

## Radyo Frekanslarında Tanımlama Uygulamaları İçin İnkjet Baskılı Antenlerin Tasarımları ve Ölçümleri

Feza Mutlu, Barışcan Karaosmanoğlu, Özgür Ergül  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Ankara

fmutlu@metu.edu.tr, bariscankaraosmanoglu@gmail.com, ozgur.ergul@eee.metu.edu.tr

**Özet:** Bu çalışma, radyo frekansı tanımlama (RFID) uygulamalarına uygun, kağıt malzeme üzerine basılan antenler üzerine odaklanmıştır. Bu doğrultuda, özellikle döngü-kıvrım antenler tasarlanmış ve ölçülmüştür. Kullanılan test okuyucular, Avrupa ülkelerinde UHF bandı olarak tanımlanan 865-868 MHz aralığında çalışmaktadır. Antenler mikroçip empedansına eşlenik olarak uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Ağ çözümlenici ile alınan empedans ölçüm sonuçlarına ek olarak, okuma mesafesi testleri gerçekleştirilmiştir. İnkjet basım tekniğinin, RF tanımlama uygulamaları için uygun antenleri, düşük maliyetle ve hızlı olarak üretebildiği gösterilmiştir.

**Abstract:** This study is focused on the antennas that are printed on paper and suitable for radio-frequency identification (RFID) applications. Particularly, loop-meander tag antennas are designed and measured. Test readers that are used operate in the range from 865 to 868 MHz, that is identified as UHF band in European countries. Antennas are designed as conjugately matched to microchip impedance. In addition to impedance measurements with network analyzer, reading range tests are performed. It is shown that inkjet printing can fabricate suitable RFID antennas with low costs and in short times.

### 1. Giriş

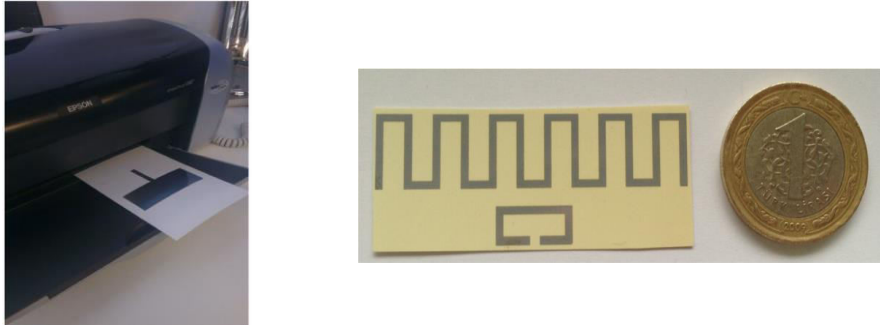
İnkjet tipi baskı yöntemiyle ucuz, esnek ve kolay bulunabilir malzemeler üzerine basılabilen antenler, düşük maliyetleri ve hızlı üretilebilmeleri nedeniyle son yıllarda popüler hale gelmiştir. Bu çalışmada, alt katman olarak inkjet basıma uygun fotoğraf kağıdı, üretim için de standart bir yazıcı kullanılmıştır. Antenlerin iletken yolları ise gümüş alaşım, iletken bir mürekkep ile elde edilmiştir. Geleneksel devre aşındırma yöntemleri uzun ve kimyasal madde kullanımı nedeniyle tehlikeli ve yorucu olabilmektedir. Ayrıca esneklik ve çoğu uygulama için gerekli olan küçüklük kolaylıkla elde edilememektedir. Bu doğrultuda, önemli bir alternatif yöntem olan inkjet basım tekniği ile, radyo frekanslarında tanımlama uygulamaları için uygun antenler üretilebilmektedir [1],[2]. Diğer tüm anten tiplerinde olduğu gibi, inkjet antenlerin de üretilmeden önce benzetim ortamlarında test edilmeleri gerekmektedir.

Bu çalışmada, tasarlanan antenlerin benzetimleri elektrik-alan integral denklemi ve hızlı ve hassas çözümler sunan çok seviyeli hızlı çokkutup yöntemi (MLFMA) ile gerçekleştirilmiştir. Antenler üzerindeki akımlar RWG fonksiyonları ile açılmış ve sınır koşullarının test edilmesiyle birlikte yoğun matris denklemleri türetilmiştir. Bu matris denklemleri, MLFMA ile iteratif olarak çözülmüştür [1]. İnkjet baskılı antenlerin tasarımları ve üretimleri kapsamında, bu makalede, döngü-kıvrım antenlerin tasarımı, basım aşamaları, ve ölçüm sonuçları gösterilmiştir.

### 2. Düşük Maliyetli İnkjet Baskılı Anten Tasarımı ve Üretimi

Kağıt anten basımında standart bir Epson inkjet yazıcı, Novacentrix Metalon %25 gümüş katkılı mürekkep ve Canon marka fotoğraf kağıdı kullanılmaktadır. Tasarlanan ve benzetimi yapılan antenler siyah kopya oluşturularak normal yazıcıda basılmaktadır. Antenler basıldıktan hemen sonra gümüş yolların iletkenliğinin artırılması amacıyla pişirme işlemi uygulanmaktadır. Fotoğraf kağıdının çok yüksek ısılarda bozulmaya uğrayabilmesinden dolayı pişirme işlemi 150°C-160°C arasında yapılmaktadır. Antenlerin pişirilmesi, normal bir fırın ile bu sıcaklıklarda 90 dakikada gerçekleştirilmektedir.

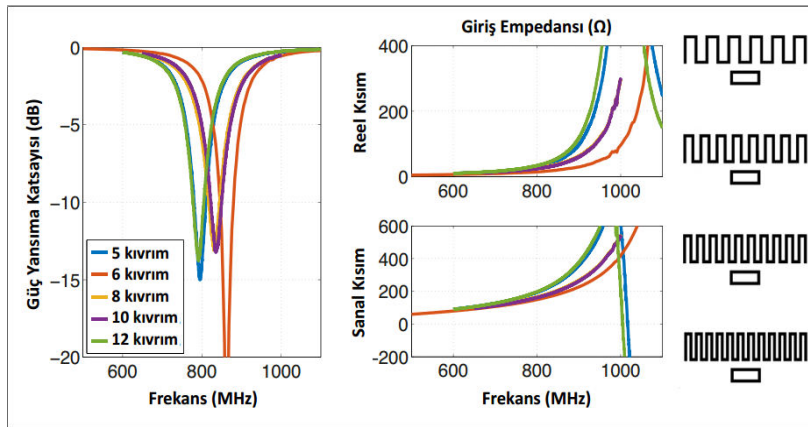
Radyo frekansı tanımlama uygulamaları, etiket, okuyucu ve bilgisayar sistemlerinden oluşmaktadır. Etiket üzerinde bulunan anten ve ona takılı tümeleşik devre mikroçip sayesinde, radyo frekansları vasıtasıyla nesne tanımlama, giriş-çıkış düzenleme, izleme gibi işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Radyo frekansı tanımlama uygulamaları için literatürde döngü antenler önerilmiş ve kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında ise döngü antenler, parazitik kıvrımlı kısımlarla birleştirilmiştir. Uygulamalar için kullanılan frekans aralığı, Avrupa ülkeleri için ETSI tarafından tanımlanan, 865 MHz-868 MHz (UHF) bandını kapsamaktadır. Bu frekanslarda, anten empedansı, tanımlama için kullanılan mikroçip empedansına eşlenik olarak uymak zorundadır. Bu çalışmada kullanılan mikroçip empedansı  $20.55-j191.2 \Omega$  (kapasitif) olarak verilmiştir. Önerilen döngü-kıvrım antenlerin empedansları da, en yüksek derecede güç iletiminin sağlanması için bu değere eşlenik olacak şekilde  $20.55+j191.2 \Omega$  civarında tasarlanmıştır. Radyo frekansı tanımlama uygulamalarında kullanılan anten tasarımına, seçilen mikroçip empedansını eşlenik olarak dengeleyecek biçimde bir döngü anten ile başlamak tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntem uygun olarak, dikdörtgen bir döngü anten tasarlanmış, antenin kazancının artırılması amacıyla da, parazitik kıvrımlı ve iletken yapılar eklenmiştir. Şekil 1'de, tasarlanan ve imal edilen antenlerden biri gösterilmiştir. Döngü antenin boyutları 13 mm (en), 6 mm (boy) olarak belirlenmiştir. Kıvrımlı yapının boyutları ise 53 mm x 12 mm olarak belirlenmiştir. Ayrıca her bir kıvrım 6 mm genişliğinde tasarlanmış ve kıvrımlar arası mesafe de 4 mm olarak belirlenmiştir. Anten bu boyutlarıyla, dipol anten tarzı ışınım yapmaktadır.



Şekil 1. Tasarlanan döngü-kıvrım anten ve basımlar için kullanılan yazıcı.

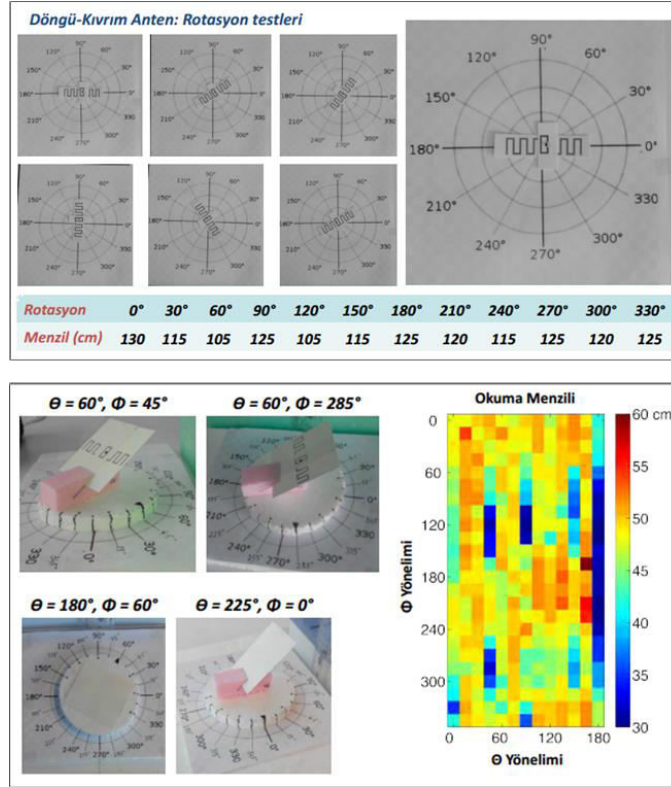
### 3. Ölçüm Sonuçları

Tasarlanan ve MLFMA ile benzetimleri gerçekleştirilen ve böylece çalıştığı teyid edilen antenler, yazıcı ile basılmış ve ısıtılma tabii tutulmuştur. Pişirilen tüm antenler iletkenlik testlerinden geçirilmiştir. Basılan antenler ağ çözümleyici ile test edilmiştir. Bu testlerde bağlayıcı, antenlerin kaynak yerlerine fiziksel pres ile tutturulmuştur. Ancak, sonuçların güvenilirliğinin artırılabilmesi için bağlayıcılar antene iletken gümüş katkılı yapıştırıcıyla yapıştırılmış ve pişirme işlemleri tekrarlanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, antenlerin istenen mikroçip empedansına uygun olacak şekilde uyumlamayı yapabildiği gözlemlenmiştir.



Şekil 2. İletken gümüş yapıştırıcı ile bağlanarak ölçülen antenlerin empedans ve yansımaya katsayısı grafikleri.

Şekil 2’de, farklı sayıda kıvrımdan oluşan parazitik kısımlar içeren antenlere ait ölçüm sonuçları verilmiştir. Kıvrım tekrar sayısının etkisinin anlaşılması amacıyla 5’li, 6’lı, 8’li, 10’lu ve 12’li yapılar basılmış, ve ağ çözümleyici ile ölçülmüştür. Yansıma katsayısı ve empedans sonuçlarına göre, 6 kıvrımlı yapının, hem frekans (867.7 MHz) hem de seviye bakımından (-26.83 dB) uygun yansıma değerleri verdiği gözlemlenmektedir. İnkjet basım tekniğinin kolaylığı sayesinde birçok deneme yapılmış ve birbirleri ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Radyo frekansları tanımlama uygulamalarında tanıma işlemleri için bir okuyucu ve ondan enerji alarak çalışan etiket antenine takılan mikroçip kullanılmaktadır. Önerilen döngü-kıvrım antene iletken yapıştırıcı ile mikroçip takılmış ve okuma mesafesi bir okuyucu ile ölçülmüştür. Okuma açısının her iki yönde de değiştirildiği deneylerde, okuma mesafesi 30-60 cm aralığında elde edilmiştir. Ölçüm test düzeneği ve okuma mesafeleri Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. İnkjet basım ile elde edilmiş döngü-kıvrım antene ait okuma mesafesi ölçüm sonuçları.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, radyo frekanslarında tanımlama uygulamaları için, standart yazıcılarda gümüş mürekkep ile kağıt üzerine basılan döngü-kıvrım tipi antenler ele alınmıştır. Empedans ölçümlerine ek olarak, mikroçiplerin kullanıldığı okuma mesafesi sonuçları gösterilmiştir. Antenlerin basımında standart bir yazıcı, fırın, ve alt katman olarak da kağıt kullanıldığı için, üretim mekanizması düşük maliyetlidir. İnkjet basım yönteminin hızlı ve kolay olmasından dolayı çoklu üretim yapılabilen, ve bu sayede arzu edilen sayılarda antenler üretilebilmektedir.

#### Kaynaklar

- [1]. Rida A., Yang L., Vyas R., ve Tentzeris M., “Conductive inkjet-printed antennas on flexible low-cost paper-based substrates for RFID and WSN applications”, IEEE Antennas and Propagation Magazine, cilt. 51, no.3, Tem. 2009.
- [2]. Shaker G., Safavi-Naeini S., Sangary N., ve Tentzeris M., “Inkjet printing of ultrawideband (UWB) antennas on paper-based substrates”, IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., cilt. 10, s. 111–114, 2011.
- [3]. Ergül Ö. ve Gürel L., The Multilevel Fast Multipole Algorithm for Solving Large-Scale Computational Electromagnetics, Wiley, 2014.