

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HİBRİT YÖNTEMLER KULLANILARAK ULTRA GENİŞ**  
**BANT ANTEN KAZANÇ ARTIRIMI**

**KUTBETTİN EREN**

**KOCAELİ 2019**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HİBRİT YÖNTEMLER KULLANILARAK ULTRA GENİŞ**  
**BANT ANTEN KAZANÇ ARTIRIMI**

**KUTBETTİN EREN**

**Doç. Dr. Sibel ÇİMEN**  
**Danışman, Kocaeli Üniversitesi**

**Prof. Dr. Gonca ÇAKIR**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi**

**Prof. Dr. İsmail Hakkı TAYYAR**  
**Jüri Üyesi, Karabük Üniversitesi**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 08.07.2019**

  
.....  
  
.....  
  
.....

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Bu tez kapsamında mikroşerit beslemeli dairesel yuvalı ultra geniş bantlı anten tasarımı yapıp antene metal kanat ve yansıtıcı metal levha uygulayarak kazanç artırma çalışmasına yer verilmiştir. Anten kazancını artırmada metal levhaların uygulanması ve ölçümlerle desteklenmesiyle birlikte bu yöntemin kazanç ihtiyacı gerektiren çalışmalarda kullanılmasında faydalı olacağını umarım.

Bu tezde bana çalışma fırsatı veren ve çalışmalarımın her aşamasında yardımcı olan değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Gonca Çakır ve Doç. Dr. Sibel Çimen'e, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan sayın Dr. Öznur Türkmen'e ve tez yazım aşamasında eleştirileri ile yanımda olan eşim Gülçin Eren'e teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışması, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 215E101 numaralı projenin bir parçası olarak desteklendiği için teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz – 2019

Kutbettin EREN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iii
TABLolar DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT .....	ix
GİRİŞ .....	1
1. ULTRA GENİŞ BANT VE UYGULAMALARI.....	3
2. MİKROŞERİT ANTEN .....	5
2.1. Kazanç Bakımından UGB Mikroşerit Antenler .....	6
2.1.1. Monopole UGB antenler.....	6
2.1.2. Yönlü UGB Baskı Antenler.....	8
2.2. Diğer UGB baskı Antenleri.....	12
2.2.1. Yürüyen-dalga antenler.....	12
2.2.2. Frekans bağımsız baskı antenler .....	14
3. UGB MİKROŞERİT ANTENLERDE KAZANÇ ARTIRMA YÖNTEMLERİ .....	16
3.1. Frekans Seçici Yüzeyleyler ile UGB Anten Kazanç Artırma .....	16
3.2. Elektromanyetik Bant Boşluklu Yapı (EBB) ile Kazanç Artırma .....	18
3.3. Boşluk-Destekli Yapı ile Kazanç Artırma.....	20
3.4. Yüzey Monteli Metal Plakalar ile Kazanç Artırma.....	23
4. METAL LEVHALAR İLE ANTEN KAZANÇ ARTIRIMI .....	26
4.1. UGB Eş-Düzlemsel Antene Metal Levha Etkisi.....	26
4.1.1. Metal levhanın açısı etkisi .....	27
4.1.2. Metal levhanın antenden uzaklık etkisi .....	28
4.1.3. Metal levhanın uzunluk etkisi .....	30
4.2. Tasarımı Yapılan Antene Metal Levha Uygulanması.....	32
4.2.1. Anten-Metal levha uzaklık etkisi.....	35
4.2.2. Metal levha yükseklik ve uzunluk etkisi.....	36
4.2.3. Metal levhanın antene açılı konumlanma etkisi .....	39
4.3. Metal Levhalı Antene Yansıtıcı Metal Levha Uygulanması.....	40
5. ÖLÇÜM.....	42
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	51
KAYNAKLAR .....	53
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER .....	55
ÖZGEÇMİŞ .....	56

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Zaman uzayında dar darbeli sinyalin frekans uzayında geniş bant sinyal eşdeğer gösterimi.....	3
Şekil 2.1.	Basit bir mikroşerit anten.....	5
Şekil 2.2.	Temel Yama Şekilleri .....	5
Şekil 2.3.	Monopol yapı çeşitleri. ....	7
Şekil 2.4.	Monopol UGB anteni ve kazancı.....	7
Şekil 2.5.	Eliptik monopol anten gösterimi ve kazanç grafiği .....	8
Şekil 2.6.	Ayarlama bölümü çeşitli şekilleri .....	9
Şekil 2.7.	Çeşitli geniş-oluk şekilleri .....	9
Şekil 2.8.	Gerçekleştirilen antenin a) Üstten görünümü b) Alttan görünümü .....	9
Şekil 2.9.	Sunulan antenin Duran Dalga Oranı .....	10
Şekil 2.10.	Ölçülen anten maksimum kazancı .....	10
Şekil 2.11.	Geniş-oluk antenlerin için özel geometriler.....	11
Şekil 2.12.	Yarı eliptik açıklık anten geometrisi.....	11
Şekil 2.13.	Yarı-eliptik açıklık anten yansıma grafiği .....	12
Şekil 2.14.	Yarı-eliptik açıklık anten kazanç grafiği .....	12
Şekil 2.15.	Oluk Kenarlı Vivaldi Anteni.....	13
Şekil 2.16.	Geri dönüş kaybı ve frekans grafiği.....	13
Şekil 2.17.	Frekansa bağlı kazanç grafiği .....	14
Şekil 2.18.	Çift taraflı papyon anten geometrisi .....	14
Şekil 2.19.	Antenin geri dönüş kaybı.....	15
Şekil 2.20.	Antene ait kazanç.....	15
Şekil 3.1.	Bir dielektrik tabaka üzerinde metalik FSY örnekleri a) Açıklık dizi b) Dipol dizi.....	17
Şekil 3.2.	FSY birim hücre ve FSY katmanı ile anten.....	18
Şekil 3.3.	Anten ve FSY ile anten yapısının yansıma katsayısı ve kazanç grafikleri.....	18
Şekil 3.4.	Mantar-benzeri EBB ve Dielektrik alttaş üzerinde periyodik EBB.....	19
Şekil 3.5.	Anten ve EBB yapısının a) geometrisi b) gerçekleştirimin alt gösterimi c) gerçekleştirimin üst gösterimi .....	20
Şekil 3.6.	Anten ile EBB yapısının a)Yansıma katsayısı grafiği b) Kazanç grafiği.....	20
Şekil 3.7.	Anten ve boşluk-destekli yapı üretim .....	21
Şekil 3.8.	Anten ve antene uygulanan boşluk destekli yapının yansıma kaybı ölçüm ve benzetim sonuçları .....	22
Şekil 3.9.	Antene uygulanan boşluk destekli yapının ölçüm ve simülasyona ait kazanç grafiği.....	22
Şekil 3.10.	(a) Boşluk destekli UGB anten benzetim modeli (b)Boşluk destekli UGB anteni blok modeli.....	22

Şekil 3.11.	UGB anteni, Boşluk destekli UGB Anten, Boşluk destekli UGB anteni ile parazit yama (a) Geri dönüş kaybı (b) kazanç sonucu .....	23
Şekil 3.12.	İki kısa horn ile bütünleşik yarı dairesel açıklık anteni .....	24
Şekil 3.13.	Kısa horn ile yarı dairesel açıklık anteni geri dönüş kaybı.....	24
Şekil 3.14.	Metal plakasız açıklık anten ile metal plakalar (S:20 mm) ile açıklık anten ölçülen kazançları.....	25
Şekil 4.1.	(a) Eş düzlemsel beslemeli UGB anten (b) Anten ve levha yapısı.....	27
Şekil 4.2.	Metal levhanın açılı konumu.....	27
Şekil 4.3.	Antene metal levha eklentisi geri dönüş kaybı.....	28
Şekil 4.4.	Antene farklı açılarda metal levha eklentisinin kazanç grafiği.....	28
Şekil 4.5.	d uzaklığı konumlanan levhaların geri dönüş kaybı.....	29
Şekil 4.6.	d uzaklıkta konumlanan levhaların anten üzerinde kazanç etkisi.....	29
Şekil 4.7.	$Z_{max}$ gösterimi.....	30
Şekil 4.8.	$Z_{max}$ metal levha uzunluk etkisi geri dönüş kaybı.....	30
Şekil 4.9.	$Z_{max}$ , metal levha uzunluğunun kazanç etkisi.....	31
Şekil 4.10.	Anten ve antene uygulanan metal levhaların ışın diyagramları.....	31
Şekil 4.11.	Anten ve antene uygulanan metal levhaların kazanç karşılaştırılması.....	32
Şekil 4.12.	Anten tasarımı.....	33
Şekil 4.13.	Antene ait geri dönüş kaybı.....	34
Şekil 4.14.	Antenin frekansa bağlı maksimum kazancı.....	34
Şekil 4.15.	Metal levhaların antene konumlanması.....	35
Şekil 4.16.	Metal levhaların antenden uzaklığın geri dönüş kaybına etkisi.....	36
Şekil 4.17.	Metal levhaların antenden uzaklığın kazanç üzerindeki etkisi.....	36
Şekil 4.18.	Metal levhaların boyut parametrelerin gösterimi.....	37
Şekil 4.19.	“ $Z_{max}$ ” parametre değerlerine göre geri dönüş kaybı.....	37
Şekil 4.20.	“ $Z_{max}$ ” parametre değerlerinin anten kazancına etkisi.....	37
Şekil 4.21.	$y_{max}$ parametre değerlerine göre geri dönüş kaybı.....	38
Şekil 4.22.	$y_{max}$ parametre değerlerinin anten kazancına etkisi.....	38
Şekil 4.23.	Metal levhaların antene açılı konumlanması.....	39
Şekil 4.24.	Metal levhaların açılı konumlanmasının geri dönüş kaybı.....	39
Şekil 4.25.	Metal levhaların açılı konumlanmasının kazanç grafiği.....	40
Şekil 4.26.	Metal levha kanatlı antene uygulanan yansıtıcı metal levha.....	40
Şekil 4.27.	Anten ve antene uygulanan metal levhaların geri dönüş kaybı.....	41
Şekil 4.28.	Anten ve antene uygulanan metal levhaların kazançları.....	41
Şekil 5.1.	Antenin baskı devre görüntüsü.....	42
Şekil 5.2.	Antene ait geri dönüş kaybı.....	43
Şekil 5.3.	Değiştirilen antenin (a) Ön (b) Arka yüzeyi.....	44
Şekil 5.4.	Değiştirilen antenin ön ve arka yüzeyin gösterimi.....	44
Şekil 5.5.	Üretilen antenin simülasyon ve ölçümden elde edilen yansıma kaybı.....	45
Şekil 5.6.	Antene ait ölçüm ve simülasyon sonuçlarının ışın örüntüleri (a) XZ düzlemi ( $\Theta = 0^\circ$ ) (b) YZ düzlemi ( $\Theta = 90^\circ$ ) (c) XY düzlemi ( $\Theta = 90^\circ$ ).....	46
Şekil 5.7.	Üretilen antenin ölçüm ve simülasyon kazancı.....	47

Şekil 5.8.	Hibrit yapıya ait gösterimler a) Ölçüm düzeneği b) Simülasyon ortamı. ....	48
Şekil 5.9.	Anten, metal kanat ve hibrit yapıya ait ışıma diyagramı. ....	48
Şekil 5.10.	Anten, metal kanat ve hibrit yapıya ait kazanç karşılaştırılması. ....	49
Şekil 5.11.	Simülasyondan (düz çizgiler) ve ölçümden (kesikli çizgiler) elde edilen dB cinsinde en yüksek kazanç değerleri. ....	49



## **TABLolar DİZİNİ**

Tablo 4.1. Anten parametreleri. ....	33
Tablo 5.1. Hibrit yapı için tasarlanan anten parametreleri.....	44





## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\epsilon_r$	: Bağıl dielektrik sabiti (Farad/metre)
$\lambda$	: Dalga boyu (metre)
f	: Dalga frekansı (1/saniye)
E	: Elektrik alan (Volt/metre)
H	: Yalıtkan tabakanın kalınlığı (metre)
$S_{11}$	: Yansıma genliği

### Kısaltmalar

BG	: Bant Genişliği
dB	: Desibel
EBB	: Elektromanyetik Bant Boşluğu
FCC	: Federal Communications Commission (Federal Haberleşme Komisyonu)
FSY	: Frekans Seçici Yüzeyler
UGB	: Ultra Geniş Bant
TEM	: Transverse Electro-Magnetic (Enine Elektromanyetik)
DDO	: Duran Dalga Oranı
PEC	: Perfect Electric Conductor (Mükemmel İletken)

## **HİBRİT YÖNTEMLER KULLANILARAK ULTRA GENİŞ BANT ANTEN KAZANÇ ARTIRIMI**

### **ÖZET**

Radar ve görüntüleme uygulamalarında yüksek frekanslarda anten kazancı önemini gün geçtikçe hissettirmektedir. Kazanç ihtiyacı gerektiren uygulamalarda kullanılan geleneksel antenlerin büyük boyut ve yüksek frekanslara çıkıldıkça üretim zorluğuyla karşılaşmaktadır. Alternatif bir çalışma alanı olarak mikroşerit yapılar üzerinden istenilen yüksek kazanç yüksek frekanslarda sağlanması günümüzde ilgililenen çalışmalar arasında yer almaktadır. Mikroşerit yapıların düşük profil, düşük maliyet, kolay üretim ve kolaylıkla diğer devre yapılarıyla entegre olabilmesi çalışmaları bu eksen üzerine taşımıştır.

Mikroşerit antenler birçok avantajlarına rağmen düşük kazanç ve dar bantlı olması gibi sorunlara sahiptir. Bu tez çalışmasında ultra geniş bantta çalışan mikroşerit anten tasarlayarak dar bant sorunu giderilmiştir.

Tezin temel hedefi tasarlanan mikroşerit beslemeli dairesel yuvalı mikroşerit antene metal levhalar uygulayarak anten kazancını 11 dB-14 dB'ye kadar arttırmaktır. Ayrıca tasarımı yapılan antenlerin pratik ölçümlerini yaparak metal levhaların kazanç gereksinimi olan uygulamalar için tanıtmaktır. Bu süreçte tasarımların analizlerini tasarımların analizlerini CST Microwave Studio paket programı kullanılmıştır. Ölçümler Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, Mikrodalga ve Anten Laboratuvarı tam yansız odada alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Metalik Levhalar, UGB Anten Kazanç Artırma Teknikleri, Ultra Geniş Bantlı Mikroşerit Anten.

## **ENHANCED GAIN OF ULTRA WIDE BAND ANTENNA USING HYBRD METHODS**

### **ABSTRACT**

Antenna gain is becoming more and more important in radar and imaging applications. Conventional antennas used in gain-requiring applications face problem of antenna size. As an alternative working area, providing the desired high gain from the high frequencies which is actually desired to supply from over the microstrip structures is one of the interested workings for a long time. Microstrip structures have some significant advantages such as the low profile, low cost, easy manufacturing and easy integration with other circuit structures.

Microstrip antennas have the problems like having low gain and narrow bands in spite of their many advantages. In this thesis study, narrow band problem of microstrips have been solved by designing microstrip antenna working on the ultra-wide band.

The main goal of the thesis is to increase the gain of antenna up to 11dB-14dB by implementing metal plates to the designed circular slot microstrip antenna with microstrip-line feed. Also, another aim of thesis is to present practical measurement of designed antenna and to propose using metallic plates on antenna for applications that is requiring antenna gain. In this process, CST Microwave Studio packaged software is used for the analysis of the designs. The measurements have been taken in the anechoic chamber of Microwave and Antenna Laboratory of the Department of Electronic and Communication Engineering in Kocaeli University.

**Keywords:** Metallic Plates, UWB Antenna Gain Enhance Techniques, Ultra Wide Band Microstrip Antenna.

## GİRİŞ

Kablosuz uygulamaların en önemli elemanı antenlerdir. Anten kablosuz uygulamalarında sinyalin iletimi ve alımında rol alır. Temel olarak anten bir iletim hattından kılavuzlanan enerjiyi boşluğa ışıyan enerji olarak çevirmeye dayanır. Bir başka ifadeyle, antenler empedans dönüştürücü olarak da görülebilir: Bir giriş veya hat empedansı ile hava (boş alan) empedansı arasında bağlaşım elemanı olarak çalışır [1]. Her uygulama kendine göre sinyal gereksinimlerine bağlıdır. Haberleşme kanal kapasitesi olan bant genişliği bu önemli gereksinimlerden biridir. Bant genişliği bağımlılığına göre antenler üç gruba ayrılabilir: dar bant, çoklu bant, geniş bant ve geniş bantın türevi olan ultra geniş banttır (UGB). Ulusal Haberleşme Komisyonu'nun (FCC) lisansız kullanım 3,1-10,6 GHz'lik bant genişliğini ultra geniş bantlı sistemler için tahsis etmesinden sonra çok kanallı uygulama sağladığı için UGB üzerine araştırmalar ve çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu tarihten itibaren, UGB aralığında çalışacak haberleşme sistemleri için anten gereksinimlerini göre çalışmalar yapılmıştır. Bu gereksinimlerden olan parametrelerden biri UGB anten kazancının artırılmasıdır. UGB mikroşerit antenlerin kazançları düşük olduğundan UGB mikroşerit antenlerin kazanç artırma çalışmaları günümüzde ve gelecek dönemlerde ilgilenecek çalışmalar arasında yerini almaktadır. UGB mikroşerit antenlerin kazanç artırımına yönelik çalışmalar: Frekans Seçici Yüzeyler (FSY), Elektromanyetik Bant Boşluğu (EBB) ve yüzey monteli metal plakalar kullanılması gibi yöntemlerle kazanç iyileştirmeler yapılmaktadır.

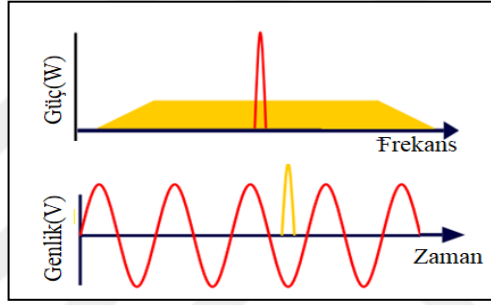
Bu tez kapsamında yüzey monteli metal levhalara benzer yöntemle kazanç iyileştirme üzerine çalışılmıştır. Tezin ilk aşaması ultra geniş bantta çalışan mikroşerit anten tasarımıdır. İkinci aşama tasarımı yapılan antenin kenarlarına metal plakalar ve antenin ön yüzeyine metal yansıtıcı levha konulmasının parametrik çalışmalarıdır. Tezin son aşaması, ikinci aşamada benzetim programının yardımıyla elde edilen parametreler ile ölçüm düzeneğinin kurulması ve ölçüm ile benzetim programının sonuçlarıyla karşılaştırılmasını içerir. Tezin amaçlarından biri, metal plakaların kullanılmasının anten kazancı üzerinde dönütü iken bir diğer amaç ise

kullanılan metal plakalar ile anten kazancını 11-14 dBi aralığına taşımasıdır. Bu hususta ölçüm sonuçları referans alındığında metal levhaların kullanılması 6,2-10,2 dBi arasında olan anten kazancını 10,2-14,2 dBi arasındaki kazanç seviyesine taşıdığı görülür.



## 1. ULTRA GENİŞ BANT VE UYGULAMALARI

Ultra geniş bant (UGB) haberleşmesi temel olarak diğer tüm haberleşme tekniklerinden farklıdır çünkü alıcı ve verici arasında oldukça kısa zaman darbeleri (10-100 piko-saniyeler mertebesinde) kullanır. Kısa süreli darbelerin kullanılması sonucunda çok geniş bir bant genişliği ile birlikte geniş işlem hacmi, mevcut radyo frekanslarındaki servislerle birliktelik, düşük güçle [1] çalışırılığı parazite karşı dayanıklılık gibi birçok avantaj sağlar [2].



Şekil 1.1. Zaman uzayında dar darbeli sinyalin frekans uzayında geniş bant sinyal eşdeğer gösterimi

UGB antenleri hızlı şekilde zamanla değişen darbe (itki) veya sinüzoidal olmayan sinyaller (Gauss) kullanarak uyarımı yapılır. Şekil 1.1, zaman uzayında dar-bantlı olan sinyaller (Gauss ve gauss itkinin türevleri) frekans uzayında çok geniş bant genişliği sağladığını göstermektedir. Yine aynı şekilde zaman uzayında geniş olan işaretler (sinüzoidal işaretler) frekans uzayında çok dar darbeler oluşturur [3]. Ultra geniş bant için tanımlanan bant genişliği en az 500 MHz olan veya bir diğer ifadeyle merkez çalışma frekansın %25 değerinden büyük olan bir iletişim teknolojisi olarak tanımlanmaktadır. Pek çok dar bantlı sistemler ise merkez frekansın %10 değerinden daha az bir bant genişliğini kapsar ve dar bantlı sistemler çok fazla güç seviyesinde iletilirler.

Ultra geniş bant teknolojisi geniş uygulama alanlarına uygulanabilir. Ulusal Haberleşme Komisyonun (FCC) yönergelerine dayanarak, UGB teknolojisi yüksek veri hızı (IEEE 802.15.3a) ve düşük veri hızı (IEEE 802.15.4a) olmak üzere iki temel

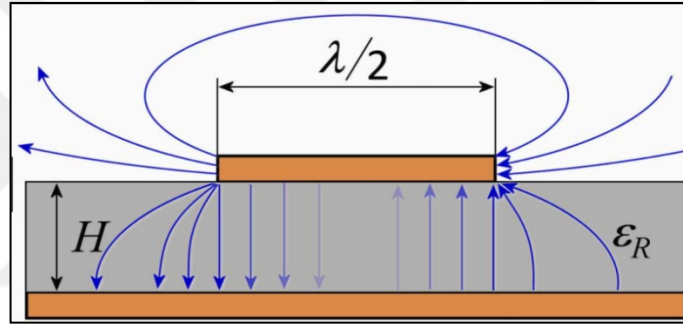
haberleşme sistemine konuşlanır. Yüksek veri hızı Kablosuz Kişisel Alan Ağları (WPAN), ana bilgisayarlar (PC, yüksek kaliteli gerçek zamanlı video oynatıcı vb.) ile ilgili çevre birim aygıtları (yazıcı, klavye, Mouse vb.) arasında kablosuz veri bağlantısı olarak tanımlanabilir. Yüksek hızlı veri transfer ile hızlı şekilde dosya paylaşımı ya da dosya indirme işlemlerini teller ve kablo kullanımını ortadan kaldırır. Öte yandan, UGB uygulamasının 100 metre aralıklarındaki santimetre hassasiyeti nedeniyle düşük veri hızı kablosuz haberleşme uygulamaları temel olarak lokasyon durumu ve radar uygulamalarına odaklanır [4].

Kablosuz iletişimin yanı sıra UGB, geri dönen darbelerin kesin çözümü ile konum algılama ve bir nesnenin konumunun tam olarak tespiti için iyi bir çözümdür. Bu sebeple, UGB radar teknikleri literatür ve uygulamada yerini almaya başlamıştır. UGB teknikleri: Mikrodalga görüntüleme özellikle kanser hücre tespitinde, duvar arkası görüntüleme, yeraltı patlayıcı görüntüleme, medikal görüntüleme, mesafelerin tam hassasiyetli ölçümleri, GPS gibi nesnenin konum belirlemede, su altı haberleşmesi gibi uygulamalarda kullanılır.

UGB kablosuz haberleşme ve radar sistemlerindeki gelişmelere paralel olarak düşük maliyetli mikrodalga devre elemanlarının tasarımı ve üretimi araştırmacılar tarafından ele alınan önemli konulardan biri haline gelmiştir. UGB antenler bu elemanların başında gelmektedir. UGB antenler, UGB radarlar ve yüksek veri hızı kablosuz haberleşme sistemleri gibi birçok sivil ve askeri uygulamalarda kullanılmaktadır [5]. Özet olarak, UGB haberleşmeleri daha çok kısa menzilli video, dosya ve veri dağıtımı için kablosuz kişisel alan ağı için uygundur. UGB haberleşmesi olmayan uygulamalar görüntüleme sistemlerini (yer altı radarı, duvar arkası radarı, murakabe ve tıbbi görüntüleme) ve araç radarlarını içerir.

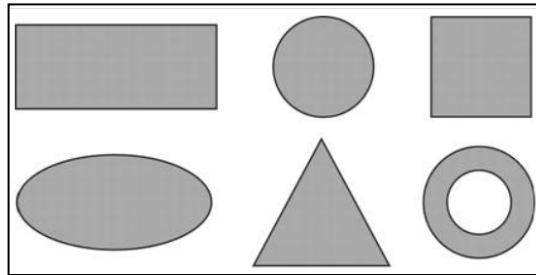
## 2. MİKROŞERİT ANTEN

Mikroşerit antenler, elektrik akımı taşıyabilecek serbest elektronları olmayan ve elektrik alanla kutuplanma özelliği taşıyan H kalınlığında bir dielektrik malzeme (alttaş,  $\epsilon_r$ ) ile yalıtkan malzeme üzerinde ışımayı sağlayan çeşitli şekillerde iyi iletken (bakır, altın vb.) ve bir toprak düzleminde oluşur. Elektrik alan iki iletken arasında bulunan yalıtkan ortam içinde kutuplanır. Daha iyi bir anten performansı için kalın H değerine ve bir düşük bir bağıl dielektrik sabitine ( $\epsilon_r$ ) sahip malzeme gereklidir. Genel anlatım için kullanılan mikroşerit anten Şekil 2.1 [7]'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Basit bir mikroşerit anten [7]

Dielektrik malzeme üzerine kazınmış metalik yamanın (patch) çeşitli şekilleri Şekil 2.2'de verilmiştir [7]. Sinyal kaynağından antene bağlanmasında empedans uyumsuzluğundan kayıp yaşanmaması için uyumlu iletim hattı kullanılır. Bunu mikroşerit antenlerde besleme türleri kapsamında incelenir. Besleme yapısı empedans uyumunu, yayınlan gücü, çalışma modlarını etkiler. Çoğunlukla kullanılan besleme şekillerine koaksiyel veya prob ile besleme, mikroşerit iletim hattı ile besleme, eş-düzlemsel dalga kılavuzu ile besleme örnek olarak verilebilir [7].



Şekil 2.2. Temel Yama Şekilleri [7]



Ultra geniş bant anten beslemelerinde sıklıkla kullanılan mikroşerit hat ile besleme ve eş-eksensel dalga kılavuzu ile beslemedir. Mikroşerit besleme devresi kullanılarak tasarlanan antenlerin empedans uyumunun kolaylıkla sağlanması avantajına sahip olmasıdır. Eş-düzlemsel dalga kılavuzu beslemede, besleme hattı ile toprak düzlemi aynı yüzeyde oluşu avantajıyla toprak levhalar da ışımaya katkı sağlar. Toprak düzlemin ışımaya katkısı daha geniş frekans aralığında değişmeyen giriş empedansı sağlar.

Mikroşerit antenler birçok avantajının yanı sıra dar bantlı ve düşük kazançta sahip olmalarıdır. Mikroşerit antenlerin bant genişliğini iyileştirme ve kazanç artırma yöntemleri üzerine pek çok çalışma bulunmaktadır. Ultra geniş bant mikroşerit anten, bant genişliği artırılmış mikroşerit teknolojinin özel bir halidir.

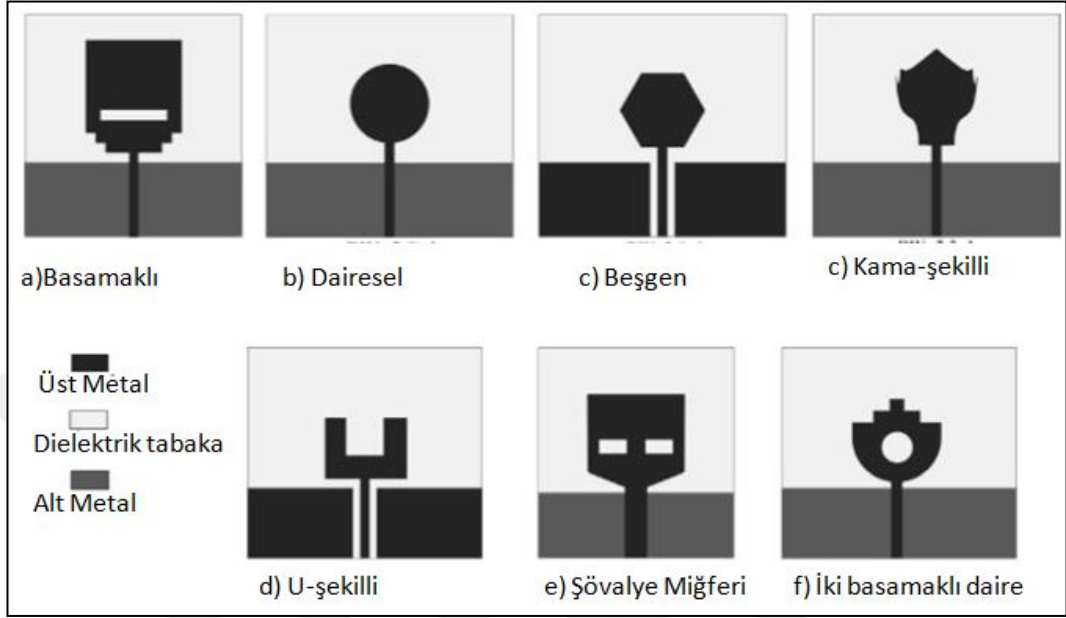
## **2.1. Kazanç Bakımından UGB Mikroşerit Antenler**

Bu kısımda ultra geniş bantlı anten teknolojisi için kullanılan çeşitli antenler ve bunların kazanç durumları gözden geçirilecektir. Yıllar içinde pek çok geniş bant ve frekans bağımsız anten tasarımları yapılmıştır. Konvansiyonel olarak tanımlanan bu antenler elektriksel olarak büyük yapılardır. Geniş bant özelliklere sahip bu antenlere, log –periyodik antenler, spiral antenler, bikonik antenler, horn anten örnek olarak verilebilir. UGB düzlem ve baskı antenler temel olarak bu konvansiyonel antenlerden geliştirilmiştir [8]. Bu antenler elektriksel olarak büyük yapılar oluşu düzlem UGB baskı antenlerine göre kazanç bakımından daha iyi performans sağlar. Bu kısımda düzlem mikroşerit UGB antenleri üzerinden çalışılmıştır. Düşük profil, düşük enerji tüketimi, düzlemsel mikrodalga devrelerine kolay entegre edilebilirlik, seri üretimde düşük imalat maliyeti sağlamaları avantajından genel olarak mikroşerit anten ve teknolojileri- özel olarak mikroşerit UGB anten-günümüz teknoloji uygulamalarında tercih sebebidir. Bu bölümün amacı geleneksel geniş bant antenlerden ziyade yapılan çalışmalarda mikroşerit UGB antenlerin kazanç durumlarına kısa bir bakış sunmaktır.

### **2.1.1. Monopole UGB antenler**

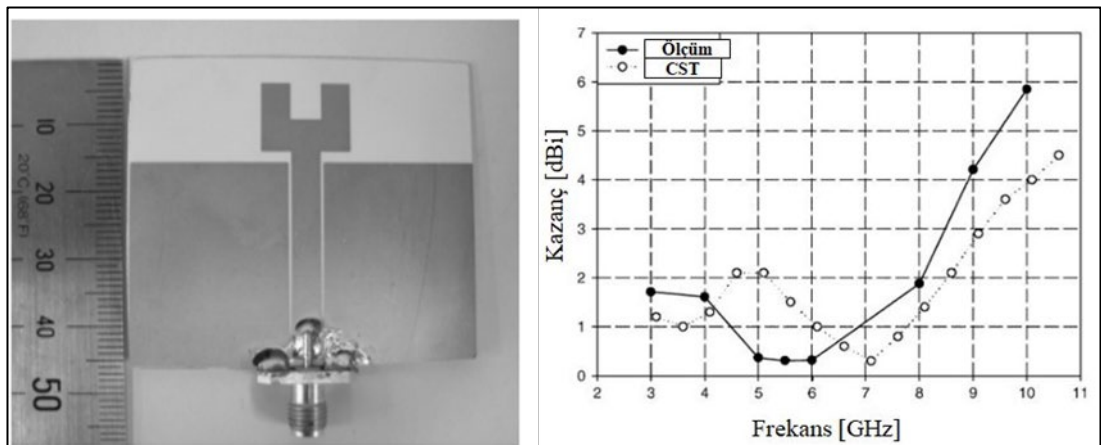
Baskı UGB monopole antenler genellikle monopole bir yamadan ve toprak düzlemini içerir. Her ikisi dielektrik tabakanın aynı düzleminde veya karşı düzlemlerde bulunur

ve bir mikroşerit veya eş-düzlemsel dalga kılavuzu (Co-Planar Waveguide, CPW) ile monopol yama uyarılır [8]. Bazı monopol yamaların geometrileri Şekil 2.3'te temsili olarak verilmiştir [8].



Şekil 2.3. Monopol yapı çeşitleri [8].

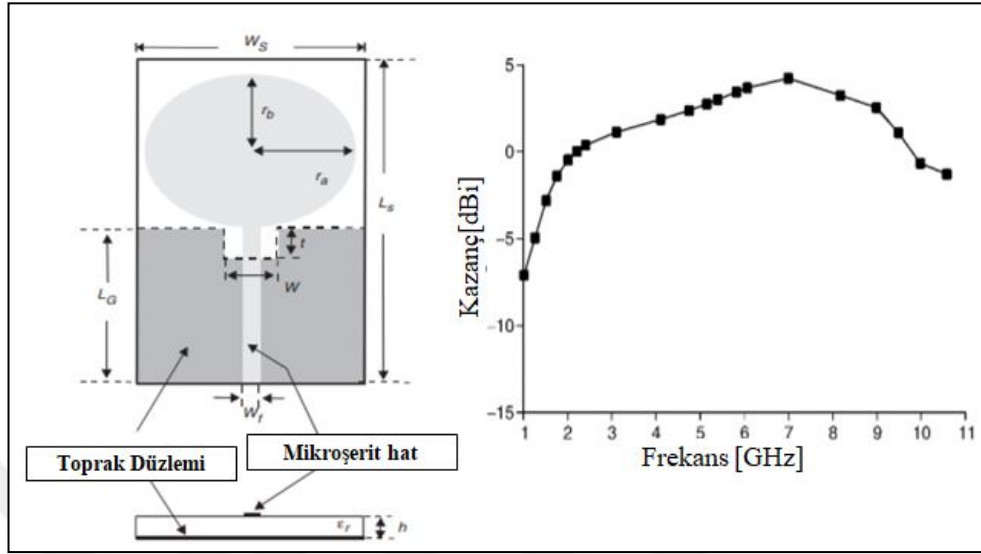
Monopol baskı UGB anten olarak yapılan çalışmalardan biri ( Kim vd., 2005) eş-eksensel besleme yapılmış 7,25 GHz empedans bant genişliğine sahip 3,3 ile 10,55 GHz aralığında Duran Dalga Oranı(DDO) 2'den küçük olan çalışmadır[9]. Anten şekli ve kazancı Şekil 2.4'te verilmiştir [9].



Şekil 2.4. Monopol UGB anteni ve kazancı [9].

Bir diğer mikroşerit hatla besleme yapılan eliptik düzlem anten çalışmada antenin toprak düzlemi kesilerek empedans uyumlaştırma yapılmıştır [10]. Bu UGB antenin

gösterimi ve kazancı Şekil 2.5'te verilmiştir [10]. Duran dalga oranının 3-11GHz frekans aralığında 2 değerinin altındadır.



Şekil 2.5. Eliptik monopol anten gösterimi ve kazanç grafiği [10].

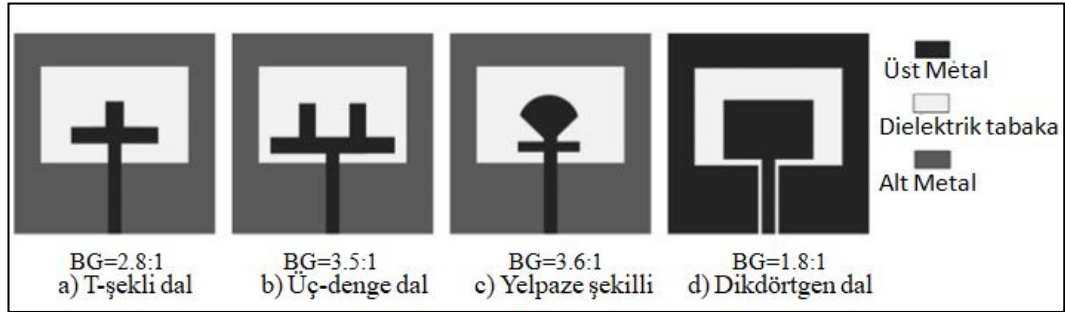
Tüm-yönlü olarak ışıma karakteristiğine sahip olan monopol antenler yüksek kazançla ihtiyaç duymayan iç ve dış mekanlar için kullanıma uygun kablosuz taşınabilir küçük boyutlu antenlerdir. [9], [10] referanslarında bulunan monopol yapılı anten uygulamaları kazanç bakımından performansı düşük olan antenlerdir. UGB çalışmalarının bir diğer kısmını teşkil eden ve düşük kazanç performansını iyileştirmeye yönelik geliştirilen çalışmalar antenin yönlülüğünü artırmaya yöneliktir. Dolayısıyla UGB yönlü antenler, anten kazancına -UGB monopol yapılarına nazaran- katkı sağlayan anten yapılarıdır.

### 2.1.2. Yönlü UGB Baskı Antenler

Tüm-yönlü ışıma karakteristiğine sahip olan UGB antenlere göre, daha yüksek kazanç gerektiren çeşitli uygulamalar için yönlü UGB antenler kullanılır. Bu kısımda birkaç yönlü UGB anten kategorisinde tanımlanan çalışmalara yer verilecektir.

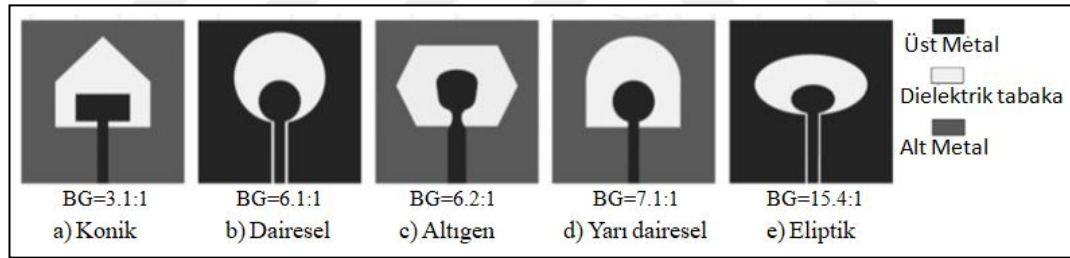
UGB baskı geniş-oluklu antenler, UGB uygulamaları için en uygun türlerdendir. Bu tür antenler yaygın olarak geniş bir oluk (slot, çerçeve) ve eş-eksensel besleme veya mikroşerit besleme hattına bağlı ayarlama bölümünden oluşur. Oluk yapısının çeşitli şekilleri arasında dikdörtgen geniş-oluk en basit yapısıdır. Dikdörtgen geniş-oluk temel alınarak, çeşitli empedans uyumlama sonlandırma (tuning stub) üzerinde

çalışılan, temsili geometrileri Şekil 2.6'da gösterilmiştir [8]. Bant genişlikleri oranı 1,8:1'den 3,6:1'a kadar değişir. Anten bant genişliği çoğunlukla besleme hatlarının yatay ve dikey genişlik ve uzunluğuna bağlıdır.



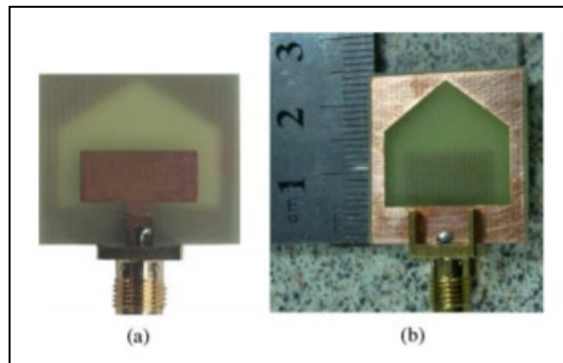
Şekil 2.6. Ayarlama bölümü çeşitli Şekilleri [8].

Akortlama Őekline kıyasla oluk Şekli anten bant genişliğini etkilemede daha önemli rol oynar. Şekil 2.7'de çeşitli geniş-oluk (ereve) Şekilleri verilmiştir örneğin, konik oluk, dairesel oluk, altıgen oluk vb. verilmiştir [8]. Bu sayede anten empedans bant genişliği oranları 3,1:1'den 15,4:1 oranını sağlayabilir



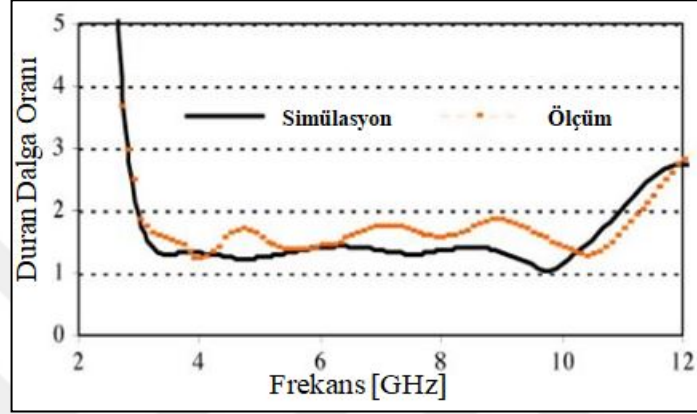
Şekil 2.7. Çeşitli geniş-oluk Şekilleri [8].

Azim ve arkadaşları konik-Şekli oluk (ereve) ve dikdörtgen ayar sonlandırma ile uyarımı sunmuşlar [11]. Gerçekleştirilen antenin fotoğrafı Şekil 2.8'de verilmiştir.

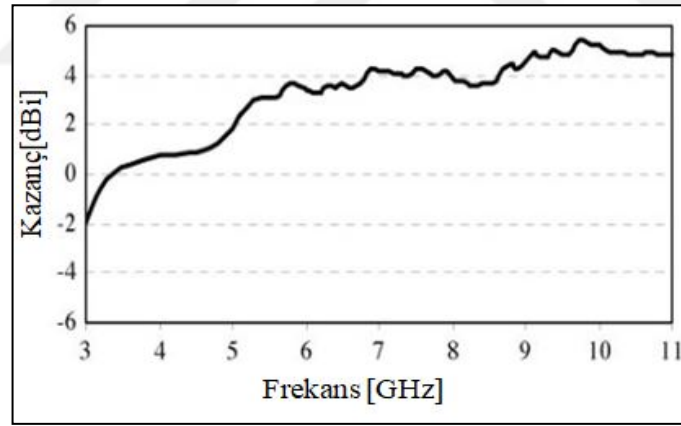


Şekil 2.8. Gerçekleştirilen antenin a) Üstten görünümü b) Alttan görünümü [11].

Sunulan anten, ışıma elemanı mikroşerit beslemeli dikdörtgen ayar sonlandırma ve toprak düzlemi konik oluk şeklindedir. Bant genişliği 3 ile 11,2 GHz arasında değişir, bu da 3,7:1 bant genişliği oranını sağlar. Mikroşerit hattın karakteristik empedansı  $50\Omega$  olarak alınmıştır. Sunulan anten D.D.O $\leq 2$  için 3-11,2 GHz arasında genişbant performansı sergiler. Şekil 2.9’da D.D.O’nun simülasyon ve ölçümü verilmiştir[11].



Şekil 2.9. Sunulan antenin Duran Dalga Oranı [11].



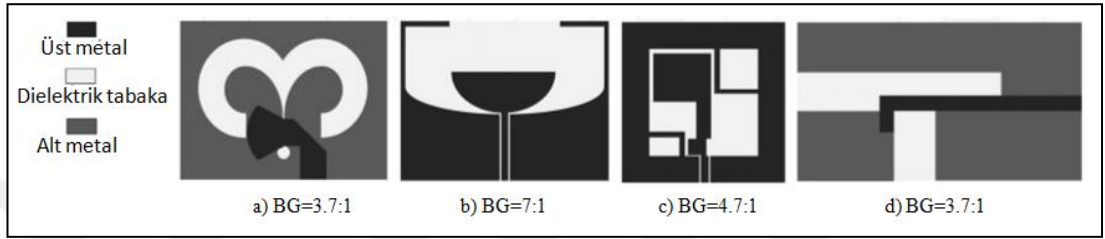
Şekil 2.10. Ölçülen anten maksimum kazancı [11].

Sunulan antenin tepe kazanç ölçüm sonucu Şekil 2.10’da gösterilmiştir. Şekilde sunulan antenin tepe kazanç ortalaması 3,6 dBi’ya sahiptir. Işıma örüntüsü yönlü hale gelerek maksimum gerçekleşen kazanç ise 9,8 GHz frekansında 5,4 dBi değerindedir.

İlgili makale incelendiğinde, oluk yapısı olmadığı antenin dar bantlı mikroşerit anten özelliği taşıdığı görülür. Geniş olukların kullanımı ayarlı sonlandırma (tuning stub) arasında yüksek seviyede elektromanyetik kuplajı sağlar. Bu nedenle ayar

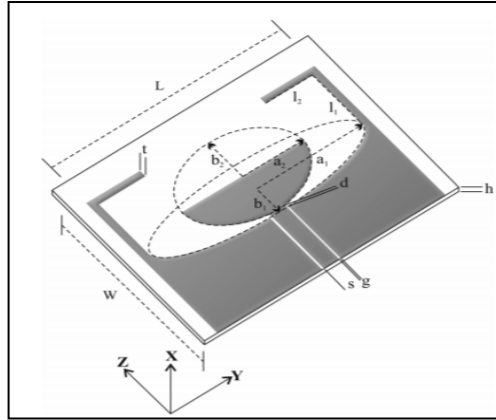
sonlandırma şeklinin ve oluk şeklinin değişimi bağlaşımı (coupling), böylece empedans uyumunu kontrol eder.

UGB uygulamaları için kullanıma uygun, yukarıdaki genel oluk veya ayar sonlandırma şekillerinden farklı, baskı oluk antenlerin birkaç özel geometrileri de mevcuttur. Bunlar, çift dairesel oluk, yarı-eliptik oluk, vb. geometriler Şekil 2.11’de gösterilmiştir [8].



Şekil 2.11. Geniş-oluk antenlerin için özel geometriler [8].

Bu tarz antenlerin çalışmalarından biri, Gopikrishna ve arkadaşlarının yarı-eliptik açıklık anteni tanıttığı çalışmadır [12]. Anten, yarı eliptik bir dal ile sonlandırılan bir eş-eksenli dalga kılavuzu hattına ve değiştirilmiş bir toprak düzlemine sahip olarak 7:1 bant genişliği oranına ulaşmıştır. Anten geometrisi Şekil 2.12’de verilmiştir [12].

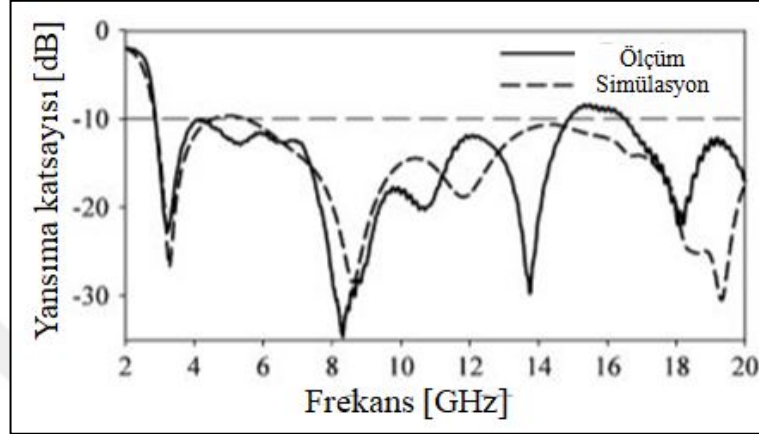


Şekil 2.12. Yarı eliptik açıklık anten geometrisi [12].

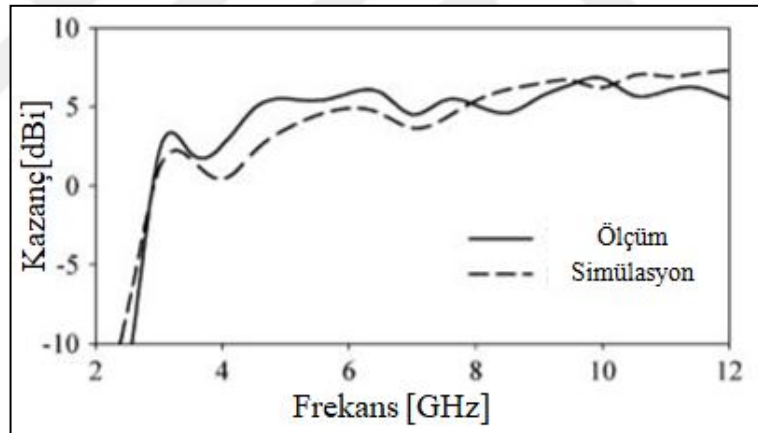
Bu antene ait yansıma grafiği ve kazanç grafiği sırasıyla Şekil 2.13 ve 2.14’te verilmiştir [12].

Eş-düzlemsel dalga kılavuzlu besleme yapısına ve modifiye toprak düzlemine sahip UGB antenin operasyonu için minimum zararlı yansımalar içeren kompakt

AÇIKLIK anteni önerilmiştir. Bu ve [11] antenlerin kazanç sonuçları UGB monopol antenine göre biraz yüksek ama genel olarak kazancın düşük olduğu görülür. Düşük frekanstan yüksek frekansa gidildikçe artan kazanç eğilimi hem monopol hem yönlü UGB antenlerin performanslarında görülür.



Şekil 2.13. Yarı-eliptik açıklık anten yansımaya grafiği [12].



Şekil 2.14. Yarı-eliptik açıklık anten kazanç grafiği [12].

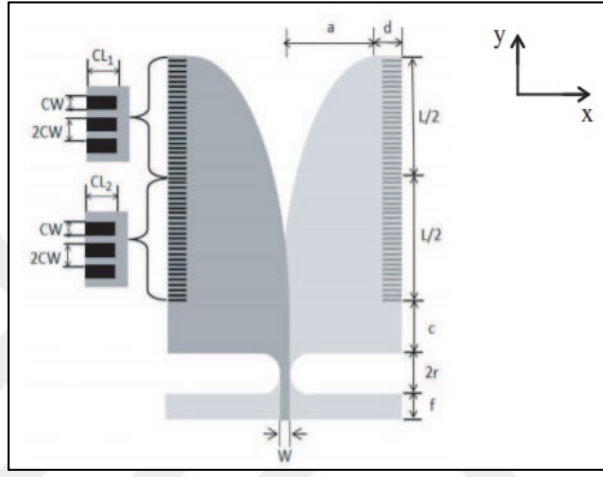
## 2.2. Diğer UGB baskı Antenleri

UGB monopol ve yönlü UGB antenlerinden farklı tasarımlara sahip, daha çok konvansiyonel antenlerin baskı düzlemine aktarılan anten çeşitleri ve bu antenlerin benzetim-ölçüm sonuçları bu alt başlıkta aktarılacaktır.

### 2.2.1. Yürüyen-dalga antenler

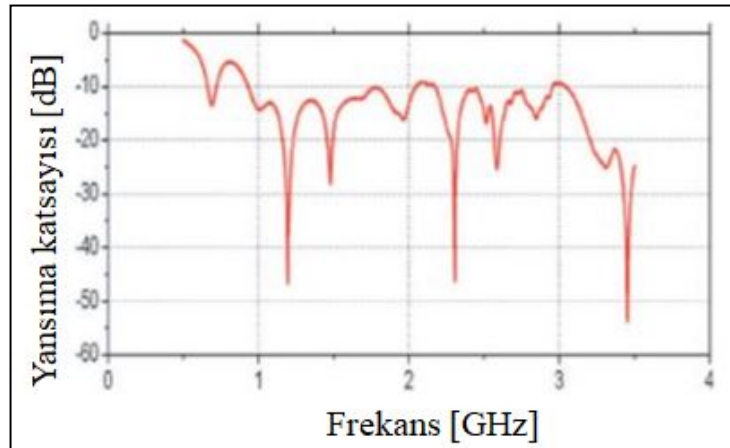
Anten uzunluğu boyunca duran dalga bulunmadığı antene yürüyen-dalga anteni denir. Yürüyen-dalga antenleri dalgayı düzgün kılavuzlamayı sağlar. Yürüyen dalga

anten rezonansız anten tipidir. Baskı UGB antenlerinden yüksek ve sabit kazançla sahip olan Konik-Oluklu anten türü Vivaldi anteni örnek verilebilir. Burada örnek olarak Vivaldi anteni odak olacak. Bunların ışınım örüntüsü dielektrik tabaka düzleminde tek yönlüdür ve düşük çapraz polarizasyona seviyesine sahiptirler. Yönlülük frekans ile artar ve bu antenlerle profil türüne bağlı olarak 10 dBi'ye kadar kazanç elde edilir [13]. Vivaldi antenin üstel kenarında oluşturulan oluklu yapısı Şekil 2.15'te gösterilmiştir [14].



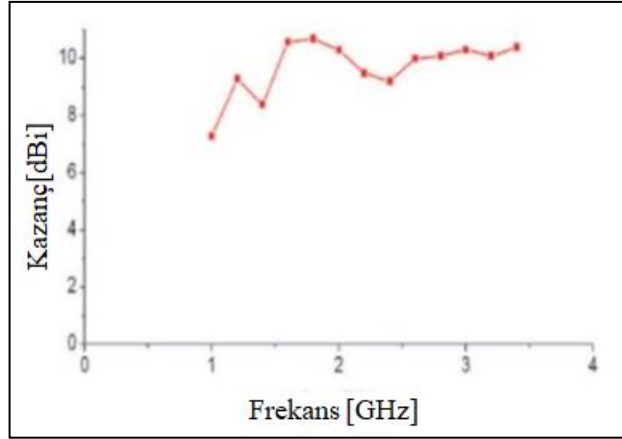
Şekil 2.15. Oluk Kenarlı Vivaldi Anteni [14].

Duvar arkası görüntüleme radarı için tasarlanmış olan bu antende, bu uygulama için gerekli olan karakteristikler şunlar: Yüksek kazanç, yeterli bant genişliği, portatif kullanım, dar lob genişliği ve vericiye kolaylıkla bağlanabilirlik [14]. Mikroşerit hat ile beslemesi yapılan bu antene ait frekansa bağlı geri dönüş kaybı ve kazanç grafiği sırasıyla Şekil 2.16 ve 2.17'de yer almaktadır [14].



Şekil 2.16. Geri dönüş kaybı ve frekans grafiği [14].



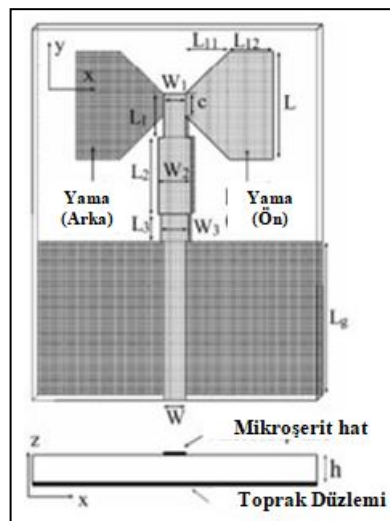


Şekil 2.17. Frekansa bağlı kazanç grafiği [14].

1-3,4 GHz arasında yönlü kazancı yukarıda verilmiştir.  $260 \times 310 \times 1,6$  mm boyutunda olan anten kazancı çalışma bant genişliği boyunca 7 dBi ile 10 dBi arasında olduğu görülür.

### 2.2.2. Frekans bağımsız baskı antenler

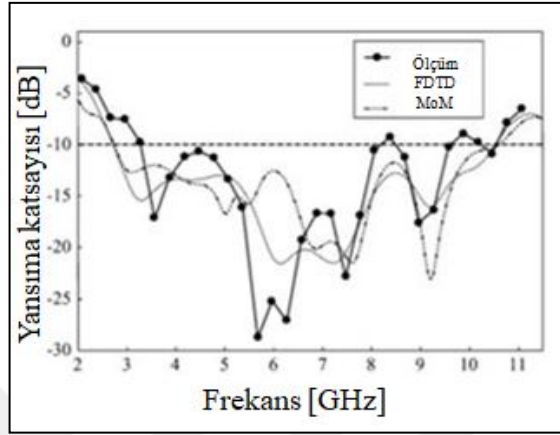
Frekans bağımsız antenler çok geniş çalışma bandı gerektiren uygulamalarda kullanılırlar. Frekans bağımsız antenler frekansa bağlı olarak neredeyse değişmeyen kazanç, ışıma örüntüsüne ve giriş empedansına sahiptirler. Bikonik, spiral ve log-periyodik antenler sıklıkla kullanılan antenlerdir. Bikonik antenin düzlemsel örneği papyon (bow-tie) antenidir. Bu antenin genel yapısı dielektrik tabaka üzerinde iki üçgen metal sacdan oluşur.



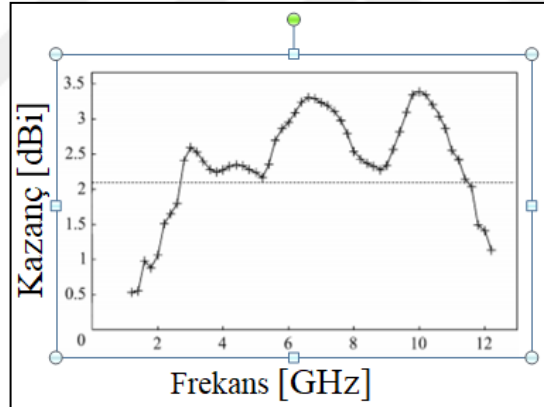
Şekil 2.18. Çift taraflı papyon anten geometrisi [15].

Şekil 2.18’de ultra geniş bant frekans bandında çalışan çift taraflı dipol baskı papyon anteni verilmiştir [15].

Alt tabakanın dielektrik katsayısı 6,15 ve boyutu 36×36×1,27 mm olan antene ait geri dönüş kaybı diğer nümerik yöntemlerle sonucu Şekil 2.19’da gösterilmiştir [15].



Şekil 2.19. Antenin geri dönüş kaybı [15].



Şekil 2.20. Antene ait kazanç [15].

Şekil 2.20’de benzetim programıyla hesaplanan anten kazancını göstermektedir [15]. Şekilde, kazanç 2,2-3,4 dBi arasında makul bir düzlüğe ama düşük bir kazançta sahiptir.

Buraya kadar 3,1-10,6 GHz frekans aralığında çalışan UGB mikroşerit antenlerin bakımından performansına odaklanıldı. UGB antenlerin sahip olduğu birçok avantajı yanı sıra düşük kazanç davranışı dezavantaj olarak söylenebilir. UGB frekans bandında kazanç artırımına çeşitli yöntem ve teknikler önerilmiştir. UGB baskı antenlerin kazanç artırımına yönelik bu yöntem ve teknikler Bölüm 4’te verilmiştir.

### **3. UGB MİKROŞERİT ANTENLERDE KAZANÇ ARTIRMA YÖNTEMLERİ**

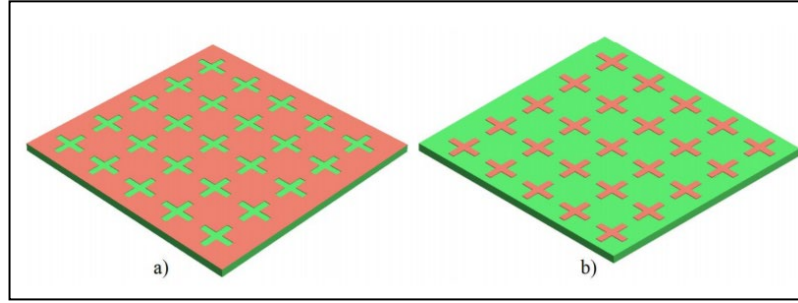
Son yıllarda UGB antenlerin yüksek kazançta olan ihtiyacı gidermeye yönelik çalışmalar artarak literatürde yerini almaya başlamıştır. Bu kısım, yüksek kazançta ihtiyaç duyulan uygulamalarda kullanılacak UGB antenlerin kazanç iyileştirmeleri için tercih edilen yöntemleri sunmaktadır. UGB anten kazancını artırmaya yönelik önerilen teknikler: Frekans Seçici Yüzeyler (FSY), Elektromanyetik Bant Boşluğu (EBB), Meta-malzemelerin yanı sıra antenin yüzeyine metalik levhaların monte edilmesi veya belirli aralıklarla konumlandırılması yöntemleridir.

Bu tezin de amacı olan UGB antenin kazanç artırma tekniğinden biri olan antenin yüzeyine metalik levhaların konumlanmasının anten kazancına etkisi üzerine çalışılmıştır. Bu alt başlıkta hem metal levhaların kullanılması üzerine literatürde yapılan çalışmalar hem de adı geçen diğer kazanç artırma teknikleri kısa bir şekilde gözden geçirilmiştir.

#### **3.1. Frekans Seçici Yüzeyler ile UGB Anten Kazanç Artırma**

Frekans seçici yüzeyler (FSY), çalışma alanı frekansına göre elektromanyetik dalgaları yansıtmak, iletmek veya yutmak için tasarlanan, düzlemsel FSY yapıları tipik olarak iki boyutlu periyodik yüzey çizimleridir. Alternatif olarak bilindikleri gibi elektromanyetik dalgaların, esas olarak frekans düzleminde filtreleri olarak kabul edilir. FSY yapıları, çoklu malzemelerin periyodik dizilerinden, metalik elemanlardan veya her ikisinin de etki (insidans) düzleminin birleşiminden kaynaklanan girişimi, paraziti kullanarak pasif olarak elektromanyetik dalgaları filtrelemek için kullanılır. Bu girişim, başka frekansların geçmesine izin verirken belirli frekansları filtreleyen bir frekans seçici cevabına neden olur [16]. FSY yapıların aynı zamanda açılmal spektrumu da filtreleyebildikleri bilinmektedir, bu da dalgaların sadece uygun gelme açıların yayılmasına izin verir [16]. Geleneksel olarak FSY, metalik yapılan bir veya iki boyutlu dizi olarak düzenlenmiş özdeş elemanların periyodik dizisi olarak tanımlanır. Özdeş elemanların periyodik dizilerinin olası tüm

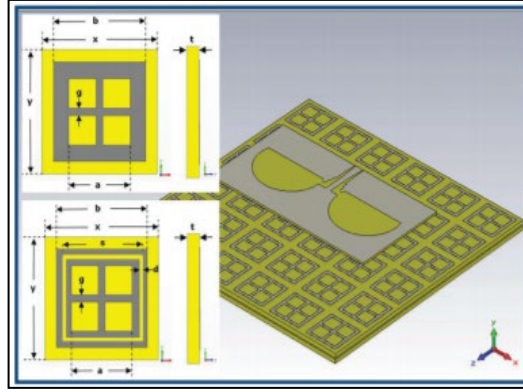
kombinasyonları dipol dizileri ve açıklık dizileri olarak iki sınıfa kategorize edilebilir. Bu iki alt sınıfın örnekleri Şekil 3.1’de görülebilir [16].



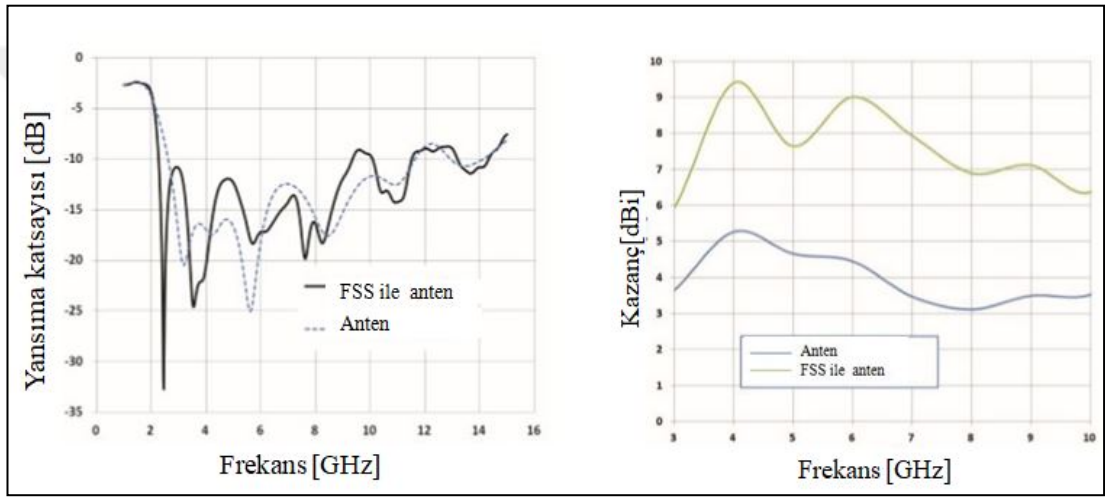
Şekil 3.1. Bir dielektrik tabaka üzerinde metalik FSY örnekleri a) Açıklık dizi b) Dipol dizi [16]

Dipol alt sınıfı FSY dizileri için geometrik şekilleri farklı olsa da çalışma fenomenleri aynıdır. Gelen bir dalga FSY dipol dizilerine ulaştığında, ulaşan dalga metalik elemanlarda elektrik akımı indükler. Metalik elemanlarda oluşan akım elemanların içindeki elektronlar salınımı(osilasyon) başlatır. Bu elektron salınımı, sırayla yayılan küçük antenler olarak kendi elektrik alanlarını üretmeye başlar. Elemanlar ile gelen düzlem dalga arasında ışınma girişimi bu yapılarda frekans seçicilik yanıtı üretir. Açıklık dizi alt sınıfları bir farkla dipol dizilerle aynıdır. Metalik elemanlar üzerinde elektrik akımların salınışını indüklemek yerine, gelen dalga düzlemi metalik yüzey üzerinde manyetik akımların salınışını indükler.

Anten kazancını artırmada-dar bantlı olsun geniş bantlı olsun- FSY yapıları sıklıkla başvurulan yapıların başında gelir. Periyodik eleman üzerinde akım indüklenmesiyle her biri küçük anten görevi görmesi ve yansıtıcı özelliği ile kazanç artırımı üzerine katkılar sunar. UGB bandında çalışan baskı antenlerin kazançları kısıtlı oluşu, kazanç artırma teknikleri kullanmayı zorunlu kılmıştır. Aşağıda yansıtıcı amaçla kullanılan çok katmanlı FSY yapısı kullanarak UGB bandında kazanç artırmaya yönelik çalışma verilmiştir [17]. Eş-düzlemsel beslemeli yarı-dairesel açıklık antenin kazancını artırmak için iki katmanlı FSY yansıtıcı gibi davranarak sağlar. Şekil 3.2’de anten ve belli bir mesafeye konuşlandırılan FSY ve FSY birim hücreleri verilmiştir [17]. Parametrik çalışmalarına göre anten ile FSY ekranı arasında 10 mm uzaklık bulunmaktadır. Bu uzaklık merkez frekansın (6,85 GHz) dalga boyunun yaklaşık olarak dörtte bir oranına denk gelmektedir. Yansıma katsayısı ve kazancı Şekil 3.3’te verilmiştir [17].



Şekil 3.2. FSY birim hücre ve FSY katmanı ile anten [17]



Şekil 3.3. Anten ve FSY ile anten yapısının yansımaya katsayısı ve kazanç grafikleri [17]

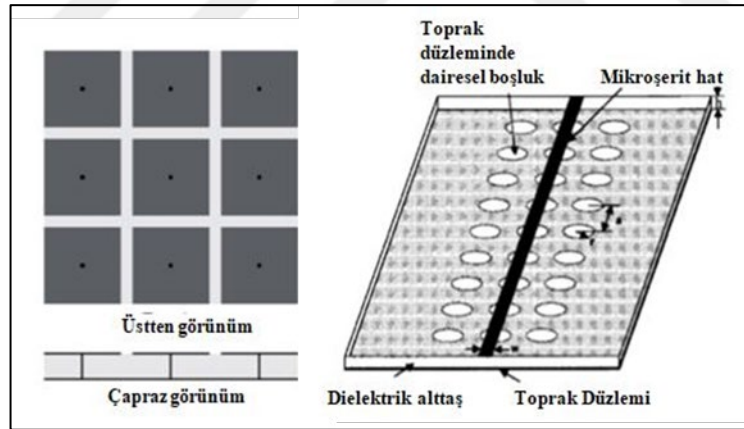
İki katmanlı FSY yansıtıcı kullanılması tüm frekans bandı üzerinde kazancı arttırırken FSY yansıtıcı, antenin geri dönüş kaybını önemli ölçüde etkilemediği görülür. Minimum kazanç artışı UGB bant aralığının sonunda 2,5 dB, maksimum kazanç iyileştirmesi 4 dB 4,2 GHz frekansındadır. Genel olarak FSY, UGB bant aralığında düşük frekanslarda iyi oranda kazanç artışı sağladığı görülür. Bu ve benzeri kazanç artırma için FSY yansıtıcı yüzey olarak kullanılır. Bu yöntemin dezavantajı, bütün bandı kapsayacak FSY yapısının birden fazla tabakadan meydana gelmesi ve antenin boyutlarını ciddi oranda büyütmesidir.

### 3.2. Elektromanyetik Bant Boşluklu Yapı (EBB) ile Kazanç Artırma

Genel olarak baskı antenlerde özel olarak UGB baskı antenlerden daha çok dar bantlı çalışan baskı antenlerde kazanç veya bant genişliği arttırmada kullanılan

Elektromanyetik Bant Boşluklu Yapı (EBB) tekniğın kullanılmasıdır. EBB tekniğının gözlemlenebilir karakteristikleri frekans bant-durduran, bant-geçiren özelliğidir. Filtre tasarımları, ızgara (gratings), frekans seçici yüzeyler (FSY), fotonik kristaller ve bant boşlukları (Photonic Band Gap, PBG) vb. uygulama alanlarına bağılı olarak bu yapıları sınıflandırmak için çeşitli terminoloji kullanılmıştır. Bu yapıları “Elektromanyetik Bant Boşlukları” EBB’nin geniş terminolojisi altında sınıflandırma tercih edilir [18].

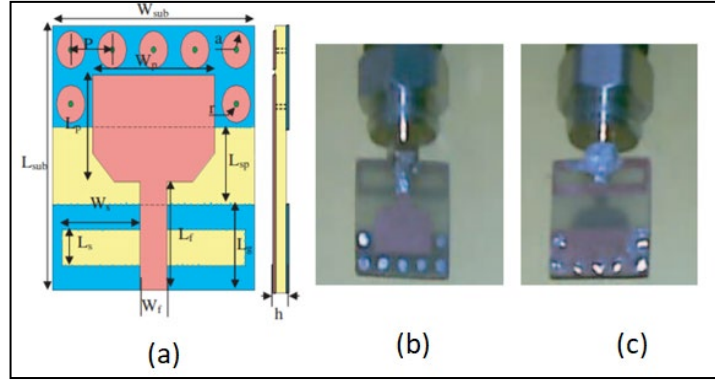
EBB yapılar metallik veya dielektrik elemanlardan oluşan periyodik hücrelerdir. Metallik malzemeler periyodik olarak mantar şeklinde eklenmesi, dielektrik altağa ise açılan oyuklar şeklinde tasarlanır. Bu periyodik EBB yapıları mükemmel elektrik iletkeni olan (Perfect Electrical Conductor, PEC) toprak düzlemi üzerinde veya ışımayı sağlayan yama çevresine yerleştirilerek antenin verimsiz ışımaya neden olan yüzey dalgalarını, iletken üzerinde yüzey akımlarını ve arka lobları bastırır. Bu özelliğı ile anten kazancına katkı sağlar. Şekil 3.4’te mantar benzeri EBB ve dielektrik altağ üzerinde oluşturulan EBB gösterilmiştir [18].



Şekil 3.4. Mantar-benzeri EBB ve Dielektrik altağ üzerinde periyodik EBB [18].

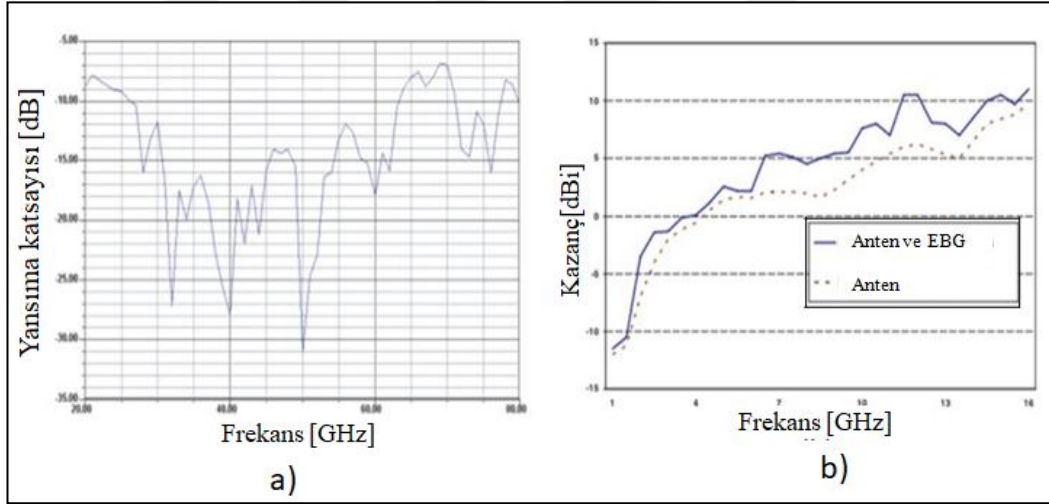
EBB ve türevlerin kullanıldığı çalışmalar daha çok dar bantlı baskı antenler uygulamalarıdır. UGB baskı antenlerde kazanç iyileştirmesi için EBB yapıların kullanıldığı çalışma fazla bulunmamaktadır.

EBB yapısını kullanarak UGB mikroşerit antenin kazancını artırmayı hedefleyen çalışmaya örnek olarak [19] referans verilebilir. Şekil 3.5’te anten ve EBB yapısının geometrisi ve gerçekleştirimi verilmiştir [19].



Şekil 3.5. Anten ve EBB yapısının a) geometrisi b) gerçekleştirimin alt gösterimi c) gerçekleştirimin üst gösterimi [19].

Küçük dairesel yamalar şeklinde olan EBB yapıları antenin ışımaya yapan kısmının etrafına kısmi toprak düzleminden pimler ile tabakaya nüfuz ederek periyodik mantar benzeri bir yüzey oluşturulmuştur. Bu çalışmanın geri dönüş kaybı ve kazanç grafiği Şekil 3.6'da verilmiştir [19].



Şekil 3.6. Anten ile EBB yapısının a)Yansıma katsayısı grafiği b) Kazanç grafiği [19].

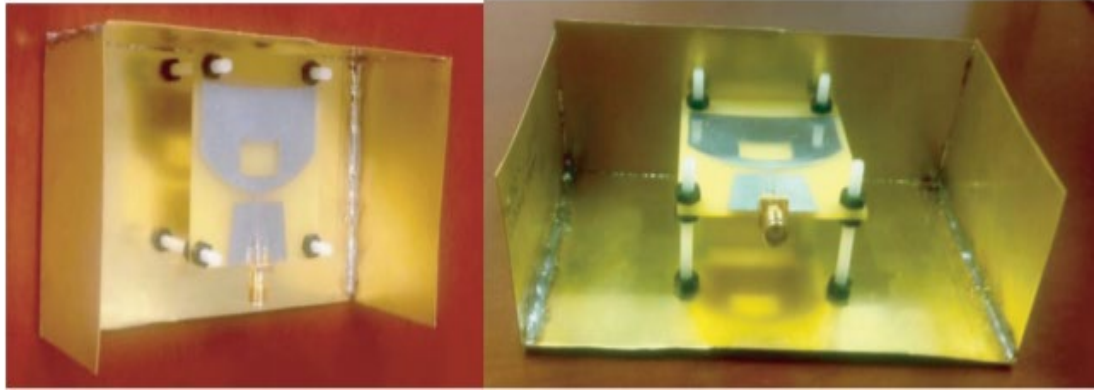
Tasarlanan antene EBB yapısı uygulanması sonucunda yansıma katsayısında iyileşme ve kazanç ortalamasını 6,5 dBi sağlamıştır.

### 3.3. Boşluk-Destekli Yapı ile Kazanç Artırma

UGB frekanslarında anten kazancını iyileştirmek için kullanılan yöntemlerden biri boşluk-destekli (Cavity-Backed) yapıdır. Dar bantlı antenlerde sıklıkla kullanılan,

ultra geniş bantlı antenlerde nadiren kullanılır. Boşluk destekli yapı antenin tasarımına göre şekillenir. Dikdörtgen ve silindir şekilleri genellikle kullanılan şekillerdir. Antenin kazancını artırmak için anten ön tarafı hariç diğer taraflara metalik reflektör yerleştirilmesiyle oluşturulur. Bu düzenleme antenin etrafında kutu şeklinde bir boşluk olarak tasvir edilebilir. Boşluğun (Cavity) kullanılması ışımaları yönde yoğunlaştırarak yönlü bir ışıma sağlar.

Etkili yansıtıcı tasarım için ana parametre ana ışıtıcı eleman ile metalik arka duvar arasındaki uzaklıktır. Bu parametre anten empedans uyumluluğu ve kazancını etkiler. Boşluk destekli yapı ile anten kazancını artırmaya yönelik çalışmanın fabrikasyon hali Şekil 3.7’de verilmiştir [20].



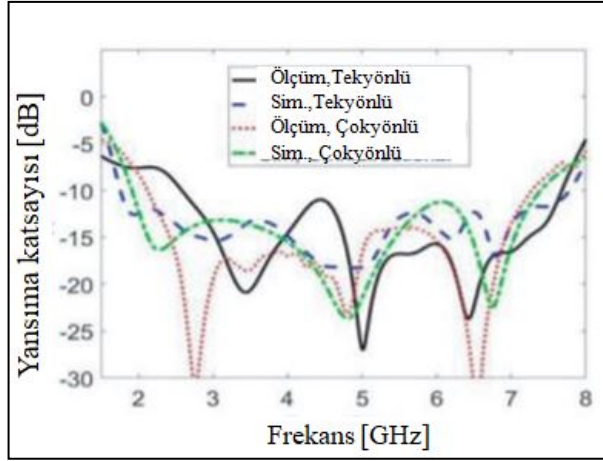
Şekil 3.7. Anten ve boşluk-destekli yapı üretim [20].

Anten çalışma frekansı 2 ile 6,5 GHz olan tüm yönlü olan eş-düzlemsel beslemeli monopollü antene uygulanan dikdörtgen biçiminde metalik yansıtıcı boşluk destekli yapının kullanılması ile antenin ışımalarını yönlü hale getirmeyi düşünülmektedir [20].

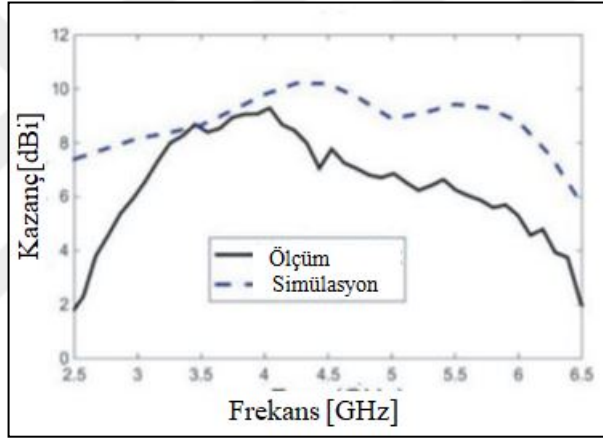
Bu çalışmaya göre elde edilen ölçüm ve benzetim sonuçlarına göre antenin ve antene uygulanan boşluk destekli halinin geri dönüş kaybı ve belirli uzaklığa konulan reflektörün kullanılması ve sadece antenin kazanç grafikleri sırasıyla Şekil 3.8 ve 3.9’da verilmiştir [20].

Boşluk destekli kullanarak yüksek kazançlı yönlü UWB anten tasarımı sunan bir başka çalışmada ise [21], anten etrafına yerleştirilen metalik oyuk ve antenin ön kısmına belli uzaklıkta yerleştirilen kümelenmiş parazitik yama (Stacked Parasitic Patch, SPP) çalışmasıdır. Bu çalışmanın benzetim modeli ve blok diyagramı Şekil 3.10’da verilmiştir [21].

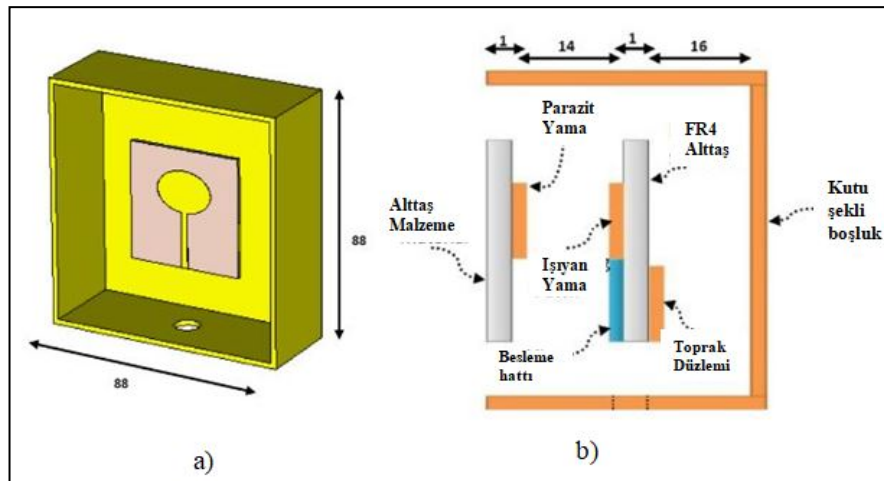




Şekil 3.8. Anten ve antene uygulanan boşluk destekli yapının yansımaya kaybı ölçüm ve benzetim sonuçları [20].

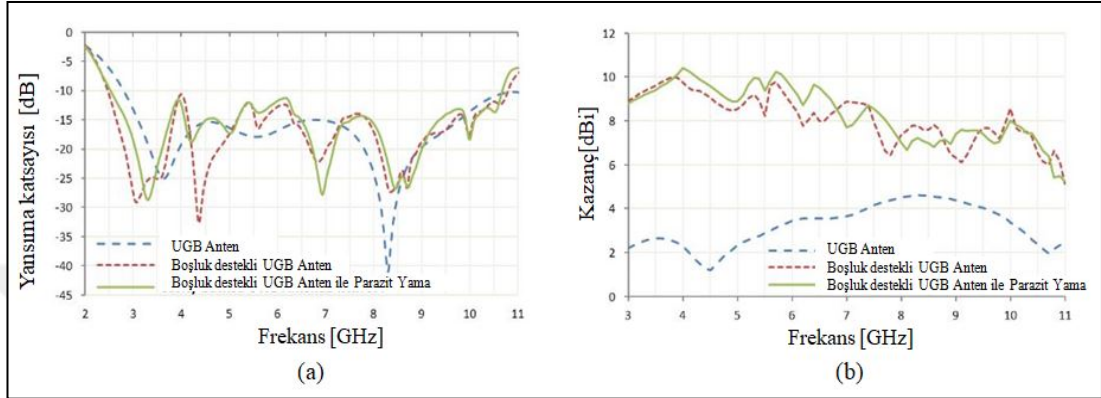


Şekil 3.9. Antene uygulanan boşluk destekli yapının ölçüm ve simülasyona ait kazanç grafiği [20].



Şekil 3.10. (a) Boşluk destekli UGB anten benzetim modeli (b)Boşluk destekli UGB anteni blok modeli [21].

Çalışılan bant genişliği 3,1-10,6 GHz aralığında olan UGB monopol anteni ön yüzü hariç tüm taraflara metalik reflektör yerleştirilerek kutu şeklinde boşluk destekli anten sunulmuştur. Boşluk destekli yapı içinde mikroşerit hat beslemeli antenin karşısında parazit bir yama konulmuştur. Bu yapıya ait geri dönüş ve kazanç grafikleri şekil 3.11’de verilmiştir [21].



Şekil 3.11. UGB anteni, Boşluk destekli UGB Anten, Boşluk destekli UGB anteni ile parazit yama (a) Geri dönüş kaybı (b) kazanç sonucu [21].

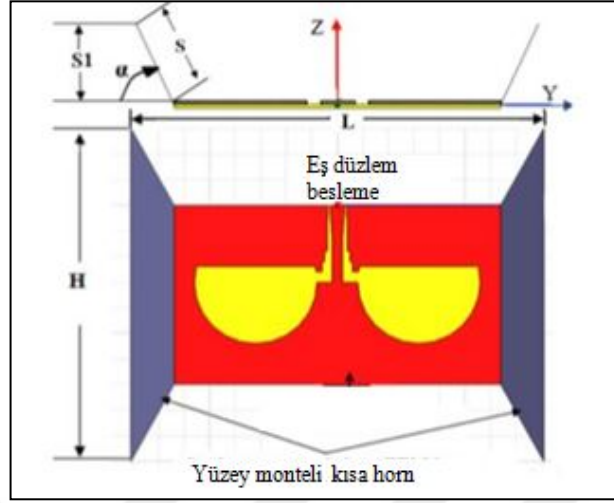
Sonuçlardan görülebileceği gibi boşluk destekli yapı kullanılması UGB frekans bandının tümünde kazanç artışı sağladığını, antenin arka lobları yansıtarak ön loba yönlülüğü sağladığı belirtmektedir. Maksimum kazanç artışı 8 dBi katkı sağlamıştır.

Boşluk destekli yapının antenin kazancını artırmaya yönelik çalışmalar daha çok dar bantlı uygulama eksenli olmasına rağmen, az da olsa UGB bandı uygulamalarında da kullanılır. Kazanç artırma, yüksek yönlülük elde etme gibi uygulamalar için tercih edilen yaklaşımdır.

### 3.4. Yüzey Monteli Metal Plakalar ile Kazanç Artırma

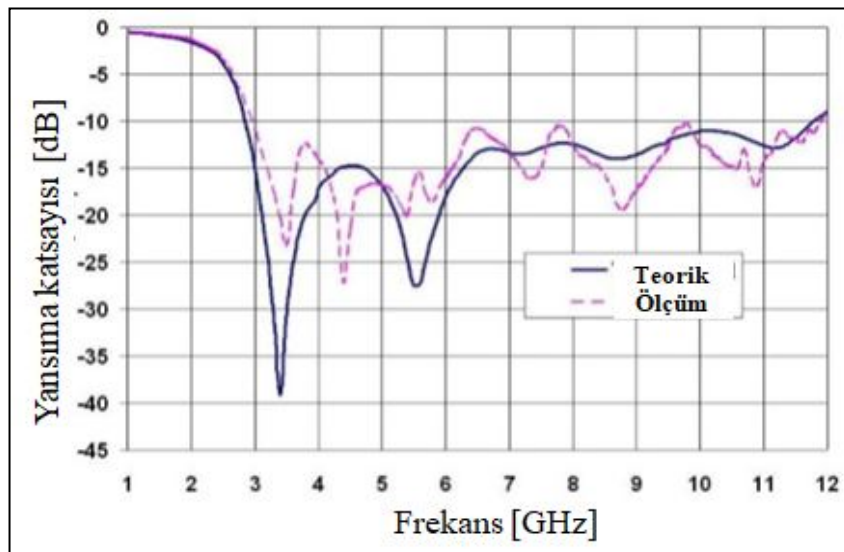
Kısa horn veya metal plakalar kullanarak anten kazancını artırmaya yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Görece dar bantlı çalışmalara başarılı şekilde uygulansa da geniş bantlı uygulamalarda son zamanlarda çalışılmıştır. Yüksek kazanç erişmek için genel olarak yama veya UGB antenin yüzeyine metal levhalar eklenmesi temelde TEM horn anteni analogisine dayandırmasıdır. Yüzey monteli kısa horn kullanarak kazanç artırmayı hedefleyen yapıları sıklıkla ortaya koyanlardan Ranga ve arkadaşlarının [22], [23] çalışmaları örnek verilebilir. [22]’te, eş-düzlemsel beslemeli yarı dairesel UGB anteninin yüzeyine TEM-benzeri horn, kısa iki plaka

yerleştirilerek anten kazancında yaklaşık 3dB artış sağlamaktadır. Şekil 3.12’de kısa horn yapısıyla anten gösterilmiştir [22].

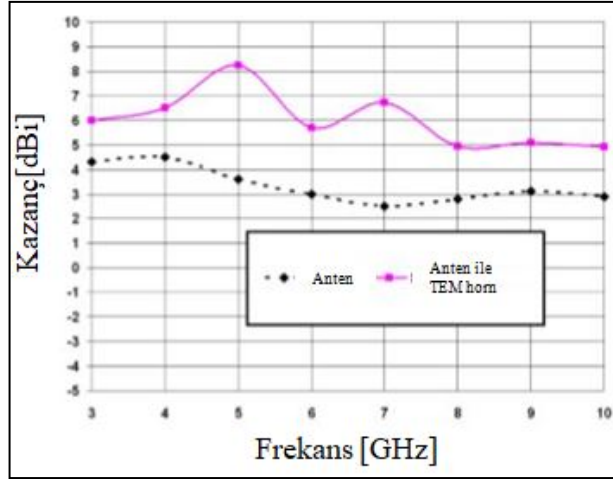


Şekil 3.12. İki kısa horn ile bütünleşik yarı dairesel açıklık anteni [22].

Bu yapıya ait parametreler- metal levhalar yatay eksenle açısı ( $\alpha$ )  $65^\circ$ , metal plakaların eğim uzunluğu ( $S$ )  $\lambda/5$  (en düşük frekansın) 20 mm ve metal plakaların tepelerinin genişliği olan ( $H$ ) 65 mm- en uygun değerlerine ulaşmıştır. İyileştirmeler sonucunda 2,88 GHz-10,66 GHz frekans aralığında uygun geri dönüş kaybına ve sabit kazanç elde edilmiştir. Sırasıyla Şekil 3.13 ve Şekil 3.14’te geri dönüş kaybı ve kazanç sonuçları verilmiştir [22].



Şekil 3.13. Kısa horn ile yarı dairesel açıklık anteni geri dönüş kaybı [22].



Şekil 3.14. Metal plakasız açıklık anten ile metal plakalar (S:20 mm) ile açıklık anten ölçülen kazançları [22].

Kazanç geliştirme aracı olarak iki kısa horn plakasının etkisini doğrulamak için yapılan bu araştırmada önerilen anten, tüm bant genişliği üzerinden  $6,5 \pm 1,5$  dBi kazanç aralığında değişim sergiler. Aynı zamanda antenin kazancı üzerinde  $3,5 \pm 1$  dBi aralığında artış bir sağlar.

#### **4. METAL LEVHALAR İLE ANTEN KAZANÇ ARTIRIMI**

UGB mikroşerit antenlerin yüksek kazanç gereksinimi olan uygulamalarda kullanımı için önceki çalışmalarda sunulan teknikleri Bölüm 3'te örnekleriyle birlikte özet olarak sunuldu. Bu bölümde UGB mikroşerit anten kazancını iyileştirme için tercih edilen yöntem metal plaka kısa horn (Bölüm 3.4) gibi yapının kazanç üzerinde etkisini incelemektir. Bu yapının tercih edilmesi daha pratik olması ve karmaşık olmayışı ile birlikte birçok kazanç artırma yöntemlerine göre daha iyi bir kazanç artışı sunmasıdır.

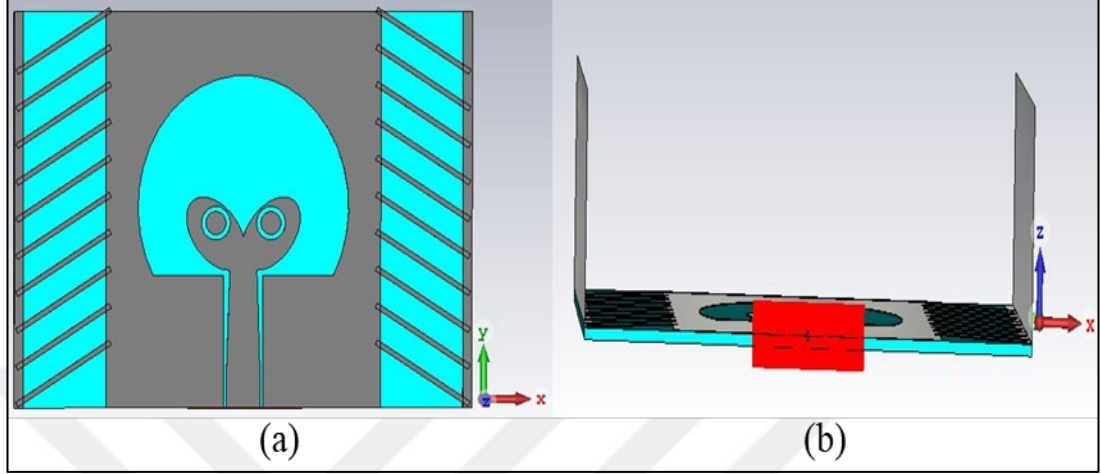
Metal levhaların antene eklentisinden sonra oluşan yapının maksimum yönlülüğe sahip doğrultuya FSY veya anten boyutundan birkaç milimetre büyüklükte herhangi bir huzme yansıtıcı metal levha ile ortaya çıkan hibrit tasarımın kazanç durumu 11-13 dBi'ye kolaylıkla ulaşabilir. Burada da UGB teknolojisinin bant genişliği/güç arasında meydana geldiği ödünleşim (tradeoff) gibi anten veya hibrit tasarımın kazancı/fiziksel boyut arasında da ödünleşim durumu ortaya çıkar. Bilindiği gibi anten boyutu (anten etkin yüzeyi) anten kazancına doğrudan katkıda bulunur. Yüksek kazanç gerektiren uygulamalarda anten boyutu bir noktadan sonra kazanç üzerinde fazla bir iyileştirme sağlamadığı, boyut/kazanç olarak bir doyum noktası bulunmakta. Bu fiziksel anten büyüklüğünden sonra kazanç istenilen seviyede değilse farklı yöntemlerin uygulanması gerekli olur.

Bu bölümde yüzey monteli metal plaka kısa horn tekniğinin tekrarı olmadan, tasarım bakımından farklı bir yaklaşımın kazanç üzerindeki etkisi ve artışı incelenmiştir. Bu tez çalışmasında yapılan tasarımların analizi CST Microwave Studio benzetim programı kullanılarak uygunlaştırmalar sonucunda hibrit yöntemle 11-13 dBi kazancına erişilmiştir

##### **4.1. UGB Eş-Düzlemsel Antene Metal Levha Etkisi**

Bu bölümde Eş-düzlemsel beslemeli 3,1-10,6 GHz UGB frekansı aralığında çalışan antene [23] metal levhalar uygulaması Şekil 4.1'de verilmiştir. İlk olarak [23]

referanslı çalışmada kullanılan anten üzerinden çalışmalar yapılmıştır. Anten  $100 \times 75 \times 1,524$  mm boyutunda ve dielektrik katsayısı ( $\epsilon_r$ ) 3 olan Arlon AD300 alttaşı kullanılmıştır.

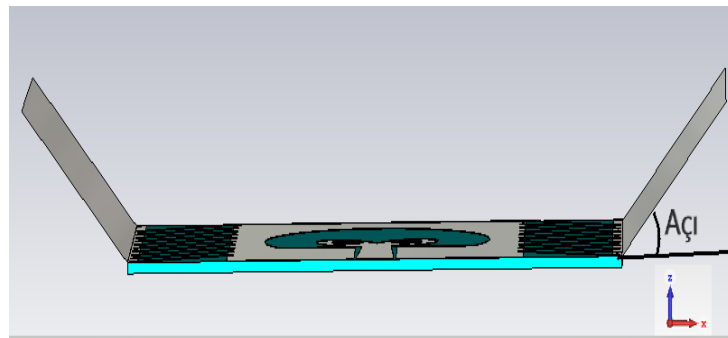


Şekil 4.1. (a) Eş düzlemsel beslemeli UGB anten (b) Anten ve levha yapısı.

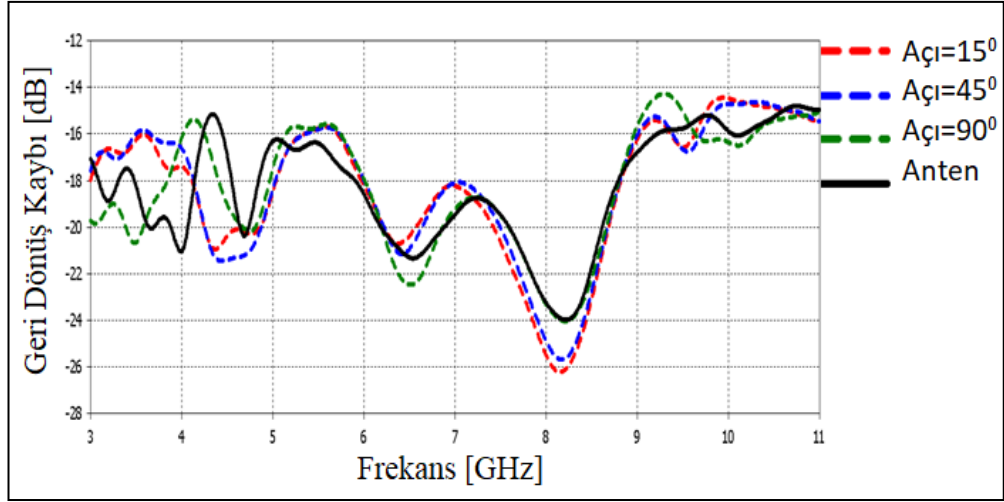
İlk önce antene bitişik halde konumlanan metal levhaların  $70 \times 30$  mm uzunluk ve yüksekliğinde PEC malzeme seçilerek yz düzleminde tanımlanmıştır. Bu bölümün uygunlaştırma aşamaları şöyle: Metal levhanın antenle x-ekseniyle yaptığı uygun açı, metal levhanın antenle x yönüne göre uzaklığı ve metal levhanın z doğrultusunda yüksekliği gibi temel üç aşamadır.

#### 4.1.1. Metal levhanın açı etkisi

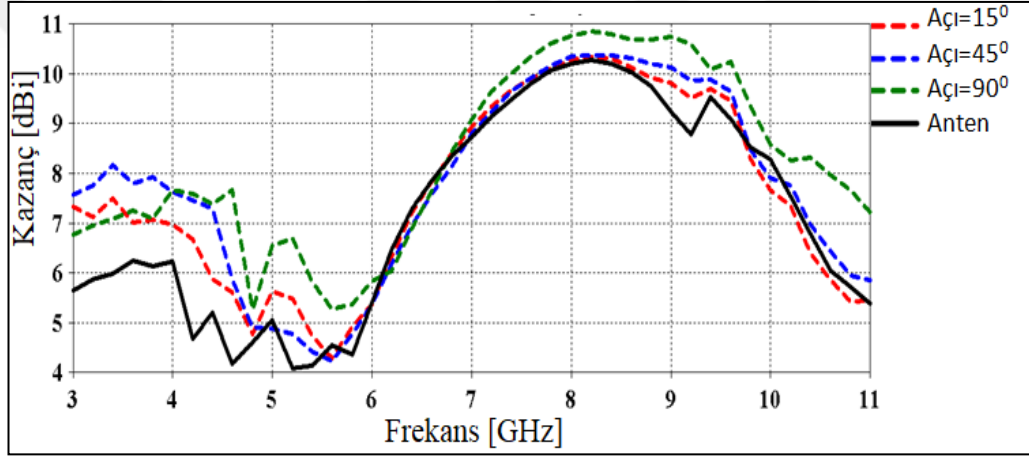
Bu başlıkta Şekil 4.1(b)'deki yapının, ilk aşamada antene bitişik halde olup metal levhaların antenle açılı yerleştirilmesinde etkisine bakılmıştır. Şekil 4.2'de açılı şekli ve açılara göre geri dönüş kaybı ve kazanç karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.2. Metal levhanın açı konumu.



Şekil 4.3. Antene metal levha eklentisi geri dönüş kaybı.



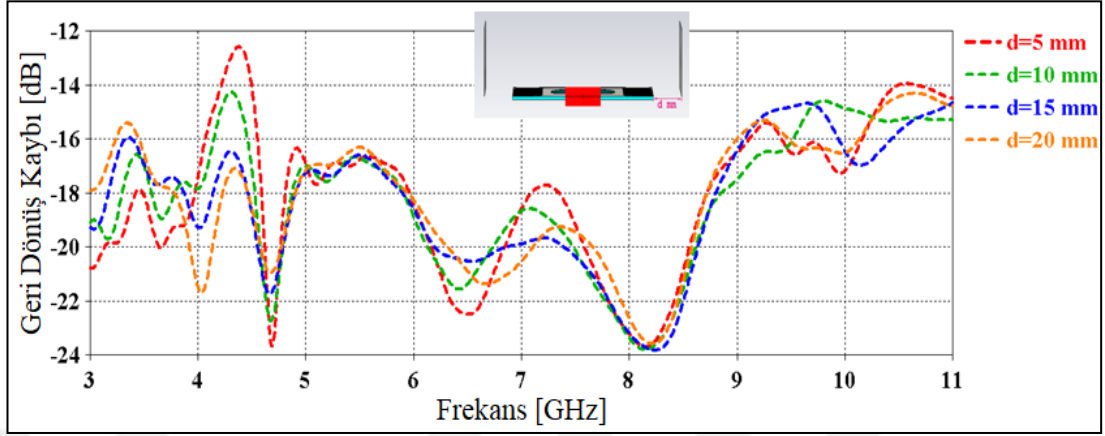
Şekil 4.4. Antene farklı açılarda metal levha eklentisinin kazanç grafiği.

Anten kenarlarına metal levha eklentisinin açığa bağlı olarak etkisi  $90^{\circ}$ 'lik açıda daha vurgulu artış sağladığı görülmüştür. Levhaların antenle x ekseninde yaptığı açının azalması diğer açılara göre kazanç üzerinde etkisi azdır. Azalan açı x-ekseninde anten genişliğini artırır ama kazanç üzerinde -antene dik açıyla konumlanmasına göre artış sağlamaz.

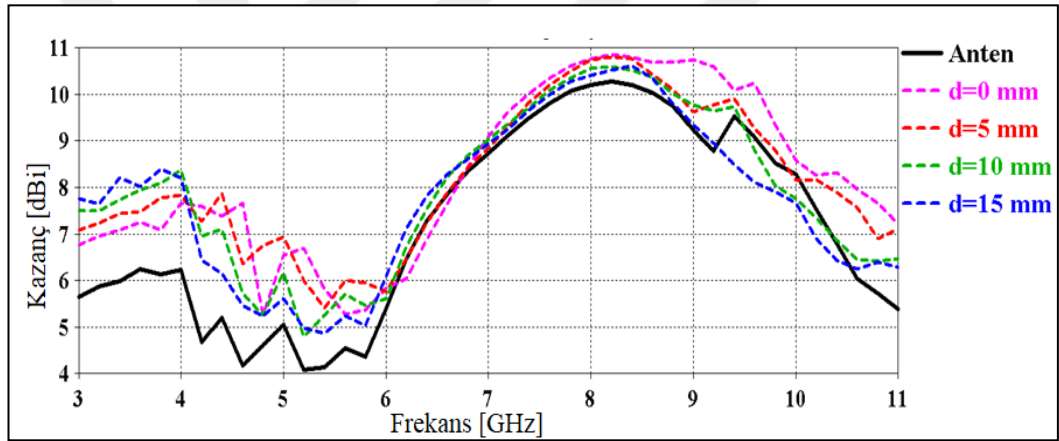
#### 4.1.2. Metal levhanın antenden uzaklık etkisi

Her ne kadar antenin altına kenarına bitişik halde konumlanan metal levhalar gerçekte antenin yama kısmından 20 mm uzaklıktadır. Metal levhaların antene yapışık halde olmaması durumunda nasıl bir etkiye sahip olduğu bu bölümde incelenecektir. Bununla ilgili önceki açı uygulamasında en iyi sonucu sağlayan  $90^{\circ}$ 'lik açıyla uzaklık etkisi baz alınıp uzaklık etkisine bakılacaktır. Şekil 4.5'te uzaklık

parametresi olan “ $d$ ” ile geri dönüş kaybı gösterilmiştir. Bu uzaklık değişkenlerin kazanca etkisi Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.5.d uzaklığa konumlanan levhaların geri dönüş kaybı.



Şekil 4.6.  $d$  uzaklıkta konumlanan levhaların anten üzerinde kazanç etkisi.

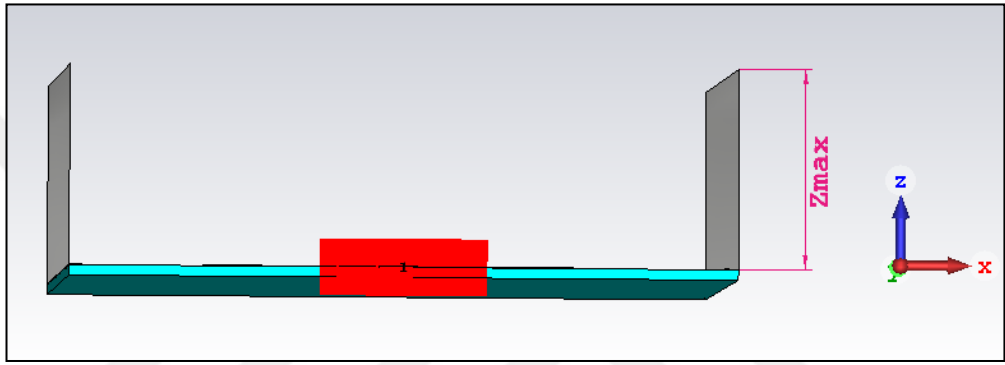
Metal levhaların antenden uzaklığı belirten “ $d$ ” parametresi, belirtilen değerlerde kazanç üzerinde artış sağlasa da metal levhaların anten alttaş düzlemine yakın konumlanması yüksek frekansta daha etkindir. Metal levhaların antenin ışırıyıcı dipol yamadan  $(20+d)$  mm kadar mesafede konumlanmaktadır. Bundan dolayı  $d$  parametresi artması, antenden uzaklaşması, metal levhaların kazanç bakımından daha az etkiye sahip olmalarına neden olur. Uzaklığın incelendiği bu kısımda  $d$  parametresi için  $d=15$  mm değeri için antenin kazancına 3-6 GHz arasında 2 dBi, 6-9 GHz arası maksimum 0,5 dBi kadar artırım sağlarken, 9-11 GHz arasında ise herhangi bir artış sağlamadığı sonuçlardan görülebilir. Parametrenin  $d=0$  mm yani metal levhaların anten platformuna bitişik olması 3-11 GHz aralığının sadece 6,08-6,75 GHz frekans aralığı hariç diğer tüm frekanslarda anten kazancı üzerinde



maksimum 3 dBi kadar artış sağlar. Çoğunlukla  $d=0$  mm değerinde anten kazancı üzerinde 2 dBi kadar artış sergiler.

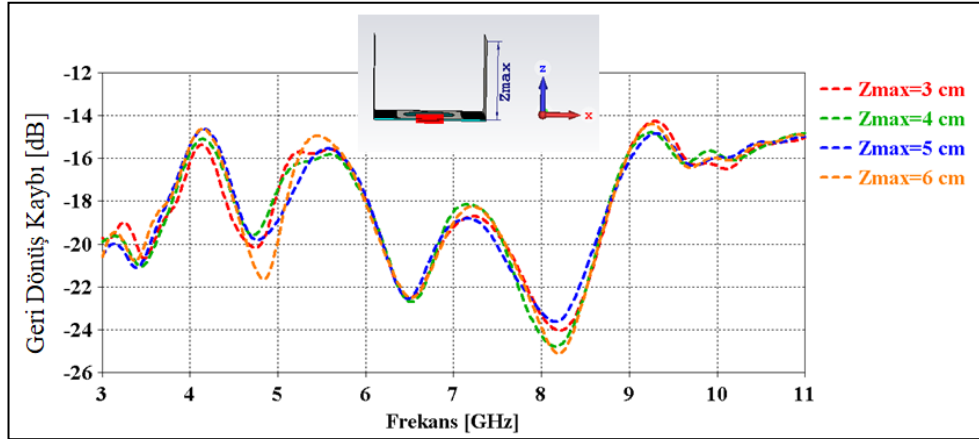
#### 4.1.3. Metal levhanın uzunluk etkisi

Metal levhanın z-eksenindeki yüksekliği " $Z_{max}$ " parametresinin kazanç üzerinde etkisi bu kısımda incelenmiştir. Önceki kısımda elde edilen en uygun sonuç olan  $d=0$  mm ve  $d=5$  mm üzerinden " $Z_{max}$ " parametresi etkisi incelenecektir. Şekil 4.7'de metal levhanın z eksenindeki yüksekliğini gösterilmiştir.

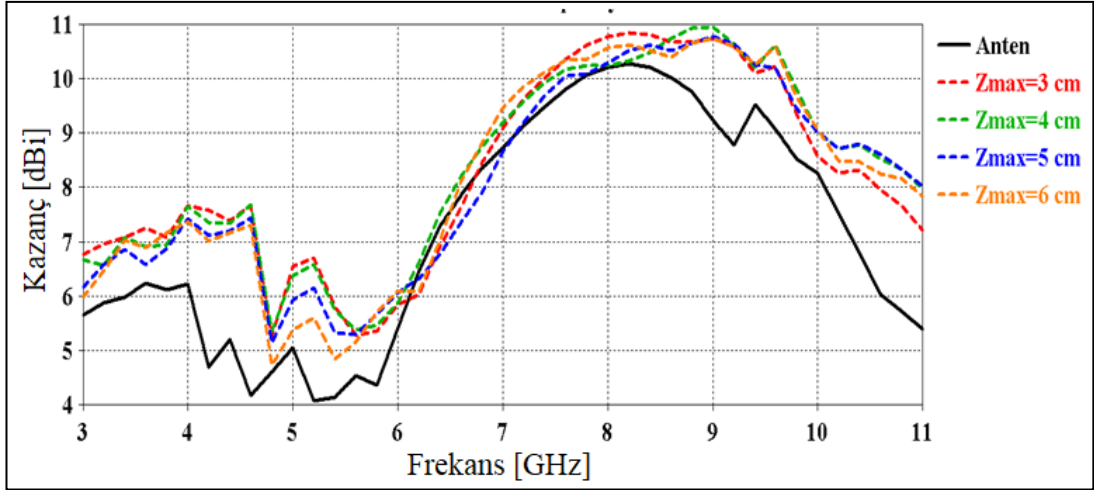


Şekil 4.7.  $Z_{max}$  gösterimi.

Metal levhanın etkisini incelemek için önceki benzetim programlarında  $Z_{max}=30$  mm alınarak sonuçlar elde edilmiştir. Metal levhanın boyutunun artmasının sonuçlara etkisini görmek için  $d=0$  mm ve açısı  $90^0$  değerlerindeki sonuçlar en iyi katkı olduğu için bu değerler baz alınmıştır. Şekil 4.8'de  $d=0$  mm değeri için  $Z_{max}$  parametresinin farklı değerlerdeki geri dönüş kaybı verilmiştir. Şekil 4.9'da frekansa bağlı kazanç sonucu verilmiştir.

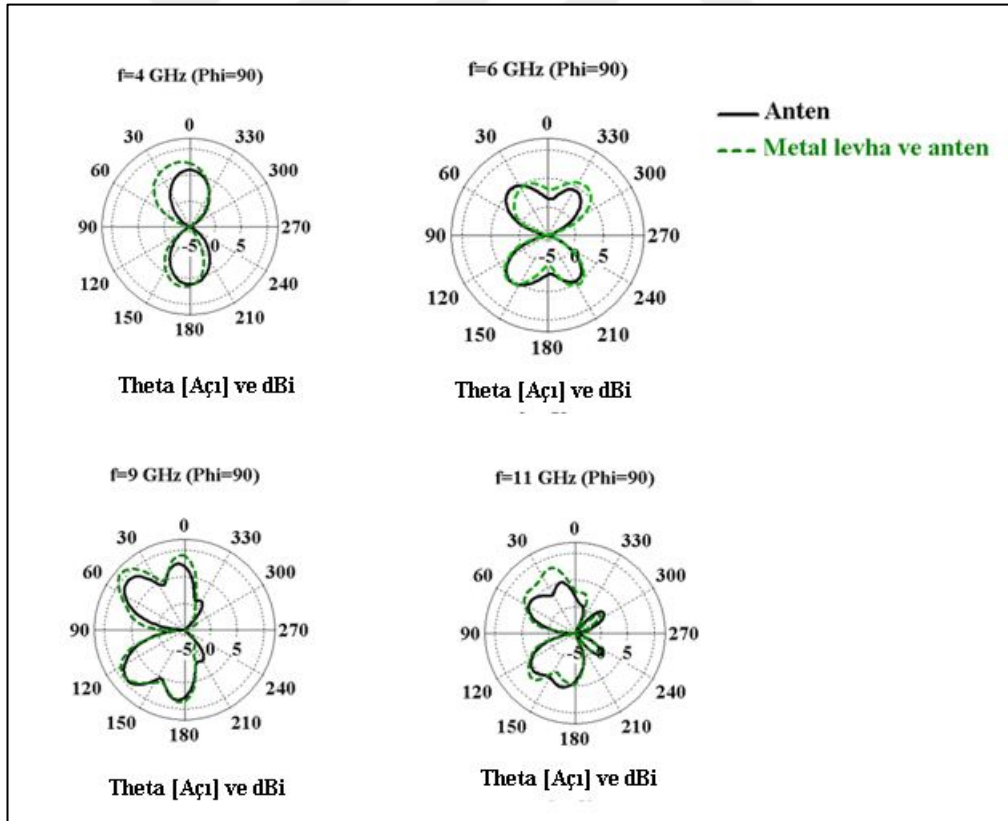


Şekil 4.8.  $Z_{max}$  metal levha uzunluk etkisi geri dönüş kaybı.



Şekil 4.9.  $Z_{max}$ , metal levha uzunluğunun kazanç etkisi.

Metal levhaların anten kenarlarına x-eksenine göre  $90^0$  açıyla bitişik olması halinde metal levhanın z-ekseninde boyutu artırılmasının kazanç üzerinde etkisi incelendiğinde  $Z_{max}$  40 mm değeri daha uygun sonuç verdiği görülür.

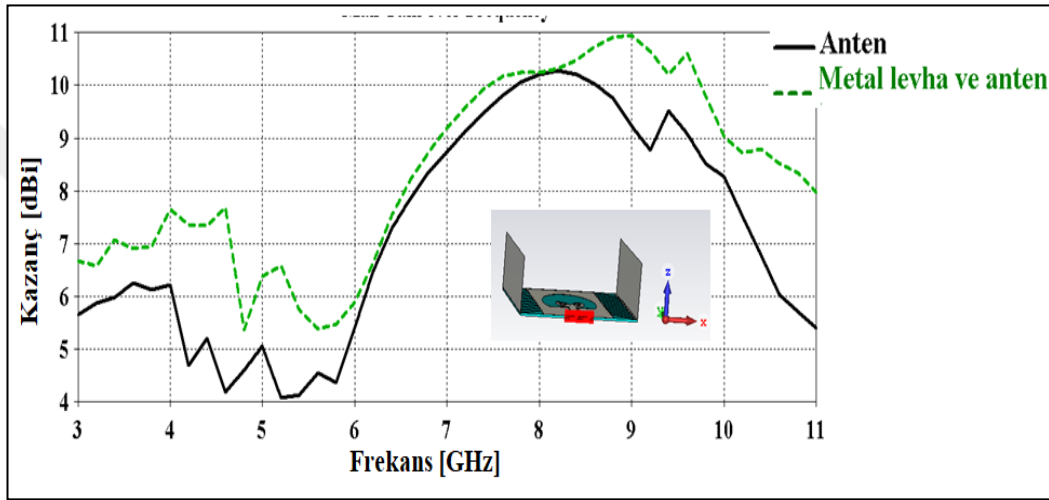


Şekil 4.10. Anten ve antene uygulanan metal levhaların ışınma diyagramları.

Metal levhaların bu çalışma için nihai değerleri yazıp en uygun değer için ışınma diyagramlarına bakılacaktır. Metal levhalar antenin x-ekseni ile  $90^0$ 'lik açıyla, antene

bitişik ve levhanın  $Z_{max}$  40 mm değerlerine sahip metal levhanın antene konuşlandırılmıştır. Bu yapının antene uygulanmasının etkisini görebilmek için Şekil 4.10'da sırasıyla 4 GHz, 6 GHz, 9 GHz ve 11 GHz frekanslarında ışınım diyagramları verilmiştir.

Işınım diyagramların E-düzlemi ( $\Phi=90$ ) yönlülük örüntüleri incelendiğinde metal levhaların antenin yönlülüğüne katkısı görülür. Son olarak uygun parametreler sonucunda konumlandırılan metal levhanın kazanç grafiği Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11. Anten ve antene uygulanan metal levhaların kazanç karşılaştırılması.

Bu bölümde daha önce [22]'te tasarlanan ultra geniş bantlı eş-düzlemsel beslemeli antene uygulanan metal levhaların kazanç bakımından antene etkisinin olup olmadığı sorusuna cevap bulmak için yapılan benzetim sonuçları incelenmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde metal levhaların kazanç artırma yöntemi olarak kullanılabilir olduğu görülür.

#### 4.2. Tasarımı Yapılan Antene Metal Levha Uygulanması

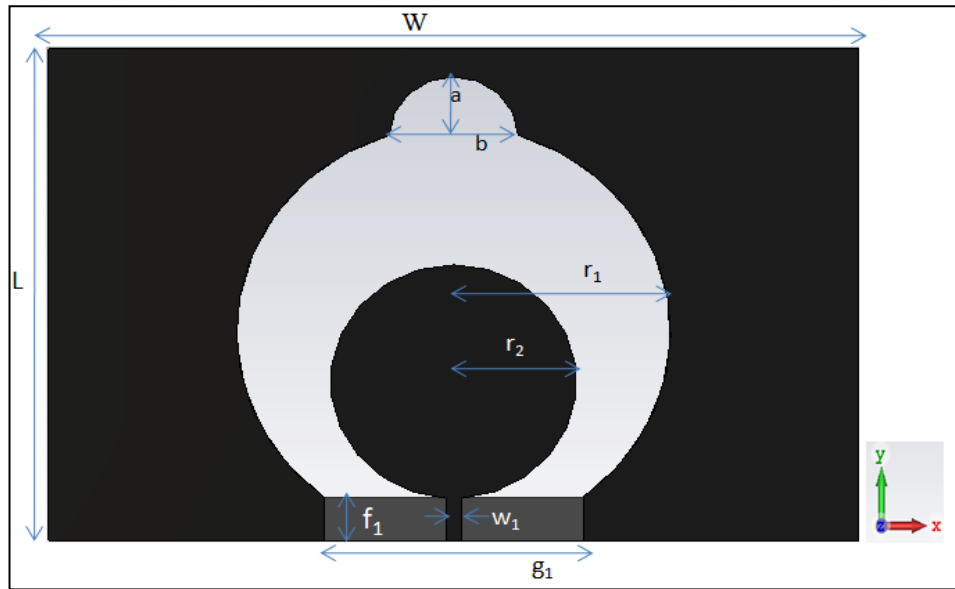
Bu kısımda ultra geniş bantlı mikroşerit hat beslemeli dairesel çerçevesel dairesel yama anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan antende 125 mm × 80 mm boyutunda olup dielektrik katsayısı  $\epsilon_r=2,2$ ,  $h=0,76$  mm kalınlığında olan malzeme kullanılmıştır.

Tasarımda kullanılan diğer parametreler Tablo 4.1'de yer almaktadır. Şekil 4.12'de anten gösterimi verilmiştir. Anten iki katmanlı olarak dielektrik tabakanın ön yüzü

dairesel çerçeve açıklık içinde dairesel yamayı mikroserit hat ile beslenmiştir. Tabakanın arka yüzü kısmi toprak bulunmaktadır.

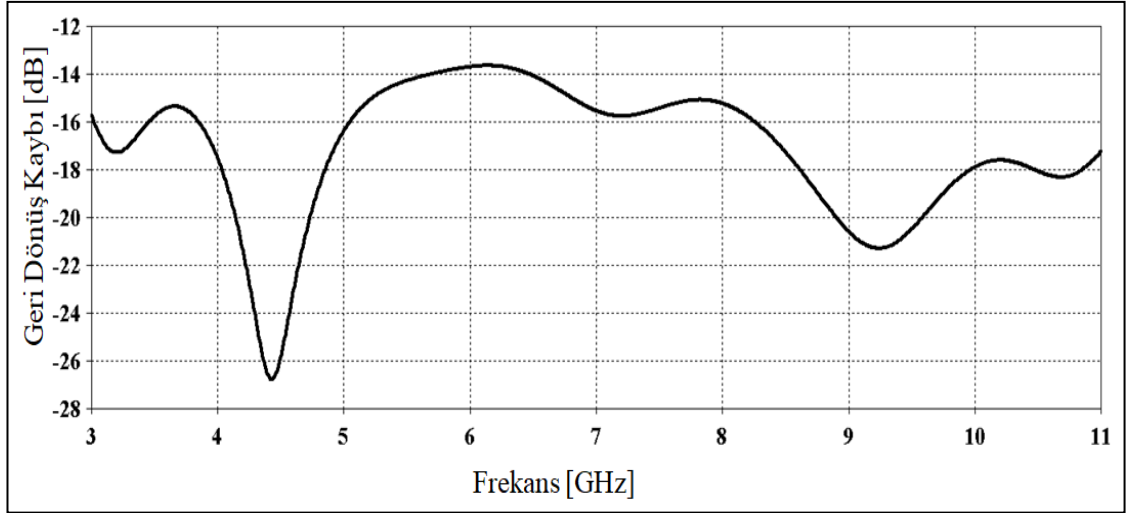
Tablo 4.1. Anten parametreleri.

Parametre	Değerler (mm)
L	80
W	125
a	5
b	10
$r_1$	33.5
$r_2$	19
$f_1$	7.5
$w_1$	2.4
$g_1$	20
h	0.76

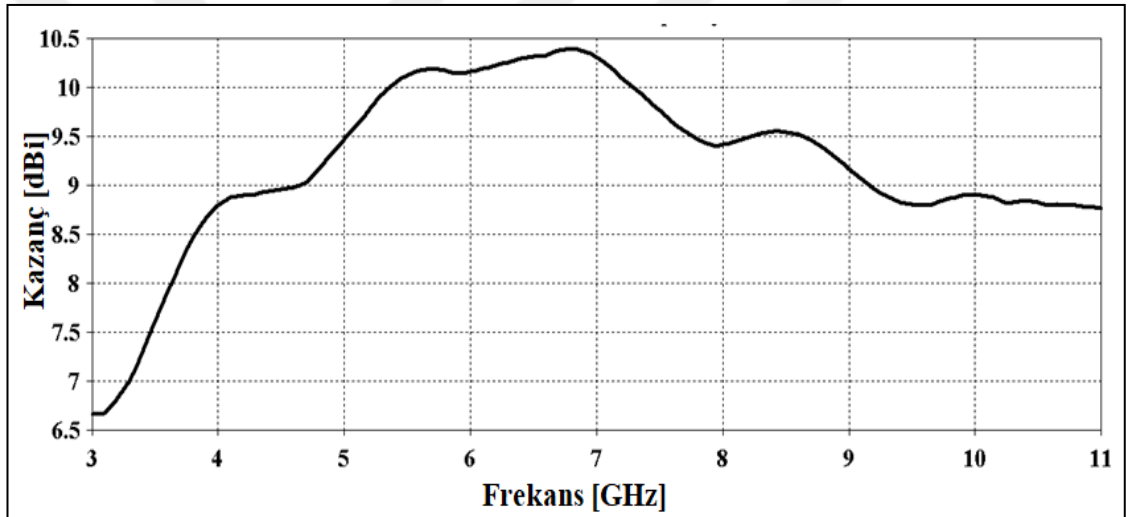


Şekil 4.12. Anten tasarımı.

Tasarımı gerçekleştirilen anten 3-11 GHz arasında çalışmaktadır. Bu antene ait geri dönüş kaybı Şekil 4.13’de ve frekansa bağlı maksimum kazanç ise Şekil 4.14’te verilmiştir.



Şekil 4.13. Antene ait geri dönüş kaybı.



Şekil 4.14. Antenin frekansa bağlı maksimum kazancı.

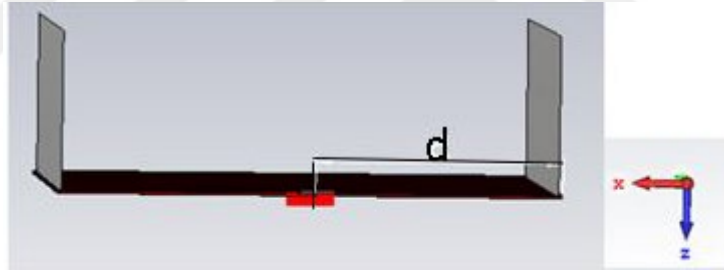
Tasarımı yapılan antenin benzetim programına göre geri dönüş kaybı genel olarak  $S_{11} < -14$  dB değerinden ve buna bağlı olarak duran dalga oranı (DDO)  $< 1,5$  değerinden küçük olarak anten tasarım optimizasyonları sonucunda elde edilmiştir. Antene ait maksimum kazancı UGB frekans bandı üzerinde 6,7 dBi ile 10,4 dBi arasında değişmektedir. Bu sonuçlara sahip ultra geniş bantlı antene uygulanacak metal levhaların geri dönüş kaybını olumsuz etkilemeden kazanç artış ve ışıma diyagramlarındaki değişim ileriki bölümlerde incelenecektir.

Metal levhaların antene sırasıyla mesafe, açı ve metal levhaların boyut olarak etkisi aşamalı olarak irdelenecektir. Nihayetinde, bu aşamaların en uygun benzetim ve Rohde & Schwarz network analizör yardımıyla ölçüm sonuçları verilecektir.

#### 4.2.1. Anten-Metal levha uzaklık etkisi

Bu aşama antene iliştirilen metal levhaların boyut ve konumlanma açısını incelemekten antenin besleme noktasından uzaklığı olan "d" parametresinin etkisine bakılacaktır. Çıkan benzetim sonuçlarından antenin besleme noktasına yakın konumlarda geri dönüş kaybına olumsuz etkisidir.

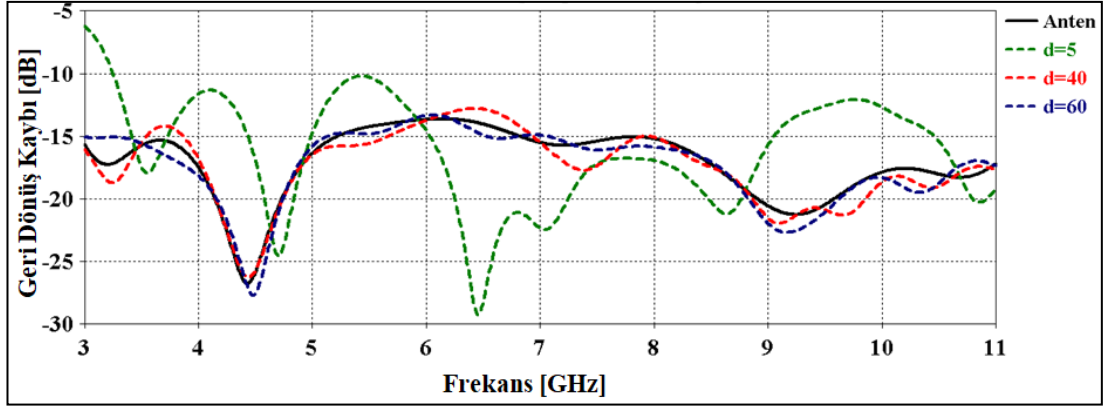
Metal levhalar besleme noktasından uzaklaştıkça geri dönüş kaybı iyileşmektedir. Yine besleme noktasından oldukça uzak noktalarda konumlanan metal levhalar anten kazancına fazla katkıda bulunmadığı hatta yer yer kazancı olumsuz etkilediği görülür. Bu bilgilerin ışığında antene metal levhaların konumlanması önemli bir aşama olmakla beraber benzetim programının yardımıyla gerek geri dönüş kaybı gerekse kazanç bakımından en iyi katkıyı sağlayacak "d" parametresinin değeri elde edilir. Metal levhalar 80 mm × 40 mm boyutlarındadır. Şekil 4.15'te antene uygulanan metal levhaların uzaklık parametresi olan "d" ile gösterimi verilmektedir.



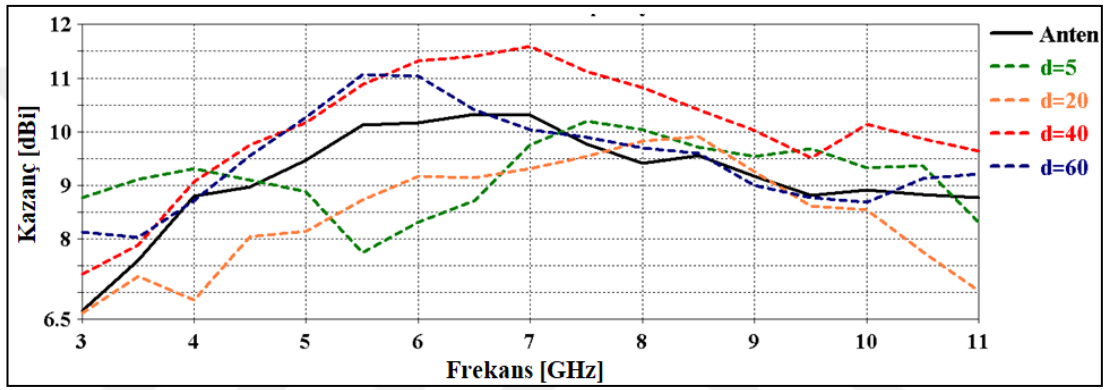
Şekil 4.15. Metal levhaların antene konumlanması.

Şekil 4.15'te görüleceği gibi metal levhalar antenin iletken kısımlarına değil yalıtkan parçasına temas ettirmek için antenin arka yüzeyine konumlanmıştır. Benzetim sonuçlarında metal levhaların ön veya arka yüzeye yerleştirilmesinde geri dönüş kaybı üzerinde aynı sonucu elde edilmesine rağmen ön yüzeye yani çerçeve üzerine konumlandığında kazanç bakımından arka yüzeye yani yalıtkan yüzeye konumlanmasına göre daha düşük çıkmaktadır. Öncelikle metal levhaların konumlanmasının geri dönüş kaybı sonuçları Şekil 4.16'da verilmiştir. Uzaklık birimi mm cinsindedir.

Besleme noktasına yakın konumlanan metal levhalar geri dönüş kaybını olumsuz etkilemektedir. Belirli uzaklıktan sonra olumsuz etkisi olmadığı görülür. Uzaklık değerlerin kazançta nasıl etkide olduğunu gösteren Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Metal levhaların antenden uzaklığın geri dönüş kaybına etkisi.



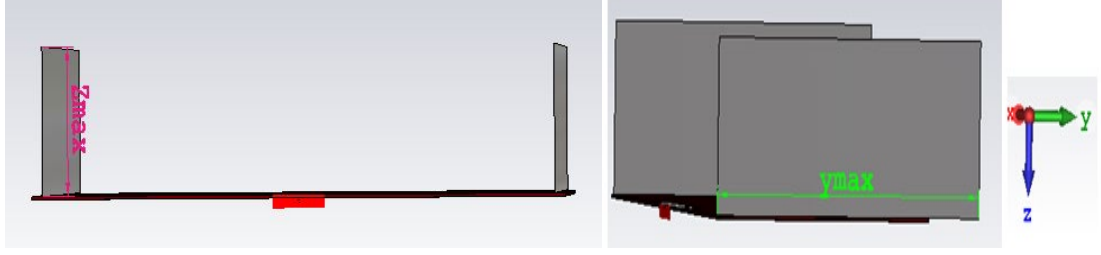
Şekil 4.17. Metal levhaların antenden uzaklığın kazanç üzerindeki etkisi.

Uzaklık parametrelerinin sonuçlarına bakıldığında çizgili kırmızı sonuç olan “d=40 mm” anten kazancına ve diğer parametrelere görece daha iyi sonucu vermiştir. Metal levhaların “d=40 mm” uzaklığı en uygun sonuç olarak çıkmaktadır. Metal levhalar anten düzlemine dik olarak yz-ekseninde yerleştirilmiştir. Bu konumlamada metal levhaların z ekseninde yüksekliğin etkisi 4.2.2 başlığının altında sonuçları verilmiştir.

#### 4.2.2. Metal levha yükseklik ve uzunluk etkisi

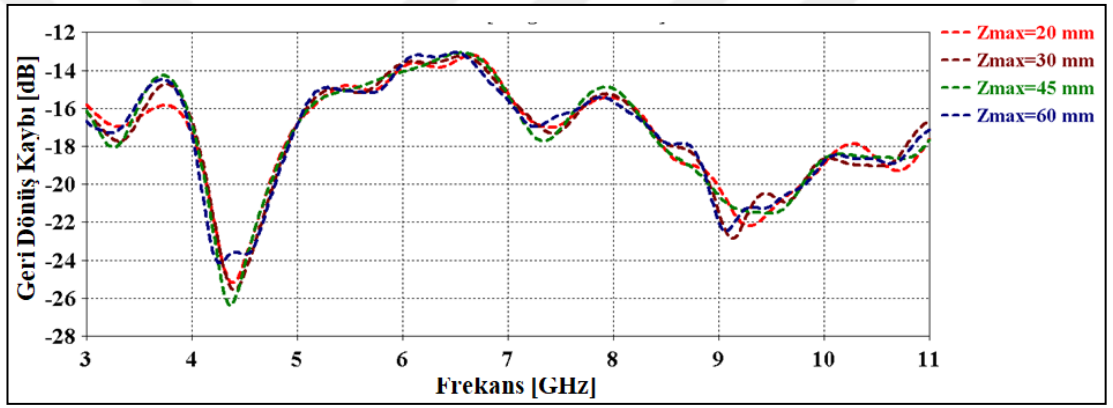
Metal levhaların anten düzleminde kullanılması kazanç etkisi önceki başlıkta sonuçları verildi. Bu alt başlıkta metal levhaların boyutlarını artırmak kazanç ekseninde ne gibi değişim sağlar?

Metal levhaları z eksenindeki yüksekliğini “ $Z_{max}$ ” parametresiyle; y eksenindeki uzunluğu “ $y_{max}$ ” ile ifade edildi. Anten üzerine metal levhanın “ $Z_{max}$ ” parametresinin gösterimi Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

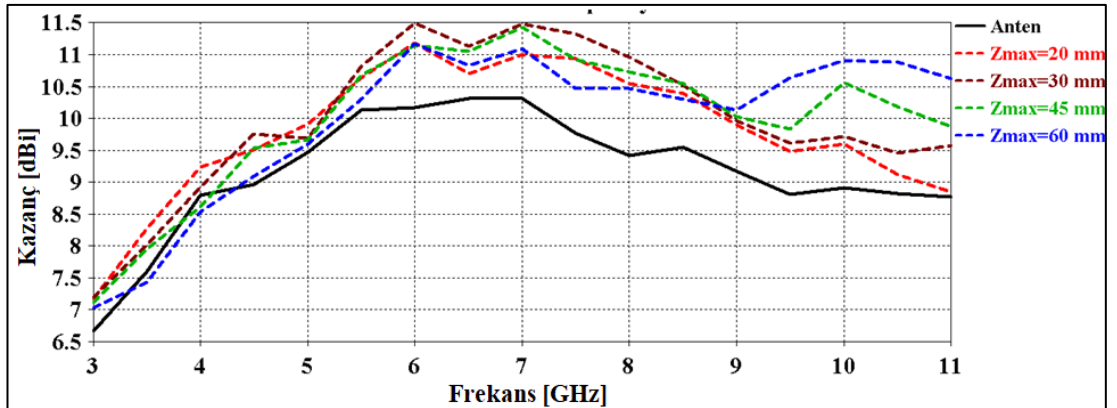


Şekil 4.18. Metal levhaların boyut parametrelerinin gösterimi.

Önce metal levhaların z-ekseninde boyut parametresi olan “ $Z_{max}$ ”, 20mm-60mm arasından örnekler alınıp geri dönüş kaybı ve kazanç sonuçları sırasıyla Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de verilmiştir. Bu sonuçlar arasında uygun olan değer üzerinden “ $y_{max}$ ” etkisi incelenecektir.



Şekil 4.19. “ $Z_{max}$ ” parametre değerlerine göre geri dönüş kaybı.

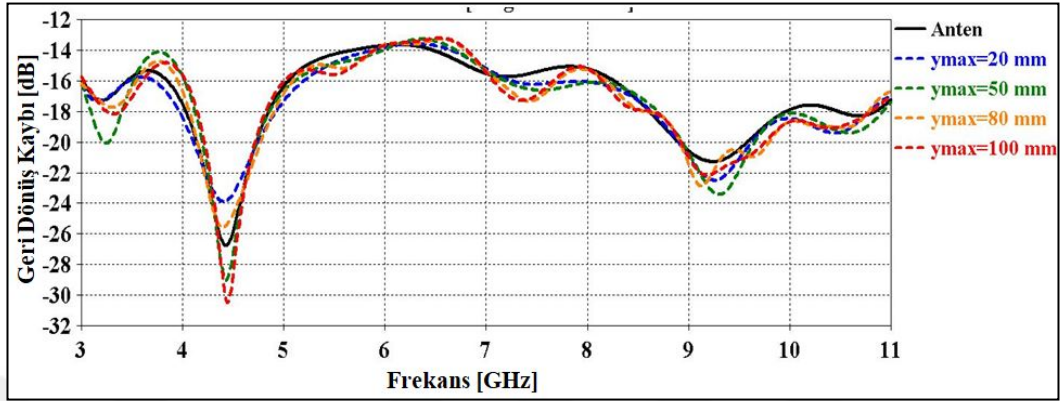


Şekil 4.20. “ $Z_{max}$ ” parametre değerlerinin anten kazancına etkisi.

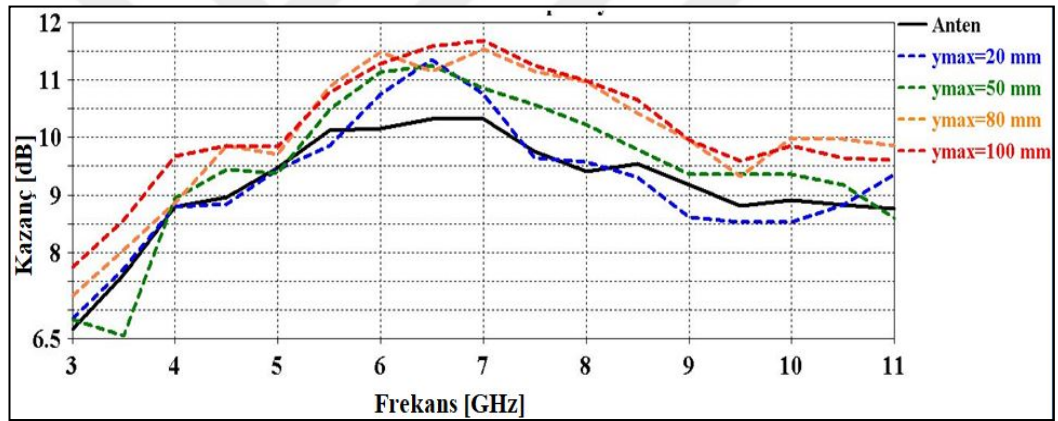
Kazanç grafiği gösterdiği gibi düşük “ $Z_{max}$ ” değerleri düşük frekans- 3 ile 5 GHz- aralığında diğer metal levha yüksekliklerine görece artırırken yüksek frekanslara gidildikçe yüksek boyutlu metaller kazancı artırır. Bu sonuçlar arasında  $Z_{max}$ , 30mm veya 40 mm arasındaki levha yükseklikleri daha uygun kazanç sonucu verir. Metal



levhalar üzerinde y eksenini boyunca yapılan boyut değişimi parametresi olan “ $y_{max}$ ” için bir önceki parametrik çalışmada  $Z_{max}$  35 mm değeri alınarak  $y_{max}$  değerlerinin geri dönüş kaybı ve kazanç üzerindeki etkisi Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21.  $y_{max}$  parametre değerlerine göre geri dönüş kaybı.



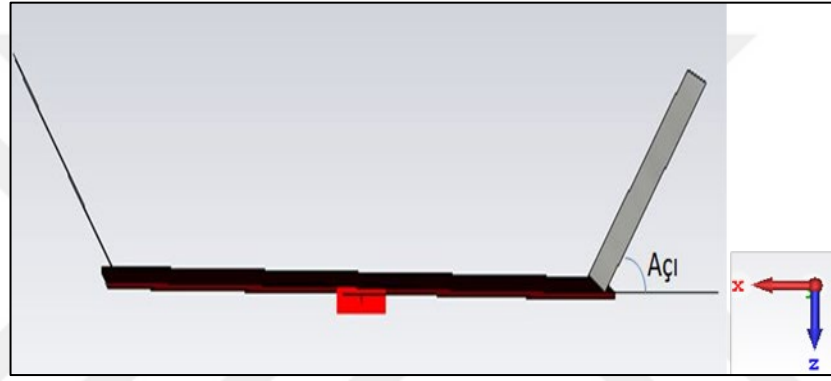
Şekil 4.22.  $y_{max}$  parametre değerlerinin anten kazancına etkisi.

Bu parametrik çalışma antenin kenarlarına konulan metalik levhaların uzunluk değerinin etkisine benzetim programının yardımıyla bakıldı. Levhanın y eksenini boyunca- Şekil 4.18 b’deki – tanımlanan parametre olan “ $y_{max}$ ” kazanç etkisi Şekil 4.22’de gösterilmiştir. Levha uzunluğu arttıkça çalışılan frekans aralığında kazanç artırıcı yönde katkıda bulunur. Metal levha boyu arttırıldığında kazanç üzerinde gösterdiği bir diğer etki ise, düşük frekanslarda kazancı artırırken yüksek frekanslara 9 GHz-11 GHz arasında kazanç etkisi düşük frekanslardaki gibi bir artış sağlamamasıdır. Metal levhaların antene yerleştirilmesinde levhaların uygun boyutların elde edilmesi olan bu kısımda  $y_{max}$  parametresi “100 mm” olarak seçilmiştir. Bu değer ile anten uzunluğu olan “L” parametresi arasında;  $y_{max}=L+L/4$ , ilişki bulunmaktadır.

Metal levhaların uygun boyut parametrelerin belirlenmesinden sonra metal levhanın açılı şekilde antene konumlanmasının etkisinin olup olmadığına bakılacaktır.

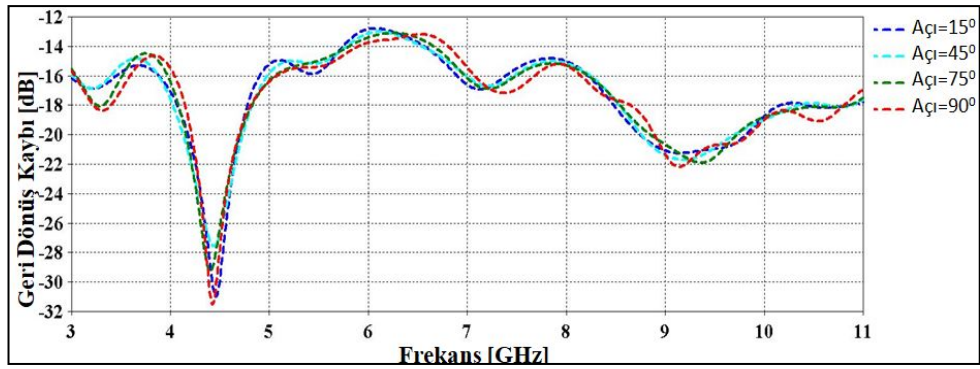
#### 4.2.3. Metal levhanın antene açılı konumlanma etkisi

Bu alt bölümde uygun parametreler elde edildikten sonra metal levhaların antene açılı konumlanmasının nasıl bir etki oluşturacağına bakılacaktır. Açılı değerleri, metal levhaların antenin yüzeyine  $-x$  eksenine- dik şekilde ( $açı=90^0$ ) konumlanmasından başlanarak  $15^0$  gibi belirli aralıklarla azaltılarak uygun değerlerin kıyası verilecektir. Şekil 4.23’de metal levhaların antene açılı konumlanması gösterilmiştir.



Şekil 4.23. Metal levhaların antene açılı konumlanması.

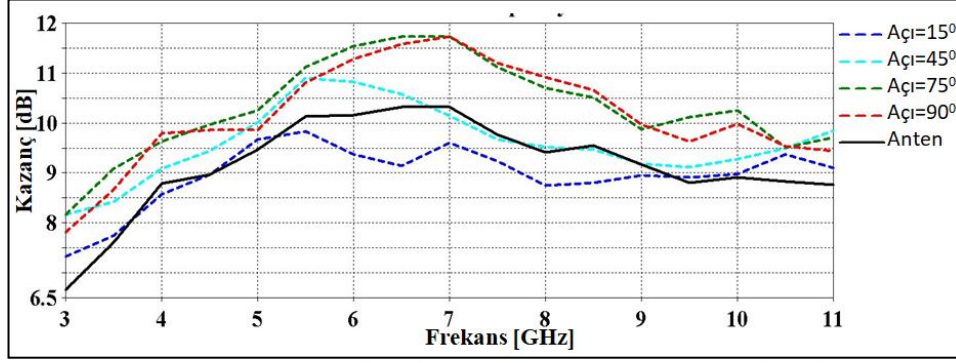
Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’te uygulanan bu parametrenin açılara bağlı geri dönüş kayıpları ve frekansa bağlı maksimum kazanç sonuçları verilmektedir.



Şekil 4.24. Metal levhaların açılı konumlanmasının geri dönüş kaybı.

Metal levhaları  $-x$  eksenine göre açılı değişimi Şekil 4.25’te görüldüğü gibi metal levhanın antenle  $75^0$  açı ile konumlanması kazanç bakımından diğer açılı değişimlere göre daha iyi sonuç vermektedir. Açının  $90^0$  olması -metal levhaların antene dik konumlanması- kimi frekans değerlerinde kazanç bakımından kısmi artışlar gösterir.

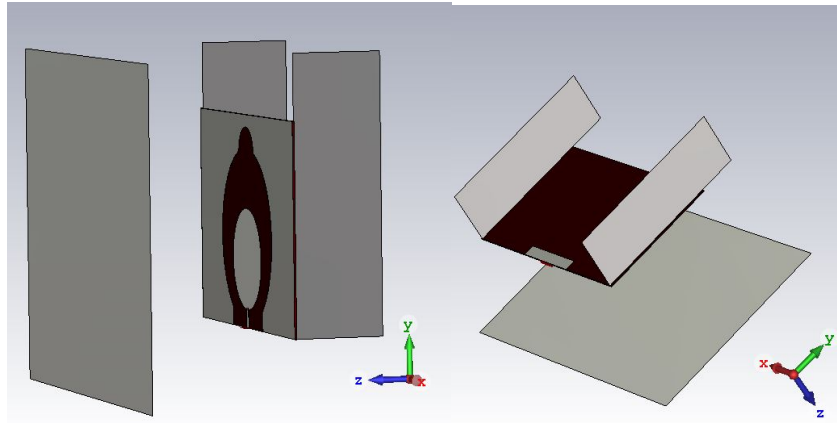
Pratik ölçümlerde metal levhaları antene  $75^0$  açıyla konumlama bakımından zorluk yoksa bu değişim uygulanabilir ve kazanç üzerinde artış yönündeki değişim etkisi görülebilir.



Şekil 4.25. Metal levhaların açılı konumlanmasının kazanç grafiği.

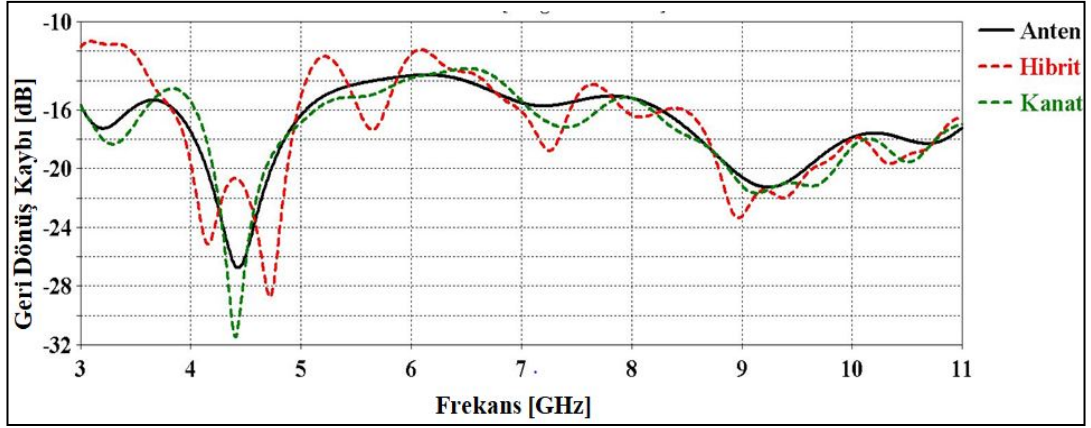
### 4.3. Metal Levhalı Antene Yansıtıcı Metal Levha Uygulanması

Anten kazancının daha da iyileştirmeye yönelik metal levhalı kanat yapısına belli bir uzaklıkta ve anten boyutundan yaklaşık “1,5” katı oranında boş metal levha uygulanması durumunda anten kazancı ve diğer anten parametreleri üzerindeki etkisine bakılacaktır. Aşağıda bulunan şekillerde anten ve antene uygulanan metal kanat levhalar ve yansıtıcı levhanın farklı perspektiften gösterimi verilmektedir.

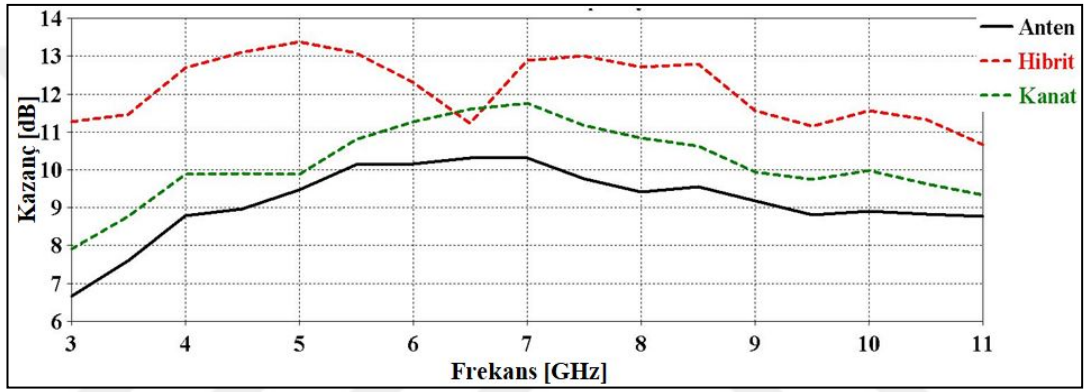


Şekil 4.26. Metal levha kanatlı antene uygulanan yansıtıcı metal levha.

Antenin kenarlarına kanat şekli metal levha ve ön yüzeyi yönünde yansıtıcı metal levha uygulanmasına “hibrit yapı” olarak ifade edilecektir. Hibrit yapıya ait geri dönüş kaybı ve kazanç grafiği önceki sonuçlarla karşılaştırılması Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.27. Anten ve antene uygulanan metal levhaların geri dönüş kaybı.



Şekil 4.28. Anten ve antene uygulanan metal levhaların kazançları.

Bu bölüm tez çalışmasının benzetim programı sayesinde belirli aşamalarda uygun parametrelerin elde edilmesi için incelendi. Pratik ölçümler için ön fikir aşamasını sağlayan bu çalışmaları gerçek ölçümlerle karşılaştırılması Bölüm 5'te verilecektir. Metal levhaların anten kenarlarına konumlanmasında elde edilen ve ölçüm için de referans alınacak parametre değerleri şöyle sıralanabilir:

- 1-) Metal levhaların antenin alt toprak tabakasından olan uzaklığın parametresi olan “d” için “40 mm”
- 2-) Metal levhaların anten yüzeyinden -z eksenı boyunca olan yüksekliği olan  $Z_{max}$  için “35 mm”.
- 3-) Anten uzunluğu boyunca -y eksenı- yönündeki metal levha uzunluğu için “ $y_{max}$ ” 100 mm.
- 4-) Metal levhaların anten ile açılı konumlandığıında uygun açı değeri “90°” olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu açı değeriinin tezin kapsamı olan metal levhaların anten kazancı üzerine etkisini incelemek olduğu dikkate alarak ölçüm kolaylığı sağlanması nedeniyle belirlenmiştir.

## 5. ÖLÇÜM

Bu bölümde aşamalı olarak metal levhalar ile anten kazancının artırımı çalışmasının gerçekleştirimi verilecektir. Ölçüm aşamasında karşılaşılan problemlere ve bunlara yönelik çözümler sunulacaktır.

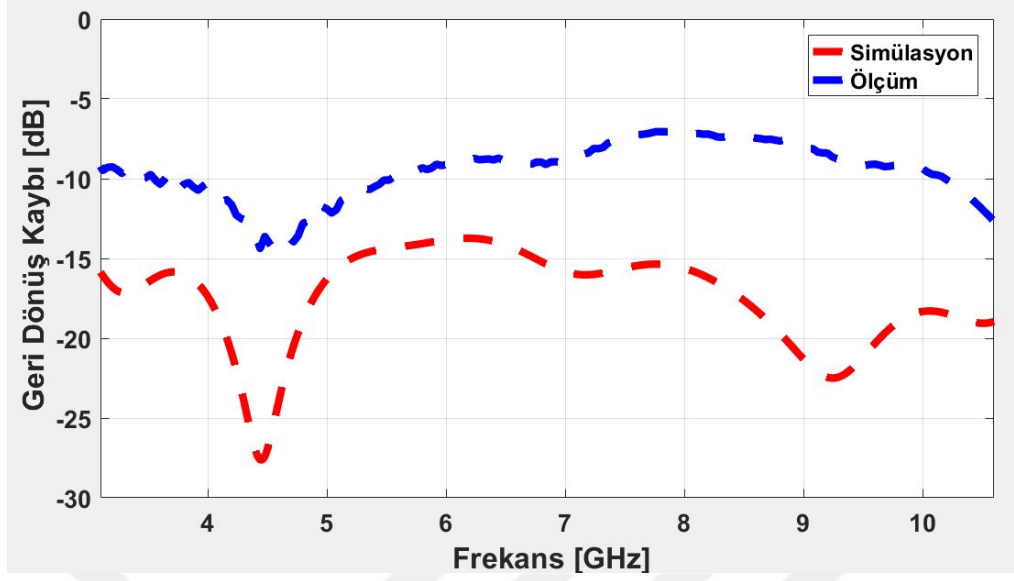
Benzetim programı yardımıyla elde edilen uygun parametreler ölçüm düzeneğinin kurulmasında kullanılacaktır. Ölçüm sonuçları ile benzetim programının sonuçlarının mukayesesi de verilecektir. Yürütülen tüm ölçümler Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği bölümü Anten ve Mikrodalga Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Ölçüm aşamasına geçildiğinde ilk aşama tasarlanan antenin baskı devre halinin çıkartılması ve Rohde & Schwarz şebeke analizör kullanımıyla antenin geri dönüş kaybının ölçülmesidir. Gerçekleştirilmiş antenin geri dönüş kaybı ile benzetim programıyla elde edilen geri dönüş kaybının örtüşmesi beklenmektedir. Şekil 5.1'de antenin baskı devre görüntüsü verilmiştir. Bu antenin geri dönüş sonucu benzetim programında çıkan geri dönüş kaybı gibi veya benzer salınımına sahipse diğer ölçüm aşamalarına geçilir.



Şekil 5.1. Antenin baskı devre görüntüsü.

Şekil 5.1'de verilen antene ait geri dönüş kaybının ölçüm ve benzetim programının karşılaştırılması Şekil 5.2'de verilmiştir. Ölçüm ve benzetim sonuçlarının karşılaştırılması aşamasında Matlab programından yararlanılmıştır.



Şekil 5.2. Antene ait geri dönüş kaybı.

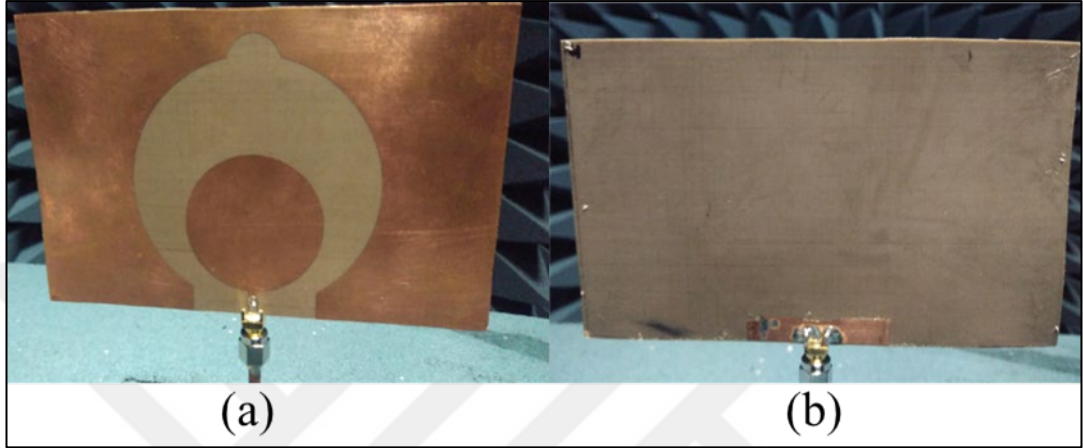
Şekil 5.2’de verilen şekilde görüldüğü gibi ilk olarak ortaya çıkan sonuç antenin gerçekleştirilmiş halinin yansıma katsayısı benzetim programıyla elde edilen yansıma sonucundan farklı olması. Bir diğer ve en önemli sonuç ise gerçekleştirilen antenin istenilen frekans bölgesinde çalışmamasıdır.

Gerçekleştirilen anteni ultra-geniş bant aralığında çalışmasını sağlamak için fiziksel anten üzerinde değişimler yapmak ve bu değişimleri benzetim programına aktarmak. Ölçüm ve benzetim geri dönüş kayıpları istenilen çalışma frekans aralığında çalışması ve benzer salınımına sahip oluşlarından sonra kazanç aşamasına geçilecektir.

Fiziksel antenin istenilen frekans aralığına çekilmesi durumunda ilk akla gelen antenin toprak tabakası üzerinde küçük değişimler yapılmasıdır. Çünkü antenin geri dönüş kaybını etkileyen parametrelerden biri empedans uyumluluğudur. Empedans uyumsuzluğu- antenin besleme hattı ile sinyal kaynağı arasında- geri dönüş kaybını artırır ve belli bir seviyeyi ( $S_{11} > [-10\text{dB}]$ ) aşan yansımalar sinyal kaynağı aracılığıyla iletilmek istenen sinyal uyumsuzluk nedeniyle geri yansıtılarak haberleşmeyi aksatır. Bu parametrenin öneminden dolayı fiziksel anten üzerinde ilk akla gelen değişim besleme noktası ve besleme hattına bağlı olan antenin toprak tabakasıdır.

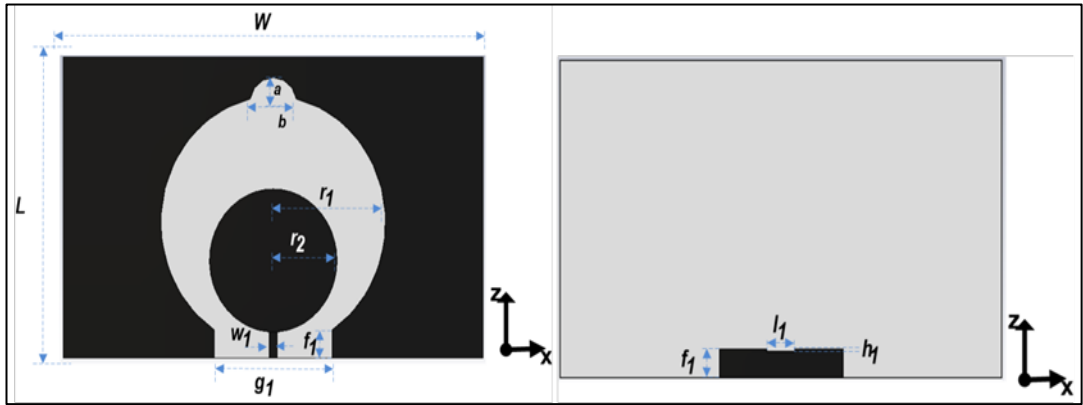
Gerçekleştirilen anten üzerinde besleme hattının toprak kısmında deneysel/öngörüsül olarak çentmek, çentik açma veya toprak kısmına küçük metal parça ekleme şeklinde işlemler yapılır. Gerçekleştirilen antende mikroşerit besleme hattına bağlı toprak

kısmına çentik açarak geri dönüş kaybında iyileşme sağlandı. İşlenen çentik işlemi de benzetim programında modellendiğinde ölçüm ve benzetim geri dönüş kayıpları benzeştiği görülür. Toprak kısmında değişimi yapılmış antenin fiziksel hali şekil 5.3'te verilmiştir. Antenin besleme noktasının arka yüzeyinde simetrik halde bulunan toprak tabakasından  $0,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$  genişlik ve uzunlukta kesik çıkartılmıştır.



Şekil 5.3. Değiştirilen antenin (a) Ön (b) Arka yüzeyi.

Aynı şekilde değiştirilen antenin benzetim programı halinde ki gösterimi Şekil 5.4'te verilmiştir.

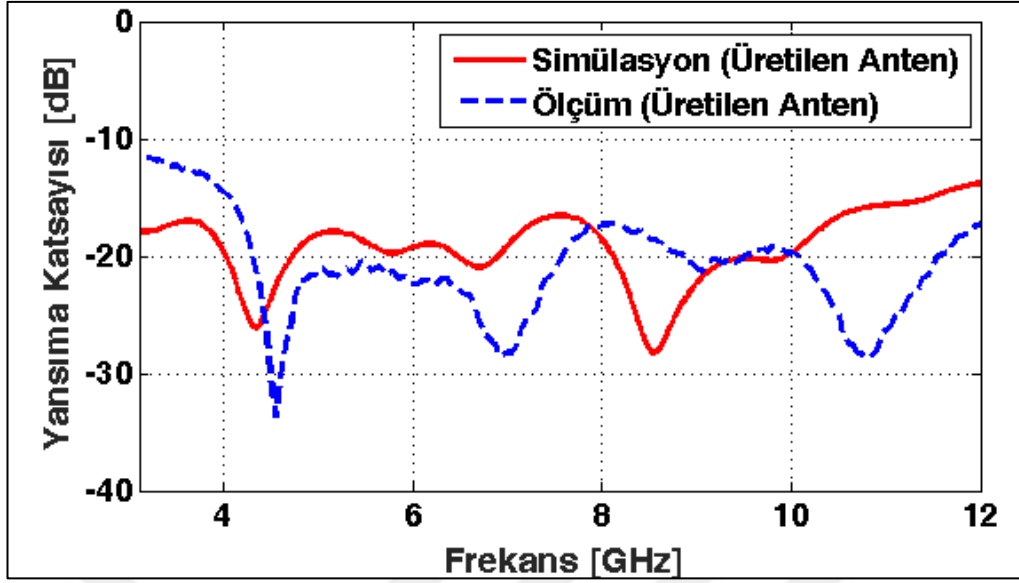


Şekil 5.4. Değiştirilen antenin ön ve arka yüzeyin gösterimi.

Tablo 5.1. Hibrit yapı için tasarlanan anten parametreleri.

Parametreler (mm)	$L$	$W$	$h$	$a$	$b$	$r_1$	$r_2$	$f_1$	$w_1$	$g_1$	$h_1$	$l_1$	$L_{p1}$	$W_{p1}$	$L_{p2}$	$W_{p2}$	$P_{my}$
	80	125	0.76	5	10	33.5	19	7.5	2.4	20	0.5	8	123	40	187.5	127.5	65

Değiştirilen antenin ölçüm ve benzetim programı halindeki yansımaya katsayısı karşılaştırılması Şekil 5.5'te verilmiştir.



Şekil 5.5. Üretilen antenin simülasyon ve ölçümden elde edilen yansımaya kaybı.

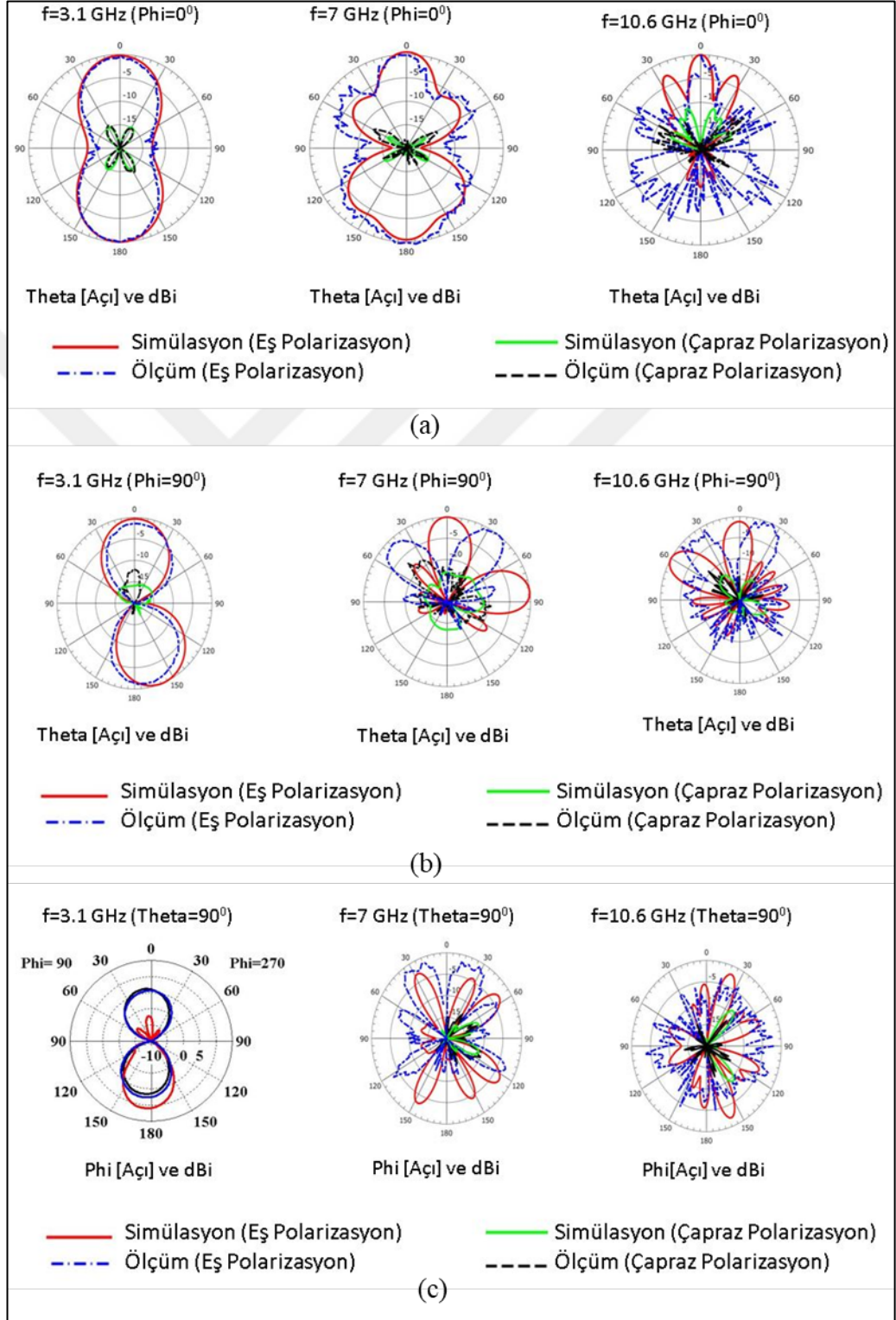
Antene ait ölçüm ve benzetim programı tarafından elde edilen geri dönüş kaybı sonuçlarının örtüşmesi sağlanmasından sonra antene ait diğer aşamalarına geçildiğinde bakılacak bir diğer parametre ışımaya diyagramlarıdır. Geri dönüş kaybı gibi ışımaya diyagramı da bir antenin karakteristik parametrelerinden biridir. Işıma diyagramı veya diğer bir deyişle ışımaya örüntüsü bir antenin hangi doğrultuda ne kadar güç yaydığını gösterir. Işıma diyagramı üç boyutlu uzaysal parametre olmasına karşılık uygulamada Kartezyen ve Polar grafiklerle- logaritmik ölçekle-gösterilir. Küresel koordinat sisteminde kullanılan, yatay diyagram veya azimuth " $\phi$ ", yükselme (düşey) " $\theta$ " açıları belirlenerek antene ait bu kesitte ölçüm taraması yapılır. Anten ışımaya desenleri uzak alan bölgesinde tanımlandığı için küresel koordinat sisteminin uzaklık,  $r$ , eksenini sabit olduğundan ışımaya diyagramları  $\phi$  ve  $\theta$  açılarının fonksiyonu biçiminde verilmektedir.

Üretimi yapılan antenin üç düzlemde ışımaya diyagramlarının eş ve çapraz polarizasyon ölçümleri Şekil 5.6'da benzetim programının ışımaya desenleriyle karşılaştırılması verilmektedir. Şekilde, antenin XZ-düzlemi ( $\phi = 0^\circ$ ), YZ-düzlemi ( $\phi = 90^\circ$ ) ve XY düzlemi ( $\theta = 90^\circ$ ) konumlanmasında yapılan taramalar sonucu elde edilen desenlerdir.

Şekil 5.6'da verilen ışımaya diyagramları, üretimi yapılan antenin  $\phi$  ve  $\theta$  diğer ifadeyle yatay ve düşey taramaları sonucu elde edilen ölçüm sonuçlarıyla benzetim programı sonuçlarının eş polarizasyon ve çapraz polarizasyon sonuçlarıdır. Ölçüm sonuçları ile

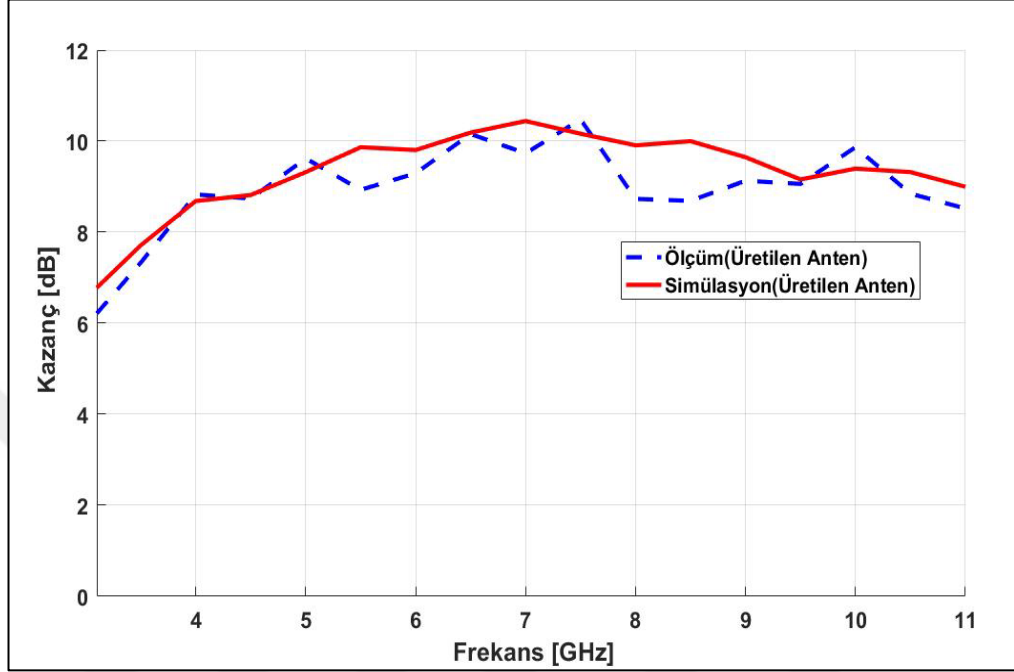


benzetim sonuçları büyük oranda örtüşmüştür. Ölçüm düzeneğinin ideal yapıda olmayışı kimi noktalarda kaymalara sebep olmuştur. Ölçüm sonuçları genel olarak benzetim sonuçlarıyla örtüşmektedir.



Şekil 5.6. Antene ait ölçüm ve simülasyon sonuçlarının ışınma örüntüleri (a) XZ düzlemi ( $\Phi = 0^\circ$ ) (b) YZ düzlemi ( $\Phi = 90^\circ$ ) (c) XY düzlemi ( $\Theta = 90^\circ$ ).

Antene ait ışım diyagramları verilmesinden sonraki aşama olarak üretilen antenin kazanç sonucudur. Üretilen antenin ölçüm ve simülasyon kazançları Şekil 5.7’de verilmektedir.

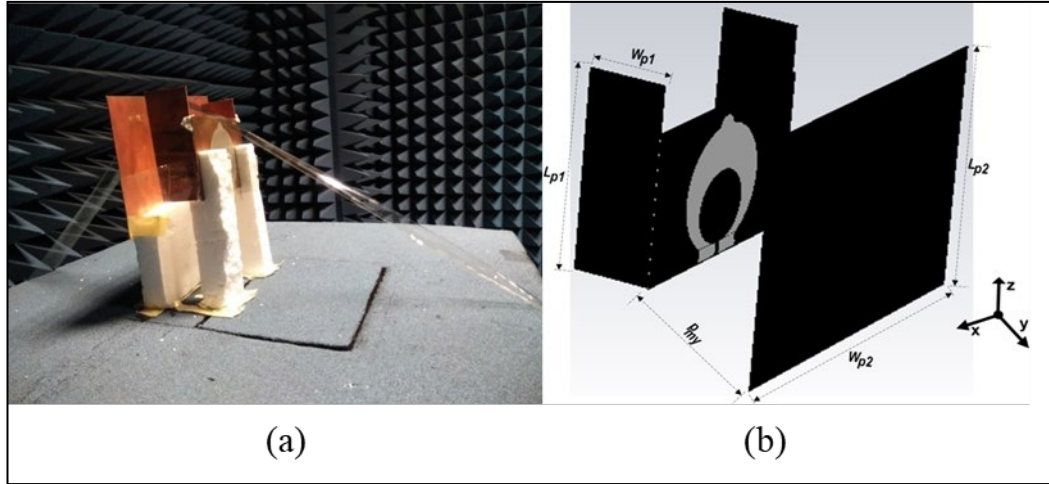


Şekil 5.7. Üretilen antenin ölçüm ve simülasyon kazancı.

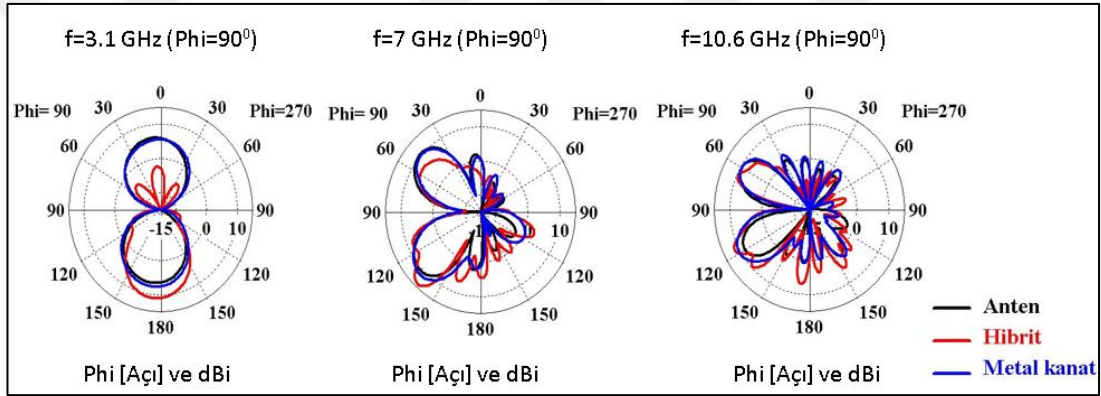
Şekil 5.7’de görüldüğü gibi benzetim programında tasarlanan anten ile tasarım sonucu üretilen antenin ölçüm sonuçları 5-6 GHz arası ile 8-9 GHz arasında 0,5 dB kadar bir fark haricinde çoğunlukla örtüşmektedir.

Üretilen antenin kazanç artırma için antene uygulanan metal levhaların anten kazancı üzerindeki etkisini benzetim programı sonuçları önceki sayfalarda verildi. Bu aşama hibrit yapı olarak anılan metal levhaların antene uygulanması ve ölçümlerini benzetim sonuçlarıyla karşılaştırmak. Şekil 5.8’de hibrit yapının ölçüm düzeneği ve benzetim programı hali verilmiştir. Hibrit yapıya ait parametreler Tablo 5.1’de verilmiştir.

Ölçüm düzeneği, Bölüm 4’te benzetim programı yardımıyla elde edilen en uygun parametreleri referans olarak oluşturulmuştur. Ölçüm sonuçlarına geçmeden anten, anten kenarlarına iliştilmiş metal kanatlar ve anten-metal kanat-yansıtıcı metal levhadan oluşan hibrit yapının bulunduğu benzetim programa ait ışım diyagramı ve kazanç sonuçları sırasıyla Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da verilmiştir.



Şekil 5.8. Hibrit yapıya ait gösterimler a) Ölçüm düzeneği b) Simülasyon ortamı.

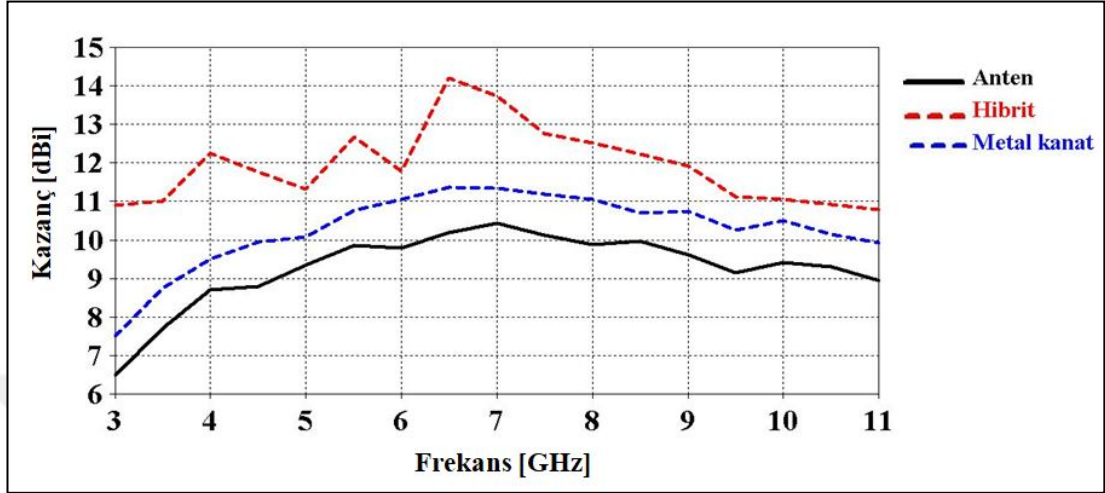


Şekil 5.9. Anten, metal kanat ve hibrit yapıya ait ışıma diyagramı.

Şekil 5.9 gösteriminde YZ düzleminde ( $\phi=90^\circ$ ) anten, antene uygulanan metal kanat ve hibrit yapının benzetim ortamındaki ışıma sonuçlarıdır. Siyah düz çizgi anten sonucu, mavi düz çizgi anten kenarına iliştirilmiş metal levhalı düzenek iken kırmızı düz çizgi sonuç hibrit yapıya ait gösterimlerdir. Metal levhalar antene ait ışıma yön ve doğrultusunu değiştirmeden maksimum yöndeki ışımayı arttırdığı görülür. Bu sonuç istenilen ve beklenen bir anten ışıma performansıdır.

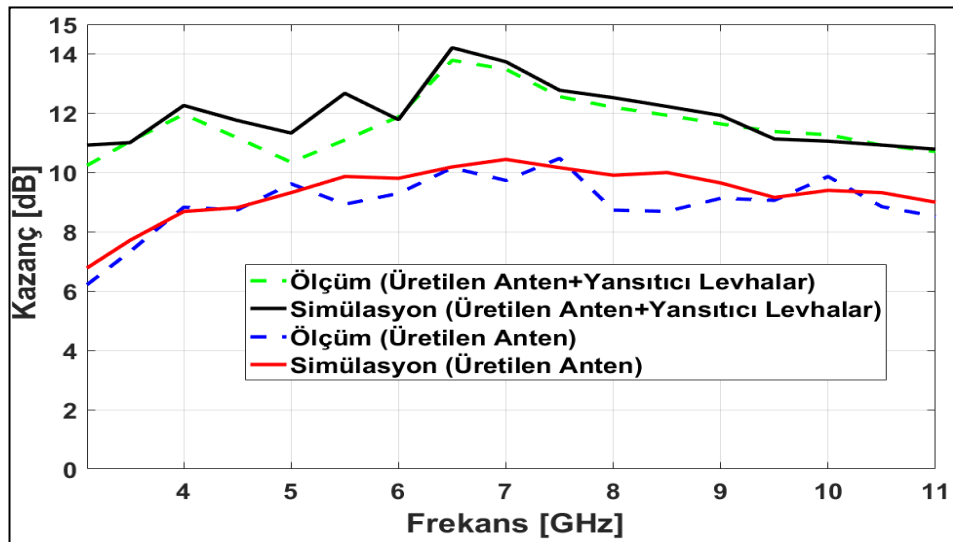
Şekil 5.10. metal levhaların anten kazancı üzerinde etkisini göstermektedir. Anten düz siyah çizgi ile gösterimi yapılırken, metal kanatlı yapı kesikli mavi çizgi ve hibrit yapı kırmızı kesikli çizgi ile gösterilir. Benzetim programının gösterdiği sonuca göre anten kenarına iliştirilen metal plakelerin konulması tüm frekans bandı boyunca anten kazancını iyileştirdiği ve minimum 1dB, maksimum 1,5 dB kazanç artışı sağladığı görülmektedir. Hibrit yapının anten kazancına etkisi tezin istenilen hedefe yaklaştığını görülür. Hibrit yapı 3,1-3,46 GHz ve 10,2-10,6 GHz arası hariç tüm

frekans bandı boyunca 11 dBi üzerinde bir kazanç sonucu gösterir. Aynı şekilde kazanç durumu 11-14 dBi arasında (6,25-7,37 GHz aralığı hariç) maksimum 3 dB salınım yaparak istikrarlı kazanç davranışı sergiler.



Şekil 5.10. Anten, metal kanat ve hibrit yapıya ait kazanç karşılaştırılması.

Benzetim programı tarafından elde edilen sonuçlar değerlendirilmesinden sonra ölçüm ile kazanç durumunun desteklenip desteklenmediği Şekil 5.11'deki gösterimde verilmiştir. Ölçüm ve benzetim sonuçlarının kazanç bakımından karşılaştırılması Şekil 5.11'de verilmektedir.



Şekil 5.11. Simülasyondan (düz çizgiler) ve ölçümden (kesikli çizgiler) elde edilen dB cinsinde en yüksek kazanç değerleri.

Şekil 5.11 bize, hem antene uygulanan hibrit yapının kazanç üzerinde etkisi hem de ölçüm ve benzetim sonuçlarının tutarlılığı hakkında fikir vermektedir. Hibrit yapının

anten üzerinde 5 dB'ye kadar artış sağladığı görülür. Genel olarak hibrit yapı 11 dB civarında kazanç grafiği sergiler.



## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında ultra geniş bantta çalışan mikroşerit antenlerde kazanç artırma tekniği anlatılmaktadır. Özgün mikroşerit anten tasarımı ve kazanç artırma için seçilen tekniği üzerine çalışmalar detaylı şekilde aktarılmıştır. Tasarımı yapılan antene kazanç artırma tekniği olarak metal levhalar uygulanarak ölçümler ile benzetim sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çalışmamızda ilk adım olarak daha önce tasarlanan ultra geniş bantta çalışan antene [23] metal levhalar uygulayarak kazanç etkisi incelenmiştir. Metal levhaların kazanç üzerinde iyileştirme etkisini elde edilmesinden sonra ultra geniş bantta çalışan özgün bir mikroşerit anten tasarımı yapmak. Tasarımı yapılan antene metal levhaların en uygun kazanç etkisini oluşturacağı konumlamaları belirlemek için benzetim sonuçları üzerinden parametrik çalışmalar yapmak. Benzetim ortamındaki son aşama olarak metal kanatların uygulanmasından sonra metal yansıtıcı levha yerleştirilmesidir. Benzetim programın yardımıyla elde edilen uygun parametrelerle yansısız oda ölçümleri alınarak ölçüm ve benzetim sonuçların kıyasları verildi. Bu sonuçlarda antene metal levhaların kanat şeklinde uygulanması antenin kazanç eğilimiyle aynı davranışa da 1-1,5 dBi kadar kazanç artışı sağlar.

Genel olarak dalga boyunun antenlerin kazancıyla ters orantıya sahip oluşları ultra geniş bantta çalışan antenlerde giderilmesi gereken sorun olarak ortaya çıkar. Metal levhaların antenin kenarlarına yerleştirilmesi mikroşerit antenin ultra geniş bant boyunca düşük frekanslarda düşük kazanç sergilerken yüksek frekanslara çıkıldıkça kazancın yüksek olması sorununa katkı sağlamadığı görüldü. Metal levhaların kanat olarak kullanılması anten kazanç eğrisine benzer eğilim göstererek anten kazancını artırır.

Metal plakalı kanatlarla birlikte antenden belli mesafede yansıtıcı metal levha kullanılması ultra geniş bantın tüm frekans bandı boyunca artırır ve sabit bir kazanç davranışı göstermesini sağlar. Hibrit şekilde metal levhaların kullanılması ışınım diyagramına etkisi ise tasarlanan antenin ışınım doğrultusu ve yönünü değiştirmezken

yönlülüğünü artırır. Böylece başlangıçta tasarlanan anten kazancı 6 dBi-10 dBi arasında değişirken metal levhalarla anten kazancı genel olarak 11-14 dBi arasında değişim gösterir bu da tezin hedeflerine ulaşıldığını gösterir.

Tez çalışmasında tüm analizler CST Microwave Studio'da yapılmıştır. Yapılan tüm ölçümler ise Kocaeli Üniversitesi Mikrodalga ve Anten Laboratuvarı'nda bulunan tam yansız odada gerçekleştirilmiştir. Benzetim ve ölçüm sonuçları karşılaştırılmasında ölçüm ve benzetim sonuçlarının çoğunlukla uyum içerisinde birbirini takip ettiği gözlemlenmiştir. Meydana gelen bazı farklılıklarının fabrikasyon ve ölçüm hata payından kaynaklanabileceği kanısına varılmıştır.

Tezin ortaya çıkardığı önemli bulgulardan biri, kazanç gereksinimi olan ultra geniş bantta çalışan mikroşerit antenlere metal levhaların uygulanmasının kazanç üzerinde olumlu katkı yaptığıdır. Bu alanda pek bir çalışma olmayışı farklı kombinasyon ve yaklaşımlarla incelenebileceğini ve metal levhalarla kazanç arttırmanın alternatif kazanç iyileştirme yöntemi olarak kullanılabilceğini önermekteyiz.

## KAYNAKLAR

- [1] Schantz H. G., Introduction to ultra-wideband antennas, *IEEE Conference on Ultra-Wideband Systems and Technologies*, Virginia, USA, 16-19 November 2003.
- [2] Reed J., *Introduction to Ultra-Wideband Communication Systems*, 1st ed., Prentice Hall Press, New Jersey, 2005.
- [3] Powell J., Antenna Design for Ultra-Wideband Radio. PhD Thesis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2004.
- [4] Kim C., Microwave and Millimeter Wave Technologies Modern UWB Antennas and Equipment, Intechopen, <https://www.intechopen.com/books/microwave-and-millimeter-wave-technologies-modern-uwband-antennas-and-equipment/ultra-wideband-antenna> (Ziyaret tarihi: 8 Haziran 2018).
- [5] Çakır G., Ultra Geniş Bantlı Radar Sistemleri için Hibrit Yöntemler Kullanarak Yüksek Kazançlı Anten Tasarımı, *Tübitak*, 215E101, 3-4, 2017.
- [6] Puente D., Valderas D., Classification of UWB Antennas, *Ultrawideband Antennas: Design and Applications*, 1 st ed., Imperial College Press, London UK, 29 – 50, 2011.
- [7] Garg R., Bhartia P., Bahl I., Ittipiboon A., *Microstrip Antenna Design Handbook*, 1st ed., Artech House Press, Boston, London, 2001.
- [8] Liang X. L., Ultra-Wideband Antenna and Design, Ultra-Wideband-Current Status and Future Trends, <https://www.intechopen.com/books/ultra-wideband-current-status-and-future-trends/ultra-wideband-antenna-and-design> (Ziyaret tarihi: 12 Haziran 2018).
- [9] Kim J., Yoon T., Choi J., Design of an Ultra-Wideband Printed Monopole Antenna Using FDTD and Genetic Algorithm, *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 2005, **15**(6), 395 – 397.
- [10] Huang C-Y., Hsia W.C., Planar Elliptical Antenna for Ultra-Wideband Communications, *Electronics Letters*, 2005, **41**(6), 296 – 297.
- [11] Azim R., Islam M.T., Compact Tapered-Shape Slot Antenna for UWB Applications, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2011, **10**(1), 1190 – 1193.
- [12] Gopikrishna M., Krishna D.D., Design of a Compact Semi-Elliptic Monopole Slot Antenna for UWB Systems, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2009, **57**(6), 1834 – 1837.



- [13] Duroc Y., Najam A.I., UWB Antennas: Design and Modeling, *Ultra-Wideband*, 2010, **1**(1), 371 – 398.
- [14] Wang, Z., Zhang H., Improvements in a High Gain UWB Antenna with Corrugated Edges, *Progress in Electromagnetics Research*, 2005, **6**(1), 159 – 166.
- [15] Katsuki K., Hirata A., Shiozawa T., Double-Sided Printed Bow-Tie Antenna for UWB Communications, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2004, **3**(1), 152 – 153.
- [16] Barton J. H., Frequency Selective Surfaces for Extreme Applications, PhD Thesis, University of Texas, Department of Electrical and Computer Engineering, El Paso, 2014.
- [17] Ranga Y., Esselle K., Matekovits L., Increasing the Gain of a Semicircular Slot UWB Antenna Using an FSS Reflector, *IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications*, Cape Town, South Africa, 2-7 September 2012.
- [18] Samii Y.R., The Marvels of Electromagnetic Band Gap (EBG) Structures: Novel Microwave and Optical Applications, *International Microwave and Optoelectronics Conference*, Foz do Iguacu, Brazil, 20-23 September 2003.
- [19] Mohanna M., Salem D., Abdallah E., El-Hennawy H.M., Novel Shape of UWB Microstrip Patch Antenna with Enhanced Gain Using EBG Structure, *PIERS Proceedings*, Suzhou, China, 12-16 September 2011.
- [20] Edalati A., Shao W., McCollough T., McCollough W., A Novel Cavity Backed Monopole Antenna with UWB Unidirectional Radiation, *Progress In Electromagnetics Research*, 2017, **72**(1), 1 – 13.
- [21] Awan D., Bashir S., Whittow W., High Gain Cavity Backed UWB Antenna with and without Band Notch Feature, *IEEE Loughborough Antennas and Propagation Conference*, Loughborough, UK, 11-12 November, 2013.
- [22] Ranga Y., Esselle K., Weily A.R., Verma A.K., An Ultra-Wideband Quasi-Planar Antenna With Enhanced Gain, *Progress In Electromagnetics Research C*, 2014, **49**(1), 59 – 65.
- [23] Hotami K., Dikmen C. M., Cakir G., Kocakaya A. and Cimen S., Partial Gain Increase at Desired Frequency Range for UWB Microstrip Antennas Using Band Stop FSS., *International Conference on Advanced Technology and Sciences ICAT'17*, Istanbul, Turkey, 9 - 12 May 2017.

## KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

- [1] Çakır G., Çimen S., Küçüksarı Türkmen Ö., **Eren K.**, Improving an UWB Antenna Gain by Using Metallic Plates, *International Conference on Multidisciplinary Sciences*, Ankara, Türkiye, 25-26 Kasım 2017.
- [2] Çakır G., Çimen S., Küçüksarı Türkmen Ö., **Eren K.**, Improving an UWB Antenna Gain by Using Metallic Plates, *Journal of Current Researches on Engineering, Science and Technology*, 2017, **3**(2), 67 – 74.



## ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Diyarbakır'ın Ergani ilçesine bağlı Çayköy köyünde doğdu. Lise öğrenimini Batman Fatih Lise 'sinde tamamladı. 2008-2009 döneminde girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nden 2013-2014 döneminde Elektronik ve Haberleşme Mühendisi olarak mezun oldu. 2016 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir. 2016-2018 yılları arasında TÜBİTAK 1001 projesinde yer aldı. 2018 Temmuz ayından itibaren Vodafone Telekomünikasyon A.Ş ve Türksat Kablo TV kurumların fiber optik şebeke çalışmalarında Proje Mühendisi olarak görev yapmaktadır.