



**MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE STRATOKÜRESİNDEKİ RÜZGARLAR İLE TOPLAM  
ELEKTRON İÇERİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ**

**Hakan ÇELİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fizik Anabilim Dalı**

**TEMMUZ-2021**  
**MUŞ**  
**Her Hakkı Saklıdır**



**T.C.**  
**MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE STRATOKÜRESİNDEKİ**  
**RÜZGARLAR İLE TOPLAM ELEKTRON**  
**İÇERİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN**  
**İNCELENMESİ**

**Hakan ÇELİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman: Doç. Dr. Selçuk SAĞIR**

**TEMMUZ-2021**  
**MUŞ**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL ve ONAYI

Hakan ÇELİK tarafından hazırlanan “Türkiye Stratoküresindeki Rüzgarlar ile Toplam Elektron İçeriği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 05/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

İmza

#### Başkan

**Prof. Dr. İbrahim ÜNAL** .....

İnönü Üniversitesi,

Eğitim Fakültesi,

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü

#### Danışman

**Doç. Dr. Selçuk SAĞIR** .....

Muş Alparslan Üniversitesi,

Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü

#### Üye

**Doç. Dr. Ramazan ATICI** .....

Muş Alparslan Üniversitesi,

TBMYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu ...../...../..... Tarih ve ...../..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Sedat BOZARI

FBE Müdürü

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# TÜRKİYE STRATOKÜRESİNDEKİ RÜZGARLAR İLE TOPLAM ELEKTRON İÇERİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

**Hakan ÇELİK**

**Muş Alparslan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Fizik Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Selçuk SAĞIR**

Bu tez çalışmasında toplam elektron içeriği (TEİ) ile stratoküredeki rüzgar hızı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu ilişkinin jeomanyetik alan ve Güneş parametrelerinin değişimlerine bağlı olarak nasıl etkilendiği de göz önüne alınmıştır. İnceleme, enlem ve boylama bağlı olarak Ankara(39.57°K, 32.53°D), Pozantı (37.03°K, 35.21°D), Samsun (41.20°K, 36.15°D), İstanbul(40.58°K, 29.05°D) ve Erzurum (40.39°K, 40.42°D) istasyonları için yapılmıştır. TEİ ile rüzgar hızı arasındaki ilişki korelasyon ve regresyon analizi kullanılarak 2015 yılı için istatistiksel olarak incelenmiştir.

TEİ değerleri mevsimsel olarak değişkenlik gösterdiği için korelasyon analizi ile yapılan incelemede rüzgar hızı ve TEİ verileri ekinoks ve gün dönümü günlerine göre dönemlere ayrılmıştır. Analiz sonucunda korelasyon katsayı değerleri genelde küçük değerler alırken ekinokslarda pozitif, gün dönümlerinde ise negatif değerler aldığı belirlenmiştir. Regresyon analizi Güneş (IMF\_Bz ve F10.7) durumu ve jeomanyetik alan (Kp ve Dst) durumu için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Jeomanyetik durum için kurulan regresyon modellerinde açıklanabilirlik oranının Erzurum istasyonu hariç tüm istasyonlarda Güneş durumu için kurulan modellerin açıklanabilirlik oranından daha büyük olduğu görülmüştür. Pozantı ve İstanbul istasyonlarında rüzgar hızının TEİ üzerindeki etkisi jeomanyetik durumda solar durumdakinden daha küçükken, Ankara, Samsun ve Erzurum istasyonlarında ise daha büyük olduğu belirlenmiştir. TEİ üzerinde rüzgar hızının etkisi jeomanyetik Dst indisinin etkisinden büyük iken, İstanbul istasyonu hariç tüm istasyonlarda Kp indisinden küçüktür. TEİ üzerinde IMF\_Bz indisinin etkisi tüm istasyonlarda rüzgar hızının etkisinden büyük olduğu görülmüştür.

İyonküre özellikle mezoküre yüksekliklerine kadar alt atmosferden ve meteorolojik süreçlerden baskın bir şekilde etkilendiği bilinmektedir. Bu çalışmamız ile bu etkinin Türkiye atmosferi içinde de var olduğu görülmüştür. Bu nedenle TEİ üzerine yapılacak çalışmalarda stratoküresel rüzgarların da göz önüne alınması daha net sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

**2021,40 Sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** İyonküre, Radyosonda, Ravinsonda, TUSAGA-AKTİF, Küresel Konumlama Sistemi

## ABSTRACT

## MSTHESIS

# INVESTIGATION OF RELATIONSHIP BETWEEN TOTAL ELECTRON CONTENT WITH WINDS IN STRATOSPHERE OVER TURKEY

Hakan ÇELİK

MuşAlparslan University  
Natural and Applied Science  
Department of Physics

Advisor: Assoc. Prof. Selçuk SAĞIR

In this thesis, the relationship between total electron content (TEC) and wind speed in the stratosphere was investigated. It is also considered how this relationship is affected by the changes in the geomagnetic field and solar parameters. Depending on the latitude and longitude, investigation made for Ankara (39.57°N, 32.53°E), Pozantı (37.03°N, 35.21°E), Samsun (41.20°N, 36.15°E), Istanbul (40.58° N, 29.05°E) and Erzurum (40.39°N, 40.42°E) stations. The relationship between TEC and wind speed was statistically analyzed for 2015 using correlation and regression analysis.

Since the TEC values vary seasonally, the wind speed and TEC data were divided into periods according to the equinox and solstice days in the analysis made by correlation analysis. As a result of the analysis, it was determined that while the correlation coefficient values were generally small, the coefficients were positive at the equinoxes and negative at the solstices.

Regression analysis was analyzed separately for the Sun (IMF\_Bz and F10.7) condition and the geomagnetic field (Kp and Dst) condition. In the regression models established for the geomagnetic situation, it was observed that the explainability rate was higher than the explainability rate of the models established for the Sun state at all stations except Erzurum station. It was determined that the effect of wind speed on TEC in Pozantı and Istanbul stations was smaller in geomagnetic condition than in solar condition, while it was greater in Ankara, Samsun and Erzurum stations. While the effect of wind speed on the TEC is greater than the effect of the geomagnetic Dst index, it is smaller than the Kp index at all stations except İstanbul station. It was observed that the effect of IMF\_Bz index on TEC was greater than the effect of wind speed at all stations.

It is known that the ionosphere is predominantly affected by the lower atmosphere and meteorological processes, especially up to the mesosphere heights. With this study, it has been seen that this effect also exists in the atmosphere of Turkey. For this reason, taking into account the stratospheric winds in the studies to be carried out on TEC will provide clearer results.

**2021,40Pages**

**Keywords:** Ionosphere, Radyosonde, Rawinsonde, TUSAGA-CORS-TR, GlobalPositioning System



## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım süresince desteklerini esirgemeyen danışman hocam sayınDoç. Dr. Selçuk SAĞIR' a ve eőim Songül Çelik'e teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmada kullanılan verileri sağlayan OMNI-web sitesi çalıőanlarına, IONOLAB çalıőanlarına, TUSAGA-AKTİF çalıőanlarına, Wyoming Üniversitesi çalıőanlarına teşekkür ederim.

Hakan ÇELİK

MUŞ-2021





## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>vii</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. RAVİNSONDA ve RADYOSONDA</b> .....	<b>5</b>
<b>3. TUSAGA-AKTİF SİSTEMİ</b> .....	<b>12</b>
3.1 Sivil Kullanıcılar .....	12
3.2 Bilimsel Kullanıcılar .....	13
3.2.1 TUSAGA-AKTİF sisteminin atmosferik gözlemlerde kullanımı.....	13
3.2.2 TUSAGA-AKTİF sisteminin ulaşım sistemindeki kullanımı.....	13
3.2.3 TUSAGA-AKTİF sisteminin deprem fay hatlarının izlenmesinde kullanımı.....	14
3.2.4 TUSAGA-AKTİF sisteminin sismoloji biliminde kullanımı.....	15
3.2.5 TUSAGA-AKTİF sisteminin savunma alanındaki kullanımı.....	16
<b>4. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>18</b>
4.1 Korelasyon Katsayı Analizi .....	19
4.2 Lineer Regresyon Analizi .....	20
<b>5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA</b> .....	<b>22</b>
5.1 Korelasyon Analiz Sonuçları .....	22
5.2 Lineer Regresyon Analiz Sonuçları .....	25
5.2.1 Ankara istasyonu için regresyon analizi sonuçları.....	26
5.2.2 Pozantı istasyonu için regresyon analizi sonuçları .....	27

5.2.3 Samsun istasyonu için regresyon analizi sonuçları.....	29
5.2.4 İstanbul istasyonu için regresyon analizi sonuçları.....	31
5.2.5 Erzurum istasyonu için regresyon analizi sonuçları .....	32
<b>6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>	<b>34</b>
6.1 Sonuçlar .....	34
6.2 Öneriler .....	35
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>36</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>41</b>



## KISALTMALAR

ADF	: Genişletilmiş Dickey-Fuller Testi
ADSL	: Asymmetric Digital Subscriber (Asimetrik Sayısal Abone Hattı)
AR	: Otoregresif Model
ARCH	: Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
BKG	: Almanya-Federal Kartografya ve Jeodezi Dairesi
Bz	: Gezegenler arası manyetik alan vektörünün z bileşeni
CME	: Coronal Mass Ejection (Koronal Kütle Boşalımı)
CORS	: Continuously Operating Reference (Stations Sürekli Gözlem Yapan Referans Sistem)
DGPS	: Differential Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
DRCT	: Rüzgar Yönü Açısı
Dst	: Disturbed Storm Time (Tedirgin olmuş fırtına zamanı)
DWP	: Çiğ Sıcaklığı
ED50	: European Datum 1950
EDGE	: Enhanced Data Rates For GSM Evolution
F10.7	: Güneş akısı
foEs	: Sporadic E tabakası kritik frekansı
foE	: E tabakası kritik frekansı
foF2	: İyonosferik F2 tabakasının kritik frekansı
FRPT	: Donma Noktası Sıcaklığı
GLONASSI	: Global Navigation Satellite System, Küresel Uydu Konumlandırma Sistemi
GNSS	: Global Navigation Satellite System, (Global Navigasyon Uydu Sistemleri)
GPRS	: General Packet Radio Service
GPS	: Global Positioning System (Küresel konumlama sistemi)
HGHT	: Yükseklik
HGK	: Harita Genel Müdürlüğü
HPa	: Hekto Pascal
IEF	: Interplanetary Electrical Field (Gezegenler Arası Elektrik Alan)
IMF	: Interplanetary Magnetic Field (Gezegenler Arası Manyetik Alan)
IONOLAB	: İyonküre Araştırma Laboratuvarı
IRI	: International Reference Ionosphere
Kp	: 3 saatlik K indisi değerleri
KPSS	: Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, Shin Testi
MA	: Hareketli Ortalamalar Modeli
MHz	: Mega Hertz
MIXR	: Karışım Oranı
NmF1	: F1 Tepesinin Maksimum Elektron Yoğunluğu
NmF2	: F2 Tepesinin Maksimum Elektron Yoğunluğu
nT	: NanoTesla
NTRIP	: Networked Transport of RTCM Via Internet Protocol
PP	: Phillips-Perron Testi
PPP	: Point Precise Position (Nokta Konum Belirleme)
PRES	: Atmosferik Basınç
QBO	: Quasi Biennial Oscillation

r	: Korelasyon Katsayısı
RELH	: Bağıl Nem
RELI	: Buza Göre Bağıl Nem
RTK	: Real Time Kinematics(Gerçek Zamanlı Kinematik)
sfu	: Güneş akısı birimi
SKNT	: Rüzgar Hızı
TECU	: Toplam Elektron İçeriği Birimi
TEİ	: Toplam Elektron İçeriği
TEMP	: Sıcaklık
THTA	: Potansiyel Sıcaklık
THTE	: Eşdeğer Potansiyel Sıcaklık
THTV	: Sanal Potansiyel Sıcaklık
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGAAKTİF	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UV	: Ultra Viole
WGS	: Word Geodetic System
WMO	: World Meteorological Organiztion (Dünya Meteoroloji Birliği)
$\Delta$	: Fark İşlemcisi
$\Delta NmF2$	: F2 tabakası elektron yoğunluğu farkı
$\varepsilon$	: Hata terimi

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Atmosferik bölgelerin gösterimi .....	2
Şekil 2.1. Radyosonda ekipmanları.....	5
Şekil 2.2. Dünya genelinde kullanılan radyosondaların coğrafik konumları .....	6
Şekil 2.3. Türkiye genelinde kullanılan radyosondaların coğrafik konumları.....	6
Şekil 5.1 Rüzgar hızı ile TEİ arasındaki korelasyon katsayısının mevsimsel olarak değişimi.....	22
Şekil 5.2 Rüzgar hızı ile TEİ arasındaki korelasyon katsayısının aylık olarak değişimi.....	23



## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. İstanbul için 14 Kasım 2019 da gece yarısı radyosonda ölçüm sonuçlar.....	8
Çizelge 4.1. İncelenen istasyonlara.....	17
Çizelge 5.1. Değişkenlere ait durağanlık analiz sonuçları.....	24
Çizelge 5.2. Ankara istasyonu regresyon analiz sonuçları.....	26
Çizelge 5.3. Pozantı istasyonu regresyon analiz sonuçları.....	28
Çizelge 5.4. Samsun istasyonu regresyon analiz sonuçları.....	29
Çizelge 5.5. İstanbul istasyonu regresyon analiz sonuçları.....	31
Çizelge 5.6. Erzurum istasyonu regresyon analiz sonuçları.....	32



## 1. GİRİŞ

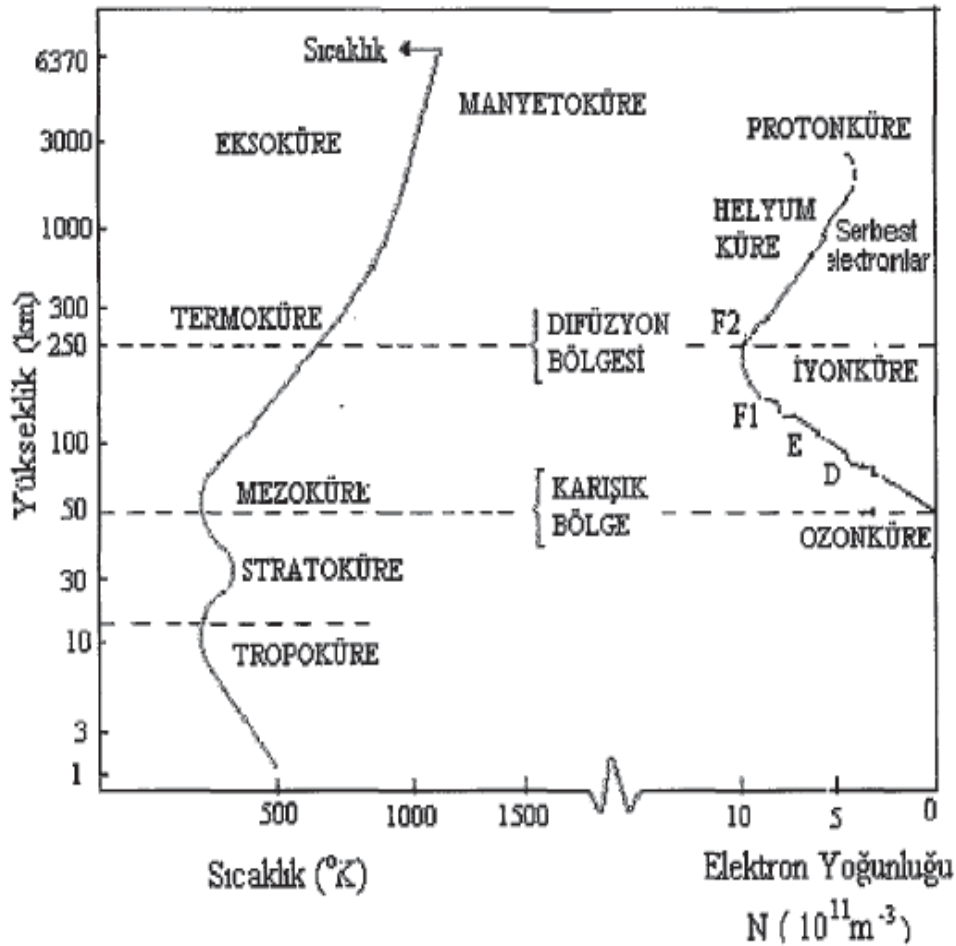
Atmosfer yeryüzünden başlayıp uzaya kadar yerküreyi çevreleyen hava katmanıdır. Atmosfer, üç farklı özelliğe göre çeşitli bölgelere ayrılır. Bu özellikler sıcaklık, kimyasal bileşenler ve fiziksel olaylardır. Sıcaklığa göre yeryüzünden uzaya doğru sıralandığında tropoküre, stratoküre, mezoküre, termoküre ve ekzoküre olmak üzere beş farklı bölgeye ayrılır. Kimyasal bileşenlere bağlı olarak sınıflandırıldığında ise dört gruba ayrılır. Bunlar ozonküre, iyonküre, helyumküre ve protonküredir. Fiziksel olarak sınıflandırıldığında ise yerküreyi saran gaz yoğunluklarındaki bileşen farkından dolayı yerçekimi etkisinden dolayı oluşan difüzyon bölgesi, dünyanın manyetik alanından dolayı yüklü parçacıklardan oluşan manyetoküre ve yeryüzüne yaklaştıkça farklı süreçlerin etkisi altında kalan karışmış bölge olma üzere üç gruba ayrılır (Şekil 1) (Sağır, 2013).

Tropoküre, atmosferin yeryüzüne en yakın bölgesidir. Bu bölgede su buharı, sıcaklık ve basınç oldukça yüksektir. Su buharı, yeryüzünün sürekli olarak ısınıp soğumasından dolayı oluşur. Su buharı yeryüzünden yaklaşık 3-4 km yüksekliğe kadar sürekli olarak artar ve bu seviyeden sonra yükseklikle azalır. Tropokürede ki sıcaklık ise güneş ışınlarının yeryüzünden yansımından kaynaklanır. Sıcaklık yaklaşık her 200 metrede 1 °C azalır. Su buharı Güneş'ten gelen ultraviyole(UV) ışınları ve yeryüzü radyasyonunu emerek tropokürede ortam sıcaklığını düzenler. Su buharı oranı enleme bağlı olarak değişir. Mevsimsel olarak ise kış aylarındaki oran yaz aylarına göre daha düşüktür (Sağır, 2013; Gürbüz, 2015).

Stratoküre yaklaşık yeryüzünden 12 km yükseklikten başlayıp 50 km yüksekliğe kadar uzanan bölgedir. Bu bölgenin en önemli özelliği yeryüzünden yaklaşık 25 km yükseklikte bulunan ozon tabakasını içerisinde bulundurmasıdır. Dolayısıyla bu ozon tabakası sayesinde Güneş'ten gelen UV ışınları bu tabakada emilir. Bu süreçle birlikte bölgede sıcaklık artışı meydana gelir. Stratoküredeki su buharı oranı oldukça düşüktür. Bölgenin sıcaklığı tropofaz düzeyinde yaklaşık -50- -60 °C düzeyindedir. Yükseklik arttıkça her kilometrede 1 °C, üst bölgelerinde ise 3 °C artarak bölgenin üst sınırında yaklaşık 0 °C ye kadar yükselmektedir (Sağır, 2013).

İyonküre yeryüzünden yaklaşık 50 km yükseklikten başlayıp ve He ve H gibi hafif iyonların baskın olmaya başladığı yüksekliğe (yaklaşık 1000 km) kadar uzanan bölgedir. İyonkürenin oluşmasındaki en büyük etken Güneş'ten gelen ışınımlardır.

Güneş'ten gelen ışınımlar iyonküre içindeki gaz molekülleri ile etkileşerek iyonlaşmaya neden olur. İyonkürenin kendi içerisindeki her bölgenin yapısı ve bileşenleri farklı olduğundan Güneş'ten gelen farklı enerji seviyesindeki ışınlar farklı bölgelerin oluşmasına neden olur. Yükseklik arttıkça da iyonlaşma miktarı artmaya başlar (Sağır, 2013; Kaçar,2018).



Şekil 1.1. Atmosferik bölgelerin gösterimi (Aksakal, 2000)

İyonküreyi karakterize eden en önemli parametre elektron yoğunluğudur. İyonküre içerisindeki elektron yoğunluğunu etkileyen birçok etmen vardır. Dış etmenler Güneş (Güneş lekeleri sayısı, Güneş patlamaları, kronal kütle boşalması(CoronalMassEjection-CME)), Galaktik ve kozmik ışınlar, gezegenler arası elektrik ve manyetik alan (InterplanetaryElectricalField- IEF, InterplanetaryMagneticField- IMF) ve yerküreyi çevreleyen manyetik alandır(Dst, Kp, Ap). İyonküre içerisindeki elektron yoğunluğu günümüzde birçok farklı alanda ve etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle haberleşme radar ve navigasyon sistemlerinde önemi bilinmektedir(Sağır, 2013; Kaçar,2018). İyonküre uydusu haberleşmesi ve

seyrüsefer (gemi ve uçak seferleri, vb.) sistemlerinde önemli bir yere sahiptir özellikle uydu haberleşmesi, uyduların uzaya yerleşmesi ile başlamaktadır. İlk kez Arthur C. Clarke tarafından 1945 yılında bu fikir ortaya atılmıştır. Giderek hem askeri hem de sivil sistemler için önemi artmaktadır. Seyrüsefer sistemlerinde ise genellikle GPS sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistem ile herhangi bir cismin konumu uydu cihazları tarafından sinyaller gönderilerek bulunabilmektedir. GPS sistemleri iyonküre de oluşan hava hareketleri yada Güneş'ten gelen enerji gibi faktörler GPS sistemlerinde rol oynayabilmektedir (Kaçar, 2018). İyon kürenin kritik frekansı, dış ortamdan gönderilen dalganın yansıdığı frekansa eşittir. İyonküre elektron yoğunluğundan dolayı 30MHz ve altındaki dalgaları yansıtır. Düşük frekanstaki dalgalar daha etkili bir şekilde yansır (Sağır, 2013; Hunsucker ve Hargreaves, 2003; Akkaya, 1997; Özcan ve ark., 1996). İyonküre de Güneş'ten gelen foton tanecikleri gaz molekülleri ile etkileşerek bir iyonize tabaka meydana getirir. Güneş'ten gelen ve enerjisi yeterli olan fotonlar atom ya da moleküllerle etkileşerek bir kinetik enerji açığa çıkarır. Aynı şekilde Güneş'ten gelen ve enerjisi yeterli olan fotonlarda iyonkürede gazların iyonizesine neden olmaktadır.

İyonküre elektron yoğunluğuna göre D, E, F şeklinde üç tabakaya ayrılmaktadır. D bölgesi yeryüzünden 50 km-90 km arasında kalan bölgedir. İyonküre içerisinde iyonlaşma en düşük olduğu bölgedir. Bu bölgede iyonlaşmaya neden olan X ışınlarıdır. Yükseklik arttıkça elektron yoğunluğu artar. İyonkürede Güneş'in doğmasıyla serbest elektronların miktarı artar, öğlen saatlerinde maksimuma ulaşır ardından azalma sürecine girer ve bu durum gün doğumuna kadar devam eder (Akkaya, 1997; Kaçar, 2018; Sağır, 2013). E katmanı ise 100-150 km arasında kalan bölge olarak tanımlanmaktadır. Bu katmanda enerjisi düşük olan X ışınları bulunmaktadır. Bu katman 90-150 MHz aralığındaki frekansı kapsar. F katmanı ise 150 km ve üstünde olan bölgedir. F katmanı geceleri tek bölgeye gündüzleri ise F1 ve F2 olacak şekilde iki bölgeye ayrılır. İyonküre içerisinde iyonlaşmanın maksimuma ulaştığı bölgedir. Bu bölge haberleşme açısından çok önemli olan bir bölgedir (Kaçar, 2018; Sağır, 2013).

Uydu iletişim yolunda dalgaları etkileyen en önemli atmosferik bölge iyonküredir. Bu bölgeyi etkileyen ana etken Güneş süreci ve jeomanyetik alandır. (Atıcı ve ark., 2020; Martinis ve Manzano, 1999). Bunlarla birlikte iyonküre aynı zamanda daha alt yüksekliklerde olan tropoküre ve stratoküreden de etkilenir. (Deviren ve ark., 2013; İnyurtark., 2019). Bu etkileşim, elektromanyetik süreçler veya dalga yoluyla gerçekleşir. Yıldırım deşarjı ve yıldırım, gök gürültülü fırtınalar gibi süreçler elektromanyetik fenomenlere örnek olurken (Atıcı ve ark., 2018; Borchevkina ve ark.,

2020), farklı dalga türleri (yani gezegenler arası, gravity, gelgitler, akustik yerçekimi dalgaları) alt yüksekliklerdeki dinamik süreçlerin iyonküre yüksekliklere etkisi olan dalga türü örnekleridir(Atıcı ve Sağır, 2017; Baldwin ve ark., 2001; Inyurt ve ark., 2019; Martinis ve Manzano, 1999; Yiğit ve ark., 2020).

Bu çalışmamızda yeryüzü ile uzay ve uydu haberleşmelerinde dalga yayılımı üzerinde kırılma, yansıma, girişim, frekans kayması vb. etkilere sebep olan tropoküre ve iyonküre bölgeleri ile iki bölge arasında yer alan stratoküreye yer verilecektir. Bu yönüyle çalışmamızda stratoküre yüksekliklerinde meydana gelen rüzgarlar ile iyonküre toplam elektron içeriği arasındaki ilişki analiz edilmiştir.



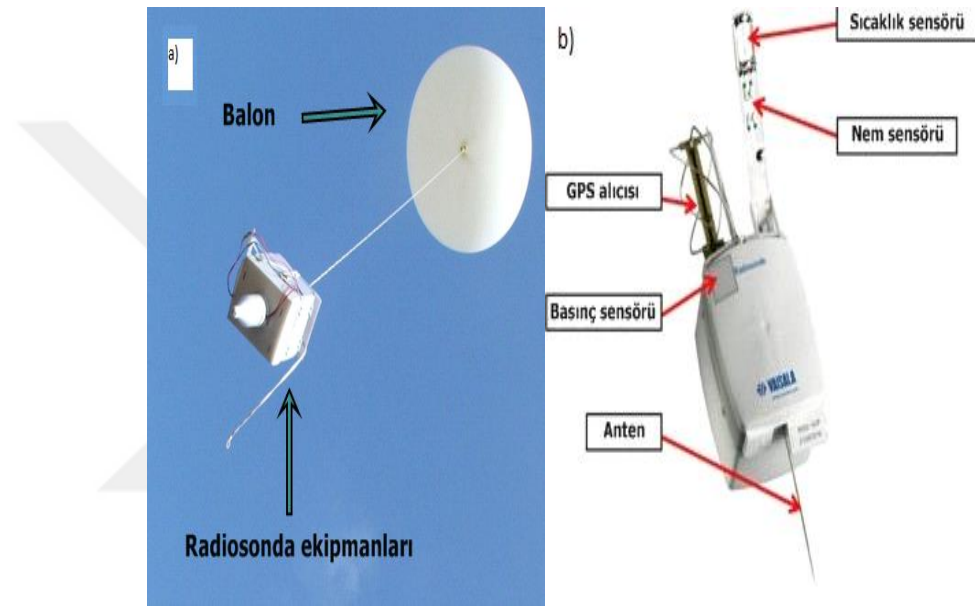
## 2. RAVINSONDA VE RADYOSONDA

Atmosferik ortamı etkileyen pek çok parametre vardır. Bu nedenle atmosfer, Güneş devri, jeomanyetik parametreler, galaktik ve kozmik ışınlar gibi pek çok parametreye bağlı olarak değişim gösterir. Bu parametrelere bağlı olarak atmosferik ortama ait sıcaklık, basınç, nem, elektron yoğunluğu, rüzgar gibi parametreler yükseklik, gece gündüz, mevsimsel, coğrafik ve jeomanyetik enleme bağlı olarak değişimler gösterir. Bu parametrelerin günlük değişimleri uydu, ionosonda, ravinsonda gibi sistemler yardımıyla belirlenebilmektedir.

Ravinsonda, atmosferik sıcaklık, basınç, nem ve rüzgar hızı değerlerini yüksekliğe bağlı olarak ölçen alettir. Bu aletin asıl adı radyosondadır. Radyosondalar nem, sıcaklık ve basıncı ölçmek için kullanılan atmosferik ekipmanlara sahip cihazlara verilen addır. Eğer radyosonda ölçümü yapılırken rüzgar yönü ve hız değerleri de ölçülüyorsa radyosonda ifadesi yerine ravinsonda ifadesi kullanılır. Radyosondada bulunan ölçüm aletleri ve radyosondanın uçurulmasına ait bir örnek Şekil 2.1 de verilmiştir. Şekil 2.1a.da görülebileceği gibi, radyosonda helyum veya hidrojen gazı ile doldurulmuş olan balon ve balonun altına asılmış bir sistemden oluşmuştur. Bu sistem GPS alıcısı, sıcaklık sensörü, nem sensörü, basınç sensörü ve bir anten vericisinden oluşur(Şekil 2.1 b). Balon yükseldikçe radyosonda cihazı üzerindeki sensörler aracılığı ile sıcaklık, basınç ve bağıl nem değerlerini ölçer. Bu sensörler aracılığı ile elde edilen veriler, bir anten vericisi ile aracılığı ile yerde konumlanan GPS alıcısına iletilir. GPS aracılığıyla da rüzgarın yönü ve hızı belirlenir. Şekil 2.1.a da ise Balona bağlı bir paraşüt, Radyosonda cihazı, ışıklandırma cihazı ve bazı reflektörlerden oluşmaktadır. Uçuş sistemlerinde kullanılan balonlar doğal ve neopren balonlar olarak iki kısma ayrılmıştır. Doğal balonlar lateks denilen kauçuk hammaddesinden yapılmıştır. Neoprendenilen balonların hammaddesi ise sentetik maddelerden yapılmıştır. Lateks balonları şişirdikçe küresel bir yapıya kavuşurlar. Atmosferdeyükselme hızları neopren balonlara göre daha yüksektir neopren balon ise atmosferde yükseldikçe yassı bir görünüm kazanır ve bu özellik balonu yavaşlatır. Neoprenbalonların lateks balonlara göre yükselmedeki payı daha azdır. Neoprenbalonları olumsuz hava şartlarında fırlatmak oldukça kolay değildir.

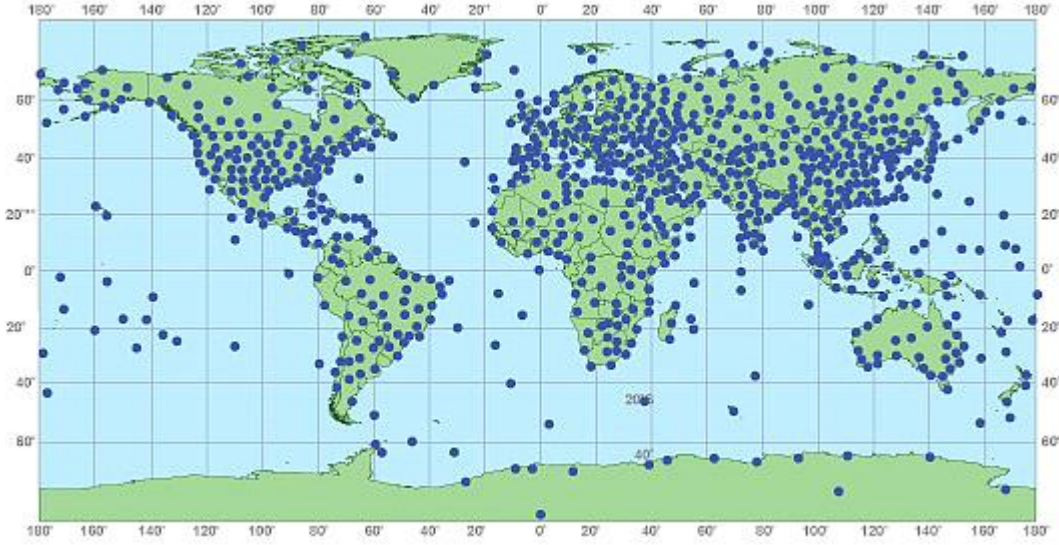
Rasatlardan fırlatılan balonlar ağırlıkça ve hacimce değişmektedir. Pilot balon rasatlarında 30 ve 100 gramlık balonlar kullanılır. Ravinsonda rasatlarında kullanılan

balonların radyosonda cihazının ağırlığına göre değişmektedir. Bu balonlar genellikle 600 ile 1500 gram arasında değişmektedir. Şekil 2.1.a da 30 gram ve 100 gram ağırlıkta ve hacimde değişen balonlar genellikle 15- 20 km 'ye çıkabilir. Bu balonların yükselmesi radyosonda cihazının ağırlığına bağlı olarak değişmektedir. Balon yükseldikçe balona etki eden dış basınç azalacağından balon büyüyecektir ve balonun hacmi doğal sınırlarına ulaştıktan sonra balon patlar. Balonlar genellikle yerleşim yerlerinden fırlatıldığından dolayı yerleşim yerlerine zarar vermemesi için balonlara küçük çaplı paraşütler takılmıştır.



Şekil 2.1. Radyosonda ekipmanları. a) Uçan bir radyosonda örneği, b) Radyosonda ekipmanlarının gösterimi (URL-1)

Türkiye, Dünya Meteoroloji Birliği (World Meteorological Organization - WMO)' nin bir üyesidir. Değişik yerlerdeki hava hareketlerini incelemek için ravinsonda ölçüm istasyonları kurulmuştur. Dünya genelinde 1500 tane radyosonda ölçüm ve pilot balon ölçüm merkezleri bulunmaktadır. Bu durum Şekil 2.2 de gösterilmiştir.



Şekil 2.2.Dünya genelinde kullanılan radyosondaların coğrafik konumları (URL-1)

WMO kara bölgelerinde 250 km aralıklarla, okyanus bölgelerinde ise 1000 km aralıklarla radyosonda ölçüm istasyonlarının kurulması önermiştir. Ayrıca günlük dört kez ölçüm alınmasını önermektedir. Bu öneriler dikkate alındığında ise Türkiye’de kurulan radyosonda bu oranlara hemen hemen uymaktadır. Ülkemizdeki istasyonlar arası uzaklık yaklaşık 500 km civarındadır. Ülkemizde 8 adet aktif radyosonda ölçüm istasyonu vardır. Bunlar Adana(37.03°K, 35.21°D), Ankara(39.57°K, 32.53°D), Diyarbakır(37.55°K, 40.12 °D), Erzurum( 40.39°K, 40.42 °D),Isparta(37.45°K, 30.33 °D), İstanbul( 40.58°K, 29.05°D), İzmir( 38.26°K, 27.10°D ), Samsun( 41.20°K, 36.15°D) illerinde bulunmaktadır. Bu istasyonlar Türkiye’nin değişik bölgelerinde meydana gelen hava olaylarını incelemek üzere farklı coğrafik bölge ve koordinatlarda seçilmiştir. Bu istasyonların coğrafik konumları Şekil 2.3’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.3.Türkiye genelinde kullanılan radyosondaların coğrafik konumları (URL-1)

Ülkemizdeki bu istasyonlardan gündüz 12:00'daki ve gece yarısı 24:00'daki ölçümler elde edilmektedir. Bu ölçümlere bir örnek olarak İstanbul istasyonu için 14 Kasım 2019 günü gece yarısında(24:00) yapılan ölçüm sonuçları Çizelge 2.1'de verilmiştir. Çizelge2.1' de birinci sütun basıncın yüksekliğe bağlı olarak değişimi gösterilmektedir.İkinci sütun ise yüksekliği göstermektedir. Yükseklikartıkça balona etki eden dış basınç azalır, balonun hacmi büyür. Balon içerisindeki basınç azalır. Üçüncü sütun ise ortamın yüksekliğe bağlı sıcaklığı görülmektedir. Yükseklik artıkça ortamın sıcaklığı azalmaktadır. Dördüncü sütun ise balon içerisindeki sıcaklığı göstermektedir. Yükseklik artıkça balon içerisindeki sıcaklık da azalmaktadır. Beşinci sütun ise balon içerisindeki nem oranını göstermektedir. Yükseklik artıkça da nem oranında azalma ve artış görülmektedir. Yedinci sütun ise balonun rüzgar yönünü göstermektedir. Yükseklik artıkça da balonun rüzgar yönünün derecesi değişmektedir. Sekizinci sütun ise rüzgarın hızı görülmektedir. Yüksekliğe bağlı olarak artış ve azalma göstermektedir.Dokuzuncu sütun ise potansiyel sıcaklığı göstermektedir. Onuncu sütun ise eşdeğer potansiyel sıcaklığı belirtmektedir.Son sütun ise sanal potansiyel sıcaklığı ifade etmektedir.

**Çizelge 2.1.** İstanbul için 14 Kasım 2019 da gece yarısı radyosonda ölçüm sonuçları

Basınç	Yükseklik	Sıcaklık	İç sıcaklık	NEM	MIXR	Rüzgar Yönü	Rüzgar Hızı	THTA	THTE	THTV
hPa	m	°C	°C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
1009	17	16.2	11.7	75	8.63	75	1	288.6	313	290.1
1000	89	18	10	60	7.76	85	2	291.1	313.5	292.5
978	280	20.6	5.6	37	5.86	103	4	295.6	313	296.7
976	298	20.7	5.1	36	5.67	105	4	295.9	312.7	296.9
971	342	20.8	3.8	33	5.2	110	5	296.4	312	297.4
942	603	19.6	0.6	28	4.26	140	9	297.8	310.7	298.6
929	723	19	-0.9	26	3.88	120	9	298.4	310.3	299.1
928	732	19	-1	26	3.85	120	9	298.4	310.3	299.1
925	760	18.8	-1.2	26	3.8	120	9	298.5	310.2	299.2
910	898	17.8	-1.6	27	3.75	130	10	298.9	310.4	299.6
850	1476	13.6	-3.4	31	3.52	155	20	300.4	311.3	301
814	1835	11	-4.7	33	3.34	165	17	301.4	311.8	302
789	2094	9.2	-5.6	35	3.21	160	19	302.1	312.2	302.7
746	2559	5.8	-7.2	39	3	172	19	303.3	312.8	303.9
702	3054	2.6	-11.4	35	2.29	184	19	305.1	312.5	305.5
700	3077	2.4	-11.6	35	2.26	185	19	305.1	312.4	305.5
679	3322	0.7	-12.6	36	2.15	180	23	305.9	312.9	306.3
669	3442	-0.1	-13.1	37	2.09	185	27	306.3	313.1	306.7
659	3561	-1.1	-13.5	38	2.05	190	31	306.5	313.2	306.9
608	4198	-6.4	-15.9	47	1.83	190	26	307.5	313.5	307.8
600	4303	-7.3	-16.3	49	1.79	185	25	307.6	313.6	308
538	5142	-13.2	-17.4	71	1.83	150	28	310.3	316.5	310.7
525	5331	-14.5	-17.6	77	1.84	150	27	310.9	317.1	311.3
523	5360	-14.6	-17.7	77	1.83	150	27	311.1	317.3	311.5
500	5700	-15.9	-19.1	76	1.7	170	16	313.6	319.4	313.9
475	6077	-18.8	-22	76	1.39	175	13	314.6	319.4	314.9
432	6774	-24.1	-27.3	75	0.95	170	18	316.5	319.9	316.7
406	7231	-27.7	-30.8	75	0.73	170	24	317.6	320.2	317.7
400	7340	-28.5	-31.6	75	0.68	175	24	317.9	320.4	318
368	7917	-33.4	-36.8	71	0.45	185	33	319.1	320.7	319.1
300	9330	-45.3	-49.5	63	0.14	185	30	321.4	322	321.4

<b>250</b>	10520	-56.3	-60.5	59	0.04	175	24	322.2	322.4	322.2
<b>241</b>	10748	-58.1	-62.3	58	0.04	160	23	322.9	323	322.9
<b>219</b>	11344	-62.9	-67.1	57	0.02	165	23	324.5	324.6	324.5
<b>213</b>	11514	-62.7	-66.9	57	0.02	188	30	327.4	327.5	327.4
<b>210</b>	11601	-62.9	-67.1	57	0.02	200	33	328.5	328.6	328.5
<b>201</b>	11870	-63.3	-67.6	56	0.02	218	23	331.9	332	331.9
<b>200</b>	11900	-63.3	-67.6	56	0.02	220	22	332.4	332.5	332.4
<b>199</b>	11931	-63.1	-67.5	55	0.02	220	22	333.2	333.3	333.2
<b>194</b>	12088	-62.7	-66.8	57	0.02	220	21	336.3	336.4	336.3
<b>190</b>	12217	-62.3	-66.3	59	0.03	205	17	338.9	339	338.9
<b>177</b>	12657	-61.5	-66.3	53	0.03	207	19	347.1	347.3	347.1
<b>169</b>	12946	-59.9	-64.4	56	0.04	207	20	354.4	354.6	354.4
<b>166</b>	13058	-60.1	-64.5	56	0.04	208	21	355.9	356.1	355.9
<b>150</b>	13690	-62.1	-66.6	55	0.03	210	24	362.9	363.1	362.9
<b>146</b>	13856	-62.3	-67	53	0.03	203	29	365.4	365.5	365.4
<b>144</b>	13941	-62	-66.7	53	0.03	200	32	367.4	367.5	367.4
<b>136</b>	14294	-60.7	-65.5	53	0.04	209	32	375.7	375.9	375.7
<b>130</b>	14573	-61.1	-65.9	53	0.04	216	33	379.8	380.1	379.9
<b>111</b>	15557	-58.7	-63.6	53	0.07	240	34	401.9	402.3	402
<b>109</b>	15670	-58.4	-63.4	53	0.07	265	27	404.6	404.9	404.6
<b>107</b>	15786	-58.1	-63.1	53	0.07	258	24	407.2	407.6	407.3
<b>106</b>	15845	-58.2	-63.2	53	0.07	255	23	408.1	408.6	408.2
<b>105</b>	15904	-58.3	-63.3	52	0.07	253	24	409.1	409.5	409.1
<b>102</b>	16086	-58.1	-64.1	46	0.07	248	29	412.9	413.2	412.9
<b>100</b>	16210	-57.5	-63.5	46	0.07	245	32	416.4	416.8	416.4
<b>97.1</b>	16397	-57.1	-62.1	53	0.09	246	31	420.6	421.2	420.7
<b>84.6</b>	17263	-60.7	-65.7	52	0.07	252	28	430.2	430.6	430.3
<b>71</b>	18361	-59.1	-65.1	46	0.08	259	23	455.8	456.3	455.8
<b>70</b>	18450	-59.1	-65.1	46	0.09	260	23	457.6	458.1	457.6
<b>61</b>	19305	-60.7	-66.3	48	0.08	215	22	472.3	472.9	472.3
<b>50</b>	20540	-63.1	-68.1	51	0.08	245	28	494.4	494.9	494.4
<b>47.7</b>	20829	-63.9	-69.9	44	0.06	264	23	499.1	499.6	499.2
<b>41</b>	21760	-62.2	-69.1	39	0.08	325	9	525.4	526	525.4
<b>39.8</b>	21942	-61.9	-68.9	39	0.09	306	11	530.7	531.3	530.7
<b>36</b>	22560	-63.7	-69.7	44	0.09	240	18	541.5	542.1	541.5

<b>33</b>	23094	-62.7	-69.5	39	0.1	290	22	557.6	558.4	557.7
<b>32.3</b>	23226	-62.5	-69.5	38	0.1	287	22	561.7	562.5	561.7
<b>30</b>	23680	-63.5	-70.5	38	0.09	275	20	571	571.7	571
<b>29.2</b>	23846	-63.5	-70.5	38	0.1	276	19	575.4	576.2	575.4
<b>24.2</b>	25004	-61.7	-68.7	39	0.15	285	14	612.3	613.6	612.4
<b>22</b>	25592	-62.6	-69.6	38	0.15	290	11	626.6	627.9	626.7
<b>21.7</b>	25677	-62.7	-69.7	38	0.15	289	12	628.7	630	628.8
<b>20</b>	26180	-62.7	-69.7	38	0.16	280	18	643.5	645	643.6
<b>10.5</b>	30201	-56.5	-65.5	31	0.54	280	46	796.4	802.2	796.7
<b>10</b>	30510	-56.7	-65.7	31	0.56	280	48	806.8	812.9	807.1
<b>9</b>	31176	-58.1	-67.1	31	0.51			826.1	831.9	826.4
<b>7.8</b>	32083	-54.9	-65.9	24	0.69			873.4	881.6	873.8
<b>7.3</b>	32506	-55.3	-65.3	28	0.8			888.5	898.1	888.9
<b>6.9</b>	32866	-54.9	-65.9	24	0.78			904.5	914.1	905
<b>6</b>	33767	-51.5	-64.5	20	1.09			956	970.1	956.7

### 3. TUSAGA-AKTİF SİSTEMİ

TUSAGA–AKTİF(Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı-Aktif) sistemi yıl boyunca ölçüm yapan yer istasyonlarından oluşan sistemlerden oluşmaktadır. Bu sistem Dünya genelinde CORS(Continuously Operating Reference Stations) olarak bilinmekte olup, Dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sistem ilk defa CORS-TR olarak bilinmektedir.Bu sistemin Türkçe ismi ise TUSAGA-AKTİF tir.TUSAGA-AKTİF sistemi AR-GE projesi kapsamında ve Harita Genel Komutanlığı(HGK) ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün(TKGM) iştiraki ile ve İstanbul Kültür Üniversitesi koordinatörlüğünde gerçekleştirilmiş bir proje olup 146 adet sabit GPS istasyonu kurulmuştur. Bu istasyonların 4 tanesi Kuzey Kıbrıs Türkiye Cumhuriyeti'nde 142 tanesi de Türkiye'de bulunmaktadır.

TUSAGA-AKTİFsisteminin temel amacı coğrafik koordinatları kullanarak karada, havada ve denizde yer tespiti ve navigasyon sağlamaktır. Kullanıcılar bu sistemi kullanarak tüm ülke genelinde 7/24 saat boyunca eş ve gerçek zamanlı metre ya da cm civarında hassas yer tespiti sağlamaktır(Peker, 2018 ).

Koordinatlar arasında(ED50/WGS-84) çevirileri duyarlı bir şekilde belirleyerek sivil, askeri ve her türlü projeler ve bilimsel çalışmalara katkı sağlamaktır(Cingöz ve ark.,2013).Bilimsel çalışmalar ve araştırmalar için TUSAGA-AKTİF sistemi ülke çapında koordinatları kullanarak hızlı güvenilirlik ve ekonomik bir veri girdisi sağlamaktadır (Peker, 2018).

Tüm istasyonlardan gelen verilerin işlenmesi ve düzeltilmesi tek bir kontrol merkezinden sağlanmaktadır. Bu gelen veriler ADSL ve GPRS/EDGE aracılığıyla kontrol merkezine aktarılır. Buraya gelen veriler işlenerek ve düzeltilerek en güncel hali ile kullanıcılara aktarılır. TUSAGA–AKTİF sistemi genelde haritacılık üzerine düşünülse de birçok farklı sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Bu sektörler sivil askeri ve bilimsel sektörlerdir (Cingöz ve ark.,2013).TUSAGA-AKTİF sistemi bir yerin koordinatını yatayda yaklaşık 2-3 cm düşeyde ise 7-10 cm hassasiyetle ölçebilmektedir (Mekik ve ark.,2011; Peker,2018).

#### 3.1 Sivil Kullanıcılar

TUSAGA-AKTİF sistemi harita ölçümleri, çevre ve planlama, jeodezi ölçmeler, alt yapı sistemleri,karayollarında ve denizlerde araçların izlenmesi ve denetlenmesinde,e- ticaret, e-belediye, e- devlet uygulamaları,navigasyon ve araç

izlemelerinde, barajların güvenliğini sağlamada ve büyük mühendislik projelerinde kullanılmaktadır.

### **3.2 Bilimsel Kullanıcılar**

Harita mühendisliği, deprem mühendisliği, sismoloji, ulaşım ve meteoroloji,troposferve iyonkürenin izlenmesinde kullanılır(Peker, 2018).

#### **3.2.1 TUSAGA-AKTİF sisteminin atmosferik gözlemlerde kullanımı**

TUSAGA-AKTİF sistemi iyonküre ve tropoküredeki değişimleri de gözlemler. Bu tabakalardaki temele değişimler elektron yoğunluğu ile belirlenir. Atmosfer tabakasının yoğunlukları farklı olması, kırılma indislerinin de farklılık göstermesine neden olur. İndislerin farklı olması uydudan gelen sinyallerin izlediği yolun ve hızın değişmesine sebep olur. Uydudan gelen sinyaller TUSAGA-AKTİF sisteminde saniyelik olarak kaydedilir. Saatlik kaydedilen verilerle de iyonküresel sistemler geliştirilir ve sahadaki kullanıcılara aktarılır. TUSAGA-AKTİF sistemine uydulardan gelen ışınların izlediği yolun ve hızın değişmesi Güneş'ten gelen ışınların atmosfer tabakasında geçerken oluşturduğu iyonlaşmadan kaynaklanır (Topçu ve ark., 2017). İyonküre tabakası haberleşme ve iletişimin gerçekleştiği cm mertebesinde konumun belirlendiği bir tabakadır. Güneş' ten kaynaklanan UV bu tabakada iyonlaşma meydana getirir ve tabakadaki elektron yoğunluğu artar. Bu yoğunluğun artması GPS sinyallerin faz ölçülerini olumlu yönde (hızlandırıcı) bir etkisi vardır. İyonküre tabakasında oluşan elektron yoğunluğu ionosonda cihazı ile ölçülebilmektedir. Radyosonda cihazının frekans aralığı değiştirilerek cihazdan gönderilen sinyaller iyonküre tabakasından yansıtılır. Bu yansıyan sinyaller sayesinde yükseklik ve frekans değerleri belirlenir (Özdemir ve ark.,2011).

#### **3.2.2 TUSAGA-AKTİF sisteminin ulaşım sistemindeki kullanımı**

TUSAGA-AKTİF sistemi her türlü (tramvay, metrobüs,metro,otobüs,deniz araçları,yolcu gemileri,feribot,taksi,vs.) ulaşım sistemi olan ağlara rahatlıkla uygulanmaktadır. Otobüslere takılan GNSS alıcısı CORS-TR kontrol merkezinden aldığı DGNSS düzelmesi ile otobüsün konumunu metre altı bir doğrulukla belirlenebilmektedir. GNSS den gelen veri TUSAGA-AKTİF merkezine ulaşmasıyla bu veri DGNSS parametrelerinde çevrilerek ve düzeltilerek herhangi bir aracın cm ve mm mertebesinde konumunu, hızını, taşıdığı yolcu sayısını ve gerekli bilgileri direkt

merkeze aktarılır. Merkeze gelen bilgiler yeniden bir değerlendirmeye alınır. Budeğerlendirmeler ışığında da ulaşım hattında ve duraklarda düzenlemeler yapılır.Araçlarayerleştirilen GPS sistemi, GNSS uydularından aldıkları hız ve konum bilgilerini GSM/GPRS operatörleri aracılığıyla internet üzerinden ilgili birimlere bilgiler aktarılır. Ayrıca bu sistemler aracılığıyla, araç takibi ve filoların konumunu, müşterileri takip etmede, yakıt ve zaman tasarruflarında kolaylık sağlamaktadır. Uydu takip sisteminin sağladığı yararlar ise şunlardır:Zaman kazandırır, yakıttan önemli ölçüde tasarruf sağlar, araçların kontrolünün kolaylaşmasını sağlar, aracın bakım ve kullanım maliyetinidüşürür. Bu ölçüler dikkate alındığında hızlı, ekonomik ve yüksek doğrulukta veri akışı bu yolla gerçekleşir. Toplu taşıma ve trafik alt yapısının oluşturulmasında TUSAGA-AKTİF sistemi çok kolaylık sağlamaktadır(Bülbül,2011).

### **3.2.3 TUSAGA-AKTİF sisteminin deprem fay hatlarının izlenmesinde kullanımı**

Türkiye fay hatlarının kesiştiği ve depremlerin yoğun olduğu bir coğrafik bölgede yer almaktadır. Depremler fay hatlarının kırılmasıyla oluşmaktadır. Faylar kırılma bir özelliğe sahiptir.Bukırılma fay hatlarının sıkıştırılması, gerilmesive basınç etkisiyle gerçekleşir. Bu levhalardaki gerilme levha hareketlerinin sonucunda oluşmaktadır. Depremler fay hatlarındaki gerilmenin bir anda yükselmesiyle oluşur. Bu yükselme fay hatlarının en zayıf noktasında belirir. Bu fay hatlarındaki gerilmenin sonucunda biriken enerjinin boşalmasıyla kaya kütlelerinde titreşim yapması sonucu deprem oluşur. Fay hatlarında oluşan kırılmanın boşaldığı noktaya depremin odağı, odağın bulunduğu üst bölgelere ise deprem merkezi denir. Türkiye coğrafyası üzerinde Anadolu levhası, kuzeyde Avrasya levhası, güneyde Afrika ve Arap levhaları,doğuda, Doğu Anadolu ve Batı Ege bloğu çevrelemektedir.1980'den itibaren uydular yardımıyla konum hareketlerinin izlenmesiyle Afrika levhası yılda 5 mm hızla kuzeye, doğru Arap levhası ise 19 mm kuzeye doğru yönelimi söz konusudur.Bulevhalar Anadolu ve Avrasya levhasını germektedir. Bu germe sonucu Anadolu levhası yılda yaklaşık 23mm batıya doğru hareketi söz konusudur(McCucky ve ark.,2000). Türkiye bu levha sıkıştırılmalarıyla depremlerin sık görüldüğü bir ülkedir.

Türkiye TUSAGA-AKTİF sistemini kullanmasından itibaren Türkiye coğrafyasındaki levha hareketleri cm yada mm mertebesinde izleyebilmektedir. TUSAGA-AKTİF sistemiTürkiye' de deprem çalışmalarına büyük katkı sağlamaktadır(Eren ve ark.,2009).

### 3.2.4 TUSAGA-AKTİF sisteminin sismoloji biliminde kullanımı

Deprem hareketlerinin ve yer değiştirmelerinin izlenmesinde genel olarak sismik yöntemler kullanılmaktadır(Allen ve Kanamori,2003;Espinaso ve ark.,1995).Bir noktadan çıkan depremlerin oluşturduğu yer değiştirmeler ise ivmedeki değişikliklerden dolayı, ölçen sinyallerin çift integrasyonundan veya geniş bantlı sismometreden kaynaklanan bir katlı integrasyonundan oluşabilir. Sismometreler depremin şiddetine göre ölçüm yapar. Şiddet artıkça oluşan sinyali sismometre keser büyük ölçekli depremlerde ivmeölçer sinyalin durmasına neden olarak ivmedeki değişimden dolayı da plaka hareketlerinin oluşturduğu eğimin izlenmesinde önemli rol oynar(Li ve ark.,2014).1Hz den büyük frekanslarda oluşan deprem hareketlerini GNSS doğrudan algılar.Kırpma,sürüklenme ve aletten dolayı oluşan eksikler olmadığı taktirde büyük şiddetteki depremlerde kullanabilir(Allen ve Ziv, 2011).Japonya gibi depremlerin sık olduğu bölgelerde GNSS sistemleri sismik ağlara monte edilerek deprem ve tusunami hareketlerinin daha önceden belirleme ve oluşan riski en aza indirmek için kullanılır(Blewitt ve ark.,2006).

Tümkoordinatların veri frekansından gelen bilgiler kinematik GNSS den elde edilir. Kinematik GNSS'de elde edilen koordinatlar iki farklı yöntem ile belirlenebilir. Bunlar mutlak ve bağıl koordinatlardır. Bağıl koordinat iki tane GNSS alıcısından oluşmaktadır. Bir tanesini konumu bilinen referans noktasına, diğeri ise gezicinin üzerine monte edilen GNSS alıcısıdır. Mutlak koordinat ise bir tane gezici GNSS alıcısı ile PPP (Point PrecisePosition-Nokta Konum Belirleme) yöntemi kullanarak oluşmaktadır. İki farklı yöntem ele alındığında ise bağıl yöntemin sonucu daha güvenilirdir. PPP yönteminden elde edilen bilgiler konum belirlemede yüksek güvenilirlik sağlamak için uydu yörünge ve zamanlamadan kaynaklanan hataların azaltılmasına ihtiyaç vardır. Bağıl yöntemde referans noktasına yerleştirilen GNSS alıcısı deprem noktasında ve sağlam bir zeminde olma zorunluluğu vardır. Aksi takdirde büyük depremlerin sonucunda fonksiyonu kaybeder. PPP yönteminde ise referans noktasına gerek yoktur. Buda depremlerde yer hareketlerinin izlenmesinde kolaylık sağlamaktadır.TUSAGA-AKTİF sistemi GNSS ağlarına entegre edilerek deprem anında yer sarsıntılarının oluşturduğu hareketlilik kinematik PPP yöntemiyle post-proses olarak işlenip ve değerlendirebilenbir sistem geliştirilmiştir.

### 3.2.5 TUSAGA-AKTİF sisteminin savunma alanındaki kullanımı

Silah sistemlerin yönlendirmesinde, insan ve araçların izlenmesinde, askeri birliklerin izlenmesi ve takibinde, ateş destek biriminde, sınırı korumada, iç güvenlik operasyonlarında, istihbarat bilgilerin toplanmasında, mayın tespitinde ve temizlenmesi gibi yer tespiti ve koordinat gerektiren tüm savunma uygulamalarında kullanılır(Cingöz ve ark., 2008).

Bu sistemlerinin yer tespitinde ise güvenlik, zemin, internet, ulaşım, telefon gibi özellikler dikkate alarak belirlenmiştir. Bu istasyonlarda kurulan sistemler GNSS(GPS+GLONASI) veri alıcısı ve buna montelenmiş jeodezi GNSS anteninden oluşmaktadır. Kontrol merkezi ile GPS sistemleri arasındaki veri akışını ADSL sağlamaktadır. Oluşan bir kopuklukta ise GPRS/EDGE sistemi devreye girerek veri akışı sağlanır. Farklı istasyonlardan gelen veriler kontrol merkezinde toplanarak ve DGPS/RTK düzenlemesi yapılarak arazideki kullanıcılara GPRS tarafından bu veri akışı tamamlanır. Tek frekansta çalışan bir GPS alıcısı DGPS üzerinden metre altı doğrulukta yer tespiti yapar. Çift frekansta çalışan bir GPS alıcısı ise 1-10 cm doğrulukta yer tespiti yapar. Bu veri aktarımı ise NETWORKED TRANSPORT OF RTCM VIA İnternet protokol(NTRIP) üzerinden sağlanır. Bu NTRIP formatı gerçek zamanlı olarak internet- radyo teknolojisini geliştirip desteklemek amacıyla Almanya– Federal Kartografya ve Jeodezi Dairesi (BKG) tarafından geliştirilmiştir(Cingöz ve ark.,2008).

TUSAGA-AKTİF sistemi Global Navigasyon Uydu Sistemlerine (Global NavigationSatelliteSystems-GNSS) entegre bir şekilde çalışmaktadır. GNSS her türlü hava koşullarında alınan verilerle gözlem yapmaya imkân tanımaktadır. Bu sistemler haberleşmede sivil ve askeri amaçlı mikrodalga sinyalleri göndererek herhangi bir noktanın konumunu belirlemede yardımcı olur. GNSS yer tespitlerinde uydudan gelen sinyallerin toplanmasında ve izlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Diğer taraftan GNSS mutlak olarak konum belirlemede de büyük paya sahiptir (Zumberge ve ark.,1997;Kouba ve Springer, 2001; Aydın ve ark., 2018). GNSS ağlarının yer tespitini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar istasyonlar arasındaki uzaklık, istasyonların kontrol merkezleri arasında oluşan alışverişinde geçen zaman ve alış veriş yönteminde kullanılan yöntemin kapsamı alanıdır(Kahveci, 2009). GNSS sistemleri, havada oluşan su buharından yararlanarak havada meydana gelen şimşek ve fırtına gibi ani değişiklikleri izlemek için kullanılır (Isioye ve ark., 2015; Deniz,2016). GNSS istasyonlarının

kurulmasında seçilecek yerler, sinyal yansımada hata payını en aza indirmede büyük paya sahiptir(Mekik ve Can,2010; Deniz, 2016). GNSS de yer ve konum belirlemek için kullanılan iki yöntem vardır. Bunlar mutlak ve rölatif yöntemlerdir. Ayrıca durgun ve hareketli yöntemlerde mevcuttur. GNSS de kullanılan temel gözlemler kod ölçüleri, faz ölçüleri ve doppler ölçüleridir. Bu ölçüler konum ve yer belirlemede kullanılır. Kodlarla yer ve konum belirlemek için birçok yöntem oluşturulmuştur. Bunlar taşıyıcı fazlar, PPP kod farkı ile konum belirleme (Tekli, ikili, üçlü farklar),rölatif konum belirleme, lokal alan rölatif konum belirlemedir. GNSS de oluşan hata şunlardan kaynaklanır. Uydu yörünge, uydu-saat, tropküre ve iyonküre modelleme, alıcı faz noktalarının farklı noktalara taşınması ve yansımadan kaynaklanabilir(Jin ve ark.,2014;Deniz,2016).

GNSS de elde edilen verilerin değerlendirme aşamasında şu adımlar kullanılır. Bu adımlar “verinin tamiri” ve “belirsizlik” adımlarıdır. Durgun (statik) uygulamalarda ise LSAST (1999), FARA (1990,1992), LAMBDA (1993,1999), FAST (1994),OMEGA (1999) ve hareketli (kinematik) uygulamalarda ise (QIF) belirsizlik çözüm teknikleri kullanılır. Bir GNSS, veri formatı olmayıp verilerin internet üzerinden nasıl yayınlanacağını tanımlayan bir sistemdir(Peker,2018).

#### 4. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, Türkiye stratoküresindeki rüzgar hızı ile TEİ arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu inceleme Çizelge 4.1’de verilen istasyonlar için yapılmıştır. Bu istasyonların seçilme nedeni, ülkemiz sınırları içinde enlemsel ve boylamsal olarak ilişkiyi belirlemektir. Bu ilişkiye TEİ değerleri üzerindeki etkisi bilenen Güneş ve jeomanyetik indisler de dahil edilmiştir. TEİ üzerinde rüzgar hızı, Güneş ve jeomanyetik indislerin etkisinin belirlenmesinde istatistiksel lineer regresyon analizi ve korelasyon analizi kullanılmıştır. Bu analizler, Güneş devrinin azalan fazı için (2015) günlük olarak yerel zaman saat 12:00 için yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan rüzgar hızı değerleri (bir örneği Çizelge 2.1’ de verilmiştir.) “<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html-URL-2>” adresinden günlük olarak elde edilmiştir. Ardından bu veriler günlük olarak düzenlendi. 2015 yılı tüm günlerinde saat 12:00’ da eksik olan günler için ara değer bulma metodu kullanılarak eksik olan günler tamamlandı.

Çalışmamızda kullanılan TEİ verileri, TUSAGA-AKTİF sisteminden alınmıştır. Ardından bu veriler Hacettepe Üniversitesi Elektrik Elektronik Bölümü bünyesinde kurulan ve internet ara “<http://www.ionolab.org/-URL-5>” olan sistem üzerinden düzenli veri haline getirilmiştir. TEİ verilerinde de 2015 yılı tüm günleri için saat 12:00’deki TEİ verileri filtrelenmiş ve eksik günlerdeki değerler yine ara değer bulma metodu ile tamamlanmıştır.

İncelemede kullanılan Güneş (F10.7 ve IMF\_Bz) ve jeomanyetik (Kp ve Dst) alana ait indis verileri ise aynı yıl için NASA’ ya ait “<https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html-URL-4>” internet ara yüzünden saatlik olarak elde edilmiştir. Bu verilerde filtreleme yöntemi ile 2015 yılı her günü için saat 12:00’deki değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 4.1** İncelenen istasyonlar

İstasyon adı	Coğrafi Enlem	Coğrafi Boylam	Wyoming kodu
Ankara	39.57	32.53	17130
Pozantı	37.03	35.21	17351
Samsun	41.20	36.15	17030
İstanbul	40.58	29.05	17064
Erzurum	40.39	40.42	17095

#### 4.1 Korelasyon Katsayı Analizi

Korelasyon iki veya daha fazla değişken arasında bir ilişki olup olmadığını eğer ilişki varsa bu ilişkinin miktarını ve yönünü sayısal olarak belirlememizi sağlayan istatistiksel bir yöntemdir. İki değişken arasındaki ilişkiyi Pearson Momentler Çarpımı korelasyon katsayısı ile ifade etmiştir. Korelasyon katsayısı ilişkinin yönünü ve büyüklüğünü belirtir. Bu katsayı “-1,00” ile “+1,00” arasında değişen değerler alır. Korelasyon katsayısı “+1,00”e yaklaştıkça iki değişken arasında aynı yönde ilişkinin arttığını yani bir değişken artarken diğerinin de arttığını veya bir değişken azalırken diğerinin de azaldığını ifade eder. Katsayı değeri “-1,00”e yaklaştıkça iki değişken arasında ters yöndeki ilişkinin arttığını yani değişkenlerden biri artarken diğerinin azaldığını ifade eder. Korelasyon katsayısı değeri “0,00” olduğunda ise iki değişken arasında bir ilişkinin olmadığını ifade eder (Sağır, 2008).

Pearson Momentler Çarpımı korelasyon katsayısının hesaplanmasında X ve Y değişkenleri arasındaki ilişkiyi matematiksel değişkenlerle aşağıdaki şekilde ifade etmiştir (Sağır, 2008).

Bu denklem

$$r = \frac{\sum[(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})]}{\sqrt{[(X-\bar{X})^2][(Y-\bar{Y})^2]}} \quad (4.1)$$

Denklem 4.1 ile verilen ifade İyonküre parametreleri hakkında yapılan çalışmalarda Sağır (2008)' de hmF2 deki ölçülen NmF2 değeri ve IRI-2001 (International Reference Ionosphere) programıyla hesaplanan NmF2 değerleri arasındaki korelasyon katsayısını kullanarak maksimum elektron yoğunluğunun mevsimsel ve yıllık değişimleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Korlaelçi (2020)'de korelasyon katsayısını kullanarak düşük, orta ve yüksek manyetik enlemler için aktif jeomanyetik dönemlerde manyetik eşlenik noktalarındaki TEI'nin değişimi incelenmiştir. Yüksel (2015)'de QBO ile D bölgesi nötr bileşenleri arasındaki korelasyon katsayısının yüksekliğe göre değişimini incelemiştir. Sonucunda 75 km ve 90 km'de yükseklik değerlerindeki nötr bileşen QBO arasındaki ilişkinin Güneş maksimumu durumunda Güneş minimumundaki korelasyon katsayısından daha büyük olduğunu ifade etmiştir.

Bu çalışmamızda mevsimsel incelemede ekinoks ve gün dönümünde meydana gelebilecek olası ilişkiyel değişimler göz önünde bulundurabilmek için, incelenen 2015

yılı, Şubat, Mart ve Nisan (Ş-M-N), Mayıs, Haziran ve Temmuz (M-H-T), Ağustos, Eylül ve Ekim (A-E-E) ile Kasım ve Aralık (K-A) ayları şeklinde dönemlere ayrılmıştır. Aylık incelemede ise değerlendirilen 2015 yılının her ayı için bir korelasyon katsayısı elde edilerek incelenmiştir.

#### 4.2 Lineer Regresyon Analizi

Bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi matematiksel bağıntılar kullanarak oluşturulan bir denklemlerle ifade edilir. Regresyon bağımsız X değişkeni ile bağımlı Y arasındaki ilişkiyi tanımlar (Timoçin,2016). Bağımlı değişken sürekli değişken özelliği taşımaktadır. Bağımsız değişken ise sürekli veya süreksiz olabilir. Bağımsız değişkenler bağımlı değişkeni bulmamızda kolaylık sağlayabilir. Bağımsızdeğişkenle bağımlı değişken arasındaki korelasyon katsayısı“+1,00” veya “-1,00” ise bağımsız değişkeni kullanarak bağımlı değişkeni tanımlamak mükemmel bir şekilde sağlanabilir. Ama bağımsız değişkenle bağımlı değişken arasındaki korelasyon +1,00 veya -1,00'den 0'a doğru yaklaştıkça bu iki değişken arasındaki ilişki azalacağından dolayı tanımlamadaki hata miktarı da artacaktır. Bu denklemi şu şekilde belirtiriz.

$$Y = aX + b + \varepsilon$$

(4.2)

Burada “a” ve “b” denklemin bilinmeyenleridir. Bunlar aynı zamanda denklemin parametreleridir. “b” denklemin y eksenini kestiği noktayı belirtir ve denklemdaki sabitliği açıklar. “a” ya ise regresyon katsayısı denir.Bağımsız değişkende bir birimlik değişme artma/azalma olduğunda bağımlı değişkende meydana gelecek ortalama değişiklik miktarını verir.  $\varepsilon$  ise denklemdaki yanılma payıdır. Bu denklemin doğrusu iki (x, y) noktasının bir doğru ile birleştirilmesi ile elde edilir (Tan,2015;Alpar,2003).

Denklem (4.2)' de verilen lineer regresyon yöntemi iyonküre çalışmalarında Sağır (2013) de ekvatorial bölgedeki stratoküre de doğu-batı yönünde esen hemen hemen iki yılda bir meydana gelen salınımlar(QBO) ile iyonküre F2 bölgesi kritik frekansı( $f_oF2$ ) arasındaki ilişki incelemede, Kurt (2016)'da QBO ile F2 bölgesi maksimum elektron yoğunluğu ( $NmF2$ ) arasındaki ilişkiyi incelerken, aynı şekilde Yüksel(2015)'de D bölgesi nötr bileşenleri ile QBO arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Akalın(2016)ise iyonosonda ve NeQuick modelinden elde edilen  $NmF1$  değerlerinin farkı ile QBO arasındaki ilişkinin aylık değişimini incelemiştir.Çetin(2016)'de QBO ile

iyonkürenin E-bölgesinde aralıklarla görülen Sporadik-E'nin kritik frekansı(foEs) arasında bir ilişkinin olup olmadığı istatistiksel olarak incelemiştir. Korlaelçi(2020) manyetik eşlenik noktalarında elde edilen ölçülmüş TEİ değerlerinin jeomanyetik aktif durumda verdikleri tepkiler incelenmiştir.

Tüm bu çalışmalardan esinlenerek bu tez çalışmasında jeomanyetik durum ve Güneş'e bağlı durum için aşağıda ifade edilen regresyon denklemleri kullanılmıştır.

Jeomanyetik durum için:

$$TEI_{ISTASYON} = \alpha_0 + \alpha_1(|Rüzgar Hızı|) + \alpha_2 K_p + \alpha_3 Dst + \varepsilon \quad (4.3)$$

Güneş'e bağlı durum için:

$$TEI_{ISTASYON} = \beta_0 + \beta_1(|Rüzgar Hızı|) + \beta_2 F10.7 + \beta_3 (IMF\_Bz) + \varepsilon \quad (4.4)$$

Burada  $\alpha_0$  ve  $\beta_0$  denklemdeki sabit tutulan değişkenlerdir.  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\beta_3$  ise regresyon katsayısıdır.  $\varepsilon$  ise denklemdeki yanılma payıdır. F10,7 ve IMF Güneş parametrelerini  $K_p$  ve  $Dst$  jeomanyetik indisleri göstermektedir. Bu modelle kurulan çoklu regresyon denklemlerinden elde edilen sonuçların istatistiksel olarak geçerli ve anlamlı olabilmesi için denklemdeki katsayıların olasılık değerlerinin, AR ve MA olasılık değerlerinin 0.05 değerinden küçük olması gerekmektedir. Ayrıca Durbin-Watson değerinin 1.5-2.5 Aralığında ve ARCH-LM test sonucu değerinin 0.05 ten büyük olması gerekmektedir (Atıcı, Aytaş ve Sağır, 2020; Atıcı ve Korlaelçi, 2017; Aktaş ve Akkurt, 2006; Gouriéroux, 1997; Sjölander, 2011).

## 5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Bu çalışmada yeryüzü ile uydu arasındaki iletişim ve haberleşmede kullanılan elektromanyetik dalga üzerinde yayılma, kırılma, yansıma, girişim ve frekans kayması gibi etkilere neden olan tropoküre ve stratokürede meydana gelen rüzgar hızının büyüklüğü ile TEİ arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu inceleme İstanbul, Ankara, Samsun, Erzurum, Pozantı istasyonları için yapılmıştır.

TEİ ile stratoküre yüksekliklerinde meydana gelen rüzgar hızı büyüklüğü arasındaki ilişkiyi incelerken atmosfer ve özellikle TEİ üzerinde etkin süreçlerin de göz önüne alınması gerekmektedir. Bu nedenle jeomanyetik alanın Dst, Kp indisleri ve Güneş'in F10.7 indisleri ile gezegenler arası manyetik alanı ifade eden IMF\_Bz indisi göz önüne alınmıştır.

TEİ ve TEİ'nin büyük bölümünü oluşturan iyonküre elektron yoğunluğu önemli ölçüde Güneş ve jeomanyetik alandan etkilenmekle birlikte, alt yüksekliklerde meydana gelen meteorolojik olay ve stratoküre kaynaklı atmosferik dalgalardan etkilenir. Bununla birlikte TEİ günlük, mevsimsel, yıllık ve 11 yıllık süreler ile sınıflandırılmak üzere zamanla da değişir (Sağır, 2013; Lastovicka, 1997; Baldwin, 2001; Yüksel, 2015; Korlaelçi, 2020). Bu çalışmamızda korelasyon katsayısı mevsimsel ve ay/yıllık zaman dilimlerine göre incelenmiştir. Lineer regresyon analizi ise Güneş indisleri ve jeomanyetik indisler için ayrı ayrı yapılmıştır.

### 5.1 Korelasyon Analiz Sonuçları

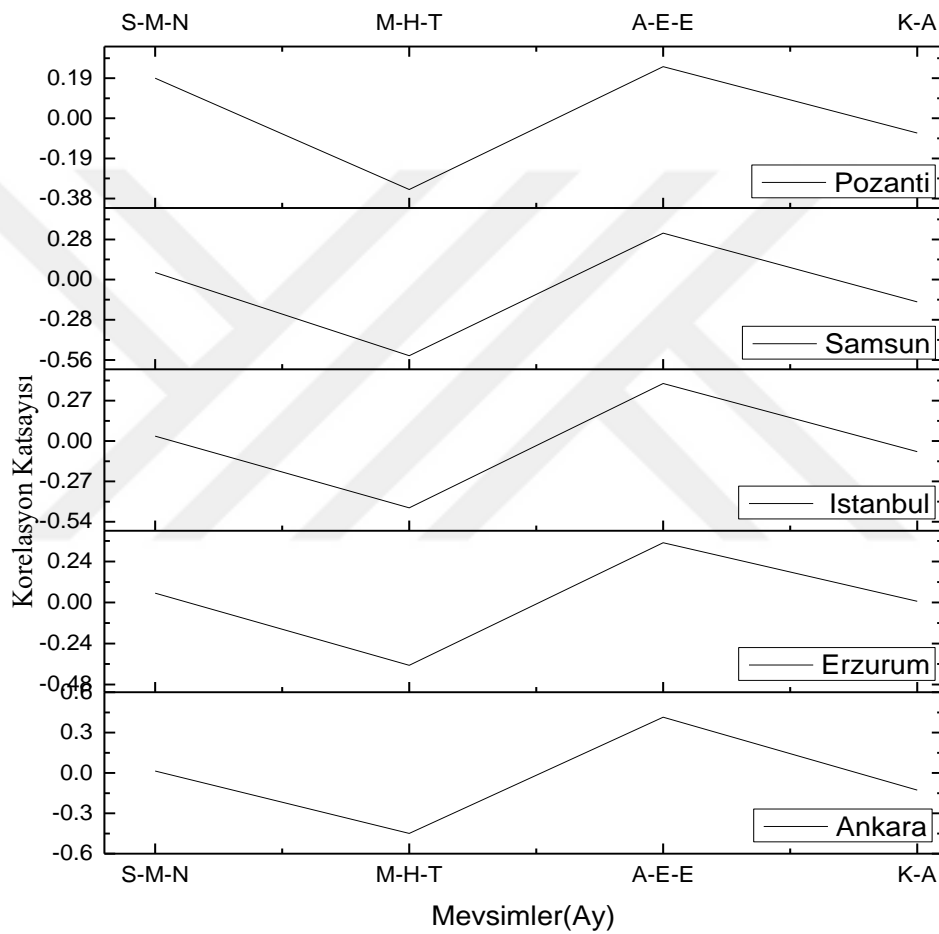
TEİ değerleri ile rüzgar hızının büyüklüğü arasındaki korelasyon katsayı değerleri mevsimsel ve aylık olarak 2015 yılı için analiz edildi.

Mevsimsel incelemede ekinoks ve gündönümlerinde meydana gelebilecek değişimler göz önünde bulundurabilmek için incelenen 2015 yılı dönemlere ayrıldı. Bu dönemler Şubat, Mart ve Nisan (Ş-M-N), Mayıs, Haziran ve Temmuz (M-H-T), Ağustos, Eylül ve Ekim (A-E-E) ile Kasım ve Aralık (K-A) ayları ile sınırlı kalmak üzere 4 farklı mevsime ayrıldı.

Aylık incelemede ise değerlendirilen 2015 yılının her ayı için bir korelasyon katsayısı elde edilerek incelenmiştir.

Şekil 5.1'de TEİ ile rüzgar hızı arasındaki ilişkiyi ifade eden korelasyon katsayısı değerlerinin mevsimsel olarak değişimi gösterilmiştir. Korelasyon

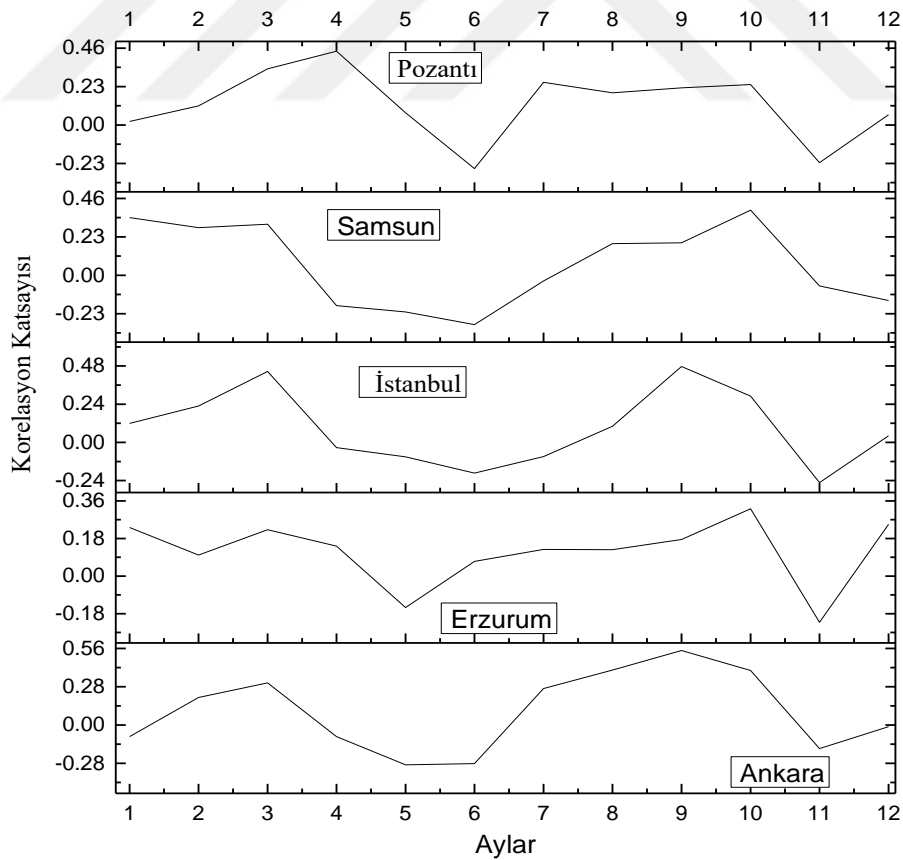
katsayılarının genelde küçük değerler aldığı ve ilişkinin zayıf olduğu ifade edilebilir. Bununla birlikte ilişki katsayısı ekinoks dönemlerinde pozitif değerler alırken gün dönümü dönemlerinde ise negatif değerler aldığı görülmektedir. İlişki ilkbahar ekinoksu ve kış gündönümlerinde oldukça zayıf iken, yaz gündönümü ve sonbahar ekinoksunda ise daha güçlü bir ilişki sözkonusudur. Katsayı değerlerine bakıldığında ise en büyük değer (0.52) yaz gün dönümünde ve Samsun istasyonu için elde edilirken, en küçük değer (0.007) ise kış gün dönümünde Erzurum istasyonu için hesaplanmıştır.



Şekil 5.1 Rüzgar hızı ile TEİ arasındaki korelasyon katsayısının mevsimsel olarak değişimi

TEİ ile rüzgar hızı arasındaki ilişkiyi ifade eden korelasyon katsayısı değerlerinin aylık olarak değişimi Şekil 5.2 de gösterilmiştir. Şekilde Pozanti istasyonu için elde edilen korelasyon katsayıları incelendiğinde, ocak-nisan ayları arasında ilişki katsayısının pozitif yönde arttığı, ardından mayıs ayında ise ilişkinin oldukça zayıf olduğu görülmektedir. Haziran ve Kasım aylarında negatif bir ilişki görülürken Temmuz ve Ekim ayları arasında pozitif yönde neredeyse sabit denecek bir ilişki

mevcuttur. Samsun istasyonu için elde edilen korelasyon incelendiğinde ise ocak ve mart ayları arasında pozitif yönde sabit bir ilişki mevcuttur. Nisan ve haziran ayları bakıldığında ise ilişki negatif yönde giderek artmaktadır. Temmuz ve ekim ayların arasında ilişki pozitif yönde artmaktadır. Bu aydan sonra ilişki pozitif yönde zayıflamaktadır. İstanbul istasyonu için elde edilen korelasyon katsayıları incelendiğinde ise ocak-mart ayları arasında pozitif yönde ilişki giderek artış göstermektedir. Nisan- haziran ayları arasında ilişki negatif yönde giderek artmaktadır. Temmuz-eylül ayları arasında ilişki pozitif yönde bir artış göstermektedir. Eylül ayından sonra ilişki giderek zayıflamakta ve kasım ayında negatif yönde ilişki artmaktadır. Erzurum istasyonu için korelasyon katsayısı incelendiğinde ise mayıs ve kasım aylarında negatif yönde zayıf bir ilişki diğer aylarda artış ve azalmalarla birlikte pozitif yönde bir ilişki mevcuttur. Ankara istasyonunda ise durum İstanbul istasyonu ile benzerdir. Katsayı değeri yılın ilk üç ayında sürekli olarak pozitif yönde artarken, sonrasında pozitif yönde zayıf ilişki ve ardından negatif yönde bir ilişkiye doğru yönelme söz konusudur.



Şekil 5.2 Rüzgar hızı ile TEİ arasındaki korelasyon katsayısının aylık olarak değişimi

## 5.2 Lineer Regresyon Analiz Sonuçları

Zamanla değişen serilerde inceleme yapılmadan önce serilerin durağanlıkları analiz edilir. Serilerdeki durağanlık durumuna bağlı olarak regresyon analiz yöntemi belirlenir. Bu neden bizim çalışmamızda kullanılan tüm zamanla değişen serilerimiz için üç farklı durağanlık analizi yapılmıştır. Bu analizlere ait durağanlık testi sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir. Değişkenlerimizin durağanlık koşulu olarak en az iki test türüne göre durağan olması koşulu aranmıştır. Buna göre her bir test türü için elde edilen test sonucu mutlak değer olarak çizelgenin altında verilen Mac Kinnon kritik değerinden büyük olması gerekmektedir. Bu durağanlık koşulunu yüzdelerik öneme göre farklılıklar göstermek ile birlikte incelenen tüm bağımlı ve bağımsız değişkenleri sağladığı görülmektedir.

**Çizelge 5.1** Değişkenlere ait durağanlık analizi sonuçları

İstasyon Adı	Değişkenler	ADF	PP	KPSS
Ankara	TEİ	-4.18*	-9.03*	0.24*
	Rüzgar Hızı	-4.35*	-4.85*	0.36*
Pozantı	TEİ	-5.77*	-9.46*	0.12***
	Rüzgar Hızı	-2.56	-7.23*	0.29*
Samsun	TEİ	-5.97*	-9.55*	0.18**
	Rüzgar Hızı	-3.81**	-5.48*	0.36*
İstanbul	TEİ	-6.09*	-9.56*	0.19**
	Rüzgar Hızı	-7.26*	-7.08*	0.29*
Erzurum	TEİ	-6.02*	-9.44*	0.18**
	Rüzgar Hızı	-4.53*	-5.60*	0.38*
IMF_Bz		-13.85*	-13.33*	0.10
F10.7		-4.83*	-6.67*	0.08
Kp		-12.98*	-13.22*	0.05
Dst		-10.92*	-11.14*	0.04
<b>Mac-Kinnon Kritik Değerleri</b>				
%1		-3.98	-3.98	0.21
%5		-3.42	-3.42	0.14
%10		-3.13	-3.13	0.11

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla %1 den büyük, %1-%5 aralığında ve %5-%10 aralığındaki önem seviyeleri temsil eder.

Durağanlık analizi yapıldıktan sonra rüzgar hızı büyüklüğü ile TEİ değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkinin boyutlarının TEİ üzerindeki etkisi yaygın olarak bilinen Güneş ve jeomanyetik alana ait ölçülmüş indis değerleri ile karşılaştırmak için tüm istasyonlarda denklem (4.3) ve (4.4), her bir istasyon için ayrı ayrı kurularak sonuçları elde edilmiştir.

### 5.2.1 Ankara istasyonu için regresyon analizi sonuçları

Ankara istasyonu için Güneş ve jeomanyetik durumlar için aşağıdaki regresyon denklemleri kurulmuştur. Bu denklemler kullanılarak elde edilen analiz sonuçları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Jeomanyetik durum için:

$$TEİ_{ANKARA} = \alpha_0 + \alpha_1(|Rüzgar Hızı|) + \alpha_2 K_p + \alpha_3 Dst + \varepsilon \quad (5.1)$$

Güneş’e bağlı durum için:

$$TEİ_{ANKARA} = \beta_0 + \beta_1(|Rüzgar Hızı|) + \beta_2 F10.7 + \beta_3 (IMF\_Bz) + \varepsilon \quad (5.2)$$

Çizelgede verilen ilk iki satırdaki Durbin Watson ve ARCH-LM test sonuç değerleri kurulan regresyon denklemlerinin doğruluğunu ifade eder. Çünkü Durbin Watson değeri 1.5 ile 2.5 aralığında, ARCH-LM test sonucunu olasılık değeri (parantez içi ifade) ise 0.05 ten büyük olmalıdır ve elde edilen sonuçlar bu değerleri doğrulamaktadır (Atıcı ve ark., 2020; Korlaeçi, 2020). Çizelgede 4. satırda yer alan Adjusted R<sup>2</sup> değeri (5.1) ve (5.2) denklemleri ile kurulan modellerdeki bağımlı değişken TEİ değerinde meydana gelen değişimlerin denklemlerde ifade edilen bağımsız değişkenler ile açıklanabilirlik yüzdesini ifade etmektedir. Yani 0.70’lik Adjusted R<sup>2</sup> değeri TEİ değerlerinde meydana gelen değişimlerin % 70 inin rüzgar hızının büyüklüğü, K<sub>p</sub> ve Dst ile açıklanabildiğini ifade eder. Benzer şekilde 0.61’lik Adjusted R<sup>2</sup> değeri TEİ değerlerinde meydana gelen değişimlerin % 61’inin rüzgar hızının büyüklüğü, F10.7 ve IMF\_Bz ile açıklanabildiğini ifade eder.

$\alpha_0$  değeri, (5.1) regresyon denkleminde yer almayan ancak TEİ üzerinde etkili olan diğer bağımsız değişkenleri temsil eder. 0.11 olan  $\alpha_1$  katsayı değeri rüzgar hızının büyüklüğündeki 1 m/s’lik değişiminin TEİ değeri üzerinde 0.11 TECU’luk bir değişime sebep olduğunu ifade etmektedir. 0.16 olan  $\alpha_2$  katsayı değeri, K<sub>p</sub> değerinde meydana gelen 1 birimlik değişim, TEİ değerinde 0.16 TECU’luk bir değişime neden olduğunu ifade eder. 0.02 olan  $\alpha_3$  katsayı değeri, Dst değerinde meydana gelen 1 nT lık

değişim(artma/azalma) TEİ değerinde 0.02 TECU'luk bir artma/azalmaya neden olmaktadır.

$\beta_0$  değeri(5.2) regresyon denkleminde bulunmayıp TEİ üzerinde etkili olan diğer bağımsız değişkenleri temsil eder. 0.08 olan  $\beta_1$  katsayı değeri rüzgar hızının büyüklüğündeki meydana gelen 1 m/s'lik artış/azalışın TEİ değeri üzerinde 0.08 TECU luk bir azalmaya/artmaya sebep olduğunu ifade etmektedir. Bu zıt ilişki  $\beta_1$  katsayısının önündeki “-” işareti ile ifade edilmiştir. 0.01 olan  $\beta_2$  katsayı değeri, F10.7 değerinde meydana gelen 1 sfu( $10^{-22}$ Weber/m<sup>2</sup>Hz) luk değişim TEİ değerinde 0.01 TECU'luk bir değişime neden olmaktadır. Katsayıdan da anlaşılacağı üzere F10.7 ile TEİ değerleri arasında pozitif bir ilişki vardır. 0.66 olan  $\beta_3$  katsayı değeri, IMF\_Bz değerinde meydana gelen 1 nT'lık artma/azalma TEİ değerinde 0.66 TECU'luk bir artmaya/azalmaya neden olmaktadır.

**Çizelge 5.2** Ankara istasyonu regresyon analiz sonuçları

Testler/Katsayı Değeri	Jeomanyetik Durum	Güneş Durum
ARCH-LM	0.65 (0.41)	1.16 (0.28)
Durbin Watson	1.51	1.51
Adjusted R <sup>2</sup>	0.70	0.61
$\alpha_0/\beta_0$	40.86 (0.000)*	23.67 (0.000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0.11 (0.000)*	-0.08 (0.008)*
$\alpha_2/\beta_2$	0.16 (0.000)*	0.01 (0.010)*
$\alpha_3/\beta_3$	0.02 (0.038)**	0.66 (0.000)*

### 5.2.2 Pozantı istasyonu için regresyon analizi sonuçları

Pozantı istasyonu için Güneş ve jeomanyetik durumlara göre aşağıdaki regresyon denklemleri kurulmuştur. Bu denklemler kullanılarak elde edilen analiz sonuçları Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Jeomanyetik durum için:

$$TEİ_{POZANTI} = \alpha_0 + \alpha_1(|Rüzgar Hızı|) + \alpha_2 K_P + \alpha_3 Dst + \varepsilon \quad (5.3)$$

Güneş'e bağlı durum için:

$$TEİ_{POZANTI} = \beta_0 + \beta_1(|Rüzgar Hızı|) + \beta_2 F10.7 + \beta_3 (IMF\_Bz) + \varepsilon \quad (5.4)$$

Çizelgedeki 1.52 ve 1.55'lik Durbin Watson değerleri 1.5 ve 2.5 arasında olduğu içinve ARCH-LM olasılık değeri olan 0.78 değeri 0.05 den büyük olduğu için kurulan regresyon modeli istatistiksel olarak doğrudur(Korlaelçi, 2020).Adjusted R<sup>2</sup> değeri TEİ değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki yüzdelik değerini ifade eder.0.58'lik bu değer, TEİ deki değişimin % 58'inin rüzgar hızının büyüklüğü, Kp ve Dst değişkenleriyle ile açıklanabildiğini ifade eder. Aynı şekilde 0.54'lik Adjusted R<sup>2</sup> değeri, TEİ de gözlenen değişimin %54 ünün rüzgar hızının büyüklüğü, F10.7 ve IMF\_Bz ile açıklamaktadır.

$\alpha_0$  değeri(5.1) regresyon denkleminde bulunmadığı halde TEİ üzerinde etkili olan diğer bağımsız değişkenleri temsil eder.0.08 olan  $\alpha_1$  katsayı değeri rüzgar hızının büyüklüğündeki 1 m/s'lik değişimin TEİ değeri üzerinde 0.08 TECU'luk bir değişime sebep olduğunu ifade etmektedir. Ancak bu değer önündeki “-“ işareti ilişkinin bağımsız değişkendeki artışın bağımlı değişkendeki azalmayı, azalmanın ise bağımlı değişkendeki artmayı ifade etmektedir.0.09 olan  $\alpha_2$  katsayı değeri, Kp değerinde meydana gelen 1 birimlik artmanın/azalmanın TEİ değerinde 0.09 TECU'luk bir azalmaya/artmaya neden olmaktadır.0.05 olan  $\alpha_3$  katsayı değeri, Dst değerinde meydana gelen 1 nT'lık değişim(artma/azalma) TEİ değerinde 0.05 TECU'luk bir artmaya/azalmaya neden olmaktadır.

$\beta_0$  değeri (5.2) regresyon denkleminde bulunmayıp TEİ üzerinde etkili olan diğer bağımsız değişkenleri temsil eder. 0.09 olan  $\beta_1$  katsayı değeri rüzgar hızının büyüklüğündeki meydana gelen 1 m/s'lik artışın/azalışın TEİ değeri üzerinde 0.09 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olduğunu ifade etmektedir. Bu zıt ilişki  $\beta_1$  katsayısının önündeki “-“ işareti ile ifade edilmiştir.0.004 olan  $\beta_2$  katsayı değeri, F10.7 değerinde meydana gelen 1 sfuluk değişim TEİ değerinde 0.004 TECU'luk bir değişime neden olmaktadır. Bununla birlikte bu değişimleri zıt yönlü olduğu katsayı değerinin “-“ işaretli olmasından anlaşılmaktadır. IMF\_Bznin katsayı değeri olan 0.25 değeri, bağımsız değişken üzerinde meydana gelen 1 nT'lık artma/azalma TEİ değerinde 0.25 TECU'luk bir azalmaya/artmaya neden olmaktadır.

**Çizelge 5.3** Pozantı istasyonu regresyon analiz sonuçları

Testler/Katsayı Değeri	Jeomanyetik Durum	Güneş Durum
ARCH-LM	0.07 (0.78)	0.22 (0.64)
Durbin Watson	1.52	1.55
Adjusted R <sup>2</sup>	0.58	0.54
$\alpha_0/\beta_0$	31.44 (0.000)*	30.88 (0.000)*
$\alpha_1/\beta_1$	-0.08 (0.021)*	-0.09 (0.002)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0.09 (0.000)*	-0.004 (0.010)*
$\alpha_3/\beta_3$	0.05 (0.003)*	-0.25 (0.010)*

### 5.2.3 Samsun istasyonu için regresyon analizi sonuçları

Samsun istasyonu için Güneş ve jeomanyetik durumlar göre aşağıdaki regresyon denklemleri kurulmuştur. Bu denklemler kullanılarak elde edilen analiz sonuçları Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Jeomanyetik durum için:

$$TEİ_{SAMSUN} = \alpha_0 + \alpha_1(|Rüzgar Hızı|) + \alpha_2 K_p + \alpha_3 Dst + \varepsilon \quad (5.5)$$

Güneş durumu için:

$$TEİ_{SAMSUN} = \beta_0 + \beta_1(|Rüzgar Hızı|) + \beta_2 F10.7 + \beta_3 (IMF\_Bz) + \varepsilon \quad (5.6)$$

Çizelgede verilen ilk iki satırdaki Durbin Watson ve ARCH-LM test sonuç değerleri kurulan regresyon denklemlerinin doğruluğu ifade eder. Adjusted R<sup>2</sup> değeri Samsun istasyonu için kurulan modellerdeki bağımlı değişken TEİ değerinde meydana gelen değişimlerin denklemlerde ifade edilen bağımsız değişkenler ile açıklanabilirlik yüzdesini ifade etmektedir. Yani 0.65’lik Adjusted R<sup>2</sup> değeri, TEİ değerlerinde meydana gelen değişimlerin % 65’inin rüzgar hızının büyüklüğü, K<sub>p</sub> ve Dst ile açıklanabildiğini ifade eder. Benzer Güneş durumu için kurulan regresyon denkleminde elde edilen 0.61 olan bu değer, TEİ değerlerinde meydana gelen değişimlerin % 61’inin F10.7, IMF\_Bz ve rüzgar hızının büyüklüğü ile açıklanabildiğini ifade eder.

Denklem (5.5) de verilen  $\alpha_0$  değeri, regresyon denklemine eklenilmemiş ancak TEİ üzerinde etkili olan diğer bağımsız değişkenleri temsil etmektedir. 0.07 olan  $\alpha_1$

katsayı değeri rüzgar hızının büyüklüğündeki 1 m/s'lik değişimin TEİ değeri üzerinde 0.07 TECU'luk bir değişime sebep olduğunu ifade etmektedir. 0.09 olan  $\alpha_2$  katsayı değeri, Kp değerinde meydana gelen 1 birimlik değişimin TEİ değerinde 0.09 TECU'luk bir değişimin nedeni olduğunu göstermektedir. Hem rüzgar hızının büyüklüğü hem de Kp'nin değişimi TEİ değişimleri ile ilişkisi pozitiftir. Ancak diğer bir jeomanyetik indis olan Dst ile TEİ'nin değişimleri negatiftir. Yani 0.022 olan  $\alpha_3$  katsayı değeri, Dst değerinde meydana gelen 1 nT'lık artma/azalma TEİ değerinde 0.022 TECU'luk bir azalmaya/artmaya neden olmaktadır.  $\alpha_3$  ünönündeki '-' işareti zıtlığı göstermektedir.

Güneş'e bağlı durumu analiz etmek için kurulan (5.6) regresyon denklemindeki  $\beta_0$  değerleri, bu denklemde bulunmadığı halde TEİ üzerinde etkili olan diğer bağımsız değişkenleri temsil eder. 0.05 olan  $\beta_1$  katsayı değeri rüzgar hızının büyüklüğündeki meydana gelen 1 m/s'lik artışın/azalışın TEİ değeri üzerinde 0,05 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olduğunu ifade etmektedir. Bu zıt ilişki  $\beta_1$  katsayısının önündeki '-' işareti ile ifade edilmiştir. 0.01 olan  $\beta_2$  katsayı değeri, F10.7 değerinde meydana gelen 1 sfulukdeğişim TEİ değerinde 0.01 TECU'luk bir değişime neden olmaktadır. Katsayıdan da anlaşılacağı üzere F10.7 ile TEİ değerleri arasında pozitif bir ilişki vardır. 0.53 olan  $\beta_3$  katsayı değeri, IMF\_Bz değerinde meydana gelen 1 nT'lık artma/azalma TEİ değerinde 0.53 TECU'luk bir artmaya/azalmaya neden olmaktadır.

**Çizelge 5.4** Samsun istasyonu regresyon analiz sonuçları

Testler/Katsayı Değeri	Jeomanyetik Durum	Güneş Durum
ARCH-LM	0.54 (0.46)	0.06 (0.80)
Durbin Watson	1.52	1.54
Adjusted R <sup>2</sup>	0.65	0.61
$\alpha_0/\beta_0$	34.95 (0.000)*	22.86 (0.000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0.07 (0.007)*	-0.050 (0.041)**
$\alpha_2/\beta_2$	0.090 (0.000)*	0.01 (0.019)*
$\alpha_3/\beta_3$	-0.022 (0.094)***	0.53 (0.000)*

### 5.2.4 İstanbul istasyonu için regresyon analizi sonuçları

İstanbul istasyonu için Güneş ve jeomanyetik durumlar göre aşağıdaki regresyon denklemleri kurulmuştur. Bu denklemler kullanılarak elde edilen analiz sonuçları Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Jeomanyetik durum için:

$$TEI_{İSTANBUL} = \alpha_0 + \alpha_1(|Rüzgar Hızı|) + \alpha_2 K_p + \alpha_3 Dst + \varepsilon \quad (5.7)$$

Güneş durumu için:

$$TEI_{İSTANBUL} = \beta_0 + \beta_1(|Rüzgar Hızı|) + \beta_2 F10.7 + \beta_3 (IMF\_Bz) + \varepsilon \quad (5.8)$$

Çizelgedeki 1.48 ve 1.52’lik Durbin Watson değerleri 1.5 ve 2.5 arasında olduğu içinve ARCH-LM olasılık değeri olan 0.63 değeri 0.05 den büyük olduğu için kurulan regresyon modeli istatistiksel olarak doğrudur. Adjusted R<sup>2</sup> değeri bağımlıdeğişkendeki değişimlerin, bağımsız değişkenlerle açıklanabilirlik yüzdesini ifade eden 0,63 lük Adjusted R<sup>2</sup> değeri TEİ deki değişimin % 63’ünün Kp, Dst ve rüzgar hızındaki değişimler ile açıklanabildiğini ifade etmektedir. Aynı şekilde 0.59’lik Adjusted R<sup>2</sup> değeri, TEİ de gözlenen değişimin % 59 unun rüzgar hızı, F10.7 ve IMF\_Bzdan kaynakladığını göstermektedir.

Jeomanyetik durum için kurulan (5.7) regresyon denklemindeki  $\alpha_0$  değeri denklemde bulunmayıp TEİ üzerinde etkili olan diğer bağımsız değişkenleri temsil eder. 0.039 olan  $\alpha_1$  katsayı değeri rüzgar hızının büyüklüğündeki 1 m/s’lik değişimin TEİ değeri üzerinde 0.039 TECU’luk bir değişime sebep olduğunu ifade etmektedir. 0.11 olan  $\alpha_2$  katsayı değeri, Kp değerinde meydana gelen 1 birimlik değişim TEİ değerinde 0.11 TECU’luk bir değişime neden olmaktadır. Hem rüzgar hızı hem de Kp bağımsız değişkenleri ile bağımlı değişken TEİ arasında pozitif bir ilişki vardır. Ancak bir diğer jeomanyetik indis olan Dst ile TEİ arsında negatif bir ilişki belirlenmiştir. Yani 0.018 olan  $\alpha_3$  katsayı değeri, Dst değerinde meydana gelen 1 nT’lık değişim(artma/azalma) TEİ değerinde 0.018 TECU’luk bir azalmaya/artmaya neden olmaktadır. Bu durum  $\alpha_3$  katsayısının önündeki ‘-’ işareti ile gösterilmiştir.

Güneş’e bağlı durumu ifade etmek için kurulan (5.8) regresyon denkleminde  $\beta_0$  değeri, denklemde bulunmayıp TEİ üzerinde etkili olan diğer bağımsız değişkenleri temsil eder. Rüzgar hızı büyüklüğünün katsayısı olan  $\beta_1$  in 0.044 değeri rüzgar hızının büyüklüğündeki meydana gelen 1 m/s’lik artışın/azalışın TEİ değeri üzerinde 0.044 TECU’luk bir azalmaya/artmaya sebep olduğunu ifade etmektedir. Bu zıt ilişki

$\beta_1$  katsayısının önündeki “-“ işareti ile ifade edilmiştir. 0.19 olan  $\beta_2$  katsayı değeri, F10.7 değerinde meydana gelen 1 sfuluk değişim TEİ değerinde 0.19 TECU’luk bir değişime neden olmaktadır. Katsayıdan da anlaşılacağı üzere F10.7 ile TEİ değerleri arasında pozitif bir ilişki vardır. 0.26 olan  $\beta_3$  katsayı değeri, IMF\_Bz değerinde meydana gelen 1 nT’lık artma/azalma TEİ değerinde 0.26 TECU’luk bir artmaya/azalmaya neden olduğunu ifade etmektedir.

**Çizelge 5.5** İstanbul istasyonu regresyon analiz sonuçları

Testler/Katsayı Değeri	Jeomanyetik Durum	Güneş Durumu
ARCH-LM	0.87 (0.35)	0.13 (0.70)
Durbin Watson	1.48	1.52
Adjusted R <sup>2</sup>	0.63	0.59
$\alpha_0/\beta_0$	35.93 (0.000)*	1.905 (0.284)
$\alpha_1/\beta_1$	0.039 (0.006)*	-0.044 (0.088)***
$\alpha_2/\beta_2$	0.11 (0.000)*	0.19 (0.000)*
$\alpha_3/\beta_3$	-0.018 (0.036)**	0.26 (0.000)*

### 5.2.5 Erzurum istasyonu için regresyon analizi sonuçları

Erzurum istasyonu için Güneş ve jeomanyetik durumlar göre aşağıdaki regresyon denklemleri kurulmuştur. Bu denklemler kullanılarak elde edilen analiz sonuçları Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Jeomanyetik durum için:

$$TEI_{ERZURUM} = \alpha_0 + \alpha_1(|Rüzgar Hızı|) + \alpha_2 K_p + \alpha_3 Dst + \varepsilon \quad (5.9)$$

Güneş durumu için:

$$TEI_{ERZURUM} = \beta_0 + \beta_1(|Rüzgar Hızı|) + \beta_2 F10.7 + \beta_3 (IMF\_Bz) + \varepsilon \quad (5.10)$$

Erzurum istasyonundaki 4. satıra baktığımızda %70’lik AdjustedR<sup>2</sup> değeri bağımlı değişken olan TEİ’i belirtir. %70’lik AdjustedR<sup>2</sup> değeri rüzgar hızı, K<sub>p</sub>, Dst ile açıklanır. Aynı şekilde %71’lik AdjustedR<sup>2</sup> değeri Güneş parametresinde F10.7, IMF\_Bz ve rüzgar hızı ile açıklanabilir.

$\alpha_0$  değerleri (5.9) denkleminde ortaya çıkan olası durumları belirtir. 0.076 olan  $\alpha_1$  katsayı değeri rüzgar hızının büyüklüğündeki 1 m/s'lik değişimin TEİ değeri üzerinde 0.076 TECU'luk bir değişimi belirtir. 0.11 olan  $\alpha_2$  katsayı değeri, Kp değerinde meydana gelen 1 birimlik değişim TEİ değerinde 0.11 TECU'luk bir değişime neden olmaktadır. 0.031 olan  $\alpha_3$  katsayı değeri, Dst değerinde meydana gelen 1 nT'lık değişim (artma/azalma) TEİ değerinde 0.031 TECU'luk bir artmaya/azalmaya neden olmaktadır.

$\beta_0$  değeri ise (5.10) denkleminde bağımsız değişkenleri belirtir. 0.035 olan  $\beta_1$  katsayı değeri rüzgar hızının büyüklüğündeki meydana gelen 1 m/s'lik artış/azalışın TEİ değeri üzerinde 0.035 TECU'luk bir artış/azalışa sebep olduğunu ifade etmektedir. 0.13 olan  $\beta_2$  katsayı değeri, F10.7 değerinde meydana gelen 1 sfuluk değişim TEİ değerinde 0.13 TECU'luk bir değişime neden olmaktadır. Katsayıdan da anlaşılacağı üzere F10.7 ile TEİ değerleri arasında pozitif bir ilişki vardır. 0.41 olan  $\beta_3$  katsayı değeri, IMF\_Bz değerinde meydana gelen 1 nT'lık artmanın/azalmanın TEİ değerinde 0.41 TECU'luk bir artmaya/azalmaya neden olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 5.6** Erzurum istasyonu regresyon analiz sonuçları

Testler/Katsayı Değeri	Jeomanyetik Durum	Güneş Durumu
ARCH-LM	0.001 (0.99)	0.21 (0.65)
DurbinWatson	1.72	1.61
Adjusted R <sup>2</sup>	0.70	0.71
$\alpha_0/\beta_0$	39.91 (0.000)*	22.44 (0.000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0.076 (0.002)*	0.035 (0.092)***
$\alpha_2/\beta_2$	0.11 (0.000)*	0.13 (0.000)*
$\alpha_3/\beta_3$	0.031 (0.009)*	0.41 (0.000)*

## 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 6.1 Sonuçlar

İyonküre alt bölgelerden ve özellikle de Güneş ve jeomanyetik alandan etkilenir. Alt bölgelerden gelen etkiler elektromanyetik dalga kaynaklı ve atmosferik dalga kaynaklı olarak sınıflandırılmaktadır. Atmosferik dalga kaynaklı olanlar enerji ve momentum olarak iyonküreye taşınırlar. Bu taşınma neticesinde iyonkürede bulunan atom, molekül veya elektronlar ile etkileşime girerek buradaki elektron miktarında değişimlere sebep olabilmektedir (Atıcı ve Sağır, 2017; Baldwin ve ark., 2001; Inyurt ve ark., 2019; Martinis ve Manzano, 1999; Mohanakumar, 2008; Yiğit ve ark., 2020). Bu bağlamda, bu tez çalışmasında orta enlemde bulunan Türkiye'nin üçü yaklaşık aynı enlem ve üçü yaklaşık aynı boylamda olan ve 5 farklı coğrafik bölgeden seçilen istasyonlar için stratoküredeki rüzgar hızı büyüklüğü ile TEİ değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu inceleme, jeomanyetik indisler ve Güneş indisleri ile karşılaştırılmak üzere iki farklı durum için yapılmıştır.

TEİ ile rüzgar hızı arasındaki korelasyon mevsimsel ve aylık olarak Ankara, İstanbul, Pozantı, Samsun, Erzurum istasyonları için incelenmiştir. Bunun sonucunda mevsimsel olarak incelenen korelasyon katsayısı küçük değerler almakla birlikte ekinoks aylarında pozitif, gün dönümü dönemlerinde ise negatif bir ilişki göstermektedir. Bununla birlikte korelasyon katsayısı aylık olarak incelendiğinde ise farklılıklar görülmektedir.

Güneş durumu için Erzurum istasyonu dışındaki tüm istasyonlarda rüzgar hızı ile TEİ arasında negatif bir ilişki var iken, jeomanyetik durumda Pozantı dışındaki tüm istasyonlarda pozitif bir ilişki bulunmaktadır.

Jeomanyetik durum için yapılan incelemede tüm istasyonlar için TEİ değerleri üzerinde, rüzgar hızı değerlerin  $K_p$  indisinden daha küçük bir etkiye sahip iken, Dst değerlerinden ise daha büyük bir etkiye sahip olduğu hesaplanmıştır.

Güneş durumunu göz önüne almak için yapılan incelemede tüm istasyonlar için elde edilen sonuçlarda IMF\_Bz indisinin TEİ üzerindeki etkisinin F10.7 ve rüzgar hızından daha büyük etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. İstanbul ve Erzurum istasyonları için elde edilen TEİ değerleri üzerinde F10.7 indisinin rüzgar hızı değerlerinden daha etkili olurken, diğer istasyonlarda ise rüzgar hızının daha etkili olduğu görülmüştür.

İyonküre özellikle mezoküre yüksekliklerine kadar alt atmosferden ve meteorolojik süreçlerden baskın bir şekilde etkilendiği bilinmektedir. Bu çalışmamız ile bu etkinin Türkiye atmosferi içinde de var olduğu görülmüştür. Bu nedenle TEİ üzerine yapılacak çalışmalarda stratoküresel rüzgarların da göz önüne alınması daha net sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

## 6.2Öneriler

- Çizelgede verilen değerler ile TEC(Toplam Elektron İçeriği) arasındaki ilişkiye bakılabilir.
- Rüzgar verileri kullanılarak ekvator bölgesinde QBO ile ilişkileri araştırılabilir.
- Çizelgedeki değerler ile kritik frekans değerleri arasındaki ilişki incelenebilir.



## KAYNAKLAR

- Akalın, Y. (2016), “İyonküre NeQuick Modelinin Stratoküresel QBO Açısından Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 54.
- Akkaya, İ., 1997, Antenler ve Propagasyon, Sistem, *Sistem Yayıncılık*, İstanbul, 50-270.
- Aksakal, H. (2000), “İyonküredeki Termoküresel Rüzgarlar”, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 57.
- Aktaş, C. ve Akkurt, H. 2006. Arch modelleri ve Türkiye’ye ait otomobil üretimi verilerinin farklı varyanslığının incelenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 16. 87-106. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/5537>
- Allen, R., Ziv, A., 2011. Application of real-time GPS to Earthquake Early Warning, *Geophysical Research Letter*, 38(16), 1-7.
- Allen, R., Kanamori, H., 2003. The potential for Earthquake Early Warning in Southern California, *Science*, 300, (5620), 786-789.
- Alpar, R., 2003, Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş, *Nobel Yayıncılık*, Ankara, 140-165.
- Atıcı, R., Aytaş, A. ve Sağır, S. 2020. The effect of solar and geomagnetic parameters on total electron content over Ankara, Turkey. *Advances in Space Research*, 65(9), 2158-2166. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.07.018>.
- Atıcı, R., Güzel, E., Sağır, S., 2018. Lower ionospheric electron density changes following lightning discharges. *Acta Geophysica*, 66, 731-738.
- Atıcı, R., Sağır, S., 2017. The effect of QBO on foE. *Advances in Space Research*, 60, 357-362
- Atıcı, R. ve Korlaelçi, S. 2017. The effect of IMF\_Bz and f10.7 solar flux on neutral molecule density of ionospheric E-region. *Journal of Physical Science and Application*, 7(3), 66-70. <https://doi.org/10.17265/2159-5348/2017.03.009>.
- Aydın, C., Aykut, N. O., ve Akpınar, B., 2018. GNSS-PPP ile Elde Edilen Düşey Yer Değiştirme nin Doğruluğu. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2), 605-615.
- Baldwin, M. P., Gray, L. J., Dunkerton, T. J., Hamilton, K., Haynes, P. H., Randel, W. J., Holton, J. R., Alexander, M. J., Hirota, I., Horinouchi, T., Jones, D. B. A., Kinniersley, J. S., Marquardt, C., Sato, K. ve Takahashi, M., 2001. Quasi-Biennial Oscillation, *Rev. Geophys.*, 39, 179-229.

- Blewitt, G., Kreemer, C., Hammond, W. C., Plag, H. P., Stein, S., Okal, E. 2006. Rapid determination of earthquake magnitude using GPS for tsunami warning systems. *Geophysical Research Letters*, 33(11), L11309.
- Borchevkina, O., Karpov, I., Karpov, M., 2020. Meteorological Storm Influence on the Ionosphere Parameters. *Atmosphere*, 11, 1017. <https://doi.org/10.3390/atmos11091017>
- Bülbül, A. (2011), "CORS-TR Sisteminin Ulaşım Hizmetlerinde Kullanımı", Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul, 83.
- Cingöz, A. A, Yıldırım Ö., Eren K., Uzel T., Lenk O., Gürdal M.A., Bakıcı S., Aktuğ B., 2008, Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (Tusaga-Aktif / Cors-Tr), *İTÜ, HGK, TKGM, TÜBİTAK*, 1-9.
- Cingöz, A., Erkan, Y., Kurt, A. İ., Peker, S., 2013, Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) Sistemi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Çetin, K. (2016), "Ekvatorial Stratokürede İki Yılda Bir Meydana Gelen Salınımların Sporadik E Bölgesindeki Etkisi", Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, 48.
- Deniz, İ. (2016), "Sürekli Gözlem Yapan GNSS Ağları ile Su Buharının Yüksek Doğruluklu Olarak Modellenmesi", Doktora, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, 141.
- Deviren, M.N., Arıkan, F., Arıkan, O., 2013. Spatio-temporal interpolation of total electron content using a GPS network. *Radio Science*, 48, 302–309. <https://doi.org/10.1002/rds.20036>.
- Eren, K., Uzel, T., Gulal, E., Yıldırım, O., Cingöz, A. 2009. Results from a Comprehensive Global Navigation Satellite System Test in the CORS-TR Network: Case Study. *Journal of Surveying Engineering*, 135(1), 10–18.
- Espinosa-Aranda, J., Jimenez, A., Ibarrola, G., Alcantar, F., Aguilar, A., Inostroza, M. ve Maldonado, S., 1995, Mexico City Seismic Alert System, *Seismol. Res. Lett.*, 66(6), 42-53.
- Gürbüz, G. (2015), "GNSS ve Radyasonadan Elde Edilen Yoğuşabilir Su Buharı Miktarlarının Karşılaştırılması", Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, 118.
- Gouriéroux, C. 1997. ARCH Models and Financial Applications. *Springer*, New York, USA: ISBN 978-1-4612-1860-9
- Hunsucker, R. D. ve Hargreaves, J. K., 2003, The High-Latitude Ionosphere and its Effects on Radio Propagation, *Cambridge University Press*, Cambridge, 50.

- İnyurt, S., Peker, S., Mekik, C., 2019. Monitoring potential ionospheric changes caused by the Van earthquake (7.2). *Annales Geophysicae* 37, 143–151. <https://doi.org/10.5194/angeo-37-143-2019>
- Isioye O. A., Combrinck L, Botai J. O. ve Munghemezulu C., 2015. The Potential for Observing African Weather with GNSS Remote Sensing, *Advances in Meteorology*, 2015, 1–16.
- Kahveci, M., 2009, Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, *Nobel Akademik Yayıncılık*, Ankara, 1-140.
- Kaçar, A. (2018), “İyonkürede Dalga Yayılımı Modellemesi İçin Işın İzleme Algoritmalarının Grafik İşlemci Birimleri İle Paralel İşlenmesi”, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 104.
- Korlaelçi, S.(2020), “Jeomanyetik Aktif Durumlar İçin Manyetik Eşlenik Noktalarındaki İyonosferik Toplam Elektron İçeriğindeki (TEİ) Değişimlerin İncelenmesi”, Doktora, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İnönü Üniversitesi, Malatya, 138.
- Kouba J., ve Springer T. 2001. New IGS Station and Satellite Clock Combination, *GPS Solutions*, 4, 31-36
- Kurt, K.(2016), “İyonkürenin F2 Bölgesi Ekvatorial Anomalisi İle QBO Arasındaki İlişki” Doktora, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 76.
- Lastovicka, J., 1997. Observations of tides and planetary waves in the atmosphere-ionosphere system, *Advance in Space Research*, 20 (6), 1209–1222.
- Li, X., Ge, M., Lu, C., Zhang, Y., Wang, R., Wickert, J., & Schuh, H. (2014). High-rate GPS seismology using real-time precise point positioning with ambiguity resolution. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52(10), 6165–6180.
- Martinis, C., Manzano, J., 1999. The influence of active meteorological systems on the ionospheric F-region. *Annali di Geofisica*, 42. <https://doi.org/10.4401/ag-3708>
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadriya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M. N. And Veis, G., 2000. Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics and Dynamics In The Eastern Mediterranean and Caucasus, *Journal of Geophysical Research*, 105(B3), 5695-5719.
- Mekik, C., Can, O. 2010. An investigation on multipath errors in real time kinematic GPS method. *Scientific Research and Essays*, 5(16), 2186-2200.
- Mekik, Ç., Salgın, Ö., Cankurt, İ., Ergüner, S., Bahadır, H. 2011, GPS/IMU Verilerinin TUSAGA-Aktif Sisteminin Sabit İstasyon Verileri İle Process Edilerek Resim

Orta Noktası Koordinat Değerlerinin Belirlenmesi, *TUFUAB 2011 VI. Teknik Sempozyumu*, Antalya, 1-10.

Mohanakumar, K., 2008, Stratospheretroposphereinteractions: An introduction, *SpringerNetherlands*, 65. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8217-7>.

Özcan, O., Aydoğdu, M., Yeşil, A., Güzel, E., 1996, The Damping of RadioWaves in theIonosphericPlasmaover, Elazığ, *F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi*, 8, 113–123.

Özdemir, S., Cingöz, A., Aktuğ, B., Kurt, M., Erkan, Y., Peker, S., 2011, Türkiye’de Sabit GNSS İstasyonlarının CBS Uygulamaları İçin Anlamı ve Güncel Analizleri, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, Antalya.

Peker, S.(2018), “Yerel İyonosferdeki Toplam Elektron Miktarının (TEC) İonolab-Tec Yöntemiyle ve Global Modelden Elde Edilmesi”, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, 87.

Sağır, S.(2008), “IRI-2001 Modeli İle Elde Edilen F2-Bölgesinin Maksimum Elektron Yoğunluğunun İncelenmesi”, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ Fırat Üniversitesi, Elazığ, 60.

Sağır, S.(2013), “QBO’nun İyonküre Üzerindeki Etkisi”, Doktora, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 128.

Sjölander, P. 2011, A stationary unbiased finite sample ARCH-LM test procedure. *AppliedEconomics*, 43(8), 1019-1033. <https://doi.org/10.1080/00036840802600046>

Tan,Ş.,2015, Öğretimde ölçme ve değerlendirme KPSS ElKitabı, *Pegem Akademi Yayıncılık*, Ankara, 142.

Timoçin, E. (2011), “foF2 Frekansının Uzun Süreli Değişiminin Yer’in Manyetik Alanı İle İlişkisi”, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 65.

Topçu, O., Kara, T., Bulut, A. A., Salgın, Ö., Bakıcı, S. 2017, Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (GNSS) Verileri ile Deprem Tahmini Yapmak, *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir, 1-8.

URL-1:2020, Havaya Dair Herşey, <https://snowserkan.wordpress.com/2017/10/06/radyo-sondalar-radiosondes/> [Erişim Tarihi: 09 Ocak 2020].

URL-2:2020, Wyoming Üniversitesi, <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html/> [Erişim Tarihi:11/02/2020].

URL-3:2020, TUSAGA-AKTİF Sistemi, <http://www.tusaga-aktif.gov.tr/> [Erişim Tarihi:11/02/2020].

URL-4:2020, OMNIweb Sistemi, <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html> [Erişim Tarihi:05/02/2020].

URL-5:2020, Hacettepe Üniversitesi İONOLAB, <https://http://www.ionolab.org/> [Erişim Tarihi:05/05/2020].

Yiğit, E., Medvedev, A., Ern, M., 2020. Effects of Latitude-Dependent Gravity Wave Source Variations on the Middle and Upper Atmosphere. *Front. Astron. Space Sci.* 7:614018. doi: 10.3389/fspas.2020.614018.

Yüksel, N.(2015), “Ekvatorial Stratokürede Yaklaşık İki Yılda Bir Meydana Gelen Salınımın İyonkürenin D-Bölgesi Nötr Bileşenleri Üzerindeki Etkisi”, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, 53.

Zumberge, J. F., Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M., and Webb, F. H. 1997. Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks, *Journal of Geophysical Research*, 102(B3), 5005-5017.

**ÖZGEÇMİŞ****Adı Soyadı : HAKAN ÇELİK****EĞİTİM**

<b>Derece</b>	<b>Adı, İlçe, İl</b>	<b>Bitirme Yılı</b>
Lise	: Atatürk Lisesi, Merkez/ELAZIĞ	2003
Üniversite	: Atatürk Üniversitesi/Fen Fakültesi/Fizik Bölümü	2011
Yüksek Lisans	: Muş Alparslan Üniversitesi	---
Doktora	: ---	---

**İŞ DENEYİMLERİ**

<b>Yıl</b>	<b>Kurum</b>	<b>Görevi</b>
5	Final Dershaneleri Muş şubesi	Fizik Öğretmeni
1	Seçkin-İz Koleji Muş	Fizik Öğretmeni
1	5N AkademiDershaneleri	Fizik Öğretmeni

**UZMANLIK ALANI: Fizik, Plazma Fiziği, İyonküre Fiziği**