

## ATIMLI (DARBELİ) ELEKTROMANYETİK ALANLA TEDAVİYE YARDIMCI BİYOMEDİKAL CİHAZ GELİŞTİRİLMESİ\*

Uğur BAYSAL\*\*

Hacettepe Üniversitesi,  
Elektrik-Elektronik Müh. Böl.,  
Ankara  
ubaysal@hacettepe.edu.tr

Özgür TEMEL

Hacettepe Üniversitesi,  
Fizik Müh. Böl., Ankara

### ÖZET

Atımlı (darbeli) manyetik alanlar, genel olarak 30-300Hz aralığında olan ekstra düşük frekans (ELF), taşıdıkları enerji seviyesinin düşüklüğü açısından yan etkileri ve zararı olmayan elektromanyetik uyarım olarak kabul edilir ve dokuların iyonik aktiviteleri ile kan dolaşımını hızlandırarak tedaviye yardımcı etkileri olduğu kabul edilmektedir. Bu çalışmada, atımlı manyetik alan oluşturarak tedaviye yardımcı bir cihaz geliştirmek için dikdörtgen geometrideki bir sargının etrafında oluşturduğu manyetik alanın hesaplanması için analitik formülasyon ile benzetim programı geliştirilmiş ve daha sonra da prototip bir devre olarak ortaya çıkarılmıştır. Kullanılan sargının manyetik alanını hesaplayan benzetim programlarının doğruluğu hem kuramsal bilgi veren kaynaklardan hem de deneysel ölçümlerle gösterilmiştir. Analitik sonuçlara göre %0.5 den az hata, deneysel ölçümlere göre de ortalama %13,1 hata ile manyetik alan akı yoğunluğunun (B) kestirilebildiği görülmüştür. Gelecekte de taşınabilir ve seri üretilebilir bir cihaz haline getirmek için çalışmalara devam edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Atımlı manyetik alan, biyomedikal uygulama, biyomanyetik biyoelektrik tedavi

## Development of a Biomedical Device Assisting Therapy Based on Pulsed Magnetic Fields

### ABSTRACT

Pulsed magnetic fields are generally within the range of frequencies 30-300Hz that are also called Extra Low Frequency (ELF) waves. They are relatively very low energy transmission that bear no side effects to the body. It is reported that they promote blood circulation and tissue regeneration. In this work, rectangular coil connected biomedical PEMF device has been developed. The magnetic field formulation and simulations have been carried out and verified with related sources in the literature. Compared to the analytical results, our results have yielded less than 0.5% error in theoretical derivations and less than 13,1% in experimental measurements. The work is being carried out to obtain portable prototypes for clinical experiments as well.

**Keywords :** Pulsed magnetic fields, biomedical application, biomagnetic bioelectrical therapeutics

\*\* İletişim yazarı

\* Bu makale 6-7 Kasım 2009 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası'nda düzenlenen III. Ulusal Tıbbi Cihazlar İmalatı Sanayi Kongresi ve Sergisi'nde bildiri olarak sunulmuştur

## GİRİŞ

**E**lektromanyetik alanlar, görünmeyen ancak ölçülebilen elektrik alanı ve manyetik alanların bileşimidir. Bu alanlar değişmeyen (DC) veya salınan (AC) karakteristikte olabilir. Darbeli manyetik alanlar (DMA) ise ne tam DC ne de tam AC özellik gösteren, belirli bir frekansta atımlar (pulse ve burst) içeren dalga şekillerinin genel adıdır. Darbeli manyetik alan (DMA) kullanılarak yapılan tedavi, alternatif tıp ve tedaviye yardımcı yöntem olarak da anılmaktadır [1]. DMA genelde iskelet-kas sistem bozukluklarında tedavi yöntemi olarak önerilmektedir [2-3].

Vücuttaki her hücre ve dokunun içerisinde bulunan iyonlar, biyokimyasal faaliyetleri sırasında, etraflarındaki elektromanyetik alan değişiminden etkilenirler. Elektromanyetik alan uygulanması ile dokulara çok zayıf enerji aktarılabilir ve bunun da tedavi edici, düzenleyici etkileri olduğu birçok çalışma ile rapor edilmektedir. Bu çalışmalardan bazıları makalede sunulmaktadır.

Elektromanyetik alanların tedavi edici etkileri 1812 de kırılmış kemik yakınlarındaki dokuya batırılan iğneden geçen akım ile tedavi yönteminden başlar, 1850'lerde yine kemik kırıklarının iyileştirilmesi için DC alanların uygulanması ile ilgili örneklerle devam eder [4]. 19.yy sonundan beri daha metodik çalışmalar ile DC veya düşük frekanslı AC dalgaların kullanılması önerilmiş [5]; 1970'lerde iyileşmesi geciken kemik çatlaklarının tedavisinin hızlandırılması için düşük frekanslı çift fazlı (biphasic) sinyal kullanılmasıyla çağdaş biyomedikal sektörüne girmiş görünmektedir [6-7]. 1990'larda ise Amerikan İlaç Birliği (FDA) darbeli elektromanyetik dalgaların yumuşak dokulardaki yüzeysel ödemlerin tedavisinde ve acıların azaltılmasında kullanılmasına izin vermiştir.

Önceleri doğru akım veya sürekli sinusoidal akım şeklinde uygulanan dalgalar, daha sonra darbeli olarak geliştirilmiştir. Darbeli alanlarda bugün dikdörtgensel darbeli, sinusoidal atımlı (burst), testere-dişi (ramp) şeklinde değişik türleri kullanılmaktadır.

Tedavi, temel olarak, hücreleri ve onların etrafındaki biyokimyasal ortamı elektromanyetik enerji ile etkilemekte, bu ortamdaki iyon ve moleküllere çok düşük seviyede ve zararsız olarak enerji transferi yaparak metabolizma hızını artırarak tedaviye yardımcı etkide bulunduğu literatürde yer almaktadır. Bugünkü literatürdeki çalışmaların bir bölümü hücre düzeyinde olumlu etkilerin olup olmadığını, varsa ne düzeyde olduğunu gösteren çalışmalar şeklindedir [8-9]. DMA ile tedavinin, hücre çevresini değiştirdiği, bütünlüğü ve yeniden düzenli çalışmayı sağlamakta olduğu ortaya konulmuştur [7,10-13]. Ayrıca eritrositlerin zar potansiyelini arttırması ile dokulara gelen oksijen miktarını artırıcı etkide

bulduğu ve dokularda yerel sıcaklığı arttırmadan ağrıyı azaltmakta etkili olduğu vurgulanmıştır [14].

Elektromanyetik etki ile enerji aktarılması, büyük olasılıkla hücre zarının potansiyelinin değişmesi ve bundan dolayı iyon geçişinin etkilenmesi yoluyla olur [15-16]. Bu yolla ödem ve hematom oluşumu da azaldığı [17-18], mikro kan dolaşımının da arttığı belirtilmektedir [6,19-21].

Hücre düzeyinden doku düzeyine genişletildiği çalışma perspektiflerinde, zayıf ve düşük frekanslı elektromanyetik alanların çeşitli iyileşme süreçlerinde, acı hissini azaltılmasında, doku sertleşmesinde ve parkinson hastalığının tedavisinde etkili olabileceği ortaya konulmaktadır [22]. Bunların yanında, deri yüzeyinde yaraların iyileştiği gösterilmiştir [23] ve sinir oluşumunun (nerve regeneration) sağlandığı da rapor edilmiştir [22,24]. Atımlı manyetik alanların ayrıca yumuşak doku yaralanmalarının da iyileşmesini hızlandırdığı kanıtlanmıştır [18,25-27].

Kemik ve kırık dokularında ise gerek kalsiyum taşınmasını hızlandırması, gerekse genel kan akışını da hızlandırarak atımlı manyetik alanların tedavisinin etkisinin daha da hızlandırılması sonuçlarını doğurduğu; böylece osteoblastların (kemik oluşumunu sağlayan hücreler) kemik şekillendirmesini hızlandırdığı ortaya konulmuştur [28]. Ayrıca, Elektriksel uyarım osteoblastlarda DNA sentezini de hızlandırdığı ifade edilmiştir. [29]. Atımlı manyetik alanların uyarımı etkisi, anatomik yer, cerrahi, hastanın yaşı, hastanın engelli kalma süresi, tedaviye başlama süresi ve enfeksiyonlara bağlıdır. Genellikle birleşmeyen kırıklar genç yetişkinlerde yaşlılara göre çok daha kolay tedavi edilmektedir [28].

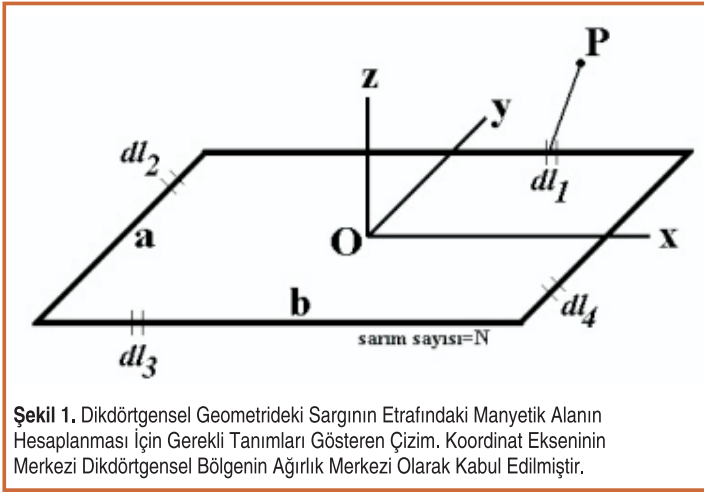
## KURAMSAL TEMELLER

Elektromanyetik alan elde etmek için belirli bir geometrideki tel sarımları kullanılır ve bu sarımların etraflarında oluşturdukları elektromanyetik alan yoğunluğu (B) Biot-Savart kanunu ile hesaplanır :

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 Ni}{4\pi} \frac{d\vec{L} \times \vec{r}}{r^3} \quad \text{ve} \quad \vec{B} = \oint d\vec{B} \quad (1)$$

Bu eşitlikte akım (i) geçen telin diferansiyel parça uzunluğu (dL); ortamın manyetik alan geçirgenliği ( $\mu$ ) ve B alanının hesaplandığı nokta ile telin diferansiyel parçasının arasındaki konum vektörü r ile gösterilmiştir. Bu kuramın temelleri temel ders kitaplarında bulunmaktadır ve ayrıntıları burada yinelenmeyecektir [30].

Sonuçta, kartezyen koordinatlarda N sarım sayılı ve 10cm kadar boyutlarında bir sargının etrafındaki manyetik alanın formülasyonu, her sargı parçası (1,2,3,4) için  $P(x_p, y_p, z_p)$  noktalarına ilişkin B alanının (x,y,z) bileşenleri, bulunabilir. Örnek olarak Şekil 1'de 1 ve 2 numaralı sargı parçalarının



Şekil 1. Dikdörtgenel Geometrideki Sargının Etrafındaki Manyetik Alanın Hesaplanması İçin Gerekli Tanımları Gösteren Çizim. Koordinat Ekseninin Merkezi Dikdörtgenel Bölgenin Ağırlık Merkezi Olarak Kabul Edilmiştir.

oluşturduğu rastgele seçilen x,y, ve z bileşenlerinin analitik formülasyonu eşitlik (2)'deki gibidir (Not: 1-nolu sargı x yönünde (kendine paralel) B alanı oluşturmayacağı için  $B_{1x}=0$  dir):

$$B_{2x} = -\bar{a}_x \frac{\mu_0 i z_p}{4\pi} \frac{1}{\left[ (x_p + b/2)^2 + z_p^2 \right]}$$

$$\left[ \frac{\frac{a}{2} - y_p}{\left[ (x_p + b/2)^2 + (y_p - a/2)^2 + z_p^2 \right]^{1/2}} + \frac{\frac{a}{2} + y_p}{\left[ (x_p + b/2)^2 + (y_p + a/2)^2 + z_p^2 \right]^{1/2}} \right] \quad (2-a)$$

$$B_{1y} = \bar{a}_y \frac{\mu_0 i z_p}{4\pi} \frac{1}{\left[ (y_p + a/2)^2 + z_p^2 \right]}$$

$$\left[ \frac{\frac{b}{2} - x_p}{\left[ (x_p - b/2)^2 + (y_p - a/2)^2 + z_p^2 \right]^{1/2}} + \frac{\frac{b}{2} + x_p}{\left[ (x_p + b/2)^2 + (y_p - a/2)^2 + z_p^2 \right]^{1/2}} \right] \quad (2-b)$$

$$B_{1z} = -\bar{a}_z \frac{\mu_0 i (y_p - a/2)}{4\pi} \frac{1}{\left[ (y_p - a/2)^2 + z_p^2 \right]}$$

$$\left[ \frac{\frac{b}{2} - x_p}{\left[ (x_p - b/2)^2 + (y_p - a/2)^2 + z_p^2 \right]^{1/2}} + \frac{\frac{b}{2} + x_p}{\left[ (x_p + b/2)^2 + (y_p - a/2)^2 + z_p^2 \right]^{1/2}} \right] \quad (2-c)$$

Bu çıkarımda tellerin sonsuz uzunlukta olduğunun varsayılması işlemleri sadeleştirmekte ancak sargının merkezine yakın noktadaki alanın hesaplanmasında hatalara neden olacaktır. Bu hataların seviyesi ilerideki bölümlerde yer alan benzetim ve deneysel çalışmalarda gösterilmiştir. Sonuç olarak ;

$$B_x = B_{1x} + B_{2x} + B_{3x} + B_{4x} \quad (3-a)$$

$$B_y = B_{1y} + B_{2y} + B_{3y} + B_{4y} \quad (3-b)$$

$$B_z = B_{1z} + B_{2z} + B_{3z} + B_{4z} \quad (3-c)$$

Eşitlikleri ile istenen  $P(x_p, y_p, z_p)$  noktasındaki B alanı yukarıdaki formülasyon ile yaklaşık olarak kolayca hesaplanabilecektir. Dikdörtgen sargının olduğu durumda, eşitlik 1 ve 2 kullanılarak manyetik alan yoğunluğu (B) alanının büyüklüğünü hesaplamak için MATLAB dilinde bir rutin yazılmıştır. Bu rutini koşturarak Şekil 1'de verilen geometrideki bazı bilinen noktalardaki (örneğin orijin) manyetik alan yoğunluğu değerleri, değişik temel kaynaklarda da verilen [30] analitik çözüm sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda, geliştirilen MATLAB programının verilen noktalardaki B alanını %0.5 den az hata ile hesapladığı görülmüştür.

## DENEYSEL GÖZLEMLER

Benzetim sonucu elde edilen verilerin deneysel gözlemlerle karşılaştırılabilmesi amacıyla 6x7 cm boyutlarında 0.3mm kesitli emayeli bakır telden 10 turlu sargı imal edilmiştir. Bu parametreler keyfi olarak seçilmiştir. Tel içerisinden de (ölçüm hassasiyetini arttırmak için) bas-çek buton (push button) kontrollü 5A doğru akım geçiren bir elektronik birim eklenmiştir (Şekil 2).

İlk etapta Gaussmetrenin kayma (offset) ve elektronik gürültü miktarının belirlenmesi için 60 dakika boyunca gaussmetre dünya manyetik alanını (aynı deney düzeneği yakınında) ölçmek üzere ön deney yapılmıştır. Bu deney sonucunda gaussmetrenin ortalama 0.87G değer ölçtüğü görülmüştür. Bu değer içerisinde 0.5-0.6G kısmının dünyanın deney noktasındaki yerel manyetik alanı olduğu bilindiğinden geri



**Şekil 2.** Şekil 2 : Dikdörtgen Geometrideki Bir Sargıda Oluşan Manyetik Alanın Büyüklüğünü Ölçmek İçin Kurulan Sistemin Genel Görünümü. Manyetik Alan Ölçümü Sypris ElfMeter DC Gaussmetre ve Lineer Probu ile Yapılmaktadır. Prob Pozisyonu x,y,z Eksenleri Boyunca 0.1mm den az Hassasiyetle Sağlanabilmektedir.

kalanının elektronik donanım gürültüsü olduğu düşünülmüştür.

Biot-Savart kanununa göre yapılan hesaplamalarda genellikle sonsuz uzunlukta tel geometrileri alınır ve bu varsayımlarla akım geçen telin yakınındaki bir noktada B

**Tablo 1.** Şekil 2'deki Düzenek Kullanarak Yapılan Manyetik Alan Akı Yoğunluğu Ölçümleri ile Hesaplanan Değerlerin Karşılaştırılması. En Sağdaki Sütunda Yer Alan Fark Değerleri Hesaplanan ve Ölçülen Değerlerin Farkının Hesaplanan Değerlere Oranlanması ile Elde Edilen Yüzde Fark Değerleridir.

X(mm)	Y(mm)	Z(mm)	Hesaplanan B(Gauss)	Ölçülen B(Gauss)	Fark (%)
1	2.5	10	10	9.1	9
0	2.5	10	9.8	8.8	10.2
-1	2.5	10	10	9.2	8
1	1.5	10	8.7	7.6	12.6
0	1.5	10	8.4	7.2	14.2
-1	1.5	10	8.7	7.5	13.7
1	0.5	10	8.2	7.1	13.4
0	0.5	10	7.8	6.4	17.9
-1	0.5	10	8.2	6.8	17
1	-0.5	10	8.2	7.6	7.3
0	-0.5	10	7.8	7	10.2
-1	-0.5	10	8.2	7.2	12.1
1	-1.5	10	8.7	7.9	10.3
0	-1.5	10	8.4	7.4	11.9
-1	-1.5	10	8.7	7.5	13.7
1	-2.5	10	10	8.4	16
0	-2.5	10	9.8	8	18.3
-1	-2.5	10	10	8	20

alanı hesabı sade bir biçime dönüşür. Ancak cm boyutlarındaki sargılarda bu varsayımlar hesaplamalarda hata oluşmasına sebep olur. Bu hataların düzeyinin bilinmesi sonuçların analizinde önem taşımaktadır. Sayısal hesaplamalarla elde edilen ve deneysel ölçümlerle yapılan deneylerde hataların %7-20 sınırları içinde olduğu kestirilmiştir (Tablo 1).

## DARBELERİ SAĞLAYAN ANAHTARLAMALI ELEKTRONİK DEVRENİN GELİŞTİRİLMESİ

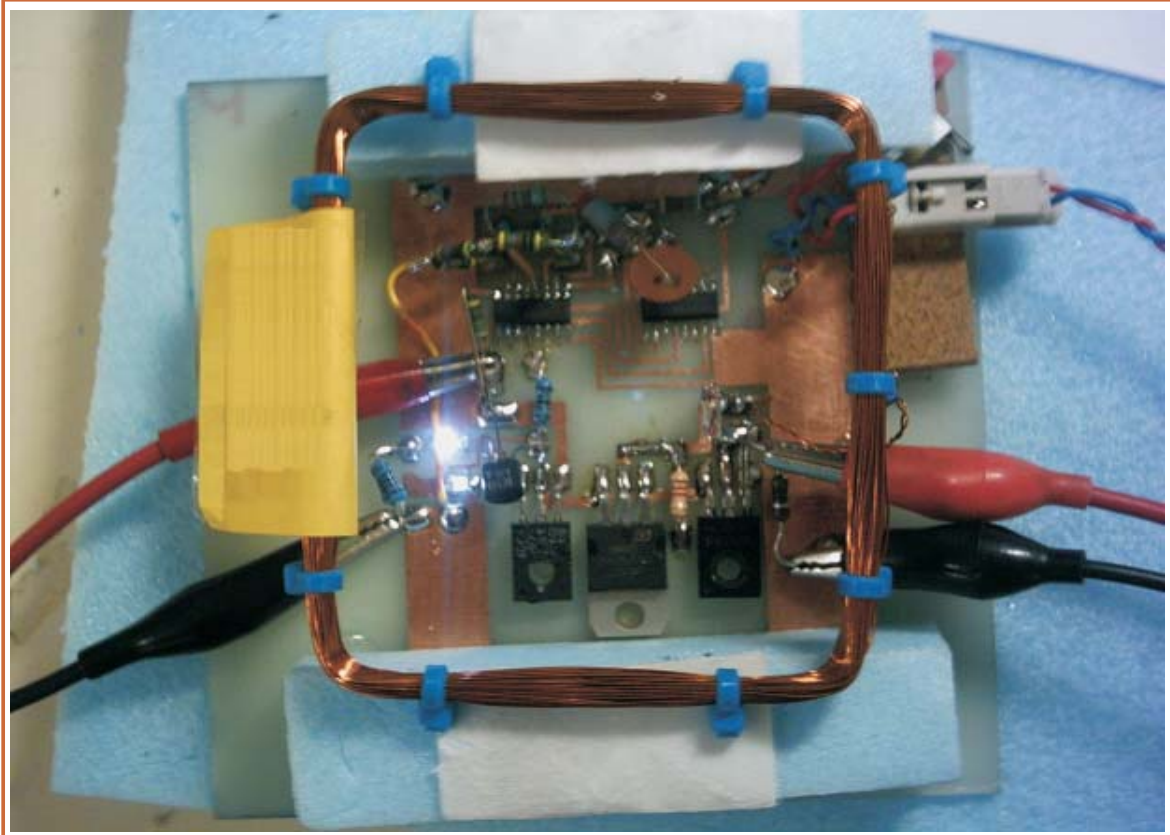
Atımlı manyetik alanlar kullanarak tedavi yapılırken hangi frekansta hangi dalga şeklinin kullanılacağı konusu henüz netliğini kazanmamış bir konudur; çünkü dokuların ve hücrelerin frekansa ve dalga şekillerine verdikleri tepkiler sistematik ve güvenilir biçimde ortaya konulamamıştır. Bu konudaki araştırmalar henüz “uygula ve izle” politikası çerçevesinde yürümektedir [4].

Genel olarak 30-300Hz aralığında olan ekstra düşük frekans (ELF), taşıdıkları enerji seviyesinin düşüklüğü açısından kabul edilebilir bir uygulama frekansı olarak tercih edilmektedir. Bu frekanslarda dalgaboyunun, büyük olduğundan, dokular tarafından soğurulmanın çok küçük olması nedeniyle dokuların elektromanyetik enerji ile ısınmasının ve diğer yan etkilerin olmadığı kabul edilmektedir.

Örneğin kemik kırıklarını iyileştirmek için 72Hz frekansında dikdörtgen darbeler kullanılması belirtilmektedir [4]. Bunun yanında 17Hz ve 50Hz frekanslarla ilgili çalışmalar yanında, 27.12MHz'lik sinusoidal dalga treni içeren atmalara sahip darbeleri manyetik alan uygulamalarıyla da literatürde sıklıkla karşılaşılmaktadır [4,6,15]. Her türlü darbeleri elektromanyetik alan uygulanması sırasında sinyalin frekans bileşenleri dikkate alınır ve ona göre analiz edilir. Dokuların frekansa göre verdikleri cevaplar henüz tam olarak ortaya konulmadığı, her dokuya ve her bireye göre farklılık gösterdiği için, bu çalışmalarda ortak bir anahtarlama standardı bulunmamaktadır. Bu açıdan şimdilik en basit ve en temel dalga şekli olan dikdörtgen darbeleri anahtarlama devresi kullanılması hedeflenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda da prototip cihazın elektronik devresinde dikdörtgen darbeleri anahtarlama yönteminin kullanılması benimsenmiştir.



**Şekil 3.** Tasarlanan DMA Tedavi Cihazının Elektronik Anahtarlama Sisteminin Blok Şeması



Şekil 4. Gerçekleştirilen Devrenin Fotoğrafi

İstenen geometride geliştirilen sargının oluşturacağı B alanını hesaplayan formülasyon ve benzetim çalışmaları tamamlandıktan sonra, bu alanı darbeli olarak ortaya çıkaracak elektronik devre tasarımı meydana getirilmiştir. Bunun için temel sayısal (dijital) anahtarlama elemanları ve sargıyı sürebilecek güç elektroniği bileşenleri içeren elektronik devre tasarımı yapılmıştır (Şekil 3-4).

### SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, darbeli manyetik alanların tedaviye yardımcı etkilerini incelemek amacıyla gereken elektronik cihaz geliştirilmiştir. Kullanılan sargının manyetik alanını hesaplayan benzetim programlarının doğruluğu hem kuramsal bilgi veren kaynaklardan hem de deneysel ölçümlerle gösterilmiştir. Analitik sonuçlara göre %0.5 den az hata, deneysel ölçümlere göre de ortalama %13,1 hata ile manyetik alan akı yoğunluğunun (B) kestirilebildiği görülmüştür.

Geliştirilen devrenin küçültülmesi ve harcanan enerjiye göre elde edilen manyetik alanın optimizasyonu için sargı tasarımının geliştirilmesi bundan sonraki hedefler olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanılmaya uygun bir grup prototip başarı ile çalıştırıldıktan sonra da klinik çalışmaların yapılması planlanmıştır.

### TEŞEKKÜR

Darbeli manyetik alanla tedaviye yardımcı cihaz geliştirilmesi projesi için KOSGEB HACETTEPE TEKMER desteklerinden faydalanılmıştır.

### KAYNAKÇA

1. Rubik, B., Becker, R.O., Flower, R.G., Hazlewood, C.F., Liboff, AR., Walleczek, J. 1996. Bioelectromagnetics. Applications in Medicine-Alternative Medicine: Expanding Medical horizons. Washington DC: US Government Printing Office, pp 45-65.
2. Quittan, M., Schufried, O., Wiesinger, G.F., Fialka-Moser, V. 2000. Clinical Effectiveness of Magnetic Field Therapy-A Review of the Literature, Acta Medica Austriaca 27:61-68.
3. Valone, T., 2003. Bioelectromagnetic Healing : A Rationale For Its Use, Integrity Research Institute ISBN: 9780964107052.
4. Furse, D.A. Christensen ve C.H. Durney 2009. "Basic Introduction to Bioelectromagnetics" CRC Press, Taylor and Francis.
5. Tesla, N. 1898. "High Frequency Oscillators For Electro-Therapeutic and Other Purposes" The Electric Engineer, vol. 26(550)p.477.

6. **Bassett, A.** 1989. Fundamentals and Practical Aspects of Therapeutic Uses of Pulsed Electromagnetic Fields (PEMFS), *Critical Rev Biomed Eng* 17:451-529.
7. **Bassett, A.** 1994. *Biological Effects of Electrical and Magnetic Fields*. San Diego: Academic Press Inc. Pp.13-48.
8. **Heermeier, K., Spanner, M., Träger, J., Gradinger, R., Strauss, P.G., Kraus, W., Schmidt, J.,** 1998. Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic field (EMF) on Collagen Type I mRNA Expression and Extracellular Matrix Synthesis of Human Osteoblastic Cells, *Bioelectromagnetics* 19:222-231.
9. **Norman, C.** 1997. Blumenthal, John Ricci, Lance Breger, Arturo Zychlinsky, Harrison Solomon, Guo-Gang Chen, Dimitry Kuznetsov, Roman Dorfman, Effects of low-intensity AC and/or DC Electromagnetic Fields on Cell Attachment and Induction of Apoptosis, *Bioelectromagnetics* 18:264-272.
10. **Bassett C.A.** 1993. Beneficial Effects of Electromagnetic Fields, *J Cell Biochem*, 51:387-393.
11. **Lednev, VV.** Possible Mechanism For the Influence of Weak Magnetic Fields on Biological Systems. *Bioelectromagnetics* 12:71-75
12. **Hendee, S.P., Faour, F.A., Christensen, D.A., Patrick, B., Durney, C.H., Blumenthal, D.K.** 1996. The effects of Weak Extremely Low Frequency Magnetic Fields On Calcium/Calmodulin Interactions, *Biophys J* 70:2915-2923.
13. **Blanchard, J.P., Blackman, C.F.** 1994. Clarification and Application of an Ion Parametric Resonance Model For Magnetic Field Interactions With Biological Systems, *Bioelectromagnetics* 15:217-238.
14. **Paul, F., Roath, S., Melville, D.** 1978. Differential Blood Cell Separation Using a High Gradient Magnetic Field, *Br J Haematol* 38:273-280.
15. **Hayne, C.R.** 1984. Pulsed High Frequency Energy. Its Place in Physiotherapy, *Physiotherpie* 70:459-466.
16. **Troch, D.H., Jagadeesh, P., Newman, P.P., Harriman, D.G.** 1974. The Effects of Pulsed Electromagnetic Energy on Peripheral Nerve Regeneration, *Ann NY Acad Sci* 238:575-585.
17. **Fenn, J.E.** 1969. Effect of Pulsed Electromagnetic Energy (diapulse) on Experimental Hematomas, *Can Med Assoc J* 100:251-254.
18. **Mizushima, Y., Akaoka, I., Nishada, Y.** Effects of Magnetic Field on Inflammation, *Experientia* 151:1411-1412, 1975.
19. **Braun, K.A., Lemons, J.E.** 1987. Effects of Electromagnetic Fields On The Recovery Of Circulation In Mature Rabbit Femoral Heads [abstract] *Trans Orthop Res Soc* 7:313.
20. **Yen-Patton G.P., Patton, W.F., Beer, D.M.** 1988. Jacobson BS. Endothelial Cell Response To Pulsed Electromagnetic Fields: Stimulation of Growth Rate and Angiogenesis In Vitro, *J Cell Physiol* 134:37-46.
21. **Bouwhuijsen, F.,** 1988. *Pulsed and Continuous Shortwave Therapy*, Rotterdam, Enraf Nonius Publisher.
22. **Wilson, D.H., Jagadeesh, P., Newman, P.P., Harriman D.G.** 1974. The Effects of Pulsed Electromagnetic Energy on Peripheral Nerve Regeneration, *Ann NY Acad Sci* 238:575-585.
23. **Patino, O., Grana, D., Bolgiani, A., Prezzavento, G., Mino, J., Merlo, A., Benaim, F.** 1996. Pulsed Electromagnetic Fields In Experimental Cutaneous Wound Healing In Rats, *J Burn Care Rehab* 17:528-531.
24. **Orgel, MG., O'Brien, WJ., Murray, H.M.** 1984. Pulsing Electromagnetic Field Therapy in Nerve Regeneration: An Experimental Study In The Cat, *Plast Reconstr Surg* 73:173-183.
25. **Cheing, G.L., Wan, J.W., Kai, Lo S.,** 2005. Ice and Pulsed Electromagnetic Field to Reduce Pain and Swelling After Distal Radius Fractures. *J Rehab Med* 37:372-377.
26. **Wilson, D.H.** 1972. Treatment of Soft-Tissue Injuries By Pulsed Electrical Energy, *Br Med J* 29:269-270.
27. **Uzunca, K., Birtane, M., Tastekin, N.** 2006. Effectiveness of Pulsed Electromagnetic Field Therapy in Lateral Epicondylitis, *Clin Rheumatol*.
28. **Aktas, I., Akgun, K., Cakmak, B.** 2007. Therapeutic Effect of Pulsed Electromagnetic Field in Conservative Treatment of Subacromial Impingement Syndrome, *Clin Rheumatol*, 26:1234-123
29. **Korenstein, R., Somjen, D., Fischler, H., et al,** 1984. Capacitive Pulsed Electric Stimulation of Bone Cells. Induction of cyclic-AMP changes and DNA synthesis. *Biochim Biophys Acta* 803:302-307.
30. **Cheng, D.K.** 1983. *Field nad wave Electromagnetics*, Addison Wesley Pub.