

## Yüzeğe Uyumlu Radom Tasarımı ve GNSS Uygulaması

Onur AKTAŞ, Birsen SAKA\*  
Roketsan A.Ş.  
Ankara  
[onur.aktas@roketan.com.tr](mailto:onur.aktas@roketan.com.tr),

\*Hacettepe Üniversitesi  
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Ankara  
[birsen@ee.hacettepe.edu.tr](mailto:birsen@ee.hacettepe.edu.tr),

**Özet:** Zorlu çevre koşulları altında kullanılacak antenler için elektriksel performanslarını değiştirmeyen koruyucu yapılara ihtiyaç duyulur. Bu makalede, üst L bant frekans aralığında (1559 MHz-1610 MHz) çalışabilen, eğri yüzeyli yüzeğe uyumlu radomlu GNSS (Global Navigation Satellite System) anten tasarımı anlatılmıştır. Radom yapımında kullanılan malzemenin farklı dielektrik katsayısına sahip olmasının anten tasarımına etkileri incelenmiştir. Simülasyon çalışmalarının sonucunda, radomlu anten üretilmiş ve ölçümleri yapılarak istenilen sonuçları sağladığı görülmüştür.

**Abstract:** Antennas used in harsh environmental conditions need to protective structure (radome) without change the electrical performances of the antennas. In this paper, analysis and design of the upper L band (1559 MHz – 1610 MHz) GNSS antenna covered with the conformal radome is presented. In the study, the effects of radome material type on the antenna are also investigated and results are given. The receiving GNSS signal performance of the fabricated antenna with conformal radome at L band is tested to validate the requirements and successful results are obtained.

### 1. Giriş

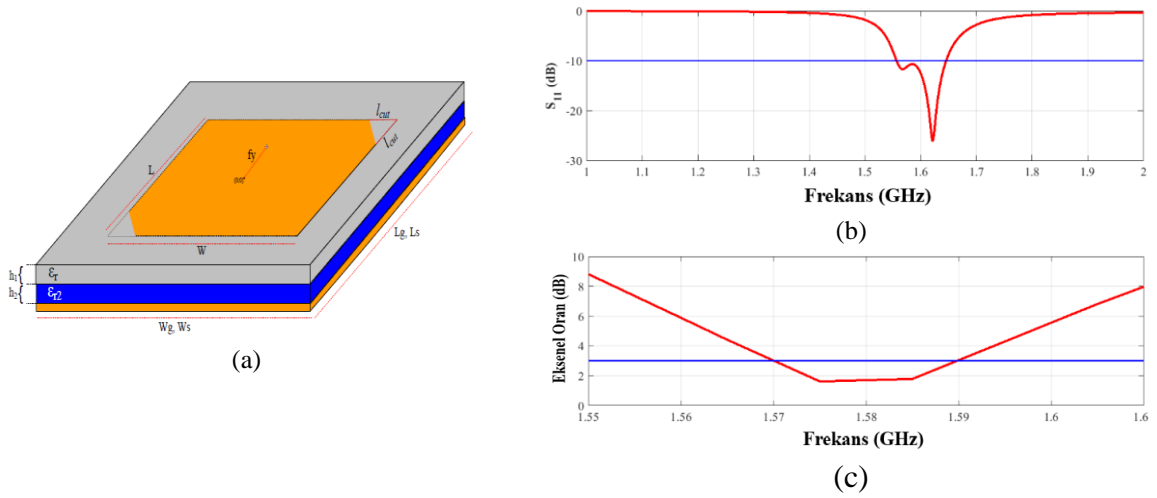
Radom yapısının en temel işlevi anteni, çevresel etkenlere karşı korumaktır ve elektromanyetik dalgalara karşı da görünmez olmalıdır. Hava araçlarında kullanılacak radomların, hava akışından, ivmeden, ani sıcaklık değişiminden kaynaklanan aerodinamik yüklere dayanabilmesi ve aerodinamik yapıya da uyumlu olması gerekir. Seçilecek dielektrik malzemenin araç hızına, değişimine fiziksel olarak dayanabilmesi ve sıcaklık ile elektriksel özelliklerinin değişmemesi önemlidir [1]-[2]. Hava araçlarında kullanılan radomların yağmur, buz, dolu erozyonuna özellikle dayanıklı olması ve yüzeyde tabaka halinde suyu tutmaması gerekmektedir. Bilindiği gibi su, dielektrik katsayısı ve tanjant kayıpları yüksek bir malzemedir; tabaka halinde radom yüzeyini kapladığında, radomun elektriksel performansını büyük ölçüde bozacaktır.

Aerodinamik yapıya ve yüzeğe uyumlu radom tasarımı, hava taşıtları için çoğu zaman düzgün geometrik şekillerle de sağlanamayabilir. Radom kaplanması, antenin kazancını, yan hüzmeye seviyelerini, ışın bant genişliğini, örüntü sıfır derinliğini ve antenin polarizasyonunu etkileyebilmektedir. Bu nedenle anten ve radomun bir arada tasarlanması zorunludur [3]-[4]. Bu çalışmada, füze yüzeyine yerleştirilebilecek bir GNSS anteni ve radom tasarımı sunulmuştur.

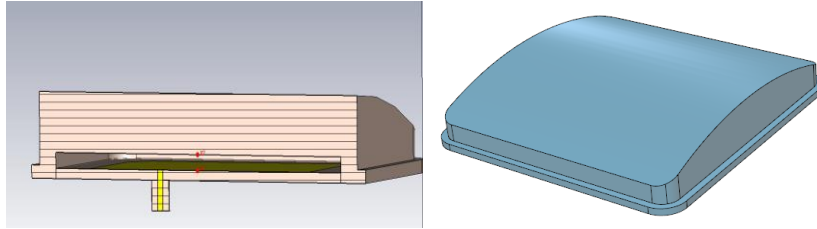
Bu amaçla dairesel polarizasyonlu L1 bandında çalışan GNSS anteni düz bir alttaş üzerinde öncelikle radomsuz olarak tasarlanmış. Daha sonra antenin üzerine yüzeğe uyum sağlayacak formda iç bükey radom tasarlanmış, değişik dielektrik malzemeler kullanılarak benzetimleri yapılmış ve anten performansında oluşan değişimler incelenmiştir. Benzetimler CST Microwave yazılımı kullanılarak yapılmıştır. PTFE Teflon ile tasarlanan Radomlu antenin üretimi yapılmış, test edilmiştir.

### 2. GNSS anteni ve yüzeğe uyumlu Radom tasarımı

Dairesel polarizasyonlu ve geniş bantlı GNSS bandında yama anten tasarımı için dielektrik katsayısı  $\epsilon_r=3$  olan RO3003 malzeme ve dielektrik katsayısı  $\epsilon_r=2.1$  olan PTFE Teflon malzeme istenen bant genişliğini elde etmek için iki katlı alttaş olarak seçilmiştir. Dairesel polarizasyon için yaygın olarak kullanılan köşe kesim yöntemi kullanılmıştır [5]. GNSS anteni için 1560 MHz – 1610 MHz frekans aralığında -10 dB'den daha düşük geri dönüş kaybı hedeflenmiştir. 1560 MHz – 1602 MHz aralığında 6 dB eksenel oran; merkez olarak alınan 1570 MHz – 1590 MHz arasında 3 dB eksenel orana sahip olması istenmiştir. Şekil-1'de tasarlanan antenin geometrisi, elde edilen eksenel oran ve  $S_{11}$  grafikleri verilmiştir ve bu değerlerin sağlandığı görülmektedir [6]. Tasarlanan radomun geometrisi ise Şekil 2'de verilmiştir.

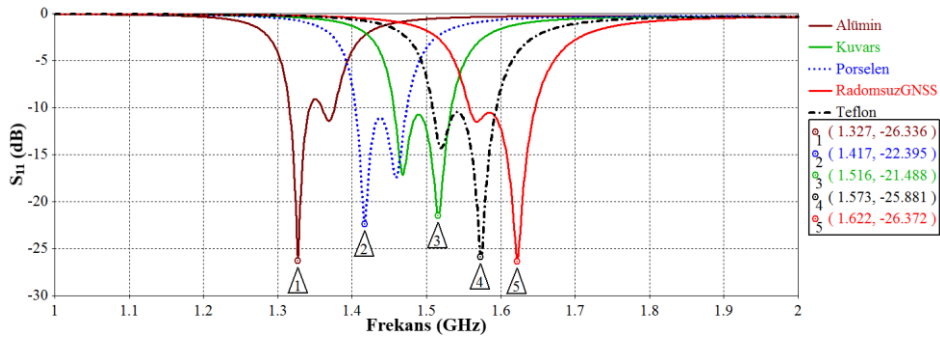


Şekil 1. Radomsuz tasarlanan GNSS anteni a) geometrisi, b)  $S_{11}$  c) Eksenel Oran



Şekil 2. Radom yapısının kesiti ve nihai tasarımdaki görünümü

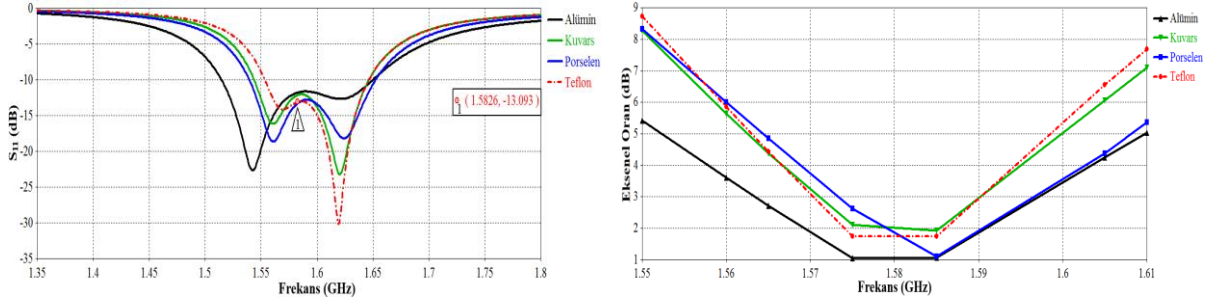
Radomsuz olarak tasarlanan anten, radom olarak PTFE Teflon ( $\epsilon_r=2.1$ ), Kuvars ( $\epsilon_r=3.75$ ), Porselen ( $\epsilon_r=6$ ) ve Alümina (seramik malzeme,  $\epsilon_r=9.9$ ) ile kaplanmıştır ve Şekil 3’de elde edilen  $S_{11}$  değerleri verilmiştir. PTFE Teflon kaplı antenin rezonans frekansı, radom olmayan antene göre 1622 MHz’ten 1573 MHz değerine kaymıştır. Rezonans frekansındaki 49 MHz değerindeki bu kayma, radomun anten frekansını %3 değerinde değiştirdiği göstermektedir. Dairesel polarizasyon merkez frekansı da benzer oranda %2.7 değişerek 1582 MHz’ten 1539 MHz değerine kaymıştır. Merkez frekans değerleri değişirken, radomun anten bant genişliğine etki etmediği görülmüştür. Radomsuz anten tasarımında -10 dB bant genişliği 89 MHz ölçülmüşken radomlu anten tasarımında bu aralık 87 MHz olarak ölçülmüştür.



Şekil 3 Radom malzemesi ile anteni  $S_{11}$  değerinin değişimi

Radom etkisiyle frekansında kayma oluşan antenin yama boyutları değiştirilerek tekrar GNSS frekans bandına kaydırılmıştır. Yama boyutunun yanısıra besleme noktası ve köşe kesim miktarı değiştirilerek anten empedans uyumlaması ve eksenel oranı istenen aralığa getirilmiştir. Şekil 4a’da parametrik analizler sonucu elde edilen farklı radomlu GNSS antenlerinin  $S_{11}$  grafiklerini göstermektedir. Radomlu anten tasarımında yama boyutu,

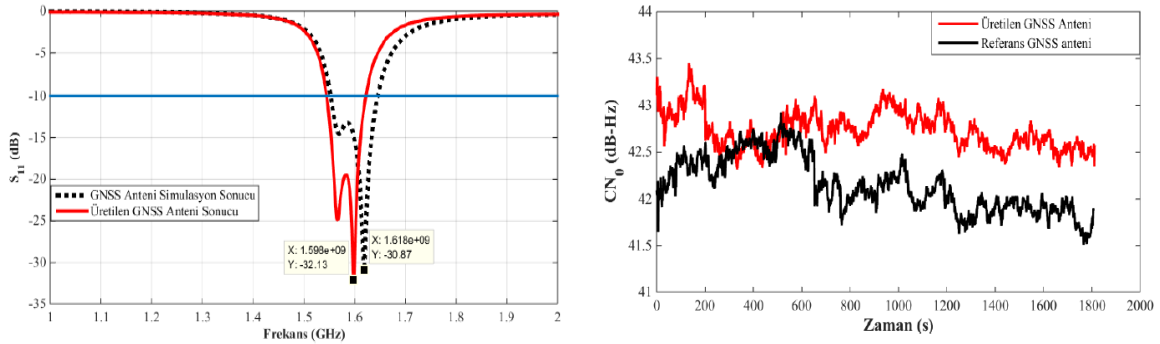
radomsuz antenin yama boyutuna göre %3.7 küçülmüştür. Antenin besleme noktası merkezden %14 daha uzağa alınmıştır. Dairesel polarizasyonu sağlamak için kullanılan köşe kesim yönteminde kesme miktarı %6 azalmıştır. Elde edilen eksenel oran değerleri ise Şekil 4b’de verilmiştir.



Şekil 4 Radom malzemesine bağlı düzenlenmiş GNSS anteni a)  $S_{11}$ , b) eksenel oran değerleri

### 3. Radomlu antenin üretimi, Test sonuçları ve Sonuçların İrdelenmesi

Şekil-4’de radomlu analizi verilen GNSS anteni PTFE Teflon malzemeden tasarlanan radom ile birlikte üretilmiştir. Üretilen antenin  $S_{11}$  benzetim ve ölçüm sonuçları karşılaştırmalı olarak Şekil 5a’da verilmiştir ve üretilen antenin  $S_{11}$  değerleri ile benzetim sonuçları antenin rezonans frekansındaki 20 MHz’lik kayma dışında uyum içerisindedir. Üretimi yapılan anten, radomlu ticari bir başka ürün ile açık alanda yan yana konumlandırılarak test edilmiştir. Antenlerin bağlı olduğu alıcılara aynı anda açılmış ve yarım saat süresince alıcılardan kayıt alınmıştır. Şekil 5.b’de iki antenin de takip ettiği uydulara ait sinyal seviyelerinin ortalaması verilmiştir. Sinyal seviyelerinin ortalaması incelendiğinde, test süresince üretilen GNSS antenini ile takip edilen uyduların sinyal seviyelerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Testin çoğunda üretilen GNSS anteni tarafından takip edilen uyduların referans antene göre 1 dB daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sonuç üretilen antenin kazanç seviyesinin ve eksenel oran değerinin referans antene göre daha iyi olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 5 a) Üretilen antenin benzetim ve üretim sonuçlarının karşılaştırılması b) Takip edilen uydulara ait  $C/N_0$  değerlerinin ortalamasının karşılaştırılması

### Kaynaklar

- [1]. D. Davis, F. Mathew, N. Seenivasaraja, A. Karthikeyan, Design and Analysis of Different Types of Aircraft Radome, IJERT, 2015.
- [2]. L. Griffiths, A Fundamental and Technical Review of Radomes, MPDIGEST, 2008.
- [3]. E. G. Geterud, Design and Optimaization of Wideband Hat-Fed Reflector Antenna with Radome for Satellite Earth Station, Lisans Tezi, Department of Signals and Systems Chalmer University of Technology, Göteborg, 2012.
- [4]. V. Saidulu, K.S. Rao, P.V.D.S. Rao, The Characteristics of Rectangular and Square Patch Antennas with Superstrate, IJESSET, Vol. 6, 298-307, 2013
- [5]. M. Küpeli, B. Saka, “Çift Bant Mikroşerit GPS Anten Analizi ve Tasarımı”, VIII. URSI-Türkiye’2016 Bilimsel Kongresi ve Ulusal Genel Kurulu, Eylül 2016.
- [6]. O. Aktaş, “Radomlu, Dairesel Polarizasyonlu L1 Bant GPS ve GNSS Anten Tasarımı”, Yüksek lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.