

## Eğimli Beslemeli Geniş Bantlı Basılı Papyon Anten Tasarımı

Göksenin Bozdağ, Mustafa Seçmen\*  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Urla, İzmir  
[gokseninbozdag@iyte.edu.tr](mailto:gokseninbozdag@iyte.edu.tr),

\*Yaşar Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Bornova, İzmir  
[mustafa.secmen@yasar.edu.tr](mailto:mustafa.secmen@yasar.edu.tr)

**Özet:** Bu bildiri, eğimli bir besleme hattı kullanılarak, üçgensel ve dikdörtgensel fiyonk yapılarına sahip geniş bantlı bir basılı papyon anten tasarlanmış ve üretilmiştir. Anten tasarımları ve eniyileme çalışmaları HFSS ve CST programları ile gerçekleştirilmiş olup anten prototipi fotolitografi ve kimyasal aşındırma yöntemleri ile üretilmiştir. Toplam boyutları 122 mm × 56 mm olan bu anten, 1.5 GHz - 9.5 GHz arası (6.3:1'den daha fazla bir oran) frekans bandına sahiptir. Benzetim sonuçlarına göre kazancı ise 2.2 dBi ile 6.67 dBi arasında değişmektedir. Önerilen anten GPS (L5), PCS, IMT-2000, Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX bantlarının tamamını, UWB'nin büyük bir bölümünü kapsamakta olup, geniş bantlı ve çok amaçlı uygulamalar için kullanılabilir.

**Abstract:** In this paper, wideband printed bow-tie antenna whose bows include triangular and rectangular geometries is designed and realized by employing tapered feeding line. Antenna is designed and optimized by using HFSS and CST programs. Photolithography and chemical etching techniques are employed for realization. The antenna having the dimensions of 122 mm × 56 mm has frequency band of 1.5 GHz - 9.5 GHz (more than 6.3:1 fractional bandwidth). According to the simulations, its gain varies between 2.2 dBi and 6.67 dBi. The proposed antenna covers entire band of GPS (L5), PCS, IMT-2000, Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX bands and most of frequency range of UWB. Its usage is suitable for wideband and multipurpose applications.

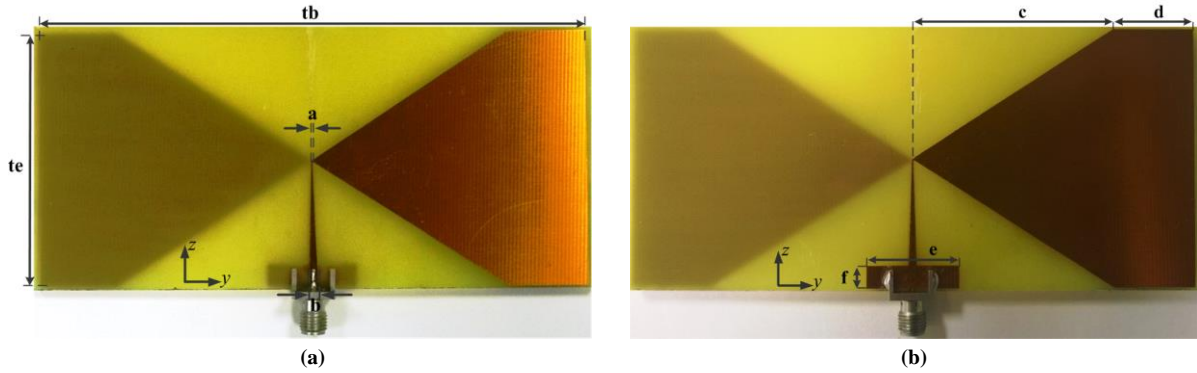
### 1. Giriş

Bikonik antenler çok iyi bilinen ve uzun zamandır VHF ve UHF bantlarında etkin bir şekilde kullanılmakta olan antenlerdir. Ancak bu antenlerin üç boyutlu ve masif yapıları, bu tip antenleri birçok frekans bandı için çok büyük ve ağır hale getirerek, kullanımlarını zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte bikonik antenlerin karakteristik elektriksel özelliklerinden olabildiğince faydalanabilmek için, bu antenlerin mekanik olarak daha kullanışlı ve gerçekleştirilebilir olan pek çok farklı düzlemsel versiyonu geliştirilmiştir. İki üçgensel metalik plakanın orta noktasından beslenmesiyle oluşan papyon antenler (PA) de bunlardan biridir [1]. PA'lar doğrusal polarizedir ve çift yönlü bir ışına örüntüsüne sahip olup, anten düzlemine dik geniş bir ana huzme oluştururlar. Anten üzerinde akan akım, metalik levhaların ucunda ani bir şekilde sonlandığı için, geleneksel PA'lar sınırlı bir bant genişliğe sahiptir. Bu nedenle de bu antenler geniş bantlı uygulamalar için iyi bir seçenek değildir [2]. Basılı antenlerin metalik yapıları antenlere göre hafiflik, ucuzluk, küçük boyutlu olma, kolay entegre edilebilme ve yüksek verimlilik gibi pek çok avantajları bulunmaktadır. Ayrıca basılı antenlerin üretimleri kolay olup, MMIC ve hibrit devrelerin üretim basamaklarına rahatlıkla uyum gösterebilmektedirler [3]. Literatürde farklı uygulamalar için tasarlanmış basılı papyon antenleri (BPA) ele alan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaları besleme yapılarına göre eş-düzlemsel dalga kılavuzu ve mikroşerit beslemeli olmak üzere iki kategoride inceleyebiliriz. Eş-düzlemsel dalga kılavuzu beslemeli antenler genellikle tek yüzü uygulamalarda kullanılır. Mikroşerit beslemeli olanlara sıklıkla çift yüzü uygulamalarda yer verilmekle beraber [3-4], çeşitli balun yapılarıyla birlikte tek yüzü uygulamalarda da kullanıldıkları görülmektedir [5]. Geleneksel basılı papyon antenler de doğal olarak dar bantlı özellik göstermektedir. Literatürde BPA'lerin bant genişliklerinin iyileştirilmesi için kısmi toprak yüzeyi kullanımı, ışığı ve toprak yüzeylerde yarıklı uygulamaları, fazladan ışığı çiftleri ve ayrıklı elektronik elemanları kullanımı, asimetrik ve paralel besleme hatları gibi pek çok yöntem çalışılmıştır [3-7]. Bu çalışmalardan [7]'de oransal bant genişliğinin 11:1'e kadar çıktığı görülse de anten boyutunun pratik kullanım için pek uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte daha az örneğin 4:1, 2:1 gibi oransal bant genişliğine sahip anten tasarımlarının ise yaygın olarak kullanılan frekans bantlarını kapsamadıkları görülmektedir [5-6]. Bu

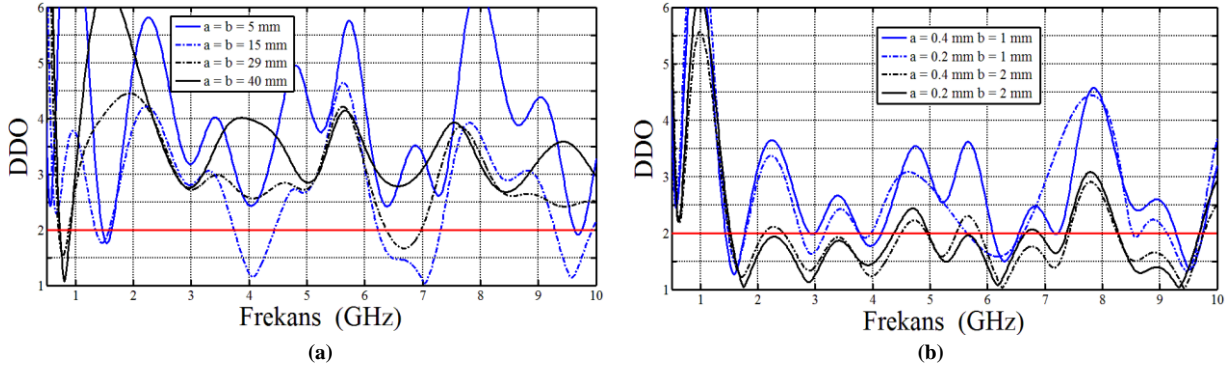
çalışmada mobil iletişim, Wi-Fi, elektromanyetik uyumluluk ve radar uygulamaları gibi günümüz ihtiyaçlarına cevap verebilecek geniş bantlı ve küçük boyutlu bir BPA tasarımı amaçlanmıştır. En iyi sonuca ulaşmak için kapsamlı numerik çalışmalar HFSS ve CST programları ile yapılmış ve sonuçlar ölçümlerle doğrulanmıştır.

## 2. BPA Tasarımı, Üretimi ve Ölçümleri

Literatürde basılı papyon antenlerin bazı özel tipleri için tasarım prosedürleri önerilmiş olmasına rağmen tam ve genel geçer bir formülasyon bulunmamaktadır [4]. BPA'ler genellikle çeşitli nümerik yöntemler kullanılarak tasarlanmakta ve eniyilenmektedir. Bu çalışmada sunulan BPA'de alt katman olarak düşük maliyetli 1.52 mm kalınlığında, dielektrik katsayısı 4.4 ve tanjant kaybı 0.02 olan FR4 malzemesi kullanılmıştır. Anten geometrisi, tasarım parametreleri, üretilen prototipin ön ve arka yüzleri Şekil 1'de gösterilmektedir. Anten, biri dielektrik katmanın ön yüzünde diğeri arka yüzünde olmak üzere iki özdeş fiyonktan oluşmaktadır. Fiyonklar geleneksel yapıdan farklı olarak, anten boyutlarını daha küçük tutabilmek için bir üçgensel ve bir dikdörtgensel yapıdan oluşmaktadır. Her iki yüzdeki fiyonklar paralel mikroşerit hatlarla beslenmekte ve besleme hattı 50  $\Omega$  luk bir SMA konnektöre bağlanmaktadır. Besleme hattı yapısının BPA'nin çalışma bantlarına olan etkisini ortaya çıkarmak ve bant genişliğini artırmak için farklı geometrilere yapılar incelenmiştir. Öncelikle düz mikroşerit yapılar ele alınmış ve ardından da eğimli yapılar incelenmiştir. Şekil 2'de bu incelemeler sunulmuştur.



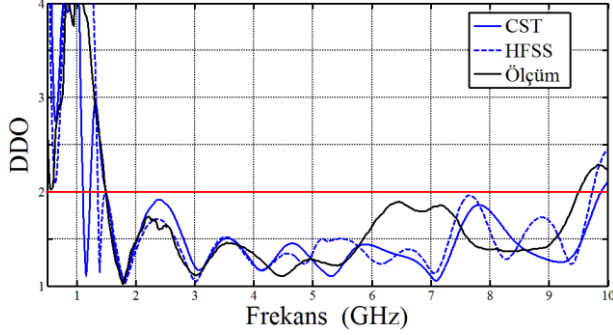
Şekil 1. (a) Üretilen antenin ön yüzü,  $t_b = 122$  mm,  $t_e = 56$  mm,  $a = 0.2$  mm ve  $b = 2$  mm. (b) Üretilen antenin arka yüzü,  $c = 43.5$  mm,  $d = 17.5$  mm,  $e = 20$  mm and  $f = 5$  mm.



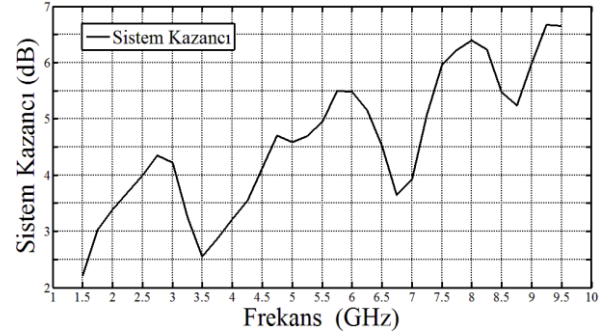
Şekil 2. Durağan Dalga Oranı (DDO) benzetim sonuçları (a) Düz besleme hattı, (b) Eğimli besleme hattı.

Uzunlukları sabit tutularak farklı kalınlıktaki düz besleme hatlarını incelediğimizde, BPA'nın dar bantlı veya bir kaç dar banttan oluşan çok bantlı bir bant genişliği performansına sahip olduğu Şekil 2(a)'dan açıkça görülmektedir. Bu çok bantlı yapıyı geniş bantlı hale getirebilmek amacıyla da eğimli besleme hatları incelenmiştir. Eğimli hatların düz hatlara göre daha geniş bir çalışma bandı sağladığı Şekil 2(b)'den anlaşılmaktadır. Fakat bu iyileşmeye rağmen duran dalga oranı (DDO), 4.5 GHz - 5 GHz ve 7.5 GHz - 8.5 GHz bantları için halen 2'nin üzerindedir. Bu frekans bantlarını da  $DDO < 2$  seviyesine çekebilmek için, eğimli hattın sonuna küçük bir besleme noktası yaması eklenmiştir ve bu besleme noktası yaması, eğimli besleme hattıyla birlikte eniyilenmiştir [8]. Elde edilen bu BPA'nın prototipi fotolitografi ve kimyasal aşındırma teknikleri kullanılarak üretilmiştir. DDO ölçümleri ise HP 8720D ağ analizatörü ile yapılmıştır. Şekil 3'te benzetim (HFSS ve CST) ve ölçüm sonuçları karşılaştırılmış olup, sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre önerilen BPA 1.49 GHz ile 9.5 GHz arasında çalışmakta olup, 6.3:1'den daha fazla bir oransal

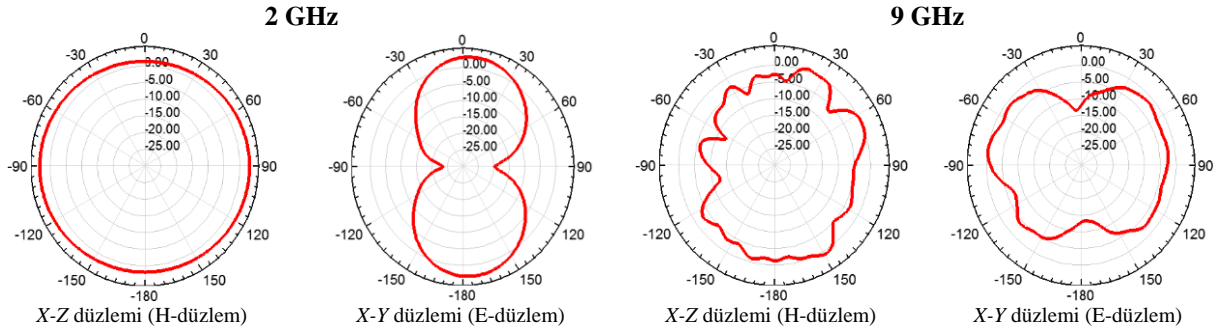
bant genişliğine sahiptir. Toplam boyu ve eni sırasıyla 122 mm (en düşük frekans olan 1.5 GHz için  $0.61\lambda_0$ ) ve 56 mm'dir ( $0.28\lambda_0$ ). Bu boyutlar önerilen BPA'nın, literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, küçük bir yapıda olduğunu göstermektedir. Şekil 4'te ise tüm bant için sistem kazancı benzetim sonuçları gösterilmiştir ve bu kazancın 2.2 dBi ile 6.67 dBi arasında değiştiği görülmektedir. Şekil 5'te antenin çalışma bandında olan 2 GHz ve 9 GHz frekansları için ışınım örüntülerinin benzetim sonuçları sunulmuştur.



Şekil 3. Sunulan antenin ölçüm ve benzetim karşılaştırmaları.



Şekil 4. Sunulan antenin sistem kazancı benzetim sonuçları.



Şekil 5. Sunulan antenin ışınım örüntüsü benzetimleri. (a) X-Z düzlemi (H düzlem). (b) X-Y düzlemi (E-düzlem).

### 3. Sonuç

Bu bildiriye, geniş bantlı bir basılı papyon anten sunulmuştur. Bu anten, üçgensel ve dikdörtgen geometrilere sahip oluşan fiyonk yapılarına sahip olup, yamalı-eğimli mikroşerit hatla beslenmiş ve 6.3:1 oransal bant genişliğine (1.49-9.5 GHz) ulaşmıştır. Bu bant genişliği ile anten GPS (L5), PCS, IMT-2000, Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX bantlarının tamamını, UWB bandının ise büyük bir bölümünü kapsamaktadır. Önerilen anten,  $0.61\lambda_0 \times 0.28\lambda_0$  boyutlarıyla literatürdeki benzerlerine oranla daha küçük bir yapıya sahiptir. Ayrıca antenin, benzetim çalışmalarına göre 2.2 dBi ile 6.67 dBi arasında kazancı bulunmaktadır. Tüm bu özellikleri sayesinde sunulan BPA, geniş bantlı ve çok amaçlı uygulamalar için iyi bir adaydır.

### Kaynaklar

- [1]. Balanis C. A., Antenna Theory: Analysis and Design. John Wiley & Sons, A.B.D., 2005.
- [2]. Stutzman W. L. ve Thiele G. A., Antenna Theory and Design, John Wiley & Sons, A.B.D., 2012.
- [3]. Eldek A. A., Elsherbeni A. Z. ve Smith C. E., "Characteristics of Bow-Tie Slot Antenna with Tapered Tuning Stubs for Wideband Operation," PIER, cilt.49, s.53-69, 2004.
- [4]. Durgun A. C., Balanis C. A., Birtcher C. R. ve Allee D. R., "Design, Simulation, Fabrication and Testing of Flexible Bow-Tie Antennas", IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.59, no.12, s.4425-4435, 2011.
- [5]. Sayidmarie K. H. ve Fadhel Y. A., "A Planar Self-Complementary Bow-Tie Antenna For Uwb Applications", PIER C, cilt.35, s.253-263, 2013.
- [6]. Zheng G., Kishk A., Glisson A. ve Yakovlev A. B., "Antenna with a Simplified Balanced Feed", Microw. Opt. Tech. Lett., cilt.47, no.6, s.532-534, 2005.
- [7]. Lestari A. A., Yarovoy A. G. ve Ligthart L. P., "RC - Loaded Bow-Tie Antenna for Improved Pulse Radiation", IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.52, no.10, s.2555-2559, 2004.
- [8]. Bozdogan G. ve Kustepeli A., "Subsectional Tapered Fed Printed LPDA Antenna with a Feeding Point Patch", IEEE Antennas and Wireless Propag. Lett., cilt.15, s.437-440, 2016.