ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/387311705

# Yüksek Gerilim Hatlarında Oluşan Elektromanyetik Alanın Bilgisayar Destekli Analizi ve İnsan Sağlığına Etkileri

**Conference Paper** · May 2019

CITATIONS
0

READS
45

**4 authors**, including:



Ahmet Gani
Kayseri University
**132** PUBLICATIONS **489** CITATIONS
SEE PROFILE



O. Fatih Kececioglu
Kahramanmaraş Sütçü İmam University
**133** PUBLICATIONS **560** CITATIONS
SEE PROFILE



Mustafa Sekkeli
Kahramanmaraş Sütçü İmam University
**137** PUBLICATIONS **641** CITATIONS
SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Ahmet Gani on 22 December 2024.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

# YÜKSEK GERİLİM HATLARINDA OLUŞAN ELEKTROMANYETİK ALANIN BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

*Emrullah Sizcan[1], Ahmet Gani[1*], Ö. Fatih Keçecioğlu[1], Mustafa Şekkeli[1]*

[1]Kahramanmaras Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu yazar: agani@ksu.edu.tr

**ÖZET**

*Santrallerde üretilen elektrik enerjisi, oluşan kayıpları azaltmak ve daha küçük kesitte iletken kullanmak amacıyla 380 kV, 154 kV, 34,5 kV seviyesinde yüksek gerilim hatları(YGH) ile tüketim sahalarına taşınmaktadır. Son olarak dağıtım transformatörleri ile 220 V değerinde alçak gerilim (AG) seviyesine düşürülen enerji kullanıcıya ulaşmaktadır. Çeşitli akım ve gerilim seviyesinde tesis edilen bu hatlar çevrelerinde son derece düşük frekanslı (30-300 Hz) (ELF) elektromanyetik alan oluşturmaktadır. Bu çalışmada çeşitli akım ve gerilim değerine sahip yüksek gerilim hatlarının meydana getirdiği elektrik ve manyetik alan değerlerinin gerçek veriler kullanılarak hesaplanması ve tasarlanacak MATLAB bağlantılı C# ara yüz programı sayesinde ilgili sınır değerleriyle karşılaştırılıp analiz edilmesi hedeflenmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Elektromanyetik alan, Yüksek gerilim hatları

# COMPUTER AIDED ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC FIELD IN HIGH VOLTAGE LINES AND THEIR EFFECTS ON HUMAN HEALTH

**ABSTRACT**

*The electrical energy produced in the power plants is transported to the consumption areas by using 380 kV, 154 kV and 34.5 kV high voltage lines in order to reduce the losses and use conductors in smaller sections. Finally, the energy that is reduced to the low voltage level of 220 V with the distribution transformers reaches the user. These lines, which are installed at various current and voltage levels, form extremely low frequency (30-300 Hz) (ELF) electromagnetic fields in their environment. In this study, it is aimed to calculate the electrical and magnetic field values generated by high voltage lines with various current and voltage values by using real data and to compare and analyze the related limit values by means of MATLAB related C # interface.*

**Keywords:** Electromagnetic field, High voltage lines

## 1. GİRİŞ

Bazı elektromanyetik dalgalar, kuantum başına o kadar fazla enerji taşırlar ki, bu enerji moleküller arasındaki bağları koparacak güce sahip olur. Bu tür elektromanyetik alanlar iyonlaştırıcı radyasyon olarak adlandırılır. Moleküler bağlarını kırmakta yetersiz kalan alanlara ise iyonlaştırıcı olmayan radyasyon denir. Yüksek gerilim hatları (YGH) tarafından üretilen zamanla değişen son derece düşük frekanslı (ELF) alanlar bu alanlara örnektir. YGH tarafından üretilen elektromanyetik alanların genel halk sağlığına olan etkileri uzun zamandan beri tartışılmaktadır. 0,7 μT'ye kadar olan manyetik alanlara maruz kalan Colorado çocukları arasında lösemi insidansında iki ila üç kat artış olacağı (Wertheimer ve Leeper, 1979) ve YGH'nin 7 yıl boyunca yakınında ikamet etmekte olan yetişkinlerde ise sinir sistemi, rahim, meme ve lenfoma olmak üzere 4 farklı kanser türünün olabileceği belirtilmiştir. (Wertheimer ve Leeper, 1982) Wertheimer ve Leeper'in çalışmalarını eleştiren araştırmacılar, bu denli düşük manyetik alanlara (0,1-0,7$\mu$T) maruz kalınmasının evdeki elektronik, elektrik cihazlar başta olmak üzere birçok etkene bağlı olabileceğini belirtmiştir. (Miller 1980) Çeşitli YGH'lerde akım ve gerilime bağlı olarak oluşan elektromanyetik alanın analiz edilmesi, farklı görüşteki araştırmacıların, uluslar ve uluslararası kuruluşların belirlemiş olduğu sınır değerlerinin karşılaştırılması amacıyla ara yüz programlarından faydalanılıp hesaplamalar yapılması önem arz etmektedir.

## 2. YÜKSEK GERİLİM TESİSLERİNDE ELEKTOMANYETİK ALAN HESABI

Endüstriyel tesislerin ve tüm elektrik elektronik cihazların kaynağını 50 Hz'lik frekansa sahip enerji iletim, dağıtım tesisleri oluşturmaktadır. Bu tesislerin oluşturduğu elektromanyetik alan değerinin büyüklüğü: iletkenlerin yarıçapına, yerden yüksekliğine, faz simetrisine; her bir iletkenin diğer iletkene göre konumuna, ölçüm ya da hesaplanacak noktanın iletkenlere olan mesafesine bağlı olarak değişmektedir.

### 1.1 Elektrik Alan Hesabı

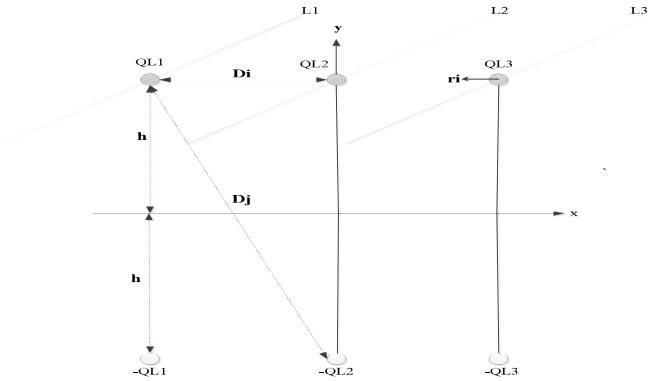
Elektrik alan, temel olarak, elektrik yüklü bir parçacık etrafında oluşturulan kuvvet alanıdır. Potansiyel farkın oluşumuyla meydana gelir. Kavramsal olarak somutlamak gerekirse gerilimi bir bahçe hortumundaki su basıncı olarak düşünebiliriz Gerilim ne kadar yüksek olursa, elektrik alanın gücü o kadar güçlü olur. Bir vektör alanı olan elektrik alan şiddetinin birimi N/C yani Newton/Coulomb'dur. N/C boyutsal olarak V/m yani Volt/Metre'dir. İletim hatlarındaki gerilim, iletkenler ve iletkenler ile toprak arasında elektrik alan oluşturur. Herhangi bir P noktasındaki n adet Q yükün P' noktasında oluşturacağı elektrik alan; $\vec{r}_i$ vektörü $q_i$ yükünün bulunduğu yerden $\vec{E}$ (Elektrik Alan)'nin ölçüm noktasına doğru uzunluk vektörü, $\varepsilon_0$ değeri ise boşluğun dielektrik sabiti olmak üzere denklem 1'de elektrik alan ifadesi verilmiştir.

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{4\pi\varepsilon_0} \frac{(\vec{r} - \vec{r}_i)}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3} \tag{1}$$

$\varepsilon_0$ sabit bir sayı olup birimi F/m'dir. Değeri 8,854x10$^{-12}$ 'dir. Enerji iletim tesislerinin modellenmesi ve elektrik alanlarının hesaplanması görüntü tekniği metoduna dayanmaktadır. Her bir fazın oluşturduğu yük $Q_{L1}$ , $Q_{L2}$ ve $Q_{L3}$ olarak düşünülürse bu durumda her bir yükün kendisi ve diğer yüklerle oluşturduğu potansiyel katsayı $p_{ij}$; şekil 1.'de görüldüğü $D_i$ herhangi bir yükün diğer yüke olan mesafesi, $Dj$ herhangi bir yükün diğer yükün görüntüsüne olan mesafesi olmak üzere denklem 2'deki gibidir.

$$p_{ij} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \ln\left(\frac{D_i}{Dj}\right) \tag{2}$$

Şekil 1'de YGH'ye görüntü metodunun uygulanması verilmiştir.

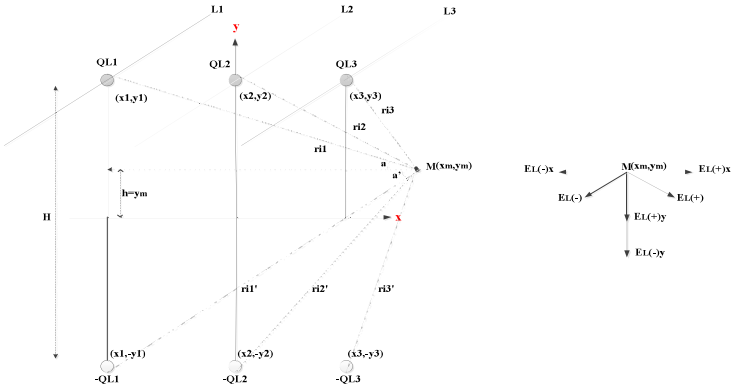



**Şekil 1.** YGH'ye görüntü metodunun uygulanması

n iletkenli bir YGH'ye e ait potansiyel katsayısı P, denklem 3'de verilmiştir.

$$P = \begin{matrix} p_{11} & p_{12} \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} \cdots & p_{2n} \\ p_{n1} & p_{n2} \cdots & p_{nn} \end{matrix} \tag{3}$$

Şekil 2'de 3 Fazlı iletim tesisinin M noktasında farklı yük yoğunluklarının oluşturduğu elektrik alan bileşenlerinin gösterimi verilmiştir.




**Şekil 2.** 3 Fazlı iletim tesisinin M noktasında farklı yük yoğunluklarının oluşturduğu elektrik alan bileşenlerinin gösterimi

$$\begin{bmatrix} V_{L1} \\ V_{L2} \\ V_{L3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Vm_{L1}e^{j0} \\ Vm_{L2}e^{-j120} \\ Vm_{L3}e^{-j240} \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} Q_{L1} \\ Q_{L2} \\ Q_{L3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} V_{L1} \\ V_{L2} \\ V_{L3} \end{bmatrix} \tag{4}$$

Elektrik alan hesaplanırken her bir yükün kendisi ve görüntüsüyle oluşturduğu yatay ve düşey bileşenler ayrı ayrı hesaplanarak bu noktada oluşan toplam elektrik alan elde edilir. Şekil 2.'de görüldüğü gibi M noktasının yükle yaptığı açı $\alpha$ , yükün görüntüsüyle yaptığı açı $\alpha'$ olmak üzere n adet iletken olması durumunda herhangi bir YGH'ye ait elektrik alan şiddeti denklem 5-6'da verilmiştir.

$$\mathrm{Ex_{Ln}} = \sum_1^n \frac{\mathrm{Q_{Ln}}}{2\pi\varepsilon_0}\left[\frac{\cos\alpha_n}{r_{in}} + \frac{\cos\alpha'}{r_{in}'}\right] \qquad \mathrm{Ey_{Ln}} = \sum_1^n \frac{\mathrm{Q_{Ln}}}{2\pi\varepsilon_0}\left[\frac{\sin\alpha_n}{r_{in}} + \frac{\sin\alpha'}{\mathrm{r_{in}}'}\right] \tag{5}$$

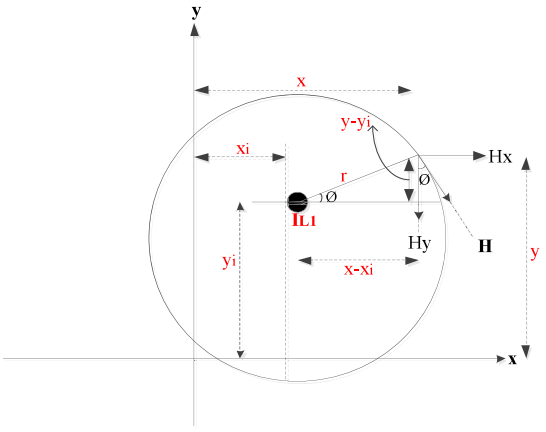
$$\mathrm{E_{Ln}} = \sum_1^n \sqrt{\mathrm{E_{xLn}^2} + \mathrm{E_{yLn}^2}} \qquad \mathrm{E} = \sum_1^n \mathrm{E_{Ln}} \tag{6}$$

### 2.2 Manyetik Alan Hesabı

Hareket halindeki bir elektrik yükü, etrafındaki uzayda bir manyetik alan oluşturur. Akan akım miktarı arttıkça, manyetik alanın seviyesi de artar. Güç iletim sistemleri farklı tasarım ve boyuta sahiptir. Hattan belirli bir mesafe uzaklıkta manyetik alan hesaplamak için iletkenden akan akımı, iletkenleri taşıyan direğin ve traverslerinin özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Dikkat edilmesi gereken hususun manyetik alanın sadece akıma bağlı olduğudur. Kaynaktan uzaklaştıkça değeri azalmaktadır. Ampere Devre Yasası bir kapalı yol etrafındaki manyetik alan şiddetinin çizgisel integralinin çevreleyen akıma eşit olduğunu ifade etmektedir. Yani:

$$\oint \vec{H}d\vec{\ell} = I \qquad B = \mu_0 H \tag{7}$$

Burada H manyetik alan şiddeti olup birimi A/m yani Amper/metre'dir, B manyetik akı yoğunluğu olup birimi Gauss(G) veya Tesla (T) 'dır. $\mu_0$, Havanın manyetik alan geçirgenliği olup değeri $4\pi 10^{-7}$ (Henry/m)'dir. Şekil 3'te enerji iletim hattına ampere yasasının uygulanması verilmiştir.




**Şekil 3.** Enerji İletim Hattına Ampere Yasasının uygulanması

I akımı taşıyan $r_i$ yarıçapındaki iletkene Ampere Devre Yasası uygulanırsa iletkenden r kadar uzak mesafede oluşturacağı manyetik alan şiddeti ve manyetik alan akı yoğunluğu denklem 7'de verilmiştir. Şekil 3.'de görüldüğü üzere $I_{L1}$ akımı taşıyan iletkenin koordinatları $(x_i, y_i)$ ve iletkenin (x,y) koordinatlarında oluşturmuş olduğu manyetik alan şiddeti ve manyetik akı yoğunluğu n adet iletken olması durumunda denklem 8-11'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\mathrm{H_{xn}(x,y)} = \frac{I_{Ln}}{2\pi r_n}\sin\emptyset_n = I_{Ln}\frac{\mathrm{y}-\mathrm{y_n}}{2\pi[(\mathrm{x}-\mathrm{x_n})^2+(\mathrm{y}-y_n)^2]} \tag{8}$$

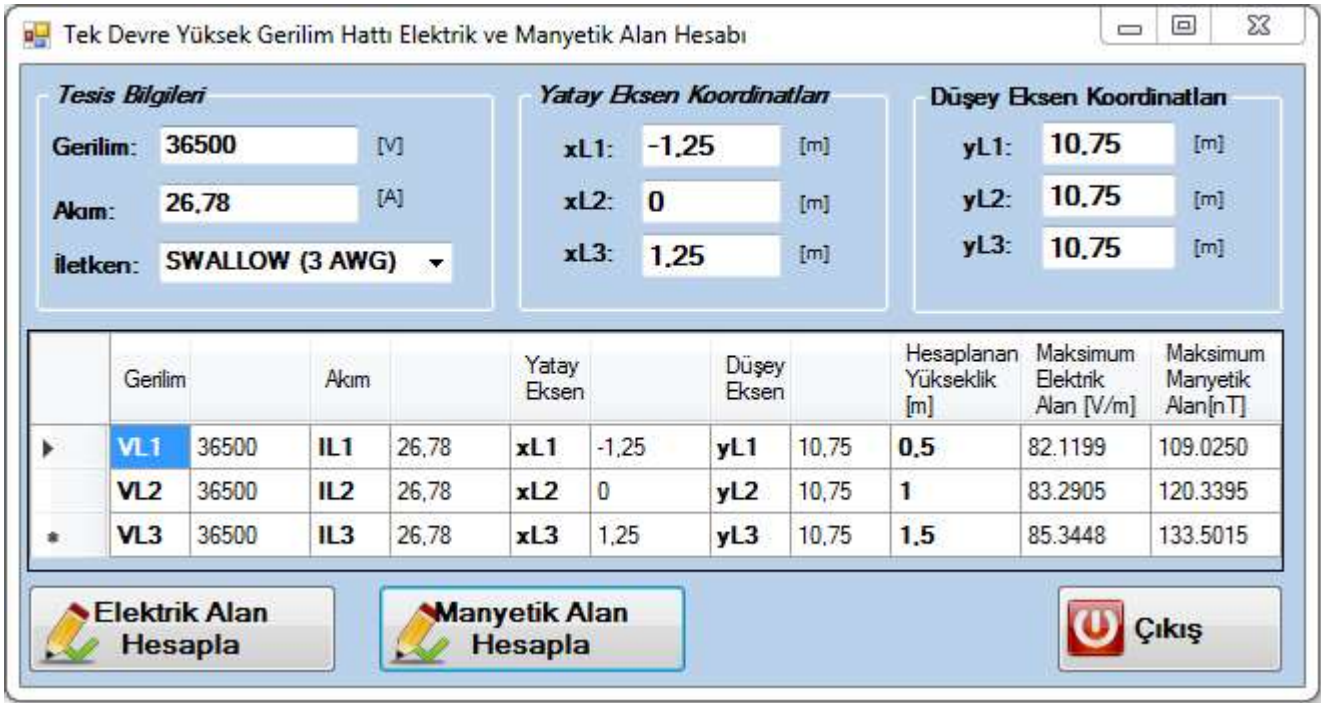
$$\mathrm{H_{yn}(x,y)} = \frac{I_{Ln}}{2\pi r_n}\cos\emptyset_n = I_{Ln}\frac{\mathrm{x}-\mathrm{x_n}}{2\pi[(\mathrm{x}-\mathrm{x_n})^2+(\mathrm{y}-y_n)^2]} \tag{9}$$

$$[H_n(\mathrm{x,y})] = \sqrt{[\mathrm{H_{xn}(x,y)}]^2 + \left[\mathrm{H_{yn}(x,y)}\right]^2} \tag{10}$$

$$B_n(\mathrm{x,y}) = \mu_0 H_n(\mathrm{x,y}) \tag{11}$$

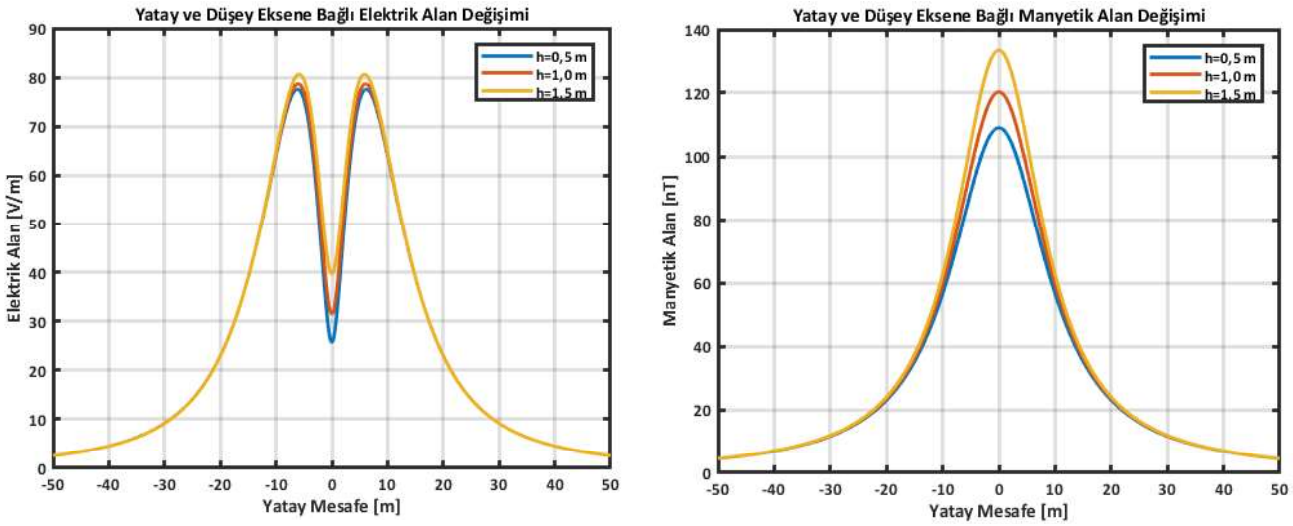
## 3. ELEKTROMANYETİK ALAN HESAPLAMALARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ

Matematiksel hesaplamalar, devre analizi gibi karma problemler MATLAB sayesinde basit bir şekilde çözümlenmektedir. Ancak C#, C++ gibi ara yüz programlarında bunları gerçekleştirmek pek de kolay değildir. Elektromanyetik alan hesaplamaları Matlab'de Untitled ortamında gerçekleştirilip Library Compiler sayesinde oluşturulan referans ile istenilen veriler C# ortamına aktarılmıştır. Şekil-4 'de görülen ara yüzeydeki yatay eksen bileşenleri xL1, xL2,xL3 hesaplanmak istenen enerji hattının direk traversinden elde edilmektedir. Düşey eksen bileşenleri yL1, yL2 ve yL3 ise enerji hattının yerden yüksekliğini belirtmektedir. Şekil 4'te Matlab-C# bağlantılı elektromanyetik alan hesaplama ara yüz programı verilmiştir.




**Şekil 4.** Matlab-C# bağlantılı elektromanyetik alan hesaplama ara yüz programı

Şekil 4'de T12 tipi direk kullanılıp 1600 kVA gücündeki trafodan tam yükte beslenen 3XAWG Swallow hattın altında 0.5, 1 ve 1.5 m yüksekliklerde elektrik ve manyetik alan hesabı yapılmıştır. Şekil 5'de ise hesaplanan elektrik alanın ve manyetik alanın yatay ve düşey eksenlerdeki değişimi gösterilmiştir.




**Şekil 5.** Hesaplanan elektrik ve manyetik alanın yatay ve düşey eksenlerdeki değişimi

### 3.1 Kahramanmaraş ve Adıyaman İllerinde 34,5 kV Gerilim Seviyesindeki Tek Devre YGH'lerin Oluşturduğu Elektrik ve Manyetik Alanın İncelenmesi

Dağıtım merkezlerinde 34,5 kV gerilim seviyesindeki enerji, çeşitli kesitte havai ya da yeraltı kabloları ile dağıtım trafoları sayesinde 380/220 V gerilime düşürülerek müşteri ya da müşteri gruplarına taşınmaktadır. Trafoların güçleri minimum 25 kVA maksimum ise 1600 kVA'dır. Kullanılan iletkenler ise kesitlerine bağlı olarak sırasıyla 3XAWG (Swallow), 3X1/0 AWG (Raven), 3X3/0 (Pigeon) ve 477 MCM'dir. Dolayısıyla bu trafoların çekeceği maksimum akım, gerilim kullanılarak YGH'lerin ürettiği maksimum elektrik ve manyetik alan değerleri hesaplanabilir. Manyetik alan trafo gerilim kademesinin 31,5 kV, elektrik alan ise 36 kV olduğu varsayılarak hesaplanacaktır. Tablo 1'de Adıyaman ve Kahramanmaraş illerinde farklı özellikteki dağıtım tesislerinin tam yükte çalışmaları durumunda oluşabilecek maksimum elektrik ve manyetik alan değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Çeşitli güçteki YGH'lerin ürettiği maksimum elektrik ve manyetik alanlar

| Trafo Gücü (kVA) | Maksimum Akım(A) | Direk /Travers Tipi | İletken | Maksimum Elektrik Alan [V/m] | Maksimum Manyetik Alan[nT] |
|---|---|---|---|---|---|
| 400 | 7,33 | N-12 / D-300 | 3XAWG | 90,63 | 42,45 |
| 1000 | 18,33 | T14/TÜ-300 | 3X1/0 | 179,18 | 188,75 |
| 1250 | 22,91 | BER+0 | 3X3/0 | 66,68 | 69,16 |
| 1600 | 29,33 | DB-D3+1,5 | 477 MCM | 90,40 | 97,73 |

Kahramanmaraş'taki dağıtım merkezleri arasındaki bazı fider hatlarının taşıdıkları akım ve gerilim değerleri sahada ölçülüp gerçek verilerek kullanılarak bu hatların ürettikleri elektrik ve manyetik alan hesaplanmıştır. Tablo 2'de görüldüğü gibi sanayi gibi yüksek akım çeken fider gruplarında yüksek kesitli 477 MCM iletken kullanılmakta ve bu tesisler 34,5 kV seviyesindeki dağıtım tesisi içerisinde çevresinde en yüksek elektromanyetik alan oluşturan YGH grubudur.

**Tablo2.** Kahramanmaraş'ta bazı fider hatlarının ürettiği elektromanyetik alan değerleri

| Gerilim [V] | Akım [A] | İletken | Direk Tipi | Elektrik Alan [V/m] (h=1,5 m) | Manyetik Alan[nT] (h=1,5m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 31,5 | 10,01 | 3XAWG | T-12/T300 | 82,75 | 57,97 |
| 33 | 21,66 | 3X1/0 | Z-12/D300 | 91,69 | 125,44 |
| 32,70 | 13,76 | 3X3/0 | BES-2 | 99,87 | 70,53 |
| 32,24 | 148,5 | 477 MCM | TB-T3+1,5 | 74,93 | 450,20 |

Adıyaman ilinde AG ve kısa aralıklı YGH'nin geçtiği güzergâhlarda 5 Hz -32 kHz aralığında ölçüm yapan TÜBİTAK tarafından kalibre edilmiş Narda marka cihaz ile elektrik ve manyetik alan ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonuçları tablo 3.'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Adıyaman merkezde AG ve kısa aralıklı YGH'de elektrik ve manyetik alan ölçüm değerleri

| Mahalle | Ada/Parsel | Adres | Tipi | Elektrik Alan [V/m] | Manyetik Alan [nT] |
|---|---|---|---|---|---|
| Eskisaray | 161/174 | Fevzi Çakmak Caddesi | Alçak Gerilim | 100,41 | 215,11 |
| Eskisaray | 2149/19 | Kemalpaşa Caddesi | YGH Kısa Aralıklı | 117,03 | 242,06 |
| Eskisaray | 161/144 | Arzumkent Caddesi | Alçak Gerilim | 101,81 | 146,95 |
| Eskisaray | 2139/9 | 2579. Sokak | YGH Kısa Aralıklı | 108,25 | 307,66 |
| Kayalık | 847/77 | 2450. Sokak | Alçak Gerilim | 99,174 | 167,45 |
| Siteler | 2543/4 | 20132 Sokak | Alçak Gerilim | 70,206 | 287,8 |
| Yeşilyurt | 517/57 | Kavi Caddesi | YGH Kısa Aralıklı | 118,83 | 201,59 |

## 4. ULUSLARARASI KURULUŞLARIN BELİRLEMİŞ OLDUKLARI MARUZİYET SINIR DEĞERLER

WHO, elektromanyetik alanın 0 ile 300 GHz frekans aralığındaki olabilecek sağlık etkilerinin görülme sıklığının bilimsel kanıtlarını değerlendirmek üzere 1996 yılında Uluslararası Elektromanyetik Alan Projesi'ni kurdu. 1973 yılında WHO tarafından belirlenen daha sonrasında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), WHO'nun ortak programı olan Çevre Sağlık Kriterleri Programı kapsamında 0-300 GHz frekans aralığını kapsayan 6 adet monografi yayınlandı. Wertheimer ve Leeper'in 1979 ve 1982 yıllarında yapmış oldukları çalışmalar, Çevre Sağlık Kriterlerinde: YGH tesislerinin konfigürasyonlarının oluşturulma tekniğinin ve incelenen vakalardaki manyetik alan seviyesinin doğru şekilde ayırt edilmemesi, gizli verilerin toplanmayıp ölümden sonraki vakaların tespit edilmesi, hala hayatta olan kanser vakalarının hesaba katılmaması gibi nedenlerden dolayı araştırmanın bilimsel olarak incelenmesi gerektiği belirtilmiştir.

**Tablo 4.** Uluslararası Kuruluşların ELF alanlarına ilişkin belirlemiş oldukları sınır değerler

| Kategori | Elektrik Alan (kV/m)- 50 Hz | | | Manyetik Alan (μT) – 50 Hz | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ICNIRP | IEEE | 1999/519/EC | ICNIRP | IEEE | 1999/519/EC |
| Halk | 5 | 5 | 5 | 200 | 904 | 100 |
| Çalışanlar | 10 | 20 | 100 | 1000 | 2710 | 500 |

Bunun yanı sıra WHO tarafından resmen tanınan Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon Koruma Kurulu (ICNIRP) başta olmak üzere, Avrupa Birliği Konseyi tarafından alınan 1999/519/EC sayılı karar ve IEEE (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) bu alanlarla ilgili sınır değerler belirlemiştir. Tablo 4'de bu kuruluşların belirlemiş oldukları sınır değerler gösterilmektedir. Avrupa ülkeleri başta olmak üzere birçok ülke bu kararlar doğrultusunda hareket etmektedir. Ülkemizde ise, 2010 tarihli İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik gereği 25-800 Hz frekans aralığındaki ELF bantlı elektrik alanına maruz kalma 15 kV/m ile, manyetik alan ise 200 μT ile sınırlandırmıştır. WHO Uluslararası Elektromanyetik Alan Projesi üyesi olan ülkemiz her yıl elektromanyetik alanın maruziyetinin önlenmesi hakkında görüşlerini WHO'ye bildirmektedir. Bu kapsamda üye ülkeler de dahil olmak üzere ülkemiz kanser vakalarını kayıt altına alarak bu kapsamdaki çalışmalara kaynak olması amacıyla WHO'ye bildirmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Kahramanmaraş ve Adıyaman bölgelerinde yapılan incelemede akımın kollara ayrıldığı durumda ana koldan geçen toplam akımın düştüğü göz önüne alındığında en yüksek manyetik alanın indirici trafo merkezi ile dağıtım merkezi arasında fider olarak adlandırılan YGH'lerde oluştuğu görülmüştür. 0,6 μT'ye kadar ulaşan bu değer, dağıtım trafolarını besleyen tek devre YGH'lerde 0,01-0,25 μT'ye kadar düşmektedir. Manyetik alanın yüksek olacağı diğer bir YGH ise sanayi gibi güç ihtiyacı yüksek olan bölgelerdir. Elektrik alan değeri ise yüksek oranda gerilim ve iletken kesitine bağlı olduğundan hattın altında 1,5 m yükseklikte yapılan ölçüm ve hesaplamalarda 40-200 V/m arasında değiştiği gözükmektedir.

Ölçüm ve hesaplamalar dağıtım tesislerinde kullanılan 34,5 kV gerilim seviyesindeki tek devre YGH'lerin uluslar ve uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen maruziyet sınır değerlerinin çok altında olduğunu göstermektedir. Çevremizde normal olarak karşılaşılan ELF alan seviyelerine maruz kalmanın olumsuz sağlık etkileri tespit edilememiştir. Bu alanların insan için nasıl bir sonuç doğuracağı bilinmemekle beraber, şu ana kadar yapılan çalışmalar bu alanlara gereksiz yere maruz kalmaktan kaçınılması gerektiği konusunda güvence vermektedir.

## 6. KAYNAKLAR


Çerezci, O., Kartal, Z., Pala, K., Türkkan A. (2012). Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri, *F. Özsan Matbaacılık*, Bursa.

Elghaffar,A.N.A., El-Baset,A.A., M.Ali,Y.S. (2016) Mathematıcal Calculatıon of Electromagnetıc Fıeld In Hıgh Voltage Substatıons To Treatment Its Effect On The Protectıve Equıpments, *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara International Journal of Engineering*,139-146.

Environmental Health Criteria 35 (1984). Extremely Low Frequency (ELF), *Published under the joint sponsorship of UNEP, WHO and IRPA,* WHO, Geneva, Switzerland

Mubassir, M., Swapnil, N., (2017). Computıng Effects Of Electrıc And Magnetıc Fıelds Near Overhead Transmıssıon Lınes. Yüksek Lisans Tezi, The Unıversıty Of Brıtısh Columbıa. The Faculty Of Graduate And Postdoctoral Studıes, Vancouver.

Nedzinskaite, G., Deltuva, R., Lukocius, R., Marciulionis, P., Virbalis, J.A. (2015) . Analytical Expression of Electric Field Strength under Three – Phase Line, *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 7176-7182.

Özsoy,S., Görür ,A., (1994). Elektromanyetik Alan Teorisi –II, *Erciyes Üniversitesi Yayınları*, Kayseri.

Razavipour, S.S., Jahangiri, M., Sadeghipoor,H.(2012). Electrical Field around the overhead Transmission Lines, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Physical and Mathematical Sciences,* 168-171