
Araştırma Makalesi / Research Article

Ölçülen ve IRI Modeli ile Elde Edilen İyonküre Kritik Frekansının (foF2) Karşılaştırılması

Murat CANYILMAZ*, Tayfun AKDOĞAN, Esat GÜZEL

Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Elazığ

Özet

Bu çalışmada, 8 Aralık 1978 tarihindeki, Kashima yer istasyonundan 90° K ile 90° G enlemleri ve 30, 35, 40, 45 derece Doğu boylamları için oluşturulan haritalar kullanılarak elde edilen iyonkürenin F2-bölgesinin kritik frekansının (foF2) değişimleri Uluslararası İyonküre Referans Modelinden (IRI) elde edilen değerlerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Deneysel ve teorik veriler karşılaştırıldığında kritik frekans değerlerinin kutuplardan ekvatora doğru gidildikçe arttığı ve ekvator üzerinde çukurlar ile 20° K ve 20° G enlemleri arasında tepeler oluştuğu gözlenmiştir. 30 boylamından 45 boylamına gidildikçe kritik frekans değerleri deneysel verilerde artarken teorik verilerde azaldığı görülmektedir

Anahtar Kelimeler: İyonküre, Kritik frekans, F2 bölgesi, IRI

Comparison of the Ionosphere Critical Frequency (foF2) Obtained by the Measurement and IRI Model

Abstract

In this study, Ionosphere F2-region critical frequency (fof2) changes obtained from maps created for the Kashima ground station from 90° N to 90° S latitude and 30, 35, 40, 45 degrees East longitude on 8 December 1978 were examined in comparison with the values obtained from the International Reference Ionosphere (IRI) When the experimental and theoretical data are compared, It was observed that the critical frequency values increase from the poles to the equator and pits occur at the equator and hills occur between 20° N and 20° S latitudes. The critical frequency values have decreased in the experimental data and have increased in the theoretical data when going from 30 to 45 longitudes.

Keywords: ionosphere, critical frequency, F2 region, IRI

1. Giriş

İyonküre, Güneş'ten gelen ultraviyole ışınları ve X-ışınlarının etkisiyle iyonlaşmış gazlardan oluşan ve atmosferin 50 ile 1000 km arasında yer alan tabakadır [1]. İyonküre, radyo dalgalarının yayılımı, uydu ve yer istasyonu arasındaki haberleşme, güdüm, seyir ve konumlama sistemleri için büyük bir önem taşımaktadır [2].

İyonkürenin yapısı ve elektron içeriği, gece/gündüze, zamana, jeomanyetik fırtınaların etkisine, coğrafi konum gibi birçok etmene bağlıdır. İyonkürenin en tanımlayıcı parametresi olan elektron yoğunluğu tüm bu etkenlerin karmaşık bir fonksiyonu olarak zamana ve konuma bağlı değişiklik gösterir [3]. Güneş ışınımı ile iyonküredeki atom ve moleküller iyonlaşarak pozitif yüklü iyonları ve serbest elektronları oluşturmaktadır. Gündüz saatlerinde artmaya başlayan elektron yoğunluğu, gece saatlerinde iyon ve elektronların tekrar birleşmesi nedeniyle azalmaktadır. İyonkürenin fiziksel yapısını

*Sorumlu yazar: mcanyilmaz@firat.edu.tr

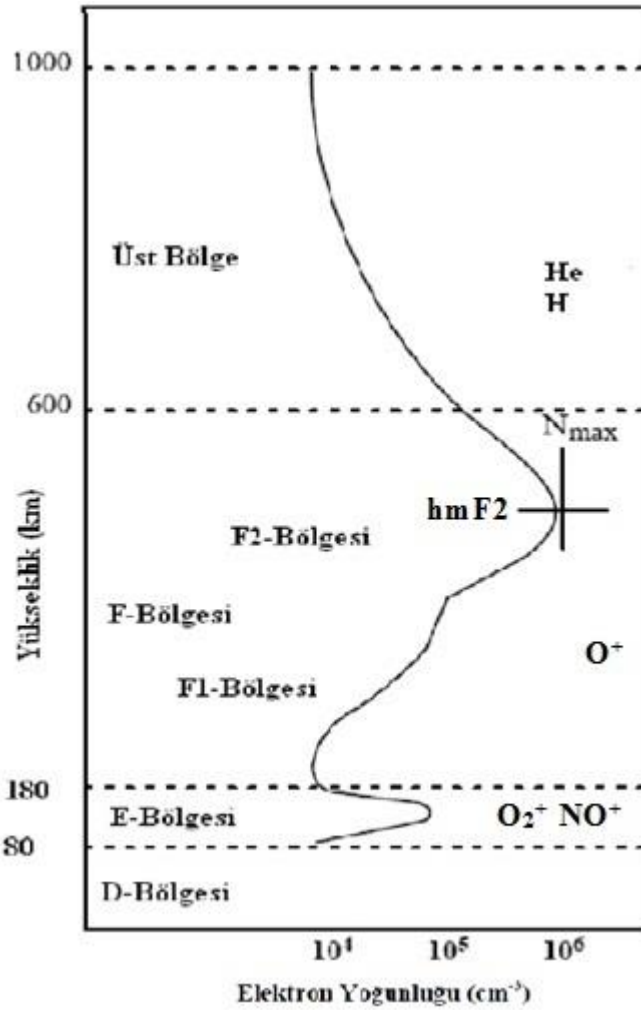
Geliş Tarihi: 14.01.2016, Kabul Tarihi: 09.04.2016

belirleyen parametreler zamanda 11 yıllık Güneş çevrimine, yılın mevsimlerine, gece gündüze bağlı olarak değişim göstermektedir. İyonküre karakteristiği konumda enlem boylama bağlı olmakta yüksek enlemler, orta enlemler ve ekvatorial enlemlerde farklılık göstermektedir [4].

İyonküredeki atom ve moleküller, çeşitliliklerine ve ağırlıklarına göre farklı yüksekliklerde yer almaktadırlar. Bunların iyonlaşma oranları farklı olduğu için iyonküre D, E, F1 ve F2 katmanlarına ayrılmıştır. Bu katmanlar, farklı yüksekliklerde farklı oranlarda bağlanma ve tekrar birleşme süreçleri sonucunda ortaya çıkar [5,6]. Şekil 1’de yüksekliğe bağlı olarak iyonküre bölgeleri verilmiştir

İyonkürenin F2-bölgesi elektron yoğunluğunun dolayısıyla iyonlaşmanın maksimum olduğu bölgedir. Dalga boyu 200–800 Å (Angstrom) arasında olan UV ışınları temel iyonlaşmayı sağlar. Bu bölgede O⁺ temel iyondur. Bunun yanı sıra H⁺, He⁺, N⁺ iyonları da bulunmaktadır [7]. Kısa dalga radyo sinyallerine karşı yansıtıcı özelliğinden ve dünya çapında haberleşmenin yapılabilmesini sağladığından dolayı iyonkürenin en önemli kısmıdır. Sinyallerin yansması da elektron yoğunluğuna bağlı olarak değişir. F2 katmanını uzay ve zamanda tanımlayan en anlamlı değişkenler en yüksek elektron, NmF2, bu elektron yoğunluğuna karşı gelen plazma frekansı foF2 ve en fazla iyonlaşmanın olduğu yükseklik hmF2’dir [8].

Bu çalışmada deneysel ve teorik olarak elde edilen F2 bölgesi kritik frekans değerleri karşılaştırılmış ve ekvator bölgesindeki değişimler incelenmiştir.



Şekil 1. İyonküre bölgeleri ve bu bölgelerde hakim olan iyonlar [7]

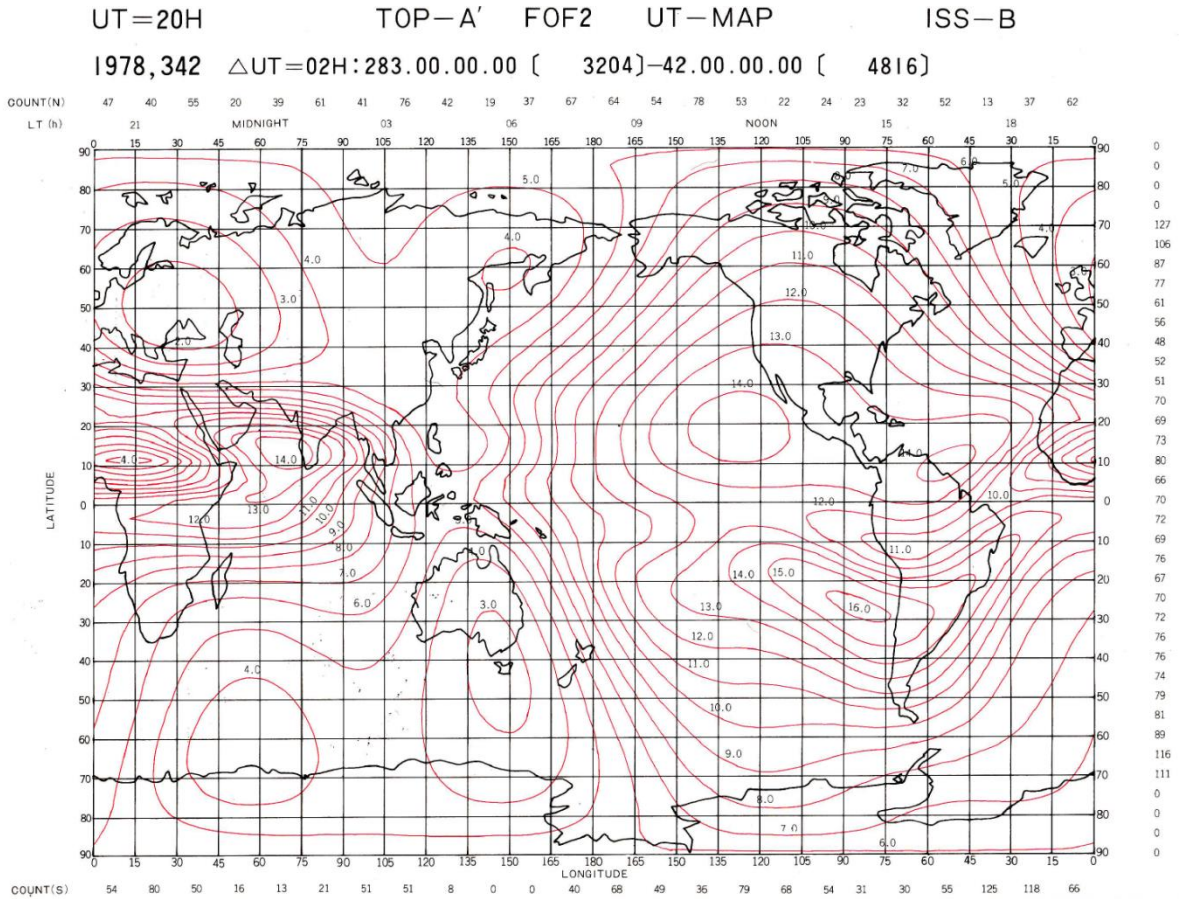
2. Materyal ve Metot

2.1. İyonküre Sondaj Uydu Projesi (ISS-Ionosphere Sounding Satellite Project)

ISS projesi, Radyo Araştırma Laboratuvarları tarafından önerilmiş ve Uzay Aktiviteleri Komisyonu koordinasyonluğunda Bilim ve Teknoloji Ajansı, Ulusal Uzay Geliştirme Ajansı (NASDA-National Space Development Agency), Posta ve Telekomünikasyon Bakanlığı tarafından desteklenmiştir. ISS projesinin amacı, iyonküresel parametrelerin Dünya çapındaki dağılımını ve radyo haberleşmesindeki verimliliğin artırılması için radyo gürültülerini gözlemlemektir [9].

İlk ISS (1976-019A) uydusu 29 Şubat 1976 tarihinde fırlatılmış fakat bir ay sonra na güç kaynağında oluşan arıza sebebiyle iletişim kesilmiştir. Daha sonra geliştirilen ISS-b (1978-018A, Ume-2) uydusu 16 Şubat 1978 tarihinde Tanegashima Uzay merkezinden fırlatılmış ve istenilen yörüngeye oturtulmuştur. Dairesel yörünge yerdan yüksekliği yaklaşık 1100 km, eğim açısı 70° ve devir periyodu ise 107 dakikadır [9].

ISS-b uydusunun en önemli görevlerinden birisi iyonkürenin kritik frekansını uydudan tespit ederek dünya çapında haritalamaktır. Şekil 2'de bu çalışmada kullanılan 8 Aralık 1978 tarihine ve 20:00 uluslararası saat (UT) ait foF2 haritası verilmiştir.



Şekil 2. 8 Aralık 1978 tarihine ait foF2 haritası (20.00 UT)

2.2. Uluslararası İyonküre Referans Modeli (International Reference Ionosphere-IRI)

IRI modeli, 1969 yılında kurulduğundan bu yana iyonkürenin karakteristiklerini belirlemek amacıyla Uzay Araştırma Komitesi (COSPAR) ve Uluslararası Radyo Bilimi Birliği (URSI) ortaklığında iyonküre ile ilgili iyonsonda verilerinin işlenmesiyle geliştirilen standart modeldir [10]. IRI belirlenen zaman ve koordinat için iyonkürede yerel dik eksen doğrultusunda saatlik ortalama elektron yoğunluğu, iyon ve elektron sıcaklığı, iyon bileşenlerini (O^+ , H^+ , N^+ , He^+ , O_2^+ , NO^+) ve toplam elektron içeriğini 50 km ile 2.000 km aralığında 50 km çözünürlüğünde hesaplamaktadır [11]. IRI modeli programına sadece NASA'nın internet sitesi üzerinden çevrimiçi olarak erişilmektedir [12].

2.3. İyonküre Kritik Frekansı

İyonküreyi analiz etmede kullanılan en önemli parametrelerden biri de iyonküre kritik frekansıdır. Bu frekans iyonkürede ilerleyip geri yansıtacak olan bir dalganın frekansının en üst değeri olarak tanımlanır. Kritik frekandan yüksek frekansa sahip sinyaller iyonküreyi geçerek uzaya yayılır. Kritik frekans Denk.1'deki şekilde tanımlanır [7].

$$f_c = 9\sqrt{N_{ec}} \quad (1)$$

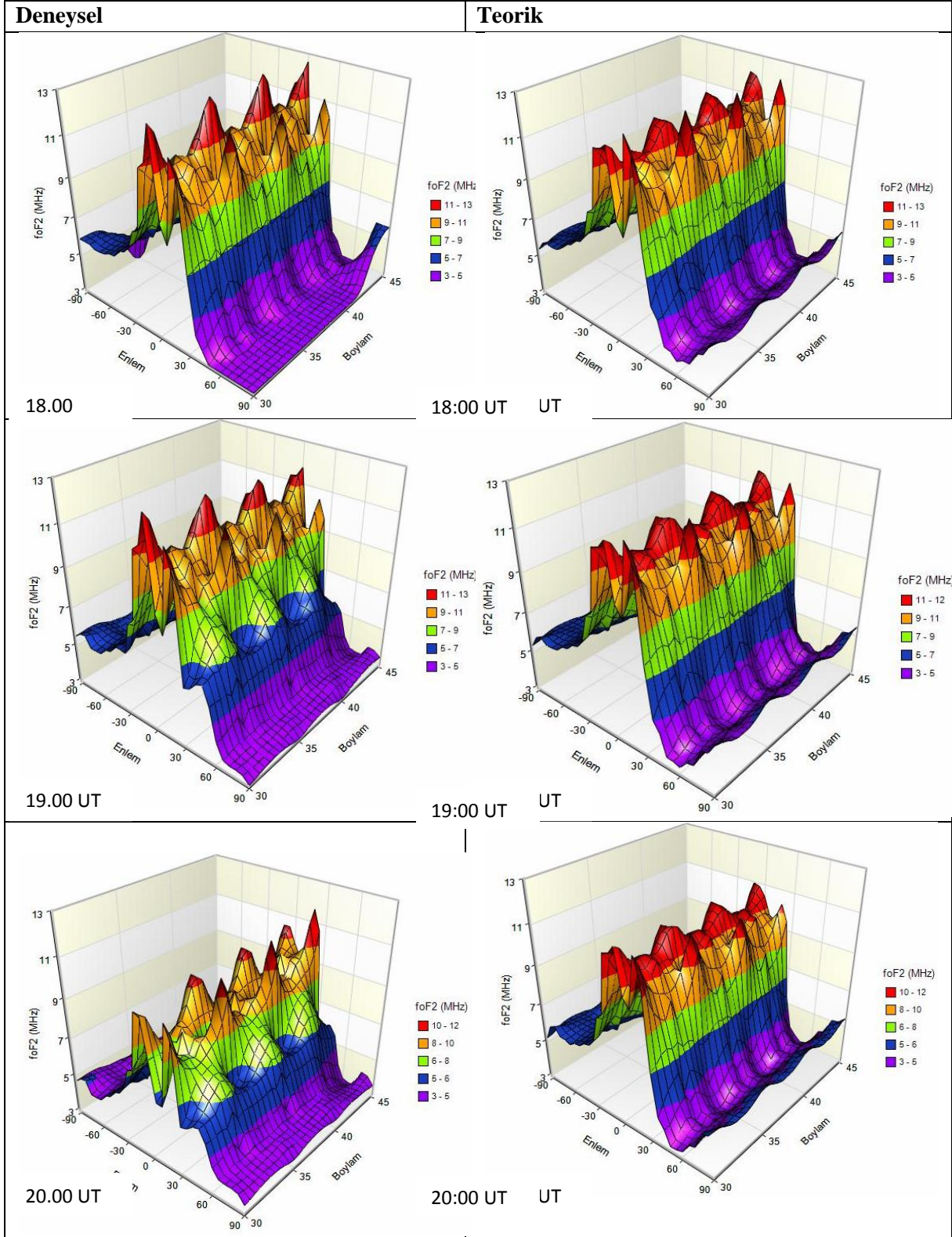
Burada N_{ec} kritik elektron yoğunluğunu göstermektedir. Kritik frekans elektron yoğunluğuna bağlı fonksiyondur. Her bir katmanda elektron yoğunluğu farklı olduğu için kritik frekans değeri de her katmanda farklıdır. D, E, F1 ve F2 katmanlarının kritik frekansları sırasıyla foD, foE, foF1, foF2 ile temsil edilir.

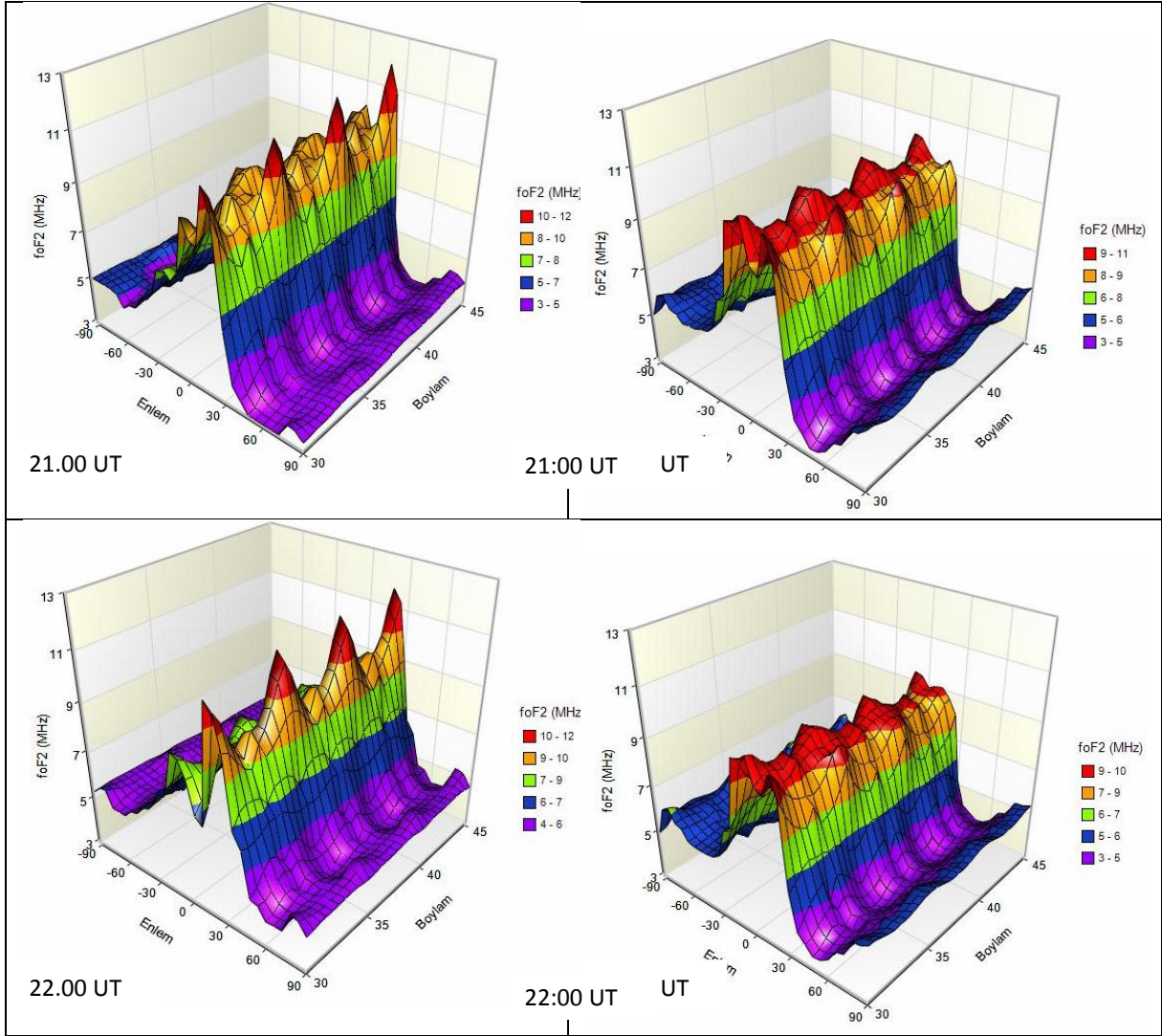
3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, 8 Aralık 1978 tarihindeki, UT zaman dilimine göre ISS-b'den alınan, Kashima yer istasyonundan toplanan bilgilerden ve bu bilgilerle oluşturulan haritalamadan yola çıkılarak veriler elde edilmiştir. $90^{\circ}K$ ile $90^{\circ}G$ enlemleri arasındaki ve 30, 35, 40, 45 derece Doğu boylamlarındaki kritik frekansın bir güne ait olan ve farklı oluşumların görülebileceği 5 farklı zaman dilimi içindeki değişimi incelenmiştir. Şekil 2'de gösterilen örnek olarak verilen haritadan her farklı saat dilimi için bu enlem ve boylamlara kapsayan bir foF2 deneysel veri seti oluşturulmuştur. Bu verilerden oluşturulan grafikler Tablo1' de deneysel başlığı altında verilmiştir.

Daha sonra Uluslar arası İyonküre Referans Modeli (IRI- 2012 versiyon) kullanılarak aynı enlem, boylam, tarih ve saatleri kapsayan yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Bunlardan oluşturulan grafikler ise Tablo1'de teorik olarak gösterilmiştir.

Tablo 1:Kritik frekansın enlem ve boylama bağlı deneysel ve teorik grafikleri





Deneyisel grafikler incelendiğinde, zamana bağlı olarak kritik frekans değerlerinin, kuzey yarımkürede 90 enleminden 0 enlemine doğru artmaktadır. Ayrıca, 19:00-20:00 UT saatlerinde 20 ile 30 enlemler arasında ikincil çukurların oluşmuş ve ilerleyen saatlerde bu çukurlar 60 ile 90 enlemleri arasında tespit edilmiş ama değişimleri çok küçüktür. Güney yarımkürede de foF2 değerlerinin -90 enleminden 0 enlemine doğru arttığı gözlenmiştir. Aynı zamanda foF2 değerleri her iki yarımkürede de 30 boylamından 45 boylamına doğru gidildikçe artmaktadır. Güney yarımkürede kutup bölgelerindeki kritik frekans değerleri Kuzey yarımkürenin kutup bölgesine oranla daha yüksek düzeydedir

Anormallikler ise 0 ile 20° K ve 0 ile 20° G enlemleri arasında gözlemlenmiştir. Kritik frekansın değerlerine bağlı olarak dip ekvatoru üzerinde (0. enlem) çukurlar oluşmuştur. Başlangıçta çok büyük değişim gösteren bu çukurlar zamanla azalarak saat 21.00 UT' de minimum değişim değerini almış ve daha sonra tekrar artmaya başlamıştır. Her iki yarım kürede de 0 enlemden 20 enlemine gidildikçe foF2 değerlerinin maksimuma ulaşarak tepeler meydana gelmiştir. Tepeler, 30, 35, 40, 45 boylamlarında ve bu boylamlar arasında ise çukurlar oluşmaktadır. Başlangıçta bu tepeler ikiz tepeler gibi görülmesine rağmen zamanla değişimlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Kuzey yarımküredeki tepeler dururken Güney yarımküredeki tepeler hemen hemen kaybolmuştur.

Teorik veriler incelendiğinde ise kuzey yarımkürede 60 ve 70 enlemler arasında çukur oluşumu söz konusudur. Kritik frekans değerleri bu enlemlerden ekvatora ve kutup bölgesine gidildikçe artmaktadır. Güney yarımkürede de foF2 değerlerinin kutuplardan ekvatora doğru arttığı gözlenmiştir. Fakat Kuzey yarımkürede 60 ve 70 enlemler arasında oluşan çukurlar Güney yarımkürede oldukça

belirsizdir. Güney yarımkürede kutup bölgelerindeki kritik frekans değerleri Kuzey yarımkürenin kutup bölgesine oranla daha düşük düzeydedir. foF2 değerleri her iki yarımkürede de 30 boylamından 45 boylamına doğru gidildikçe azalmaktadır

Başlangıçta ekvator üzerinde çukurlar ve her iki yarım kürede de 0 enlemden 20 enlemine gidildikçe tepeler oluşmuştur. Ama zamanla bu tepe-çukur oluşumu belirsiz hale gelmeye başlamış ve saat 22.00 UT itibariyle hemen hemen ortadan kaybolmuştur. Kritik frekans değerleri ise Kuzey, Güney yarımkürede ve ekvator üzerinde aynı değerlere yaklaşmıştır.

4.Sonuç

Deneysel ve teorik veriler karşılaştırıldığında kritik frekans değerlerinin kutuplardan ekvatora doğru gidildikçe arttığı, ekvator üzerinde çukurlar, 20° K ve 20° G enlemleri arasında tepeler oluştuğu gözlenmiştir.

Deneysel grafiklerde Kuzey yarımkürede 19:00-20:00 UT saatlerinde 20 ve 30 enlemleri arasında tespit edilen ve sonra kaybolan ikincil çukurlar teorik grafiklerde 60 ve 70 enlemler arasında oluşmuştur.

Deneysel verilerde Güney yarımkürede kutup bölgelerindeki kritik frekans değerleri Kuzey yarımkürenin kutup bölgesine oranla daha yüksek iken teorik verilerde daha düşüktür. Ayrıca, 30 boylamından 45 boylamına gidildikçe kritik frekans değerleri deneysel verilerde artarken teorik verilerde azaldığı görülmektedir

Ekvatorial bölgedeki anormallikler karşılaştırıldığında hem deneysel hem de teorik grafiklerde ekvator üzerinde çukurlar, +20 ile -20 enlemleri arasında tepeler oluşmuştur. Deneysel grafiklerde Kuzey yarımkürede bu tepeler dururken Güney yarımkürede ki tepeler hemen hemen ortadan kaybolmuştur. Teorik grafiklerde ise her iki yarımkürede tepelerin ve çukurların değişimi zamanla küçülerek aynı değerlere yaklaşmıştır.

Kaynaklar

1. Alan, Ş. 2013. İyonküre Kritik Frekansının (foF2) Enlem ile Değişiminin İncelenmesi, Fırat Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ
2. Nayır, H. 2007. Küresel Konumlama Sistemi Kullanılarak Toplam Elektron İçeriği Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
3. Çilibaş, O. 2014. İyonküre Kritik Parametrelerinin Bölgesel Olarak Görüntülenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi..
4. Tascoine, T.F. 1988. Introduction to Space Environment, Orbit Book Company, Florida.
5. Rishbeth, H., Garriot, O.K. 1969. Introduction to Ionospheric Physics, Academic Press, New York..
6. Aydoğdu, M. 1980. Ariel 4 Uyduyuyla Elde Edilen Elektron Yoğunluğu Verilerinin 70°- 80° D ve 60°-70° B Boylamları Arasında İncelenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi..
7. Karatay, S. 2010. Deprem ile İyonküredeki Toplam Elektron İçeriği Arasındaki İlişkinin Araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi.
8. Şahin, O. 2011. İyonküre hmF2 ve foF2 İletişim Parametrelerinin YKS Verileri ve IRI Modeli Kullanılarak Kestirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
9. Tao, K. 1980. Atlas of Ionospheric Critical Frequency (foF2) Obtained from Ionosphere SoundingSatellite-b Observation, Radio Research Laboratories Ministry of Posts and Telecommunications, Japan.
10. Rawer, K., Bilitza D., Ramakrishnan S., Sheikh, M. 1978. Intentions and buildup of the International Reference Ionosphere, in Operational Modeling of the Aerospace Propagation

Environment, AGARD Conf. Proc. 238, 6.1 - 6.10.

11. Schaer, S. 1999. Mapping and Predicting the Earth's Ionosphere Using the Global Positioning System, Phd Thesis, Astronomical Institute, University of Bern..
12. iri.gsfc.nasa.gov