



## ENDÜSTRİYEL MİKRODALGA KAYNAKLARA MARUZ KALAN ÇALIŞANLAR İÇİN ELEKTROMANYETİK RİSK ANALİZİ

Şükrü ÖZEN\*, Tuğrul AYDOĞMUŞ, H. Feza CARLAK, Kayhan ATEŞ

Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Endüstriyel mikrodalga, Özgül soğrulma oranı, Mesleki maruziyet, Isıl etkiler, Elektromanyetik risk.</i>	Son yıllarda uydu yayın sistemleri, mikrodalga fırınlar, indüksiyon fırınları, polis ve ordu radar sistemleri, tıbbi görüntüleme gibi elektromanyetik cihazların kullanımının hızlı bir şekilde artmasıyla insanlar sürekli elektromanyetik dalgalara maruz kalmaktadır. Özellikle endüstride kullanılan yüksek güçlü mikrodalga kaynakları çalışan sağlığı üzerinde ciddi riskler oluşturmaktadır. İndüksiyon fırını ve buna benzer cihazların gerek hatalı kullanımı gerekse cihazlarda meydana gelen kaçaklar nedeniyle cihazı kullanan operatörlerin beyin, göz ve deri dokusunda ciddi hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu çalışmada, endüstriyel mikrodalga kaynaklarının çalışma frekansları olan 915 ve 2450 MHz frekanslarında dokularda oluşan SAR değerleri ve sıcaklık artışı, çok katmanlı doku modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Analitik analizler MATLAB programı yardımıyla ayrı ayrı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, tıbbi güvenlik limit değerleriyle karşılaştırılmış ve limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

## ELECTROMAGNETIC RISK ANALYSIS FOR EMPLOYEES EXPOSED TO INDUSTRIAL MICROWAVE SOURCES

Keywords	Abstract
<i>Industrial microwaves, Specific absorption rate, Occupational exposure, Thermal effects, Electromagnetic risk.</i>	In recent years, people are often exposed to electromagnetic waves due to the increase of electromagnetic devices such as satellite broadcasting systems, microwave ovens, induction ovens, police and army radar systems and medical imaging modalities. Particularly, the microwave sources used in industry have extreme effects on the employee health. Because of inaccurate using of devices such as induction ovens etc. or leakage from from devices, serious damages may occur in the brain, eye and skin tissue of the person using the device. In this study, the SAR value and temperature increase of tissues were computed by using multi layered tissue model at the frequency ranges of 915, 2450 MHz which are operating frequencies of industrial microwave sources. Analytical analysis were implemented using MATLAB Software tool. The results were compared with medical safety limits and observed that they are under the limits.

### Alıntı / Cite

Ş.Özen, T. Aydoğmuş, H.F. Carlak, K. Ateş, (2019). Endüstriyel Mikrodalga Kaynaklara Maruz Kalan Çalışanlar İçin Elektromanyetik Risk Analizi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(3), 467-472.

### Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Ş. Özen, 0000-0002-5538-6786  
T. Aydoğmuş, 0000-0003-1468-5103  
H.F. Carlak, 0000-0002-8561-4591  
K. Ateş, 0000-0002-6016-6577

### Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	05.02.2019
Revizyon Tarihi / Revision Date	21.02.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	22.02.2019
Yayın Tarihi / Published Date	15.09.2019

### 1. Giriş

Uzun yıllardan beri, elektromanyetik dalgalar endüstriyel ve evsel cihazlarda ısıtma, pişirme ve kurutma işlemlerinde kullanılmaktadır. Son yıllarda, elektromanyetik dalgalar hızlı ve seçici enerji soğurma gibi özellikleri nedeni ile yaygın bir şekilde

kullanılmaktadır. Anlık elektriksel kontrol, temiz olması, enerji verimi, yüksek ürün kalitesi gibi avantajları da kullanımı hızla artırmaktadır (P. Rattanadecho, N. Suwannapum, W. Cha-um 2009; N. Suwannapum, P. Rattanadecho, 2011).

\* İlgili yazar / Corresponding author: sukruozen@akdeniz.edu.tr, +90-242-310-6397

Elektromanyetik enerjinin bu şekilde artan kullanımı ve uygulama alanları, bu kaynaklardan yayılan alanların sağlık riskleri herkesin ilgisini çekmeye başlamıştır. Elektromanyetik dalgalara maruz kalan dokularda indüklenen güç, vücutta ısı artışına neden olmaktadır. Vücutta soğurulan enerjinin bir ölçüsü olarak Özgül Soğurma Oranı (SAR) insan vücudunda biyolojik soğurma karakteristiğinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır (Kahriman M. et al., 2016; Özen Ş., Helhel S., Bilgin S., 2011; Özen Ş., Helhel S., Çerezci O., 2008).

Elektromanyetik spektrumun Radyo Frekans (RF) bölgesi, 3kHz-300GHz frekans aralığını kapsar. RF Radyasyonun en yaygın kullanım alanlarına; radar uygulamaları (hava, deniz, trafik kontrol, askeri ve polis v.b), haberleşme, tıbbi cihazlar, endüstriyel ısıtma cihazları ve mikro dalga fırınlar örnek olarak verilebilir. Teknolojik gelişmeye bağlı olarak kullanılan frekans spektrumu, her geçen gün daha da genişleyerek üst frekanslar bölgesine yükselmektedir (Kahriman M. Çerezci O., Demir Z., 2001.; Kathy L. Ryan, J. A.D'Andrea, J.R. Jauchem, and P.A. Mason).

Mikrodalgalar, gıda bilimi ve teknolojisinde son 50 yılın en önemli buluşlarından biri olarak değerlendirilmektedir. İlk kez 1950'li yıllarda patates cipsinin kurutulması amacıyla kullanılmıştır. Yüksek verimli ve diğer geleneksel yöntemlerden hızlı olması sebebiyle her geçen yıl kullanımı daha da yaygınlaşan mikrodalgalar, günümüzde makarna, patates, balık, et, süt ve süt ürünleri gibi gıdaların pişirilmesi, haşlanması, pastörize edilmesi ve kurutulması gibi işlemlerde doğrudan kullanılmaktadır. Genel olarak ev tipi mikrodalga fırınlarda 2.45 GHz frekansı, endüstriyel proseslerde 2.45 GHz ya da 915 MHz frekansları ve son iki frekans değeri ise sadece laboratuvar ve araştırma projelerinde kullanılmaktadır (Banik S., Bandyopadhyay S., and Ganguly S. 2003; Lambert, JP).

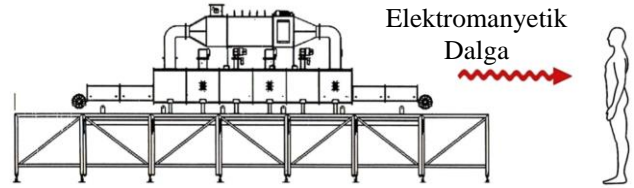
Mikrodalga maruziyeti ve bunun biyolojik etkileri üzerinde yapılmış birçok çalışma literatürde yer almaktadır. Mikrodalga etkileşim mekanizması şu şekilde tanımlanmıştır; organlarda ya da vücutta 1°C den fazla sıcaklık artışına sebep olma durumu (yani termal etki) ve vücutta net bir sıcaklık artışına sebep olmama durumu (yani termal olmayan etki) (Özen Ş., Helhel S., Çolak Ö.H., 2007; Özen Ş., Onural A.Ş., Selçuk Ç., 2004).

Yapılan çalışmalar sonucunda rapor edilen termal etkilerden bazıları şu şekildedir. Katarakt oluşumu, Cenin anormallikleri, Tiroit fonksiyonlarında azalma, Reflekslerde azalma, Termal olmayan seviyelerde (<0,5°C) ise; Tiroit uyarımı, Bakteri fonksiyonlarına duyarlılıkta artış, Beyaz kan hücrelerinde azalma gibi biyolojik etkiler gözlemlenmiştir (World Health Organization (WHO), 1993; Nageswari, K.S. and Sector, B. 2003).

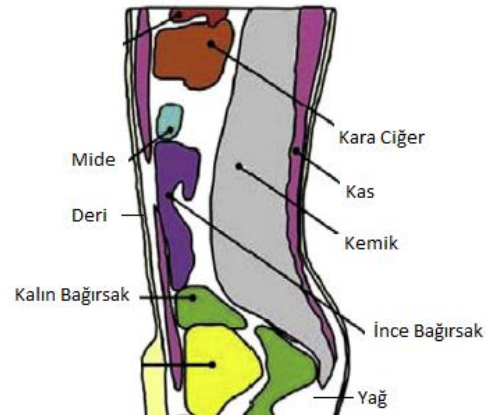
Bu çalışmada mikrodalga kaynaklarının kullanıldığı endüstriyel tesislerde, özellikle cihazı kullanan operatörlerin maruz kaldıkları elektromanyetik riskin analizi için vücut modeli üzerinde indüklenen elektrik alan, SAR ve ısı artışlarına ait analizler ve hesaplama yöntemlerine pratik bir yaklaşım sunulmuştur. Özellikle mesleki iş güvenliği alanında mevcut yönetmeliklerde elektromanyetik güvenliğe ilişkin koruma prensiplerinde açıklar bulunduğu hususları dikkate alınarak; cihaz kullanım hataları, güvenlik tedbirlerinin yeterince alınmamış olması veya cihazda meydana gelen bir sızıntı durumunda, cihaz yakınında bulunan kişiler doğrudan mikrodalgalara maruz kalabilmektedirler.

## 2. Materyal ve Yöntem

Tipik bir Endüstriyel Mikrodalga kaynağından insan vücuduna gelen elektromanyetik dalganın ilerleyişi Şekil 1.'de sembolik olarak, Şekil 2.'de (K. Shiba, N. Higaki, 2009) ise İnsan vücudu kesit modeli gösterilmiştir.



Şekil 1. Endüstriyel amaçlı kullanılan mikrodalgaya maruz kalan çalışan

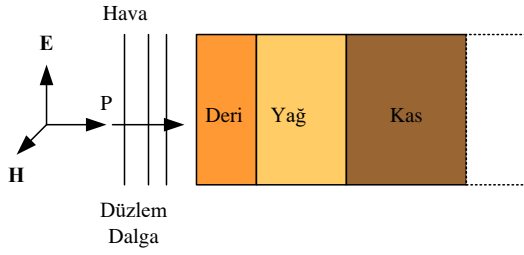


Şekil 2. İnsan vücudu kesit modeli

Mikrodalga maruziyeti nedeniyle vücuda indüklenen alanın neden olduğu ısı artışının incelenmesi için pratik bir yaklaşım olarak çok katmanlı doku modeli ele alınmış ve Şekil 3.' de gösterilmiştir.

Katmanlı yapı için ortam sınırına normal doğrultusunda gelen elektrik alan şiddeti  $E_0$  ise, katmanlı ortamdaki elektrik alan ifadesi denklem (1) yardımıyla belirlenebilir.

$$\mathbf{E}_t(z) = \hat{\mathbf{a}}_x \frac{2\eta_{234}}{\eta_{234} + \eta_{hava}} E_0 e^{-\beta_1 z} \quad (\text{V/m}) \quad (1)$$



Şekil 3. Çok katmanlı doku modeli

Özgül soğurma oranı (ÖSO), (SAR, Specific Absorption Rate) kilogram doku başına soğrulan elektromanyetik gücü gösterir. SAR değeri, tüm vücut üzerinde ya da küçük bir örnek hacim (1 g veya 10 g) üzerinden ortalama olarak alınır. Genel ifadesi şu şekildedir.

$$SAR = \frac{\sigma E_{\max}^2}{2\rho} \quad (\text{W/kg}) \quad (2)$$

Burada; E (V/m) dokuya uygulanan dalganın elektrik alanını,  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) dokunun yoğunluğunu,  $\sigma$  (S/m) ise dokunun iletkenliğini ifade eder.

Mikrodalgalara maruziyet sırasında dokudaki sıcaklık dağılımı, ısı iletimi ve kan perfüzyonu gibi parametreleri içeren biyo ısı denklemi kullanılarak tespit edilebilir. Dokunun geometrik ve termal özelliklerinin yanı sıra, mikrodalganın dokuda oluşturduğu SAR dağılımının da incelenmesi gerekir.

Pennes H.H. tarafından metabolizma ve kan perfüzyonunun, doku içindeki enerji dengesi üzerindeki etkilerini inceleyen bir model önerilmiştir. Genelleştirilmiş 1-D Pennes Biyo ısı denklemi şu şekildedir.

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \omega_b \rho_b c_b (T_a - T) + Q_m + Q_r(x,t) \quad (3)$$

Burada;  $\rho$  dokunun yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>), C öz ısı, K dokunun termal iletkenliği (W/m.K),  $\rho_b$  kanın yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>),  $c_b$  kanın öz ısı,  $\omega_b$  kan perfüzyon oranı (1/s),  $T_a$  atar damar sıcaklığı (sabit), T doku sıcaklığı,  $Q_r(x,t)$  İndüklenen dalganın oluşturduğu ısı,  $Q_m$  metabolizmanın ürettiği ısı (W/m<sup>3</sup>) dir (Carlak HF, Gencer NG, Beşikci C., 2016; Özen Ş., Helhel S., Bilgin S., 2011; Özen Ş., Helhel S., Çerezci O., 2008).

Pennes Biyo ısı denklemi kullanılarak dokuda meydana gelen sıcaklık artışının hesaplanması için bu denklemin, başlangıç ve sınır şartları yardımıyla analitik olarak çözülmesi gerekmektedir. Pennes Biyo ısı denkleminin analitik çözümler sonucunda sadeleştirilmiş hali şu şekildedir (Liu et al 1999).

$$\theta(x,t) = \frac{Q_r}{W_b C_b} + \frac{\left( \theta_0 - \frac{Q_r}{W_b C_b} \right) \text{ch} \left[ \sqrt{\frac{W_b C_b}{K}} (x-L) \right]}{\text{ch} \left( \sqrt{\frac{W_b C_b}{K}} L \right)} \quad (4)$$

$$+ \sum_{n=1}^{\infty} A_n \exp \left\{ -\alpha \left[ \frac{(2n-1)^2}{4L^2} \pi^2 + \frac{W_b C_b}{K} \right] t \right\} \times \sin \left( \frac{n-1}{2} \frac{\pi}{L} x \right)$$

Burada;

$$A_n = -\frac{4Q_r}{W_b C_b (2n-1)\pi} - \frac{(2n-1) \left( \theta_0 - \frac{Q_r}{W_b C_b} \right) \pi}{\frac{W_b C_b}{K} L^2 + \left( \frac{2n-1}{2} \pi \right)^2} \quad (5)$$

$$Q_r = nP \exp(-nx) \quad (6)$$

$Q_r$  ifadesinde P güç yoğunluğu, x ise doku kalınlığını tanımlar. Sıcaklık artışının hesaplanması için öncelikle dokulardaki elektrik alan ifadeleri elde edilir. Örneğin deri dokusu güç yoğunluğu ve SAR ifadeleri aşağıdaki gibi verilir.

$$P_{\text{deri}} = \frac{E_{\text{deri}}^2}{\eta_{\text{deri}}} \quad (7)$$

$$SAR_{\text{deri}} = \frac{\sigma_{\text{deri}} E_{\text{deri}}^2}{2\rho_{\text{deri}}} \quad (\text{W/kg}) \quad (8)$$

Elde edilen güç yoğunluğu ifadeleri formül (6)'da yerine yazılarak  $Q_r$  ifadesi bulunur. Ardından dokulara ait elektriksel ve termal özellikler eşitlik (4)'de yerine yazılarak tüm dokulardaki sıcaklık artışları elde edilmiş olur. Kullanılan katmanlı doku modeline ait doku tipleri ve dokulara ait özellikler Tablo1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Doku kalınlıkları (mm)

DOKU	EN (X)	BOY (Y)	KALINLIK (Z)
Deri	30	80	2,08
Yağ	30	80	10
Kas	30	80	30

İnsan dokularına ait dielektrik ve termal özelliklerin belirlenmesinde sayısız birçok araştırma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ölçülen dokunun kalınlıklarının ve doku sıcaklıklarının farklı olması gibi değişen parametrelerden dolayı birbirinden farklıdır. Bu çalışmada, C. Gabriel tarafından belirlenmiş elektriksel özellikler kullanılmıştır (T. Wessapan, S. Srisawatdhisukul, P. Rattanadecho, 2011).

Dokulara ait termal ve elektriksel özellikler sırasıyla Tablo 2. ve Tablo 3.'te gösterilmektedir. ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) elektrik alan ve güç yoğunluğu limit değerleri çalışanlar ve genel halk için Tablo 4.'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Dokuların termal özellikleri

DOKU	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	K (W/m.K)	C (J/K/Kg)	Qm (W/m <sup>3</sup> )
Deri	1100	0,293	3500	1620
Yağ	910	0,201	2500	300
Kas	1041	0,53	3546	480

**Tablo 3.** Dokuların elektriksel sabitleri

DOKU	915 MHz		2450 MHz	
	$\sigma$ (S/m)	$\epsilon_r$	$\sigma$ (S/m)	$\epsilon_r$
Deri	0.8717	41.329	14.640	38.007
Yağ	0.0514	54.596	0.1045	52.801
Kas	0.9481	54.997	17.388	52.729

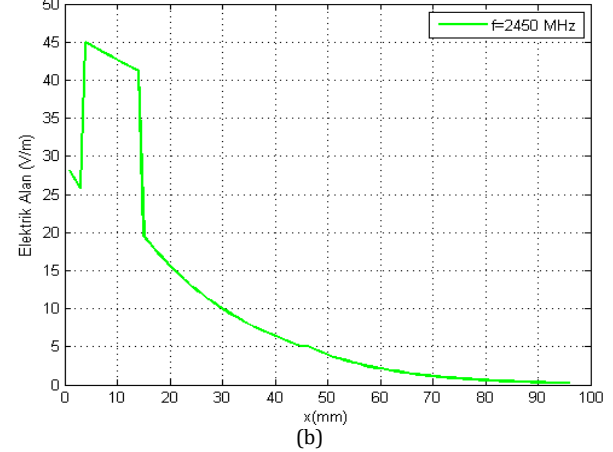
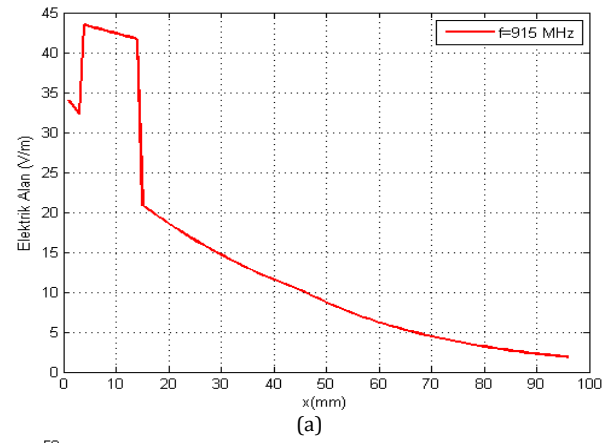
**Tablo 4.** ICNIRP elektrik ve güç yoğunluğu limit değerleri

MARUZİYET KARAKTERİS TİĞİ	FREKANS ARALIĞI	ELEKT RİK ALAN (V/m)	GÜÇ YOĞUNLU ĞU Seq (W/m <sup>2</sup> )
İş Yerlerinde	10-400 MHz	61	10
	400-2000 MHz	3f 1/2	f/40
	2-300 GHz	137	50
Yaşam Alanlarında	10-400 MHz	28	2
	400-2000 MHz	1.375 f 1/2	f/200
	2-300 GHz	61	10

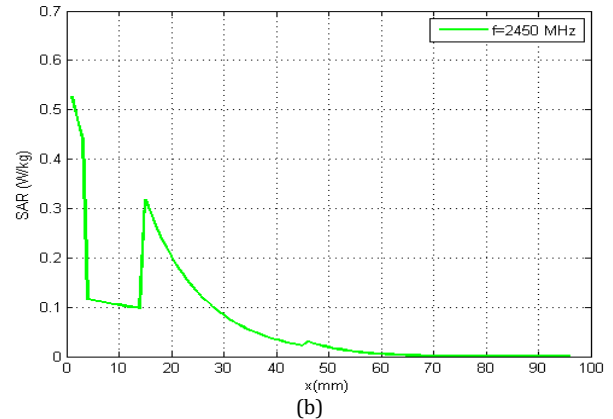
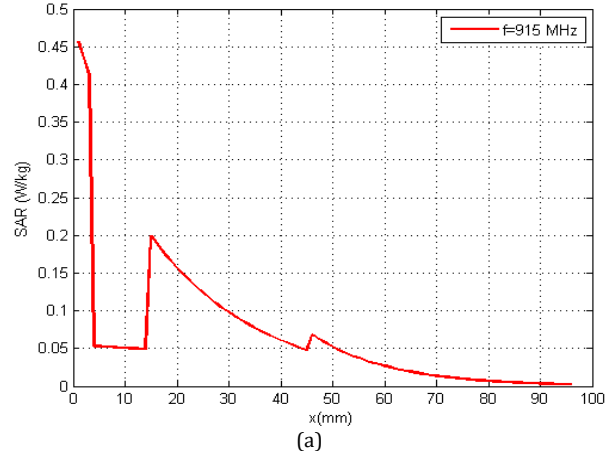
### 3. Araştırma Bulguları

Katmanlı doku için yapılan analitik çözümlerden elde edilen verilere göre elektrik alanının doku içerisindeki değişimi sırası ile 915 MHz ve 2450MHz için Şekil 4. a ve b'de gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde dokuya gelen elektrik alan, deri dokusuna nüfuz ettiği anda bir miktar artış gösterdikten sonra azalarak ilerlemektedir. Deri etkisi nedeni ile beklendiği gibi 915MHz'e göre 2.45GHz' de daha hızlı olmaktadır.

Analitik çözümlerden elde edilen verilere göre dokuda meydana gelen SAR değişiminin doku içerisine doğru değişimi sırası ile 915 MHz ve 2450MHz için Şekil 5. 'de gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde en yüksek SAR değerlerinin deri dokusunda meydana geldiği, yağ dokusunda ise çok küçük değerlere azaldığı gözlemlenmiştir.

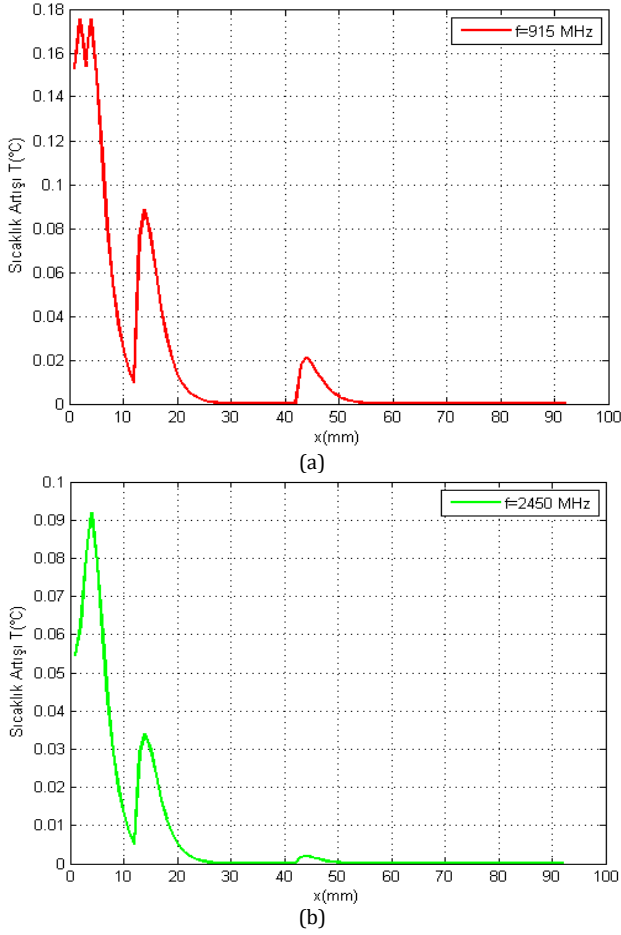


**Şekil 4.** Elektrik alanının doku içerisindeki değişimi (t=1500 sn. ve P=10 W/m<sup>2</sup>) a) 915 MHz b) 2450 MHz



**Şekil 5.** Doku içerisindeki SAR değişimi (t=1500 sn. ve P=10 W/m<sup>2</sup>) a) 915 MHz b) 2450 MHz

Çözümlerden elde edilen verilere göre dokuda meydana gelen ısı artışının doku içerisine doğru değişimi sırası ile 915 MHz ve 2450MHz için Şekil 6.'da sunulmuştur.



**Şekil 6.** Doku içindeki sıcaklık artışı ( $t=1500$  sn. ve  $P=10$  W/m<sup>2</sup>) a) 915 MHz b) 2450 MHz

#### 4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, elde edilen sonuçlara göre, katmanlı model ve önerilen analitik yöntem ile elektromanyetik dalgalara maruz kalan çalışan vücuduna indüklenebilecek elektrik alan, SAR ve sıcaklık artışlarının tahminin basitçe yapılabileceği, doku katmanına göre uygun vücut kesitinde (Şekil 2.) hassas organlardaki soğurulma miktarı ve süreye bağlı ısı artışı analizleri kolayca incelenebileceği gösterilmiştir.

Çalışmada endüstriyel mikrodalga kaynakları temsilen 915 ve 2450 MHz frekansları için olası durumlarda dokuda indüklenebilecek elektrik alan, SAR değeri ve sıcaklık artışı, çok katmanlı doku modeli üzerinde incelenmiştir. Çok katmanlı doku modeli üzerinde yapılan simülasyon sonuçlarına göre 915 MHz frekansında meydana gelen bir mikrodalga sızıntısı, doku içine daha fazla nüfuz ederken yüksek frekanslarda deri yüzeyinde sınırlı kalmıştır. Sıcaklık artış değerleri ise çok fazla değişkenlik

göstermemekle birlikte frekans artışıyla doğru orantılı olarak arttığı, maruziyet süresinin uzaması halinde bu durumun risk oluşturabileceği, özellikle sızıntı durumlarında yüksek güçlere maruz kalabilecek çalışanlar açısından risk oluşabileceği bu durumların önceden analiz edilmesinin gerekli olduğu, önerilen yöntem ile bu analizlerin kolaylıkla yapılabileceği gösterilmiştir.

Limit değerlerle yapılan analizler, beklendiği gibi sınır değerleri sağlamaktadır. Ancak, ülkemizde endüstriyel mikrodalga tesislerinde çalışan işçilerin mikrodalga maruziyetine karşı korunması hususundaki eksiklikler göz önünde bulundurulduğunda bu çalışma, işçilerin can güvenliğini sağlayacak bir kıyafet veya buna benzer bir güvenlik önleminin "İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası" kapsamında incelenmesi hususunda yardımcı bir kaynak olacaktır.

#### Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

#### Kaynakça

- Banik S., Bandyopadhyay S., and Ganguly S., 2003. Bioeffects of microwave-a brief review. *Bioresource Technol*, 87, 155-159.
- Kahrman M. et al., 2016. "Low Cost System Design to Measure and Analyze of Temperature Rise Caused by 2450 MHz RF Energy in Human Phantom Model", *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering*, Vol. 27, pp. 92-102.
- Kahrman M. Çerezci O., Demir Z., 2001. Cep Telefonlarının Oluşturduğu Elektromagnetik Alanların (EMA) Ölçülmesi ve Sonuçlarının Karşılaştırılması, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* Cilt: 5 Sayı:1 ISSN: 1301-4048.
- Kathy L. Ryan, J. A.D'Andrea, J.R. Jauchem, and P.A. Mason, 2000. Radio Frequency Radiation of Millimeter Wave Length: Potential Occupational Safety Issues Relating to Surface Heating. *Health Physics*, Vol.78, no.2.
- K. Shiba, N. Higaki, Analysis of SAR and current density in human tissue surrounding an energy transmitting coil for a wireless capsule endoscope, *Proceedings of the 20th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility 1* (2009) 321-3248 Zurich.
- Lambert, J.P., 1980. Biological Hazards of Microwave Radiation. *J FoodProtect*, 43 (8), 625-628.

- Liu, J., Chen, X. and Xu, L.X., 1999. New thermal wave aspects on burn evaluation of skin subjected to instantaneous heating. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 46(4), 420-428.
- Nageswari, K.S. and Sector, B., 2003. Biological effects of microwaves and mobile telephony. In *Proceeding of the international conference on Non-Ionizing radiation (ICNIR 2003)* pp. 20-22.
- N. Suwannapum, P. Rattanadecho, 2011. Analysis of heat-mass transport and pressure buildup induced inside unsaturated porous media subjected to microwave energy using a single (TE<sub>10</sub>) mode cavity, *Drying Technol. Int. J.* 29(09) 1010-1024.
- P. Rattanadecho, N. Suwannapum, W. Cha-um, 2009. Interactions between electromagnetic and thermal fields in microwave heating of hardened Type I-cement paste using a rectangular waveguide (influence of frequency and sample size), *ASME J. Heat Transfer*, 131, 082101.
- T. Wessapan, S. Srisawatdhisukul, P. Rattanadecho, 2011. The effects of dielectric Shield on specific absorption rate and heat transfer in the human body exposed to leakage microwave energy, *Int. Commun. Heat Mass Transfer* 38 255-262.
- Carlak HF, Gencer NG, Beşikci C., 2016. Theoretical assessment of electro-thermal imaging: A new technique for medical diagnosis, *Infrared Physics & Technology*, vol.76, pp. 227-234.
- Özen Ş., Helhel S., Bilgin S., 2011. Temperature And Burn Injury Prediction Of Human Skin Exposed To Microwaves: A Model Analysis", *Radiation and Environmental Biophysics*, vol.50, pp.483-489.
- Özen Ş., Helhel S., Çerezci O., 2008. Heat Analysis Of Biological Tissue Exposed To Microwave By Using Thermal Wave Model Of Bio-Heat Transfer (Twmbt), *BURNS*, vol.34, pp.45-49.
- Özen Ş., Helhel S., Çolak Ö.H., 2007. Electromagnetic Field Measurements Of Radio Transmitters In Urban Area And Exposure Analysis, *Microwave and Optical Technology Letters*, vol.49, pp.1572-1578.
- Özen Ş., Onural A.Ş., Selçuk Ç., 2004. Experimental Determination of Heat Rise and SAR Occurred by 900 MHz EM Radiation on Human Brain by Using Brain Phantom Model, *GU Journal of Science*, cilt.17, ss.127-132.
- World Health Organization (WHO), 1993. *Environmental Health Criteria 137: Electromagnetic Fields (300Hz-300GHz)*. 53, Genowa.