

# JEOMANYETİK AKTİVİTENİN İYONOSFERİK KRİTİK FREKANS FOF2'NİN GÜNLÜK SAPMA MODELLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

E. Mizrahi, Y.Tulunay\*, A.H.Bilge  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
Matematik Bölümü  
Maslak, İstanbul  
[mizrahi1@itu.edu.tr](mailto:mizrahi1@itu.edu.tr), [bilge@itu.edu.tr](mailto:bilge@itu.edu.tr)  
\*İstanbul Teknik Üniversitesi  
Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi  
Maslak, İstanbul  
[ytulunay@itu.edu.tr](mailto:ytulunay@itu.edu.tr)

**Özet:** İyonosferik kritik frekans  $f_oF_2$ 'nin aylık medyan değerlerden sapmaları olan  $\Delta f_oF_2$ , iyonosferik değişkenliğin bir ölçüsü olarak kabul edilmekte olup  $f_oF_2$ 'nin öngörü ve kestirim algoritmalarının oluşturulmasında da kullanılabilir. Bu çalışmamızda; alçak(37.9K-42.7K), orta(45.5K-55.5K), ve yüksek (67.8K-56.4K) enlemlerdeki 13 Avrupa istasyonuna ait, 1958-1998 yılları arasındaki  $f_oF_2$  verisi kullanıldı. Önceki çalışmalarımızda elde ettiğimiz sonuçlardan yola çıkarak, bu çalışmamızda da pozitif ve negatif sapmalar farklı süreçler olarak kabul edildi ve yumuşatılmış güneş lekeleri olarak bilinen  $R_{12}$ 'ye, enleme, mevsimlere, jeomanyetik aktivite indeksi  $A_p$ 'ye ve  $Dst$ 'ye olan bağımlılıkları incelendi ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda, nicel ölçüt olarak günlük sapmaların  $l_2$  normu kullanılarak, gruplandı. Bu sınıflandırmadan sonra; i)tüm günler, ii)sakin günler, iii)manyetik olarak aktif günler olmak üzere veri nitel olarak incelendi.

## 1. Giriş

İyonosferik kritik frekans  $f_oF_2$ 'nin öngörü ve kestirimi, radyo ve telsiz iletişimi frekans planlamasında önemli rol oynamaktadır.  $f_oF_2$ 'nin aylık medyan değerlerden sapmaları olan  $\Delta f_oF_2$ , iyonosferik değişimin ölçüsü olarak kabul edilmekte olup [1], öngörü ve kestirim algoritmalarının oluşturulmasında da kullanılabilir [2].

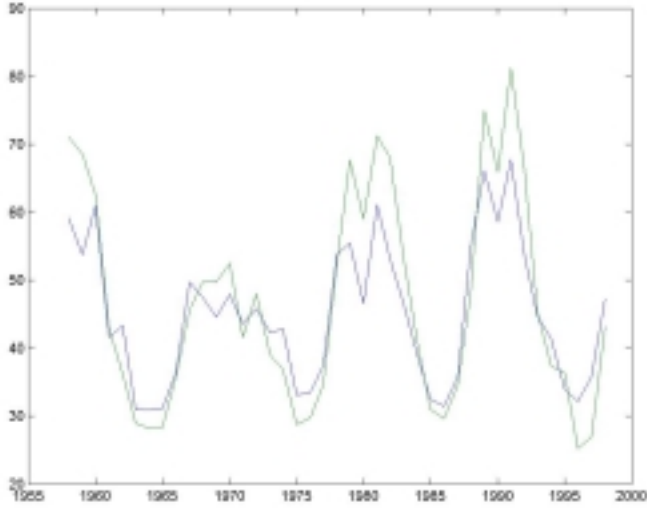
Bu çalışmamızda; alçak(37.9K-42.7K), orta(45.5K-55.5K), ve yüksek (67.8K-56.4K) enlemlerdeki 13 Avrupa istasyonuna (sırasıyla, Ashkhabad, Novokazalinsk, Poitiers, Lannion, Dourbes, Slough, Kaliningrad, Moscow, Sverdlovsk, Uppsala, Arkangelsk, Lycksele, Kiruna) ait, 1958-1998 yılları arasındaki  $f_oF_2$  verisi kullanıldı. İlk adımda, teknik nedenlerden dolayı hatalı alınmış olabileceği düşünülen veri temizlendi. Daha önceki çalışmalarımıza dayanarak, boylamsal bağımlılığı yok etmek amacı ile yerel saat ayarlaması yapıldı. Önceki çalışmalarımızda elde ettiğimiz sonuçlara göre iyonosferik kritik frekansın aylık medyan değerlerden pozitif ve negatif sapmaları farklı özellikler göstermektedir [1]. Örneğin, pozitif sapmalar ( $\Delta f_oF_2^+$ ), yüksek enlemlerdeki istasyonlar hariç, yumuşatılmış güneş lekeleri olarak bilinen  $R_{12}$  den yaklaşık olarak bağımsızken, negatif sapmalar ( $\Delta f_oF_2^-$ ) bariz bir bağımlılık göstermektedir. Bu sonuçlardan yola çıkarak, bu çalışmamızda da pozitif ve negatif sapmalar farklı süreçler olarak kabul edildi ve  $R_{12}$ 'ye, coğrafi enleme, aylara (mevsime), jeomanyetik aktivite indeksleri olan  $A_p$  ve  $Dst$ 'ye olan bağımlılıkları incelendi. Bu çalışmamızda, öncelikle günlük değişim eğrileri;  $R_{12}$ 'ye, coğrafi enleme ve aylara (mevsimlere), bağımlılıklarına göre, nicel ölçüt olarak günlük sapmaların  $l_2$  normu kullanılarak, gruplandı.

Bu sınıflandırmadan sonra; i)tüm günler, ii)sakin günler, iii)manyetik olarak aktif günler olmak üzere veri nitel olarak gözlemlendi. Burada  $A_p < 6$  [3] ve  $Dst < -24.16$  değerlerine karşılık gelen günler sakin,  $6 < A_p < 30$ , ve  $-24.16 < Dst < 5.54$  değerlerine karşılık gelen günler ise manyetik olarak aktif kabul edildi. Aşırı aktif olarak tanımlanan ve  $A_p > 30$ ,  $Dst > 5.54$  değerlerine karşılık gelen günler, veride çok az olduğundan, bu günler hakkında sağlıklı bir yorum yapmanın olanaksız olduğu düşünüldü ve genel inceleme dışı bırakıldı.

## 2. Negatif ve Pozitif Sapmaların Bağımlılıkları

a.  $R_{12}$ 'ye bağımlılık

Negatif sapmalar ( $\Delta f_oF_2^-$ )  $R_{12}$ 'ye bağımlılık gösterirken pozitif sapmaların, yüksek enlemler hariç, hemen hemen bağımsız olduğu bilinmektedir [1]. Bu çalışmamızda da pozitif ve negatif sapmaların medyan değerlerinin normları alınarak yapılan incelemede aynı sonuca varıldı (Şekil 1).

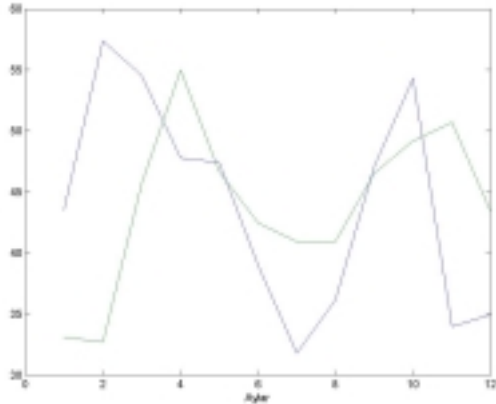


Şekil1.1958-1998 yılları arasında tüm istasyonların sene bazında pozitif ve negatif sapmaların norm medyan grafiği

Negatif sapmalardaki bu bağımlılığın manyetik olarak sakin günlerde kaybolacağı düşünüldü. Ancak yapılan inceleme sonucu; manyetik olarak sakin kabul edilen,  $A_p < 6$  ve  $Dst < -24.16$  değerlerine karşılık gelen, günlerde, gerek negatif sapmalardaki  $R_{12}$  bağımlılığı, gerekse pozitif sapmaların yüksek enlemlerdeki  $R_{12}$  bağımlılığının korunduğu gözlemlendi[4].

b. Aylara göre (mevsimsel) bağımlılık

13 istasyon ve 41 yıl bir arada, aylara göre incelendiğinde pozitif ve negatif sapmaların burada da farklılık gösterdiği saptanmıştır. Pozitif sapmalarının norm grafiklerinde amplitüd daralması Haziran ve Temmuz aylarında olmasına karşın, bu daralma negatif sapmalarda Temmuz ve Ağustos aylarında gözlenmektedir (Şekil 2).



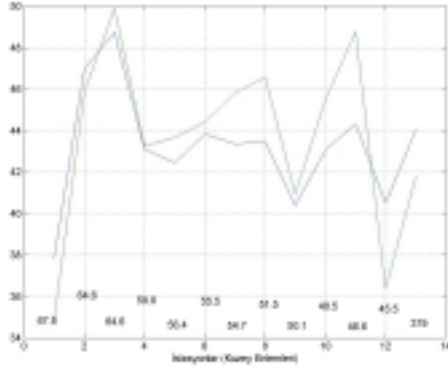
Şekil2.1958-1998 yılları arasında tüm istasyonların aylara göre pozitif ve negatif sapmaların norm medyan grafiği

c. Coğrafi enleme bağımlılık

Pozitif sapmalarda yüksek enlemlerde (60-65K), gece saatlerinde (22-05Y.S.), bir maksimum, 50-55K enlemlerinde ise bir yerel maksimum gözlemlendi. 11.00Y.S den sonra, yüksek enlemlerde manyetik aktivitenin daha baskın olduğu gözlemlendi[4].

Negatif sapmalarda ise, gece saatlerinde, 55K enleminin altındaki istasyonlar birbirleri ile benzer davranışlar sergilerken, 55K enleminin üzerindeki istasyonlarda gün içerisinde doğrusal bir azalma göstermektedir. Gün

ortasındaki maksimum yine 55K enleminde varlığını sürdürmesine rağmen saat 15.00Y.S. den sonra kaybolmaktadır (Şekil 3).



Şekil3.1958-1998 yılları arasında , istasyon bazında foF2'nin pozitif ve negatif sapmalarının norm medyan grafiği.

### 3.Coğrafi enlem ve mevsim (aylara) bağımlılığı doğrultusunda gruplandırma

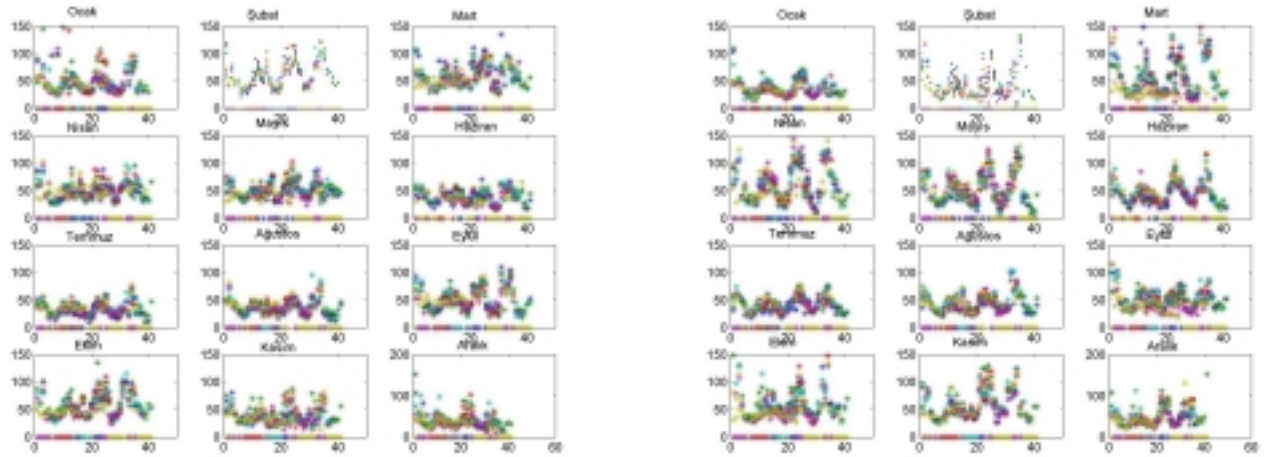
a.Enleme göre gruplandırma:

Günlük değişim eğrilerini, enlem bağımlılıkları doğrultusunda ve nicel ölçüt olarak  $I_2$  normunu kullanarak, grupladık. Yapılan inceleme sonucu Kiruna(67.8K) istasyonunun diğer 12 istasyonun hiçbiri ile benzerlik göstermediği, buna karşın Lycksele(64.6K) ve Arkangelsk(64.4) istasyonlarının aynı grubu paylaşabilecekleri gözlenmiştir. Diğer yandan orta enlem (59.8K-50.1K) grubu olarak ortak özellik gösteren (Uppsala, Sverdlovsk, Moscow, Kaliningrad, Dourbes ve Slough) istasyonları ile alçak enlem(48.7K-37.9K) grubu olarak ortak özellik gösteren (Lannion, Poitiers, Novokazalinsk ve Ashkhabad) istasyonları iki ayrı grup oluşturmaktadır.

b.Aylara göre gruplandırma:

İkinci bölümde bahsedilen ay bağımlılığı doğrultusunda pozitif ve negatif sapmalar, aylara göre, ayrı ayrı gruplandı. Pozitif sapmalarda : Şubat, Mart,Nisan ve Mayıs ayları 1. grubu, Haziran, Temmuz, Ağustos ayları 2. grubu, Eylül ve Ekim ayları 3. grubu ve son olarak Kasım, Aralık, Ocak yları 4. grubu oluşturmaktadır.

Negatif sapmalarda ise: Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ayları 1. grubu, Temmuz, Ağustos ayları 2. gubu, Eylül, Ekim, Kasım ayları 3. grubu ve Aralık, Ocak, Şubat ayları da 4. grubu oluşturmaktadır (Şekil 4-5).



Şekil4-5.foF2'nin pozitif(4) ve negatif(5) sapmalarının ay bazında norm grafiği.

#### 4. Günlük değişim eğrilerinin istasyon ve $R_{12}$ değerleri bazında özellikleri

a. Tüm günler için nitel gözlemler:

1) Yüksek enlemlerde, pozitif sapmalara ait günlük değişim eğrilerinin amplitüdüleri  $R_{12}$ 'ye bağımlılık gösterirken, alt enlemlere doğru, bu bağımlılık azalmakta ve alçak enlemlerdeki istasyonlarda hemen hemen kaybolmaktadır.

2) Negatif sapmalarda ise tüm istasyonlarda, günlük değişim eğrilerinin  $R_{12}$ 'ye bağlı olarak doğrusal bir ötelenmesi gözlenmektedir.

3) Pozitif sapmalarda tüm enlemlerde saat 10.00-12.00 Y.S.(Yerel Saat) civarında tek bir yükselti gözlenmektedir.

4) Negatif sapmalarda, Kiruna (67.8K) ve Lycksele (64.6K) istasyonlarında, saat 16.00-18.00 civarında bir yükselti gözlenirken, Arkangelsk (64.4K) istasyonunda saat 13.00 ve 19.00 civarında iki ayrı yükselti gözlenmektedir.

Bu yükseltiler orta ve alçak enlemlerde de gözlenmekte ancak öğlenden sonra gözlenen yükseltinin sivriliği alt enlemlere gidildikçe azalmaktadır.

b. Sakin günler için nitel gözlemler ( $A_p < 6$  ve  $Dst < -24.16$ ):

1) Pozitif sapmalar, yüksek enlemlerde  $R_{12}$ 'ye bağımlılık gösterirken, alçak enlemlerde bu bağımlılık kaybolmaktadır. Orta enlemlerde ise orta  $R_{12}$  değeri ile yüksek  $R_{12}$  değerleri içiçe bir görünüm sergilemektedir.

2) Negatif sapmalar, yüksek ve orta enlemlerde  $R_{12}$  bağımlılığı daha doğrusal olarak gözlenirken alçak enlemlerde bu bağımlılık azalmaktadır. Yüksek enlemlerde düşük  $R_{12}$  değerleri bir arada gözlenirken, orta enlemlerde, yüksek  $R_{12}$  değerlerinden düşük  $R_{12}$  değerlerine doğru bir ötelenme gözlenmektedir.

3) Pozitif sapmalarda gün ortasındaki tek yükselti burada da gözlenmektedir.

4) Negatif sapmalarda da gün ortasında ve öğlenden sonraki iki yükselti gözlenmeye devam etmektedir.

c. Manyetik olarak aktif günler için nitel gözlemler ( $6 < A_p < 30$  ve  $-24.16 < Dst < 5.54$ ):

1) Pozitif sapmalar çok az bir  $R_{12}$  bağımlılığı gösterirken, tüm  $R_{12}$  değerleri bir arada gözlenmektedir.

2) Negatif sapmalar, tüm enlemlerde, daha doğrusal bir  $R_{12}$  bağımlılığı gösterirken yüksek enlemlerden orta enlemlere doğru bir ötelenme gözlenmektedir. Yüksek ve orta enlemlerde  $R_{12}$  değerlerinin iki grupta toplandığı gözlenmektedir. Alçak enlemlerde, yüksek  $R_{12}$  değerleri diğerlerinden ayrılmaktadır.

#### 5. Sonuç

1958-1998 yılları arasında Avrupa'nın 13 farklı istasyonundan alınan iyonosferik kritik frekans verisinin aylık medyan değerlerden pozitif ve negatif sapmalar norm bazında incelenmiş ayrıca durgun ve manyetik olarak aktif günlerde ayrı ayrı incelenmiştir. Yapılan inceleme ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda gruplama yapılarak bir tablo oluşturulmuştur. Aylık medyanlardan sapmalar;  $R_{12}$  bağımlılığı doğrultusunda senelere göre 4 gruba, enlemlere göre 3 gruba ve son olarak da aylara göre 4 gruba ayrılmıştır.

#### Kaynaklar

[1] E.Mizrahi, A.H.Bilge, Y.Tulunay, "Statistical Properties of the deviations of foF2 from monthly medians", Annals of Geophysics, vol.45, n.1(2002),sf.131-143.

[2] A.H.Bilge, E.Mizrahi, Y.Tulunay, "Variation of the feedback coefficient with  $R_{12}$  and the geographic latitude in 1-h ahead forecast of foF2", Annals of Geophysics, vol.45, n.1(2002),sf.87-95.

[3] Y.Tulunay, "Variability of midlatitude ionospheric foF2 compared to IMF-polarity inversions", Off Median Phenomena and International Reference Ionosphere, 15:(2) 35-44, 1994.

[4] A.H.Bilge, E.Mizrahi, Y.Tulunay "Reliability Bounds for the Magnetically Quiet Time Deviations of the Ionospheric Critical Frequency foF2 from Monthly Medians", 1st COST 271 Workshop, Sopron-Hungary, 25-27 September 2001.