



**2017-2018 EĞİTİM YILI BAHAR DÖNEMİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ  
UZUN DALGA ASTRONOMİSİ  
AMATÖR RADYO TELESKOP PROJESİ**

Sayın Hocamız Doç. Dr. Mesut YILMAZ'a Teşekkür Ederiz.

### **PROJE YÜRÜTÜCÜLERİ**

08050575	Zeynep PEKER
09050430	Kenan Anıl KILIÇ
09050934	Hüseyin Deniz
11050013	Umut Akdemir
11050420	İrem KARACA
14050012	Fethiye İĞDEM
14050022	Melike Kübra ÖZDEMİR
14050027	Uğur ŞENASLAN

## **İÇİNDEKİLER**

- GİRİŞ
- RADYO TELESKOBUN TARİHİ VE GELİŞİMİ
- PROJE YAPIMI VE TEKNİK ÖZELLİKLER
- SONUÇLAR
- KAYNAKÇA

## • GİRİŞ

Elinizdeki bu föy , Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri bölümü 17/18 Bahar dönemi AST406 Uzun Dalga Astronomisi dersi için listedeki öğrenciler tarafından hazırlanmıştır. Föyde düşük bütçelerle hazırlanabilecek ve uzun dalga gözlemlerde kullanılabilecek bir amatör teleskop yapımı ele alınmıştır.

1932 yılında Karl G. Jansky ile başlayan radyo gözlem serüveni , teknolojiye paralel hızlı bir gelişim göstermiştir. Yakın tarihte Çin tarafından faaliyete geçirilen 500 metre çapındaki Tienyan teleskobu uzaydaki yaşam bulgularını araştırırken , 60 cm çapındaki bir çanak antenle de radyo bölgeden veriler toplayabilirsiniz.

## • RADYO TELESKOBUN TARİHİ VE GELİŞİMİ

Günlük hayatımızda kullandığımız radyolar ile aynı işlevi gören radyo teleskoplar, en basit anlatımı ile uzayı dinlemeye yararlar. Radyo Teleskop Nedir sorusunun biraz daha derinine inerek, daha kapsamlı açıklamak gerekirse; radyo bölgesindeki sinyal dalgalarını yakalayıp kuvvetlendiren, gözlem yapmak için ve gözlem yapmanın dışında çeşitli işler için de kullanılabilen alıcılardır. Radyo teleskoplar çanak şeklindedir ve elektromanyetik spektrumda gözle göremediğimiz kısımları yakalamamızı sağlar Işık, nereden bakarsak bakalım bizim görselleri algılamamızı sağlayan yegâne şeydir fakat bizim algılayabildiğimiz ışık frekanslarının ötesinde, pek çok farklı frekans aralıkları mevcuttur. Elektromanyetik spektrum, atomaltı değerlerinden, gama ışınlarına kadar tüm radyo dalgalarını kapsayan farklı radyasyon tipini içermektedir. Işık, elektromanyetik spektrumun tırnak ucu kadar denilebilecek bir yerini kapsar. Astronomik gözlemlerin, bilinen ve görünen dışında, görünmeyen spektrumun ilk kullanılması, radyo frekansı bazında gerçekleşmiştir. Bu dalga boyları ile ilgili gözlem yapılabilmesine olanak sağlayan ise radyo teleskoplar'dır. Radyo teleskopları, bölge ışığını toplayarak odaklama işini gerçekleştiren “aynalı teleskoplar” vb. teleskoplar ile aynı prensiplerle yapılmıştır fakat optik teleskoplara benzememektedir. Gök cisimlerinden bize ulaşan elektromanyetik dalgaları tespit ederek, bize o gökcismi ile ilgili bilgileri ayrıntılı olarak incelememizde olanak sağlar. Ulaşan elektromanyetik dalgalar radyo teleskop tarafından analiz edilmektedir ve uzay cisimleri hakkında pek çok ayrıntılı bilgi bu analizler sayesinde elde edilmektedir. Radyo teleskoplar, uzayı her saniye ve her dakika kesintisiz olarak taramaktadır ve dinlemektedir. Algılanan dalga boyu

sinyalleri ile kusursuz bir analiz yaparak, uzay ile ilgili her gün yeni bir bilgi edinmekteyiz. Radyo teleskop, yeni keşifler yaparak her gün uzayın derinliklerine daha da fazla ulaşmamız konusunda yapılan en önemli icatlardan birisidir. Bir radyo teleskopun alıcısı, evimizdeki sıradan bir radyoyla hemen hemen aynı işlevi görür: Önce dinlemek istediğimiz frekanstaki kanal açılır, gelen yayın yakalanır ve duyabileceğimiz kadar kuvvetlendirilir. Radyo teleskopun tek farkı, kozmik cisimlerden gelen yayının çok zayıf olması. Bu da gelen yayının yüz milyon kattan daha fazla kuvvetlendirilmesini gerektirir. Bu nedenle, radyo teleskop alıcıları daha duyarlı yapılmak zorunda ve ileri radyo ve bilgisayar teknolojileri gerektirmekte. Radyo teleskoplar elektronik ve bilgisayar alanlarındaki gereksinimlerinden dolayı bu alanlara da önemli katkılarda bulundular. Elbette antenin büyüklüğü, yani dalgaları toplayan alanın büyüklüğü önemli. Bu nedenle, radyo çanakları olabildiğince büyük yapılmaya çalışılır. Bu sırada dünyanın bütünüyle hareketli en büyük antenleri Almanya Max Planck Enstitüsü'nün 1971 yılından beri işlettiği ve sü-rekli güncellemelerle hâlâ dünyanın en gelişmiş teleskopları arasında yer alan 100 metrelik Effelsberg teleskopu ve Amerikan Ulusal Radyo Gözlemevi tarafından yapılmış geçtiğimiz yıllarda bitirilen yine 100 metrelik Green Bank teleskopu. (Daha başka amaçlar için yapılan Porto Riko'daki 300 metrelik Arecibo teleskopu hareketli değil ve yalnızca Dünya döndükçe tepesinden geçen gökyüzünün bir bölümünü gözleyebilir.) Ancak antenin büyüklüğünün fiziksel bir sınırı var; 100 metrenin üzerinde bir çaptaki antenler, yerçekiminden dolayı kendi ağırlıkları altında bükülüyor ve parabol şekillerini koruyamıyorlar. Kaldı ki, 100 metrelik çanaklarda bile yüzlerce duyurga aracılığıyla antenin parabol şekli sürekli sabit tutulmaya çalışılıyor. Şimdiki durumlarıyla radyo teleskopların ulaştığı çözünüm gücü, insan gözünün üzerinde. Örneğin, 100 metrelik bir çanak 6 milimetre dalga boyunda gökyüzünde açısal olarak birbirinden 20 yay saniyesi (1 yay saniyesi 1 derecelik açının 3600'de birine karşılık gelir) uzaktaki iki cismi birbirinden ayırabilir. Karşılaştırma olarak, Jansky'nin anteni yanyana konmuş 60 tane Güneş'i birbirinden ayıramazdı. Jansky'den bu yana çok yol alındı; yine de 20 yay saniyelik çözünüm gücü, optik teleskoplarınkinin oldukça altında. Bununla beraber küçük, ancak birden fazla radyo anteninin eşgüdümlü çalıştırılmasıyla oluşturulan girişim teleskoplarının çözünümü, antenlerinin birbirinden uzaklığıyla doğru orantılı olarak yay saniyesinin kesirlerine kadar inebilir. Gökadamızın (Samanyolu) radyo ışınımının alınması ilk kez 1931'de gerçekleştirilmişse de, radyo astronomi, ancak İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, radar tekniğinden yararlanılarak geliştirilmiştir. Günümüzde radyo teleskopların, Bonn radyo teleskobunda olduğu gibi çapları 100 m'yi bulan parabol biçimi, hareketli antenleri vardır ve atmosferi aşabilen 10 m'den 0,5 milimetreye kadar dalga boyundaki bütün radyo dalgalarını gözlemleyebilmektedirler. Ayrıca, farklı kıtalardaki birçok teleskobun gruplandırılmasıyla, gökyüzünün bazı bölümlerinin radyo haritaları çıkarılabilmekte ve saniyenin binde biri kadar daire yaylarındaki ayrıntılar incelenebilmektedir. Bütün bu teknik çabalar, radyo

gözlemlerinin astronomiye katkısıyla açıklanabilir. Güneş dışındaki yıldızların kolayca gözlemlenmelerini sağlayacak yoğunlukta radyo ışınimleri bulunmamakla birlikte, yıldızlararası uzay bölgesi radyo astronominin önemli inceleme alanlarından biridir. Samanyolu'nu kaplayan iyonlaşmamış çok büyük boyutlu hidrojen bulutları, ancak hidrojenin 21 cm'lik tayf çizgisiyle saptanabilir. Bu çizginin gözlemlenmesi, Samanyolu'nun sarmal biçimli olduğunu göstermeyi (gözlemci içinde bulunduğundan o tarihe kadar gösterilemiyordu) ve dönme hızını incelemeyi sağlamıştır. Astronomlar tarafından yıldızların doğduğu bölgeler sayıldıkları için son yıllarda büyük ilgi çeken karanlık bulutsular da yalnızca radyo dalgaları aracılığıyla incelenebilir. Santimetre ve milimetre uzunluklarında radyo dalgalarının incelenmesiyle, söz konusu bölgelerde OH, CO, gibi, hattâ etil alkol, vb. organik moleküller gibi karmaşık moleküller bulunmuş, bazı uzmanlar buna dayanarak, yaşamın kaynağının Samanyolu içinde olduğunu ileri sürmüşlerdir. Radyo astronomi ayrıca, ışınları normal gökadalardan çok daha güçlü olan kasarların bulunmasını sağlamış, böylece evrenin gözlemlenebilir sınırları daha da geriletilmiştir. Radyoteleskopların en önemli avantajı birbirlerine bağlanabilmeleridir. Buna interferometre denir. SETI adında bir program radyoteleskoplarla gökyüzünden gelecek yapay radyodalgalarını arıyor ve evrende tek olup olmadığımızı araştırıyor.

### • PROJE YAPIMI VE TEKNİK ÖZELLİKLER

Ev yapımı radyo teleskobun mevcut tasarımı tam olarak işlevsel bir radyo teleskop olmasa da öğrenme amacı açısından çok verimlidir.



Yukarıdaki resimde radyo teleskobumuzun kurulum hali gösterilmektedir. Başlıca bileşenleri arasında 60 cm çapındaki çanak anten, çanak tarafından toplanan sinyallerin sinyal gücünü gösteren bir ticari uydu sinyal gücü dedektörü ve sinyal gücünü genlik modülasyonlu bir sinyale dönüştüren arayüz bulunmaktadır.

Temel radyo teleskop sisteminde televizyon anteni ve anten çanağının odak noktasına monte edilmiş dönüştürücü bulunmaktadır. Bu dönüştürücü, düşük gürültü bloğu yani LNB (low noise block) olarak adlandırılır. LNB uydu sinyallerini yaklaşık 12 GHz'den yaklaşık 2.4 GHz'e dönüştüren bir ön amplifikatör / aşağı dönüştürücüdür. Modern yapıların çoğunda çanağın işaretini değiştirmeden aynı anda birden fazla televizyon uydusuna erişmek için 2 veya daha fazla LNB kullanılır.

Teleskobumuzda LNB, çanağın odak noktasından sinyalleri alabilecek şekilde monte edilmiştir. Tek LNB'yi odak noktasına monte etmek, anteni işaret etmede yardımcıdır.

Montaj kolunun kenarı ile LNB'nin montaj kısmı arasındaki mesafeyi belirlemek için mevcut LNB muhafazası ve montaj braketini kullanıldı.



Yukarıdaki Fotoğraflarda gösterildiği gibi boyutlar çok kritik değildir, ancak dikkatli bir şekilde yerleştirmek radyo teleskobun performansını kesinlik arttırmaktadır.

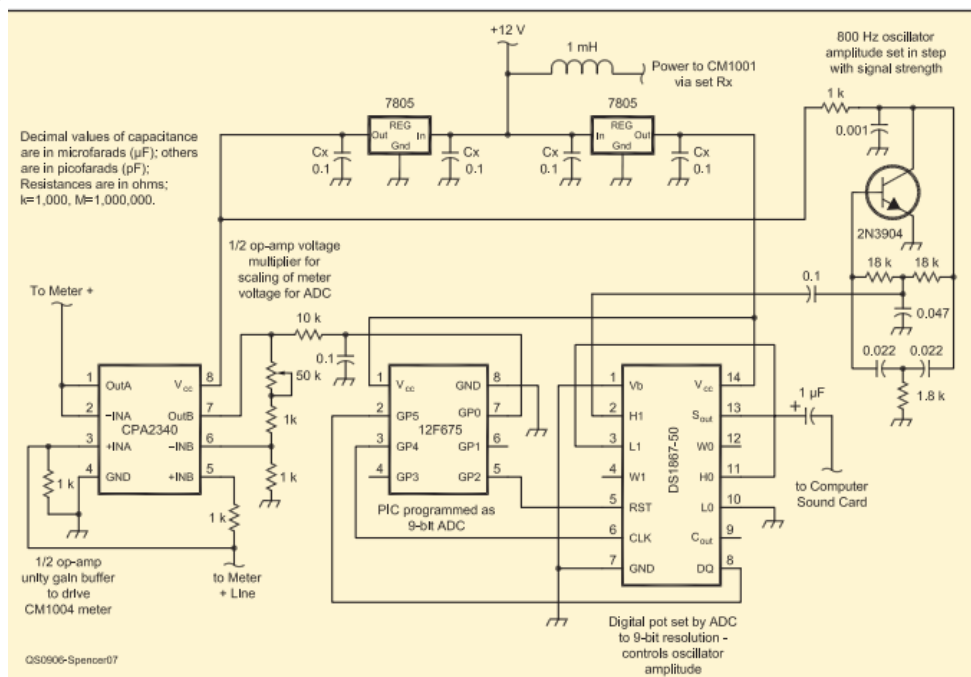
Çanağın baş aşağı monte edildiğine dikkat edilmelidir. Bu yönelim uydu sinyallerini almak için ideal olmamasına rağmen, çanağın radyo teleskobu rolüne yardımcı olur.

Projede kullanılan dedektör, Satellite Finder'dır.



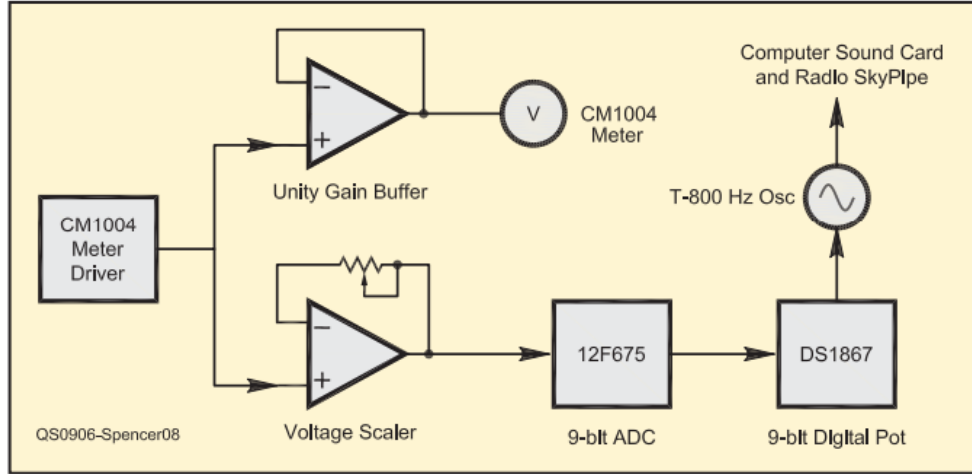


Uydu dedektörünün çıkışının SkyPipe II ve ses kartı ile çalışmasını sağlamak için gereken şey, sinyal seviyesinin genlikli değişen bir ses tonuna dönüştürmektir. Bunu yapmak için tasarlanan arayüz, Aşağıdaki resimden bir blok diyagram olarak gösterilmiştir.



Aşağıdaki şekil; Birlik kazançlı op-amp, CM metre sürücü devresi ve analog metre arasında bir tampon olarak kullanılır. Diğer op amper, CM metre sürücüsü çıkış voltajını aşağıdaki analogdan dijital dönüştürücüye (ADC) 5 V referans voltajına uyacak şekilde ölçeklendirmek için bir voltaj çarpanı olarak kullanılır. Bu voltaj çarpanı devresindeki değişken direnç, CM'yi SkyPipe'a kalibre etmek için kullanılır. Çoğaltıcıdan gelen voltaj, alınan bir sinyal

kuvvetinin bir fonksiyonu olan analog voltajı kontrol etmek için kullanılan bir 9-bit dijital sözcüğe dönüştürmek üzere 9-bit ADC olarak programlanan bir programlanabilir ara-yüz kontrolörüne (PIC) beslenir. dijital kontrollü değişken direnç. Arayüz, bilgisayar ses kartına beslenen yaklaşık 800 Hz'lik bir ses sağlayan basit bir Twin-T ses osilatör devresi içerir. Bu ses osilatörünün genliği, PIC tarafından kontrol edilen dijital pot tarafından değiştirilmiştir. Sonuç, CM ile tespit edilen sinyal gücü ile adımda değişen ses genliğidir. Pic ürün yazılımı QST Web sitesinde bulunabilir. CM= uydu dedektörü



Devre, uydu dedektörü ve LNB'ye güç sağlar. Uydu dedektörüne 12V'luk bir kaynak bir RF bobini üzerinden bağlanır ve bu uydu dedektörünün içindeki LNB koaksiyel konektörüne bağlanır. Arayüze güç sağlamak için 12V akü kullanılmıştır.

Arayüz bir devre kartı üzerine kurulmuştur ve uydu dedektörünün kutusunun içine monte edilmiştir. Devre için kazınan bir devre kartı oluşturulmuş olmamıza rağmen, el ile çalışan prototip kendi başlarına dolaşmak isteyenler için eşit derecede iyi çalışmaktadır.

Yapılması gereken ilk şey, radyo teleskobu antenini nasıl işaret edeceğinizi öğrenmektir. Başlamak için en iyi yer, uydu dedektörünü antene bağlamak ve anteni Güneş'e çevirmektir. Uydu dedektörü metre üzerinde gösterildiği gibi en yüksek sinyal gücünü elde edinceye veya en yüksek ses tonunu duyana kadar işaret açısının ve yüksekliğini ayarlayın. Doğrudan Güneş'ten gelen antenle, LNB'nin çanağın yüzeyindeki gölgesinin konumunu not ediniz. Çanağın arkasından LNB destek kolu boyunca (çanak kolu ve jantı arasında) bakarsanız Güneş'in LNB tarafından engellendiğini görürsünüz.

Radyo teleskobunun kurulumunu yaptıktan sonra uydu dedektörünün çıkışını SkyPipe II ile eşleştirmek için kalibre edilmesi gerekir. Radyo teleskobunu bir sinyal kaynağına çeviriniz. Ölçüm aletini maksimum seviyeye ayarlamak için uydu dedektörünün kazanç kontrolünün çeviriniz. (önerilen 25 derece) SkyPipe II'yi çalıştırınız ve SkyPipe II grafiğinin dikey (Y) ekseninde yaklaşık 32000'lik bir okuma elde edene kadar arayüz kartındaki değişken direnci ayarlayınız. Maksimum değer ayarlıyken, uydu dedektörü kazanç kontrolünü 10 mV'lik

adımlarla voltaj aralığında (0-100 mV) ayarlayınız ve SkyPipe II üzerinde ilgili Y eksen değerinin kaydediniz. Bu veriler gerilim ve Y eksen değeri arasındaki kalibrasyon eğrisini hesaplamak için Excel elektronik tablosuna girilir. Hem voltaj hem de Y eksen değeri, kaydedilen sinyal gücü verilerinin analizinde kullanılır.

Radıyo Teleskobu ile ;

- 1) Güneş'in radyasyon şiddetini ölçmek ve Güneş'teki aktif değişiklikleri tespit etmek
- 2) Ay yüzeyindeki sıcaklık değişimlerini ölçmek
- 3) Sürüklenme taraması adı verilen yaygın bir radyo astronomisi verilerini toplama tekniğini öğrenmek ve keşfetmek
- 4) Enerji yayılımının temel ilkesini, yayılan cisimlerin sıcaklıkları arasındaki farklılıkları tespit ederek sıcaklığın bir fonksiyonu olarak keşfetmek
- 5) Uydular jeosenkron yörüngede Clarke Kuşağı boyunca dururlar ve bu kalabalık alanın nasıl oluştuğunu göstermek
- 6) Taban ışın genişliğini incelemek ve belirlemek için Güneş'i kullanarak çanak anten performansını tahmin etmek için kullanılan matematiksel formülü doğrulamak
- 7) Güneş'in ve Dünya'nın kendi eksen etrafındaki dönüşünü Dünya'nın ufuktaki günlük sürüklenme taramalarını karşılaştırmak

Parabolik antene ilişkin temel parametreler (etkin alan, kazanç, ayırma gücü, demet genişliği), bant genişliği ve güç değeri

- **Etkin Alan ( $A_e$ )**

$$A_e = 0.56 \cdot A$$

(1.1)

A: Parabolik antenin ilgili kayanağa bakan yüzeyinin alanı ( $m^2$ )

$$A = \pi \cdot r^2$$

(1.2)

r: Parabolik antenin yarıçapı (m)

$$r = 30\text{cm} = 0.3\text{m} \Rightarrow A = \pi \cdot 0.3^2 \Rightarrow A = 0.2827\text{ m}^2$$

$$A_e = 0.56 \cdot 0.2827 = 0.1583\text{ m}^2$$

- **Kazanç (G)**

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2}$$

(1.3)

$$\text{Kazanç (dB)} = 10 \log_{10}(G)$$

(1.4)

$\lambda$ : Dalgaboyu (m)

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

(1.5)  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s

$\nu$ : Frekans (Hz) veya ( $\text{sn}^{-1}$ )

Teleskobun çalıştığı frekans ve dalgaboyu aralığına karşılık gelen kazanç değerleri:

Teleskobun sınır frekans değerleri  $\nu = 950$  MHz =  $9.5 \cdot 10^8$  Hz ve  $\nu = 2150$  MHz =  $21.5 \cdot 10^8$  Hz'dir.

Teleskobun sınır dalgaboyu değerleri ise  $\lambda = \frac{c}{\nu} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{9.5 \cdot 10^8} = 0.3158$  m

ve

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{21.5 \cdot 10^8} = 0.1395 \text{ m'dir.}$$

Bu dalgaboyu değerlerine karşılık gelen kazanç değerleri

$$G = \frac{4\pi 0.1583}{0.3158^2} = 19.9465$$

$$\text{Kazanç (dB)} = 10 \log_{10}(19.9465) = 12.9987 \text{ ve } G = \frac{4\pi 0.1583}{0.1395^2} = 102.2215$$

Kazanç (dB) =  $10 \log_{10}(102.2215) = 20.0934$  olarak hesaplanır.

- **Ayırma Gücü ( $\theta(\text{rad})$ )**

$$\theta(\text{rad}) = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

(1.6)

$\lambda$ : Dalgaboyu (m) veya (Å)

D: Teleskobun yarıçapı (m)

$$D = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

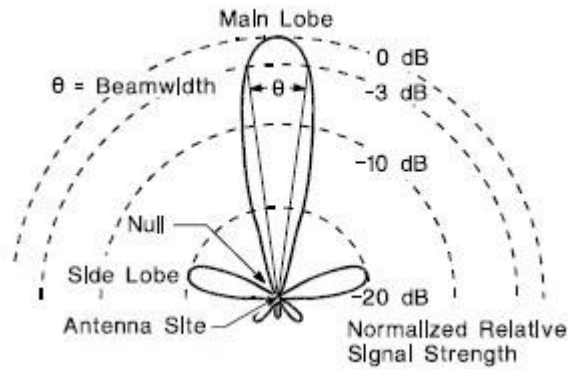
$$\lambda = 0.3158 \text{ m dalgaboyu için } \theta(\text{rad}) = 1.22 \frac{0.3158}{0.3} = 1.2843 = 73^\circ.4132 \text{ ve}$$

$$\lambda = 0.1395 \text{ m dalgaboyu için } \theta(\text{rad}) = 1.22 \frac{0.1395}{0.3} = 0.5673 = 32^\circ.5039 \text{ olarak}$$

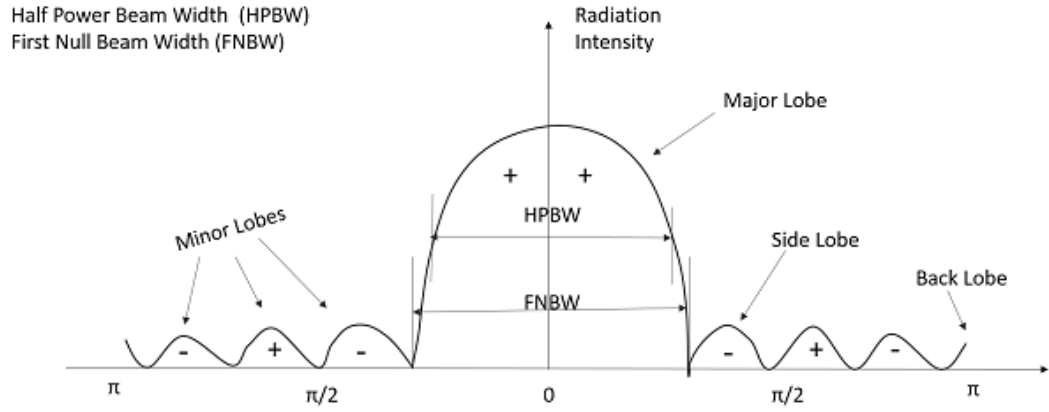
hesaplanır.

#### - Demet Genişliği ve Yön Diyagramı

Demet genişliği bir antenin en yüksek güçte yayılım yaptığı yöndeki maksimum gücün yarısına eşit yayılım yaptığı doğrultular arasındaki açısal değer olarak ifade edilir.



Şekil 1.1 : Demet genişliği ve yön diyagramı



Şekil 1.2 : Yönlü parabolik antene ait ışıma grafiği

#### - Bant Genişliği

Parabolik antenin bant genişliği;

Frekans biriminde  $950 \text{ MHz} = 9.5 \cdot 10^8 \text{ Hz} - 2150 \text{ MHz} = 21.5 \cdot 10^8 \text{ Hz}$

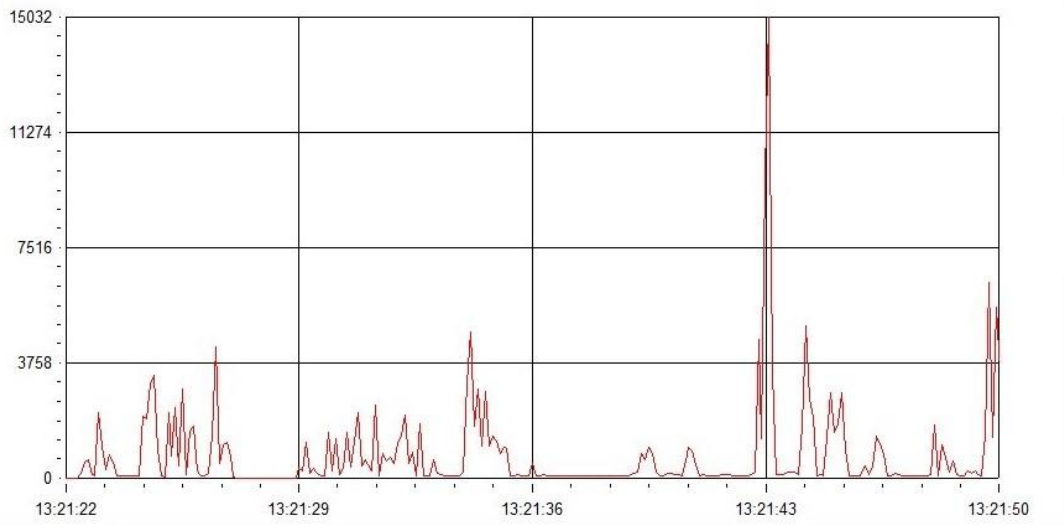
aralığıdır.

Dalgaboyu biriminde  $0.3158 \text{ m} - 0.1396 \text{ m}$  aralığında bulunmaktadır.

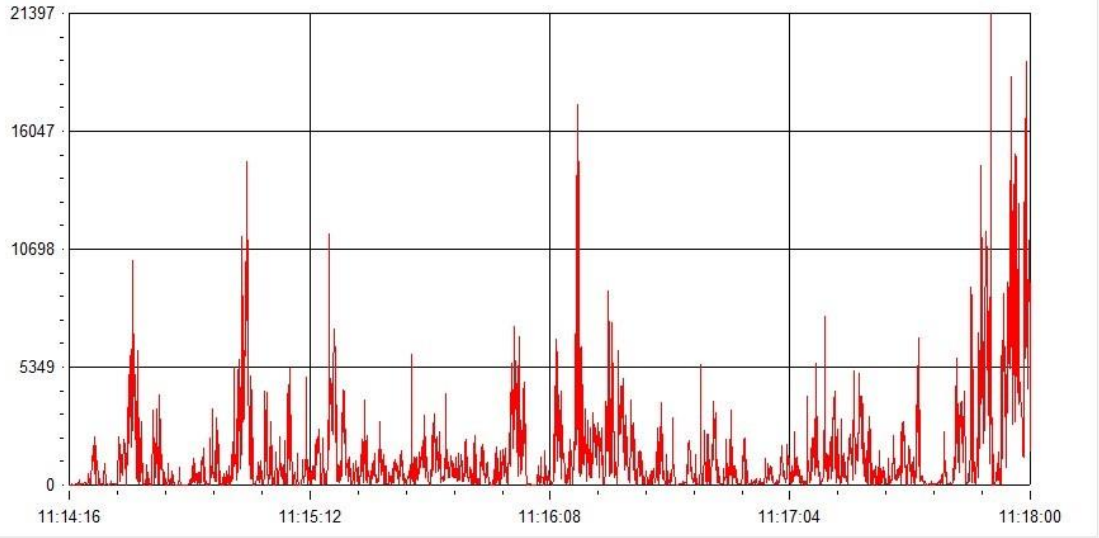
#### - Güç (P)

Gücün birimi Volt (V) olarak verilmektedir. Parabolik antenin ölçebildiği güç aralığı  $13 \text{ V} - 18 \text{ V}$  arasında bulunmaktadır.

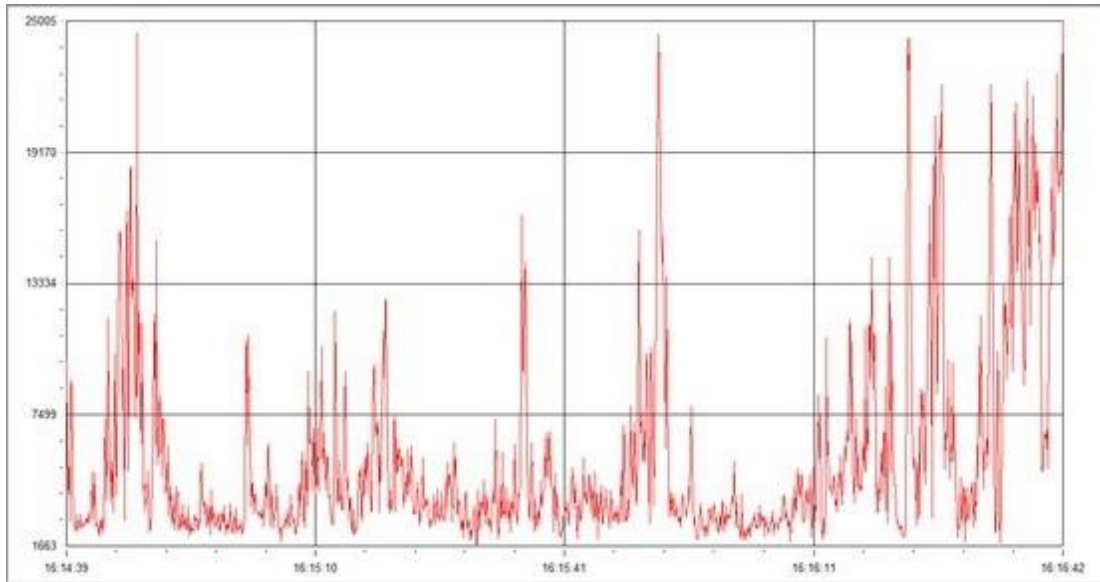
#### • SONUÇLAR



Şekil 1.3 : Türksat 3A (42° E) uydusunun gözlem verisine ilişkin grafik



Şekil 1.4 : Güneş'in gözlem verisine ilişkin grafik



Şekil 1.5 : Güneş'in gözlem verisine ilişkin grafik

Şekil 1.3, şekil 1.4 ve şekil 1.5 grafiklerinde yatay eksen “zaman” eksenidir ve UT: evrensel zaman (HH:MM:SS) birimindedir. Şekil 1.3, şekil 1.4 ve şekil 1.5 grafiklerinde düşey eksen “anten sıcaklığı” eksenidir ve Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ) birimindedir.

- **KAYNAKÇA**

1. Tinti , Maurizio , Italy , Universita di Bologna , Progress in electromagnetics research , 2013
2. Gaylard , Michael , Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory , Radio Astronomy with a Single-Dish Radio Telescope , 2012
3. Spencer , Mark , Build a Homebrew Radio Telescope , 2009