

5G Baz İstasyonu için Oyuk Destekli 2x2 Birim Anten Tasarımı ve 3 Boyutlu Baskı Teknolojisi ile Üretimi

Yavuz AŞCI^{1*}, Mustafa Pehlivan², Korkut YEĞİN²

^{1*}Uşak Üniversitesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Uşak

yavuz.asci@usak.edu.tr,

²Ege Üniversitesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Bornova, İzmir

mustafa.pehlivan@ege.edu.tr, korkut.yegin@ege.edu.tr

Özet: Bu çalışma, yüksek kazanç, geniş bant ve düşük geri dönüş kaybını sağlayan, beşinci nesil (5G) milimetre dalga bandı mobil uygulamaları için dalga kılavuzu beslemeli, oyuk destekli yarık anten tasarımı ve üretiminden bahsetmektedir. Tasarım $\pm 45^\circ$ lineer polarizasyona sahip olarak tasarlanmıştır. Anten gövdesi, üretim kolaylığı açısından geleneksel bilgisayar kontrollü üretim tekniği (CNC) yerine daha hızlı ve ucuz olan yeni nesil 3 boyutlu baskı teknolojisi ile üretilmiştir. Üretilen anten iletken boya kaplama yöntemi ile metalize edilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre, anten yaklaşık %14.5 oransal empedans bant genişliğine ($|S_{11}| < -15$ dB, 25-29 GHz), 11.4-14.4 dBi kazanç değerine ve -10dB'den daha küçük yan kulakçık seviyesine (SLL) sahiptir.

Abstract: This study presents the design and production of waveguide-fed cavity backed slot antenna for fifth generation (5G) millimeter wave mobile applications which require high gain, wideband and low reflection coefficient. The antenna has slant $\pm 45^\circ$ linear polarization. The antenna body is realized with 3D printing technology to reduce the cost and time when compared to conventional CNC method. Prototype is metalized by conductive painting. According to measurement results, the antenna has about 14.5% fractional impedance bandwidth ($|S_{11}| < -15$ dB; 25-29 GHz), broadside gain ranging from 11.4 to 14.4 dBi and sidelobe level lower (SLL) than -10 dB.

1. Giriş

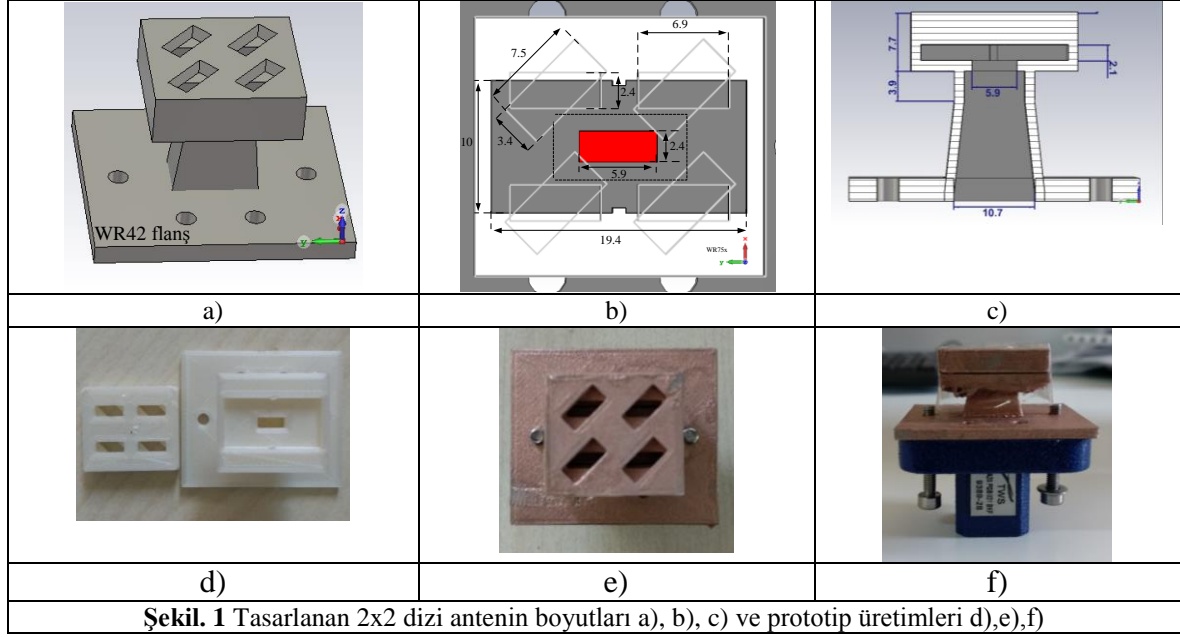
Beşinci nesil (5G) teknolojisinin mobil teknolojileri için temel sağlayıcı olacağı öngörülmüştür [1]. Yüksek frekanslarda artan yol kaybı (path loss) ve iletim kaybından (dielektrik kaybı) dolayı, anten kazancı ve buna bağlı olarak sinyal gürlüğü oranı (SNR) geleneksel kablosuz haberleşme elemanlarıyla karşılaştırıldığında yarık beslemeli dalga kılavuz antenler diğer tasarımlara göre daha ön plana çıkmaktadır [2,3,4,5,6]. Tasarlanan anten yapısının karmaşık olmasından dolayı, anten genellikle kontrollü üretim tekniği (CNC-computer numerical controlling) ile katman katman üretilmektedir. CNC yöntemi ile anten üretimi çok yüksek maliyetlere ulaşabilen ve uzun zaman alan bir işlem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı prototip üretiminde hem daha ucuza mal olması, hem de daha kısa sürede üretilebildiği için 3 boyutlu baskı yöntemi tercih edilmiştir. Bu çalışmada tasarlanan anten PLA (Polyactic acid) malzeme kullanılarak üretilmiş ve daha sonra iletken boya ile kaplanarak metalize edilmiştir. Literatürde iletken boya yöntemi kullanılarak benzer çalışmalar yapılmıştır [6, 7, 8, 9, 10,11]. Bu çalışmada öncelikle baz istasyonu uygulamaları için tasarlanacak anten gereksinimleri belirlenmiş daha sonra anten tasarımı, benzetim ve ölçüm sonuçları sunulmuştur.

2. 5G Baz Anteni Tasarımı

Tasarım antenin hedeflenen özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Anten polarizasyonu alıcı-verici izolasyonunu ve multi-path fading yatay ve dikey polarizasyonu arttırmak amacıyla $\pm 45^\circ$ olarak seçilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü üzere dalga kılavuzu besleme, boşluk geçişi, 4 adet ışın elemanı ve bu ışın elemanlarının hemen üstüne polarizasyonu döndürmek amacıyla $+45^\circ$ derece ile yerleştirilmiş 4 adet yarık, birim anteni oluşturmaktadır. Anten beslemesi için WR42 (18-26.5 GHz, TE₁₀) adaptör kullanılmıştır.

Tablo. 1 Birim Anten Elemanı Spesifikasyonları

Özellik	Değer	Özellik	Değer	Özellik	Değer
Frekans Bandı	24.5-29 GHz	Kazanç	> 13 dBi	HPBW	< 35°
Polarizasyon	$\pm 45^\circ$	Geri Dönüş Kaybı	> 15 dB	Verim	> 90%
Tarama Açısı	$\pm 60^\circ$	Yan hüzmeye seviyesi	< -10 dB		

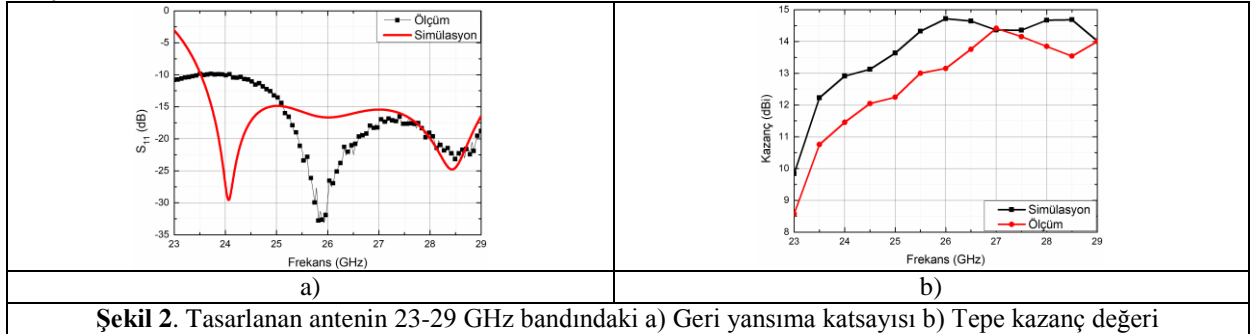


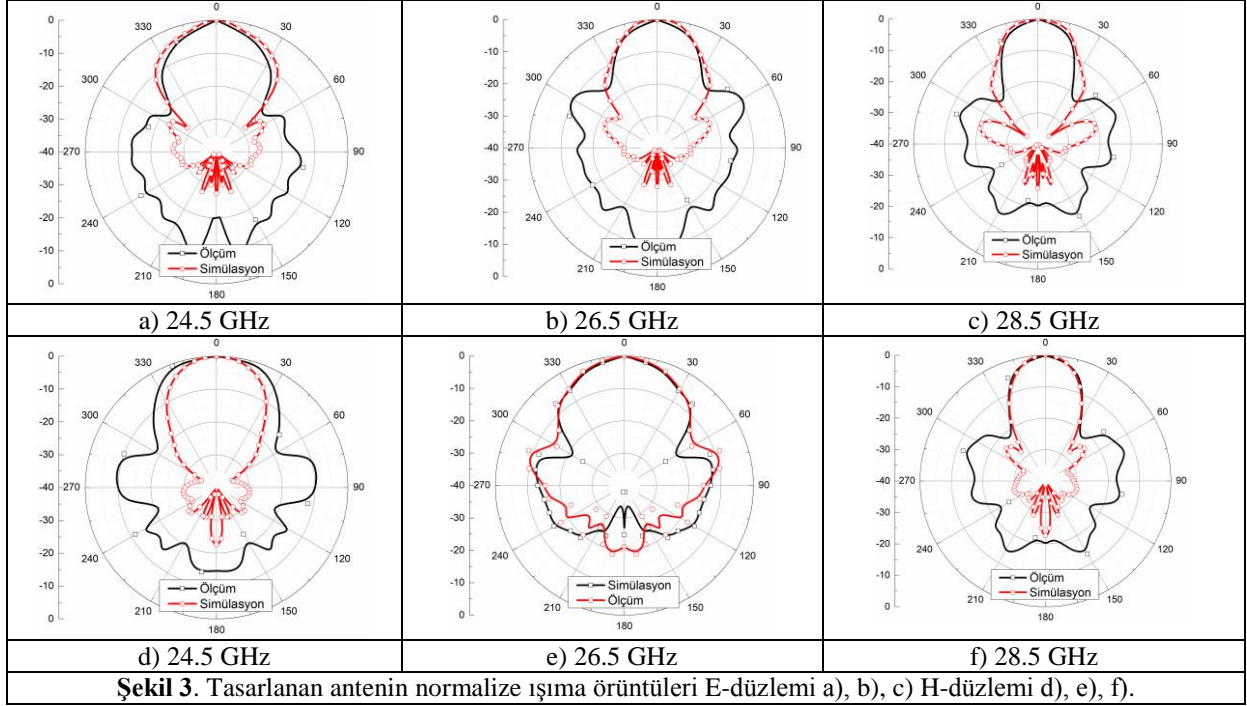
Anten üretimi, PLA malzeme kullanılarak Ultimaker 2+ üç boyutlu baskı makinesinde Şekil 1 d)'de görüldüğü üzere 2 ayrı parça olarak yapılmıştır. Kaplama için Silver Plated Copper Compound iletken aerosol sprey boya [13] kullanılmış olup el yordamıyla üç sıkım ile yaklaşık 0.1 mm kalınlıkta kaplama elde edilmiştir. İlgili sprey boyanın yüzey direnci (R_s) 0.3-0.7 ohm/□ iletkenliği $\sigma = 50.000$ S/m alınmıştır. Bu bilgiler ışığında, denklem (1) kullanılarak deri kalınlığının frekans bandı boyunca en fazla $\delta_s = 1.46$ μ m olduğu hesaplanmıştır. Malzemenin kaplama kalınlığı olan yaklaşık 0.1 mm değerinin en yüksek deri kalınlığından oldukça fazla olduğu düşünülmektedir.

$$R_s = 1 / (\sigma \delta_s), \delta_s = \sqrt{\pi f \mu \sigma} \quad (1)$$

3. Simülasyon ve Ölçüm Sonuçları

Tasarımı tamamlanan antenin geri dönüş kaybı, kazanç, ışınma örüntüleri Ege Üniversitesi RF, Mikrodalga ve Anten Laboratuvarı'nda R&S@ZVA-40 Vektör Network Analizörü ile ölçülmüş ve sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, antenin 25-29 GHz bandında Şekil 2.a)'da görüldüğü üzere -15 dB'den daha düşük geri yansıma katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Geri dönüş kaybındaki rezonans frekansındaki kaymanın ise üretim toleransı yani metal kaplama için kullanılan spreyin manuel olarak anten yapısına sıkılmasından kaynaklanan homojen olmayan (düzensiz) kalınlık değeri ve antenin iki parça olarak üretilmesinden dolayı parçalar arasındaki boşluğun sebep olduğu düşünülmektedir. Şekil 2.b) de ise antenin 11.4-14.4 dBi kazançla sahip olduğu görülmüştür. Antenin simülasyondaki kazanç değerleriyle ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında en fazla 1.6 dB kaybı olduğu görülmektedir. Üretilen antenin 24.5, 26.5 ve 28.5 GHz'deki normalize edilmiş ışınma diyagramları E-düzlemi ($\phi=45^\circ$) ve H-düzlemleri ($\phi=135^\circ$) Şekil 3'te sunulmuştur. Ölçüm ve simülasyon sonuçlarının $\pm 30^\circ$ aralığında tutarlı olduğu söylenebilir fakat yan ve arka kulakçık seviyelerinde bariz bir yansımanın olduğu görülmektedir. Işınma örüntüleri ölçümü laboratuvarında, yankısız oda olmadan, 10'ar derece döndürülerek alınmıştır. Bundan dolayı ölçüm yapılan odanın zemininden, arka ve yan duvarlarından gelen geri yansımaların antenin ışınma örüntülerindeki uyumsuzluğun sebebi olduğu düşünülmektedir.





4. Sonuçlar

5G bandının üst frekansında baz istasyonu birim antenin tasarımı ve üretimi yapıldı. Üretimi yapılan antenin 25-29 GHz bandında geri dönüş kaybının 15 dB'den daha iyi ve kazancının 11.4-14.4 dBi aralığında olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmayla yeni nesil 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanarak daha hızlı daha ekonomik prototip üretimlerinin gerçekleştirilebileceği gösterilmesi amaçlanmış ve sonuçlarla bu amaç desteklenmeye çalışılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Rappaport T. S. vd., "Millimeter Wave Mobile Communications for 5G Cellular: It Will Work!," IEEE Access, vol. 1, s. 335-349, 2013.
- [2] Hirokawa J. ve Ando M., "45 deg linearly polarised post-wall waveguide-fed parallel-plate slot arrays," IEE Proceedings - Microwaves, Antennas and Propagation, vol. 147, no. 6, s. 515-519, Aralık. 2000.
- [3] Tomura T., Hirokawa J., Hirano T. ve Ando M., "A 45 Linearly Polarized Hollow-Waveguide 16x16-Slot Array Antenna Covering 71–86 GHz Band", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt. 62, no. 10, s. 5061-5067, Ekim. 2014
- [4] Tomura T., Miura Y., Zhang M., Hirokawa J. ve Ando M., "A 45 Linearly Polarized Hollow-Waveguide Corporate-Feed Slot Array Antenna in the 60-GHz Band", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt. 60, no. 8, s. 3640-3646, Ağustos 2012.
- [5] Asci Y., Pehlivan M. ve Yegin K., "5G Base Station Antenna Design for IoT Applications", The ARMMS RF & Microwave, Cambridge İngiltere, 7 Kasım 2019.
- [6] Carkaci, M. ve Secmen, M., "The Prototype of a Wideband Ku-Band Conical Corrugated Horn Antenna with 3-D Printing", Technology. Advanced Electromagnetics, 8(2), 39-47, 2019.
- [7] Asci, Y ve Yegin, K., "Additively manufactured trapezoidal grooves for wideband and high gain Ku-band antenna". International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, 2019.
- [8] Asci, Y ve Yegin, K., "Three-dimensional printed wideband, dual-cavity Ku-band antenna". International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, 2019.
- [9] Jia-Chi S.C., Brian D. ve Stuart L., "Development of Ku-Band Corrugated Conical Horn Using 3-D Printing Technology", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, cilt.13, s.201-204, Ocak 2014
- [10] Asci, Y ve Yegin, K., "Additively Manufactured High Gain Cavity Backed Ku-Band Slot Antenna," AEU-International Journal of Electronics and Communications, 8 Nisan 2021.
- [11] İsenlik T., Bilgiç M. M., Yegin K., ve Çiydem M., "GSM/UMTS dualpolarization base station antenna design", XXXth URSI General Assembly and Scientific Symposium, 13-20, s. 1-4, Ağustos 2011.
- [12] <https://uk.rs-online.com/web/p/shielding-aerosols/2474251/> En son 26.04.2021