

# Erciyes Üniversitesi ERT-5 Radyo Teleskopu Çalışmaları

İbrahim KÜÇÜK<sup>1</sup>, İsmail YUSİFOV<sup>1</sup>, Mehmet Emin ÖZEL<sup>2</sup>, Mehmet METE<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü,  
38039, Kayseri, Türkiye,

[kucuk@erciyes.edu.tr](mailto:kucuk@erciyes.edu.tr), [yusifov@erciyes.edu.tr](mailto:yusifov@erciyes.edu.tr),

<sup>2</sup>Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü,  
Bolu, Türkiye,

[me\\_ozel@ibu.edu.tr](mailto:me_ozel@ibu.edu.tr)

<sup>3</sup>Anadolu Elektronik Sanayi (AES) Şirketi, Kayseri, Türkiye,  
[ta7iv@ttnet.net.tr](mailto:ta7iv@ttnet.net.tr)

**Özet:** *Bu bildiri, yerleşim inşasına Erciyes Üniversitesi'nde başlanacak olan radyo teleskopun özellikleri açıklanmaktadır. Radyo teleskop, çapları 2m, 3m, ve iki adet 5m olmak üzere 4 çanaktan oluşmaktadır ve üniversite kampusu içerisinde bir "Y" oluşturmak üzere inşa olunacaktır. "Y"-nin her kanadının uzunluğu 25m civarında olacak. Teleskopun montaj ve kalibrasyon işlemleri ile hardware/software sistem ayarlarının bitimine kadar antenler bağımsız olarak çalışacaktır. Daha sonra bu sistemin toplam boyu 50m civarında olan bir interferometre olarak çalıştırılması planlanmaktadır. İlk aşamada, 5 metrelik teleskop ile 4 – 12 GHz civarında radyometrik gözlemler, alıcı hazır olduktan sonra ise 21cm dalga boyunda nötral hidrojen gözlemleri yapılacaktır.*

## 1. Giriş

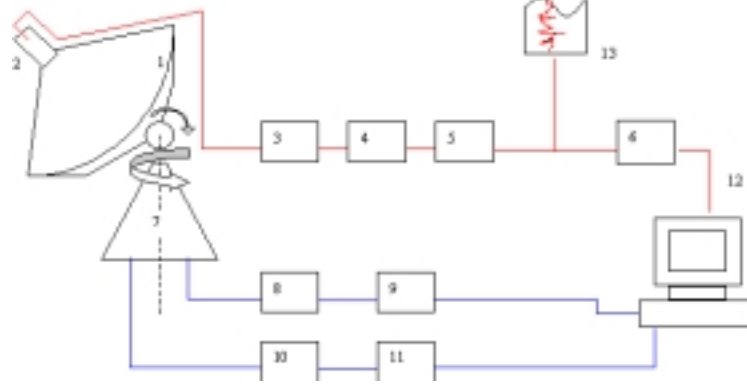
Astronomik gözlemlerden elde edilen bilgilerin yardımıyla gök cisimlerin kinematığı ve onların fiziksel-kimyasal özellikleri incelenmektedir. Tek renkli (kırmızı, mavi vs.) filtreyle bakıldığında çevremizi ne kadar basit, sönük (ve hatta bazen yanlış) gördüğümüz gibi, astronomik gözlemleri de sadece optik bantta yaptığımız zaman, gök cisimlerine dair aldığımız bilgiler de o kadar basit ve yetersiz olacaktır. Geçen yüzyılın başına kadar, astronomik gözlemler, sadece optik bölgede düşünülmekteydi. Ama şimdilerde, uydu gözlemleri de göz önüne alırsa, astronomik gözlemler elektromanyetik spektrumun her bölgesinde yapılmaktadır. Farklı dalga boylarına uygun olarak da Optik ve Radyo astronomiden, Kızılötesi, Röntgen ve Gama Astronomiden söz edilmektedir. Radyo Astronominin temeli 1930'larda mühendis Karl Jansky tarafından uzaydan gelen radyo sinyallerin kaydedilmesi ile atılmıştır. Halihazırda gök cisimlerin fiziği ve astrofiziğinin araştırılmasına yönelik radyo astronomik gözlemler yaklaşık 10MHz ve 10<sup>6</sup> MHz frekanslar arasındaki radyo dalgalarında yapılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde gözlemler için kullanılan radyo teleskopların ölçükleri 0.5m ile 300m arasında değişmektedir. Interferometre gibi çalışan sistemlerde ise farklı teleskoplar arasındaki uzaklık binlerce kilometreyle ölçülmektedir. Hatta son zamanlarda bazı deneyler uzaya gönderilen radyo teleskoplarla yapılmaktadır. Bu ülkelerin çoğu optik teleskopların yanı sıra radyo teleskoplara da sahiptirler. Farklı nedenlerden dolayı, son zamanlara kadar Türkiye'de halen çalışmakta olan bir radyo teleskop bulunmamaktadır.

## 2. Marmara Radyo Teleskopu ( MRT-2 )

Türkiye'de ilk radyo astronomik gözlemler, UNIDO'nun yardımı ile Kharkov Radyo Astronomi Enstitüsü ( RIAN, Ukrayna ) 'nden alınan 2m çapındaki MRT-2 radyo teleskopuyla 1996/97 yıllarında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) 'nde yapıldı. Teleskop 85GHz – 115GHz frekans aralığında çalışmakta olup genel olarak Samanyolu karbon monoksit (CO) gözlemleri için tasarlanmıştı. Fakat, birtakım teknik sorunlar nedeniyle bu teleskopla sadece Startosferik Ozon (O<sub>3</sub>) gözlemleri ve radyometrik olarak da Güneş ve Ay gözlemleri yapılmış ve gözlem sonuçları yayınlanmıştır ( [3], [4] ). 1997'de teknik bir arıza nedeniyle MRT-2 çalışmaz duruma geldi. Ukraynalı yapımcılar, tamir için teleskopun Karkov, RIAN'a getirilmesini istediler. Ancak, TÜBİTAK-MAM'da temel bilim çalışmalarından ve bunların finanse edilmesinden genel olarak vazgeçilmesi nedeniyle bu işlemler yapılmadı ve Ağustos 2000'de tüm literatür ve ekipmanıyla birlikte MRT-2 radyo teleskopu TÜBİTAK tarafından Erciyes Üniversitesi (EÜ) Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümüne hibe edildi. Hibe edilen malzemeler içinde bir tane de 3m çapında uydu anteni bulunmaktadır. 2001 yılında Erciyes Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümünde, MRT-2'nin rehabilitasyonu için Kharkov Radyo Astronomik Enstitüsü (Ukrayna ) uzmanları ile birlikte yeni bir proje teklifi hazırlandı. Projede, teleskopun tamirinin Ukraynalı uzmanlarca yapılması, malzeme ve uzmanların yol masraflarının ise Erciyes Üniversitesi tarafından karşılanması teklif edilmişti. Ama yine de, Ukraynalı uzmanlar tamir için teleskopun Kharkova getirilmesinde ısrarlıydılar. Bu işlemlerin masraflı ve sonuçlarının belirsiz olması nedeniyle bu gerçekleşmedi. Diğer taraftan, bu yolla tamir yapılsaydı bile, teleskopta kullanılan eski Rus teknolojisi ürünleri her zaman sorun çıkarabilirdi.

### 3. Radyo Teleskopların Önemli Blokları ve Fiyat Değerlendirmeleri.

Bu sorundan kurtulmanın tek yolu, Türkiye’de kolay bulunan ve/veya yurt dışından getirilebilen Avrupa teknolojisi ürünü malzeme kullanarak kendi olanaklarımızla bağımsız bir radyo teleskopun hazırlanmasıdır. Bu düşüncemizi göz önüne alarak, radyo teleskopu oluşturan önemli blokların özelliklerini, onların Türkiye’de bulunması/yapılması ve kendi radyo teleskopumuzun inşası olanaklarını incelemeye başladık. Genel olarak, radyo teleskopun basit fonksiyonel şeması aşağıdaki Şekil 1’de gösterilmiştir:



**Şekil 1.** Radyo teleskopun basitleştirilmiş blok şeması. Burada: 1) Çapı 5 metre olan çanak; 2) Yüksek Frekans Güçlendirici, Lokal Osilyator ve Karıştırıcı (Mikser) blok; 3) Ara Frekans güçlendirici; 4) Spektrometre; 5) Detektör ve DC güçlendirici blok; 6) Analog/Dijital çevirici blok; 7) Anten monte sistemi (support system ); 8) Azimut motor sistemi; 9) Azimut açısı ölçme sistemi ( azimut encoder ); 10) Yükseklik motor sistemi; 11) Yükseklik açısı ölçme sistemi ( elevation encoder ); 12) Kontrol Bilgisayarı ; 13) Görsel kaydedici ( Analog Recorder ).

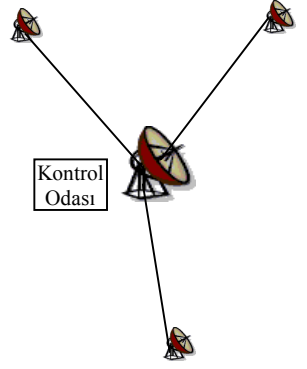
Radyo Teleskop (RT) için en önemli ( ve en pahalı ) parça parabolik çanaktır (Şekil 1’de (1)). Türk Telekom Kayseri Bölge Müdürlüğü ile yapılan ön görüşmeler sonucunda 2 adet 5metre çapındaki çanakların Türk Telekom’dan hibe yolu ile alınmıştır. RT’un ikinci önemli kısmı yüksek frekans bloklarıdır. Bunlara, Yüksek Frekans Güçlendirici (YFG), Lokal Osilyator (LO) ve Karıştırıcı (Mikser) cihazlarıdır. YFG her teleskopta olmayabilir. Ama, LO ve karıştırıcı har zaman var. İncelemeler gösterdi ki, geniş bantlı bir radyometre gibi çalışan RT inşasında, bu 3 bloğu, uydu antenlerinde kullanılan ve LNB ( Low Noise Block ) olarak adlandırılan düşük gürültülü bir blokla değiştirmek mümkündür. Piyasada 4 ve 12GHz civarında çalışan farklı LNB’ler mevcuttur ve onların fiyatı 30 USD civarındadır. Bunun yanında farklı frekanslarda çalışan LNB’leri de yurt dışından elde etmek mümkündür. LNB’lerin aralık frekansı 1.5GHz civarında ve bant genişliği 900MHz ile 1800MHz arasındadır. Ara frekans ve DC güçlendiriciler ( Şekil 1’de (3) ve (5) ) basit bloklardır ve bir elektronik mühendis tasarımı ile bu blokların kolaylıkla yapımı mümkündür. Bu ve benzer, çok da zor olmayan blokların, Kayseri Anadolu Elektronik Sanayi (AES) şirketiyle birlikte yapılması planlanmaktadır.

Teleskopu çok pahalı bloklarından biri de Spektrometredir (Şekil1, (4)), ve internet üzerinden araştırılan bir modelinin fiyatı 4500 USD’dir. Kaydedici (Recorder) bölümümüzde mevcuttur. Teleskop için gerekli olan diğer bloklar: kontrol bilgisayarı, analog/dijital çevirici blok, teleskopu yönlendiren motor sistemleri, azimut ve yükseklik açıları ölçme sistemleri, mekanik montaj sistemleri olup Türkiye’de de kolaylıkla bulunup yapılabilecek bloklardır. Bu blokların bir kısmı AES şirketiyle, diğer bir kısmı ise üniversite dahili olanakları kullanılarak yapılacaktır. Mekanik aksam yapımı ve montajı için üniversitemiz birimleri ve insan gücü olanaklarından yararlanabileceğimizi düşünüyor ve umuyoruz. Radyo Astronomik gözlemlerde kaynakların koordinatlarını hesaplamak için 1 sn hassasiyetiyle ayarlanabilen bir saat gerekmektedir. Onun yardımı ile kontrol bilgisayarının saati ayarlanacaktır. Avometreler, gözlem zamanında radyometrelerin çıkış sinyallerini görsel olarak kontrol etmek içindir. Radyo-Astronomik gözlem verilerini indirmek, ölçülmesi gereken atmosfer soğurmalarını ve kırılmasını hesaplamak için atmosferin gözlem anındaki sıcaklığı, basıncı ve nem oranı hesapları Weather-Station ile yapılacaktır. HF jeneratör, teleskopun optik ve radyo eksenlerinin paralel yöneltmesi ve genel olarak tüm sistemin normal çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için gerekmektedir.

Yukarıda incelenen bloklar ve belirtilen fiyatlandırmalarla hazırlanan RT’un fiyatı, yurt dışı piyasasında bulunan radyo teleskopların fiyatlarının çok altındadır. Bu konuda birkaç sene önce TÜBİTAK tarafından yapılan radyo teleskop fiyat araştırmalarının sonuçlarını inceledik. Ukrayna’dan alınan ve daha sonra Tübitak tarafından Üniversitemize hibe edilen 2m çapındaki teleskopun fiyatı 37.000USD’dir. Amerika’daki ESSCO şirketince belirlenen 2.4 metre çapındaki teleskopun fiyatı 1.074.000USD’dir. Rus GEOINFORMATIC şirketinin belirlediği 10 metre çapındaki bir teleskopun fiyatı 2.070.000USD olarak belirtilmektedir.

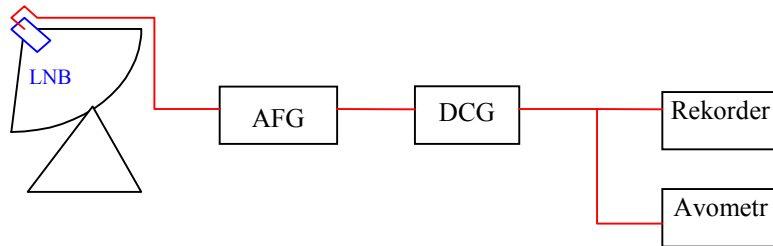
#### 4. Erciyes Üniversitesi Radyo Teleskopu Projesi

Yukarıda anılan araştırmalar, genel olarak üniversite dahili imkanlara dayanarak çok az masrafla, radyometre gibi çalışan eğitim amaçlı bir radyo teleskopun yapılması imkanının olduğunu gösterdi ve bu sene (2002'de) "Galaktik Nötr Hidrojen Gözlemleri İçin 5m Çaplı Erciyes Üniversitesi Radyo Teleskopu" projesi hazırlandı. Projede, teleskopun çanağı olarak Türkiye'de de kolay bulunan büyük çaplı uydu anten çanaklarının kullanılması karara alındı. Bu konuda, EÜ Rektörlüğü tarafından Türk Telekom Kayseri Bölge Müdürlüğü ile temasa geçtik. Telekom, iki adet 5m çaplı 2 adet çanak antenin üniversitemize verilmesini uygun bulmuştur. Bunlar ve TÜBİTAK'tan hibe olarak alınanlarla birlikte bölümümüzde olan çanak sayısı 2m, 3m ve iki adet 5m olmak üzere toplam 4 adet olmuştur. Bu antenleri kullanarak farklı dalga boylarında radyometre gibi çalışan bir RT'un yapılması hedefimizdir. Bilindiği gibi, evrende en yaygın madde ( ~70% ) hidrojendir. Samanyolu (SY) genel olarak yıldızlardan ve yıldızlar arası ortamı dolduran gaz ve toz bulutlarından ve bu gazın da büyük bir kısmı atomik hidrojenden ( HI ) oluşmaktadır. SY'nun dinamiğinin, yıldızların oluşumunun ve evriminin araştırılmasında, HI'in uzayda dağılımının ve oradaki fiziksel koşulların incelenmesinin çok büyük önemi vardır. Artık yarım yüzyıla yakın zaman içerisinde, dünyanın birçok gözlemevlerinde ve üniversitelerinde SY' da ve diğer Gökadalarda HI'in ve uzayda mevcut olan OH, CO, SO vs. gibi diğer moleküllerin incelenmesi sürdürülmektedir. Maalesef, bu alanda ülkemiz bilim adamı yetiştirilmesinde, Radyo Astronomik veri analizinde ve inceleme süreçlerinde çok geride kalmıştır. Bu eksikliği bir anlamda gidermek ve Radyo astronomik araştırmalara kısmen de olsa katılmak, aynı zamanda radyo astronomik gözlem yöntemlerine sahip olmak için bölümümüzde, üniversite içi olanaklar dahilinde 5 metrelik bir radyo teleskopunun inşa edilmesinin çok büyük önemi vardır. En pahalı parça olan 5 metrelik çanak Türk Telekom'dan hibe yolu alınmıştır. Gerekli elektronik devreler AES şirketi ile ortak hazırlanacaktır. Düşük gürültülü güçlendirici ( LNB ), Spektrometre vs. gibi, kendi imkanlarımız ile hazırlanması zor olan elektronik malzemeler ise yurt dışından sipariş edilecektir. Azimut/Yükseklik dönme mekanizmalarının ise Üniversitemiz birimleri ile birlikte hazırlanması planlanmaktadır. Teleskopun hassasiyeti yeterli olduğu taktirde, bu teleskopla sadece Güneş, Ay, SY merkezi gibi güçlü kaynaklar yanı sıra, Süpernova Kalıntıları, Kozmik Mazerler gibi zayıf kaynaklarla diğer uzak Gökadaların, Kuazarların da gözlenmesi mümkün olacaktır. Bunlardan en yakınlarından biri Andromeda gökadasıdır ve onun çok kolaylıkla görünmesi beklenmektedir. Test ve ayar işlemleri bittikten sonra, öğrenciler (Lisans, Y. Lisans ve Doktora), Güneş, Ay ve SY gözlemleri yaparak radyo astronomik gözlem metotlarını ve HI gözlemleri yaparak ise, spektroskopik gözlemleri ve bu gözlem verilerinin indirgeme yöntemlerini öğrenebileceklerdir. Daha sonra yapılacak olan hassas gözlemler, SY'da yıldızlararası ortamda ve diğer gökadalardaki fiziksel süreçleri incelemeye olanak sağlayacaktır.



#### 5. Erciyes Üniversitesi Radyo Astronomik Deneme Gözlemleri

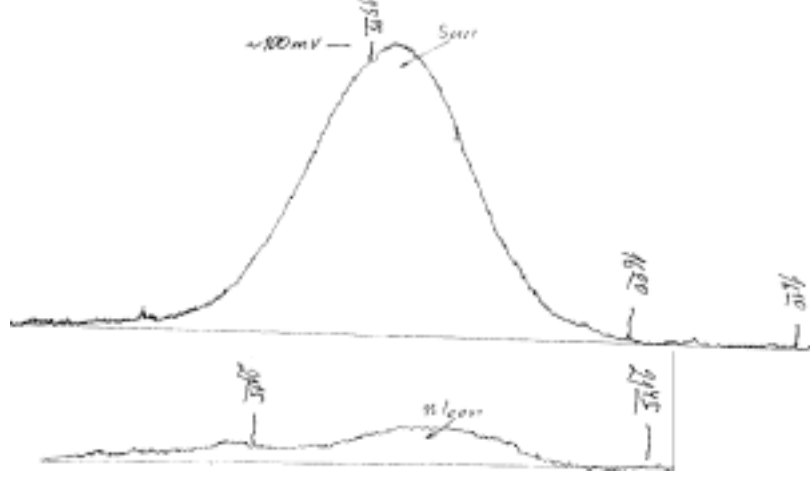
Yukarıda anlatılan şekilde, çalışabilir bir sistemin hazırlanmasının zor olmadığını kanıtlamak için, radyometre gibi çalışan basit bir RT düzeneği hazırladık. Uygun sistemin blok şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Radyometre gibi çalışan basit bir Radyo Teleskopunun blok şeması.

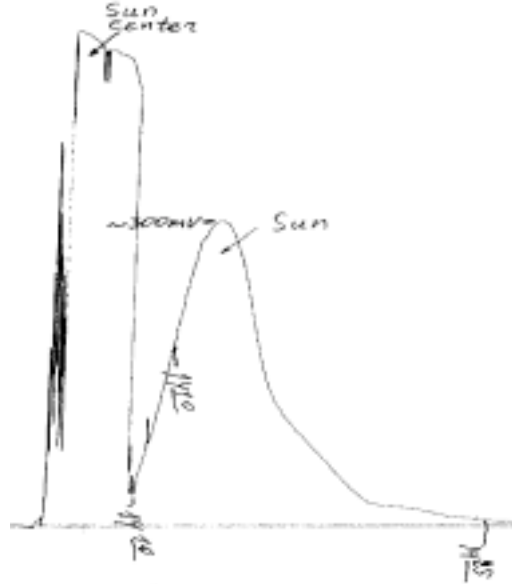
Bu sistem, 11 GHz frekansda, bant genişliği 900MHz olan ve radyometre gibi çalışan basit bir RT'dir. Gök cisimlerinden gelen radyo dalgalar, 5m'lik çanakla toplanarak, teknik literatürde LNB ( Low Noise Block ) olarak bilinen bloğa aktarılmaktadır. Bu blokların giriş frekansı farklı dalgalara ayarlanmış olup en geniş yayılım alanı da 4 ve 11GHz civarındadır. Bloklar, gelen dalgaları aralık frekansa çevirirler. Aralık frekans 1.5GHz civarındadır ve bant genişliği 900MHz ile 1800MHz arasındadır. Bu sinyaller, kablo yardımıyla Aralık Frekans güçlendiricisine ( AFG ) aktarılır ve burada çok büyük oranda güçlenmeye uğrarlar. Güçlenmiş sinyal, detektörün yardımıyla doğru akım (DC)'ye çevrilir ve sonra da kaydedici cihazlara aktararak, dijital veya analog olarak kaydedilir. Daha zayıf sinyalleri yakalamak gerektiğinde, DC sinyal da DC güçlendiricilerin (DCG) yardımıyla kuvvetlendirilebilir. Bu deneyde, LNB, AFG ve DCG olarak, AES şirketi tarafından hazırlanan bloklar kullanılmıştır. Ama, gerektiğinde, hangi özelliğe sahip güçlendiriciler gerekirse, hazırlanması

veya sipariş yolu ile elde edilmesi mümkündür. İlk deneyler 26.09.2001’ yapılmıştır. Deney sırasında Güneş ve Ay gözlemleri yapılmış ve sonuçlar Şekil 3’te verilmiştir. Gözlemler, 90cm çapındaki bir uydu antenin ile yapılmış olup kaynaklar net olarak gözükmemektedir. Burada doğal olarak göz önüne alınmalıdır ki, bu deneylerde henüz yönlendirme sistemi çalışmamaktadır, dolayısı ile antenler kaynağa doğru el ile yönlendirilmiş ve kaynaklar da tam olarak teleskopun yön diyagramının merkezinden geçmemişlerdir.



Şekil 3. Çapı 90cm olan çanakla Güneş ve Ay deneme gözlemleri

İkinci deney ise Türk Telekom Kayseri İl Müdürlüğü Şeker İstasyonunda 5m çapındaki uydu anteni ile sadece güneş gözlemi için yapıldı. Sonuçlar Şekil 4’te verilmiştir. Şekil 3 ve Şekil 4’ü karşılaştırdığımızda, antenin çapının artması ile alıcının çıkışındaki sinyal seviyesinin yükselmesi net olarak görülmektedir. Yani, daha büyük çaplı antenler ile çok daha zayıf kaynakların incelenmesi, bilimsel araştırmaların yapılması mümkün olmaktadır.



Şekil 4. Çapı 5m olan çanakla Güneş deneme gözlemi

**Teşekkür:** Radyo Teleskop Projemizde sağladıkları katkılar için Türk Telekom Kayseri İl Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

### Kaynaklar:

- [1] Adıgüzel T., Özel M.E., Yusifov I.M., Demircan O., Bayer G., Demirel B., Kırbıyık H., *Summary of Radio Observations by Marmara Radio Telescope MRT-2*, XXVI General Assembly URSI, 13-21 August, University of Toronto, Canada, (Poster), 1999.
- [2] Kraus, J.D., Radio Astronomy, Cygnus-Quasar Books, 1986.
- [3] Özel M.E., Yusifov İ.M., Karelin Y., Demircan O., Gözel İ., Adıgüzel T., Bayer G. ve Demirel B., *Calibration of 2-m Size Marmara Radio Telescope*, 1997, X. Ulusal Astronomi Toplantısı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE, 3-6 Sep. 1996.
- [4] Özel, M.E.,Yusifov, İ.M., Verti, A.A., Allakhverdiev, A.O., Demircan, O., Bayer, G., Kırbıyık, H., Adıgüzel, T., *Calibration Of Millimetric Marmara Radio Telescope And Radio Detection Of Ozone Line Over Gebze/Kocaeli*, Tur. J. Ph., **23**, 497-510, 1999.
- [5] Özel, M.E., Yusifov, İ.M., Demircan, O., Kırbıyık, H., Adıgüzel T., Bayer, G., Demirel, B., 1999, *Summary of Radio Observations by Marmara Radio Telescope MRT-2*, Türk Fizik Derneği, **18** Fizik Kongresi, Çukurova Üniversitesi, Adana, sayfa 5, 25-28 Ekim 1999.
- [6] Özel, M.E., Yıldırım, H., Yusifov, İ.M., Dağcı, M. ve Elitaş, S., *Radio Interferometry in service of Earth Sciences and Seismology*, 1998, Symposium on Seismic Safety of Big Cities, İstanbul, 21-25 September 1998.
- [7] Rohfls, K. ve Wilson, T.L., Tools of Radio Astronomy, Springer Verlag, 1996.
- [8] Yusifov, I.M., Özel, M.E., Karelin, Yu.V., Samedov, S.R., Yegingil,Y., Gözel I. ve Adıgüzel, T., MARMARA RADIO TELESCOPE (MRT-2): INSTALLATION AND CALIBRATION PROCEDURES, 1997, (Technical Report).