İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ

T.C.

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

SANAYİ POLİTİKALARI VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

SANAYİ POLİTİKALARI VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Türkiye'de Yama Anten Üretimi ve Prototiplemedeki Zorluklar

Yüksek Lisans Tezi

Gökberk Kemal OĞUZ

100018467

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Sabri ÖZ

İstanbul, 2020

İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ

T.C.

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

SANAYİ POLİTİKALARI VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

SANAYİ POLİTİKALARI VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Türkiye'de Yama Anten Üretimi ve Prototiplemedeki Zorluklar

Yüksek Lisans Tezi

Gökberk Kemal OĞUZ

100018467

İstanbul, 2020

T.C. İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

T.C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

.....**Sanayi Politikaları ve Teknoloji Yönetimi (SAPTEY) Tezli**.....
Yüksek Lisans programı öğrencisi….....**Gökberk Kemal Oğuz**.....**'un**…… ……..... **Türkiye'de Yama Anten Üretimi ve Prototiplemedeki Zorluklar**.....başlıklı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulu **23.06.2020** tarih ve **2020-510/02** sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	UNVANI, ADI SOYADI	ÜNİVERSİTE
TEZ DANIŞMANI	: **Dr. Öğr. Üyesi Sabri ÖZ**……..	**İstanbul Ticaret Üniversitesi**
JÜRİ ÜYESİ	: **Doç. Dr. Mustafa Emre CİVELEK**……...	**İstanbul Ticaret Üniversitesi**
JÜRİ ÜYESİ	: **Doç. Dr. Murat ÇEMBERCİ**……..	**Yıldız Teknik Üniversitesi**

Hazırlamış olduğum tez özgün bir çalışma olup YÖK ve İTİCÜ Lisansüstü Yönetmeliklerine uygun olarak hazırlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmayı yaparken bilimsel etik kurallarına tamamıyla uyduğumu; yararlandığım tüm kaynakları gösterdiğimi ve hiçbir kaynaktan yaptığım ayrıntılı alıntı olmadığını beyan ederim. Bu tezin ihtiva ettiği tüm hususlar şahsi görüşüm olup İstanbul Ticaret Üniversitesinin resmi görüşünü yansıtmamaktadır.

Gökberk Kemal OĞUZ

ÖZET

Son yıllarda meydana gelen parasal daralma, Türkiye ve gelişmekte olan ülkeler üzerinde oldukça etkili olmuştur. Bu nedenle, gelişmekte olan ülkelerde sanayi politikası ve teknoloji yönetiminin önemi büyük ölçüde artmaktadır. Üretim ve tasarım stratejileri dikkatle planlanmalıdır. Bu sebeple, parasal daralma ve istenmeyen kur dalgalanması; finans, fonlar, sanayi, hizmet endüstrisi, tarımsal işletme, hayvancılık, bina ticareti, araştırma ve geliştirme gibi birçok sektördeki yatırımı ve nakit akışını olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda, bu durum mikroşerit yama antenlerinin araştırma, prototipleme, üretim ve test aşamalarını da kapsamaktadır. Mikroşerit yama antenler, telekomünikasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla, bu durum mikroşerit anten çalışmalarına olan ilgiyi artırmıştır. Her projede olduğu gibi maliyet ve verimlilik proje tasarımının önemli bir parçasıdır. Bu nedenle, istenmeyen döviz kuru dalgalanması, vergi, finansal yükümlülükler, ve beklenmedik gelişmeler (COVID-19 salgını) nedeniyle maliyet, Türkiye ve gelişmekte olan ülkeler için daha çok önem teşkil etmektedir. Genel olarak mikroşerit yama antenler, dielektrik substratın üstünde metalik bir yama, zemin düzlemi ve besleme noktası dielektrik substratın altında bulunan birkaç parçadan oluşur. Yama antenin bileşenleri antenin performansı üzerinde muazzam bir etkiye sahiptir. Ayrıca, dielektrik substratın dielektrik sabiti ve dielektrik substratın kalınlığı, antenin performansı üzerinde önemli birer faktördür. Genellikle yüksek kaliteli dielektrik substratlar, batı kökenli şirketler tarafından geliştirilir ve üretilir. Bu sebeple, yüksek kaliteli özelliklere sahip dielektrik substratın Türkiye ve gelişmekte olan ülkeler tarafından tedariği oldukça güçdür. Yerli pazarda bulunan dielektrik substratlar ise çoğu uygulama için yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla, yüksek kalitede dielektrik substratların ithal edilmesi tek seçenektir ve oldukça maliyetlidir. Bu çalışmada, Türkiye'de mikroşerit anten üretimi ve prototiplemedeki zorluklar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler- döviz kuru dalgalanması, parasal daralma, Türkiye, gelişmekte olan ülkeler, Covid-19, zorluklar, prototipleme, imalat, mikroşerit yama anteni, dielektrik substrat, sanayi politikası, teknoloji yönetimi, telekomünikasyon sistemleri.

ABSTRACT

In recent years monetary narrowing impact more on Turkey and developing countries. Therefore, the importance of industrial policy and technology management in developing countries has widely increased. Production and design strategies have to be planned carefully. Thus, evidently monetary narrowing and undesired exchange rate fluctuation affected investment and the cash flow in numerous sectors such as finances, funding, industry, service industry, agribusiness, livestock, building trade, research, and development, etc. In this context, this situation broadly hit the research, prototyping, manufacturing and testing phase of the MSPAs. Today, MSPAs have widely utilized in telecommunication systems. Hence, this growth has increased interest in studies. As it is in every project, cost and efficiency are an essential part of the project design. Therefore, the ratio of cost is more important for Turkey and developing countries due to undesired exchange rate fluctuation, tax, financial obligations, and unexpected world events (e.g. COVID-19 pandemic). Commonly, the MSPA comprises particular parts such as a radiating patch on top of the double-sided laminate and ground plane and feeding point located below the double-sided laminate. Therefore, MSPAs components play a significant role in MSPAs radiation characteristics.

Moreover, specifications of the double-sided laminate, such as relative permittivity (or dielectric constant) and real physical thickness, are essential elements on the MSPAs radiation characteristics. Generally, high-quality dielectric substrates are developed and manufactured by western originated companies. Thus, the dielectric substrate with high-grade characteristics is hard to find for Turkey and developing countries. Importing is the only option and quite costly. Choosing a domestic dielectric substrate is inevitable, however insufficient for many cases. In this study, difficulties in microstrip antenna production and prototyping in Turkey are analyzed.

Key Words- exchange rate fluctuation*, monetary narrrowing, Turkey, developing countries, Covid-19, difficulties, prototyping, manufacturing, microstrip patch antenna, dielectric substrate, industrial policy, technology management, telecommunication systems.*

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT v
İÇİNDEKİLER vi
TABLO LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ ix
KISALTMALAR x
GİRİŞ 11
1. MİKROŞERİT YAMA ANTENLERE KISA BİR GİRİŞ 12
1.1 Koaksiyel Beslemeli Mikroşerit Yama Antenlerin Temel Yapısı 12
1.1.1 Besleme Yöntemleri 13
1.1.2 Dielektrik Substrat 15
1.2 Mikroşerit Yama Antenlerin Performans Parametreleri 16
1.2.1 Yansıma Katsayısı (S11) 16
1.2.2 Kazanç ve Yönlülük 17
1.2.3 Durağan Dalga Voltaj Oranı ve Yüzey Dalgaları 18
1.2.5 Işıma Paterni & Polarizasyon 19
1.2.6 Empedans 20
1.3 Mikroşerit Yama Antenlerin Başlıca Kullanım Alanları 21
1.3.1 Hücresel İletişim 21
1.3.2 Biomedical Telemetry 22
1.3.3 Hava İzleme Sistemleri 23
1.3.4 Radyo Frekanslı Tanımlma (RFID) 24
2. TÜRKİYE'DE YAMA ANTEN ÜRETİMİ VE PROTOTİPLEMEDEKİ ZORLUKLAR 26
2.1 Literatür Taraması ve Çalışmanın Temeli 27
2.2 Mikroşerit Yama Antenler Yayınları Üzerine Araştırma 27
2.2.1 Mikroşerit Yama Antenler Yayınları Üzerine Araştırma 28
2.3 Türkiye'de Döviz Dalgalanmasının Anten Tasarımı ve Prototipleme Üzerine Etkisi 30
2.3.1 Döviz Dalgalanmasının Dış Ticarete Etkileri 30
2.3.2 Dielektrik Substrat Pazar ve Endüstri Analizi 33
2.3.3 Tedarikçiler 34
2.4 Mikroşerit Yama Anten Prototipleme Süreci 36

2.4.2 Ölçüm ve Test Aşamaları 39
2.4.3 Temel Üretim Maliyeti 40
2.5 Coronavirus (Covid-19) Impact on The Supply Chain 41
SONUÇ 44
KAYNAKÇA 46

TABLO LİSTESİ

Tablo 1 Farklı besleme tekniklerinin yararları ve dezavantajları 14
Tablo 2 Çeşitli dielektrik substratların karşılaştırılması 15
Tablo 3 Yüksek kaliteli RF substratlarının fiyat karşılaştırması 34
Tablo 4 Yüksek kaliteli dielektrik substrat sağlayıcıları ve ürünlerinin listesi 35

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 Koaksiyel beslemeli MŞYA'nın kısımları 13
Şekil 2 Simule edilen ve ölçülen S11 değerinin karşılaştırılması 16
Şekil 3 MŞYA Kazancının grafiksel gösterimi 17
Şekil 4 MŞYA içerisindeki elektromanyetik dalga türleri 18
Şekil 5 3-Boyutlu ışıma paterni 19
Şekil 6 Polarizasyon tipleri 20
Şekil 7 MŞYA ve RF devrelerinin empedans ilişkisi 21
Şekil 8 Cep telefonlarındaki gömülü MŞYA'lar 22
Şekil 9 Biyomedikal telemetride kullanılan implantların ağ şeması 23
Şekil 10 Hava araçları için hava durumu radarı 24
Şekil 11 RFID sistemlerin çalışma şeması 25
Şekil 12 1980-2018 yılları arasında IEEE Xplore® Digital Library'de indekslenen MŞYA çalışmaları 29
Şekil 13 2014-2019 yılları arasında USD/TRY döviz kuru oranları 31
Şekil 14 Faiz artışının döviz kuru ve dış ticaret üzerindeki etkileri 32
Şekil 15 Üst düzey bir freze makinesi 37
Şekil 16 Freze makinesi ile koaksiyel beslemeli MŞYA'nın üretim aşamaları 37
Şekil 17 Üretimden sonraki bir MŞYA 38
Şekil 18 RF laboratuvarları için üst düzey bir VNA 39
Şekil 19 Yankısız oda örneği 40
Şekil 20 Tedarik zincirinin olası zayıf noktaları 42
Şekil 21 Covid-19 salgını sırasında olası stok tükenmesi hakkında öngörü 42

KISALTMALAR

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

COVID-19: 2019 yılında çıkan koronavirüs hastalığı.

DB: Desibel

DXF: Orijinal açılımı “Drawing exchange format” olan; Türkçe çevirisi “Çizim Değişim Formatı” olan teknik terim.

EM: Elektromanyetik

FR4: İngilizce açılımı “Flame Retardant 4”; Türkçe çevirisi ise “Alev Geciktirici 4” olan dielektrik substratın özel ismi.

GPS: Açılımı ingilizce “Global Positioning System” olup; Türkçe karşılığı “Küresel Konumlama Sistemi” olan teknik terim.

IMD: Orijinali “Implantable medical device” olan; Türkçe tercümesi “Aşılanabilir medikal cihazlar” şeklindedir.

IT: Asıl açılımı “Information Technology” olup; Türkçe karşılığı “Bilgi Teknolojileri” olan teknik terim.

MIMO: İngilizce açılımı “Multiple-Input Multiple-Output” olan; Türkçe çevirisi “Çoklu Giriş ve Çıkışa Sahip” anlamına gelen teknik terim.

MŞYA: Mikroşerit Yama Anten

PCB: İngilizce açılımı “Printed Circuit Board” olan; Türkçe karşılığı “Baskı devre” olan teknik terim

RFID: İngilizce açılımı “Radio-Frequency Identification” olan; Türkçe karşılığı “Radyo Frekanslı Tanımlama” olan teknik terim.

RF: Radyo Frekansı

SMA: Orijinali “Sub Miniature Version A” olan; Türkçe çevirisi “Alt Minyatür Sürüm A” olan teknik terim.

TRY: Türk Lirası

USD: Amerikan Doları

VNA: Orijinali “Vector Network Analyzer” olan; Türkçe tercümesi “Vektörel Ağ Analizörü” olan teknik terim.

VSWR: İngilizce açılımı “Voltage to Standing Wave Ratio” olan; Türkçe karşılığı “Durağan Dalga Voltaj oranı” olan teknik terim.

GİRİŞ

Son yıllarda, MŞYA'lar oldukça popülerdi ve telekomünikasyonda geniş yer aldılar. Dahası, MŞYA'lar diğer anten tiplerinden (çanak, yagi, loop, whip, vb.) daha hafif, daha küçük ve daha dayanıklıdır. Bütün bunların yanında, MŞYA'lar hemen hemen her koşulda ve şekilde uygulanabilir. Dolayısıyla, MŞYA'lar askeri uygulamalar da dahil olmak üzere hemen hemen her sektörde oldukça yaygındır. Havacılık, mobil cihazlar, giyilebilir cihazlar ve implantlardan radar sistemlerine hemen hemen her alanda kullanılırlar. Bu yüzden, yakın gelecekte mikroşerit yama antenler her alanda geleneksel antenlerin yerini alacaktır. Bu bağlamda, büyüyen ilgi, araştırma grupları ve RF laboratuvarlarında mikroşerit yama anten çalışmalarına olan ilgiyi artırmıştır.

Genellikle, MŞYA'lar belirli kısımlardan oluşur. Bu kısımlar katman dizilmiştir. Çift taraflı dielektrik lamine malzemenin birinci tabakasında iletken plaka vardır ve ışıma yapar; ikinci tabaka, birinci ve üçüncü tabakalar arasındadır ve dielektrik malzemeyi içerir; son olarak üçüncü tabakada yine bir iletken plaka vardır fakat bu tabaka topraktır (-) görevini görür ve üzerinde besleme noktası bulunur. Dolayısıyla, MŞYA'nın bileşenlerinin özellikleri performans parametrelerini etkileyebilir. Ayrıca, çift taraflı laminenin teknik özellikleri (dielektrik sabiti ve gerçek fiziksel kalınlık) MŞYA'nın ışıma karakterini etkileyen temel unsurlardır. Türkiye ve diğer gelişmekte olan ülkelerde, yüksek kaliteli özelliklere sahip dielektrik substratları elde etmek oldukça güçtür. Dielektrik substrat ithalatı oldukça maliyetli olduğundan iç pazarda bulunan dielektrik substratları kullanmak kaçınılmazdır ne yazık ki çoğu uygulamalarda iç pazarda bulunan dielektrik substratlar yetersiz kalmaktadır. Her projede olduğu gibi, maliyet ve verimlilik proje tasarımının hayati bir parçasıdır. Buna binaen maliyet oranı, dalgalı döviz kurları nedeniyle Türkiye ve gelişmekte olan ülkeler için daha önemlidir. Sonuç olarak, parasal daralma, istenmeyen döviz kuru dalgalanması ve yakın zamandaki koronavirüs (COVID-19) pandemisi, mikroşerit yama anten endüstrisindeki; araştırma, tedarik, prototipleme, test, ve üretim süreçlerini büyük ölçüde etkilemektedir.

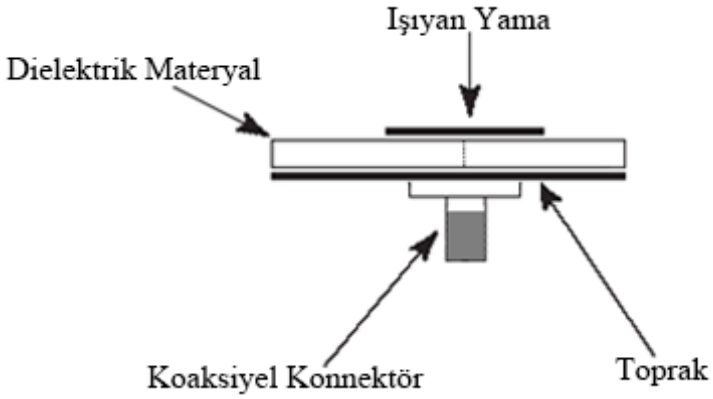
1. MİKROŞERİT YAMA ANTENLERE KISA BİR GİRİŞ

Çalışmanın bu bölümünde, okuyucuya anten teorisi ile ilgili temel bilgileri nakletmek için mikroşerit yama anten teorisi özet bir şekilde anlatılacaktır.

Genel bir bakış açısıyla, iletişimin ana tanımı bilgi alışverişidir. İletişimi uzun mesafelerde arasında gerçekleştrimek için bir iletişim sistemine ihtiyaç duyarız. Günümüzde, ön plana çıkan en önemli iletişim sistemi ise kablosuz iletişim sistemleridir. MŞYA'lar kablosuz iletişim sistemlerinin belkemiğidir. Mikroşerit yama antenleri, mikroşerit yama olarak adlandırılır çünkü üretimleri PCB üretimine benzer. 50'lerde, George A. Deschamps mikroşerit yama anten fikrini devasa yenilik olarak ortaya koydu fakat gerçekleştiremedi. Bu durum sonraları elektrik-elektronik alanında transistörün icadının yaptığı etkiyi yapacaktır. 70'lere gelindiğinde, Robert E. Munson Deschamps'ın çalışmalarını geliştirmiş ve o yıllarda yeni geliştirilmiş yüksek kaliteli dielektrik malzemeleri MŞYA'lara uygulamıştır (Bhunia, 2013). MŞYA'lar kablosuz iletişim cihazlarında oldukça yaygındır. Bunun en önemli nedeni, mikroşerit yama antenlerin oldukça küçük, hafif, taşınabilir, geleneksel PCB teknikleriyle üretilebilir, güvenilir, doğrusal ve doğrusal olmayan yüzeylere uyarlanabilmesi ve dizi anten olarak yapılandırılabilir olmasıdır. Mikroşerit yama antenleri, radar sistemleri, uydu iletişimi, hücresel iletişim, roket ve füze sistemleri, hava tahmin sistemleri, biyomedikal telemetri, RFID sistemleri, GPS sistemleri vb. gibi MIMO uygulamaları da dahil olmak üzere neredeyse tüm kablosuz iletişim sistemlerinde evrensel olarak kabul edilmiş ve uygulanmaktadır (Patel, Narang, & Jain, 2013).

1.1 Koaksiyel Beslemeli Mikroşerit Yama Antenlerin Temel Yapısı

MŞYA'nın temel yapısı, tüm performans parametreleri temel yapı üzerinden geliştirildiğinden, MŞYA tasarım ve prototip projelerinde önemlidir. Literatürde yama şeklini kendi kendine türetebilen akıllı algoritmalar üzerinde çalışılmaktadır (Muscat & Zammit, 2011). Temel yapı besleme yöntemine göre değişir. Besleme yöntemleri daha sonraki bölümlerde kısaca tartışılacaktır.



Şekil 1 Koaksiyel beslemeli MŞYA'nın kısımları

Şekil 1 Koaksiyel beslemeli MŞYA'nın kısımlarını göstermektedir bunlar:

- Üst unsur 1: Işıma yapan kısım
- Orta : Dielektrik materyal
- Alt unsur 1: Toprak
- Alt unsur 2: Koaksiyel SMA konnektör

MŞYA'nın düzeni kondansatöre benzer ve MŞYA'ların iki iletken katman arasında (Işıma yapan ve toprak) dielektrik malzeme içeren bir yapısı vardır (Sharan, Sharma, Gupta, & Chaoudhary, 2016). Çoğunlukla bakır olan iletken bir malzemeye sahip olan ışıyan yama hemen hemen her şekile dönüştürülebilir. MŞYA, toprak plakasına lehimlenmiş ve ışıyan yamaya kadar uzanan bir koaksiyel SMA konnektör ile devreye sürülür. Akım ışıyan yamaya ulaşır. İlk temas noktasında, akım maksimumdur ancak ışıyan yamanın kenarlarına geldiğinde azalır; tersine elektrik alan ise ilk temas noktasında minimum, ışıyan yamanın kenarlarında ise maximumdur. Elektrik alan ışıyan yamanın kenarlarından atlayarak ışımayı oluşturur.

1.1.1 Besleme Yöntemleri

Besleme tekniğinin türü MŞYA'ların performansını etkiler. MŞYA'ların sınırlamalarını gidermek için çeşitli besleme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler, sırasıyla doğrudan besleme ve temassız besleme olmak üzere iki ana grupta kategorize edilmiştir; doğrudan beslenen MŞYA'da, güç doğrudan ışıyan yamaya aktarılır. Temassız beslemede ise, EM kuplajı ile ışıyan yamaya güç iletimi sağlanır (Kiruthika & Shanmuganantham, 2016). En çok kullanılan besleme tekniklerinin bazıları ise şunlarıdır: koaksiyel besleme, mikroşerit hat beslemesi (doğrudan besleme), yakından

kuplaj ve açıklıklı kuplaj (temassız besleme). Tüm besleme yöntemlerinin bazı yararları ve sınırlamaları vardır. Besleme yöntemleri MŞYA'nın uygulandığı yere göre değişiklik gösterir. Ayrıca MŞYA tasarımcısı, antenin uygulanacağı yere göre antende kullanılacak besleme yöntemini belirler. Uygulanılacak alan mobil veya sabit bir sistemde olabilir. Cep telefonu, tablet, dizüstü bilgisayar, modern televizyon, nesnelerin interneti destekli cihazlar, ütü, fırın, buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, uçak, uzay mekiği gibi birçok alanı bu sistemlere örnektir.

Tablo 1 Farklı besleme tekniklerinin yararları ve dezavantajları

Besleme Yöntemleri	Faydalar	Kısıtlamalar
Yakından Kuplaj	• Işıyan yama ve toprak arasında temas yok. • Bant genişliği sorununu kısmen giderir.	• Katmanlı yapısı nedeniyle üretimi zor. • Yüksek yan-arka lob ışıması.
Mikroşerit Hat	• Tekli gövde yapısı; daha kolay imalat sağlar • Eşleme kontrol edilebilir. • Ayarlanabilir besleme mevki.	• İstenmeyen yan lob radyasyonunu artırabilir.
Koaksiyel Besleme	• Kolay empedans eşlemesi • Düşük yan-arka lob ışıması	• Titiz lehimleme gerektirir.
Açıklıklı Kuplaj	• Işıyan yama ve toprak arasında temas yok. • Bantgenişliği sorununu çözebilir.	• Karmaşık yapısı nedeniyle üretimi zor. • Yüksek yan-arka lob ışıması.

Kaynak: (Lee, Luk, & Lai, 2017)

Tablo 1, besleme yöntemlerinin üretim ve ışıma açısından faydalarını ve kısıtlamalarını özet bir şekilde açıklamaktadır. Kolayca anlaşılacağı üzere her bir besleme yönteminin farklı bir avantaj ve dezavantajı vardır.

1.1.2 Dielektrik Substrat

Anten tasarımındaki önemli konulardan biri dielektrik substrattır. MŞYA'ların birincil performans özellikleri dielektrik substrata bağlıdır (Aakashdeep, Basu, Ujjwal, Kumari, & Gupta, 2011). İlave olarak, dielektrik sabiti ve substratın gerçek fiziksel kalınlığı MSPA'nın genel performansını etkiler. Genellikle, RF devrelerinde, RF mühendisi, $2.2 \leq \varepsilon_r \leq 12$ aralığında dielektrik sabitine sahip bir dielektrik substrat kullanır (Zaidi & Tripathy, 2014) Üstelik, RF mühendisi, ışıyan yamanın genişliğini ve uzunluğunu kabaca hesaplamak için dielektrik substratın fiziksel kalınlığını ve dielektrik kat sayısını kullanır. Her şey frekansa bağlı olduğundan dolayı RF mühendisleri dielektrik substratın karakteristik özelliklerini dikkate alır. Bundan başka, yüksek dielektrik sabite sahip dielektrik substratlar yaygın ve ucuz olsa da, kullanıldıklarında MŞYA'nın ışıma verimliliğini azaltırlar (kazanç, yönlülük ve empedans uyumu ile ilişkilidir, bu durum aynı zamanda bant genişliğini de içerir). Tersine, düşük dielektrik sabite sahip dielektrik substratlar MŞYA'nın performans parametrelerini geliştirir. Bununla birlikte, nadir bulunur ve bant genişliğini azaltır.

Tablo 2 Çeşitli dielektrik substratların karşılaştırılması

Parametreler	Rogers RT Duroid™	Taconic TLC	Rogers RO4003	FR-4 Epoksi	Bakelite
Dielektrik Sabit	2.2	3.2	3.5	4.4	4.8
S_{11}(dB)	- 25.02	- 26.26	- 31.06	- 20.64	- 30.68
VSWR	1.26	1.61	1.68	1.28	1.78
Kazanç(dB)	3.429	5.11	5.20	1.89	3.286

Kaynak: (Srivastava & Pradhan, 2017)

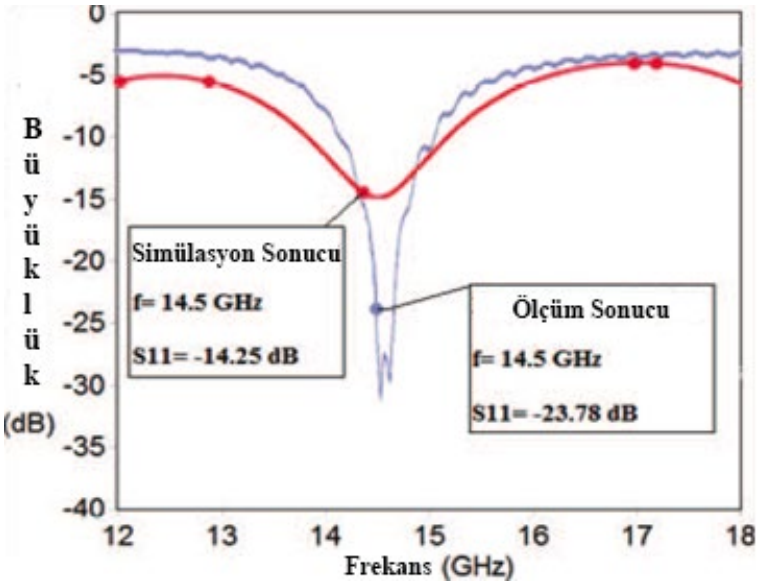
Seçilen dielektrik substratın karakteristik özellikleri MŞYA'nın performans parametrelerini etkiler. Tablo 2, aynı tasarımda, farklı substratların kullanılarak performanslarının karşılaştırılmasını göstermektedir. Ayrıca, dielektrik substratın seçimi MŞYA'nın nereye uygulanacağına bağlıdır. Bazı durumlarda yüksek dielektrik sabite sahip dielektrik substratlar uygundur. Bununla birlikte, üst düzey uygulamalar (radar sistemleri, uzay mekiğindeki görüntüleme sistemleri vb.) için tasarımcılar, düşük dielektrik sabite sahip yüksek kaliteli dielektrik substrat kullanmayı dikkate almalıdır..

1.2 Mikroşerit Yama Antenlerin Performans Parametreleri

Bu bölümde, MŞYA'nın çalışma prensipleri ve tasarım süreci hakkında temel bilgiyi aktarmak için MŞYA'nın performans parametreleri kısaca tartışılacaktır. En çok rastlanan MŞYA performans parametreleri şunlardır; kazanç, yönlülük, yansıma katsayısı, durağan dalga voltaj oranı, MŞYA'nın ışıma paterni ve MŞYA tarafından üretilen EM dalgasının polarizasyonu (Hanumante et al., 2014).

1.2.1 Yansıma Katsayısı (S11)

Yansıma katsayısı S_{11} olarak gösterilir ve yansıma miktarının büyüklüğünü ifade eder. En tanınmış yayılma parametrelerinden biridir. RF mühendisliğinde S_{11} için bir eşik değeri vardır. Bu eşik değeri -10dB dir. Bir MŞYA'da -10dB'nin altında değer gören bir RF mühendisi antenin ışıma yapmaya başladığını anlar. Eğer S_{11}, 0dB değerini alırsa, bu demektir ki MŞYA'ya gelen tüm güç iletilmek yerine geri yansıtılmıştır (Parmar & Joshi, 2015). Çok tehlikeli bir durumdur ve kaynak cihaza kalıcı hasar verilmesine sebep olabilir. Bu nedenle, S_{11} hayati bir göstergedir. MŞYA kablosuz iletişim kanalına tüm gücü iletmesi gerektiğinden RF Mühendisi S_{11}'e dikkat etmelidir.



Şekil 2 Simule edilen ve ölçülen S11 değerinin karşılaştırılması

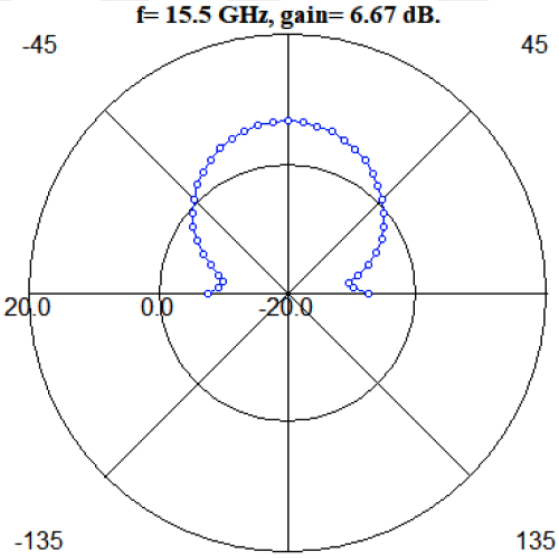
Kaynak: (Oğuz & İmeci, 2017)

Şekil 2, yazarın önceki çalışmasından alınan simüle edilmiş ve ölçülen S_{11} değeri arasındaki farkı ve ilişkiyi göstermektedir (Oğuz & İmeci, 2017). Dahası, S_{11}'in

simüle edilmiş ve ölçülen değerleri arasında her zaman farklılıklar olduğunun bir göstergesidir. Bu özel duruma göre, ölçülen S_{11} değeri yazarın hesaplama ve tahminlerinden daha iyidir; ilave olarak bu durum, RF devrelerinde herşeyin frekansla değiştiğini yani frekansa bağımlılığın açık bir kanıtıdır.

1.2.2 Kazanç ve Yönlülük

MŞYA pasif bir devre elemanı olduğu için MŞYA kazancı geleneksel amplifikatör kazancından ayrı olarak ifade edilir. Dahası, kazanç havaya veya vakuma ne kadar güç verildiğinin bir açıklamasıdır (EM dalgalar uzayda yayılabilir). RF mühendisleri MŞYA kazancını yönlülükle ilişkili olarak hesaplar; ayrıca yönlülük belirli bir yönde ışıma yoğunluğunu gösterir. RF mühendisleri MŞYA kazancını, izotropik ışıma kaynağına (var olmayan teorik noktasal ışıma kaynağı) bağımlı olarak ifade eder. Uzun mesafeli uygulamalarda, RF mühendisleri dikey polarizasyonlu yüksek kazançlı antenler kullanır. Bununla birlikte, düşük kazançlı antenler ise EM dalgaları her yönden toplayabilir, yani çok yönlüdür ve yakın mesafeli uygulamalar için uygundur.



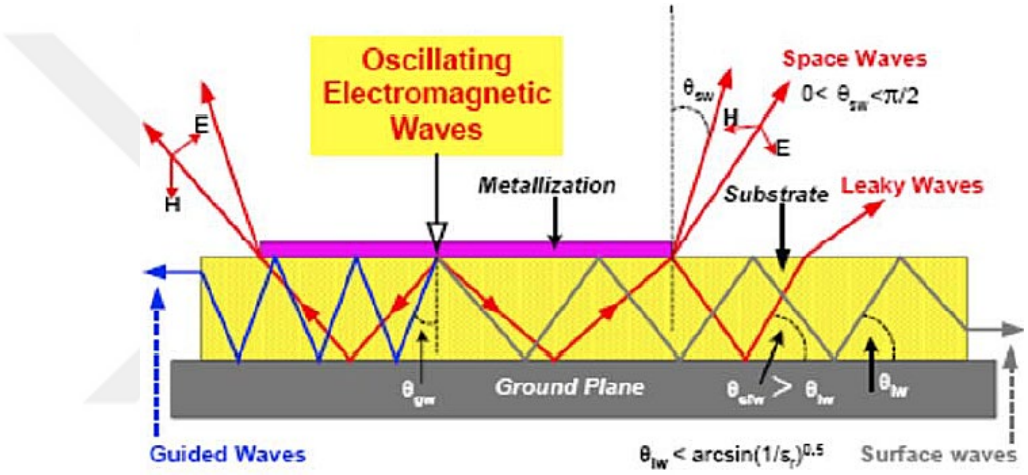
Şekil 3 MŞYA Kazancının grafiksel gösterimi

Kaynak: (Oğuz, Çankaya, Genç, İrken, & İmeci, 2018)

Şekil 3, tez yazarının önceki çalışmalarından elde ettiği simüle edilmiş kazanç grafiğini göstermektedir (Oğuz et al., 2018). Bu grafik dairesel polarizasyonlu bir mikroşerit antene örnektir. Dairesel polarizasyona sahip olmasına karşın 6.67dB kazanca sahiptir ve ters polarizasyon seviyesi ise oldukça düşüktür.

1.2.3 Durağan Dalga Voltaj Oranı ve Yüzey Dalgaları

Durağan dalga voltaj oranı, MŞYA'nın iletim hattı ile empedans eşleşmesini ve yansıyan ile duran dalgaların oranını gösteren bir başka önemli performans parametresidir. Üstelik, durağan dalgalar ise yansıyan dalgalardır ve gelen dalgalara parazit yaparlar. VSWR birimsiz bir orandır ve 1 ila pozitif sonsuz arasındaki değerleri alabilir. 1 değeri, izotropik ışıyan noktasal kaynağa aittir ve RF mühendisi, empedans uyumunu sağlamak için MŞYA'yı 1'e yakın değerler elde edecek şekilde tasarlar. Ayrıca, kabul edilmiş ve 1.3 olan eşik değeri vardır. RF mühendisleri MŞYA'nın empedans eşleşmesini bu eşiğe bakarak görür ve çoğu zaman kayıpları ihmal eder.



Şekil 4 MŞYA içerisindeki elektromanyetik dalga türleri

Kaynak: (Bhunia, 2013)

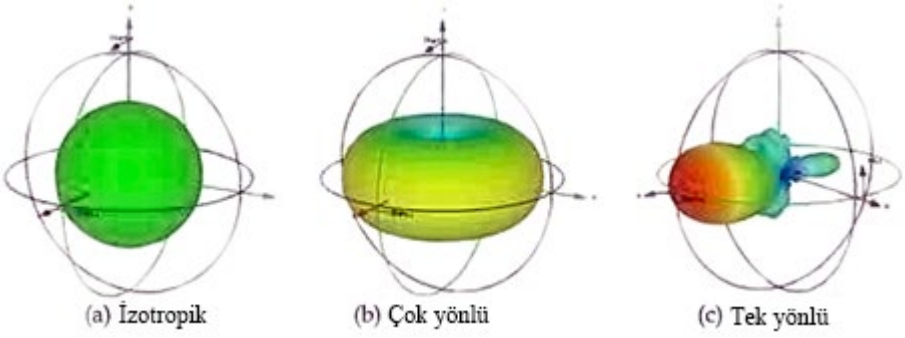
Şekil 4, MŞYA'nın içinde ve yüzeyinde yayılan tüm EM dalga bileşenlerini gösteriyor. MSPA'nın içinde yüzey dalgaları adı verilen istenmeyen EM dalgaları vardır. Yüzey dalgaları daima vardır ve ışıyan yama ile toprak arasında yayılır. Çoğu zaman, ışıyan yama ve toprak yüzey dalgalarını yansıtır. Bununla birlikte, yüzey dalgaları dizi konfigürasyonundaki MŞYA'ların ışıma paternini etkiler.

1.2.4 Bant Genişliği ve Frekans Aralıkları

Bant genişliği MŞYA'nın çalışma frekans aralığıdır. Ayrıca MŞYA, belirli bir frekans aralığında performans parametrelerini karşılar. Her MŞYA bir band genişliği içerisinde üst, orta ve alt olmak üzere ışıma frekans aralığına sahiptir. EM topluluğu veya yetkilileri tarafından bu sıklık aralıklarına büyük harfler atanmıştır. Bu bantlardan bazıları K, X ve C frekans bantlarıdır.

1.2.5 Işıma Paterni & Polarizasyon

Işıma paterni ve EM polarizasyonu ilişkili başlıklardır. Işıma paterni MŞYA'nın parmak izi gibidir yani MŞYA'yı tanımlar. RF mühendisleri ışıma paternlerini matematiksel veya grafiksel olarak ifade ederler. Polarizasyon ise bir diğer önemli faktördür. MŞYA'nın ilettiği elektromanyetik dalganın yönünü gösterir. Bu bağlamda, doğrusal polarize ve dairesel polarize MŞYA gibi tüm anten çeşitleride polarizasyonlarına göre sınıflandırılırlar (veya tek yönlü veya çok yönlü olarak adlandırılabilir).

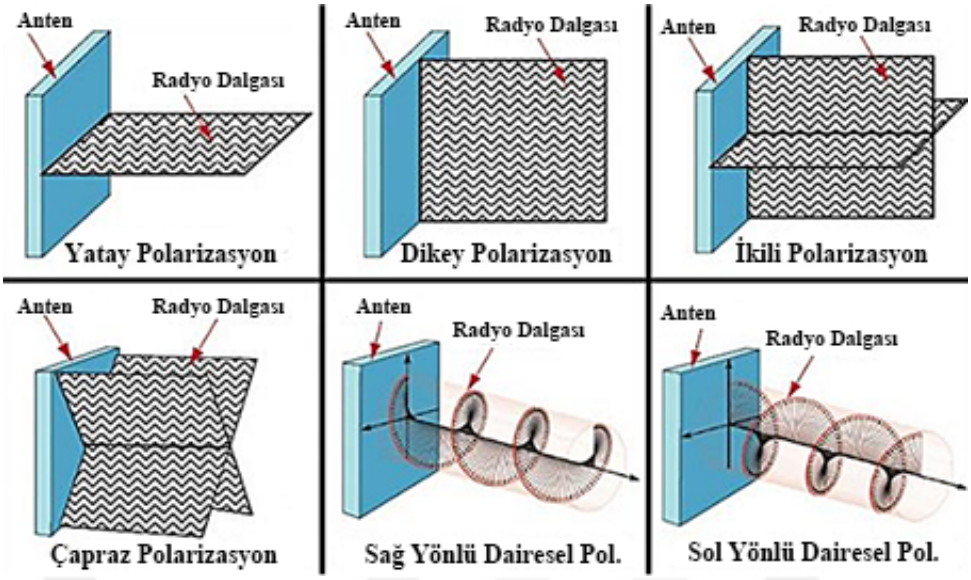


Şekil 5 3-Boyutlu ışıma paterni

Kaynak: (Pell, Sulic, Rowe, Ghorbani, & John, 2011)

Şekil 5, üç boyutlu düzlemdeki ışıma paternlerini aşağıdaki gibi özetlemektedir;

a) İzotropik ışıma paterni, uzak alana (3λ'dan daha uzun mesafe) eşit olarak yayılan ideal bir noktasal radyatör olan izotropik ışıyan kaynağa aittir. RF mühendisleri, MŞYA'nın kazancını ve yönlülüğünü ifade etmek için izotropik ışıyan kaynağı kullanır.
b) Çok yönlü radyasyon paternli MŞYA, çevresine neredeyse eşit ışıma yapar. Üstelik, izotropik kaynağa en yakın elde edilebilen ışıma paterndir.
c) Tek yönlü antenler, ışıma yönlülüğünü belirli bir yöne odaklar. Ayrıca, yüksek kazançlı uzun mesafeli uygulamalar için kullanılırlar.



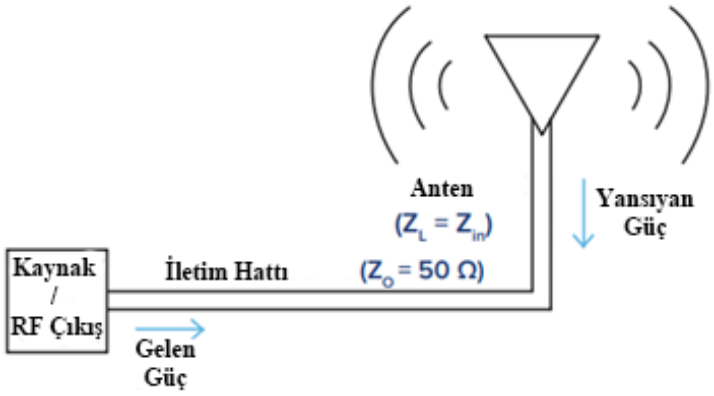
Şekil 6 Polarizasyon tipleri

Kaynak: (McNeil, 2018)

Şekil 6, EM dalga polarizasyon tiplerini özetlemektedir. Polarizasyon EM dalgasının elektrik alan bileşeninin oryantasyonudur. Elektromanyetik dalgalar manyetik alana ve elektrik alan bileşenlerine sahiptir. Bu bileşenler birbirine diktir. Ayrıca, polarizasyon, elektrik alan ve manyetik alan bileşenlerine dik bir yön vektörüdür. Dikey polarizasyonda, EM dalga MŞYA'nın ateşlemesine (ışıyan yamanın geniş kısmı veya kenar kısmından yapılan ışıma) dik ise, dikey olarak polarize edilir. Paralel ise yatay olarak polarizedir. RF mühendisleri, ışıyan yamaya ek besleme noktaları ekleyerek ve faz farkını 90 derece ayarlayarak teorik olarak ışıyan yamanın ölçüleriyle oynamadan dairesel polarizasyon oluşturabilir (US Marine Corps, 2019).

1.2.6 Empedans

Empedans tüm yüksek frekans devrelerinde önemli bir elemandır. Ohm yasası yaklaşımıyla empedansı açıkça tanımlayabiliyoruz. Bu yaklaşımla empedans, voltaj ve elektrik akımı arasındaki ilişkiyi gösterir. Empedans hem gerçek hem de karmaşık (frekansa bağlı) direnç değerine (reaktans) sahiptir. İletim hattındaki elektrik akımına karşı direnci ifade eder. Anten tasarımcısı, MŞYA'ya daha fazla güç sağlamak için MŞYA ve iletim hattı arasındaki empedans değerini eşleştirmek zorundadır.



Şekil 7 MŞYA ve RF devrelerinin empedans ilişkisi

Kaynak: (Govind, 2020)

Şekil 7, empedans eşleşmesini gösterir (maksimum güç aktarımı olayı). EM topluluğu tarafından 50ohm olarak belirlenen bir empedans seviyesi vardır. RF mühendisleri, iletim hattına uyacak şekilde 50 ohm giriş empedansına sahip MŞYA tasarlar. MŞYA iletim hattıyla eşleşirse, tüm güç kaynaktan MŞYA'ya iletilir; sonuç olarak, RF mühendisleri asgari kayıpları ihmal edebilir. Yani MŞYA'daki yansıma azdır; ayrıca, empedansı eşleşen MŞYA minimum yansıma, minimum güç kaçağına sahiptir ve verimli bir ışıma yapar.

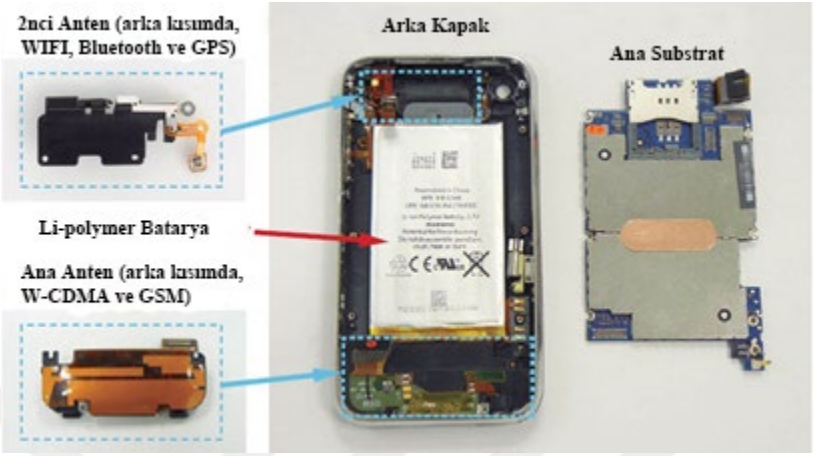
1.3 Mikroşerit Yama Antenlerin Başlıca Kullanım Alanları

Mikroşerit yama antenler günlük yaşamımızda yaygındır; kamusal ve askeri uygulamalarda kullanılırlar. MŞYA'lar, modüler yapı, hafif, dayanıklı, imalatı kolay olması ve hemen hemen her şekil ve koşulda uygulanabildiğinden diğer anten tiplerine göre önemli avantajlara sahiptir. MŞYA'ların en çok uygulandığı sivil alanlar; tıp, hücresel iletişim, hava gözetim sistemleri, RFID sistemleri, vb. sistemler (Patel, Narang, & Jain, 2013).

1.3.1 Hücresel İletişim

Son yıllarda hücresel iletişim cihazlarındaki gelişme hızla arttı. Cep telefonlarının içindeki bileşenler de dahil olmak üzere cep telefonlarının boyutları küçüldü. Hücresel cihazların bu yeni gereksinimlerini karşılamak için RF mühendisleri yeni MŞYA'lar tasarlamakta. Ayrıca, MŞYA daha etkili bir radyasyon paterni ile daha küçük bir boyut sağlar; ayrıca, MŞYA fazladan yer harcamadan birden fazla frekans bantta frekans spektrumunu destekleyecek şekilde yapılandırılabilir;

üstelik, MŞYA'yla dairesel polarizasyon sağlanabilir. Sonuç olarak, MŞYA hücresel iletişim cihazlarının boyut ve EM gereksinimlerini karşılar (Ollikainen, Kivekäs, Toropainen, & Vainikainen, 2000).



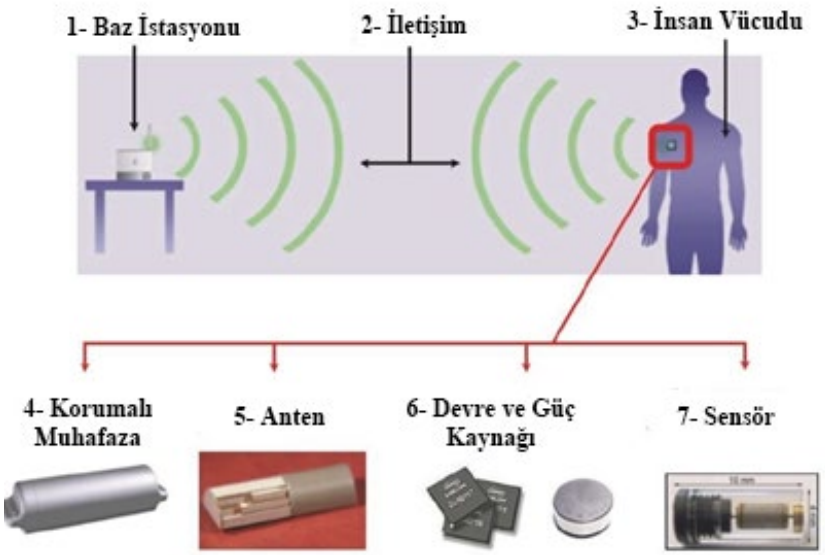
Şekil 8 Cep telefonlarındaki gömülü MŞYA'lar

Kaynak: (Nikkei Business Publications, Inc, 2008)

Şekil 8 bir akıllı telefon modelinde bulunan yama antenleri göstermektedir. Ana anten (3G-2G için) substrat üzerindedir ve alt gövdeye yerleştirilmiştir. 2'nci anten üst taraftadır ve kablosuz internet, GPS ve Bluetooth frekans bantlarında çalışır.

1.3.2 Biomedical Telemetry

Son yıllarda, Tıp doktorları hastaların hayati belirtilerini izlemek için yeni yöntemler talep ettiler. Bununla birlikte, geleneksel yöntemler hastanın hareketini sınırlamakta ve hastanın konforunu bozmaktadır. İmplante edilmiş cihazların hızla geliştirilmesi, MŞYA'nın kullanım oranını artırdı. IMD'nın elektrik ve fiziksel gereksinimlerini anten türleri arasından yalnızca MŞYA karşılayabilir (Mahalakshmi & Thenmozhi, 2014). Ayrıca, biyomedikal telemetri sistemi, bir hastanın yaşamsal bulgularını hasta konforunu bozmadan, uzaktan izleme sağladığı için yaygın olarak kullanılmaktadır (Kiourti & Nikita, 2012). Hem baz istasyonunda hem de implante edilmiş devrenin içerisinde MŞYA bulunmaktadır.



Şekil 9 Biyomedikal telemetride kullanılan implantların ağ şeması

Kaynak: (Merli, 2011)

Şekil 9 implante edilmiş biyomedikal telemetri devresinin kısımlarını sergilemektedir. Genel olarak biyomedikal telemetri sistemlerinin şeması aşağıdaki gibidir;

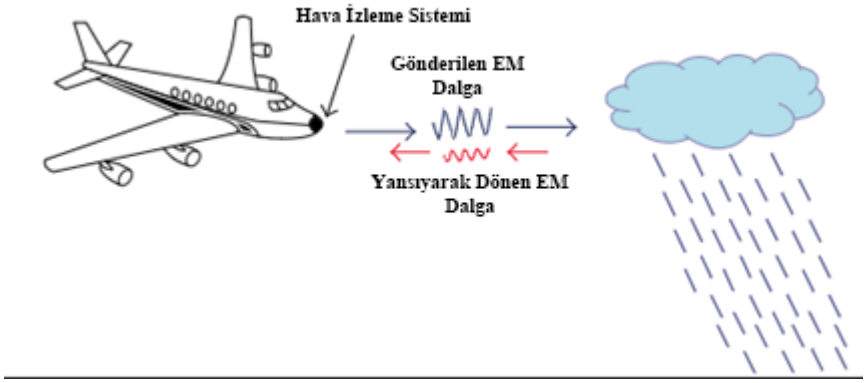
- Okuyucu tarafı: taşınabilir baz istasyonu.
- Alıcı tarafı: MŞYA içeren implante edilmiş devre.
- Okuyucu ve alıcı arasında gözle görülmeyen kablosuz bir iletişim kanalı vardır.

Baz istasyonu ve implante edilebilir cihaz kablosuz iletişim kanalı (hava veya vakum) üzerinden iletişim kurar. Baz istasyonu vücuttan veri alır ve işler. Böylece, hastanın yaşamsal durumu an be an kontrol edilir.

1.3.3 Hava İzleme Sistemleri

Günümüzde havayolları en popüler ulaşım yollarından biridir. Hava ve hava gözetim sistemleri hava araçlarının önemli birer parçasıdır. Her hava gözetleme sisteminin bir radar modülü vardır (Skolnik, 2008). Radar modülü hafif, dayanıklı bir antene ihtiyaç duyar. MŞYA hafif ve modüler bir yapıya sahip olduğundan MŞYA ilk sırada yer alır (Fayadh, Malek, Fadhil, & Wee, 2014). Radar sistemlerinde geniş bantlı MŞYA dizileri kullanılır. Ayrıca, radar sistemleri 9.3GHz ila 9.5GHz arasındaki frekansları kullanır (Labun, Kurdel, Češkovič, & Sedláčková, 2017). Modern hava araçlarında modüler hava radar sistemleri yer alır, ayrıca radar sistemi uçak

sistemlerini istenmeyen hava koşullarına, yüklü bulut, kuş sürüleri ve benzeri hava cisimlerine karşı uyarır.



Şekil 10 Hava araçları için hava durumu radarı

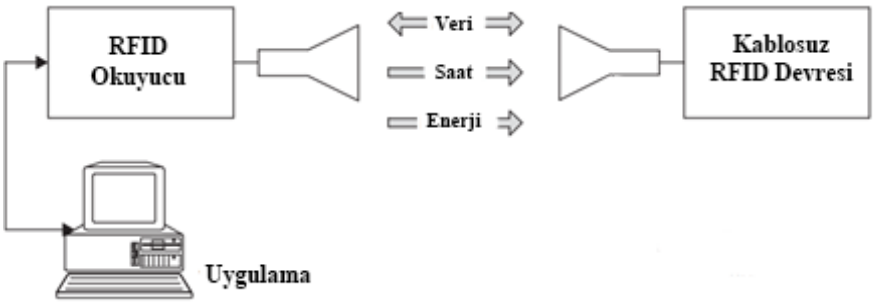
Kaynak: (Slimani, Bennani, El Alami, & Terhzaz, 2017)

Figure 10 describes the EM waves produced from the weather radar system to check out a route of aircraft to prevent possible collision to unwanted air objects or the upcoming weather movement. Furthermore, the transmitted wave hits the air object and reflects the air radar system.

1.3.4 Radyo Frekanslı Tanımlma (RFID)

2000'li yılların sonlarında, radyo frekansı tanımlama sistemlerinin kullanımı artmıştır; ayrıca, RFID sistemleri boşa harcanan zamanı azaltan zaman tasarrufu sağlayan çözümlerdir. Ödemelerde, etiketleme ve depolamada sıklıkla kullanılır (Abbak & Tekin, 2009). RFID sistemi bilgiyi sakladığından ve RFID okuyucusuna ilettiğinden. RFID çözümleri tarım, hayvancılık otomotiv, turizm, ulaşım ve depolamada da yer alır (Finkenzeller, 2010). RFID çipleri toplu taşımacılık, geçiş ücretleri, dönüş kapıları ve diğer alanlarda günlük yaşamımızda oldukça standarttır. Tüm RFID sistemleri hemen hemen aynı temelde çalışır. RFID sistemleri; aktif bir RFID okuyucu, pasif RFID devresi (çoğunlukla pasif eleman ve bir kondansatöre sahip) veya aktif RFID (ek güç kaynağı kullanan) devresinden meydana gelir.

RFID çalışma frekansları fiziksel ortama ve okuyucu ile alıcı arasındaki mesafeye göre değişir. Küçük mesafelerde (yaklaşık 25 cm) LF (düşük frekans) ve HF (yüksek frekans) frekans bantları kullanıma uygundur. Ancak, yaklaşık 2 metreden fazla uzun mesafelerde UHF (çok yüksek frekans) ve çoğu zaman C ve S-bantları kullanılmaktadır (Parkash, Kundu, & Kaur, 2012).



Şekil 11 RFID sistemlerin çalışma şeması

Kaynak: (Finkenzeller, 2010)

Şekil 11, RFID sistemlerinin çalışma şemasını özetlemektedir. Bir RFID sistemi okuyucu ve alıcı bileşenlerinden oluşur. Okuyucu, alıcıya EM dalgası gönderir. Alıcı, alınan EM dalgasından indüklenen akımı toplar. Endüklenen akım alıcıdaki kondansatörü uyarır. Alıcı bilgileri geri gönderir. Sonuç olarak, veriler şifreleme yöntemleri ile korunmaktadır.

2. TÜRKİYE'DE YAMA ANTEN ÜRETİMİ VE PROTOTİPLEMEDEKİ ZORLUKLAR

Bu bölümde başta Türkiye ve diğer gelişmekte olan ülkelerde MŞYA tasarımı ve üretimi sırasında ortaya çıkan zorluklar işlenecektir.

Günümüzde MŞYA'lar yaygın olarak kullanılan anten türlerinden biridir. Tüm Dünya'da, çalışma ve araştırma grupları mikroşerit yama antenleri üzerinde çalışmakta. Yapı bakımından hafif, dayanıklı olduğu ve kavisli yüzeylere bile yerleştirilebildiği için diğer antenlere göre daha çok tercih edilir. 2000'lerin başından itibaren RF mühendisleri mikroşerit yama antenlerin kısıtlamalarını çözmek için yeni yollar bulmaya çalışıyor. Dolayısıyla, yakın gelecekte mikroşerit yama antenler klasik döküm antenleri yakalayacak ve geçecek (Singh & Tripathi, 2011). MŞYA'lar oldukça popüler cihazlardır. Bunun yanı sıra, MŞYA'lar milli savunma da dahil olmak üzere birçok alanda kullanılmıştır. Uydu antenleri, tıp, telekomünikasyon, kozmoloji, toplu taşıma, havacılık, uçak savunma sistemleri ve elektronik harp ve benzeri kategoriler olmak üzere birçok farklı alanda MŞYA'lar kullanılmaktadır.

Son yıllarda, döviz kurlarındaki dalgalanma ve parasal daralma gelişmekte olan ülkelerde anten tasarımı ve üretiminde büyük sorunlara neden olmuştur. Bu durum küçük ölçekli işletmeleri ve çoğunlukla öğrencilerin oluşturduğu düşük bütçeli araştırma gruplarını etkiledi. Bir bütün olarak, MŞYA tasarımı dielektrik substratın seçimi ile başlar ve dielektrik substratın üzerine inşa edilir. İç pazarda yüksek kaliteli dielektrik substratların bulunamaması bu durumun ana sebeplerinden biridir.

MŞYA'nın tasarımında ve üretiminde çeşitli zorluklar vardır. Kompakt, yüksek kazançlı bir MŞYA tasarlamak ve geniş bant frekans aralığını sağlamak oldukça meşakkatli bir iştir. MŞYA'nın belli başlı kısıtlamaları arasında verimsiz ışıma, düşük kazanç, sınırlı bant genişliği bulunur. Bu dezavantajların üstesinden gelmek için RF mühendisleri düşük dielektrik sabite sahip dielektrik substratları seçer. Düşük dielektrik sabitli dielektrik substratlar radyasyon verimliliğini, MŞYA kazancını ve yönlülüğünü arttırır. Üstelik, düşük dielektrik sabitine sahip yüksek kaliteli dielektrik substratlar, yüksek dielektrik sabitli dielektrik substratlara göre az bulunur ve oldukça

pahalıdır. Yüksek dielektrik sabitli dielektrik substratlar ise ucuz ve yaygındır. Yüksek dielektrik sabite sahip dielektrik substratlar kazancı ve yönlülüğü düşürür fakat bant genişliğini artırır (Paul et al., 2015). Düşük bant genişliği sorununun üstesinden gelmek için RF mühendisi optimizasyon tekniklerini uygular. Yakından kuplaj, açıklıklı kuplaj gibi çok katmanlı besleme yöntemleri MŞYA'nın bant genişliğini arttırır. Çok katmanlı besleme yöntemleri uygulayarak tasarımcı, MŞYA'nın yapısına yüksek dielektrik sabite sahip bir substrat ekler. Sonuç olarak, yüksek dielektrik sabite sahip besleme kısmı MŞYA'nın bant genişliğini arttırır (Garg & Goen, 2014).

2.1 Literatür Taraması ve Çalışmanın Temeli

Bu çalışmada, MŞYA'ların üretimi ve prototipleme sürecinde Türkiye'nin karşılaştığı zorluklar işlenmektedir. Çalışmanın temeli, tez yazarının geçmiş yıllarda yaptığı (Oğuz & İmeci, 2017) ve (Oğuz vd., 2018) çalışmalarından elde ettiği deneyime dayanmaktadır. Devam eden süreçte, literatür taramaları devam etmiştir. Literatür taramaları boyunca (Kandil, Berument, & Dincer, 2007), (Alotaibi, 2016), (Hacıköylü, 2015), (Kandil & Dinçer, 2008), (Shah, Rajgure, & Tandalekar, 2016) ve diğer çalışmalar tez yazarı tarafından incelenmiştir. Bunun ışığında, Türkiye'de istenmeyen döviz kuru dalgalanması, vergi ve finansal yükümlülüklerin ithalata ve dış ticarete etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, Türkiye'de MŞYA üretimi ve prototipleme sürecini etkileyen faktörler ortaya çıkarılmıştır.

2.2 Mikroşerit Yama Antenler Yayınları Üzerine Araştırma

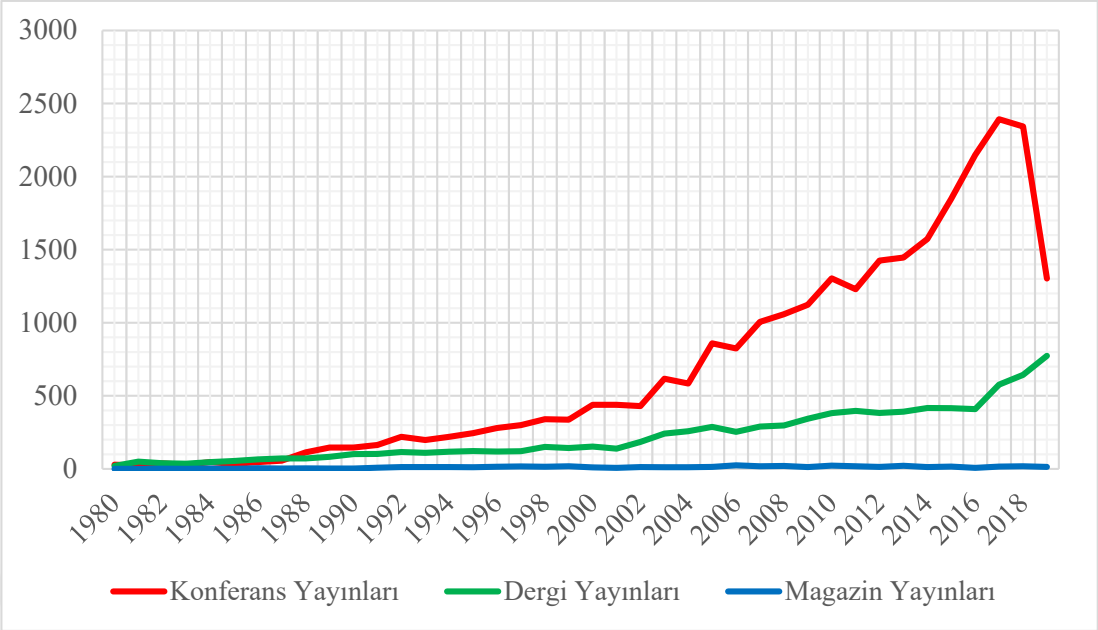
Telekomünikasyon sistemleri günlük hayatımızın olmazsa olmazları arasındadır. Günlük yaşamda, cep telefonları yaygın olarak kullanılmaktadır ve telekomünikasyon sistemlerinin önemli birer parçasıdır. Cep telefonlarının insanlığa bir çok faydası vardır. Günlük işleri yapmada kolaylık sağlarlar en önemlisi ise insanlar arasındaki mesafeleri kısaltarak birer köprü görevi görürler (Sk, Js, & J., 2019). MŞYA'lar epeyce tercih edilir olmuştur; bunun en önemli nedeni ise MŞYA'nın her koşula göre tasarlanabilmesidir. Ek olarak, yama antenleri çok dayanıklıdır. Diğer anten türlerine göre daha çabuk ve düşük maliyetlilerdir. Birçok alanda yaygın olarak kullanıldıklarından, bu antenler üzerindeki çalışmalar ve geliştirmeler artmıştır. Üniversiteler, araştırma grupları, RF laboratuvarları, küçük ölçekli işletmeler ve büyük ölçekli şirketlere bağlı üretim tesislerinde tasarlanmakta

ve üretilmektelerdir. Dolayısıyla, MŞYA prototiplemesinde gerekli olan RF substratları üreten ve geliştiren şirketler vardır. Bu şirketler araştırma ve geliştirme süreçlerini yöneterek, farklı amaçlar için kullanılacak MŞYA için yüksek kalitede RF materyalleri geliştirirler. Çoğu ABD merkezli olan bu şirketlerden bazıları Rogers Corp, Taconic ve Arlon EMD'dir.

2.2.1 Mikroşerit Yama Antenler Yayınları Üzerine Araştırma

Son yıllarda, MŞYA'lar RF alanında oldukça yaygın olarak kullanılan bir anten çeşididir. MŞYA'lar birçok alanda kullanılmaktadır. Sivil uygulamalarda, hücresel iletişim, gözetim sistemleri, tıp, toplu taşıma, kimlik etiketleri ve çok daha fazla alanda yer alırlar. Askeri uygulamalarda ise radar sistemleri, füze sistemleri, uçak, kara taşıtları vb. sistemlerde bulunmaktadırlar. Dolayısıyla, MŞYA'lar doğaları gereği klasik PCB üretim teknikleri ile üretilebildiklerinden ve her yüzeye ve şarta uygulanabildiklerinden dolayı bu sistemlerde sıklıkla kullanılırlar. George Deschamps 50'li yıllarda MŞYA fikrini ortaya atan ilk kişidir. Beraberinde gelen süreçte, MŞYA'lar, Gutton & Baissinot tarafından patentlendi; 70'li yıllara kadar, dielektrik substratların yetersizliği nedeniyle kayda değer bir MŞYA prototipi üretilemedi. 70'lere gelindiğinde Munson ve Howell tarafından ilk prototip üretilmiştir. 80'lerde, Dünya kişisel bilgisayarların altın çağına girdi. Bu altın çağ, MŞYA'nın gelişimini hızlandırmıştır (Balanis, 1996). Bu zaman çizelgesi içersinde gerçekleşen ana olaylardan kısaca bahsetmek gerekir,

- 1981'de RF mühendisleri, MŞYA'ların ileri analizi için momentler methodu, sonlu elemanlar yöntemi ve sayısal analiz yöntemlerini üzerinde çalıştılar. Dahası, RF mühendisleri MŞYA analiz modellerini yani kavite ve iletim hattı modellerinide çalıştılar. (Carver & Mink, 1981).
- 1986'da RF mühendisleri, MŞYA'ların düşük olan bant genişliğini artırmak için çalıştılar ve açıklıklı kuplaj besleme tekniğini mikroşerit antenlere uyguladılar; böylece bant genişliğini %50'nin üzerine çıkarmayı başardılar (Sullivan & Schaubert, 1986).
- 1991'de RF mühendisleri, MŞYA'nın ışıma paterni, empedans uyumu gibi performans parametrelerini ifade etmek için yeni matematiksel ifadeler buldular (Bhattacharyya, Shafai, & Gary, 1991).



Şekil 12 1980-2018 yılları arasında IEEE Xplore® Digital Library'de indekslenen MŞYA çalışmaları

Kaynak: (IEEE, 2019)

Şekil 12'de görülebileceği gibi, (IEEE, 2019) verilerine göre, 1980'lerden bu yana MŞYA araştırmalarında ve çalışmalarında büyük bir artış olmuştur. 80'li yıllarda kişisel bilgisayarların altın çağı dielektrik substrat (çift taraflı lamine) gelişimini hızlandırdı. Yeni iletişim yöntemlerinin frekans gereksiniminlerini karşılamak için MŞYA'lara yeni geliştirilmiş dielektrik substratlar uygulandı. Ayrıca, bu gelişmeler MŞYA'ların maliyetini de düşürdü (Pedroza, Zuñiga, & Aguilar, 2010). Bu anlamda, bu yükseliş, yüksek kaliteli dielektrik substratların gelişmesine paralel olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca, telekomünikasyon ve uydu iletişim sistemlerinin hızla ilerlemesi anten çalışmalarını daha da hızlandırmıştır. (Patel, Narang, & Jain, 2013)'dede bahseldiği gibi, PCB üretim tekniklerinin ilerlemesi ve taşınabilir cihazların artması, RF devrelerinin daha ucuz üretilmesi ihtiyacını doğurmuştur. 1980'lerde bilgisayarlaşmanın artmasıyla MŞYA tasarımını hızlandı ve modelleme ve simülasyon süreci kolaylaştı. Sonuç olarak, araştırmacılar MŞYA'ların bant genişliğini artırmak, kayıplarını azaltmak ve verimliliğini artırmak için yeni teknikler ve yaklaşımlar üzerinde çalıştılar.

2.3 Türkiye'de Döviz Dalgalanmasının Anten Tasarımı ve Prototipleme Üzerine Etkisi

Döviz kuru, iki ayrı para biriminin birbirine oranıdır. Gelişmekte olan ülkelerde döviz kurundaki beklenmeyen değişimlerin etkilerini izlemek çok önemlidir. Ayrıca, döviz kurundaki beklenmedik değişimler, ithalata bağımlı gelişmekte olan şirketlerde iş süreci ve endüstriyel politikaları doğrudan etkilemektedir (Kandil, Berument, & Dincer, 2007). İstenmeyen döviz kuru dalgalanması, gelişmekte olan ülkelerdeki ithalatı azalttığı için dış ticaret açığını artırmaktadır (Duasa, 2009). Bu bağlamda, bu durum MŞYA'ların proje bütçeleme, araştırma, tasarım ve prototipleme sürecini etkilemektedir.

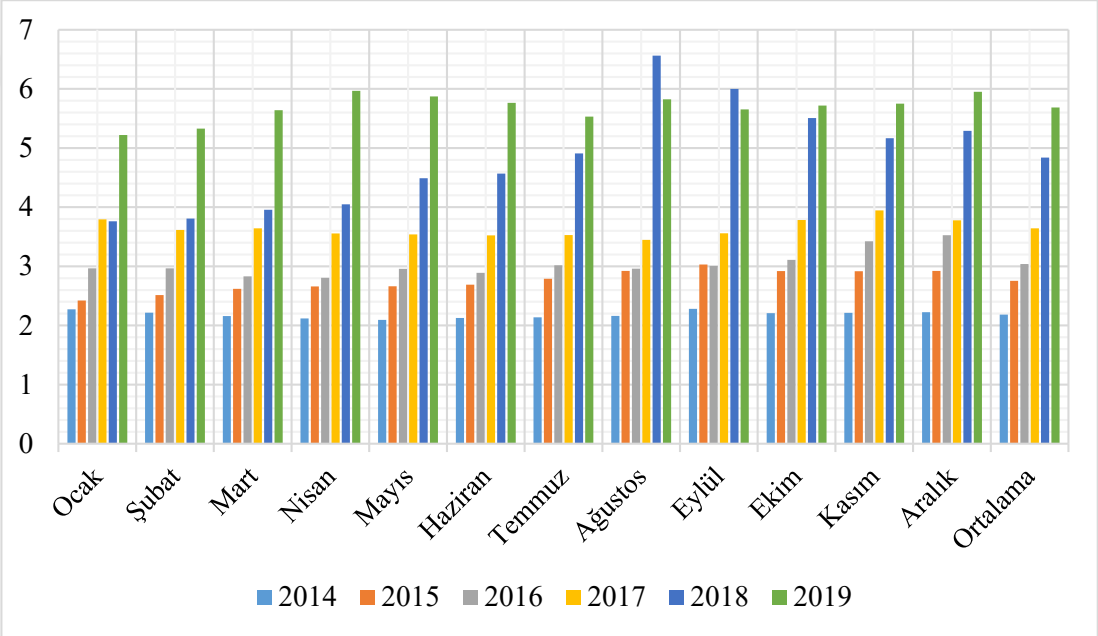
MŞYA tasarım ve prototiplemesindeki ana unsur çift taraflı laminattır (dielektrik substrat). Ancak, yüksek kaliteli, düşük dielektrik sabite sahip substratlar Türkiye iç piyasasında mevcut değildir. İthalat tek seçenektir. Döviz kurundaki beklenmedik değişiklikler, ithalat ve ihracat arasındaki dengeyi olumsuz yönde etkileyerek iç pazardaki ürünlerin fiyatlarını artırmaktadır (Alotaibi, 2016). Üstelik, yüksek kalitedeki dielektrik substratlar çoğunlukla ABD merkezli şirketler tarafından geliştirilmektedir. Bu durum Türkiye'deki MŞYA prototipleme ve üretim sürecini olumsuz yönde etkilemektedir.

Döviz kurundaki istenmeyen dalgalanmalar MŞYA baskı işlemini de etkiler. Genellikle, MŞYA'lar PCB baskı teknikleri kullanılarak üretilir. PCB freze makinelerinin operasyon uçları anten baskı işleminde hızla aşınır. Uç başlıklarının periyodik olarak yenilenmesi gerekir. Bu uçlar iç pazarda bulunmadığından, tedarikçiler aracılığıyla ithal edilirler. Bu durum maliyeti çokça etkilemektedir. Dolayısıyla, döviz kurundaki istenmeyen dalgalanmaların neden olduğu bu olumsuz etkiler araştırmacıları, RF laboratuvarlarını ve üniversitelerdeki öğrencileri olumsuz etkilemektedir. MŞYA'lara olan ilgideki artış bölüm 2.2.1'de belirtilmiştir. Sonuç olarak, döviz kurundaki istenmeyen dalgalanmalar Türkiye'nin bu trende uyumunu yavaşlatmaktadır.

2.3.1 Döviz Dalgalanmasının Dış Ticarete Etkileri

Dış ticaret, ekonomide en çok tartışılan konulardan biridir. Dış ticareti etkileyen birçok faktör ekonomistlerin dikkatini çekmiştir. Bu faktörlerden biri de

yabancı para birimlerinde gerçekleşen istenmeyen dalgalanmadır. Ekonomistler, dövizdeki istenmeyen dalgalanmanın dış ticarete etkilerini kapsamlı bir şekilde tartışmaktalar. Literatürde, döviz kurundaki dalgalanmanın dış ticaret üzerindeki etkilerini pek çok çalışma yer almaktadır ve yöntemsel ve ampirik çalışmalar mevcuttur. Ancak, bu konuda kesin bir kanı bulunmamaktadır. Bazı çalışmalara göre döviz kurundaki artış ithalatı düşürmekte; bazı çalışmalarda ise tam tersi yaklaşımlar mevcut (Arize & Shwiff, 2010). Bu bağlamda, bu bölümde dövizdeki dalgalanmanın mevcut süreçte ithalata bağımlı olan mikroşerit yama anten üretimi üzerindeki etkileri incelenecektir.

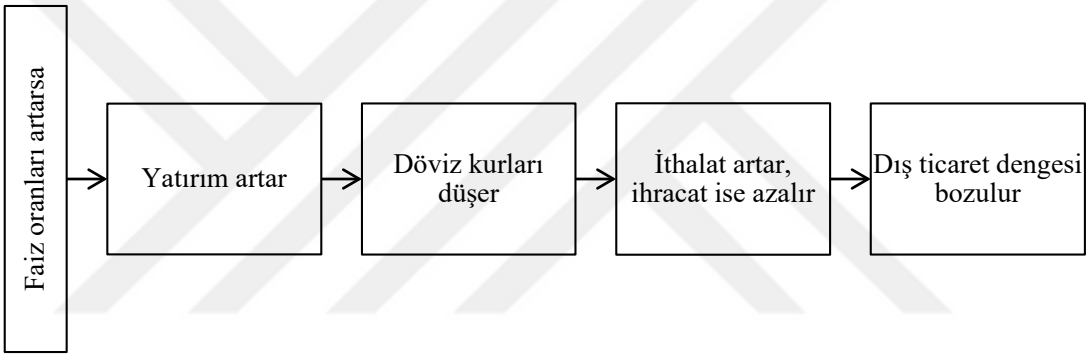


Şekil 13 2014-2019 yılları arasında USD/TRY döviz kuru oranları

Kaynak: (T. C. Merkez Bankası, 2020)

Şekil 13, 2014-2019 yılları arasında USD/TRY döviz oranının bir özetini göstermektedir. Şekil 13'teki veriler, her ayın son günü döviz kuruna dayanmaktadır. Fark edileceği üzere, dalgalanma Mayıs 2018'den bu yana gerçekleşmektedir. Genel ortalamada görüldüğü gibi, artış stabil bir şekilde devam ediyor. Bu durum, Şekil 12'de gösterilen, MŞYA'lara artan ilgi ile bağlantılıdır. Bu yükseliş MŞYA'lara olan ilginin artmasıyla ters orantılıdır. Bu durum, Türkiye ve diğer gelişmekte olan ülkeler için dezavantajın somut bir göstergesidir. Bu araştırmada, real döviz kuru dahil edilmemiştir çünkü yüksek kaliteli çift taraflı laminelerin yerli varyantı yerli sanayide mevcut değildir.

Literatürde faiz oranlarının ithalat ve ihracatla ilişkisini ortaya koyan sayısız çalışma bulunmaktadır; bu unsurlar dış ticaretinde konusudur. Bununla birlikte, literatürde faiz oranlarının döviz kurunu etkilediğini belirten çalışmalarda bulunmaktadır. Bu bağlamda, döviz kurunu etkileyen bu şartlar, diğer alanlarda olduğu gibi MŞYA endüstrisinide etkilemektedir. Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi, döviz kurlarının dış ticaret üzerindeki etkileri ekonomide önemli bir konudur. Dış ticaret açığını analiz etmek içinde döviz kurları kullanılmaktadır (Kutlu, 2013). Dış ticaret ve döviz kuru oranları birbirine bağımlıdır (Alkan, 2018). 80'lerde Türkiye açık ekonomik modele geçti. Buna bağlı olarak, dış ticaret açığı 80'lerden itibaren yükselmeye başlamış ve günümüzdede devam etmektedir. Türkiye ekonomisindeki temel zorluklardan biridir.



Şekil 14 Faiz artışının döviz kuru ve dış ticaret üzerindeki etkileri

Kaynak: (Uslu, 2018)

Şekil 14'te grafiksel olarak sunulduğu üzere, ülkelerin uyguladığı katı finansal politikalar nedeniyle büyüyen faiz oranları, gelişmekte olan ülkelere daha fazla yatırımı aktarabilir, yabancı para miktarındaki büyümeye ve döviz kurlarındaki azalmaya neden olabilir. Yurtiçi malların istenmeyen döviz kuru dalgalanmalarına karşı fiyatlandırmasındaki değişim, dış ticareti analiz etmek için kullanılır (Göçer & Elmas, 2013). Sonuç olarak, gelişmekte olan ülkelerin ihracatı düşer, ithalattı artar ve dış ticaret dengesinin olumsuz şekilde etkilenir. Bu durum ana unsuru dielektrik substrat olan MŞYA endüstrisini doğrudan etkilemektedir. İstenmeyen döviz kuru dalgalanması, Türkiye'deki dış ticaret açığını etkilemektedir. Sonuç olarak, döviz kuru ve faiz oranları finansal gözlem yaparken sıklıkla kullanılır.

Enflasyon, bu konuyla bağlantılı başka bir durumdur. Ayrıca, enflasyon ve dış ticaret açığı birbirine bağlı konulardır ve literatürde, pek çok çalışmada işlenmiştir.

Geçiş-etkisi, döviz kuru ile fiyat artışları arasındaki bağlantıyı inceler. Üstelik, döviz kurundaki dalgalanmaların yerli malların fiyatları üzerindeki etkilerini meydana çıkarır (Goldberg & Knetter, 1997). İstenmeyen döviz kuru dalgalanmasının fiyat artışlarına etkisini gösterir.

Döviz kurundaki dalgalanma, yerli malın fiyatlarınıda etkilemektedir. Ayrıca, döviz kurundaki artışlar ithalatı düşüreceğinden yerli malın imalat maliyetinide artırır (Kiptui, Ndolo, & Kaminchia, 2005). Bu bağlamda, üretimin ithalata bağımlı oluşu yerli malın fiyat artışını hızlandırır (T. C. Merkez Bankası, 2017). Döviz kurundaki dalgalanma, ithal edilen malında fiyatlarını arttırır. Tersine durumda ise ihracat artarsa yerli malın fiyatı düşer. Yerli malın fiyatları artmaya devam ederse buna bağlı olarak ithal malında fiyatları artacaktır.

Geçiş-etkisi, birçok farklı koşulda zaman zaman değişebilen dinamik bir konudur. Bu durumun neden olduğu tüm kötü sonuçlar, tüm endüstrisi ithal mala dayanan ülkelerde yıkıcı olarak gerçekleşir (Kaygısız, 2018).

2.3.2 Dielektrik Substrat Pazar ve Endüstri Analizi

Endüstriyel ülkelerde uzun yıllardır tasarımcılar ve üreticiler dielektrik substratları uygun fiyatlarla üretmek için birlikte çalışıyorlar. Buna rağmen (Santhanam, 1999) 'da işlendiği gibi, maliyetleri düşürecek sonuçlar halen elde edilememiştir. Durum böyle olsa da, bu mesele gelişmekte olan ülkeleri daha fazla etkilemektedir. Yüksek kaliteli dielektrik substratlar yalnızca ithalat yoluyla elde edilebilir; bu nedenle maliyetleri çok yüksektir.

Önceki bölümlerde döviz kuru, fiyat artışındaki değişim ve geçiş-etkisi işlenmiştir. İthalata etki eden başka faktörlerde vardır. Bunlar ithalat yaparken karşılaşılan vergi ve finansal yükümlülüklerdir. İthalattaki vergi kalemleri, dielektrik substratın ithalatına büyük ölçüde ket vurmaktadır çünkü ithalatta 15'ten fazla vergi unsuru bulunmakta. Bu vergi unsurları: gümrük vergisi, katma değer vergisi, özel tüketim vergisi, damga vergisi, anti-damping vergisi, bandrol ücreti, ithalat ile ilgili dengeleme ücretleri, ek mali yükümlülükler, konut geliştirme fonu, kaynak kullanım destek fonu ve çevresel katkı payı (Hacıköylü, 2015). Vergiler ise dinamik bir şekilde dönem ve şarta göre sürekli değişkenlik göstermektedir.

Bu durum göz önüne alındığında, yüksek kaliteli dielektrik substratların ithal edilmesinin, yama anten tasarımı ve prototipleme projelerinde büyük bir finansal stres olduğu ortaya çıkıyor. Substrat tedarikçilerini substrat fiyatlarını dinamik bir şekilde değiştirmektedir. Bu durumun ana nedeni, dielektrik substrat stoklarının sınırlı olmasıdır. Üreticiler dielektrik substrat stoğunu pazardaki talebe göre belirler. Tez yazarı, (Oğuz ve İmeci, 2017)'deki çalışmasında yüksek kaliteli bir R/T Duroid 6002 dielektrik substratı kullanmıştır. Dielektrik substrat yaklaşık olarak A4 sayfa boyutundadır ve $100 karşılığında satın alınmıştır. Satın alınan substrat 5 farklı MŞYA'nın prototipinde kullanılmıştır.

Tablo 3 Yüksek kaliteli RF substratlarının fiyat karşılaştırması

Substratın Adı	Dielektrik sabiti	Boyutlar	Kalınlık	Fiyat
Rogers Corp RT/duroid 5870	2.33	202 x 228mm	0.254mm	$73.09
Taconic TLX-9	2.5	305 x 457mm	0.760mm	$109.25
Rogers Corp CuClad 217	2.17	228 x 305mm	0.380mm	$95.38

Kaynak: (R.F. Elettronica, 2020)

Tablo 3' de gösterilen fiyatlar (R.F. Elettronica, 2020)'dan alınmıştır. Tabloda gösterildiği üzere, yüksek kaliteli dielektrik substratlar oldukça pahalıdır. Daha önce 2.2.1'de tartışıldığı gibi, istenmeyen döviz kuru dalgalanmasının MŞYA tasarımı ve prototiplemesi üzerindeki olumsuz etkisi ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca, dielektrik substratların ithalatının, döviz kurundaki dalgalanmanın neden olduğu fiyat artışından etkilendiği gözlenmiştir. Bu durum, Türkiye dahil olmak üzere diğer gelişmekte olan ülkelerde proje maliyetlerinde bir artış göstermektedir.

2.3.3 Tedarikçiler

Önceki bölümlerde ele alındığı gibi, mikroşerit yama anteni belirli radyo frekanslarında tasarlarken esas nokta, mikroşerit yama antenlerinin performansını etkileyen dielektrik substrat seçimidir. Ayrıca, substrat MŞYA'nın üretiminde dielektrik substrat temel olarak kullanılır ve dielektrik substratın karakteri mikroşerit anten performansında önemli bir rol oynar. Dielektrik substrat, MŞYA'nın omurgasıdır. Dielektrik sabit ve fiziksel kalınlık gibi birçok özellik, MŞYA'nın performans parametrelerini direkt olarak etkiler.

Genellikle, mikroşerit yama antenleri için üst seviye dielektrik substratlar kullanılır. Bu dielektrik substratların fiyatı, rahatlıkla yerli pazarda bulunan FR4 epoksi substratından çok daha yüksektir. Üst seviye dielektrik substratların üretimi ve temini, köklü şirketler tarafından gerçekleştirilir. Bu köklü şirketlerin (60 yıldan fazla aktif) büyük çoğunluğu ABD merkezli şirketlerdir. Bu nedenle, dielektrik substratlar bu şirketler aracılığıyla tedarik edilebilir; ayrıca tedarikçilerin sağlayabileceği bir kota/sınır vardır. Bu duruma ithalattaki finansal yükümlülükler ve istenmeyen döviz kuru dalgalanmaları eklendiğinde, Türkiye'deki MŞYA üretimi ve prototiple çalışmaları olumsuz olarak etkilenmektedir.

Tablo 4 Yüksek kaliteli dielektrik substrat sağlayıcıları ve ürünlerinin listesi

Tedarikçiler	Üst seviye dielektrik substratlar
Arlon	FoamClad 100, DiClad series, CuClad series, IsoClad series, 25N, 25FR, AD Series, AR Series, CLTE, CLTE-LC, CLTE-XT, PIM Laminates, MultiClad HF Series
CLP Industries Ltd	MW laminates
GE	GETEK, GETEK II
Hitachi	MCL-LX-67F
Krempel	Akaflex, PCL, KCL, GHE
Isola Group	Astra™, IS680, Gigaver 210/410
Neltec	NL9000, N9000 Laminate system, NY, NX Series, NH Series, N4000-13 Series, N9000-13 RF, NH9450, N9350 Series
Polyflon	Norclad, Polyguide, CuFlon
Rogers Corporation	RO3000 series, RO3200 series, RO4000 series, RO4500 series, RO4500™, RO4730™, LoPro™, Ultralam 2000, 5000, 6000, TMM , RO3730, RO4360™ HF Laminates, SYRON 7100
Sheldahl	ComClad HF
Taconic	TLX series, TLC series, TSM-30, TLY series, TLP series, TLE series, TacLam series, RF-30, RF-35, TLF-35 & TLF-34, TRF-41 & TRF-43 & TRF-45 series

Kaynak: (Trackwise Designs Ltd, 2013)

Tablo 4, üst seviye dielektrik substrat tedarikçileri ve ürünlerinin listesini göstermektedir. Üst dereceli substratların ortak faydaları aşağıda verilmiştir;

- Çeşitli mikrodalga uygulamalarının gerekliliklerinin yerine getirmesi.
- Değişmeyen kalınlık, hassas dielektrik sabit ve tüm tabaka boyunca eşit dağılım.
- Düşük nem iletimi faz vefrekans kaymasını en aza indirir.
- Devre tasarımını basitleştiren ve devre performansını optimize eden termal olarak kararlı dielektrik sabiti. (Malzeme ve imalat maliyetlerini azaltır).
- Kurşunsuz, lehim dostu, yangın geciktirici ve halojen çermeyen yeşil laminatlar.

Bu köklü tedarikçilerin çoğunluğu 60 yıldan uzun bir süredir faaliyet göstermektedir. Bununla birlikte, 80'lerden beri, dielektrik substrat alanındaki gelişmeler artmıştır.

2.4 Mikroşerit Yama Anten Prototipleme Süreci

MŞYA genellikle dielektrik substratlar temel alınarak üretilir. Yama anten üretiminde en yaygın olarak kullanılan yöntem (Oğuz ve İmeci, 2017) ve (Oğuz vd., 2018) prototipleme sürecinde kullanılan freze yöntemidir.

Dielektrik substrat seçimi, yama anten tasarımında çok önemlidir. Substratın dielektrik sabiti, kalınlığı, kayıpları ve dayanıklılığı önemlidir. Seçilecek dielektrik substrat, antenin uygulama alanı ve spesifikasyonuna göre belirlenir. Düşük dielektrik sabiti olan üst seviyei dielektrik substratlar ışıma verimliliğini, MŞYA kazancını ve yönlülüğü arttırır ve kayıpları azaltır (Dhanawade, Admuthe, & Dhanawade, 2019). Bununla birlikte, RF mühendisleri, üst seviye antenlerin bant genişliği sınırlamalarının üstesinden gelmek için benzersiz yöntemler kullanmalıdır (Louzir, Minard, & Pintos, 2010). RF mühendisi çoğu zaman ters orantılı olan MSPA kazancı ve bant genişliği arasındaki dengeyi korumaya çalışır (Roy, Môm, & Kureve, 2013).

Freze makinesi tüm baskı işlemini bağımsız olarak yapabilir. Freze ve kesme, tek bir freze makinesinde yapılır. Freze yöntemini kimyasal üretim yönteminden ayıran en önemli özellik, tehlikeli kimyasalların olmamasıdır. Frezeleme işlemi herhangi bir kapalı alanda tamamlanabilir. Ayrıca, freze makinesiyle prototip oluştururken ıslak işlemde gerekmemektedir.



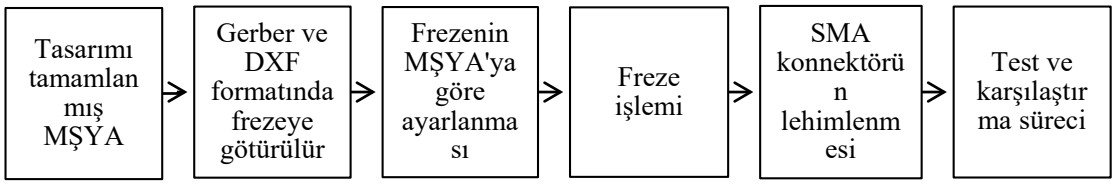
Şekil 15 Üst düzey bir freze makinesi

Kaynak: (LPKF Laser & Electronics AG, 2020)

Şekil 15'te üst düzey bir freze makinesi gösterilmektedir. Yüzeyler freze makinesi kullanılarak hassas ve güvenilir bir şekilde işlenir. Ayrıca, freze makinesi PCB ve RF devreleri üretebilen çok amaçlı bir cihazdır (LPKF Laser & Electronics AG, 2020).

2.4.1 Mikroşerit Yama Anten Üretiminin İş Akışı

In this part, the author briefly summarizes the MSPA production, prototyping and testing phase of MSPAs. Generally MSPA produced by using conventional PCB methods because chemical abrasion methods consumes more time (Nasimuddin, 2011). The production process is started immediately after the antenna design process is over. Furthermore, production process begins with the provision of the substrate and concludes with the testing process.



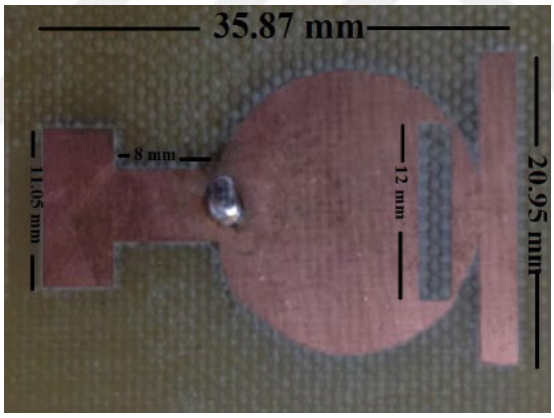
Şekil 16 Freze makinesi ile koaksiyel beslemeli MŞYA'nın üretim aşamaları

Şekil 16, üretim sürecini özetlemektedir. Üretime başlamadan önce antenin tasarımı anten tasarım programından DXF veya Gerber dosyası olarak alınmalıdır. Ayrıca, bu dosya freze makinesine bir girdi olarak girilir. Daha sonra tasarım, bir bilgisayar programı yardımıyla dielektrik substrata göre uyarlanır. Dielektrik substratı verimli kullanmak önemlidir. Since more than one antenna can be placed on a substrate. Furthermore, the layout is placed in the most suitable part of the substrate. Çünkü dielektrik substrat üzerine birden fazla MŞYA yerleştirilebilir. Ayrıca yerleşim, dielektrik substratın en uygun kısmına yerleştirilir. Sınırlar belirlenmelidir. Dielektrik

substratın bir tarafı freze makinesinin ayarlanmasından sonra işlenmeye başlar. Tasarıma bağlı olarak, dielektrik substratın diğer tarafı işlenebilir.

Süreç boyunca, modern freze makineleri çalışma nozullarını otomatik olarak ayarlar. Çalışma nozulları 100.000 RPM ile dönebilir. Ayrıca, freze makinesi ile kesimde yapılır. Modern freze makinelerinin çoğunda freze işlemini izleyen bir kamera sistemi bulunur. Eşzamanlı olarak freze işlemi, programın arayüzü kullanılarak izlenebilir.

MSPA, üretim bittikten sonra kontrol edilir. Gerekirse, beğenilmeyen pürüzler düzeltilir ve hafifçe zımparalanır. Kontrolden sonra, koaksiyel SMA konnektörü antene lehimlenir. Ardından, MŞYA test ve ölçüm işlemi başlar. RF mühendisi MŞYA'yı VNA'ya bağlar. S_{11} ve VSWR değerlerini ölçer. Tatmin edici ölçüm sonuçları elde edilirse. RF mühendisi MŞYA kazanç, yönlülük ve ışıma patern ölçümüne geçer.



Şekil 17 Üretimden sonraki bir MŞYA

Kaynak: (Oğuz vd., 2018)

Şekil 17 üretimi tamamlanmış, lehimlenmiş ve teste hazır bir MŞYA örneğini göstermektedir. Resimden anlaşılacağı üzerine MŞYA'lar oldukça küçük boyutlu yapıdadırlar fakat küçük yapıda olmalarına karşın dizi formatına getirildiklerinde diğer anten tiplerine göre oldukça avantaj sağlarlar. Uydu haberleşmede sistemlerinde bile dizi halinde bulunmaları dolayısıyla çokça tercih edilmektedirler.

2.4.2 Ölçüm ve Test Aşamaları

Bu bölümde konu kısaca açıklanacaktır. MŞYA üretim işleminden sonra, MŞYA ölçüm işlemi, S_{11} ve WSWR (saçılma parametreleri) ölçümleriyle başlar. İlk olarak, RF mühendisi yansıma ve VSWR köprüsü yardımıyla MŞYA'yı VNA'ya bağlar. Ölçüm sonuçları gereksinimleri karşılıyorsa, ikinci aşama MŞYA kazancı ve yönlülük (ışıma paterni) ölçümü ile devam ettirilir. Işıma paterni ölçümü oldukça karmaşık ve zaman alıcı bir işlemdir. MŞYA kazanç ölçümü yankısız odada gerçekleştirilir.

Saçılma parametre ölçümü (VSWR ve S_{11}) VNA kullanılarak yapılır. VNA her RF laboratuarında bulunan popüler bir cihazdır. RF mühendisleri saçılma parametrelerini ölçmek için VNA'ları kullanır. Saçılma parametreleri MŞYA'ların yansıma durumlarını ifade eder. VNA'lar MŞYA kazanç ölçümlerinde de yol alır (Fonseca, Pereira, & Vitor, 2019).



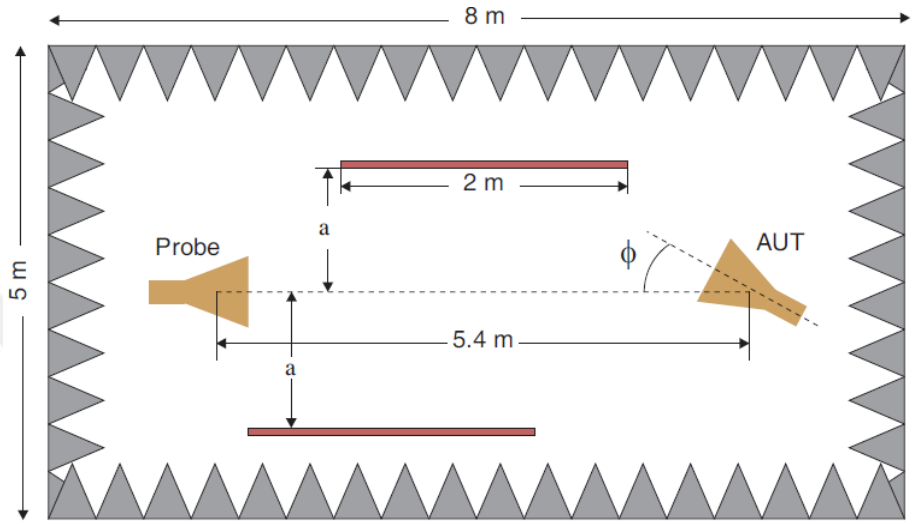
Şekil 18 RF laboratuvarları için üst düzey bir VNA

Kaynak: (Rohde & Schwarz USA, Inc., 2020)

Şekil 18, üst düzey bir vektör ağ analizörünü göstermektedir. Mikroşerit yama antenlerinin saçılma parametrelerini ölçmek için, RF mühendisi vektör ağ analizörü ile VSWR ve yansıma köprüsü kullanır. Ayrıca, VSWR ve S_{11} ölçüm sonuçları vektör ağ analizöründen anında elde edilir. Toplanan verilerin gereksinimleri karşılarsa. İkinci aşama ışıma paterni ölçümü ile başlar.

İkinci adım, ilk adımdan çok daha uzun bir süreçtir. İkinci aşamayı gerçekleştirmek için vektör ağ analizörünün yanında yankısız oda gereklidir. MŞYA'nın ışıma modelini oluşturmak için RF mühendisinin yankısız bir odaya ve MŞYA test kurulumuna ihtiyacı vardır. Yankısız oda neredeyse hiç yansıması olmayan bir odadır çünkü yankısız oda, yansımayı önleyen yansıma köpükleri ile

kaplıdır. RF mühendisi test kurulumunu oluşturur. Bu kurulum bir referans anten (çoğunlukla özellikleri iyi bilinen tek yönlü anten), tripodlar ve MŞYA içerir. RF mühendisi referans anteni ve MŞYA'yı yüz yüze yerleştirir (aradaki mesafe 3λ'dan daha uzun olacak şekilde). MŞYA, verici olarak görev yapar. Daha sonra, RF mühendisi açı başına elde ettiği verileri kaydeder ve ışıma paternini çizdirir (García-Fernández, David Carsenat, & Decroze, 2013).



Şekil 19 Yankısız oda örneği

Kaynak: (Leon, Loredo, Zapatero, & Heras, 2009)

Şekil 19, MŞYA kazanç ölçümünün yapıldığı yankısız bir odanın kurulumunu göstermektedir.

2.4.3 Temel Üretim Maliyeti

Tüm prototip çalışmalarında olduğu gibi, RF mühendisleri de prototipin temel proje maliyetini hesaplar. Bu bölümde, koaksiyel beslemeli MŞYA için temel maliyet verilecektir. Temel maliyet, MŞYA'yı oluşturan dielektrik substratın maliyetini, işçilik maliyetini ve koaksiyel SMA konnektörün maliyetini içerir. Ancak, freze makinesinin ve çalışma nozullarının maliyeti veya tüketilen elektrik enerji maliyeti dahil değildir. Böylece sadece işçilik maliyeti ve MŞYA'nın elemanlarının maliyeti hesaplamaya eklenmiştir. Bu bilgi genel prototipleme maliyeti hakkında fikir oluşması için hazırlanmıştır.

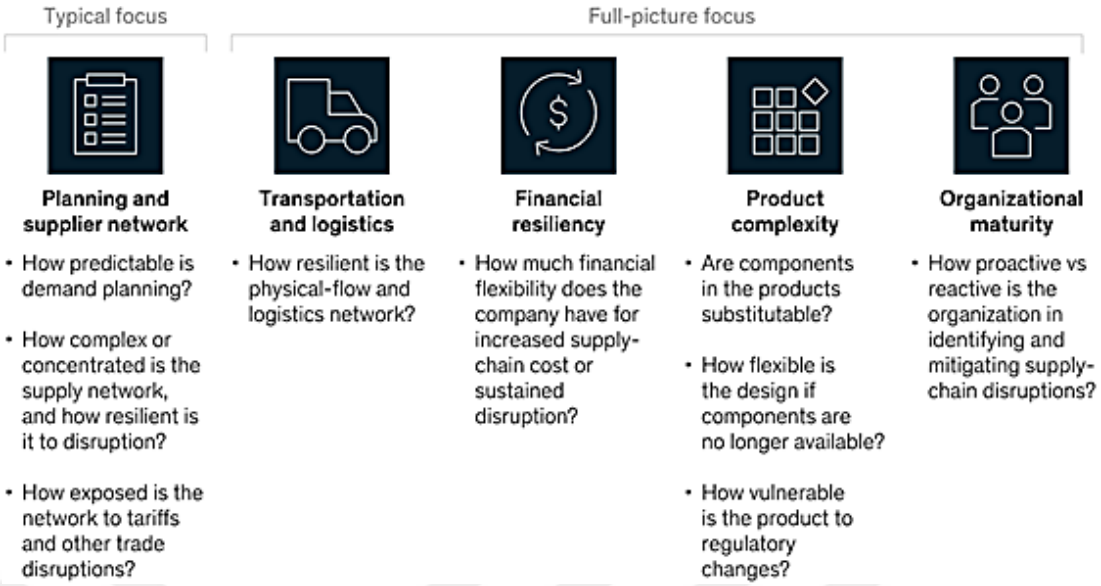
Temel maliyet aşağıda verilmiştir;

- Yüksek kaliteli yaklaşık A4 kağıt boyutundaki Rogers RT/Duroid 6002 substratın maliyeti: $100.
- A4 kağıt ebadındaki FR4 substratının maliyeti: ₺20 - ₺40 (Verimsiz ancak yüksek kaliteli dielektrik substrat yerine isteğe bağlı olarak kullanılabilir).
- Üretim maliyeti: ₺100 (Üretilecek MŞYA'nın boyutuna göre değişir).
- SMA konnektörünün maliyeti: ₺5. Veriler, yazarın çalışması olan (Oğuz & İmeci, 2017)'den elde edilmiştir ve güncellenmiş halidir.

Toplam maliyet, MŞYA'da kullanılan dielektrik substrata bağlı olarak yaklaşık ₺125 ile ₺725 arasında değişmektedir. Mikroşerit yama anten üretim maliyetini etkileyen ana faktör, çift taraflı laminenin değişken maliyetidir. Ayrıca, üst seviye dielektrik substratlar sadece ithalat yoluyla elde edilebilir. Bu nedenle, bu durum doğrudan döviz ile ilgilidir (bu durum için ABD doları); ayrıca, istenmeyen döviz kuru değişiminden aşırı derecede etkilenmektedir.

2.5 Coronavirus (Covid-19) Impact on The Supply Chain

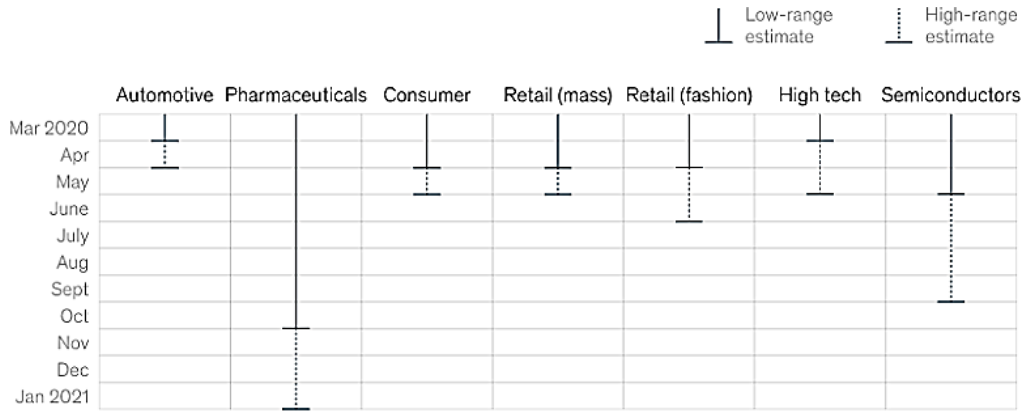
Çin menşeli COVID-19 salgını Ocak 2020'den bu yana tüm dünyayı etkilemektedir. Öldürücü olan bu hastalık, Dünya endüstrisini şiddetli bir şekilde etkiledi. Sınırların kapanmasıyla beraber fabrikalar üretimi yavaşlattı. Üretim askıya alındı ve tesislerin bazıları kilitlendi. Ülkeler bu durumla mücadele edebilmek ve endüstrileri, emeği desteklemek için teşvik paketleri hazırladı. Bu durum, MŞYA üretimi ve prototipleme süreci de dahil olmak üzere tedarik zincirini de etkiledi. Stok sayımı ve mali kaybı önlemek için şirketler tüm iş akışını, üretimi ve tedarik zincirini yeniden planladılar. Dolayısıyla bu süre zarfında, yarı iletken endüstrisinin tahmini gelirinin 2019 yılına göre yüzde üç daha düşük olacağı tahmin ediliyor (Chang, 2020).



Şekil 20 Tedarik zincirinin olası zayıf noktaları

Kaynak: (Alicke, Azcue, & Barriball, 2020)

Şekil 20, tedarik zincirindeki olası zayıf noktaların bir özetini göstermektedir. Bilindiği üzere, salgın süreci tedarik zincirini olumsuz etkiledi. Şirketler tarafından olası mali kayıpları ve stok kayıplarını en aza indirmek için birçok önlem alınmalıdır. İlk olarak, şirketlerin işçilerin iş yükü de dahil olmak üzere tüm üretim planlarını yeniden planlaması gerekir. Çalışma alanı dahil olmak üzere ofisler koronavirüs önlemleriyle yeniden planlanmalıdır. Stok kaybını önlemek için müşteri talebi sık sık ölçülmelidir; ilave olarak, şirketler yeni uygun tedarikçiler ve yeni ulaşım yolları bulmalıdır. Son olarak, etkili stok yönetimi esastır (Alicke, Azcue, & Barriball, 2020).



Şekil 21 Covid-19 salgını sırasında olası stok tükenmesi hakkında öngörü

Kaynak: (Alicke, Azcue, & Barriball, 2020)

Şekil 21, salgın döneminde olası stok durumunu göstermektedir. Büyük resme göre, yarı iletkenler, otomotiv, tüketici elektroniği, perakende ve yüksek teknoloji

endüstrileri derinden etkilenecek. Şirketler, üretimi devam ettirip stokları belirli seviyede tutmak ve finansal sorunları önlemek için önlemler almalıdır.

SONUÇ

Mikroşerit antenlerin popülaritesi son zamanlarda artmaktadır. Bunun en önemli nedeni, mikroşerit yama antenlerinin çeşitli amaçlar için geliştirilebilmesidir. Geçtiğimiz yıllarda, geleneksel PCB teknikleri ile üretilebilen, hafif, hemen hemen her şekil ve durumda yapılandırılabilen ve geleneksel antenlerden daha dayanıklı olan MŞYA'lar bu özellikleri nedeniyle ön plana çıkmıştır. MŞYA'lar tıptan, havacılığa kadar birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle, giyilebilir teknolojiler için gereklidirler. Bu nedenle üniversitelerde, laboratuvarlarda, araştırma gruplarında ve özel şirketlerde mikroşerit yama antenleri üzerinde çok sayıda araştırma ve geliştirme yapılmaktadır.

Dielektrik substrat (yani, çift taraflı lamine), MŞYA'nın omurgası veya ana elemanıdır. Performans parametreleri ve MŞYA'ların boyutları dielektrik substratın özellikleri üzerine geliştirildiğinden. İleri seviye dielektrik substratlar elde edebilmek çok önemlidir. İç piyasadaki dielektrik substratlar, bazı projeler için yetersiz kalmaktadır. Yüksek kaliteli dielektrik substratlar genellikle ABD menşeli şirketler tarafından üretilir, geliştirilir ve dağıtılır. Bu nedenle, substrat elde etmede Türkiye ve diğer gelişmekte olan ülkeler ithalata bağımlıdır.

Döviz kurlarındaki beklenmedik dalgalanmalar, parasal daralma ve beklenmedik COVID-19 salgını nedeniyle dielektrik substratların tedariki öncekinden daha zorlu hale geldi. Yüksek kaliteli dielektrik substratlar sadece ithalat yoluyla elde edilebilir. Bu duruma COVID-19 salgını ve döviz kurundaki beklenmedik dalgalanmaya ile parasal sorunlar eklendiğinde dielektrik substratlara erişim fiilen durmuştur. Türkiye ve gelişmekte olan ülkelerin yanı sıra, bu olağandışı durum tüm dünyada yarı iletken ve IT endüstrilerini yavaşlatıyor. Salgın sürecinde, fabrikalarda alınan önlemler nedeniyle işgücü bölünmüş ve üretim nöbetleşe olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, lojistik hizmetleri sınırlanmıştır. Bu gibi durumlar mevcut malların fiyatını artırırken girdi maliyetini de arttırdı. Özet olarak, tedarik zincirinde riskli aksaklıklar yaşanmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmada, Türkiye'de mikroşerit

yama anten üretimini ve tasarım sürecini etkileyen zorluklar, gerekli literatür araştırması yapılarak ve yazarın mikroşerit anten tasarım ve üretim süreci deneyiminden faydalanılarak incelenmiştir.

KAYNAKÇA

Aakashdeep, Basu, S. K., Ujjwal, G. V., Kumari, S., & Gupta, V. R. (2011). Measurement of Effective Dielectric Constant: A Comparison. *Applied Electromagnetics Conference (AEMC)* (s. 1-3). Kolkata, India: IEEE. doi:10.1109/AEMC.2011.6256866

Abbak, M., & Tekin, I. (2009, February 2009). RFID Coverage Extension Using Microstrip-Patch Antenna Array [Wireless Corner]. *IEEE Antennas and Propagation Magazine, 51*(1), 185-191. doi:10.1109/MAP.2009.4939065

Alicke, K., Azcue, X., & Barriball, E. (2020, March 23). *McKinsey & Company*. A McKinsey & Company Web site: https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/supply-chain-recovery-in-coronavirus-times-plan-for-now-and-the-future# adresinden alındı

ALKAN, Y. (2018). Türkiye'de Dış Ticaret Açığı ile Büyüme ve Döviz Arasındaki İlişki. *İnsan ve Sosyal Bilimler Dergisi, 1*(1), 54-67.

Alotaibi, K. (2016, May). How Exchange Rate Influence a Country's Import and Export. *International Journal of Scientific & Engineering Research, 7*(5), 131-138.

Arize, C. A., & Shwiff, S. S. (2010, October 04). Does Exchange-Rate Volatility Affect Import Flows in G-7 Countries? Evidence from Cointegration Models. *Applied Economics, 30*(10), 1269-1276. doi:10.1080/000368498324887

Balanis, C. A. (1996). *Antenna Theory Analysis And Design* (2nd b.). Tempe, Arizona: John Wiley & Sons Inc.

Bhattacharyya, A. K., Shafai, L., & Gary, R. (1991). Microstrip antenna - A Generalized Tansmission Line. *Progress In Electromagnetics Research, 4*, 45-84.

Bhunia, S. (2013, January). Microstrip Patch Antenna's Limitation and Some Remedies. *InternatIonal Journal of ElectronIcs & CommunIcatIon Technology, 4*(1), 38-39.

Bhunia, S. (2013, January). Microstrip Patch Antenna's Limitation and Some Remedies. *International Journal of Electronics & Communication Technology, 4*(1), 38-39.

Carver, K. R., & Mink, J. W. (1981, January). Microstrip Antenna Technology. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 29*(1), 2-24. doi:10.1109/TAP.1981.1142523

T. C. Merkez Bankası. (2017, 01 20). *Kurdab Enflasyona Geçiş: Sihirli Bir Rakam Var Mı?* CBRT Blog: https://tcmbblog.org/wps/wcm/connect/blog/tr/main+menu/analizler/kurdan_enflasyona_gecis adresinden alındı

T. C. Merkez Bankası. (2020, January 3). T. C. Merkez Bankası. T. C. Merkez Bankası Web sitesi: https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Doviz+Kurlari/Gosterge+Niteligindeki+Merkez+Bankasi+Kurlarii/ adresinden alındı

Chang, A. (2020, March 27). *S&P Global Ratings*. S&P Global Ratings Web Site: https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/200204-coronavirus-impact-key-takeaways-from-our-articles-11337257 adresinden alındı

Dhanawade, P. C., Admuthe, L. S., & Dhanawade, P. P. (2019). Simulation of Rectangular Patch Antenna with Jeans Substrate. *Journal of Electronics and Communication Engineering, 3*, 42-45.

Duasa, J. (2009). Exchange Rate Shock on malaysian Prices of Imports and Exports: An Empirical Analysis. *Journal of Economic Cooperation & Development, 30*(3), 99-113.

Fayadh, R. A., Malek, M. F., Fadhil, H. A., & Wee, F. H. (2014, June). Planar Finger-Shaped Antenna used in Ultra-Wideband Wireless Systems. *TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control, 12*(2), 419-428. doi:10.12928/TELKOMNIKA.v12i2.2089

Finkenzeller, K. (2010). *RFID Handbook* (3rd b.). Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons.

Fonseca, D., Pereira, F., & Vitor, U. R. (2019). Study of Patch Antennas with Koch Curve. *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications, 18*(3), 399-407. doi:10.1590/2179-10742019v18i31672

García-Fernández, M. Á., David Carsenat, D., & Decroze, C. (2013, October). Antenna Radiation Pattern Measurements in Reverberation Chamber Using Plane Wave Decomposition. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 61*(10), 5000-5007. doi:10.1109/TAP.2013.2271631

Garg, A., & Goen, A. (2014). Substrate Height and Dielectric Constant Dependent Performance of Rectangular Microstrip Patch Antenna. *International Journal of Electrical & Electronics Research (IJEER), 2*(3), 36-39.

Göçer, İ., & Elmas, B. (2013). Genişletilmiş Marshall-Lerner Koşulu Çerçevesinde Reel Döviz Kuru Değişimlerinin Türkiye'nin Dış Ticaret Performansına Etkileri: Çoklu Yapısal Kırılmalı Zaman Serisi Analizi. *Journal of BRSA Banking and Financial Markets, 7*(1), 137-157. https://www.bddk.org.tr/ContentBddk/BddkDergi/dergi_0013_08.pdf adresinden alındı

Goldberg, P. K., & Knetter, M. M. (1997). Goods Prices and Exchange Rates: What Have We Learned? *Journal of Economic Literature, 35*(3), 1243-1272. doi:10.3386/w5862

Govind, A. (2020, January 20). *Abracon Corporate.* Abracon Corporate Web Site: https://abracon.com/uploads/resources/Abracon-White-Paper-Antenna-Impedance-Matching.pdf adresinden alındı

Hacıköylü, C. (2015). İthalat Sirasinda Ödenen Vergiler Ve Diğer Mali Yükümlülükler: Türkiye Ve Cep Telefonu İthalati. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7*(1), 21-36.

Hanumante, V., Bhattacharjee, P., Roy, S., Chakraborty, P., & Maity, S. (2014). Performance Analysis of Rectangular Patch Antenna for Different Substrate Heights. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE RESEARCH IN ELECTRICAL, ELECTRONICS, INSTRUMENTATION AND CONTROL ENGINEERING, 2*(1), 515-518.

IEEE. (2019). IEEE Xplore® Digital Library : https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp adresinden alındı

Kandil, M., & Dinçer, N. (2008). A comparative analysis of exchange rate fluctuations and economic activity: The cases of Egypt and Turkey. *International Journal of Development Issues*, 2-38. doi:10.1108/14468950810909114

Kandil, M., Berument, H., & Dincer, N. (2007). The effects of exchange rate fluctuations on economic activity in Turkey. *Journal of Asian Economics*, 466-489. doi:10.1016/j.asieco.2006.12.015.

Kaygısız, A. D. (2018). Pass-through Effects of Exchange Rate Fluctuatiins on Inflation: Turkey. *International Review of Economics and Management, 6*(2), 117-137.

Kiourti, A., & Nikita, K. S. (2012, June). A Review of Implantable Patch Antennas for Biomedical Telemetry: Challanges and Solutions. *Antenna propagation magazine, 54*(3), 210-228.

Kiptui , M., Ndolo, D., & Kaminchia, S. (2005). *Exchange Rate Pass-Through: To WhatExtent Do Exchange Rate Fluctuations Affect Import Prices and Inflation in Kenya?* Nairobi: Central Bank of Kenya.

Kiruthika, R., & Shanmuganantham, T. (2016). Comparison of Direct Contact Feeding Techniquesfor Rectangular Microstrip Patch Antenna for X-Band Applications. *International Journal of Computer Science and Information Security, 14*(Special Issue), 12-16.

Kutlu, S. (2013, April 14). Döviz Kurlarındaki Değişimler ve Dış Ticaret Dengesi: Türkiye'nin Dış Ticaretine İlişkin Bir Literatür İncelemesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 27*(2), 121-140.

Labun, J., Kurdel, P., Češkovič, M., & Sedláčková, A. N. (2017). Airborne Weather Surveillance Radars for Increasing Air Transport Safety. *International Conference on Air Transport – INAIR 2017* (s. 156-163). Prague: Elsevier.

Lee, K. F., Luk, K. M., & Lai, H. W. (2017). *Microstrip Patch Antennas* (2nd b.). Hong Kong, China: World Scientific. doi:10.1142/9789813208605_0001

Leon, G., Loredo, S., Zapatero, S., & Heras, F. L. (2009). Radiation Pattern Retrieval in Non-Anechoic Chambers Using The Matrix Pencil Algorithm. *Progress In Electromagnetics Research Letters, 9*, 119-127. doi:10.2528/PIERL09051204

Louzir, A., Minard, P., & Pintos, J. (2010). Parametric study on the use of magneto-dielectric materials for antenna miniaturization. *International Symposium on Antennas and*

Propagation Society (s. 1-4). Toronto, ON, Canada: IEEE. doi:10.1109/APS.2010.5561801

LPKF Laser & Electronics AG. (2020, January 5). LPKF Laser & Electronics: https://www.lpkf.com/en/industries-technologies/research-in-house-pcb-prototyping/produkte/lpkf-protomat-s104 adresinden alındı

LPKF Laser & Electronics AG. (2020, January 3). LPKF Laser & Electronics: https://www.lpkf.com/fileadmin/mediafiles/user_upload/products/pdf/DQ/flyer_lpkf_protomat_s104_en.pdf adresinden alındı

Mahalakshmi, N., & Thenmozhi, A. (2014, 01). A Review of Implantable Patch Antennas - Design and It's Evaluation. *International Journal of Applied Engineering Research, 9*, 4928-4932.

McNeil, P. (2018, February 22). *Infinite Electronics International, Inc*. Pasternack: https://blog.pasternack.com/antennas/antenna-polarization-matter/ adresinden alındı

Merli, F. (2011). *Implantable Antennas for Biomedical Applications.* Lausanne, Switzerland: Ecole Polytechnique Federale De Lausanne (EPFL).

Muscat, A., & Zammit, A. (2011). A Microstrip Antenna Shape Grammar. P. N. Nasimuddin içinde, *Microstrip Antennas* (s. 252 - 268). Malta: InTech. doi:10.5772/15082

Nasimuddin, N. (2011). *Microstrip Antennas* (1 b.). Rijeka, Croatia, Croatia: InTech. doi:10.5772/609

Nikkei Business Publications, Inc. (2008, December 29). Nikkei xTECH: https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/english/NEWS_EN/20081226/163408/?SS=imgview_en&FD=1497300721 adresinden alındı

Norman, T. (2007). *Integrated Security Systems Design* (1st b.). Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann. doi:10.1016/B978-0-7506-7909-1.X5022-7

Oğuz, G. K., & İmeci, Ş. T. (2017). A compact size circular sector patch antenna for Ku-band applications. *International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium* (s. 1-2). Florence, Italy: IEEE. doi:10.23919/ROPACES.2017.7916057

Oğuz, G. K., Çankaya, G., Genç, B. F., İrken, K., & İmeci, Ş. T. (2018). T Shaped Circular Sector Patch Antenna. *Computational Methods and Telecommunication in Electrical* (s. 16-17). Sarajevo: International University of Sarajevo.

Ollikainen, J., Kivekäs, O., Toropainen, A., & Vainikainen, P. (2000). Internal dual-band patch antenna for mobile phones. *AP2000 Millennium Conference on Antennas & Propagation* (s. 1-4). Davos, Switzerland: European Space Agency (ESA).

Parkash, D., Kundu, T., & Kaur, P. (2012, September 2012). THE RFID TECHNOLOGY AND ITS APPLICATIONS: A REVIEW. *International Journal of Electronics, Communication & Instrumentation Engineering Research and Development (IJECIERD), 2*(3), 109-120.

Parmar, C., & Joshi, S. (2015). Wearable Textile Patch Antenna for On-Body Communications. *Global Conference on Communications Technology* (s. 921-924). Thuckalay, Kanya Kumari District, India: IEEE.

Patel, B. D., Narang, T., & Jain, S. (2013). Microstrip Patch Antenna-A Historical Perspective of the Development. *Conference on Advances in Communication and Control Systems* (s. 445-449). Mumbai: Atlantis Press.

Paul, L. C., Hosain, S., Sarker, S., Prio, M. H., Morshed, M., & Sarkar, A. K. (2015). The Effect of Changing Substrate Material and Thickness. *American Journal of Networks and Communications on the Performance of Inset Feed Microstrip Patch Antenna, 4*(3), 54-58. doi:10.11648/j.ajnc.20150403.16

Pedroza, J. S., Zuñiga, F. M., & Aguilar, M. E. (2010). Planar Antennas for Satellite. N. Diodato içinde, *Satellite Communications* (s. 368-369). Rijeka, Croatia: InTech. http://www.intechopen.com/books/satellite-communications/planar-antennas-for-satellitecommunications adresinden alındı

Pell, B. D., Sulic, E., Rowe, W. S., Ghorbani, K., & John, S. (2011). *New Trends and Developments in Automotive System Engineering.* (M. Chiaberge, Dü.) Rijeka, Croatia: InTech. doi:10.5772/13368

R.F. Elettronica. (2020, January 12). R.F. Elettronica Web Site: https://www.rf-microwave.com/en/home/ adresinden alındı

Rohde & Schwarz USA, Inc. (2020, January 3). Rohde & Schwarz: https://www.rohde-schwarz.com/us/product/zvl-productstartpage_63493-9014.html?rusprivacypolicy=0 adresinden alındı

Rohde-Schwarz. (2020, January 3). *Rohde & Schwarz.* 2020 tarihinde Rohde & Schwarz USA, Inc.: http://resources.rohde-schwarz-usa.com/c/vna-fundamentals adresinden alındı

Roy, A. A., Môm, J. M., & Kureve, D. T. (2013). Effect of Dielectric Constant on the Design of Rectangular Microstrip Antenna. *International Conference on Emerging Sustainable Technologies for Power ICT in a Developing Society* (s. 111-115). Owerri, Nigeria: IEEE.

Santhanam, N. (1999). Low cost, high performance RF substrates. *International Topical Symposium on Technologies for Wireless Applications* (s. 65-68). Vancouver, BC, Canada: IEEE. doi:10.1109/MTTTWA.1999.755130

Shah, D., Rajgure, R., & Tandalekar, T. (2016). Challenges Faced During Designing, Simulation of Microstrip Patch Antenna in HFSS and Testing After Fabrication. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering, 4*(4), 844-847.

Singh, I., & Tripathi, V. S. (2011). Micro strip Patch Antenna and its Applications: a Survey. *International Journal of Circuit Theory and Applications, 2*(5), 1595-1599.

Sk, K., Js, S., & J., R. N. (2019). Mobile Phone Addiction: Symptoms, Impacts and Causes - A Review. *International Conference on Trends in Industrial & Value Engineering, Business and Social Innovation* (s. 81-86). Bangalore, Karnataka, India: DSCE.

Skolnik, M. (2008). *Radar Handbook.* New York, United States of America: McGraw-Hill;.

Slimani, A., Bennani, S. D., El Alami, A., & Terhzaz, J. (2017, December 13). Ultra Wideband Planar Microstrip Array Antennas for C-Band Aircraft Weather Radar Applications. *International Journal of Antennas and Propagation, 2017*, 1-8. doi:https://doi.org/10.1155/2017/2346068

Srivastava, A., & Pradhan, N. (2017). Analysis of Different Substrate Material & Frequency on Microstrip Patch Antenna. *International Journal of Electronics, Electrical and Computational System (IJEECS), 6*(2), 73-78.

Sullivan, P., & Schaubert, D. H. (1986, August). Analysis of An Aperture Coupled Microstrip Antenna. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 34*(8), 977 - 984. doi:10.1109/TAP.1986.1143929

Trackwise Designs Ltd. (2013, October 10). *Trackwise Designs Ltd.* Trackwise Designs Ltd Web Site: https://www.trackwise.co.uk/wp-content/uploads/2018/06/TR04_Substrate_Directory_Oct_13_AW.pdf adresinden alındı

US Marine Corps. (2019). *Antenna Handbook MCRP 8-10B.11 (Formerly MCRP 3-40.3C).* Arlington County, Virginia, United States of America: Marine Corps Publications.

Uslu, H. (2018). Effects of Exchange Rate and Interest Rate on Foreign Trade in Turkey: An Analysis with Structural Breaks. *Journal of Research in Economics, Politics & Finance*, 311-334. doi:10.30784/epfad.453358

Zaidi, S. A., & Tripathy, M. R. (2014). Design and Simulation Based Study of Microstrip E–Shaped Patch Antenna Using Different Substrate materials. *Advance in Electronic and Electric Engineering., 4*, 611.