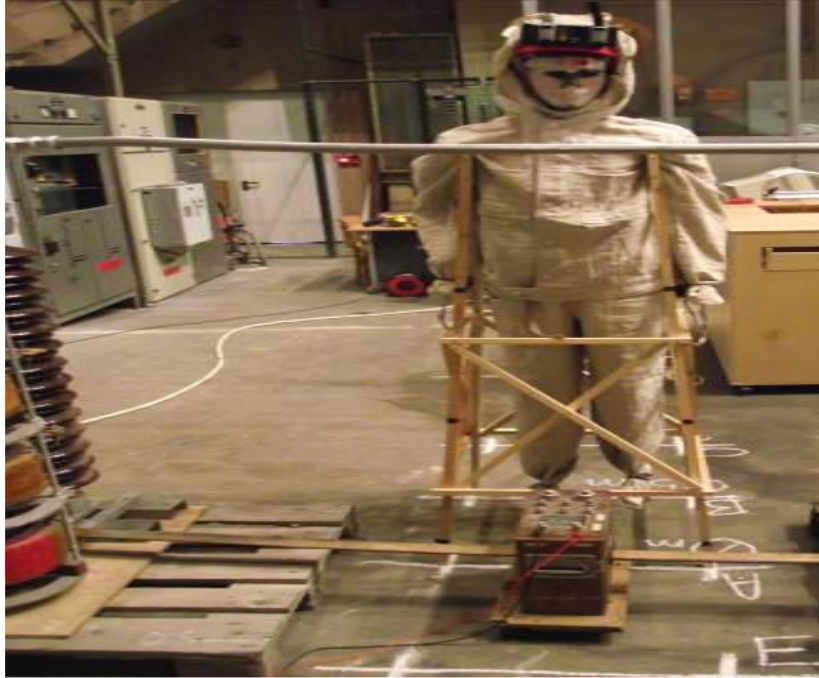
Şekil 2.8a: 400 kV 'da elektrik alan şiddeti dağılımının normal yüz örgüsünde üstten görünüşü(Göçsei, Gábor, Bálint Németh, and Dániel Tarcsa 2013).



Şekil 2.8b: 400 kV 'da elektrik alan şiddeti dağılımının kaba yüz örgüsünde üstten görünüşü(Göçsei, Gábor, Bálint Németh, and Dániel Tarcsa 2013).

Budapeşte Üniversitesi Teknoloji ve İktisat Yüksek Voltaj Laboratuvarı'nda farklı iletken giysilere ait manyetik akı yoğunluğunu ölçmek için 2 kA'lık maksimum akım ile yüksek akım devresi oluşturuldu. Şekil 2.9'da manyetik akı yoğunluğunu ölçmek için kurulan ölçüm düzenlenmesi gösterilmektedir.

Söz konusu bu düzenleme ile kıyafetlerin, taşıyıcı iletkenin her iki tarafında farklı mesafelerde olan manyetik akı yoğunluğu araştırılmıştır. Manyetik akı yoğunluğu için yapılan ölçümler canlı bakım operatörünün baş, ön ve arkasında x, y ve z yönlerinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.8(a,b)'deki grafikleri oluşturmak için manyetik akı yoğunluğunun 1466 tane kaydı analiz edilerek ortalandı.



Şekil 2.9: Manyetik akı yoğunluğu ölçümleri için düzenleme(Göçsei, Gábor, Bálint Németh, and Dániel Tarcsa 2013).

Manyetik akı yoğunluğu için yapılan ölçümlerdeki sonuçlar beklendiği gibi neredeyse simetrik ve doğrusaldır. Şekil 2.9'daki manyetik akı yoğunluğu için etkilenen tüm bölgelerde, iletken giysiler olmadan yapılan ölçümler için kullanılan mankenin yüzeyindeki manyetik akı yoğunluğu değerlerinin özetlenmesi için referans bir veri kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu referans kümesinde manyetik akı yoğunluğu için önemli bir fark bulunmamaktadır.

Yapılan ölçümler neticesinde canlı bakımda kullanılan iletken giysiler elektrik alanı önemli ölçüde koruyabilmesine rağmen, iletken kıyafetin yapıları manyetik akı yoğunluğunu (indüksiyon) korumak için değildir.

Canlı bakım çalışmalarında kullanılan yüz örgüsü olmayan iletken giysinin yüksek elektrik alan kuvvetinin etkileri ile canlı bakım işçilerinin sağlıklarına tehlikeli bir şekilde etki ettiği ölçülen değerler içinde görülmektedir. Budapeşte Üniversitesi, Teknoloji ve İktisat Yüksek Gerilim Laboratuvarı (BUTE) tarafından yapılan hesaplamalar, simülasyonlar ve ölçümlerin sonuçlarına dayanarak; yüz örgüsü olmayan iletken giysilerin, canlı bakım çalışmalarında çalışan işçilerin maruz kaldıkları elektrik alanların geçerli sınır değerleri üzerinde maruz kaldığı görülmüş olup canlı bakımdaki işçilerin çalışmalarını tehlikeye attığı tespit edilmiştir. Canlı bakım çalışanın güvenliğini garanti etmek için, BUTE'nin Yüksek Gerilim Laboratuvarı, canlı bakım çalışmalarında iletken yüz örgü ihtiyacını kanıtlamıştır. Canlı bakımda kullanılan yüz örgüsü bulunmayan kıyafete ek yüz örgü koruması takılarak uygulanabilir. Bu yüz örgüsünün yapımı, Macaristan'da ve dünya genelinde canlı bakımın öncüsü Dr. Béla Csikós tarafından tanımlanmaktadır. Bu iletken yüz örgüsünün açıklıklarının boyutu, görünürlük dengesi ve elektrik alanının etkili koruyucu etkisi yapılan bu çalışmayla belirlenmiştir. Ayrıca ek yüz örgüsü Şekil 2.10'de gösterilmektedir.



Şekil 2.10: BUTE Yüksek Gerilim Laboratuvarı'nda geliştirilen iletken ek yüz örgüsü(Göçsei, Gábor, Bálint Németh, and Dániel Tarcsa 2013).

Canlı bakım çalışmalarında yapılan bu ölçümlerden çıkarılan bir diğer önemli sonuç, canlı bakım çalışmalarında kullanılan iletken giysililerin, manyetik alanlar için (manyetik akı yoğunluğu) önemli bir koruyucu etkisinin olmadığıdır(Göçsei, Gábor, Bálint Németh, and Dániel Tarcsa 2013).

2.3. Türkiye’de Canlı Bakım Faaliyetleri

Enerji sektörünün gelişimi ele alındığında; 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumunun kurulmasıyla birlikte elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımı sağlanarak 1980’lerin ortalarına kadar enerji akışının kontrolü TEK ile sağlanmıştır. 1980’lerin başında başlatılan ekonomik reformların bir parçası olarak bütçe kısıtlamalarına gidilmiştir. Yapılan bu bütçe kısıtlamalarıyla Türkiye’de yeni bir dönem başlamış olup yap işlet devret modeli uygulanarak özel sektörün katılımı sağlanmıştır.

1993 yılında TEK, iki kamu iktisadi teşebbüsüne bölündü. Meydana gelen yeni yapıda elektrik iletimi ve üretimi birleştirilerek Türkiye Elektrik Anonim Şirketi (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yeni yapıda TEDAŞ yap-işlet-devret modeliyle özelleştirilerek özel sektörün enerji sektörüne katılımı sağlanmaya çalışıldı. Ancak yetersiz yatırımlar, yüksek talep artışı ve yüksek kayıp kaçak oranı nedeniyle özelleştirilme çalışmaları yargı tarafından iptal edildi. 2000/2001 yıllarında meydana gelen ekonomik kriz nedeniyle birçok alanda olduğu gibi enerji alanında da reformlar gerçekleştirildi. Hem Avrupa Birliği’ne üyelik ön koşullarını yerine getirmek için hem de rekabetçi liberal bir elektrik pazarı oluşturmak için Elektrik Piyasası Kanunu çıkarılmıştır.

Elektrik Piyasası oluşturularak enerji piyasasında mali bir ses ve şeffaf bir elektrik piyasasının oluşturulması sağlanmıştır. Oluşturulan bu enerji piyasası ile yeterli, kaliteli ve düşük maliyetli bir rekabet ortamı sağlanmaya çalışılmıştır. Buna ek olarak TEAŞ; Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ), Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), Türkiye Elektrik Ticaret Anonim Şirketi (TETAŞ) olarak üçe ayrılıp oluşturulan birimlerin kendi içlerinde daha etkin bir yapıya sahip olması sağlanmış olup; söz konusu kurumlar içinde TEİAŞ dışındaki diğer kurumlar özelleştirme kapsamına alınarak enerji piyasasına katılımı sağlanmıştır.

Ayrıca bağımsız düzenleyici bir otorite olarak Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurularak piyasa denetim altına alınmıştır(Sirin, Selahattin Murat, 2011)

2006 yılında iletim sisteminin kalitesini ve kapasitesini arttırmak amacıyla “Güç Kalitesi Milli Projesi” başlatılarak iletim sisteminin evrensel standartlara uygun bir hale getirilmesi planlanmıştır. TEİAŞ ile birlikte; Hacettepe, ODTÜ, Dokuz Eylül, Yıldız Teknik üniversitelerinin yanı sıra TÜBİTAK ile işbirliği sağlanarak araştırmalara bilimsel ve teknik boyut kazandırılmıştır. Yapılan bu Projeye TEİAŞ’ın yenilikçi faaliyetlerinin arasına iletim sistemlerine; süreç, pazarlama ve organizasyonel faaliyetler dâhil edilerek iletim faaliyetlerine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bütün bu çalışmalar içinde en önemli olan yenilik ise kurumsal kaynak planlama projesi olan fiber optik altyapı çalışmalarıdır. Bununla birlikte TEİAŞ kurduğu fiber optik ağının altyapısını ticari kullanım için kiralayarak Türkiye’de bir ilke imza atmıştır. Yapılan bu çalışmalarla TEİAŞ verimliliğini ve kapasitesini arttırmayı hedefleyerek kurumsal yapısını iyileştirme yönüne gitmiştir(Sirin, Selahattin Murat, 2011)

Gelişen teknoloji sayesinde Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalitesinin sağlanması gerek sistem açısından gerekse ülke ekonomisi açısından öncelikli görevimizdir. Bu nedenle iletim sistemimizde yapılan tüm bakım, onarım ve arıza giderme çalışmalarımızın günümüz teknolojisi kullanılarak yapılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETBK) bünyesinde, 2006 yılı Türkiye-AB Katılım Öncesi Mali İşbirliği kapsamında AB hibe kredisi ile gerçekleştirilen Eşleştirme Projesi ile Canlı Bakım Faaliyetleri proje kapsamına alınmıştır.

TEİAŞ’ın Kurumsal Yapısının ve Kapasitesinin Güçlendirilmesi ve enerji konusunda gelişen ülkelerin yanında yer alması kapsamında, eşleştirme ortağımız olarak seçilen Fransa İletim Şirketi- RTE ile Canlı Bakım projesinin fizibilite çalışmaları 2008-2009 yıllarında sürdürülmüştür. Bu projenin sonucunda, TEİAŞ şebekesinde canlı bakım yapılabileceği ve gelişen enerji sistemlerinde bu bünyede revize edilebileceği belirtilmiştir(TEİAŞ, 2014).

2.3.1. Türkiye'deki Enerji İletim Seviyeleri

Havai enerji iletim hatları, elektrik güç sistemleri endüstrisinde gerilim aralığı ile sınıflandırılır. 1000 volt'un altı düşük voltaj seviyesi olarak belirtilmiş olup konut veya küçük ticari müşteri ile şebeke arasındaki bağlantı için kullanılır.

1000 volt (1 kV) ile 33 kV arasın orta gerilim olarak adlandırılmış olup kentsel ve kırsal alanlarda enerji dağıtımı için kullanılır. 33 kV ile 230 kV arasındaki gerilim seviyesi yüksek gerilim olarak adlandırılır ve toplu elektrik enerjisi iletiminde çok büyük tüketicilere bağlantıda kullanılır. Ekstra Yüksek Gerilim olarak adlandırılan gerilim seviyesi 230 kV'dan, yaklaşık 800 kV'a kadar olan voltaj seviyesini kapsamaktadır ve uzun mesafeli çok yüksek güç ihtiva eden enerji iletiminde kullanılır. 800 kV'tan yüksek voltaj seviyesine ise ultra yüksek gerilim denilmektedir(Singh, Jaikaran, 2013).

Türkiye'nin elektrik iletimi ve üretimindeki bu gelişmeler göz önüne alındığında enerji işletmeciliğinde elektriğin kesintisiz olarak iletilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin enerjiye olan ihtiyacının sürekli olarak artması, elektrik iletim sisteminin arz güvenilirliğini ve enerji kalitesinin sağlanmasını öncelikli hale getirmektedir. Bu nedenle iletim sistemimizde yapılan tüm bakım, onarım ve arıza giderme çalışmalarının günümüz teknolojisi kullanılarak yapılması bir zorunluluk haline gelmiştir.

3. CANLI BAKIM VE UYGULAMALARI

İşletme gerilimi 170 kV ve üstü yüksek gerilim iletim tesislerinde ve enerji iletim hatlarında enerji altında (canlı) bakım ve onarım çalışmalarının yapılmasına canlı bakım denilmektedir.

Enerji iletim hatlarında ve enerjili primer teçhizatlarda canlı bakım yapılması, yüksek gerilim ihtiva eden iletim sistemi teçhizatlarını yükseltmek, yenilemek ve korumak için günümüz teknolojinde ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle Canlı bakım çalışmalarını incelemeden önce bakımı yapılan yüksek gerilim teçhizatların tanınması ve bu teçhizatların karakteristik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Enerji iletimi konusunda öncelikli olarak canlı bakım faaliyetlerinin yapıldığı enerji iletim hatlarının incelenmesi gerekmektedir.

3.1 Canlı Bakım Yöntemleri

Enerji iletim hatlarındaki gerilim seviyeleri gelişen teknoloji sayesinde giderek artmaktadır. Bu nedenle enerji iletim hatlarındaki elektrik enerjisinin sürekliliği; bakım ve onarım çalışmalarında teknolojinin kullanılmasına ve bazı metotlar geliştirilmesine sebep olmuştur. Günümüz teknolojisinde kullanılan metotlar içerisinde en gelişmiş yöntem canlı bakım yöntemidir. Canlı bakım yöntemleri incelendiğinde yüksek gerilim çalışmalarında endüstride kullanılan terminolojiye göre bazı metotlar kullanılmaktadır. Kullanılan bu metotlarda doğrudan insan temasını engelleyen izole yapışkan bilişenler kullanılmaktadır.

Enerji iletim hatlarında çalışan işçiler canlı bakım çalışmalarında yalıtılmış cam elyaf kutuplara tutturulan aletleri kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu sayede çalışan hat işçileri ile enerjili sistem arasında güvenli bir mesafe oluşturulmaktadır. Canlı bakım metotları incelendiğinde enerjili hatta çalışmanın ekonomik bazı avantajları olabilir ancak enerjili alanda çalışma, canlı hatta çalışan işçi güvenliğinde doğru önlemlerin alınmasını beraberinde getirmektedir. Söz konusu canlı bakım çalışmalarında genel olarak üç metot bulunmaktadır.

3.1.1 Sıcak Sopa Yöntemi

Canlı bakımdaki bu metotta teçhizatın bakım çalışmaları uzun yalıtım kutupları Şekil 3.1’de gösterildiği gibi yalıtılmış izole aletlerle yapılır.



Şekil 3.1: Canlı bakımda sıcak sopa yöntemiyle teçhizat değişimi(RTE,2013)

Söz konusu bu yöntem ile canlı bakım operatörü kendini bakım ya da onarım yapacağı enerjili bölgeye uygun yaklaşma koşullarına uyararak yaklaştırır. Gerekli iş güvenliği önlemleri alındıktan enerjili bölgede izole teçhizatlar yardımı ile sorunlu olan bölgede çalışmaya başlanır. Bu çalışmada önemli olan husus kişinin tamamıyla izole teçhizatı kullanmadaki el becerisine ve fiziksel gücüne bakılmasıdır.

3.1.2 Sıcak Eldiven Yöntemi

Bu metotta canlı bakımda çalışan işçi, Şekil 3.2’de görüldüğü üzere; kalın lastik eldivenlerle korunur ve sıklıkla kollarından yukarıya doğru enerji iletim hattına uzanıp izole bir kıyafet giyerek yapar.



Şekil 3.2: Canlı bakım çalışmasında sıcak eldiven yöntemiyle bakım yapılması (RTE,2013).

Söz konusu bu yöntem ile canlı bakım operatörü kendini bakım ya da onarım yapacağı enerjili bölgeye uygun yaklaşma koşullarına izole vinç ardımı ile yaklaştırır. Burada yapılacak çalışmada kullanılan eldiven ve izole teçhizatın gerekli elektrik dayanımına karşı dirençli olması son derece büyük önem arz etmektedir. Gerekli iş güvenliği önlemleri alındıktan enerjili bölgede izole eldiven yardımı ile sorunlu olan bölgede çalışmaya başlanır.

Bu çalışmada önemli olan husus kişinin kullandığı izole teçhizatın gerekli dayanıma sahip olması ve rutin elektriki testlerden geçirilmesidir.

3.1.3 Sıcak El Yöntemi

Canlı bakımda çalışan işçi, Şekil 3.3'te gösterildiği gibi ağır izolasyonlu bir stanka veya bir helikoptere asılmış izole edilmiş bir platforma aktarılır ve ekipmanla temas ettirilir. Hatta bağlanarak eş potansiyel yaratıldıktan sonra izole aletlerle teçhizat değiştirilir.



Şekil 3.3: Canlı bakım çalışmasında sıcak el yöntemiyle teçhizat değişimi(RTE,2013)

Sıcak sopa yöntemi yirminci yüzyılın ortalarında fırın ahşabından yapılan yalıtım malzemeleri ile canlı bakım işçileri geçici destekler üzerine çıkarak, yüksek gerilimde kullanılan sigortaların, post izolatörlerin değiştirilmesi sağlayarak yapılmıştır.

Yapılan canlı bakım çalışmalarında, canlı sistemle çalışan işçiler minimum çalışma mesafelerini ihlal etmeden gerçekleştirmiştir. Geliştirilen tekniklerle çalışma voltaj seviyesi giderek arttırılmıştır. 1950'lerin sonlarına doğru fiberglas malzemelerin kullanılmasıyla yağmurlu ortamlarda dahi 765 kV'a kadar canlı bakım çalışmaları gerçekleştirilmiştir(Zhibin, Ren 2008).

Sıcak eldiven yöntemi ile canlı bakım işçileri orta veya düşük gerilimler için yeterli standartta yalıtım eldivenleri giyerek çalışma yapmaktadır. Söz konusu eldivenler çalışanların kollarını korumak için omuza kadar uzanmaktadır. Ayrıca kauçuk önlü ile ek korumalar sağlanarak canlı bakımdaki işçilerin iş güvenliği alınmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte canlı bakım çalışmalarında açıkta kalan iletkenlerin uzunluğunu azaltmak için yalıtım örtüleri ve izole hortumlar kullanılarak gerekli önlemler alınmaya çalışılmıştır. İzole penseler ile de ek koruma sistemleri oluşturulmuştur.

Canlı bakım çalışmalarında birincil koruma olarak izole eldiven kabul edilir ve izole merdivenin üzerinde bir platform oluşturularak bakım onarım işleri gerçekleştirilir fakat izole merdivenle yapılan çalışmalarda gerilim seviyesi 60 kV seviyesine kadar bir çalışma olanağı sağlamaktadır(Lu-dan, W. A. N. G,2007).

Her çeşit ekonomik faaliyetin ana girdisi olan elektrik enerjisinin kullanım alanının çoğalması, en küçük yerleşim alanına kadar giden elektrik şebekesinin tüketiciye sağladığı kolaylık, enerji sistemlerinin enerji kalitesine ve sürekliliğine önem arz eder. Bu nedenle bakım ve arıza durumlarında arızanın çabuk analiz edilmesi ve çözülmesi büyük önem taşımaktadır(TEİAŞ, 2014).

Canlı Bakım; Ulusal Elektrik Sisteminin herhangi bir parçasında veya belirli birimlerinde yapılacak olan bakım faaliyetlerinin, sistemin enerjisi kesilmeden yapılması işlemidir. Canlı Bakımın İletim Sistemine faydaları şöyle sıralanabilir:

- Kullanıcılara kesintisiz ve kaliteli elektrik enerjisinin sağlanması
- Kesintilerin minimize edilmesi ile enerji ve üretim kayıplarının azaltılması
- Ayrıca yeni çalışma yöntemlerinin kazanılması ile iş disiplini ve iş güvenliği açısından yüksek kazanımların sağlanmasıdır.

3.2 Canlı Bakım Uygulamalarının Genel Tanımları

3.2.1 Bakım

Bakımın sözlük tanımına bakacak olursak; bir ekipmanın çalışma durumunun sürekliliğinin sağlanması ve bunun için gerekli prosedürlere uyulmasıdır. Bakım, her türlü alet, ekipman veya cihazın kullanılmaya başladığı tarihten beri gündemdedir. Belirli bir ekipmanı çalışır halde tutmak, arızalanmasını önlemek ve özelliklerini yitirmiş bir ekipmanı tekrar eski haline getirmek için yapılan bütün faaliyetlere bakım adı verilmektedir.

3.2.2 Canlı Bakım Çalışması

Canlı Bakım Çalışması; Canlı Bakım Operatörünün kullandığı mekanizmalar, ekipmanlar ve araç-gereçlerle, ya da vücudunun tamamı veya bir kısmıyla gerilim altındaki çalışma alanına girerek ya da gerilim altındaki kısımlarla temasa geçerek yürüttüğü faaliyetlerdir

3.2.2.1 Trafo Merkezleri Canlı Bakım Çalışma Uygulamaları

TEİAŞ referans metinleri uyarınca, rakımı 2500 m'ye kadar olan, 154 kV veya 400 kV gerilimli Yüksek Gerilim Alternatif Akım Tesislerinde Canlı Bakım (CB) çalışmaları yürütmek için uygulanması gereken genel kuralları belirler. Bu Çalışma Uygulama Koşulları sadece TEİAŞ tesisleri ve teçhizatları için geçerlidir.

Trafo Merkezlerindeki çalışma uyulama koşulları incelendiğinde; ayırıcılar, baralar, bara bağlantı noktaları ve cam veya porselen donanım içermeyen ana direk yapıları gibi havai teçhizat üzerinde, potansiyelde veya uzaktan çalışma yöntemleriyle Canlı Bakım çalışmalarını yürütmeyi amaçlar. Kısa devreye maruz kalma ve elektriğe çarpılma riski gibi operatörlerin güvenliğini tehlikeye atabilecek elektrikli riskleri önlemeyi sağlar.

Güç trafoları, oto trafolar, kesiciler, akım-gerilim trafoları, parafudrlar, buşingler, kablo başlıkları ve kompozit izole sütunlarda, geçit izolatorlerinde ve treplerde (Hat Tıkaçları) Canlı Bakım çalışması yapılmasına izin vermez.

Canlı bakım çalışmalarını yürütecek personelin çalışma yapabilmesi için alınan belge; canlı bakım konusunda özel eğitim almış Elektrik Mühendisi ve Trafo Bakım çalışmaları konusunda EKAT belgesi sahibi elektrikle ilgili fen adamlarına yöneliktir.

Bu Çalışma Uygulama Koşulları, canlı bakım çalışmalarını gerçekleştirmek için, ancak ilgili Teknik Belgelere cevap veren Canlı Bakım aletleri ile birleştirilerek uygulanabilir.

3.2.2.2 İletim Hatları Canlı Bakım Çalışma Uygulamaları

TEİAŞ referans metinleri uyarınca, rakımı 2500 m'ye kadar olan, 154 kV veya 400 kV gerilimli Yüksek Gerilim Alternatif Akım Tesislerinde Canlı Bakım (CB) çalışmaları yürütmek için uygulanması gereken genel kuralları belirler. Bu Çalışma Uygulama Koşulları sadece TEİAŞ tesisleri ve teçhizatları için geçerlidir.

Enerji iletim hatlarındaki çalışma uygulama koşulları incelendiğinde; cam veya porselen izolatör dizilerinde ve hırdavatlarında, damper, jumper, spacer gibi iletken elemanlarında ve iletken eki yapımında, potansiyelde veya uzaktan çalışma yöntemleriyle Canlı Bakım çalışmalarını yürütmeyi amaçlar. Kısa devreye maruz kalma ve elektriğe çarpılma riski gibi operatörlerin güvenliğini tehlikeye atabilecek elektrikli riskleri önlemeyi sağlar.

Havai hat parafudrlarında ve kompozit izolatör dizilerinde canlı bakım çalışması yapılmasına izin vermez.

Canlı bakım çalışmalarını yürütecek personelin çalışma yapabilmesi için alınan belge, canlı bakım konusunda özel eğitim almış Elektrik Mühendisi ve Hat Bakım çalışmaları konusunda EKAT belgesi sahibi elektrikle ilgili fen adamlarına yöneliktir.

Bu Çalışma Uygulama Koşulları Canlı bakım çalışmalarını gerçekleştirmek için, ancak ilgili Teknik Belgelere cevap veren Canlı Bakım aletleri ile birleştirilerek uygulanabilir.(TEİAŞ CB Yönergesi, 2015).

3.3 Canlı Bakım Organizasyonu

Canlı bakım çalışmalarının uygulanabilmesi için gerekli bir takım organizasyonların oluşturulması gerekmektedir. Söz konusu bu organizasyonların başında, ekibin çalışmalarını yönlendirecek enerji altında çalışma prensiplerini özümseyerek dikkatle yerine getirebilen ve canlı bakım konusunda özel eğitim almış elektrik mühendisleri görev almaktadır. Ayrıca enerji altında çalışmanın yapılabilmesi için trafo bakım ve hat bakım çalışmaları konusunda temel eğitimini tamamlamış ve canlı bakım konusunda özel eğitim almış Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Çalışma Yetki Belgesi (EKAT) sahibi olan kişiler gerekli eğitimlerden geçirilerek canlı bakım çalışmalarını gerçekleştirir.

Canlı bakım çalışması gerçekleştirilmeden önce ve söz konusu yapılacak çalışma esnasında canlı bakım personelleri arasındaki görev yetki ve sorumluluk dağılımı elektrik mühendislerince ayrıntılı olarak belirlenerek çalışmanın organizasyonu yapılır ve yürütülür.

Canlı bakım çalışmasının başlaması için öncelikle canlı bakımda görev alan elektrik mühendislerince çalışma sorumluları belirlenir. Ardından çalışılacak bölge için gerekli Canlı Bakım Talep Formu ve çalışma alanında güvenliğin sağlanabilmesi için Manevra Kısıtlılık Formu doldurularak Yük Tevzi Dairesi Başkanlığına, çalışmanın gerçekleştirileceği bölgedeki Bölge Yük Tevzi Müdürlüğüne ve ilgili çalışmanın yapılacağı Bölge Müdürlüklerine Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'teki formlar gönderilir.

Canlı bakım çalışmalarında enerji altında çalışma esnasında arıza akımından doğan ani gerilim dalgalanmalarını önlemek için çalışma yapılacak bölgeye manevra kısıtlılığı getirilir. Söz konusu bu kısıtlılık hem trafo merkezi işletme teknisyenlerinin yapacağı manevraları hem de söz konusu fidere bağlı tekrar kapama rölelerinin iptali ile gerçekleştirilir. Şekil 3.5'te görüldüğü üzere Kartaldağı fiderinde yapılacak çalışmada söz konusu baraya bağlı tüm fiderlerin tekrar kapamaları koruma sistemleri ekiplerince iptal edilir. Ayrıca ilgili istasyonda çalışan trafo merkezi teknisyenlerinin çalışma yapacağı fiderde ve o fiderin bağlı bulunduğu baradaki tüm fiderlerde manevra yapması yasaklanır.

3.4 Canlı Bakım Uygulama Koşulları

Canlı bakım çalışmalarının uygulanabilmesi için gerekli bir takım koşulların oluşturulması ve oluşturulan bu koşullar neticesinde canlı bakım çalışma hazırlıklarının yapılması gerekmektedir. Söz konusu canlı bakım koşulları elektriki, mekanik ve işletme koşulları olmak üzere üç kısma ayrılır.

3.4.1 Elektriksel Koşullar

Çalışma Uygulama Koşullarının bu bölümü, Canlı Bakım (CB) çalışma alanındaki donanım ve tesislerle ilgili gereklilikleri ve Canlı Bakım çalışmasının gerçekleştirilmesinden önce tamamlanması gereken işletme düzenini ve prosedürlerini tanımlar. Canlı bakım çalışmaları için, çalışma yapılacak tesisin, enerji iletim hattının, teçhizatın veya çalışma alanındaki ortamın koşulları incelenir ve bu koşulların durumuna göre çeşitli sınırlamalar getirilir. Söz konusu bu sınırlamaların getirilmesinin sebebi enerji altındaki çalışma esnasında olası bir gerilim dalgalanmasından etkilenilmemesidir. Bu nedenle çalışmaya başlanılmadan önce yağış, kırağı, sis, deniz serpintisi, %95'in üzerinde bağıl nem, güneşin doğuş anları göz önünde bulundurularak gerekli önlemler alınır.

Gerilim mesafeleri, canlı bakım çalışması esnasında ortaya çıkabilecek aşırı gerilim seviyeleriyle uyumlu, canlı bakım çalışma alanında yeterli izolasyonu sağlamak için hava için belirlenmiş asgari mesafelerdir. Mesafeler gerilim seviyelerine göre belirlenmiştir.

Mesafelerin hesaplanmasında göz önünde bulundurulmuş anahtarlama aşırı gerilim değerleri aşağıdaki Tablo 3.1'de verilmiştir:

Tablo 3.1: Anahtarlama aşırı gerilim değerleri

Gerilim Seviyesi U (kV)	Aşırı Gerilim Seviyesi (p.u)
154	2,3
400	2,3

Aşırı gerilim değeri (birim başına) p.u. olarak ifade edilir. P.U. değeri, aşırı gerilim faz toprak pik değerinin (U_{cs}) şebekenin en yüksek geriliminin faz-toprak pik değeri $[(U_m\sqrt{2})/\sqrt{3}]$ bölünmüş haline eşittir. Farklı YG şebekeleri için, U_m değerleri aşağıdaki Tablo 9'daki gibidir (TEİAŞ CB Yönergesi, 2015).

Tablo 3.2: YG şebekeler için faz-toprak pik değerine sahip aşırı gerilim

Gerilim Seviyesi U (kV)	Aşırı Gerilim Seviyesi U_m (kV)
154	170
400	420

3.4.2 Özel İşletme Rejimi (ÖİR)

Özel İşletme Rejimi, çalışma alanında veya bu alan dışındaki şebeke bölümünde meydana gelmesi muhtemel olan ve çalışma mesafelerinin güvenliğini riske atma ihtimali olan hadiselerin sonuçlarının sınırlandırılmasını amaçlar. Tekrar kapamaların iptal edilmesi, komşu hatlarda manevra yapılmaması, gerekirse koruma felsefesinde değişiklik yapılması gibi özel eylemleri kapsamaktadır. Özel işletme rejimlerinde komşu fiderlerin tekrar kapamalarının iptali Şekil-3,6'daki tek şemasında gösterilmiştir.

3.4.3 İşletme Koşulları

Canlı bakım işlemi başlatılması için Sistem İşletme Sorumlusu (Yük Tevzi İşletme Müdürlüğü İşletme Müdürlüğü) ile Canlı Bakım Ekibinin rolü belirlenir. Yapılacak çalışmalarda önemli olan çalışma sorumlusu ile sistem işletme sorumlusunun koordineli olarak çalışması ve olası bir arıza vb. durumlarda olaya müdahale edilmesidir.

Çalışma sorumlusu, canlı bakım çalışmalarının etkili bir şekilde yürütülmesini sağlamak için belirlenmiş, gerekli güvenlik önlemlerini almak veya aldırarak ve bunlara uyulduğunu gözetmekle yükümlü kişidir.

Sistem işletme sorumlusu ise ilgili Yük Tevzi Merkezi tarafından, bir elektrik tesisinin, özellikle de üzerinde CB çalışması yapıldığı süreçte, işletmesini sağlamak için belirlenmiş ve yetkilendirilmiş kişidir. Bu nedenle canlı bakım çalışmalarında gerekli koşulların oluşturulmasında büyük bir önem arz ederler(TEİAŞ CB Yönergesi, 2015).

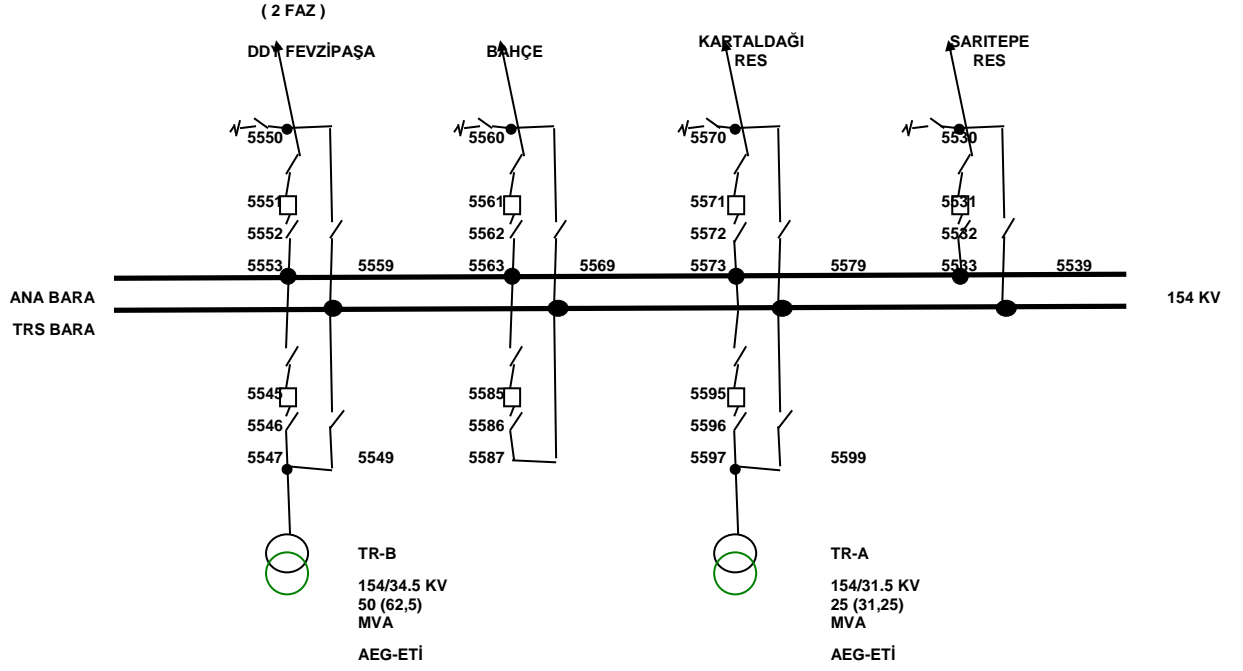
..... YÜK TEVZİ İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ'NE			
CANLI BAKIM ÇALIŞMASI TALEP FORMU			
Form Hazırlama Tarihi:		Çalışma Form No:	001
Formu Hazırlayan:	Mehmet Zeki ÇELİK	Görevi:	Başmühendis
Yapılacak çalışma:			
Çalışma Alanı:			
Başlangıç Tarihi:		Saat:	
Bitiş Tarihi:		Saat:	
CANLI BAKIM ÇALIŞMASI BİLGİLENDİRME FORMU ALICILARININ İLETİŞİM BİLGİLERİ			
Çalışma Sorumlusu:		Tlf:	
Çalışma Sorumlusu Yedeği:		Tlf:	
.....YTİM İşletme Sorumlusu:		Tlf:	
Acil Durumlarda Ekibin Çekilme Süresi (Dakika):			
NOT :			
Formu Yazan	Tarih	İmza	
Mehmet Zeki ÇELİK			
Onaylayan	Tarih	İmza	

Şekil 3.4: Canlı Bakım Talep Formu

Manevra Kısıtlılığı Bulunan Trafo Merkezleri ve Fiderleri		
T.M.	Fider	
154 KV FEVZİ PAŞA TM	154 KV KARTAL DAĞI RES FİDERİ (TEK FAZ TEKRAR KAPAMALAR İPTAL EDİLECEK)	
154 KV FEVZİ PAŞA TM	154 KV BAHÇE FİDERİ (TEK FAZ TEKRAR KAPAMALAR İPTAL EDİLECEK)	
154 KV FEVZİ PAŞA TM	154 KV SARITEPE RES FİDERİ (TEK FAZ TEKRAR KAPAMALAR İPTAL EDİLECEK)	
154 KV FEVZİ PAŞA TM	154 KV DDY FEVZİ PAŞA FİDERİ (TEK FAZ TEKRAR KAPAMALAR İPTAL EDİLECEK)	
154 KV KARTAL DAĞI RES TM	154 KV FEVZİ PAŞA FİDERİ (TEK FAZ TEKRAR KAPAMALAR İPTAL EDİLECEK)	
154 KV BAHÇE TM	154 KV FEVZİ PAŞA FİDERİ (TEK FAZ TEKRAR KAPAMALAR İPTAL EDİLECEK)	
154 KV SARITEPE RES TM	154 KV FEVZİ PAŞA FİDERİ (TEK FAZ TEKRAR KAPAMALAR İPTAL EDİLECEK)	
154 KV DDY FEVZİ PAŞA TM	154 KV FEVZİ PAŞA FİDERİ (TEK FAZ TEKRAR KAPAMALAR İPTAL EDİLECEK)	
NOT: 154 KV FEVZİ PAŞA TM'DE ÇALIŞMALAR SIRASINDA KARTAL DAĞI FİDERİ TRANSFER FİDERİ ÜZERİNDEN BESLENECEKTİR.		
Formu Yazan	Tarih	İmza
Mehmet Zeki ÇELİK		
Onaylayan	Tarih	İmza

Şekil 3.5: Manevra Kısıtlılık Formu *

(*)Manevra kısıtlılık formundaki fiderler örnek teşkil etmektedir.



Şekil 3.6: Manevra Kısıtlılık Formunun doldurulması için örnek trafo merkezi tek hat şeması

3.5 Canlı Bakım Çalışma Hazırlığı

Sistem İşletme sorumlusu ile çalışma sorumlusunun canlı bakım çalışmasına başlamadan önce gerekli izinleri alarak gerekli yazışmaları tamamlaması şarttır. Söz konusu çalışmaların tamamı kayıt altına alınmak zorundadır. Canlı bakım çalışması için sistem işletme sorumlusundan gerekli izinler alınarak çalışılacak bölgede manevra ve röle kısıtlılığı kontrol edilir. Sistem işletme sorumlusu ile yapılan görüşmeler neticesinde çalışmada mutabık kalındığı takdirde çalışma hazırlıklarına başlanır.

Canlı bakım çalışmasında fiziki çalışma yapılmadan önce ön saha incelemeleri yapılarak çalışılacak fiderin mesafe ölçümleri titizlikle alınır. Alınan bu ölçümlerler Şekil 3.7’de gösterildiği gibi çalışma dosyası için çizimler oluşturulur. Hazırlanan çalışma dosyasında canlı bakım yapılacağı esnada çalışma alanının mesafe kontrolleri yapılarak faz-toprak ve faz-faz mesafelerinin ihlal edilmediğinden emin olunur. Yapılan bu çalışma gerek iş güvenliği gerekse çalışma prensiplerinin oluşturulması açısından son derece önemlidir.



Şekil 3.8: Çalışma alanının işaretlenmesi



Şekil 3.9: Çalışma alanının hazırlığı

Söz konusu çalışma alanı belirlendikten sonra yaklaşma mesafelerine göre çalışma sorumlusu ekip elemanlarını bilgilendirilir. Yapılan bu bilgilendirme sayesinde canlı bakımda çalışacak personeller arasında görev dağılımı belirlenmiş olur. Bu görev dağılımları belirlendikten sonra Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de gösterildiği gibi canlı bakım sırasında çalışılacak malzemeler, belirlenen çalışma bölgesine düzenli bir şekilde yerleştirilir.



Şekil 3.10: Canlı bakımda çalışılacak malzemelerin düzenlenmesi



Şekil 3.11: Canlı bakımda çalışılacak malzemelerin düzenlenmesi

Canlı bakım malzemelerinin çalışma alanına düzenli bir şekilde yerleştirilmesinin ardından enerjili alanda çalışılacak ayırıcının çalışma bölgesine Şekil 3.12'deki gibi plywoodlar yerleştirilir. Yerleştirilen plywoodlar sayesinde izole iskelenin çalışma bölgesinde rahatça hareket etmesi sağlanır.



Şekil 3.12: Çalışma bölgesinde izole iskelenin hareketi için zeminin hazırlanması

Söz konusu plywoodların çalışma bölgesine yerleştirilmesinin ardından Şekil 3.13'te gösterildiği gibi canlı bakım çalışmasının yapılacağı izole iskele kurulur. İzole iskele sayesinde canlı bakım sırasında çalışacak operatör faz-toprak mesafesinde olası gerilim düşümünden etkilenmemesi sağlanır.

Ancak izole iskelenin kurulumu yapıldıktan sonra çalışma esnasında gerilimden kaynaklı herhangi bir atlama meydana gelmemesi için izole iskele, üzerinde herhangi bir parçacık bırakmayacak şekilde özel silikonlu bez yardımıyla silinir.



Şekil 3.13: İzole iskelenin kurularak canlı bakım çalışması için hazırlanması

Canlı bakım çalışması için silinen izole iskele çalışma alanına yerleştirilen plywood üzerinde kaldırılarak çalışma alanına üzerinde çalışacak operatör bulunmayacak şekilde götürülerek ergonomi çalışma koşulları belirlenir. Böylelikle Şekil 3.14'te gösterildiği gibi izole iskele üzerindeki operatörün hangi pozisyonda iskele üzerine çıkacağı ve çalışma alanına hangi bölgeden gideceği belirlenmiş olur.



Şekil 3.14: CB çalışmasından önce ergonomi ölçümlerinin yapılması

Canlı bakım çalışma bölgesindeki güzergâhtaki geçiş bölgelerinin belirlenmesinin ardından ergonomi çalışma koşulları incelenerek, iskele üzerinde Şekil 3.15'te gösterildiği gibi yapılacak canlı bakım çalışmasının çalışma dosyasında hazırlanan mesafelere uygunluğu test edilmiş olur.



Şekil 3.15: CB çalışmasından önce atlama mesafesi ölçümlerinin yapılması

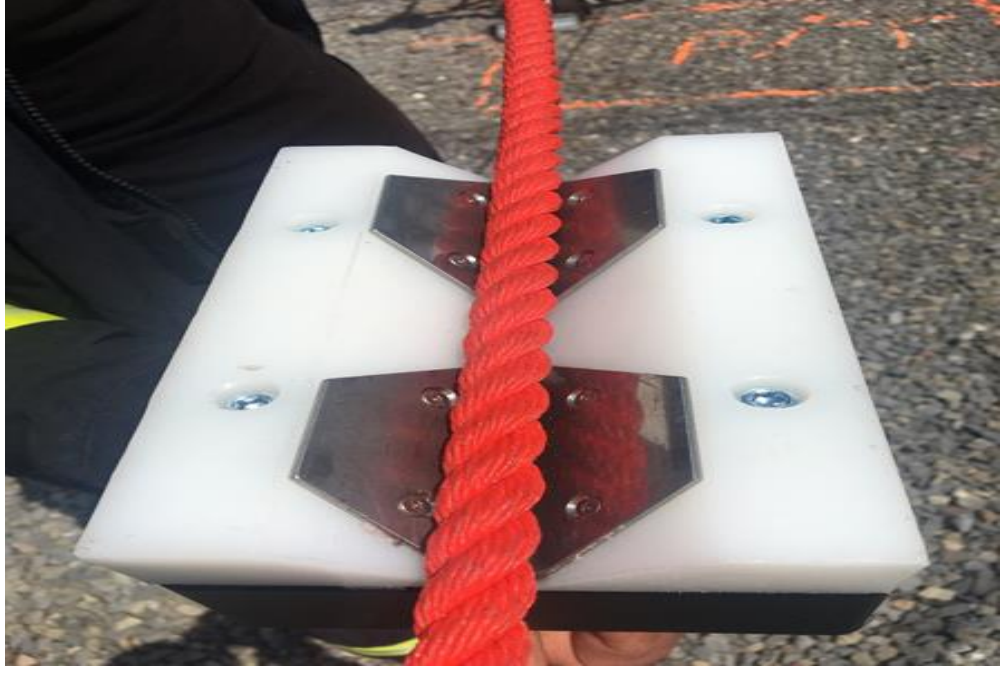
Canlı bakım çalışmasında önemli olan izole iskele üzerinde çalışacak personelin faz toprak ve faz-faz mesafelerinin ihlal edilmemesidir. Bu nedenle kullanılan ekipmandan çalışan personelin tecrübesine kadar her şey özenle belirlenerek olası bir iş kazasına sebebiyet vermemek için gerekli önlemler en üst seviyede alınır.

Canlı bakım çalışması öncesi kullanılan malzemelerin testleri büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle CB çalışmalarında izole iskeleye malzemelerin çıkarılması veya indirilmesinde kullanılan halat ile iskele üzerinde çalışacak personelin yüksekte çalışmasından dolayı iskeleye bağlı bulunan yaşam halatı Şekil 3.16’da gösterildiği gibi her çalışma öncesi test edilir. Yapılan bu test sayesinde izole halatta meydana gelebilecek bir hasarın önceden tespiti yapılır. Olası bir hasar tespitinde yeni halat kullanılarak çalışmaya devam edilir.



Şekil 3.16: CB çalışmasında kullanılacak izole halatın testinin yapılması

Söz konusu halatın yeni kullanılmasında dahi izole halat test edilir. Yapılan bu test canlı bakım çalışmalarında iş güvenliğinin ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır. Söz konusu test cihazının Şekil 3.17’de alttan görünüşü ve Şekil 3.18’de izole halatı test eden cihazın üstten görünüşü gösterilmektedir.



Şekil 3.17: İzole halatı test eden cihazın alttan görünüşü



Şekil 3.18: İzole halatı test eden cihazın üstten görünüşü

Canlı bakım çalışmalarında ergonomi ölçümleri, emniyet mesafeleri ve izole malzemelerle ilgili testler yapıldıktan sonra canlı bakım operatörü Şekil 3.19’da gösterildiği gibi emniyet kemeri ile iletken kıyafetini giyerek çalışma dosyasında oluşturulan uygun çıkma bölgesinde izole iskeleyle çıkar.



Şekil 3.19: Canlı bakım çalışmasında kullanılan iletken kıyafet

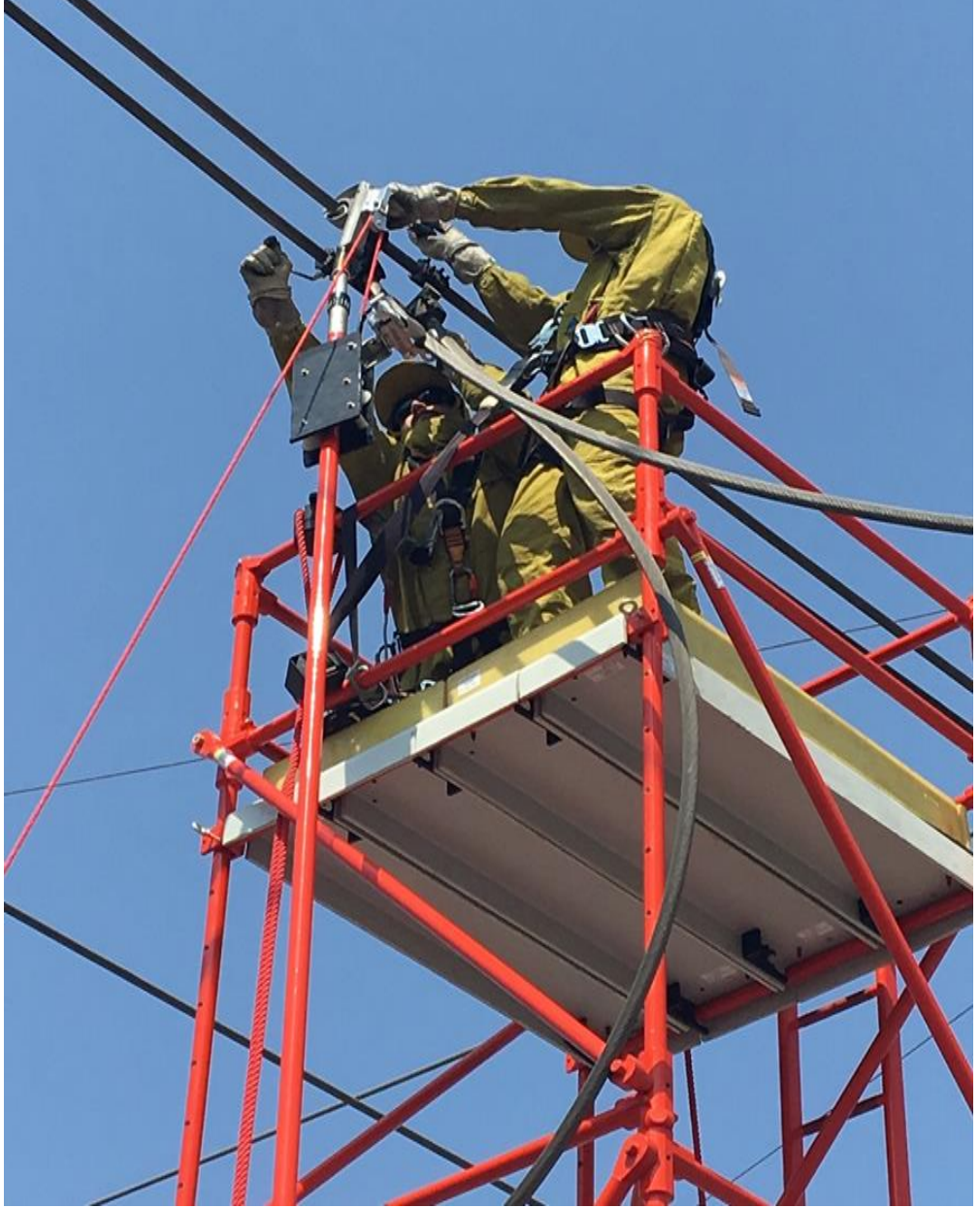
Canlı bakım operatörlerinin enerjili barada çalışabilmesi için özel donanıma sahip kıyafetleri giyerek çalışırlar. Söz konusu operatörler; ısıya dayanıklı özel iletken kıyafet, canlı bakım çalışmasına özel ayakkabı, çalışma esnasında gözü korumak için özel gözlük ve 20 kA üzeri bir kısa devre oluşması ihtimaline karşı işitsel koruyucu (özel kulak tıkacı) kullanırlar.



Şekil 3.20: Canlı bakım çalışmasında enerjili baraya çıkılması

Canlı bakım operatörü izole iskeleye Şekil 3.20’de gösterildiği gibi çıktıktan sonra eş potansiyel maşa yardımı ile kendini enerjili baraya bağlayarak canlı bakım çalışmasına hazır hale gelir.

Yapılan bütün bu hazırlıklardan ve kontrollerden sonra Şekil 3.21’de görüldüğü gibi söz konusu enerjili barada çalışmaya başlanır.



Şekil 3.21: Enerjili Barada Canlı bakım çalışması

Çalışma esnasında Şekil 3.22’de görüldüğü gibi yerdeki çalışma sorumlusu yapılacak işleri ve operatörleri koordine eder. Söz konusu işler sırasında dikkat edilecek en önemli husus çalışma esnasında faz-faz ve faz-toprak mesafelerinin ihlal edilmemesidir. Ayrıca çalışma sorumlusu malzemelerin yukarı taşıyıp indirilmesini ve canlı bakım sırasında olası bir arıza riskini bertaraf etmek için gerekli iş güvenliği önlemlerini alır.



Şekil 3.22: Canlı bakım çalışması çalışma sorumlusu koordinasyonu

4. CANLI BAKIM ÇALIŞMALARINDA ELEKTROMANYETİK ALAN SEVİYELERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Elektrik ve Manyetik Alanlarla İlgili Temel Kavramlar

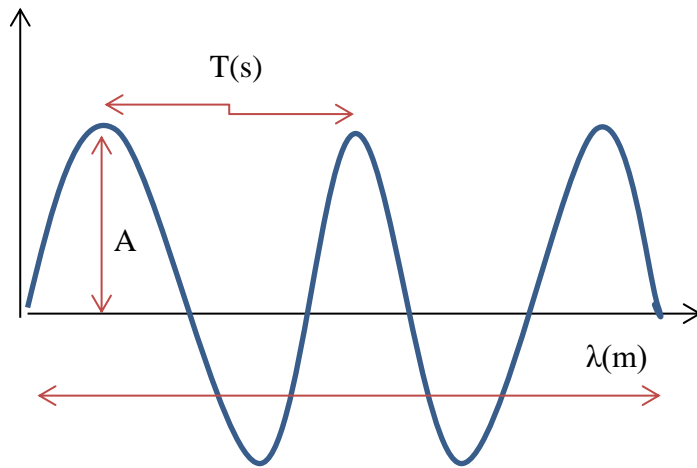
Günlük yaşam içinde önemli bir yer tutan elektrik enerjisine olan talep miktarının sürekli artması, daha güvenilir ve daha kaliteli bir enerji kavramı ile bunu gerçekleştirmek için kullanılan teknolojilerin gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Elektrik enerjisinin iletiminde teknoloji kriterleri mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Bir elektrik iletim sisteminin kalitesinin ölçütü olan, güvenli ve kesintisiz bir biçimde çalışması için, sistemin tasarım ve işletim aşamasında bir takım teknolojik gelişmelerin kullanılmasının yanında oluşan elektrik ve manyetik alan parametrelerinin de göz önüne alınması gerekir.

Bu bölümde iletim sistemlerindeki alan parametreleri, gerek canlı bakım çalışmalarında gerekse iletim sistemlerinde önemli bir etkiye neden olması ve çalışmakta olan canlı bakım operatörlerinin oluşan manyetik ve elektrik alandan ne kadar etkilendiğiyle ilgili bilgiler verilecektir. Enerji iletim sistemlerinde çok sayıda yüksek gerilimli teçhizat olması ve bu teçhizatların oluşturduğu alan parametrelerinin etkileri düşünülürse, çalışan canlı bakım operatörlerinin enerji altında etkilendiği alan parametrelerinin araştırılması gerekmektedir.

Söz konusu enerji iletim sistemlerinde elektrik ve manyetik alan problemlerinin daha da artacağı göz önüne alınarak, yüksek gerilim içeren tesisler bu bakımdan daha kuruluş ve tasarım aşamasında, önceden tanımlanmış ve standartlaştırılmış alan parametre büyüklüklerine göre incelenmelidir. Bu bölümde canlı bakım operatörleri ve çalışma alanlarındaki elektrik ve manyetik alan hakkında temel niteliği taşıyan konular ele alınarak incelenmiştir.

Elektrik ve manyetik alan parametreleri için temel niteliği taşıyan bazı terimler vardır. Alan parametreleri incelenmeden önce söz konusu bu terimlerin tanımlarının bilinmesi gerekmektedir.

- **Gerilim Dalgalanması (salınım):** Elektromanyetik dalganın periyodik hareketine salınım denir.
- **Amplitude (genlik) :** Bir dalganın tepesinden çukuruna kadar olan düşey uzaklığın yarısına genlik denir. A ile gösterilir. V/m, A/m, Tesla genlikte kullanılan birimlerdir.
- **Periyot:** Gerilim değerinin sıfırdan başlayarak pozitif maksimum değere çıkması, buradan tekrar düşerek sıfıra inmesi, ardından negatif maksimum değere ulaşması ve artarak tekrar sıfıra çıkması yada aynı fazdaki iki komşu dalganın maksimum ile minimumlarının oluşumu için geçen zamana periyot denir. T harfi ile gösterilir ve birimi saniyedir. $T(s)$ şeklinde ifade edilir.
- **Frekans:** Bir saniyede oluşan periyot sayısına frekans denir. Başka bir deyişle periyodun tersidir. Frekans, f ile gösterilir ve birimi Hertz (Hz)'dir. Ayrıca $f=1/T(s)$ formülü ile hesaplanır.
- **Dalgaboyu:** Aynı fazdaki iki dalganın maksimum değerleri ile minimum değerleri arasındaki uzunluğa dalgaboyu denir. Frekans ile dalgaboyunun çarpımı ışık hızını (c) verir. $\lambda(m) = c/f$ formülü ile hesaplanır.



Şekil 4.1: Alan parametrelerinin temel görünümü

- **Elektrik Alan:** Bir elektrik yükünün başka bir elektrik yükü üzerinde yarattığı çekme veya itme kuvveti etkisine yani yüklü bir cisim çevresinde pozitif birim yüke etki eden elektriksel kuvvete elektrik alan denilmektedir. Her elektrik yükü (şarj) bir elektrik alanı üretir. Böylece, elektrik alanını meydana getiren şey, elektrik yüklerinin birikmesidir (bu durum elektrik gerilimi olarak ifade edilir). Bundan dolayıdır ki, elektrik şebekesine bağlı bir lamba, yanıyor olmasa bile bir elektrik alanı yaratır. Bir cihazın beslenme gerilimi ne kadar yüksekse, bunun sonucu olarak ortaya çıkan elektrik alanı da artar. Elektrik alanının yoğunluğu metre başına volt (V/m) olarak ifade edilir. Bu yoğunluk, mesafe arttıkça hızla azalır. Bu açıdan dikkate değer bir nokta, az da olsa iletken nitelikli küçük bir engelin bile (bina, ağaç vb.) elektrik alanını engelliyor olmasıdır. Elektrik alanın bir yönü, değeri ve doğrultusu olduğundan dolayı vektörel bir büyüklüktür. Elektrik alan birim yüke uygulanan kuvvet olduğundan aşağıda Tablo 4,1’de verilen formül ile hesaplanır:

$$E = \frac{F}{q} = k \cdot \frac{q}{d^2} \quad (4.1)$$

Tablo 4.1: Elektrik alan parametreleri

Elektrik Alan	Elektrik Yüğü	Sabit	Uzaklık	Kuvvet
E	q	k	d	F
N/C	C	Nm^2/c^2	m	N

- **Manyetik Alan:** Manyetik alan, elektrik yükleri (şarjları) yer değiştirdiğinde, yani bir elektrik akımı sirkülasyonu olduğunda ortaya çıkar. Lamba yandığında, elektrik alanının yanı sıra, akımın besleme kablosundan ampule geçişinden kaynaklanan bir manyetik alan da söz konusudur. Yoğunluğu tesla (T), veya çoğunlukla mikrottesla (μT) olarak ifade edilir. Birimi Tesla’dır; fakat bazı kaynaklarda Gauss olarak da gösterilebilmektedir. Manyetik alan için iki tane fiziksel büyüklük kullanılır. Bunlardan birincisi manyetik akı yoğunluğudur, ikincisi manyetik alan şiddetidir.

Söz konusu Manyetik akı yoğunluğu $B(T)$ ile gösterilir ve düşük frekans(LF) (1 Tesla= 10^4 Gauss) aralığında kullanılır. Manyetik alan şiddeti ise H (A/m) ile gösterilir ve radyo frekans(RF) aralığında kullanılır. Akım ne kadar yoğunsa (kuvvetliyse), bunun bir sonucu olan manyetik alan da artar. Elektrik alanında olduğu gibi, manyetik alanın yoğunluğu da mesafe ile hızla azalır. Buna karşın, manyetik alan, elektrik alanında olduğu gibi engel teşkil eden nesnelere neredeyse hiç engellenmez.

- **Elektromanyetik alanlar (EMA):** Elektrik ve manyetik alanların bir araya gelmesiyle ortaya çıkar. Burada, elektrik dalgası ve manyetik dalga ışık hızında birlikte yer değiştirirler. Elektromanyetik alanların belirgin özelliği frekansları ve dalga uzunluklarıdır. “Frekans”, dalganın bir saniyede titreşim sayısıdır ve hertz (Hz) ile ölçülür. Dalga uzunluğu ise bir titreşim sırasında dalganın kat ettiği mesafedir. Frekans yükseldikçe dalga uzunluğu kısalır ve alanda yayılan enerji yükselir.

4.2 Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etki ve İşlevleri

Elektromanyetik alan terimi, belirli bir yerde elektrik enerjisinin ve manyetik alanın varlığını göstermek için kullanılır. Enerji iletim hatlarının çevresinde meydana gelen elektromanyetik alanların ölçülmesi ile analitik ve sayısal yaklaşımlar hesaplanmıştır. Söz konusu bu yaklaşımların etkilerinin belirlenmesi 1960'lara dayanmaktadır. Enerji iletim hatlarındaki yüksek gerilim ihtiva eden bu hatlar üzerinde taşınan akımlar, çevrelerinde çok düşük frekanslı elektromanyetik alanlar meydana getirirler. Oluşan bu elektromanyetik alanların insanlar üzerindeki etkileri uzun süredir merak edilmiş ve yapılan araştırmalarda, kesin olmamakla birlikte, elektrik ve manyetik alanların kanserojen etki riski taşıyan yapılar olarak sınıflandırılarak bu kategoride gösterilmesi uygun görülmüştür. Bugüne değin yapılan çalışmalar güç iletim hatlarının oluşturduğu alanların sağlık açısından bazı etkileri olduğunu göstermekle birlikte bu etkiler henüz tam olarak ispatlanabilmiş değildir. Mevcut oluşturulabilmiş bilgiler ağırlıklı olarak fizyolojik ve psikolojik etkilerin varlığını göstermekle birlikte bu etkilerin işleyiş mekanizması üzerindeki çalışmalar hala devam etmektedir(Kuldaşlı, Elif Deniz, 2008).

WHO'nun kanserle ilgili sınıflamasında elektrik ve manyetik alanları "Olası kanserojen" (Grup -2B) sınıfına alması temkinli olmak gerektiğinin ortaya koymaktadır. Araştırmalar temel olarak; elektrik ve manyetik alanların biyolojik etki ve işlevlerinin araştırılması, güç frekanslı olan bu alanların ölçümü ve hesabı şeklindedir. Gündelik yaşantıda elektrik ve manyetik alanlar 50 Hz frekanslı farklı değerlerle karşılaştırılır. Bu elektromanyetik alan şiddetlerinin elektrik ve manyetik alanı oluşturan kaynaktan uzaklaştıkça azalmaya başladığı bilinmektedir. Tablo 4,2'de bu alanların tipik değerleri gösterilmiştir(T.D.Bracken,2010).

Tablo 4.2: Çeşitli kaynaklardan alınan alan değerleri

Alan Kaynakları	Elektrik alan değeri (V/m)	Manyetik alan değeri (mG)
Yapı elektrik tesisatları	1-10	1-5
Elektrikli cihazlar	30-300	5-3000
Trafo merkezi civarı	10-60	1-10
Elektrikli tren vagonu	----	10-200
Enerji iletim hattı yakını	1000-7000	5-3000

Elektrik ve manyetik alan etkilerinin insan üzerinde etkileri araştırıldığında çeşitli seviyelerde bu alanlara maruz kalındığında bazı reaksiyonlar alındığı tespit edilmiştir. Elektrik alanının etkileri araştırıldığında elektrik alanının algı eşiklerinin kişiden kişiye değiştiği tespit edilmiştir.

Söz konusu bu etkiler şu şekilde sıralanabilir:

- 10 kV/m altında, çok az sayıda insan ciltlerinin üzerine "üfleniyormuş" gibi hisseder,
- 12 kV/m itibaren, kimi insanlar derilerinde iğnelenme hisseder,
- 20 kV/m itibaren, insanların %5'inden fazlası iğnelenme hissederken bazıları bunu nahoş bir his olarak nitelendirmektedir.

Elektrik alanının aksine, insan vücudu manyetik alana "duyarlı" değildir. Bununla birlikte, vücut iletken olduğundan manyetik bir alana maruz kalması akımlara neden olur. Ancak bu akımlar oldukça düşük yoğunluktadır ve genellikle karşılaşılan maruziyet seviyelerinde hissedilmezler bile.

Yalnızca yoğun manyetik alanlara maruz kalınması “anlık” bir algıyı beraberinde getirebilir; ancak elektrik alanlarında olduğu gibi algı eşiği kişiden kişiye oldukça değişmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından benimsenen eşikler aşağıdaki gibidir:

- 1 ila 10 mA/m² (0,5 mT* üzerindeki; ve 50/60 Hz’lik 5 mT’ye veya 3 Hz’lik 10-100 mT’ye kadar olan manyetik alanlar tarafından indüklenen) arasında, önemsiz biyolojik etkiler rapor edilmiştir;
- 10 ila 100 mA/m² (5 mT üzerindeki; ve 50/60 Hz’lik 50 mT’ye veya 3 Hz’lik 100-1000 mT’ye kadar) arasında, sinir sistemi ve görme duyusu üzerinde etkiler tespit edilmiştir;
- 100 ila 1000 mA/m² (50 mT üzerindeki; ve 50/60 Hz’lik 500 mT’ye veya 3 Hz’lik 1-10 T’ye kadar), uyarılabilir dokuların stimülasyonu (uyarım) gözlenmiştir ve sağlık açısından zararlı etkiler olasıdır;

1000 mA/m² üzerinde (50/60 Hz’lik 500 mT veya 3 Hz’lik 0 T üzeri) ventriküler fibrilasyon (kalp karıncığı fibrilasyonu) ve ekstrasistol (kalpte anormal atımların bulunduğu ritim bozukluğu) gibi şiddetli etkiler rapor edilmiştir(T.D.Bracken,2010).

Yapılan elektrik ve manyetik alanın insan sağlığı üzerine etkileri temel alındığında, mevcut enerji sistemlerinin de insan sağlığına uygun bir şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir. Yapılan incelemelerde gerek enerji iletim hatları gerekse trafo merkezlerinin yaydığı elektrik ve manyetik alan değerlerinin dikkatle incelenip iletim şebekelerinin söz konusu bu alanlardaki seviyeleri göz önüne alarak iletim planlanması yapılması gerekmektedir.

Enerji iletim hatlarının yaklaşma mesafeleri gelişen yapılaşma sonucu ve mesul mesken içinde iletim hatlarının kalması sebebiyle alan ölçümlerinin ile iletim hattı planlamasının özenle yapılması ve gelişen yapılaşmaya uygun olarak dizayn edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle iletim hatları ve trafo merkezlerindeki yaklaşma mesafelerinin belirli standartlar doğrultusunda yapılması gerekmektedir.

Elektromanyetik uyumluluk (EMU) kuralları, tüm cihazlar için hem maksimum emisyon eşiklerini hem de minimum elektromanyetik bağışıklık eşiklerini tanımlayan Avrupa Birliği Direktifi olan *91/263/EEC, 92/31/EEC ve 93/68/EEC sayılı direktiflerce tashih edilen CEM 89/336/EEC direktifi* ve ilgili standartlarca düzenlenmektedir. Bu eşikler, cihazların çalışma ortamı, konutlar veya sanayi bölgeleri göz önünde bulundurularak tespit edilmiştir. Ayrıca, “özel” ortamlar diye adlandırılan diğer çevreler için riayet edilmesi gereken belirli bağışıklık maddeleri söz konusudur. Sonuç olarak, genel uygulama açısından dört tanıtma yazısı Avrupa standardı (EN) bulunmaktadır.

- **EN 61000-6-1:** Yerleşim Birimleri, Ticari ve Hafif sanayi ortamları için Bağışıklık Standardı,
- **EN 61000-6-2:** Endüstriyel çevreler için Cihaz Bağışıklık Standardı,
- **EN 61000-6-3:** Yerleşim Birimleri, Ticari ve Hafif Sanayi Ortamları İçin Emisyon Standardı,
- **EN 61000-6-4:** Endüstriyel Ortamlar İçin Emisyon Standardı.

İlgili standartlar doğrultusunda iletim hatları dizayn edilir ve söz konusu planlamalar gerçekleştirilir. Bundan ötürü elektrik iletim ve dağıtım tesisleri elektromanyetik uyumluluk standartlarına uygundur. Standartların akabinde enerji iletim hatlarında farklı gerilim seviyelerinde yapılan ölçümlerde maruz kalınan alan değerleri Tablo 4,3'te verilmiştir(T.D.Bracken,2010).

Tablo 4.3: Enerji iletim hatları için elektrik ve manyetik alan (50 Hz) örnekleri(T.D.Bracken,2010).

ELEKTRİK ALANLAR (V/m)	MANYETİK ALANLAR (μT)
400 000 Volt hatlar Hattın altında : 5000 Eksenden 30 metre uzaklıkta : 2000 Eksenden 100 metre uzaklıkta: 200	400 000 Volt hatlar Hattın altında : 30 Eksenden 30 metre uzaklıkta : 12 Eksenden 100 metre uzaklıkta : 1,2
225 000 Volt hatlar Hattın altında : 3000 Eksenden 30 metre uzaklıkta : 400 Eksenden 100 metre uzaklıkta: 40	225 000 Volt hatlar Hattın altında : 20 Eksenden 30 metre uzaklıkta : 3 Eksenden 100 metre uzaklıkta : 0,3
90 000 Volt hatlar Hattın altında : 1000 Eksenden 30 metre uzaklıkta : 100 Eksenden 100 metre uzaklıkta: 10	90 000 Volt hatlar Hattın altında : 10 Eksenden 30 metre uzaklıkta : 1 Eksenden 100 metre uzaklıkta : 0,1
20 000 Volt hatlar Hattın altında : 250 Eksenden 30 metre uzaklıkta : 10 Eksenden 100 metre uzaklıkta: Önemsiz	20 000 Volt hatlar Hattın altında : 6 Eksenden 30 metre uzaklıkta : 0,2 Eksenden 100 metre uzaklıkta: Önemsiz
230 Volt hatlar Hattın altında : 9 Eksenden 30 metre uzaklıkta : 0,3 Eksenden 100 metre uzaklıkta : Önemsiz	230 Volt hatlar Hattın altında : 0,4 Eksenden 30 metre uzaklıkta : Önemsiz Eksenden 100 metre uzaklıkta: Önemsiz

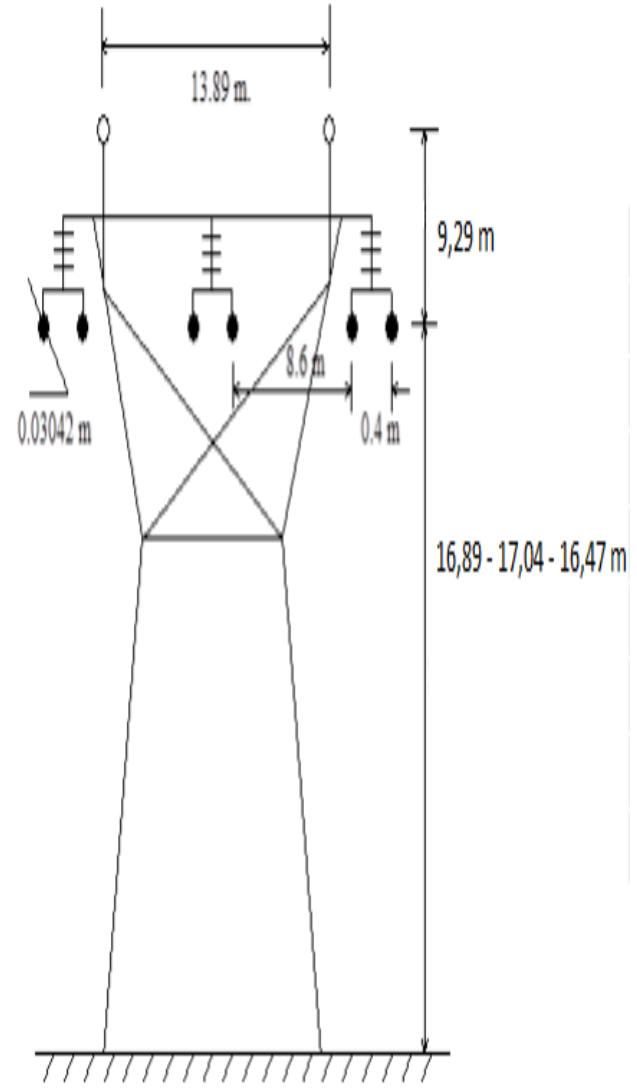
4.3 Türkiye’de Çeşitli Trafo Merkezlerinde ve Enerji İletim Hatlarında Yapılan Alan Ölçümleri

Ülke gelişimine ve dünyadaki gelişen teknolojilere bakıldığında iletim merkezlerinin ve enerji iletim hatlarının alan dağılımlarının ölçülmesi, iletim sistemi planlamasının yapılması açısından büyük bir önem arz etmektedir.

Bu bölümde İstanbul ilinin çeşitli trafo merkezleri ve iletim hatlarında yapılan elektrik ve manyetik alan ölçümleri belirtilmiştir. Öncelikle İstanbul ili için büyük bir öneme sahip 400 kV Ümraniye-Tepeören enerji iletim hattı incelenmiştir.

Söz konusu iletim hattında ölçüm yapılacak iletken bilgileri aşağıda verilmiş olup Şekil 4.2’de ölçüm yapılan hat ve ölçüm mesafeleri ile Tablo 4.4’te manyetik alan ölçüm sonuçları gösterilmiştir.

- İletken kesiti: 2x954 MCM
- Ölçüm noktasında iletken yükseklikleri : 16,89 m – 17,04 m - 16,47 m
- Koruma iletkeni: 26,13 m

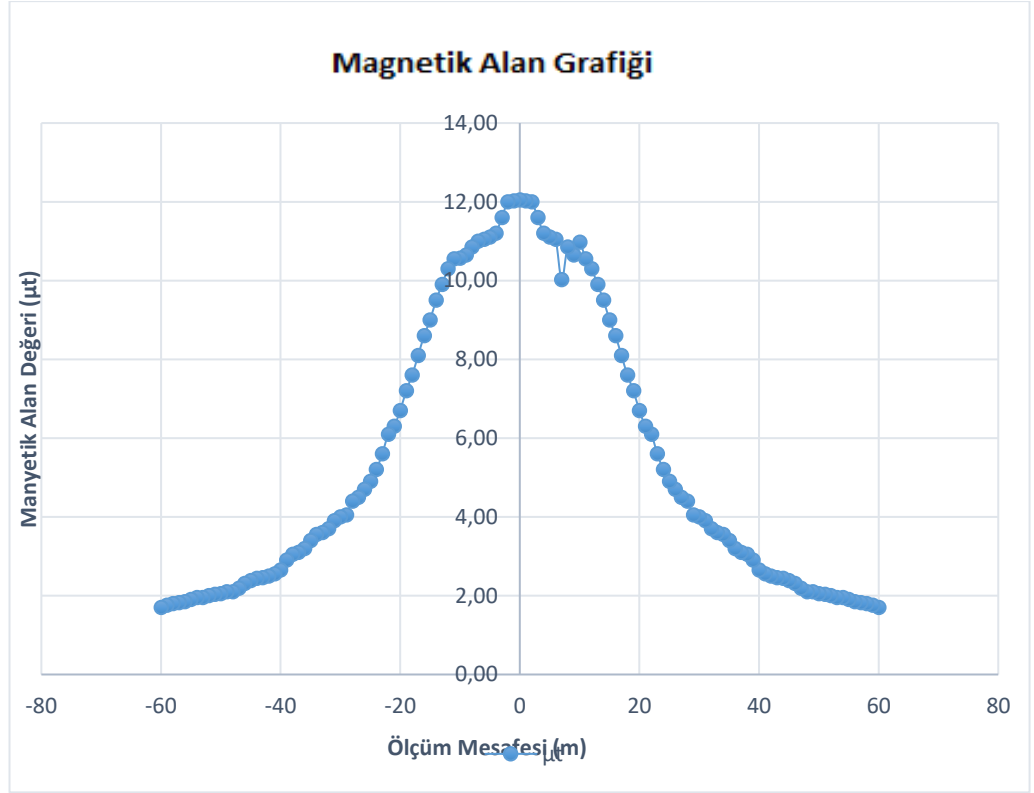


Şekil 4.2: 400 kV Ümraniye-Tepeören Enerji İletim Hattı

Tablo 4.4: 400 kV Ümraniye-Tepeören EİH manyetik alan ölçüm sonuçları

Metre	μT	Metre	μT	Metre	μT	Metre	μT
60	1,70	29	4,05	-1	12,02	-31	3,90
59	1,76	28	4,40	-2	12,00	-32	3,70
58	1,80	27	4,50	-3	11,60	-33	3,60
57	1,82	26	4,70	-4	11,20	-34	3,55
56	1,85	25	4,90	-5	11,10	-35	3,40
55	1,90	24	5,20	-6	11,05	-36	3,20
54	1,95	23	5,60	-7	11,00	-37	3,10
53	1,95	22	6,10	-8	10,85	-38	3,05
52	2,00	21	6,30	-9	10,65	-39	2,90
51	2,03	20	6,70	-10	10,57	-40	2,65
50	2,05	19	7,20	-11	10,55	-41	2,55
49	2,10	18	7,60	-12	10,30	-42	2,50
48	2,10	17	8,10	-13	9,90	-43	2,46
47	2,19	16	8,60	-14	9,50	-44	2,44
46	2,31	15	9,00	-15	9,00	-45	2,38
45	2,38	14	9,50	-16	8,60	-46	2,31
44	2,44	13	9,90	-17	8,10	-47	2,19
43	2,46	12	10,30	-18	7,60	-48	2,10
42	2,50	11	10,55	-19	7,20	-49	2,10
41	2,55	10	10,97	-20	6,70	-50	2,05
40	2,65	9	10,65	-21	6,30	-51	2,03
39	2,90	8	10,85	-22	6,10	-52	2,00
38	3,05	7	10,02	-23	5,60	-53	1,95
37	3,10	6	11,05	-24	5,20	-54	1,95
36	3,20	5	11,10	-25	4,90	-55	1,90
35	3,40	4	11,20	-26	4,70	-56	1,85
34	3,55	3	11,60	-27	4,50	-57	1,82
33	3,60	2	12,00	-28	4,40	-58	1,80
32	3,70	1	12,02	-29	4,05	-59	1,76
31	3,90	0	12,05	-30	4,00	-60	1,70
30	4,00						

Yukarıdaki manyetik alan ölçümlerinde belirtilen “0 m” noktası enerji iletim hattının maksimum sehim noktasıdır. “+60 m” ve “- 60 m” değerleri ise manyetik alanın maksimum olan sehim noktasından 60 metre ilerisi ve gerisi olarak temel alınıp bu mesafelere göre ölçülmüştür. Yapılan bu manyetik alan ölçümleri Şekil 4,3’te grafik üzerinde gösterilmiştir.

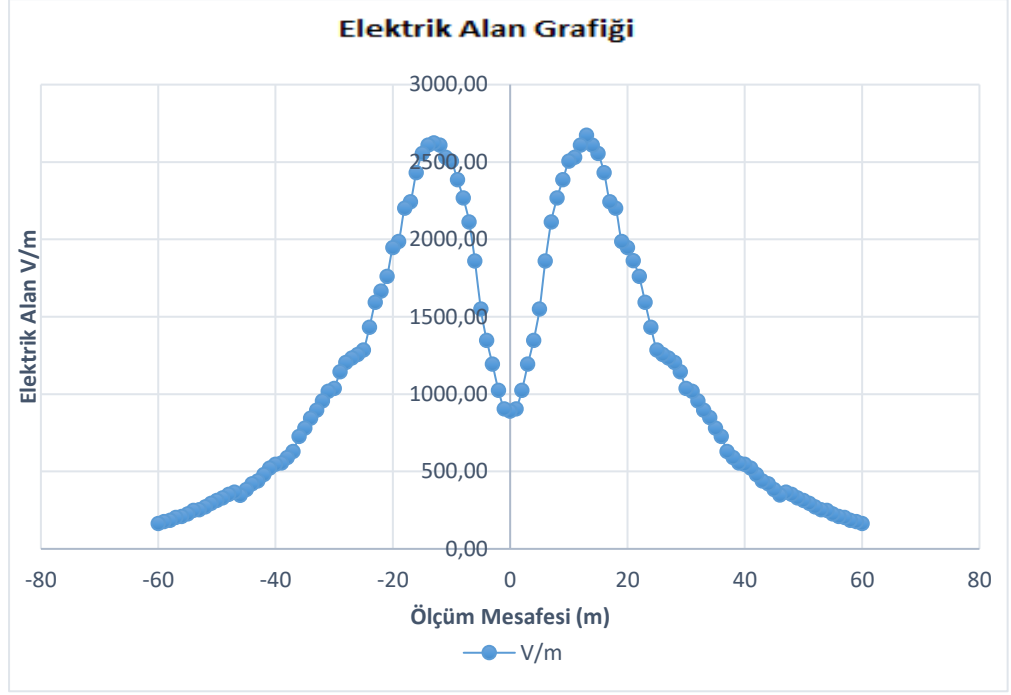


Şekil 4.3: 400 kV Ümraniye-Tepeören E.İ.H. manyetik alan grafiği

Tablo 4.5: 400 kV Ümraniye-Tepeören E.İ.H. elektrik alan ölçüm sonuçları

Metre	V/m	Metre	V/m	Metre	V/m	Metre	V/m
60	162,55	29	1143,90	-1	905,00	-31	1018,8
59	174,98	28	1204,50	-2	1023,80	-32	956,86
58	184,55	27	1232,90	-3	1192,80	-33	896,12
57	202,42	26	1256,30	-4	1347,60	-34	843,15
56	208,95	25	1285,60	-5	1549,20	-35	779,97
55	226,60	24	1430,80	-6	1859,20	-36	727,12
54	247,64	23	1593,30	-7	2112,60	-37	628,97
53	252,38	22	1759,80	-8	2267,90	-38	588,78
52	270,31	21	1861,20	-9	2386,10	-39	554,57
51	294,14	20	1947,50	-10	2505,40	-40	545,73
50	311,67	19	1986,20	-11	2529,40	-41	522,41
49	329,32	18	2201,60	-12	2607,80	-42	479,74
48	351,21	17	2241,70	-13	2623,70	-43	439,44
47	366,63	16	2431,80	-14	2609,20	-44	419,53
46	348,72	15	2555,10	-15	2555,10	-45	382,52
45	382,52	14	2609,20	-16	2431,80	-46	345,72
44	419,53	13	2673,70	-17	2241,70	-47	366,63
43	439,44	12	2607,80	-18	2201,60	-48	351,21
42	479,74	11	2529,40	-19	1986,20	-49	329,32
41	522,41	10	2505,40	-20	1947,50	-50	311,67
40	545,73	9	2386,10	-21	1759,80	-51	294,14
39	554,57	8	2267,90	-22	1665,90	-52	270,31
38	588,88	7	2112,60	-23	1593,30	-53	252,38
37	628,97	6	1859,20	-24	1430,80	-54	247,64
36	727,12	5	1549,20	-25	1285,60	-55	226,6
35	779,97	4	1347,60	-26	1256,30	-56	208,95
34	849,15	3	1192,80	-27	1232,90	-57	202,42
33	896,12	2	1023,80	-28	1204,50	-58	184,55
32	956,86	1	905,00	-29	1143,90	-59	174,98
31	1018,80	0	890,03	-30	1037,10	-60	162,55
30	1037,10						

Yukarıdaki elektrik alan ölçümlerinde belirtilen “0 m” noktası enerji iletim hattının maksimum sehim noktasıdır. “+60 m” ve “- 60 m” değerleri ise elektrik alanın maksimum olan sehim noktasından 60 metre ilerisi ve gerisi olarak temel alınıp bu mesafelere göre ölçülmüştür. Yapılan bu elektrik alan ölçümleri Tablo 4.5 ve Şekil 4.4’te grafik üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.4: 400 kV Ümraniye-Tepeören E.İ.H. elektrik alan grafiği

Enerji iletim hatlarının incelenmesinden sonra İstanbul ili için büyük bir öneme sahip 400 kV Küçükbakkalköy Trafo merkezinde Trafo-2 ve Trafo-4 fiderleri incelenmiştir. Söz konusu trafo fiderlerinde ölçüm yapılacak mesafe bilgileri aşağıda verilmiş olup Şekil 4.5’de ölçüm yapılan trafo fideri ile Tablo 4.6’da manyetik alan ölçüm sonuçları gösterilmiştir.

- İletken kesiti: 954 MCM (*Tr-2 ve Tr-4 fiderlerinde ortak*)

A) Trafo 4 Fideri

- Ölçüm esnasında akım(A): A faz 334A / B Faz 338A/ C Faz 330A
- Ölçüm esnasında gerilim(kV): A faz 157,2kV/ B Faz 156,2kV / C Faz 156kV
- İletken Mesafeleri: A faz 9,81m / B Faz 9,81m / C Faz 9,81m

B) Trafo 2 Fideri

- Ölçüm esnasında akım(A): A faz 334A / B Faz 326A/ C Faz 328A
- Ölçüm esnasında gerilim(kV): A faz 158kV/ B Faz 156,6kV / C Faz 156,3kV
- İletken Mesafeleri: A faz 9,81m / B Faz 9,81m / C Faz 9,81m



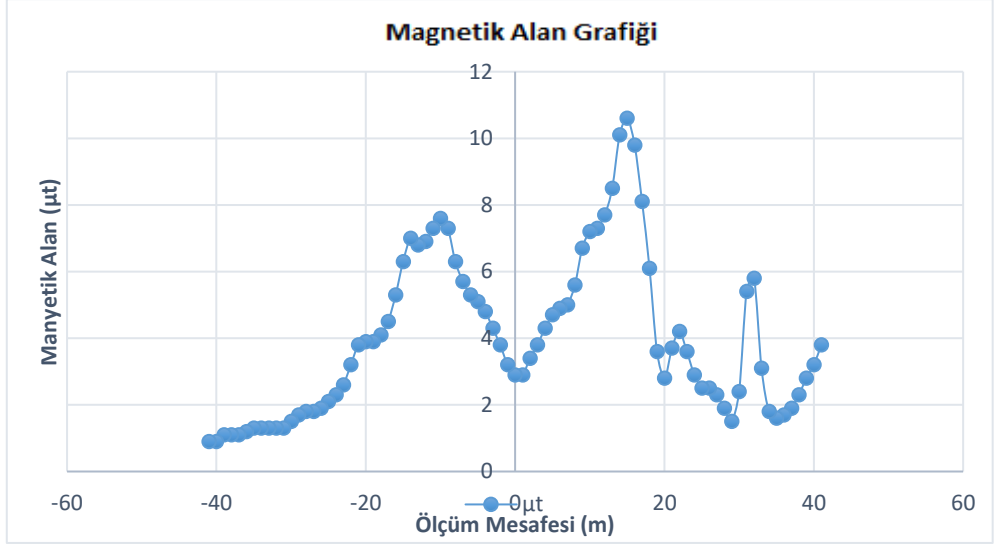
Şekil 4.5: 400 kV Küçükbakkalköy Trafo Merkezi Trafo-2 ve Trafo 4 Fiderleri

Aşağıda manyetik ve elektrik alan ölçümlerinde belirtilen “0 m” noktası Trafo 2 ve Trafo 4 fiderlerinin orta noktasıdır. “+41 m” ve “- 41 m” değerleri ise Trafo 2 ve Trafo 4 fiderlerinin orta noktasından 41 metre sağ ve sol olarak temel alınıp bu mesafelere göre ölçülmüştür.

Yapılan bu manyetik alan ve elektrik alan ölçümleri Tablo 4.6 ve Şekil 4.6 grafik üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.6: 400 kV Küçükbakkalköy trafo merkezi manyetik alan ölçüm sonuçları

Metre	μT	Metre	μT	Metre	μT	Metre	μT
41	3,8	20	2,8	-1	3,2	-22	3,2
40	3,2	19	3,6	-2	3,8	-23	2,6
39	2,8	18	6,1	-3	4,3	-24	2,3
38	2,3	17	8,1	-4	4,8	-25	2,1
37	1,9	16	9,8	-5	5,1	-26	1,9
36	1,7	15	10,6	-6	5,3	-27	1,8
35	1,6	14	10,1	-7	5,7	-28	1,8
34	1,8	13	8,5	-8	6,3	-29	1,7
33	3,1	12	7,7	-9	7,3	-30	1,5
32	5,8	11	7,3	-10	7,6	-31	1,3
31	5,4	10	7,2	-11	7,3	-32	1,3
30	2,4	9	6,7	-12	6,9	-33	1,3
29	1,5	8	5,6	-13	6,8	-34	1,3
28	1,9	7	5	-14	7	-35	1,3
27	2,3	6	4,9	-15	6,3	-36	1,2
26	2,5	5	4,7	-16	5,3	-37	1,1
25	2,5	4	4,3	-17	4,5	-38	1,1
24	2,9	3	3,8	-18	4,1	-39	1,1
23	3,6	2	3,4	-19	3,9	-40	0,9
22	4,2	1	2,9	-20	3,9	-41	0,9
21	3,7	0	2,9	-21	3,8		

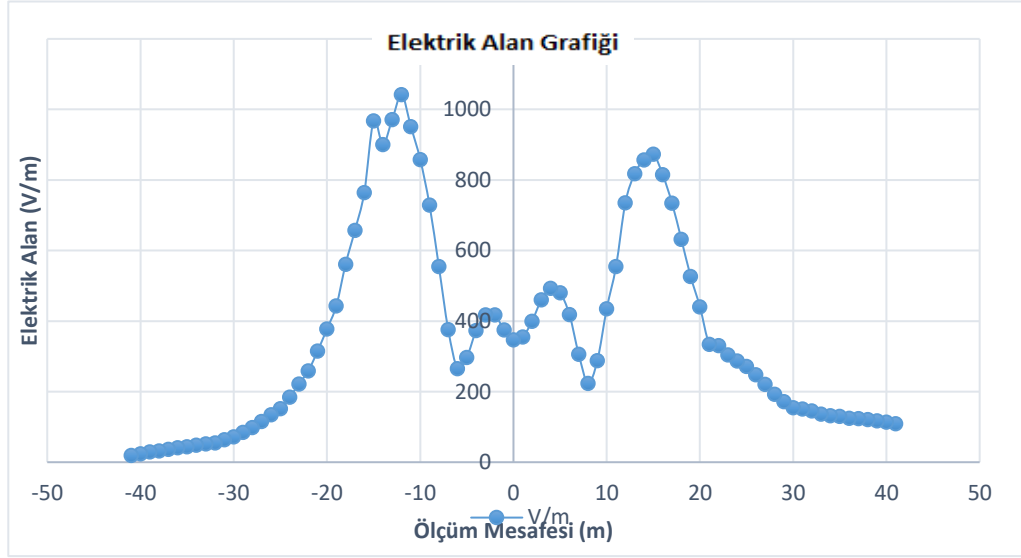


Şekil 4.6: 400 kV Küçükbakkalköy trafo merkezi manyetik alan grafiği

Yapılan bu manyetik alan ve elektrik alan ölçümleri **Tablo 4.7** ve **Şekil 4,7'** de grafik üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.7: 400 kV Küçükbakkalköy trafo merkezi elektrik alan ölçüm sonuçları

Metre	V/m	Metre	V/m	Metre	V/m	Metre	V/m		
41	109,35	20	440,15	-1	375	-21	315,42		
40	114,21	19			527	-2	417,91	-22	258,99
39	117,79	18			632,39	-3	417,51	-23	221,74
38	121,34	17			734,91	-4	373,35	-24	184,92
37	123,51	16			815,54	-5	297,5	-25	151,8
36	124,23	15			873,56	-6	265,71	-26	134,75
35	130,28	14			857,33	-7	376,34	-27	115,43
34	132,3	13			818,02	-8	554,8	-28	98,4
33	136,33	12			735,33	-9	728,8	-29	84,48
32	145,58	11			554,89	-10	858,28	-30	71,75
31	151,18	10			434,91	-11	951,37	-31	64,3
30	154,48	9			288,26	-12	1041,8	-32	54,8
29	171,92	8			223,17	-13	971,54	-33	52,02
28	192,61	7			306,16	-14	900,71	-34	48,13
27	221,17	6			418,76	-15	967,69	-35	43,97
26	248,03	5			480,28	-16	764,12	-36	40,74
25	271,53	4			493,13	-17	657,6	-37	36,59
24	286,86	3			460,76	-18	561,47	-38	32,48
23	304,68	2			400,05	-19	443,3	-39	28,94
22	330,97	1			355,06	-20	377,8	-40	23,74
21	334,71	0			346,9	-21	315,42	-41	19,3



Şekil 4.7: 400 kV Küçükbakkalköy trafo merkezi elektrik alan grafiği

4.4 Canlı Bakım Çalışmalarında Elektrik Ve Manyetik Alan Ölçümü

Gelişen dünya ekonomisine bakıldığında ekonomik faaliyetin gelişimini söz konusu ülkenin elektrik enerjisinin kullanım alanının çoğalması, elektrik şebekesinin tüketiciye kesintisiz olarak ulaşması, enerji sistemlerinin gerilim dalgalanmalarının azlığı ve sürekliliği büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle bakım ve arıza durumlarında arızanın çabuk analiz edilmesi ve çözülmesi büyük önem taşımaktadır.

Özellikle gelişen teknolojiyi kullanarak canlı bakım sırasında yüksek gerilim teçhizatlarının bakımlarının ve arızalarının enerji kesintisi olmadan yapılması enerji sürekliliğini sağlamada önemli bir yer teşkil etmektedir. Ancak yapılan canlı bakım çalışmalarında çalışan personelin maruz kaldığı elektrik ve manyetik alanların ölçülmesi gerekmektedir. Söz konusu bu ölçümler sayesinde canlı bakım operatörlerinin maruz kaldığı alan değerleri belirlenerek oluşabilecek bir meslek hastalığının önüne geçilebilecektir. Bu bölümde canlı bakım çalışmaları sırasında maruz kalınan elektrik alan ve manyetik alan değerleri ölçülerek olası bir meslek hastalığı riski araştırılmıştır.

Canlı bakım çalışmalarında mevcut riskler göz önünde bulundurulduğunda Tablo 4.8’de, 24 Temmuz 2010 tarihli ve 27651 sayılı Resmi Gazetesi’nde yayımlanan limit değerler baz alınarak elektrik ve manyetik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

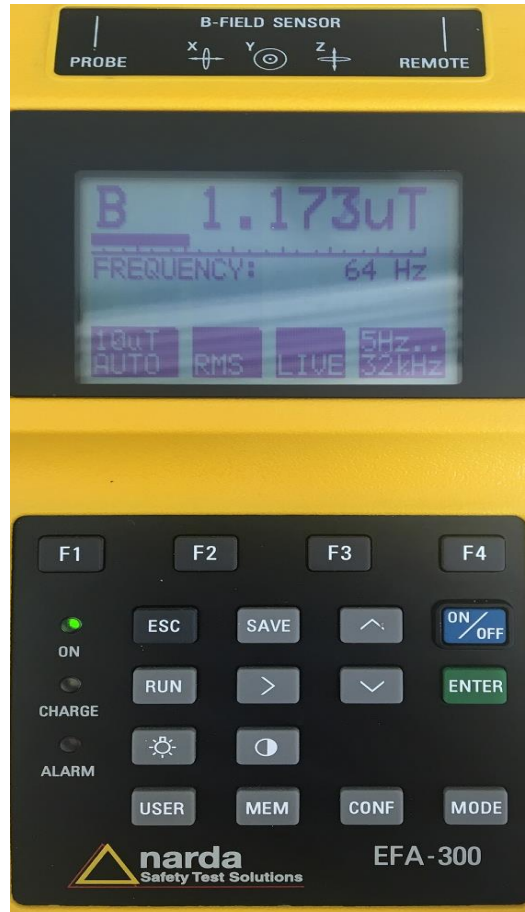
Tablo 4.8: 24 Temmuz 2010 tarihli ve 27651 sayılı Resmi Gazetesi’nde yayımlanan limit değerler

Frekans Aralığı	Elektrik Alan Şiddeti E(V/m)	Manyetik Alan Şiddeti H(A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu B(μT)	Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu Seq(W/m ²)
1 Hz’e kadar	-	32000	40000	-
1 Hz - 8 Hz	10000	32000/f ²	40000/f ²	-
8 Hz - 25Hz	10000	4000/f	5000/f	-
0,025 kHz – 0,8 kHz	750/f	8/f	10/f	-
0,8 kHz – 3 kHz	250/f	5	6,25	-
3 kHz – 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 MHz – 1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-
1 MHz – 10 MHz	87/f ²	0,73/f	0,92/f	-
10 MHz – 400 Hz	28	0,073	0,092	2
400 Hz - 2000 MHz	1,375xf ^{1/2}	0,0037xf ^{1/2}	0,0046xf ^{1/2}	f/200
2 GHz - 300 GHz	61	0,16	0,2	10

Yukarıdaki tabloda Frekans(f); frekans aralığı sütununda belirtildiği gibidir. Formülde frekans değeri yazılırken, frekans aralığı sütununda belirtilen frekans birimi dikkate alınmıştır.

4.4.1 170 kV Kurtköy Trafo Merkezindeki Canlı Bakım Çalışmalarında Ölçülen Alan Değerleri

Manyetik ve elektrik alan ölçümleri için İstanbul'da TEİAŞ 154 kV Kurtköy trafo merkezinde gerekli ölçümler yapılmıştır. Söz konusu ölçümler için öncelikle çalışma alanı yaklaşma mesafeleri belirlenmiş olup Şekil 4.8'de gösterilen Narda EFA-300 marka manyetik alan ölçüm cihazı ile Şekil 4.9'da gösterilen Narda EFA-300 marka elektrik alan ölçüm cihazı kullanılmıştır.



Şekil 4.8: Manyetik alan ölçüm cihazı



Şekil 4.9: Elektrik alan ölçüm cihazı

Canlı bakım çalışmalarında öncelikle canlı bakım yapılacak olan teçhizatın faz-toprak ve faz-faz uzunlukları gibi yaklaşma mesafeleri ölçülerek çalışma alanı belirlenir. Şekil 4.10’da belirtildiği gibi çalışma alanının mesafeleri tüm hatlarıyla belirlenir.

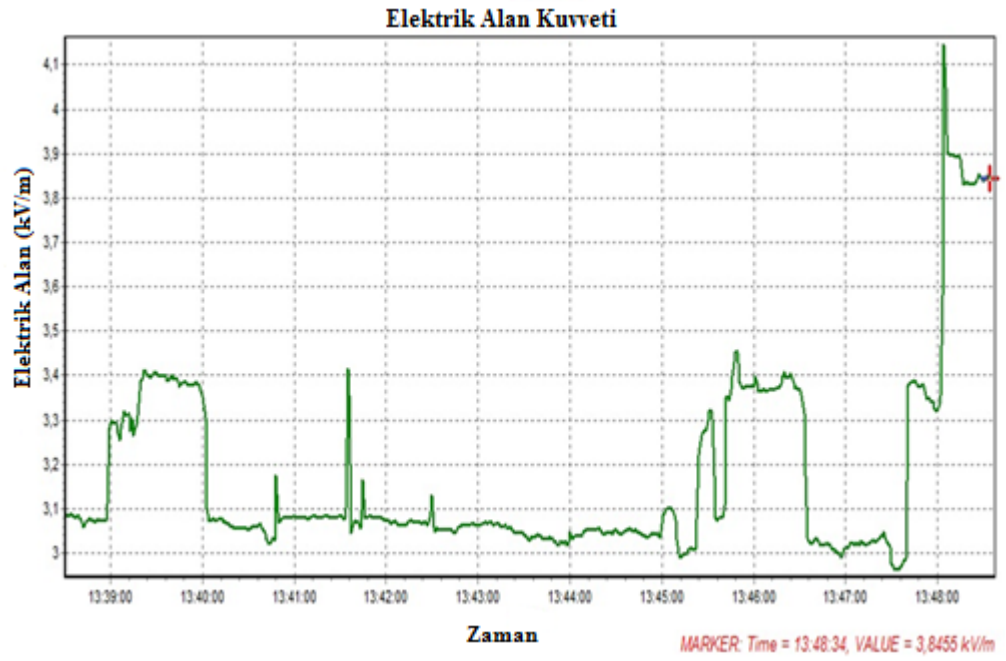


Şekil 4.11: Canlı bakım sırasında elektrik alan ölçümü

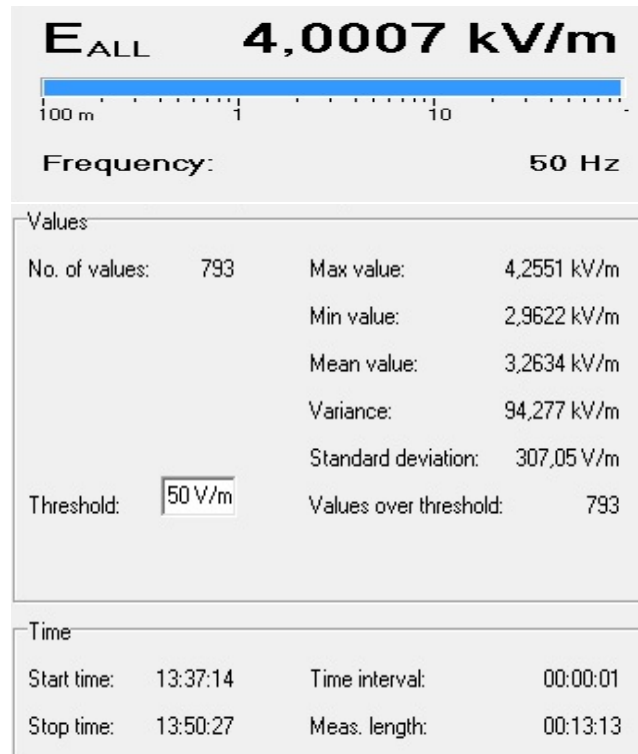


Şekil 4.12: Canlı bakım sırasında elektrik alan ölçümü

Yukarıdaki canlı bakım çalışmasında 170 kV transfer ayırıcısının C faz ana bara montajı yapılmaktadır. Yapılan incelemelerde canlı bakım operatörlerinin çalışma esnasında enerjisiz iletkeni enerjili ana baraya montajını sırasında elektrik alanda bir takım değişimler gözlemlenmiştir. Söz konusu bu alan değişimleri Şekil 4.13'teki grafikte ve Şekil 4.14'teki ölçüm değerlerinde belirtilmiştir



Şekil 4.13: Canlı bakım çalışmasında elektrik alan grafiği



Şekil 4.14: Canlı bakım çalışmasında elektrik alan değerleri

Canlı bakım sırasında elektrik alan ölçümleri incelendiğinde enerjili baraya iletken montajı esnasında Şekil 6.4'deki grafikte belirli bir miktar elektrik alan değerlerinde yükselme görülmektedir. Şekil 6.5 incelendiğinde anlık alınan elektrik alan değerleri 4 kV/m olarak görülmektedir. Canlı baraya bağlantı sırasında ölçülen maksimum değer ise $4,2551 \text{ kV/m}$ olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak canlı bakım sırasında maruz kalınan elektrik alan değerlerinin 24 Temmuz 2010 tarihli ve 27651 sayılı Resmi Gazetesi'nde yayımlanan elektrik alan limit değerlerinin altında kaldığı görülmektedir.

170 kV Kurtköy Trafo Merkezi'ndeki *transfer bara* ayırıcısında çalışma alanı belirlendikten sonra elektrik alan cihazı ile yapılan manyetik alan ölçümlerinde canlı bakım çalışma alanına Şekil 4.15'te görüldüğü üzere konuldu ve ardından yaklaşık 15 dakikalık ölçümler alındı.



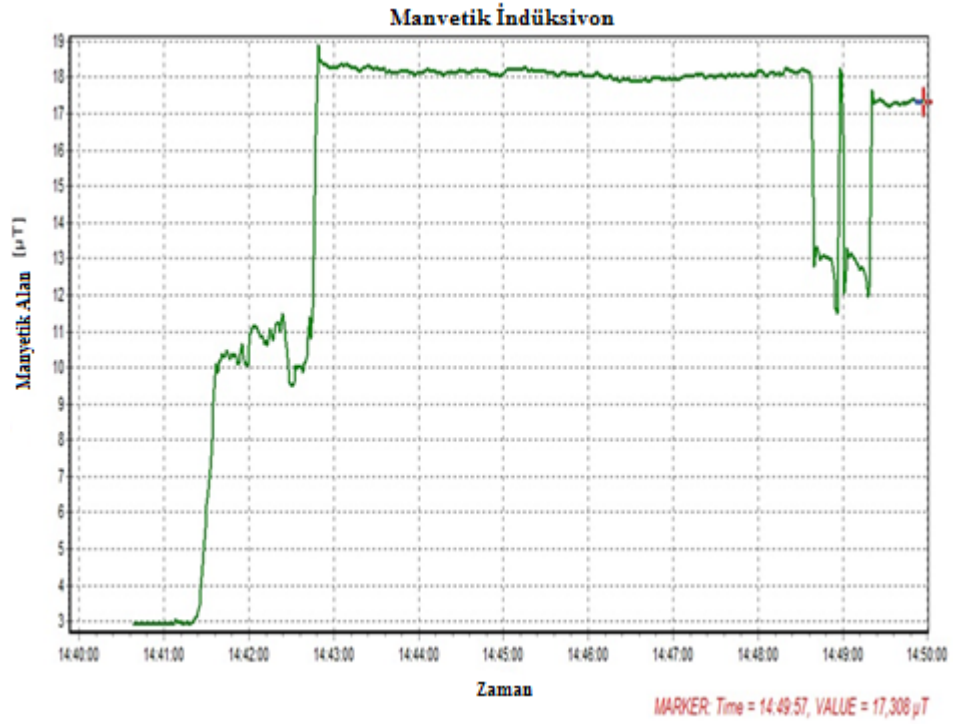
Şekil 4.15: Canlı bakım sırasında anlık manyetik alan ölçümü

170 kV Kurtköy Trafo Merkezinde yapılan canlı bakım sırasında manyetik alan ölçümleri incelendiğinde enerjili baraya iletken montajı esnasında Şekil 4.16'daki grafikte belirli bir miktar manyetik alan değerlerinde yükselme görülmektedir. Şekil 4.17 incelendiğinde anlık alınan manyetik alan değerleri $16,291\mu T$ olduğu görülmektedir. Enerjili baraya canlı bakım yöntemiyle klemens bağlantı sırasında ölçülen maksimum değer ise $18,898\mu T$ olduğu görülmektedir.

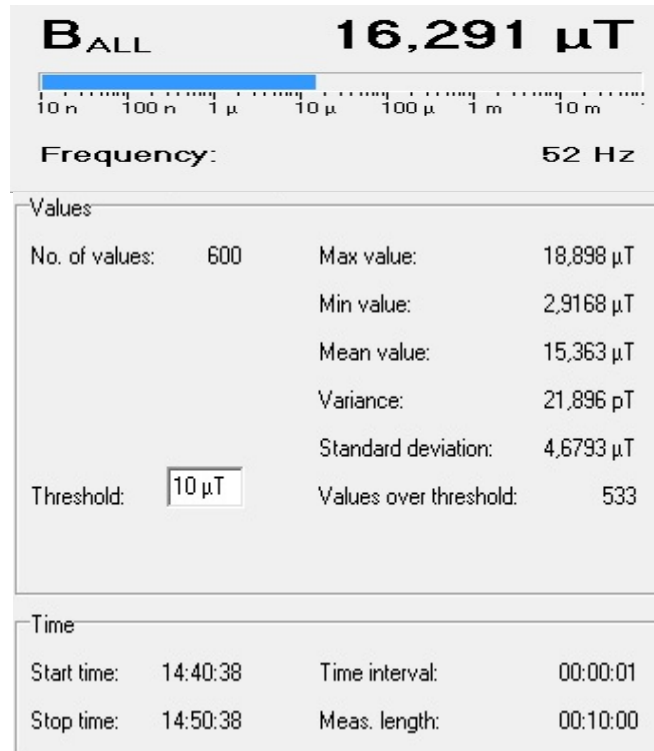
170 kV Kurtköy trafo merkezinde canlı bakım çalışmaları sırasında enerjili baranın altında çalışan işçiler için maruz kalınan manyetik alan değerlerinin 24 Temmuz 2010 tarihli ve 27651 sayılı Resmi Gazetesi'nde yayımlanan elektrik alan limit değerlerinin altında kaldığı görülmektedir.

Bu nedenle Uluslararası ve 24 Temmuz 2010 tarihli ve 27651 sayılı Resmi Gazetesi'nde yayımlanan standartlar tarafından belirlenen seviyeler göz önüne alındığında; manyetik ve elektrik alana izin verilen sınırların değerleri karşılaştırılmıştır. Tablo 4.9'da görüldüğü üzere, canlı bakımda izole iskelenin altında çalışan operatörlerin 170 kV gerilim seviyelerinde ve düşük frekanslı elektromanyetik alana maruz kalma düzeylerinin çok düşük derecede kaldığı ve bu çalışmada ele alınan senaryolar için önerilen uluslararası standart sınırlarının gerek manyetik gerekse elektrik alan sınırlarının çok altında olduğunu ortaya koymaktadır.

Söz konusu bu değerler incelendiğinde, canlı bakım çalışmaları sırasında izole iskelenin altında çalışan personellerin daha da yaygınlaşmasının ülkemiz ekonomisine katkısının yanı sıra çalışma sorumlusu gibi izole iskele altında çalışan personellerin olası bir meslek hastalığına yakalanmasının ne denli düşük seviyede olduğunu gözler önüne sermektedir.



Şekil 4.16: Canlı bakım sırasında manyetik alan grafik değeri



Şekil 4.17: Canlı bakım çalışmasında manyetik alan değerleri

Tablo 4.9: Kurtköy Trafo Merkezi 154 kV Şalt Ölçüm Noktası İçin Elektrik ve Manyetik Alan Sonuçları

Kurtköy Trafo Merkezi 170 kV Şalt Ölçüm Noktası İçin Elektrik ve Manyetik Alan Sonuçları						
Frekans Aralığı	Ölçülen Alan Şiddetli		50 Hz İçin Elektrik ve Manyetik Alan Limit Değerleri		Ölçüm Zamanı ve Tarihi	
	Elektrik Alan (kV/m)	Manyetik Alan (µT)	Elektrik Alan (kV/m)	Manyetik Alan (µT)	Elektrik Alan Zamanı	Manyetik Alan Zamanı
5 Hz – 32 kHz	4,2551	18,898	15	200	14:20:00 14:30:00 30/07/2018	14:40:00 14:50:00 30/07/2018

4.5 Canlı Bakım Uygulaması Sırasında Meydana Gelen Elektrik Alanın COMSOL Multiphysics Programıyla Modellenmesi

Canlı bakım çalışmalarında, enerjili potansiyel alanda çalışan operatörlerin maruz kaldığı manyetik ve elektrik alanın azaltılması için kullanılan kişisel koruyucu donanım olan iletken kıyafetin geliştirilmesi gerekmektedir. Söz konusu bu kıyafetin geliştirilmesi, trafo merkezleri ile enerji iletim hatlarında yapılan canlı bakım çalışmalarının daha güvenli bir şekilde yapılmasını ve elektrik alana maruziyet etkisini azaltmayı sağlayacaktır.

Enerji iletim hatlarında ve trafo merkezlerinde yapılan canlı bakım çalışmasında operatörler, enerjili iletkenlerin yakınında veya üzerinde çalışmaktadır. Söz konusu enerjili iletkenlerin üzerinden geçen yüksek voltaj seviyeleri ve akımlar, kendi üzerlerinde yüksek miktarda manyetik ve elektrik alana neden olmaktadır. Bu nedenle canlı bakım operatörlerinin kıyafetlerinin detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Enerji iletim hatlarında ve trafo merkezlerinde çalışan operatörlerin kullandıkları iletken kıyafet incelendiğinde bu kıyafetin enerjili alanda çalışan personelin vücudunu bir Faraday kafesi gibi sardığı görülmektedir.

Faraday kafesi işlevini gören iletken kıyafet sayesinde, potansiyelde çalışan personelin vücudunu saran tüm bölgelerde elektrik alanın sıfır olduğu görülmektedir. Ancak iletken kıyafeti giyen canlı bakım operatörünün yüz kısmının elektrik alanına maruz kaldığı görülmektedir. Bu nedenle canlı bakım operatörlerinin kullandığı kıyafetlerin elektrik alan değerlerinin hesaplanarak Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyon Koruması (ICNIRP) Komisyonu göre belirlenen değerlerin altında olması gerekmektedir.

Yapılan bu tezde COMSOL Multiphysics programı kullanılarak canlı bakım operatörlerinin kullandığı iletken kıyafet incelenerek elektrik alan modellemesi yapılmıştır. COMSOL Multiphysics modellemesinde, canlı bakımda kullanılan iletken kıyafetin farklı şekillerde elektriksel potansiyel dağılımı ve elektriksel alanları çıkarıldı. COMSOL Multiphysics modellemesi yapılırken, öncelikli olarak iletken kıyafet olarak kullanılan malzemenin bilgileri ve çalışma koşullarındaki sınır değerlerinin belirtilmesi gerekmektedir.

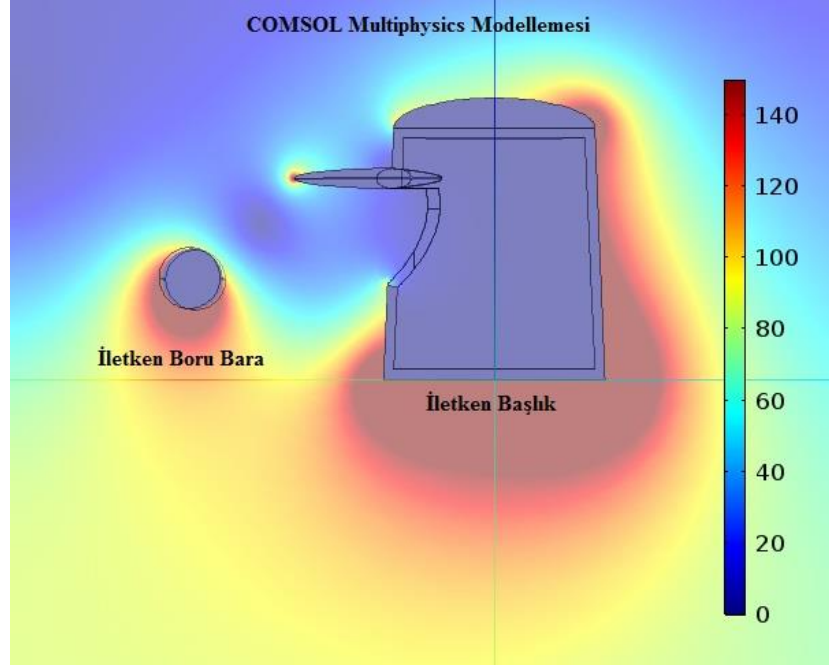
COMSOL Multiphysics iletken kıyafet modellemesinde malzeme bilgisi aşağıda belirtilen değerlerde alınmıştır.

- Havanın bağıl dielektrik sabiti = 1
- Havanın iletkenliği = $8e-15$ [S/m]
- Bakırın bağıl dielektrik sabiti = 1
- Bakırın iletkenliği = $5.998e7$ [S/m]

COMSOL Multiphysics iletken kıyafet modellemesinde Şekil 4.18'de gösterilen başlığın şekil boyut bilgisi aşağıda belirtilen değerlerde alınmıştır.

- Başlığın yüksekliği = 28 cm
- Başlığın alt yarıçapı = 11 cm
- Başlığın üst yarıçapı = 10 cm
- Tereğin uzunluğu = 10 cm

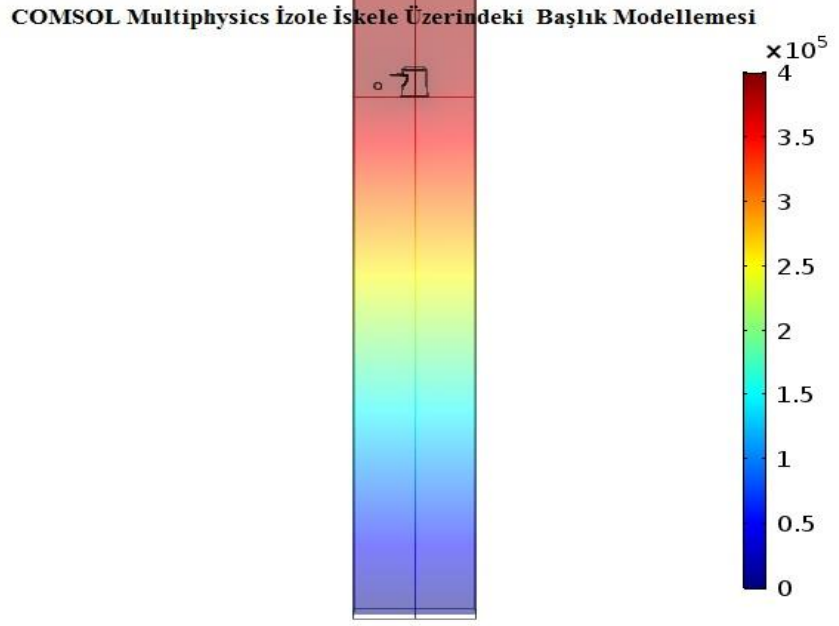
- Başlığın tabanının topraktan yüksekliği = 4,75 m
- Başlığın malzemesi = Bakır



Şekil 4.18: COMSOL Multiphysics Başlık ve İletken Şekil Modellemesi

COMSOL Multiphysics iletken ve başlık modellemesinde Şekil 4.19’da gösterildiği gibi kullanılan baranın konum, boyut ve malzeme bilgisi aşağıda belirtilen değerlerde alınmıştır.

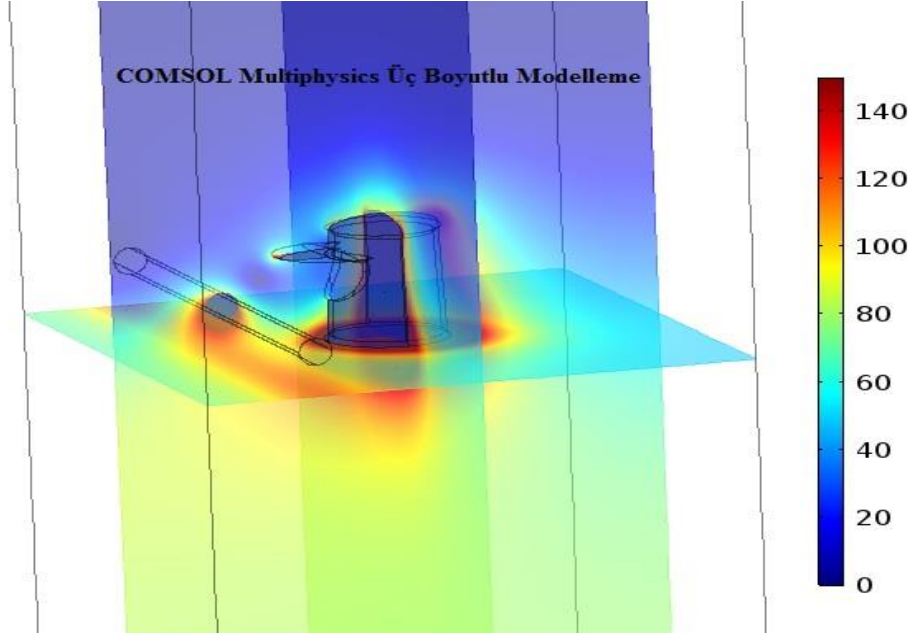
- Hattın yarıçapı = 30 mm
- Hattın uzunluğu = 1000 mm
- Hattın malzemesi = Bakır
- Hava hacminin yüksekliği = 9,5 m
- Hava hacminin derinliği = 5 m
- Hava hacminin eni = 5 m
- Hattın topraktan yüksekliği = 4,85 m



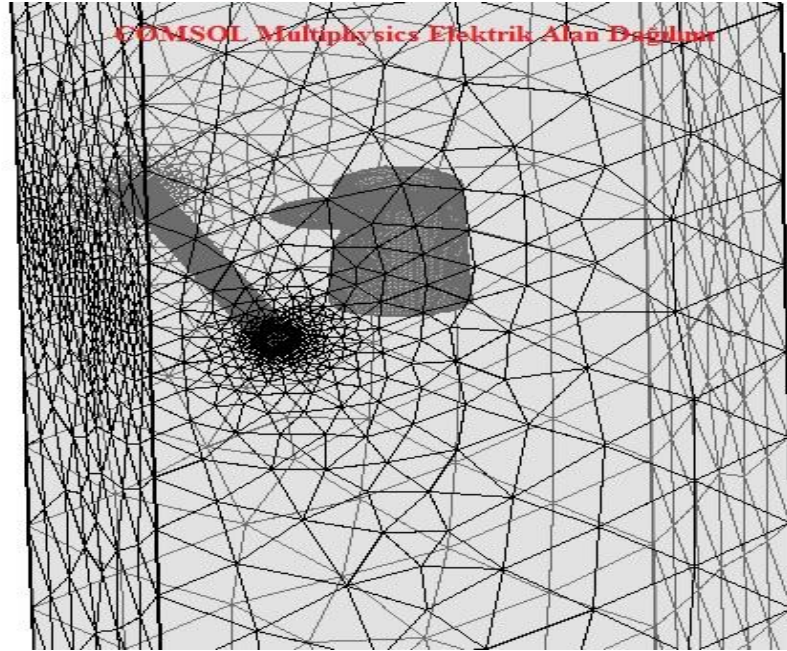
Şekil 4.19: COMSOL Multiphysics Başlık ve İletken Konum Modellemesi

COMSOL Multiphysics iletken ve başlık modellemesinde kullanılan sınır koşullar aşağıda belirtilen değerlerde alınmış olup Şekil 4.20'deki üç boyutlu modeli ile Şekil 4.21'de elektrik alan dağılım modeli çıkarılmıştır.

- Yüksek Potansiyel = 400 kV
- Düşük potansiyel = 0 V(toprak)
- Elektrik alan değerinin birimi = kV/m
- Elektriksel potansiyelin değerinin birimi = V/m



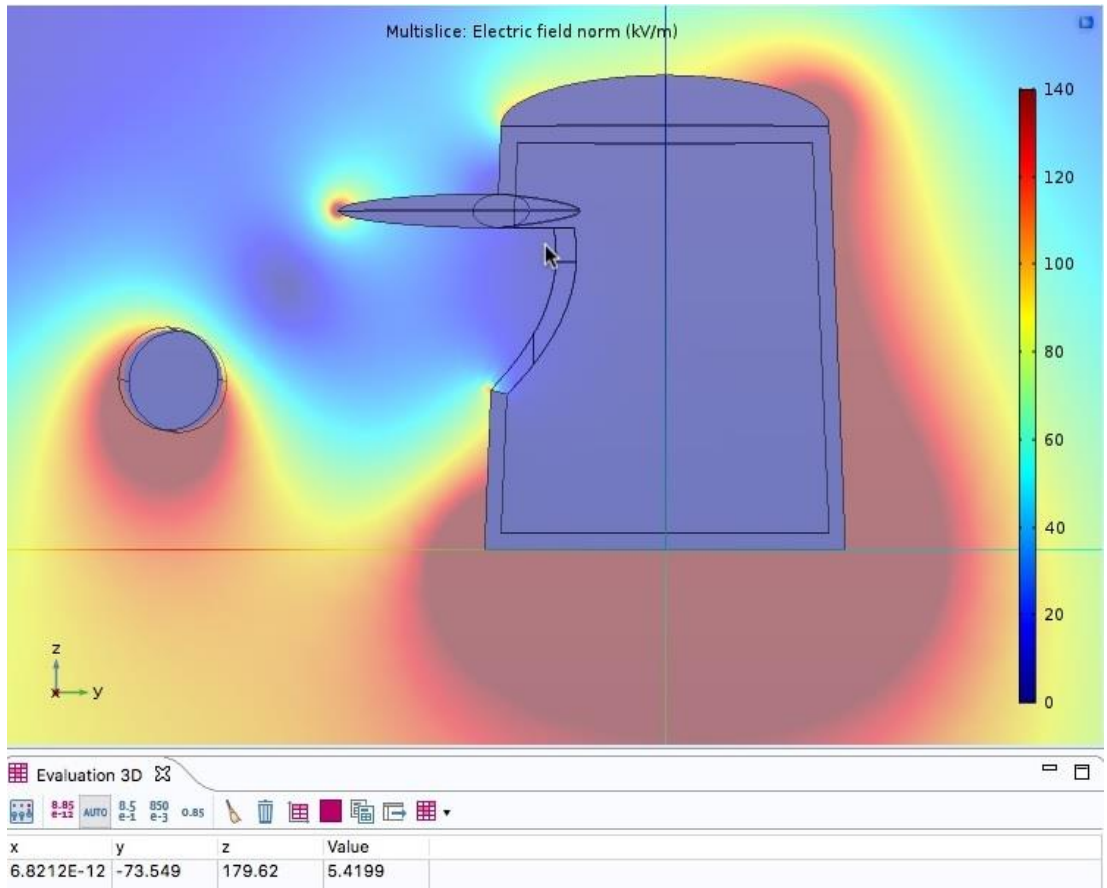
Şekil 4.20: COMSOL Multiphysics Başlık ve İletken Üç Boyutlu Modellemesi



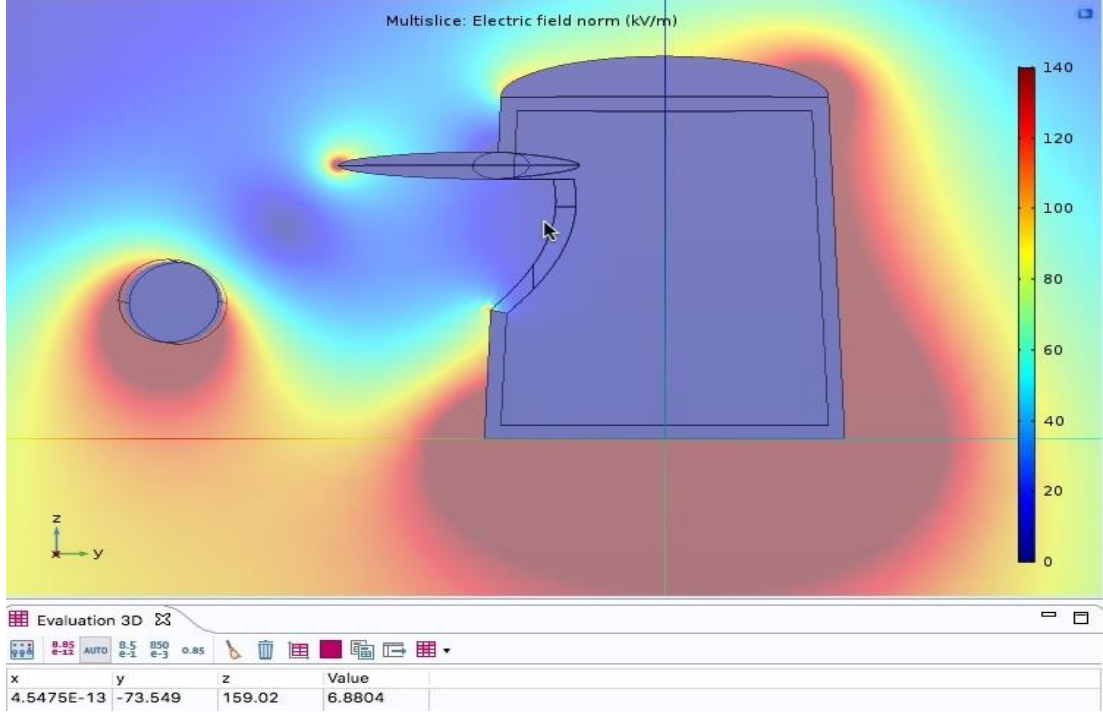
Şekil 4.21: COMSOL Multiphysics Elektrik Alan Dağılım Modellemesi

Canlı bakım çalışmalarında maruz kalınan alan değerleri çeşitli noktalardan ölçülmüştür. Enerjili alanda çalışan canlı bakım operatörlerin elektrik alana doğrudan maruz kaldıkları yüz kısmının, Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyon Koruması (ICNIRP) Komisyonunun belirlediği elektrik alan sınır değerlerini aşıp aşmadığı incelenmiştir. Enerjili bara ile operatör başlığı arasında çalışma mesafeleri 30 cm olarak alınmış gerçek çalışma ortamına göre modellenmiştir.

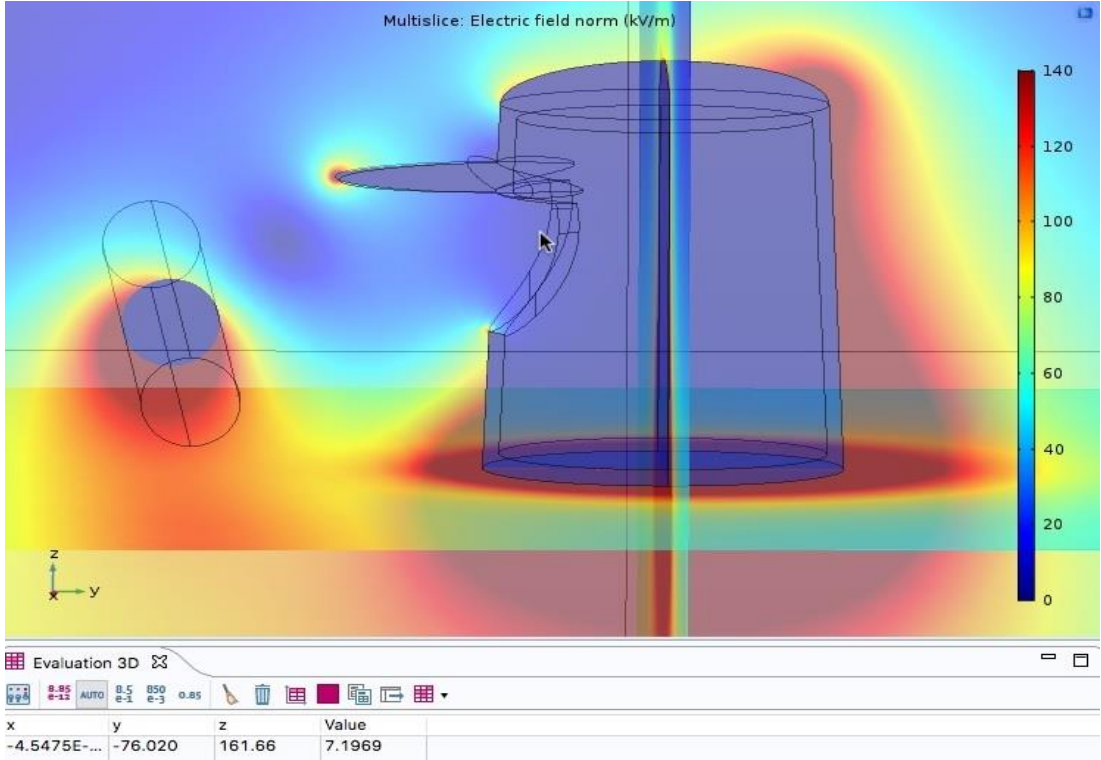
Söz konusu elektrik alan ölçüm verileri çeşitli noktalarda ölçülerek maruz kalınan alan parametreleri Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24 Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de gösterilmiştir.



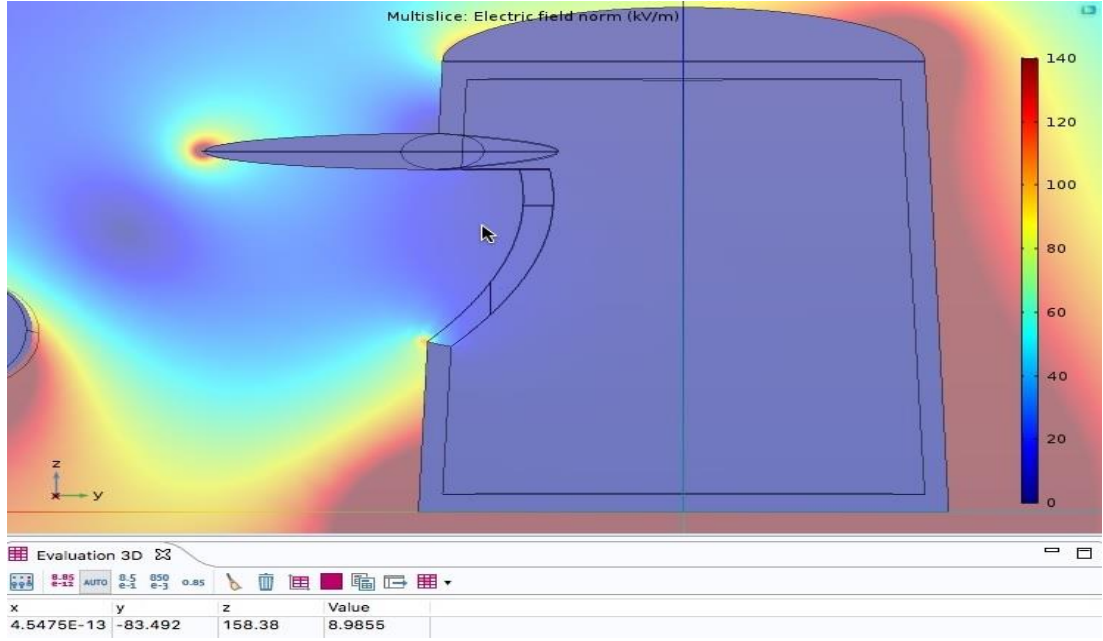
Şekil 4.22: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri



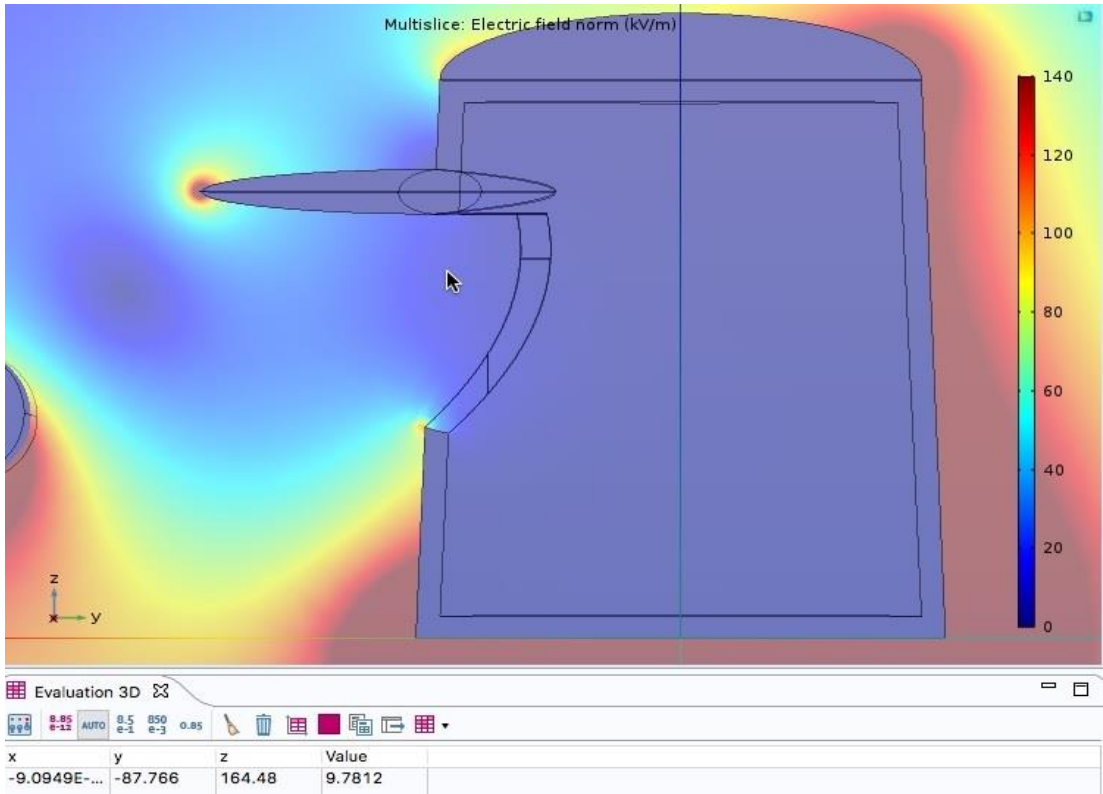
Şekil 4.23: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri



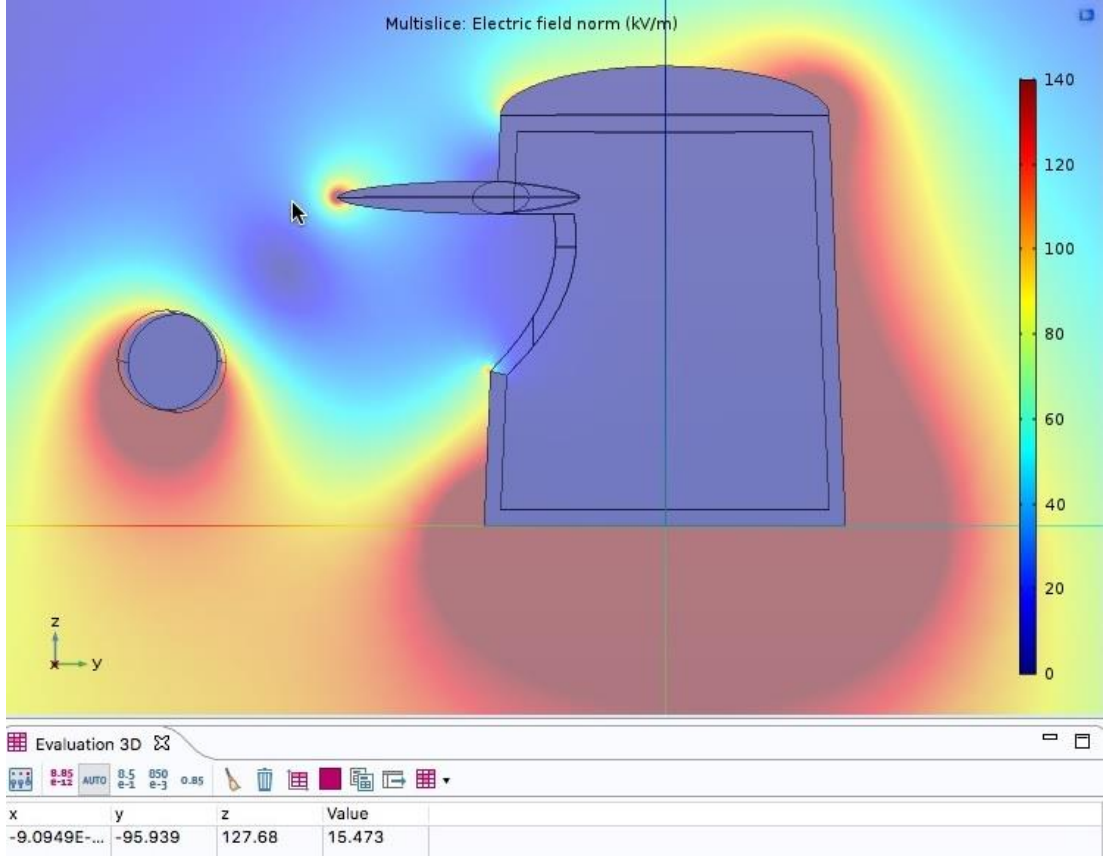
Şekil 4.24: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri



Şekil 4.25: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri



Şekil 4.26: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri



Şekil 4.27: COMSOL Multiphysics Elektrik alan modellemesi sınır değer ölçümleri

Sonuç olarak yapılan incelemelerde iletken başlığın açık olan kısımlarında elektrik alan sınır değerlerinin 10 kV/m değerinin altında kaldığı görülmektedir. COMSOL Multiphysics programında yapılan elektrik alan incelemelerinde iletken başlığın terek kısmının elektrik alan değerlerini sınırladığı ve yüz kısmındaki açık olan kısmın Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyon Koruması (ICNIRP) Komisyonunun belirlediği sınır değerler içinde kaldığı tespit edilmiştir. İletken başlığın terek kısmın uç noktalarında oluşan elektrik alan değerinin yüksek olduğu fakat yüze yaklaştıkça tereğin elektrik alanı sınırlandırdığı görülmüştür. Bu nedenle canlı bakım çalışmalarında kullanılan iletken kıyafetin, Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyon Koruması (ICNIRP) Komisyonunun belirlediği elektrik alan sınır değerlerine uygun olarak tasarlandığı görülmüştür.

5. SONUÇ

Bir güç sisteminde, enerji iletim sisteminde sorumlu olan kurum ya da kuruluşlar, iletim hatlarındaki sabit frekans değerlerini, aktif güç akışını ve bara gerilim sınırlarını iletim sistemi kullanıcılarına sağlamakla yükümlüdür. Enerji iletim sisteminin sağlıklı bir şekilde işletilebilmesi için öncelikle gerilim seviyelerinin ve iletim hatlarının akım taşıma kapasitelerinin sınır değerler seviyesinde kalması gerekmektedir. Bunun yanında, iletim maliyetlerinin en aza indirilmesi için reaktif güç yönetimi yapmasının yanı sıra gelişen teknolojik gelişmeleri takip edilmesi büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle enerji sistemlerinden gerek iletim hatları olsun gerekse trafo merkezleri olsun yapılan tüm çalışmalarda kesintilerin en aza indirilmesi gerekmektedir. Gelişen teknolojiyle enerjinin kesintisiz olarak iletilmesinin sağlanması için yapılabilecek en teknolojik yenilik, bakım onarım çalışmalarının enerjili ortamda yapılmasıdır. Canlı bakım çalışmaları sayesinde enerji iletim sistemlerindeki bakım ve onarım çalışmaları, kesintisiz olarak yapılmakta ve iletim sistemindeki enerjinin sürekliliği sağlanmaktadır.

Ülkemizde Canlı Bakım çalışmaları TEİAŞ'ın Ankara'daki merkezinde bulunan İşletme Müdürlüğü'ne bağlı ekipleriyle yapılmaktadır. Bu ekipler "Trafo Canlı Bakım Ekibi" ve "Hat Canlı Bakım Ekibi" olarak iki farklı yapıda bu işlemi gerçekleştirmektedirler.

Canlı Bakım Ekipleri; 170 kV ve 400 kV trafo merkezlerinde ve enerji iletim hattındaki mekanik teçhizatların ısınan noktalarının bakımını, hat iletkenlerinde lif açılmalarının tamiratını, bara bağlantı klemens değişim işlerini, ayırıcılarda kontak bakımını ve değişimi gibi işleri yapmakla görevli teknisyenlerden ve mühendislerden oluşan bir ekiptir. Canlı bakım ekibi yaptığı çalışmaları sistemde ya lokal bölgelerde enerji akışının kısmi olarak kesilmesini sağlayarak ya da şönt devresi kurarak sürekli bir enerji akışı altında yapmaktadır. Bu çalışmaları uzaktan izole teçhizatla müdahaleli çalışma yani sıcak sopa yöntemiyle veya potansiyelde çalışma yöntemleriyle gerçekleştirmektedir.

Canlı Bakım Ekibi çalışma sürecinin başlaması için öncelikli olarak mevcut teçhizatla manevra yapılamaması ya da mevcut sistem güvenliği yönünden enerjinin kesilememesi gerekmektedir.

Teçhizatlarda arıza kaynaklı veya bakım isteğinden kaynaklanan ihtiyacı bulunan iletim hattının ya da trafo merkezinin bağlı olduğu Bölge Müdürlüğü'nden Canlı Bakım İşletme Müdürlüğü'ne resmi olarak talep yazısının gelmesi gerekmektedir. Resmi talep yazısı sonrası Canlı Bakım İşletme Müdürü ilgili Canlı Bakım Ekibini söz konusu bölgeye gerekli ön inceleme ve ölçümleri yapması amacıyla görevlendirmektedir. Yapılan ön inceleme ardından canlı bakım ekibi, potansiyelde çalışmanın yapılabileceğine kanaat getirdiği takdirde ilgili çalışma bölgesinin ölçülerini çalışma hazırlığı dosyasına işleyerek potansiyeldeki çalışmanın nasıl olacağını belirlemiş olur. Bu çalışma hazırlığı dosyası içerisinde; çalışmanın oluşturacağı riskler ve alınacak önlemler, çalışma işlem basamakları, çalışmada kullanılacak olan canlı bakım ve diğer malzemelerin listesi, çalışma alanı ve çalışmanın aşamalarıyla ilgili AutoCAD ortamında gerçekleştirilmiş çeşitli teknik çizimler, elektrik tutum hesabı ve yaklaşım hesapları gibi çeşitli hesaplamalar vb. unsurlar bulunmaktadır. Çalışma hazırlık dosyanın bitimi ve onaylanması sonrasında Yük Tevzi Bölge Müdürlüğü'ne çalışmayla ilgili; gerekli önlemlerin alınması, kısa devre güç hesabının yapılması, özel işletme rejimine girilmesi ve gereken hazırlıkların yapılması hususunda resmi yazı yazar.

Özel İşletme Rejimi; çalışmanın gerçekleşeceği hattın ya da fiderin bağlı olduğu tüm karşı istasyonların tek faz tekrar kapamalarının iptal edilmesini ve manevra yasağının getirilmesini sağlayarak potansiyelde çalışacak operatörün, olası bir gerilim yükselmesinden kaynaklanacak yaralanmanın önüne geçilmesi için gerekli olan tüm önlemlerin alınmasını sağlar. Kısa devre güç hesabı ise; çalışmanın gerçekleşeceği hattın ya da fiderin bağlı olduğu fiderden geçen toplam akımın olası bir arıza anında arıza ile arızanın sönmelenmesine kadar geçen maksimum sürenin arıza noktasında oluşturacağı en yüksek gücü ifade eder. Yük Tevzi Müdürlüğü'nün canlı bakım çalışmasıyla ilgili gerekenleri yapmasının akabinde canlı bakım ekibi çalışma bölgesine hareket eder.

Çalışma bölgesine gelen ekip çalışma öncesi şantiyede ön hazırlık çalışmasını gerçekleştirir. Potansiyelde çalışma anında çalışma sorumlusunun yönetimi altında canlı bakım ekibi çalışmasını gerçekleştirir.

Çalışma sonrasında ise geri bildirim toplantısı yapılarak çalışma anında oluşan aksilikler, yanlış hareketler vs. değerlendirilir. Bu değerlendirmenin yapılmasındaki en büyük neden ilerideki çalışmaların daha güvenli ve başarılı olması amaçlamaktır.

TEİAŞ Canlı Bakım Müdürlüğü uluslararası standartlara uygun olarak canlı bakım mevzuatının ve ileri yöntemlerin uygulama ve geliştirilmesi faaliyetlerini yürütmektedir. Ülkemizde gerçekleştirilen canlı bakım çalışmaları sayesinde ekiplerin, çalışmalardaki iş güvenliğine ve çalışan işçilerin sağlığına daha fazla önem gösterilmiştir. Ancak ülkemizde yapılan canlı bakım çalışmaları daha detaylı ve mühendislik getiren çalışma boyutunda incelendiğinde, çalışma sırasında çalışan personelin maruz kalınan elektromanyetik alandan etkilenebileceği düşüncesi ortaya çıkmıştır. Ülkemizde yapılan canlı bakım çalışmalarında, elektromanyetik alan etkilerini azaltan tekniklerin veya kullanılan malzemelerin detaylı bir şekilde araştırılması gerektiği ön görülmüştür. Söz konusu bu tez kapsamında yapılan araştırmalar doğrultusunda, elektromanyetik etkilerin azaltılmasıyla ilgili yöntemlerin çeşitli ülkelerde azaltıldığı ve bu çalışmalarda, değişik donanıma sahip donanım ve tekniklerin kullanıldığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmada asıl amaç, ülkemizde yüksek gerilim altında çalışan canlı bakım operatörlerinin elektromanyetik alan etkisini azaltan bir uygulama yönteminin araştırılmasıdır. Gerek canlı bakımda çalışan personellerin sağlıkları ve güvenlikleri; gerekse sistemin sürekliliği, kesintisiz çalışması ve ekonomik olması yönüyle yapılacak bu çalışma son derece önemlidir. Yaptığımız araştırmalar neticesinde belirtmek isterim ki gelişmiş dünya ülkeleri de dâhil olmak üzere söz konusu bu tez ile ilgili araştırma yapan merkezler sınırlıdır.

Elektromanyetik alan etkilerini azaltan yöntemlerin öğrenilmesi ve ülkemizde kullanılması son derece büyük bir önem arz etmektedir. Yapılan bu tez çalışması ile TEİAŞ bünyesindeki İş Sağlığı ve Güvenliği konularında öğrenim görmüş ve öğrenim görmekte olan çalışanlar, canlı bakım kapsamında elektromanyetik etkilerin azaltılması yöntemlerinin öğrenilerek ülkemizde yaygınlaştırılmasına katkı sağlayacaktır. Canlı bakım çalışanların maruz kaldığı elektromanyetik alan etkilerinin ölçülmesi; alan parametrelerine maruz kalan operatörlerin sağlıklarının güvence altına alınmasını sağlayacaktır. Canlı bakım çalışmaları sırasında kullanılan iletken kıyafetin elektromanyetik alan etkilerinin öğrenilmesi ülkemizdeki canlı bakım çalışmalarının yaygınlaştırılmasını sağlayacaktır.

Sonuç olarak canlı bakım çalışmalarında potansiyelde çalışan operatörün yaptığı işin ne denli tehlikeli olduğu görülmektedir. Yapılan canlı bakım çalışmalarında potansiyelde çalışan operatörün maruz kaldığı elektrik alan değerlerinin incelenmesi gerekmektedir. Canlı bakım operatörünün maruz kalabileceği maksimum alan değerlerinin bilinmesi ileride canlı bakım çalışmalarında olası bir meslek hastalığı oluşmasının önüne geçilmesini sağlayacaktır. Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24 Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de görüldüğü üzere; yapılan ölçümler ve araştırmalar neticesinde canlı bakım operatörünün maruz kaldığı elektrik alan değerlerinin ICNIRP Komisyonunun belirlediği sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir. Tüm bu çalışmalar neticesinde canlı bakım çalışmalarının uluslararası standartlar seviyesinde yapıldığı görülmüştür.

6. KAYNAKLAR/REFERENCES

Ahlbom, A., et al. "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)" *Health physics*, 74.4 , 494-521, (1998).

B. Németh, A. Kimpián, I. Berta, J. Meixner, Dr. Béla Csikós LLM Education Center in Hungary, 10th ICOLIM, Zagreb – Croatia, 31, 05-02. 06. (2011).

Belhadj, C. A., et al. "Electric & magnetic field assessment for live-line workers next to A 132 KV transmission line conductor." *Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2008 IEEE/PES*. IEEE, (2008).

Ceylan, Hüseyin. "Türkiye'deki Elektrik Üretim, İletim ve Dağıtım Tesislerinde Meydana Gelen İş Kazalarının Analizi." *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 4.2, 30-42, (2012).

Chow, Yung Leonard, and K. D. Srivastava. *Non-uniform electric field induced voltage calculations*. CEA, (1984).

Csikós, Béla. "Live line maintenance methods on 750 kV, 400 kV, 220 kV and 120 kV." *OVIT* (1967).

Göcsei, Gábor, Bálint Németh, and Dániel Tarcsa. "Extra low frequency electric and magnetic fields during live-line maintenance." *Electrical Insulation Conference (EIC), 2013 IEEE*. IEEE, (2013).

Hotte, P. W. "Investigation of worker reaction to hv field-induced transient electric currents." *CEA Report 264T534* (1991).

Kimpián, Aladár, B. Németh, and I. Berta. "Construction, Operation and Maintenance of the Hungarian 750, 400 and 220 kV Grid among Open Market Environment, Incorporating Live Working into a Variety of Maintenance and Troubleshooting Methods, IV." *CITTES* (2009).

Kuldaşlı, Elif Deniz. *Elektrik Enerji Sistemlerinde Güvenilirlik Temelli Bakım. Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2008).

Lin, Jiali, et al. "ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz),.818-836," *Health physics*, 99 (2010).

Lu-dan, W. A. N. G., et al. "Visual-servo-based line-grasping control for power transmission line inspection robot." *Robot*, 29.5.451-455, (2007).

Németh, B., I. Kiss, and I. Berta. "Preventive lightning protection for live line workers." *IEEE International Symposium on Electrical Insulation*, 6, (2008).

Németh B., Kiss I.: Application of fuzzy logic based expert system in preventive lightning protection, 11th International Conference on Electrostatics 2009, *Journal of Electrostatics*, 67, 2-3,. 477-481, (2009).

RTE, Live working a cutting-edge technique 50 years of French history, This book is published by RTE (The Transmission System Operator in France), Paris. (2013).

Sirin, Selahattin Murat. "Energy market reforms in Turkey and their impact on innovation and R&D expenditures." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4579-4585, 15.9 (2011).

Singh, Jaikaran, et al. "New approaches for live wire maintenance of transmission lines." *MIT Int. J. Electr. Instrum. Eng.*, 67-71, 3.2 (2013).

T. Dan Bracken Bonneville Power Administration/Big Eddy – Knight 500-kV Transmission Project Appendix E, Electrical Effects (2010).

Tamus, Z. A., et al. "Examination of time-varying magnetic fields exposure of live line workers, 22-26, *17th ISH 8* (2011).

Tamus, Zoltán Ádám, et al. "Can the near field of lightning impulse in down conductors cause harmful health effects?." *Lightning Protection (ICLP), 2010 30th International Conference on*, IEEE, (2010).

Tang, Pan, et al. "Live working on electrode line of ± 800 kV DC transmission project." *Electrical Materials and Power Equipment (ICEMPE), 2017 1st International Conference on*, IEEE, (2017).

TEİAŞ, Faaliyet Raporu (2014).

Türkiye Elektrik İletim A.Ş, 2014 Yılı Türkiye Elektrik İletimi Sektör Raporu https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2017-05/sector_raporu_2014., (2017).

Türkiye Elektrik İletim A.Ş, (2015). 154 kV ve üstü Gerilim Seviyesindeki İletim Tesislerinde Enerji Altında (Canlı) Bakım Çalışmaları Uygulama Koşulları Yönergesi, (2015).

Zhibin, Ren, et al. "Control of inspection robot for the power transmission lines based on database." *Control Conference, 2008. CCC 2008. 27th Chinese*, IEEE, (2008).

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Zeki ÇELİK

Doğum Yeri ve Tarihi : Kars 16/09/1982

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Y. Lisans Üniversite (varsa) : Marmara Üniversitesi

Elektronik posta : mzekicelik@teias.gov.tr

İletişim Adresi : TEİAŞ İstanbul (Anadolu) Canlı Bakım
Başmühendisliği Namık Kemal Mah. Sütçü İmam Cad.
Şeker Maslak Sok. No:9 Ümraniye/İSTANBUL

Yayın Listesi :

- Yarıiletken Tekli Kırılma İndisli Simetrik Lazerin Aktif Bölgesindeki Kuvvetlendirmede Kazanç Ve Soğurma Sabitlerine İlişkin Yeni Bir Hesaplama Yöntemi Yıl: 2011, Cilt:4, Sayı:2,Sayfa:113-119