

TC
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRON YOĞUNLUĞU İLE JEOMANYETİK İNDEKSLER
ARASINDAKİ İLİŞKİ**

Evren Turan

Tez Yöneticisi:
Prof. Dr. Osman Özcan

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2006

TC
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRON YOĞUNLUĞU İLE JEOMANYETİK İNDEKSLER
ARASINDAKİ İLİŞKİ**

Evren TURAN

Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı

Bu tez, tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Osman ÖZCAN

Başkan: Prof. Dr. Sinan SAYDAM

Üye: Yrd. Doç. Dr. Esat GÜZEL

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELEKTRON YOĞUNLUĞU İLE JEOMANYETİK İNDEKSLER ARASINDAKİ İLİŞKİ

Evren TURAN

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik anabilim Dalı

2006, Sayfa: 38

Bu tezde, Geoscience Avusturalya gözleminden alınan verilerle, jeomanyetik indekslerle elektron yoğunluğu arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır. Farklı tarihlerdeki elektron yoğunluğuyla Kp ilişkisinin ortaya çıkardığı sonuç, artan Kp değerleriyle orantılı olarak artan elektron yoğunluklarındaki değişimdir.

Anahtar Kelimeler: Elektron Yoğunluğu, Jeomanyetik İndeks, İyonküresel Tedirginlik

ABSTRACT

Ms. D. Thesis

RELATION BETWEEN ELECTRON DENSITY AND GEOMAGNETIC INDICES

Evren TURAN

Firat University

Graduate School of Nature and Applied Sciences

Department of Physics

2006, Page: 38

In this thesis, it has been researched relation between geomagnetic indices and electron density with data taken observation in Geoscience Australia. In different dates, increasing Kp index values is proportional electron density values that electron density with Kp index is produced result.

Keywords: Electron Density, Geomagnetic Index, Ionospheric disturbance

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanmasının her safhasında desteğini gördüğüm, sayın hocam Prof. Dr. Osman Özcan'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca öncü çalışmalarda imzası olan sayın Prof. Dr. Mehmet Aydoğdu'ya şükranlarımı sunarım. Destekleriyle bana nefes aldırın sayın hocam Prof. Dr. Yıldırım Aydoğdu'ya teşekkür ederim.

Ömrümün her noktasında maddi ve manevi her türlü desteklerini gördüğüm, kopmaz bağlarla bağlandığım, benim için kaygusuz kapısı gibi eşsiz ve sonsuz değerdeki aileme şükranlarımı sunarım.

Evren TURAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	I
SUMMARY.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	V
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	VI
SİMGELER LİSTESİ.....	VII
KISALTMALAR.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. GÜNEŞ, İYONKÜRESEL VE JEOMANYETİK İNDEKSLER.....	3
2.1 Güneş İndeksleri.....	3
2.2 İyonküre İndeksleri.....	4
2.3. Yerin Manyetik Alanına Ait İndeksler.....	8
3. JEOMAGNETİK ÇALIŞMALARIN TARİHİ	18
4. İYONKÜRE	20
5. K_p İNDEKSİ VE ELEKTRON YOĞUNLUĞU ARASINDAKİ İLİŞKİ	24
6. SONUÇ.....	36
KAYNAKLAR.....	37

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1.a. 1932–1992 yılları süresince günlük $A_p > 50$ değerinin aylık değişimi.....	15
Şekil 2.1.b. A_p nin 1957–1990 arası aylık ortalama değerlerinin Güneş radyo akısı ($f_{10.7}$) değerleriyle değişimi.....	15
Şekil 4.1. İyonküre plazmasındaki elektron yoğunluğunun yükseklikle değişimi.....	22
Şekil 4.2. Değişik günlerde, Slough’da ölçülen F2 tepesindeki elektron yoğunluğunun günlük ve mevsimsel değişimi... ..	23
Şekil 5.1. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (18.02.1979)	26
Şekil 5.2. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (03.04.1979).....	26
Şekil 5.3. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (04.07.1979).....	27
Şekil 5.4. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (04.12.1978).....	28
Şekil 5.5. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (15.05.1979).....	28
Şekil 5.6. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (15.02.1979).....	29
Şekil 5.7. Birbirinden oldukça farklı K_p değerlerinin elektron yoğunluğuyla değişimi.....	30
Şekil 5.8 Birbirine daha yakın K_p değerlerinin elektron yoğunluğuyla değişimi.....	30
Şekil 5.9. Altı farklı K_p değerinin elektron yoğunluğuyla değişimi.....	31
Şekil 5.10. $\Sigma K_p=27$ (15.02.1979) ve $\Sigma K_p=3$ (18.02.1979) iken aynı ayın (aynı yıla ait) farklı günlerindeki elektron yoğunluk değerlerinin gösterimi.....	32
Şekil 5.11. $\Sigma K_p=24$ (15.05.1979) ve $\Sigma K_p=14$ (03.04.1979) değerlerinin elektron yoğunluğuyla değişimi.....	33
Şekil 5.12. Güneş lekelerinin sayısının maksimum ve minimum olduğu zaman ki K_p değerleriyle TEC değerlerinin değişimi.....	34
Şekil 5.13. Elektron yoğunluğuyla, manyetik aktivite indeksleri arasındaki değişim.....	35

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Güneş indeksleri.....	5
Tablo 2.2.a. İyonküreye ait indeksler.....	6
Tablo 2.2.b. İyonküreye ait indeksler.....	7
Tablo 2.3.1. K indeksi ile a indeksi arasındaki ilişki.....	8
Tablo 2.3.a. Jeomanyetik indeksler.....	9
Tablo 2.3.b. Jeomanyetik indeksler.....	10
Tablo 2.3.c Jeomanyetik indeksler	11
Tablo 2.3.2. K indeksinin değersel değişimi	12
Tablo2.3.3. K _p indeksi ile a _p indeksi arasındaki ilişki	12
Tablo 2.3.4. Günlük A _p ve 3 saatlik a _p indeksleri tarafından bildirilen jeomanyetik aktivite düzeyleri.....	14
Tablo 2.3.5. A _p indeksinin f _{10.7} indeksi ile değişimi.....	14
Tablo 5.1. 2001 yılı için farklı manyetik kutupların pozisyonları.....	24
Tablo5.2. Değişik K _p değerleri için elektron yoğunluğunun değerlerinin günlük değişimi.....	25

SİMGELER LİSTESİ

- N_e : Elektron yoğunluğu
 f_0 : Kritik frekans
 $h_m F2$: F2 bölgesinin tepe yüksekliği
 $N_m F2$: F2 bölgesinin elektron yoğunluğunun maksimum değeri

KISALTMALAR LİSTESİ

YZ	: Yerel zaman
TEC	: Toplam elektron içeriği
CCIR	: Uluslar arası Radyo danışma komitesi
IPS	: Avustralya İyonküre Tahmin Servisi
GPS	: Evrensel Konum Belirleme Sistemi

1.GİRİŞ

Yerküre'nin büyük bir mıknatıs gibi davrandığı, İngiliz saray doktoru William Gilbert'in 'De Magnete' adlı eserini yayınladığı 1600 yılından beri bilinmektedir. Daha sonra 1839'da büyük Alman matematikçisi C.A.Gauss Yer'in manyetik alanının büyük kısmının bizzat Yer'in içinden, değişken olan küçük bir bölümünün ise Yerküre'nin dışından geldiğini saptamış ve Yer'in gerçek alanına çok yakın olan dipol alanı tanımlamıştır. Şimdi yerin manyetik alanının özelliklerini kısaca açıklayalım.

Havada yatay bir düzlem üzerinde serbestçe hareket eden bir mıknatıs çubuğun veya aynı durumda olan pusula ibresinin bir ucu sağa sola hareket ettikten sonra Yerküresinin coğrafik kuzey kutbuna yönelir. Ancak ibrenin hareketsiz duruma geldiği anda gösterdiği bu yön tam olarak coğrafik kuzey noktası değil buna yakın fakat aralarında mesafe bulunan yerin kuzey manyetik kutbudur.

Pusula ibrelerinin gösterdiği yön ile coğrafik kutup noktası arasındaki açıya sapma açısı veya deklinasyon açısı denir ve (D) harfi ile gösterilir. Bu açı her coğrafik koordinatta farklı değerler alır. Sapma açısının sıfır olduğu yerlerde pusula ibresi aynı zamanda coğrafik kuzey kutbunu gösterir. Ayrıca, ağırlık merkezi üzerinden geçen yatay eksen etrafında serbestçe hareket eden bir mıknatıs çubuğunun veya pusula ibresinin kuzey ucu kuzey yarıküresinde ve güney ucu güney yarıküresinde aşağı doğru eğilir, yatay düzlemle belirli bir açı yapar. Bu açıya da, manyetik eğim veya dip açısı denir ve (I) harfi ile gösterilir. Bu açının değeri de bölgelere göre değişir [1].

Yer manyetizması aslında karmaşık bir konudur. Manyetik alanın bileşenleri ve diğer elemanları, sapma ve eğim açıları, yer yer, bölge bölge farklı değerler taşırlar ve zamanla değişirler.

Yerin manyetik alanının günden güne hafif fakat muntazam bir şekilde meydana gelen değişikliğine günlük değişim denir. Manyetik alanın günlük değişimleri üst atmosferdeki (manyetoküre) elektrik akımından ileri gelir.

Jeomanyetizmayla ilgili çalışmalarda, yaklaşık 60 yıldır 3-saat aralıklı K indeksi kullanılıyor. Bu indeksin Yer'e ait türetimi Kp indeksi ile sağlanır. Kp indeksi farklı iki yerden hesaplanır. Kp indeksi, eskiden Goettingen'de hesaplanıyordu. Şimdi ise Adolf Schmidt gözlem evinde hesaplanıyor. Ayrıca istasyonların farklı ağırlarına bağlı olarak ve gerçek değerine yakın bir şekilde Kp indeksi, NOAA/Amerikan Hava Gücünde hesaplanıyor. Her iki yerden ölçülen Yer'e ait Kp indeks değerleri, iyonküre ile ilgili çalışmalar için jeomanyetik aktivitenin bir ölçümü olarak yaygın biçimde kullanılır.

Diğer bir manyetik aktivite indeksi a dir. a indeksi, yerel jeomanyetik aktivitenin 3-saatlik eşdeğer genlikli değerlerini içerir [2].

Bu çalışmanın ikinci bölümünde Güneş, iyonküresel ve jeomanyetik indekslerle ilgili kısa bir bilgi verildi. Daha sonraki bölümde jeomanyetik çalışmaların tarihsel gelişimi sunuldu. Dördüncü bölümde iyonküre plazması tanımlandı ve özellikle elektron yoğunluğu geniş bir şekilde açıklandı. Beşinci bölümde, Dünya üzerindeki çeşitli istasyonlarda ölçülen jeomanyetik indeksler ve elektron yoğunluğu kullanılarak, bu indekslerle elektron yoğunluğu arasındaki ilişkiler araştırıldı.

2. GÜNEŞ, İYONKÜRESEL VE JEOMANYETİK İNDEKSLER

Manyetoküre-İyonküre etkileşimleri, Güneşin aktivitesi tarafından güçlü bir şekilde yönlendirilir. Verilen bir zaman aralığında tüm sistemin fiziksel durumunun ayrıntılı ve özel bilgisini sağlamak için birçok jeofiziksel indeksler kullanılır. Örneğin, elektromanyetik dalga yayılımında iyonküre şartlarını önceden kestirmek için Güneş ve iyonküresel indekslerin değişimlerinden faydalanılır.

2.1 Güneş İndeksleri

Güneş lekeleri yoğunluğunun (şiddetinin) periyodik olarak değiştiğinin kanıtı, Güneş aktivite devirlerinden görülebilir. Bu devirsel değişikliğin periyodu genel olarak 11 yıldır, ancak bu sürenin 9 ve 14 yıl arasında değiştiği de görülmüştür. Bu değişim simetrik değildir. Güneş lekelerinin minimumdan maksimuma ulaşma zamanı 4,3 yıl, maksimumdan minimuma ulaşma zamanı ise 6,6 yıldır. Maksimum değere ulaşmak için, daha çabuk yükseliş yönelmesinin devirlerine dikkat edilmelidir. Güneş-hava ilişkileri ile ilgili çalışma, 22 yıl devri ya da çift Güneş lekesi döngüsüne dikkat çekti. Güneş aktivitesinin Dünya'ya ait belli olaylar arasındaki ilişkilerle ilgili birkaç çalışma, Güneş'in 11 yıldan çok 22 yılın (hale devri) devirliklerini belirtti. Güneş devri, daha fazla araştırma ve teorinin konusu oldu. Sayısal bir indeksin terimleri ile Güneş devrini sıra ile anlatmak için, işe Güneş lekesi sayısı R ile başlandı. Onun ismi aynı zaman da Wolf sayısı olarak ta bilinir. Lekelerin düşük enlemleri daha fazla etkilediği, Güneş devrinin sonunda bu etkinin ekvatora yaklaştığı bilinir bu duruma Sprörer kanunu denir. Lekelerin sadece %10'u 11 günden daha uzun yaşamaktayken, bütün lekelerin yarısının ömrü 2 günden daha azdır. Sadece olağanüstü bir leke 5 Güneş dönüşünden (devrinden) fazla incelenebilir. Lekelerin sayı olarak artışları Güneş patlamaları olarak bilinen büyük miktarda açığa çıkan enerjinin kaynağıdır. 1700' den önce doğrudan doğruya gözlemler mevcut olduğu halde, incelemelerde 1818'den sonra "iyi" ve 1848'den sonra "güvenilir"lik dikkate alındı. R'den başka diğer iyi bilinen Güneş indeksi 10,7 cm dalga boyunda Güneş radyo gürültüsünün güç akısı $F_{10.7}$ dir. 1947'den 1991'e kadar Ottom (Kanada) yakınında radyo teleskopuyla, her gün olmak üzere, 2800 MHz'lik bir frekansta Güneş diskinden bütün $F_{10.7}$ değerleri kaydedildi. Radyo teleskopunun Penticton (Kanada)'a yerleştirilmesiyle de 1991'den beri $F_{10.7}$ değerleri kaydediliyor. Güneş akısı gözlemleri, sadece 1947'den berisi mevcuttur.

R Güneş lekesi sayısı ile $F_{10.7}$ akısı biri birinden bağımsız olmayan indekslerdir. İyonküre ile ilgili alanda Güneş lekeleriyle iyonküre özelliklerinin, özellikle E ve F tabakalarının kritik frekanslarının, $F_{10.7}$ ile tahmin edilmesi gelenektir. Örneğin, f_0F_2 (F_2

bölgesinin kritik frekansı) uzun dönem tahminini, Güneş indeksleri R_{12} (12 ay devamlı R Güneş lekesi sayısı)'nın tahminine dayanıyor. R, R_{12} , $F_{10.7}$, EUV Güneş indekslerinin geniş bir açıklaması Tablo 2.1 de verilmiştir.

2.2 İyonküre İndeksleri

İyonküreye ait indeksler, hem Güneş hem iyonküre bilgisinin kullanımını geliştirir. İyonküreye ait bilgi, Güneş verilerini sağlamak için kullanılır. İyonküreye ait indeksler, genellikle iyonkürenin Dünya çapında 1 aylık temel ilkesini yansıtmak ve iyonkürenin ortalama bölgesel durumunu bildirmek için geliştirilir. Bu durum, doğrudan Güneş'le karşılaştırmaya elverişlidir. Bu indekslerden birisi I_{F2} 'dir ve 1955 yılında Minnis tarafından tanıtılmıştır. I_{F2} 'nin değerleri, öğle vakti, aylık f_0F_2 'nin orta değerinin 3 ay Güneş lekesi sayısına (R_3) eklenmesiyle bulunur. Ne yazık ki, I_{F2} indeksi, CCIR (Uluslararası Radyo Danışma Komitesi) tarafından sağlanan aylık f_0F_2 'nin referans haritasıyla birbirini tutmaz. Çünkü I_{F2} ve CCIR sistemlerinin gelişmesinde, farklı periyotlardan veriler kullanılır. CCIR evrensel atlas haritaları, 1954–1958 periyot verilerine dayanır. Minnis'in indeksi ise, 1942–1947 geçmiş verilerinden hesap edilir. CCIR'nin haritalarıyla bağdaşan yeni bir indeks olan IG, 1983'te Lui ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. f_0F_2 ve IG_{12} (12 ayın devamlı IG ortalamasıdır) arasındaki ilişki, f_0F_2 ve R_{12} arasındaki ilişkiden anlamlı biçimde daha iyidir. Bir diğer önemli ve iyi bilinen indeks, Avustralya İyonküre Tahmin Servisi (IPS) tarafından geliştirilmiştir. Bu indeksin ilk versiyonunun ismi A indeksidir. Bu indeks 1950'lerin sonunda geliştirilmiş ve ilk olarak R_{12} 'den türetilmiştir. Bu indeks, iyonküreye ait seçilmiş 16 tane istasyonda, f_0F_2 'nin 24 aylık değerlerinin ortalamasıdır. Bu metot, her istasyon için 1 aylık A indeksini verir ve evrensel bir A indeksi, A indekslerinin ortalaması ile elde edilir. A indeksi için izlenen prosedürün bir benzeriyle, 1960'ların ortasında Jack Turner, T indeksini geliştirmiştir. T, geçmişte aylık ortalama-indeks olarak verilirken, şimdi aynı zamanda günlük olarak da elde edilebilir. 1970'li yıllarda, Amerikan Hava Gücündeki (USAF) İyonküre tahmin keşif grubu, Evrensel Hava Merkezinde iyonküreye ait diğer bir indeks SSNe'yi geliştirdi. Bu indekste de, Güneş lekesi sayısının etkili olduğu bilinir. Son zamanlarda Mikhailov ve Mikhailov, kuzey yarım kürede tasnif edilen iyonküreye ait istasyonlardan MF_2 'yi geliştirdi. MF_2 'nin uzun süreli tahmini, MF_{212} 'nin 12 ay devamlı ortalamalarının tahminine dayandırılır. Tablo 2.2 a, b'deki listelerde I_{F2} , IG, A, T, SSN, MF_2 gibi iyonküreye ait indeksler tanımlanıyor.

Tablo 2.1 Güneş indeksleri

İndeks	Türetilme Metodu	Zaman Aralığı	Dezavantajları	Geçerliliği
R Johann Rudolph Wolf tarafından 1848’de Güneş aktivitelerinin ölçülmesiyle araştırılmaya başlanılmıştır.	R şöyle tanımlanır, $R = k(f + 10g)$ f : görülen tüm lekelerin sayısı. g : tedirgin edilmiş tabakaların sayısı. k : rasathane için bir sabittir. 1981’den beri “ R ” Dünya Bilgi Merkezi C’den (Bürüksel’dedir) alınır. Lekeler ve leke gruplarının ortalama bir ağırlığı olarak hesaplanır.	Günlük		Veriler, yıllık ortalamalar olarak 1700’den beri mevcuttur. R , 1749’dan beri aylık ortalama ve 1951’den beri günlük değer olarak mevcuttur.
R_{12} Güneş lekesi sayısı R ’nin 12 aylık ortalamasıdır.	k -ay için verilirse, R_{12} şöyle tanımlanır: $R_{12} = 1/12 \left[\sum_{n=5}^{n+5} R_k + 1/2(R_{n+6} + R_{n-6}) \right]$ k -ay için günlük Güneş lekesi sayılarının ortalaması R_k olduğu yerde, R_{n-6} ve R_{n+6} , k -ay’dan sonra ve önce ki altı aya ilişkin R değerleridir.	Aylık	Güneş lekesi sayısının düşük değerleri için f_0F_2 ile iyi bir doğrusal ilişki gösterir. Fakat yüksek Güneş lekesi sayısında, f_0F_2 doyum etkileri gösterir.	
$F_{10.7}$ Güneş akısıdır. 1947’de Arthur Covington tarafından ilk kez 10,7 cm (2800MHz)’de ölçüldü.	Eskiden sınırlı bir anten kullanılarak Güneş diski taranmasıyla $F_{10.7}$ ölçülüyordu. 1991’den beri ise Pentincton (Kanada)’da radyo teleskopuyla Güneş diskinin tam yeri saptanarak, $F_{10.7}$ değerleri kaydediliyor.	Günlük	Güneş akısının gözlemleri olarak, sadece 1947’den beri geçerli incelemeler yapıyor.	Veriler 1947’den beri mevcuttur.
$EUV(\text{\AA})$ En uçtaki ultraviyole bandındaki Güneş salınım akısıdır.	EUV, ultraviyole spektrometresiyle ölçülür.	Günlük	Sınırlı veriler ve onların geçerliliği, sadece son yıllarda yapılmıştır. EUV, iyonküre tahmini için henüz yeterli değildir.	EUV değerleri, atmosfer keşif uydusu tarafından 77’nin ortasından başlayarak şimdiye kadar mevcuttur.

Tablo2.2.a. İyonküreye ait indeksler

İndeks	Türetilme metodu	Zaman aralığı	Dezavantajlar	Geçerlik
I_{F2} F ₂ tabakasındaki iyonlaşmaya ve Güneş aktivitesine dayandırılır.	I_{F2} 'yi hesaplama metodu: R_3 (3 ay R 'nin “devamlı” ortalamasıdır) ve verilen bir istasyonda öğle vakti f_0F_2 'nin aylık ortalamaları arasındaki ilişkiyi tanımlamakla elde edilir.	Aylık	Temel problem, yayınlanan CCIR haritaları ile I_{F2} 'nin birbirini tutmamasıdır.	Veriler 1938'den beri mevcuttur
IG I_{F2} 'ye benzerdir ve CCIR haritalarıyla birbirini tutar.	IG, R_{12} ve f_0F_2 değerlerinin aylık ortalaması arasındaki ilişkiyi temsil eder. Evrensel indeks eldesi, seçilen yerlerde hesaplanan IG değerlerinin ortalaması alınarak bulunur.	Aylık	Temel problem 12 aylık indeks ortalamalarının, indeksin aylık değerlerini tahmin etmedeki becerisidir.	Veriler 1943'den beri mevcuttur.
A Avustralya İyonküre Tahmin Servisi, tarafından 1950'lerin sonunda geliştirilmiştir.	A, R_{12} 'ye dayandırılır ve pek çok istasyondan f_0F_2 'nin 24 aylık ortalaması olarak alınır. Her istasyon için, $R_{12} > 100$ değerleri ihmal edilir.	Aylık	İstasyonların çoğunluğu kuzey yarım kürededir. Kuzey ve güney A indeksleri ayrı ayrı hesaplanır. Sonra gezegene ait A'yı elde etmek için bu değerlerin ortalaması alınır.	
T Jack Turner tarafından 1960'ların ortasında geliştirilmiştir ve A indeksinin yerine kullanılmıştır.	T, A indeksi için izlenen prosedürün bir benzeriyle türetilmiştir. İstasyonların çok olduğu bölgelerdeki verilere verilen ağırlığı azaltmak için pek çok bölgedeki istasyonlar gruplandırılmıştır.	Aylık Günlük	Diğer iyonküreye ait indekslerde olduğu gibi, uzun süreli uygulamalar için T'nin aylık değerlerinin tahminindeki kesinlik, temel problemdir.	Aylık değerler 1957'den beri mevcuttur.

Tablo 2.2.b İyonküreye ait indenksler

İndeks	Türetilme metodu	Zaman aralığı	Dezavantajlar	Geçerlik
SSNe 1970’lerde Amerikan Hava Gücü tarafından geliştirilmiştir. Etkili Güneş lekesi sayısı olarak ta bilinir.	SSNe, yerel zaman ve enleme bağlı faktörlerin, hesaplanan $R=0$, $R=100$ ’e karşılık gelen f_0F_2 değerleriyle belirtilir.	Günlük	Günbegünlük tahmin uygulaması için temel problem, indeksi değerlendirmek için birçok istasyondan gerçek zamana yakın f_0F_2 tahminlerinin elde edilememiş olmasıdır.	Değer periyodu için günlük SSNe haritaları mevcuttur.
MF ₂ Mikhailov ve Mikhailov tarafından aylık indeks olarak tanıtılmıştır.	Güneş zenit açısının cosünüsüne bağlı f_0F_2 göz önünde tutularak, MF ₂ türetilir.	Aylık	MF ₂ ’nin kullanılarak uzun süreli tahminler yapabilmek için, diğer iyonküreye ait indekslere de başvurulmalıdır. Uzun süreli tahmin yapabilmek için 12 aylık ortalamalar gereklidir.	

2.3. Yerin Manyetik Alanına Ait İndeksler

Jeomanyetizmada yerin manyetik alanının dış kaynaklı geçici değişikliklerini hesaba katarak yıllardan bağımsız değişik indeksler tanımlanır. Manyetik tedirginlikler ile manyetoküreye ait olay arasındaki ilişkileri anlatmada önemli ilerlemeler olsa bile, verilen bir olayın, manyetik kökenini diğerlerinden ayırmak ya da tanımak her zaman mümkün değildir. İşte bu zorluğu aşmak için jeomanyetik indeksler geliştiriliyor. Bantles ve arkadaşları K indeksini geliştirdiler ve kısa zamanda K indeksi benimsendi. Bu indeks, günlük, mevsimsel ve enlemsel değişikliklerden etkilenir. Bundan başka birkaç gözlemci, K indekslerinin ortalamasını alarak yeni bir indeks önerdiler. Bu indeksin adı Kp'dir. 1932'den bu yana Kp indeksi hakkında veriler toplanır. Yeni bir indeks takımı, Mayaud tarafından her iki yarı küredeki istasyonlardan, uygun seçimlere dayandırılarak oluşturulmuştur. Bu indeksler K_n , a_n , K_s , a_s dir. AE manyetik indeksi, manyetik alandaki dalgalanmaların, manyetik aktivitelerin yükselmesi süresince orta ve düşük enlemlerde, auroraya ait bölgeyi nitelendirmek için Danis ve Sagiura tarafından geliştirilmiştir. Aktif aurora, yaklaşık olarak bir daire şeklinde gözlemlenir. Jeomanyetizmaya ait aktivitelerin yükselmesi süresince, ekvatora doğru genişler. Aurora elektrojetini AE indeksi temsil eder (DP akımlarına auroral elektrojet denir. D: karışıklık, P: kutup). AE, doğuya doğru ve batıya doğru elektro jetlerin uzunluğunun göstericisi olan, AU ve AL'nin farkından hesaplanır. AE indeksi 70 istasyon verilerinden elde edilir. Sakin günlerin seçimi için, bir parametre olarak AE yetersizdir. Yüksek enlem bölgelerinin referansı olan kutup noktası indeksi PC'yi Trachiev tanıttı. Jeomanyetizmaya ait indekslerin, iyonküre şartlarının tahmininde kullanımı yenidir.

a indeksi, yerel jeomanyetik aktivitenin 3-saatlik eşdeğer genlikli değerlerini içerir. a indeksi ile 3- saatlik K indeksi arasındaki ilişki Tablo 2.3.1 de görülmektedir [3].

Tablo 2.3.1. K indeksi ile a indeksi arasındaki ilişki

K:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a:	0	3	7	15	27	48	80	140	240	400

Tablo 2.3.a Jeomanyetik indeksler

İndeks	Türetilme metodu	Zaman aralığı	Dezavantajlar	Geçerlik
K Düzenli ve düzensiz jeomanyetik değişimler arasındaki farklılıkları belirtir. K indeksi, tek bir istasyonu temsil eder.	Tek bir istasyondaki verilerle K indeksinin günlük değişimi çıkarılabilir.	3-saat	İndeksin değerlendirmesindeki problem, günlük değişimlerin düzeltilmesinde, öznel doğruların belirleyici rol oynamasıdır.	İndeks rasathaneye bağlıdır.
Kp Yer'e ait bir indeks değeri vermek için tanıtıldı. 11 rasathaneden K indekslerinin ortalamasıyla elde edilir (başlangıçta bu sayı 8 idi).	Kp, katkıda bulunan rasathanelerde çıkartılan K indekslerinin ortalamasıyla türetilir. Enlemsel ve mevsimsel özelliklere bağlılık ve günlük değişikliğin etkilerinden bağımsızdır.	3-saat	– Asya boylamlarında istasyon yokluğu – Güney yarım kürede az istasyon oluşu. –Kutup bölgesindeki istasyonların kapalı olması.	1932'den bugüne kadar veriler mevcuttur.
A _p (nT) Kp'den lineer bir indeks elde etmek için tanıtılmıştır.	a _p indeksinin 8 değerinin aritmetik ortalamasından A _p türetilmiştir.	3- saat	– Asya boylamlarında istasyon yokluğu – Güney yarım kürede az istasyon oluşu. –Kutup bölgesindeki istasyonların kapalı olması.	1932'den bugüne kadar veriler mevcuttur.
aa a _p indeksine benzerdir.	Taban tabana zıt iki istasyondan (başlangıç, Greenwich ve Melbourne) kaydedilen K değerleri ölçülerek aa indeksi türetilir.	3- saat	– Her iki yarı kürelerdeki rasathane sitelerinde pek çok değişiklik yapılması.	1868'den beri veriler mevcuttur.

Tablo 2.3.b Jeomanyetik indeksler

İndeks	Türetilme metodu	Zaman aralığı	Dezavantajlar	Geçerlik
$K_m, K_n, K_s, a_m, a_n, a_s$ İndeksleri iki yarı küredeki istasyon ağının seçimine dayandırılmıştır.	Bu indeks seti, K indekslerinin işleyişine uygun olarak türetilmiştir. K indekslerinin boylam karşılığı, indekslerdeki farka karşılık gelmiştir.	3- saat	Bu indekslerdeki temel problem iki yarı küredeki manyetik istasyonların azlığıyla ilgilidir.	1959'dan beri veriler mevcuttur.
AE, AL, AU, AO (nT) İndeksleri, auroraya ait bölgeyi incelemek için tanıtıldı ve onlara aynı zaman da auroral elektrojet indeksleri de denir.	AO indeksi: $AO=1/2(AU+AL)$ iken, AE indeksi, AU ve AL indeksleri arasındaki farktan türetilir.	1 ya da 2,5 dakika	Şimdiki istasyon ağı, enlem ve boylamda ideal bir dağılışı meydana getirmiyor.	1957–1978 yılları arasında, saatlik AE indeksleri Alaska Jeofiziksel enstitüsü ve NASA tarafından sağlandı. 1978 ve daha sonraki yıllarda indeksler, Jeomanyetizm (Kyoto, Japonya) için WDC-C2'de üretildi.

Tablo 2.3.c Jeomanyetik indeksler

İndeks	Türetilme metodu	Zaman aralığı	Dezavantajlar	Geçerlik
PC İkinci derece fırtınanın gelişimini belirtmek için geliştirildi.	PC indeksi, iki yüksek enlem istasyonlarında ölçülen jeomanyetik alanın H ve D bileşenleri kullanılarak iki yarı küre için ayrı ayrı geliştirilmiştir.	15 dakika	Yaz süresince, IMF'nin (Güneş rüzgârlarıyla taşınan manyetik alan) bileşenlerinin yıl içindeki değişimleri PC değerlerinin doğruluğunu etkiler.	PC verileri, Thule için 1975'den şimdiye kadar mevcuttur. Vostok'ta (Antarktika araştırma enstitüsü, St.Petersburg) 1978-1991 arası PC periyotları mevcuttur.
D_{st} (nT) Bombay'da tipik bir jeomanyetik fırtınanın genel davranışını temsil etmek için geliştirildi.	D_{st} , düşük enlem ölçüm istasyonlarında jeomanyetik alanın H bileşeni kullanılarak türetilir. Her istasyon için sakin gün değişimi ihmal edilir.	1 Saatlik	D_{st} 'nin yıllık değişimini tanımlama kuzey yarımküre daha baskındır. Stening'e göre, her iki yarı küredeki değişen rasathane dağılımı bunda etkilidir.	1957'den sonraki yıllar için saatlik veriler, jeomanyetizm için WDC-C2'de türetilmiştir.

K indeksi, jeomanyetik alanın yatay bileşeninin değerleriyle hesaplanır [4]. K indeksinin değerlerine karşılık gelen yerin manyetik alanındaki değişme aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.3.2. K indeksinin değersel değişimi

K	nT
0	0–5
1	5–10
2	10–20
3	20–40
4	40–70
5	70–120
6	120–200
7	200–330
8	330–500
9	>500

Dünya genelinde 12 yada 13 istasyonda ölçülen K değerlerini kullanarak Yer’e ait 3-saatlik jeomanyetik aktivite indeksi K_p elde edilir [3]. a indeksinin yerelliğinden kurtulmak, Yer’e ait bir indeks oluşturmak için, K indeks değerlerine bağlı olan 3-saatlik yerel a indeksinin ortalaması alınarak a_p indeksi elde edilir [5]. Yer’e ait K_p indeksinin değerleri ile Yer’e ait a_p indeksinin değerleri şu şekilde birbirlerine bağlıdır.

Tablo2.3.3. K_p indeksi ile a_p indeksi arasındaki ilişki

K_p	0 ₀	0+	1-	1 ₀	1+	2-	2 ₀	2+	3-	3 ₀	3+	4-	4 ₀	4+
a_p	0	2	3	4	5	6	7	9	12	15	18	22	27	32
K_p	5-	5 ₀	5+	6-	6 ₀	6+	7-	7 ₀	7+	8-	8 ₀	8+	9-	9 ₀
a_p	39	48	56	67	80	94	111	132	154	179	207	236	300	400

0'dan 9'a kadar ki bu ölçümde her bir değer üçe ayrılır. Örneğin, 5- , $4\frac{2}{3}$ demektir. Yine 5o, 5'tir ve 5+, $5\frac{1}{3}$ demektir. Örnek olarak 4 Aralık 1978 günü ölçülen 3'er saatlik Kp indeksi ve buna bağlı olarak o günkü toplam ΣKp değerini bulalım.

$$Kp = 2-, 2+, 2o, 3+, 3o, 3o, 3o, 3-$$

$$2- = 1\frac{2}{3} (5/3)$$

$$2+ = 2\frac{1}{3} (7/3)$$

$$3+ = 3\frac{1}{3} (10/3)$$

$$2o = 2$$

$$3o = 3,$$

$$3- = 2\frac{2}{3} (8/3) \text{ tür [24].}$$

$$\Sigma Kp = \frac{5}{3} + \frac{7}{3} + \frac{10}{3} + 2 + 3 \cdot 3 \text{ (3 tane } 3o \text{ var)} + \frac{8}{3} = 21 \text{ dir.}$$

Diğer bir Yer'e ait manyetik aktivite indeksi A_p dir. A_p her gün 8 tane a_p değerinin günlük ortalaması alınarak elde edilir [6]. Zaman aralığı 3 saattir. Amaç Kp 'den daha lineer bir indeks elde etmektir [3].

Jeomanyetik aktivitenin Yer'e ait indeksleri, manyetoküredeki Güneş rüzgarlarıyla çökeltilen enerjinin transferini yansıtır. Bu transfer modelinin fiziksel yöntemlerinin karmaşıklıktan kaçınmak için pek çok araştırmacı jeomanyetik aktivite indeksleri ve Güneş rüzgarları arasındaki deneysel ilişkileri kullanırlar [8].

İyonküredeki düzensizliği ve toplam elektron içeriğinin (TEC) değerlerini tayin etmek için Evrensel Konum Belirleme Sistemi (GPS) ile hazırlanan veriler kullanılır. Bundan başka şimdilik Yer'e ait verilerin elde edilebilirliğini kullanıcılara sağlamada geniş ölçüde GPS ağıları vardır. Bununla birlikte verilerin her çeşidi iyonkürenin detaylı incelenmesi için HF bandında elektromanyetik dalga gönderen iyonsondalarda yaygın bir şekilde kullanılır [9]. F2-bölgesinin

tepesine kadar olan incelemeler iyonsondalarla, F2-tepesinden daha yüksek bölgeler ise uydularla incelenir [10].

Tablo 2.3.4. Günlük A_p ve 3 saatlik a_p indeksleri tarafından bildirilen jeomanyetik aktivite düzeyleri [22].

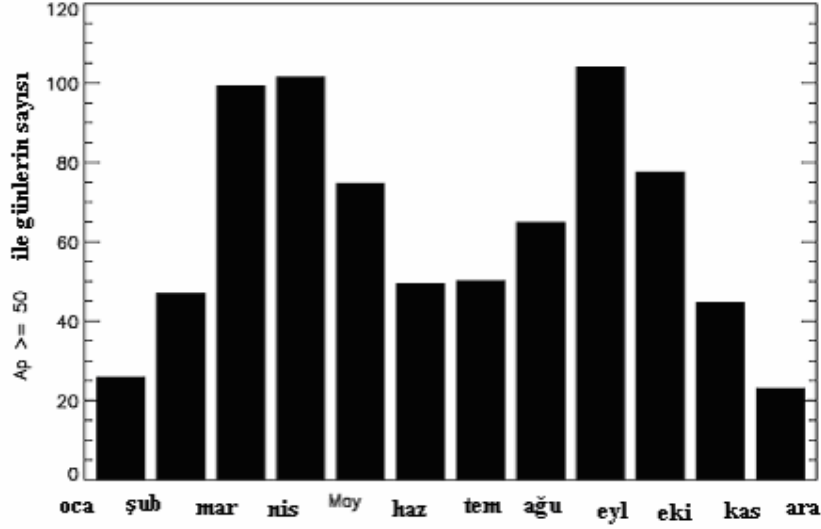
Tarih	0-3 saat arasındaki a_p indeks değerleri	3-6 saat arasındaki a_p indeks değerleri	6-9 saat arasındaki a_p indeks değerleri	9-12 saat arasındaki a_p indeks değerleri	12-15 saat arasındaki a_p indeks değerleri	15-18 saat arasındaki a_p indeks değerleri	18-21 saat arasındaki a_p indeks değerleri	21-24 saat arasındaki a_p indeks değerleri	A_p
14 Mart 1998	6	3	5	9	9	22	15	15	10
15 Mart 1998	48	39	27	7	9	6	5	15	20
16 Mart 1998	22	15	12	7	12	18	7		12
17 Mart 1998	9	12	5	15	6	3	4	9	8
18 Mart 1998	3	6	3	2	2	3	3	7	4
19 Mart 1998	5	2	2	3	4	4	3	6	4
20 Mart 1998	12	3	4	7	7	15	9	9	8
21 Mart 1998	9	6	9	32	67	94	56	9	35
22 Mart 1998	7	9	15	22	12	18	12	4	12
23 Mart 1998	12	12	3	2	3	3	3	6	6
24 Mart 1998	2	3	7	6	9	5	7	15	7
25 Mart 1998	9	16	4	9	32	39	12	6	16
26 Mart 1998	3	6	2	9	22	27	15	9	12
27 Mart 1998	18	12	18	12	15	15	18	12	15
28 Mart 1998	9	15	6	15	12	6	6	18	11
29 Mart 1998	39	27	9	5	9	39	22	12	20
30 Mart 1998	5	6	12	7	7	9	5	12	8
31 Mart 1998	18	22	15	5	5	2	0	4	9

A_p indeksinin $f_{10.7}$ indeksiyle olan ilişkisi Tablo 2.3.5 de verilmiştir. Genellikle A_p indeksleri $f_{10.7}$ indeksleri ile paralel bir değişim göstermektedir

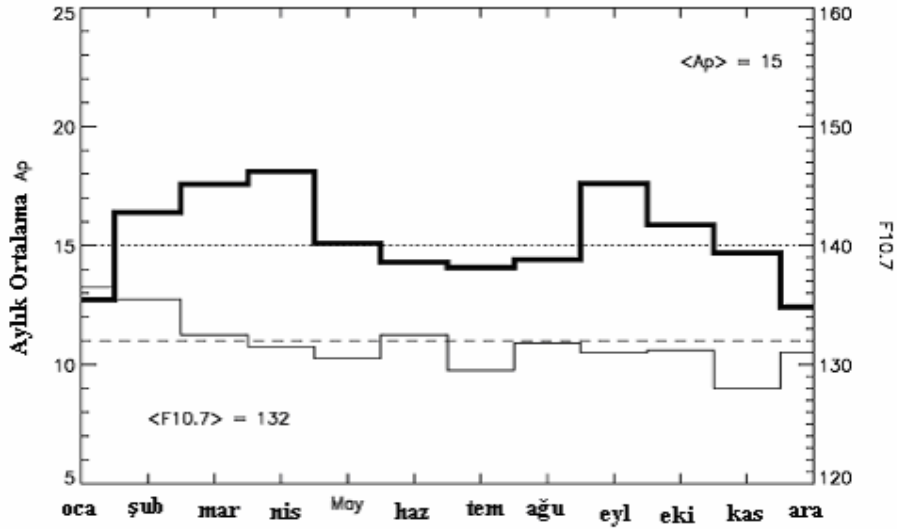
Tablo 2.3.5. A_p indeksinin $f_{10.7}$ indeksi ile değişimi

$f_{10.7}$	Kasım ayını Günleri	$\langle A_p \rangle$	$\langle A_p \text{ Kullanılan} \rangle$
70	21	13.3	13.5
80	21	14.85	14.0
90	12	14.75	14.5
100	9	15.3	15.0
110	5	13.2	15.5
120	7	17.85	16.0
130	7	18.6	16.5
140	5	13.6	17.0
150	1	12.0	17.5
160	2	10.5	18.0
170	3	20.0	18.5
180	6	16.2	19.0
190	5	19.6	19.5
200	9	20.1	20.0
210	5	22.0	20.5
220	2	19.0	21.0
230	6	20.5	21.5

Yıllık $f_{10.7}$ indeksinin değerlerinin, A_p indeksinin değerlerine göre değişimi şekil 2.1.a ve şekil 2.1.b’de görülmektedir. Bunu daha da anlamlı kılmak için, aylık $f_{10.7}$ indeksiyle A_p indeksinin ortalaması dikkate alınır [20].



Şekil 2.1.a. 1932–1992 yılları süresince günlük $A_p > 50$ değerinin aylık değişimi.



Şekil 2.1.b. A_p nin 1957–1990 arası aylık ortalama değerlerinin değişimleri kalın çizgiyle gösterilmiştir. Güneş radyo akısı ($f_{10.7}$), 1957–1990 arası aylık ortalama değerlerinin değişimleri ince çizgi ile gösterilmiştir.

Yukarıdaki grafikleri açıklamak için şöyle bir örnek seçelim. Şekil 2.1.a'da, 1932–1992 yılları arasında, ocak aylarındaki $A_p \geq 50$ değerlerinin sayısının toplamının 25 olduğu görülüyor. Başka bir ifadeyle, Şekil 2.1.a. da, güçlü jeomanyetik düzensizliği temsil eden $A_p > 50$ 'nin 1932–1992 yılları arasındaki ocak aylarının sayıları toplamı 25'tir.

Şekil 2.1.b de, A_p 'nin aylık ortalamaları gösteriliyor. Gün dönümüne ait (ekinoksa ait) değerler, $A_p=15$ 'in aylık ortalama düzeylerinin üstünde, 15–20 % lik bir artışa sahiptir [14].

AE, auroraya ait bölge yakınındaki boylamda dizilen istasyonlardan elde edilen verilerden türetilir. Üst ve alt enlemdeki indeksler olan AU ve AL'nin sıralanışına göre AE tanımlanır.

$$AE=AU-AL$$

İndekslerin en iyi kaynağı Uluslararası Jeofizik, Jeomanyetizm ve Aeronomi Birliği ve Uluslararası Yeryüzü Ölçme Bilgisi Birliğinin 12. bültenidir. Jeomanyetizma verilerinin diğer kaynakları Güneş'in jeofiziksel verileri ve jeofiziksel araştırmaların günlüğüdür [7].

Verilen herhangi bir ayın günleri için kullanılan aşağıdaki kurallar ile sakin ve tedirgin günler seçilir.

- 1) Sekiz K_p değerlerinin toplamı
- 2) Sekiz K_p değerinin kareleri toplamı
- 3) En büyük K_p değeri.

Her gün için bu üç kuralın ortalaması alınır. En yüksek ortalama sahip 10 gün, 5 en sakin günü kapsamak şartıyla, 10 sakin gündür [7]. Tedirgin gün ve sakin günler Güneş devrindeki karışıklıklarla orantılıdır [25].

Manyetik kutupların çevresinde manyetik düzensizliğe bağlı olarak atmosferdeki parçacıkların çökmesiyle oluşan ışık emisyonun bölgesel yansımaya auroral bölge denir [24]. Diğer bir tanımla auroraya ait bölgeler, tan vaktinde gökte, Dünyanın tabakaları olarak tanımlanır. Auroraya ait aktivite, Manyetoküre-iyonküre-atmosfer etkileşiminin bir kolu olarak bakılabilir. Auroraya ait ovalliğin iki aydınlık bölümü vardır. Biri yerel gece yarısı ve diğeri yerel öğle vaktidir. Tan vaktinin meydana gelmesi en son 67^0 enlemlerinde olur. Genelde auroraya ait bölgenin pozisyonu, manyetik düzensizliğe bağlanır. Bölgenin enlemsel düşüşü manyetik düzensizliğin yükselişiyle beraberdir [7].

İyonkürenin elektron yoğunluklarının çoğu Güneş EUV'si ve X-ışınları tarafından üretilir. Doğrudan EUV ölçümleri yoktur. EUV ölçümleri için uzun vadeli Güneş lekelerinin verileri sıklıkla kullanılır. Son yıllarda EUV ölçümleri için, 10,7 cm (2800MHz)'de Güneş lekelerinden oluşan gürültünün akısı da kullanılmaya başlanılmıştır. Güneş lekeleri sayılarının

düşük değerleri için, EUV ve f_0F_2 arasında iyi bir lineerlik vardır. Fakat yüksek Güneş lekeli sayılarında, f_0F_2 doyma etkileri gösterir. Aynı Güneş lekeli sayısı için, f_0F_2 , Güneş devri yükselmesi ve düşmesi süresince farklı değerler gösterebilir. Bu gecikme etkisi, düşük ve yüksek enlemlerde küçüktür fakat orta enlemlerde büyüktür [23].

3. JEOMANYETİK ÇALIŞMALARIN TARİHİ

Ülkemizde pusulanın ilk olarak ne zaman kullanıldığı hakkında herhangi bir kayda rastlamış değiliz. Yalnız, XVI. asrın başlarında gemici pusulasının bizde bilinmekte olduğu muhakkaktır. Bunu, XVI. asrın meşhur Türk deniz coğrafyacılarından Piri Reis'in, deniz coğrafyasına dair ilk Türk eseri olan Kitab-ı Bahriye'sine yazdığı önsözden öğreniyoruz. Piri Reis bu önsözünde gemici pusulasının kısaca tarifini yapmıştır. Bütün Ortaçağ bilim adamlarının dediği gibi mıknatıs taşının Kutup Yıldızı tesiri altında bulunduğunu ve Pusulanın, haritayı anlamlandırmasında böyle bir fikrin hakim olduğu anlaşılıyor. Fakat Piri Reis'in eserinde coğrafi Kuzey'den ve pusulayı nerede görüp öğrendiğine dair hiçbir bilgi vermemiştir. Böylece Piri Reis'in manyetik deklinasyon hakkında bir bilgisi olmadığı açıktır. Kitab-ı Bahriye'nin ilk basım tarihi 1521'dir. 1525'te Kanuni Sultan Süleyman'a takdim olunan nüsha, genişletilmiş ikinci basımdır. O halde 1500 yılında meydana gelen bir deniz muharebesinde gemi reisliği yapan Piri Reis'in XVI. asrın ilk yıllarında gemici pusulasını öğrenmiş ve kullanmış olması ve dolayısıyla o tarihlerde, gemici pusulasının memleketimizde bilinmekte olması açıktır. Her ne kadar ileride görüleceği üzere Avfi'nin meşhur eseri Cavami Al Hikayat ve Lavami Al Rivayat'ın Türkçe'ye ilk çevrilisi Sultan II. Murat devrinde olduğu göz önüne alınarak mıknatıs taşının özelliklerinin, bizde XV. asrın ortalarına doğru bahsedilmiş olduğu söylenebilir. Avrupa'da ilk olarak 1187'de bahsi geçen gemici pusulası, her ne kadar 1260'dan itibaren imal edilmeye başlanmış ise de Osmanlıların, İstanbul fethinden sonra açık denizlerde sefere başladıkları XV. asr sonlarından evvel pusulayı Avrupalılardan öğrenmiş olmaları düşünülemez. Araplardan öğrenmiş olmaları da muhtemel değildir. Zira Arapların daha önceki tarihlerde pusulayı bildikleri ve bunu deniz seferlerinde kullandıkları hakkında gerek Batı ve gerek İslam kaynaklarında tatmin edici bir kayıt bulunmadığı söylenebilir.

Bizde manyetik sapma açısından ilk bahseden, Seydi Ali Reis'tir (1554). Kanuni zamanında Basra açıkları ve Hint denizlerinde felaketli bir seyahatten sonra karaya çıkmaya mecbur olan bu bilge amiral, Hindistan'ın Ahmedâbad şehrinde yazdığı Muhit adlı eserinde, pusula tasvirine Piri Reis'e nazaran daha geniş bir yer ayırmıştır. Şimdiye kadar hiç basılmamış olan eserin Revan Köşkü kütüphanesinde görülen el yazması nüshasında, gemiciler için pusulanın bozulması bir "afettir" diyerek gemide iki tane pusula bulundurulması gerektiğini söylemiştir. Bununla beraber, mıknatısı kırmızı bir çuha içinde saklamak; soğan, sarımsak kokusundan uzak tutmak; bozulursa taze keçi kanı veya sirke ile ıslatmak gibi şimdi pek garip bulacağınız tavsiyeler de yazılıdır.

Görülüyor ki o tarihlerde ülkemiz Almanya'dan çok miktarda mıknatıs almış ve pusulanın gemilerde kullanılması gelenekselleşmiştir. Fakat pusula ibresinin Kuzey'den sapması, yani manyetik deklinasyon bilinmekle beraber bunun zaman içinde ve bir yerden öbür

yere değişebileceği hakkında ülkemizde henüz hiçbir fikir yoktur. Sapma açısının Portekiz ve Fransa'da yedi derece Doğu'ya doğru olması bilgisi, tarihimizin en büyük ansiklopedisi olan Cihannüma'da da zaman ve mekn farkı gözetmeksizin, pusula ibresinin yedi derece Doğu'ya yöneldiği tekrarlanmaktadır. Bu da XVII. asır ortalarında dahi jeomanyetik bilginin Avrupalılara nispetle pek geri olduğunu ve memleketimizde o tarihe kadar hiçbir sapma açısının belirlenmemiş olduğunu anlıyoruz.

1727 yılında İstanbul'da yapılan ve Batı dokümanlarıyla karşılaştırarak doğruluğundan emin olduğumuz bu deklinasyon tayininin, İstanbul'da ve Osmanlı İmparatorluğu hudutları içinde Türkler tarafından yapılmış ilk jeomanyetik lme olduğunu biliyoruz. Diğer taraftan, Seydi Ali Reis'in ve Ktip elebi'nin hep Avrupa'dan gelen pusulalardan bahsetmelerine karşın, İbrahim Mtefferika'nın İstanbul'da imal edilmiş bir pusula ile ölçmenin yapıldığını söylemesi, o tarihlerde memleketimizde pusulanın imal edilmekte olduğunu göstermektedir.

Burada, şunu söylemeliyiz ki, İbrahim Mtefferika, Tezyil'inde deklinasyonun sebeplerini ve bu sebeplerin zamana ve yere göre değişeceğine dair bilgiyi Avrupalı bir bilim adamından aldığını belirtiyor.

Çinlilerin, Hıristiyanlardan 2500 yıl önce manyetizma hakkında bilgileri vardı. Fakat bu bilgilerin deniz seferlerinde ve ölçü işlerinde kullanımı Milattan sonra VII. Veya VIII. yüzyıllarda gerçekleştiği kabul edilmektedir. in İmparatorluğunun mitoloji ile karışık eski tarihinde Milttan önce 2634 yılında mıknatısı tanımladıkları belirtilir. Eski Yunan ve Latin literatürlerinde mıknatıs taşının çekme ve itme özelliklerine ait birçok bilgiler mevcut ise de "manyetik kutuplama" (polarite magnétique) hakkında her hangi bir kayda rastlanmamıştır [1].

4. İYONKÜRE

İyonküre fiziği deneysel bir konu olarak 40 yılın (1967 tarihli makaleden) üstünde bir geçmişe sahiptir. Bununla birlikte iyonküre ile ilgili çalışmaların bir yüzyıla yakın geçmişi vardır. Atmosferin üst bölgelerinde iletken bir tabakanın varlığı, 1860'da Kelvin ve daha önceden 1839'da Gauss tarafından ileri sürülmüştür. 1901'de Marconi tarafından telsiz telgrafın keşfinden sonra, 1902'de Keneli ve Heaviside tarafından, bağımsız olarak, yansımanın olduğu bir bölgenin varlığı önerildi.

1903'te Taylor bu tabakanın Güneş ultraviyole radyasyonu tarafından üretilen iyonlaşmadan ileri geldiği düşüncesini geliştirdi. Daha sonra Thompson elektronu keşfetti (gerçi yaklaşık 40 yıl sonra bile litaretürde ismi görünmedi).

İyonkürenin sağlam bilimsel temellere oturtularak çalışılması, Breith-Tuve ve Appleton-Barnett tarafından 1925'de elektromanyetik dalgayı yansıtan tabakanın yüksekliğinin deneysel olarak tespitiyle başladı. Daha sonra iyonkürenin tabakalar halinde tertip edilen doğası kolay anlaşılır hale geldi. Değişik tabakaların fiziksel kökeninin ne olduğu sorusu daha sıklıkla dile getirildi.

D, E, F sembolleri kesin olarak kullanımı 1959 Ekim'inde mevcut bilimsel çalışmaların incelenerek, ortak bir fikrin yapılandırılmasıyla şekillenmiştir. Daha sonraki incelemelerde F-bölgesinde farklı iyonlaşmaların olduğu görülmüş bu nedenle bu bölgede kendi içinde F1 ve F2 diye iki alt bölgeye ayrılmıştır [11].

İyonküre, serbest elektronları ve pozitif iyonları eşit miktarda içeren atmosferin üst bölgesidir. Güneş'in yaydığı X ve UV (morötesi) ışınlar atmosferdeki iyonlaşmanın ve serbest elektron üretiminin en önemli kaynağıdır. İyonkürede nötr gazlar, iyonlar ve elektronlar, farklı kütlelerinden dolayı farklı yüksekliklerde bulunacak şekilde tabakalar halinde dağılırlar. İyonküre içinde farklı oranlarda iyonlaşma yani elektron üretimi meydana gelir. Bu durum iyonkürede farklı yapıda bölgelerin oluşmasını sağlar.

İyonküredeki parçacıkların yoğunluğu $1-10^6/\text{cm}^3$ arasında değişmektedir. Genellikle iyonküre: D (~50–85 km), E (~85–160 km), F (~160 km ve yukarısı) bölgesi olmak üzere üç bölgeye ayrılır. Elektron yoğunluğu bakımından en zengin bölge F bölgesidir ve bu bölgede elektron yoğunluğu maksimum değerini 300 km civarında alır.

İyonkürenin elektron yoğunluğu bakımından en fakir bölgesi D-bölgesidir. Elektron üretimindeki en önemli kaynak X ve mor ötesi ışınlarıdır. Elektron üretimi Güneşin doğuşundan sonra artmaya başlamaktadır. Güneş ışınları ve kozmik ışınlar yüksek enerjili ($>10^{19}\text{eV}$) olduğu için atmosferde emilmeden D bölgesine inebilmekte ve bu bölgenin alt kısımlarında iyonlaşmaya neden olmaktadır. Kozmik ışınların iyonlaştırması gece iyonküresi için en önemli kaynaktır. En büyük üretim öğlen saatlerinde olmaktadır. Öğlen saatlerinden

sonra elektron üretimi Güneş'in doğuşuna kadar azalır. Gece saatlerinde 85 km'nin altındaki elektron yoğunluğu yaklaşık $10^2/\text{cm}^3$ mertebesine kadar düşmektedir ve bu yükseklikteki elektron üretimi tamamen kozmik ışınların etkisiyle sağlanmaktadır. D bölgesindeki temel iyonlar O_2^+ , N_2^+ ve NO^+ dır.

E bölgesinde en çok NO^+ , O_2^+ iyonları ve daha az miktarda O^+ ve N_2^+ iyonları bulunmaktadır. Geceleri $\sim 10^3/\text{cm}^3$ değerinde olan elektron yoğunluğu gündüzleri ortalama olarak $10^5/\text{cm}^3$ değerine çıkmaktadır.

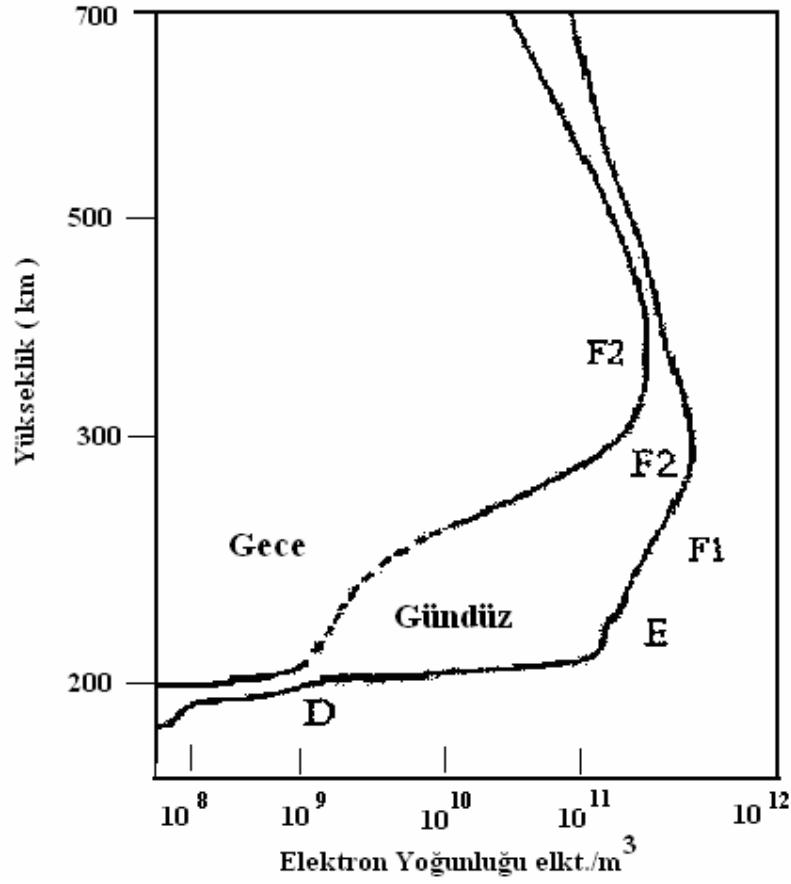
F-bölgesini, F1 ve F2-bölgesi olmak üzere ikiye ayırabiliriz. F1 bölgesi iyonlaşmanın, F2 bölgesi ise elektron yoğunluğunun maksimum olduğu bölgedir. Güneş ışınlamaları 160–180 km arasında emilerek, O_2^+ , N_2^+ , O^+ , He^+ , N^+ iyonlarını oluşturmaktadır. F1 bölgesinde en fazla NO^+ ve O_2^+ iyonları bulunurken, ikinci derecede O^+ ve N^+ iyonlarına da rastlanmaktadır. F2 bölgesinde O^+ temel iyonunun yanı sıra, H^+ , He^+ ve N^+ iyonları da yer almaktadır [12].

F bölgesi, değişik kategoriler içinde araştırılır fakat araştırmalarda kullanılan en önemli parametre elektron yoğunluğu N_e 'dir. Elektron yoğunluğu temel olarak, yüksekliğin ve yerel zamanın bir fonksiyonudur. İstasyonlarda rutin olarak yapılan ölçümler, diğer pek çok karakterle beraber E, F1, F2, tabakaları için “kritik frekans” ölçümleridir. Kritik frekanslarla bu yüksekliklerdeki elektron yoğunlukları arasında aşağıda gibi açıklanan bir ilişki vardır.

$$f_o^2 = (80,6).N_m \quad (1)$$

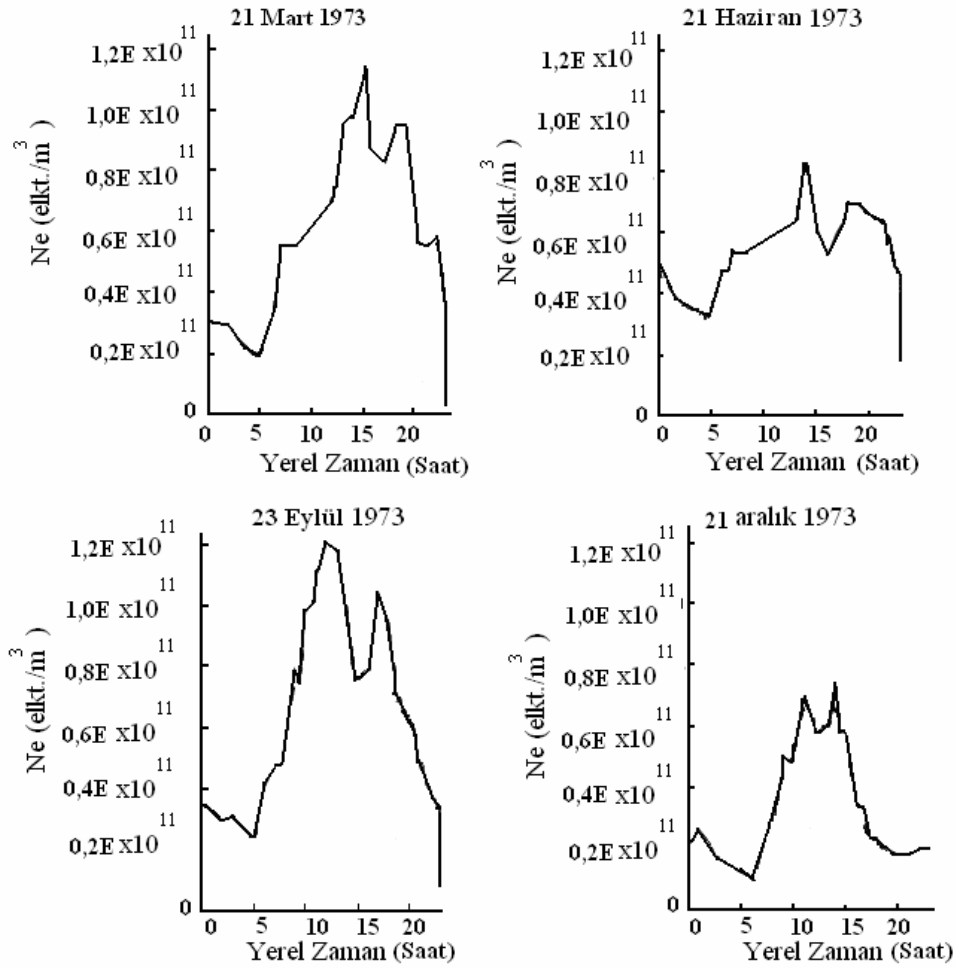
Burada, N_m : Maksimum elektron yoğunluğu, f_o : Kritik frekanstır [11].

D-bölgesi dalgaboyu 10^0 Å 'dan küçük X- ışınlamaları ve dalgaboyu 1000^0 Å 'dan büyük UV ışınlamalardan etkilenir. E-bölgesi 110-170 km arasında yer almaktadır. E-bölgesinde iyonlaşmaya neden olan $10-200^0 \text{ Å}$ dalga boyundaki X- ışınlamaları ve dalgaboyu $800-1030^0 \text{ Å}$ UV ışınlamalardır. F-bölgesi, iyonkürenin 170 km'den yukarıda bir bölge olarak tanımlanır [12]. Şekil 4.1'de iyonküre plazmasındaki elektron yoğunluğunun yükseklikle olan değişimi verilmiştir.



Şekil 4.1. İyonküre plazmasındaki elektron yoğunluğunun yükseklikle dağılımı [12]

1973–1974 yılları arasında ölçülen NmF2 değerleri kullanılarak şekil 4.2’deki günlük ve mevsimsel değişimler elde edilmiştir. Haziran ve aralık aylarındaki (gündönümü tarihleri) elektron yoğunluğu değişimi küçük iken, mart ve eylül aylarındaki (ekinoks tarihleri) arasındaki elektron yoğunluğu değişimi büyüktür [14].



Şekil 4.2. Değişik günlerde, Slough'da (İngiltere'nin kuzeybatısında) ölçülen F2 tepesindeki elektron yoğunluğunun (NmF2) günlük ve mevsimsel değişimi [14].

5. Kp İNDEKSİ VE ELEKTRON YOĞUNLUĞU ARASINDAKİ İLİŞKİ

Jeomanyetizmada yerin manyetik alanının dış kaynaklı geçici değişikliklerini hesaba katarak yıllardan bağımsız değişik indeksler tanımlanır. Manyetik tedirginlikler ile manyetoküreye ait olaylar arasındaki ilişkileri anlatmada önemli ilerlemeler olsa bile, verilen bir olayın, manyetik kökenini diğerlerinden ayırmak ya da tanımak her zaman mümkün değildir. Yer'in manyetizmasını sağlam temeller çerçevesinde inceleyebilmek için farklı jeomanyetik indekslere ihtiyacımız vardır. İlk olarak Bantles ve arkadaşları K indeksini geliştirdiler ve kısa zamanda K indeksi benimsendi. Bu indeks, günlük, mevsimsel ve enlemsel değişiklikleri gösterir. Bundan başka birkaç gözlemci, K indekslerinin ortalamasını alarak yeni bir indeks önerdiler. Bu indeksin adı Kp'dir. 1932'den bu yana sürdürülen ve o zamandan beri ara verilmeden, Kp indeksi hakkında veriler toplanır [3].

Kp indeksinin değerleri, manyetik aktivitenin davranışına bağlıdır. 1997–2000 yılları arasında Rusya ve Avrupa'da 25 iyonsondayla, F2 bölgesinin elektron yoğunluğunun maksimum değeri (N_mF2)'nin artan ve azalan değerlerinin manyetik aktiviteye olan etkisi istatistiksel olarak belirlenmiştir [15]. Yüksek enlemlerin iyonküresel bölgelerinde, Güneş ışınları-manyetoküre-iyonküre eşleminin çalışması çok daha önemlidir. Foto iyonlaşma, plazma davranışlarının gözlemlenmesinde temel kaynaktır.

Başka bir tanımlama jeomanyetik dipol kavramı üzerine olacaktır. Dünya eksenine göre zıt konumlarda bulunan dipoller, manyetik etkiyi oluştururlar. Bu noktalar aşağıdaki tabloda belirtilmiştir [16].

Tablo 5.1. 2001 yılı için farklı manyetik kutupların pozisyonları

Kutup Tipi	Pozisyon(Kuzey)	Pozisyon(Güney)
Jeomanyetik	79.6° K, 71.6 B	79.6° G, 108.4° D
Dış merkezli	83.0° K, 93.3 B	75.0° G, 118.4° D
Manyetik (IGRF)	81.0° K, 110.0 B	64.6° G, 138.3° D
Manyetik (Gözlemlenen)	81.3° K, 110.8 B	64.7° G, 138.0° D

IGRF: IGRF, manyetik alan modelleriyle, enstitülerin gözlemlerinden ve uydulardan manyetik alan verilerini toplayarak bu modellerle karşılaştırılması sonunda ortaya çıkan ürün [25].

Burada belirtilmesi gereken başka bir konu, jeomanyetik dipol momentin her yüzyılda %6 azalıyor olmasıdır [17].

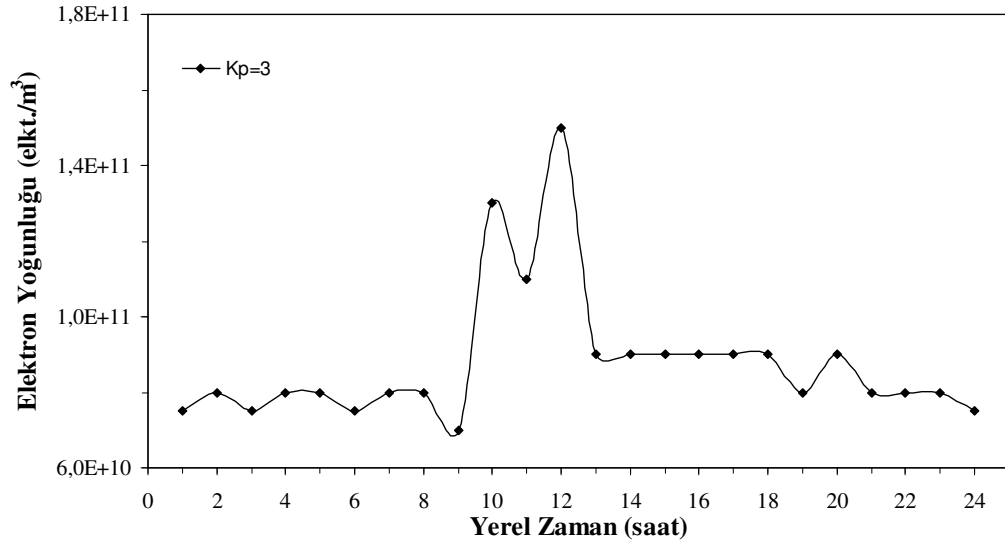
Kp indeksinin farklı olduğu günler için Geoscience gözleminde (Avusturalya) ölçülen elektron yoğunlukları tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Değişik Kp değerleri için elektron yoğunluğunun (elekt./m³) günlük değişimi [18].

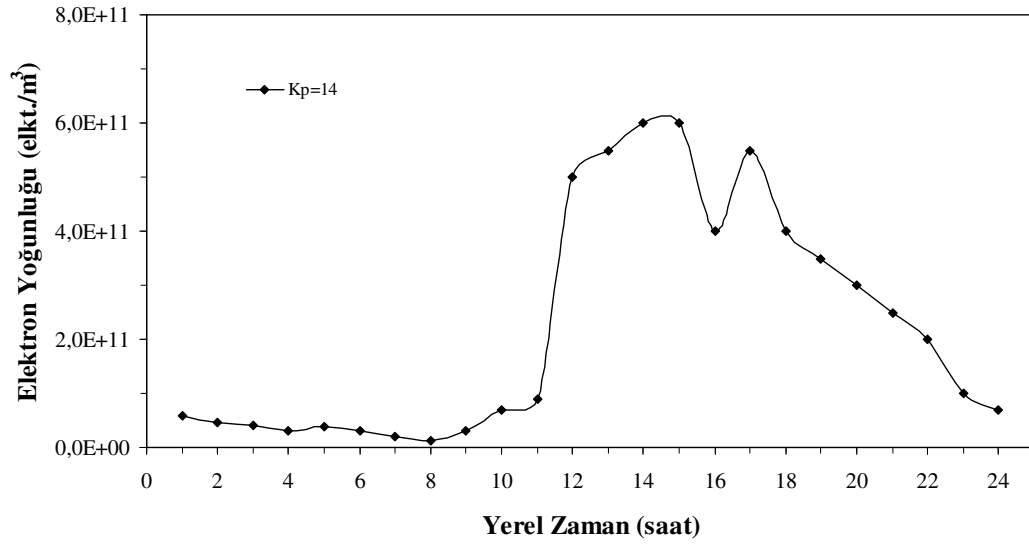
Kp/YZ	Kp=3	Kp=14	Kp=15	Kp=21	Kp=24	Kp=27
1	7,5E+10	5,9E+10	6,0E+10	7,0E+10	6,0E+10	9,0E+10
2	8,0E+10	4,5E+10	5,0E+10	7,0E+10	6,5E+10	8,5E+10
3	7,5E+10	4,0E+10	4,0E+10	6,5E+10	6,0E+10	1,1E+11
4	8,0E+10	3,0E+10	4,0E+10	7,0E+10	5,0E+10	9,0E+10
5	8,0E+10	3,9E+10	3,9E+10	7,0E+10	2,0E+10	8,0E+10
6	7,5E+10	3,0E+10	1,0E+10	7,5E+10	4,0E+10	9,0E+10
7	8,0E+10	2,1E+10	1,1E+10	8,0E+10	5,0E+10	6,0E+10
8	8,0E+10	1,2E+10	1,2E+10	9,0E+10	5,0E+10	5,5E+10
9	7,0E+10	3,0E+10	3,0E+10	7,0E+10	7,0E+10	4,5E+10
10	1,3E+11	7,0E+10	7,0E+10	8,0E+10	8,0E+10	1,0E+11
11	1,1E+11	9,0E+10	9,0E+10	1,0E+11	1,0E+11	2,0E+11
12	1,5E+11	5,0E+11	8,0E+10	2,8E+11	1,5E+11	3,0E+11
13	9,0E+10	5,5E+11	2,0E+11	3,5E+11	1,8E+11	4,0E+11
14	9,0E+10	6,0E+11	4,0E+11	4,0E+11	2,2E+11	4,5E+11
15	9,0E+10	6,0E+11	6,0E+11	4,5E+11	3,0E+11	5,5E+11
16	9,0E+10	4,0E+11	5,5E+11	6,0E+11	4,4E+11	6,0E+11
17	9,0E+10	5,5E+11	6,5E+11	5,0E+11	5,0E+11	8,0E+11
18	9,0E+10	4,0E+11	1,1E+11	8,0E+11	6,5E+11	7,0E+11
19	8,0E+10	3,5E+11	9,0E+10	6,0E+11	8,5E+11	6,0E+11
20	9,0E+10	3,0E+11	9,0E+10	2,0E+11	5,0E+11	8,0E+11
21	8,0E+10	2,5E+11	8,9E+10	9,0E+10	7,0E+11	9,0E+11
22	8,0E+10	2,0E+11	9,0E+10	8,0E+10	8,0E+10	7,0E+11
23	8,0E+10	1,0E+11	8,0E+10	1,0E+11	8,0E+10	1,0E+11
24	7,5E+10	7,0E+10	7,0E+10	8,0E+10	7,0E+10	9,0E+10

Bu tabloya bakıldığında dikkatimizi çeken ilk şey artan Kp değerleriyle elektron yoğunluğunun artmasıdır. Örneğin Yerel zaman saat 01.00 için Kp=3 iken elektron yoğunluğu $7,5 \times 10^{10}$, Kp=14 iken elektron yoğunluğu $5,9 \times 10^{10}$, Kp=15 iken elektron yoğunluğu 6×10^{10} , Kp=21 iken elektron yoğunluğu 7×10^{10} , Kp=24 iken elektron yoğunluğu 6×10^{10} ve Kp=27 iken elektron yoğunluğu 9×10^{10} dur. Kp indeksi 3'ten 27'ye çıkarken elektron yoğunluğu ~ % 20 artmaktadır. Oysaki yerel zaman saat 17.00 için Kp=3 iken elektron yoğunluğu $9,0 \times 10^{10}$, Kp=14 iken elektron yoğunluğu $5,5 \times 10^{10}$, Kp=15 iken elektron yoğunluğu $6,5 \times 10^{11}$, Kp=21 iken elektron yoğunluğu 5×10^{11} , Kp=24 iken elektron yoğunluğu 5×10^{11} ve Kp=27 iken elektron yoğunluğu 8×10^{11} dir. Kp indeksi 3'ten 27'ye çıkarken elektron yoğunluğu ~ % 75 artmaktadır. Artışlardaki fark daha belirgin olarak karşımıza çıkıyor. Bundan çıkacak sonuç, gece saatlerinde Kp değerlerindeki artışa paralel olarak elektron yoğunluğundaki artış azdır, ikinci saatlerinde ise Kp değerlerindeki artışa paralel olarak elektron yoğunluğundaki artış daha fazladır.

Farklı Kp değerleri için elektron yoğunluğunun günlük değişimi şekil 5.1— şekil 5.6’da verilmiştir.



Şekil 5.1. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (18.02.1979)



Şekil 5.2. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (03.04.1979)

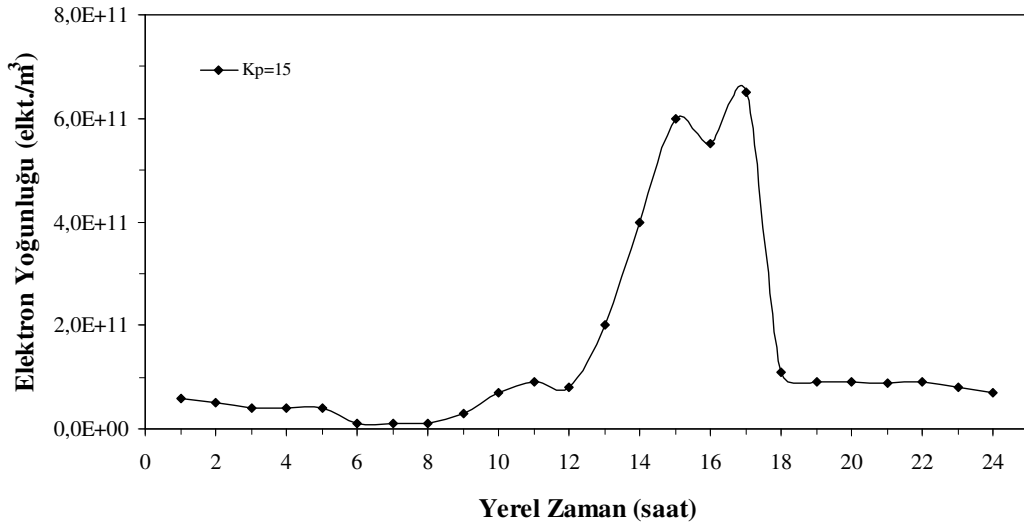
Şekil 5.1 ve şekil 5.2’den görüleceği gibi, Kp=14 iken elektron yoğunluğu yerel zaman saat=09.00’dan sonra artış gösteriyor. Yerel zaman saat=17.00’dan sonra elektron yoğunluğu azalmaya başlıyor. Kp=3 iken elektron yoğunluğu yerel zaman saat=09.00’dan sonra artış gösteriyor. Yerel zaman

Saat=12.00'den sonra elektron yoğunluğu azalmaya başlıyor. Elektron yoğunluklarındaki maksimum değerler incelendiğinde ise, $K_p=3$ iken maksimum elektron yoğunluk değeri $1,5E+11$ 'dir. $K_p=14$ iken maksimum elektron yoğunluğu $6,0E+11$ 'dir. Bu durumda elektron yoğunluğundaki artış $\sim 30\%$ 'dur. Ayrıca $K_p=3$ iken günlük olarak ölçülen maksimum elektron yoğunluğu yerel zaman saat 12.00'deyken, $K_p=14$ olduğunda ise maksimum elektron yoğunluk değeri yerel zaman saat 14.00'dedir. Maksimum elektron yoğunluk değerlerinde K_p 'nin azalışına veya artışına göre kayış (çarpıklık) yerel zamanda ölçülmüştür.

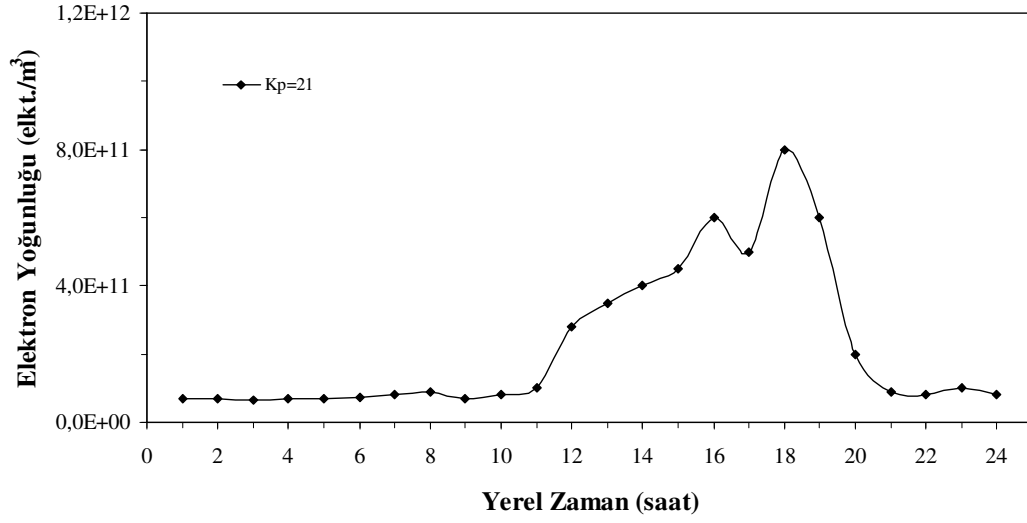
K_p indekslerinin 15 ve 21 olduğu günlerdeki elektron yoğunluğunun günlük değişimleri Şekil 5.3-Şekil 5.4 de verilmiştir. $K_p=21$ iken elektron yoğunluğu yerel zaman saat=11.00'den sonra artış gösteriyor. Yerel zaman saat=21.00'den sonra elektron yoğunluğu azalmaya başlıyor. $K_p=15$ iken elektron yoğunluğu yerel zaman saat=12.00'dan sonra artış gösteriyor. Yerel zaman saat= 18.00'den sonra elektron yoğunluğu azalmaya başlıyor.

K_p değerlerindeki azalışla birlikte elektron yoğunluğunun maksimum değerleride azalış gösteriyor. Bu, öngörülen bir sonuçtur. Çünkü K_p indeksi manyetik düzensizliğin bir göstergesi olarak düşünüldüğünde, elektron yoğunluğuyla ilişkisi daha açık olarak farkedilebilir.

Yine $K_p=15$ iken maksimum elektron yoğunluk değeri yerel zaman saat 17.00'deyken, $K_p=21$ 'de maksimum elektron yoğunluk değeri yerel zaman saat 18.00'dedir. $K_p=15$ iken maksimum elektron yoğunluk değeri $6,5E+11$ 'dir. $K_p=21$ iken maksimum elektron yoğunluğu $8,0E+11$ 'dir. İki farklı K_p değerlerindeki elektron yoğunluğu arasındaki fark yaklaşık $\sim 22\%$ 'dir.

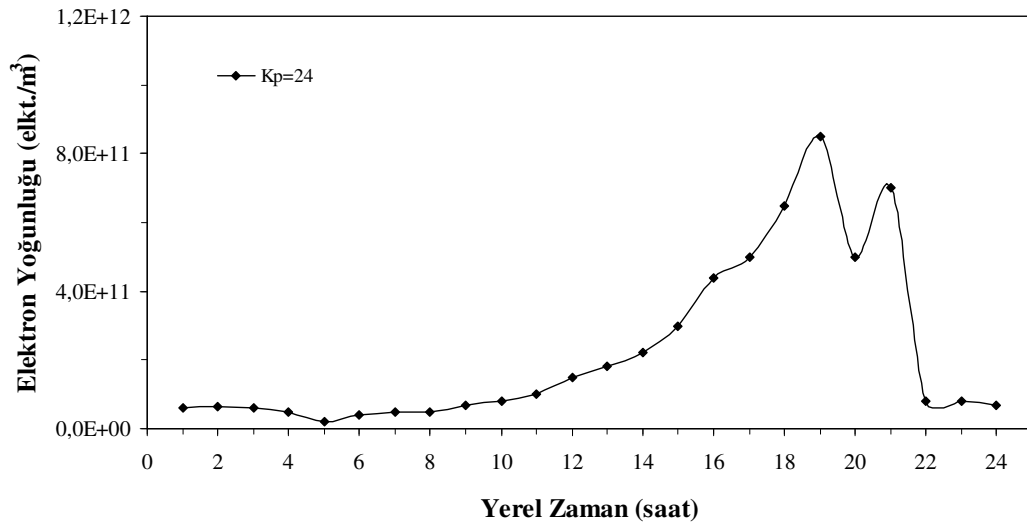


Şekil 5.3. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (04.07.1979).

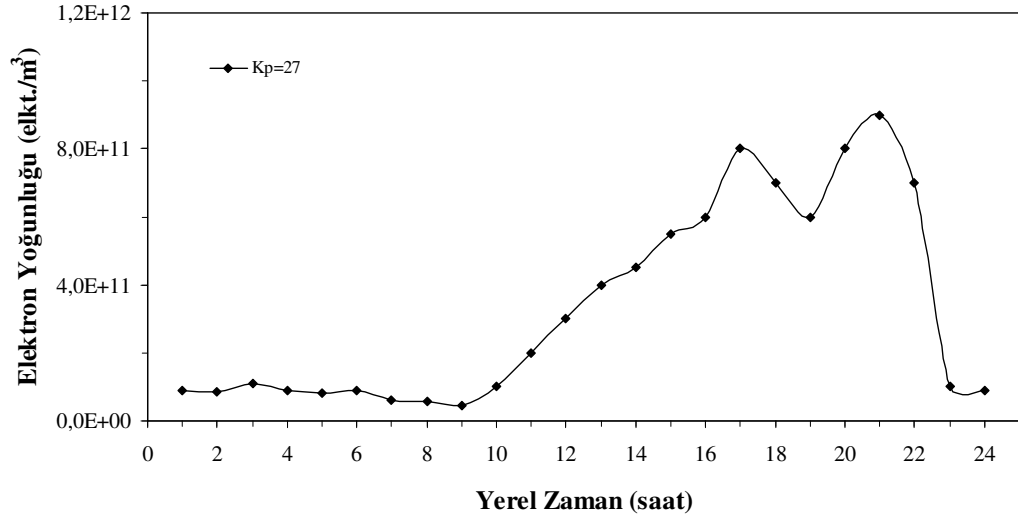


Şekil 5.4. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (04.12.1978)

Son olarak Kp değerlerinin 24 ve 27 olduğu günlerdeki elektron yoğunluklarının günlük değişimleri Şekil 5.5–Şekil 5.6 da gösterilmiştir. Kp=27 iken elektron yoğunluğu yerel zaman saat=09.00’dan sonra artış gösteriyor. Yerel zaman saat=23.00’dan sonra elektron yoğunluğu azalmaya başlıyor. Kp=24 iken elektron yoğunluğu yerel zaman saat=10.00’dan sonra artış gösteriyor. Saat=22:00’dan sonra elektron yoğunluğu azalmaya başlıyor. Kp=24 iken maksimum elektron yoğunluk değeri yerel zaman saat 19.00’dayken, Kp=27’de maksimum elektron yoğunluk değeri yerel zaman saat 21.00’dedir. Kp=24 iken maksimum elektron yoğunluk değeri $8,5E+11$ ’dir. Kp=27 iken maksimum elektron yoğunluğu $9,0E+11$ ’dir. Artış $\sim \%4$ ’dür.



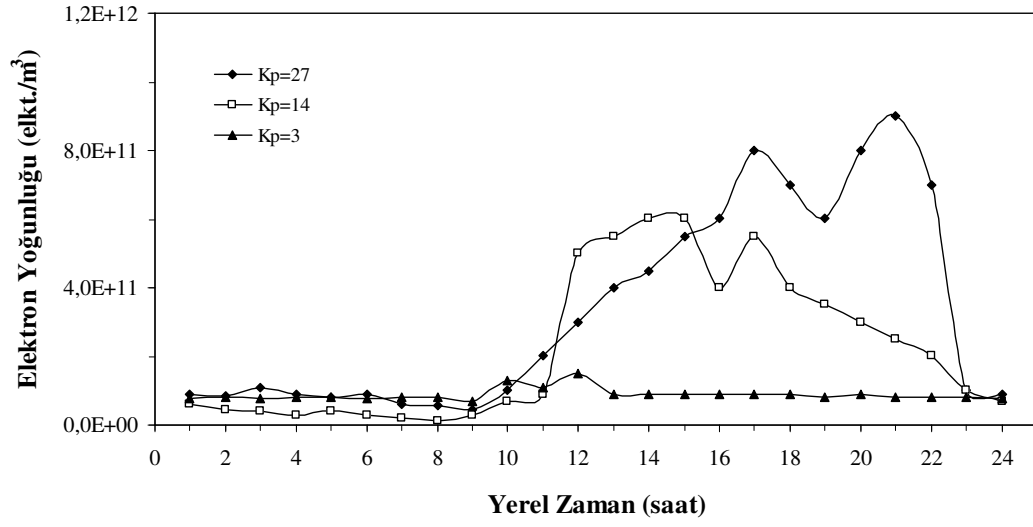
Şekil 5.5. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (15.05.1979)



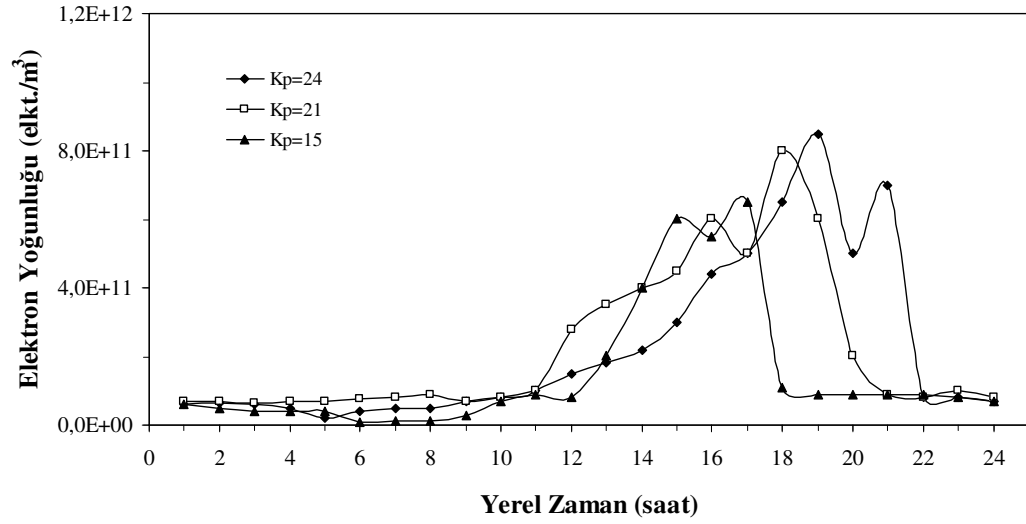
Şekil 5.6. Elektron yoğunluğunun günlük değişimi (15.02.1979)

Kp indeksleri ile elektron yoğunluğu arasındaki ilişkiyi daha açık bir şekilde görmek için, Kp değerleri arasındaki farkın büyük ve küçük olduğu günleri incelememiz gerekir. Şekil 5.7–şekil 5.8’de Kp değerleri arasındaki farklılığın büyük ve küçük olduğu durumlar gösteriliyor. Kp değerleri arasındaki fark azaldıkça, elektron yoğunluklarının değerleri arasındaki fark da küçülür. Fark değerlerinin belirgin olduğu öğle saatlerindeki değişimler de belirginliğini yitirmeye başlar.

Şekillerden görüleceği gibi, gece saatlerinde (yaklaşık olarak, 23.00–09.00 YZ) elektron yoğunluğunu ile Kp değerlerinin değişimi açık bir farklılık göstermez. Hâlbuki öğle saatlerinde, Kp değerleri ile elektron yoğunluğu değişiminin farklılığı artar. Bunun sebebi, Güneşin geliş açısının, günün saatleriyle olan değişimiyle ilgilidir. Güneş gün içinde en yüksek açıyla geliş öğle saatlerine tekabül eder. Böylelikle Güneşten, Yerküreye ulaşan parçacık sayısı artar.



Şekil 5.7. Birbirinden oldukça farklı Kp değerlerinin elektron yoğunluğuyla değişimi.

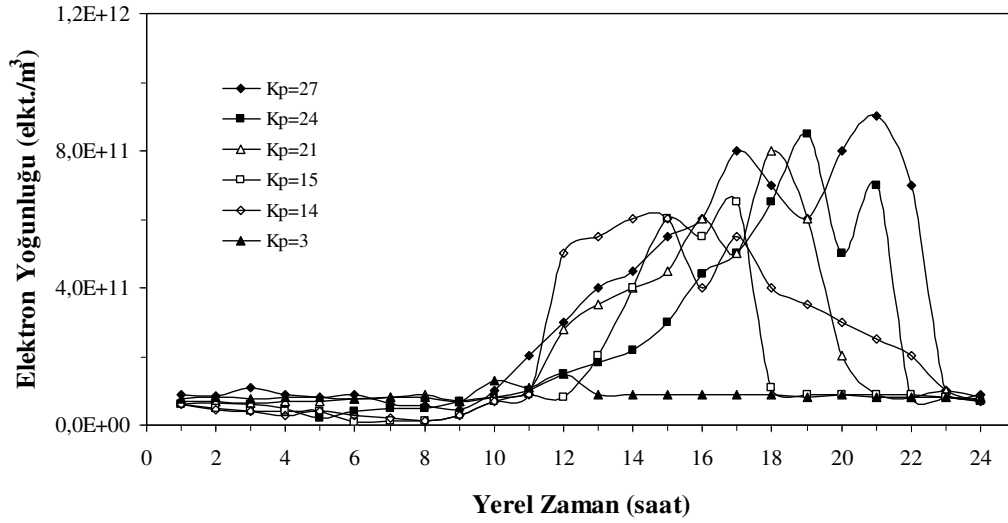


Şekil 5.8 Birbirine daha yakın Kp değerlerinin elektron yoğunluğuyla değişimi.

Şekil 5.9'da görüldüğü gibi ΣKp değerleri azalırken, elektron yoğunluğunun değerlerinin de azalmasıdır. Yani aralarında doğru orantılılık söz konusudur.

ΣK_p 'yi etkileyen faktörler, yerel zaman (boylamsal etki), Güneş aktivitesi ve mevsimsel farklılıklar olarak belirtebiliriz. Aslında yerel zamanın değişimi, Güneşin gün içindeki farklı açılarla gelişini yada daha açık olarak boylamlara düşüşünün bir göstergesi olarak düşünülebilir. Mevsimsel açılımı ise, Güneşin yıl içindeki geliş açısının değişimi olarak düşünebiliriz.

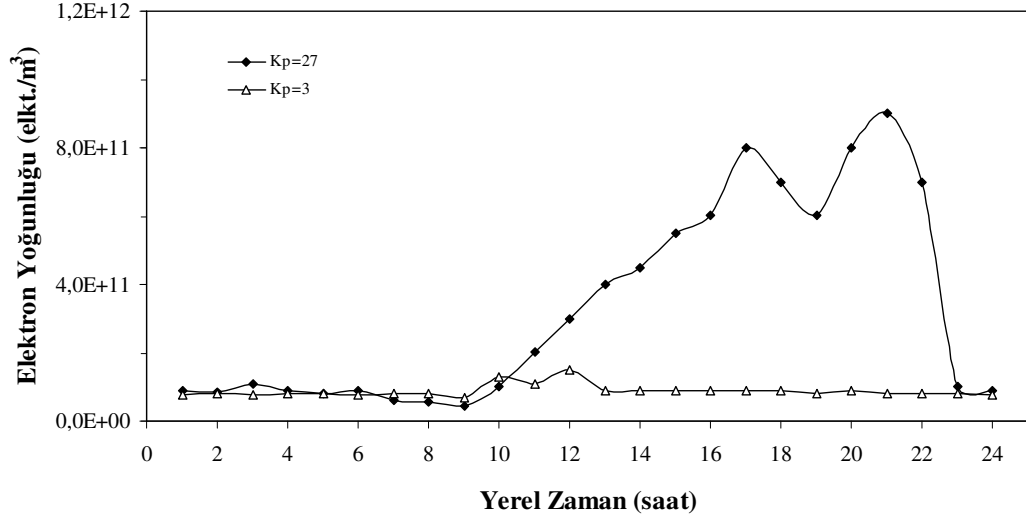
Güneş aktivitesi de, Güneş lekelerinin değişimi olarak düşünebiliriz. Güneş'in maksimum olması Güneş lekelerinin artması, Güneş'in minimum olması ise Güneş lekelerinin azalması olarak yorumlanır.



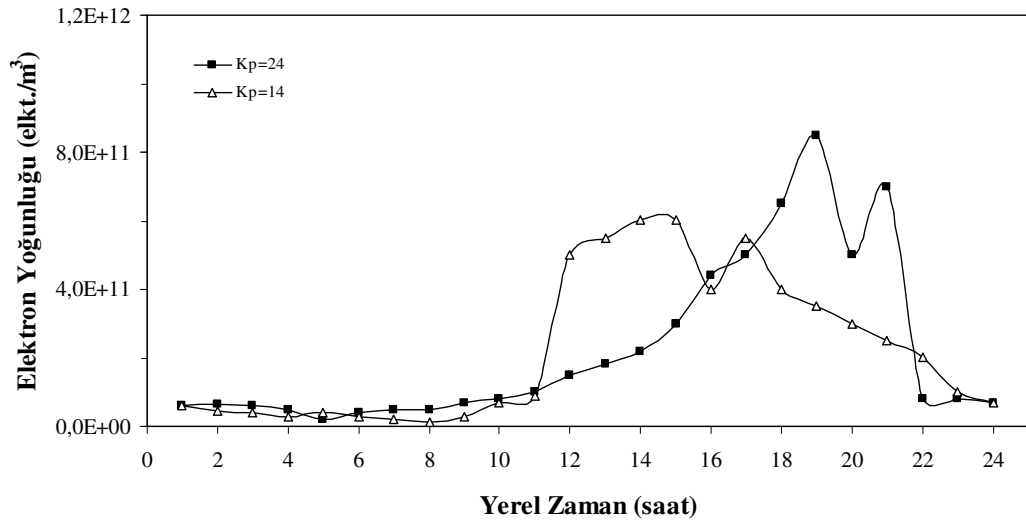
Şekil 5.9. Yukardaki altı Kp değerlerinin elektron yoğunluğuyla değişimi.

Elektron yoğunluğu ve Kp gün içinde değişebilir. Bu değişmeye farklı kaynaklar sebep olabilir. İyonküre plazmasındaki elektron yoğunluğu coğrafik enlem, yükseklik ve yerel zaman gibi faktörlerle değişir. Şekil 5.9'daki elektron yoğunluğundaki değişimin Kp indekslerindeki değişimden kaynaklandığından emin olmak için, Kp indeksinin farklı olduğu yılın bir birine çok yakın iki günü için elektron yoğunluklarının günlük değişimlerini incelemeliyiz. Şekil 5.10-Şekil 5.11 bu düşüncüyü açıklamak için verilmiştir. Şekil 5.10'da şubatın 15 ve 18'indeki elektron yoğunlukları gösteriliyor. Şekil 5.11'de ise 15 Mayıs ve 3 Nisan'daki elektron yoğunlukları alınmıştır. Şekil 5.10'daki günlük fark küçük olmasına rağmen elektron yoğunluğundaki fark büyüktür. Bu farkı günlük değişimle açıklayamayız. Kp indeksi şubat 15'te 27, şubat 18'de ise 3'tür. Elektron yoğunluğunun maksimum değeri şubat 15'te $9,0E+11$ iken, şubat 18'de elektron yoğunluğunun maksimum değeri $1,5E+11$ 'dir. Kp indeksindeki düşüşe paralel olarak elektron yoğunluğu da düşmüştür. Aynı şekilde 15 Mayıs'taki Kp değeri 24, 3 Nisan'daki Kp değeri 14'tür. Elektron yoğunluğunun maksimum değeri 15 Mayıs'ta $8,5E+11$

iken, 3 nisan 6,0E+11'dir. Üstelik 15 şubat–18 şubat tarihleri, 3 nisan–15 mayıs tarihlerinden daha yakın iken, hem elektron yoğunluğundaki maksimum değerlerin değişimi hem de Kp indekslerinin değişimi daha fazladır. Böylece elektron yoğunluğunun değerlerinin değişiminin Kp indeks değerlerinin değişimiyle orantılı olduğu görülür.

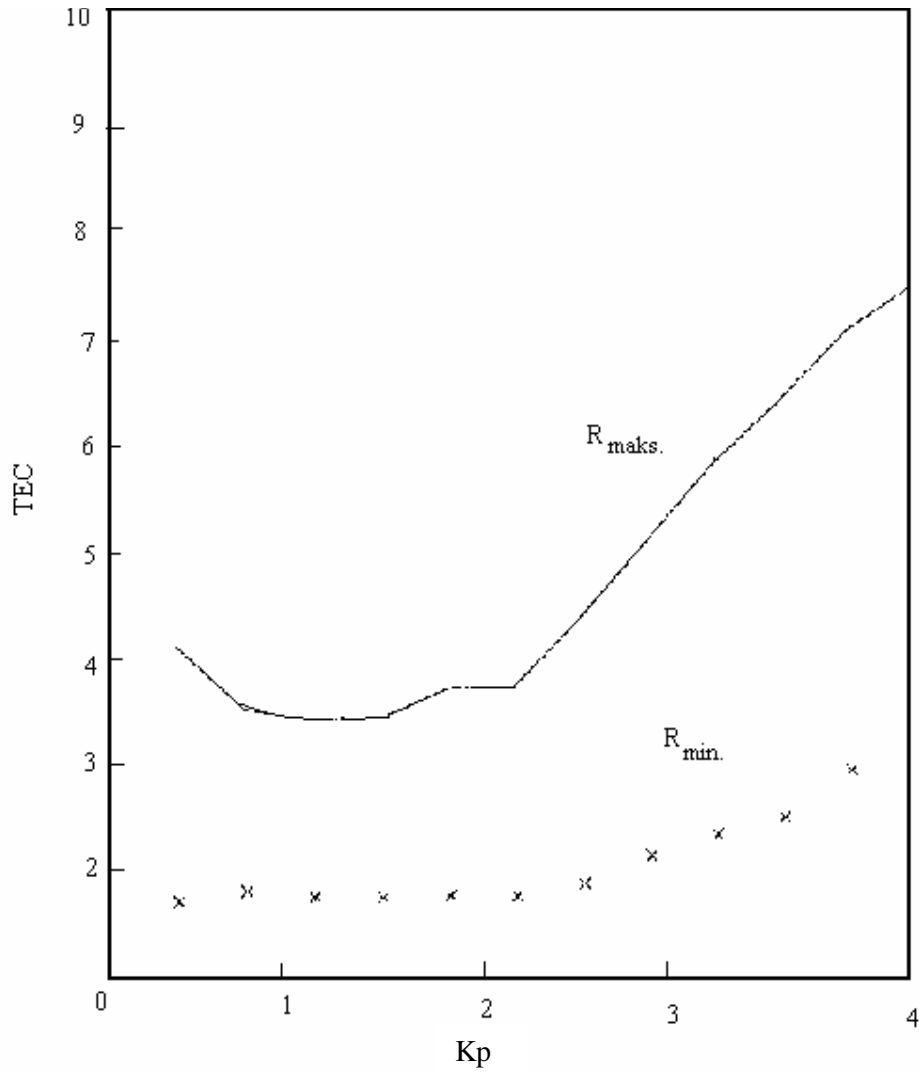


Şekil 5.10. $\Sigma Kp=27$ (15.02.1979) ve $\Sigma Kp=3$ (18.02.1979), aynı ayın (aynı yıla ait) farklı günlerindeki değerleri. ΣKp değerlerinin elektron yoğunluğuna etkisi görünüyor.



Şekil 5.11. $\Sigma Kp=24$ (15.05.1979) ve $\Sigma Kp=14$ (03.04.1979) değerlerinin elektron yoğunluğuyla olan değişimi.

Şekil 5.12’de artan Kp değerleriyle, Güneş lekeleri sayısının maksimum ve minimum olduğundaki toplam elektron içeriğinin (TEC) değişimi gösterilmiştir. R’nin maksimum olduğundaki elektron yoğunluğu değerleri, R’nin minimum olduğundaki elektron yoğunluğu değerlerinden daha büyüktür. Güneş lekeleri sayısının artması manyetik düzensizliği da artıracaktır. Bunun sonucunda elektron yoğunluğu da artacaktır. Artan Kp indeksinin değerleriyle, hem Güneş lekesi sayısının minimum olduğundaki elektron yoğunluğunun değerleri hem de Güneş lekesi sayısının maksimum olduğundaki elektron yoğunluğunun değerleri artıyor. 1 TEC birimi = 10^6 elektron/m² dir. Bu ifadedeki m³ ün yerine m² gelmesi, iyonsondalarla yapılan ölçümün alışılan özelliğiyle ilgilidir. İyonsondalar iyonküreyi sadece düşey olarak taradığı için m² birimi dikkate alınır.

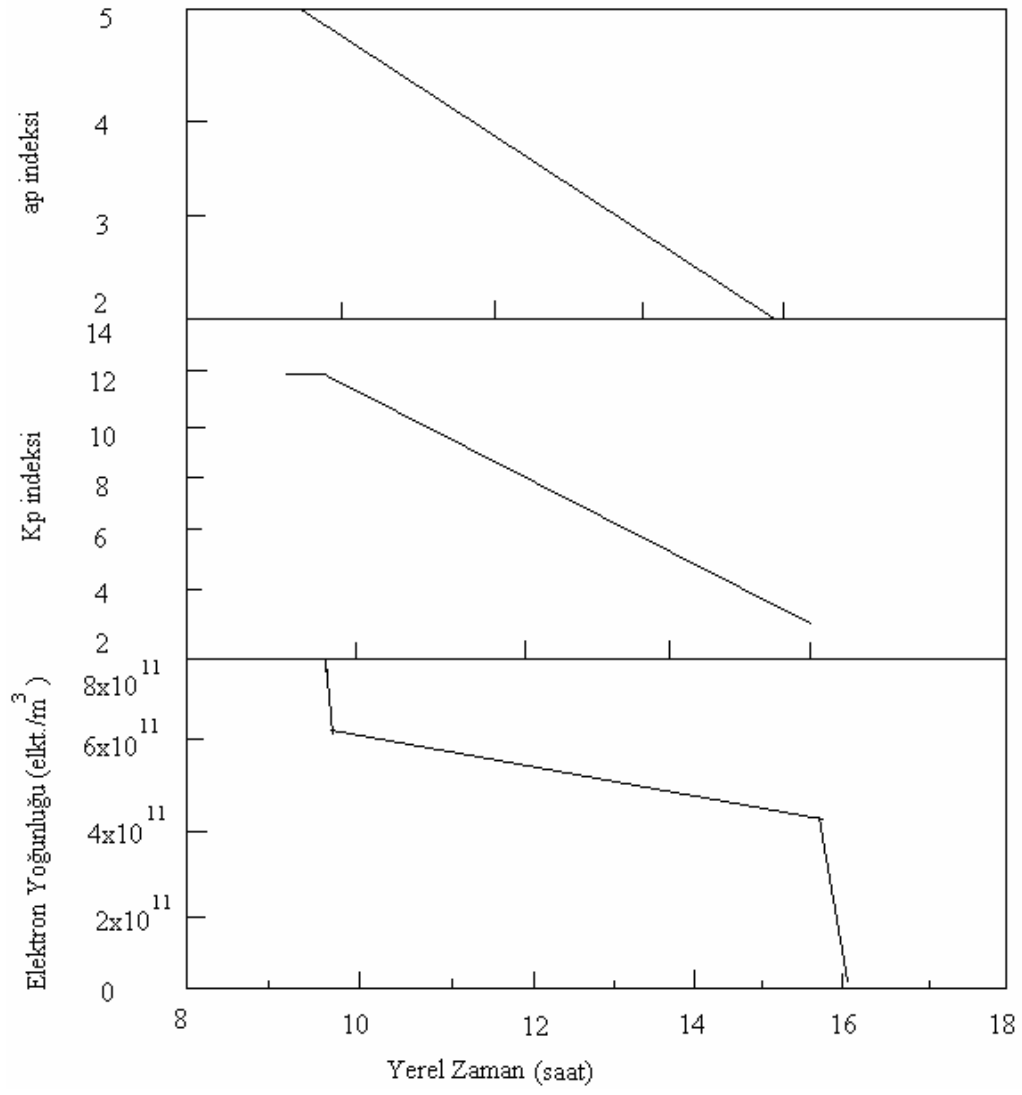


Şekil 5.12. Güneş lekeleri sayısının maksimum ve minimum olduğu zaman ki, Kp değerleriyle TEC değerlerinin değişimi [19].

Şekil 5.13'te Kp indeksi, a_p indeksi ve elektron yoğunluğu arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır. Kp ve a_p indeksleriyle elektron yoğunluğu orantılı bir değişim gösteriyor. Yani Kp ve a_p indekslerindeki azalışa paralel olarak elektron yoğunluğu da azalıyor.

Şekil 5.13 sadece öğle saatlerini (YZ) kapsamaktadır. Bunun sebebi yerel zamana bağlı olarak değişen Kp indeksinin, a_p indeksinin ve elektron yoğunluğunun değerlerindeki değişimin en açıklıkla görüldüğü saatlerin öğle saatleri olmasıdır. Gece saatlerindeki değişimler birbirine daha yakındır. Bunun sebebi gece saatlerinde sadece kozmik ışınların değişimleri etkilemesidir.

Önemli bir sonuç olarak ta a_p indeksindeki azalışın birdenbire gerçekleşmesidir. Yani elektron yoğunluğundaki azalışa paralel olarak a_p indeksindeki azalışın birdenbire oluşudur. Diğer taraftan Kp indeksindeki azalışın ise a_p indeksine oranla daha yavaş ve azalışa geçmeden önce hafif bir sabitleme göstermesidir.



Şekil 5.13. Elektron yoğunluğuyla, manyetik aktivite indeksleri arasındaki değişim [21].

6. SONUÇ

Bu tezde yapılanları dört kısma ayırabiliriz. İlk olarak iyonküreye, Yer'e ve Güneş'e ait indeksler tanımlanarak, kullanım amaçları açıklanmıştır. İndeksler arasındaki ilişki ve farklılıkları ortaya koyabilmek için, her bir indeksin özelliklerini içeren tablolar oluşturulmuştur. Jeomanyetik indeksler özellikle belirtilerek, indekslerin evrensel türetimi verilmiştir.

İkinci kısımda jeomanyetizmanın tarihi açıklanmıştır. Özellikle Türkiye'deki tarihi ayrıntılı biçimde verilmiştir.

Üçüncü kısımda ilk olarak iyonküreye ilgili tarihsel gelişim açıklanmış, daha sonra iyonkürenin özellikleri anlatılmıştır. Elektron yoğunluğu temeli üzerinde iyonkürenin yapısı şekillendirilmiştir. İyonkürenin ekinoks ve gündönümü tarihlerinde Slough'da nasıl değiştiği sunulmuştur.

Dördüncü kısımda Geoscience gözlemesinde (Avusturalya) alınan veriler ışığında Kp indeksinin elektron yoğunluğuyla olan günlük değişimleri verilmiştir. Farklı tarihlerde, değişik Kp indeks değerleriyle elektron yoğunluklarının grafikleri çizilmiştir. Değişen Kp indeks değerleriyle, elektron yoğunluğu değerlerinin arasında ne gibi bir ilişki olduğunu anlayabilmek amaçlanmıştır. Ancak elektron yoğunluğunu değişik etmenler etkiler. İyonküre plazmasındaki elektron yoğunluğu coğrafik enlem, yükseklik ve yerel zaman gibi faktörlerle değişir. Değişen Kp indeksiyle elektron yoğunluğunun daha sağlam bir düzen içinde ilişkisini inceleyebilmek için, diğer etkilerden bağımsız, yakın tarihli etkileşimlerinin grafikleri çizildi. Çıkan sonuçlardan ilki artan Kp indeksiyle, elektron yoğunluğunun değerlerinin artması oldu. Bu çıkarımın en iyi gözlendiği durumlar, Kp indeksinin değerleri arasındaki farkın büyük olduğu verilerdir. Diğer bir sonuç Kp indeksiyle elektron yoğunluğu arasındaki ilişkinin öğle saatlerinde belirgin oluşudur. Son olarak a_p ve Kp indeksleriyle elektron yoğunluk değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik çizilmiştir.

KAYNAKLAR

1. <http://www.istanbul.edu.tr/yerkure/Jeomag.html>
2. Della- Rose D.J., Sojka J.J.,Zhu L.,1999, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* , Revolving geomagnetic disturbances using “K-like” geomagnetic indices with variable time intervals, , vol.61, p. 1181
3. Perrone, L., Franceschi, G., 1998, *Annali di Geofisica*, Solar, Ionospheric and Geomagnetic indices, Vol. 41, p.843–854
3. <http://www.sec.noaa.gov/info/glossary.html#KINDEX>
4. <http://www.sec.noaa.gov/info/Kindex.html>
5. http://ionos.ingv.it/DIAS_Demo/Demo/glossary.htm#top
6. <http://www.spenvis.oma.be/spenvis/help/background/indices.html>
7. Davies K.,1989, *Ionospheric Radio*, p.49–55
8. Andolov B., Plamen M., Kutiev I., 2004, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, Analogue model, relating K_p index to solar wind parameters, Vol.66, p.927–932
9. <http://amsglossary.allenpress.com/glossary/browse>
10. Fernandez M.G., Pajares M.H., Juan J.M., Sanz J., Orus R., Coisson P., Nava B., Radicella S.M., 2003, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, Combining ionosonde with ground GPS data for electron density estimation, Vol.65, p.683–691
11. Rishbeth, A., 1967, *The institute of electrical and electronics engineers*, A Review of ionospheric F region theory, Vol.55, p.18
12. Karatay, S., 2004, *Yüksek Lisans Tezi*, FÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, İyonküre Plazmasında Kış Anormalliği, s.3–5
13. Aslan Z., Aydın C., Demircan O.,Derman E., Kırbıyık H., 1993, *Astronomi ve uzay bilimleri*, s. 274

14. Rishbeth H., Mendillo M., 2001, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, Patterns of F2-layer variability, Vol.63, p.1665-1666

15. Franceschi, D. G., Gulyaeva T. L., Perrone L., Pietrella M., 2002, CD Proceedings XXVII General Assembly U.R.S.I. (International Union of Radio Science), Maastricht (Olanda), *Forecasting geomagnetic activity 3 hours in advance for ionospheric applications*, 17-24 Agosto,

16. http://gsc.nrcan.gc.ca/geomag/nmp/what_nmp2_e.php

17. <http://www.cosis.net/abstracts/EGU05/01656/EGU05-J-01656.pdf>

18. Higel B. and Lei W., 1984 *Journal Of Geophysical Research*, Electron density and plasmopause Characteristics at 6.6 R_E A statistiical study of the geos 2 relaxation sounder data, Vol. 89, p.1583–1601,

19. Vo H. B. and Foster J. C., 2001, *Journal Of Geophysical Research*,, A Quantitative Study Ionospheric Density Gradients at Mid-Latitudes, Vol. 106, p.21

20. Lilensten J., Blelly P. L., Kofman W., Alcayde D., 1996, *Ann. Geophysicae*, Auroral ionospheric conductivities: a comparison between experiment and modeling, and theoretical f10.7-dependent model for EISCAT and ESR, Vol.14, p.1297–1304

21. <http://lewes.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/ftpweb/nx1.cgi?>

22. Warrington E.M., Jackson C.A., Lundborg B., 2000, *IEE Proc.-Microw. Antennas propag.*, Directional diversity of HF signals received over high latitude paths, Vol. 147, p. 487–494

23. Kane , R., 1992, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, Sunspots, solar radio noise, solar EUV and ionospheric f_oF2 , Vol.54, p.463–466

24. <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=33272&fbodylongid=1173>,

25. <http://www.ips.gov.au/IPSHosted/INAG/uag-104/text/gulyeava.html>