T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE ÜZERİ İÇİN HF BANDINDA KULLANILABİLİR FREKANSLARIN BELİRLENMESİ

Azize ASLANER

Danışman

Prof. Dr. Osman ÖZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2005

T.C

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE ÜZERİ İÇİN HF BANDINDA KULLANILABİLİR FREKANSLARIN BELİRLENMESİ

Azize ASLANER

Yüksek Lisans Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Bu tez, 26.09.05 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile başarılı / başarısız bulunmuştur.

Danışman: Prof. Dr. Osman ÖZCAN

Üye: Prof. Dr. Mehmet AYDOĞDU

Üye: Doç. Dr. Ali ÖLÇÜCÜ

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun ..12./10../2005 tarih ve 2005/35...-...2... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesi sırasında yol göstericiliği ve verdiği değerli fikirleri için danışmanım sayın **Prof. Dr. Osman ÖZCAN**'a içtenlikle teşekkür ederim.

Sayın **Prof. Dr. Mehmet AYDOĞDU**, **Yrd. Doç. Dr. Esat GÜZEL** ve **Arş. Gör. Ali YEŞİL**'e ve diğer anabilim dalı hocalarıma gerekli kaynaklara ulaşmamda sağladıkları yararlardan ötürü çok teşekkür ederim.

Eşim **Erhan KILIÇ**'a tez çalışmam sırasında bana gösterdiği sabır ve verdiği destekten dolayı sonsuz teşekkür ederim. Ve çalışmalarım sırasında çok fazla ihmal ettiğim minik oğlum **İlhami Efe KILIÇ**'a teşekkür ederim

Azize ASLANER (KILIÇ)

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER I
ŞEKİLLER LİSTESİ III
TABLOLAR LİSTESİ IV
SEMBOLLER LİSTESİ V
KISALTMALAR LİSTESİ VI
ÖZET VII
ABSTRACT VIII

1.GİRİŞ 1

2. İYONKÜRE 3

2.1. İyonküre Tabakaları 4
2.1.1. D Tabakası 5
2.1.2. E Tabakası 5
2.1.3. F Tabakası 6

3. HF BANDINDA YAYILIM 8
3.1. HF Radyo Dalgalarının Yayılımı 8
3.2. Düşey Yayılım 10
3.3. Eğik Yayılım 12

4. HF BANDINDA YAYILIMI ETKİLEYEN FAKTÖRLER 14
4.1. Güneş Lekeleri 14
4.2. Güneş Patlamaları 14
4.3.Sabah Akşam Geçişleri 14
4.4. Sporadik E Tabakası 15
4.5. Manyetik Fırtınalar 15
4.6. İyonkürenin Doğrusal Plazma Olmayışı 15
4.7. Kış Aykırılığı 15
4.8. Odaklanma 15

4.9. Sönümlenme..... **16**
4.10. Soğrulma..... **16**
4.11. Gürültü..... **17**

5. KULLANILABİLİR FREKANS ARALIĞI **18**

5.1. Kritik Frekans..... **19**
5.2. Secant Kanunu..... **25**
5.3. Maksimum Kullanılabilir Frekans **26**
5.4. Minimum Kullanılabilir Frekans **26**

6. EĞİK YAYILIM İÇİN KULLANILABİLİR FREKANSLARIN HESABI..... **28**

6.1. Eğik Yayılım için MUF Hesabı **28**

7. BULGULAR VE TARTIŞMA..... **29**

7.1. Eğik Yayılan Yüksek Frekanslı Elektromanyetik Dalganın İyonküre Plazması İçerisindeki Davranışı.....**29**

8. SONUÇ **48**

KAYNAKLAR **49**

ÖZGEÇMİŞ

EKLER

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1.1: İyonküredeki elektron yoğunluğunun yükseklikle değişimi ve iyonkürenin bölgelere ayrılışı [8]....4

Şekil 3.1.1: (a) İki temel yayılım şekli: Dünyanın yüzeyi boyunca ilerleyen yer dalgası ve atmosfere gönderilip iyonküre tarafından Dünyaya geri yansıtılan gök dalgası (b) Yer dalgalarının 3 bileşeni: Ufuk altı hattında yeri izleyen yüzey dalgası, uzaklık arttıkça kuvveti azalan ve doğru bir hat boyunca ilerleyen direk dalga ve yerden yansıtılmış dalga [20].....8

Şekil 3.1.2: Radyo sinyalinin çıkış açısının (dolayısıyla giriş açısının) iletim mesafesine etkisi. (a) Büyük giriş açısı ile uzun iletim mesafesinin ve (b) küçük giriş açısı ile daha kısa iletim mesafesinin sağlanması [20].....9

Şekil 3.1.3: Radyo sinyalinin iyonküreye giriş açısının kırılmaya etkisi [5].....10

Şekil 3.4: Farklı kalkış açıları altında sabit frekanslı sinyallerin yol izlenimleri [5].....13

Şekil 4: İyonkürede odaklanma.....16

Şekil 5.1: Kullanılabilir frekans aralığının maksimum ve minimum frekanslar arasındaki uzanımı [15].....20

Şekil 5.2: İletim için uygun frekansın seçimi sinyalin iyonküreden yansıyıp Dünya'ya geri dönebilmesi için kritik önem taşır [20].....21

Şekil 5.3: Aynı açı ile iyonküreye gönderilen sinyallerin iyonküreye girdikten sonraki davranışları sinyallerin frekansına göre değişiklikler gösterir [20].....22

Şekil 5.4: Dalganın iyonkürede ilerlemesi [5].....23

Şekil 5.5.a: $f>f_0$ için dalganın iyonküreden yansıması [5].....25

Şekil 5.5.b: $f<f_0$ için dalganın iyonküreden yansıması [5].....25

Şekil 5.6: Yer ve iyonküre düzlemi için denklik teoremi. [18].....26

Şekil 5.7: Farklı atlama aralıkları için MUF değerleri [19].....28

Şekil 7.1: 8 Mayıs 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi.....33

Şekil 7.2: 6 Haziran 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi.....33

Şekil 7.3: 27 Temmuz 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi.....38

Şekil 7.4: 30 Ağustos 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi.....38

Şekil 7.5: 27 Eylül 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi.....42

Şekil 7.6: 11 Ekim 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi.....42
Şekil 7.7: 2 Kasım 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi.....46
Şekil 7.8: 30 Aralık 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi.....46
Şekil 7.9: Aylara göre hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi.....47

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 7. 1: Mayıs ayında hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri 30
Tablo 7. 2: Haziran ayında hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri 31
Tablo 7. 3: Temmuz ayında hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri 35
Tablo 7. 4: Ağustos ayında hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri 36
Tablo 7. 5: Eylül ayında hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri 39
Tablo 7. 6: Ekim ayında hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri 40
Tablo 7. 7: Kasım ayında hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri 43
Tablo 7. 8: Aralık ayında hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri 44

SİMGELER

m	: Elektronun Kütlesi
e	: Elektronun Yükü
$\vec{E}$	: Elektrik Alan
N	: Elektron Yoğunluğu
$\vec{J}$	: İyonlaşmış Gazdaki Akım
f	: Frekans
ω	: Açısal Frekans
ε_0	: Dielektrik Sabiti
ε_r	: Göreceli Dielektrik Sabiti
ω_p	: Plazma Titreşim Frekansı
n	: Karmaşık Kırılma İndisi
μ	: Karmaşık Kırılma İndisinin Gerçel Kısmı
χ	: Karmaşık Kırılma İndisinin Sanal Kısmı
f_p	: Plazma Frekansı
υ	: Çarpışma Frekansı
c	: Işık Hızı
κ	: Soğurulma Katsayısı
D	: Atlama Mesafesi
d	: Sekme Mesafesi
h'	: Sanal Yükseklik

KISALTMALAR

HF	: Yüksek frekans
MUF	: Kullanılabilecek En Yüksek Frekans (Maximum Usable Frequency)
LUF	: Kullanılabilecek En Düşük frekans (Lowest Usable Frequency)
OWF	: Ortalama Çalışma Frekansı
f_0E	: E Tabakasına Ait Kritik Frekans
f_0F2	: F2 Tabakasına Ait Kritik Frekans

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İYONKÜRE ÜZERİ İÇİN HF BANDINDA KULLANILABİLİR FREKANSLARIN BELİRLENMESİ

Azize ASLANER

FIRAT Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

2005, Sayfa: 51

Yüksek Frekans (HF) bandı (3- 30) MHz aralığını kapsar ve iyonküreden yansıyabilecek en yüksek frekans bandıdır. İyonküre parametrelerine bağlı olarak kullanılabilir frekans aralığı günlük, mevsimsel ve coğrafik konuma bağlı olarak değişmektedir. Bundan dolayı haberleşecek tarafların belirli bir zaman aralığı için kullanılabilir frekans aralığını belirlemesi gerekir. Bu aralığın belirlenmesi için gerekli parametreler Kullanılabilir Maksimum Frekans (MUF) ve Kullanılabilir Minimum Frekans (LUF) olarak adlandırılır.

Bu tez çalışmasında, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinde ölçülen iyonküre plazması için kritik frekans değerleri, Secant Kanunu kullanılarak MUF değerleri hesaplandı. Elde edilen değerler günlük ve mevsimsel olarak incelendi.

Neticede görüldü ki , iyonküreye gönderilen emd'nın frekansı MUF' tan daha büyük olursa dalga iyonküreyi delip geçer Yer'e geri dönmez. Eğer dalganın frekansı LUF' tan daha düşükse dalga iyonkürenin D tabakası tarafından soğrulur. Dalganın Yer'e geri dönebilmesi için dalga frekansının kullanılabilir frekans aralığında olması gerekir.

Anahtar Kelimeler: İyonküre, Yansıma, Kritik Frekans, MUF, LUF

ABSTRACT

Ms. D. Thesis

THE DETERMİNATİON OF USABLE FREQUENCİES İN HF BAND OVER TURKEY

Azize ASLANER

Fırat University

Graduate School of Naturel and Applied Sciences

Departmend of Physics

2005, Page: 51

The High Frequency band (HF) include in the interval (3-30) MHz. and it is the highest band which reflected from the ionosphere.

The Usable Interval has been changing as depending on the ionospherics parameters with respect to daily, seosonaly and geographics status. Because of this, the determined time space will be communicated fort he determined time space need determining usable frequency band for determining of this space MUF and LUF should be determined by.

İn this study, to obtain MUF values, the critical frequencies which are measured by B. U. Kandilli Observatory are used. MUF values are obtained by using Secant law. The seasonal and daily variation of MUF are examined.

As result of; it can be say that if The frequency of electromagnetic wave propagated to ionosphere is bigger than MUF, this wave pass through ionosphere and it can't go back Earth. İf The frequency of electromagnetic wave is lower than LUF then this wave (ω) is absorbed by the D-region of ionosphere. Since these waves go back Earth The frequency of wave must be useable frequency interval.

Keywords: İonosphere, reflection, critical frequency, MUF, LUF

1. GİRİŞ

Yüksek Frekans (HF) bandı 3 MHz ile 30 MHz frekans aralığını kapsar ve iyonküreden yansıyabilecek en yüksek frekans bandıdır. HF bandından yayılım ile kısa mesafelerin yanı sıra oldukça uzun mesafelerde de tekrarlayıcılara ihtiyaç duyulmadan iletişim sağlanabilir. Bu banttaki gürültü seviyesi düşük bant frekanslardan daha azdır [1]. Bu yüzden sabit iki nokta arasında, deniz taşıtlarıyla sahil veya deniz taşıtları arasında, hava taşıtlarıyla deniz taşıtları ve yer arasında yapılan haberleşmede, amatörler ve belli kurumlar tarafından yapılan yayınlarda kullanılır.

1901'de Marconi'nin yaklaşık 3000 km uzaktan gelen bir sinyali almasıyla bu banttan yayılımda önemli bir adım atılmıştır. 1922'de Kennelly ve Heaviside dalgaların atmosferin üst tarafında bir katmandan yansıdığını belirtmişlerdir. 1922'de Marconi gece ve gündüz yayılım koşullarının değiştiğini keşfetmiştir. 1918 yılında HF bandı uçak ve gemiler tarafından kullanılmaya başlanmıştır. 1922'li yıllarda HF bandından yayılıma verilen önem artmıştır. Marconi yaptığı deneyler sonucunda iyonkürenin karışıklılık özelliğinin olmadığını ve güneşteki aktiviteler ile manyetik fırtınaların yayılımı etkilediğini bulmuştur [2]. Kennelly ve Heaviside tarafından belirtilen yansıtıcı katman teorisi APPLETON ve Barnett tarafından yapılan deneylerle 1925'te ispatlanmıştır. Hatta D,E ve F olmak üzere üç katman bulunmuştur. 1930'lu yıllardan itibaren iyonküreyle ilgili daha net veriler elde edilmeye başlanmış, The Radio Research Station, Cavendish Laboratory, National Braue of Standarts, Carnegie Institution gibi çeşitli kurumlar konuyla ilgilenmeye başlamıştır. 1931'de Appleton tarafından kırılma indisinin ifadesi verilmiştir. 2. Dünya savaşı ile birlikte HF konusundaki araştırmalar iyice yoğunlaştırılmıştır. Çünkü bu banttaki yayılım askeri amaçlar için de kullanılmıştır. 1970'li yılların başında uydu iletişiminin gündeme gelmesiyle birlikte HF bandından yayılım gözden düşmeye başlamıştır. Ama kısa zaman sonra uydu iletişiminin pahalı olması HF'i yeniden gündeme getirmiştir. Ayrıca askeri alanda başka bir ülke tarafından yapılan uydunun kullanılması kuşkuyla karşılanmış ve HF bandından yayılım yine değer kazanmıştır.

Bu bantta yer dalgası ve gök dalgası olmak üzere iki tür dalga vardır. Yer dalgası, daha çok 5 MHz'e kadar olan düşük frekanslar ile yakın mesafelere yapılan yayılımlarda kullanılır. Zayıflama miktarı yayılım ortamının özelliklerine göre de değişir. Örneğin deniz üzerinden geçen dalga bozulmaya uğramadığı bilinmektedir.

Gök dalgası ile yayılımda ise dalganın iyonküreden ve yerden yansımasından yararlanılır. Bu şekilde 9000 km'den uzun mesafelerde bile yayılım yapılabilir. Kısa mesafelerde ise coğrafik koşullar nedeniyle yer dalgasının ulaşamadığı bölgelerde rahatlıkla kullanılabilir. Diğer yandan yansıtıcı katman olarak iyonkürenin kullanılmasından dolayı

yayılım şartlarında ani ve düzensiz değişiklikler, faz kaymaları, yüksek düzeyde karışım ve sönümleme gibi problemlerle karşılaşılmaktadır.

Bu çalışmada, HF haberleşmesinin ana kaynağı olan iyonküre kısaca tanıtıldıktan sonra; HF bandındaki yayılım incelenecektir. Bu yayılım önce teorik olarak incelenecek daha sonra Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinde ölçülen iyonküre plazmasının kritik frekans değerleri kullanılarak maksimum kullanılabilir frekanslar hesaplanacaktır.

2. İYONKÜRE

İyonküre atmosferin 50. km'sinden başlayarak yaklaşık 1000 km'ye kadar uzanan, pozitif iyonlar, serbest elektronlar ve nötr parçacıklardan oluşmuş yer atmosferinin iletken bir bölgesidir [4]. İyonlaşmaya sebep olan etkenlerse ultraviyole (UV) ve X ışınları, güneşteki patlamalar ve yüksek enerjili parçacıklardır. Görüldüğü üzere güneşin iyonkürenin durumu üzerindeki etkisi büyüktür. İyonlaşma, negatif yüklü elektronların nötr atom veya moleküllerden koparılması veya bağlanması ile nötr atom veya moleküllerden pozitif veya negatif yüklü iyon ve serbest elektronlara geçiş sürecidir. Bu iyonlar iyonküreye adını verirler. İyonküre içerisinde daha hafif ve daha serbest şekilde hareket eden elektronlar yüksek frekanslı radyo dalgalarının yayılmasında önemlidirler.

İyonküredeki elektron yoğunluğu arttıkça kullanılabilen frekans değeride büyümektedir. İyonküre elektron yoğunluğuna göre D, E, F1 ve F2 olarak adlandırılan dört tabakaya ayrılır. Bu tabakalarının yaklaşık yükseklik aralıkları aşağıdaki gibidir:

- D tabakası :50 - 90 km arası,
- E tabakası :90 - 140 km arası,
- F1 tabakası :140 - 210 km arası,
- F2 tabakası :210 km.' nin üzeri.

HF dalgaların bir kısmı iyonküredeki bu bölgelerden kırıldıklarından, iki terminal arasında haberleşmeler için yüksek ve alçak frekans limitleri vardır. Kullanılabilen en yüksek frekans MUF, en düşük frekans ise LUF olarak isimlendirilir. Eğer frekans çok yüksek ise dalga iyonküreyi geçerek daha yukarı tabakalara nüfuz eder. Eğer çok düşük ise, sinyalin şiddeti D tabakasısındaki soğurulmalardan dolayı çok düşük olacaktır. Kullanılan frekansların aralığı,

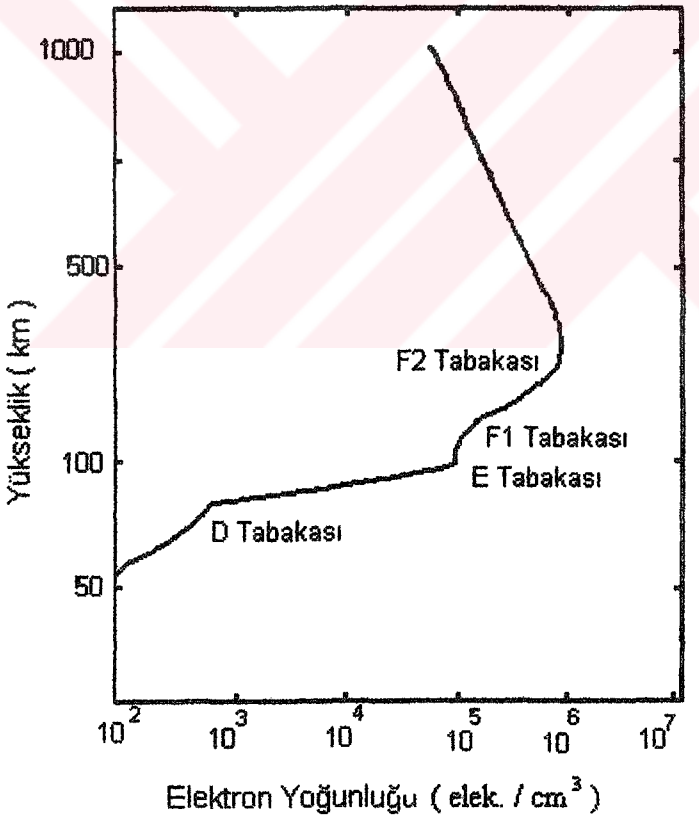
- Günlere,
- Mevsimlere,
- Güneş dönemlerine,
- Yerden yere değişimlere,
- Haberleşme için kullanılan iyonküre tabakalarına bağlı olarak değişir.

Frekansların üst limitleri çoğunlukla bu faktörlerle değişirken, alt limit ise alıcı sitesi gürültüsüne, anten verimine, verici gücüne, E tabakası perdelemesine ve iyonküredeki soğurulmaya bağlıdır [3].

2. 1. İyonküre Tabakaları

İyonkürede elektronların sayısı yaklaşık olarak iyonların sayısına eşittir. İyonküredeki elektron sayısı m^3'de 10^{12} civarındadır [5]. Alt sınırı Yer' den yaklaşık olarak 50 km yüksekliğinden başlayıp, H^+ ve He^+ gibi hafif iyonların O^+ gibi ağır iyonlara hakim olmaya başladığı yükseklik üst sınır olarak kabul edilmektedir [6]. İyonkürenin en önemli özelliği orta, uzun ve kısa dalga boylu yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaları yansıtabilmesidir [7].

Güneşin yaydığı X ve mor ötesi (UV) ışınımlar, iyonosferdeki iyonlaşmanın temel kaynağıdır. Ayrıca bunlardan başka enerjili parçacıkların da, iyonkürenin alt tabakalarında ve özellikle geceleyin F tabakalarında iyonlaşmaya katkısı vardır.



Şekil 2.1.1 İyonküredeki elektron yoğunluğunun yükseklikle değişimi ve iyonkürenin bölgelere ayrılışı [8].

X, mor ötesi ışınlar ve enerji parçacıkları atmosfer içinde yol aldıkça, atmosfer bileşenleri tarafından emildikleri için şiddetlerini kaybederler. Gelen ışınımlar başlangıçtaki. değerlerinin 1/e değerine ulaştıkları yükseklikte tamamen emilmekte ve etkilerini kaybetmektedirler. Maksimum emilme bu noktada oluştuğu için maksimum iyonlaşma da bu yükseklikte olmaktadır. Her atmosfer bileşeni bundan dolayı farklı yükseklikte iyonlaştığından farklı bölgeler oluşur. İyonküredeki farklı bölgelerin oluşumu şöyle de açıklanabilir:

Gelen ışınımlar farklı dalga boylarında olduklarından, farklı yüksekliklerde optik derinliklerine ulaşmaktadırlar. İyonkürenin farklı yüksekliklerindeki bileşenleri de farklıdır. Bu nedenle değişik yüksekliklerde optik derinliğine ulaşan ışınımlar, değişik oranlarda iyonlaşmayı sağlamaktadır. İyonlaşmanın farklı olduğu yerlerde, elektron üretimi de farklı olacağından, farklı tabakalar oluşmuş olur. Bunlar D, E ve F tabakalarıdır. Bu tabakalar Şekil 2.1.1 de görülmektedir.

2. 1. 1. D- Tabakası:

D tabakası en alçak bölge olup Yer' den yaklaşık olarak 50-90 km yüksekliğindedir. Dalga boyları 1 - 10 $\mathring{A}$ olan X ışınımları ve 70 km'nin altındaki yüksekliklerdeki kozmik ışınlar bu tabakanın oluşumunu sağlarlar.

D tabakasındaki iyonlaşma çok azdır çünkü düşük UV ışınımları bu tabakayı delip geçer. Düşük frekanslı radyo dalgaları kullanılarak D tabakasında haberleşmeler mümkündür. Ancak düşük frekanslı radyo haberleşmelerinde D tabakasında yüksek absorpsiyon olacağından geniş antenler ve oldukça yüksek güçte vericiler gerekmektedir. 3 MHz ve üzerindeki HF radyo dalgalarıyla yapılan haberleşmelerde D tabakası absorpsiyonu önemli derecede etkili değildir.

D tabakası, iyonkürenin elektron yoğunluğu yönünden en zayıf tabakasıdır [4]. Bu nedenle iyonlaşmanın en büyük kısmını 1-10 $\mathring{A}$ arasındaki X ışınımları ile 1030 $\mathring{A}$'dan büyük dalga boylu UV ışınımları sağlamaktadır. Bu ışınımlardan başka, dalga boyları 1216 $\mathring{A}$ olan Layman (α) ışınımları D tabakasına kadar inip NO^+ iyonunun iyonlaşmasını sağlar. Ayrıca yüksek enerjili kozmik ışınların da bu tabakada iyonlaşmaya katkıları vardır. Bu ışınımların etkileri özellikle gece ortaya çıkar. Çünkü kozmik ışınlar yüksek enerjili olduğu için atmosferde emilmeden D tabakasına kadar inmekte ve bu bölgenin alt kısımlarında iyonlaşmaya neden olmaktadır. D tabakası yüksek frekanslı dalgaları kırmayıp onları soğurur ya da zayıflatır.

D tabakasındaki elektron üretimi, büyük ölçüde Güneş aktivitesine bağlıdır. Elektron üretimi Güneşin doğuşundan az sonra artmaya başlamaktadır. En büyük artış öğlen saatlerinde olmaktadır. Öğlen saatlerinden sonra elektron yoğunluğunda başlayan azalma, Güneşin

doğuşuna kadar devam eder. Gece saatlerinde 85 km'nin altındaki yüksekliklerde elektron yoğunluğu yaklaşık $10^8/m^3$ kadardır bu da tamamen kozmik ışınların etkisiyle sağlanır. D tabakasındaki temel iyonlar O_2^+, N_2^+ ve NO^+ dır [5].

2. 1. 2. E- Tabakası:

E tabakası, D tabakasının hemen üstündedir. Yerden yaklaşık olarak 90 - 140 km yüksekliğindedir. Genel olarak E- tabakası, 115 - 120 km'de dalga boyları 10 - 100 Å olan X ışınları ve 800 - 1026 Å olan UV ışınımların tamamen emilmesiyle ve O_2 molekülünün iyonlaşmasıyla meydana gelir. N_2 ve O atomunun iyonlaşması 130 km'de maksimum düzeye çıkmaktadır. İyonlaşma aynı zamanda elektron üretimi olduğundan E- tabakasındaki maksimum elektron yoğunluğu da bu yükseklikte ölçülmüştür. E- tabakası maksimum serbest elektron sayısı 110 km civarlarındadır. Elektron yoğunluğu gece m^3'de 10^9 iken gündüz 10^{11}'dir. Bu büyük değişimin nedeni E- tabakasında foto kimyasal süreçlerin hakim olmasıdır. E- tabakasında sırasıyla en fazla NO^+, O_2^+, O^+ ve N_2^+ iyonları bulunmaktadır. E- tabakasında serbest elektron ömrü 20 saniye kadardır. E- tabakasının kritik frekansı yaklaşık 3- 4 MHz civarındadır.

E tabakası çok yüksek frekans ile alçak frekans bantları arasında orta dizi haberleşmelerine izin verir. Yaklaşık 15 MHz üzerindeki frekanslarda radyo dalgaları E tabakasından sızar.

2. 1. 3. F- Tabakası:

İyonkürenin en üst bölgesini kapsayan F tabakası, iyonkürenin 140 km'de H^+ ve He^+ gibi hafif iyonların atmosfere hakim olmaya başladıkları yükseklik olup, üst sınırı kesin olarak belli değildir.

Bu tabakanın en önemli özelliği, radyo haberleşmelerinde oynadığı roldür. Çünkü kısa dalgaların yayılması bakımından en önemli iyonküre tabakasıdır. Radyo haberleşmesinin yapılması için o bölgenin elektron yoğunluğunun fazla olması gerekir ki, elektron yoğunluğu bakımından en yoğun olan bölge F bölgesidir. Bölgedeki atomlar öğleden sonra uzun bir sürece iyonlaşarak, maksimum Güneş aktivitesi süresince bütün gece boyunca iyon olarak kalır. F tabakası iyonküre tabakalarının en üstünde olduğundan dolayı frekanslar bu bölgeden en uzun yayılma kabiliyetine sahiptir. Maksimum frekans, Güneş aktivitesine göre değişir. Gündüz

saatleri esnasında F tabakası kendi içinde F1 (140 - 210 km arası) ve F2 (210 km'den büyük yüksekliklerde) bölgesi olarak ikiye ayrılır.

F1 tabakasının davranışı E tabakasına benzer. Gece genellikle F1 tabakası gözden kaybolur. F1 tabakasında serbest elektron ömrü 1 dakikadır. F1 tabakası iyonlaşmanın maksimum olduğu tabakadır.

F2 tabakası günün 24 saati mevcuttur. Gece saatlerinde F2- tabakasının mevcut olmasının sebebi F2 bölgesinde elektron ömrünün en büyük olmasıdır. Bu bölgede serbest elektron ömrü 20 dakika kadardır. Uzak mesafe radyo haberleşmeleri, elektron yoğunluğunun maksimum olduğu h_mF2 (250 - 450 km) yüksekliğindeki yansıtmalarla sağlanmaktadır. Burada h_mF2, F2 bölgesinin tepesidir. Gece h_mF2 yüksekliği büyümekte gündüz azalmaktadır. En büyük değerini gece yarısı almaktadır. F2 tabakası elektron yoğunluğunun maksimum olduğu tabakadır.

200 - 800 $\mathring{A}$ arasındaki UV ışınımları bu bölgedeki temel iyonlaşma kaynağıdır. Bu ışınımların çoğu 160 - 180 km arasında emilmektedir. F1 bölgesine en fazla NO^+ ve O_2^+ iyonları bulunurken F2 tabakasında O^+ temel iyonu bulunur. Yükseklik arttıkça hafif iyonların yoğunlukları da artmaktadır. Yaklaşık 240 - 600 km arasında elektron yoğunluğu O^+ iyonu yoğunluğuna eşittir. Bu da elektron yoğunluğunun iyonküredeki O^+ iyonu yoğunluğuna göre değiştiğini gösterir.

3. HF BANDINDA YAYILIM

Bu bölümde 3- 30 MHz aralığında gök dalgası ile yapılan yayılımın temel prensipleri, dalga normalinin iyonküreye giriş açısına göre düşey ve eğik yayılım olarak iki kısımda ele alınmıştır. İyonküre hem yön bağımlı hem de saçıcı bir ortamdır. Dolayısıyla elektromanyetik bir dalganın iyonküredeki yayılım hızı frekansına bağlıdır. Bu yüzden grup ve faz hızları farklıdır. Ayrıca yön bağımlı olduğu için grup yönü (enerjinin yayıldığı yön veya ışın yönü) ile faz yönü (dalga normalinin yönü) de farklıdır. Dalga iyonkürede ilerledikçe dalga normalinin yönündeki değişim aşağıdaki bölümlerde verilen eşitlikler ve faz kırılma indisi (veya sadece kırılma indisi) kullanılarak bulunabilir. Işın yönü ile grup kırılma indisi arasında ise böyle bir bağlantı yoktur [2]. Önce dalga yönü bulunup bununla ışın yönü arasındaki açıdan yararlanılarak ışın yönü bulunur.

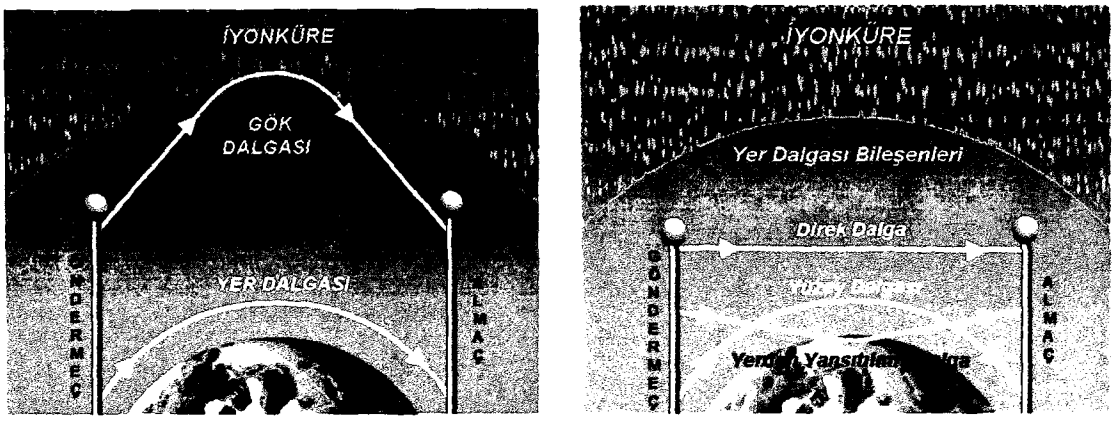
Gök dalgası ile yayılımda iletişim amaçlı olarak daha çok eğik yayılım; iyonküre parametrelerinin bulunması ve bazı yöntemlerde eğik yayılımdaki ışın yönünün hesaplanması için düşey yayılım yoluyla elde edilen veriler kullanılmaktadır.

3. 1 HF Radyo Dalgalarının Yayılımı

HF radyo sinyalleri uzak mesafedeki bir alıcıya kadar temelde 2 değişik şekilde yayılabilirler: Yer dalgası ve gök dalgası. Yer dalgası yayılımının ise 3 farklı bileşeni vardır: Yüzey dalgası, direk (görüş hattı) dalgası ve yerden yansıtılmış dalga (Şekil 3.1.1).

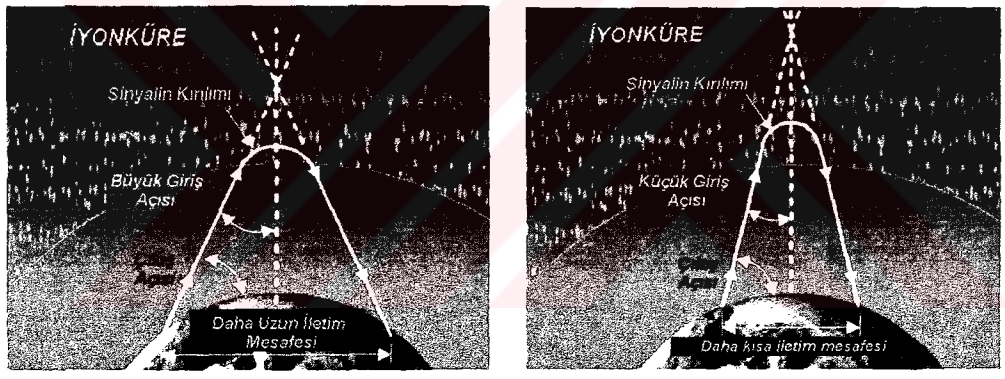
Radyo dalgalarının gök dalgası bileşeni vericiden çıktıktan sonra iyonküreye girer. Dalganın iyonküreye giriş açısının sinyalin iletim başarısı ve iletim mesafesi üzerinde önemli etkileri vardır. Tanım olarak; radyo sinyalinin vericiyi terk ettiği açıya çıkış açısı, gök dalgasının iyonküreye temas açısına da giriş açısı denir (Şekil 3.1.2, Şekil 3.1.3.a).

Bu açı iletim frekansı ve anten tipi tarafından belirlenir. Duvardan seken bir top gibi radyo dalgası da giriş açısı ile aynı açıyla iyonküreden geri yansır. Bu sebeple, çıkış açısı haberleşme menzilini belirlemede önemli bir faktördür. Uzak bir istasyonla haberleşmek için ise çıkış açısının küçük (giriş açısının büyük, Şekil 3.1.2.a), yakın bir istasyonla haberleşmek için ise çıkış açısının büyük (giriş açısının küçük, Şekil 3.1.2.b) olması gerekir.



(a) (b)

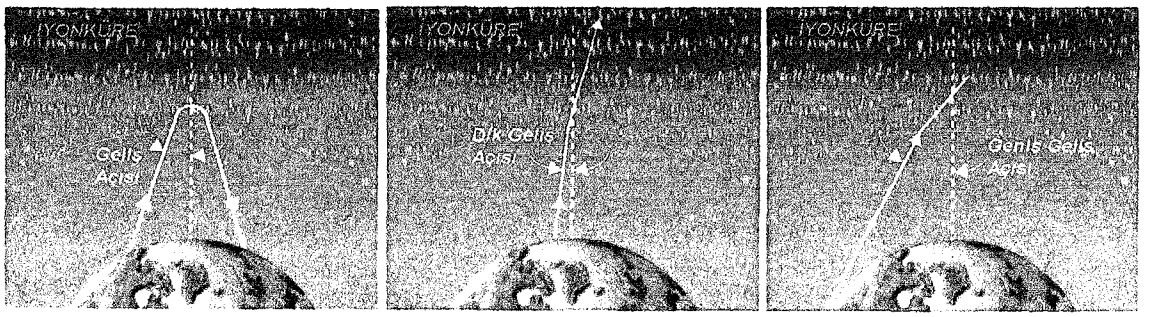
Şekil 3. 1. 1. (a) İki temel yayılım şekli: Dünyanın yüzeyi boyunca ilerleyen yer dalgası ve atmosfere gönderilip iyonküre tarafından Dünya'ya geri yansıtılan gök dalgası (b) Yer dalgalarının 3 bileşeni: Ufuk altı hattında yeri izleyen yüzey dalgası, uzaklık arttıkça kuvveti azalan ve doğru bir hat boyunca ilerleyen direk dalga ve yerden yansıtılmış dalga [20].



(a) (b)

Şekil 3.1.2. Radyo sinyalinin çıkış açısının (dolayısıyla giriş açısının) iletim mesafesine etkisi. (a) Büyük giriş açısı ile uzun iletim mesafesinin ve (b) küçük giriş açısı ile daha kısa iletim mesafesinin sağlanması [20].

Radyo dalgasının iyonküreye giriş açısı kritik önem taşır, çünkü eğer çok dik ise (dar giriş açısı) ise dalga Dünya'ya yansıtılmadan iyonküreyi geçip uzaya çıkar (Şekil3. 1. 3. b). Eğer, aksine çok geniş bir açıyla iyonküreye girerse (Şekil3. 1. 3. c), dalga, iyonkürenin alt katmanları tarafından daha yoğun iyonlaşmış üst katmanlara ulaşmadan emilerek alıcıya ulaşması engellenir. Bu yüzden. giriş açısının sinyali Dünya'ya geri döndürecek kadar büyük ancak emilime engel olacak kadar küçük olması gerekir.



Şekil 3.1.3. Radyo sinyalinin iyonküreye giriş açısının kırılmaya etkisi [20].

3. 2. Düşey Yayılım

Dalga normalinin iyonküreye giriş açısı 0^0 ise bu yayılıma düşey yayılım adı verilir.

Yukarıda da belirtildiği gibi incelemeler için önce kırılma indisinin değeri bulunmalıdır. Bu yüzden elektromanyetik dalganın iyonküreye girmesinin bu katmanda nasıl bir etki yarattığı irdelenmiştir.

Elektromanyetik dalgalar iyonlaşmış bir tabakaya girdiklerinde iyonlar ve elektronlar üzerinde kuvvet uygularlar. Bunun sonucunda bir yük hareketi yani akım oluşur. İyonlar elektronlardan çok daha ağır oldukları için hızları düşüktür, akıma etkileri ihmal edilebilir. Bu koşul altında elektronun plazma salınım frekansı aşağıdaki yolla çıkarılabilir:

Plazma ortamında kütlesi m, yükü –e, hızı $\vec{v}$ ve bir $\vec{E}$ elektrik alanının etkisinde bulunan elektron için hareket denklemi şu şekildedir:

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = -e(\vec{E} + \vec{V} \times \vec{B}) - m\vec{g} - m\upsilon\vec{v} - \frac{\nabla P_a}{N_{0a}} \qquad (3.1)$$

Burada ideal gaz yaklaşımı yapılırsa gaz basıncı sabit olduğundan $\frac{\nabla P_a}{N_{0a}} = 0$ dır ayrıca manyetik alan, yerçekimi ivmesi ve plazma ortamındaki çarpışmalar ihmal edilirse denklemimiz

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = -e\vec{E} \qquad (3.2)$$

halini alır.

Gauss ifadesine göre;

$$\oint \vec{E} d\vec{s} = \frac{\sum q}{\varepsilon_0} \qquad (3.3)$$

$\sum q = \int \rho dv$, $v = x.s$, $\rho = q_e n_e$ olduğundan

$$E.S = \frac{\rho v}{\varepsilon_0} = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho s x \qquad (3.4)$$

$$E = \frac{q_e . n_e}{\varepsilon_0} x \qquad (3.5)$$

olur. Denklem (3.5)'i denklem (3.2) de yerine bırakırsak

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -e\vec{E} \qquad (3.6)$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -e\left(\frac{q_e n_e}{\varepsilon_0} \right) x \qquad (3.7)$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{e}{m}\left(\frac{q_e n_e}{\varepsilon_0} \right) x \qquad (3.8)$$

Bu ifade bir diferansiyel denklem olup çözümü $x = ACos\omega t$ dir. O halde $\frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega^2 ACos\omega t$ 'dir. Bu eşitlik Denklem (3.6)'da yerine yazılırsa

$$\omega^2 = \frac{qen_e}{\varepsilon_0 m_e} \qquad (3.9)$$

elde edilir. Bu eşitlik elektron için plazma salınım frekansı olarak adlandırılır. $q = e$ ve $N = n_e$ olduğundan

$$\omega_p = \left[\frac{Ne^2}{m\varepsilon_0}\right]^{1/2} \qquad (3.10)$$

olarak tanımlanır [2,10,9]. Elektron için

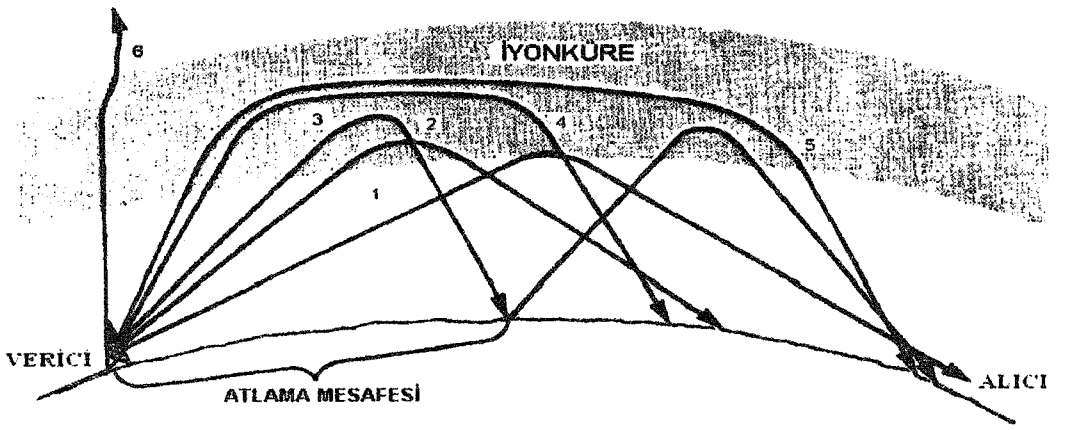
$$\omega_p{}^2 = \left[\frac{Ne^2}{m\varepsilon_0}\right] = 9N^{1/2} \qquad (3.11)$$

şeklini alır [2,10,9]. Denklem (3.11) de görüldüğü gibi plazmanın titreşim frekansı elektron yoğunluğuna bağlıdır. Bundan dolayı çalışılan iyonküre tabakalarının elektron yoğunluğu değişeceğinden dolayı $\omega_p{}^2$ de değişir.

Yukarıdaki eşitliklerde elektronlarla iyonlar arasındaki çarpışmalar göz önüne alınmamıştır. Bu çarpışmalar iyonküresel soğrulmaya sebep olur. Etkileri daha çok düşük frekanslarda ve D tabakasında görülür.

3. 3. Eğik Yayılım

Eğik yayılım için kullanılan frekans sabit tutularak çıkış açısı değiştirilirse farklı ışın yolları elde edilir.



Şekil 3.4 Farklı çıkış açıları altında sabit frekanslı sinyallerin yol izlenimleri.

Eğik yayılımda dalga normalinin iyonküreye giriş açısı 0^0'den daha büyüktür. Yer dalgası ile ulaşılamayan uzaklıktaki mesafelerde kullanılır. Giriş açısına, frekansa ve iyonküre parametrelerinin durumuna göre dalganın yansıdığı tabaka ve yaptığı sekme sayısı değişir.

Çıkış açısı küçükken ışının yansıdığı yükseklik daha alçak, atlama mesafesi ise büyüktür. Çıkış açısı büyüdükçe 2 ve 3 ışınlarındaki gibi yansıma yüksekliği artar. 2 mesafesi 4'dan, 3 ise 2'den daha kısadır. 3, bu frekansta ışının ulaşabileceği en kısa mesafedir ve olası en yakın atlama uzunluğu olarak adlandırılır. Çıkış açısı arttırılmaya devam edilirse ışının ulaştığı noktalarla verici arasındaki uzaklığın aniden arttığı görülür (4 ve 5). 1 ve 2 ışınlarına düşük açılı ışın, 4 ve 5 ışınlarına yüksek açılı ışın adı verilir [1,2,3]. Açı daha da büyültülürse 6 ışını ile gösterildiği gibi dalga iyonküreyi delip geçer.

4. HF BANDINDA YAYILIMI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

4.1. Güneş Lekeleri

Güneş lekeleri güneşteki manyetik alanlar tarafından oluşturulur. Çapları 10^9 mile kadar çıkabilir. Büyüklükleri saatten saate veya günden güne değişir. Güneş lekeleri genelde gruplar halindedir. Sıcaklıkları güneş yüzeyinden birkaç bin derece düşüktür. Bu yüzden teleskopla gözlendiklerinde siyah renkte gözükürler.

Güneşin ışıma şiddeti, yüzeyindeki güneş lekelerinin sayısına bağlıdır. Bu sayı fazlaysa UV ve X ışımaları da fazladır. Bu durum D, E, F tabakalarındaki iyonlaşmanın artmasına neden olur. Dolayısıyla D tabakasındaki soğurulma artar. E ve F tabakasından da daha yüksek frekanslarda yayılım elde edilir.

Güneş lekelerinin sayısında günlük veya güneşin kendi etrafında dönüşüne bağlı olarak 27 günde bir değişiklikler görülür. Ama asıl periyotları 11 yıldır. Bu 11 yıl süresince güneş lekelerinin sayısının fazla olduğu dönemlerde iyonküredeki elektron yoğunluğunun yanı sıra tabakaların yüksekliklerinin de değiştiği gözlenmiştir. Tabakaların yüksekliklerinin aniden değişmesine iyonküresel fırtına denir [2]. Bunlar daha çok kuzey ve güney jeomanyetik kutupların orta bölgelerinde ve çoğu kez 27 günde bir görülür. Frekans saçılmasına neden olurlar [11].

4.2. Güneş Patlamaları

Güneş patlamaları X ışınımlarını arttırır. D katmanındaki iyon sayısı çoğalır. Çarpışmalar çoğalacağı için soğurulma artar ve dalganın alan şiddeti azalır. Güneşteki patlamalardan ötürü sinyal seviyesinde düşme olmasına kısa dalga sönümlemesi denir [12]. Genellikle 90 dakika sürer.

Patlamalar sırasında UV ışınım da birden artarsa özellikle dünyanın güneş alan kısımlarında iyonküre tabakalarının yüksekliklerinde değişmeler olabilir. Dolayısıyla iyonküresel fırtınanın etkileri gözlenir. Bu değişiklikler en fazla 1-2 saat sürer ve ani iyonküresel karışıklılık adını alır [1, 2, 10, 13]

4.3. Sabah Akşam Geçişleri

Güneşin doğuş ve batış saatlerine yakın zamanlarda iyonküredeki elektron yoğunluğunda değişiklikler olur. Buna bağlı olarak kullanılabilecek en yüksek frekans

değerinde salınımlar olur. Olası en yakın atlama uzunluğu değişir, alıcıdaki alan şiddetinde artma veya azalma gözlenir.

4.4. Sporadik E Tabakası

F tabakasından yansıyabilecek kritik frekans normal E- tabakasından yansıyandan çok daha yüksektir. Dolayısıyla F tabakasından yansıtılmak istenilen ışının önünü kesip daha alçaktan yansıtabilir ve yayılım mesafesini kısaltır. Buna ekranlama frekansı denir [13]. Ayrıca dalganın geçtiği tabakadaki iyonlaşma oranının değişmesi, faz yolunun zamanla değişmesine yol açar. Dalga frekansında sapmalar olur. Buna ani frekans sapması denir [12].

4.5. Manyetik Fırtınalar

Manyetik fırtınalar dünyanın manyetik alanını etkiler. F tabakasındaki elektron yoğunluğu azalır ve MUF değeri düşer. Bu fırtınalar sırasında genelde soğurulmada artış gözlenir. Dolayısıyla LUF değeri yükselir. Sonuç olarak sistemin kullanılacağı frekans aralığı daralır. Bu sorun daha çok 40 derecenin üzerindeki enlemlerde gözlenir.

4.6. İyonkürenin Doğrusal Plazma Olmayışı

İyonkürede ilerleyen elektromanyetik dalga plazmanın özelliklerini değiştirir. Böylece o bölgedeki diğer dalgalarla birlikte kendi yayılımı da etkilenir. Özellikle verici gücü yüksek olan sistemlerden çıkan sinyaller iyonküre üzerinde etkilidir. Genliği çok küçük dalgalar için iyonküre doğrusal kabul edilebilir.

4.7. Kış Anormalliği

Kış anormalliği çoğunlukla orta enlemlerde, kış mevsiminde ve gündüz görülür. Bu mevsimde güneş açısı yazın olduğundan daha büyük bir değer aldığı halde F2 tabakasının kritik frekansı daha yüksek olabilir.

4.8. Odaklanma

İyonküredeki elektron yoğunluklarının bozulması şekil 4'de de gösterildiği gibi odaklanmaya yol açar.

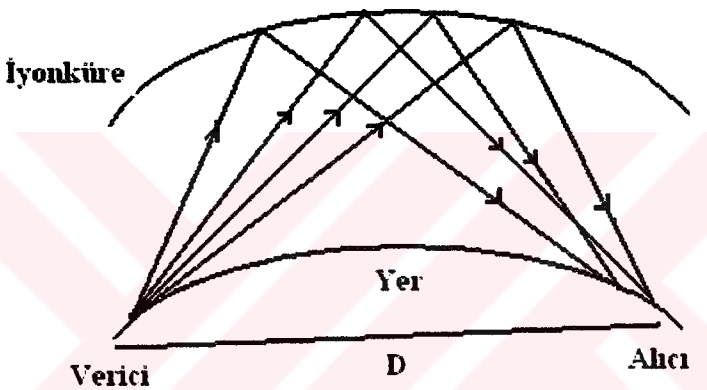
4.8. Odaklanma

İyonküredeki elektron yoğunluklarının bozulması şekil 4'de de gösterildiği gibi odaklanmaya yol açar.

Elektron yoğunluğu bozulduğunda iyonküre içbükey bir ayna gibi davranır ve vericiden farklı açılarla gönderilen sinyaller aynı noktanın etrafına odaklanır.

Bu yüzden oluşan kayıp aşağıdaki formülle bulunabilir [2].

$$L_f = 10 \log (a \sin\varphi \tan\Delta \, dD/d\Delta) \qquad (4.1)$$



Şekil 4. İyonkürede odaklanma.

Burada

D : Alıcı ve verici arasındaki uzaklığı

Δ : Çıkış açısını,

a : Dünyanın yarıçapını,

φ : Dünya merkezindeki açıyı ifade eder.

4.9. Sönümlenme

Alıcıdaki sinyal genliğinin zaman zaman ortalama değerden sapmasının sebeplerinden biri de sönümlenmedir. Sönümlenme farklı sebeplerden oluşabilir ve süresi birkaç saniyeden birkaç saate kadar değişebilir.

Sönümlenmeye sebep olan etkenlerden biri iyonküredeki düzensizliklerdir. İyonküreye giren dalgadaki gücün bir kısmının saçılmasına sebep olurlar. Düzensizlikler, tropoküredeki

bulutlar gibi hareket eder. E katmanında 1 km'lik alanları kapsarlar ve hızları ortalama olarak 80 m/s'dir. F katmanında ise 20 km'den büyük alanlarda ve 100m/s hızla hareket ederler. Çok yollulukta sönümlenmeye yol açar.

4.10. Soğurulma

İyonkürede yayılan dalganın genliğinde soğurulmadan dolayı azalma olur. Bunun sebebi elektronlarla diğer parçacıklar arasındaki çarpışmalardır.

İyonkürenin alt kısımlarında dalga frekansıyla ters orantılı soğurulma gözlenir. Alıcıda belli bir değerde sinyal elde etmek için düşük frekanstaki dalgalarda vericiden daha yüksek güçte yayın yapılması gerekir. Ayrıca iyonküre fırtınalarında soğurulma artar ve frekans ile soğurulma arasındaki ters orantıdan dolayı önce düşük frekanslı dalgalarda sönümlenme gözlenir. Dolayısıyla mümkün olan en yüksek frekans kullanılır [2, 10].

4.11. Gürültü

HF bandındaki sinyalleri etkileyen gürültüler üç ana grupta toplanabilir: Atmosferik gürültü, uzaydan gelen gürültü ve insanların sebep olduğu gürültü.

Atmosferik gürültüde yıldırımlar yol açar. Alıcıda oluşacak gürültü seviyesi alıcının coğrafik konumuna, mevsime, zamana, frekansa (9 MHz'e kadar daha etkilidir, 15 - 20 MHz arasında ihmal edilebilir) ve alıcının bant genişliğine (gürültü bant genişliğinin kareköküyle orantılıdır) bağlıdır.

Uzaydan gelen gürültüye güneş ve galaksideki ışınımlar yol açar.

İnsanların sebep olduğu gürültü ise daha çok elektrik motorlarından, güç iletim hatlarından, alıcı antene yakın herhangi bir ateşleme sisteminden kaynaklanır. İçlerinde en etkili olanı yüksek gerilim hatlarıdır.

Tüm bu gürültü çeşitleri ile ilgili grafikler ve bazı hesaplamalar [14]' de verilmiştir.

5. KULLANILABİLİR FREKANS ARALIĞI

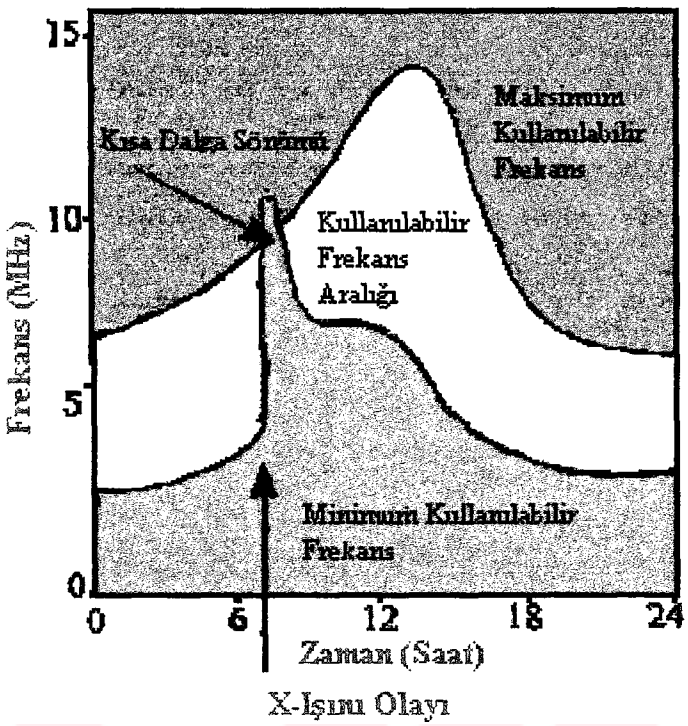
HF haberleşmesi için radyo dalgaları, iyonkürenin bir noktasından başka bir noktasına sıçrayarak yayılabilir. İyonkürenin içinde bulunduğu durum radyo dalgalarının yayılımını etkilediği için haberleşecek tarafların belirli bir zaman için en uygun haberleşme frekansını seçmesi gerekir. Kritik parametreler maksimum kullanılabilir frekanslar (MUF) ve minimum kullanılabilir frekanslardır (LUF) [7].

MUF, verilen bir açıda yere geri dönen ışının yüksek frekansıdır yani iyonkürenin belirli bir anda sahip olduğu özellikler sebebiyle o an kullanılabilecek en yüksek frekans Maksimum Kullanılabilir Frekans (MUF) olarak tanımlanır. MUF'dan yüksek frekanslar iyonkürenin o anki şartlarında iyonküre tabakalarını aşıp uzaya çıkarlar ya da o kadar yavaş kırılmaya uğrar ki istenilen noktanın gerisinde yeryüzüne dönerler. F tabakasının maksimum elektron yoğunluğuna ve radyo dalgasının geliş açısına bağlıdır. Günlük, Güneş devri ve jeomanyetik karışıklıklarla değişir.

LUF, iyonküre yoluyla radyo haberleşmesi için gerekli olan en düşük frekanstır başka bir deyişle seçilen frekans MUF'un ne kadar altındaysa D tabakası tarafından o kadar fazla emilir. Frekans azaltılmaya devam edilirse belirli bir değerde sinyal tamamen emilir ya da çok çabuk kırıldığı için alıcının önünde bir noktada yeryüzüne iner ve alıcıya ulaşamaz. Bu frekans değerine Minimum Kullanılabilir Frekans (LUF) denmektedir. Bu sebepten, kullanılabilir frekanslar LUF ve MUF sınır değerlerinin arasında kalanlardır (Şekil 5.1). D ve E tabakasındaki radyo dalgalarının soğurma miktarıyla kontrol edilir [5]. Şekil 6.1'de kullanılabilir frekans aralığı gösterilmiştir.

Herhangi bir devre için maksimum kullanılabilir frekans (MUF), devrenin boyu ve kırılma alanları çevresindeki iyonkürenin durumu tarafından belirlenir. MUF, bir tabakanın maksimum elektron yoğunluğuna sahip alanından kırılır. Bu nedenle, belli bir tabaka için, MUF'dan daha büyük frekanslar, o bölgeyi delip geçerler. Gün boyunca farklı frekanslar kullanarak, hem E, hem de F tabakalarıyla haberleşmek mümkündür. E bölgesi tarafından tutulan en büyük frekansa EMUF, F tabakası tarafından tutulan en büyük frekansa da FMUF denir [16].

Özellikle F bölgesi MUF'u gün boyunca, mevsimsel ve Güneş dönemleriyle değişir. F bölgesi MUF'larının aralığı, tahminle de sağlanır ve bu aralık için en iyi çalışma frekansı (OWF) olarak adlandırılır ve orta MUF ile yüksek istatistiksel MUF arasında bulunan, düşük istatistiksel MUF'taki aralıktır. Bu MUF'ların iyon küre tarafından tutulma ihtimalleri, en iyi çalışma frekansı (OWF), orta MUF ve yüksek istatistiksel MUF için sırasıyla %90, %50 ve %10'dur. OWF, en tutarlı haberleşmeleri sağlar [17].



Şekil 5.1. Kullanılabilir frekans aralığının maksimum ve minimum frekanslar arasındaki uzanımı [15].

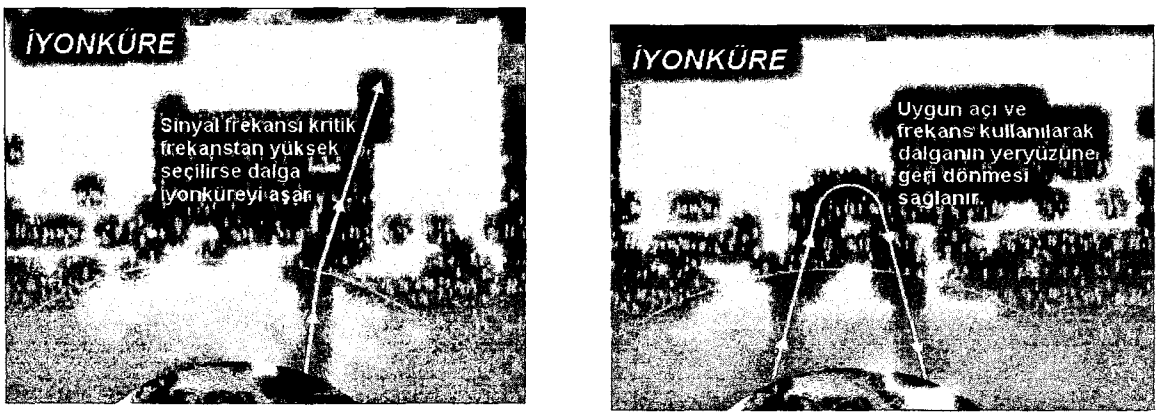
En iyi iletişim için seçilmesi gereken frekans değeri genelde MUF'un %85'i hesaplanarak bulunur. Bu değer genellikle geceleri gündüzden daha düşüktür Tahminler genellikle bir aylık bir periyodu kapsar, bu yüzden OWF ayın 27 gününü ve zamanın %90'ında başarılı yayılım yapabilir. Orta MUF haberleşmeleri, %50 veya ayın 15 günü ve yüksek istatistiksel MUF, %10 veya ayın 3 günü yayılım sağlayabilir. Yüksek istatistiksel MUF, MUF aralığının en yüksek frekansıdır [4].

5.1. Kritik frekans

İyonküre tabakaları kendilerine çarpan EM dalgalarının kırılıp bükülmesine ve yansımasına neden olur. Yansıma yeter derecede olduğu takdirde EM dalgalar tekrar Dünya'ya dönüp, bir alıcı anteni vasıtasıyla alıcıda duyulabilir. İyonküre tabakalarının iyonlaşma dereceleri yükseldikçe yansıtabilecekleri frekanslarda büyür.

Herhangi bir anda iyonküre tabakasının, dikine gönderilen bir EM dalgayı Dünya'ya geri yansıtabileceği en yüksek frekansa o tabakanın kritik frekansı denir. Bu telsiz (radyo) dalgaları yayılımı ile ilgili herhangi bir tartışmada sıkça duyulan bir terimdir. Belirli bir tabakanın kritik frekansından daha yüksek frekansla gönderilen telsiz dalgaları bu tabakayı geçip uzayda kaybolur (Şekil 5.2.a), ancak aynı dalga daha yüksek bir kritik frekansa sahip bir

üst tabakaya gönderilirse Dünya'ya doğru kırılır (Şekil 5.2.b). Kritik frekanstan daha düşük frekanstaki dalgalarda daha alt tabakadan yansıtılmazlar ya da tamamen emilime uğrayıp kaybolmazlar ise geri yansıtılırlar.

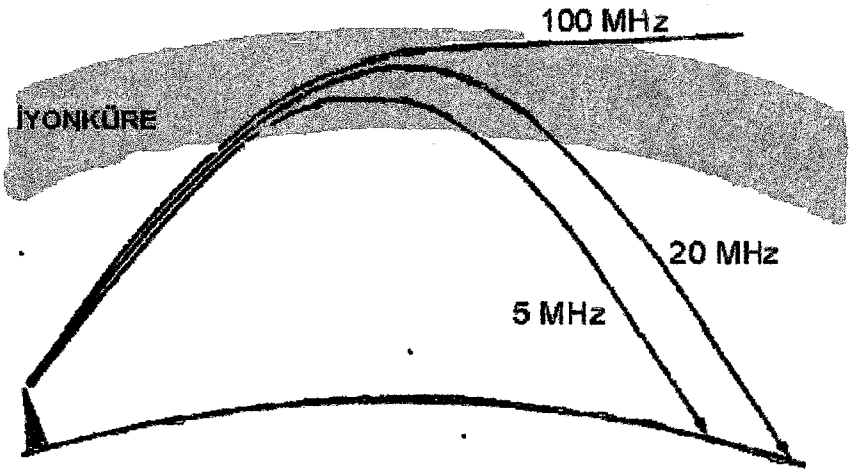


Şekil 5.2. İletim için uygun frekansın seçimi sinyalin iyonküreden yansıyıp Dünya'ya geri dönebilmesi için kritik önem taşır [20].

Bir dalganın frekansı ne kadar düşükse verilen bir derecede iyonlaşmış bir tabaka tarafından o kadar çabuk kırılır. Şekil 6.3'de farklı frekanslara sahip 3 ayrı dalganın bir iyonküre tabasına aynı açı ile girişini göstermektedir. 5 MHz'lik dalganın oldukça keskin kırınıma uğradığına dikkat ediniz. 20 MHz'lik dalga daha yavaş kırılıp daha uzak bir noktada Dünya'ya dönüyor. 100 MHz'lik dalganın frekansı açık bir şekilde kritik frekanstan yüksek ve bu yüzden geri yansıtılmadan uzaya çıkmıştır.

Kritik açı daima 90^0'den küçüktür. Yayınlanan bir EM dalganın frekansı, kritik frekanstan ne kadar büyük olursa kritik açı o kadar küçük olur. Kritik frekansın kritik açısı 90^0'dir.

Bir iyonküresel bölge boyunca en kısa mesafe, ışın dikey doğrultuda ilerlediği zaman olur. Kritik frekans dalga düşey doğrultuda ilerlediği zaman yere geri dönen en büyük frekanstır. Ancak ışın eğimli iyonkürede ilerlerse bölgenin açık derinliğinden daha büyüktür ve kritik frekanstan daha büyük frekanslar burada yere geri dönecektir.



Şekil 5.3. Aynı açı ile iyonküreye gönderilen sinyallerin iyonküreye girdikten sonraki davranışları sinyallerin frekansına göre değişiklikler gösterir.

Radyo dalgasının herhangi bir noktadan yansıyabilmesi için o noktadaki kırılma indisi n = 0 olmalıdır. B = 0 ve $\nu = 0$ şartı için kırılma indisi,

$$n^2 = 1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^2 \qquad (5.1)$$

olarak elde edilmiştir. Burada, ω gönderilen dalganın açısal frekansı, ω_p ise plazma titreşim frekansıdır. $\omega = \omega_p$ olduğunda kırılma indisi $n = 0$ olacağından bu noktada radyo dalgası yansır. Denklem (3.1) de ω ve ω_p ifadelerini açarsak;

$$n = \left[1 - \frac{e^2 N}{(m\varepsilon_0 (2\pi f)^2)}\right]^{1/2} \qquad (5.2)$$

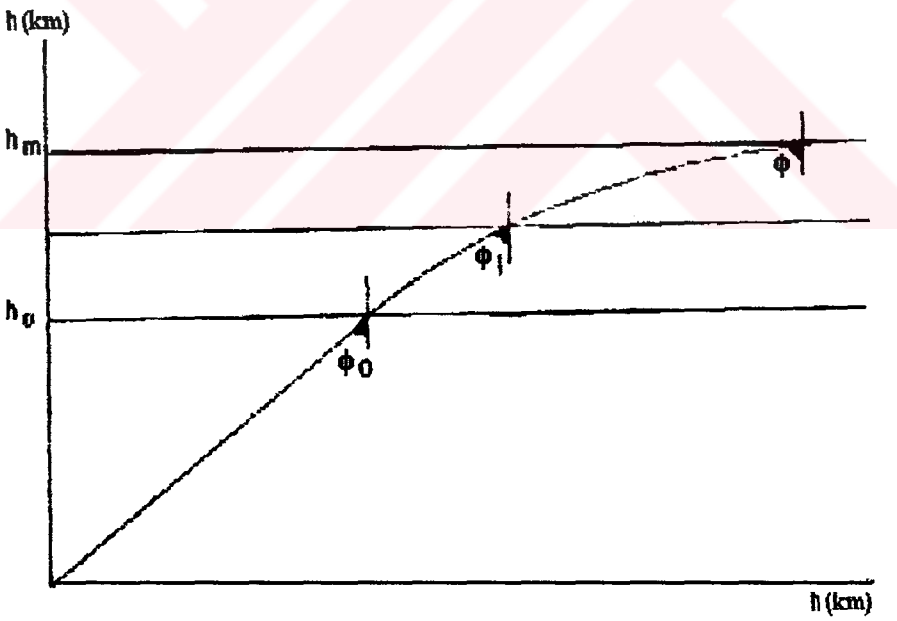
yi elde ederiz. Burada, m elektron kütlesi, N elektron yoğunluğu ve ε_0 serbest uzayın dielektrik katsayısıdır. Görüldüğü gibi kırılma indisi elektron yoğunluğuna bağlıdır. İyonkürede elektron yoğunluğu yükseklikle değişir. Bu bakımdan iyonküre bölgelerini kırılma indisleri birbirlerine çok yakın üst üste tabakalardan meydana gelmiş gibi düşünebiliriz. f frekansına sahip bir dalganin iyonkürenin alt kısmına ϕ_o açısı ile geldiğini düşünelim, Snell kanununu;

$$n_0 \mathrm{Sin}\phi_o = n_1 \mathrm{Sin}\phi_1 = \ldots\ldots = n\mathrm{Sin}\phi \qquad (5.3)$$

şeklinde yazmak mümkündür. Burada (şekil 6.4) de gösterildiği gibi ϕ_o düşeyle iyonküre tabakasının yaptığı açı olup tabakaya girdiği noktada kırılma indisinin değeri n_0=1 dir. Frekansı f olan bir dalga iyonküreye girdiği noktadan itibaren kırılma indisi değiştiğinden dolayı, dalganın hızı da noktadan noktaya elektron yoğunluğu ile değişir. Dalga iyonküre tabakalarında ilerlerken, dalganın farklı bir tabakaya geçişi sırasında ortamın kırılma indisi azalır ve sonra tekrar bir artma gösterir. Bu dönüm noktasına kırılma noktası denir. Kırılma indisinin azaldığı bu noktada kırılma açısı da düşeyden uzaklaşarak öyle bir ana rastlar ki, kırılma açısı bu noktada $\phi = \pi/2$ olur ve sin $\pi/2$ = 1' e eşittir. Bu durumda denklem (5.3),

$$\mathrm{Sin}\,\phi_0 = n \qquad (5.4)$$

haline gelir. Kırılma açısı artacağı için, kırılma açısı gelme açısından daima büyüktür. Kırılma açısının düşeyden uzaklaşarak $\phi = \pi/2$ olduğu noktada dalga yatay bir durum alır ve simetrik olarak Yer'e döner [16].



Şekil 5.4. Dalganın iyonkürede ilerlemesi [5].

(3.1) denklemi (3.4) denkleminde yerine yazılırsa,

$$\sin\phi_o = \left[1 - \frac{e^2 N}{\left(m\varepsilon_0 (2\pi f)^2\right)}\right]^{1/2} \qquad (5.5)$$

elde edilir. Yine bu son ifadede,

$$f_0 = \left[\frac{e^2 N}{m\varepsilon_0 4\pi^2}\right] \qquad (5.6)$$

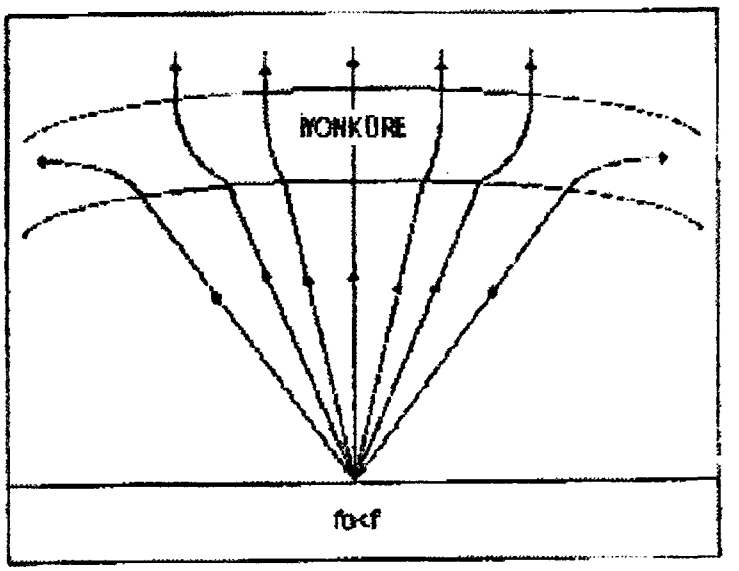
olarak yazılırsa,

$$\sin\phi_o = \left[1 - \frac{f_0^2}{f^2}\right]^{1/2} \qquad (5.7)$$

ifadesi elde edilir. Burada f_0, yansımanın olduğu noktadaki iyonkürenin sahip olduğu kritik frekanstır. Bu denklemin geliştirilmesiyle,

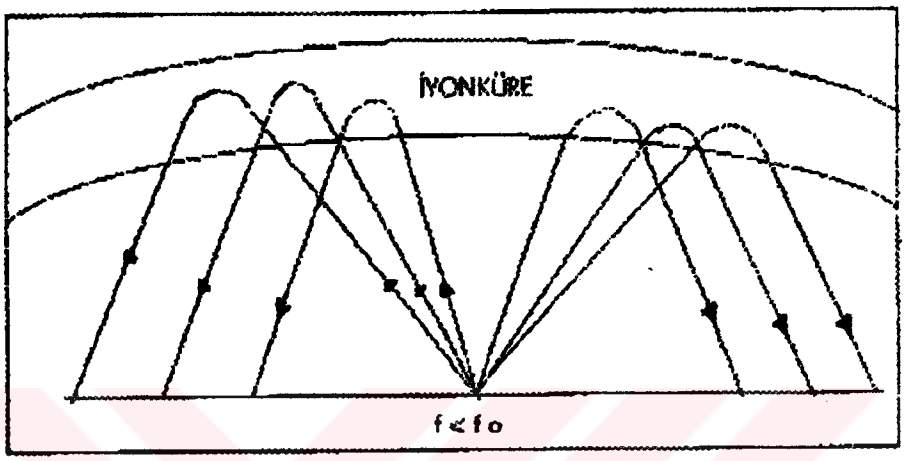
$$f^2 = f_0^2 \, \mathrm{Cos}\Phi_0 \qquad (5.8)$$

şeklinde de ifade edilir. Bu şartı sağlayan limit frekansa kadar kırılma devam eder. Dalga yataya yaklaştıkça frekans artar. Frekansı f_o' ın üzerinde olan dalgalar yansımadan iyonküreyi delip geçer, f_o' ın altında olan dalgalar iyonküreden yansır.



Şekil 5.5.a. $f > f_0$ için dalganın iyonküreden yansıması [5].

Şekil 5.5.a da $f > f_0$ şartı için, Şekil 5.5.b de $f < f_0$ şartı için yansıyan dalganın kritik frekansla değişimi görülmektedir. Elektron yoğunluğu gece-gündüz ve mevsimlere göre değiştiğinden kritik frekans ve dolayısıyla yansıma frekansları da değişmektedir. Kullanılabilir frekans aralığı doğrudan doğruya tabakanın kritik frekansına bağlı olduğundan, önce yansımanın olduğu tabakaya ait kritik frekanslar da bulunmalıdır [16].



Şekil 5.5.b. $f < f_0$ için dalganın iyonküreden yansıması [5].

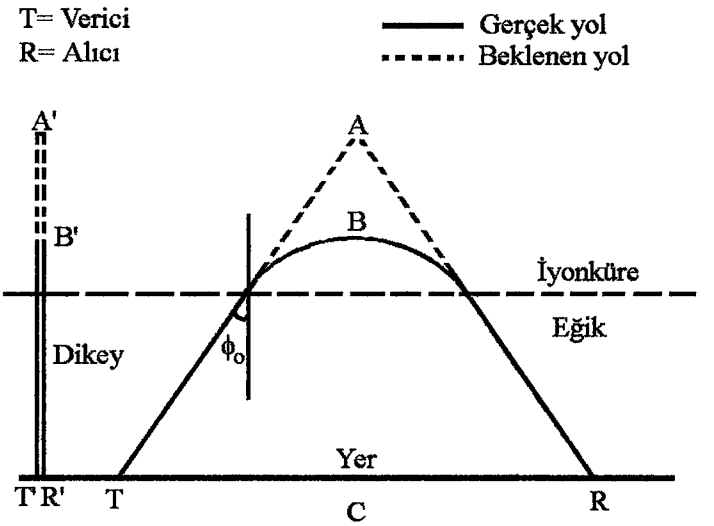
5.2. Secant Kanunu

Bu kanunu Şekil.5.6'e göre açıklayalım:

Şekil 5.6'da gösterilen iyonküre düzlemi üzerine bir ϕ_0 açısıyla gelen bir ışın ve elektron yoğunluğu göz önüne alalım. Yükseklik ile artan elektron yoğunluğunun iyonküre yüzeyinde meydana gelen yansımaların temel sebebi olduğu kabul edilmektedir [18].

Hem çarpışmaların ve hem de manyetik alanın olmadığı kabul edilen durumlarda, plazma frekansının ω_p olduğu seviyedeki ω frekanslı bir dalga için kırılma indisi (n)

$$n^2 = 1 - \left[\frac{\omega_p}{\omega}\right]^2 \qquad (5.9)$$



Şekil 5.6. Yer ve iyonküre düzlemi için denklik teoremi [18].

ile verilir. Yansıma olayının gerçekleştiği noktada Snell kanunu ($n = \mathrm{Sin}\,\phi_0$) uygulanırsa

$$\omega = \omega_p \cos\phi_0 \qquad (5.10)$$

elde edilir. Eğer eğik gelen dalganın frekansı ω_{ob} olsun., Aynı yükseklikten normal dikey gelen ile yansıyanın frekansı ω_v olursa $\omega_p = \omega_v$ olacağından,

$$f_v = f_{ob}\mathrm{Cos}\,\phi_0 \qquad (5.11)$$

veya

$$f_{ob} = f_v\mathrm{Sec}\,\phi_0 \qquad (5.12)$$

olur. f_v frekansı, f_{ob}'ye uygun olan denk dikey gelen frekans olarak isimlendirilir. (5.1) denklemi Secant Kanunu olarak bilinir. Bu kanun iyonkürenin eğik yol ile gelen daha yüksek frekanslı dalgaların normal dikey gelen dalgadan daha çok iyonküreden yansıyabileceğini gösterir [16].

5.3. Maksimum Kullanılabilir Frekanslar

(5.12) denklemiyle verilen şartı sağlayan en büyük frekansa Kullanılabilir Maksimum Frekans denir. Bundan dolayı (5.9) ifadesi

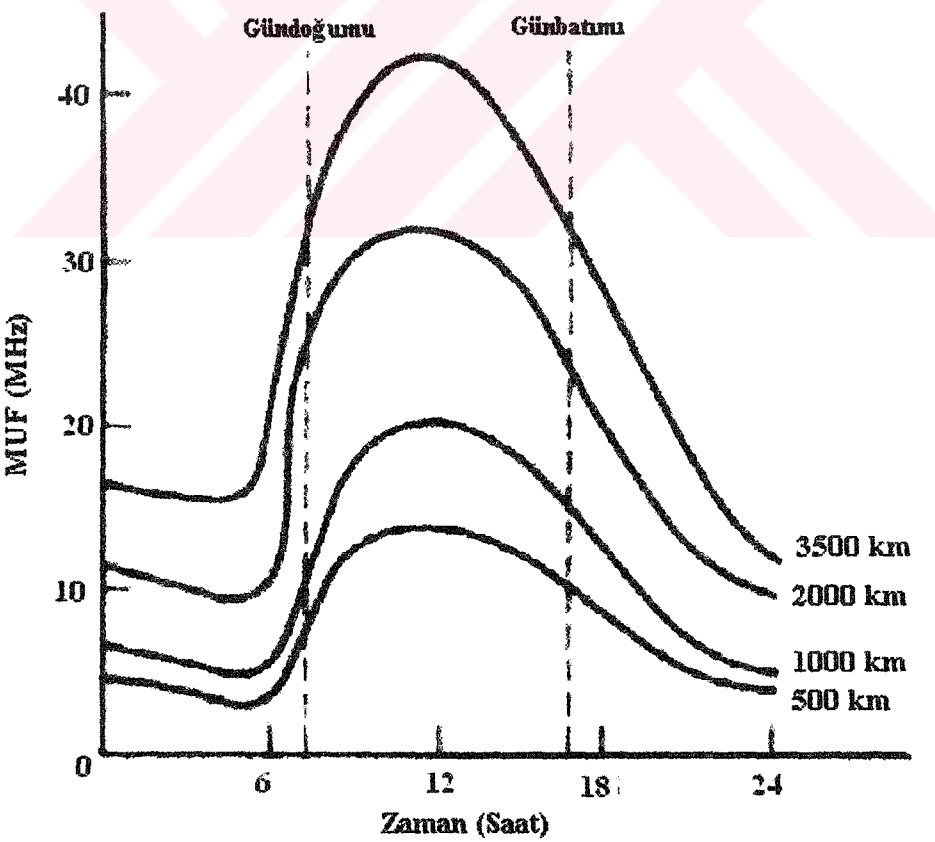
$$MUF = f_0F2\ Sec\phi_0 \qquad (5.13)$$

halini alır.$Sec\phi_o$ max değerine ulaştığı zaman, frekans da max. değerini alır ve MUF olarak adlandırılır. Tipik değeri 40 MHz'den daha azdır [15].

Farklı atlama aralıkları için kış mevsiminde elde edilen MUF değerleri Şekil 5.7'de gösterilmiştir.

5.4. Minimum Kullanılabilir Frekanslar

Kısaca LUF olarak adlandırılan en düşük kullanılabilir frekanslar tamamen D ve E bölgesindeki radyo dalgalarının soğurma miktarlarıyla ilgilidir [15]. MUF'un olduğu yerde mutlaka LUF'da bulunur. Çünkü kullanılabilir frekans aralığını bu iki parametre belirler [19].



Şekil 5.7 Farklı atlama aralıkları için MUF değerleri [19].

LUF, yaklaşık olarak 2.5 - 10 MHz dolaylarında değer alır. Gece yarısı, sabah ve akşam saatlerinde minimum değerlerindedir. Maksimum değerini saat 0700 YZ civarlarında alır. Bu değer maksimum kullanılabilir frekans değerinden daha fazladır [15].

6. EĞİK YAYILIM İÇİN KULLANILABİLİR FREKANSLARIN HESABI

6.1. Eğik yayılım için MUF hesabı

Çoklu sıçramalar, çok uzun mesafeli haberleşme bağlantılarına izin verir. Basit bir düzlem yeryüzü modeli kullanılarak (h′) gerçek yükseklik, (ϕ_o) geliş açısı ve (d) sıçrama aralığı nicelikleri arasındaki bağıntı $\tan\phi_0$ = d/2h′ olarak ifade edilir. Bu bağıntı dalganın sadece yatay doğrultuda ilerlediğini gösterir. Ancak eğer eğri yüzey modeli kullanılıyorsa ve dalga ufukta sıçrıyorsa $d = 2\sqrt{2R_e h'}$ olur.

İyonküreye herhangi bir ϕ_o açısıyla gelen eğik dalganın sahip olabileceği maksimum frekans

$$MUF = f_0 \, Sec\phi_0 \qquad (6.1)$$

dan hesaplanarak bulunabilir.

7. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmadaki bütün sayısal hesaplamalar Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinin 1993 yılında ölçülen verileri kullanılarak yapıldı. HF elektromanyetik dalganın iyonküre plazması içerisindeki davranışı ile eğik yayılan dalganın kullanılabilir frekans aralığı tespit edildi. Bu hesaplamalar sabit giriş açısı altında (30^0), Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ayının gece ve gündüz saatlerinde yapılarak, günlük ve mevsimsel değişimler incelendi.

Elde edilen sonuçlar denklem (6.1) ile hesaplanarak kullanılabilir frekans aralığı (f_0F2) tartışıldı.

7.1. Eğik Yayılan Yüksek Frekanslı Elektromanyetik Dalganın İyonküre Plazması İçindeki Davranışı

Yüksek Frekanslı (HF) elektromanyetik dalganın iyonküre plazması içerisindeki kullanılabilirliği bu ortamdaki parametrelere bağlıdır.

HF elektromanyetik dalganın Mayıs ayının tüm günlerinin 24 saatlik zaman dilimi içindeki frekans değişimleri Tablo 7.1'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi F2 bölgesinde iyonküreden yansıyan dalga en yüksek frekans (MUF) değerini saat 1200 YZ sıralarında, 21 MHz, en düşük frekans (LUF) değerini de saat 1700 YZ dan sonra saat 0800 YZ a kadar 5 MHz olarak almıştır. Dolayısıyla Mayıs ayı boyunca HF elektromanyetik dalgasının kullanılabilir frekans aralığı 5-21 MHz'dir.

HF elektromanyetik dalganın Haziran ayının 24 saat boyunca frekans değişimi Tablo 8.2'de verilmiştir. Görüldüğü gibi MUF değerini 1200 YZ sıralarında, 17.8 MHz, LUF değerini ise 1800 - 0700 YZ arasında, 8 MHz olarak almıştır.

Tablo 7.1 ve Tablo 7.2 de ayın bazı günlerinde ve saatlerinde sıfır görülmektedir. Bu frekans değerlerinin ölçülemediği göstermektedir. Gece ve günün erken saatlerinde frekans ölçümünün yapılamamasının sebebi güneşten gelen UV ışınlarla iyonlaşan ve iletişimi sağlayan serbest elektronların iyonkürede iletişimi sağlayacak kadar yeterli olmamasıdır. Diğer saatlerde ölçüm yapılamamasının nedeni ise iyonküre yapısındaki düzensizlikten kaynaklanmaktadır.

Tablo 7.1. Mayıs ayı için hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri

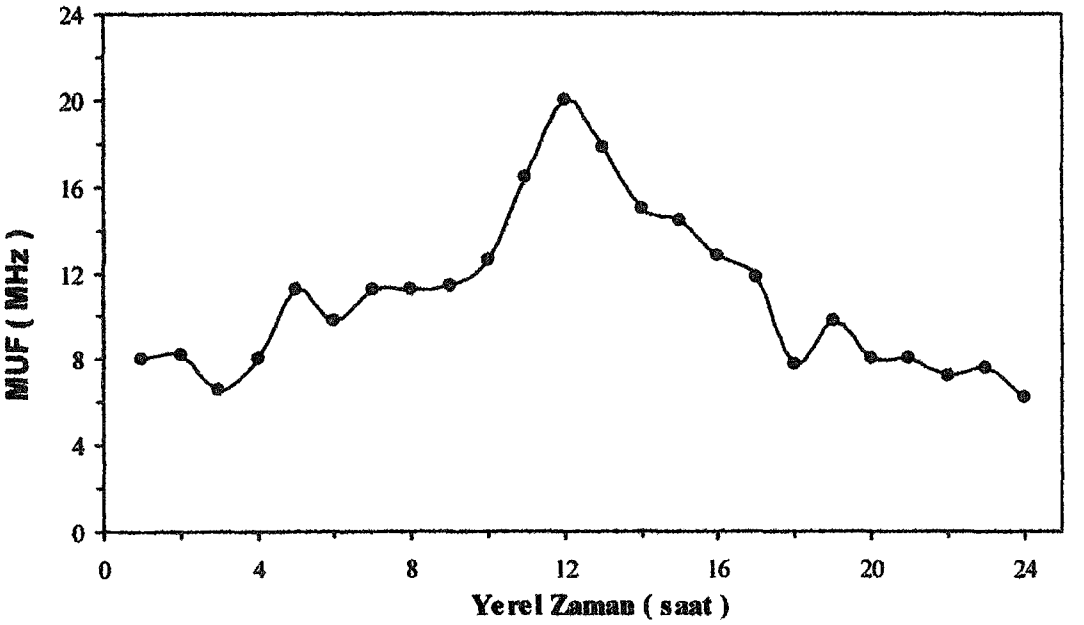
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	10	8.2	7.4	7.4	0	9.8	10	10.4	0	11	10	10.4	10.2	1.6	0	7.2	0	10	9.8	6.4	9.6	11	11	10	0
2	0	0	0	0	0	0	9.8	6.6	6.6	8	7.8	10	0	9.8	8.4	10	9.6	9.4	9.4	11	0	11	8.4	10	9.6	9.6	11	10	9.8	10	12
3	0	0	0	0	0	0	8	8	7.6	7	8.2	9.8	7.8	9.8	9.8	11	9.6	9.6	9.8	9.8	0	9.8	10.2	7.6	10	11	11	0	10	9.8	12
4	0	0	0	0	0	0	0	11.2	9.6	0	9.8	12	0	11.2	13	12	12	9.2	10.2	11	0	12	9.8	12	10	12.4	12	0	12	14	15
5	0	0	0	0	0	0	0	9.8	11	0	10.2	16	12	12.4	0	17	16	12.2	11.4	16	0	13	12.4	13	13	13.4	15	0	11	16	17
6	0	0	0	0	0	0	0	11.2	11	0	11.6	16	13	13.8	16	17	15	15.4	12.8	19	0	14	14	15	14	16.6	17	0	12	17	17
7	0	0	0	0	0	0	0	11.2	11	0	11.8	15	12	15.2	18	17	0	17.8	16.4	17	15	17	15.4	14	15	17	15	16	14	17	16
8	0	0	0	0	0	0	0	11.4	0	15.8	0	15	14	15	17	16	0	16.8	15.4	16	15	18	15.6	14	14	16.6	19	15	14	17	17
9	0	0	0	0	0	0	0	12.6	9.8	15.4	15	18	14	13.6	18	13	18	15.4	13.4	15	15	16	15.8	0	15	15.2	20	14	14	17	17
10	0	0	0	0	0	0	0	16.4	0	16.6	14.8	17	15	15.2	17	14	19	14.8	14	16	15	14	16.4	17	15	14.4	20	0	15	16	17
11	0	0	0	0	0	0	0	20	9.8	16.6	15	18	15	12.6	18	14	17	16	14	17	16	14	16.6	17	15	14.2	19	0	15	16	17
12	0	0	0	0	0	0	0	17.8	0	18	0	18	15	15.6	17	14	17	15.2	15.8	15	16	15	16.4	0	16	15	17	15	15	16	16
13	0	0	0	0	0	0	0	15	11	16.2	15.6	17	15	14.6	16	16	16	15.8	13.8	14	15	15	16.4	15	14	14.8	13	16	17	17	16
14	0	0	0	0	0	0	0	14.4	12	14.4	15.4	17	14	15	15	15	16	15.6	12.4	0	15	15	15.6	12	13	15.2	14	14	16	16	14
15	0	0	0	0	0	0	15	12.8	0	14	15.4	17	14	18.6	15	16	17	15.4	0	0	14	15	15.2	13	14	14.2	16	14	15	16	14
16	0	0	0	0	0	17	16	11.8	0	15.4	17.2	20	13	17.4	16	0	18	17.2	12.4	0	14	14	16.6	12	15	0	18	14	14	17	0
17	0	0	0	0	0	17	16	7.8	0	14.6	0	17	15	16.4	18	15	17	16.4	10	0	10	15	17.4	15	14	15.6	20	17	14	18	1.4
18	0	0	0	0	0	18	0	9.8	0	7	17.2	17	15	10	18	16	16	17	16	0	16	18	17	17	15	17.4	21	17	16	17	17
19	0	0	0	0	0	17	6.4	8	0	5.8	7.2	9.8	0	11.6	6.4	16	8	15.6	0	0	6	16	15.8	16	0	16.4	15	0	15	16	12
20	0	0	0	0	0	16	6.4	8	6.4	0	0	12	6.6	6.4	9.8	15	13	10	5.6	0	15	16	11.4	7.8	0	15.2	0	16	0	15	0
21	0	0	0	0	0	11	10	7.2	8.4	0	11	0	5.6	0	12	0	8	6.6	0	0	14	11	0	10	0	0	0	17	0	14	17
22	0	0	0	0	0	12	7.4	7.6	9	0	6.4	10	0	5.8	12	11	0	0	10.2	0	12	11	11.4	12	8.4	12.4	11	16	13	14	16
23	0	0	0	0	0	12	10	6.2	8.2	9.2	0	11	12	8.2	9.8	11	11	9.8	118	0	12	13	5.8	12	10	0	11	15	12	14	15
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 7.2. Haziran ayı için hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri

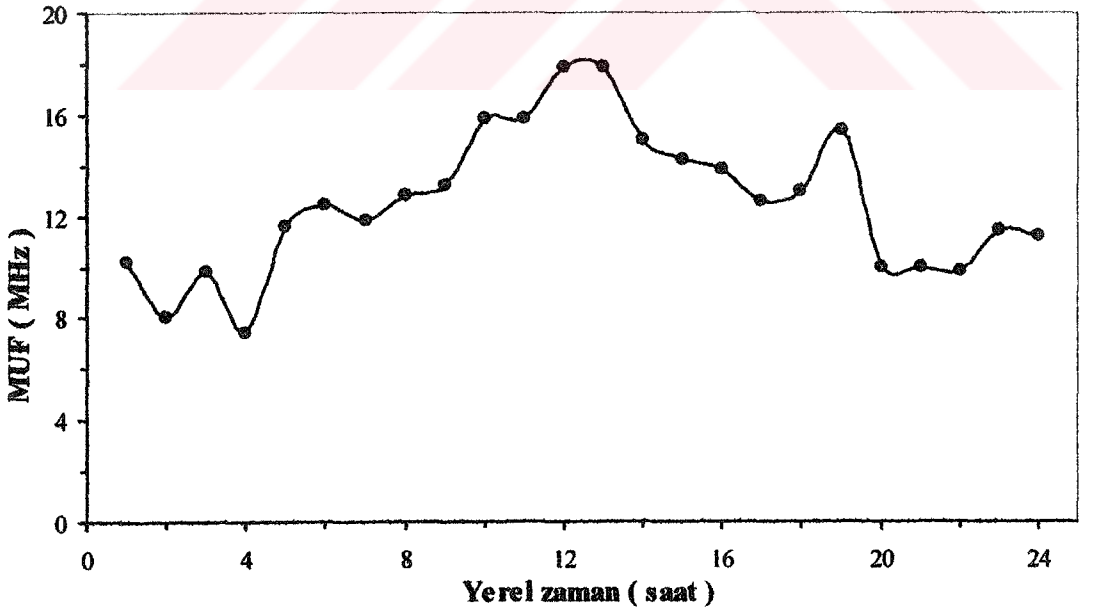
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	13.8	0	0	0	9.6	10.2	11.4	11.8	11	10.2	9.8	9.8	11.6	0	10.4	13	0	10.2	8.4	10.2	10.2	10.6	10.4	13.8	0	11.8	12	12.8	0	9.8
2	12	0	0	0	9.6	8	10.4	11	8.8	10.4	8.4	11	10	10	10	0	0	8	8.8	10	9.4	10.6	10.8	10.6	10.2	10.2	12.2	12.2	12	11.4
3	12	0	0	0	8.2	9.8	9.6	10.2	9.4	10	9	10.4	9.2	9.6	9.2	11.8	0	9	8.4	10.2	9.4	9.2	10.2	11.2	10	10	11.4	11.8	10.2	11.4
4	12.8	0	0	0	8.4	7.4	10	9.8	9.6	10.2	8.2	8.4	10	10	10	11.8	0	9.8	9.6	10	9.4	9.8	8.8	8.8	10	9.8	10.2	12.6	11.8	10.4
5	14.4	0	0	0	0	11.6	10.2	8	11.2	12.4	12.2	11.8	12.6	11.2	12.6	12	0	12.2	11.4	12	12.2	10.4	9.8	0	11.2	11.2	11.8	13.2	12.6	11.4
6	17.6	0	0	0	10	12.4	11.4	10.6	13.6	0	11.6	13.8	15.2	12	15.2	12	0	12	11.8	15	13.2	13.2	12	9.6	13	0	13.4	13	14.2	14
7	18.6	0	0	0	0	11.8	12.8	12	15.6	14.2	10.2	13.8	15	0	15	14	12	12	13.2	12.6	0	15.4	13.8	11.4	12.8	12.2	12.8	13.8	15.8	12.6
8	17.8	0	0	0	11.4	12.8	14	11.4	13.6	0	11.6	14	16.8	0	16.8	13.4	14.6	12	15.2	14	16.4	14.8	15.4	0	13.8	0	13.2	0	0	12.2
9	17.8	0	0	0	0	13.2	0	12	15.6	0	14.2	15.2	18.4	0	18.4	15.4	12.8	13.2	14.8	13.6	0	13.4	13.8	0	15.2	14.8	14	0	18.4	10.2
10	17.8	0	0	0	0	15.8	0	0	0	0	15.4	17.8	13.8	14.8	13.8	16.6	15	0	14.2	12.6	0	13.8	13.4	0	17.4	14	15.4	0	17	13.6
11	18.2	0	0	15.8	11.6	15.8	15	0	0	0	16.2	17.2	13.6	15.4	13.6	16.2	13.6	0	14	12.6	14.4	0	13.6	0	17	0	14	0	17.8	0
12	0	0	0	15.6	11.6	17.8	15	11.4	0	13.8	16.2	17	13.6	13.8	13.6	16.4	12.8	0	13.8	14	12.6	14	14.2	13.4	17.8	15.8	13.8	0	16.6	14.2
13	0	0	0	18	12.4	17.8	16.2	12.4	0	15	14	15.6	11.8	15.2	11.8	14.6	13.2	12.2	12.8	14	13.6	0	13.6	0	17.2	15.2	14.2	0	15.8	13.6
14	0	0	0	16.2	13	15	15.4	12	14.6	15.4	15	17.2	12.2	14.2	12.2	15	11.2	12.4	13.2	13	13.6	13.4	0	0	16.8	15.6	14.2	14.6	15.2	12.8
15	0	0	0	15.4	13.4	14.2	14.2	12.8	14.2	12.8	0	16.6	14.2	12.2	14.2	13.6	12	0	13.4	13	12.2	0	0	0	16.4	0	15.6	12.8	15.4	0
16	0	0	0	14.4	13.2	13.8	13.8	11.2	13.8	12.8	14	15.4	12.8	13	12.8	13.4	13	0	0	13.2	11.2	0	0	0	14.2	13.2	14	14	16.8	0
17	0	0	0	13.2	8	12.6	15.4	9	14.8	12.8	0	0	13.8	13	13.8	14.2	7.8	0	15.4	12.4	11.6	0	0	0	16.4	11.6	0	14	17.4	11.6
18	0	0	0	12	11.6	13	16.4	12.8	11.8	0	16.2	0	15.4	14.4	15.4	15.4	15.4	14.8	17.8	13	12.8	0	0	0	18.4	15.4	0	14.8	18.6	13.4
19	0	0	0	12.2	11.2	15.4	15.4	0	15.4	0	16.2	0	16.6	15.4	16.6	16	15.8	0	17.8	14.4	12	12	0	0	17	15.2	16.4	14.6	18.4	14.2
20	0	0	0	6.8	12	10	0	12	0	0	15	0	16.4	9.8	16.4	0	15.2	15.2	12	9.8	15.2	0	0	0	16	0	16.6	14	0	12.6
21	0	0	0	0	0	10	14	9.6	14	0	0	0	15.4	0	15.4	0	0	15.4	0	11.8	10	15	0	0	14.8	12	14.8	12.4	9.6	12.4
22	0	0	0	0	12	9.8	12.8	11.8	12	0	12.2	12.6	15.6	12.4	15.6	0	12.6	0	0	11.6	0	13.8	11.4	0	12	12.4	9.6	14.2	0	12.2
23	0	0	0	11.2	11.6	11.4	12.8	11.2	0	11.8	12.2	12.4	14.4	12	14.4	0	10.6	0	0	11.2	11	11.2	12.8	0	12.6	15	13.6	13.4	13.6	13
24	0	0	0	11	11	11.2	11.6	11.2	9.6	10.4	11	11.8	0	0	0	0	11.2	8.4	10.6	10.6	11.2	12.2	13.2	0	11.6	13.4	12.6	13	12.8	12.6

Şekil 7.1, 8 Mayıs 1993 tarihindeki kullanılabilir frekans aralığının yerel zamana göre değişimini göstermektedir. Şekilde de görüldüğü gibi MUF değeri saat 1200 YZ'da 17.8 MHz, LUF değeri ise 1600 YZ sıralarında yaklaşık olarak 5.4 MHz'dir.Kullanılabilir frekans aralığı 5.4-17.8 MHz'dir.

Şekil 7.2, 6 Haziran 1993 tarihindeki kullanılabilir frekans aralığının yerel zamana göre değimini göstermektedir. Burada da yine teorik bilgilerimizi destekleyecek şekilde serbest elektron yoğunluğunun maksimum olduğu öğlen saatinde, 1300 YZ da, kullanılabilir frekans değerinin maksimum olduğu görülmektedir, değeri 17.8 MHz'dir. Kullanılabilir frekans değerinin minimum olduğu zaman ise Mayıs ayından farklı olarak saat 2000 - 0500 YZ sıralarıdır ve değeri 7.4 MHz'dir. Bunun sebebi ise ekinoks ayı olan Haziran ayında günün daha uzun olması sebebiyle iyonkürenin güneşten gelen UV ışınlardan daha fazla yararlanarak serbest elektron ömrünün daha uzun olmasıdır. Saat 0400 YZ daki ani düşüş ve saat 1700 YZ daki ani yükselişin sebebi olarak da iyonkürenin yapısındaki düzensizlik gösterilir. Kullanılabilir frekans aralığı 7.4-17.8 MHz'dir.



Şekil 7.1. 8 Mayıs 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi (HF dalgasının iyonküreye giriş açısı 30^0'dir).



Şekil 7.2. 6 Haziran 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi (HF dalgasının iyonküreye giriş açısı 30^0'dir).

Tablo 7.3'de Temmuz ayının tüm günlerini kapsayan ve her saatinde ölçülen HF elektromanyetik dalgaların frekansları gösterilmektedir. Tabloda görüldüğü gibi günün belli saatlerinde frekans ölçüm alınamamıştır. Daha doğrusu vericiden gönderilen aynı şiddetteki dalga iyonküredeki düzensizliklerden dolayı sönüme uğradığından dolayı alıcı bu dalgaları algılayamamıştır.

Tablo7.4'de de Ağustos ayında kullanılan HF elektromanyetik dalganın frekans değerleri gösterilmiştir. Burada görüldüğü gibi hemen hemen günün her saatinde f_0F2 değerleri ölçülmüştür. Bu da Ağustos ayında iyonküredeki düzensizliklerinin minimum olduğunu göstermektedir.

Tablo 7.3. Temmuz ayı için hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri

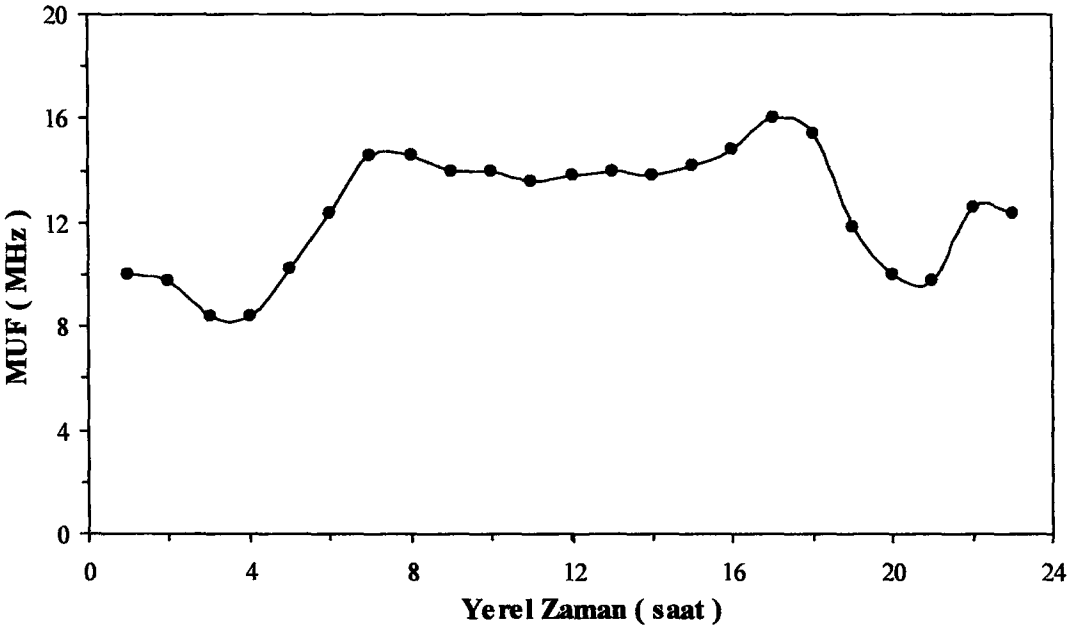
Saat/Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	11.8	11.2	10.8	10	0.2	10.2	9.6	11.6	11	11.6	11.6	10	10	8	0	9.8	10	10	10.2	11.6	13	10.4	10.2	10.4	0	9.6	10	11.8	10.4	9.6	8.8
2	11.4	11.4	11.2	9.8	10	10.4	8.8	11.2	10	11.8	10.6	9.8	9.6	0	0	10.2	10.2	8.6	10	11.2	11.6	9.8	9.8	8.4	9.8	8.6	9.8	11	9.8	10	8.6
3	10.6	11.4	9	9.8	9.6	9.8	9	11.2	8.6	9.8	7.2	8.8	9.8	8.4	0	9.8	8.4	8.4	9.6	10.6	10	7.8	9.2	8.2	8.6	8.2	8.4	9	8	0	8
4	9.8	10.8	6	9.6	10.6	9.8	9.6	9.6	9.8	9.4	6.8	9.8	9	8.8	8.4	8.8	8	9	9.8	11.2	9.2	9.8	8.8	9	9	9.6	8.4	8.2	8.6	7.8	8.4
5	12	11	9.8	0	11.2	10.6	10.2	11	9.6	9.4	7.4	12.4	11	10	10.2	9.6	11.2	10.2	11.8	10	12	10.4	9.8	11.6	11.2	11.6	10.2	10	10.8	6.6	9.6
6	11.8	11.4	0	0	12.6	11.2	12.4	12	10	11	9.6	11.8	10.8	11.4	11.2	0	12.4	0	15	12.2	11.6	10.8	11.6	13.2	11.4	13.6	12.4	11.8	11.8	9.8	11.4
7	13.8	8.4	0	0	14.2	13.4	12.8	0	10.6	12.8	8	11.4	10.4	0	11.4	0	13.6	0	14.8	13	11.8	14.2	13.8	13.6	13.6	12	14.6	12.8	12	10.6	13.2
8	13.2	11.4	0	0	12	12	11.4	14	12.6	13	15.4	12.4	0	16	0	0	13.6	0	15	15.8	0	14.2	16.6	14	13.4	13.6	14.6	13.4	12.2	12.4	13.6
9	13.6	11.4	9	12	12.6	13.6	0	15.2	15.6	15.2	14.8	0	12	0	0	14.2	12.8	0	15	15.6	0	14.6	14.6	14.2	13.8	14.4	14	13	13	11.2	11.8
10	12.8	11.6	11.4	12.6	12.8	13.8	11.4	15.6	12.8	13.8	14	13	0	0	13.2	13.8	0	0	0	13.6	15	14.2	13.4	13.8	15.4	13.8	14	0	13.6	0	12.8
11	14.2	0	9.4	13.8	0	14	0	15.4	13.6	0	11.4	0	12	0	13	12	13.8	12.8	12.8	13.2	13.6	12.8	12.2	14	15	14	13.6	0	14	9.2	12.4
12	0	11.4	0	14.2	13.4	14.4	0	12.6	13.4	13.4	11.2	16.6	0	0	13.4	0	12.8	11.4	13.4	14.6	13.2	0	12.6	14.4	14.4	13.4	13.8	16.4	14.4	10.4	13
13	0	12.2	11.2	14.6	13.4	0	12	12.8	12.4	13.2	11	17.8	12.4	0	13.6	11.6	13.6	12.2	13.4	13.2	12.8	14.4	13.6	13.8	15.2	13.2	14	15	14	11	14
14	14	11.4	11.2	15.2	0	0	11	13.8	11.6	13.6	12.2	14.4	13.2	0	12.6	12.2	13.2	13.4	0	14.2	12.8	14.4	13.4	13.2	15	14.2	13.8	12.4	12.8	10.8	13
15	14.6	12.6	11.4	14	0	15.6	0	13.2	11.4	13	12	12	13.4	12.4	12.6	12.2	12.2	13.6	15.2	14.2	12	14	12.2	12.8	14.2	14.2	14.2	13.2	13.2	11.8	12
16	13	11.6	12	12.2	0	0	0	12.6	11.8	0	11.4	11.4	11.8	12.2	13.6	13.6	10.6	13.4	13.4	12	11.8	13.2	12.8	0	13.4	13.6	14.8	11.6	13.8	11.4	12.6
17	12.2	12.4	11	9.8	0	0	0	14.4	12	12	11.4	11.8	12.6	12.8	14	13.4	11.4	14	12	11.4	12	12	12.2	0	13	0	16	12.4	13	11.2	10.2
18	14	12.6	10.2	11.2	0	0	0	14	13.2	0	11.4	9.2	10.6	0	13.8	13.2	12	15.6	12	11.8	9.8	11.8	14	9.8	12.4	11.6	15.4	14	14.8	11.4	14.2
19	15.8	14.4	0	0	13.8	0	0	14.6	9.4	12	13	0	13.2	0	12.8	0	11.8	16.2	0	16.4	14.2	11.8	0	15.2	10.2	12	11.8	14.8	14.8	11	15.2
20	9.6	10.2	10.2	13.6	0	0	12	14	13.6	11.6	9.4	0	12	9.8	0	0	13	0	11.8	15.6	15.4	13.2	15.2	14	13.8	12.6	10	7.6	14.8	0	9.8
21	12.8	8	11.2	0	12	0	11.4	12.6	11.4	0	0	14.4	9.8	11.8	10	12.4	10	6.6	14	13.2	14.8	13.4	15	0	13.2	12.8	9.8	10.8	12.4	10.6	8.6
22	7.8	8.8	10	10.2	12	10.2	12	12.6	10	10	10	13.4	10.2	0	12.4	11.6	13.2	7.4	14.2	10.2	12	0	13.2	9.6	12.2	12.6	12.6	8	0	10.2	10
23	11.2	13.2	11.4	10.4	12	9.6	10	11.8	12.8	11.6	10.2	12.4	10.2	0	0	11.8	11.8	11.4	15	13	11.4	0	11.8	11.4	11.2	11.4	12.4	0	9.8	10	9.6
24	11.2	12.4	10	10.8	11	9.8	11.4	11.4	12.2	11.6	10.2	10.8	10	0	0	10.6	10	11.4	13.8	11.8	11.4	0	9.8	11.2	10	11.4	10	10	10	8.2	9.4

Tablo 7.4. Ağustos ayı için hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri

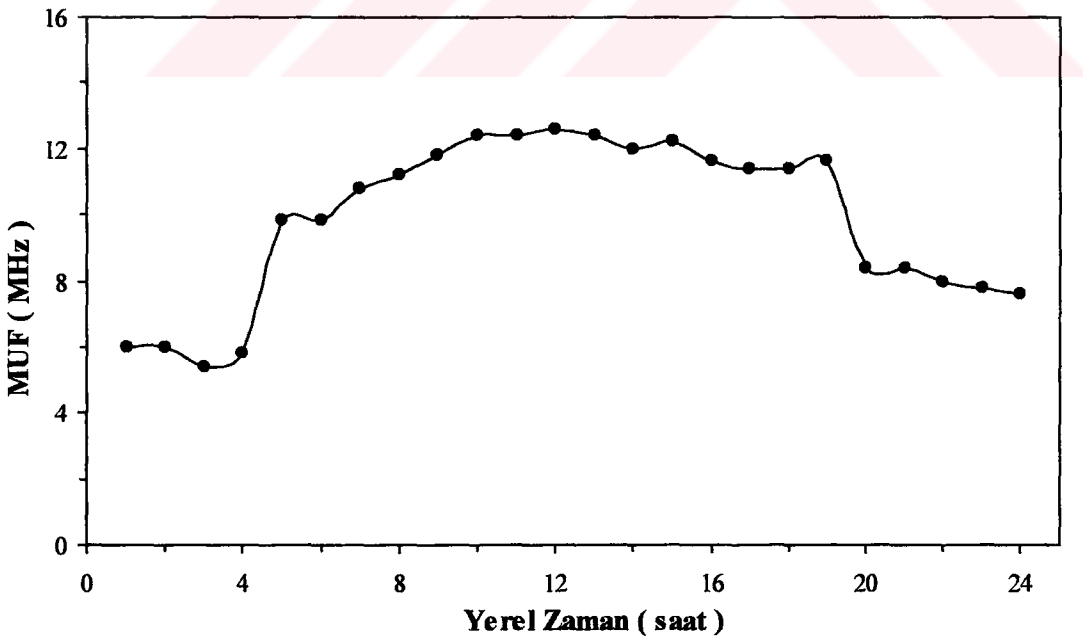
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	8	9.4	9.6	10	8.8	8.4	9.2	8	8.8	8.8	8.4	8	8	0	0	9.8	6.4	0	7.4	8.4	6.6	7	0	8	7.4	7.6	8.6	11.8	8	6	7.4
2	8	9.4	9.8	9.8	7.2	7.8	6.4	8	8	8	8.4	8.4	9	0	0	8.4	0	6.4	7	8.2	0	0	0	7.4	0	0	9	11.2	7.4	6	7.8
3	8	9.4	9.2	8.4	6.4	7	6.8	7	7.4	7.8	7.4	8.2	8.6	0	0	6.8	6.4	6.4	7.2	7.8	7	6.8	7.2	6.8	7.6	0	6.6	9.4	6.8	5.4	8
4	8.8	8.4	10	8	5.8	8	6.8	7.8	0	7.4	8	8.4	8.6	0	0	6.8	4.6	7.2	6.8	7.8	0	6.2	7.2	7	7.8	7	8	7	6.6	5.8	8.2
5	9.8	11.2	11.6	9.4	8.8	10	9.2	9.4	8.2	9.4	10.4	10	10	0	0	8.2	7.6	7.6	8	7	9.6	10.2	10	9.2	8.2	10	7.4	7.8	0	9.8	9.4
6	11.4	13.2	13	11.4	10.2	11.2	9.2	10.2	10.2	11.4	10	11.6	11.8	0	0	7.8	9	9.8	9.8	8.2	11.4	11.8	13	11.4	11.4	11.8	11.4	10.8	9.4	9.8	10.6
7	13	11.6	13	11.8	10.2	12.4	10.6	12.2	11.4	11.2	11.6	12.6	12.6	0	0	9.4	10	11.6	12.2	11.4	12	13.4	14	13.6	13.2	14.4	17	11.8	11.2	10.8	11.8
8	11.6	11.6	13.6	11.8	10.2	12	10.8	13.4	14.4	13.4	11.6	13	15	0	0	0	0	12.4	13.2	14	13.6	14	15	13.8	14	15.2	15.2	12.8	0	11.2	13.2
9	0	12.6	12.8	12.4	10.2	12	10.8	14	11.4	14	14.4	12.8	14	0	0	11.4	11.6	16.6	15	17.4	13.2	14	13	14.2	14.8	14	0	12.6	0	11.8	11.8
10	0	13.4	13.4	12	9.6	12.6	11.4	13	11.6	13.8	13.2	0	13.2	0	0	0	11.2	15.6	13.4	14.8	13.4	13.4	12.8	14	13.8	15.2	13.4	12.6	11	12.4	13
11	12.8	13.6	15	11.6	0	13.6	11.4	13.6	11.4	13	14	15.6	11.2	0	0	0	11	14	13.6	13.8	13.4	13	12.8	13.2	11.8	15.2	14	12.6	11.8	12.4	0
12	13	14.8	15.8	0	11.2	13.2	11.8	13.8	12.8	12.6	12.8	15.8	12	0	0	11.4	11.6	12.2	12.8	13	13.2	12.8	13	13.4	12.4	14	13.4	0	11.4	12.6	13.6
13	13.2	14	15.4	12.6	11.4	14.2	12.8	13	12.6	12	12.6	13.2	12	0	0	10.8	11.4	12.8	13	13.8	15	13.2	13.6	13	12.6	13.8	14	12.6	0	12.4	14
14	13.4	12.8	13.2	13.4	11.6	14.6	12.8	13.2	12.2	12.4	12	12	0	0	13	11.6	10.8	12.2	12.4	13.6	14	13.8	13.8	0	12.6	12.4	14.6	13	11.4	12	14.4
15	0	13.4	11.6	15	11.4	13.2	15.8	13.2	11.6	11.4	12	11.6	0	0	12	10.6	11	11.6	14	12.6	13.6	12.8	13	13.2	11.8	12	14.4	11.8	10.4	12.2	12
16	11.8	14	0	15.6	10.6	12	10.6	11.4	11.4	12.8	11.2	11.6	0	0	13.2	10	11.4	11.8	13.6	12.8	12.2	12.6	12.2	13	11.8	12.2	14.2	12.2	11.2	11.6	12
17	11.4	12	11.8	14	0	13.6	0	9.8	10	12.4	11.2	11.2	12.2	0	14.8	11.2	11.6	8.2	13.2	12.4	11.6	12	0	13.8	13.2	11.8	15.4	15.2	11.6	11.4	11.2
18	0	12	14	15.4	10	11.8	0	15.2	0	12.6	13.2	13.4	14.4	0	16	14	12.6	9.6	12.8	0	8	9.8	12.8	15.2	12	12	0	17	8.4	11.4	11.8
19	0	9.8	15.2	13.6	0	15	0	16	0	12	0	15.6	15.4	0	16.4	9.8	8.4	15	0	15.4	12.6	14.2	14.4	14.6	15.4	0	16.8	16.2	10	11.6	11.8
20	14.2	12.2	15.2	13	11.2	12.2	0	11.8	12.8	12.8	14.8	15	14.6	0	15.4	0	11.8	12	12	0	12	9.8	8	15	8.8	10	0	12.2	9.6	8.4	9.6
21	11	8	14	12.4	0	14	8	11.8	12	10.4	14	11.8	9.4	0	0	7	12.2	10	9.8	9.8	12.4	9	9.8	0	12.6	9.6	0	0	0	8.4	8.2
22	10.2	11.6	12.4	12	10.2	10	7.6	11	10.2	9.4	11.4	12	0	0	9.8	8	0	6.8	8.4	0	9	7.8	7.8	10.2	12	11.6	13.6	10	7.8	8	8.4
23	9.8	10.4	12	11.6	9.6	10	9.4	9	11.4	7	9.8	10.4	0	0	8.4	0	6.8	0	8.6	9.6	0	7.8	8.6	8	9.6	9.8	12.8	10.4	0	7.8	8.6
24	9.6	10	11.2	0	9	10	8.6	9.4	10.4	7.8	9.4	8	0	0	11.2	7.4	0	7.2	8.2	8	7.6	7.8	0	7.4	8.4	9.6	11.6	9.8	0	7.6	0

Şekil 7.3, 27 Temmuz 1993 deki kullanılabilir frekansların zamana göre değişimini göstermektedir. Buna göre saat 1700 YZ'da MUF değeri yaklaşık olarak 15 MHz, LUF değeri ise 0400 YZ'da 9 MHz'dir. Öğlen saatlerindeki frekans değişimleri hemen hemen sabit olduğundan dolayı yapılan haberleşme de daha sağlıklı olacaktır.Saat 21.00 YZ'dan sonra ani bir frekans yükselişi görülmektedir. Bunun sebebi olarak ta geceleri görülen sporadik E tabakası gösterilebilir.Kullanılabilir frekans aralığı 9-15 MHz'dir.

Şekil 7.4'de MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi görülmektedir.Görüldüğü gibi saat1200YZ'da MUF değeri 12.6 MHz, saat 0300 YZ'da 5.8 MHz dir.Gündüz saatlerinde elde edilen kullanılabilir frekansların yaklaşık oluşu daha öncede belirtildiği gibi daha sağlıklı bir iletişim ağı oluşturmaktadır.Bu güne ait kullanılabilir frekans aralığı 5.8-12.6 MHz'dir.



Şekil 7.3. 27 Temmuz 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi (HF dalgasının iyonküreye giriş açısı 30^0'dir).



Şekil 7.4. 30 Ağustos 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi (HF dalgasının iyonküreye giriş açısı 30^0'dir).

Tablo 7.5'de Eylül ayı için ölçülen HF elektromanyetik dalgaların frekansları gösterilmektedir

Tablo 7.6'da ise Ekim ayı için ölçülen HF elektromanyetik dalgaların frekansları gösterilmektedir.

Tablo 7.5. Eylül ayı için hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri

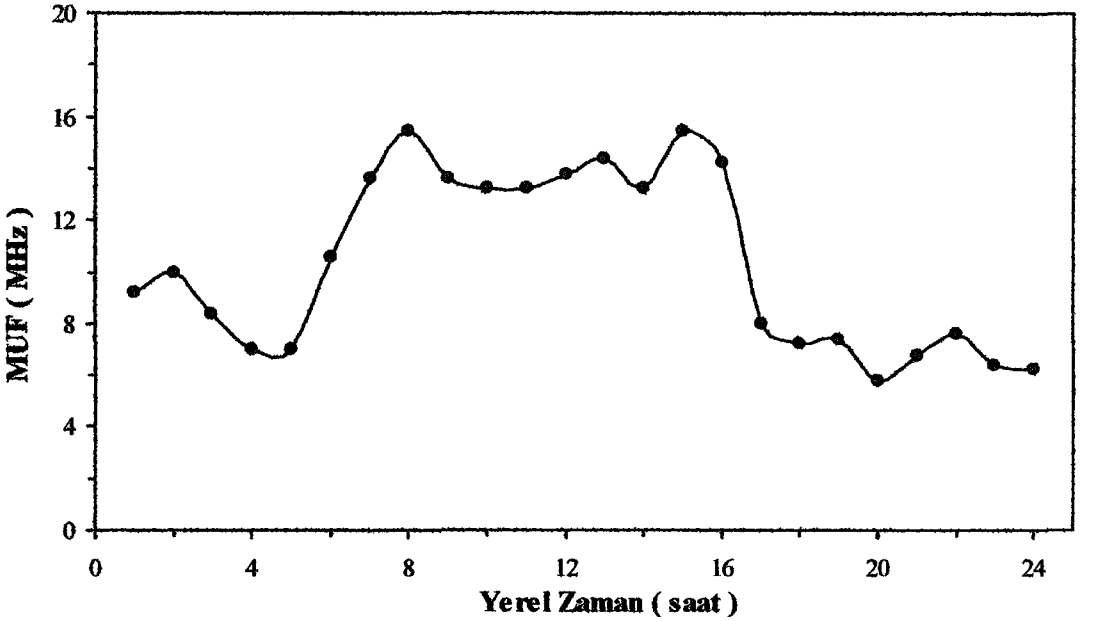
Saat/gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	2	0	8.8	7.6	7.8	0	0	6.8	7	0	7.8	0	7.4	0	7.8	7.4	8	0	7.4	8	7.4	0	6.8	7	8.4	8.6	7.4	8	0	6
2	4	7	8.6	7	0	0	0	6.8	6.2	7.8	6.8	0	7.2	7	7	7.2	7.8	7.4	7.2	7.2	6.6	7.2	7	7	8	8.2	7.6	7.2	0	6.4
3	6	7	9	6.4	6.6	0	0	6.6	6	7.2	6.6	0	7	0	0	7	7.2	7.2	0	7.6	0	7	7	6.4	7.2	7.2	7.2	7.4	6.8	6.4
4	8	6.8	8.6	6.8	6.4	0	0	6.4	5.8	6.2	6.8	0	4.8	0	0	5.8	6.6	0	0	7	0	6.8	5.4	6.2	6	6.8	7.8	7	6.2	5.8
5	10	9.6	7.8	6.4	9.8	0	0	8	7.6	0	0	0	7	7	7	8.6	8.2	7.8	9.8	9.2	6.8	7.8	9.6	7.8	5.4	9	9	8.2	8.8	6.8
6	12	11.8	12.4	10.2	9.2	0	0	10	10	0	0	0	7.2	8.4	8.4	9.8	11.2	12.8	11.2	11.2	8.4	11.4	11.6	9.2	8.4	10.4	9.2	10.8	10	8.4
7	14	13.6	9.4	11.8	9.8	0	0	12.4	12	0	0	0	7	10.2	10.2	12	13.4	12.8	11.8	12.2	9.2	11.4	10.8	10.2	11.2	12.6	10.6	12.2	12	9.4
8	16	13.6	16.8	14.6	12.2	0	12.4	12.8	13.2	0	0	0	0	9.8	9.8	13	13.4	12.8	14	13.2	9.8	14.4	13.2	11.2	11.8	13.2	12.6	12.4	12.8	10
9	18	15	18.6	15.8	12	0	13.4	12.4	11.4	0	0	0	10.6	11.4	11.4	16.6	15.4	14.2	14.8	12.8	9.4	14.2	14	11.2	14	15	13.6	13.4	11.4	9.8
10	20	14	16.6	14.8	12.8	12.8	15.2	12.4	12.8	0	0	0	9	12.6	12.6	15	15	15.2	13.8	15	10.2	13	14.2	13.4	14.8	15.2	13.6	14.2	11.6	10.6
11	22	12.6	15.4	15.6	13.4	12.8	12	14	12.2	0	0	0	9.6	11.8	11.8	14.6	15.4	15.8	15	14.2	10.4	13.2	11.8	15.2	13.8	14	13	13.2	12.8	10.4
12	24	12	13.8	14.4	12.6	14.6	12.8	13.6	13	0	0	0	8.8	12	12	13.6	15	15.4	16.8	13.2	11.2	12.4	12.6	16.6	13.6	13.2	14.2	15.4	13	12.4
13	26	11	15.2	13.4	13.4	15	13	13	13.4	13.4	0	0	10	14	14	12.4	13.4	15.6	15.8	14.2	11	11.6	13	15.2	14	13	12.8	13.4	13.2	10.8
14	28	13.2	15	13.4	13.6	0	12	12.2	13.2	12.2	0	11.6	11.4	14.2	14.2	12	13.6	15	13.6	0	11.2	12.4	12.4	13.8	13.2	12	13	12.2	11.8	11.8
15	30	13.6	12.2	11.8	12.4	0	12.2	12	13.2	14	0	11.4	11.4	11.4	11.4	12	13	13.4	14	16	11	12.6	12.6	12.2	13	13.6	13.6	14.8	11.8	12
16	32	14.2	15.2	11.4	12.2	0	9.6	11.6	12	12	0	12.8	8.8	10.4	10.4	12.6	12.6	13.6	14.2	16.2	11	12.2	14.2	13	14.8	12	14	16.4	10.2	13.4
17	34	14.2	14.6	11.8	11.8	0	10.2	8.6	12.4	11.2	0	13.4	11.2	8	8	11.8	12.2	12.4	12.2	15.6	9.8	13.2	15.2	14.2	12.2	15.2	15.6	17.2	8	12
18	36	9.6	9.8	11.6	0	0	12	8.6	7.6	10.2	0	13.4	12	0	0	12.2	11.8	12	12	11.8	9.8	12.8	12	12.4	12.4	12	8.4	12	7.6	9.6
19	38	12.6	10	10	10	0	12	8	8.2	9.6	0	12.2	7	9.8	9.8	7	11.2	8	8	7.6	7.8	0	9.8	9.8	8	8	5.8	7	7	6.6
20	40	9.8	8.2	10.2	0	0	10	7.6	10.6	0	0	0	6.2	7	7	5.6	6.4	11.6	10	7.2	7.2	7	8.2	7.4	6.6	5.6	8	6.4	7.2	5.8
21	42	9.8	10.2	6.6	0	0	9.2	8	9.8	6.4	0	0	0	9.8	9.8	8	8.8	9.8	9	9.8	7.6	8.8	8.6	9.6	6.6	7.8	8.4	0	8.2	0
22	44	0	8.2	8.8	0	0	7.8	8.8	9.4	8.8	0	8	0	8	8	6.6	6.6	6.4	9	6.6	7.4	7.4	8.4	6.2	5.4	8	8.4	0	0	6.2
23	46	0	10.4	0	0	0	0	7.8	8.4	7.4	0	9.4	0	7.8	7.8	9	7.8	8.2	8.4	7	7.8	7.4	6.4	8.4	9	8	6.4	0	5.4	6.2
24	48	8.4	7.8	8.4	0	0	7	7.4	6.4	8	0	8.2	0	7.8	7.8	8.6	8.2	7.2	8.2	8.2	8	6.4	7.2	8.6	7.8	8.2	8.4	0	8	5.4

Tablo 7.6. Ekim ayı için hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri

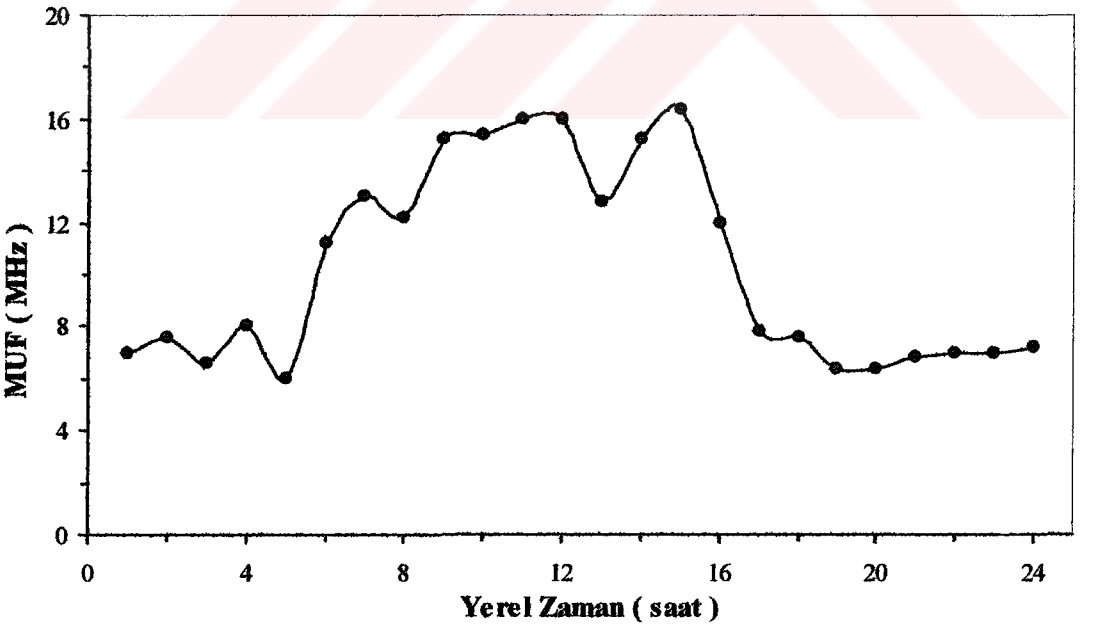
Saat/Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	5.4	6.2	0	6.6	6.4	8.6	6.6	7	8	6.8	9.2	5.8	7.6	0	0	7.8	7	6.4	8.4	6.4	6.2	6.8	7	6.6	0	5.8	5.4	5.8	5.4	6.6	6.2
2	0	6	0	6.8	7	7.2	6	6.6	8	7	10	6.8	6.2	7.8	7	8	7	7	6.4	0	0	7	7.4	8	7	7.2	6.2	6	6.8	6.8	6.2
3	0	5.4	6.2	0	0	7	6.8	6.8	7.8	7	8.4	5.8	6.8	7.8	7.2	7.6	7.8	7.4	67	0	7	7	5.4	8.2	7.8	0	6	5.6	7	0	0
4	6.2	4.8	5.2	7.8	6.8	6.2	6.6	6.8	0	8	7	7	6.8	5.8	5.6	7.8	7.2	7.8	6.4	7	6.4	6.2	7.4	8	5.8	0	5.8	6.8	5.4	6.4	6
5	7	7	7	7.2	8	7	8.2	7.8	8.4	0	7	8	7.2	7.2	0	7.2	7	7.6	6.2	5	6.8	0	8.2	9.4	6	8.6	6.8	0	5	4.6	5
6	11	11.4	11.4	11	10.2	12.2	11.2	13.6	10	11	10.6	12.2	11	9.6	11.2	10	11.8	13.4	10	10.2	11.8	9.8	10	15.2	12.2	12.8	11.2	9.8	8.4	9.8	10.2
7	11.8	11.6	13.2	12.4	14.2	15.2	12.8	14.6	16.4	15.8	13.6	11.4	12.6	14.6	15.2	14.8	16.6	14.8	12.2	13.8	14	15.8	12.8	15.4	12.8	13.8	13.6	11.2	16.2	12.6	13.2
8	11.8	14.2	13.2	14	15.8	17.2	15.8	13.4	18.8	14.6	15.4	12.2	12.6	18.4	15.8	15.4	18.6	14.4	16	16.4	16.4	16.4	15.4	16.8	14.4	15.2	12.6	14.8	17	13.2	14
9a	13.8	15.2	14.4	14.8	17.8	15.8	15.2	15.6	15	18	13.6	14	13.4	15.4	14.6	15.4	15.2	17.6	18	16.4	15.4	16.6	17	16.2	16.4	15.8	13.8	15.2	16.6	17.8	13.6
10	13	14.4	16.4	14	15.6	15.4	15.4	15.8	20	20.4	13.2	14.2	14.2	15.2	15.4	16.6	17.6	18.2	19	18.4	16.8	15.4	20	17.8	19.2	19	16	16	18	17.6	18.8
11	13.6	16.2	16.6	15.8	14	14.6	15.6	16.6	22	19.4	13.2	15	16.2	16.4	16.8	16.8	20	18.4	21.6	20.2	17.2	17.2	19.4	19	16.6	19.2	14	15.4	20.2	22.6	
12	15.6	13.8	14.2	15	14.2	15.4	16.6	17.4	19.6	16.6	13.8	15.8	15.8	15.4	15.2	16.6	15.2	17.4	17	19.4	16.6	16.8	16.2	17.6	15.8	15.2	14.8	15.8	17.8	19.2	14
13	13.6	13.6	12.8	13.6	12	16.4	14.8	19.4	15.2	16.6	14.4	14.4	15.2	13.2	13.4	15.8	13.8	16.6	17.8	15.8	15.2	17.4	15.8	16.8	16.8	15.4	15	15.8	14.8	13.8	13.8
14	14.8	14.8	13.2	13.2	13.2	13.4	16.8	19.6	13.8	16.8	13.2	13.4	16.4	14.8	15.2	17.2	14.2	16.4	17.4	16.8	17.6	16.6	15.6	15.4	19.6	15.4	14.8	13.8	15.2	14	16.8
15	13.2	15.2	13	13.8	14.2	16.8	15.8	18	13.2	17.2	15.4	0	15.6	14.8	18	17.4	17	18	17.6	17.6	17.2	16.2	15.8	14.2	17.8	14.2	13.8	12.8	13	14.4	16.2
16	11.8	13.2	16	14.8	15.2	15.4	13.8	16.6	15.2	16.2	14.2	0	14.8	15.4	17	15.4	17.8	15.4	15.8	16.2	18.6	14.8	12.2	13.4	15.4	11.8	11.2	11.4	11.2	10.4	12.8
17	10	12	15.2	12	12.4	14.6	15.2	13.4	14.8	11.8	8	0	12	14.2	13	8	12.2	13.4	12	11.8	12	12	0	10	12	10	9	7	9.2	9	8.4
18	8.6	8.4	8.2	9.8	10.2	12.2	9.2	7.6	8	13	7.2	0	8	0	0	7.2	9.8	8.8	6.2	9.4	10.8	9.6	14.6	0	9.6	8	7.8	8.8	7.6	7.4	7.6
19	8	9.6	9.4	10.8	9.8	8.8	10.2	10	7.8	8.6	7.4	9.8	0	8.4	7.4	7.6	6.6	9	8.4	0	9.4	10	10.4	0	5.4	0	0	7.8	0	4.6	6.6
20	6.8	0	6.6	6.2	7.2	7	7.6	0	0	8	5.8	6.8	7.8	0	6.4	7	0	7.4	7	5.8	7	7.8	6.8	6.8	6.4	0	6.2	5.6	0	0	6.2
21	7.2	0	6.8	0	7.2	0	6.2	5.8	5.4	8.6	6.8	7.2	7.8	0	7.4	6.8	0	80	0	6	0	6.8	7	0	7.6	8.2	6.2	0	6	0	7.2
22	7.2	0	6	6.8	0	7	6.8	6.4	7.2	0	7.6	5.8	7.8	0	6	0	0	8	5.4	0	0	6.6	0	6.8	11.2	8.2	8.2	7	6	6	6.8
23	7.4	7.4	6.4	7.2	0	7.2	7	0	7.4	8.2	6.4	6.4	7.6	7	12	7	6.4	9.6	7.4	0	0	6.8	7	6.8	8.4	8	6.8	0	6	6	7.4
24	0	6.8	6.2	6	8	6.6	0	6.8	7	10	6.2	6	8	7.4	7.4	7.8	6.4	7.8	6	6.8	0	6	8	7.2	6.4	6.8	0	0	6.4	6.2	7.8

Şekil 7.5'de, kullanılabilir frekansların yerel zamana göre değişimi verilmektedir. Görüldüğü gibi burada MUF değerimiz saat 1700 YZ'da 15,6 MHz, LUF değerimiz saat 2300 YZ'da 6,4 MHz'dir. Ancak 1500 YZ'dan sonra frekans değerindeki ani çıkış ve sonrasındaki dalgalanmalar ancak iyonküredeki düzensizliklerle açıklanabilir. Şekil 8.5'e göre 27 Eylül 1993 de kullanılabilir frekans aralığı 6,4 - 15,6 MHz'dir.

Şekil 7.6'daki kullanılabilir frekansların yerel zamana göre değişimi gösterildi. Görüldüğü gibi gece ve sabah 0500 YZ'a kadar frekans değerleri düşük olup LUF değeri saat 0800YZ2'da 5,8 MHz, MUF değeri saat 1300YZ'da 15,4 MHz'dir. Kullanılabilir frekans aralığı 5,8 - 15,4 MHz'dir.



Şekil 7.5. 27 Eylül 1993 'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi (HF dalgasının iyonküreye giriş açısı 30^0'dir).



Şekil 7.6. 11 Ekim 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi (HF dalgasının iyonküreye giriş açısı 30^0'dir).

Tablo 7.7'de Kasım ayı için, Tablo 7.8'de Aralık ayı için HF elektromanyetik dalgaların kullanılabilir frekansları gösterilmektedir.

Tablo 7.7. Kasım ayı için hesaplanan günlük MUF (MHz) değerleri

Saat/Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	7.8	7	6.6	7.2	8	6.8	6	7.2	5.4	0	7.6	5.2	8	7.8	0	0	0	0	5.2	6.4	6.4	0	0	7.6	7.4	6.8	6.8	6	6.2	8.2
2	7.4	7.6	7.4	0	8	7.8	6.6	6.2	6.2	0	7	6.8	7	7.2	0	0	0	0	0	6.4	6.4	0	0	7.4	6.8	7	6.8	0	6.8	6.4
3	7.8	6.6	7.2	6	8.8	7.4	6.8	6.8	6.2	0	7.4	7.4	8	6.8	0	0	0	0	6	7.4	6.2	0	0	6.8	7.6	7	6.4	7.2	6.8	8.8
4	6.2	8	8	6	7.8	4.8	6.6	0	6	0	7	7	6	6.8	0	0	0	0	6.2	0	6.2	0	0	6.8	7	7.2	6.8	6	6.8	8.8
5	6.2	6	5.2	5.6	6.8	5	5.4	5.2	5.6	0	6.4	5.8	6.2	6.8	0	0	0	0	4.8	0	0	0	0	6.4	6.2	6.4	7.8	5	7.6	5.6
6	9.8	11.2	9.2	9.4	9.4	10.2	10	8.2	8.4	0	10	8.2	98	10	0	0	0	0	8.8	8.4	8.4	0	0	8.2	9.6	9.4	9.4	9	7.8	9.8
7	11.8	13	12.6	10.2	13.8	12.4	12.8	12.6	12.2	0	14.8	12.2	15	15	0	0	0	0	12.2	12.2	10	0	0	14.2	12.6	10	8.6	11.8	12.4	12.4
8	13.8	12.2	12.2	8.2	13.8	15.8	14.6	12.8	12.2	13.8	15.6	12	13.8	15.4	0	15.4	11.8	0	15.6	14.2	13.2	12.2	0	14.6	12	11.8	10.4	12.8	13.6	12.8
9	15.2	15.2	12.6	12.8	14	16.2	13.8	15.8	16.6	14	14.2	15.2	15.2	0	15.8	0	15.6	0	15	16.6	12.6	14.4	14.8	13.2	15.6	13.8	13.8	13.2	14.4	13.6
10	14.8	15.4	14	16.6	16.6	16	14.8	0	14.4	14.4	14	15.4	16.4	0	18.2	0	13.4	13.2	15.6	14.8	14.8	15.4	15.8	16	16.8	16	15	14	17	15.6
11	0	16	18.2	17.8	16.6	19.2	15.8	13.8	14	16.6	15.8	15	15.4	0	17	0	18	17.8	15.4	16.6	14.2	16.2	13.2	16.4	13.6	16.2	13.8	13.8	13.8	13.6
12	0	16	14	14.2	14.2	15.6	14	18	15.2	14	14.4	13.6	14.8	0	16.6	0	0	13.8	14	16.8	14.2	14.2	15.4	15.4	14	14.2	13.8	13.8	12.8	13.2
13	12.2	12.8	16.8	12	13.2	15.2	13.6	15.6	13.6	15.4	14	14	12.8	0	16.6	0	0	12.8	15.2	14	14.8	13.4	15.4	13.2	13.2	13.8	12.8	13.4	14.2	12.6
14	15	15.2	15.8	11.8	15.8	16.8	15	14	14	12	16.2	12.2	15.6	0	15.6	0	15.4	15.2	19.6	13.2	12.8	14	14	13.2	14.2	13.2	12.6	12.8	13.8	16.2
15	16.4	16.4	12.8	14.4	17.2	17.2	14	15	13.6	12.4	11.8	12	12	0	16.8	0	0	13.8	16	12.2	13.2	12.6	12.6	12.4	12.6	13.4	11.2	11.8	12.4	11.4
16	11.6	12	10.6	9.6	10	10	11.8	11.2	12.2	11.4	6.4	10.2	8.4	0	13.8	0	0	8.8	9.8	8.6	9.8	0	10.4	8.8	9.4	0	0	0	0	0
17	9.4	7.8	0	10	9.2	6.8	9.4	8.6	7.2	8.4	0	7.8	9.8	0	6.4	0	0	8.4	8.4	6.2	6.2	0	6.8	6.2	7	6.6	0	4.8	0	0
18	9.4	7.6	8.8	7	0	7.6	7.4	7.4	6.2	8.6	5	7.8	8.2	0	6.4	0	0	8.4	8.2	6.2	6.8	6.2	7.6	0	6	0	6	5.8	7.4	0
19	6.2	6.4	6.2	6.2	0	7.4	8.8	6.2	0	5.8	6.4	6.2	0	0	7.6	0	0	8	6.4	6.6	0	6.6	6	7.2	0	0	0	4.8	6.4	0
20	0	6.4	0	6.4	6.2	5.8	0	6.4	0	6.4	0	0	0	0	0	0	0	6.4	5.4	6	0	6.4	0	7	6.2	5.4	0	0	6	0
21	7.2	6.8	0	6.8	7.8	6.2	6.4	6.6	0	7	0	6.2	0	0	0	0	0	7.8	0	6.2	0	7	0	6.4	5.8	0	6	0	0	0
22	6.6	7	6.6	6.4	7.6	5.4	0	0	0	7.6	5.8	5.6	6.8	0	0	0	0	7.8	5	6	0	7.2	0	6	5.8	6	6	0	5.4	0
23	7.6	7	7.2	8.6	0	6.8	6	0	0	7.4	6.2	6.2	5.4	0	0	0	0	6.4	6	6	0	6.8	6.4	0	0	0	0	5.8	5.4	0
24	8	7.2	0	7.6	0	6	7	6.2	0	5.8	6	7.4	5.6	0	0	0	0	5.8	6.4	6.4	0	7.4	7.2	0	6.2	6.8	0	6.4	6.4	0

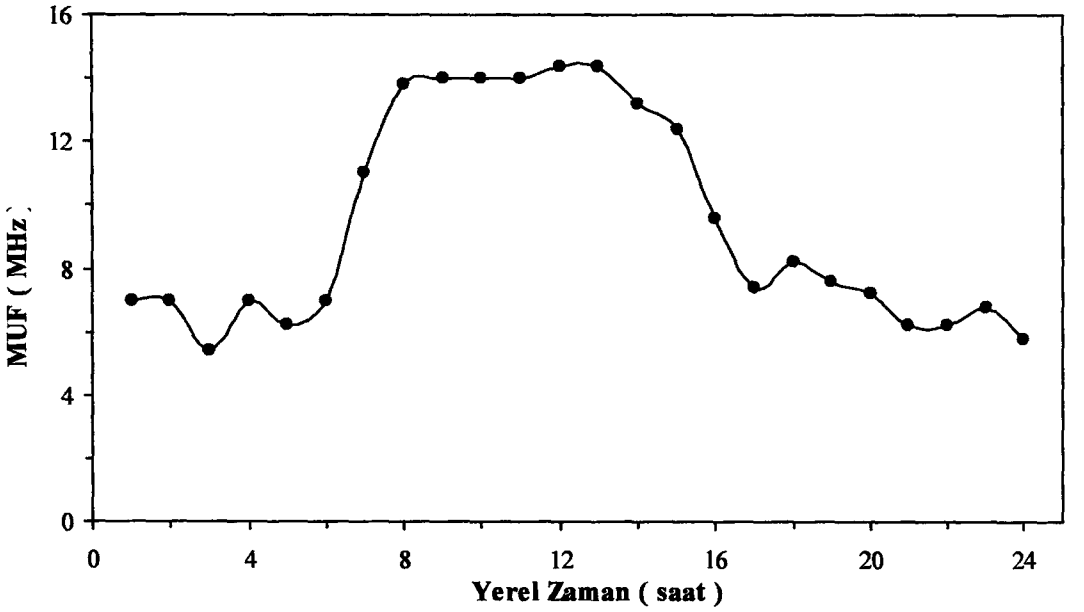
Tablo 7.8. Aralık ayı için hesaplanan günlük MUF (MHz)değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	5.8	7.4	5.8	8.4	5.2	8.4	4.4	6	6.2	6	6.8	5.8	6	8	8.8	8.8	6	6.2	0	6.8	7.2	5.2	6.2	6.6	6.2	0	7.8	7	6.2
2	0	0	5.4	8.2	6.2	8	6.8	8.4	0	6	6.4	6.8	7	6.2	6.2	9.2	8.8	8.8	6.6	7.4	0	7	7	6.4	6.8	6.4	6.2	6	7.8	7	8
3	0	0	0	7	6.8	7	6.6	7.4	4.8	7.2	6.6	7	7.2	7.2	8	10	10.2	10.2	6	7.8	0	6.8	8	6	4.6	7	7.2	6	7.2	5.4	8
4	0	0	0	0	5.4	7	6	6.4	5	6	6.4	5.8	5.8	5.4	0	9.4	9.2	9.2	6.6	7.8	0	6	6.2	0	0	4.8	6.4	6.4	6.4	7	7
5	0	0	4.4	0	4.4	7	6.2	5.4	0	4.4	6	5.8	0	5.2	6.6	7	6.4	6.4	4.6	5.8	0	5.6	0	6	5.4	5	4.8	7.8	6.2	6.2	7.6
6	0	0	6.8	7.4	7.2	10	7.8	7.4	7.4	7.2	7.4	6.4	6.6	6.2	8.4	7.2	7.8	7.8	6.8	8	0	6.8	6.4	6	7.2	7.4	4	7.6	6.4	7	9.8
7	0	0	7.4	11.8	11.8	12	12	12.4	9.8	11.6	10.6	10	10	9.8	9.8	10	10	10	7.8	9.6	0	8	10	10	10.4	10.8	8.2	11	10	11	12
8	0	0	12	15	11.6	12	12.8	13.8	11.6	12.8	10.4	10.2	10.6	10.6	10.4	10.4	11.8	11.8	11.2	11	0	10.4	11.2	11.2	10.4	13.2	13.2	12.2	14	13.8	14
9	0	0	17	16.6	13.4	14.4	12.6	15.8	14.6	12.8	14	13.4	12.4	13	12.8	11.6	14	14	12.2	12.4	11.8	11.4	11.8	13.4	12.8	13.4	15	14.8	16.6	14	17
10	0	0	15.6	14	15.4	16.6	16.4	17.8	13.8	15.2	14.2	16.6	15.2	14.4	15.8	18.4	12.8	12.8	14.2	13.8	14.2	14.2	13.2	14.8	14.6	18.8	15.6	18.6	16.8	14	20.2
11	0	0	15.2	15.8	12.6	13.2	12.2	17.2	13.6	14	13.8	13.4	12.6	15.8	12.4	12.6	13.2	13.2	12	14	13.8	13	12.8	13.6	15.2	13.4	13.4	13.4	14.2	14	17.8
12	0	0	14.2	16.4	13.8	14.2	14	17	12.8	12.4	13.8	15.4	15.6	16	12.4	11.8	14.2	14.2	12.8	12	12.4	12.6	14	12.8	11.2	13	16.2	14.4	14	14.4	20.8
13	0	0	15.4	15.4	14.6	12.6	15	15.6	13.4	11.4	13.6	13.6	12.6	12.8	12.6	13.6	14.6	14.6	13.6	13.6	12.6	12.6	12.2	12.8	11	14.8	13.4	13.8	14	14.4	20.2
14	0	0	12.6	15.8	13.2	12.4	14	15.4	13.4	13.2	13.2	13.6	11.8	12.4	12	15	12.6	12.6	11	12.4	13	12.6	12.8	13.8	15.4	13.2	13.8	15.2	12.8	13.2	15.4
15	0	0	12.8	14.8	13.2	13	12.2	11.6	11.4	12.6	9.8	12.2	11.6	10.8	10.2	11.2	12.4	12.4	10.4	11.2	12.8	12.6	11.6	10	11	10.2	11.4	11.2	11.4	12.4	12.2
16	0	0	8.8	10.4	10	11.2	10	8	8.2	7.8	8.4	7.4	0	6.4	0	0	8.6	8.6	9	10	6.2	7.8	8	6.4	8	7.8	10.2	0	8.8	9.6	9.6
17	0	0	8.8	6.2	6.2	6.6	8.2	7.6	0	7	6.2	5	6.4	8	0	5.6	6.8	6.8	7.6	0	6.8	7.8	5.6	5.4	7.4	6.2	0	7.4	7.6	7.4	9.6
18	0	0	6.4	0	7.4	5.8	7.4	8.2	6.8	5.8	6.8	6	5.4	7.6	10	4.6	6.2	6.2	7.8	0	0	6	5.6	7	0	6	7.4	6.4	7.6	8.2	7.8
19	0	0	0	6.4	5.8	5.8	0	5.4	0	4.8	6	5.4	5	7.8	6.4	5	7.8	7.8	4.8	0	7	6.2	5.2	0	5.6	6.2	5.8	0	7.8	7.6	6.8
20	0	0	6.8	6	5.4	5.4	6.2	0	5.2	0	0	0	0	0	6.2	5.4	0	0	5.8	0	6.4	5.8	5	4.8	5.8	5	5	0	6.2	7.2	6.4
21	0	0	6.8	0	5.4	0	6.8	7.2	5.8	0	0	6.2	0	6	0	0	0	0	6	0	7	5.8	0	5.8	5.4	0	5.8	6.2	5.8	6.2	9.8
22	0	0	7.4	0	8.4	6	6.6	7	5.8	0	0	6.4	0	0	5.8	6.4	6	6	6.4	0	5.8	7.2	6	6.2	6	6.4	6	6.2	5.8	6.2	9
23	0	0	7.2	5.8	8.2	6	7.2	6.2	6.2	5.8	5.8	6	5.4	6.8	0	6.4	0	0	6.2	0	7.4	7.2	6	5.8	6	0	6.2	7	6.4	6.8	7.6
24	0	0	7.4	6.2	8.2	6	7	5.6	5.8	0	0	6	0	6.2	7	6.2	0	0	6.6	0	6.2	7	5.6	5.8	6.8	6	6.2	7.2	6.8	5.8	7

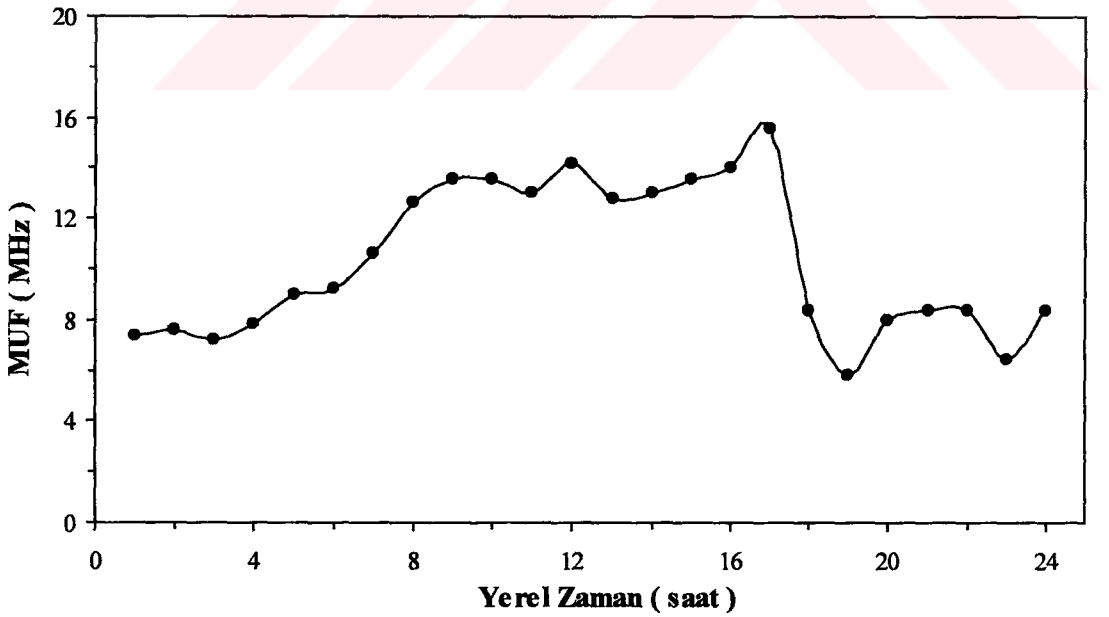
Şekil 7.7'de 2 Kasım 1993'deki HF elektromanyetik dalgaların kullanılabilir frekansların yerel zamana göre değişimi verilmektedir. Buna göre MUF değeri saat 0600 YZ'da 16.4 MHz, LUF değeri ise saat 0600YZ'da 6 MHz'dir. Kullanılabilir frekans aralığı 6-16.4 MHz'dir.

Şekil 7.8'de 30 Aralık 1993'deki HF elektromanyetik dalgaların kullanılabilir frekanslarının yerel zamana göre değişimi gösterilmektedir. Kullanılabilir frekanslar MUF değerini öğlen saatlerinde saat 1300 YZ'da 14.4 MHz olarak LUF değerini ise 0400 YZ'da 5.4 MHz olarak almaktadır. Kullanılabilir frekans aralığı 5.4-14.4 MHz'dir.

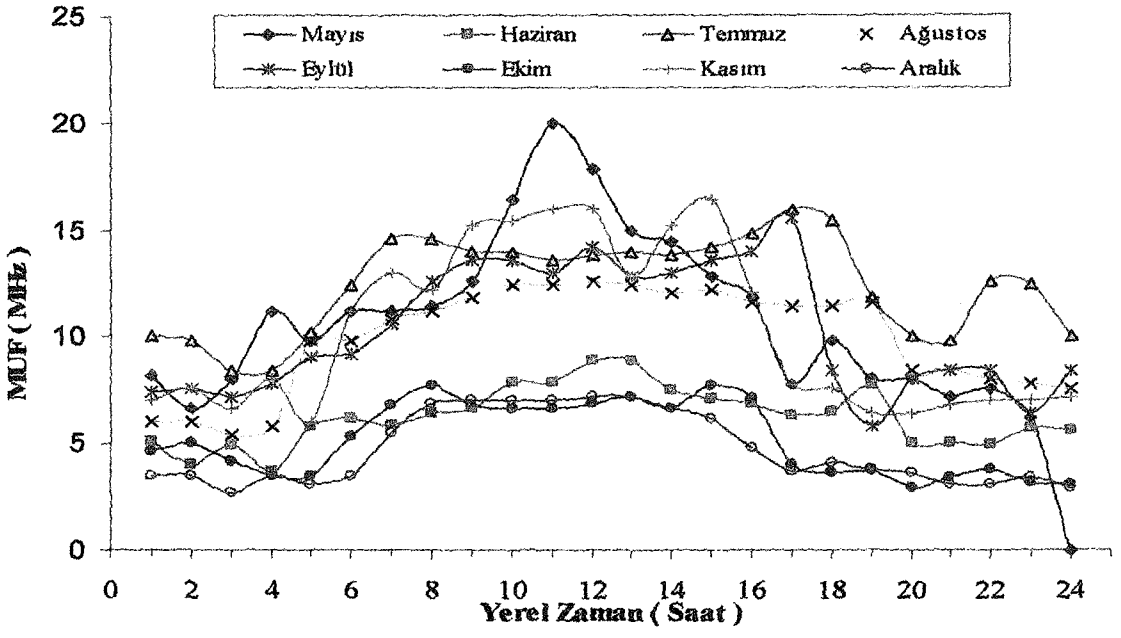
Şekil 7.9'da ise tüm şekillerimizin birleştirilmiş hali gösterilmektedir. Şekil 7.9 da hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre hem günlük hem de mevsimsel değişimi açıkça görülmektedir. Günlük değişimde kullanılabilir frekans aralığı MUF değerini genelde 0800 - 1300 YZ'da, LUF değerini ise 2000 - 0400 YZ'da almıştır. Mevsimsel değişimde ise kullanılabilir frekans aralığı en yüksek değerlerini Mayıs ayında alırken en düşük değerlerini de Aralık ayında almaktadır. Her iki değişimin temel nedeni dünyanın hem kendi hem de Güneşin etrafındaki dönme hareketinden kaynaklanıp iyonküre plazmasının Güneşten gelen UV ışınlarından farklı miktarlarda yararlanmasından başka bir deyişle Güneş aktivitesinden ileri gelir.



Şekil 7.7. 2 Kasım 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi (HF dalgasının iyonküreye giriş açısı 30^0'dir).



Şekil 7.8. 30 Aralık 1993'de hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi (HF dalgasının iyonküreye giriş açısı 30^0'dir).



Şekil 7.9. Aylara göre hesaplanan MUF değerlerinin yerel zamana göre değişimi (HF dalgasının iyonküreye giriş açısı 30^0'dir).

8. SONUÇ

Bu çalışmada Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinden elde edilen kritik frekans verileri kullanılarak denklem 6.1'e göre iyonküre plazmasının kullanılabilir frekans değerleri hesaplandı. Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ayları için kullanılabilir frekans değerlerinin yerel zamana göre değişim grafikleri çizildi. Grafikler günlük ve mevsimsel olarak incelendi.

Şekillerimiz günlük olarak incelendiğinde tüm şekillerimizde olduğu gibi kullanılabilir frekans, maksimum değerini öğlen saatlerinde minimum değerini ise sabah akşam ve gece yarısı saatlerinde almıştır. Bu da iyonküre plazmasının gündüz Güneş aktivitesine bağlı olarak elektron yoğunluğunun artmasıyla serbest elektron ömrünün daha fazla uzamasından kaynaklanmaktadır. Yalnız teorik bilgilerimizde kullanılabilir yüksek frekans aralığı 3-30 MHz olarak verilirken bizim kendi hesaplamalarımızda bu değer 4-21 MHz olarak elde edilmiştir. Değerlerimizin daha düşük çıkmasının nedeni güneşin doğuş ve batış saatlerine yakın zamanlarda iyonküre plazmasındaki elektron yoğunluğundaki değişikliklerden dolayı kullanılabilir frekans değerlerinde salınımların olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca MUF değerimizin düşüşü ve LUF değerlerimizin çıkışı manyetik fırtınaların dünyanın manyetik alanını etkileyerek F2 katmanındaki elektron yoğunlunun azalmasının sebebidir.

Şekillerimiz mevsimsel olarak incelendiğinde ise yaz aylarındaki kullanılabilir frekans aralığı sonbahar aylarına oranla daha geniştir. Bunun sebebi ise yaz aylarında günlerin daha fazla uzun olması sebebiyle iyonküre plazmasının Güneşten gelen UV ışınlarından daha fazla yararlanarak daha fazla iyonlaşıp elektron yoğunluğunun artmasıdır.

HF elektromanyetik dalgaların iyonküreden yansıması, ortamın parametreleriyle ilgilidir. Dalganın iyonküre içerisindeki yayılımında etkili ancak olayları izah etmek oldukça güçtür. Çünkü bu iletken bölge içerisindeki herhangi bir yerin özellikleri her an değişmektedir. Ancak bu çalışmada dalganın F tabakasındaki yayılımı için yapılan analitik çalışmaların neticesinde çıkarılan genel sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanır.

- İyonküre plazmasından yansıyan dalgaların yansıma özellikleri o andaki iyonküre parametrelerine bağlıdır.
- Kullanılabilir frekans aralığını MUF ve LUF olmak üzere iki parametre belirler.
- Kullanılabilir frekans aralığı Güneş aktivitesine bağlı olarak değişir.

KAYNAKLAR

1. Maslin, N.M., 1987, *HF Communications: A System Approach* . Plenum Pres

2. Davies, K., 1965, *Ionospheric Radio Propagation*, U.S. Government Printing Ofice, Washington.

3. Goodman, J.M.,1992, *HF Communication Science and Technology*. Van Nostrand Reinhold

4. Risbeth, H. and Garriott, O. K., 1969, *Introduction to Ionospheric Physics*, Academic Pres, New York and London

5. De Canck, M. H., 2003, MUF-Maximum usable frequency, Part 2.

6. Collin, R.E., 1985, Antennas and radiowave progation, Naval Postgraduate School, California.

7. Güner, F., 1993, Radyo Dalgalarının İyonkürenin F-Bölgesinden Yansıması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.

8. Davies, K., 1966, *Ionospheric Radio Propagation*, Unated States Deparment of Mommerce, Washington.

9. Picquenard, A., 1974, Radio Wave Propagation The Macmillan Pres Ltd.

10. Goodman, J.M., HF Communication Science and Technology Van Nostrand Reinhold, 1992.

11. Macintosh, R.E. and Malaga, a., November 1981, Frequency Dispersion in The Ionosphere.

12. Gebaur, R., HF Air Force Communications Service, 1977, How to Live with the Sun and Like It.

13. Thrane, E.V., 1984, Problems in HF Propagation.

14. ITU, 1994, Radio Noise, Recommendation.

15. Kelley, M. C., 1989, *The Earth's Ionosphere: Plazma Physics and Electrodynamics*, Academic Press.

16. Banks, P. M., 1969, *The Thermal Structure of the Ionosphere*, Proc. IEEE.

17. Ionospheric Communications Enhanced Profile & Circuit (ICEPAC) Prediction Program, HF Radio.org.

18. CCIR, 1992, CCIR Reference Ionospheric Characteristich and Methods of Bsic MUF, Operational MUF and Ray Path Prediction.

19. ITU, 1994, Computation of Reliability and Compatibility of Radio Systems.

20. Appleton,..., Proc.phys.Soc.42,321,1930

21. http:/www.radioelectronicschool.com.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:	Azize ASLANER (KILIÇ)
Doğum Yeri	:	Elazığ - Palu
Doğum Tarihi	:	23. 03. 1980
Medeni Hali	:	Evli

Eğitim Durumu

İlkokul	:	1987 - 1992, Kovancılar Merkez ilkokulu
Ortaokul	:	1992 - 1995, Kovancılar İmam-Hatip Lisesi
Lise	:	1995 - 1998, Kovancılar Lisesi

Akademik Durumu

Lisans	:	1998 - 2002, Fırat Üniversitesi
		Fen-Edebiyat Fakültesi
		Fizik Bölümü
Yüksek Lisans	:	2002 - ….., Fırat Üniversitesi
		Fen- Edebiyat Fakültesi
		Fizik Bölümü
		Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Anabilim Dalı
Danışman	:	Prof. Dr. Osman ÖZCAN

EKLER

Gün/Saat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2							5	4.1	3.7	3.7		4.9	5	5.2		5.5	5	5.2	5.1	0.8		3.6		5	4.9	3.2	4.8	5.6	5.5	5.2	
3							5	3.3	3.3	4	3.9	5		4.9	4.2	5	4.8	4.7	4.7	5.3		5.3	4.2	5	4.8	4.8	5.5	5.1	4.9	5.2	6
4							4	4	3.8	3.5	4.1	4.9	3.9	4.9	4.9	5.3	4.8	4.8	4.9	4.9		4.9	5.1	3.8	5	5.5	5.3		5	4.9	5.9
5								5.6	4.8		4.9	6.2		5.6	6.3	6.1	5.9	4.6	5.1	5.7		5.8	4.9	6.2	5	6.2	6.2		6.2	7.1	7.7
6								4.9	5.6		5.1	8.1	6.1	6.2		8.4	7.8	6.1	5.7	7.9		6.3	6.2	6.4	6.4	6.7	7.7		5.7	8.1	8.4
7								5.6	5.4		5.8	7.8	6.4	6.9	8.1	8.4	7.5	7.7	6.4	9.3		6.8	7	7.4	7.2	8.3	8.4		6	8.3	8.4
8								5.6	5.7		5.9	7.4	6	7.6	9.1	8.4		8.9	8.2	8.4	7.7	8.6	7.7	7.1	7.3	8.5	7.7	7.9	7	8.6	8.2
9								5.7		7.9		7.7	6.8	7.5	8.6	7.8		8.4	7.7	7.8	7.3	9	7.8	7	7.2	8.3	9.3	7.7	7	8.3	8.3
10								6.3	4.9	7.7	7.5	9	7.1	6.8	9	6.4	8.9	7.7	6.7	7.7	7.3	8.1	7.9		7.5	7.6	10.1	7	6.8	8.4	8.3
11								8.2		8.3	7.4	8.6	7.4	7.6	8.5	6.9	9.5	7.4	7	7.8	7.5	7	8.2	8.3	7.7	7.2	9.9		7.7	8.1	8.5
12								10	4.9	8.3	7.5	9	7.5	6.3	8.8	7.2	8.6	8	7	8.3	8.1	7.2	8.3	8.4	7.7	7.1	9.5		7.5	7.9	8.5
13								8.9		9		9	7.6	7.8	8.6	7.1	8.4	7.6	7.9	7.6	8	7.6	8.2		7.9	7.5	8.3	7.6	7.7	8.2	7.9
14								7.5	5.3	8.1	7.8	8.6	7.4	7.3	7.9	7.8	8	7.9	6.9	7.1	7.7	7.4	8.2	7.3	6.8	7.4	6.4	7.9	8.5	8.3	8.1
15								7.2	6	7.2	7.7	8.3	7.1	7.5	7.5	7.5	7.9	7.8	6.2		7.5	7.4	7.8	6	6.6	7.6	7	7	7.9	8.1	7
16							8	6.4		7	7.7	8.6	6.9	9.3	7.4	8.1	8.5	7.7			7.1	7.4	7.6	6.4	6.8	7.1	7.8	7.1	7.3	7.9	7
17						8.4	8	5.9		7.7	8.6	9.9	6.6	8.7	8.2		8.9	8.6	6.2		6.9	7	8.3	6.2	7.3		9	7	7	8.4	
18						8.5	8	3.9		7.3		8.4	7.4	8.2	8.9	7.7	8.5	8.2	5		5	7.7	8.7	7.6	7.1	7.8	10	8.4	7	9	0.7
19						8.8		4.9		3.5	8.6	8.5	7.7	5	8.8	8.2	8.2	8.5	8		7.9	8.9	8.5	8.4	7.7	8.7	10.5	8.4	7.9	8.3	8.4
20						8.5	3	4		2.9	3.6	4.9		5.8	3.2	7.9	4	7.8			3	8.2	7.9	7.8		8.2	7.6		7.6	8.2	6
21						8.1	3	4	3.2			6.2	3.3	3.2	4.9	7.6	6.6	5	2.8		7.7	7.8	5.7	3.9		7.6		7.8		7.7	
22						5.4	5	3.6	4.2		5.5		2.8		6		4	3.3			7.1	5.6		5				8.3		6.8	8.3
23						6.1	4	3.8	4.5		3.2	5.2		2.9	5.9	5.6			5.1		6.1	5.7	5.7	6	4.2	6.2	5.4	8	6.6	6.8	7.8
24						6	5	3.1	4.1	4.6		5.5	5.9	4.1	4.9	5.5	5.5	4.9	59		6	6.3	2.9	6	5		5.6	7.4	6.1	6.8	7.7

Mayıs 1993

Saat/Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	6.9	0	0	0	4.8	5.1	5.7	5.9	5.5	5.1	4.9	4.9	5.8	0	5.2	6.5	0	5	4.2	5.1	5.1	5.3	5.2	6.9	0	5.9	6	6.4	0	4.9
2	6	0	0	0	4.8	4	5.2	5.5	4.4	5.2	4.2	5.5	5	5	5	0	0	4	4.4	5	4.7	5.3	5.4	5.3	5.1	5.1	6.1	6.1	6	5.7
3	6	0	0	0	4.1	4.9	4.8	5.1	4.7	5	4.5	5.2	4.6	4.8	4.6	5.9	0	5	4.2	5.1	4.7	4.6	5.1	5.6	5	5	5.7	5.9	5.1	5.7
4	6.4	0	0	0	4.2	3.7	5	4.9	4.8	5.1	4.1	4.2	5	5	5	5.9	0	5	4.8	5	4.7	4.9	4.4	4.4	5	4.9	5.1	6.3	5.9	5.2
5	7.2	0	0	0	0	5.8	5.1	4	5.6	6.2	6.1	5.9	6.3	5.6	6.3	6	0	6	5.7	6	6.1	5.2	4.9	0	5.6	5.6	5.9	6.6	6.3	5.7
6	8.8	0	0	0	5	6.2	5.7	5.3	6.8	0	5.8	6.9	7.6	6	7.6	6	0	6	5.9	7.5	6.6	6.6	6	4.8	6.5	0	6.7	6.5	7.1	7
7	9.3	0	0	0	0	5.9	6.4	6	7.8	7.1	5.1	6.9	7.5	0	7.5	7	6	6	6.6	6.3	0	7.7	6.9	5.7	6.4	6.1	6.4	6.9	7.9	6.3
8	8.9	0	0	0	5.7	6.4	7	5.7	6.8	0	5.8	7	8.4	0	8.4	6.7	7	6	7.6	7	8.2	7.4	7.7	0	6.9	0	6.6	0	0	6.1
9	8.9	0	0	0	0	6.6	0	6	7.8	0	7.1	7.6	9.2	0	9.2	7.7	6	7	7.4	6.8	0	6.7	6.9	0	7.6	7.4	7	0	9.2	5.1
10	8.9	0	0	0	0	7.9	0	0	0	0	7.7	8.9	6.9	7.4	6.9	8.3	8	0	7.1	6.3	0	6.9	6.7	0	8.7	7	7.7	0	8.5	6.8
11	9.1	0	0	7.9	5.8	7.9	7.5	0	0	0	8.1	8.6	6.8	7.7	6.8	8.1	7	0	7	6.3	7.2	0	6.8	0	8.5	0	7	0	8.9	
12	0	0	0	7.8	5.8	8.9	7.5	5.7	0	6.9	8.1	8.5	6.8	6.9	6.8	8.2	6	0	6.9	7	6.3	7	7.1	6.7	8.9	7.9	6.9	0	8.3	7.1
13	0	0	0	9	6.2	8.9	8.1	6.2	0	7.5	7	7.8	5.9	7.6	5.9	7.3	7	6	6.4	7	6.8	0	6.8	0	8.6	7.6	7.1	0	7.9	6.8
14	0	0	0	8.1	6.5	7.5	7.7	6	7.3	7.7	7.5	8.6	6.1	7.1	6.1	7.5	6	6	6.6	6.5	6.8	6.7	0	0	8.4	7.8	7.1	7.3	7.6	6.4
15	0	0	0	7.7	6.7	7.1	7.1	6.4	7.1	6.4	0	8.3	7.1	6.1	7.1	6.8	6	0	6.7	6.5	6.1	0	0	0	8.2	0	7.8	6.4	7.7	0
16	0	0	0	7.2	6.6	6.9	6.9	5.6	6.9	6.4	7	7.7	6.4	6.5	6.4	6.7	7	0	0	6.6	5.6	0	0	0	7.1	6.6	7	7	8.4	0
17	0	0	0	6.6	4	6.3	7.7	4.5	7.4	6.4	0	0	6.9	6.5	6.9	7.1	4	0	7.7	6.2	5.8	0	0	0	8.2	5.8	0	7	8.7	5.8
18	0	0	0	6	5.8	6.5	8.2	6.4	5.9	0	8.1	0	7.7	7.2	7.7	7.7	8	7	8.9	6.5	6.4	0	0	0	9.2	7.7	0	7.4	9.3	6.7
19	0	0	0	6.1	5.6	7.7	7.7	0	7.7	0	8.1	0	8.3	7.7	8.3	8	8	0	8.9	7.2	6	6	0	0	8.5	7.6	8.2	7.3	9.2	7.1
20	0	0	0	3.4	6	5	0	6	0	0	7.5	0	8.2	4.9	8.2	0	8	8	6	4.9	7.6	0	0	0	8	0	8.3	7	0	6.3
21	0	0	0	0	0	5	7	4.8	7	0	0	0	7.7	0	7.7	0	0	8	0	5.9	5	7.5	0	0	7.4	6	7.4	6.2	4.8	6.2
22	0	0	0	0	6	4.9	6.4	5.9	6	0	6.1	6.3	7.8	6.2	7.8	0	6	0	0	5.8	0	6.9	5.7	0	6	6.2	4.8	7.1	0	6.1
23	0	0	0	5.6	5.8	5.7	6.4	5.6	0	5.9	6.1	6.2	7.2	6	7.2	0	5	0	0	5.6	5.5	5.6	6.4	0	6.3	7.5	6.8	6.7	6.8	6.5
24	0	0	0	5.5	5.5	5.6	5.8	5.6	4.8	5.2	5.5	5.9	0	0	0	0	6	4	5.3	5.3	5.6	6.1	6.6	0	5.8	6.7	6.3	6.5	6.4	6.3
Ap indisi	4	6	14	54	36	18	21	14	6	28	9	12	12	8	5	3	4	3	5	5	2	5	17	26	18	7	6	4	10	10

Haziran 1993

Saat/Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	5.9	5.6	5.4	5	5.1	5.1	4.8	5.8	5.5	5.8	5.8	5	5	4		4.9	5	5	5.1	5.8	6.5	5.2	5.1	5.2		4.8	5	5.9	5.2	4.8	4.4
2	5.7	5.7	5.6	4.9	5	5.2	4.4	5.6	5	5.9	5.3	4.9	4.8			5.1	5.1	4.3	5	5.6	5.8	4.9	4.9	4.2	4.9	4.3	4.9	5.5	4.9	5	4.3
3	5.3	5.7	4.5	4.9	4.8	4.9	4.5	5.6	4.3	4.9	3.6	4.4	4.9	4.2		4.9	4.2	4.2	4.8	5.3	5	3.9	4.6	4.1	4.3	4.1	4.2	4.5	4		4
4	4.9	5.4	3	4.8	5.3	4.9	4.8	4.8	4.9	4.7	3.4	4.9	4.5	4.4	4.2	4.4	4	4.5	4.9	5.6	4.6	4.9	4.4	4.5	4.5	4.8	4.2	4.1	4.3	3.9	4.2
5	6	5.5	4.9		5.6	5.3	5.1	5.5	4.8	4.7	3.7	6.2	5.5	5	5.1	4.8	5.6	5.1	5.9	5	6	5.2	4.9	5.8	5.6	5.8	5.1	5	5.4	3.3	4.8
6	5.9	5.7			6.3	5.6	6.2	6	5	5.5	4.8	5.9	5.4	5.7	5.6		6.2		7.5	6.1	5.8	5.4	5.8	6.6	5.7	6.8	6.2	5.9	5.9	4.9	5.7
7	6.9	4.2			7.1	6.7	6.4		5.3	6.4	4	5.7	5.2		5.7		6.8		7.4	6.5	5.9	7.1	6.9	6.8	6.8	6	7.3	6.4	6	5.3	6.6
8	6.6	5.7			6	6	5.7	7	6.3	6.5	7.7	6.2		8			6.8		7.5	7.9		7.1	8.3	7	6.7	6.8	7.3	6.7	6.1	6.2	6.8
9	6.8	5.7	4.5	6	6.3	6.8		7.6	7.8	7.6	7.4		6			7.1	6.4		7.5	7.8		7.3	7.3	7.1	6.9	7.2	7	6.5	6.5	5.6	5.9
10	6.4	5.8	5.7	6.3	6.4	6.9	5.7	7.8	6.4	6.9	7	6.5			6.6	6.9				6.8	7.5	7.1	6.7	6.9	7.7	6.9	7		6.8		6.4
11	7.1		4.7	6.9		7		7.7	6.8		5.7		6		6.5	6	6.9	6.4	6.4	6.6	6.8	6.4	6.1	7	7.5	7	6.8		7	4.6	6.2
12		5.7		7.1	6.7	7.2		6.3	6.7	6.7	5.6	8.3			6.7		6.4	5.7	6.7	7.3	6.6		6.3	7.2	7.2	6.7	6.9	8.2	7.2	5.2	6.5
13		6.1	5.6	7.3	6.7		6	6.4	6.2	6.6	5.5	8.9	6.2		6.8	5.8	6.8	6.1	6.7	6.6	6.4	7.2	6.8	6.9	7.6	6.6	7	7.5	7	5.5	7
14	7	5.7	5.6	7.6			5.5	6.9	5.8	6.8	6.1	7.2	6.6		6.3	6.1	6.6	6.7		7.1	6.4	7.2	6.7	6.6	7.5	7.1	6.9	6.2	6.4	5.4	6.5
15	7.3	6.3	5.7	7		7.8		6.6	5.7	6.5	6	6	6.7	6.2	6.3	6.1	6.1	6.8	7.6	7.1	6	7	6.1	6.4	7.1	7.1	7.1	6.6	6.6	5.9	6
16	6.5	5.8	6	6.1				6.3	5.9		5.7	5.7	5.9	6.1	6.8	6.8	5.3	6.7	6.7	6	5.9	6.6	6.4		6.7	6.8	7.4	5.8	6.9	5.7	6.3
17	6.1	6.2	5.5	4.9				7.2	6	6	5.7	5.9	6.3	6.4	7	6.7	5.7	7	6	5.7	6	6	6.1		6.5		8	6.2	6.5	5.6	5.1
18	7	6.3	5.1	5.6				7	6.6		5.7	4.6	5.3		6.9	6.6	6	7.8	6	5.9	4.9	5.9	7	4.9	6.2	5.8	7.7	7	7.4	5.7	7.1
19	7.9	7.2			6.9			7.3	4.7	6	6.5		6.6		6.4		5.9	8.1		8.2	7.1	5.9		7.6	5.1	6	5.9	7.4	7.4	5.5	7.6
20	4.8	5.1	5.1	6.8			6	7	6.8	5.8	4.7		6	4.9			6.5		5.9	7.8	7.7	6.6	7.6	7	6.9	6.3	5	3.8	7.4		4.9
21	6.4	4	5.6		6		5.7	6.3	5.7			7.2	4.9	5.9	5	6.2	5	3.3	7	6.6	7.4	6.7	7.5		6.6	6.4	4.9	5.4	6.2	5.3	4.3
22	3.9	4.4	5	5.1	6	5.1	6	6.3	5	5	5	6.7	5.1		6.2	5.8	6.6	3.7	7.1	5.1	6		6.6	4.8	6.1	6.3	6.3	4		5.1	5
23	5.6	6.6	5.7	5.2	6	4.8	5	5.9	6.4	5.8	5.1	6.2	5.1			5.9	5.9	5.7	7.5	6.5	5.7		5.9	5.7	5.6	5.7	6.2		4.9	5	4.8
24	5.6	6.2	5	5.4	5.5	4.9	5.7	5.7	6.1	5.8	5.1	5.4	5			5.3	5	5.7	6.9	5.9	5.7		4.9	5.6	5	5.7	5	5	5	4.1	4.7
Ap indisi	22	29	21	8	5	5	8	14	15	12	20	8	10	3	5	4	3	5	5	16	14	10	6	4	5	4	10	6	18	6	6

Temmuz 1993

Saat/gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	4	4.7	4.8	5	4.4	4.2	4.6	4	4.4	4.4	4.2	4	4	0	0	4.9	3.2	0	3.7	4.2	3.3	3.5	0	4	3.7	3.8	4.3	5.9	4	3	3.7
2	4	4.7	4.9	4.9	3.6	3.9	3.2	4	4	4	4.2	4.2	4.5	0	0	4.2	0	3.2	3.5	4.1	0	0	0	3.7	0	0	4.5	5.6	3.7	3	3.9
3	4	4.7	4.6	4.2	3.2	3.5	3.4	3.5	3.7	3.9	3.7	4.1	4.3	0	0	3.4	3.2	3.2	3.6	3.9	3.5	3.4	3.6	3.4	3.8	0	3.3	4.7	3.4	2.7	4
4	4.4	4.2	5	4	2.9	4	3.4	3.9	0	3.7	4	4.2	4.3	0	0	3.4	2.3	3.6	3.4	3.9	0	3.1	3.6	3.5	3.9	3.5	4	3.5	3.3	2.9	4.1
5	4.9	5.6	5.8	4.7	4.4	5	4.6	4.7	4.1	4.7	5.2	5	5	0	0	4.1	3.8	3.8	4	3.5	4.8	5.1	5	4.6	4.1	5	3.7	3.9	0	4.9	4.7
6	5.7	6.6	6.5	5.7	5.1	5.6	4.6	5.1	5.1	5.7	5	5.8	5.9	0	0	3.9	4.5	4.9	4.9	4.1	5.7	5.9	6.5	5.7	5.7	5.9	5.7	5.4	4.7	4.9	5.3
7	6.5	5.8	6.5	5.9	5.1	6.2	5.3	6.1	5.7	5.6	5.8	6.3	6.3	0	0	4.7	5	5.8	6.1	5.7	6	6.7	7	6.8	6.6	7.2	8.5	5.9	5.6	5.4	5.9
8	5.8	5.8	6.8	5.9	5.1	6	5.4	6.7	7.2	6.7	5.8	6.5	7.5	0	0	0	0	6.2	6.6	7	6.8	7	7.5	6.9	7	7.6	7.6	6.4	0	5.6	6.6
9	0	6.3	6.4	6.2	5.1	6	5.4	7	5.7	7	7.2	6.4	7	0	0	5.7	5.8	8.3	7.5	8.7	6.6	7	6.5	7.1	7.4	7	0	6.3	0	5.9	5.9
10	0	6.7	6.7	6	4.8	6.3	5.7	6.5	5.8	6.9	6.6	0	6.6	0	0	0	5.6	7.8	6.7	7.4	6.7	6.7	6.4	7	6.9	7.6	6.7	6.3	5.5	6.2	6.5
11	6.4	6.8	7.5	5.8	0	6.8	5.7	6.8	5.7	6.5	7	7.8	5.6	0	0	0	5.5	7	6.8	6.9	6.7	6.5	6.4	6.6	5.9	7.6	7	6.3	5.9	6.2	0
12	6.5	7.4	7.9	0	5.6	6.6	5.9	6.9	6.4	6.3	6.4	7.9	6	0	0	5.7	5.8	6.1	6.4	6.5	6.6	6.4	6.5	6.7	6.2	7	6.7	0	5.7	6.3	6.8
13	6.6	7	7.7	6.3	5.7	7.1	6.4	6.5	6.3	6	6.3	6.6	6	0	0	5.4	5.7	6.4	6.5	6.9	7.5	6.6	6.8	6.5	6.3	6.9	7	6.3	0	6.2	7
14	6.7	6.4	6.6	6.7	5.8	7.3	6.4	6.6	6.1	6.2	6	6	0	0	6.5	5.8	5.4	6.1	6.2	6.8	7	6.9	6.9	0	6.3	6.2	7.3	6.5	5.7	6	7.2
15	0	6.7	5.8	7.5	5.7	6.6	7.9	6.6	5.8	5.7	6	5.8	0	0	6	5.3	5.5	5.8	7	6.3	6.8	6.4	6.5	6.6	5.9	6	7.2	5.9	5.2	6.1	6
16	5.9	7	0	7.8	5.3	6	5.3	5.7	5.7	6.4	5.6	5.8	0	0	6.6	5	5.7	5.9	6.8	6.4	6.1	6.3	6.1	6.5	5.9	6.1	7.1	6.1	5.6	5.8	6
17	5.7	6	5.9	7	0	6.8	0	4.9	5	6.2	5.6	5.6	6.1	0	7.4	5.6	5.8	4.1	6.6	6.2	5.8	6	0	6.9	6.6	5.9	7.7	7.6	5.8	5.7	5.6
18	0	6	7	7.7	5	5.9	0	7.6	0	6.3	6.6	6.7	7.2	0	8	7	6.3	4.8	6.4	0	4	4.9	6.4	7.6	6	6	0	8.5	4.2	5.7	5.9
19	0	4.9	7.6	6.8	0	7.5	0	8	0	6	0	7.8	7.7	0	8.2	4.9	4.2	7.5	0	7.7	6.3	7.1	7.2	7.3	7.7	0	8.4	8.1	5	5.8	5.9
20	7.1	6.1	7.6	6.5	5.6	6.1	0	5.9	6.4	6.4	7.4	7.5	7.3	0	7.7	0	5.9	6	6	0	6	4.9	4	7.5	4.4	5	0	6.1	4.8	4.2	4.8
21	5.5	4	7	6.2	0	7	4	5.9	6	5.2	7	5.9	4.7	0	0	3.5	6.1	5	4.9	4.9	6.2	4.5	4.9	0	6.3	4.8	0	0	0	4.2	4.1
22	5.1	5.8	6.2	6	5.1	5	3.8	5.5	5.1	4.7	5.7	6	0	0	4.9	4	0	3.4	4.2	0	4.5	3.9	3.9	5.1	6	5.8	6.8	5	3.9	4	4.2
23	4.9	5.2	6	5.8	4.8	5	4.7	4.5	5.7	3.5	4.9	5.2	0	0	4.2	0	3.4	0	4.3	4.8	0	3.9	4.3	4	4.8	4.9	6.4	5.2	0	3.9	4.3
24	4.8	5	5.6	0	4.5	5	4.3	4.7	5.2	3.9	4.7	4	0	0	5.6	3.7	0	3.6	4.1	4	3.8	3.9	0	3.7	4.2	4.8	5.8	4.9	0	3.8	0
Ap indisi	3	3	6	25	18	14	15	7	11	7	4	6	4	2	14	78	27	18	12	6	4	6	3	4	4	6	26	11	10	4	5

Ağustos 1993

Saat/Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	3.9	0	4.4	3.8	3.9	0	0	3.4	3.5	0	3.9	0	3.7	0	0	3.7	4	0	3.7	4	3.7	0	3.4	3.5	4.2	4.3	3.7	4	0	3
2	3.9	3.5	4.3	3.5	0	0	0	3.4	3.1	3.9	3.4	0	3.6	0	3.5	3.6	3.9	3.7	3.6	3.6	3.3	3.6	3.5	3.5	4	4.1	3.8	3.6	0	3.2
3	3.7	3.5	4.5	3.2	3.3	0	0	3.3	3	3.6	3.3	0	3.5	0	0	3.5	3.6	3.6	0	3.8	0	3.5	3.5	3.2	3.6	3.6	3.6	3.7	3.4	3.2
4	3.5	3.4	4.3	3.4	3.2	0	0	3.2	2.9	3.1	3.4	0	2.4	0	0	2.9	3.3	0	0	3.5	0	3.4	2.7	3.1	3	3.4	3.9	3.5	3.1	2.9
5	4.9	4.8	3.9	3.2	4.9	0	0	4	3.8	0	0	0	3.5	0	3.5	4.3	4.1	3.9	4.9	4.6	3.4	3.9	4.8	3.9	2.7	4.5	4.5	4.1	4.4	3.4
6	5.7	5.9	6.2	5.1	4.6	0	0	5	5	0	0	0	3.6	0	4.2	4.9	5.6	6.4	5.6	5.6	4.2	5.7	5.8	4.6	4.2	5.2	4.6	5.4	5	4.2
7	6.6	6.8	4.7	5.9	4.9	0	0	6.2	6	0	0	0	3.5	0	5.1	6	6.7	6.4	5.9	6.1	4.6	5.7	5.4	5.1	5.6	6.3	5.3	6.1	6	4.7
8	6.4	6.8	8.4	7.3	6.1	0	6.2	6.4	6.6	0	0	0	0	6.7	4.9	6.5	6.7	6.4	7	6.6	4.9	7.2	6.6	5.6	5.9	6.6	6.3	6.2	6.4	5
9	6.8	7.5	9.3	7.9	6	0	6.7	6.2	5.7	0	0	0	5.3	6.1	5.7	8.3	7.7	7.1	7.4	6.4	4.7	7.1	7	5.6	7	7.5	6.8	6.7	5.7	4.9
10	6.9	7	8.3	7.4	6.4	6	7.6	6.2	6.4	0	0	0	4.5	6.4	6.3	7.5	7.5	7.6	6.9	7.5	5.1	6.5	7.1	6.7	7.4	7.6	6.8	7.1	5.8	5.3
11	8	6.3	7.7	7.8	6.7	6	6	7	6.1	0	0	0	4.8	8.3	5.9	7.3	7.7	7.9	7.5	7.1	5.2	6.6	5.9	7.6	6.9	7	6.5	6.6	6.4	5.2
12	6.9	6	6.9	7.2	6.3	7	6.4	6.8	6.5	0	0	0	4.4	8.9	6	6.8	7.5	7.7	8.4	6.6	5.6	6.2	6.3	8.3	6.8	6.6	7.1	7.7	6.5	6.2
13	6.5	5.5	7.6	6.7	6.7	8	6.5	6.5	6.7	6.7	0	0	5	7.1	7	6.2	6.7	7.8	7.9	7.1	5.5	5.8	6.5	7.6	7	6.5	6.4	6.7	6.6	5.4
14	6.9	6.6	7.5	6.7	6.8	0	6	6.1	6.6	6.1	0	5.8	5.7	6	7.1	6	6.8	7.5	6.8	0	5.6	6.2	6.2	6.9	6.6	6	6.5	6.1	5.9	5.9
15	6.5	6.8	6.1	5.9	6.2	0	6.1	6	6.6	7	0	5.7	5.7	6	5.7	6	6.5	6.7	7	8	5.5	6.3	6.3	6.1	6.5	6.8	6.8	7.4	5.9	6
16	6.4	7.1	7.6	5.7	6.1	0	4.8	5.8	6	6	0	6.4	4.4	5.7	5.2	6.3	6.3	6.8	7.1	8.1	5.5	6.1	7.1	6.5	7.4	6	7	8.2	5.1	6.7
17	5.9	7.1	7.3	5.9	5.9	0	5.1	4.3	6.2	5.6	0	6.7	5.6	6	4	5.9	6.1	6.2	6.1	7.8	4.9	6.6	7.6	7.1	6.1	7.6	7.8	8.6	4	6
18	6	4.8	4.9	5.8	0	0	6	4.3	3.8	5.1	0	6.7	6	6.2	0	6.1	5.9	6	6	5.9	4.9	6.4	6	6.2	6.2	6	4.2	6	3.8	4.8
19	6.4	6.3	5	5	5	0	6	4	4.1	4.8	0	6.1	3.5	6	4.9	3.5	5.6	4	4	3.8	3.9		4.9	4.9	4	4	2.9	3.5	3.5	3.3
20	4	4.9	4.1	5.1	0	0	5	3.8	5.3	0	0	0	3.1	4.2	3.5	2.8	3.2	5.8	5	3.6	3.6	3.5	4.1	3.7	3.3	2.8	4	3.2	3.6	2.9
21	4	4.9	5.1	3.3	0	0	4.6	4	4.9	3.2	0	0	0	3.6	4.9	4	4.4	4.9	4.5	4.9	3.8	4.4	4.3	4.8	3.3	3.9	4.2	0	4.1	0
22	0	0	4.1	4.4	0	0	3.9	4.4	4.7	4.4	0	4	0	3.5	4	3.3	3.3	3.2	4.5	3.3	3.7	3.7	4.2	3.1	2.7	4	4.2	0	0	3.1
23	3.7	0	5.2	0	0	0	0	3.9	4.2	3.7	0	4.7	0	3.4	3.9	4.5	3.9	4.1	4.2	3.5	3.9	3.7	3.2	4.2	4.5	4	3.2	0	2.7	3.1
24	0	4.2	3.9	4.2	0	0	3.5	3.7	3.2	4	0	4.1	0	0	3.9	4.3	4.1	3.6	4.1	4.1	4	3.2	3.6	4.3	3.9	4.1	4.2	0	4	2.7
Ap indisi	3	6	36	25	13	12	8	8	5	4	6	16	91	28	16	6	4	4	4	21	14	6	12	18	11	10	9	8	24	18

Eylül 1993

Saat/Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	30	31
1	2.7	3.1		3.3	3.2	4.3	3.3	3.5	4	3.4	4.6	2.9	3.8			3.9	3.5	3.2	4.2	3.2	3.1	3.4	3.5	3.3		2.9	2.7	2.9	2.7	3.3	3.1
2		3		3.4	3.5	3.6	3	3.3	4	3.5	5	3.4	3.1	3.9	3.5	4	3.5	3.5	3.2			3.5	3.7	4	3.5	3.6	3.1	3	3.4	3.4	3.1
3		2.7	3.1			3.5	3.4	3.4	3.9	3.5	4.2	2.9	3.4	3.9	3.6	3.8	3.9	3.7	3.5		3.5	3.5	2.7	4.1	3.9		3	2.8	3.5		
4	3.1	2.4	2.6	3.9	3.4	3.1	3.3	3.4		4	3.5	3.5	3.4	2.9	2.8	3.9	3.6	3.9	3.2	3.5	3.2	3.1	3.7	4	2.9		2.9	3.4	2.7	3.2	3
5	3.5	3.5	3.5	3.6	4	3.5	4.1	3.9	4.2		3.5	4	3.6	3.6		3.6	3.5	3.8	3.1	2.5	3.4		4.1	4.7	3	4.3	3.4		2.5	2.3	2.5
6	5.5	5.7	5.7	5.5	5.1	6.1	5.6	6.8	5	5.5	5.3	6.1	5.5	4.8	5.6	5	5.9	6.7	5	5.1	5.9	4.9	5	7.6	6.1	6.4	5.6	4.9	4.2	4.9	5.1
7	5.9	5.8	6.6	6.2	7.1	7.6	6.4	7.3	8.2	7.9	6.8	5.7	6.3	7.3	7.6	7.4	8.3	7.4	6.1	6.9	7	7.9	6.4	7.7	6.4	6.9	6.8	5.6	8.1	6.3	6.6
8	5.9	7.1	6.6	7	7.9	8.6	7.9	6.7	9.4	7.3	7.7	6.1	6.3	9.2	7.9	7.7	9.3	7.2	8	8.2	8.2	8.2	7.7	8.4	7.2	7.6	6.3	7.4	8.5	6.6	7
9	6.9	7.6	7.2	7.4	8.9	7.9	7.6	7.8	7.5	9	6.8	7	6.7	7.7	7.3	7.7	7.6	8.8	9	8.2	7.7	8.3	8.5	8.1	8.2	7.9	6.9	7.6	8.3	8.9	6.8
10	6.5	7.2	8.2	7	7.8	7.7	7.7	7.9	10	10	6.6	7.1	7.1	7.6	7.7	8.3	8.8	9.1	9.5	9.2	8.4	7.7	10	8.9	9.6	9.5	8	8	9	8.8	9.4
11	6.8	8.1	8.3	7.9	7	7.3	7.8	8.3	11	9.7	6.6	7.5	8.1	8.2	8.4	8.4	10	9.2	11	10	8.6	8.6	9.7	9.5	8.3	9.6	7	7.7	10	11	9.4
12	7.8	6.9	7.1	7.5	7.1	7.7	8.3	8.7	9.8	8.3	6.9	7.9	7.9	7.7	7.6	8.3	7.6	8.7	8.5	9.7	8.3	8.4	8.1	8.8	7.9	7.6	7.4	7.9	8.9	9.6	7
13	6.8	6.8	6.4	6.8	6	8.2	7.4	9.7	7.6	8.3	7.2	7.2	7.6	6.6	6.7	7.9	6.9	8.3	8.9	7.9	7.6	8.7	7.9	8.4	8.4	7.7	7.5	7.9	7.4	6.9	6.9
14	7.4	7.4	6.6	6.6	6.6	6.7	8.4	9.8	6.9	8.4	6.6	6.7	8.2	7.4	7.6	8.6	7.1	8.2	8.7	8.4	8.8	8.3	7.8	7.7	9.8	7.7	7.4	6.9	7.6	7	8.4
15	6.6	7.6	6.5	6.9	7.1	8.4	7.9	9	6.6	8.6	7.7		7.8	7.4	9	8.7	8.5	9	8.8	8.8	8.6	8.1	7.9	7.1	8.9	7.1	6.9	6.4	6.5	7.2	8.1
16	5.9	6.6	8	7.4	7.6	7.7	6.9	8.3	7.6	8.1	7.1		7.4	7.7	8.5	7.7	8.9	7.7	7.9	8.1	9.3	7.4	6.1	6.7	7.7	5.9	5.6	5.7	5.6	5.2	6.4
17	5	6	7.6	6	6.2	7.3	7.6	6.7	7.4	5.9	4		6	7.1	6.5	4	6.1	6.7	6	5.9	6	6		5	6	5	4.5	3.5	4.6	4.5	4.2
18	4.3	4.2	4.1	4.9	5.1	6.1	4.6	3.8	4	6.5	3.6		4			3.6	4.9	4.4	3.1	4.7	5.4	4.8	7.3		4.8	4	3.9	4.4	3.8	3.7	3.8
19	4	4.8	4.7	5.4	4.9	4.4	5.1	5	3.9	4.3	3.7	4.9		4.2	3.7	3.8	3.3	4.5	4.2		4.7	5	5.2		2.7			3.9		2.3	3.3
20	3.4		3.3	3.1	3.6	3.5	3.8			4	2.9	3.4	3.9		3.2	3.5		3.7	3.5	2.9	3.5	3.9	3.4	3.4	3.2		3.1	2.8			3.1
21	3.6		3.4		3.6		3.1	2.9	2.7	4.3	3.4	3.6	3.9		3.7	3.4		40		3		3.4	3.5		3.8	4.1	3.1		3		3.6
22	3.6		3	3.4		3.5	3.4	3.2	3.6		3.8	2.9	3.9		3			4	2.7			3.3		3.4	5.6	4.1	4.1	3.5	3	3	3.4
23	3.7	3.7	3.2	3.6		3.6	3.5		3.7	4.1	3.2	3.2	3.8	3.5	6	3.5	3.2	4.8	3.7			3.4	3.5	3.4	4.2	4	3.4		3	3	3.7
24		3.4	3.1	3	4	3.3		3.4	3.5	5	3.1	3	4	3.7	3.7	3.9	3.2	3.9	3	3.4		3	4	3.6	3.2	3.4			3.2	3.1	3.9
Ap indisi	26	7	5	6	5	13	3	16	48	31	28	18	11	8	3	5	8	7	9	4	5	16	12	10	40	17	38	21	11	3	7

Ekim 1993

Saat/Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	3.9	3.5	3.3	3.6	4	3.4	3	3.6	2.7		3.8	2.6	4	3.9					2.6	3.2	3.2			3.8	3.7	3.4	3.4	3	3.1	4.1
2	3.7	3.8	3.7		4	3.9	3.3	3.1	3.1		3.5	3.4	3.5	3.6						3.2	3.2			3.7	3.4	3.5	3.4		3.4	3.2
3	3.9	3.3	3.6	3	4.4	3.7	3.4	3.4	3.1		3.7	3.7	4	3.4					3	3.7	3.1			3.4	3.8	3.5	3.2	3.6	3.4	4.4
4	3.1	4	4	3	3.9	2.4	3.3		3		3.5	3.5	3	3.4					3.1		3.1			3.4	3.5	3.6	3.4	3	3.4	4.4
5	3.1	3	2.6	2.8	3.4	2.5	2.7	2.6	2.8		3.2	2.9	3.1	3.4					2.4					3.2	3.1	3.2	3.9	2.5	3.8	2.8
6	4.9	5.6	4.6	4.7	4.7	5.1	5	4.1	4.2		5	4.1	49	5					4.4	4.2	4.2			4.1	4.8	4.7	4.7	4.5	3.9	4.9
7	5.9	6.5	6.3	5.1	6.9	6.2	6.4	6.3	6.1		7.4	6.1	7.5	7.5					6.1	6.1	5			7.1	6.3	5	4.3	5.9	6.2	6.2
8	6.9	6.1	6.1	4.1	6.9	7.9	7.3	6.4	6.1	6.9	7.8	6	6.9	7.7		7.7	5.9		7.8	7.1	6.6	6.1		7.3	6	5.9	5.2	6.4	6.8	6.4
9	7.6	7.6	6.3	6.4	7	8.1	6.9	7.9	8.3	7	7.1	7.6	7.6		7.9		7.8		7.5	8.3	6.3	7.2	7.4	6.6	7.8	6.9	6.9	6.6	7.2	6.8
10	7.4	7.7	7	8.3	8.3	8	7.4		7.2	7.2	7	7.7	8.2		9.1		6.7	6.6	7.8	7.4	7.4	7.7	7.9	8	8.4	8	7.5	7	8.5	7.8
11		8	9.1	8.9	8.3	9.6	7.9	6.9	7	8.3	7.9	7.5	7.7		8.5		9	8.9	7.7	8.3	7.1	8.1	6.6	8.2	6.8	8.1	6.9	6.9	6.9	6.8
12		8	7	7.1	7.1	7.8	7	9	7.6	7	7.2	6.8	7.4		8.3			6.9	7	8.4	7.1	7.1	7.7	7.7	7	7.1	6.9	6.9	6.4	6.6
13	6.1	6.4	8.4	6	6.6	7.6	6.8	7.8	6.8	7.7	7	7	6.4		8.3			6.4	7.6	7	7.4	6.7	7.7	6.6	6.6	6.9	6.4	6.7	7.1	6.3
14	7.5	7.6	7.9	5.9	7.9	8.4	7.5	7	7	6	8.1	6.1	7.8		7.8		7.7	7.6	9.8	6.6	6.4	7	7	6.6	7.1	6.6	6.3	6.4	6.9	8.1
15	8.2	8.2	6.4	7.2	8.6	8.6	7	7.5	6.8	6.2	5.9	6	6		8.4			6.9	8	6.1	6.6	6.3	6.3	6.2	6.3	6.7	5.6	5.9	6.2	5.7
16	5.8	6	5.3	4.8	5	5	5.9	5.6	6.1	5.7	3.2	5.1	4.2		6.9			4.4	4.9	4.3	4.9		5.2	4.4	4.7					
17	4.7	3.9		5	4.6	3.4	4.7	4.3	3.6	4.2		3.9	4.9		3.2			4.2	4.2	3.1	3.1		3.4	3.1	3.5	3.3		2.4		
18	4.7	3.8	4.4	3.5		3.8	3.7	3.7	3.1	4.3	2.5	3.9	4.1		3.2			4.2	4.1	3.1	3.4	3.1	3.8		3		3	2.9	3.7	
19	3.1	3.2	3.1	3.1		3.7	4.4	3.1		2.9	3.2	3.1			3.8			4	3.2	3.3		3.3	3	3.6				2.4	3.2	
20		3.2		3.2	3.1	2.9		3.2		3.2								3.2	2.7	3		3.2		3.5	3.1	2.7			3	
21	3.6	3.4		3.4	3.9	3.1	3.2	3.3		3.5		3.1						3.9		3.1		3.5		3.2	2.9		3			
22	3.3	3.5	3.3	3.2	3.8	2.7				3.8	2.9	2.8	3.4					3.9	2.5	3		3.6		3	2.9	3	3		2.7	
23	3.8	3.5	3.6	4.3		3.4	3			3.7	3.1	3.1	2.7					3.2	3	3		3.4	3.2					2.9	2.7	
24	4	3.6		3.8		3	3.5	3.1		2.9	3	3.7	2.8					2.9	3.2	3.2		3.7	3.6		3.1	3.4		3.2	3.2	
Ap indisi	11	4	15	77	34	26	23	17	11	12	6	4	8	14	13	10	6	31	31	9	8	5	7	5	6	17	7	4	11	4

Kasım 1993

Saat/Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1			2.9	3.7	2.9	4.2	2.6	4.2	2.2	3	3.1	3	3.4	2.9	3	4	4.4	2.9	3	3.1		3.4	3.6	2.6	3.1	3.3	3.1		3.9	3.5	3.1
2			2.7	4.1	3.1	4	3.4	4.2		3	3.2	3.4	3.5	3.1	3.1	4.6	4.4	3.3	3.3	3.7		3.5	3.5	3.2	3.4	3.2	3.1	3	3.9	3.5	4
3				3.5	3.4	3.5	3.3	3.7	2.4	3.6	3.3	3.5	3.6	3.6	4	5	5.1	3.6	3	3.9		3.4	4	3	2.3	3.5	3.6	3	3.6	2.7	4
4					2.7	3.5	3	3.2	2.5	3	3.2	2.9	2.9	2.7		4.7	4.6	2.9	3.3	3.9		3	3.1			2.4	3.2	3.2	3.2	3.5	3.5
5			2.2		2.2	3.5	3.1	2.7		2.2	3	2.9		2.6	3.3	3.5	3.2	2.7	2.3	2.9		2.8		3	2.7	2.5	2.4	3.9	3.1	3.1	3.8
6			3.4	3.7	3.6	5	3.9	3.7	3.7	3.6	3.7	3.2	3.3	3.1	4.2	3.6	3.9	3.5	3.4	4		3.4	3.2	3	3.6	3.7	2	3.8	3.2	3.5	4.9
7			3.7	5.9	5.9	6	6	6.2	4.9	5.8	5.3	5	5	4.9	4.9	5	5	5.1	3.9	4.8		4	5	5	5.2	5.4	4.1	5.5	5	5.5	6
8			6	7.5	5.8	6	6.4	6.9	5.8	6.4	5.2	5.1	5.3	5.3	5.2	5.2	5.9	5.6	5.6	5.5		5.2	5.6	5.6	5.2	6.6	6.6	6.1	7	6.9	7
9			8.5	8.3	6.7	7.2	6.3	7.9	7.3	6.4	7	6.7	6.2	6.5	6.4	5.8	7	6.3	6.1	6.2	5.9	5.7	5.9	6.7	6.4	6.7	7.5	7.4	8.3	7	8.5
10			7.8	7	7.7	8.3	8.2	8.9	6.9	7.6	7.1	8.3	7.6	7.2	7.9	9.2	6.4	7.5	7.1	6.9	7.1	7.1	6.6	7.4	7.3	9.4	7.8	9.3	8.4	7	10.1
11			7.6	7.9	6.3	6.6	6.1	8.6	6.8	7	6.9	6.7	6.3	7.9	6.2	6.3	6.6	6.3	6	7	6.9	6.5	6.4	6.8	7.6	6.7	6.7	6.7	7.1	7	8.9
12			7.1	8.2	6.9	7.1	7	8.5	6.4	6.2	6.9	7.7	7.8	8	6.2	5.9	7.1	6.4	6.4	6	6.2	6.3	7	6.4	5.6	6.5	8.1	7.2	7	7.2	10.4
13			7.7	7.7	7.3	6.3	7.5	7.8	6.7	5.7	6.8	6.8	6.3	6.4	6.3	6.8	7.3		6.8	6.8	6.3	6.3	6.1	6.4	5.5	7.4	6.7	6.9	7	7.2	10.1
14			6.3	7.9	6.6	6.2	7	7.7	6.7	6.6	6.6	6.8	5.9	6.2	6	7.5	6.3	7.1	5.5	6.2	6.5	6.3	6.4	6.9	7.7	6.6	6.9	7.6	6.4	6.6	7.7
15			6.4	7.4	6.6	6.5	6.1	5.8	5.7	6.3	4.9	6.1	5.8	5.4	5.1	5.6	6.2	6	5.2	5.6	6.4	6.3	5.8	5	5.5	5.1	5.7	5.6	5.7	6.2	6.1
16			4.4	5.2	5	5.6	5	4	4.1	3.9	4.2	3.7		3.2			4.3	3.7	4.5	5	3.1	3.9	4	3.2	4	3.9	5.1		4.4	4.8	4.8
17			4.4	3.1	3.1	3.3	4.1	3.8		3.5	3.1	2.5	3.2	4		2.8	3.4	3.8	3.8		3.4	3.9	2.8	2.7	3.7	3.1		3.7	3.8	3.7	4.8
18			3.2		3.7	2.9	3.7	4.1	3.4	2.9	3.4	3	2.7	3.8	5	2.3	3.1	3.8	3.9			3	2.8	3.5		3	3.7	3.2	3.8	4.1	3.9
19				3.2	2.9	2.9		2.7		2.4	3	2.7	2.5	3.9	3.2	2.5	3.9	2.9	2.4		3.5	3.1	2.6		2.8	3.1	2.9		3.9	3.8	3.4
20			3.4	3	2.7	2.7	3.1		2.6						3.1	2.7		2.3	2.9		3.2	2.9	2.5	2.4	2.9	2.5	2.5		3.1	3.6	3.2
21			3.4		2.7		3.4	3.6	2.9			3.1		3				2.6	3		3.5	2.9		2.9	2.7		2.9	3.1	2.9	3.1	4.9
22			3.7		4.2	3	3.3	3.5	2.9			3.2			2.9	3.2	3	2.3	3.2		2.9	3.6	3	3.1	3	3.2	3	3.1	2.9	3.1	4.5
23			3.6	2.9	4.1	3	3.6	3.1	3.1	2.9	2.9	3	2.7	3.4		3.2		3	3.1		3.7	3.6	3	2.9	3		3.1	3.5	3.2	3.4	3.8
24			3.7	3.1	4.1	3	3.5	2.8	2.9			3		3.1	3.5	3.1		3.1	3.3		3.1	3.5	2.8	2.9	3.4	3	3.1	3.6	3.4	2.9	3.5
Ap indisi	29	48	37	8	11	6	20	47	3	8	7	6	3	4	11	23	21	20	12	13	20	11	11	12	11	9	7	3	2	4	20

Aralık 1993