

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**MİKRODALGA GÖRÜNTÜLEME UYGULAMALARI İÇİN
ULTRA GENİŞ BANT ANTEN TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre KIZILAY

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**MİKRODALGA GÖRÜNTÜLEME UYGULAMALARI İÇİN
ULTRA GENİŞ BANT ANTEN TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Emre KIZILAY
(705131008)**

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İbrahim AKDUMAN

HAZİRAN 2019

İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün 705131008 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi, **Emre KIZILAY**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"MİKRODALGA GÖRÜNTÜLEME UYGULAMALARI İÇİN ULTRA GENİŞ BANT ANTEN TASARIMI"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. İbrahim AKDUMAN**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Mehmet ÇAYÖREN**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Evrim TETİK

İstanbul Aydın Üniversitesi

Teslim Tarihi : **3 Mayıs 2019**

Savunma Tarihi : **27 Haziran 2019**





Aileme ve sevdiklerime,



ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezinin hazırlanmasında öneri ve yardımlarıyla bana yol gösteren tez danışmanım Prof.Dr. İbrahim AKDUMAN 'a ve bana her zaman destek olan aileme teşekkür ederim.

Haziran 2019

Emre Kızılay





İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Tez Hakkında	1
2. ANTENLER VE GENEL ÖZELLİKLERİ	3
2.1 Antenler	3
2.2 Antenin Işıma Prensibi	4
2.3 Antenlerin Genel Özellikleri	5
2.3.1 Antenin eşdeğer devresi	5
2.3.2 Anten parametreleri.....	6
2.3.2.1 Anten paterni	6
2.3.2.2 Antenin yönlülüğü.....	8
2.3.2.3 Işıma güç yoğunluğu	8
2.3.2.4 Anten ışıma şiddeti.....	8
2.3.2.5 Polarizasyon	9
2.3.2.6 Anten bant genişliği	10
2.3.2.7 Verimlilik	10
2.3.2.8 Anten kazancı.....	10
2.3.2.9 Giriş empedansı.....	10
2.3.2.10 Alan bölgeleri.....	11
2.3.2.11 Anten hüzme genişliği.....	13
2.3.2.12 Işıma verimliliği	13
2.3.2.13 Anten etkin açıklığı	14
2.3.2.14 Maksimum etkin açıklık.....	14
2.4 Anten Çeşitleri.....	14
2.4.1 Tel antenler	14
2.4.2 Açıklık antenler	16
2.4.3 Mikroşerit antenler	16
2.4.4 Dizi antenler	16
2.4.5 Yansıtıcı ve lens antenler	16
3. MİKROŞERİT ANTENLER	17
3.1 Giriş.....	17
3.2 Mikroşerit Antenlerin Genel özellikleri	17
3.3 Mikroşerit Antenlerin Besleme Yapıları	19
3.3.1 Mikroşerit hatlı besleme.....	19
3.3.2 Koaksiyel besleme	20

3.3.3 Açık kuplajlı besleme.....	20
3.3.4 Yakın kuplajlı besleme.....	21
3.4 Mikroşerit Antenlerin Analiz Yöntemleri	22
3.5 Mikroşerit Anten Teknolojisindeki Gelişmeler.....	22
3.6 Konik Oluklu Antenler	23
3.6.1 Vivaldi antenler.....	23
4. ANTENİN TASARIMI VE ANALİZİ	27
4.1 CST Simulasyon Programı	27
4.2 Ultra Genişbant Vivaldi Anten Tasarımı.....	28
4.2.1 Vivaldi anten tasarımındaki temel parametreleri	28
4.2.2 Geneksel vivaldi anten tasarımı	29
4.2.3 Oluklu vivaldi anten tasarımı	41
5. ANALİZ VE SONUÇLARI.....	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	63



KISALTMALAR

CST	: Computer Simulation Tchnology
EM	: Electromagnetic
KOA	: Konik Oluklu Anten
MMIC	: Monolithic microwave integrated circuit
UGB	: Ultra Geniş Bant
UWB	: Ultra Wide Band
VSWR	: Voltage Standing Wave Ratio





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Örnek anten yapısı.....	3
Şekil 2.2 : Farklı ışıma mekanizmaları.....	4
Şekil 2.4 : Antenin alıcı durumda eşdeğer devresi.....	6
Şekil 2.5 : Anten paterni.....	7
Şekil 2.6 : Dönen dalga.....	9
Şekil 2.7 : Anten eşdeğer devre empedans dağılımı.....	11
Şekil 2.8 : Antenin alan bölgeleri.....	12
Şekil 2.9 : Dipol anten ve oluşan alan çizgileri.....	15
Şekil 2.10 : Dairesel ve karesel halka antenler.....	15
Şekil 3.1: Genel mikroşerit anten yapısı.....	17
Şekil 3.2 : Mikroşerit yama şekilleri.....	18
Şekil 3.3 : Mikroşerit hatlı besleme.....	19
Şekil 3.4 : Koaksiyel hat besleme.....	20
Şekil 3.5 : Açık kuplajlı besleme.....	21
Şekil 3.6: Yakın kuplajlı besleme.....	21
Şekil 3.7 : Konik oluklu antenlerde farklı daralma yapıları.....	23
Şekil 3.8 : Temel Vivaldi anten yapısı.....	24
Şekil 3.9 : Daire dilimi iletken ilaveli vivaldi anten.....	24
Şekil 3.10 : Zıt kutuplu Vivaldi anten yapısı.....	25
Şekil 3.11: Dengelenmiş zıt kutuplu vivaldi anten yapısı.....	25
Şekil 4.1 : Gelenksel vivaldi anten yapısı.....	30
Şekil 4.2 : Tasarlanan antenin CST programındaki görünümü (üst).....	31
Şekil 4.3 : Tasarlanan antenin CST programındaki görünümü (alt).....	31
Şekil 4.4 : Gelenksel Gelenksel vivaldi anten S_{11} grafiği.....	32
Şekil 4.5 : Gelenksel vivaldi anten VSWR değişim grafiği.....	33
Şekil 4.6 : Gelenksel Vivaldi antenin reel Zin değişim grafiği.....	33
Şekil 4.8 : Antenin 3 GHz frekansındaki 3- boyutlu kazanç grafiği.....	34
Şekil 4.9 : Antenin 3 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği.....	35
Şekil 4.10 : Antenin 6 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği.....	35
Şekil 4.11 : Antenin 6 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği.....	36
Şekil 4.12 : Antenin 9 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği.....	36
Şekil 4.13 : Antenin 9 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği.....	37
Şekil 4.14 : Antenin 12 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği.....	37
Şekil 4.15 : Antenin 12 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği.....	38
Şekil 4.16 : 3 GHz frekansında 2-boyutlu ışıma diyagramı.....	39
Şekil 4.17 : 6 GHz frekansındaki 2-boyutlu ışıma diyagramı.....	39
Şekil 4.18 : 9 GHz frekansındaki 2-boyutlu ışıma diyagramı.....	40
Şekil 4.19 : 12 GHz frekansındaki 2-boyutlu ışıma diyagramı.....	40
Şekil 4.20 : Oluklu vivaldi antenin yapısı.....	41
Şekil 4.21 : Tasarlanan antenin CST programındaki görünümü (üst).....	43

Şekil 4.22 : Tasarlanan antenin CST programındaki görünümü (alt).....	43
Şekil 4.23 : Oluklu Vivaldi anten S_{11} grafiği	44
Şekil 4.24 : Oluklu Vivaldi anten VSWR değişim grafiği	45
Şekil 4.25 : Oluklu Vivaldi antenin reel Z_{in} değişim grafiği.....	45
Şekil 4.26 : Oluklu Vivaldi antenin sanal Z_{in} değişim grafiği	46
Şekil 4.27 : Antenin 2 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği.....	47
Şekil 4.28 : Antenin 2 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği	47
Şekil 4.29 : Antenin 3 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği.....	48
Şekil 4.30 : Antenin 3 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği	48
Şekil 4.31 : Antenin 6 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği.....	49
Şekil 4.32 : Antenin 6 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği	49
Şekil 4.33 : Antenin 9 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği.....	50
Şekil 4.34 : Antenin 9 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği	50
Şekil 4.35 : Antenin 12 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği.....	51
Şekil 4.36 : Antenin 12 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği	51
Şekil 4.37 : 2 GHz frekansında 2-boyutlu ışın diyagramı	52
Şekil 4.38 : 3 GHz frekansında 2-boyutlu ışın diyagramı	52
Şekil 4.39 : 6 GHz frekansında 2-boyutlu ışın diyagramı	53
Şekil 4.40 : 9 GHz frekansında 2-boyutlu ışın diyagramı	53
Şekil 4.41 : 12 GHz frekansında 2-boyutlu ışın diyagramı	54
Şekil 4.42 : Gerçekleşmiş antenin ışın ön tarafı	55
Şekil 4.43 : Gerçekleşmiş antenin besleme hattının olduğu arka tarafı	56
Şekil 4.44 : Gerçekleşmiş antenin S_{11} parametresi grafiği.....	57

MİKRODALGA GÖRÜNTÜLEME UYGULAMALARI İÇİN ULTRA GENİŞ BANT ANTEN TASARIMI

ÖZET

Mikroşerit antenler boyutları, hafiflikleri ve kolay uygulanabilir olmaları nedeniyle sıklıkla tercih edilir.Yüksek performanslı uçak, füze ve uydu uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilirler. Mikroşerit antenler düşük profilli küçük ve hafif yapıları ile mikrodalga tümleşik devreler ile uyumludurlar.Bu avantajlardan dolayı mobil cihazlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.Fakat Birçok avantajının yanı sıra mikroşerit yama antenlerin düşük verimlilikleri, düşük güç kapasiteleri, düşük bant genişlikleri gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Kanser tüm dünyada giderek artan sağlık sorunlarının en başında gelmektedir. Mikrodalga görüntüleme sistemleri teşiste sağlıklı hücreler ile kanser hücrelerinin arasındaki yüksek dielektrik sabiti farkından faydalanmaktadır. Ayrıca x-ışını görüntülemenin aksine iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kullanmasından dolayı sağlıklı dokular için zararsızdır. Tümörlü dokunun büyüklüğünün ve yerinin yüksek doğrulukta tespitinin yapılabilmesi için tasarımı yapılacak olan antenlerin istenilen uygun kazanç değerlerinde, yüksek verimlilikte, geniş bantta, uygun ışınma örüntüsünde olması istenir.

Ultra geniş bant antenler yüksek yönlülükleri, yüksek kazançları, geniş bantta çalışmaları kolay üretimlerinden dolayı mikrodalga görüntüleme uygulamalarında sıklıkla kullanılırlar. Ultra geniş bant antenlerin çoğu 3.1-10.6 GHz kominikasyon bandında düzenlenir ama mikrodalga görüntüleme uygulamaları için çalışma frekansının, spektrumun düşük ve yüksek taraflarından yayılarak bant genişliğinin artırılması hedeflenir. Yukarıda bahsedilen uygulamalar dolay, ilk olarak Gibson tarafından sunulan konik oluklu (Vivadi) antenler mikrodalga görüntüleme uygulamalarında sıklıkla tercih edilir.

Bu çalışma kapsamında öncelikle antenler, anten tipleri, temel anten parametreleri genel olarak tanıtılmıştır. Ayrıca tasarımı yapılacak antene ilişkin temel bilgiler olması açısından mikroşerit antenlerin genel yapısı, özellikleri ve türleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Bu genel bilgilerden sonra antenin tasarımı yapılmış ve elde edilen simülasyon sonuçları ve ölçüm sonuçları karşılaştırılarak yorumlanmıştır.



DESIGN OF ULTRA WIDE BAND ANTENNA FOR MICROWAVE IMAGING APPLICATIONS

SUMMARY

Microstrip antennas are frequently used because of their size, lightness and easy application. They can be used in high performance aircraft, missile and satellite applications. Microstrip antennas are compatible with low-profile small and lightweight structures and microwave integrated circuits. They are widely used in mobile devices due to these advantages.

Cancer is one of the leading health problems in the world. Microwave imaging systems benefit from the high dielectric constant difference between healthy cells and cancer cells. Unlike x-ray imaging, it is harmless for healthy tissues as it uses non-ionizing radiation. The antennas to be designed in order to be able to determine the size and location of the tumor tissue with high accuracy are required to be in the appropriate radiating pattern in the desired efficiency values, high efficiency, wide band.

Ultra-wide band antennas are often used in microwave imaging applications because of their high versatility, high gain and easy to operate in wide band. Most of the ultra- wide band antennas are regulated in the 3.1-10.6 GHz communication band, but for microwave imaging applications, the frequency of operation is aimed at increasing the bandwidth by extending both on the lower and higher side of the spectrum. Due to the above mentioned applications, the Vivaldi antennas first offered by Gibson are often preferred in microwave imaging applications.

Within the scope of this study, antennas, antenna types and basic antenna parameters are introduced. In addition, general information about the general structure, properties and types of microstrip antennas is given in order to provide basic information about the antenna to be designed. After this general information, the antenna was designed and the results of the simulation were compared with the results of the measurements and results were commented.

Antennas are one of the most important parts of microwave imaging systems both as receiver and transmitter. The antenna designed for this is required to have a high efficiency, suitable radiation pattern and gain value. In this study, ultra wideband Vivaldi antenna design is used for microwave imaging applications. The design was realized in two stages and the first step was to design the classic Vivaldi antenna. In the second step, slots are added to the antenna designed to increase the bandwidth of the antenna.

In the second part, it is aimed to give general information about antennas. General information about antenna definition, historical development, antenna types and basic antenna parameters.

In the third section, it is aimed to give general information about microstrip antennas. General structure and properties of microstrip antennas, feeding methods and analysis methods will be given.

The main goal of the fourth refinement study is to design the corrugated ultra-wide band Vivaldi antenna. Firstly, general information about CST simulation program used in antenna design and simulation will be given and two-stage design will be introduced. We will then examine the measurement results obtained from the laboratory experience of the purification antenna.

In the fifth chapter, the simulation results obtained with the cst simulation program will be compared with the measurement results obtained in the laboratory environment and the experiences obtained by examining these comparison results will be explained.

Summary of the fourth section where the design is made and the antenna is realized and the fifth section where the results are compared are given below.

It will first design the UGB vivaldi antenna that can operate on the 3.1 -10.6 GHz communication band. Later, the transverse slots will be placed on the edges of the antenna in the exponential contraction structure of this designed antenna and these slots are expected to be positive and oriented.

The basic parameters in UGB vivaldi antenna design are bandwidth, dielectric property of the base material, and height of the base material. In addition, the antenna to be designed must be of a size that can be used in microwave imaging devices, should be easy to install and have high durability. It is highly effective in terms of dielectric constant system performance of the selected base material. In general, the materials used in microstrip antenna design are dielectric constants in the range of 2.2-12. The structural size of the antenna varies according to the dielectric constant of the substrate. Generally, the larger the dielectric constant, the smaller the antenna size. However, in designs made with materials with low dielectric constant, antennas with higher bandwidth and efficiency are obtained despite increasing antenna sizes. Increasing the height of the dielectric material also increases the bandwidth and efficiency. However, unwanted surface waves are generated by increasing the height. these superficial waves cause disturbances in polarization and antenna pattern. Bandwidth value is maintained by eliminating the surface waves by various methods.

Vivaldi antennas are widely used in microwave imaging methods due to their large bandwidth, high directivity, symmetrical antenna patterns and low side lobe levels. In Vivaldi antennas, there is an exponential constricted radiation region on one side of the base material, and on the other side there is a feed line and a passage from the feed line to the groove line. Vivaldi antennas are used in radar systems because of their light weight, small size and ultra wide frequency band. Rogers RT 6002, which is 0.762 mm high $\epsilon_r = 2.94$, was preferred as the dielectric base material due to its ability to cover the 3.1-10.6 GHz frequency band, performance and ease of production. The designed antenna must meet the requirements of $S_{11} \leq -10$ dB and $VSWR \leq 2$ for efficient radiation.

Looking at these conditions, the antenna we design is able to radiate efficiently between the frequencies of 2.25 - 14.59 GHz. The antenna radiates to cover the 3.1 - 10.6 GHz frequency band that we are aiming for. In addition, VSWR takes very small values in the bandwidth that the antenna radiates, and it is observed that reflections and standing wave ratios at the antenna input have minimum values.

The transverse slots of the antenna will be placed in the exponential contraction structure of the designed UGB vivaldi antenna operating in the 2.25 - 14.6 GHz frequency band and the positive and negative effects of these slots will be examined. The purpose of this design is to extend the antenna's bandwidth by lowering the lower limit of the operating frequency band and to obtain better directivity at low frequencies.

The designed antenna must meet the requirements of $S_{11} \leq -10$ dB and $VSWR \leq 2$ for efficient radiation. When the simulation data obtained under these conditions were obtained, an UGB antenna was obtained which gives the desired gain and directivity values in the 1.63-14.54 GHz frequency band of the corrugated vivaldi antenna.

When the results of the measurement in the laboratory were examined, it was observed that the antenna radiated in the frequency range of 1.74-12.84 GHz. During the design, we can explain the difference between the S_{11} parameter obtained from the simulation results and the results of the S_{11} parameter change obtained as a result of the measurement of the antenna, as the error rate of the simulation program and the errors that occur during the production phase.

Consequently, UGB conventional vivaldi antenna design has been designed to be used in microwave imaging which can radiate between 2.25 - 14.6 GHz frequencies. Then, slots were added to this antenna to gain greater bandwidth and higher directivity and gain at frequencies below 6 GHz. In the studies carried out with the CST simulation program, the bandwidth (1.63-14.54 GHz) increased as the antenna started to radiate at a smaller frequency thanks to the slots added to the antenna. In addition, gain and directivity were increased at frequencies of 5 GHz and below. At the larger frequencies, no significant change was observed in terms of gain and directivity. The reasons for the differences between the simulation results obtained in the design of the antenna and the measurement results made in the laboratory can be said as the errors in the production process and the error rate of the simulation program.

In studies using CST simulation program, dielectric constant and height change of dielectric base material causes major changes in directionality and gain in radiation bandwidth. In addition, changes in the exponential structure and the feed line affect the bandwidth gain and directivity. It has been found that with the slots added to the antenna, better gain and directivity of radiation at lower frequencies can be achieved. In later studies, constructions of conical corrugated antennas with different contraction structure can be made by adding grooves of different sizes and shapes and designs with better features can be made.



1. GİRİŞ

Tüm dünyada giderek artan en önemli sağlık sorunlarının başında kanser gelmektedir. Mikrodalga görüntüleme sistemleri ile tümörlü dokunun tespiti durumunda erken teşhis hayat kurtarıcı bir öneme sahiptir.

Antenler mikrodalga görüntüleme sistemlerinin hem alıcı hem verici göreviyle en önemli parçalarındandır. Bunun için tasarlanan antenin yüksek verimlilikte, uygun ışımaya örüntüsüne ve kazanç değerine sahip olması istenir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada mikrodalga görüntüleme uygulamalarında kullanılmak üzere ultra geniş bantlı Vivaldi anten tasarımı yapılmıştır. Tasarım iki aşamada gerçekleştirilmiş olup ilk adımda klasik Vivaldi anten tasarımı yapılmıştır. İkinci adımda tasarlanan antene oluklar ilave edilerek antenin bant genişliği arttırılmıştır.

1.2 Tez Hakkında

İkinci bölümde antenler hakkında genel bilgiler verilmesi amaçlanmıştır. Antenin tanımı, tarihsel gelişimi, anten tipleri ve temel anten parametreleri hakkında genel bilgiler verilecektir.

Üçüncü bölümde mikroşerit natenler ile ilgili genel bilgiler verilmesi amaçlanmıştır. Mikroşerit antenlerin genel yapısı ve özellikleri, besleme yöntemleri ve analiz yöntemleri ile ilgili genel bilgiler verilecektir.

Dördüncü bölümde çalışmanın asıl amacı olan oluklu ultra-geniş bant Vivaldi anten tasarımı gerçekleştirilecektir. İlk olarak antenin tasarım ve benzetiminde kullanılan CST simülasyon programı hakkında genel bilgiler verilecek ve iki aşamalı tasarım konusuna geçilecek. Daha sonra üretilen antenin laboratuvar ortamında elde edilen ölçüm sonuçları incelenecektir.

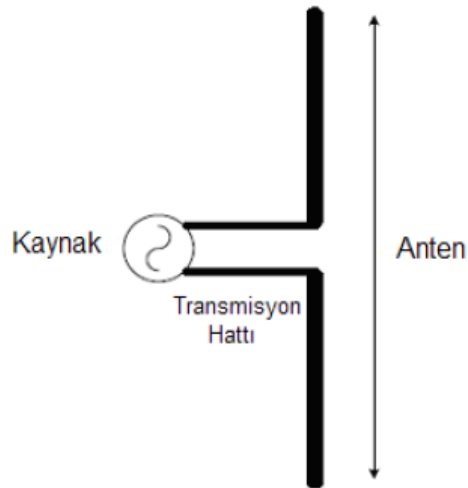
Beşinci bölümde ise cst simülasyon programı ile elde edilen simülasyon sonuçları ile laboratuvar ortamında elde edilen ölçüm sonuçları karşılaştırılacak ve bu karşılaştırma sonuçları incelenerek elde edilen deneyimler açıklanacaktır.



2. ANTENLER VE GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1 Antenler

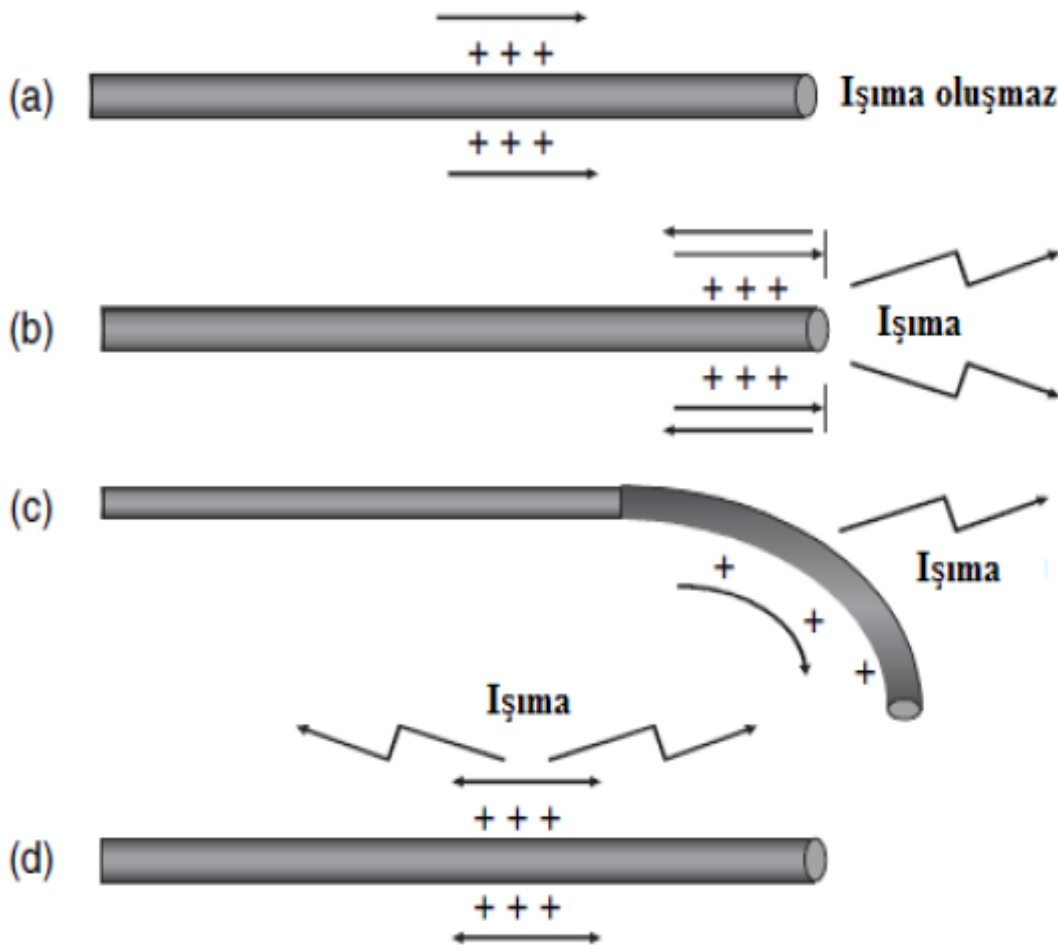
Antenin genel olarak tanımı, radyo dalgalarını iletmekte ya da almakta kullanılan ve genellikle metal olan bir cihazdır, şeklinde yapılabılır. İletilmek istenen işaret kaynaktan iletim hattına verilir ve iletim hattı sonundaki metal yapı ile atmosfere veya uzaya ışıma yapar [1]. Şekil 2.1 de verilen iletim hattı sonundaki metal yapı dipole anten görevi yapmaktadır. Antenin tarihsel süreci James Clerk Maxwell'e kadar girmektedir. Maxwell 1873 yılında yaptığı çalışmada elektromanyetik teorisinin temeli olan bugünkü Maxwell denklemlerini ortaya koymuştur [2]. 1886 yılına gelindiğinde ise Heinrich Rudolph Hertz ilk kablosuz elektromanyetik sistemi sunmuştur. Anten teknolojisindeki esas değişim 1960 ile 1990 arasındaki bilgisayar mimarisi ve teknolojisindeki gelişmeler sonucu olmuştur [1].



Şekil 2.1 : Örnek anten yapısı

2.2 Antenin Işıma Prensibi

Işımanın olabilmesi için bazı temel şartlar vardır. Buna göre yük hareket etmiyorsa akım oluşmaz ve ışınım olmaz. Eğer yük sabit hızla hareket ediyorsa ve yükün hareket ettiği tel düz ve sonsuzsa ışınım olmaz. Sabit hızlı hareket eden yük koşulunda tel eğilmiş kesilmiş veya sonlandırılmış (süreksiz) ise ışınım olur [3]. Eğer yük zamanla değişen periyodik hareket yapıyorsa düz telde de ışınım oluşur. Şekil 2.2 de yük hareketindeki durumlar ve farklı tel şekilleri gösterilmiştir.

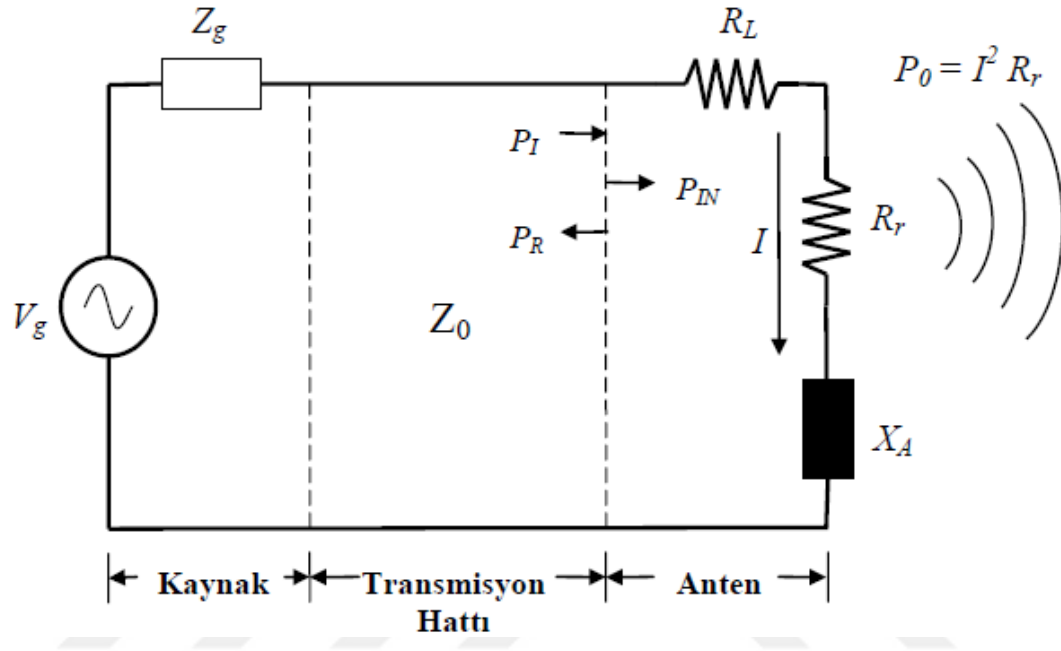


Şekil 2.2 : Farklı ışınım mekanizmaları

2.3 Antenlerin Genel Özellikleri

2.3.1 Antenin eşdeğer devresi

Antenin verici ve alıcı durumda çalışmasına ait eşdeğer devreler ve bu eşdeğer devrelere ilişkin parametreler Şekil 2.2 ile Şekil 2.3' te gösterilmektedir.



Şekil 2.3 : Antenin verici durumda eşdeğer devresi

Z_g : Verici devrenin empedansı (Ohm)

P_I : Antenin girişine ulaşan güç (Watt)

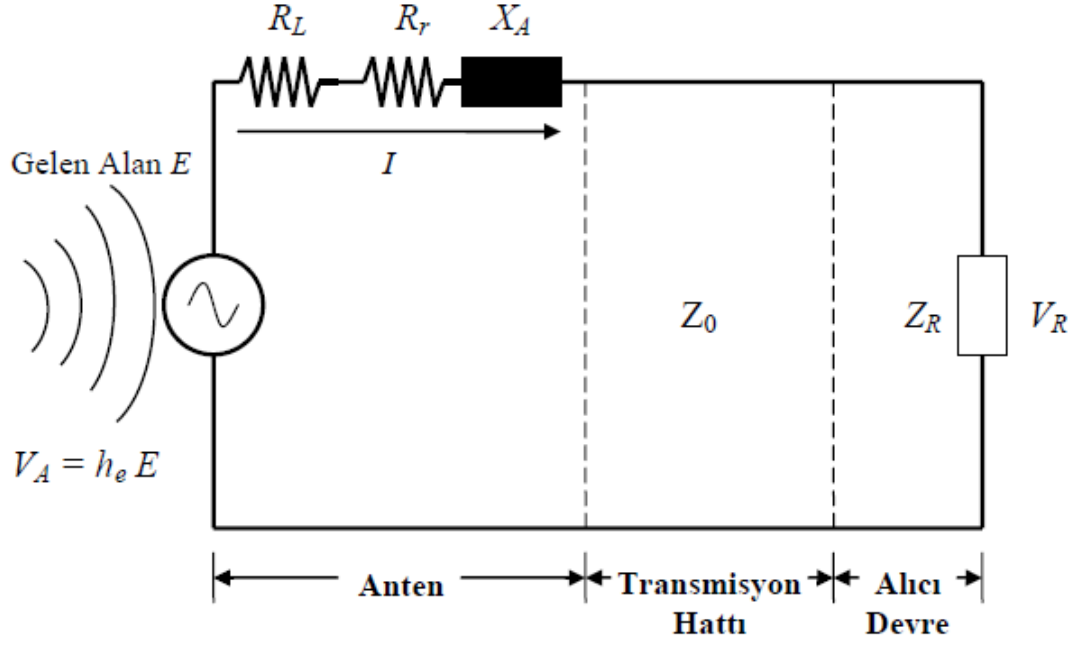
P_R : Anten girişinden verici devreye geri dönen güç (Watt)

$P_{IN} = P_I - P_R = I^2 R_A$: Antenin giriş gücü (Watt)

$P_0 = I^2 R_r$: Toplam ışıma gücü (Watt)

I : Antenin giriş akımı (Amper)

Z_0 : Antene giden hattın karakteristik empedansı (Ohm)



Şekil 2.4 : Antenin alıcı durumda eşdeğer devresi

$V_A = h_e E$: Gelen dalga ile indüklenen gerilim (Volt)

h_e : Etkin anten uzunluğu (metre)

E : Gelen dalganın elektrik alan şiddeti (Volt/metre)

V_R : Alıcı devreye aktarılan gerilim (Volt)

$Z_R = R_R + jX_R$: Alıcı devre giriş empedansı (Ohm)

R_R : Alıcı devre giriş direnci (Ohm)

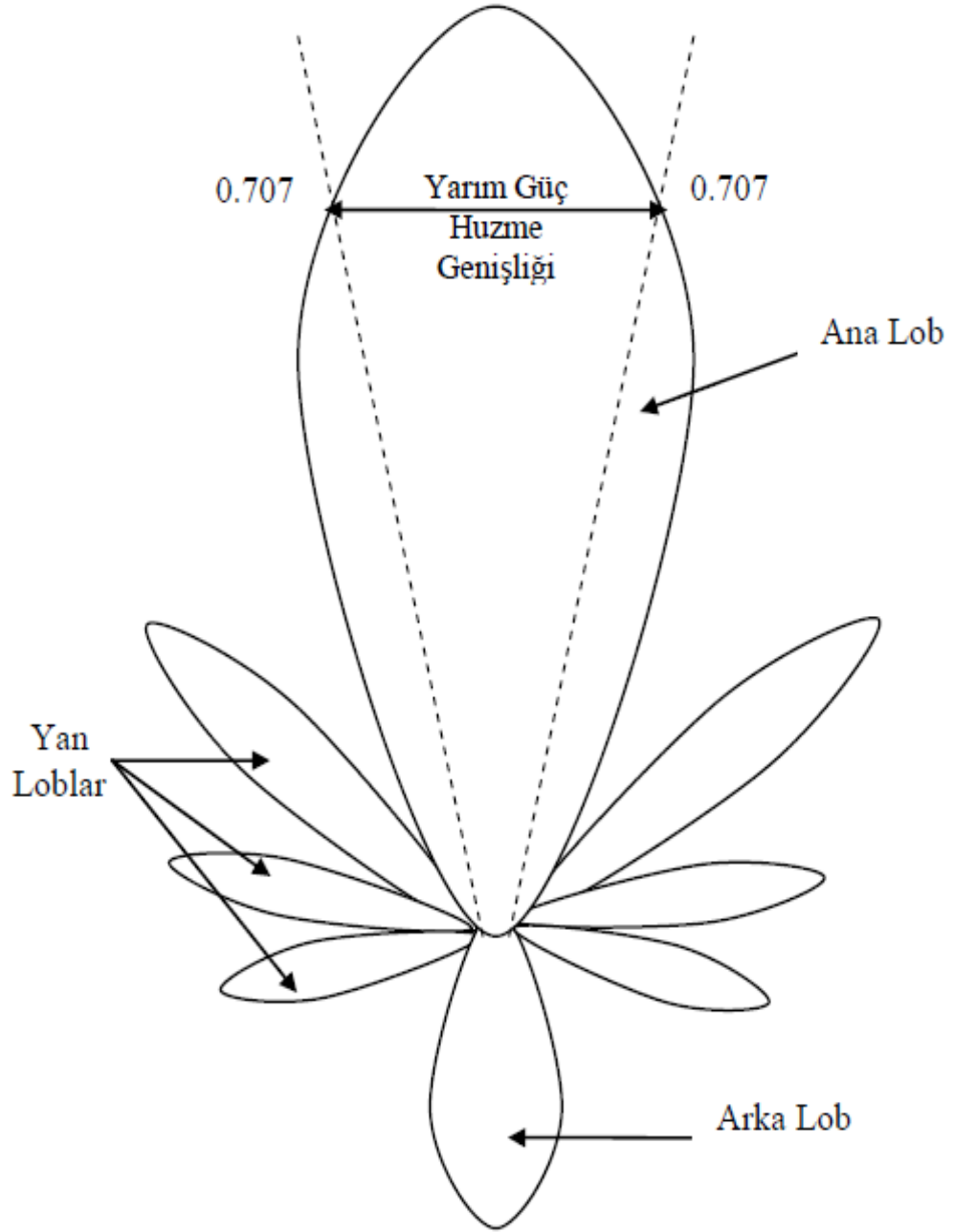
X_R : Alıcı devre giriş reaktansı (Ohm)

2.3.2 Anten parametreleri

2.3.2.1 Anten paterni

Antenin uzay koordinatlarının ve ışınma özelliklerinin matematiksel ifadelerle ya da grafiksel gösterim biçimidir [4]. Anten paternine bakarak bir antenin hangi yöne veya yönere ışınma yaptığı belirlenir. Şekil 2.5 te görüldüğü üzere bir anten paterni ana lob arka lob ve yan loblardan oluşur. Ana lob antenin en fazla şiddette ışınma yaptığı yönü gösterir. Arka lob ana lobun negatif yönünde ışınma yapar. Yan loblar ise ana lobtan farklı çeşitli yönere ışınma yaparlar. Arka lob ve yan loblar istenmeyen yönde ışınma yaparak gereksiz güç harcadıklarından dolayı bir çok uygulamada

istenmezler ve anten tasarımında amaçlardan biri yan ve arka lobları minimize etmektir.



Şekil 2.5 : Anten paterni

Kayıpsız ideal bir anten tüm yönlere eşit ışıma yapar. İzotropik antenin ışıma diyagramı 0 dB dir. Bir antenin ışıma diyagramı izotropik antenin ışıma diyagramıyla bereber incelendiğinde izotropik antenin -3 dB değerini gösterdiği

noktalarda anten gücünün yarıya düştüğü görülmektedir. -3 dB nin üstü çoğu antenin aktiflik bölgesidir.

2.3.2.2 Antenin yönlülüğü

Bir antenin belirlenen yönde yaptığı ışımaya şiddetinin tüm yönlere yaptığı ışımaya şiddetine oranıdır. Bir diğer tanım ise “antenin seçilen bir noktadaki ışımaya gücünün aynı noktadaki izotropik antenin ışımaya gücüne oranı” şeklinde yapılabilir [1]. Anten yönlülüğü birimsiz bir büyüklüktür ama çoğu kez boyutsuz ifade yerine “dB” cinsinden ifade etmek uygun düşer. İdeal antenler için yönlülük aynı zamanda kazançla eşittir. İdeal olmayan antenlerde ise kazanç, yönlülük ile kayıp oranının çarpımına eşittir.

2.3.2.3 Işıma güç yoğunluğu

Bir antenden yayılan elektrik alan şiddeti E ve öz empedansı η ise bu antenin uzak alan bölgesinde ışımaya güç yoğunluğu aşağıdaki formül şeklinde ifade edilebilir. Birimi watt/m^2 dir.

$$W_{rad} = \frac{|E(r, \theta, \phi)|^2}{2\eta} \quad (2.1)$$

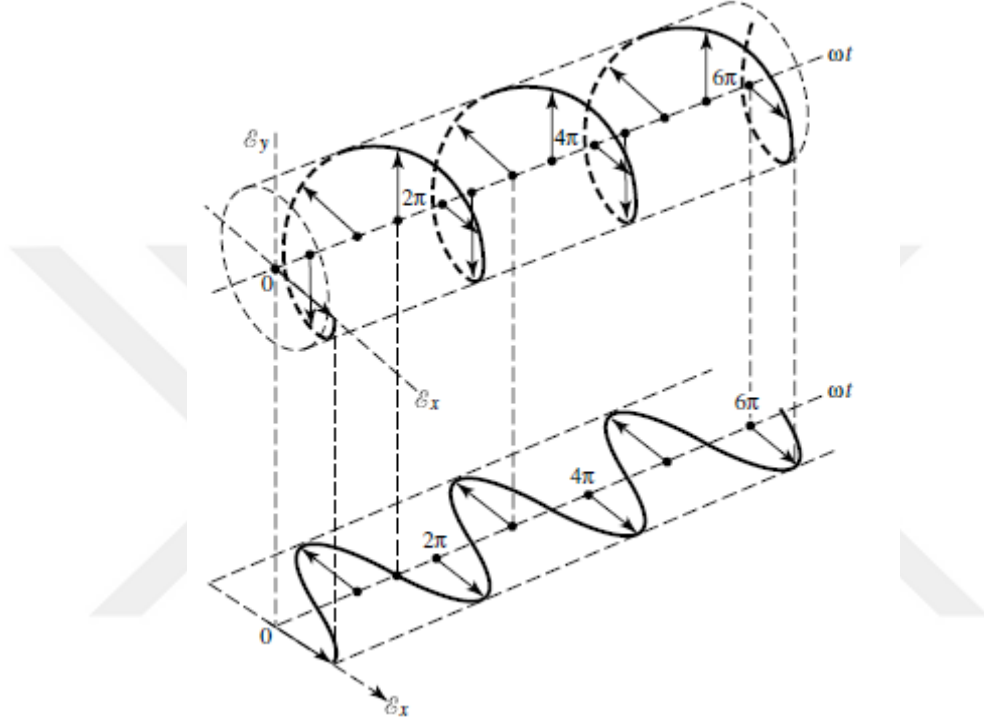
2.3.2.4 Anten ışımaya şiddeti

Belirlenen bir yöndeki birim katı açı (steradyan) başına antenden yayılan güce ışımaya şiddeti denir. Antenden ışılan E alan , ışımaya güç yoğunluğu W_{rad} ve öz empedans η ise uzak alan bölgesinde ışımaya şiddeti aşağıdaki formülle tanımlanabilir [4].

$$U = r^2 W_{rad} = r^2 \frac{|E(r, \theta, \phi)|^2}{2\eta} \quad (2.2)$$

2.3.2.5 Polarizasyon

Bir antenin polarizasyonu aslında anten tarafından ışıyan elektromanyetik dalganın kutuplanması anlamına gelmektedir [1]. Yayılan dalganın kutuplanması elektrik alanın anlık değişimini temsil eden vektörün ucunun çizdiği eğridir. Işıma yönü boyunca alan izlenerek zamanla değişen bir Şekil 2.6 da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 : Dönen dalga

Polarizasyon doğrusal , dairesel veya eliptik polarizasyon olarak sınıflandırılabilir. Uzaydaki herhangi bir noktada elektrik alan vektörü zamanın fonksiyonu olarak daima bir hat boyunca hareket ediyorsa polarizasyon doğrusaldır. Ancak elektrik alanın bir elipsi izlediği durumda ise polarizasyon eliptiktir. Dairesel polarizasyon ise eliptik polarizasyonda elipsin daire şeklini aldığı özel bir durumdur [3]. Polarizasyon önemli bir parametredir. Verici ve alıcı antenler arasında polarizasyon uyumu olmalıdır. Polarizasyon uyumsuz olduğu durumda büyük kayıplar meydana gelerek antenlerde istenen verim ve kazanç sağlanamaz.

2.3.2.6 Anten bant genişliği

Antenin bant genişliği, anten parametrelerinin Kabul edilebilir değerlerde olduğu merkez frekansının sağındaki ve solundaki frekansların arası olarak kabul edilir.

Pratikte iletim hattı ve anten arasındaki empedans uyumuyla ilgili parametre olan S_{11} değerinin -10 dB den az olduğu değerler aralığı bant genişliği olarak kabuledilebilir.

2.3.2.7 Verimlilik

Antenin verimliliği hesaplanırken iki farklı kaynak göz önünde bulundurulur. İlki iletim hattı ve antenin uyumsuzluğundan oluşan yansımalar, ikincisi ise iletim ve dielektrik kayıplarıdır(I^2R) . e_c iletim verimliliği, e_d dielektrik ve $e_r=(1-\Gamma^2)$ yansımaya verimliliği olmak üzere e_0 toplam verimlilik aşağıda verilen formülle bulunur.

$$e_0 = e_r e_{cd} = e_{cd}(1 - |\Gamma|^2) \quad (2.3)$$

Buradaki e_c ve e_d yi hesaplamak oldukça zordur ancak deneysel olarak elde edilirler. Verilen tüm verimlilikler boyutsuzdur

2.3.2.8 Anten kazancı

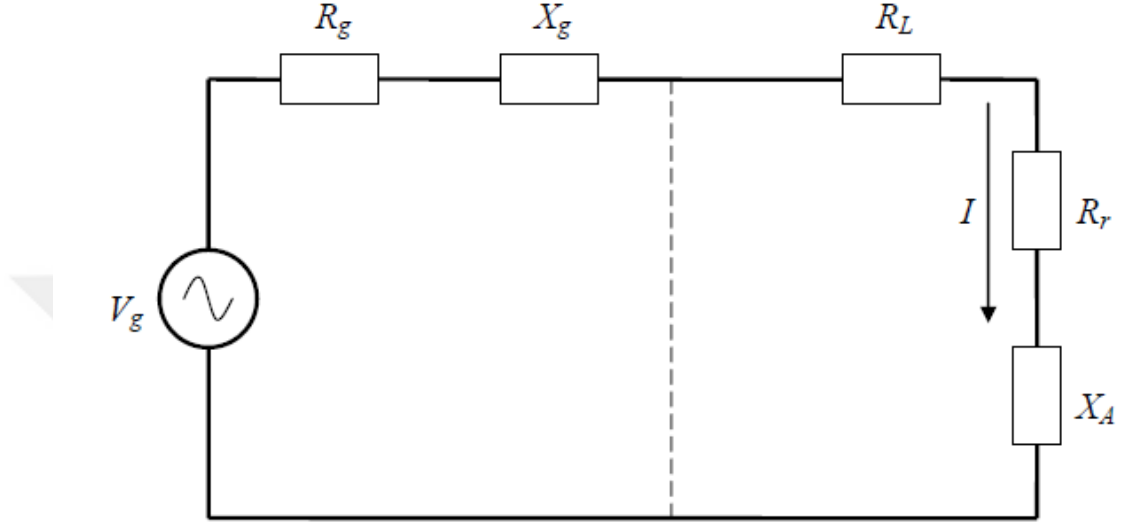
Bir antenin performansı ile ilgili önemli bir parametredir kazançtır. Kazanç hem antenin yönsel kabiliyetlerini hem de verimliliğini hesaba katar [1]. Anten kazancının tanımı , anten ışınım şiddeti yoğunluğunun, aynı giriş gücü ile ideal izotropik antenden elde edilen ışınım şiddeti yoğunluğuna oranı , şeklinde yapılabilir [5]. $U(\theta, \phi)$ antenin ışınım şiddeti yoğunluğu , P_{IN} antene giren güç olmak üzere aşağıdaki gibi tanımlanır ve boyutsuzdur.

$$D(\theta, \phi) = \frac{U(\theta, \phi)}{U_{iso}} = \frac{U(\theta, \phi)}{\frac{P_{IN}}{4\pi}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{IN}} \quad (2.4)$$

2.3.2.9 Giriş empedansı

Antenin giriş empedansı , antenin terminallerinde görünen empedans terminallerindeki gerilimin akıma oranı veya bir noktaya uygulanan elektrik alanın

manyetik alana oranı olarak tanımlanabilir. Maksimum enerji iletimi için, iletim hattının karakteristik empedansı ile antenin giriş empedansı uyumlu olmalıdır. Anten ile iletim hattının empedans uyumu olmadığında anten terminallerinden ters yönde bir yansıyan dalga oluşur. Bu sistem veriminde azalma meydana getirir. İletim hattı ve anten sisteminin empedans dağılımı Şekil 2.7 de gösterilmektedir.



Şekil 2.7 : Anten eşdeğer devre empedans dağılımı

$Z_A = R_A + jX_A$: Anten empedansı (Ohm)

$R_A = R_r + R_L$: Anten direnci (Ohm)

R_r : Radyasyon direnci (Ohm)

R_L : Kayıp direnci (Ohm)

X_A : Anten reaktansı (Ohm)

V_g : Kaynak çıkış gerilimi (Volt)

$Z_g = R_g + jX_g$: Kaynak empedansı (Ohm)

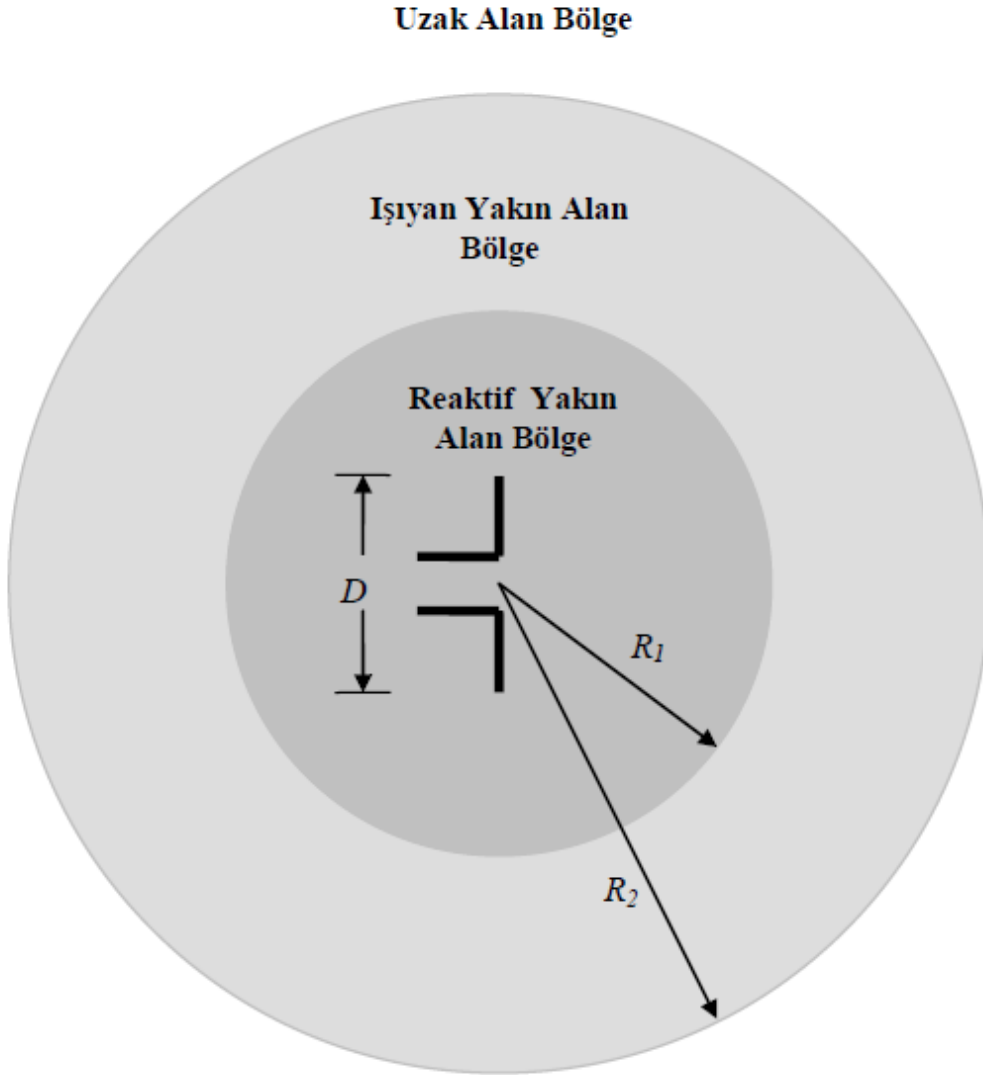
R_g : Kaynak direnci (Ohm)

X_g : Kaynak reaktansı (Ohm)

2.3.2.10 Alan bölgeleri

Antenin etrafını kaplayan uzay üç alt bölgeye ayrılır. Bunlar reaktif yakın alan, ışıyan yakın alan ve uzak alandır. Reaktif alanların baskın olduğu anteni hemen çevreleyen bölgeye reaktif yakın alan bölgesi denir [1]. Açısal alan dağılımının antenden

olan uzaklığa bağlı olduğu ve ışılan alanların baskın olduğu bölgeye ışılan yakın alan bölgesi denir. Uzak alan bölgesi ise bir antenin açısal alan dağılımının antenden olan uzaklıktan bağımsız olduğu bölgedir [1]. Yakın alan bölgede hesaplamalar karmaşık ve ölçümler zordur. Uzak alan bölgede ise düzlem dalga yaklaşımı yapılabildiğinden hesaplamalar daha kolaydır. Anten alan bölgeleri Şekil 2.8 de gösterilmektedir



Şekil 2.8 : Antenin alan bölgeleri

D anten boyunu, R_1 reaktif yakın alan yarıçapı ve R_2 ışılan yakın alan yarıçapı olmak üzere bir çok anten için bu yarı çaplar aşağıda verilen formüllerle bulunabilir.

$$R_1 = 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (2.5)$$

$$R_2 = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.6)$$

(2.5) ve (2.6) formüllerinden anlaşıldığı üzere R_1 ve R_2 yarı çapları anten boyuna ve dalga boyuna bağlı olduğu görülmektedir.

2.3.2.11 Anten hüzme genişliği

Anten paterni ile ilgili parametredir. Bir anten paterninde birkaç hüzme genişliği vardır. En çok kullanılanı ‘‘yarı güç hüzme genişliği (HPBW)’’dir . Yarı güç hüzme genişliği maksimum ışınım yönündeki gücün yarıya düştüğü açısız genişlik şeklinde tanımlanır [1].Hüzme genişliği anten için önemli bir parametredir ve kendisiyle yan loblar arasında ters bir ilişki vardır ; hüzme genişliği azalırken yan lob seviyesi artar tersi de geçerlidir.

2.3.2.12 Işınım verimliliği

Antenin iletim ve dielektrik kayıplar ancak ölçümle bulunabilir ve birbirlerinden ayırt etmek zordur. R_L direnci iletim ve dielektrik kayıpları , R_r ışınım direnci olmak üzere ışınım verimi e_r , ışınım direnci R_r nin harcadığı gücün R_r ve R_L toplam harcadığı güce oranı şeklinde hesaplanır. Diğer bir deyişle anten çıkış gücünün(P_{out}) giriş gücüne (P_{in}) oranıdır ve boyutsuzdur.

$$e_r = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{R_r}{R_r + R_L} \quad (2.7)$$

2.3.2.13 Anten etkin açıklığı

Antenin üzerine gelen bir dalgadan antenin güç yakalama özelliklerini tanımlamakta kullanılır. Antenin terminallerinden alınan güç P_T ve antene gelen ve anten ile polarizasyonu uyumlu düzlem dalğanın güç yoğunluğu W_i olduğunda aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$A_e = \frac{P_T}{W_i} = \frac{|I_T|^2 R_T / 2}{W_i} \quad (2.8)$$

2.3.2.14 Maksimum etkin açıklık

Bir antenin maksimum etkin açıklığı A_{em} ve maksimum yönlülüğü D_0 ise aralarındaki ilişki aşağıda verilen formüldeki gibidir.

$$A_{em} = \frac{\lambda^2}{4\pi} D_0 \quad (2.9)$$

(2.9) ile antene gelen dalğanın güç yoğunluğu çarpıldığında bize yükte harcanabilecek maksimum gücü verir. Maksimum etkin açıklık, iletim ve dielektrik kayıpları, yansımaya ve polarizasyon uyumsuzluğu kayıpları hesaba katıldığında aşağıda verilen formülle hesaplanır.

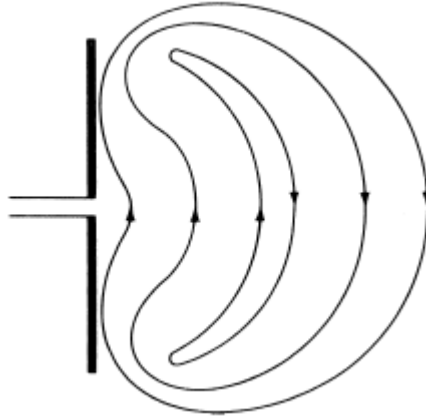
$$\begin{aligned} A_{em} &= e_0 \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) D_0 |\hat{\rho}_w \cdot \hat{\rho}_a|^2 \\ &= e_{cd} (1 - |\Gamma|^2) \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) D_0 |\hat{\rho}_w \cdot \hat{\rho}_a|^2 \end{aligned} \quad (2.10)$$

2.4 Anten Çeşitleri

2.4.1 Tel antenler

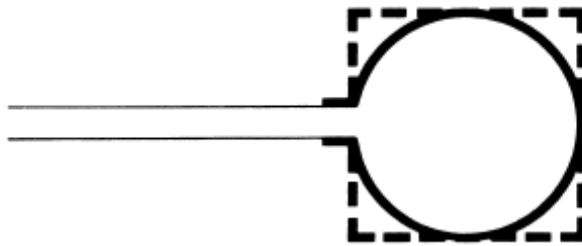
Tel antenler hemen hemen her yerde görebileceğimiz sıklıkla kullanılan bir anten tipidir. Kullanıldığı yerlere örnek olarak binalar gemiler uçaklar ve otomobiller

verilebiliriz. Tel antenler doğrusal tel antenler ve halka tel antenler olmak üzere iki farklı yapıda olabilirler. Doğrusal tel antenler değişken akımla beslenir ve biri besleme diğeri toprak ucu olmak üzere açık devreyle sonlanıyormuş gibi görünürler [1]. Şekilde doğrusal tel anten olarak dipol anten görülmektedir.



Şekil 2.9 : Dipol anten ve oluşan alan çizgileri

Halka antenler çok yönlü ucuz ve basit yapıda olmaları nedeniyle sıklıkla kullanılan antenlerdir. Halka antenler kare , dikdörtgen ve elips şeklinde de olabilirler fakat yapısının basitliği ve hesabının kolaylığından dolayı en popüler olan halka antenlerdir. Şekil 2.10 görüldüğü üzere halka antenler doğrusal antenlerden farklı olarak kapalı çevrimlerinden dolayı kapalı devre ile sonlanıyormuş gibi görünürler [6].



Şekil 2.10 : Dairesel ve karesel halka antenler

2.4.2 Açıklık antenler

Dalga ışınım yönünde açıklığa sahip olan daha yüksek frekanslarda çalışabilen daha karmaşık yapılara sahip antenlerdir. Bu antenlerin avantajı , kötü hava koşullarına dayanıklı olmaları, hava ve uzay araçlarına montaja uygun olmalarıdır.

2.4.3 Mikroşerit antenler

Bu antenler uzay uygulamalarının başlamasıyla daha 70'li yıllarda bilinir ve kullanılır hale gelmiştir. Bu antenler genel olarak metal bir yamanın araya ince bir dielektrik profil yerleştirilerek topraklanmış alt tabaka üzerine yerleştirilerek oluşturulur [4]. Basit , ucuza imal edilebilir ve yapısal olarak sağlam olması açısından çok yönlü antenlerdir. Bölüm 3 te detaylı olarak ele alınacaktır.

2.4.4 Dizi antenler

Genellikle uygulamalarda istenilen ışınım özellikleri tek bir anten ile oluşmayabilir. Bu durumda bir çok anteni geometrik ve elektiriksel düzende bir araya getirerek anten dizi oluşturup istenilen ışınım özelliklerini elde edebiliriz [7]. Örneğin dipol antenlerden oluşan Yagi Uda antenlerinde yüksek yönlülük , Log periyodik antenlerde ise daha büyük bant genişliği elde edilir.

2.4.5 Yansıtıcı ve lens antenler

Özellikle uzay uygulamalarında çok büyük mesafelerde sinyal iletimi ve sinyal alımı için yansıtıcı antenler kullanılmaktadır. En çok kullanılan türü parabolik yansıtıcılardır. Uzayda çok uzak mesafelere sinyal göndermek ve almak için antenin yüksek kazançlı olması gerekir bundan dolayı yansıtıcı antenler çok büyük boyutlu olabilir.

Lens antenler ise çok uzaaktan gelen enerjiyi paralelleştirmek ve istenmeyen yönlere dağılmasını önlemek amacıyla kullanılırlar. Ayrıca farklı dalga yapısında gelen enerjiyi düzlem dalga yapısına dönüştürebilirler. Alçak frekanslarda lensler çok büyük yapıda olmaktadır [1].

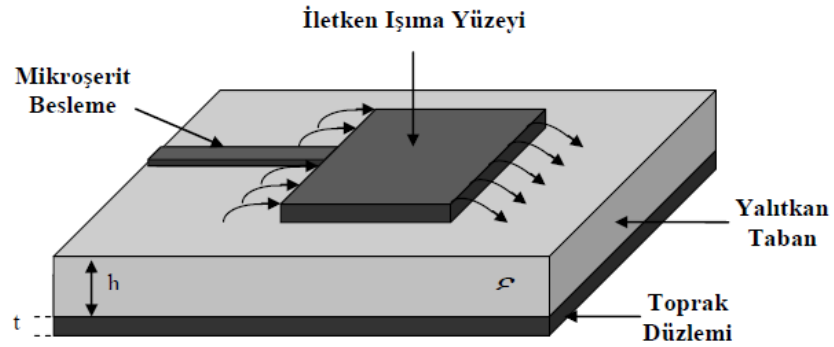
3. MİKROŞERİT ANTENLER

3.1 Giriş

Mikroşerit yapıların anten olarak tasarımı fikri 1953 yılında Deschamps tarafından ortaya atılmıştır [8]. İlk patent ise 1955 yılında alınmış olmasına rağmen uzay ve havacılık sanayinin hızla gelişmeye başladığı 70'li yıllardan itibaren popüler olmuşlardır [1]. Günümüzde mikroşerit antenler, küçük yapıda olmaları, düz ya da düz olmayan yüzeylere uygulanabilmeleri, yapısal sağlamlığı, MMIC tasarımlarla uyumlu olması, ucuz ve kolay üretimi nedeniyle mobil radyolarda , kablosuz haberleşmede ve daha birçok özel uygulamada kullanılmaktadırlar.

3.2 Mikroşerit Antenlerin Genel özellikleri

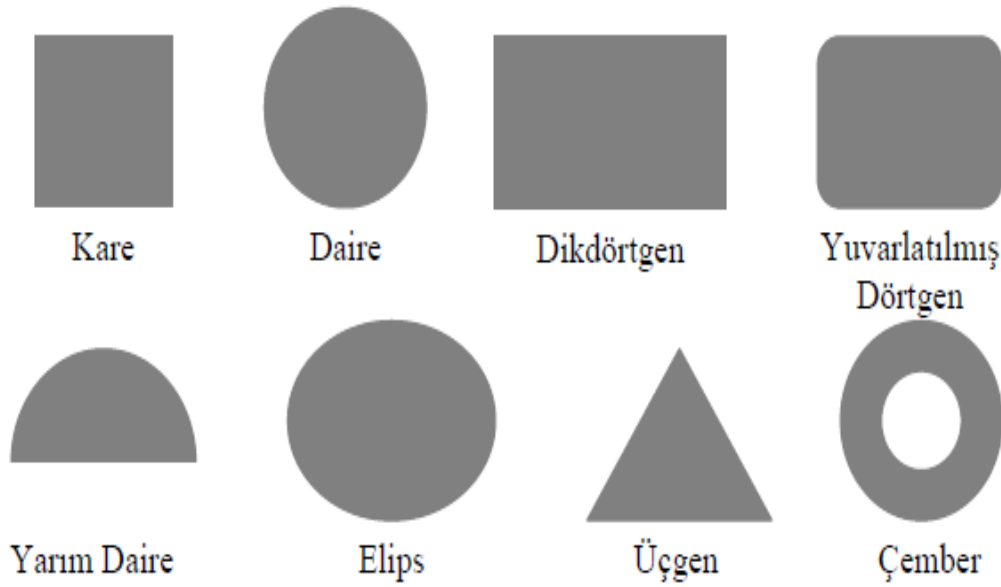
Mikroşerit antenlerin yapısı Şekil 3.1 de görüldüğü üzere dielektrik levhadan olan bir taban malzemesi ve taban malzemesinin bir yüzeyinde toprak iletkeni, diğer yüzeyinde ise ışınım yüzeyi olarak çok ince metal bir yamadan oluşur [1]. Mikroşerit antenlerde ışınım iletkeni yama, anten paternini maksimumu yamaya dik yani enine ışınacak şekilde tasarlanır .



Şekil 3.1: Genel mikroşerit anten yapısı

Mikroşerit anten tasarımında kullanılabilen bir çok çeşit taban malzemeleri vardır. Bu taban malzemelerinin dielektrik sabitleri ϵ_r , 2.2-12 arasında değişen değerlerde olabilir. Taban malzemesi seçiminde iyi bir performans için dielektrik sabiti düşük, kalın taban malzemeleri tercih edilir; çünkü daha yüksek bant genişliği ve iyi bir verimlilik sağlar [4]. Mikroşerit antenler genellikle mikrodalga devrelerde kullanılır. Mikrodalga devrelerinde istenmeyen ışımaları azaltmak adına alanları sınırlayabilmek için dielektrik sabiti yüksek kalın taban malzemeleri tercih edilir ancak, bu malzemeler mikroşerit antende daha düşük bant genişliğine daha az verime sebep olur . Bundan dolayı devre tasarımı ve anten performansı arasında bir tercih yapmak gerekir [9].

Mikroşerit yama yapıları ; üçgen, kare, dikdörtgen veya daire gibi birçok yapıda olabilir. Şekil 3.2 de örnek yama yapıları görülmektedir.



Şekil 3.2 : Mikroşerit yama şekilleri

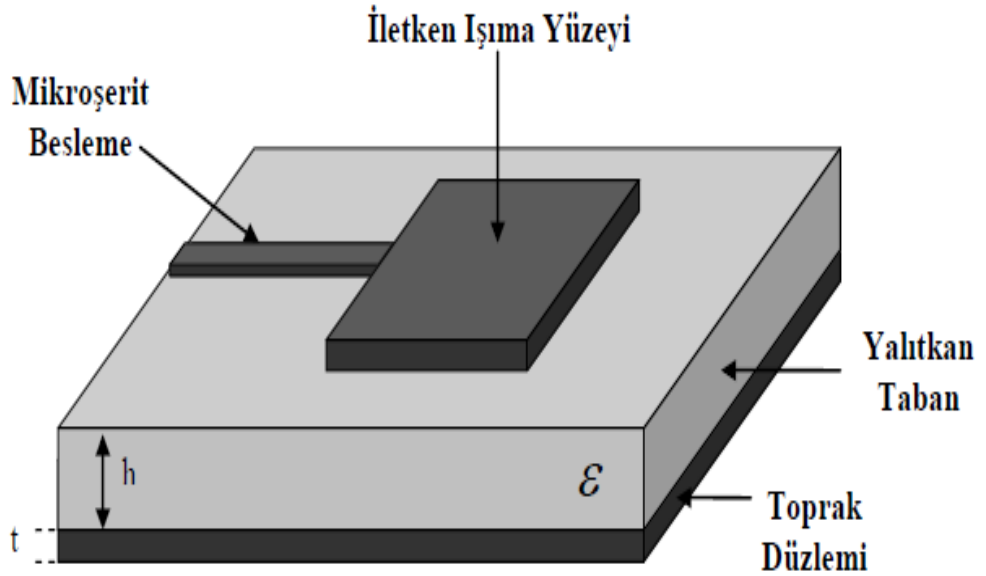
Bazı uygulamalarda daha büyük tarama yeteneği ve anten yönlülüğü elde etmek için mikroşerit anten dizisi kullanılabilir.

3.3 Mikroşerit Antenlerin Besleme Yapıları

Mikroşerit antenleri beslemek için genelde dört farklı yapı kullanılır; bunlar mikroşerit besleme , koaksiyel besleme , açık kuplajlı besleme , yakın kuplajlı besleme yapılarıdır.

3.3.1 Mikroşerit hatlı besleme

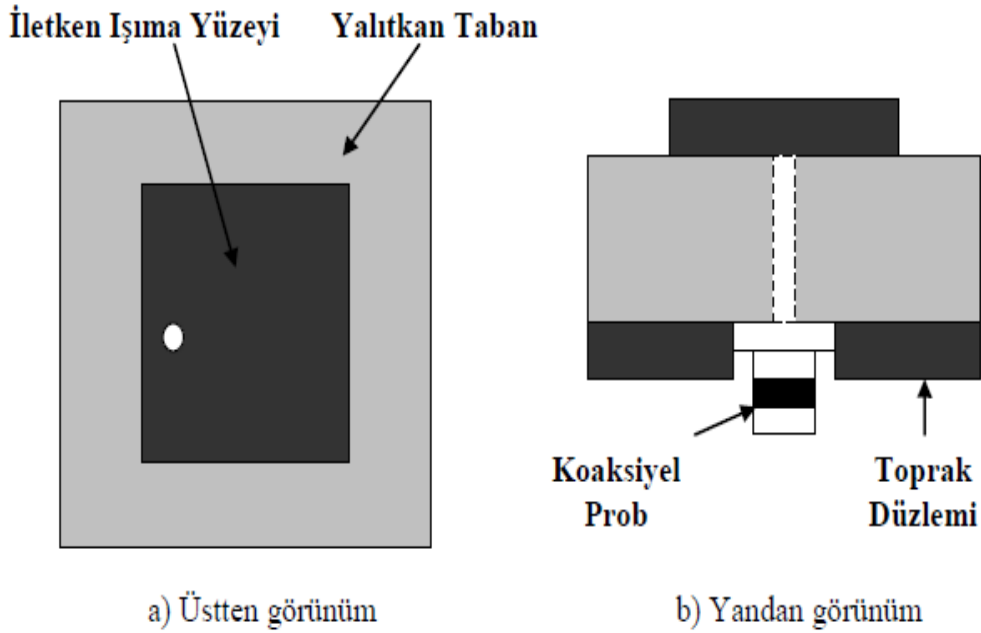
İletken bir şeritten oluşan besleme hattı mikroşerit yamadan daha dar bir yapıdadır. Mikroşerit hatlı beslemenin tasarımı kolay , üretimi zahmetsiz ve konumundan dolayı uyumlanması basittir. Dezavantjı taban malzemesinin kalınlığı artığında beslemenin bant genişliğini düşüren ışıma yapması artar [10]. Mikroşerit hatlı besleme Şekil 3.3 te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 : Mikroşerit hatlı besleme

3.3.2 Koaksiyel besleme

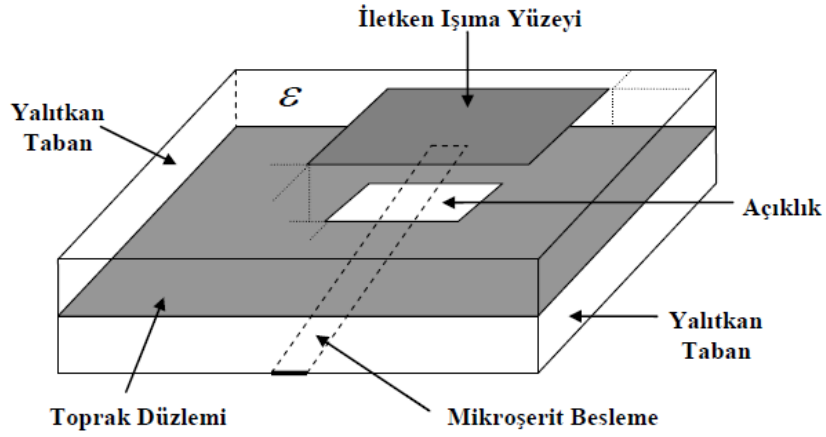
Koaksiyel hat beslemeler uygulamalarda sıklıkla kullanılırlar. Parazit ışımaları az, üretim ve uyumlanmaları kolaydır. Ancak modellenmeleri zor ve band genişlikleri dardır. Koaksiyel besleme Şekil 3.4 te gösterilmiştir.



Şekil 3.4 : Koaksiyel hat besleme

3.3.3 Açık kuplajlı besleme

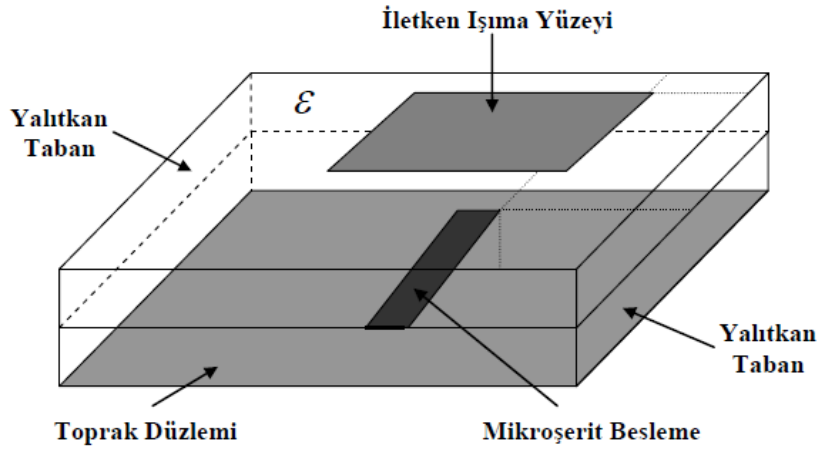
Açık kuplajlı besleme, birbirlerinden toprak düzlemlerle ayrılan iki taban malzemesinden meydana gelir. Alt taraftaki taban malzemesinin alt tarafında mikroşerit besleme vardır. Bu besleme hattı toprak düzlemindeki bir yarık boyunca mikroşerit yamayı besler. Bu düzende besleme yapısı ve ışıma yapısı birbirlerinden bağımsız ayarlanabilir. Bu beslemede alt tabanda yüksek dielektrik katsıylı malzeme üst katta ise düşük dielektrik katsıylı kalın malzeme kullanılır. Avantajları parazit ışıması az ve modellenmesi kolaydır. Dezavantajları ise bant genişliği düşük ve üretimi zordur [11]. Şekil 3.5 te açık kuplajlı besleme gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : Açık kuplajlı besleme

3.3.4 Yakın kuplajlı besleme

Yakın kuplajlı beslemenin yapısı Şekil 3.6 da gösterildiği gibidir. Bu besleme yapısının parazit ışınması düşük ve modellenmesi kolaydır. Ayrıca en yüksek bant genişliğine sahip besleme yapısıdır. Dezavantjı ise üretim zorluğudur [6].



Şekil 3.6: Yakın kuplajlı besleme

3.4 Mikroşerit Antenlerin Analiz Yöntemleri

Mikroşerit antenlerin analizinde kullanılan birçok yöntem olmasına rağmen sıklıkla kullanılan modeller iletim hattı , tam dalga ve boşluktur [5]. Bu üç modelden en basit olanı iletim hattı modelidir. Bu model iyi bir fiziksel perspektif sağlar; ancak doğruluğu az ve kuplaj modelleme zordur. Boşluk modelinin , iletim hattı modeline göre doğruluğu daha yüksek ancak daha karmaşıktır. Boşluk modelinde de iyi fiziksel perspektif elde edilmesine rağmen kuplajı modellemek oldukça zordur. Tam dalga modeli tam uygulandığında tek elemanları , dizileri , yğınları , karmaşık şekilli elemanları ve kuplajı yüksek doğrulukla inceleyebilen bir modeldir fakat bu modelin fiziksel perspektifi çok azdır ve en karmaşık modeldir [12].

3.5 Mikroşerit Anten Teknolojisindeki Gelişmeler

Mikroşerit anten tasarımı alanındaki bir çok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam edilecektir. Çünkü alınacak daha çok yol olduğu düşünülmektedir. Mikrodalga teknolojilerindeki gelişmeler bu sistemlerde kullanılacak antenlerin daha büyük bant genişliğine sahip ve daha küçük boyutlu olmasını gerektirmektedir. Bundan dolayı çalışmalar bu iki hedefe yönelik yürütülmektedir yani daha büyük bant genişliği ve daha küçük boyut. Diğer önemli üçüncü bir hedef ise üretim kolaylığıdır [10].

Bant genişliğinin artırılması kapsamında , kablosuz haberleşme , uydu , uzaktan algılama , mikrodalga görüntüleme ve radar sistemleri artık ultra genişbant (ultra wideband-UWB) anten tasarımına ihtiyaç duymaktadır. Ultra Genişband (UGB) genellikle 3.1 – 10.6 GHz kominikasyon bandında düzenlenmektedirler [12].

UGB teknolojisini kullanan sistemlerden mikrodalga görüntüleme de kullanılanlar için hem büyük bant genişliğine sahip olan hem de küçük boyutlu olan anten tasarımına ihtiyaç vardır. Bu hedeflere yönelik en iyi adaylardan birisi Konik Oluklu Antenler dir. Konik Oluklu Antenler (KOA) , geniş bantlı oluşları , simetrik anten paternleri , tatminkar anten kazançları ve uygun polarizasyonlu oluşları sebebiyle büyük potansiyele sahiptirler

3.6 Konik Oluklu Antenler

Konik Oluklu Antenlerin en büyük özellikleri besleme noktasından uzaklaştıkça antenin ışınma bölgesini oluşturan ve giderek artan oluk açıklığıdır. Yani besleme noktasına doğru oluk açıklığı daralmaktadır. KOA ların ışınma yapan bölümüne ait daralma yapıları KOA nın çeşidini belirler [13]. Bunlardan en çok bilinenleri doğrusal daralan oluklu , sabit oluklu ve Vivaldi olarak bilinen eksponansiyel daralan oluklu olup şekil 3.7 de gösterilmiştir. Diğerlerine göre daha az bilinen daralma yapıları ise Klopfenstein daralma yapısı ve çift eksponansiyel daralma yapısıdır. Vivaldi anten tipi , tasarım ve analizde kullanılacak anten tipi olduğundan ilerleyen bölümde kısa tarihçesi ve özellikleri sunulacaktır.

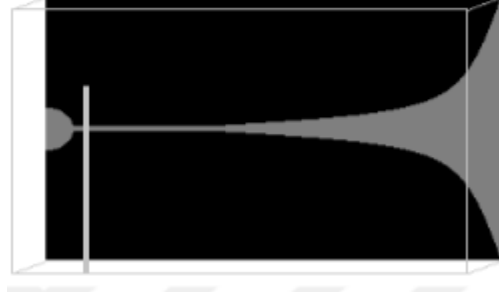


Şekil 3.7 : Konik oluklu antenlerde farklı daralma yapıları

KOA tipi antenler mikroşerit antenlerin hafiflik , basitlik ve ucuzluk gibi tüm özelliklerine sahiptir. Klasik mikroşerit antenlere ilaveten büyük bant genişliği yüksek yönlülük ve düşük yan lob seviyeleri gibi özelliklere sahiptir. Diğer önemli özelliği ise entegre devrelere olan uyumu ve antene gelen besleme ile aynı anda imal edilebilmesidir.

3.6.1 Vivaldi antenler

Bu tip antenler 1979 yılında Gibson tarafından Vivaldi Anten adıyla literature geçirilmiştir [14]. Vivaldi antene ait temel gösterim şekil 3.8 de verilmiştir

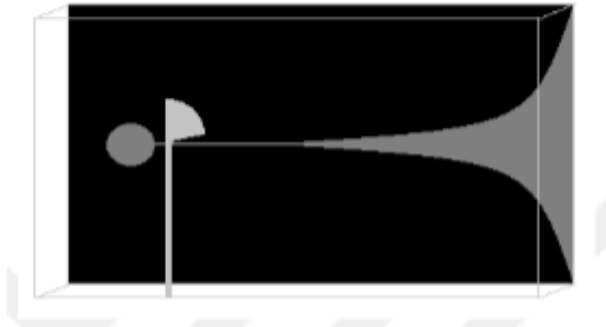


Şekil 3.8 : Temel Vivaldi anten yapısı

Bir Vivaldi anten , ışıkyan bölge , besleme hattı , besleme hattından oluk hattına geçiş bölümlerinden oluşur. Ekponansiyel olarak daralan yapı , ışıkma yapan bölgedir. Ayrıca parabolik , hiperbolik ve eliptik daralma yapıları literatürde mevcuttur. 4-8 dBi kazanç sağlayabilen Vivaldi antenler ekponansiyel daralma yapılarından dolayı çalışma bandı aralğında hemen hemen sabit hüzme genişliğine sahiptir. Ayrıca ekponansiyel yapıda herhangi bir rezonatör bulunmamasından dolayı işarete bozulmaya yol açmaz. Budan dolayı Vivaldi uygun bir UGB antendir

Gibson çalışmalarında 2-40 GHz arası frekanslarda doğrusal polarizasyonlu ve yüksek kazançlı antenler yapılabileceğini göstermiştir. Shuabert'in Vivaldi antenler ve diğer daralma yapısına sahip antenler arasında yaptığı karşılaştırma çalışmalarında en büyük ana lob değeri ve en küçük yan lob değerine Vivaldi antenlerin sahip olduğunu göstermiştir [14].

Sloan ve arkadaşları tarafından besleme hattının oluk hattını geçişi için eklediği daire dilimi şeklinde iletken sayesinde bant genişliğinin daha da arttığı görülmüştür. Daire dilimi iletken ilave edilmiş Vivaldi anten Şekil 3.9 da verilmiştir.



Şekil 3.9 : Daire dilimi iletken ilaveli vivaldi anten

1988 yılında Gazit Vivaldi anten tasarımında bir adım daha atarak iki yenilik ortaya koymuştur. Bunlardan biri düşük dielektrik sabiti ($\epsilon_r = 2.45$) olan cuclad taban malzemesini kullanmak diğeri ise zıt kutup oluk hattı geçişi kullanmaktır [15]. Bunu yapabilmek için eksponansiyel daralan zıt polarizasyonlu iki iletkeni tabanın iki tarafına koymak ve mikroşerit hattı ise simetrik olarak iletkenin karşı tarafına gelecek şekilde tabanın diğeri tarafına yerleştirmektedir. Zıt kutuplu Vivaldi anten Şekil 3.10 da verilmiştir.



Şekil 3.10 : Zıt kutuplu Vivaldi anten yapısı

1996 yılında Langley ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada zıt kutuplu Vivaldi anten yapısının çapraz polarizasyon yani oluşan elektrik alan yönünün anten düzlemiyle yaptığı açısı sorununu gidermek için dengeleyici üçüncü bir iletken kullanmışlardır [16]. Ve alan yönü anten düzlemiyle paralel hale gelmiştir. Dengelenmiş zıt kutuplu Vivaldi anten Şekil 3.11 de verilmiştir.



Şekil 3.11: Dengelenmiş zıt kutuplu vivaldi anten yapısı

Tüm bu yapılan çalışmalar literatürde geçen üç temel Vivaldi anten yapısını ortaya koymuştur. Bunlar Daralan Oluklu Vivaldi , Zıt Kutuplu Vivaldi , Dengelenmiş Zıt Kutuplu Vivaldi antenlerdir [13]. Bu alanda devam eden çalışmalar bant genişliğini arttırmayı , anten paterni ve kazancı iyileştirmeyi ve anten boyutunu küçültmeyi hedeflemektedir.



4. ANTENİN TASARIMI VE ANALİZİ

Çalışmanın esas amacını oluşturan ultra genişbant Vivaldi anten tasarımı bu bölümde gerçekleştirilecektir. İlk önce CST simülasyon programı hakkında genel bilgiler verilecek ve sonra antenin tasarım ve analizine geçilecektir. Tasarımda ilk önce geleneksel Vivaldi anten tasarımı ve analizi yapıp daha sonra bu antene oluklar eklenerek optimizasyon ve karşılaştırmaya gerçekleştirilecektir.

4.1 CST Simülasyon Programı

CST simülasyon programı, elektromanyetik (EM) bileşen ve sistemleri tasarlamak, analiz etmek ve optimize etmek için kullanılan yüksek performanslı bir 3D EM analiz yazılımıdır [17].

EM spektrumundaki uygulamalar için elektromanyetik alan çözümler, CST simülasyon programındaki tek bir kullanıcı arayüzü içinde bulunur. Çözümler hibrit simülasyonlar gerçekleştirmek üzere birleştirilebilir ve mühendislere çoklu bileşenlerden oluşan tüm sistemleri verimli ve kolay bir şekilde analiz etme esnekliği sağlar. Diğer simülasyon ürünleriyle birlikte tasarım, EM simülasyonunun tasarım akışına entegre edilmesini sağlar ve geliştirme sürecini en erken aşamadan itibaren yürütür.

EM analizinin ortak konuları arasında antenler ve filtrelerin performansı, verimi ve kurulu performansı, elektromanyetik uyumluluk ve girişim (EMC / EMI), insan vücudunun alanlara maruz kalması, motorlarda ve jeneratörlerde elektro-mekanik etkiler ve güçlü cihazlardaki termal etkiler bulunur [18].

CST Studio Suite, dünyanın önde gelen teknoloji ve mühendislik şirketlerinde kullanılır ve daha kısa geliştirme döngüleri ve düşük maliyetleri kolaylaştırarak pazar avantajları için önemli bir ürün sunar.

Simülasyon, endüstri liderleri tarafından sanal prototip kullanımına izin verir; bu , cihaz performansının optimize edilebileceği tasarım sürecinin başlarında potansiyel uyumluluk sorunlarının tespit edilebileceği ve hafifletilebileceği , gerekli fiziksel prototiplerin sayısının azaltılabileceği ve testlerin başarısız olma riskini azaltabileceği anlamına gelir.

4.2 Ultra Genişbant Vivaldi Anten Tasarımı

Bu bölümde ilk olarak 3.1 -10.6 GHz iletişim bandında çalışabilecek UGB vivaldi anten tasarımı yapılacaktır. Daha sonra tasarımı yapılan bu antende eksponansiyel daralan yapıya antenin kenarlarından enine oluklar yerleştirilecek ve bu olukların olumlu ve olumsuz etkileri incelenecektir.

4.2.1 Vivaldi anten tasarımındaki temel parametreleri

UGB vivaldi anten tasarımındaki temel parametreler bant genişliği , taban malzemesinin dielektrik özelliği ve taban malzemesinin yüksekliğidir. Ayrıca tasarımı yapılacak antenin mikrodalga görüntüleme cihazlarında kullanılabilir boyutta olması , kurulum kolaylığı ve yüksek dayanıklılığa sahip olması gerekmektedir.

Seçilen taban malzemesinin dielektrik sabit sistem performansı açısından oldukça etkilidir. Genel olarak mikroşerit anten tasarımında kullanılan malzemeleri dielektrik sabitleri 2.2-12 aralığındadır. Antenin yapısal büyüklüğü taban malzemenin dielektrik sabitine göre değişmektedir. Genel olarak dielektrik sabiti arttıkça antenin boyutları küçülür. Fakat düşük dielektrik sabiti olan malzemelerle yapılan tasarımlarda anten boyutlarının artmasına rağmen daha yüksek bant genişliğine ve verime sahip antenler elde edilmektedir. Dielektrik malzemenin yüksekliğinin artırılması da bant genişliğini ve verimliliği arttırmaktadır. Ancak yüksekliğin artırılmasıyla istenmeyen yüzeysel dalgalar oluşmaktadır. oluşan bu yüzeysel dalgalar polarizasyonda ve anten paterninde bozulmalara yol açmaktadır. Çeşitli yöntemler ile yüzeysel dalgalar yok edilerek , bant genişliği değeri korunmaktadır.

4.2.2 Geneksel vivaldi anten tasarımı

Vivaldi antenler büyük bant genişlikleri , yüksek yönlülükleri , simetrik anten paternleri ve düşük yan lob seviyelerinden dolayı mikrodalga görüntüleme yöntemlerinde yaygın olarak kullanılır. Vivaldi antenlerde taban malzemesinin bir yüzünde ekponansiyel daralan ışımaya yapan bölge , diğer yüzünde ise besleme hattı ve besleme hattından oluk hattına geçiş kısmı bulunmaktadır. Vivaldi antenler hafifliği , küçük boyutları ve ultra geniş frekans bandına sahip olmasından dolayı radar sistemlerindedeki kullanılmaktadır. Tasarımını yapacağımız antenin 3.1-10.6 GHz frekans bandını kapsayabilmesi , performansı ve üretim kolaylığı nedeniyle dielektrik taban malzemesi olarak 0.762 mm yüksekliğinde $\epsilon_r=2.94$ olan Rogers RT 6002 tercih edilmiştir .

Şekil 4.1’de geleneksel Vivaldi anten yapısına örnek yer almaktadır.

Geleneksel Vivaldi antene ait tasarım parametreleri aşağıdaki gibi seçilmiştir

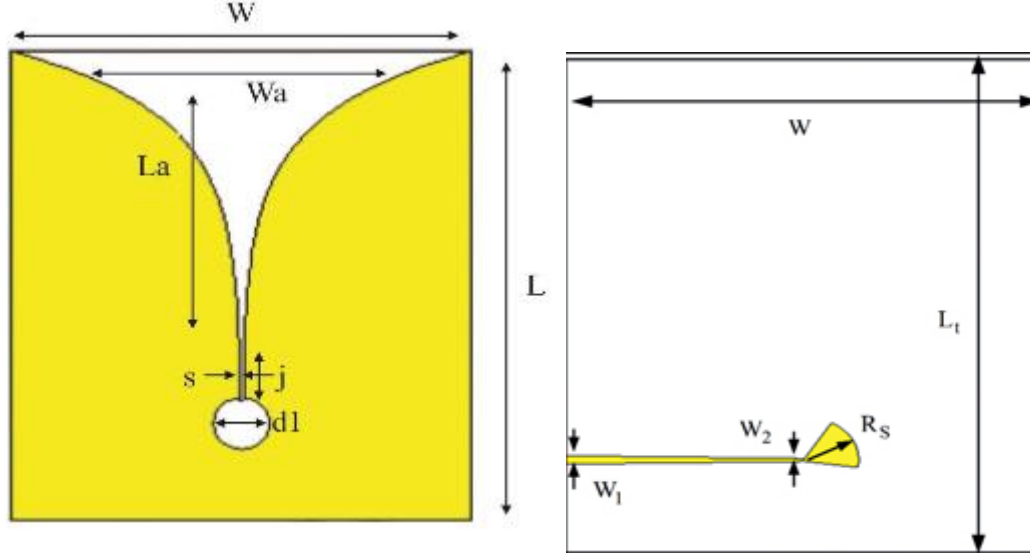
- Hedeflenen çalışma frekansı aralığı 3.1-10.6 GHz
- Taban malzemesinin dielektrik sabiti $\epsilon_r = 2.94$
- Taban malzemesinin yüksekliği $h = 0.762$ mm

Vivaldi antenin ekponansiyel daralan yapısı ise aşağıdaki denkleme göre tanımlanmıştır.

$$y = A e^{Px} - B \quad (4.1)$$

Bu denklemde $A=0.60$, $P=0.07$, $B=0.40$ olmak üzere aşağıda gösterildiği gibi belirlenmiştir.

$$y = 0.60 e^{0.07x} - 0.40 \quad (4.2)$$

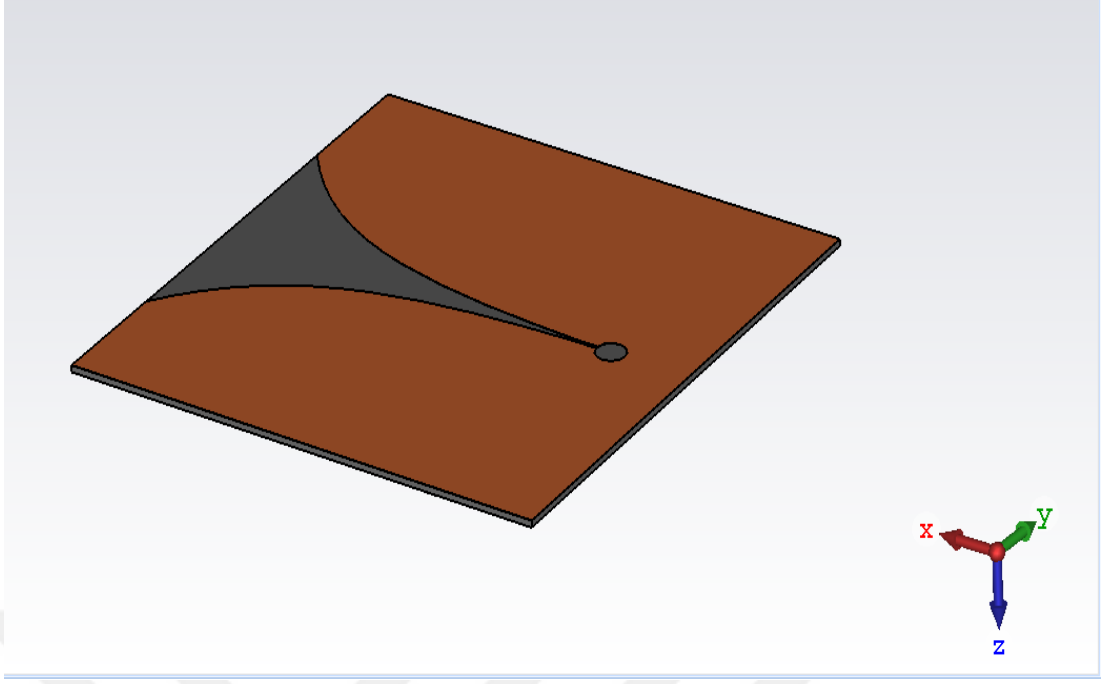


Şekil 4.1 : Gelenksel vivaldi anten yapısı

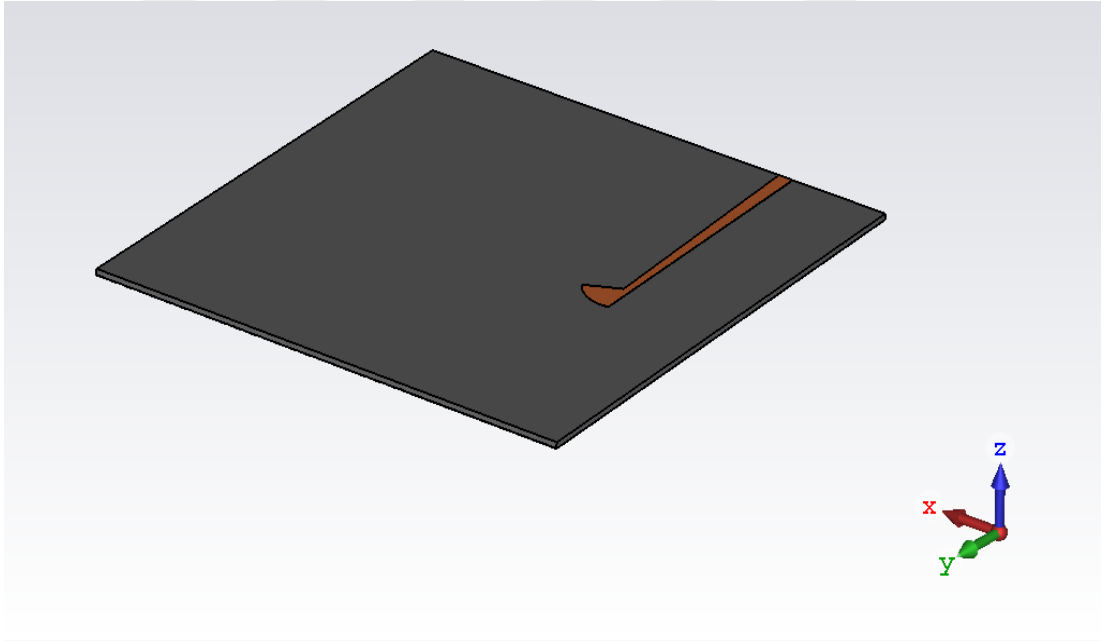
Diğer anten boyutları aşağıdaki gibi seçilmiştir.

- Antenin boyutları $L = 66$ mm ve $W = 72$ mm
- Eğri uzunluğu $La = 50$ mm
- Dairenin çapı $d1 = 4$ mm
- Yarık genişliği $s = 0.2$ mm
- Yarık uzunluğu $Ls = 3$ mm
- Eğri genişliği $Wa = 39$ mm
- Besleme hattı başı genişliği $W_1 = 2$ mm
- Besleme hattı sonu genişliği $W_2 = 1$ mm
- Daire diliminin yarı çapı $R_s = 5$ mm
- Daire diliminin açısı 74.4 derece

Şekil 4.2 ve 4.3'de tasarlanan antenin CST simülasyon programındaki tasarımı verilmektedir.

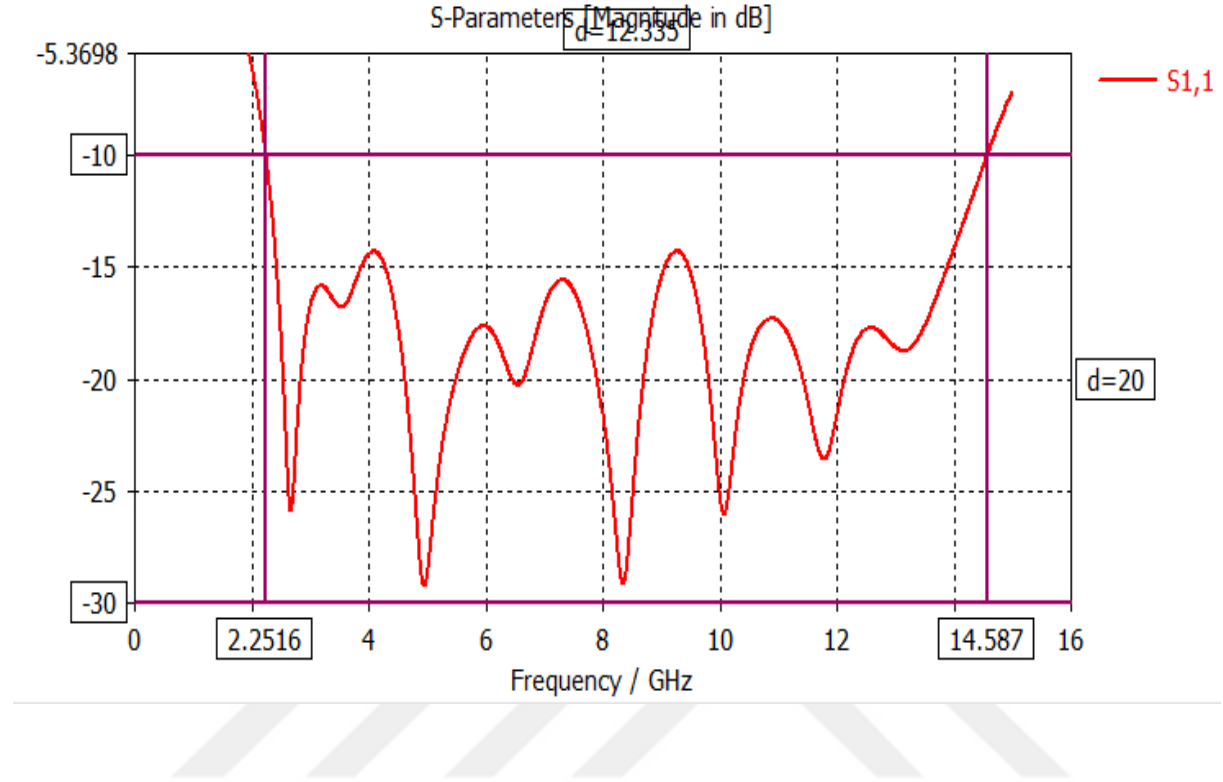


Şekil 4.2 : Tasarlanan antenin CST programındaki görünümü (üst)



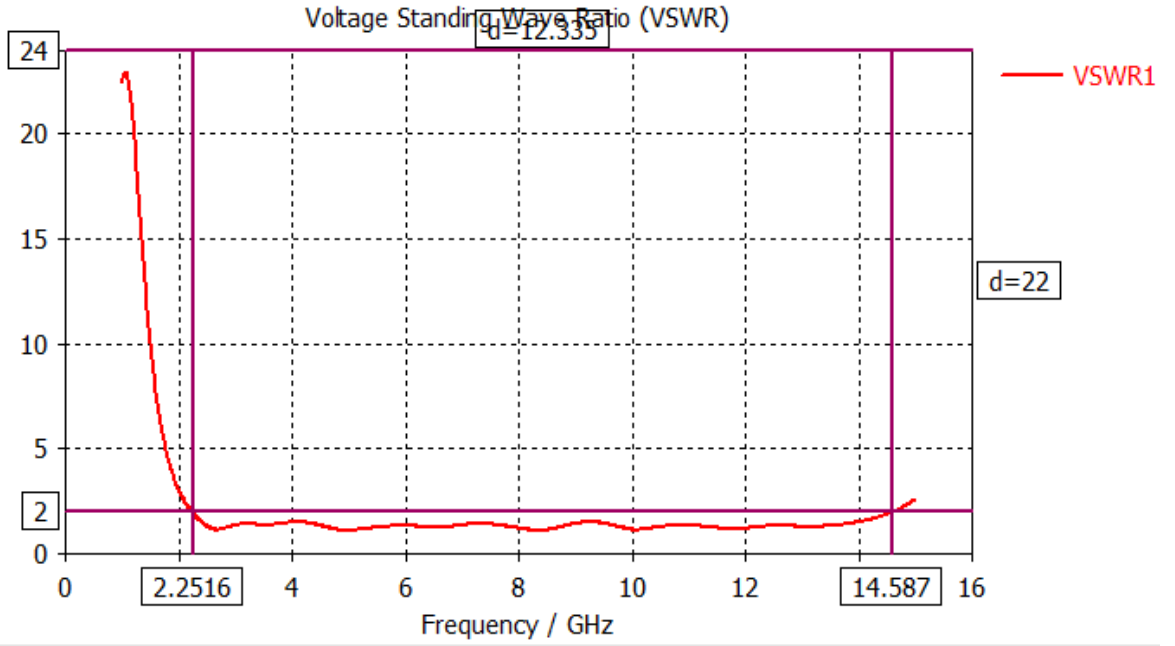
Şekil 4.3 : Tasarlanan antenin CST programındaki görünümü (alt)

Şekil 4.4'te ise tasarımı yapılan geleneksel vivaldi antene ait S_{11} değişimi grafiği gösterilmiştir.



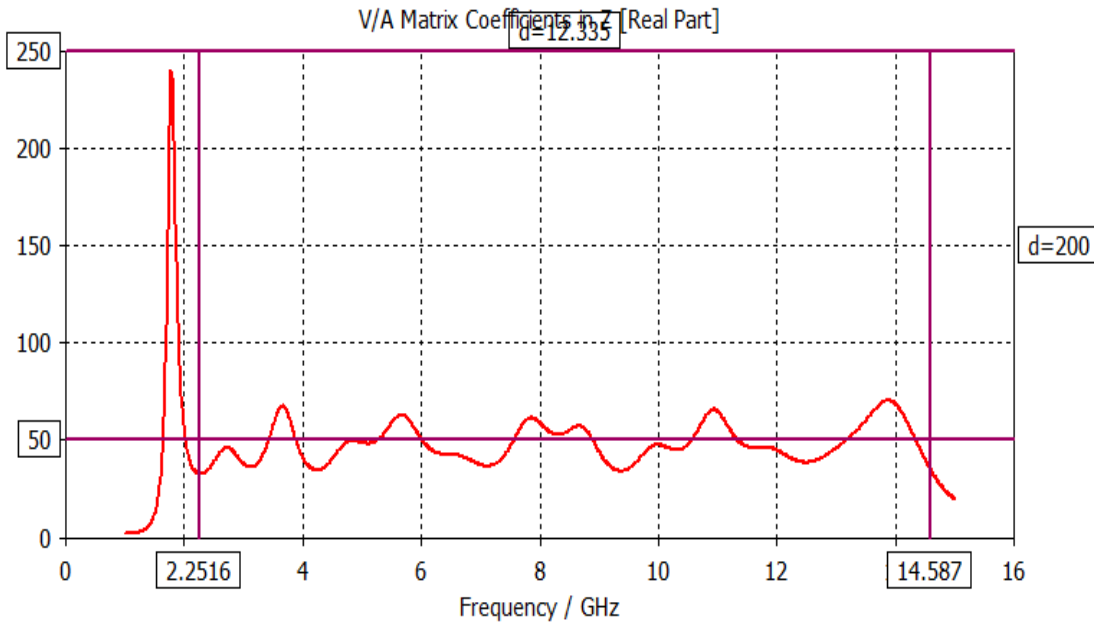
Şekil 4.4 : Geleneksel Geleneksel vivaldi anten S_{11} grafiği

S_{11} değişimi grafiği 1- 15 GHz arasında alınmıştır. Tasarımı yapılan antenini verimli bir ışıma yapabilmesi için $S_{11} \leq -10$ dB ve $VSWR \leq 2$ koşullarını sağlaması gerekir. Şekil 4.5 da tasarımı yapılan antenin VSWR değişim grafiği verilmektedir. Bu koşullara bakarak tasarımı yaptığımız anten 2.25 – 14.59 GHz frekansları arasında verimli şekilde ışıma yapmaktadır. Anten , tasarımında hedeflediğimiz 3.1 – 10.6 GHz frekans bandını kapsayacak şekilde ışıma yapmaktadır. Ayrıca antenin ışıma yaptığı bant genişliğinde VSWR çok küçük değerler almakta ve anten girişinde yansıma ların ve duran dalga oranlarının minimum değerler aldığı gözlenmektedir.



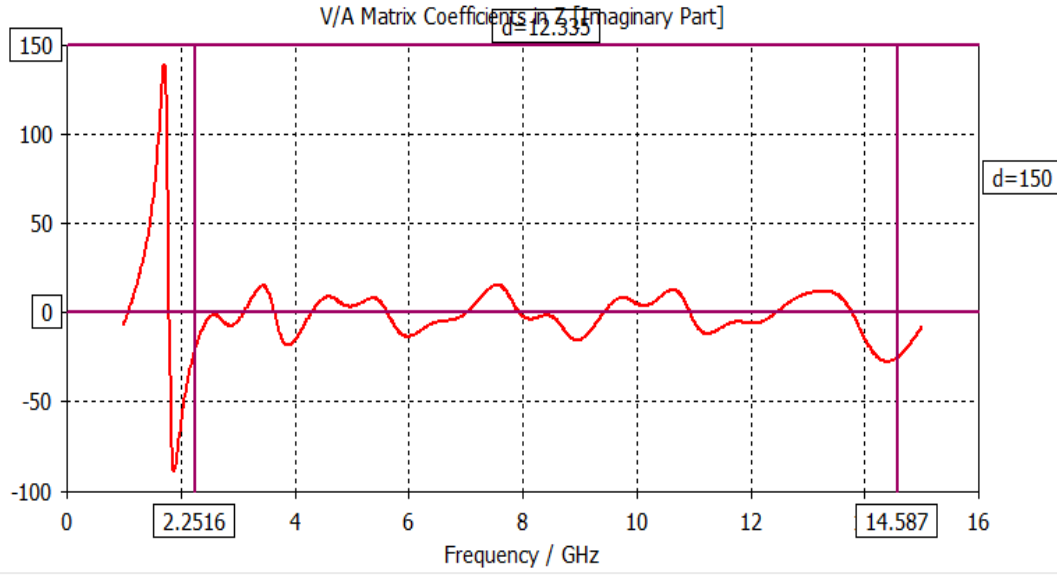
Şekil 4.5 : Geleneksel vivaldi anten VSWR değişim grafiği

Şekil 4.6 de tasarımı yapılan antenin giriş empedansının (Z_{in}) reel kısmının frekansla değişimi gösterilmektedir. Reel bileşen antenin çalışma frekans aralığında 50Ω civarındadır.



Şekil 4.6 : Geleneksel Vivaldi antenin reel Z_{in} değişim grafiği

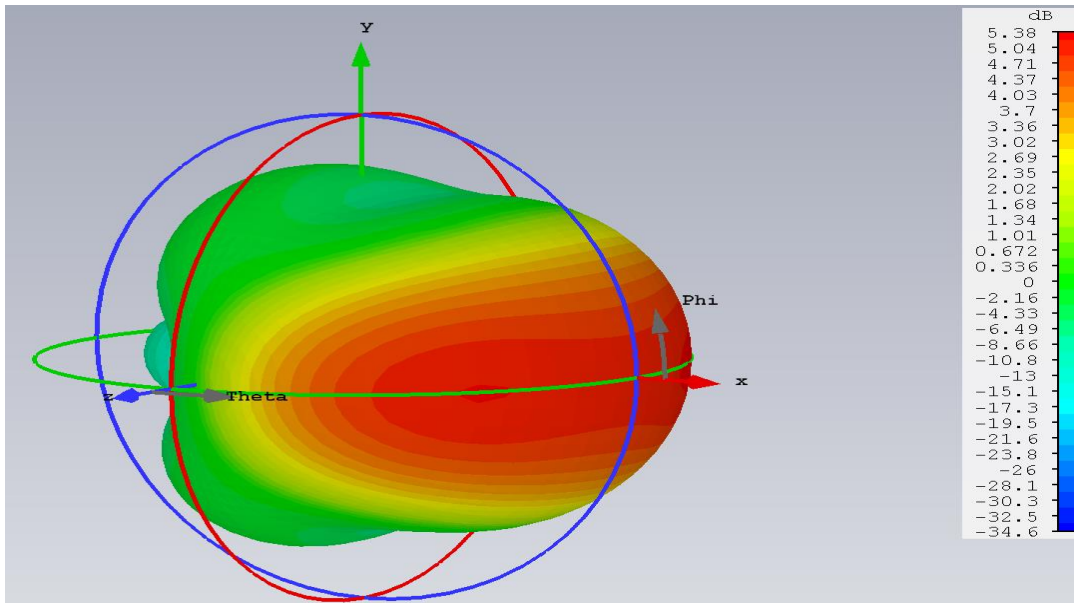
Şekil 4.7’de ise tasarımı yapılan antenin giriş empedansının (Z_{in}) sanal kısmının frekansla değişimi gösterilmektedir. Sanal bileşen çalışma frekans aralığında 0Ω civarındadır.



Şekil 4.7 : Geleneksel Vivaldi antenin sanal Z_{in} değişim grafiği

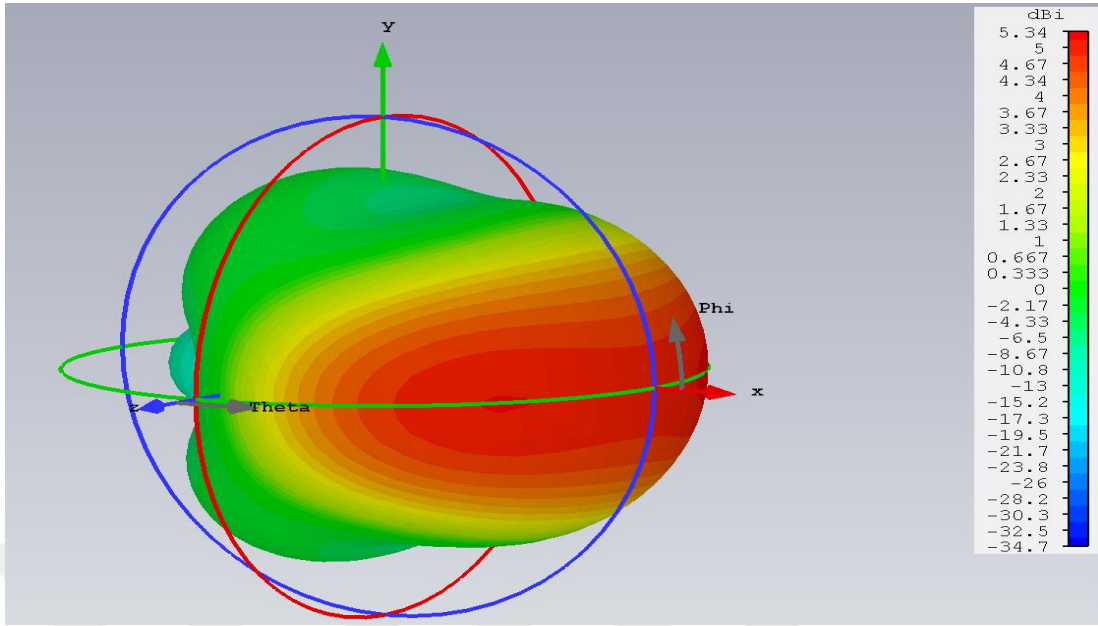
Tasarımı yapılan geleneksel UGB vivaldi antenin karakteristiğinin tam olarak anlaşılabilmesi için çalışma frekans aralığından belli frekanslar seçilerek ışınım karakteristiği incelenecektir. Antenin ışınım karakteristiği 3, 6, 9, 12 GHz frekansları için üç boyutlu kazanç ve yönlülük diyagramı çizdirilerek incelenmiştir.

Şekil 4.8’de Tasarımı yapılan antenin 3-boyutlu kazanç diyagramı verilmektedir.



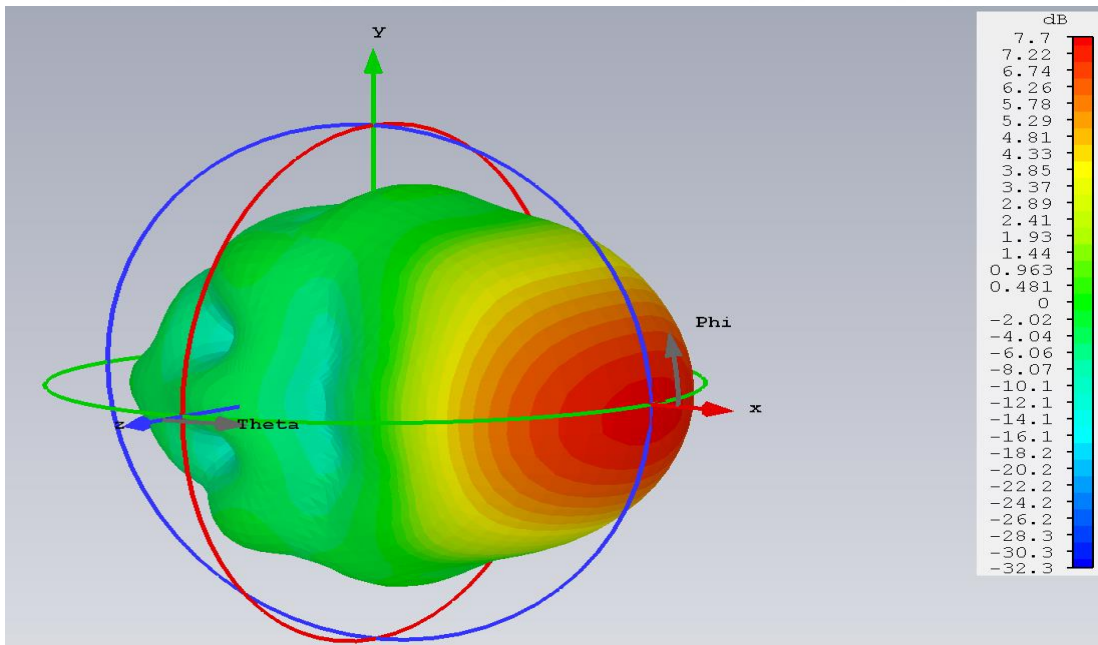
Şekil 4.8 : Antenin 3 GHz frekansındaki 3- boyotlu kazanç grafiği

Şekil 4.9'da Antenin 3 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülüğü verilmektedir.



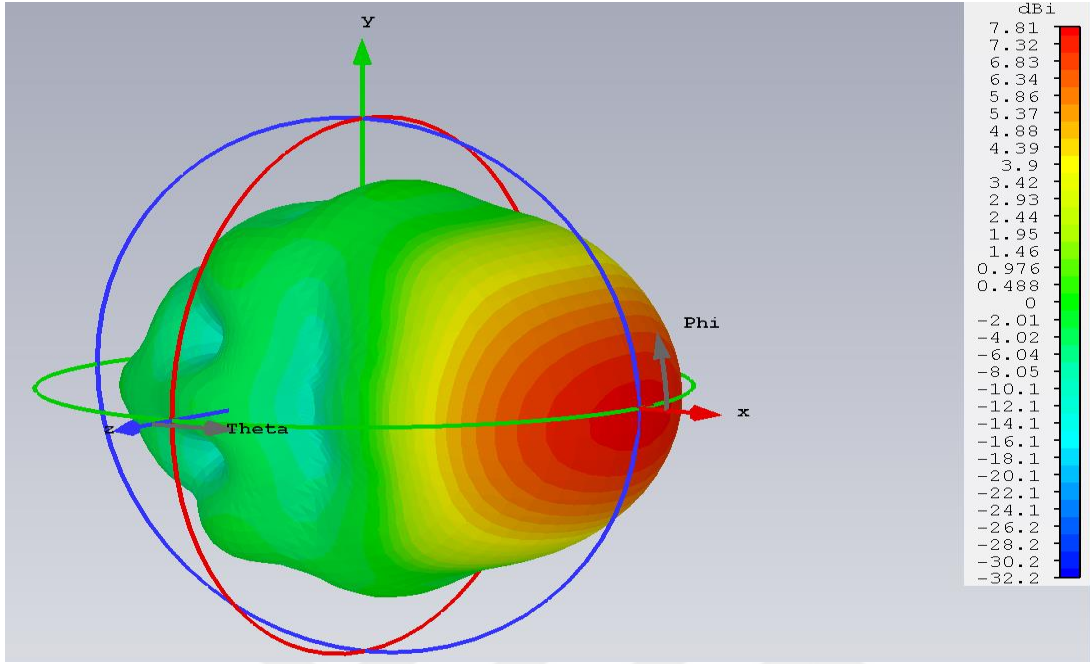
Şekil 4.9 : Antenin 3 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği

Şekil 4.10'da Tasarımı yapılan antenin 6 GHz frekansındaki kazanç grafiği verilmektedir.



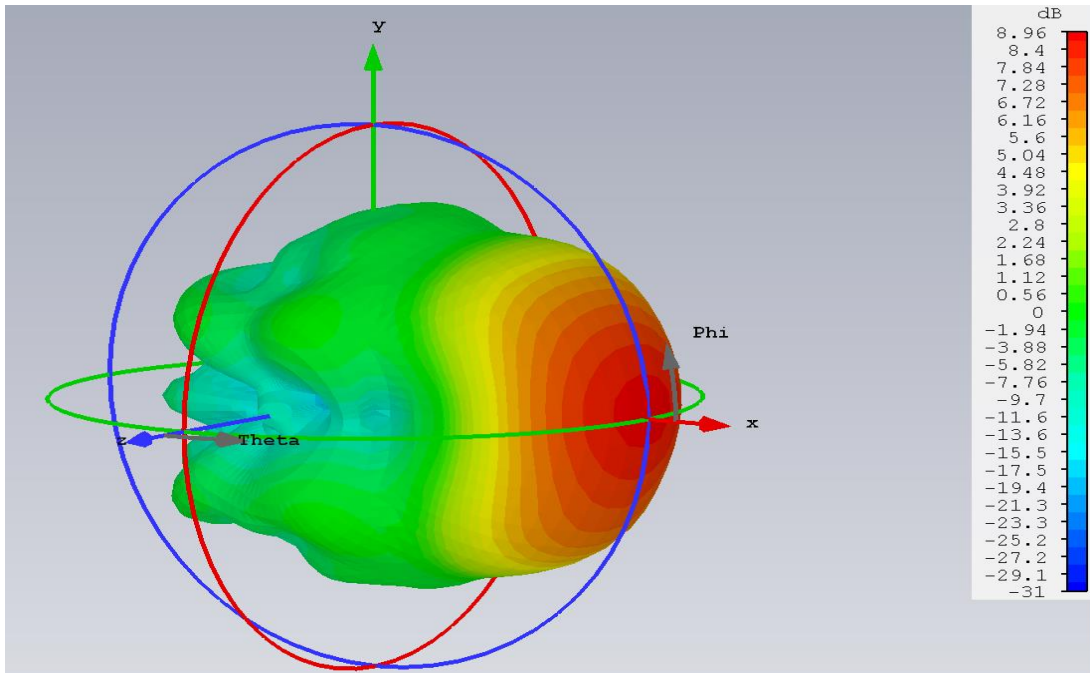
Şekil 4.10 : Antenin 6 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği

Şekil 4.11’de Tasarımı yapılan antenin 6 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülüğü verilmektedir.



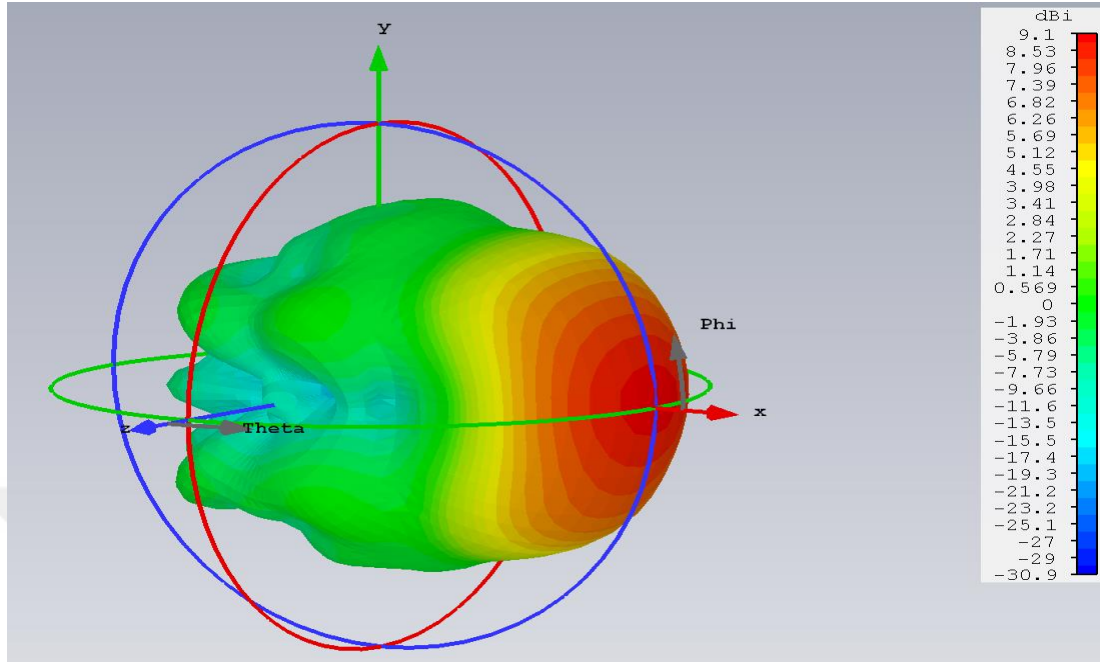
Şekil 4.11 : Antenin 6 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği

Şekil 4.12’de Tasarımı yapılan antenin 9 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği verilmektedir.



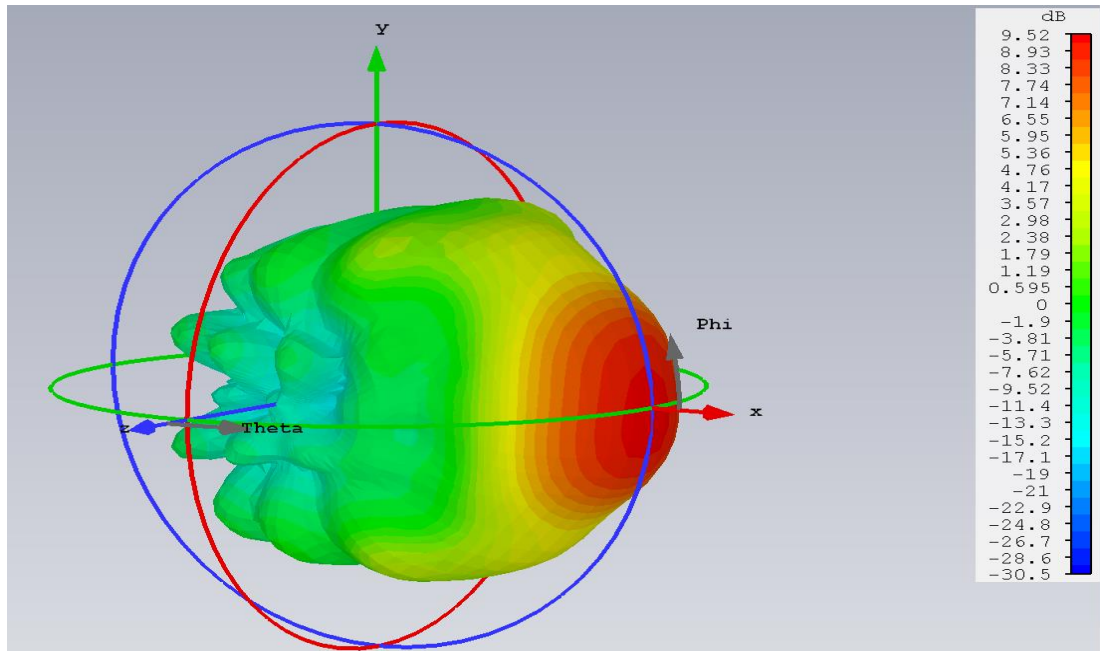
Şekil 4.12 : Antenin 9 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği

Şekil 4.13'te Tasarımı yapılan antenin 9 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülüğü verilmektedir.



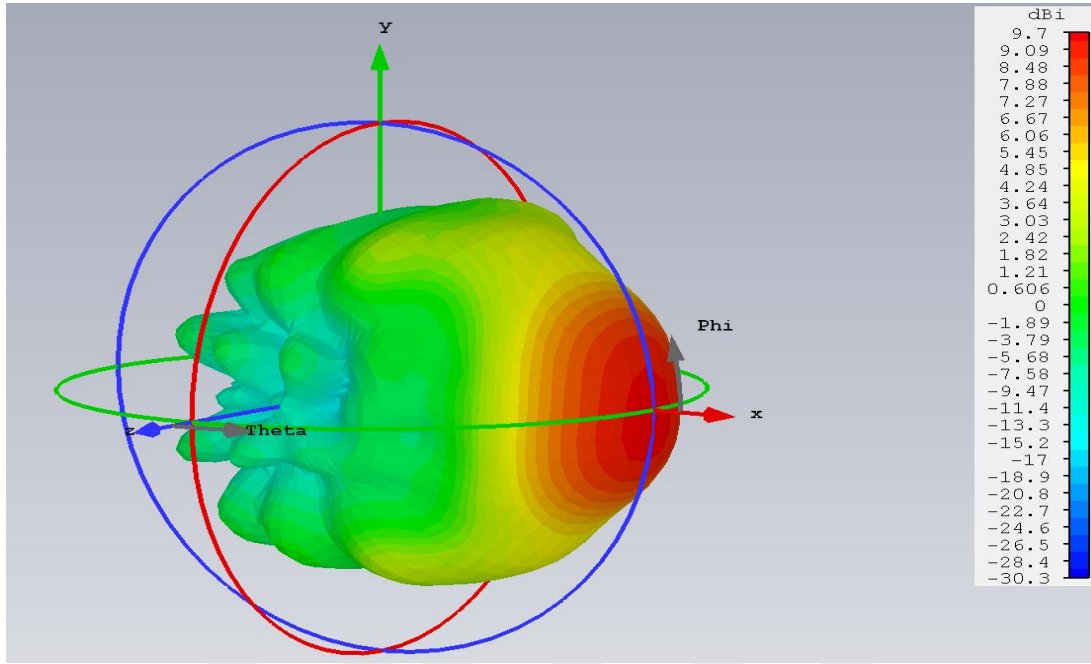
Şekil 4.13 : Antenin 9 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği

Şekil 4.14'te tasarımı yapılan antenin 12 GHz frekansındaki kazanç grafiği verilmektedir.



Şekil 4.14 : Antenin 12 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği

Şekil 4.15'te tasarımı yapılan antenin 12 GHz frekansındaki yönlülüğü verilmektedir.



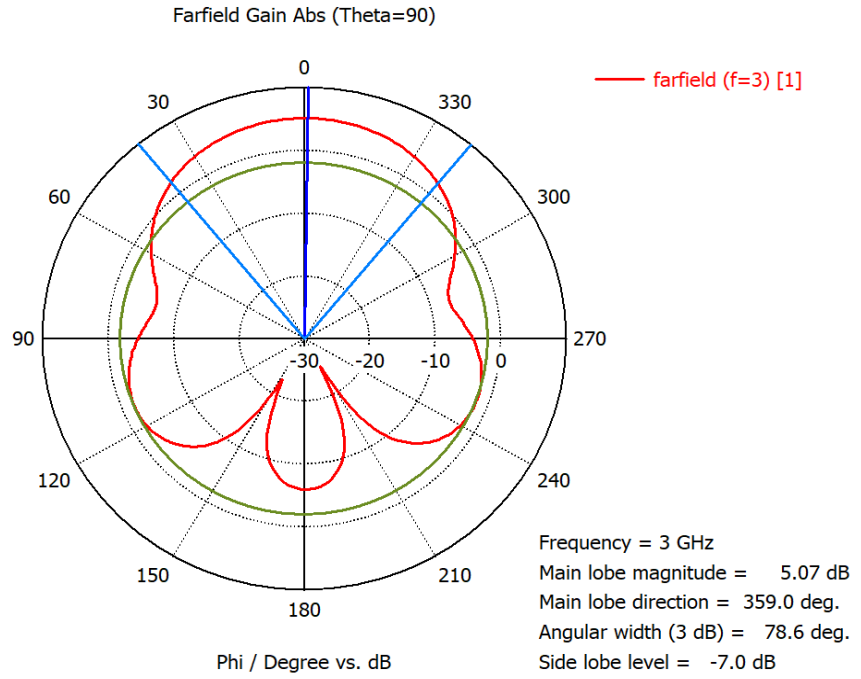
Şekil 4.15 : Antenin 12 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği

Tasarımı yapılan geleneksel Vivaldi antene ait çalışma frekans bandı içinden seçilen farklı frekanslar incelendiğinde frekans arttıkça yönlülüğün arttığı ve x-yönünde daha kuvvetli ışınım yapıldığı görülmektedir.

Tasarımı yapılan geleneksel Vivaldi anten için 3, 6, 9, 12 GHz frekanslarında 2-boyutlu ışınım grafikleri verilmektedir.

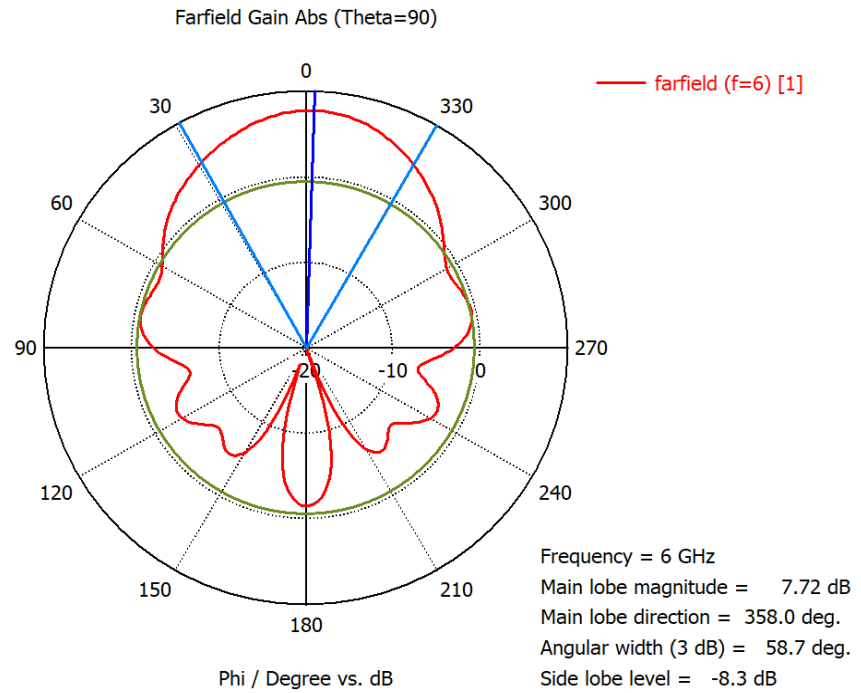
2-Boyutlu ışınım diyagramlarında yukarıda verilen tüm frekanslar için $\theta=90^\circ$ sabit alınarak değişen ϕ ile kazancın değişimi gösterilmiştir. Böylece frekans değiştiğinde kazancın değişiminin yanı sıra antenin ışınım paternindeki ana lob ve yan loblar ,ana lobun ışınım yönü net bir şekilde görülebilmektedir. 2- boyutlu ışınım diyagramlarının incelenmesinin sonucu olarak değişen frekanslarda antenin maksimum ışınımı en fazla 2° ila 3° sapmayla x-yönünde (0° yönünde) yaptığı görülmektedir.

Şekil 4.16'da 3 GHz frekansında $\theta=90^\circ$ sabit kazancın ϕ ile değişimini gösteren 2-boyutlu ışınım diyagramı verilmektedir.



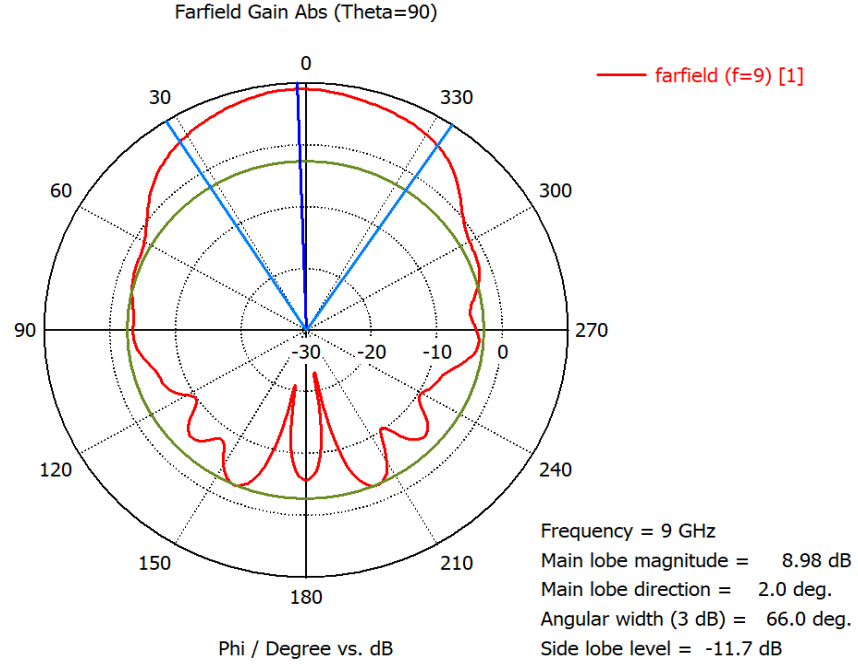
Şekil 4.16 : 3 GHz frekansında 2-boyutlu ışınma diyagramı

Şekil 4.17'de 6 GHz frekansında $\theta=90^\circ$ sabit kazancın ϕ ile değişimini gösteren 2-boyutlu ışınma diyagramı verilmektedir.



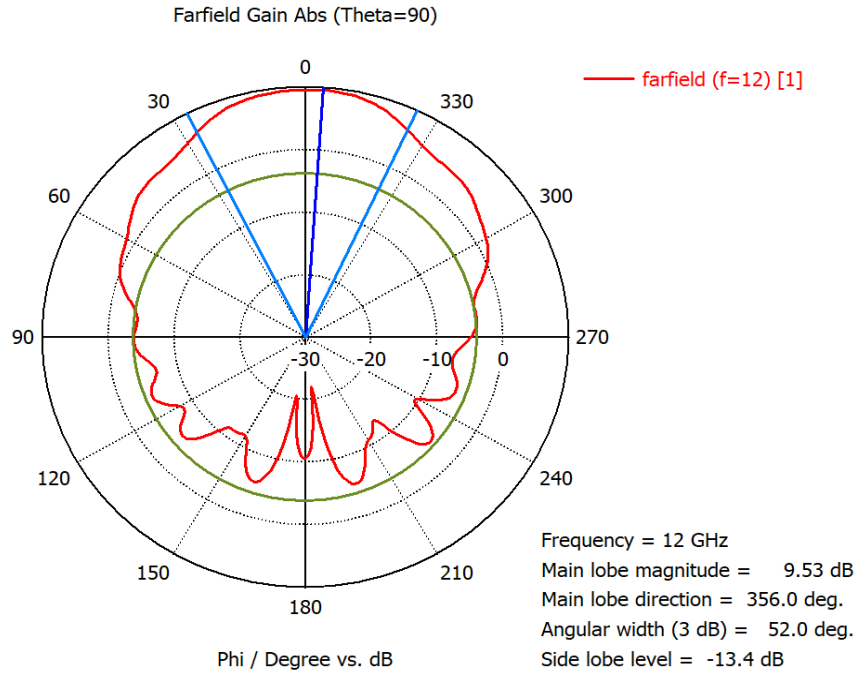
Şekil 4.17 : 6 GHz frekansındaki 2-boyutlu ışınma diyagramı

Şekil 4.18’de 9 GHz frekansında $\theta=90^0$ sabit kazancın φ ile değimini gösteren 2-boyutlu ışına diyagramı verilmektedir.



Şekil 4.18 : 9 GHz frekansındaki 2-boyutlu ışına diyagramı

Şekil 4.19’da 12 GHz frekansında $\theta=90^0$ sabit kazancın φ ile değimini gösteren 2-boyutlu ışına diyagramı verilmektedir.



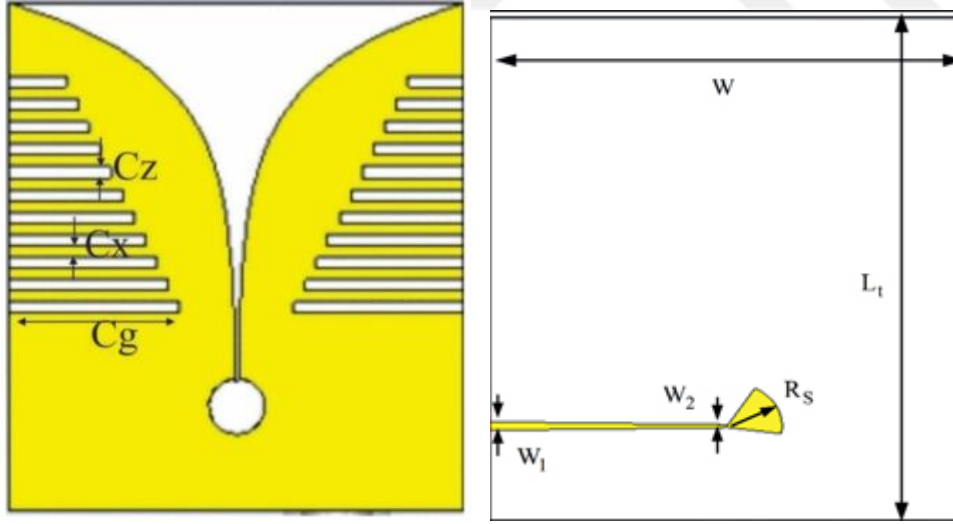
Şekil 4.19 : 12 GHz frekansındaki 2-boyutlu ışına diyagramı

Anten tasarımının sonucunda istenilen bant genişliğini karşılayan ve uygun yansımaya katsayısına ve iyi bir yönlülük değerine sahip UGB geleneksel Vivaldi anten tasarlanmıştır.

4.2.3 Oluklu vivaldi anten tasarımı

Bu bölümde 2.25 – 14.6 GHz frekans bandında çalışan tasarımı yapılan UGB vivaldi antene ekponansiyel daralan yapıya antenin kenarlarından antenin enine oluklar yerleştirilecek ve bu olukların olumlu ve olumsuz etkileri incelenecektir. Bu tasarımda amaç antenin bant genişliğini çalışma frekans bandı alt sınırını düşürerek genişletmek ve düşük frekanslarda daha iyi bir yönlülük elde etmektir.

Tasarımını yapacağımız antenin 3.1-10.6 GHz frekans bandını kapsayabilmesi , performansı ve üretim kolaylığı nedeniyle dielektrik taban malzemesi olarak 0.762 mm yüksekliğinde $\epsilon_r=2.94$ olan Rogers RT 6002 tercih edilmiştir . Şekil 4.20’de oluklu Vivaldi antenin kabaca yapısı verilmiştir.



Şekil 4.20 : Oluklu vivaldi antenin yapısı

Oluklu vivaldi antene ait tasarım parametreleri aşağıdaki gibi seçilmiştir

- Taban malzemesinin yüksekliği $h = 0.762$ mm
- Taban malzemesinin dielektrik sabiti $\epsilon_r = 2.94$

Vivaldi antenin eksponansiyel daralan yapısı ise aşağıdaki denkleme göre tanımlanmıştır.

$$y = A e^{Px} - B$$

Bu denklemde $A=0.60$, $P=0.07$, $B=0.40$ olmak üzere aşağıda gösterildiği gibi belirlenmiştir.

$$y = 0.60 e^{0.07x} - 0.40$$

Oluklu Vivaldi antene ait boyutlar $d1$ boyutu hariç önceki tasarımın aynısı olup aşağıda tekrar verilmiştir. $d1$ boyutu olukların eklenmesiyle performans iyileştirmesi sebebiyle aşağıdaki gibi seçilmiştir.

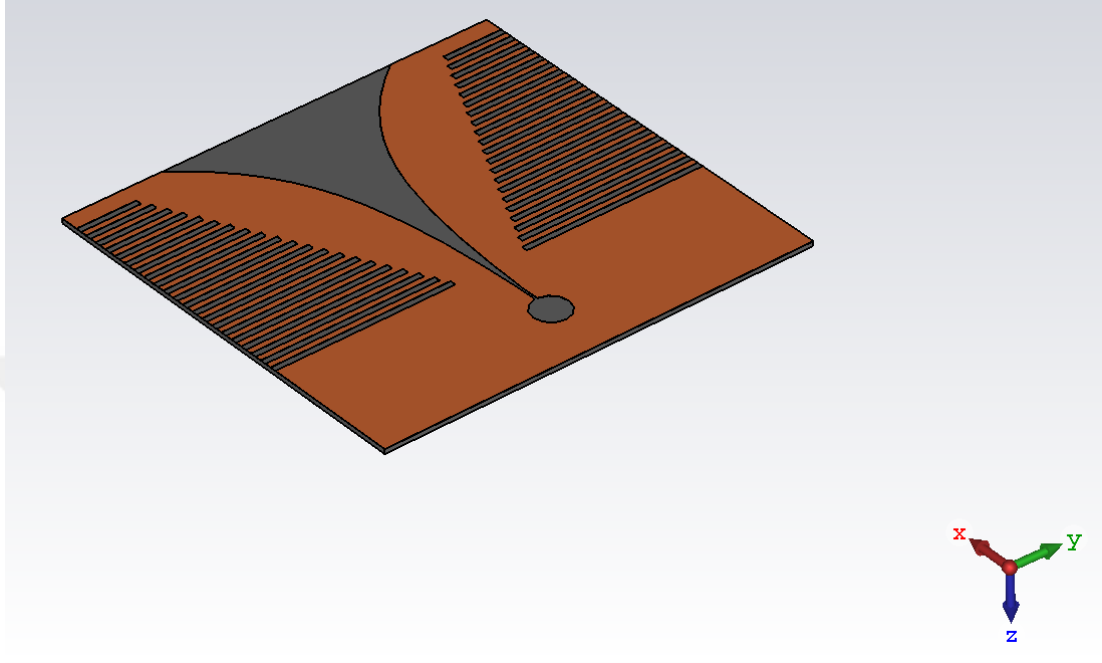
- Antenin boyutları $L = 66$ mm ve $W = 72$ mm
- Eğri uzunluğu $La = 50$ mm
- Dairenin çapı $d1 = 6$ mm
- Yarık genişliği $s = 0.2$ mm
- Yarık uzunluğu $Ls = 3$ mm
- Eğri genişliği $Wa = 39$ mm
- Besleme hattı başı genişliği $W_1 = 2$ mm
- Besleme hattı sonu genişliği $W_2 = 1$ mm
- Daire diliminin yarı çapı $R_s = 5$ mm
- Daire diliminin açısı 74.4 derece

Verilen bu boyutlara ilave olarak antene her bir kenardan eklenen 21 adet oluğun ölçüleri aşağıda verilmiştir.

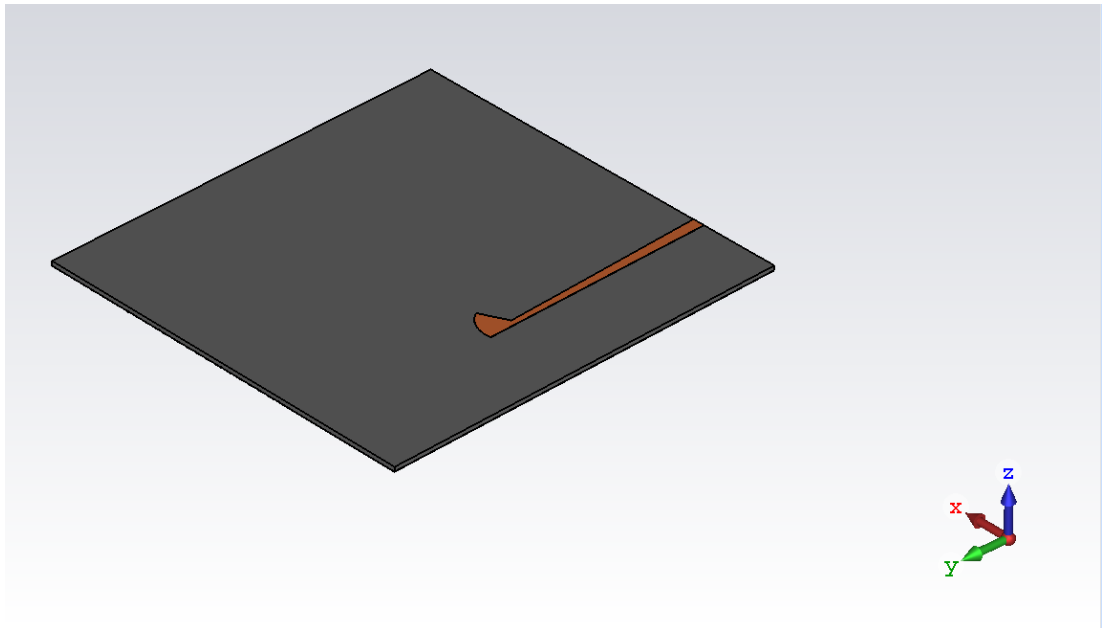
- En büyük oluğun uzunluğu $Cg = 30$ mm
- Olukların genişliği $Cz = 1$ mm
- Oluklar arası boşluk $Cx = 1$ mm

En uzun oluktan en kısa oluğa doğru 1mm doğrusal azalarak en kısa oluğun uzunluğu 10 mm'dir.

Şekil 4.21 ve 4.22'de tasarlanan antenin CST simülasyon programındaki tasarımı verilmektedir.

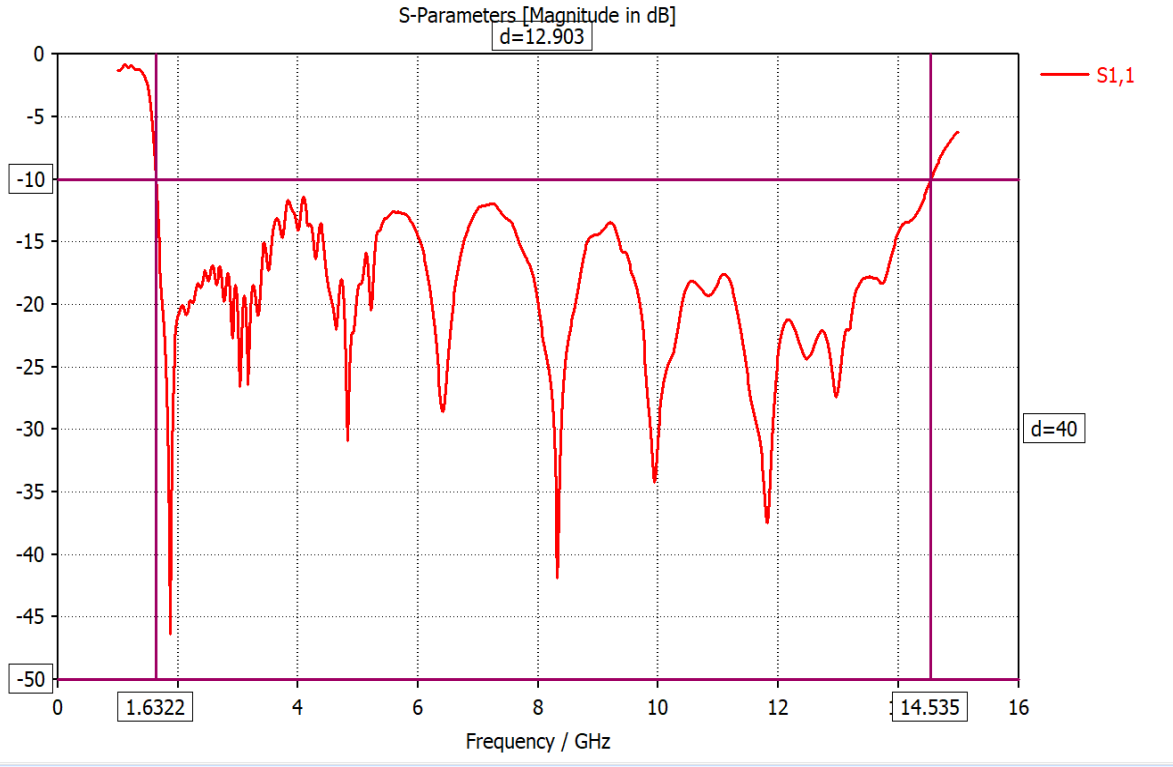


Şekil 4.21 : Tasarlanan antenin CST programındaki görünümü (üst)



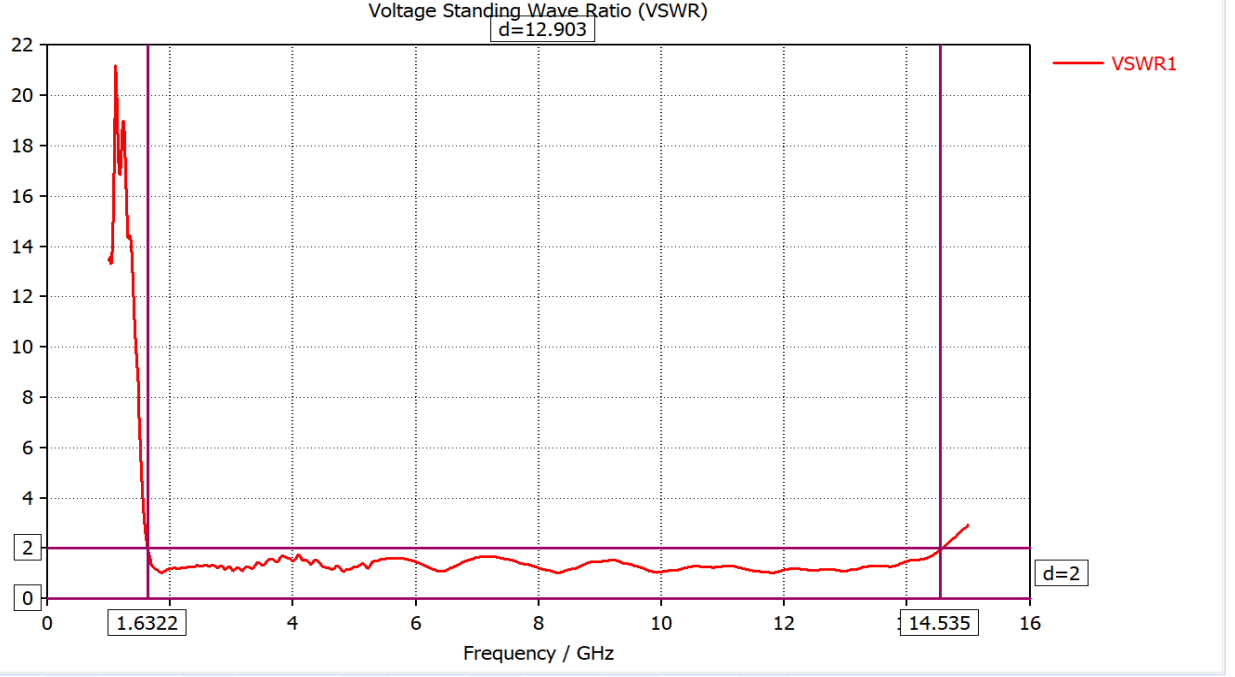
Şekil 4.22 : Tasarlanan antenin CST programındaki görünümü (alt)

Şekil 4.23'te antenin S_{11} değişim grafiği verilmiştir . Grafik incelendiğinde frekans bandının alçak tarafının daha düşerek bant genişliğinin arttığı görülmektedir. Ancak frekans bandının yükek tarafında herhangi bir değişiklik elde edilememiştir.



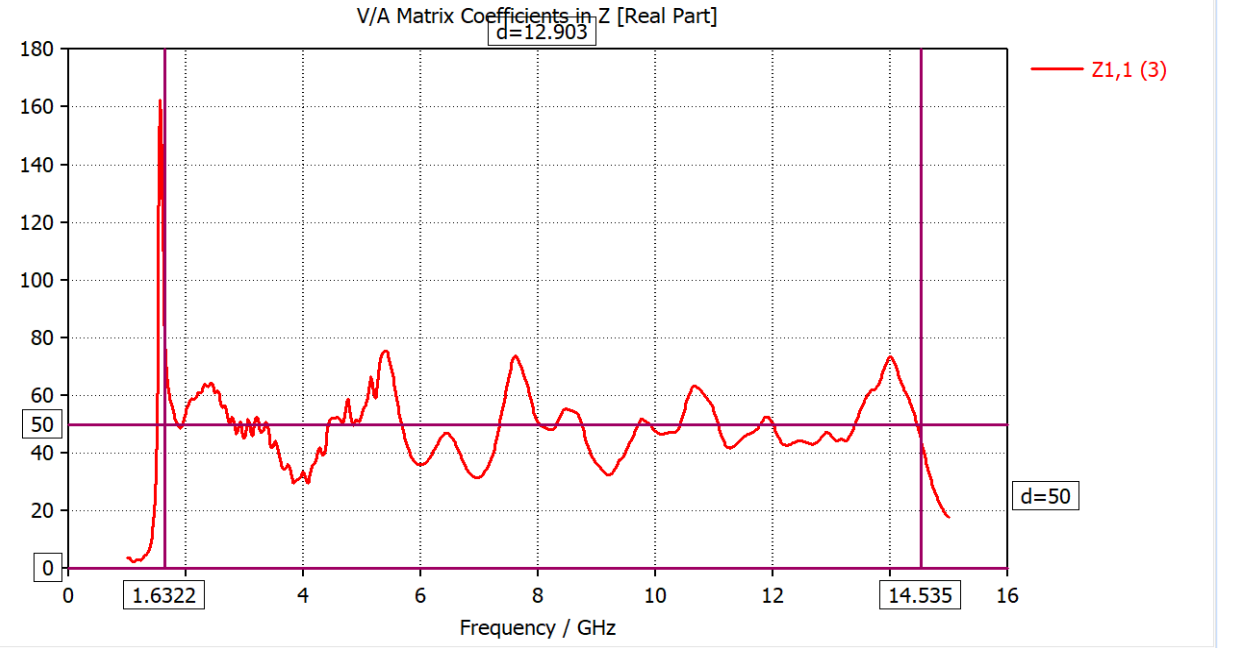
Şekil 4.23 : Oluklu Vivaldi anten S_{11} grafiği

S_{11} değişimi grafiği 1- 15 GHz arasında alınmıştır. Tasarımı yapılan antenini verimli bir ışına yapabilmesi için $S_{11} \leq -10$ dB ve $VSWR \leq 2$ koşullarını sağlaması gerekir. Şekil 4.24 da tasarımı yapılan antenin VSWR değişim grafiği verilmektedir. Bu koşullara bakarak tasarımı yaptığımız anten 1.63 – 14.54 GHz frekansları arasında verimli şekilde ışına yapmaktadır. Anten , tasarımında hedeflediğimiz 3.1 – 10.6 GHz frekans bandını kapsayacak şekilde ışına yapmaktadır. Ayrıca antenin ışına yaptığı bant genişliğinde VSWR çok küçük değerler almakta ve anten girişinde yansımaların ve duran dalga oranlarının minimum değerler aldığı gözlenmektedir.



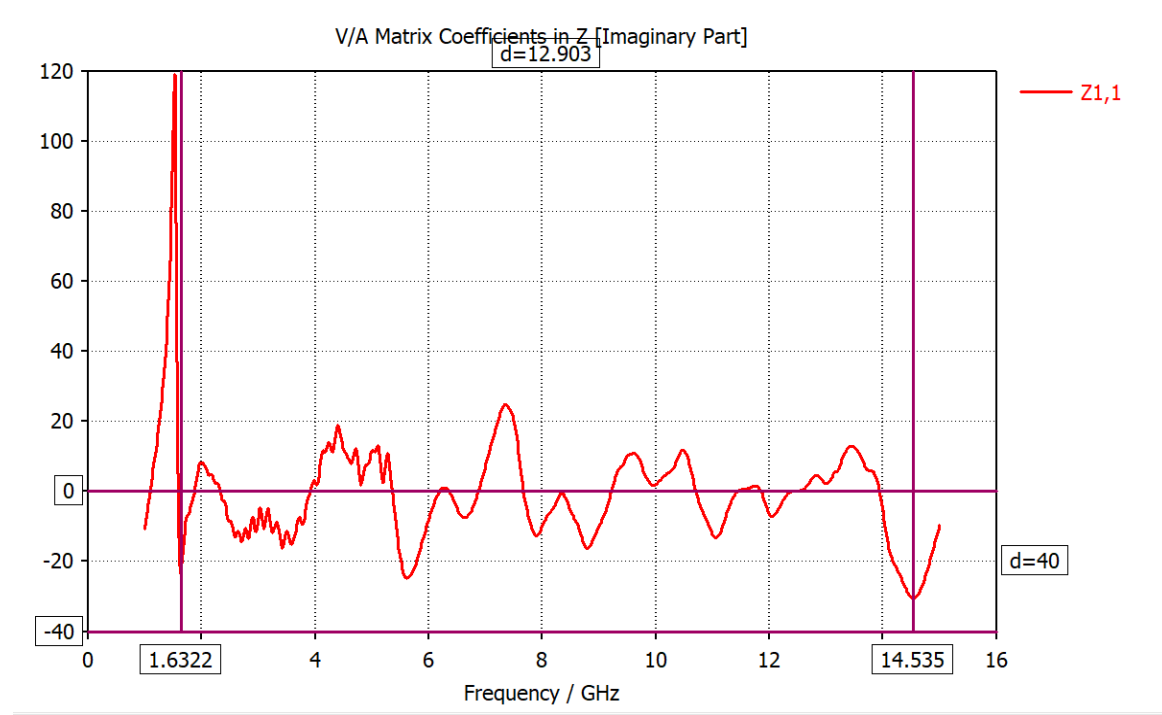
Şekil 4.24 : Oluklu Vivaldi anten VSWR değişim grafiği

Şekil 4.25'te tasarımı yapılan antenin giriş empedansının (Z_{in}) reel kısmının frekansla değişimi gösterilmektedir. Reel bileşen antenin çalışma frekans aralığında 50Ω civarındadır.



Şekil 4.25 : Oluklu Vivaldi antenin reel Z_{in} değişim grafiği

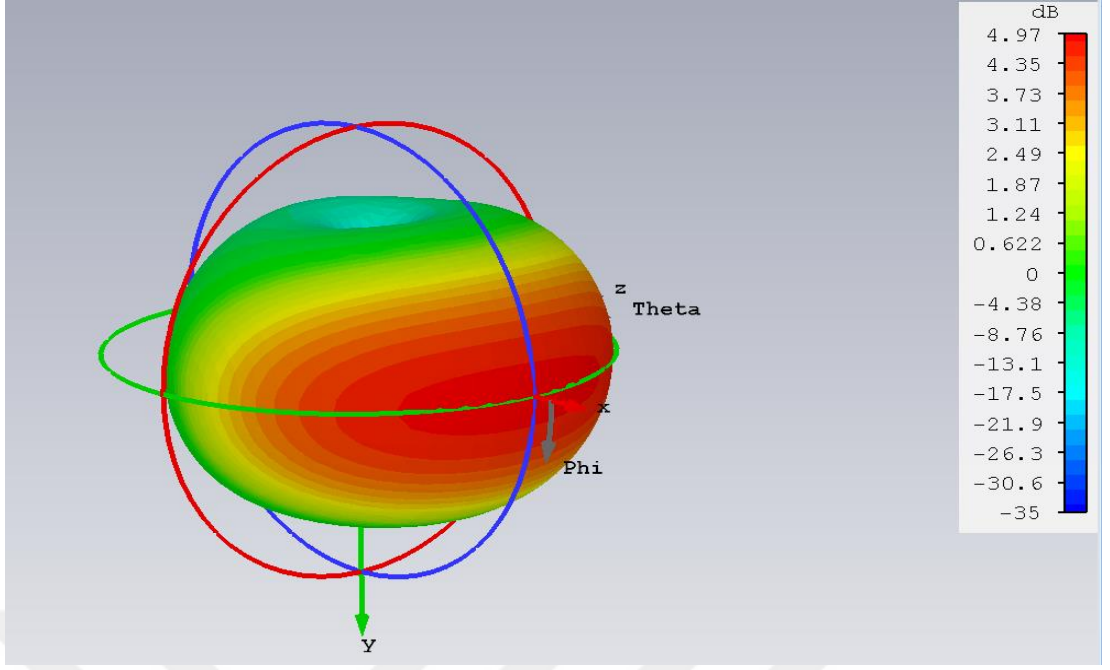
Şekil 4.26’da ise tasarımı yapılan antenin giriş empedansının (Z_{in}) sanal kısmının frekansla değişimi gösterilmektedir. Sanal bileşen çalışma frekans aralığında 0Ω civarındadır.



Şekil 4.26 : Oluklu Vivaldi antenin sanal Z_{in} değişim grafiği

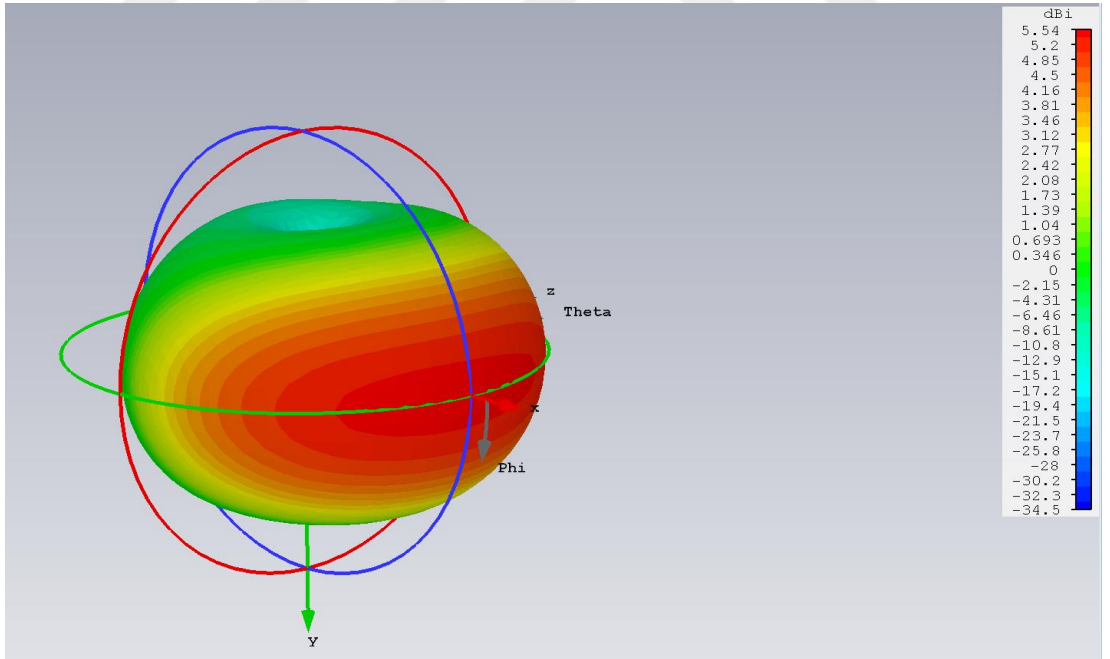
Oluklu UGB Vivaldi antene ait çizilen grafikler incelendiğinde 1.63 – 14.54 GHz frekansları arasında rahatlıkla çalışabilecek durumda olduğunu görülmektedir. Antenin ışıma karakteristiği 2, 3, 6, 9, 12 GHz frekansları için üç boyutlu kazanç ve yönlülük diyagramı çizdirilerek incelenmiştir.

Şekil 4.28’ de tasarımı yapılan antenin 2 GHz frekansında 3-boyutlu kazanç diyagramı verilmektedir.



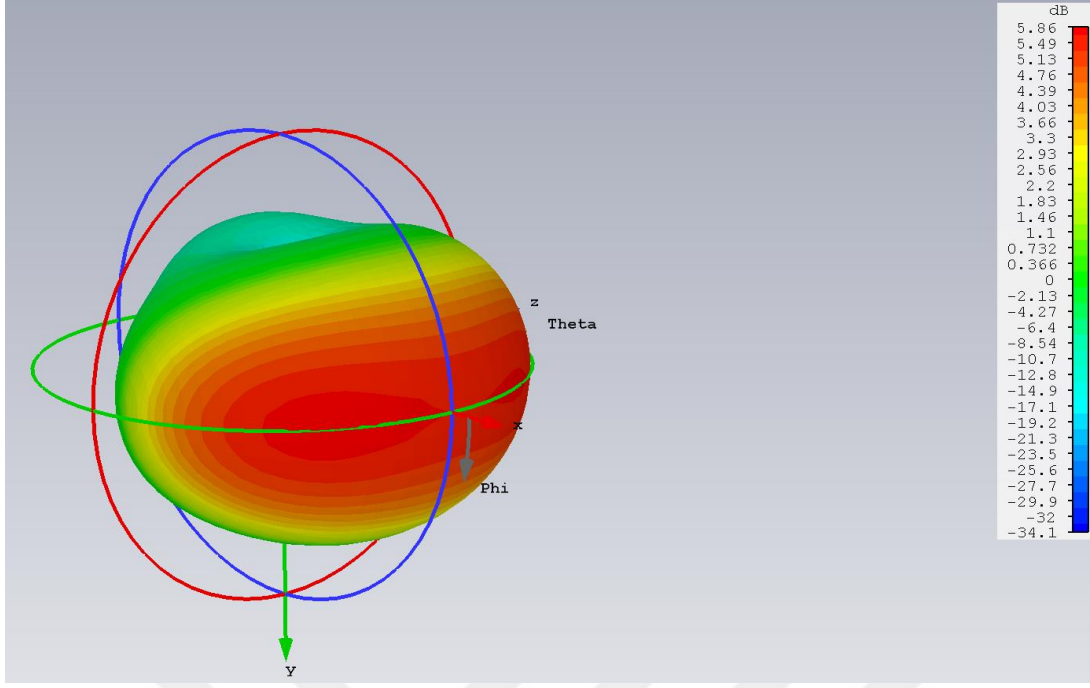
Şekil 4.27 : Antenin 2 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği

Şekil 4.28’de tasarımı yapılan antenin 2 GHz frekansındaki yönlülüğü verilmektedir.



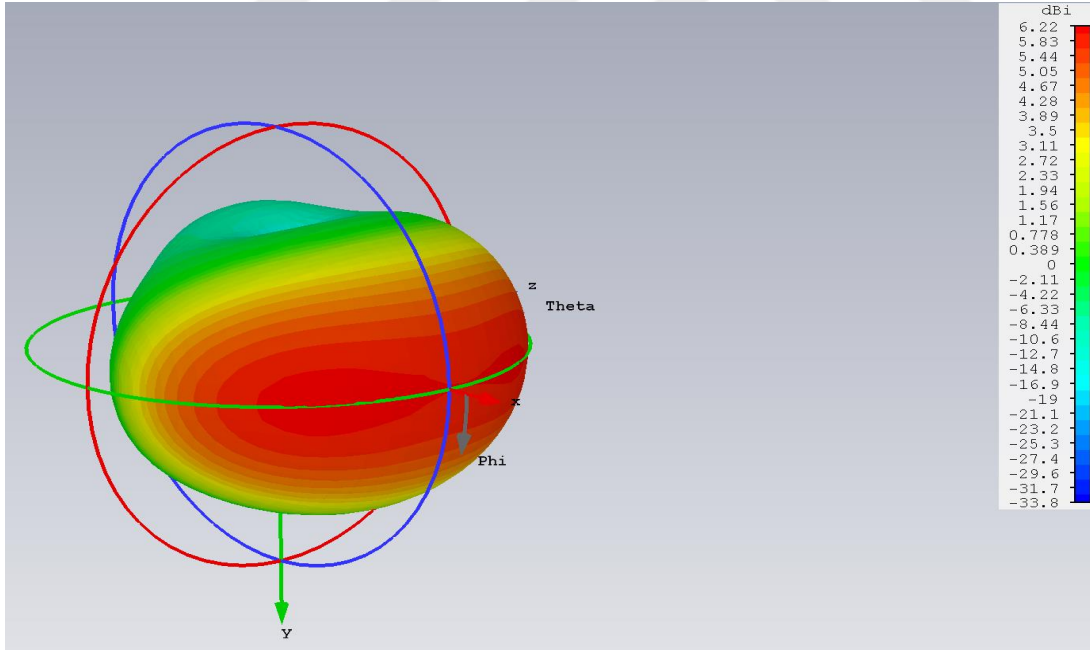
Şekil 4.28 : Antenin 2 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği

Şekil 4.29’da tasarımı yapılan antenin 3 GHz frekansında 3-boyutlu kazanç diyagramı verilmektedir.



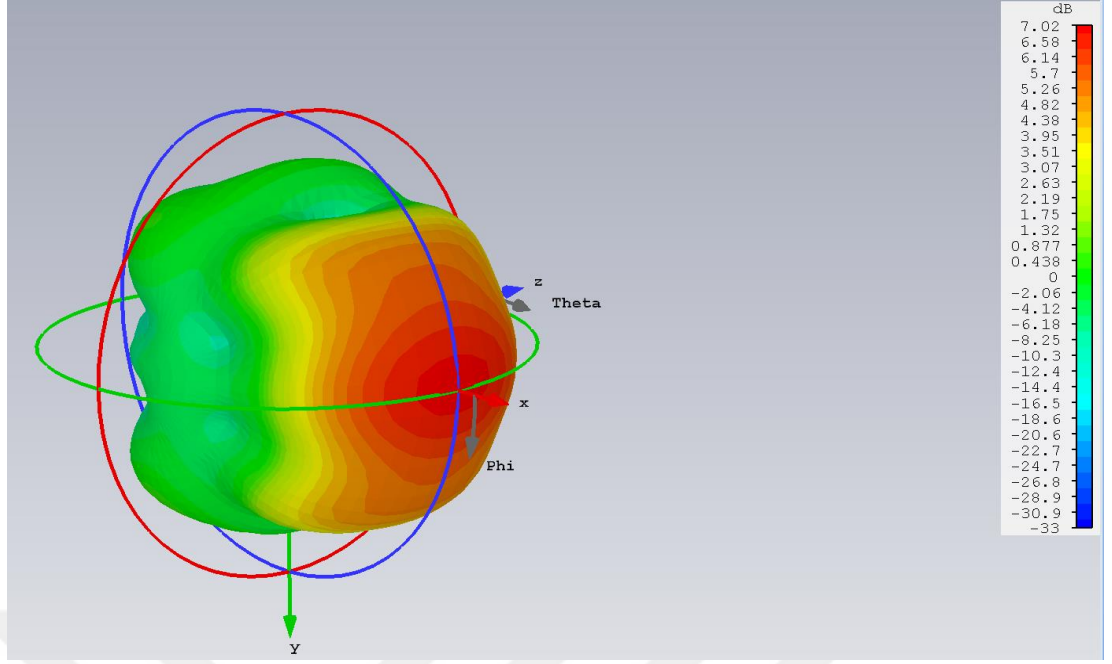
Şekil 4.29 : Antenin 3 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği

Şekil 4.30' da tasarımı yapılan antenin 2 GHz frekansındaki yönlülüğü verilmektedir.



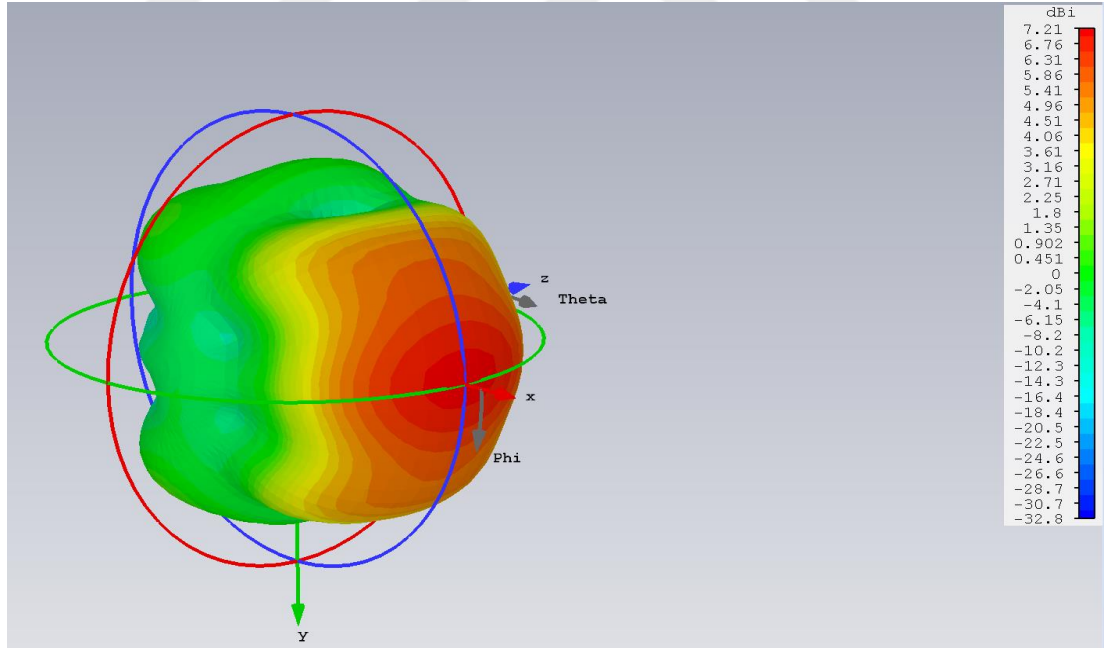
Şekil 4.30 : Antenin 2 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği

Şekil 4.31'de tasarımı yapılan antenin 6 GHz frekansında 3-boyutlu kazanç diyagramı verilmektedir.



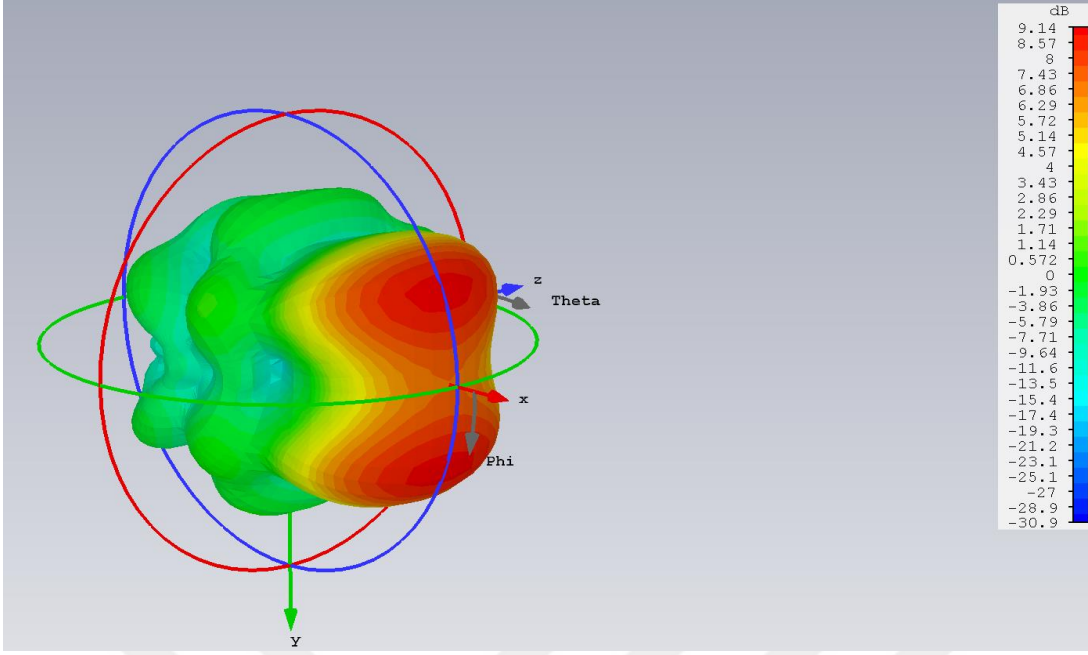
Şekil 4.31 : Antenin 6 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği

Şekil 4.32’de tasarımı yapılan antenin 6 GHz frekansındaki yönlülüğü verilmektedir.



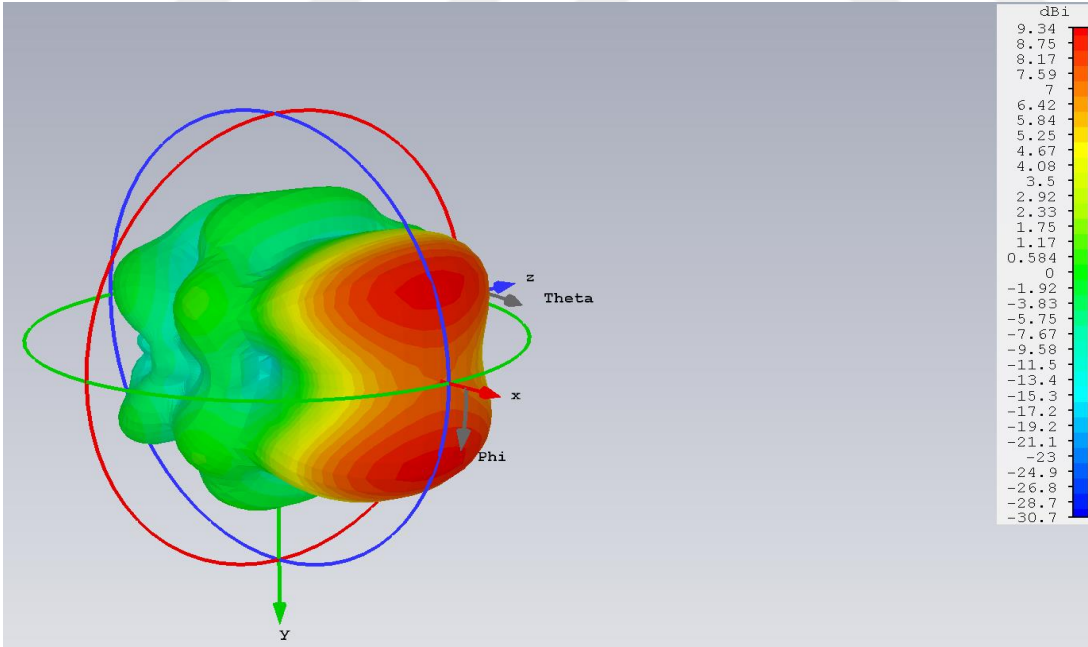
Şekil 4.32 : Antenin 6 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği

Şekil 4.33’te tasarımı yapılan antenin 9 GHz frekansında 3-boyutlu kazanç diyagramı verilmektedir.



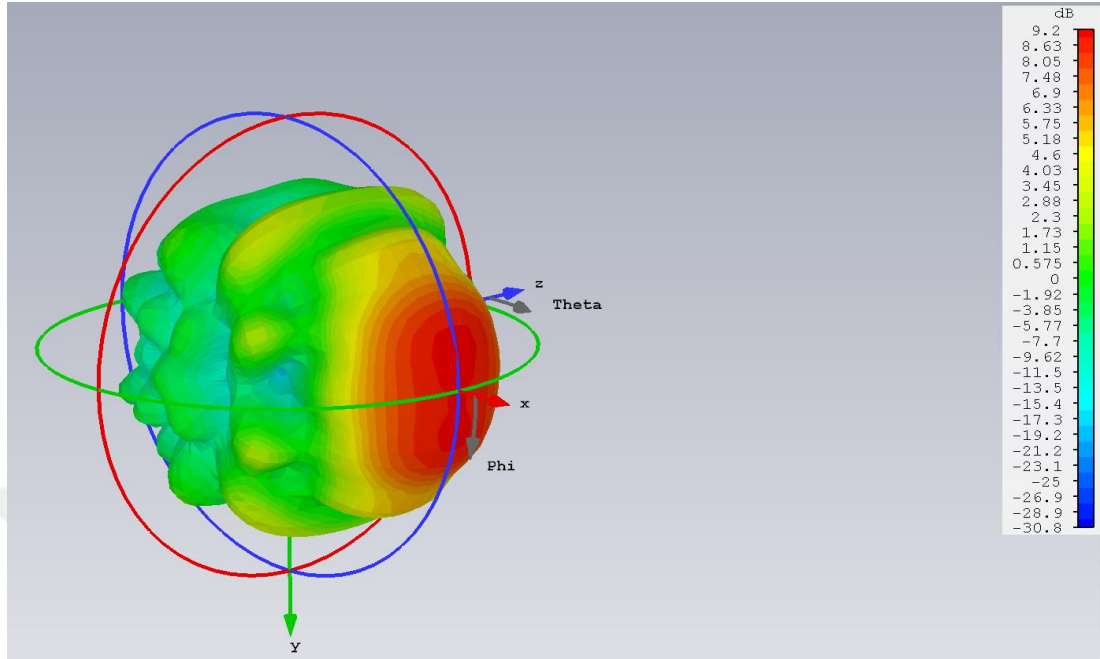
Şekil 4.33 : Antenin 9 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği

Şekil 4.34’de tasarımı yapılan antenin 9 GHz frekansındaki yönlülüğü verilmektedir.



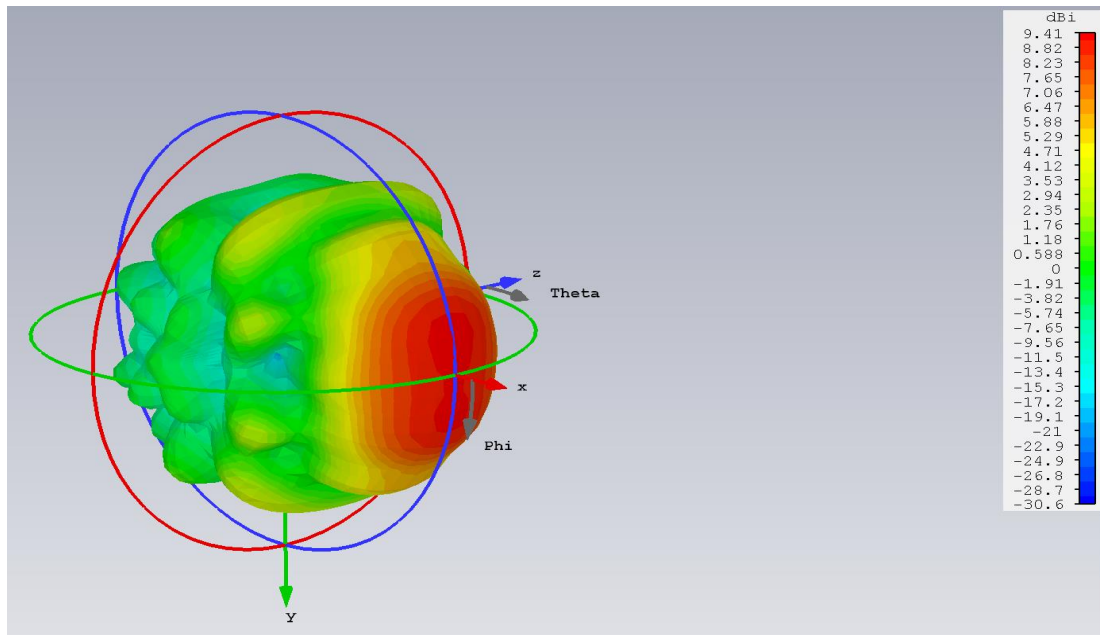
Şekil 4.34 : Antenin 9 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği

Şekil 4.35'te tasarımı yapılan antenin 12 GHz frekansında 3-boyutlu kazanç diyagramı verilmektedir.



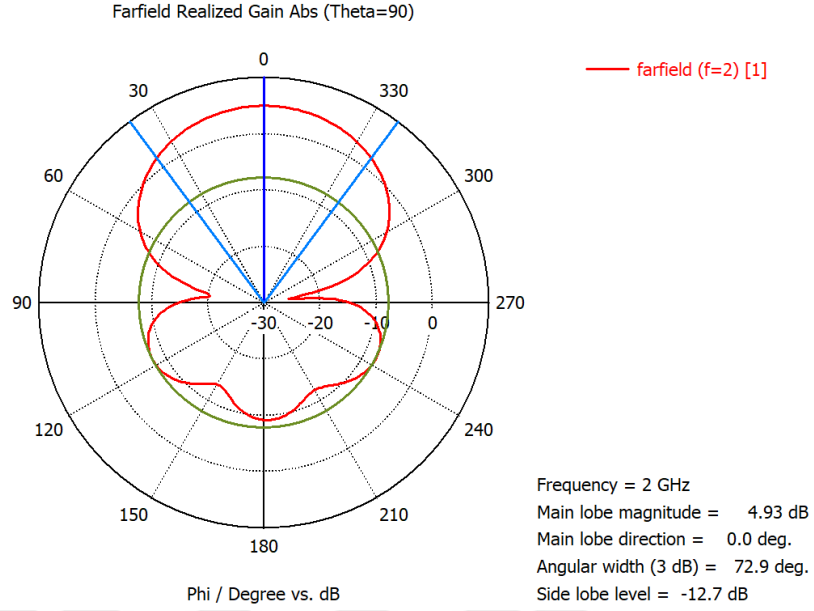
Şekil 4.35 : Antenin 12 GHz frekansındaki 3-boyutlu kazanç grafiği

Şekil 4.36'de tasarımı yapılan antenin 12 GHz frekansındaki yönlülüğü verilmektedir.



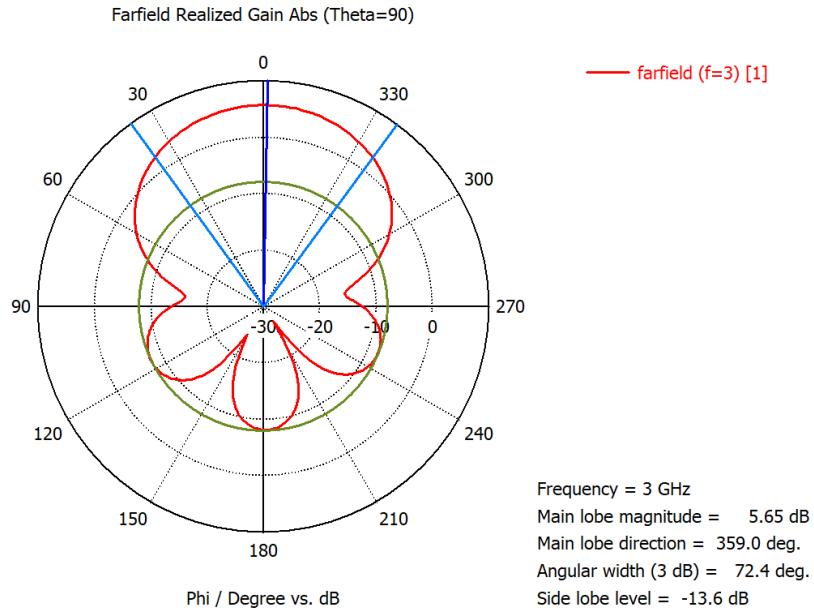
Şekil 4.36 : Antenin 12 GHz frekansındaki 3-boyutlu yönlülük grafiği

Tasarımı yapılan oluklu vivaldi anten için 3, 6, 9, 12 GHz frekanslarında 2-boyutlu ışınım grafikleri verilmektedir. Şekil 4.38'de 2 GHz frekansında $\theta=90^0$ sabit kazancın φ ile değişimini gösteren 2-boyutlu ışınım diyagramları verilmektedir.



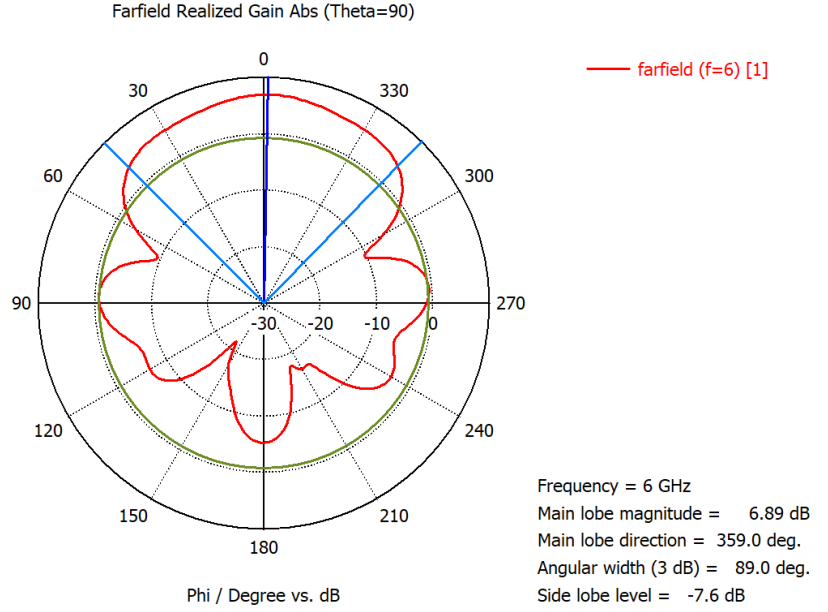
Şekil 4.37 : 2 GHz frekansında 2-boyutlu ışınım diyagramı

Şekil 4.39'da 3 GHz frekansında $\theta=90^0$ sabit kazancın φ ile değişimini gösteren 2-boyutlu ışınım diyagramı verilmektedir.



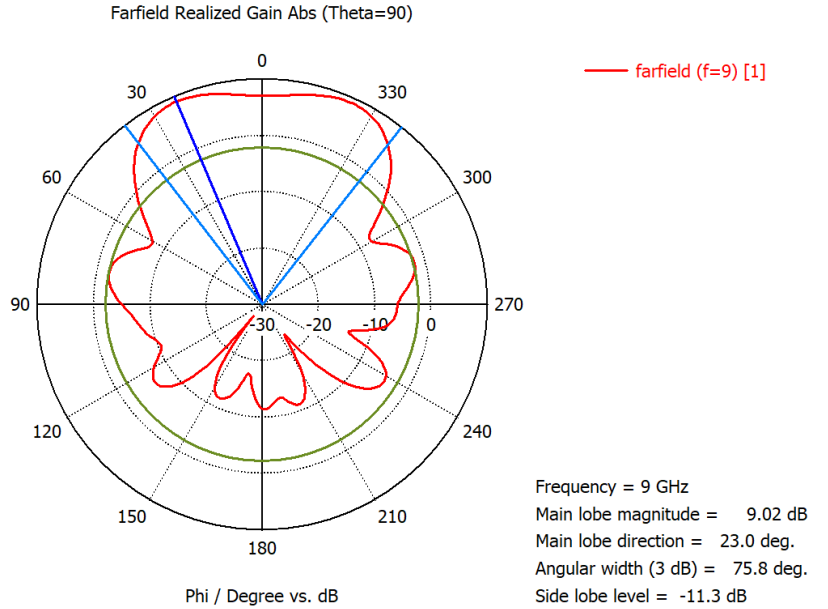
Şekil 4.38 : 3 GHz frekansında 2-boyutlu ışınım diyagramı

Şekil 4.40'ta 6 GHz frekansında $\theta=90^0$ sabit kazancın φ ile değişimini gösteren 2-boyutlu ışın diyagramı verilmektedir.



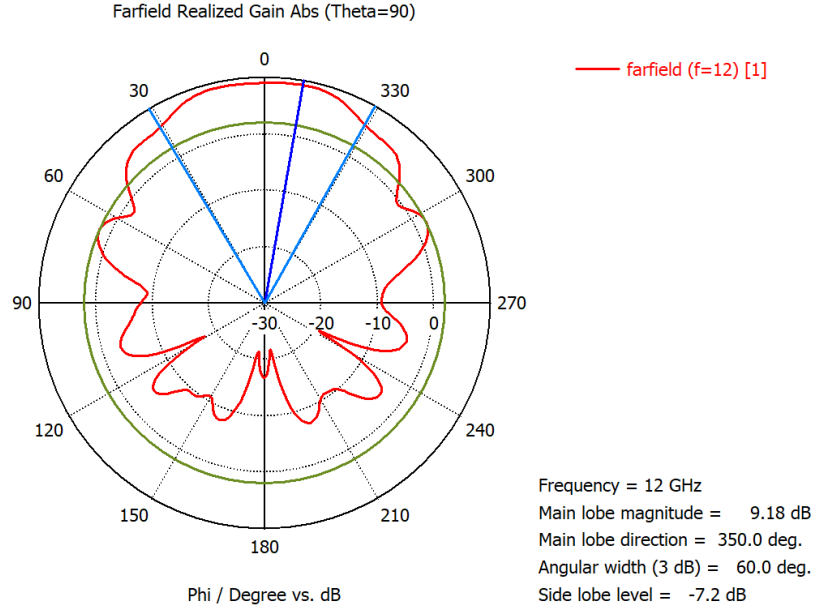
Şekil 4.39 : 6 GHz frekansında 2-boyutlu ışın diyagramı

Şekil 4.41'da 9 GHz frekansında $\theta=90^0$ sabit kazancın φ ile değişimini gösteren 2-boyutlu ışın diyagramı verilmektedir.



Şekil 4.40 : 9 GHz frekansında 2-boyutlu ışın diyagramı

Şekil 4.42’da 12 GHz frekansında $\theta=90^0$ sabit kazancın φ ile değimini gösteren 2-boyutlu ışına diyagramı verilmektedir.

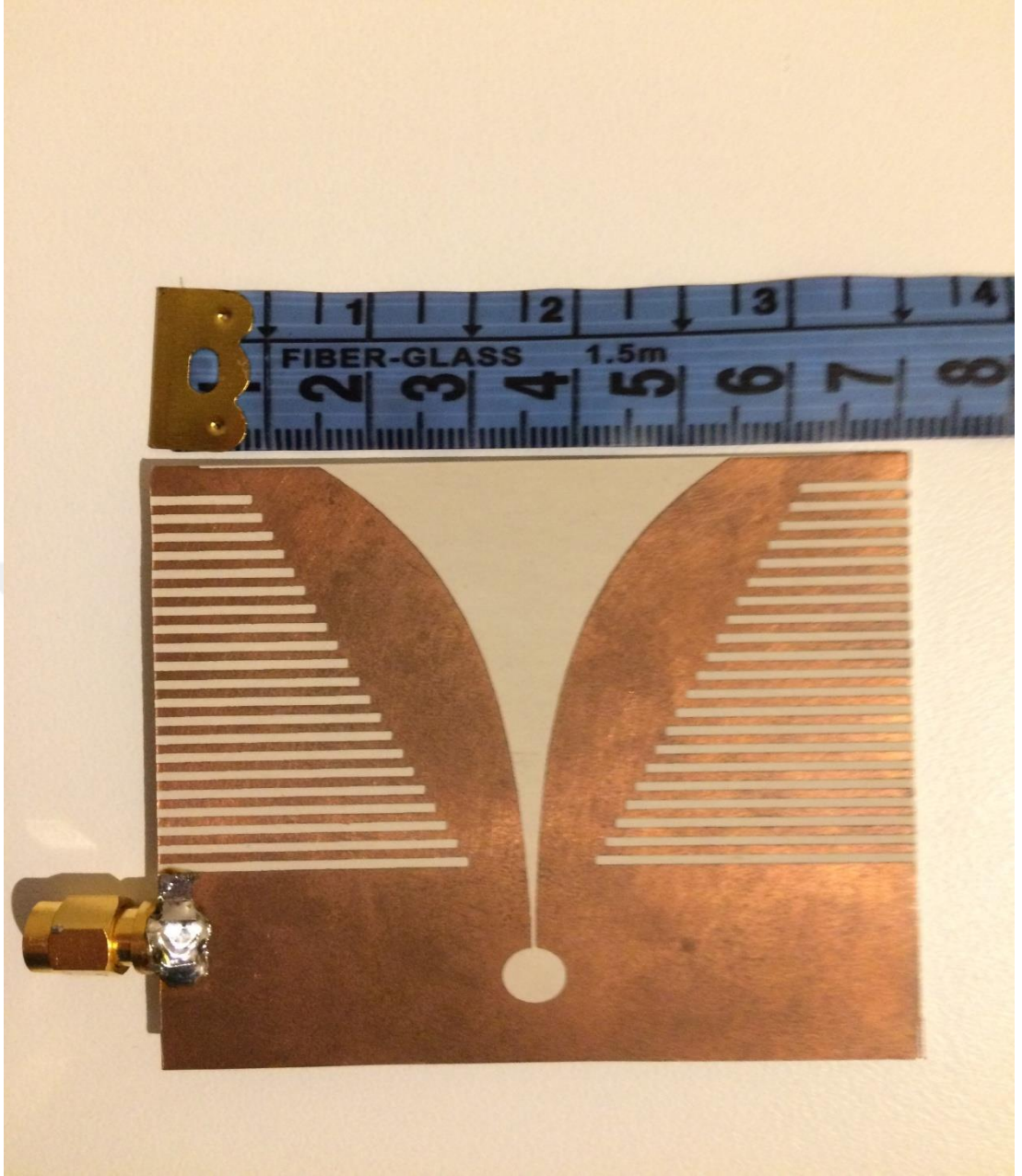


Şekil 4.41 : 12 GHz frekansında 2-boyutlu ışına diyagramı

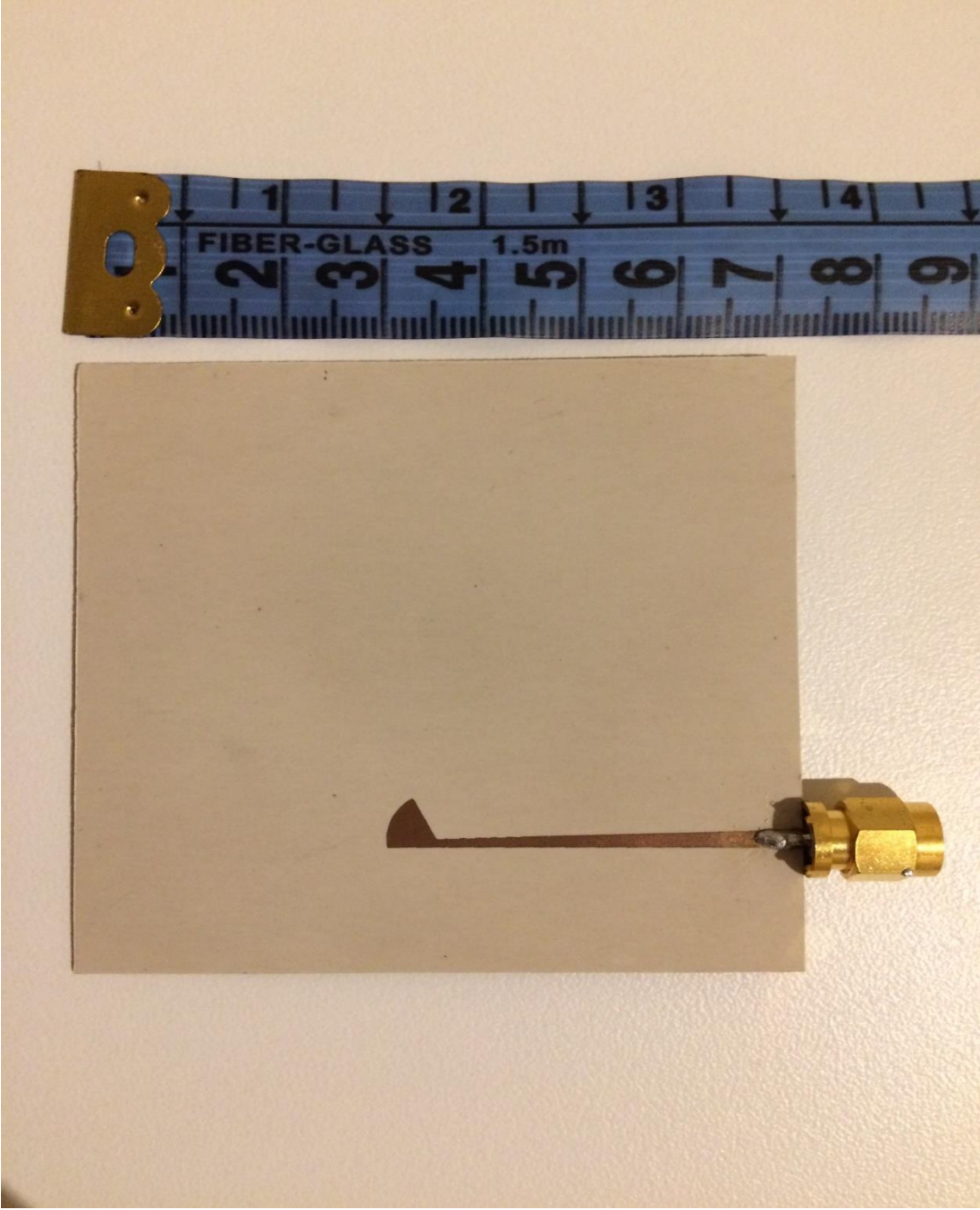
Elde edilen simülasyon verileri incelendiğinde oluklu vivaldi antenin 1.63-14.54 GHz frekans bandında istenilen kazanç ve yönlülük değerlerini veren UGB bir anten elde edilmiştir.

Daha önce yapılmış benzer oluk konumuna sahip [19,20] çalışmalarının incelenmesi sonucu yapılan karşılaştırmada farklı boyutlara sahip uzunluğu lineer azalan düzende yerleştirilen oluklar, farklı besleme konumu ve şekli, daha ince, daha büyük boyutlu ve daha küçük dielektrik sabitli taban malzemesi kullanılarak daha düşük frekanstan başlayan daha büyük bant genişliği elde edilmiştir.

Tasarımı yapılan anten test edilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.42’de antenin ışılan ön tarafı, Şekil 4.43’te ise antenin besleme hattının olduğu arka tarafı görülmektedir.

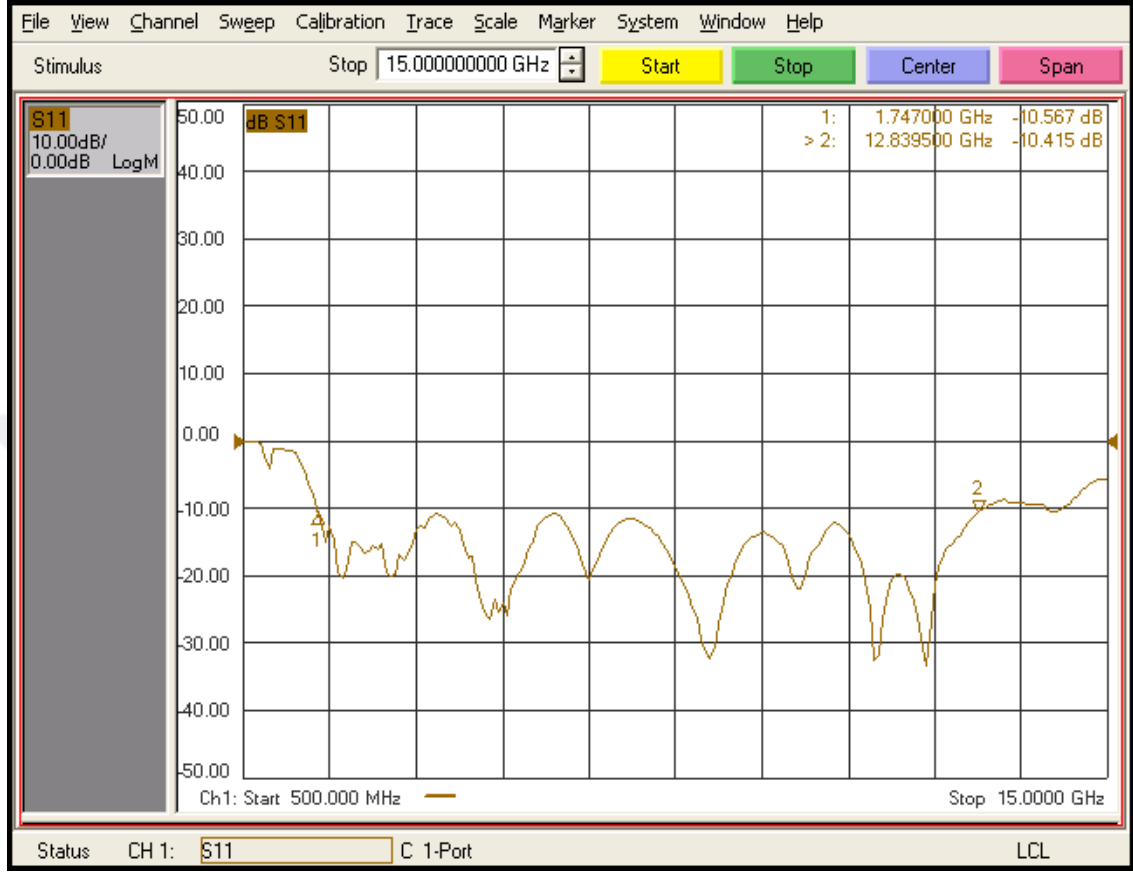


Şekil 4.42 : Gerçeklenmiş antenin ışılan ön tarafı



Şekil 4.43 : Gerçeklenmiş antenin besleme hattının olduğu arka tarafı

Gerçekleşmiş oluklu Vivaldi antenin laboratuvar ortamında gerçekleştirilen ölçümlerde S_{11} parametresi Şekil 4.44'te görüldüğü gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.44 : Gerçekleşmiş antenin S_{11} parametresi grafiği

Yapılan ölçüm sonucu elde edilen grafik incelendiğinde antenin 1.74- 12.84 GHz frekans aralığında ışına yaptığı izlenmiştir. Tasarım esnasında simülasyon sonuçlarından elde edilen S_{11} değişimi ile gerçekleşen antenin ölçümü sonucu elde edilen S_{11} parametresi değişimi sonuçları arasındaki farkın sebeplerini olarak kullanılan simülasyon programının hata oranı ve üretim aşamasında oluşan hatalar olarak açıklayabiliriz.



5. ANALİZ VE SONUÇLARI

Bu tasarım çalışmasında 2.25 – 14.6 GHz frekansları arasında ışıma yapabilen mikrodalga görüntüleme için kullanılabilen üzere UGB geleneksel vivaldi anten tasarımı yapılmıştır. Sonra bu antene Şekil 4.21’de görüldüğü üzere oluklar eklenerek daha büyük bant genişliği ve 6 GHz’nin altındaki frekanslarda daha yüksek yönlülük ve kazanç elde edilmeye çalışılmıştır. CST simülasyon programı ile yapılan çalışmalarda antene eklenen oluklar sayesinde anten ışıma yapmaya daha küçük frekans değerinden başlamasıyla bant genişliği (1.63-14.54 GHz) artmıştır. Ayrıca 5 GHz ve altı frekanslarda kazanç ve yönlülükte artış görülmüştür. Daha büyük frekanslarda ise kazanç ve yönlülük açısından kayda değer bir değişiklik elde edilmemiştir. Antenin tasarımında elde edilen simülasyon sonuçları ile laboratuarda yapılan ölçüm sonuçları arasındaki farkların sebepleri üretim esnasındaki etkenler ile simülasyon programının hata oranı olarak söylenilebilir.

CST simülasyon programı kullanılarak yapılan çalışmalarda dielektrik taban malzemesinin dielektrik sabiti ve yüksekliği değişikliğinin ışıma bant genişliğinde yönlülük ve kazançta büyük değişikliklere sebep olmaktadır. Ayrıca eksponansiyel yapıda ve besleme hattında yapılan değişikliklerde bant genişliği kazanç ve yönlülüğü etkilemektedir. Antene eklenen oluklar ile daha düşük frekanslarda ışıma daha iyi kazanç ve yönlülük elde edilebileceği görülmüştür. Daha sonraki çalışmalarda farklı daralan yapıya sahip konik oluklu antenlere farklı boyutta ve biçimde oluklar eklenerek daha iyi özelliklere sahip tasarımlar yapılabilir.



KAYNAKLAR

- [1] **Balanis, C. A.** (2005). Antenna Theory: Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [2] **Kraus, J. D.** (1992). Electromagnetics, McGraw-Hill Inc., New York
- [3] **Balanis, C.A.** (1989). Advanced Engineering Electromagnatics, Wiley N. York
- [4] **Kraus, J. D.** (1988). Antennas, McGraw-Hill Inc., New York
- [5] **Milligan, T.A.**(2005). Modern Antenna Design, John Wiley & Sons Publication, New Jersey.
- [6] **Baissinnot, G., Gutton, H.**(1955).Flat Aerial for Ultra High Frequencies, French Patent, 70313.
- [7] **Sevgi, L.**, 2005:EMC ve Antenler, Endüstri & Otomasyon,101,s.71-79
- [8] **Dechamps G. A.** (1953). Microstrip Microwave Antennas, *Üçüncü USAF Anten Sempozyumu*
- [9] **Saunders, S.R., Zavala A. A.**(2007). Antennas and Propogation for Wireless Communication System, John Wiley & Sons Ltd., New York.
- [10] **James J. R., Hall P. S., Wood C.** (1981). Microstrip Antenna Theory and Design, IEE and Peter Peregrinus, London and New York
- [11] **Carver K. R., Mink J.W.** (1981). Microstrip Antenna Technology, IEEE Trans. On Antennas and Propagation, Vol. AP-29, No. 1, s. 24.
- [12] **Itoh, T., Menzel, W.** (1981). A Full Wave Analysis of Open Microstrip Structures, IEEE Trans. Antennas Propagat., AP-29, s. 63-68.
- [13] **Uğurlu, Emrah,** (2016). *Çok amaçlı aaçıklığı daralan yarık anten tasarımı ve performans arttırımına yönelik anten parametrelerinin optimizasyonu,* (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi
- [14] **Gibson P.** (1979). The Vivaldi Aerial, *1979 9th European Microwave Conferance,* s. 101-105 IEEE.
- [15] **Gazit, E.** (1988). İmproved Design of The Vivaldi Antenna, TEE Proceedings H-Microwaves, Antennas and Propogation vol.135 s.89-92. IET.
- [16] **Langley , J., Hall, P., Newham, P.**(1996). Balanced Antipodal Vivaldi Antenna for Wide Bandwith Phased Arrays, IEE Proceedings Microwaves, Antennas and Propogation vol. 143(2) s.97-102
- [17] CST-Microwave Studio 2010 Workflow and Solver Overview adres: www.3ds.com
- [18] CST Sudio Suit 2017 adres: www.cst.com

- [19] **Abbak M., Akıncı M.N., Çayören M., Akduman İ.** (2017). Experimental Microwave İmaging With a Novel Corrugated Vivaldi Antenna , Trans. Antennas Propagat., Vol. 65, No. 6 s. 3302-3307.
- [20] **Abbak, Mehmet** (2015). *Meme tümörünün mikrodalga ile görüntülenebilmesi için anten ve ölçüm sistemi* , (Doktora Tezi), İTÜ



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Emre Kızılay
Doğum Tarihi ve Yeri :1986 , Bakırköy
E-posta :emre_kizilay@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Sakarya Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği