



**T.C.**  
**NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GPS-TEC DEĞERLERİ İLE IRI-2012 VE IRI-PLAS MODELLERİNİN TEC  
KESTİRİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**GÜRKAN ÖZTAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Haziran 2018**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Gürkan ÖZTAN tarafından hazırlanan “GPS-TEC DEĞERLERİ İLE IRI-2012 VE IRI-PLAS MODELLERİNİN TEC KESTİRİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması 28/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof.Dr. Cevat İNAL

#### Danışman

Doç.Dr. Salih ALÇAY

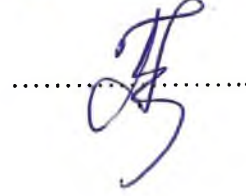
#### Üye

Prof.Dr. İbrahim KALAYCI

### İmza







Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet KARALI  
FBE Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

Gürkan ÖZTAN

Tarih: 28.06.2018

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## GPS-TEC DEĞERLERİ İLE IRI-2012 VE IRI-PLAS MODELLERİNİN TEC KESTİRİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

**GÜRKAN ÖZTAN**

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. SALİH ALÇAY**

**2018, xx+122 Sayfa**

**Prof.Dr. Cevat İNAL  
Prof.Dr. İbrahim KALAYCI  
Doç. Dr. SALİH ALÇAY**

Özellikle elektromanyetik dalgalar üzerindeki etkisi nedeniyle iyonosferin modellenmesi son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Elektromanyetik dalgalar iyonosferdeki elektron yoğunluğundan etkilenmektedir. Elektron yoğunluğu sabit olmayıp çeşitli faktörler nedeniyle düzenli ve düzensiz değişimlere uğramaktadır. Özellikle uydu bazlı tekniklerle yapılan çalışmalarda (GNSS' le konum belirleme) iyonosfer yapısının iyi analiz edilmesi ve modellenmesi gerekir. İyonosferi modellemek amacıyla ampirik ve GPS tabanlı olmak üzere birçok model üretilmiştir. Bu çalışmada iyonosferin yapısı, iyonosfer bozucu etkiler, iyonosferde meydana gelen değişimler ve nedenleri, iyonosferdeki değişiklikleri gösteren ölçütler ve kullanılan modeller detaylı olarak verilmektedir. Ayrıca yapılan uygulamada farklı coğrafi bölgelerden seçilen dokuz IGS istasyonuna ilişkin IRI-PLAS ve IRI-2012 modellerinden üretilen TEC değerleri GPS-TEC verileri ile karşılaştırılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre manyetik fırtınasız güne ilişkin sonuçlar birbiri ile uyumlu olup, manyetik fırtınalı günde ise GPS-TEC verileri ile IRI-PLAS ve IRI-2012 değerleri arasındaki farklar belirli günlerde fırtınanın şiddetiyle ilişkili olarak önemli seviyeye ulaşmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** GPS, IGS, IRI-2012, IRI-PLAS, TEC

**ABSTRACT**

**MS THESIS**

**COMPARISON OF GPS-TEC MEASUREMENTS WITH IRI-2012 MODEL  
AND IRI-PLAS MODEL BASED TEC PREDICTION**

**GÜRKAN ÖZTAN**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE OF PHILOSOPHY  
IN MECHANICAL ENGINEERING**

**Advisor: Assoc.Prof.Dr. SALİH ALÇAY**

**2018, xx+122 Pages**

**Jury**

**Prof.Dr. Cevat İNAL**

**Prof.Dr. İbrahim KALAYCI**

**Assoc. Prof. Dr. SALİH ALÇAY**

Ionospheric modeling has gained considerable importance in recent years, especially due to the effect on electromagnetic waves. Electromagnetic waves are influenced by the electron density in the ionosphere. Electron density is not constant and is subject to regular and irregular changes due to various factors. Especially in studies with satellite based techniques (Positioning with GNSS) the ionosphere structure must be well analyzed and modeled. Several models, including empirical and GPS based, have been produced to model ionosphere. In this study, the structure of ionosphere, ionospheric disturbances, changes and causes in the ionosphere, the criteria showing the changes in the ionosphere and the models used are given in detail. In addition, TEC values from IRI-PLAS and IRI-2012 models for nine IGS stations selected from different geographical regions were compared with GPS-TEC data and the results were analyzed. According to the results, the results of quiet day are consistent with each other, however in the active day differences between GPS-TEC and IRI-PLAS and IRI-2012 values reach significant levels in relation to the severity of the storm on certain days.

**Keywords:** GPS, IGS, IRI-2012, IRI-PLAS, TEC

## ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca desteğini ve yardımını esirgemeyen, çalışma azmi ve gayret aşıl原因an, başlangıcından sonuna kadar, gerekli bütün tavsiye ve yönlendirmeleri yapan, karşılaştığım problemlerin çözümünde deneyimlerinden yararlandığım sayın danışman hocam Doç. Dr. Salih ALÇAY' a teşekkürü bir borç bilirim. Bu tez, çalışma süresince destek ve fedakârlığını esirgemeyen cefakâr anneme armağan olsun.

Gürkan ÖZTAN  
KONYA - 2018

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>ÖNSÖZ</b> .....	vi
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	vii
<b>KISALTMALAR</b> .....	x
<b>SİMGELER</b> .....	xi
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	xii
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	xx
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	3
<b>3. İYONOSFERİN YAPISI</b> .....	6
3.1. İyonosfer Bölgeleri .....	6
3.1.1. Orta enlem bölgesi .....	6
3.1.2. Ekvator bölgesi .....	7
3.1.3. Yüksek enlem bölgesi .....	7
3.2. İyonosfer Tabakaları.....	7
3.2.1. D tabakası .....	8
3.2.2. E tabakası .....	9
3.2.3. F <sub>1</sub> Tabakası .....	9
3.2.4. F <sub>2</sub> tabakası .....	9
3.3. Güneş Aktivitesi .....	10
3.3.1 Güneş lekesi sayısı .....	10
3.3.2. Güneş ve dünyada meydana gelen etkileşim .....	11
<b>4. İYONOSFER TABAKASINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER</b> .....	13
4.1. Düzensiz Değişimler .....	13
4.1.1. Gezici iyonosferik bozucu etki .....	13
4.1.1.1.Küçük ölçekli gezici iyonosferik bozucu etki.....	13

4.1.1.2.Orta ölçekli gezici iyonosferik bozucu etki .....	14
4.1.1.3.Geniş ölçekli gezici iyonosferik bozucu etki .....	14
4.1.2.Jeomanyetik fırtınalar.....	14
4.2. Düzenli Değişimler .....	14
4.2.1. TEC' in günlük ve mevsimsel değişimleri.....	14
4.2.2. TEC' in enleme göre değişimleri .....	15
4.2.3. TEC' in güneş hareketlerinden kaynaklanan değişimleri .....	15
<b>5. İYONOSFER TABAKASINDA DEĞİŞİM OLDUĞUNU GÖSTEREN</b>	
<b>ÖLÇÜTLER.....</b>	<b>16</b>
5.1. Kp İndisi.....	16
5.2. Dst İndisi .....	17
5.3. Solar Flux Ölçüleri.....	18
5.4. Güneş Patlama Değerleri .....	20
<b>6. İYONOSFER MODELLEME.....</b>	<b>21</b>
6.1. Ampirik Modeller .....	21
6.1.1. The Bent modeli.....	21
6.1.2. PIM modeli .....	21
6.1.3. NeQuick modeli .....	21
6.1.4. IRI modeli .....	22
6.1.4.1. IRI-PLAS modeli .....	23
6.2. GPS Tabanlı Modelleme .....	24
6.2.1. TEC (Total Electron Content) parametresinin elde edilmesi .....	27
<b>7. UYGULAMA.....</b>	<b>31</b>
7.1. 2015 Yılı'nı Ait TEC Değerlerinin İncelenmesi.....	31
7.2. Ekinoks Günleri Olan 21 Mart - 23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerine Ait TEC Değerlerinin İncelenmesi.....	110
<b>8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>115</b>

<b>KANAKLAR</b> .....	116
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	121

## KISALTMALAR

2D	:TwoDimensional
3D	:ThreeDimensional
4D	:FourDimensional
ARPL	: AeronomyandRadioPropagationLaboratory
CNRC	:NationalResearchCouncilCanada
CODE	:Center for Orbit Determination
COSPAR	:Committee on Space Research
DLR	:Fernerkundungstation Neustrelitz
ESA	:European Space Agency
GIM	:Global Ionospheric Model
GNSS	:Global Navigation Satellite System
GPS	:Global Positioning System
IAGA	:International Association of GeomagnetismandAeronomy
ICTP	:Abdus Salam International Centre for TheoreticalPhysics
IGAM	:Institute for Geophysics, AstrophysicsandMeteorology
IONOLAB	:İyonosfer Araştırma Laboratuvarı
IRI	:International Reference Ionosphere
IRI-75	:IRI Model 1975 Version
IRI-78	:IRI Model 1978 Version
IRI-81	:IRI Model 1981 Version
IRI-86	:IRI Model 1986 Version
IRI-90	:IRI Model 1990 Version
IRI-95	:IRI Model 1995 Version
IRI-2001	:IRI Model 2001 Version
IRI-2007	:IRI Model 2007 Version
IRI-2012	:IRI Model 2012 Version
IRI-2016	:IRI Model 2016 Version
ISGI	:International Service of GeomagneticIndices
ISIS	:Innovative Solutions In Space
ISO	:The International StandardizationOrganization
JPL	:Jet Propulsion Laboratory
NOAA	:National Oceanic and Atmospheric Administration
NRCan	:Natural Resources
PIM	:Parameterized Ionospheric Model
ROB	:Belgium Royal Observatory
RINEX	:Receiver Independent Exchange
SLM	:SingleLayer Model
STEC	:SlantTotal Electron Content
TEC	:Total Electron Content
TID	:Traveling Ionospheric Disturbances
UPC	:Catalan Polytechnic University
URSI	:International Union of RadioScience
UV	:Ultraviyole
VTEC	:VerticalTotal electron content
UT	:Universal Time
WUT	:Warsaw Technology University

## SİMGELER

$^{\circ}$	: Derece
'	: Dakika
$\alpha$	: $40.3 \times 10^{16} \text{ms}^{-2} \text{TECu}^{-1}$
+	: 1/3 ekle
-	: 1/3 çıkar
$\circ$	: Değişiklik Yapma
$\beta$	: z ve z' Zenit Açıları Farkı
$\omega$	: Açısal Frekans
$\epsilon_0$	: Vakum İçin Sınır Değer
%	: Yüzde
C	: Celsius
C	: Işığın Boşluktaki Hızı
D	: İyonosfer D Tabakası
Dst	: İyonosfer Tabakasında Değişim Olduğunu Parametre
E	: Elektron Yükü
E	: İyonosfer E Tabakası
$E_s$	: İyonosfer Düzensiz E Tabakası
Ev	: Düşey Elektron Yoğunluğu
$f_1, f_2$	: Taşıyıcı Faz
F	: İyonosfer F Tabakası
$F_1$	: İyonosfer $F_1$ Tabakası
$F_1(z)$	: SLM Haritalama Fonksiyonu
$F_2$	: İyonosfer $F_2$ Tabakası
G1, G2, G3, G4, G5	: Manyetik Fırtınanın Derecesi
hmF2	: $F_2$ Tabakası Zirve Yüksekliği
H	: SLR' nin Yeryuvarına Uzaklığı
HF	: Radyo Dalgaları
Hz	: Hertz
I	: $f$ Frekansındaki İyonosferik Gecikme
Kp	: İyonosfer Tabakasında Değişim Olduğunu Gösteren Parametre
$m_e$	: Elektron Kütlesi
NmF2	: $F_2$ Tabakasındaki En Yüksek Yoğunluk Değeri
N	: Kırılma İndisi
$N_e$	: Elektron Yoğunluğu
R	: Yeryuvarının Ortalama Yarıçapı (~6371 km)
sfu	: Solar Flux Birimi
TECu	: TEC Birimi
V	: Elektromanyetik Dalga'nın Ortamdaki Hızı
v	: Elektron Çarpışma Frekansı
z	: Alıcının Konumundaki Zenit Açısı
z'	: İyonosfer Geçiş Noktasındaki Zenit Açısı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 3. 1.</b> İyonosfer bölgeleri (Odjik, 2002).....	6
<b>Şekil 3. 2.</b> İyonosferin Dikey Profili (Odjik, 2002).....	8
<b>Şekil 3. 3.</b> 2009-2018 Ocak Tarihleri Arasındaki Güneş Lekesi Sayısı (Anonim3, 2018). .....	11
<b>Şekil 5. 1.</b> Dst İndislerinin Türetildiği 4 Manyetik Gözlemevinin Dünya Geneli Dağılımı (Anonymous6, 2016).....	18
<b>Şekil 5. 2.</b> Solar Flux Ölçülerinin Aylık Ortalamalarının Yıllara Ait Dağılımı (Anonymous1, 2016). ....	19
<b>Şekil 6. 1.</b> IRI Elektron Yoğunluğunun Oluşturulması ve Farklı Bölgeler İçinde Ayırılması (Bilitza, et al., 2014).....	23
<b>Şekil 6. 2.</b> Toplam Elektron Yoğunluğunun Gösterilmesi (Senturk, 2014). ....	27
<b>Şekil 6. 3.</b> Tek Tabaka Modeli (Dach, Lutz, Walser, and Fridez, 2015). ....	29
<b>Şekil 7. 1.</b> Uygulamada kullanılan IGS istasyonlarının konumları (Alçay ve ark., 2017) .....	31
<b>Şekil 7. 2.</b> 2015 Yılı Ocak Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri.....	33
<b>Şekil 7. 3.</b> 2015 Yılı Şubat Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri.....	34
<b>Şekil 7. 4.</b> 2015 Yılı Mart Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri .....	34
<b>Şekil 7. 5.</b> 2015 Yılı Nisan Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri.....	35
<b>Şekil 7. 6.</b> 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri .....	35
<b>Şekil 7. 7.</b> 2015 Yılı Haziran Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri .....	36
<b>Şekil 7. 8.</b> 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri .....	36
<b>Şekil 7. 9.</b> 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri .....	37
<b>Şekil 7. 10.</b> 2015 Yılı Eylül Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri .....	37
<b>Şekil 7. 11.</b> 2015 Yılı Ekim Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri.....	38
<b>Şekil 7. 12.</b> 2015 Yılı Kasım Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri .....	38
<b>Şekil 7. 13.</b> 2015 Yılı Aralık Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri .....	39
<b>Şekil 7. 14.</b> 2015 Yılı Ocak Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	40
<b>Şekil 7. 15.</b> 2015 Yılı Şubat Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	40

<b>Şekil 7. 16.</b> 2015 Yılı Mart Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	41
<b>Şekil 7. 17.</b> 2015 Yılı Nisan Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	41
<b>Şekil 7. 18.</b> 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	42
<b>Şekil 7. 19.</b> 2015 Yılı Haziran Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	42
<b>Şekil 7. 20.</b> 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	43
<b>Şekil 7. 21.</b> 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	43
<b>Şekil 7. 22.</b> 2015 Yılı Eylül Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	44
<b>Şekil 7. 23.</b> 2015 Yılı Ekim Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	44
<b>Şekil 7. 24.</b> 2015 Yılı Kasım Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	45
<b>Şekil 7. 25.</b> 2015 Yılı Aralık Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	45
<b>Şekil 7. 26.</b> 2015 Yılı Ocak Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	46
<b>Şekil 7. 27.</b> 2015 Yılı Şubat Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	47
<b>Şekil 7. 28.</b> 2015 Yılı Mart Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	47
<b>Şekil 7. 29.</b> 2015 Yılı Nisan Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	48
<b>Şekil 7. 30.</b> 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	48
<b>Şekil 7. 31.</b> 2015 Yılı Haziran Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	49
<b>Şekil 7. 32.</b> 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	49

<b>Şekil 7. 33.</b> 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	50
<b>Şekil 7. 34.</b> 2015 Yılı Eylül Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	50
<b>Şekil 7. 35.</b> 2015 Yılı Ekim Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	51
<b>Şekil 7. 36.</b> 2015 Yılı Kasım Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	51
<b>Şekil 7. 37.</b> 2015 Yılı Aralık Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	52
<b>Şekil 7. 38.</b> 2015 Yılı Ocak Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	53
<b>Şekil 7. 39.</b> 2015 Yılı Şubat Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	53
<b>Şekil 7. 40.</b> 2015 Yılı Mart Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	54
<b>Şekil 7. 41.</b> 2015 Yılı Nisan Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	54
<b>Şekil 7. 42.</b> 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	55
<b>Şekil 7. 43.</b> 2015 Yılı Haziran Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	55
<b>Şekil 7. 44.</b> 2015 Temmuz Ocak Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	56
<b>Şekil 7. 45.</b> 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	56
<b>Şekil 7. 46.</b> 2015 Yılı Eylül Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	57
<b>Şekil 7. 47.</b> 2015 Yılı Ekim Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	57
<b>Şekil 7. 48.</b> 2015 Yılı Kasım Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	58
<b>Şekil 7. 49.</b> 2015 Yılı Aralık Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	58

<b>Şekil 7. 50.</b> 2015 Yılı Ocak Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	59
<b>Şekil 7. 51.</b> 2015 Yılı Şubat Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	60
<b>Şekil 7. 52.</b> 2015 Yılı Mart Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	60
<b>Şekil 7. 53.</b> 2015 Yılı Nisan Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	61
<b>Şekil 7. 54.</b> 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	61
<b>Şekil 7. 55.</b> 2015 Yılı Haziran Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	62
<b>Şekil 7. 56.</b> 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	62
<b>Şekil 7. 57.</b> 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	63
<b>Şekil 7. 58.</b> 2015 Yılı Eylül Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	63
<b>Şekil 7. 59.</b> 2015 Yılı Ekim Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	64
<b>Şekil 7. 60.</b> 2015 Yılı Kasım Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	64
<b>Şekil 7. 61.</b> 2015 Yılı Aralık Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	65
<b>Şekil 7. 62.</b> 2015 Yılı Ocak Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	66
<b>Şekil 7. 63.</b> 2015 Yılı Şubat Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	66
<b>Şekil 7. 64.</b> 2015 Yılı Mart Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	67
<b>Şekil 7. 65.</b> 2015 Yılı Nisan Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	67
<b>Şekil 7. 66.</b> 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	68

<b>Şekil 7. 67.</b> 2015 Yılı Haziran Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	68
<b>Şekil 7. 68.</b> 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	69
<b>Şekil 7. 69.</b> 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	69
<b>Şekil 7. 70.</b> 2015 Yılı Eylül Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	70
<b>Şekil 7. 71.</b> 2015 Yılı Ekim Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	70
<b>Şekil 7. 72.</b> 2015 Yılı Kasım Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	71
<b>Şekil 7. 73.</b> 2015 Yılı Aralık Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	71
<b>Şekil 7. 74.</b> 2015 Yılı Ocak Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	72
<b>Şekil 7. 75.</b> 2015 Yılı Şubat Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	73
<b>Şekil 7. 76.</b> 2015 Yılı Mart Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	73
<b>Şekil 7. 77.</b> 2015 Yılı Nisan Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	74
<b>Şekil 7. 78.</b> 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	74
<b>Şekil 7. 79.</b> 2015 Yılı Haziran Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	75
<b>Şekil 7. 80.</b> 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	75
<b>Şekil 7. 81.</b> 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	76
<b>Şekil 7. 82.</b> 2015 Yılı Eylül Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	76
<b>Şekil 7. 83.</b> 2015 Yılı Ekim Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	77

<b>Şekil 7. 84.</b> 2015 Yılı Kasım Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	77
<b>Şekil 7. 85.</b> 2015 Yılı Aralık Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	78
<b>Şekil 7. 86.</b> 2015 Yılı Ocak Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	79
<b>Şekil 7. 87.</b> 2015 Yılı Şubat Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	79
<b>Şekil 7. 88.</b> 2015 Yılı Mart Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	80
<b>Şekil 7. 89.</b> 2015 Yılı Nisan Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	80
<b>Şekil 7. 90.</b> 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	81
<b>Şekil 7. 91.</b> 2015 Yılı Haziran Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	81
<b>Şekil 7. 92.</b> 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	82
<b>Şekil 7. 93.</b> 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	82
<b>Şekil 7. 94.</b> 2015 Yılı Eylül Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	83
<b>Şekil 7. 95.</b> 2015 Yılı Ekim Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	83
<b>Şekil 7. 96.</b> 2015 Yılı Kasım Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	84
<b>Şekil 7. 97.</b> 2015 Yılı Aralık Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	84
<b>Şekil 7. 98.</b> 2015 Yılı Ocak Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	85
<b>Şekil 7. 99.</b> 2015 Yılı Şubat Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	86
<b>Şekil 7. 100.</b> 2015 Yılı Mart Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	86

<b>Şekil 7. 101.</b> 2015 Yılı Nisan Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	87
<b>Şekil 7. 102.</b> 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	87
<b>Şekil 7. 103.</b> 2015 Yılı Haziran Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	88
<b>Şekil 7. 104.</b> 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	88
<b>Şekil 7. 105.</b> 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	89
<b>Şekil 7. 106.</b> 2015 Yılı Eylül Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	89
<b>Şekil 7. 107.</b> 2015 Yılı Ekim Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	90
<b>Şekil 7. 108.</b> 2015 Yılı Kasım Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	90
<b>Şekil 7. 109.</b> 2015 Yılı Aralık Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	91
<b>Şekil 7. 110.</b> 2015 Yılı Ocak Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	92
<b>Şekil 7. 111.</b> 2015 Yılı Şubat Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	92
<b>Şekil 7. 112.</b> 2015 Yılı Mart Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	93
<b>Şekil 7. 113.</b> 2015 Yılı Nisan Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	93
<b>Şekil 7. 114.</b> 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	94
<b>Şekil 7. 115.</b> 2015 Yılı Haziran Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	94
<b>Şekil 7. 116.</b> 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	95
<b>Şekil 7. 117.</b> 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	95

<b>Şekil 7. 118.</b> 2015 Yılı Eylül Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	96
<b>Şekil 7. 119.</b> 2015 Yılı Ekim Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	96
<b>Şekil 7. 120.</b> 2015 Yılı Kasım Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	97
<b>Şekil 7. 121.</b> 2015 Yılı Aralık Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	97
<b>Şekil 7. 122.</b> 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde WHIT İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri.....	110
<b>Şekil 7. 123.</b> 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde KIRU İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri.....	111
<b>Şekil 7. 124.</b> 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde TIXI İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri.....	111
<b>Şekil 7. 125.</b> 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde BARH İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri.....	112
<b>Şekil 7. 126.</b> 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde MADR İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri .....	112
<b>Şekil 7. 127.</b> 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde DAEJ İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri.....	113
<b>Şekil 7. 128.</b> 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde PARC İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri.....	113
<b>Şekil 7. 129.</b> 21 Mart, 23 Eylül, 21 Haziran ve 21 Aralık İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri .....	114
<b>Şekil 7. 130.</b> 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde YARR İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri.....	114

## ÇİZELGELER LİSTESİ

<b>Çizelge 5. 1.</b> Manyetik Fırtına Seviyelerine Göre Kp İndis Değerleri (Arslan, 2004)...	17
<b>Çizelge 5. 2.</b> Manyetik Fırtına Seviyelerine Göre Dst İndis Değerleri (Arslan, 2004)..	18
<b>Çizelge 7. 1.</b> Uygulamada kullanılan IGS istasyonlarının Detayları (Alçay ve ark., 2017).....	32
<b>Çizelge 7. 2.</b> 2015 Yılı İçin BARH İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler.....	99
<b>Çizelge 7. 3.</b> 2015 Yılı İçin DAEJ İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler.....	100
<b>Çizelge 7. 4.</b> 2015 Yılı İçin HRAO İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler.....	101
<b>Çizelge 7. 5.</b> 2015 Yılı İçin KIRU İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler.....	103
<b>Çizelge 7. 6.</b> 2015 Yılı İçin MADR İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler.....	104
<b>Çizelge 7. 7.</b> 2015 Yılı İçin PARC İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler.....	105
<b>Çizelge 7. 8.</b> 2015 Yılı İçin TIXI İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler.....	107
<b>Çizelge 7. 9.</b> 2015 Yılı İçin WHIT İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler.....	108
<b>Çizelge 7. 10.</b> 2015 Yılı İçin YARR İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler.....	109

## 1. GİRİŞ

Dünya atmosferi çeşitli parametrelere göre farklı tabakalara ayrılabilir. Sıcaklık ise bu parametrelerden bir tanesi olarak kabul edilir. Sıcaklığın düşey yöndeki hareketlerine göre atmosfer dört tabakaya ayrılabilir. Atmosferde bulunan bu tabakalar yüksekliklerine göre sırasıyla troposfer (10 km' ye kadar), stratosfer (10 km ile yaklaşık 50 km' ye kadar), mezosfer (50 km ile yaklaşık 80 km' ye kadar), termosfer (80 km ile 400 km' ye kadar) olarak nitelendirilebilir. Ekzosfer ise 400 km üzerindeki atmosferin en üst tabakasıdır (Memarzadeh, 2009). Termosfer tabakası ve ekzosfer tabakasının tamamı ile mezosfer tabakasının bir kısmı iyonosfer tabakasını oluşturmaktadır. Yüksekliği 50 km ile başlayıp 1000 km ve üzerinde olan iyonosfer atmosferin en üst tabakasıdır. Bu sebepten dolayı güneşten en çok etkilenir dolayısı ile güneş tarafından iyonize olur ve bu özelliği ile diğer tabakalardan ayrılır. Elektromanyetik dalgaların radyo frekansı yayılımını bu tabakadaki serbest elektron yoğunluğu etkiler (Alcay ve ark., 2014).

İyonosferin ana bileşenleri UV ve X ışınlarının fotoiyonizasyonu sonucu oluşan yüklü parçacıklar ve yüksüz parçacıklardır (Langey, 1998). İyonosfer tabakasının büyük bir kısmı nötr gazlardan oluşsa bile, bir kısmı güneş ışınlarından etkilenip iyonize olmuş gazlardan oluşmaktadır. Gaz moleküllerinin ve radyasyonun yoğunluğu iyonlaşma oranını belirler. İyonosferde parçacık yoğunluğu son derece küçük, iyonlar ve elektronlar arası çarpışma nispeten seyrek. Radyo dalgalarının yayılımını iyonosferde sadece yüklü parçacıklar etkileyebilirler. Serbest elektronlar serbest iyonlardan daha hafif olduğu için radyo dalgalarının yayılımını daha fazla etkilerler. Serbest elektron yoğunluğu düzenli ve düzensiz değişimlere göre fark gösterebilir (Spoelstra, 1996).

İyonosferin etkisi ve onun modellenmesi iletişim sistemleri ve uzay çalışmaları için önemli olduğu kadar uydu bazlı gözlemler için de önemlidir (Liu ve Gao, 2004). GNSS sistemleri ciddi anlamda iyonosferden etkilenir (Alcay ve ark., 2014). İyonosferik düzeltmeler tek frekanslı altimetre ölçüleri için de gereklidir (Ligh ve ark., 1998; Schreiner ve ark., 1997; Komjathy ve Born, 1999). İyonosfer üzerinde büyük etkiye sahip olan güneş patlamaları, iletişim sistemleri ve uydularında olumsuz etkilenmesine sebep olabilir. İyonosferin çeşitli alanlar üzerinde yaygın etkilerinden dolayı iyonosfer modelleme son yıllarda popüler bir konu haline gelmiştir (Alcay ve ark., 2014). İyonosferi modellemek için birçok modelleme yöntemi söz konusudur. Son yıllarda GPS' deki gelişmeler, GPS ağının daha kapsamlı olması ve internet üzerinden

veri ulaşılabilirliği iyonosfer modelleme konusunda yeni bir dönem açmıştır (Afraimovich ve ark., 2002).

Bu çalışmada iyonosferin yapısı, iyonosferde meydana gelen değişimler ve iyonosfer modelleme yöntemleri detaylı olarak verilmekte olup ayrıca bir uygulama ile 2015 yılının tamamına (365 gün) ait veriler dikkate alınarak IRI-2012 ve IRI-PLAS ampirik modellerinin TEC kestirim sonuçları GPS-TEC değerleriyle karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilmektedir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

İyonosferin modellenmesi ve modellerin karşılaştırılması üzerine yapılmış araştırmalar mevcuttur. Literatürde birbirinden farklı amaçlar için gerçekleştirilmiş çalışmalarla karşılaşılabılır. İyonosferin modellenmesinde genel olarak ampirik modeller ve GPS tabanlı modelleme yöntemleri kullanılır. Aşağıda İyonosferin modellenmesinde kullanılan yöntemlere ilişkin çalışmalardan örnekler verilmiştir.

Afraimovich ve ark. (2002) çalışmalarında 11 Ağustos 1999 tarihli güneş tutulmasının TEC değerleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla 100 GPS istasyonuna ait veriler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar güneş tutulmasının iyonosferde TEC değerlerindeki azalma ile kendi gösterdiği belirtilmiştir.

Alcay ve ark. (2014) yaptıkları review çalışmada iyonosferin yapısı, bölgeleri katmanları, deneysel modeller ve özellikle GPS tabanlı iyonosfer modelleme çalışmaları hakkında detaylı bilgiler vermişlerdir.

Alcay ve Oztan (2016) çalışmalarında IRI-2012, IRI-PLAS modellerinin manyetik fırtınalı ve fırtınasız günlere ilişkin TEC kestirim performanslarını incelemişler. Bu amaçla farklı bölgelerden seçilen 4 IGS noktasının bulunduğu konumda elde edilen IRI-2012 TEC ve IRI-PLAS TEC değerlerini bu noktalara ait gözlem verilerinden üretilen GPS-TEC ve ayrıca GIM den elde edilen TEC değerleriyle karşılaştırmışlardır.

Arikan ve ark. (2015) çalışmalarında IRI-PLAS-MAP servisini tanıtmışlardır. IRI-PLAS-MAP'i kullanıcı tanımlı bir bölge, tarih ve zaman periyodu için GIM-TEC değerlerini IRI-PLAS modeline entegre eden bir servis olarak tanımlamışlardır.

Arslan (2004) iyonosferin deterministik ve stokastik bölümlerini incelemiştir. İyonosferin deterministik bölümünde yerel TEC modeli Bernese 4.2 GPS yazılımı ile elde edilmiş ve sonuçlar CODE veri merkezinden sağlanan TEC modeli ile karşılaştırmıştır. İyonosferin stokastik bölümü için, geometriden bağımsız doğrusal kombinasyon ölçülerinin dengelenmesi sonucunda elde edilen düzeltmeler kullanılmış ve zaman serisine açılmıştır.

Bilitza (2001) IRI'nin 2000 yılında çıkan yeni bir versiyonu ile mevcut versiyonunu düşük enlem bölgesindeki tabaka kalınlığı ve elektron yoğunluğu, manyetik fırtınaların modeller üzerindeki etkileri, D tabakasındaki elektron yoğunluğu için iki yeni seçeneği ve elektron sıcaklıkları bakımından karşılaştırmıştır. Plazmasfer hakkındaki çalışmalara deyinmiş ve genel olarak birkaç IRI model uygulaması sunmuştur.

Bilitza ve ark. (2014) çalışmalarında IRI projesinin kısa bir geçmişini ve modelin 2012 sürümünü (IRI-2012) açıklamışlardır. Aynı zamanda, gerçek zamanlı bir IRI modeli oluşturmasından kısaca bahsetmişlerdir.

Dach ve ark. (2015) hazırladıkları Bernese GNSS software version 5.2 yazılımı kullanma klavuzunda programın kullanımından farklı olarak kullandığı veri formatlarını, iyonosferin modellenmesi hakkında genel bilgileri, TEC verisinin elde edilmesini ve GPS-TEC verileri hakkında detaylar vermektedir.

Gulyaeva (2002) Uluslararası Standartlar Organizasyonunun iyonosfer ve plasmasfer için geliştirdiği modelde 65-20000 km'lerde elektron yoğunluğu, toplam elektron içeriği ve sıcaklık gibi parametreler için modeli incelemiştir.

Gulyaeva ve Bilitza (2012) çalışmalarında IRI elektron yoğunluk profilini ve plasmasfer tabakasına genişletilmesini konu almıştır. Ayrıca IRI için ISO standartları mevcut durumu hakkında rapor vermektedir. Çalışmada ayrıca IRI ile ilgili faaliyetler ve model statüsü hakkında detaylar verilmektedir.

Komjathy ve Born (1999) GIM-TEC verilerini Uluslararası Referans İyonosfer (IRI-95) modeli ile dünyanın farklı yükseklik ve enlemlerinde karşılaştırmıştır.

Leong ve ark. (2014) çalışmalarında Banting bölgesinde IRI-2007, IRI-2012 ve NeQuick 2 modellerinin TEC kestirim performansları test etmişlerdir. Bu amaçla, bu modellerden kestirilen TEC değerleri, GPS-TEC verileriyle karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilmiştir .

Leigh ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada radar altimetre verileri için iyonosferik düzeltme tekniği tanımlamış ve bu tekniği detaylı olarak açıklamışlardır.

Liu ve Gao (2004) lokal bir alanda iyonosferi modellemek için çok tabakalı bir tomografik yöntem kullanmışlardır.

Nohutcu ve ark. (2010) çalışmalarında VTEC'i modellemek için B-Spline fonksiyonu kullanarak iki yaklaşım sunmuşlardır. Bunlar 2 boyutlu ve 3 boyutlu yaklaşımlardır. 2 boyutlu modellemede güneş sabit referans sistemi, 3 boyutluda ise yer sabit referans sistem kullanılmıştır. 3 boyutlu sonuçların 2 boyuta nazaran iyonosferdeki zamansal değişimi daha iyi yansıttığı belirtilmiştir.

Rathore ve ark. (2015) Hindistanda bulunan Varanasi istasyonunda GPS ile elde edilen TEC değerleriyle IRI-2001, NeQuick ve IRI01-corr modellerinden elde edilen TEC değerlerini üç mevsim için incelemiştir .

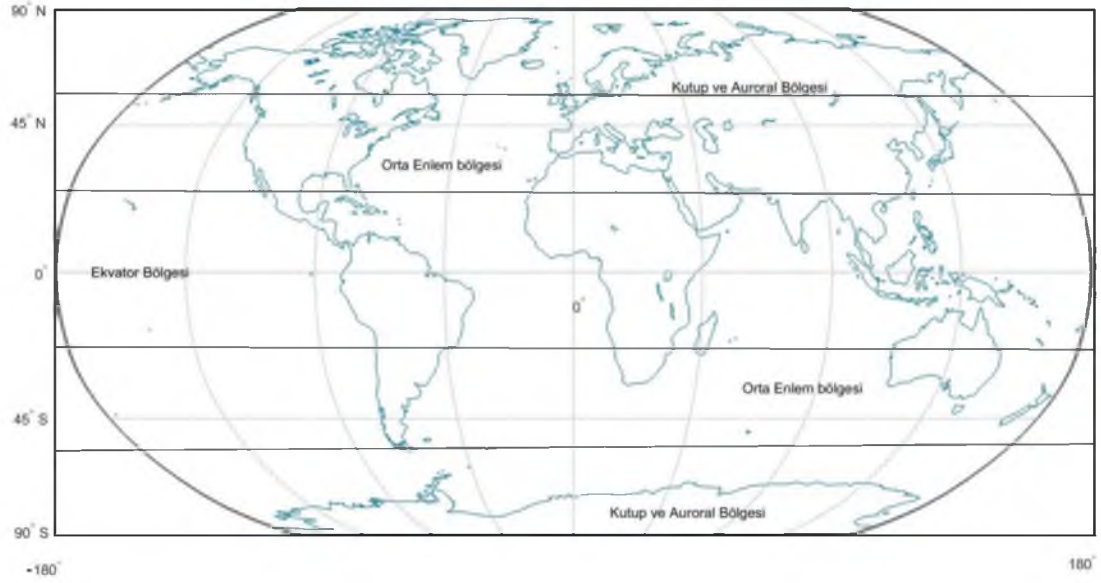
Schreiner, Markin, ve Born (1997) yaptıkları çalışma ile iyonosferik yol gecikmesi için tek frekanslı altimetre yükseklik ölçümlerini düzeltmek için çeşitli iyonosfer modellerinin doğruluğunu analiz etmişlerdir.

Zakharenkova ve ark. (2015) IRI-2012 ve IRI-PLAS modellerini kullanarak elde ettikleri düşey toplam elektron içeriği (vTEC) değerlerini, Avrupa orta-enlem GPS istasyonu Potsdam'dan türetilmiş günlük GPS vTEC verileri ile karşılaştırmıştır. Modellerden elde edilen sonuçların GPS vTEC değerleriyle uyumlu olmadığı bu tutarsızlığın IRI üst iyonosfer gösterminden kaynaklandığı belirtilmiştir.

### 3. İYONOSFERİN YAPISI

#### 3.1. İyonosfer Bölgeleri

Coğrafi olarak üç büyük bölgeden oluşan küresel iyonosfer, orta enlem bölgesi, yüksek enlem bölgesi ve ekvator bölgesine ayrılarak incelenmektedir. (Şekil 3.1.) (Alcay ve ark., 2014).



Şekil 3. 1. İyonosfer bölgeleri (Odjik, 2002)

#### 3.1.1. Orta enlem bölgesi

Kuzey Yarım küre 'de 23°27' kuzey paraleli ile 66° 33' kuzey paraleli arası, Güney Yarım küre 'de 23° 27' güney paraleli ile 66° 33' güney paraleli arasında kalan bölgeye orta enlem bölgesi denir. Yüksek enlem bölgesi ve ekvator bölgesine göre orta enlem bölgesindeki değişimler ve bozulmalar daha azdır. Yatay manyetik alan etkileri ekvator bölgesine göre orta enlem bölgesinde düşüktür (Anonim2, 2016). İyonosfer izleme istasyonlarının sayısı diğer bölgelere nazaran bu bölgede daha fazladır (Alcay ve ark., 2014).

### 3.1.2. Ekvator bölgesi

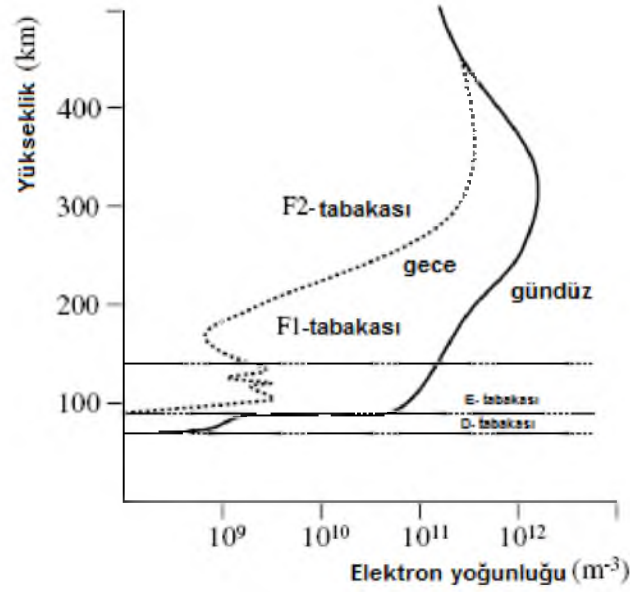
Kuzey Yarım küre 'de 23°27' kuzey paraleli ile Güney Yarım küre 'de 23° 27' güney paraleli arasındaki bölgeye ekvator bölgesi denir. Ekvator bölgesi maksimum elektron yoğunluk değerinin en fazla olduğu bölgedir. Güçlü güneş radyasyonu ve yoğun iyonlaşma bunun sebebidir (Arslan, 2004). Dünyadaki en yoğun parlama etkisi gece zamanlarında ekvator bölgesinde olmuştur (Groves ve ark., 2000).

### 3.1.3. Yüksek enlem bölgesi

Yüksek enlem bölgesi iki bölgeden oluşur. Bunlar Aurora bölgesi ve kutup bölgesidir. Solar yüklü parçacıkların havadaki atomları harekete geçirmesiyle meydana gelen ışımaya olayı aurora olarak adlandırılmaktadır. Güney yarım kürede aurora australis, kuzey yarım kürede aurora borealis olarak isimlendirilir (Roy ve Clarke, 1982). 55° K ile 65° K coğrafi enlemleri arasında yer alan Kanada, Alaska, Kuzey Avrupa ve Rusya'nın sadece bir kısmının kapladığı bölge aurora bölgesidir. Aurora bölgesinin bulunduğu enlemlerin üzerindeki enlemlerde bulunan bölge ise kutup bölgesidir (Arslan, 2004). Yüksek enlem bölgesindeki maksimum elektron yoğunluğu ekvator bölgesine kıyasla oldukça azdır. Fakat elektron yoğunluğundaki değişimler bu bölgede oldukça fazladır (Danilov ve Lastovicka, 2001; Skone ve Cannon, 1999). Yüksek enlem bölgesindeki iyonlaşmanın elektron hareketlerine de etkisi vardır. Bu iyonlaşma güneş ışınlarının etkisiyle gerçekleşebilir. Yüksek enlem bölgesindeki iyonlaşma güneş ışınlarının yanı sıra manyetosferik etki ile de gerçekleşebilir. Manyetosferik etkiler ısı akışları ve elektrik alanlar gibi süreçler meydana getirebilir (Aksaç ve ark., 2017).

## 3.2. İyonosfer Tabakaları

İyonosferin tabaka yapısını farklı yüksekliklerde farklı dalga boylarına sahip güneş ışınları emilimi ve iyonlaşma farklılıkları belirler (Arslan, 2004). İyonosfer tabakaları 50 kilometreden başlayıp 1000 kilometreye kadar devam eder. Aslında üst sınır hakkında kesin bir değer tanımlanmış değildir. Çünkü plazmasfer üst tabakası inceltirilmiş elektron yoğunlukları olarak yorumlanabilir (Alcay ve ark., 2014). Güneş patlamaları ve güneş lekeleri sayısı güneş ışınımını dolayısı ile iyonlaşmayı ve iyonosferdeki serbest elektron miktarını önemli ölçüde etkiler. İyonosferdeki iyonlaşma miktarına göre D, E, F<sub>1</sub> ve F<sub>2</sub> tabakaları oluşmaktadır (Anonim2, 2016)(Şekil 3.2.).



Şekil 3. 2. İyonosferin Dikey Profili (Odjik, 2002).

### 3.2.1. D tabakası

D tabakası yerkabuğundan 50 km ile 90 km arasındaki yükseklikte bulunur. Bu tabakada gerçekleşen iyonlaşma güneş tarafından kontrol altındadır (Arslan, 2004). İyonlaşmanın en az olduğu tabakadır. Yüksekliğin artmasıyla serbest elektron miktarı da artar. Güneşin doğmasıyla D tabakasında iyonlaşma gerçekleşir. İyonlaşmanın etkisiyle uzun dalga bandındaki ve orta dalga bandındaki sinyaller D tabakası tarafından soğurulur ya da zayıflatılır. Serbest elektron ve iyonların birleşmesi ile bu tabaka gece saatlerinde kaybolur (Anonim2, 2016). Düşük enlem bölgelerinde az gerçekleşen, genelde kuzey orta enlem bölgelerinde gerçekleşen bir kış anomalisi bu tabakada gerçekleşir. Bu tabakada gerçekleşen kış anomalisi belli günlerde güneş ışıklarının ışımasının emilimi yüksek olmasından dolayı oluşan fazla iyonlaşma sonucu kış anomalisi oluşur (Wild, 1994). Bu bölgenin GPS sinyallerine önemli bir etkisinin olmadığı kabul edilir (Parkinson ve Spilker, 1996).

### **3.2.2. E tabakası**

E tabakası yerkabuğundan 90 km ile 150 km yükseklikte bulunmaktadır. Normal durumda iyonlaşma bu tabakada güneş ışınımı ile oluşur (Wild, 1994). Düşük enerjili X ışınları ile oluşan normal E tabakasının uydu sinyallerine ve GPS' e etkisi azdır. Yüksek iyonlaşmanın olduğu, bulutlar tarafından oluşturulan 100-120 km yüksekliklerde daha güçlü bir E tabakası oluşur ve bu tabakaya düzensiz E tabakası veya E<sub>s</sub> tabakası adı verilir. 100-150 MHz aralığındaki frekanslara sahip olan sinyaller iyonosferden bu tabakanın etkisi ile yansır ve 1000 km üzerinde yol alabilir (Anonim2, 2016; Arslan, 2004). Kutup bölgelerinde güneş parçacıkları sebebiyle gerçekleşen düzensiz değişim tabaka yoğunluğunda parlama etkisine yol açar (Parkinson ve Spilker, 1996; Arslan, 2004).

### **3.2.3. F<sub>1</sub> Tabakası**

150 km üzerindeki iyonosfer tabakası F tabakasıdır. F tabakası güneşin morötesi ışınlarıyla meydana gelir. Bu tabaka F<sub>1</sub> ve F<sub>2</sub> olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. 150-250 km yükseklik arası F<sub>1</sub> tabakası olarak adlandırılır. İyonosferin bu tabakası GPS sinyallerindeki gecikmelerin %10' una neden olmaktadır (Parkinson ve Spilker, 1996). Bu tabaka düzenli bir yapıya sahiptir (Arslan, 2004).

### **3.2.4. F<sub>2</sub> tabakası**

F<sub>2</sub> tabakası yeryuvarından 250-1000 km arasındaki yüksekliklerde bulunur. F<sub>2</sub> tabakası altında bulunan sırasıyla F<sub>1</sub>, E ve D tabakaları alt iyonosfer tabakası, F<sub>2</sub> tabakası ve yukarısı ise üst iyonosfer tabakası olarak adlandırılmaktadır. F<sub>2</sub> tabakası iyonlaşma yoğunluğunun en yüksek olduğu tabakadır (Anonim2, 2016). GPS ölçüleri üzerindeki en büyük etkiye sahip tabakadır (Parkinson ve Spilker, 1996). F<sub>2</sub> tabakasında küresel ölçekte yıllık elektron yoğunluğu değişimleri mevcuttur. Güneş parlamasındaki %6'lık saçılmanın, elektron yoğunluğu üzerindeki etkisi aralık ayına nazaran haziran ayında %20 daha fazla olabilir. Güneş parlaması ise güneş ve dünya arasındaki uzaklık farklılıklarına göre ocak ayında en yüksek seviyeye ulaşabilir. F<sub>2</sub> tabakası kutup bölgelerinde değişik varyasyonlar gösterebilir. Bu tabakadaki gece zamanlı elektron yoğunluğu ise düzensiz olarak azalabilir (Arslan, 2004). F<sub>2</sub> tabakasında gece saatlerindeki elektron yoğunluğu, öğle saatlerindeki elektron yoğunluğuna nazaran

ekvator bölgesinde fazla olabilmektedir (Wild, 1994). En yüksek elektron yoğunluğu 350 km yükseklikte bulunmaktadır (Arslan, 2004).

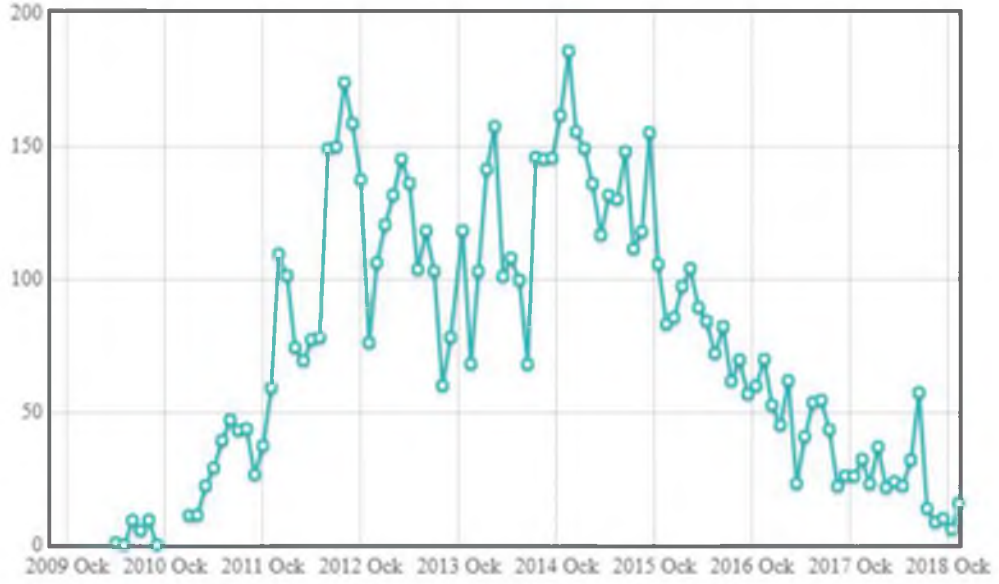
### **3.3.Güneş Aktivitesi**

Güneşin ışınlarının ışımasındaki açı değişimlerinden ve dünyanın güneş etrafında dönmesi ile meydana gelen mevsimsel değişimler ile oluşmaktadır. Güneşin ultraviyole enerji üretimi ise farklı olup yaklaşık olarak 11 yılda bir en yüksek seviyede olmaktadır (Parkinson ve Spilker, 1996). İyonosfer bütün ultraviyole dalgaları emmektedir bu yüzden güneşin ultraviyole dalgalarındaki değişim ölçümleri iyonosfer tabakasında yapılır. Ayrıca güneş lekeleri sayıları güneşin ultraviyole aktivitesi ile oluşan iyonlaşma ile korelasyonludur (Arslan, 2004). İyonosferin çeşitli bölgelerinde güneşin ultraviyole dalgalarındaki değişimi (solar flux) iyonlaşmaya sebep olur (Parkinson ve Spilker, 1996). Güneş aktivitesinin bir fonksiyonu olan bu iyonlaşma parçacıklı ışınım ve dalga ışınımı sebebiyle meydana gelir (Schaer, 1999).

#### **3.3.1 Güneş lekeleri sayısı**

Güneş yüzeyinde gerçekleşen güçlü manyetik alanlar meydana geldikleri bölgenin ısısını 6000°C' den 4200°C' ye indirirler ve bu bölge üzerinde siyah alanlar oluştururlar. Bu güneş yüzeyinde yoğunlaşan bu manyetik alanlara güneş lekeleri adı verilir. Bu lekeler geçici olaylardır ve günler hatta haftalar sonra kaybolurlar. Yaşanılan ısı kaybından dolayı güneş lekelerinin bulunduğu bölge diğer bölgelere göre daha koyu görülmektedir. Manyetik alan yapılarına göre güneş lekeleri ne kadar karmaşıkla patlama üretme yüzdeleri de o kadar fazla olur (Arslan, 2004).

Güneş lekelerinin sayısı düzenli olarak ortalama 11 yıllık bir periyotta artar veya azalır. İyonosferik aktivitenin maksimum değere 11 yılda bir ulaşması güneş lekeleri sayısının zaman serisi ile açıklanabilir (Hugentobler ve ark., 2001). 2009-2018 Ocak tarihleri arasındaki güneş lekeleri sayısı Şekil 3.3.' de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3. 3. 2009-2018 Ocak Tarihleri Arasındaki Güneş Lekesi Sayısı (Anonim3, 2018).

### 3.3.2. Güneş ve dünyada meydana gelen etkileşim

Güneş ile gezegenler arasında kalan bölge kusursuz bir boşluk gibi görünse de güneş rüzgarları etkisi altında bir bölgedir. Güneş rüzgarlarının hızı saniyede 250-1000 km arasında değişmektedir. Güneş patlamaları, güneş lekelerinin boyutları artması ve benzeri durumlarda güneş rüzgarlarının manyetik alan şiddeti ve yoğunluğunda artışlar meydana gelmektedir. Güneş rüzgarlarıyla meydana gelen bu manyetik alanlardan gezegenler farklı biçimlerde etkilenirler. Dünyanın manyetik alanı ise demir tozları ve mıknatıs arasındaki etkileşim ile benzerdir (Anonymous3, 2018).

Manyetik alan çizgileri dünyamızın magnetosferini oluşturmaktadır. Bu manyetik alan çizgileri, güneşin oluşturduğu manyetik rüzgarların güneş yönünde etkilenerek, ters yönde ise gezegenlerin bulunduğu doğrultuda uzanarak dünyayı sarmalarlar. İyonosfer de bu bölgede bulunur. Bundan dolayı güneşten gelen ışınların etkisiyle oluşan iyonizasyon bu tabakada serbest elektronlar oluşturmaktadır. Magnetosfer dinamik bir yapıya sahiptir. Güneş aktivitesine bağlı olarak 6.6 – 10 kat dünya yarıçapı arası mesafe değişimi gözlemlenir. Bu dinamizmin harekete geçmesi sonucu dünyada manyetik fırtınalar gözlemlenir. Ayrıca bu değişimler sonucu yine güneş aktivitesine bağlı olarak kutup ışması gibi olaylar da gözlemlenir (Anonymous3, 2018).

Gezenler arası bölgede dünyaya yakın bir yerde gözle görülmeyen dinamik bir elektriksel alan vardır. Bu alan magnetosfer, iyonosfer ve güneş rüzgarları arasında yer almakta ve milyarlarca kilovat enerji üretmektedir (Arslan, 2004). Dünyanın manyetik alanının güneşe doğru çekilmesinin nedeni güneş tarafından dışarı atılan proton ve nötronların oluşturduğu güneş rüzgarlarıdır (Roy ve Clarke, 1982; Makarova ve Shirochkov, 2002).

## 4. İYONOSFER TABAKASINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER

Alıcı-gönderici sinyal yolu üzerindeki kesitte bulunan iyonosfer ya da parametresi olan TEC serbest elektronların sayısına bağlı olarak değişir. TEC' i etkileyen bu elektronların yoğunluğu zaman, iklim koşulları, coğrafi enlem, güneş ve jeomanyetik değişim gibi önemli etkenlere bağlıdır (Parkinson ve Spilker, 1996). Bu etkenlerin iyonosfer tabakasında meydana getirdiği değişimler düzenli ve düzensiz değişimler olarak ikiye ayrılabilir (Arslan, 2004).

TEC' in günlük ve kuzey-güney ile doğu-batı doğrultularındaki oluşan iyonosfer farkları düzenli değişimlere örnek verilebilir (Arslan, 2004).

Düzensiz değişimler ise çeşitli faktörler nedeniyle oluşur. Bu faktörlere gezici iyonosferik bozucu etki ve iyonosferik fırtınalar örnek verilebilir.

### 4.1.Düzensiz Değişimler

#### 4.1.1. Gezici iyonosferik bozucu etki

TEC' de düzensiz değişimlere sebep olan, güneş parçacık olayları ve manyetik fırtınalar ile ortaya çıkan, nötr atmosfer ve iyonosfer arasındaki iletişim gezici iyonosferik bozucu etkidir (Gezici İyonosferik Bozucu Etki-TID) (Warnant, 1998; Schaer, 1999; Arslan, 2004). TID 10 km ile binlerce km mesafe arasında etki alanına sahiptir ayrıca iyonosfer bölgelerini etkileyerek 100 km/s ile 300km/s arasında değişen hızlara sahip bir akım değişimi gibi hareket eder (Warnant ve Pottiaux, 2000; Arslan, 2004).

TID üç farklı aşamaya ayrılabilir.

##### 4.1.1.1.Küçük ölçekli gezici iyonosferik bozucu etki

Kutup ve ekvator da oldukça fazla, orta enlemlerde az olan bu etki anlık ve birkaç dakikalık değişimlerdir. Diğer bir adıyla parlama etkisi olan bu etki iyonosferde yaklaşık olarak 10-20 km arası etki alanına sahiptir (Warnant, 1998; Warnant ve Pottiaux, 2000; Arslan, 2004).

#### **4.1.1.2.Orta ölçekli gezici iyonosferik bozucu etki**

Orta enlem bölgelerinde daha sık meydana gelen orta ölçekli TID 10 dakika 1 saat arası zaman aralığına sahip iyonosfer değişimleridir. 100-200 km arası mesafede etki alanına sahip ve düzensizdir (Wanninger, 1999; Rieger ve Leitinger, 2002; Arslan, 2004).

#### **4.1.1.3.Geniş ölçekli gezici iyonosferik bozucu etki**

1000 km'lik bir mesafede etkili olan, zaman aralığı 30 dakika ve 3 saat arası olan düzensiz değişimlerdir (Schaer, 1999; Zhang ve Xiao, 2002; Arslan, 2004).

Manyetik fırtınaların olduğu zamanlarda yüksek enlem ve kutup bölgelerinde manyetik fırtınaların olmadığı zamanlara göre TEC' deki düzensiz değişimler daha fazladır. İyi sonuçlar veren GPS çözümleri stokastik modellere dayanırken, parlama olduğunda bu modeller yetersiz olabilir. Tamsayı belirsizliği çözümleri kinematik uygulamalarda problemlidir (Skone S. H., 2001;Arslan, 2004).

#### **4.1.2. Jeomanyetik fırtınalar**

Jeomanyetik fırtınalar, güneş patlamaları ile güneş kütle atımı arasında gerçekleşen fırtınalardır. Bu iki olay birbirine bağlı gerçekleşirken, birbirinden bağımsız da oluşabilir. Jeomanyetik fırtınalar elektronik ve haberleşme sistemlerini etkileyebilirler. Ayrıca jeomanyetik fırtınalar, iyonosferik bozukluklara da sebep olabilirler. Dst indis değişimlerine göre tanımlanırlar. Jeomanyetik fırtınaların etkileri; radyasyon, biyolojik sistemler, konum belirleme sistemleri gibi elektronik sistemlerdir (Anonim1, 2016).

#### **4.2.Düzenli Değişimler**

##### **4.2.1. TEC' in günlük ve mevsimsel değişimleri**

Gün içinde değişen ve farklı değerlere sahip olan TEC, güneşli öğle vakitlerinde yüksek değerlere, gece vakitlerinde ise düşük değerlere sahiptir. Yaz, kış ve ekinoks zamanlarında (Mart, Eylül ayları) farklı TEC yapıları oluşabilir (Breed ve Goodwin, 1998; Hassan ve ark., 2002; Arslan, 2004).

#### **4.2.2. TEC' in enleme göre değişimleri**

Günlük ve mevsimsel değişimlerle ilişkili olarak enleme bağlı TEC değişimleri olabilmektedir. (Breed ve Goodwin, 1998; Arslan, 2004).

#### **4.2.3. TEC' in güneş hareketlerinden kaynaklanan değişimleri**

Güneş lekesi sayısındaki periyodik değişimler ile ilişkilendirilen güneş aktivite derecesi TEC' i etkileyen farklı bir parametredir. TEC değerleri güneş lekesi sayısı ile korelasyonlu olup 11 yıllık periyotlarla en büyük değerlere ulaşan güneş aktivitesine bağlı olarak değişir (Arslan, 2004).

## 5. İYONOSFER TABAKASINDA DEĞİŞİM OLDUĞUNU GÖSTEREN ÖLÇÜTLER

Jeomanyetik etkiler iyonosfer tabakasında gerçekleşen düzensiz etkiler ile ilişkilidir. Jeomanyetik etkilerin artmasıyla iyonosfer tabakasında değişimlerin olduğu yapılan bazı çalışmalarda gösterilmiştir (Nishino ve ark., 1998; Ping ve ark., 2002; Skone ve Cannon, 1999; Aquino ve ark., 2001; Arslan, 2004). İyonosfer tabakasında düzensiz değişimlere neden olan etkiler özellikle güneş kaynaklı manyetik aktivitelerdir (Arslan, 2004).

Güneş parlaması nedeniyle kopan parçacıkların etkisiyle manyetik fırtınalar oluşurken manyetik alanda bozucu etkilere uğrar. Yeryüzünün bu sebeple manyetik alanı değişime uğrarken, kopan parçacıklar ayrıca dünyanın nötr atmosferini etkileyerek ek elektronlar üretir ve güçlü bir elektrik alan oluşturur. Bu gerçekleşen olaylar iyonosferde değişimler meydana getirir (Parkinson and Spilker, 1996; Arslan, 2004). Üretilen elektrik alan 1 dakika gibi bir zamanda faz ölçülerinde ilerleme, kod ölçülerinde de gecikme olarak kendini gösterir. Değişim süresi bölgelere göre farklılıklar gösterebilir. Örneğin kutup bölgelerinde bu değişim birkaç saati bulabilir. GPS alıcıları için bu etki sinyali alabilmeleri konusunda zorluk yaşatabildiği gibi sinyal almalarını da engelleyebilir (Teunissen ve Kleusberg, 1998; Arslan, 2004).

Kp indisi, Dst indisi, güneş patlaması (Solar Flare) ve solar flux değerleri iyonosferdeki değişimlerin büyüklüğünü yansıtan ölçütlerdir. Bu ölçütler GNSS veri sonuçlarının yorumlanmasında oldukça önemlidir. (Stewart ve Langley, 1998; Jakowski ve ark., 2001; Arslan, 2004).

### 5.1.Kp İndisi

Güneş parçacıklarının radyasyonunu manyetik etkileri ile ölçmek için tasarlanmıştır (Anonymous4, 2016). Jeomanyetik aktiviteyi gösteren değerlerden biri olan Kp indis değerleri, IAGA-Uluslararası Jeomanyetizm ve Aeronomi Birliği içinde faaliyet gösteren ISGI- Jeomanyetik indisler için Uluslararası Servis gibi kurumlar tarafından üç saatlik aralıklarla 1932 yılından beri üretilmektedir. Kullanılan veriler dünyanın orta enlem bölgesinde bulunan 13 istasyondan elde edilmektedir (Arslan, 2004).

Manyetik alanın etkilerinin farklılıklarına göre Kp indisi 0-9 arasında değerler almaktadır (Menvielle, 2001; Arslan, 2004). Kp değerleri için belirli bir veri formatı vardır. Bu veri formatı 0o, 0+, 1-, 1o, 1+, 2-, 2o, 2+, ..., 8o, 8+, 9-, 9o şeklindedir. Bu veri formatındaki özel karakterler “-“ ve “+” 1/3 değerindedir. ”-“ işareti 1/3 çıkarma, “+” işareti ise 1/3 ekleme anlamına gelmektedir. Diğer bir sembol olan “o” ise hiçbir değişiklik yapılmaması gerektiğini gösterir. Her sembol için bir örnek verecek olursak, 5- = 5-(1/3) =4.67, 9+ = 9+(1/3) =9.33, 2o =2 şeklinde gösterilebilir (Arslan, 2004).

Kp indis değerleri iyonosferdeki elektron yoğunluğunu doğrudan etkileyen manyetik fırtınalara göre farklı değerler alır, bu değerler çizelge 4.1.’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 5. 1.** Manyetik Fırtına Seviyelerine Göre Kp İndis Değerleri (Arslan, 2004).

Manyetik Fırtınanın Derecesi	Kp İndisi
G1 Küçük (Minor)	5
G2 Orta (Moderate)	6
G3 Kuvvetli (Strong)	7
G4 Ağır (Severe)	8
G5 Aşırı (Extreme)	9

## 5.2.Dst İndisi

Dst indisi iyonosfer tabakasındaki değişimleri, manyetik fırtınaları ve derecelerini gösteren bir indistir (Arslan, 2004). 1 saatlik zaman aralığında dünya genelindeki 4 farklı gözlemeviden elde edilmektedir (Şekil 5.1.) (Anonymous6, 2016).



Şekil 5. 1. Dst İndislerinin Türetildiği 4 Manyetik Gözlemevinin Dünya Geneli Dağılımı (Anonymous6, 2016).

Dst indis değerleri Çizelge 5.2' de verilmiştir.

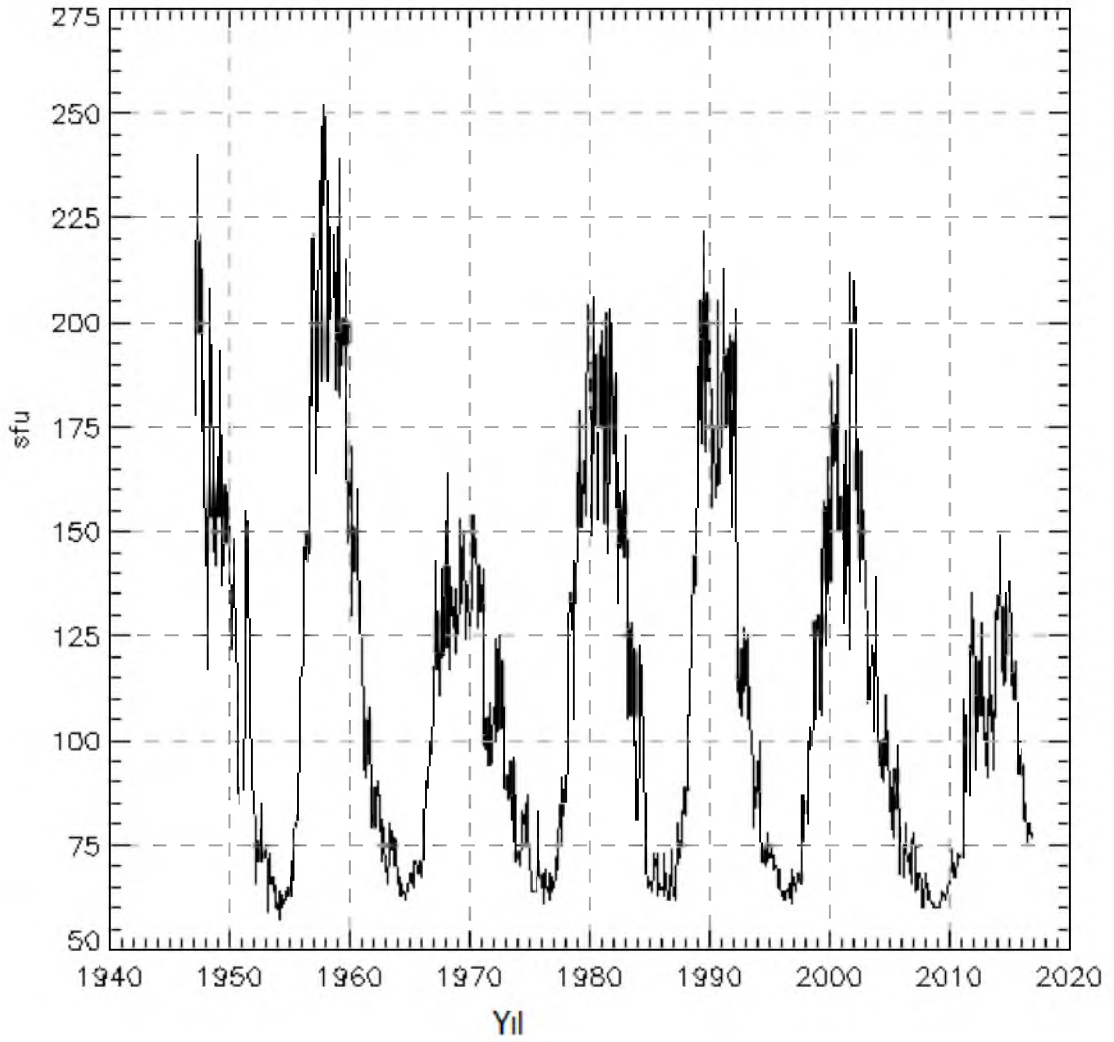
Çizelge 5. 2. Manyetik Fırtına Seviyelerine Göre Dst İndis Değerleri (Arslan, 2004).

Manyetik Fırtınanın Derecesi	Dst İndisi
G1 Küçük (Minor)	$Dst > -20$
G2 Orta (Moderate)	$-20 > Dst > -50$
G3 Kuvvetli (Strong)	$-50 > Dst > -100$
G4 Ağır (Severe)	$-100 > Dst > -300$
G5 Aşırı (Extreme)	$-300 > Dst$

### 5.3.Solar Flux Ölçüleri

İyonosfer tabakasındaki değişimlerin gözlemlenmesinde 10.7 cm dalga boyuna sahip dalga aracılığıyla solar flux ölçüleri ile belirlenebilir. Güneş lekeleri sayısı ile

iyonlaşmanın belirlenmesinden daha iyi bir yöntem olan 10.7 cm dalga boylu solar flux ölçmeleri, UT zamanına bağlı olarak günlük 20:00'de Kanada Araştırma Birliği'nce (CNRC) işletilen Dominon Radyo Astrofizik Gözlemevi tarafından kayıt altına alınmaktadır (Arslan, 2004). 10.7 cm dalga boylu solar flux ölçülerinin birimi sfu'dur.  $1 \text{ sfu} = 10^{-22} \text{m}^{-2} \text{Hz}^{-1}$  'dir (Anonymous1, 2016). Solar Flux ölçülerinin değeri 50-300 sfu arasında değişmektedir (Poole, 2002). 10.7 cm dalga boyuna sahip solar flux ölçülerinin aylık ortalamalarının yıllara ait dağılımı Şekil 5.2.' de verilmiştir.



Şekil 5. 2. Solar Flux Ölçülerinin Aylık Ortalamalarının Yıllara Ait Dağılımı (Anonymous1, 2016).

Güneş aktivitesine bağlı olarak değişen solar flux ölçüleri iyonosfer tabakasındaki iyonlaşma ve güneş hareketleri hakkında bilgi edinilmesine olanak sağlar. 10.7 cm solar flux ölçüleri ile güneş lekeleri sayıları korelasyonlu olup, güneş lekeleri

sayısının maksimum olduđu zamanlarda yüksek, periyodun ilk ařamalarında iře dūřüktür (Arslan, 2004).

#### **5.4.Güneş Patlama Değerleri**

Geçici enerji boşalmaları olarak da tanımlanan, enerji salınımı açısından güneş yüzeyindeki en şiddetli olaylardan biri güneş patlamalarıdır. Patlamaların oluşması için gerekli ilk enerji kaynağını, çok kuvvetli manyetik alanların parçalanmaları ve yeniden bir araya gelmeleri oluşturmaktadır. Elektromanyetik spektrumun her dalga boyundaki ışınımların neredeyse tümü bulunmaktadır. Bu ışınımlara güneş gamma ışınım, X-ışınım ve radyo ışınım gibi ışınımlar örnek verilebilir (Arslan, 2004).

## **6. İYONOSFER MODELLEME**

Uydulardan yeryüzüne gönderilen sinyallerin iyonosfer tabakasındaki yansımalarını, elektronların bu sinyallere etkilerini ve bu sinyallere etki eden iyonosfer yapısını belirlemek için GPS tabanlı ve ampirik modeller geliştirilmiştir.

### **6.1. Ampirik Modeller**

Yakın zamanlı ölçmeler olmadığı zaman herhangi bir yerde herhangi bir zamanda iyonosferin küresel davranışını tanımlamak için Bent, PIM, NeQuick ve IRI gibi çeşitli ampirik modeller kullanılmaktadır.

#### **6.1.1. The Bent modeli**

İyonosferik gecikme düzeltmeleri, uydu haberleşmesi ve uydu izlemesi için 1973 yılında Rodney Bent ve Sigrid Llewellyn tarafından Bent modeli geliştirilmiştir (Bent and Llewellyn, 1973; Alcay ve ark., 2014). Bent modeli mevsim, enlem, boylam, solar radyo flux ve zamanın bir fonksiyonu olarak iyonosferik elektron yoğunluğunu tanımlar. Bent modeli iyonosferin alt tabakaları olan D, E, F<sub>1</sub> tabakalarını içermez, iyonosonde ve uydu verilerini kullanır (Alcay ve ark., 2014).

#### **6.1.2. PIM modeli**

PIM (Parametrelİ İyonosferik Model) modeli ampirik bir model olup, dört farklı fiziksel model içerir. Bunlar; düşük enlem F tabaka modeli, orta enlem F tabaka modeli, birleşik düşük ve orta enlem kombinasyonu E tabaka modeli ve yüksek enlem E ve F tabaka modelidir (Komjathy, 1997; Alcay ve ark., 2014). PIM modeli hakkında detaylı bilgi Anonymous7 (2016)' da verilmiştir.

#### **6.1.3. NeQuick modeli**

NeQuick modeli elektron yoğunluğu kestirimi için hızlı bir yol sağlayan yarı deneysel bir modeldir. NeQuick modeli İtalya Trieste' de bulunan ICTP (Abdus Salam Uluslararası Teorik Fizik Merkezi)' nin ARPL (Aeromany ve Radyo İletim Laboratuvarı)' da ve Avusturya Graz üniversitesi IGAM (Jeofizik, Astrofizik ve

Meteoroloji Enstitüsü)' de geliştirilmiştir. NeQuick modeli istenilen yer ve zaman için iyonosferin hem alt sınır hem de üst sınırında toplam elektronu verir (Alcay ve ark., 2014). NeQuick modeli ayrıca ESA (Avrupa Uzay Ajansı) Galileo kullanıcıları için uydudan yere ya da uydudan uyduya STEC değerini hesaplaması için gerçek zamanlı düzeltme modelini sunar (Redicella ve Leitinger, 2001). Bu modelle ilgili detaylı bilgi Nava ve ark. (2008)' de verilmiştir.

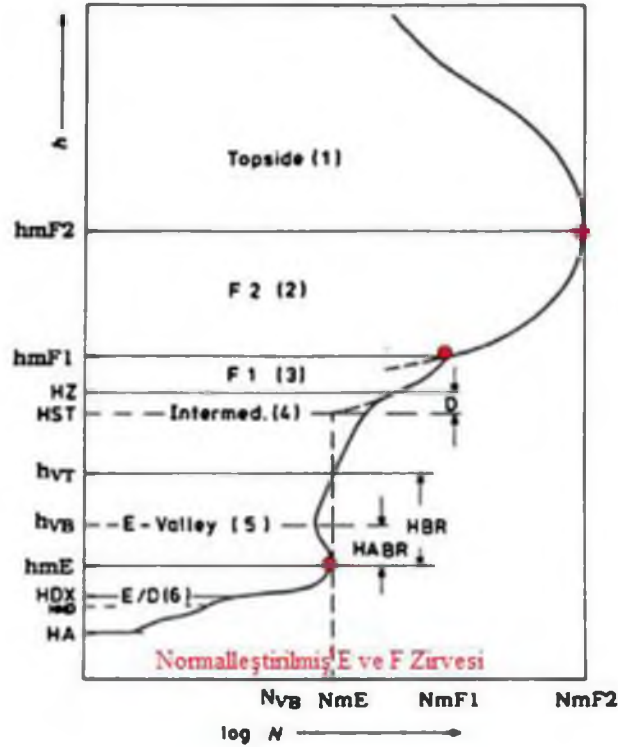
#### 6.1.4. IRI modeli

Uluslararası Referans İyonosfer (IRI), Uzay Araştırmaları Komitesi (COSPAR) ve Uluslararası Radyo Bilimleri Birliği (URSI) tarafından desteklenen uluslararası bir projedir. Bu kuruluşlar, mevcut tüm veri kaynaklarından yararlanarak, iyonosfer için ampirik bir standart model oluşturmak için altmışların sonlarında bir “Work Group” oluşturulmuştur. Modelin üretilişinden bu yana sürekli olarak geliştirilmiş birkaç sürümü piyasaya çıkmıştır (Anonymous2, 2017). Bu sürümler; 1968 yılında COSPAR' ın kurduğu IRI Work Group, 1969' da URSI' nin projeye dahil olması, IRI-75, IRI-78, IRI-81, IRI-86, IRI-90, IRI-95, 1999 yılında IRI' nin uluslararası standart olarak kabul edilen URSI önergesi, IRI-2001, IRI-2007, IRI-2012' dir (Bilitza ve ark., 2014). Ayrıca Fortran kaynak kodu 30.10.2016 tarihinde, ara yüzü 16.11.2016 tarihinde yayınlanan IRI-2016 güncel ve en son sürümüdür (Anonymous2, 2017). Bu güncel sürüme [http://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/iri2016\\_vitmo.html](http://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/iri2016_vitmo.html) web adresinden ulaşılabilir. Verilen konum, saat ve tarih için IRI, elektron yoğunluğu, elektron sıcaklığı, iyon sıcaklığı gibi değerleri aylık ortalamalar dikkate alarak vermektedir (Anonymous2, 2017).

En önemli veri kaynakları, iyonosondelerin dünya çapındaki ağı, güçlü tutarsız dağılım radarları, ISIS ve Alouette üstü ses düzenleyicileri ve birçok uydularda ve roket üzerindeki aletlerdir. IRI belirli periyotlarla güncellenmektedir (Anonymous2, 2017).

İyonosferik elektron yoğunluğu profili,  $F_2$  tabakasında zirve yüksekliği  $hmF_2$ ' de en yüksek yoğunluğu  $NmF_2$ ' dir. Bu nokta elektron yoğunluğu profili içinde alt sınır ve üst sınır kısımlarını böler. IRI' de her iki profil kısmı yükseklik ve  $F_2$  zirve yoğunluğu için normalleştirilmiştir.  $F_2$  zirve profil yapısının altındaki bölge daha karmaşıktır. Bu yüzden yoğunluk profillerinin kısımları  $F_1$  ya da E zirvesi için ayrıca normalleştirilmiştir. IRI elektron yoğunluğu profilindeki artış Şekil 6.1.' de gösterilmiştir.  $F_1$  ve  $F_2$  yükseklikleri arasındaki bölge, HF radyo dalgaları yayılımı

üzerindeki etkisinden dolayı ve toplam elektron içeriğinin (TEC) ihmal edilemez katkısından dolayı özel bir ilgi çekmektedir. IRI-2012 modeli ile auroradaki E bölgesinde manyetik fırtına etkilerini tanımlanmış ve aurora oval sınırları ilk kez dahil edilmiştir. IRI-2012 için daha ayrıntılı bilgi Bilitza ve ark. (2014)' de verilmiştir..



Şekil 6. 1. IRI Elektron Yoğunluğunun Oluşturulması ve Farklı Bölgeler İçinde Ayırılması (Bilitza, et al., 2014).

#### 6.1.4.1. IRI-PLAS modeli

IRI (International Reference Ionosphere)' nin en iyi özelliklerinden birisi iyonosfer parametrelerini sağlamasıdır (Bilitza, 2001). Ancak model özellikleri iyonosferi yalnızca 2000 km'ye kadar tanımlar. GPS uyduları 20200 km'de konumlandırıldığı için bu bir problemdir. 2000 km üzerindeki plazma yoğunluğu F tabakasındaki plazma yoğunluğundan en az iki kat daha büyüktür (Zakharenkova ve ark., 2015). İyonosfer ile daha fazla yüksekliklerde GPS ölçüleri kullanmak için interpolasyona ihtiyaç duyulur. IRI-PLAS modelin ortaya çıkması, ISO (Uluslararası Standartlar Organizasyonu) IRI modelini sıcaklık, iyonosferik plazma yoğunluğu ve birkaç plazmasfer modeli ile tanımlayarak, plazmasferik yüksekliklere genişletmeyi

önermesi ile gerçekleşmiştir (Gulyaeva, 2002). IRI-PLAS TEC değerleri internet üzerinden IONOLAB (İyonosfer Araştırma Laboratuvarı) “IRI-PLAS 2017 Online” programı ile <http://www.ionolab.org/iriplasonline/index.php?locale=tr> adresinden ulaşılabilmektedir. Ayrıca ara yüzü 27.05.2017 tarihinde yayınlanan “IRI-PLAS 2017 Online” güncel ve en son sürümüdür. (Anonim2, 2016).

## 6.2.GPS Tabanlı Modelleme

Taşıyıcı faz ya da kod gözlemlerinin doğrusal kombinasyonları çizelge 6.1.’ da verilmiştir.

**Çizelge 6. 1.** Doğrusal kombinasyonların kısaca gösterimi (Wild, 1994; Hugentobler ve ark., 2001; Arslan, 2004).

Doğrusal Kombinasyon (LC)	Açıklama	$\lambda$ (Dalga Boyu) (m)	LC Çarpanı	
			$K_{1,1}$	$K_{1,2}$
$L_1$	$L_1$ orijinal	0.19	1	0
$L_2$	$L_2$ orijinal	0.24	0	1
$L_3$	İyonosferden Bağımsız	-	$\frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} = 2.5$	$-\frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} = -1.5$
$L_4$	Geometriden Bağımsız	-	1	-1
$L_5$	Geniş Aralık	0.86	$\frac{f_1}{f_1 - f_2} = 4.5$	$-\frac{f_2}{f_1 - f_2} = -3.5$
$L_{nl}$ ( $n_5$ ile $L_3$ )	Dar Aralık	0.107	$\frac{f_1}{f_1 + f_2} = 0.56$	$\frac{f_2}{f_1 + f_2} = 0.44$

Çizelge 6.1.’ de görüldüğü gibi  $L_1$  ve  $L_2$  faz ölçülerinin farkı geometriden bağımsız doğrusal kombinasyona eşittir.

$$L_4 = L_1 - L_2 \quad (6.1)$$

Yerel TEC haritaları,  $L_4$  kombinasyon faz ölçüsüne Taylor seri açılımı uygulanarak elde edilmektedir. küresel harmonik açılım kullanılmasının sebebi ise global iyonosfer etkilerinin modellenmesinde bölgesel nitelikli Taylor açılımı yetersiz kalmasıdır (Schaer, 1999; Hugentobler ve ark., 2001; Arslan, 2004).

GPS sinyalleri iyonosfer tabakasından geçerken kırılmaya uğrarlar. Elektromanyetik dalgaların yayılımını, bulunduğu bir ortamda gösteren kırılma indisi,

$$n = c/v \quad (6.2)$$

ile hesaplanır. Formüldeki;

$v$ , elektromanyetik dalganın bulunduğu ortamdaki hızı;

$c$ , ışığın boşluktaki hızıdır (Arslan, 2004).

GPS kod ve faz ölçülerinin sinyal hızları farklıdır. Kod ölçüsü sinyal hızı  $v_g$ ; faz ölçüsü sinyal hızı  $v_p$  dersek buna bağlı olarak kırılma indisleri, faz ölçüsü için  $n_p$  ve kod ölçüsü için  $n_g$ 'yi ayrı ayrı hesaplamak gerekmektedir. Yani GPS ölçü türüne bağlı olarak birbirinden farklı elde edilen kırılma indis değerleri (6.2)'ye göre değişmektedir.

Kırılma indisine göre atmosferi iki katmanlı düşünebiliriz. Bu iki katman için kırılma indisi; , iyonosfer ve megnetosfer (üst atmosfer) için ise  $n_p < 1$ , troposfer (düşük atmosfer) için  $n_p > 1$ 'dir. İyonosferdeki kırılma indisi  $n$ , frekans bağımlıdır. İyonosferik etki, iki frekansın kombinasyonu ile giderilebilmektedir. Bunun nedeni, iyonosferin saçıcı bir ortam olmasından kaynaklanır (Wild, 1994; Arslan, 2004).

iyonosferik kırılma indisi  $n$ ,  $\omega$  açısıl frekansında;

$$n^2 = 1 - \frac{X}{1 - iZ - \frac{Y_T^2}{2(1-X-iZ)} \mp \left( \frac{Y_T^4}{4(1-X-iZ)^2} + Y_L^2 \right)^{1/2}} \quad (6.3)$$

ile ifade edilebilir. Burada,

$$X = \frac{N_e e^2}{\epsilon_0 m_e \omega^2}, Y_L = \frac{e B_L}{m_e \omega}, Y_T = \frac{e B_T}{m_e \omega} \text{ ve } Z = \frac{v}{\omega} \quad (6.4)$$

olup,

$v$ , elektron çarpışma frekansı;

$e$ , elektron yükü;

$N_e$ , elektron yoğunluğu;

$\epsilon_0$ , vakum için sınır değer;

$m_e$ , elektron kütlesi;

T ve L indisleri, dünyanın manyetik alanı B'nin en ve boyuna ilişkin bölümlerini göstermektedir.

Elektron plazma rezonans frekansı,

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \frac{N_e e^2}{\epsilon_0 m_e} \quad (6.5)$$

ile ifade edilebilir. Elektron çarpışmaları ve dünyanın manyetik alanını içeren bazı terimler ihmal edildiğinde, GPS'te kullanılan frekanslar için kırılma indisi;

$$n = 1 - \frac{X}{2(1 \pm Y_L)} \quad (6.6)$$

dir (Teunissen ve Kleusberg, 1998; Arslan, 2004). Faz ölçüleri için yine dünyanın manyetik alanının boylamsal etkinliklerini ( $Y_L$ ) yok sayılırsa kırılma indisi,

$$n_p = 1 - \frac{40.3}{f^2} N_e \quad (6.7)$$

olur. Kod ölçüleri için benzer işlemler yapıldığında kod ölçüleri kırılma indisi,

$$n_g = 1 + \frac{40.3}{f^2} N_e \quad (6.8)$$

elde edilir. S, i uydusu ve k alıcısı arasındaki gerçek uzunluk için,

$$S = \int_k^i n_p ds \quad (6.9)$$

ile ifade edilir. İyonosferik gecikme değeri (6.9)'daki integral yardımıyla GPS gözlemleri için hesaplanırsa,

$$I_{FK}^i = \frac{\alpha E}{f_F^2} \quad (6.10)$$

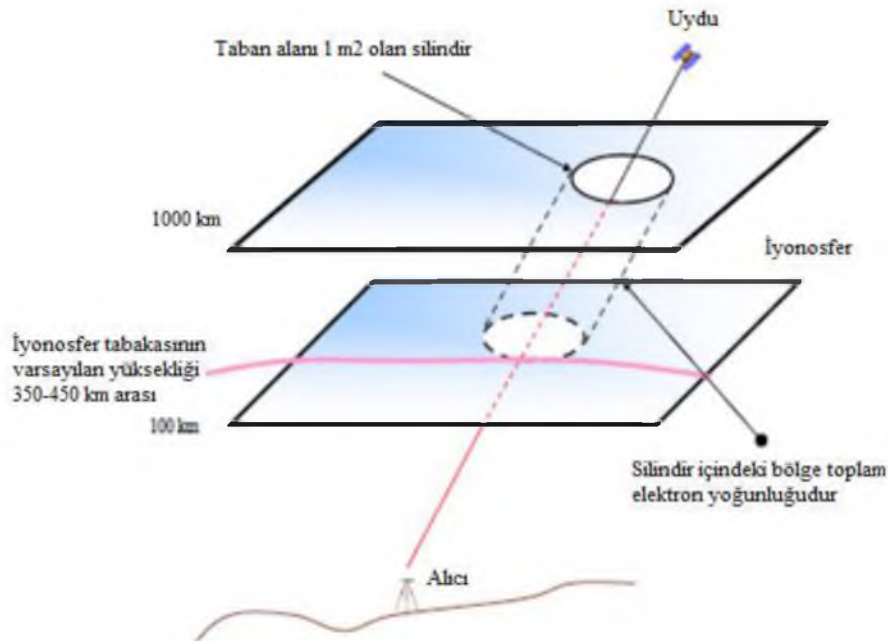
ifadesi bulunur.

Faz gözlemlerinde “-” işaretli olan iyonosferik gecikme kod gözlemlerine “+” işaretli olarak eklenir.  $I_{Fk}^1$ , F frekansı için iyonosferik gecikme;  $a = 4.03 \cdot 10^{17} \text{ m s}^{-2} \text{ TECu}^{-1}$  sabit katsayı,  $f_r$ , GPS taşıyıcısının frekansı (F=1, 2); E, sinyal yolu boyunca toplam elektron yoğunluğudur (TECu biriminde); (Wild, 1994; Arslan, 2004).

### 6.2.1. TEC (Total Electron Content) parametresinin elde edilmesi

TEC haritaları global ve yerel ölçekte çeşitli araştırma grupları ve kurumlarca üretilmektedir. Bu kurumlardan biri CODE (Orbit Belirleme Merkezi, İsviçre) analiz merkezidir. Burada TEC haritaları farkı alınmamış gözlemler yerine ikili farklar kullanılarak oluşturulmaktadır. Bu yöntemin sakıncalı yanı gözlem farkları nedeniyle iyonosfer bilgisinin bir kısmının kısmen kaybolmasıdır. Elde edilen TEC haritaları uzun mesafeler için tamsayı belirsizliği çözümünde etkili olmaktadır. Küresel harmonik açılım ile elde edilen ve ortalama TEC olarak adlandırılan sıfırıncı derece TEC katsayısı TEC’ in deterministik bölümüdür ( Schaer ve Ark., 1996; Arslan, 2004).

İyonosfer tabakasındaki elektron yoğunluğu değişimini gösteren parametre TEC (Total Electron Content) olarak adlandırılır. TEC iyonosferdeki 1 m<sup>2</sup> kesitli silindir boyunca toplam serbest elektron miktarı olup, birimi TECu’ dur. 1 TECu ise 10<sup>16</sup> el./m<sup>2</sup>’dir. TEC’ i elde etmek için yerel ve küresel TEC modelleri kullanılır (Arslan, 2004).



Şekil 6. 2. Toplam Elektron Yoğunluğunun Gösterilmesi (Senturk, 2014).

Günümüzde internet aracılığıyla dünya çapında veri olanağı sağlayan GPS ağı sayesinde GPS tabanlı iyonosfer çalışmaları hız kazanmıştır (Alcay ve ark., 2014).

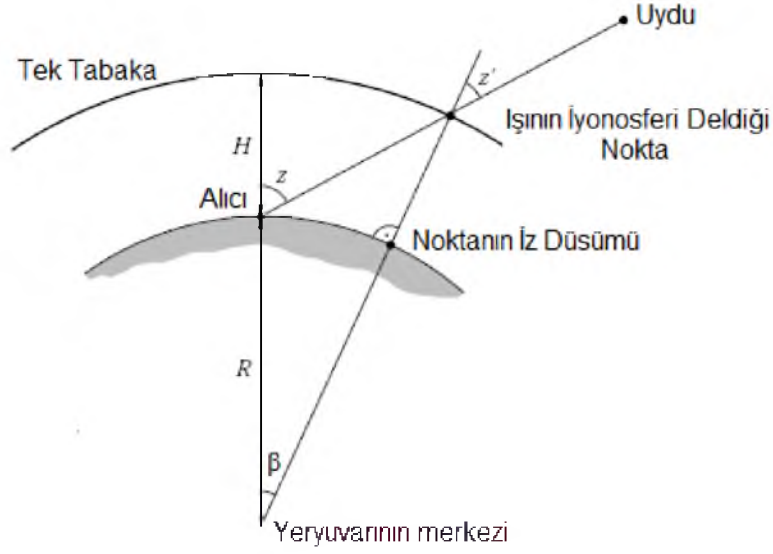
Çift frekanslı GPS gözlemleri uydular ve alıcılar arasındaki sinyal yolu boyunca elektron yoğunluğunun tamamlayan eğik TEC (STEC) belirlenmesinde kullanılabilir. Bir çift frekanslı GPS alıcısı, sırasıyla  $f_1$  ve  $f_2$  taşıyıcı frekansları, L1 ve L2 için kod gözlemlerini ve taşıyıcı faz ölçülerini sağlayabilir. Sinyal frekansı ve uydudan alıcıya sinyal yolu boyunca toplam elektron içeriğine bağlı olarak iyonosferik gecikme (6.11)'de olduğu gibi gösterilir. (Liu ve Gao, 2004; Nohutcu ve ark., 2010; Alcay ve ark., 2014).

$$I = \pm \alpha \frac{STEC}{f^2} \quad (6.11)$$

Buradaki:  $I$ ,  $f$  frekansında iyonosferik gecikme,  $\alpha$  ise  $40.3 \times 10^{16} \text{ ms}^{-2} \text{ TECu}^{-1}$  olup TECu'dan uzunluk birimlerine dönüştürülerek kullanılan sabit bir değerdir. Bu denklemden sadece birinci derece gecikme verilirken, daha yüksek derecedeki etkiler ihmal edilir. İyonosferik gecikme pseudorange ölçüleri için pozitif, taşıyıcı faz ölçüleri için negatiftir (Alcay ve ark., 2014).

GPS tabanlı iyonosferik modeller bölgesel ve küresel olarak ikiye ayrılır. Bölgesel TEC modelleri genellikle bölgesel GPS ağındaki çok sayıda istasyonu kullandığından daha iyi haritalama doğruluğuna sahiptir (Dach ve ark., 2015).

İyonosfer tabakası geniş bir aralığı kapsamaktadır. Bu aralığı tanımlayabilmek SLM (Tek Tabaka Modeli)'nden yararlanılır (Şekil 6.3.) Bu model maksimum yoğunluğa sahip serbest elektronların sonsuz incelikte bir alan içerisine sıkıştırıldığını varsaymaktadır (Dach ve ark., 2015).



Şekil 6. 3. Tek Tabaka Modeli (Dach, Lutz, Walser, and Fridez, 2015).

Buradaki;  $z$  ve  $z'$  sırasıyla istasyondaki ve tek tabakadaki zenit açıları,  $R$  yeryuvarının yarıçapı,  $H$  tek tabakanın yeryuvarından yüksekliği,  $\beta$  ise zenit açıları farkıdır (Dach ve ark., 2015).

Şekil 6.3.'den

$$\sin z' = \frac{R}{R+H} \sin z \quad (6.12)$$

$$E_v = E \cos z' \quad (6.13)$$

eşitlikleri çıkarılabilir. (6.13) eşitliğindeki  $E$ , TECu birimindeki TEC ölçüleridir,  $E_v$  ise düşey TEC (VTEC) değerleridir. SLM izdüşüm fonksiyonunu da " $F_1(z)$ ";

$$F_1(z) = 1/\cos z' \quad (6.14)$$

eşitliğiyle elde edilir (Dach ve ark., 2015).

Bölgesel modellerin aksine, küresel modeller KLOBUCHAR modeli ve küresel iyonosfer modeli (GIM) TEC kestirimini desteklemektedir (Liu, ve ark., 2011). Genellikle küresel olarak iyonosferi modellemek için küresel harmonikler kullanılır. GIM üreten birçok merkez ve üniversiteler bulunmaktadır. Bunlar; JPL (Jet Propulsion

Laboratory), CODE (Center for Orbit Determination), ESA (European Space Agency), DLR (Fernerkundungstation Neustrelitz), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), NRCan (Natural Resources), ROB (Belgium Royal Observatory), UNB (New Brunswick University), UPC (Catalan Polytechnic University), WUT (Warsaw Technology University)'dir (Arslan, 2004).

GPS tabanlı iyonosfer modellemesi için genelde enterpolasyon yöntemleri kullanılır. Bu yöntemlere örnek olarak B-Spline, multikvadrik ve Kriging enterpolasyon yöntemleri verilebilir. 2D (two dimensional) iyonosfer modellerinde STEC değerleri VTEC değerlerine dönüştürülür. 2D modellemenin en büyük eksiği düşey iyonosfer profilini ifade edememesidir. Bundan dolayı tek tabaka modelinin çok tabakalı olarak genişletilmesi düşüncesi iyonosferik tomografi yöntemini gündeme getirmiştir. 3D (three dimensional) enlem, boylam ve yükseklik bilgilerine göre oluşturulan tomografi tekniği son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. 3D modelleme yöntemine ilave olarak zaman bilgisi de eklenerek 4D tomografik modelleme tekniği oluşturulmuştur (Alcay ve ark., 2014).

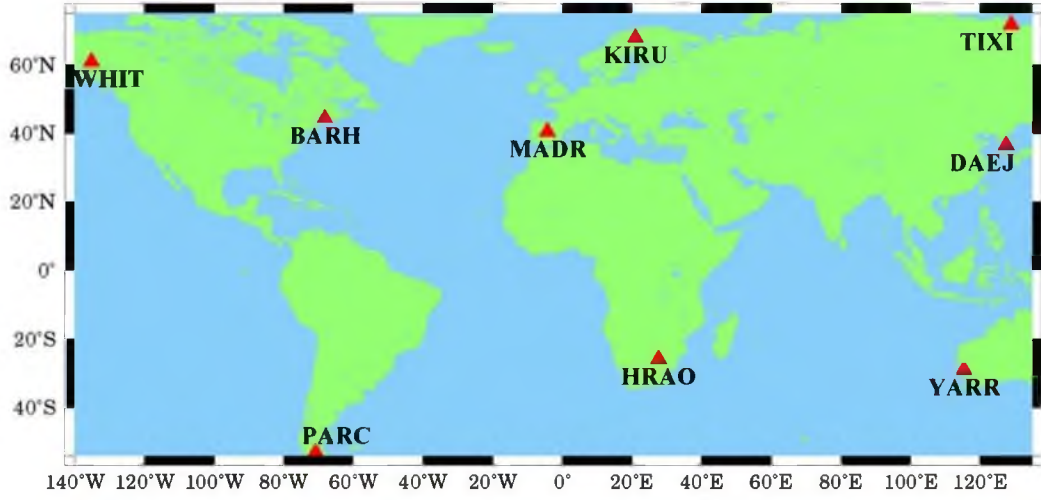
GPS tabanlı iyonosferik modeller ve detayları, Alcay ve ark., (2014) de detaylı olarak verilmektedir.

Çift frekanslı bir GPS alıcısı, kod ve faz gözlemleri sağlayabilir. İyonosferik olarak gözlemlenebilen GPS sinyallerinin geometriden bağımsız lineer kombinasyonu, eş zamanlı pseudorange ölçüleri veya taşıyıcı faz gözlemlerinin çıkarılmasıyla oluşturulan iyonosferik gözlemler olarak kullanılmaktadır (Nohutcu ve ark., 2010). Bu gözlemleri kullanarak, her uydu için eğik TEC (STEC) değerleri oluşturulmakta ve (Arikan ve ark., 2003) tarafından açıklanan tek katmanlı model ve haritalama fonksiyonu kullanılarak VTEC değerlerine dönüştürülmektedir. (Schaer, 1999; Alcay ve ark., 2017). GPS-TEC verileri, bu çalışmada olduğu gibi IONOLAB (İyonosfer Araştırma Laboratuvarı)'nın web adresi <http://www.ionolab.org> da bulunan "ionolabtec v1.30" programı kullanılarak IGS istasyonları üzerinden GPS-TEC değerleri RINEX verisinden elde edilebilir (Anonim2, 2016).

## 7. UYGULAMA

### 7.1. 2015 Yılına Ait TEC Değerlerinin İncelenmesi

Bu çalışmada farklı coğrafi bölgelerden seçilen 9 IGS istasyonuna ilişkin GPS-TEC değerleri ile IRI-PLAS ve IRI-2012 modellerinden üretilen TEC değerleri karşılaştırmalı bir yaklaşımla verilmiştir. Kullanılan IGS noktalarının dünya üzerindeki konumları şekil 7.1’ de, noktalara ilişkin enlem, boylam alıcı, anten vb., detaylar ise çizelge 7.1’ de verilmektedir. Bu istasyonlardan 6 tanesi kuzey yarım kürede 3 tanesi ise güney yarım kürede bulunmaktadır.



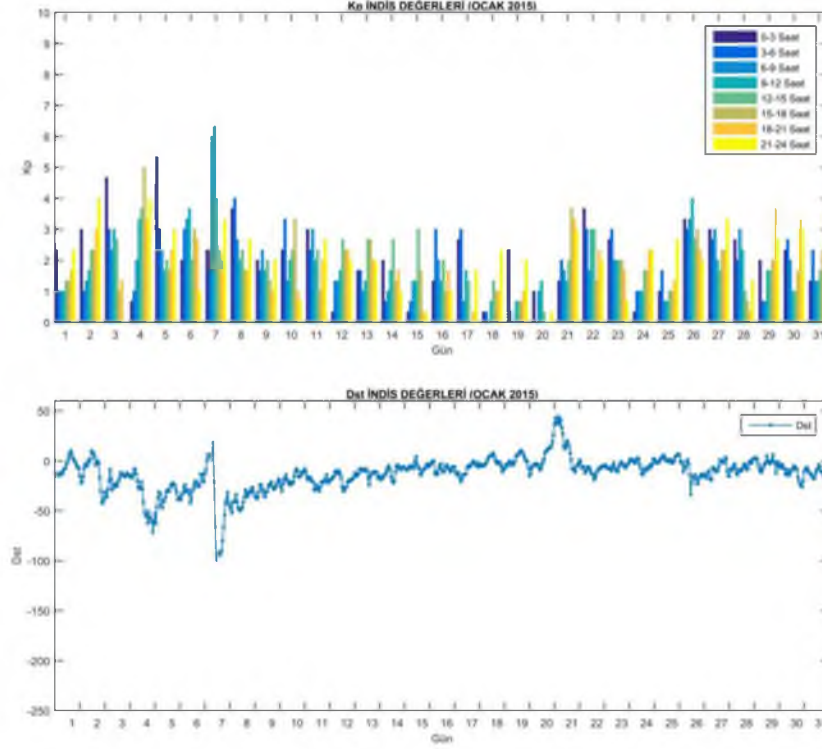
Şekil 7. 1. Uygulamada kullanılan IGS istasyonlarının konumları (Alçay ve ark., 2017)

**Çizelge 7. 1.** Uygulamada kullanılan IGS istasyonlarının Detayları (Alçay ve ark., 2017)

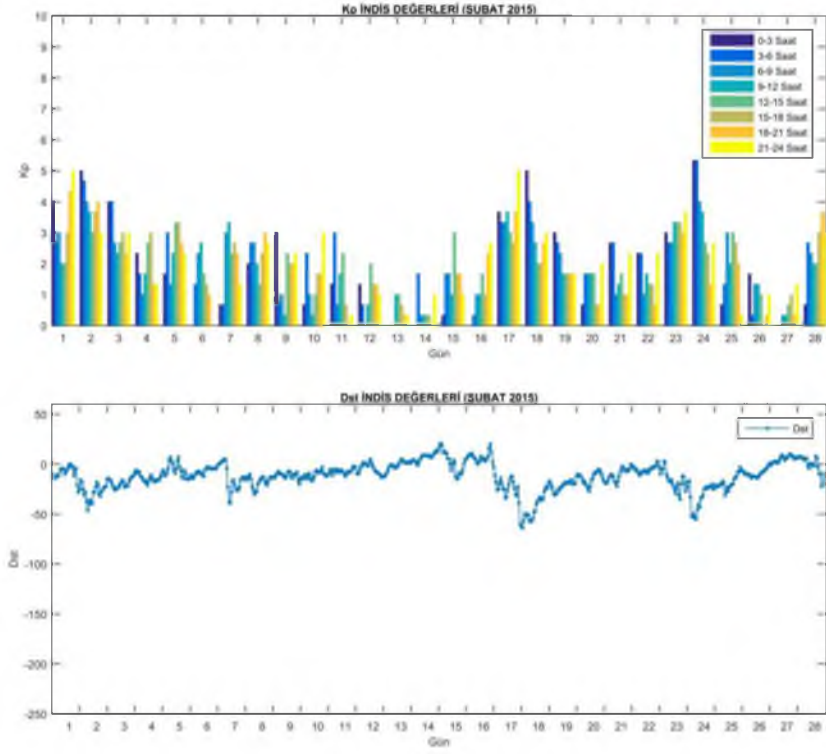
İstasyon	Ağ	Ülke	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)	Alıcı	Anten	Random
WHIT	IGS	Kanada	60.75	-135.22	1427.00	TPS NET-G3A	AOAD/M_T	NONE
KIRU	IGS	İsveç	67.86	20.97	391.10	SEPT POLARX4	SEPCHOKE MC	SPKE
TIXI	IGS	Rusya	71.63	128.87	46.98	JPS EGGDT	TPSCR3_G GD	NONE
BARH	IGS	ABD	44.40	-68.22	6.80	LEICA GRX1200GGP	LEIAX1202 GG	NONE
MADR	IGS	İspanya	40.43	-4.25	829.50	JAVAD TRE G3TH	AOAD/M_T	NONE
DAEJ	IGS	Güney Kore	36.40	127.37	117.04	TRIMBLE NETR9	TRM59800.00	SCIS
PARC	IGS	Şili	-53.14	-70.88	22.30	TRIMBLE NETR8	TRM57971.00	NONE
HRAO	IGS	Güney Afrika	-25.89	27.69	1414.30	JAVAD TRE G3TH	ASH701945 E M	NONE
YARR	IGS	Avustralya	-29.05	115.35	241.38	LEICA GRX1200+GNS	LEIAT504	NONE

Çalışmada IGS noktalarının 2015 yılına ait saat başı üretilen TEC değerleri dikkate alınmıştır. İlgili zaman diliminde (01.01.2015-31.12.2015) herhangi bir manyetik fırtınanın olup olmadığını görebilmek ve ampirik modellerin fırtınalı ve fırtınasız günlere ilişkin TEC kestirim performanslarını da test edebilmek için 2015 yılına ait tüm aylara ilişkin Kp ve Dst değerleri şekil 7.2.-7.13. de verilmektedir. Kp ve Dst değerleri incelendiğinde yılın bazı günlerinde jeomanyetik fırtınanın olduğu görülmektedir. Ocak ayının 7. gününde Kp ve Dst indis değerleri orta dereceli (G2) bir fırtınanın varlığını işaret etmektedir (Şekil 7.2.). Şubat ayı fırtına anlamında genelde sakin olup 17, 18 ve 24. günlerde küçük seviyede bir fırtına söz konusudur (Şekil 7.3.). Mart ayının 17. gününde ise ağır (G4) olarak nitelendirilebilecek bir fırtına söz konusudur. Bu günde Kp indis değeri 8 seviyesine Dst indis değeri ise -225 seviyelerine ulaşmaktadır (Şekil 7.4.). Nisan ve mayıs aylarında Kp indis değeri 5 seviyesinin bir miktar üzerine çıksa da, önemli bir fırtına durumu söz konusu değildir (Şekil 7.5.-7.6.). Ancak haziran ayının 22. gününde ağır (G4) olarak adlandırılabilir bir fırtına söz konusudur (Şekil 7.7.). Temmuz ayında ise mayıs ayına benzer bir durum söz konusu olup, önemli bir fırtına durumu bulunmamaktadır (Şekil 7.8.). Ağustos ayının 15 ve 27. günlerinde orta derecede (G2) fırtına gözlenmektedir (Şekil 7.9.). Eylül ayının 11. Ve 20. günlerinde ise orta dereceli (G2) bir aktivite söz konusudur (Şekil 7.10.). Ekim ayının 7. gününde indis değerleri kuvvetli (G3) olarak nitelendirilebilecek bir fırtınanın varlığını göstermektedir (Şekil 7.11.). Kasım ayının 7. gününde ise orta dereceli (G2)

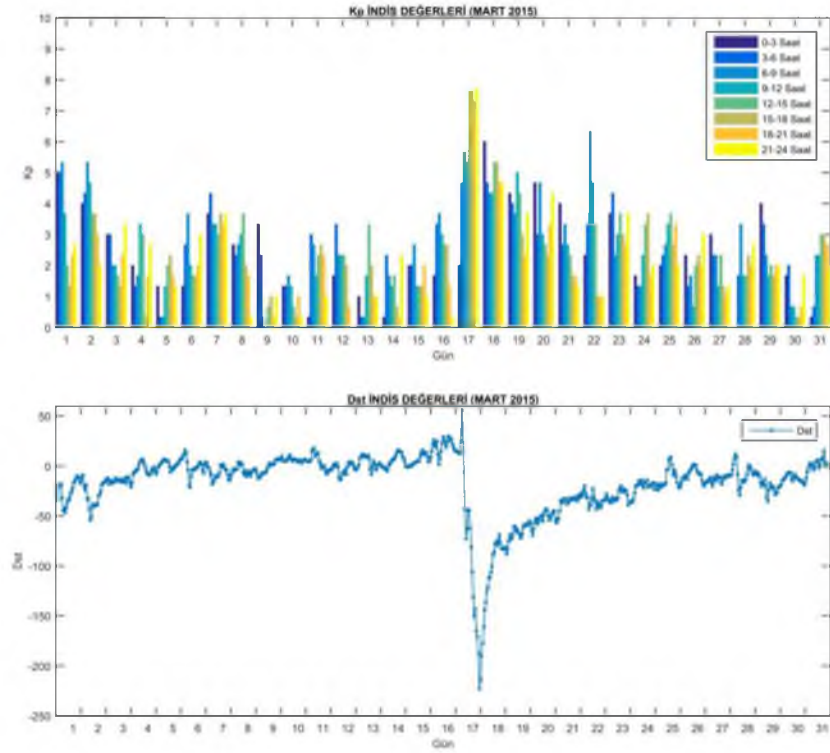
bir fırtına söz konusudur (Şekil 7.12.). Aralık ayının 20. ve 21. günlerinde ağır olarak (G4) adlandırılan bir jeomanyetik aktivite bulunmaktadır (Şekil 7.13.).



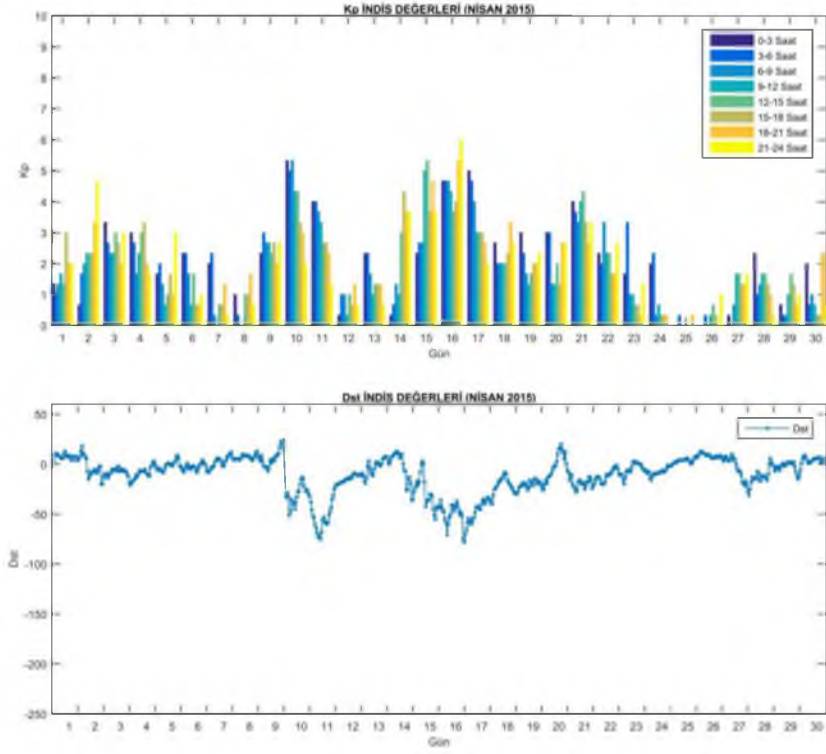
Şekil 7. 2. 2015 Yılı Ocak Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



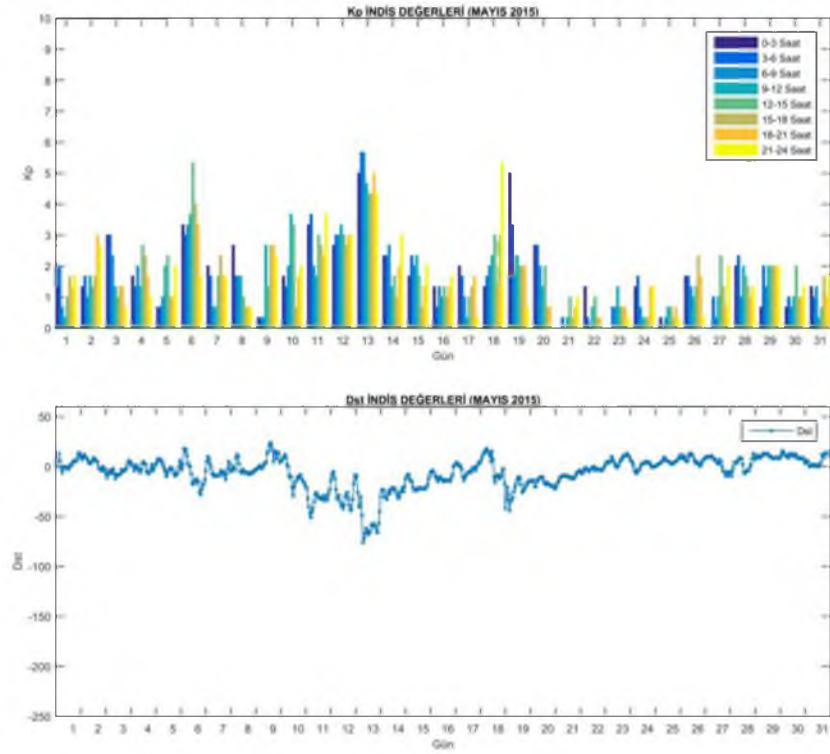
Şekil 7. 3. 2015 Yılı Şubat Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



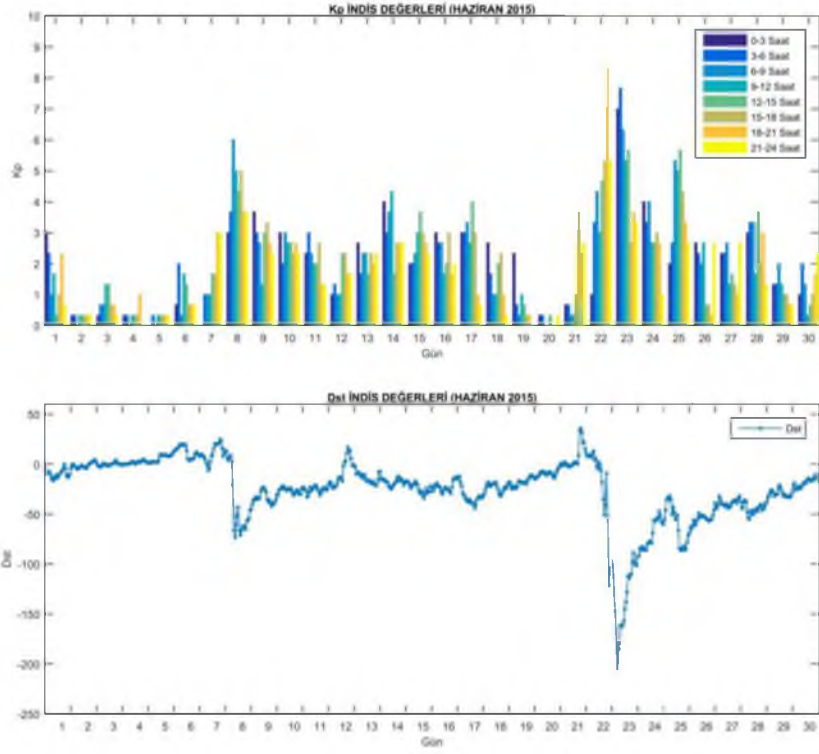
Şekil 7. 4. 2015 Yılı Mart Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



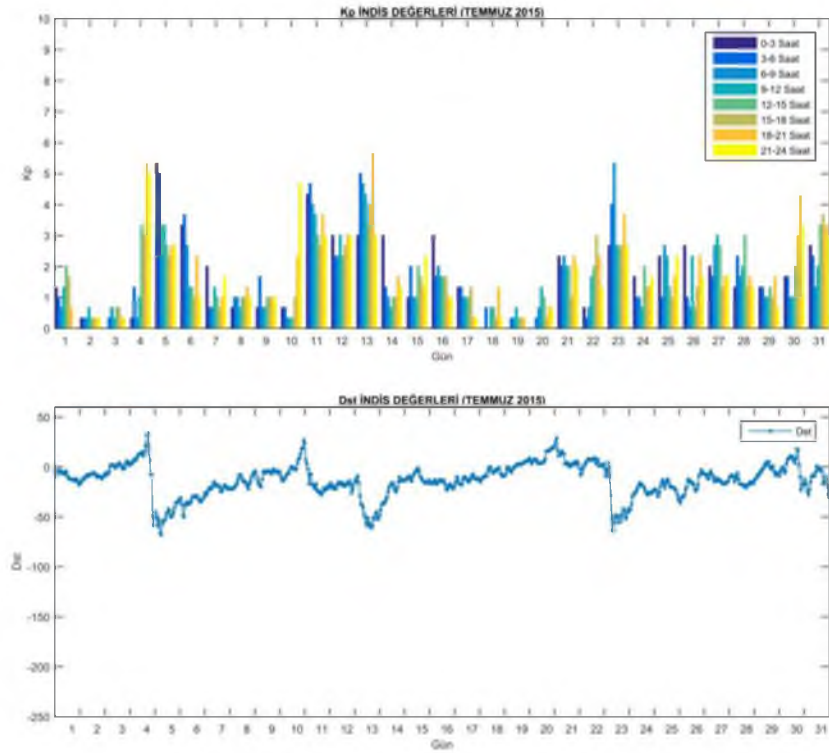
Şekil 7. 5. 2015 Yılı Nisan Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



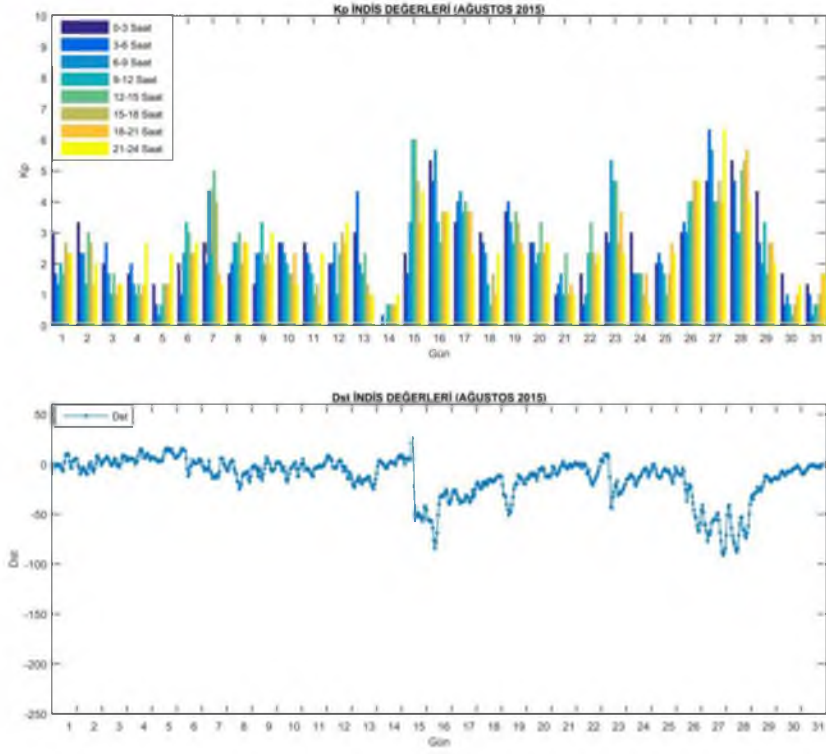
Şekil 7. 6. 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



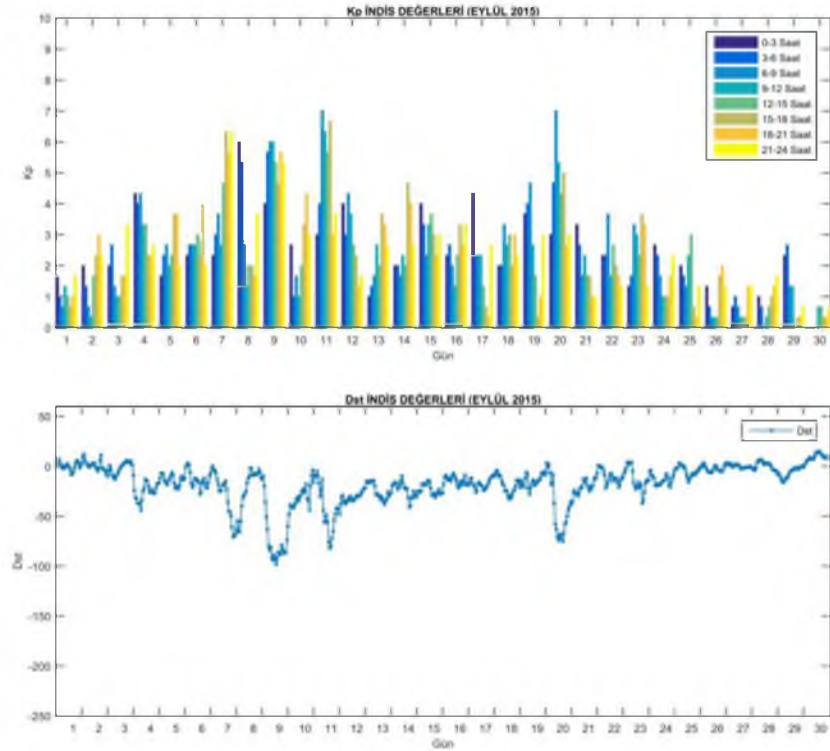
Şekil 7. 7. 2015 Yılı Haziran Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



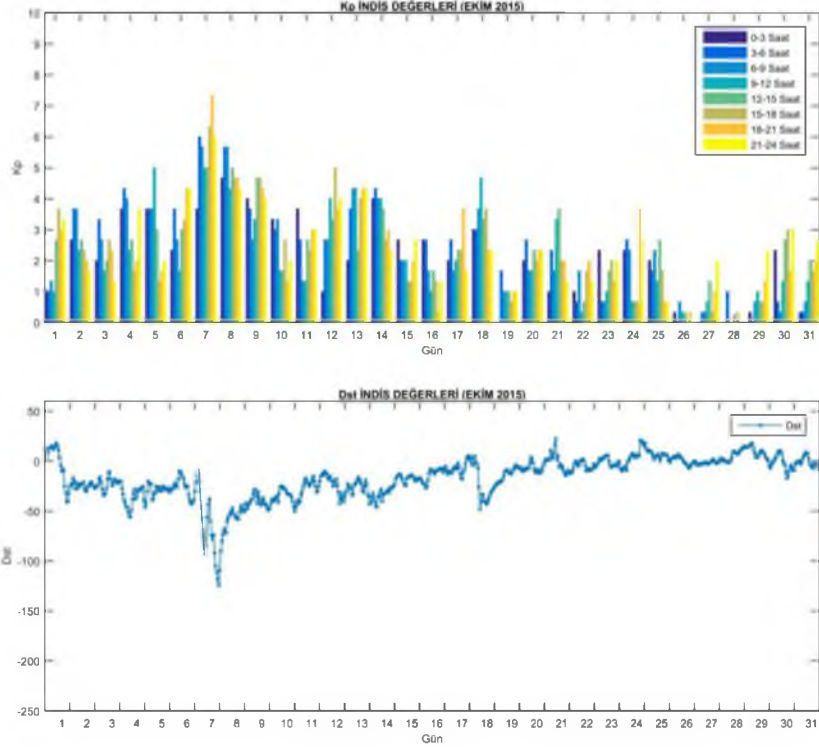
Şekil 7. 8. 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



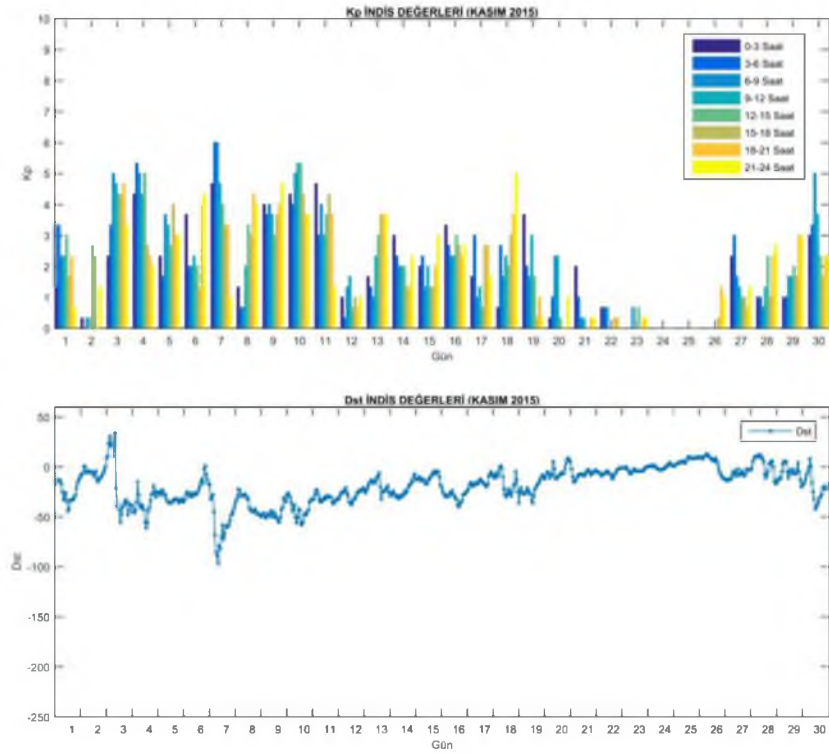
Şekil 7. 9. 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



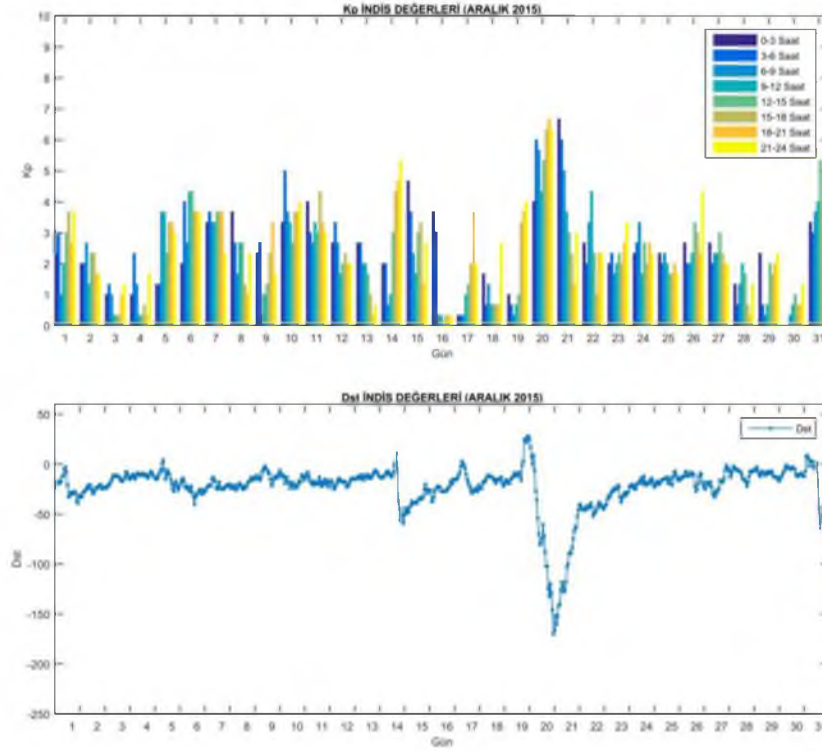
Şekil 7. 10. 2015 Yılı Eylül Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



Şekil 7. 11. 2015 Yılı Ekim Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



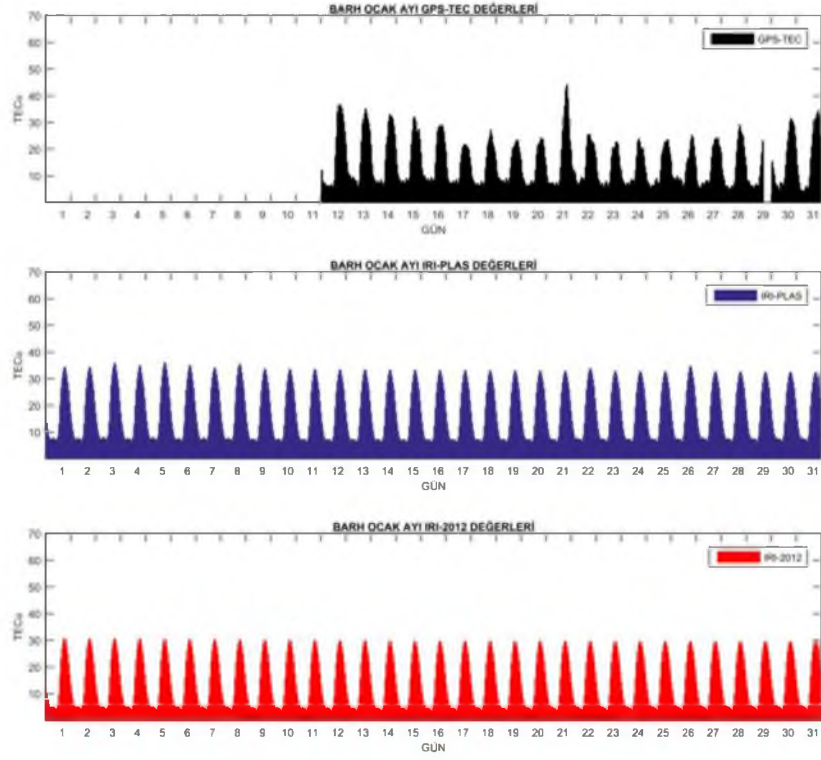
Şekil 7. 12. 2015 Yılı Kasım Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri



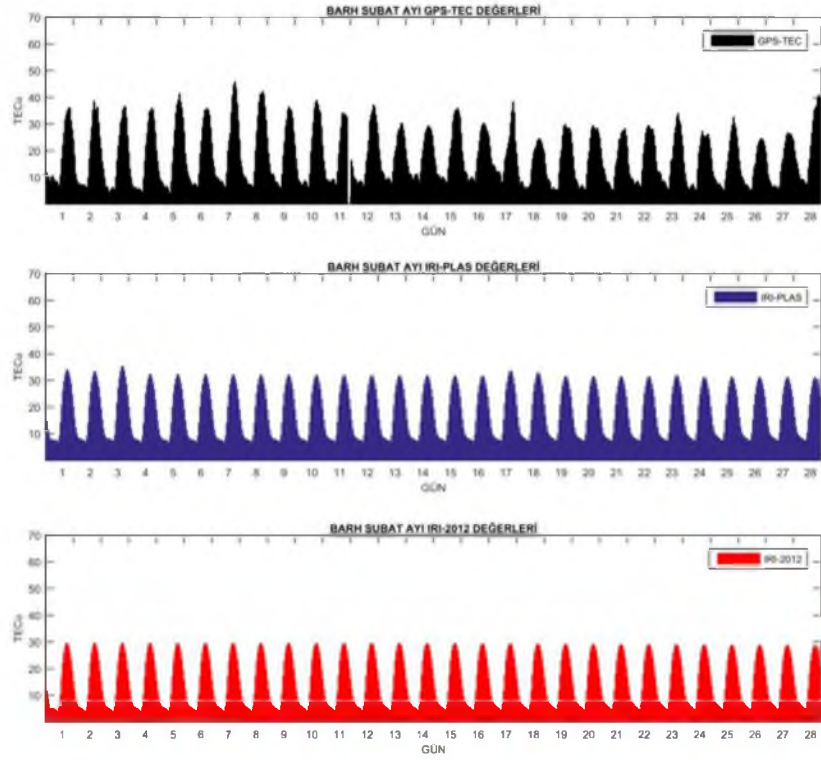
Şekil 7. 13. 2015 Yılı Aralık Ayı İçin Kp İndis ve Dst İndis Değerleri

Şekil 7.14 - 7.121' de farklı bölgelerden seçilen 9 IGS istasyonuna ait GPS, IRI-PLAS ve IRI-2012'den elde edilen TEC değerlerine ilişkin grafikler verilmektedir.

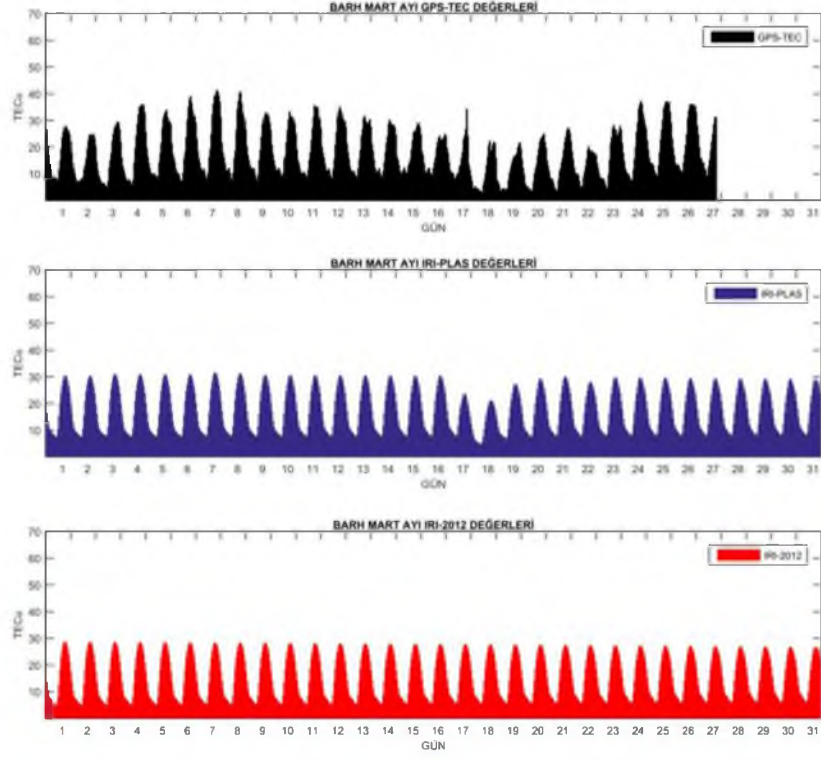
BARH noktasına ait TEC değerleri incelendiğinde (Şekil 7.14-7.25), ocak ayının ilk 11 ve Nisan ayının ilk 15 günlerinde GPS verilerinden kaynaklanan problemler yüzünden TEC değerleri üretilememiştir. Tüm aylara ait sonuçlara genel olarak bakıldığında IRI-PLAS ve IRI-2012'den elde edilen TEC değerlerinin birbirleriyle tutarlı olduğu ancak IRI-PLAS değerlerinin GPS-TEC değerlerine genelde daha yakın olduğu görülmektedir. Ancak GPS-TEC, iyonosferdeki değişimleri yansıtmasına rağmen, IRI-PLAS ve IRI-2012 modellerinden üretilen TEC'lerin aylık ortalamalar dikkate alınarak oluşturulduklarından fırtınalı günleri yansıtamadığı görülmektedir. Örneğin 17 Mart (Şekil 7.16), 22 Haziran (Şekil 7.19), 20 Aralık (Şekil 7.25), tarihlerinde orta şiddetin (G3) üzerinde fırtınalar söz konusu olup, bu etkiyi GPS-TEC yansıtmış olmasına rağmen, IRI-PLAS ve IRI-2012 modellerinden üretilen TEC değerlerinde bu etki görülmemektedir. İlgili günlerde GPS-TEC ile deneysel modellerden üretilen TEC değerleri arasındaki farklar 10 TECu'nun üzerine çıkmaktadır.



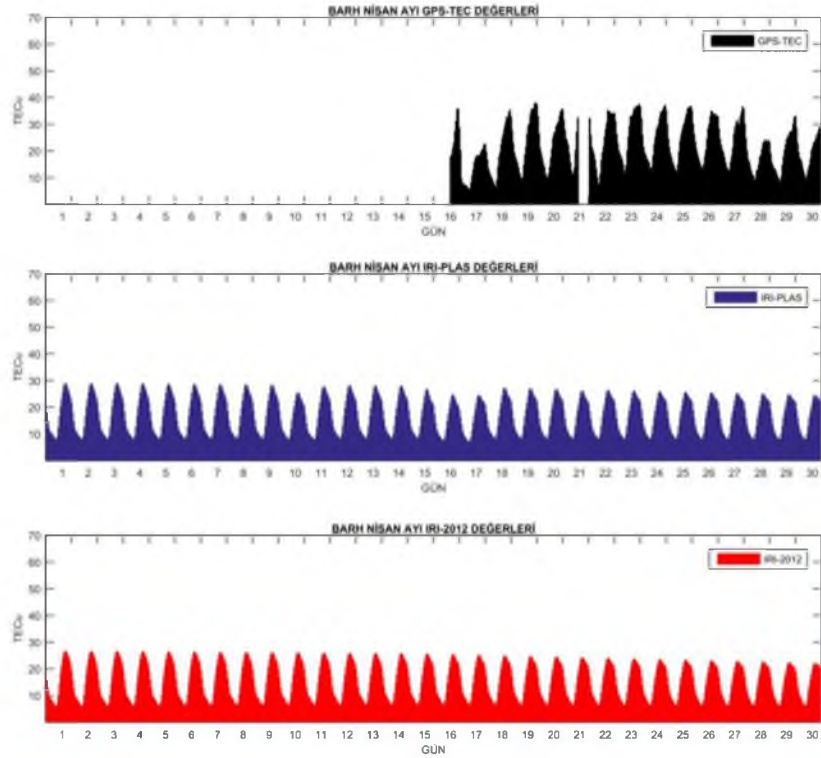
Şekil 7. 14. 2015 Yılı Ocak Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



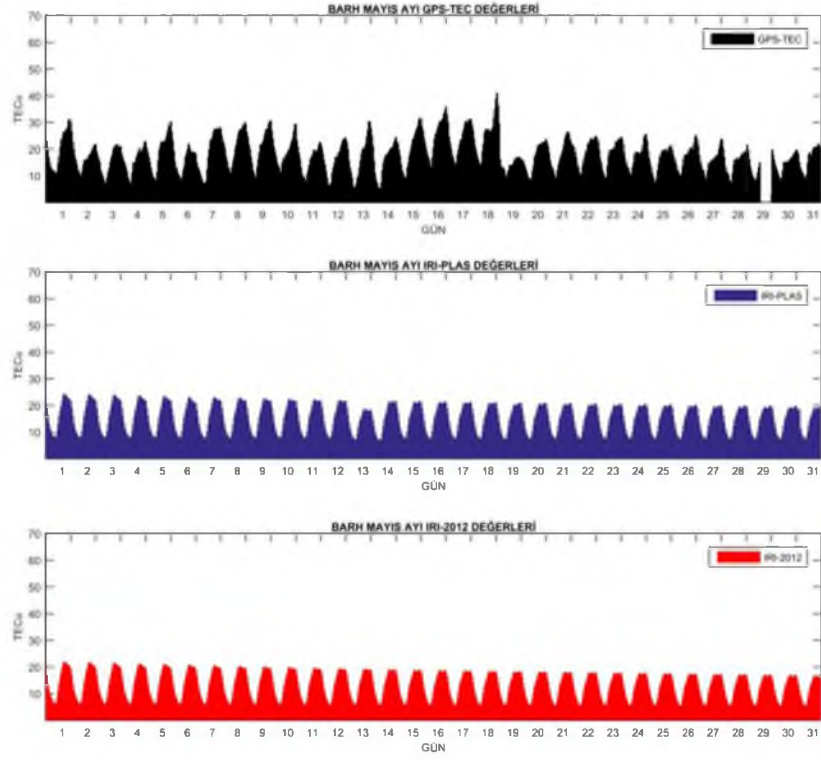
Şekil 7. 15. 2015 Yılı Şubat Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



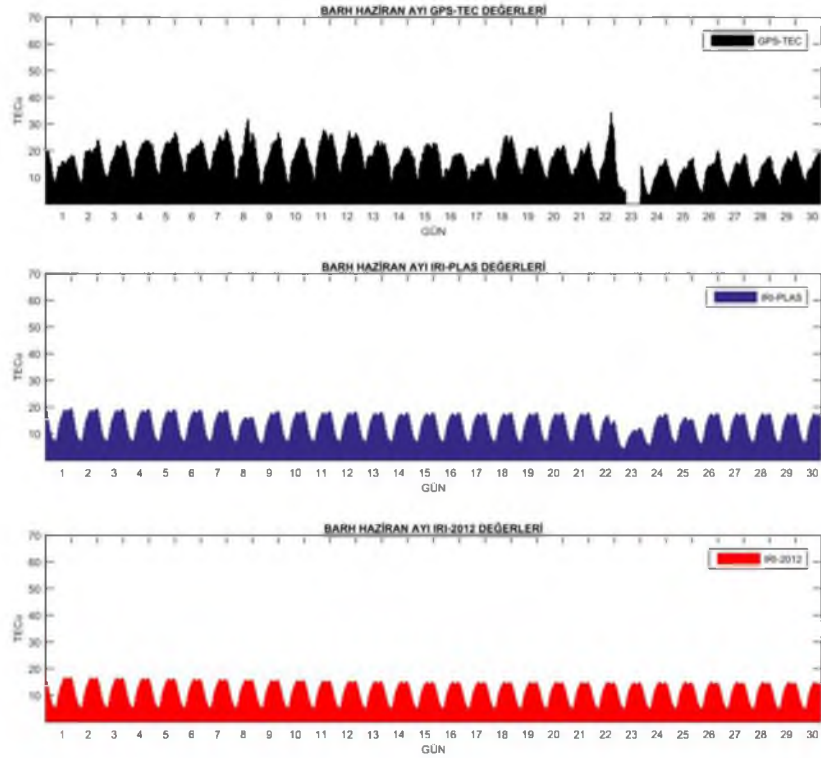
Şekil 7. 16. 2015 Yılı Mart Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



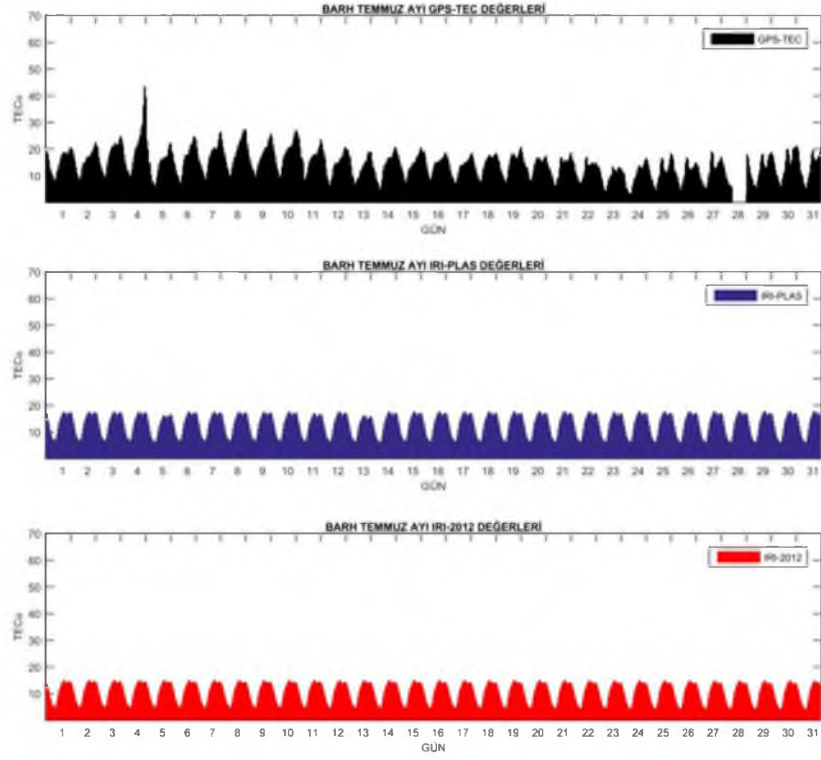
Şekil 7. 17. 2015 Yılı Nisan Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



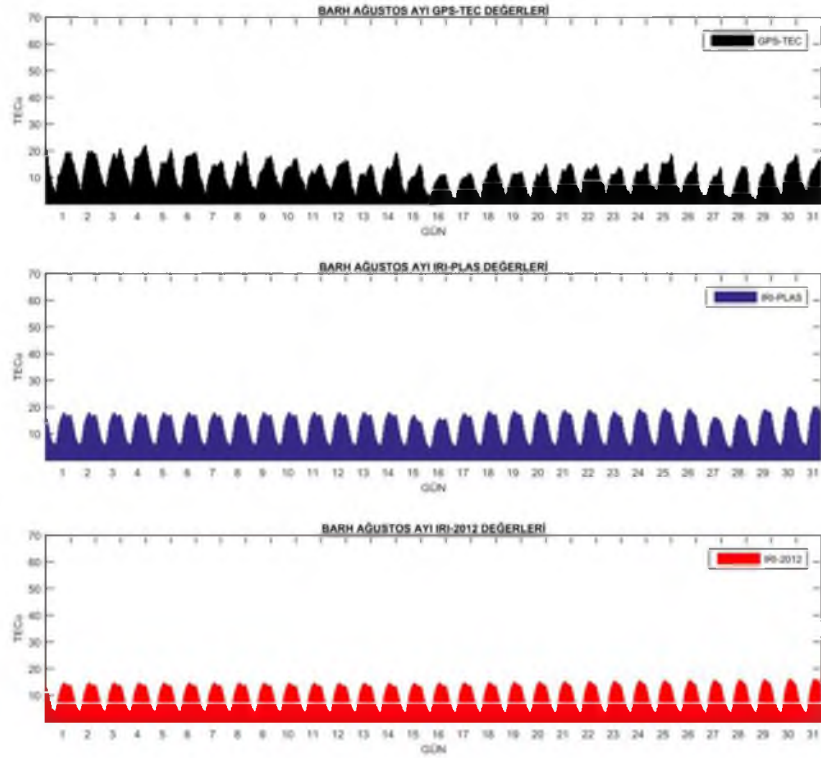
Şekil 7. 18. 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



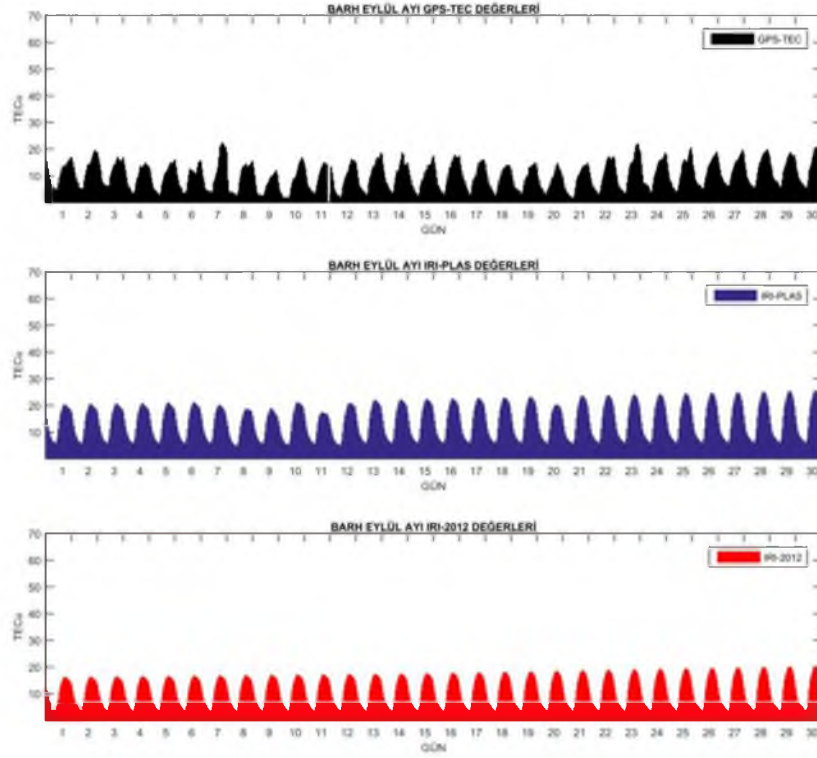
Şekil 7. 19. 2015 Yılı Haziran Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



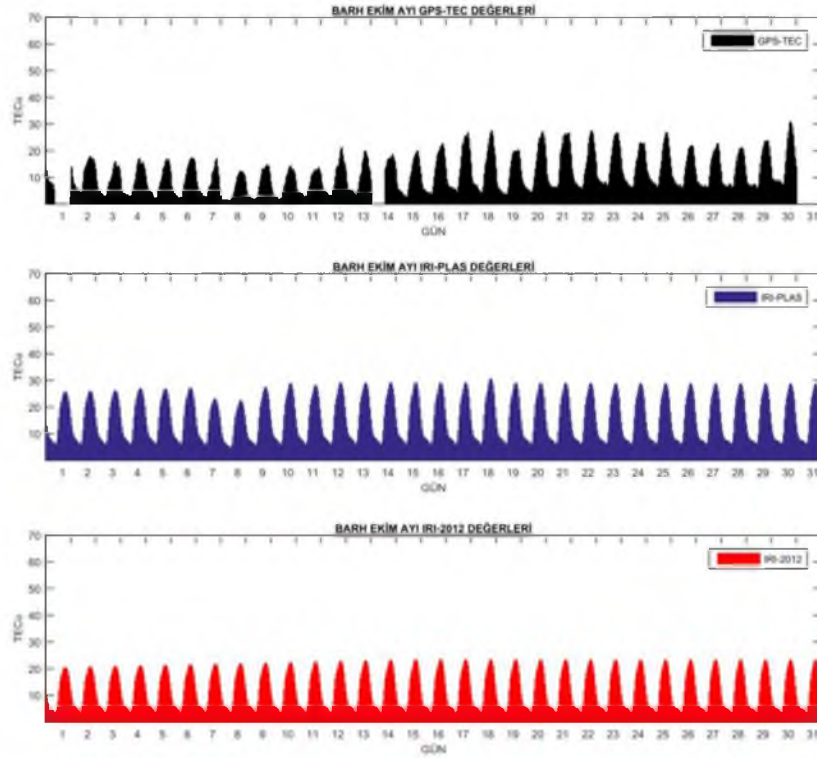
Şekil 7. 20. 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



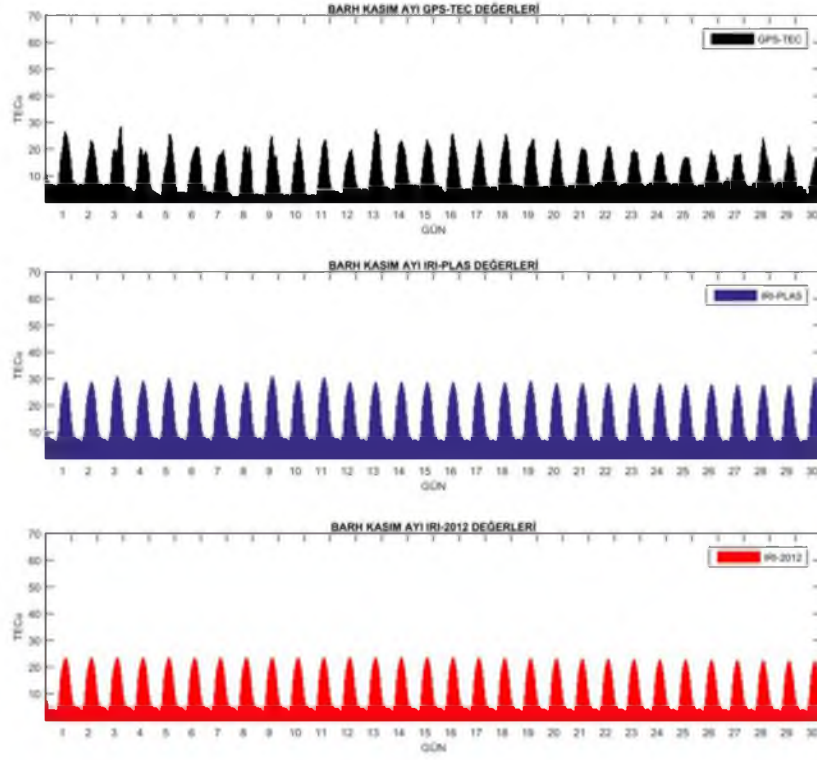
Şekil 7. 21. 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



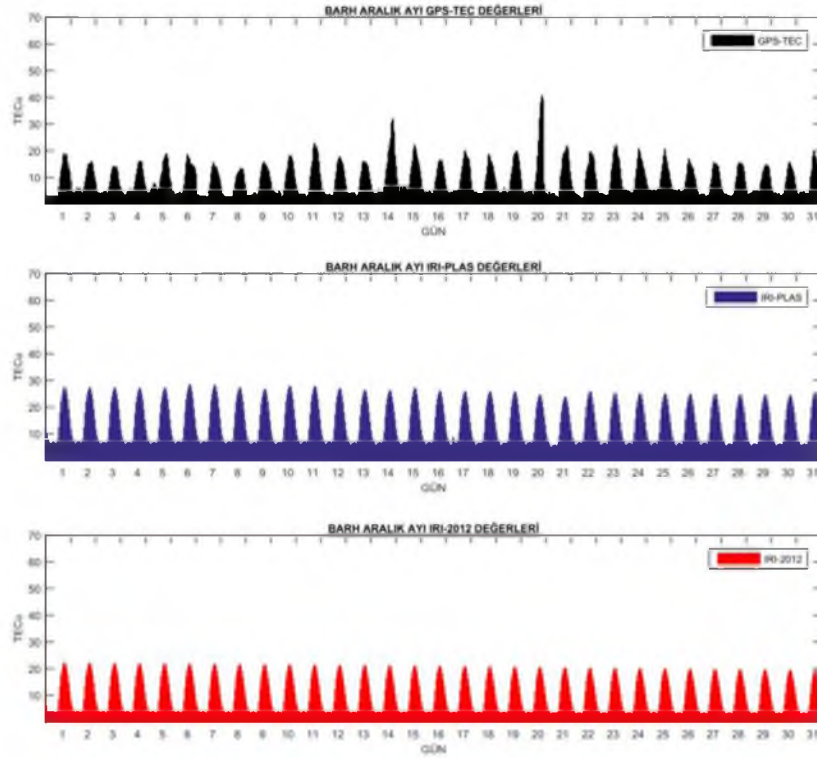
Şekil 7. 22. 2015 Yılı Eylül Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 23. 2015 Yılı Ekim Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

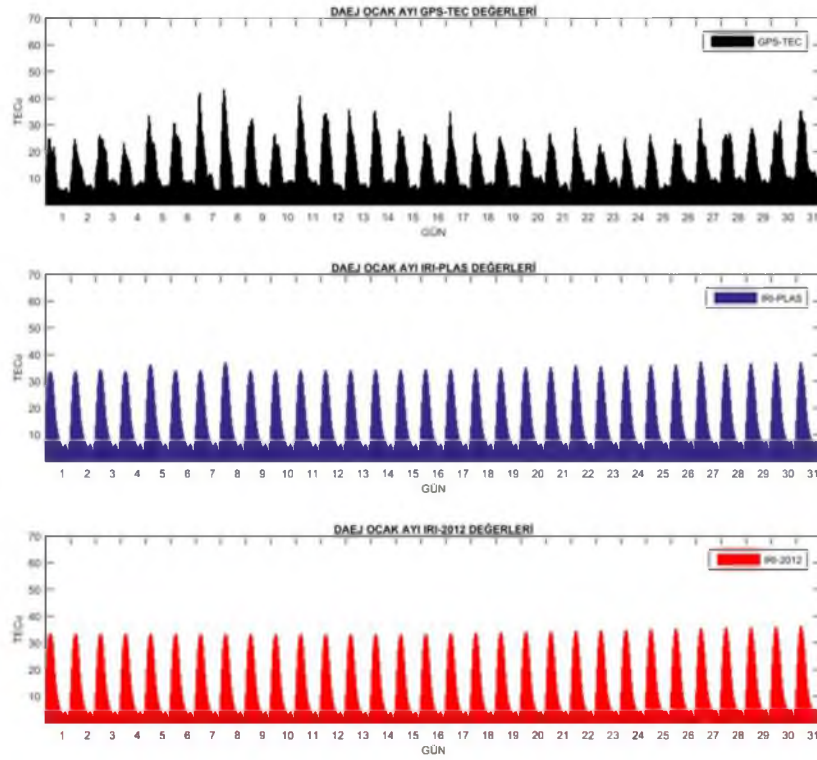


Şekil 7. 24. 2015 Yılı Kasım Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

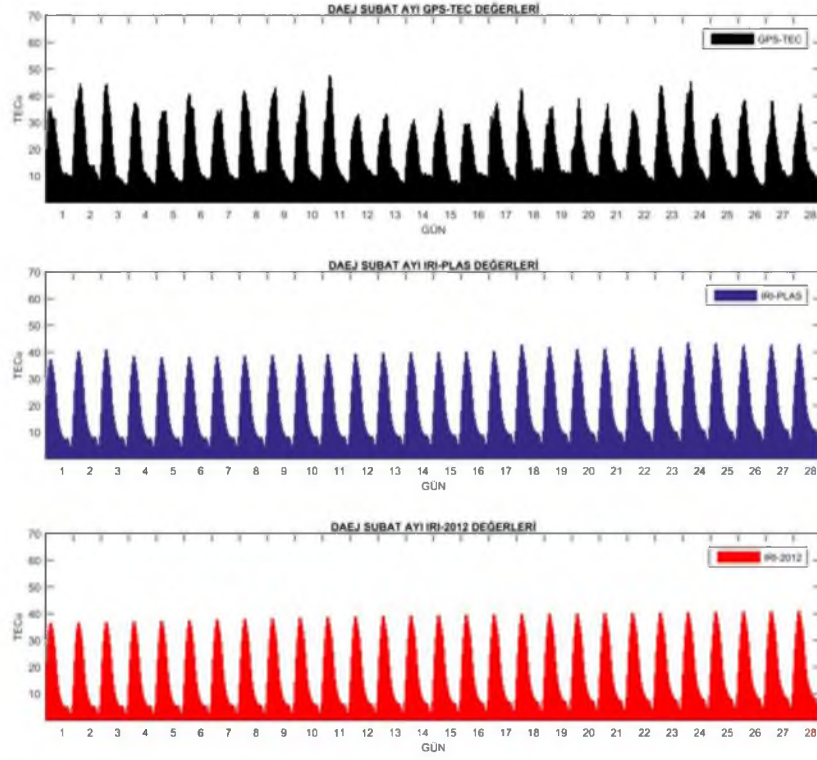


Şekil 7. 25. 2015 Yılı Aralık Ayı İçin BARH İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

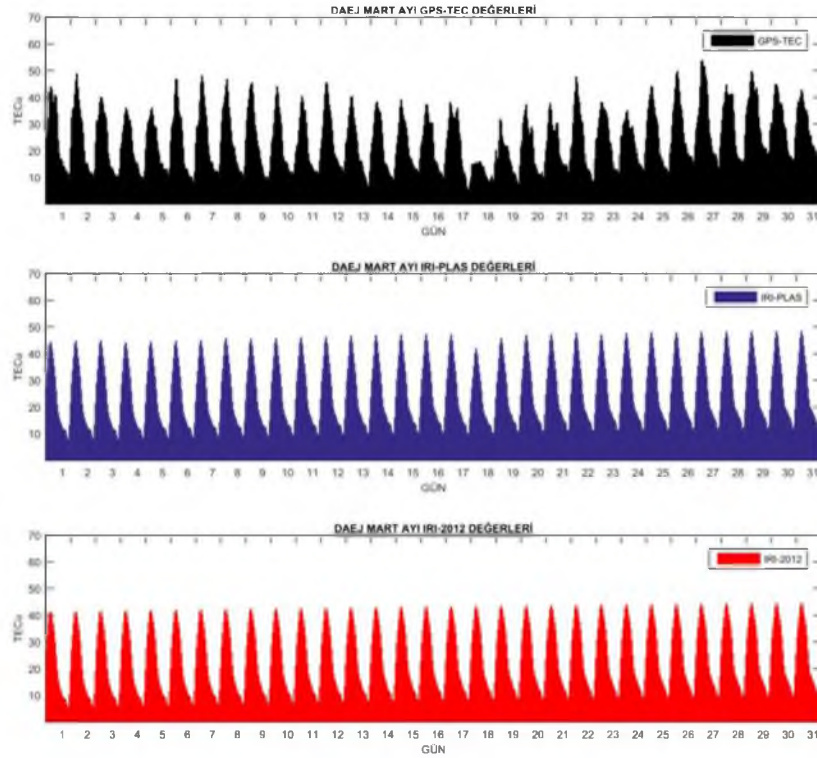
DAEJ istasyonuna ait GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 TEC değerleri şekil 7.26-7.37’ de verilmektedir. GPS verilerinden kaynaklanan problem nedeniyle 16 Mayıs (Şekil 7.30) ve 2 Ağustos (Şekil 7.33) tarihlerinde GPS-TEC değerleri elde edilememiştir. IRI-PLAS ve IRI-2012’ den üretilen TEC değerlerinin tüm aylarda benzer trend gösterdiği görülmektedir. Fırtınalı günlerde GPS-TEC değerleri bu etkiyi bazen TEC değerlerindeki artış (7 Ocak, Şekil 7.26), bazen de azalma (17 Mart, Şekil 7.28) olarak yansıtmaktadır. Fırtınaların etkisi yüksek olsa da bu noktaya ait TEC değerlerinde ciddi bir değişime neden olmamıştır. 20-21 Aralık tarihlerinde olan fırtına kaynaklı TEC değişimi GPS’ in yanı sıra IRI-PLAS modelinin de yansıttığı ancak IRI-2012 modelinin bu etkiyi yansıtamadığı görülmektedir (Şekil 7.37).



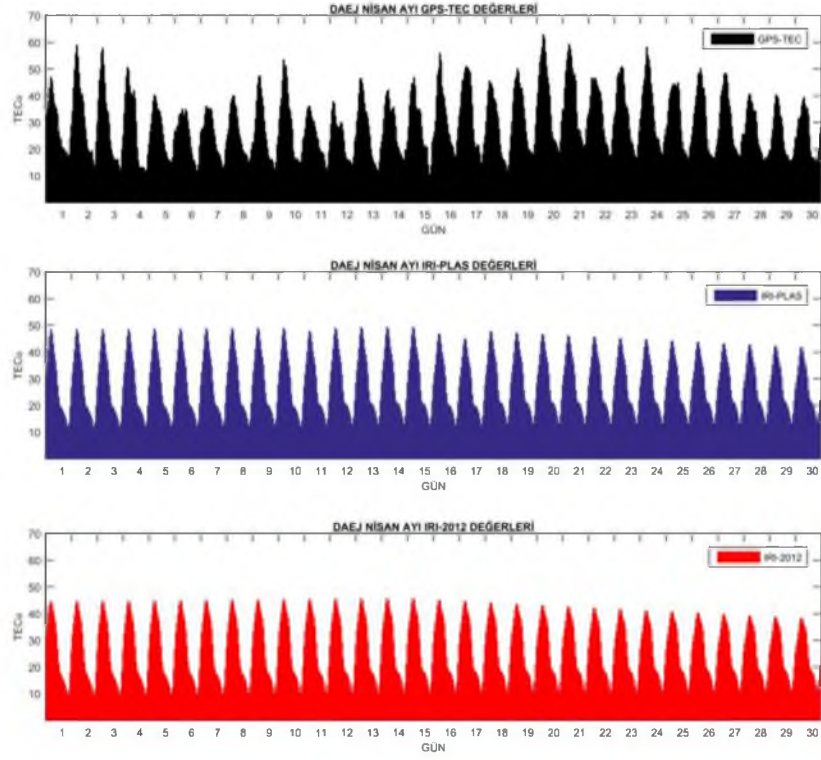
Şekil 7. 26. 2015 Yılı Ocak Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



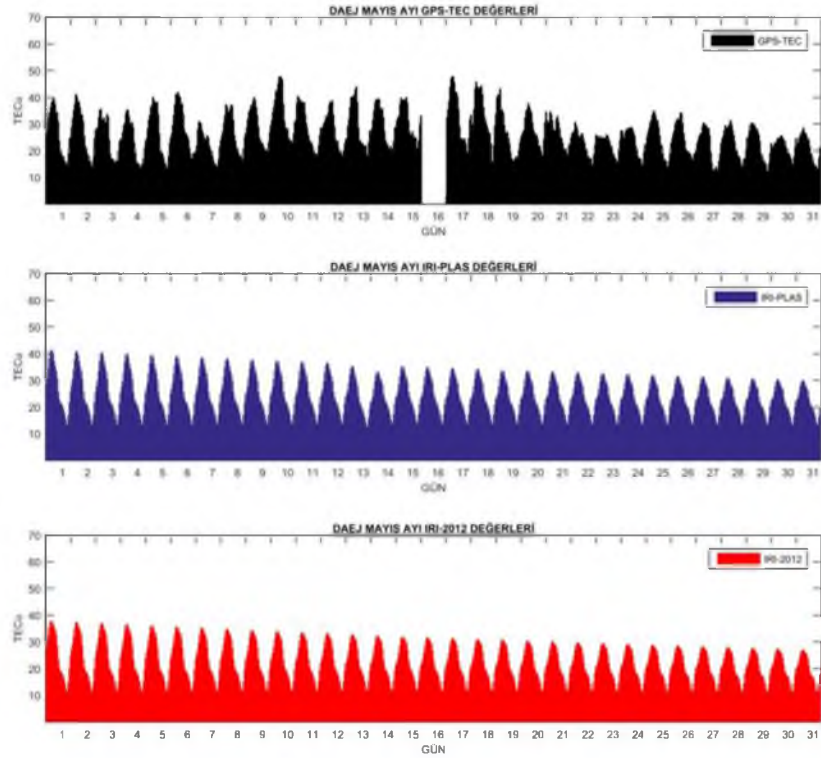
Şekil 7. 27. 2015 Yılı Şubat Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



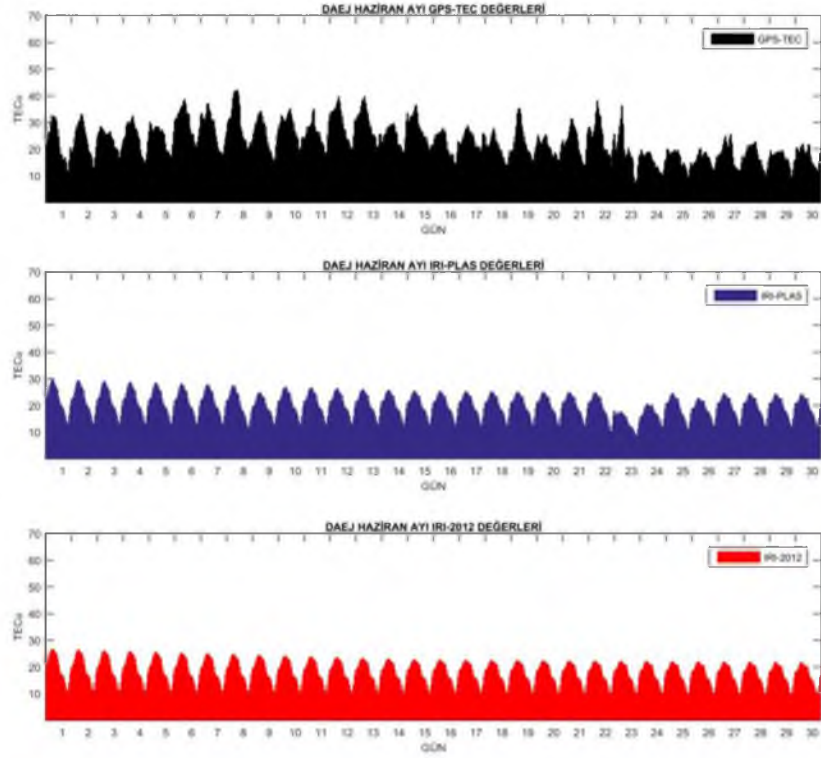
Şekil 7. 28. 2015 Yılı Mart Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



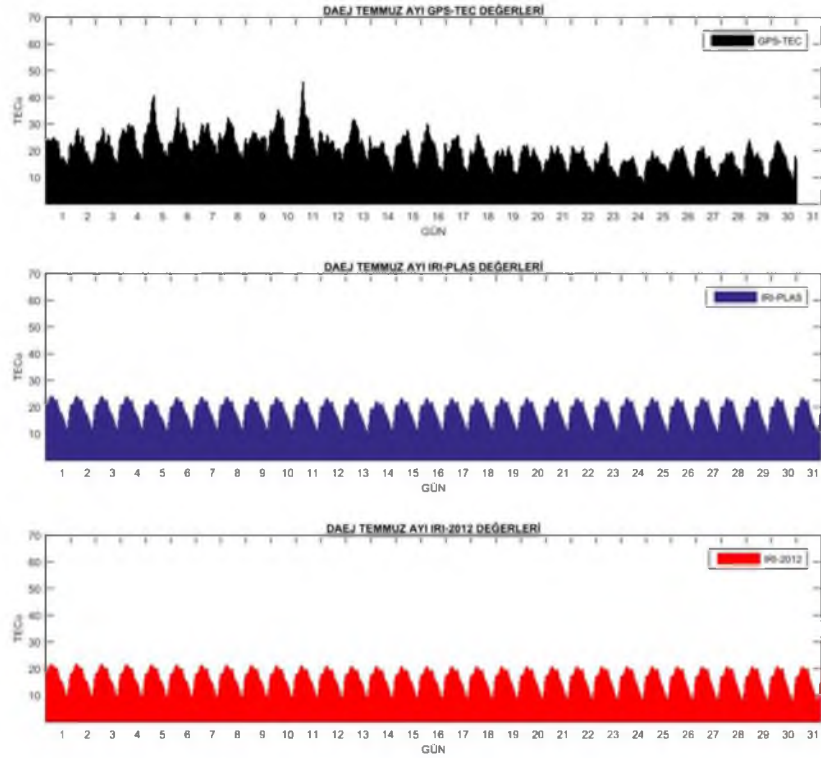
Şekil 7. 29. 2015 Yılı Nisan Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



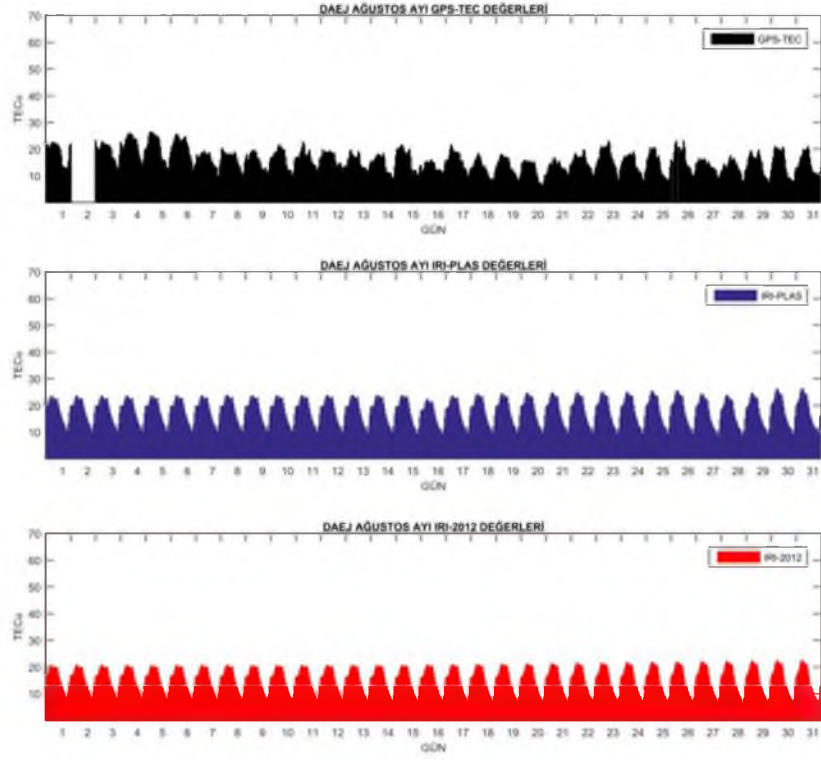
Şekil 7. 30. 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



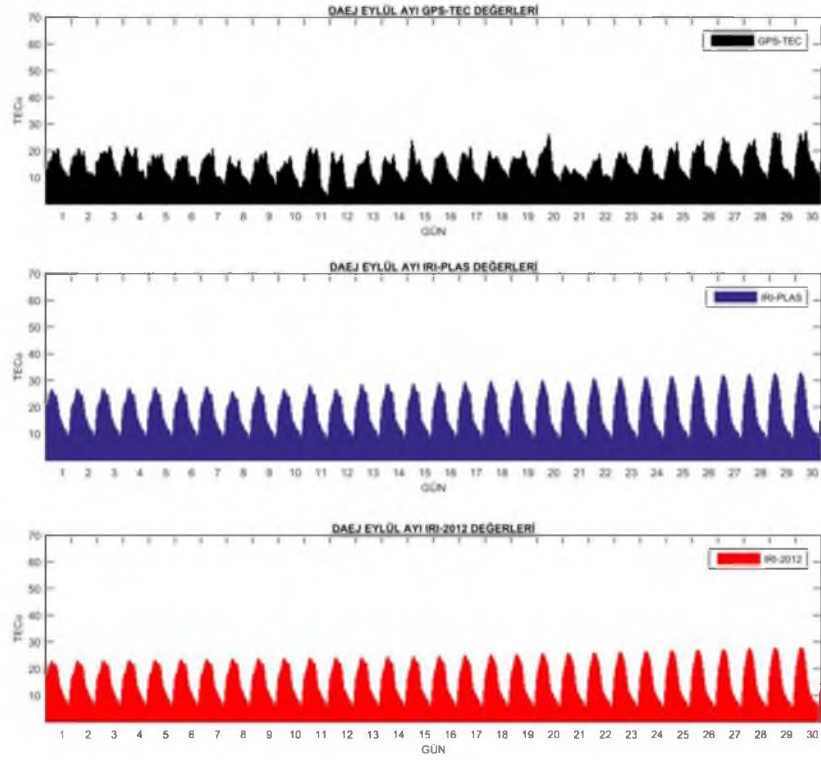
Şekil 7. 31. 2015 Yılı Haziran Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



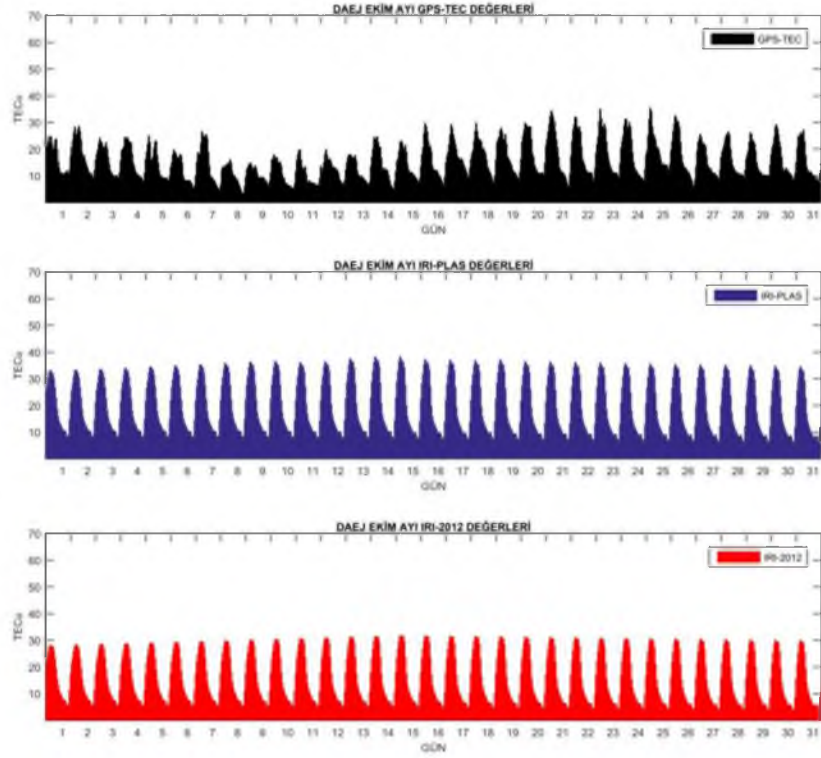
Şekil 7. 32. 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



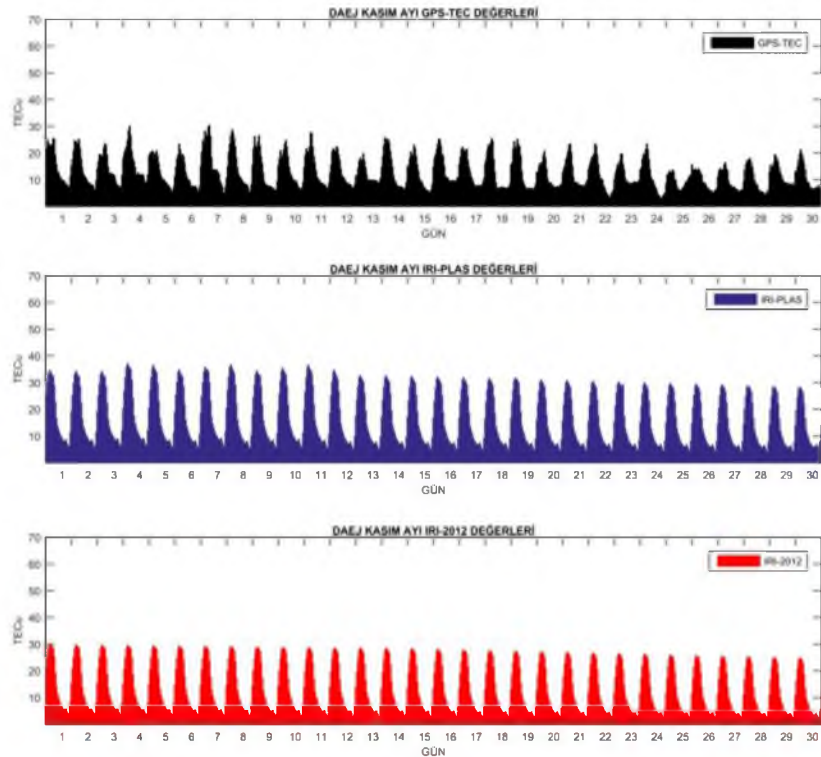
Şekil 7. 33. 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



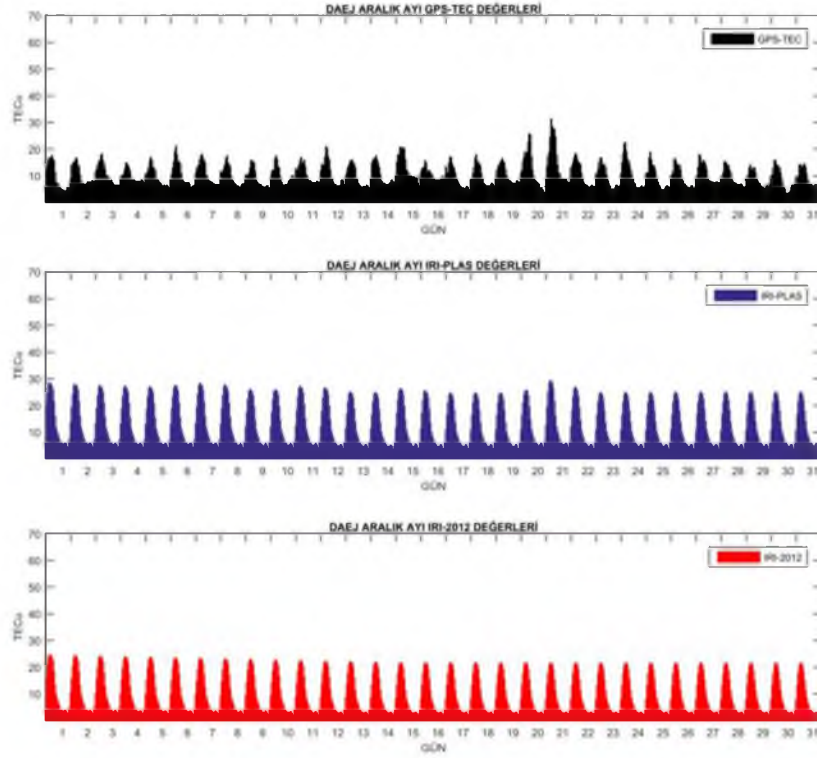
Şekil 7. 34. 2015 Yılı Eylül Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 35. 2015 Yılı Ekim Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

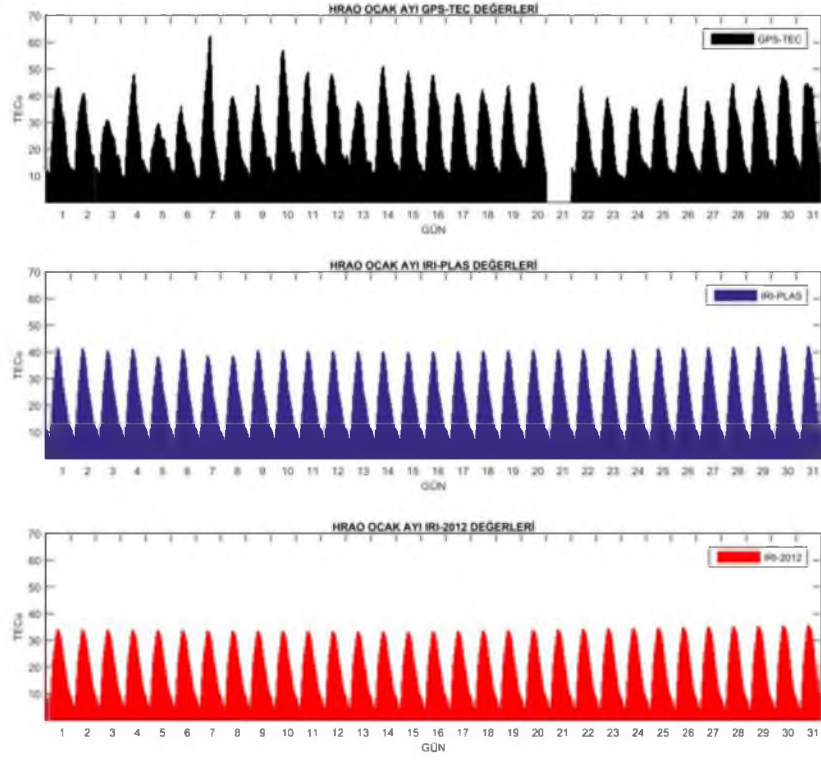


Şekil 7. 36. 2015 Yılı Kasım Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

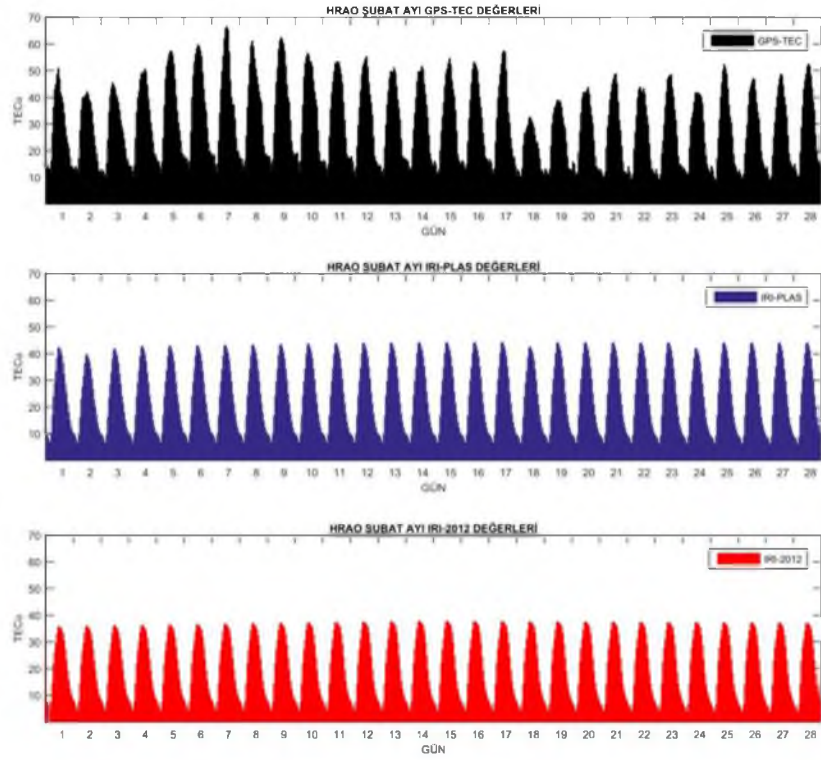


Şekil 7. 37. 2015 Yılı Aralık Ayı İçin DAEJ İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

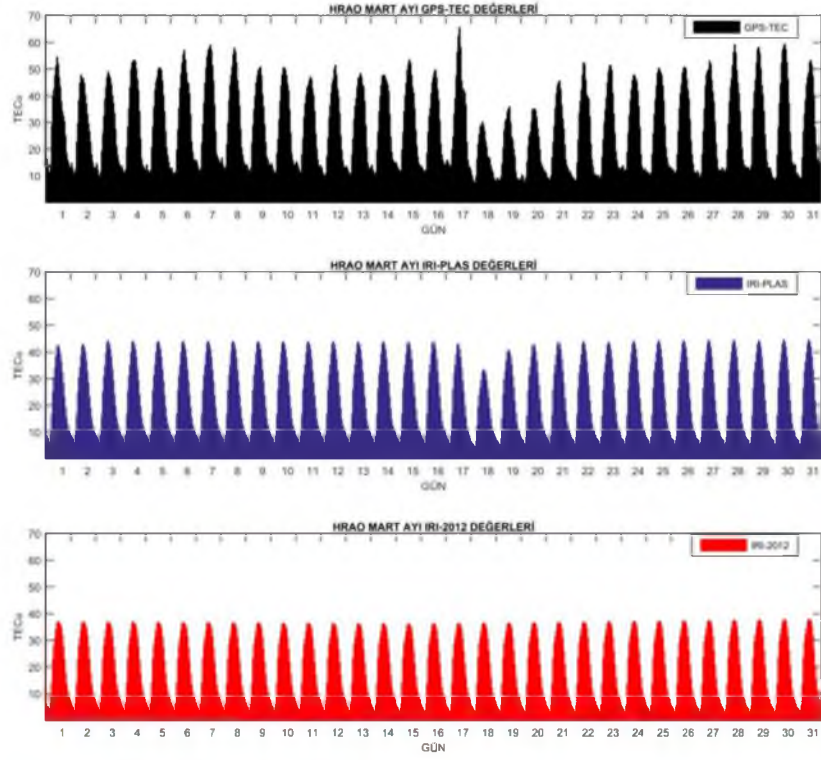
Güney yarım kürede bulunan HRAO istasyonuna ilişkin TEC değerleri ise Şekil 7.38-7.49'da verilmektedir. TEC değerleri Ocak-Nisan aylarında (Şekil 7.38-7.41) ortalama 40 TECu seviyesinde iken, Mayıs-Ağustos aylarında (Şekil 7.42-7.45) 20 TECu seviyesine indiği, Eylül-Aralık aylarında (Şekil 7.46-7.49) ise 30 TECu seviyesine çıktığı görülmektedir. IRI-PLAS, IRI-2012 modellerinden üretilen TEC değerleri benzer trend göstermesine rağmen, IRI-PLAS TEC değerleri IRI-2012 değerlerinden tüm aylarda daha yüksek olduğu görülmektedir. BARH istasyonu ile benzer olarak fırtınalı günlerde GPS-TEC ile IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklar 10 TECu seviyesinin üzerine çıktığı görülmektedir.



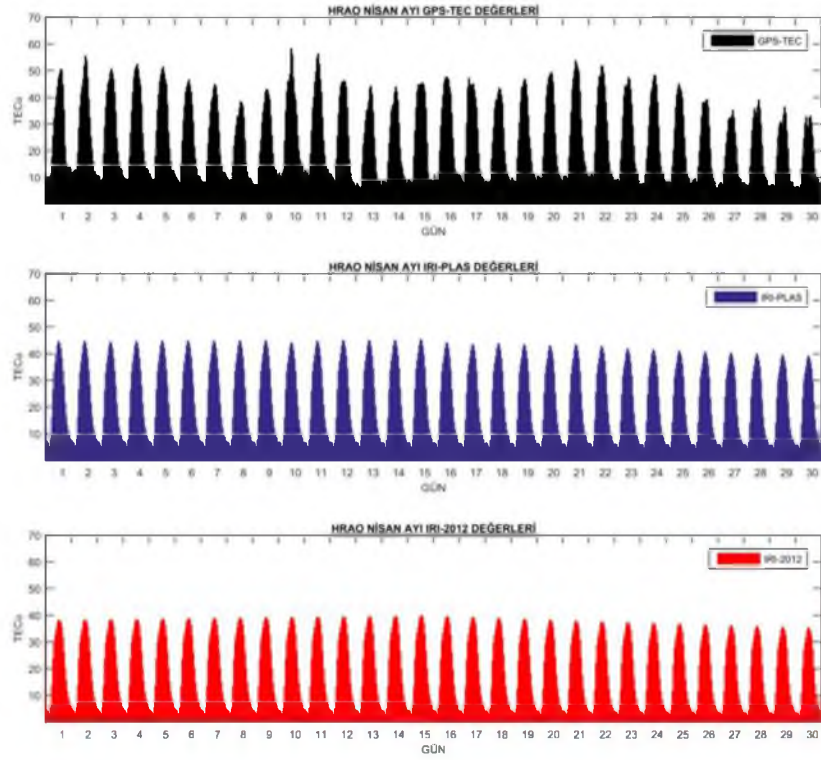
Şekil 7. 38. 2015 Yılı Ocak Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



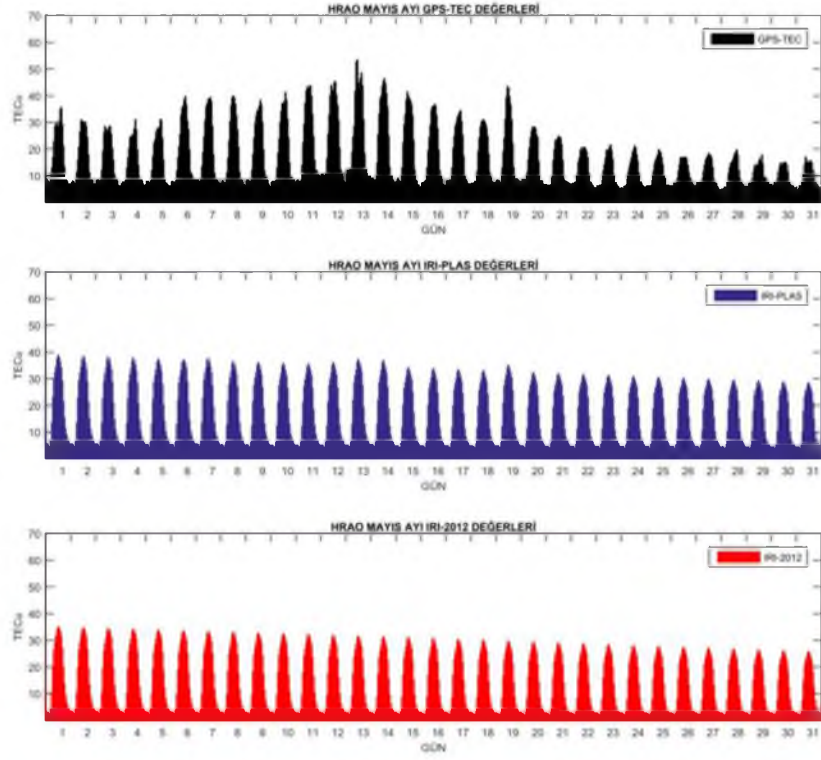
Şekil 7. 39. 2015 Yılı Şubat Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



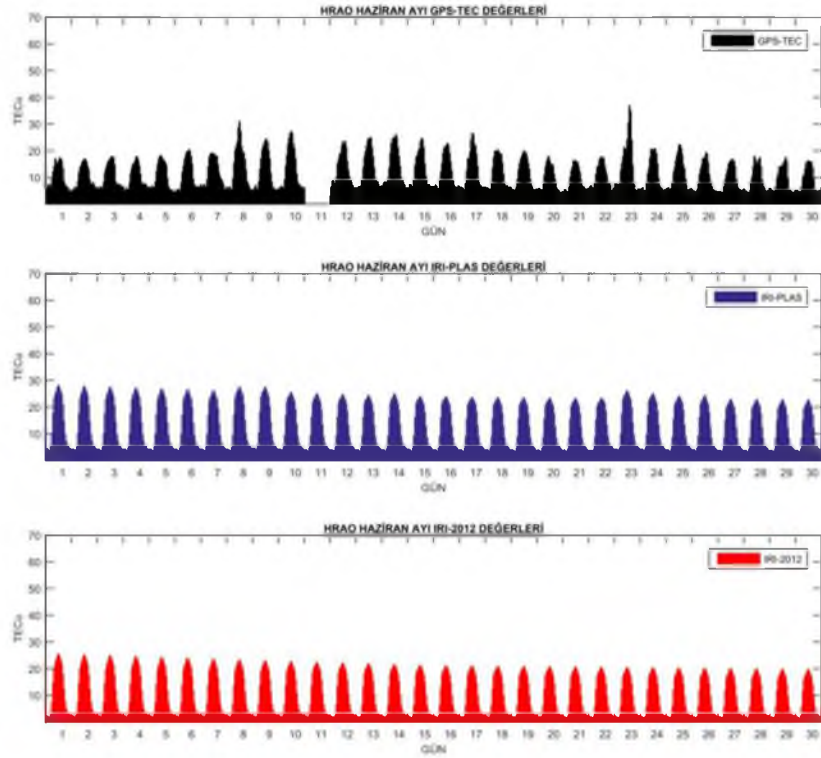
Şekil 7. 40. 2015 Yılı Mart Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



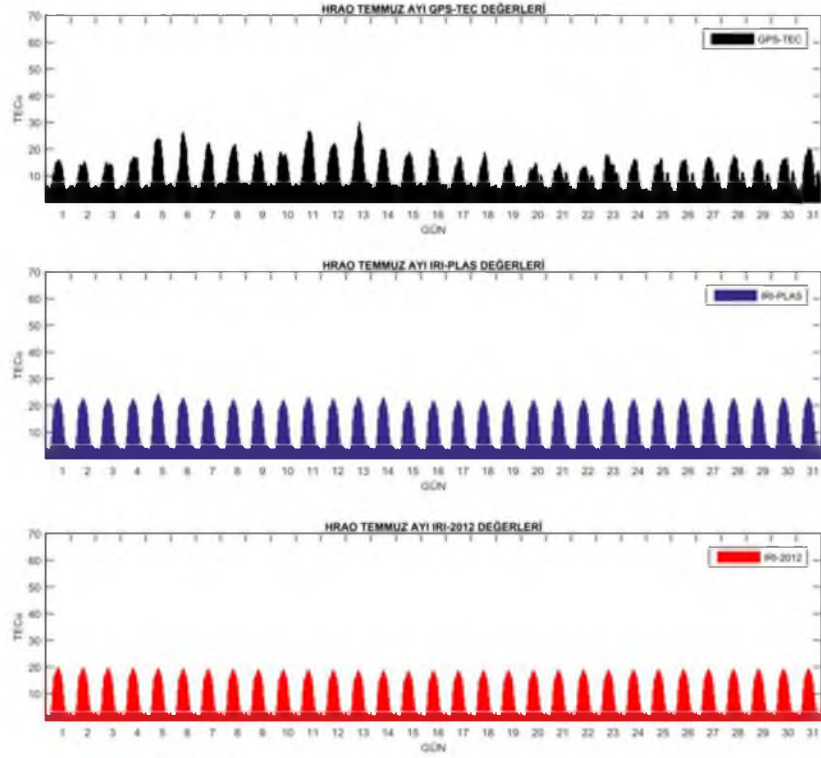
Şekil 7. 41. 2015 Yılı Nisan Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



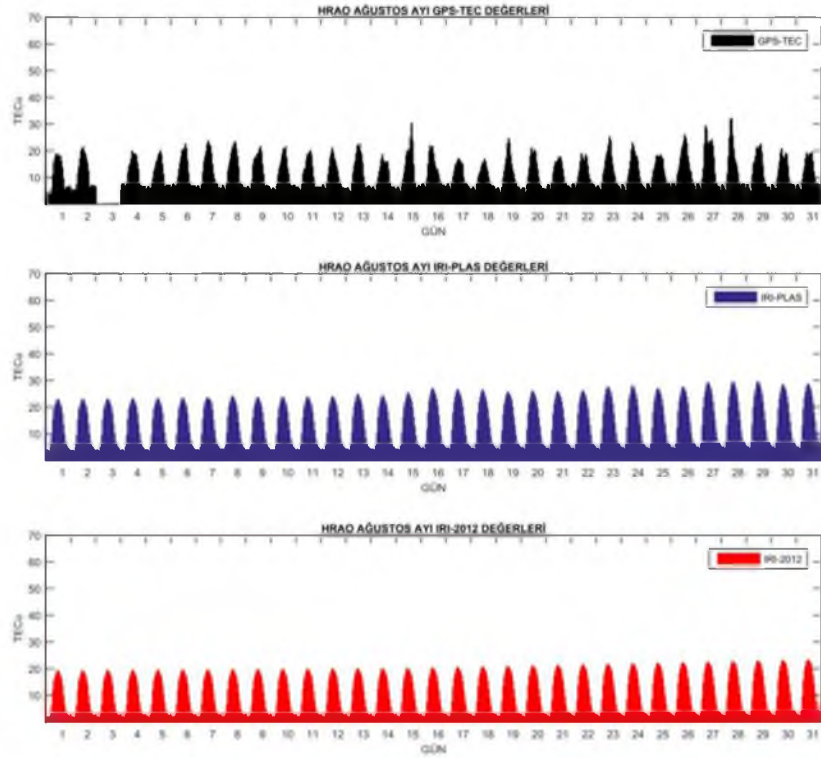
Şekil 7. 42. 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



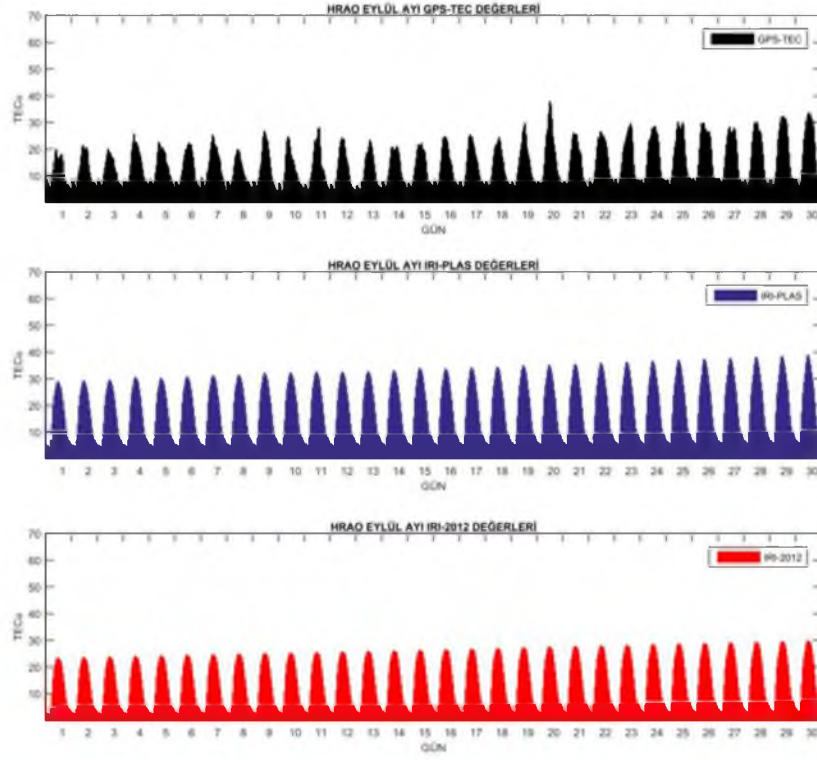
Şekil 7. 43. 2015 Yılı Haziran Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



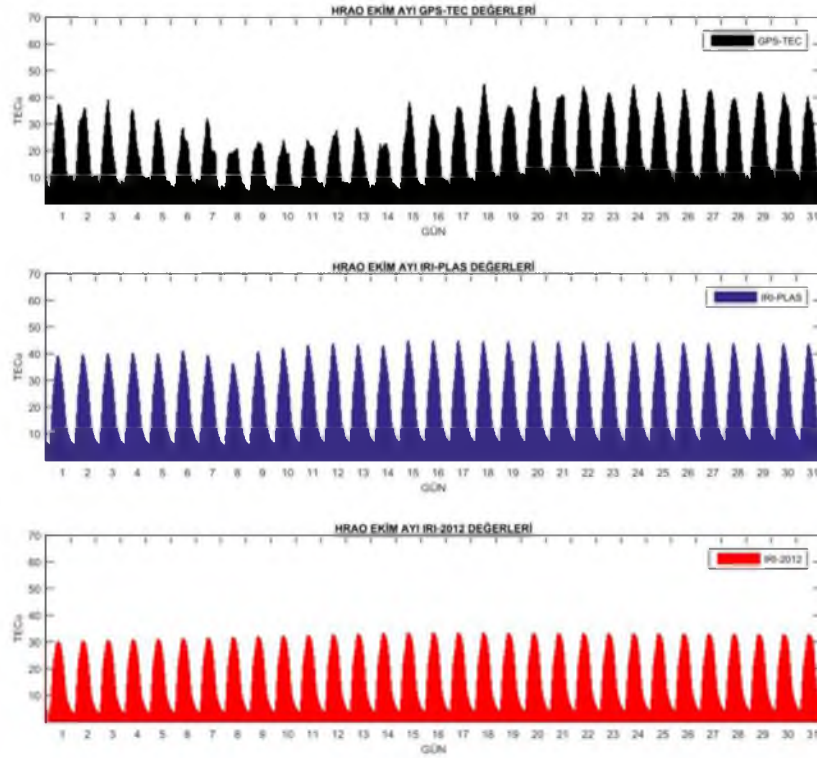
Şekil 7. 44. 2015 Temmuz Ocak Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



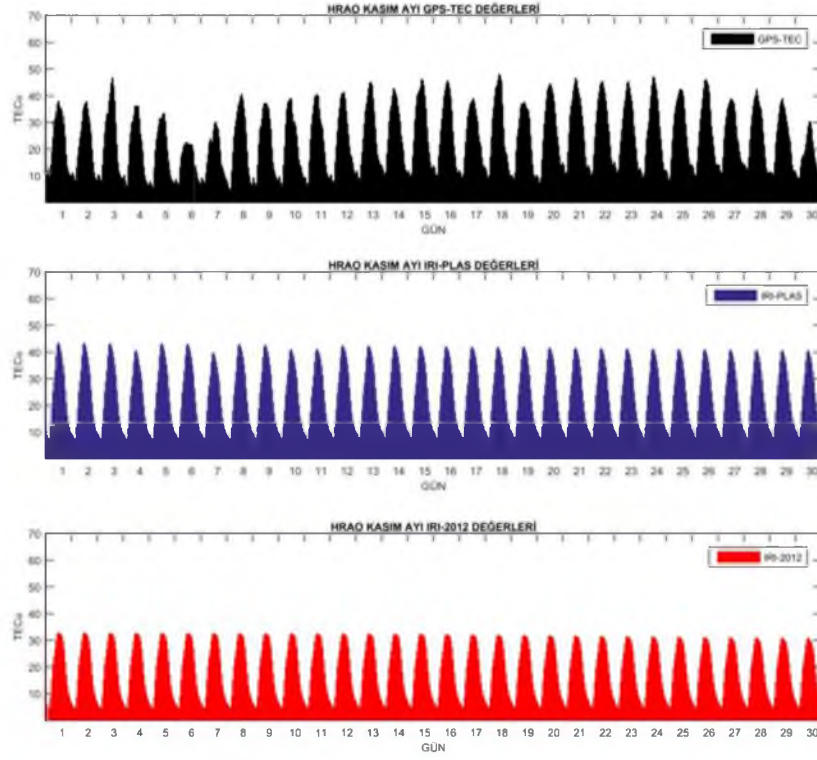
Şekil 7. 45. 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



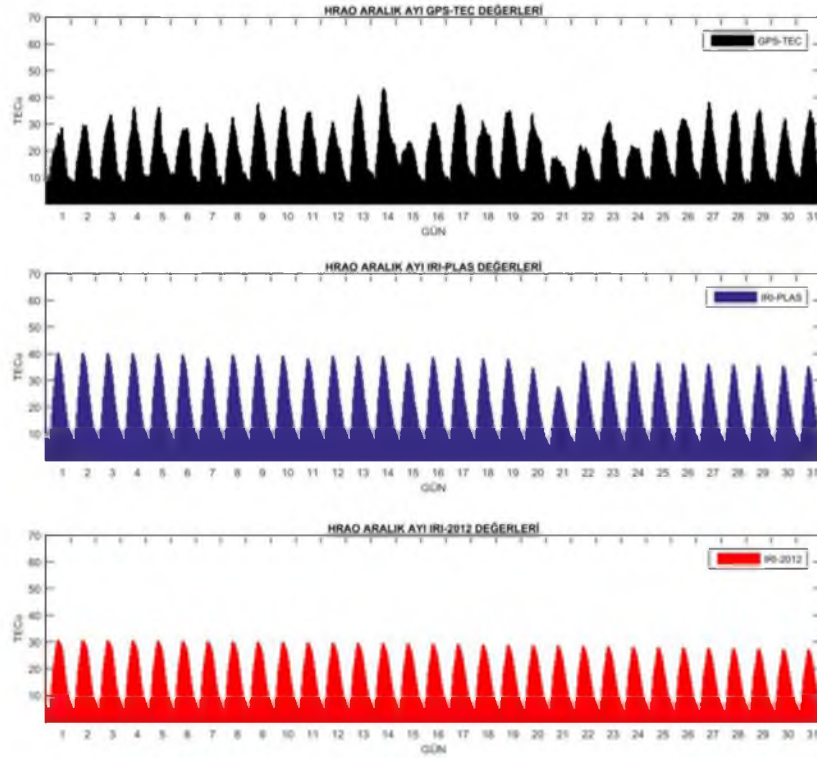
Şekil 7. 46. 2015 Yılı Eylül Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 47. 2015 Yılı Ekim Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

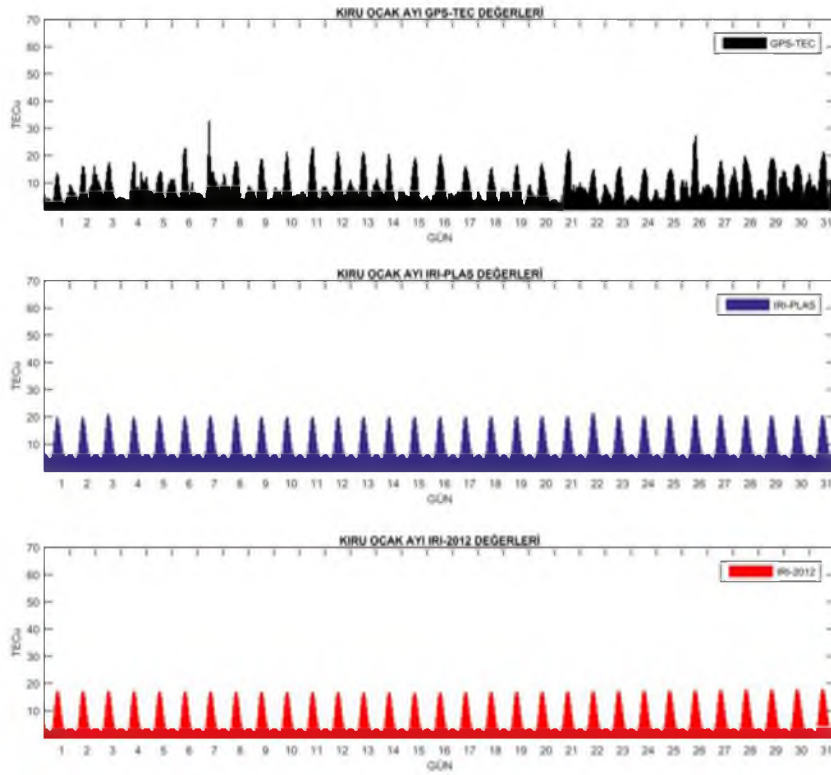


Şekil 7. 48. 2015 Yılı Kasım Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

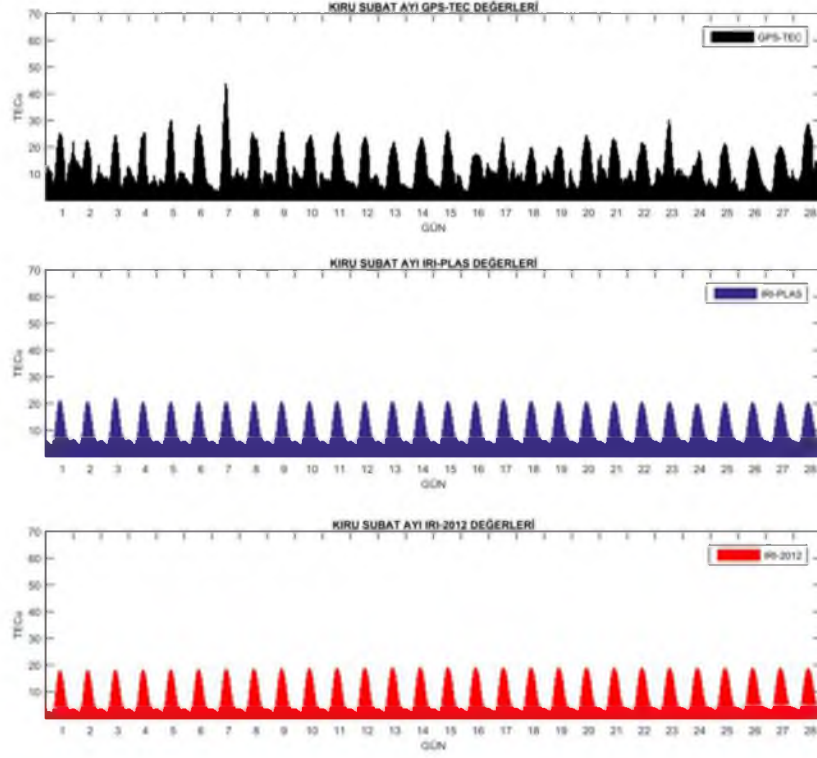


Şekil 7. 49. 2015 Yılı Aralık Ayı İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

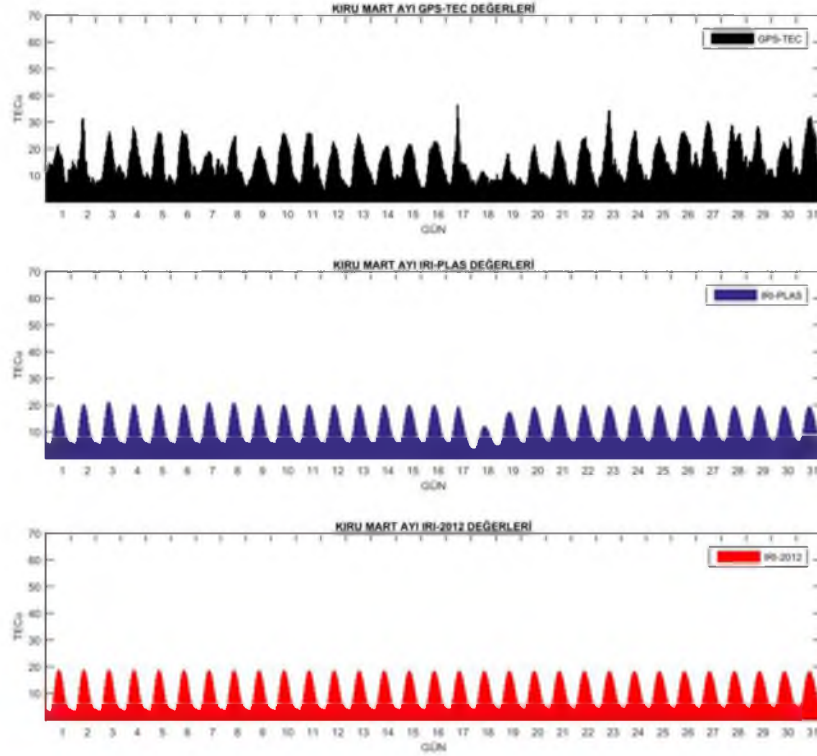
Kuzey yarım kürenin yüksek enlem bölgesinde bulunan KIRU istasyonuna ait GPS ve ampirik modellerden elde edilen TEC değerleri Şekil 7.50-7.61’de verilmektedir. TEC değerleri incelendiğinde diğer istasyonlara nazaran düşük seviyede olduğu (20 TECu) görülmektedir. Bu istasyonda 7 Ocak (Şekil 7.50) ve 17 Mart (Şekil 7.52) tarihlerindeki jeomanyetik fırtınanın etkisi sadece GPS-TEC verilerinde görülmektedir. Ancak diğer fırtınalı günlerde bu istasyon bölgesinde TEC değerlerinde değişime sebep olacak bir etki görülmemektedir. Bu istasyonda IRI-PLAS ve IRI-2012 TEC değerlerinin benzer trend gösterdiği ancak IRI-PLAS TEC değerlerinin genelde bir miktar daha büyük olup GPS-TEC değerlerine daha yakın olduğu söylenebilir.



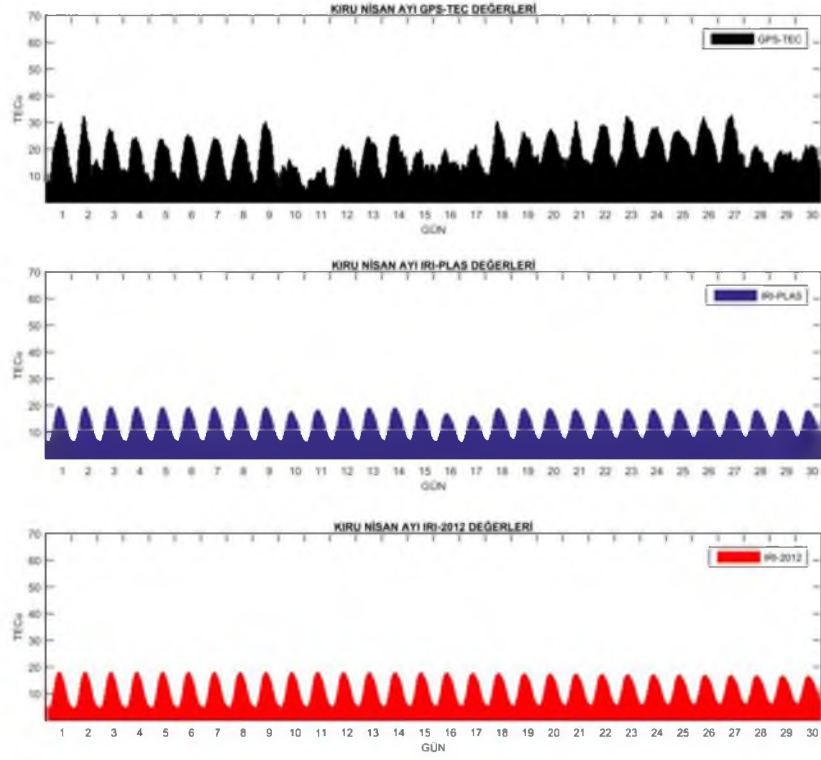
Şekil 7. 50. 2015 Yılı Ocak Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



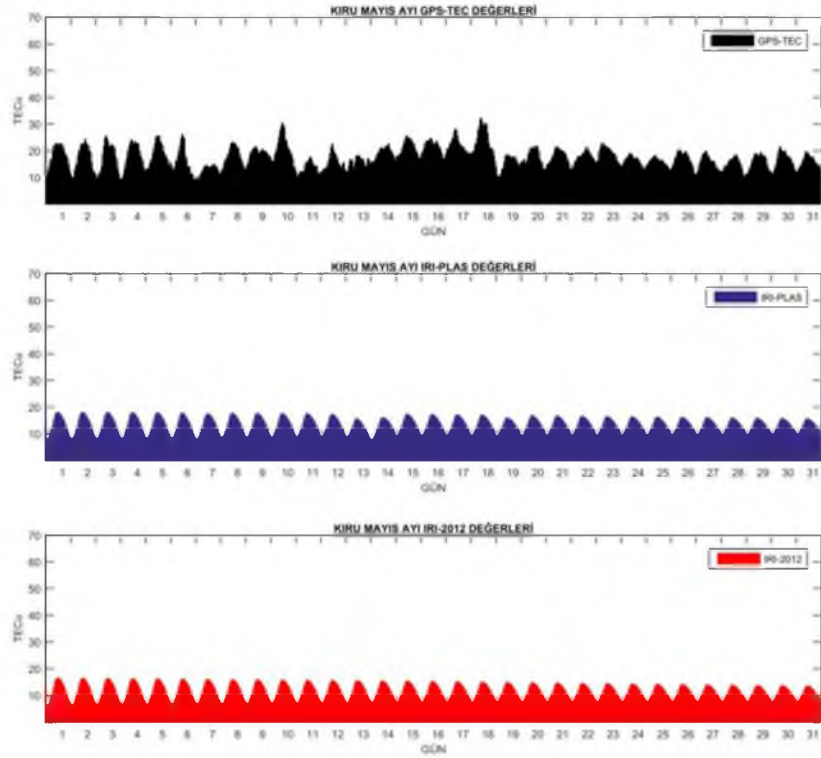
Şekil 7. 51. 2015 Yılı Şubat Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



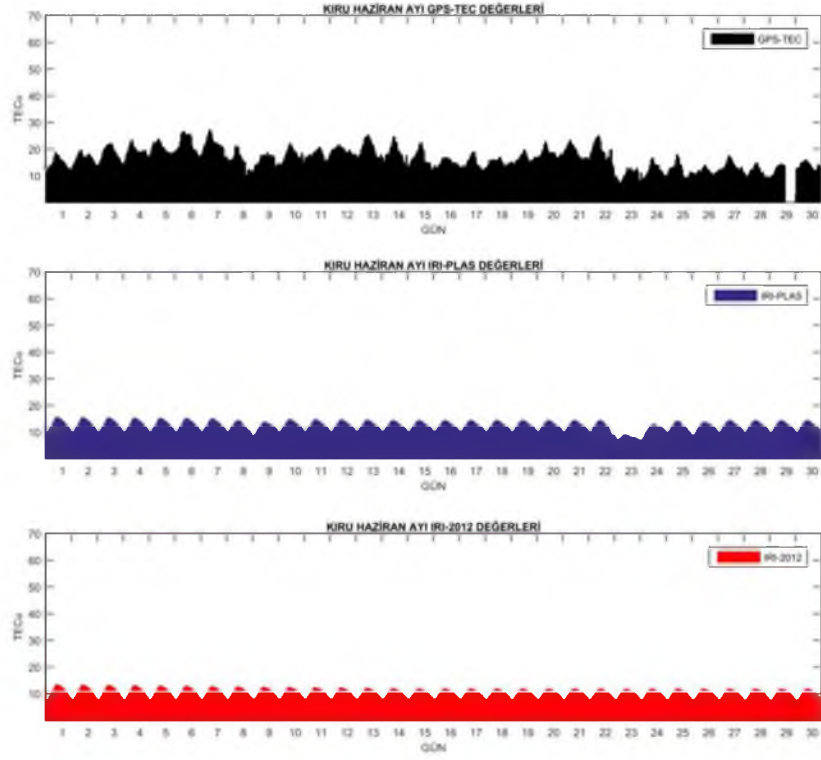
Şekil 7. 52. 2015 Yılı Mart Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



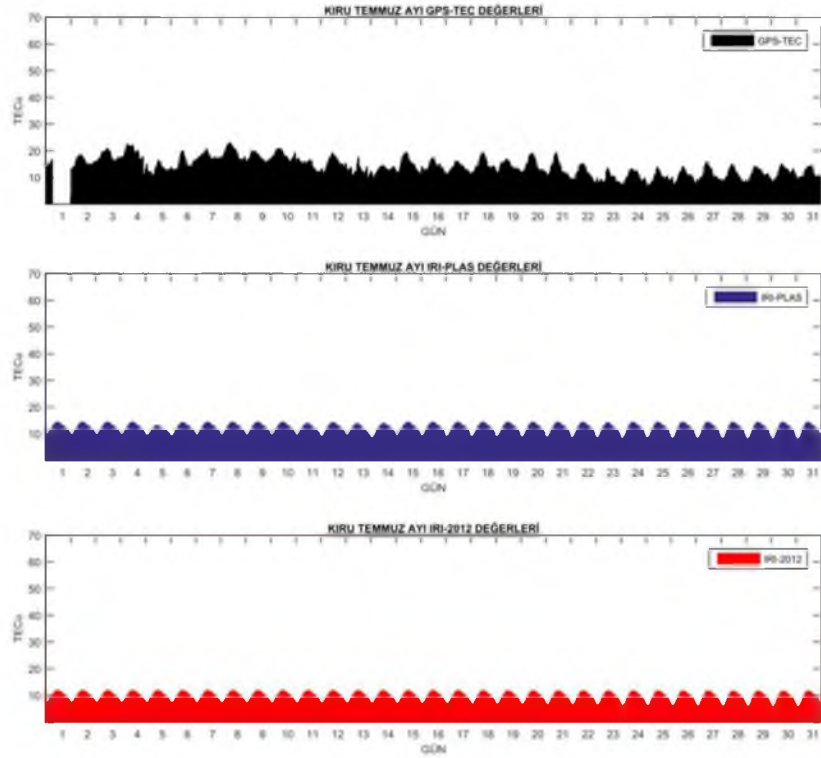
Şekil 7. 53. 2015 Yılı Nisan Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



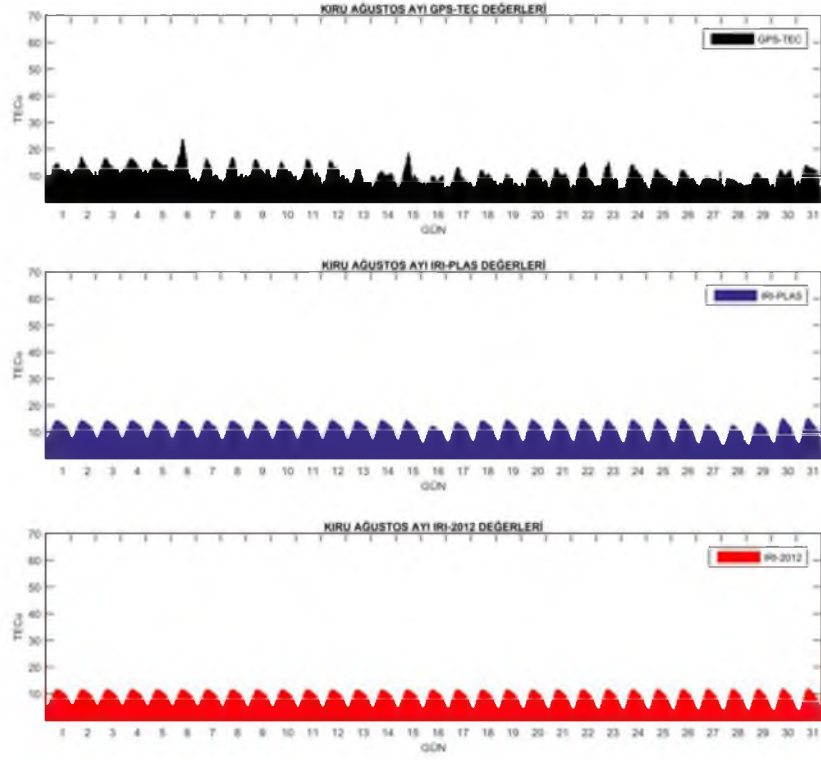
Şekil 7. 54. 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



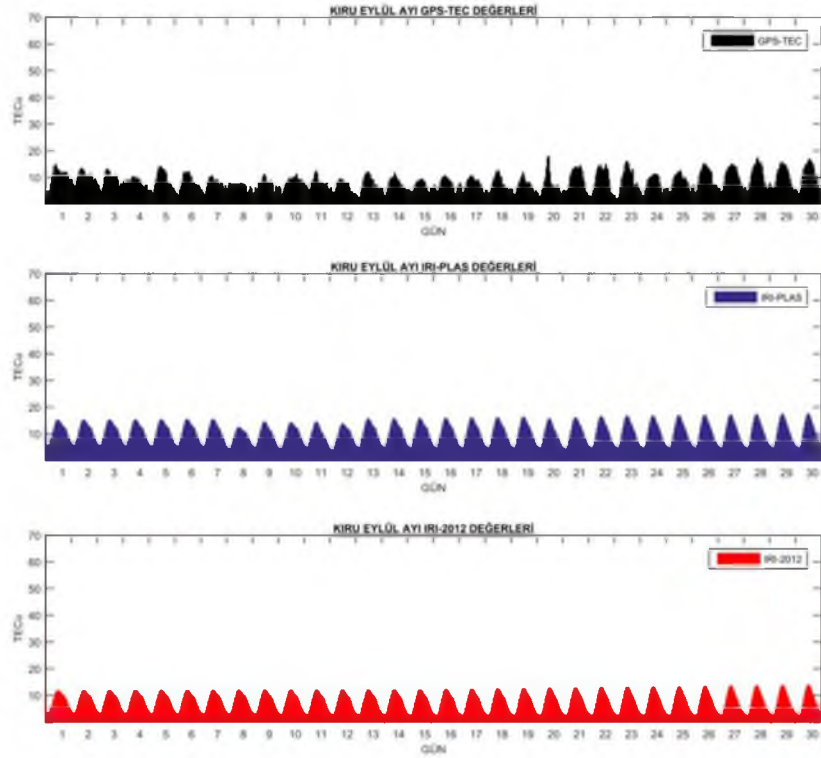
Şekil 7. 55. 2015 Yılı Haziran Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



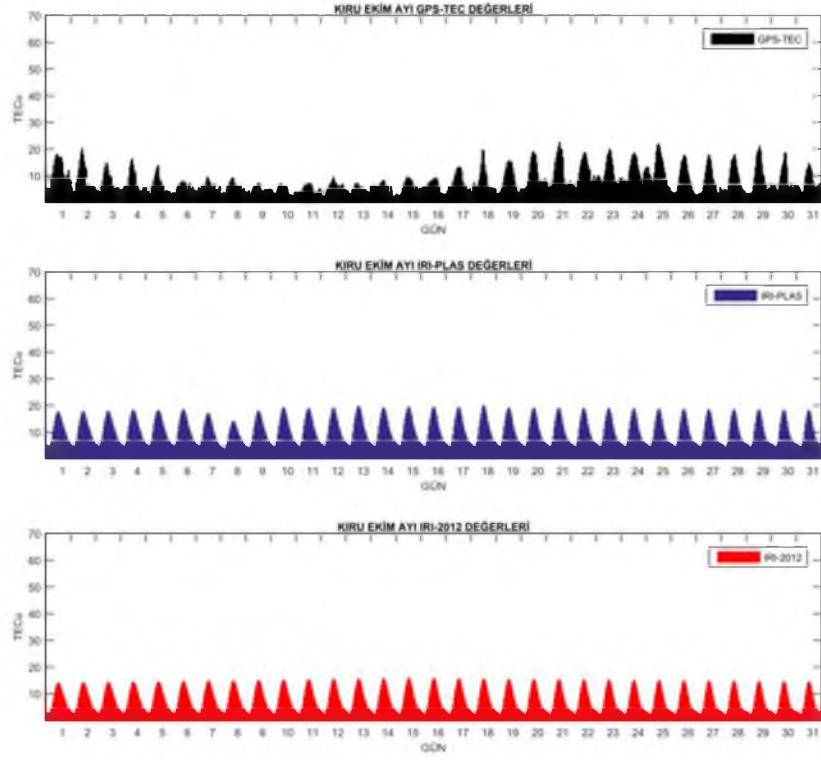
Şekil 7. 56. 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



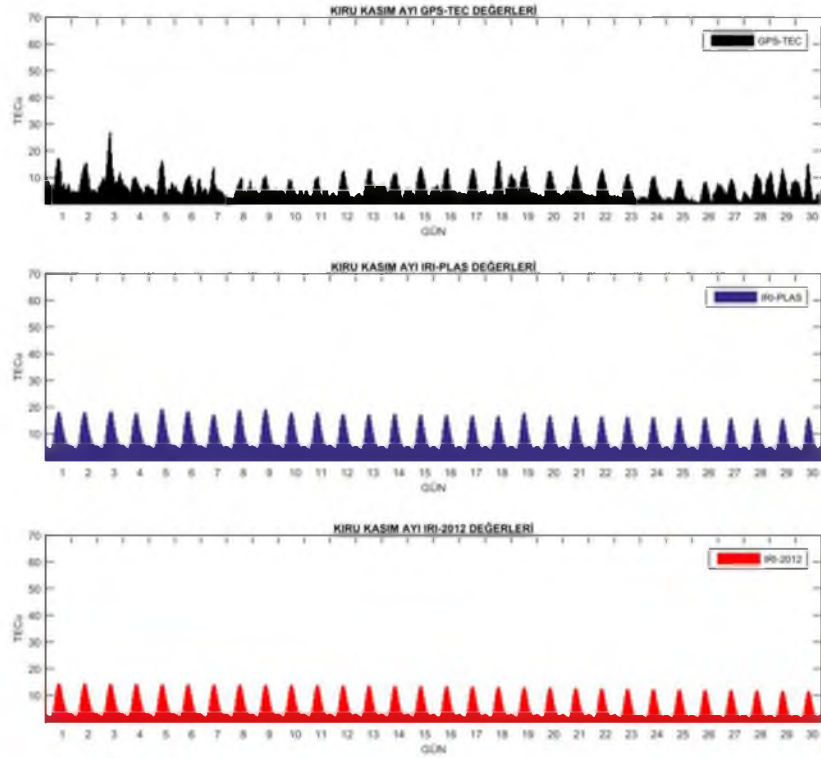
Şekil 7. 57. 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



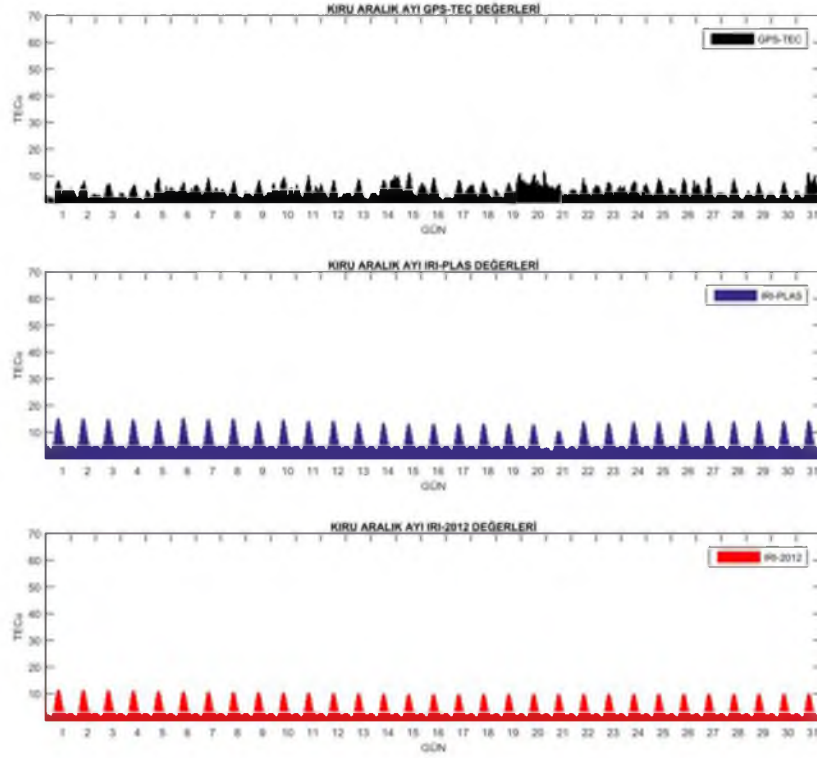
Şekil 7. 58. 2015 Yılı Eylül Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 59. 2015 Yılı Ekim Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

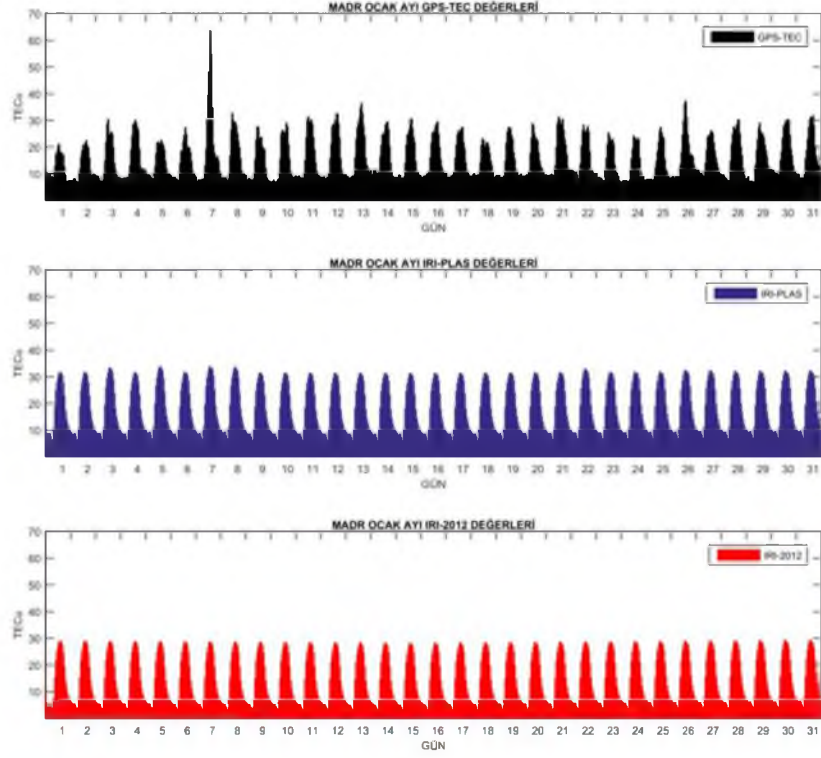


Şekil 7. 60. 2015 Yılı Kasım Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

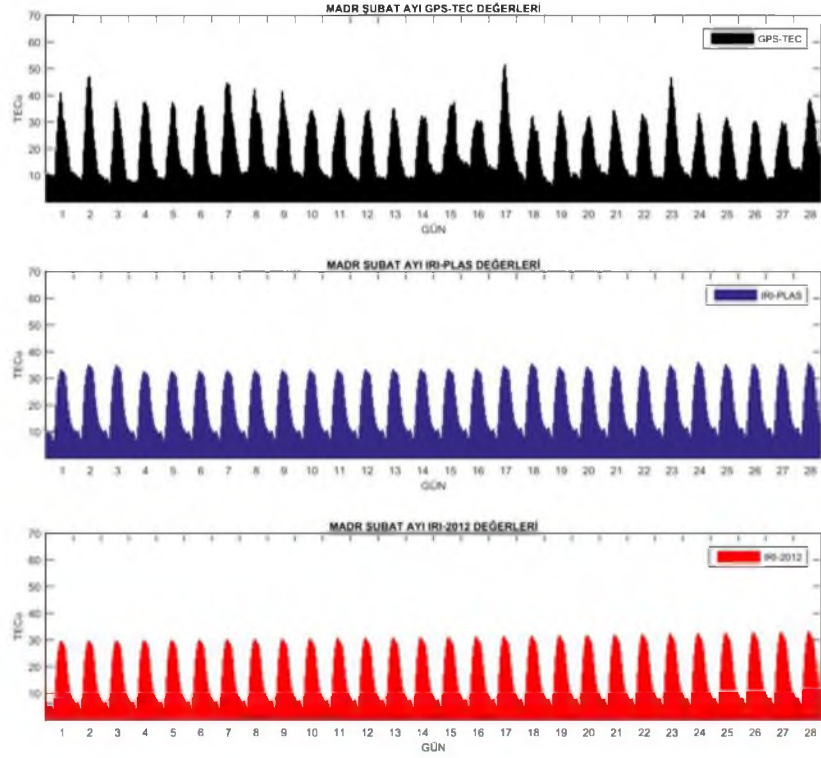


Şekil 7. 61. 2015 Yılı Aralık Ayı İçin KIRU İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

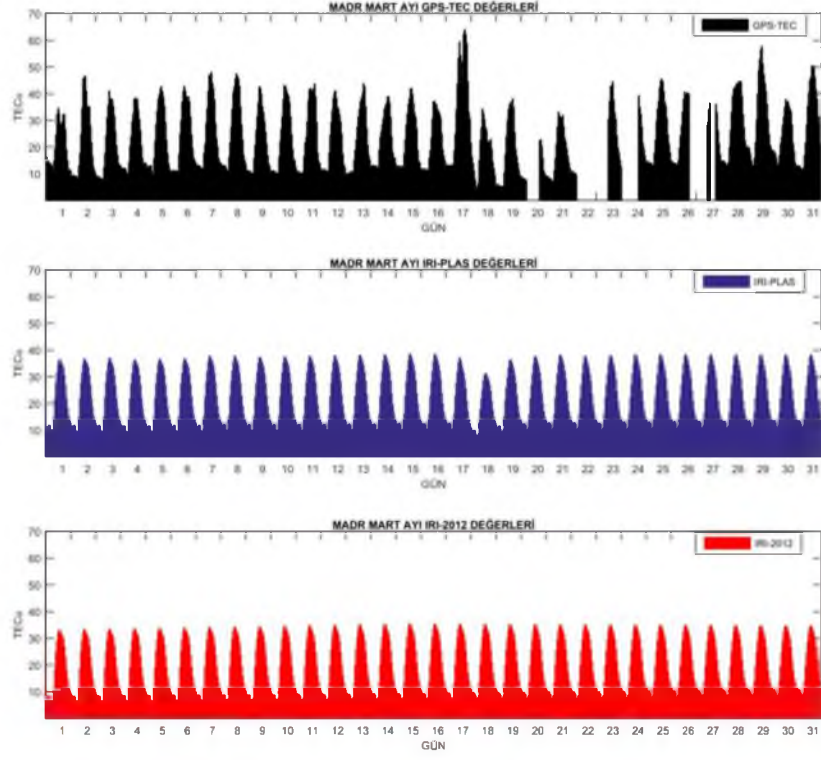
Kuzey yarım küre orta enlem bölgesinde bulunan MADR istasyonuna ait GPS-TEC, IRI-PLAS TEC ve IRI-2012 TEC değerleri şekil 7.62-7.73' de verilmektedir. Bu istasyonda da bazı günlerde GPS-TEC kestirimi yapılamamıştır (Şekil 7.64-7.66). 7 Ocak ve 17 Mart tarihlerinde gerçekleşen aktivitenin etkisi GPS-TEC değerlerinde sakin günlere nazaran 20 TECu'nun üzerinde bir ani artış şeklinde kendisini göstermiştir. Bu belirgin durum IRI-PLAS ve IRI-2012 TEC değerlerinde söz konusu değildir. Ampirik modellerden üretilen TEC değerleri birbirleriyle tutarlı olup, GPS-TEC değerleriyle aralarındaki farklar fazla olmasa da benzer bir trend gösterdikleri söylenemez.



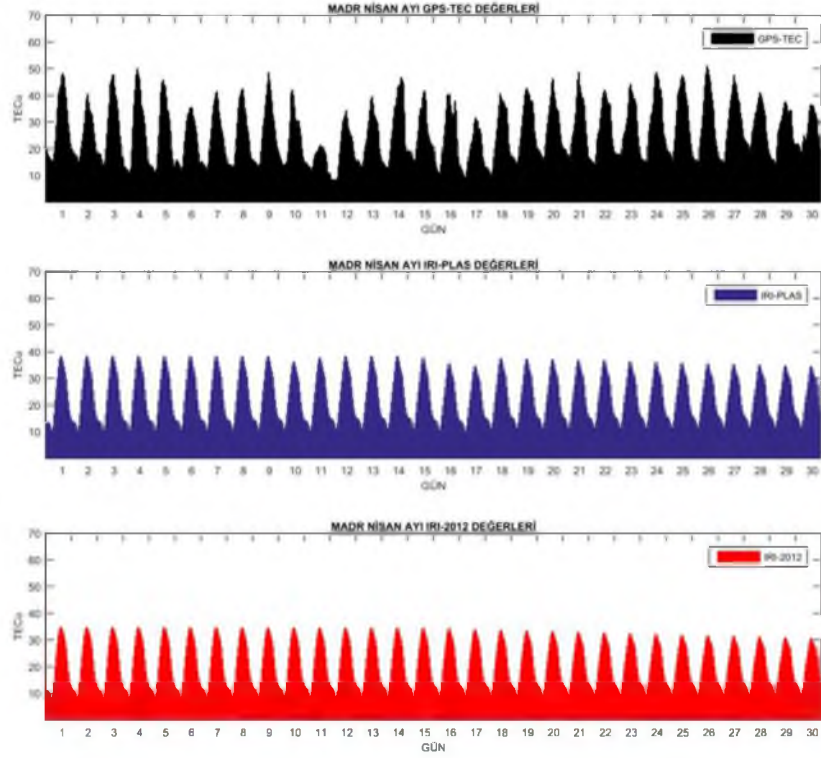
Şekil 7. 62. 2015 Yılı Ocak Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



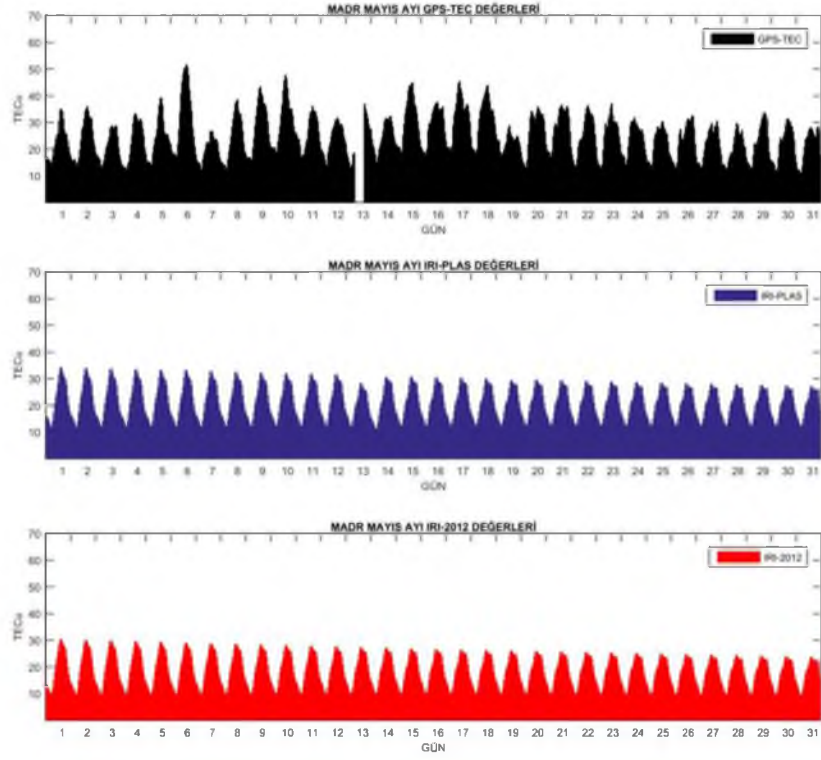
Şekil 7. 63. 2015 Yılı Şubat Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



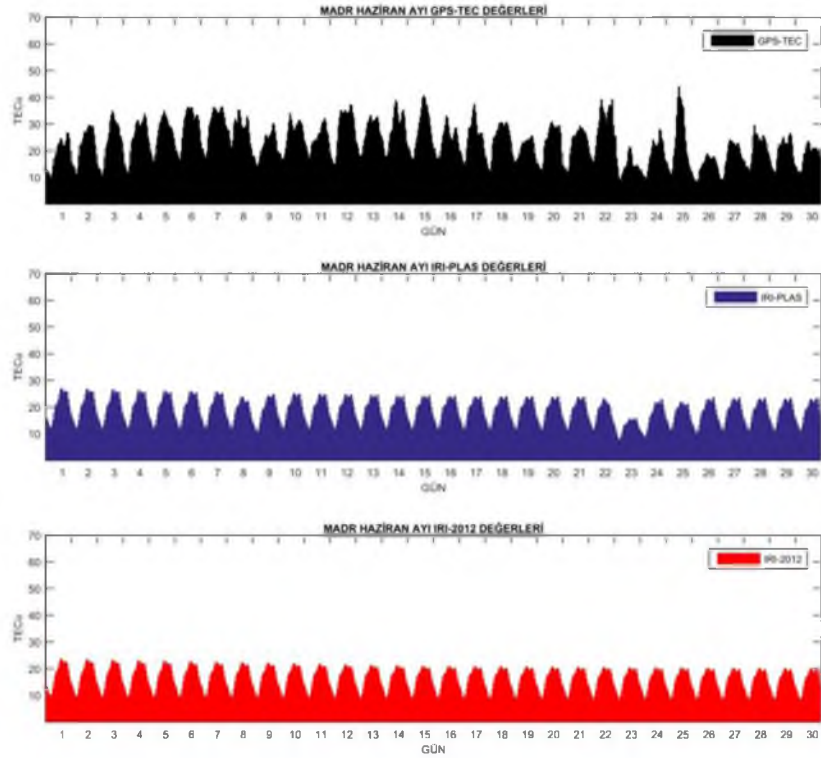
Şekil 7. 64. 2015 Yılı Mart Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



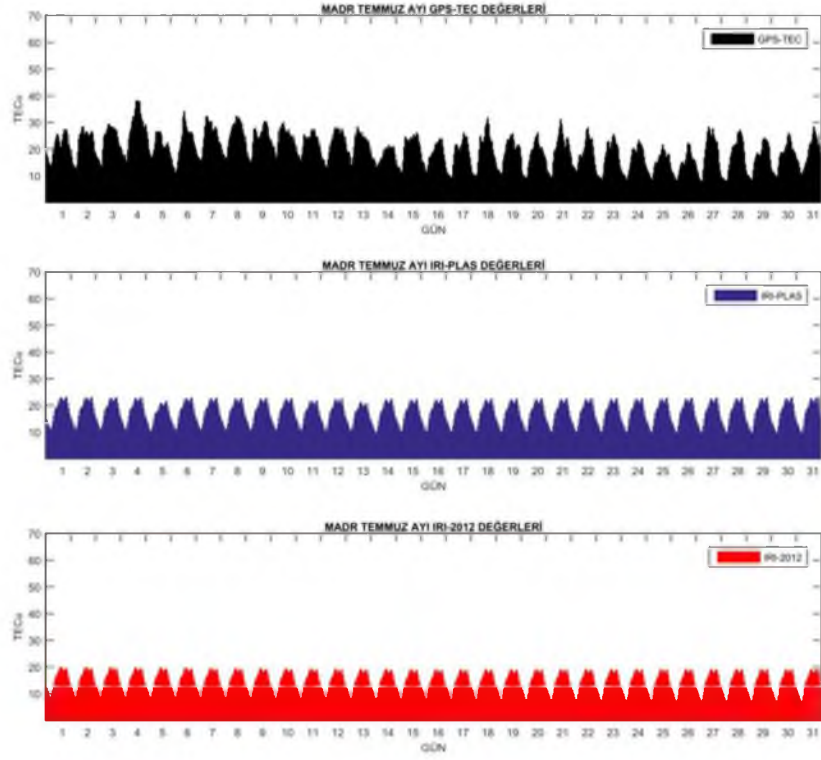
Şekil 7. 65. 2015 Yılı Nisan Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



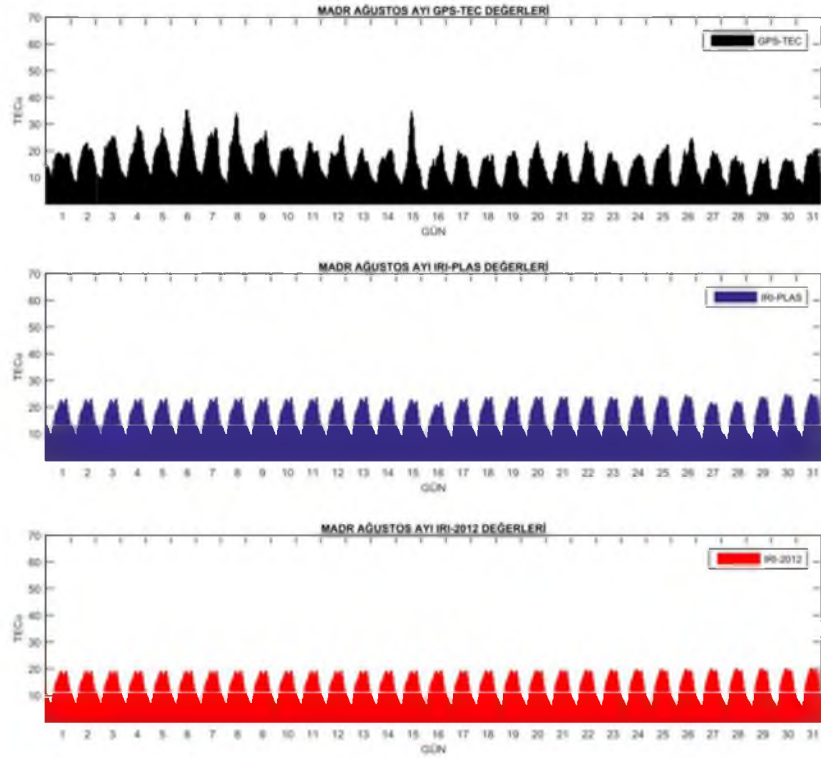
Şekil 7. 66. 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



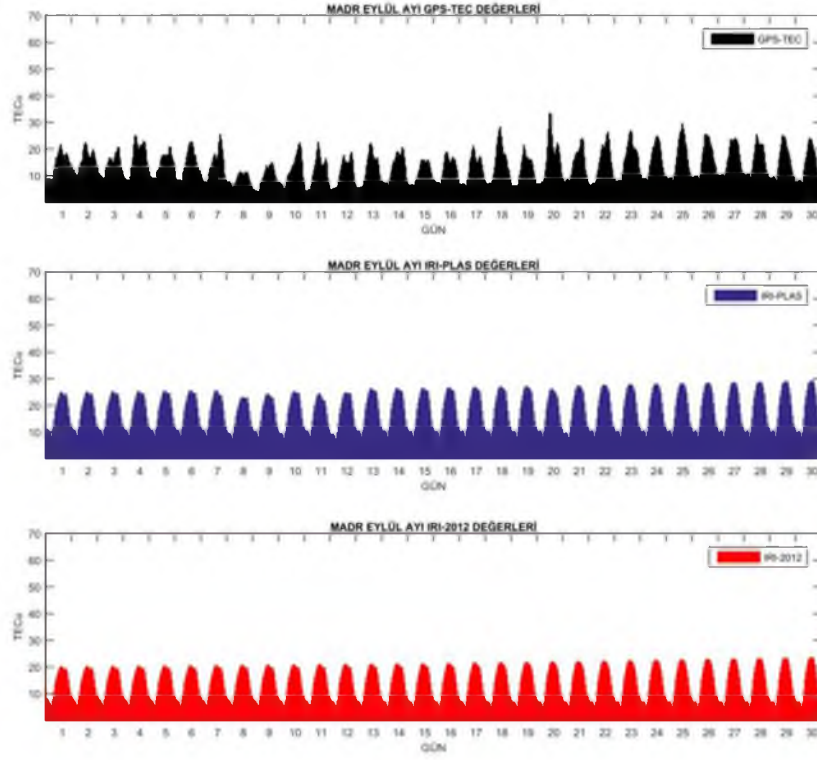
Şekil 7. 67. 2015 Yılı Haziran Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



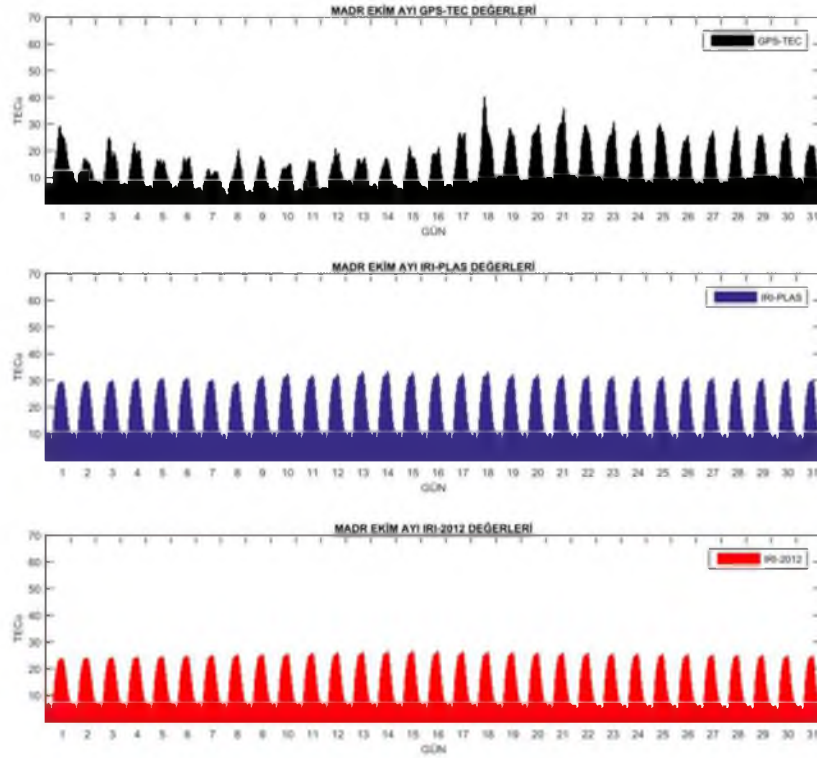
Şekil 7. 68. 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



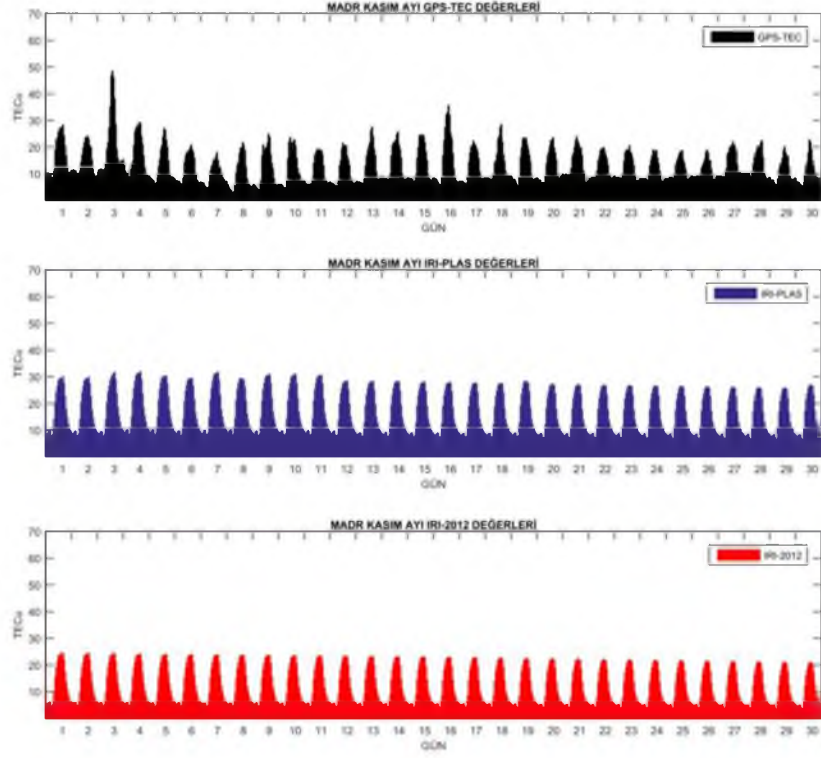
Şekil 7. 69. 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



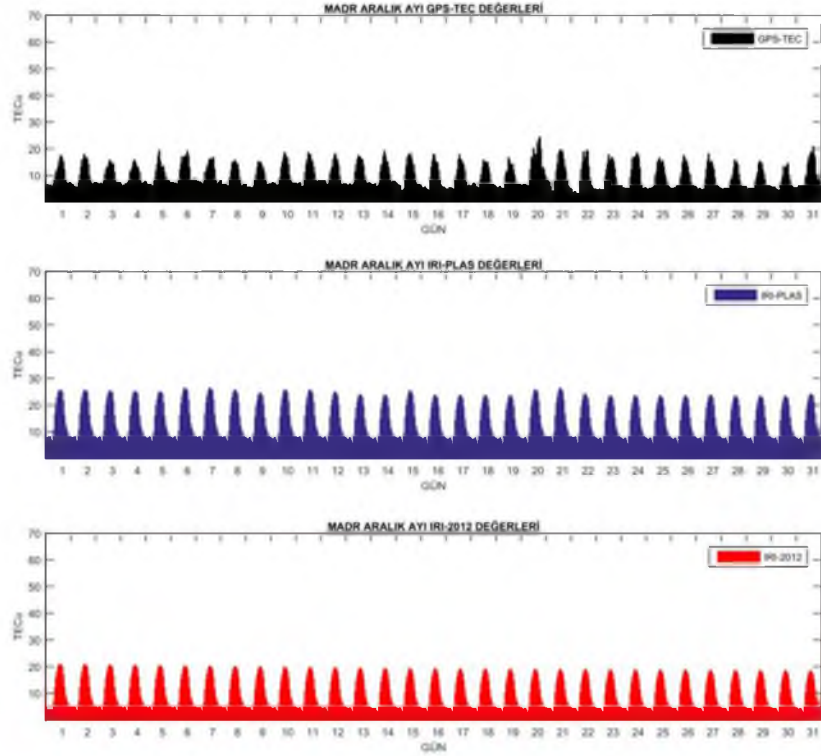
Şekil 7. 70. 2015 Yılı Eylül Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 71. 2015 Yılı Ekim Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

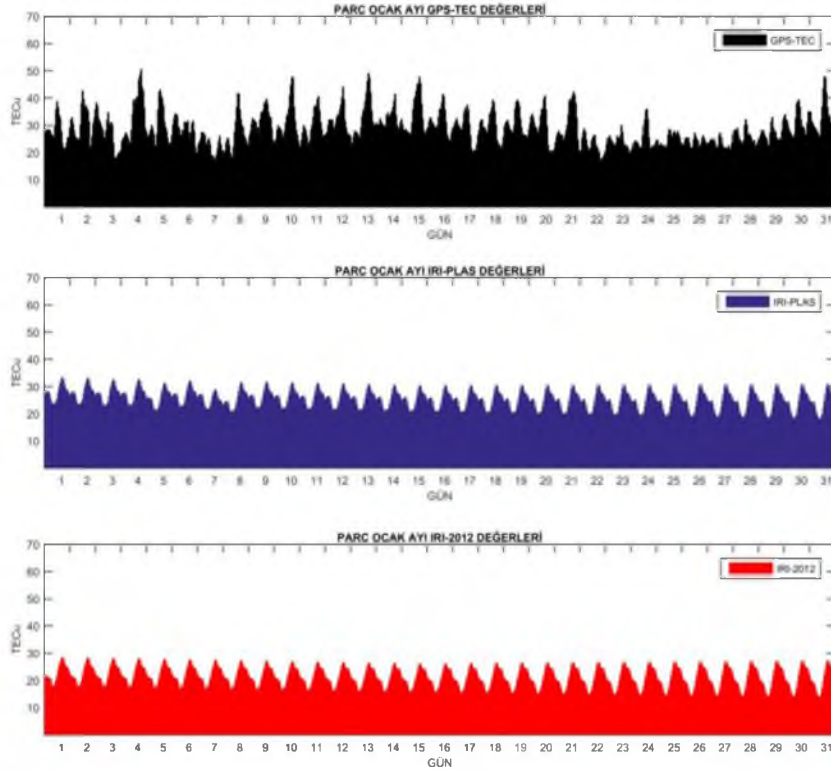


Şekil 7. 72. 2015 Yılı Kasım Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

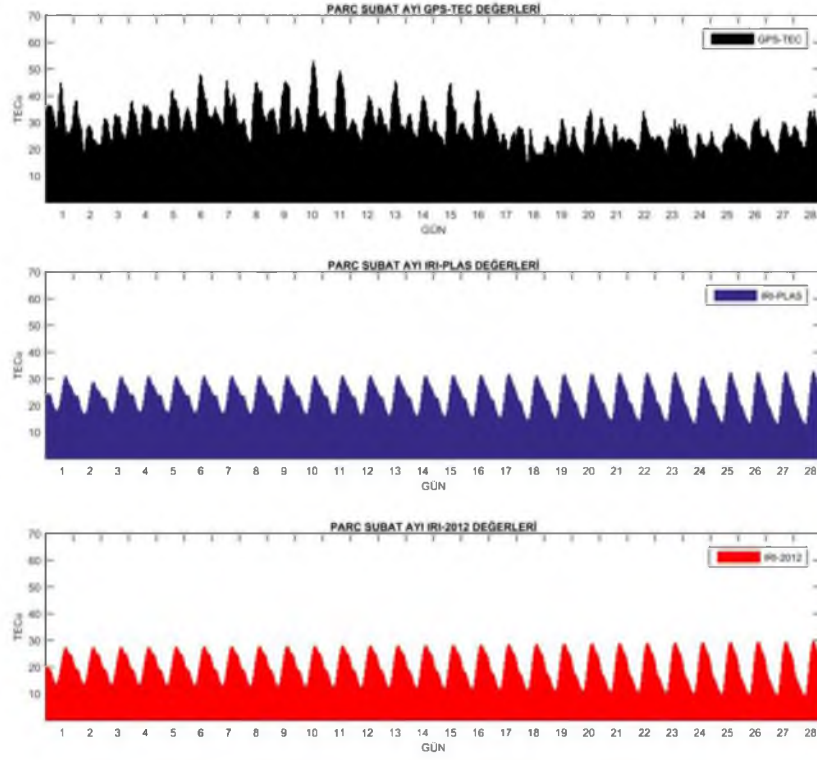


Şekil 7. 73. 2015 Yılı Aralık Ayı İçin MADR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

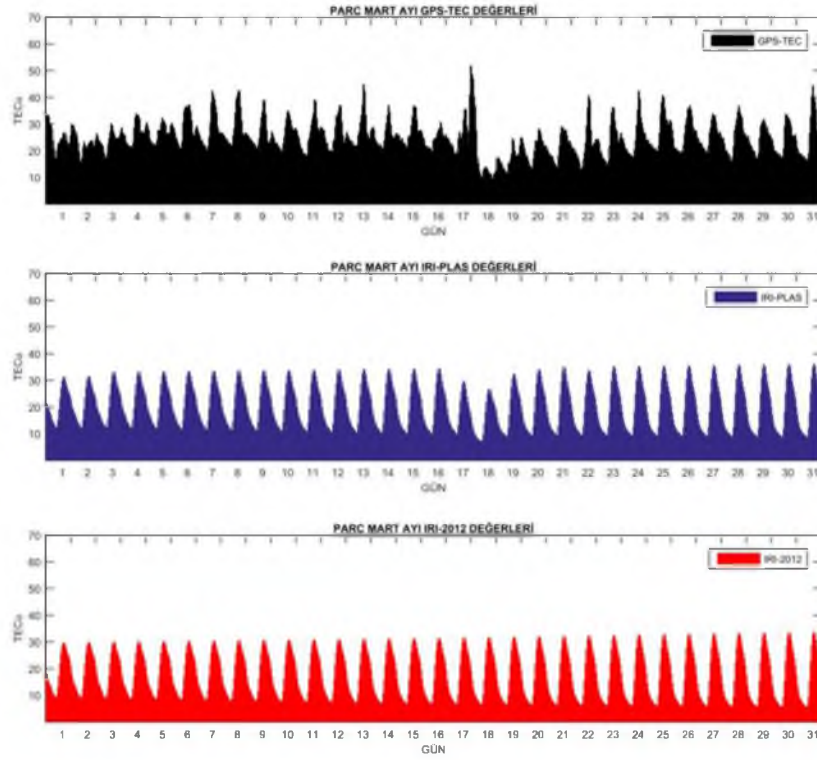
Güney yarım küre yüksek enlem bölgesinde bulunan PARC istasyonuna ait GPS ve ampirik modellerden elde edilen TEC değerleri şekil 7.74-7.85’ de verilmektedir. Bu istasyonda da güney yarım küre orta enlem bölgesindeki HRAO istasyonunda olduğu gibi TEC seviyesi aylara göre değişmektedir. Ocak-Nisan aylarında (Şekil 7.74-7.77) TEC değerleri 30 TECu seviyesinde olup, Mayıs-Ağustos aylarında (Şekil 7.78-7.88) ortalama 15 TECu seviyesine inip, Eylül-Aralık aylarında (Şekil 7.82-7.85) ise ortalama 20 TECu seviyesine çıktığı görülmektedir. Manyetik aktivitenin olduğu sürelerde bu istasyon bölgesinde TEC değerlerinde önemli bir değişimin olmadığı, az da olsa bu etkinin 7 Ekim (Şekil 7.83) ve 20 Aralık (Şekil 7.85) tarihlerindeki aktiviteyle ilişkili olarak GPS-TEC verilerine yansıdığı görülmektedir. 20 Aralık tarihindeki aktivite IRI-PLAS TEC değerlerindeki az miktardaki değişim ile kendisini gösterdiği ancak IRI-2012 TEC değerlerinde ise herhangi bir değişimin olmadığı görülmüştür.



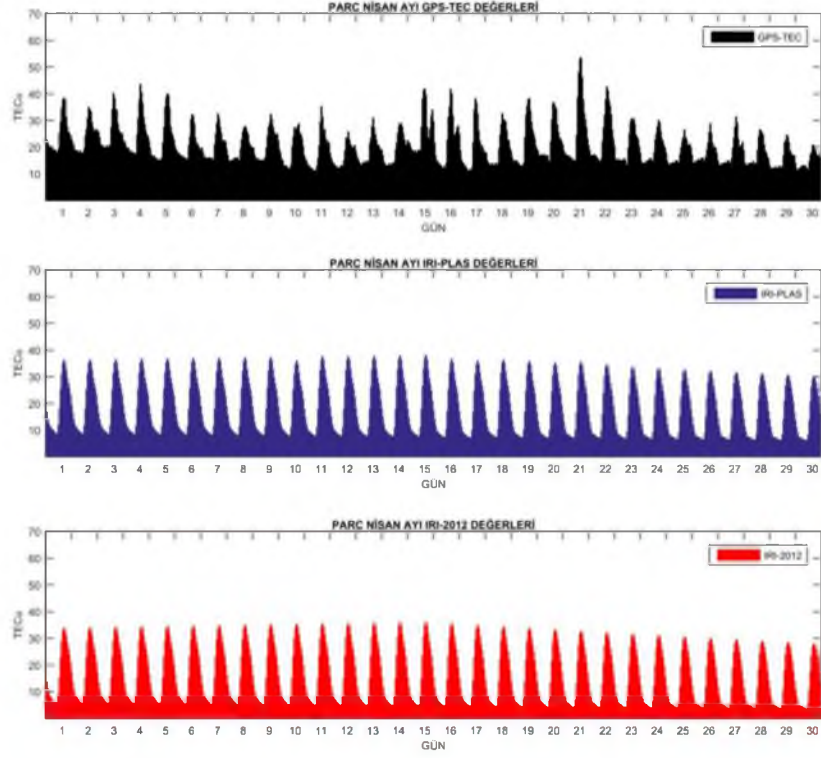
Şekil 7. 74. 2015 Yılı Ocak Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



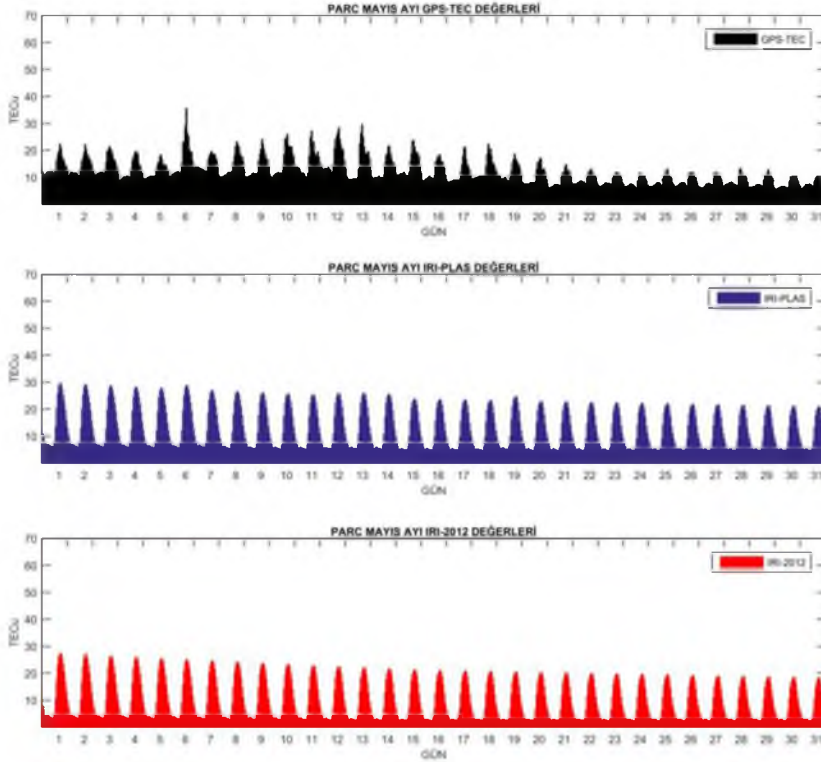
Şekil 7. 75. 2015 Yılı Şubat Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



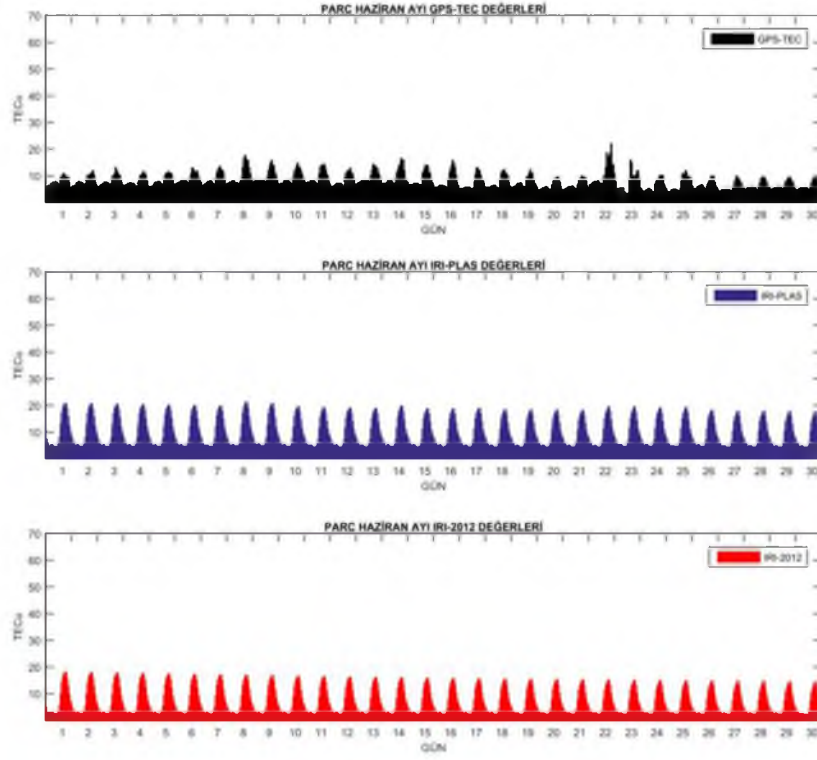
Şekil 7. 76. 2015 Yılı Mart Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



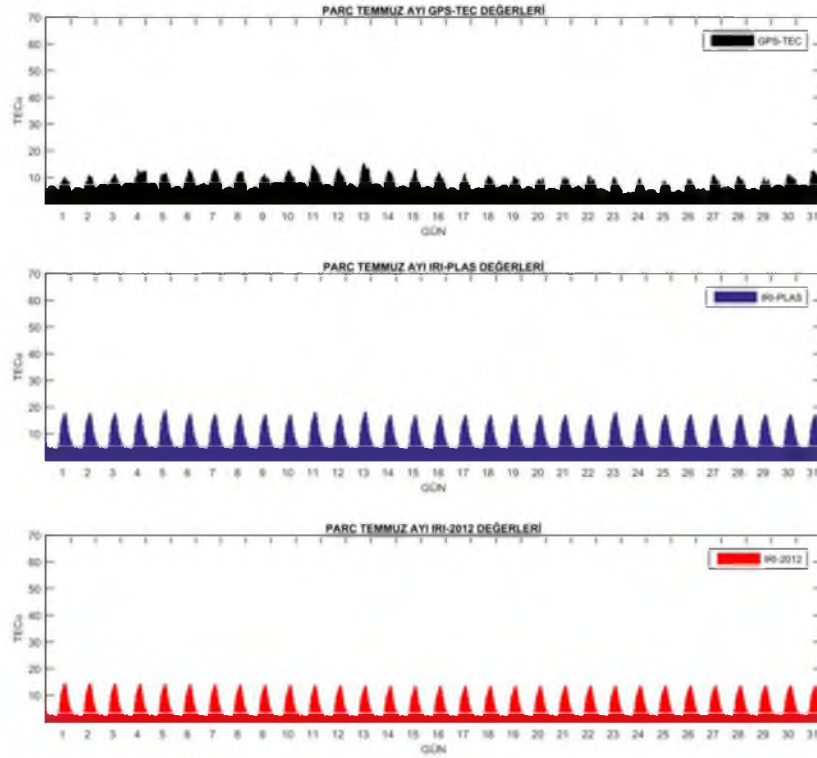
Şekil 7. 77. 2015 Yılı Nisan Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



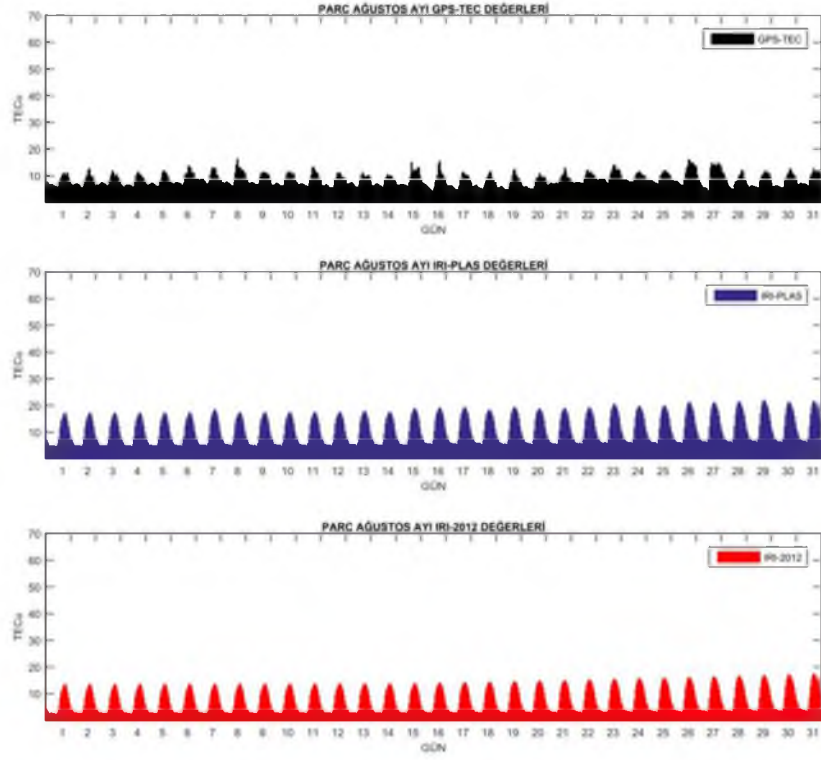
Şekil 7. 78. 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



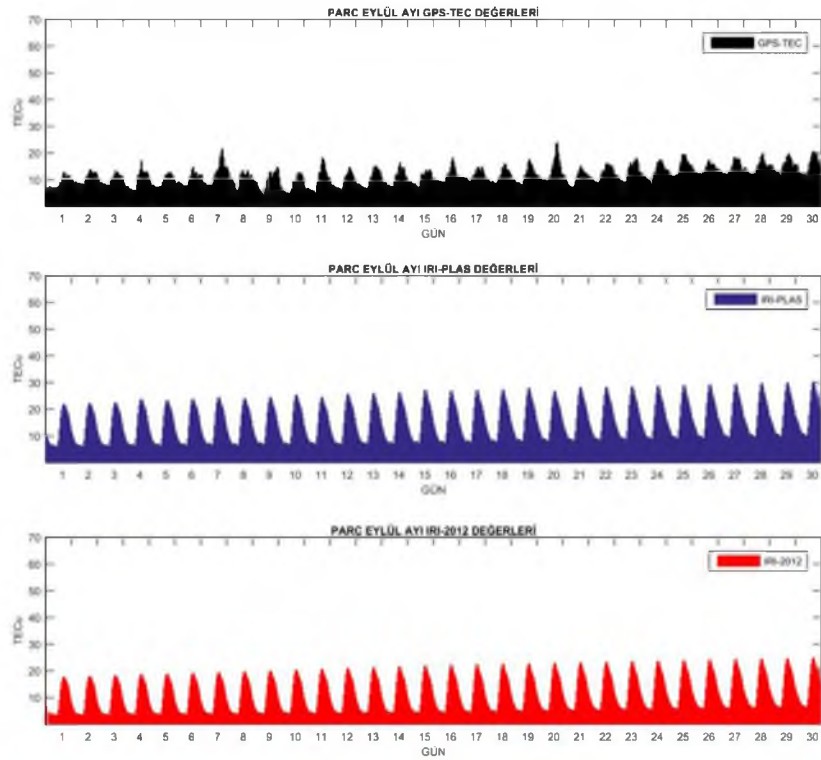
Şekil 7. 79. 2015 Yılı Haziran Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



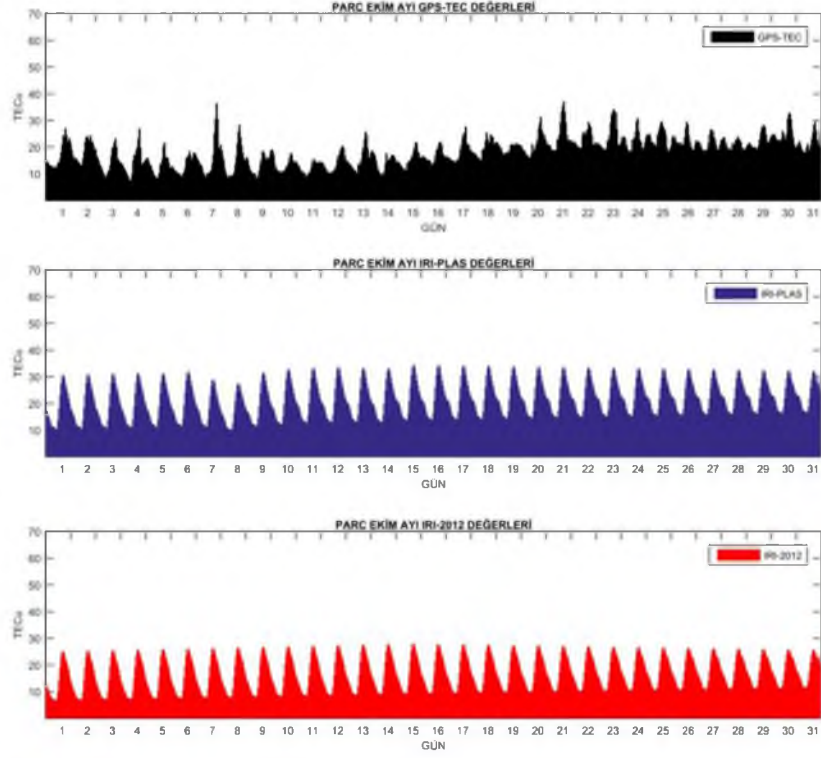
Şekil 7. 80. 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



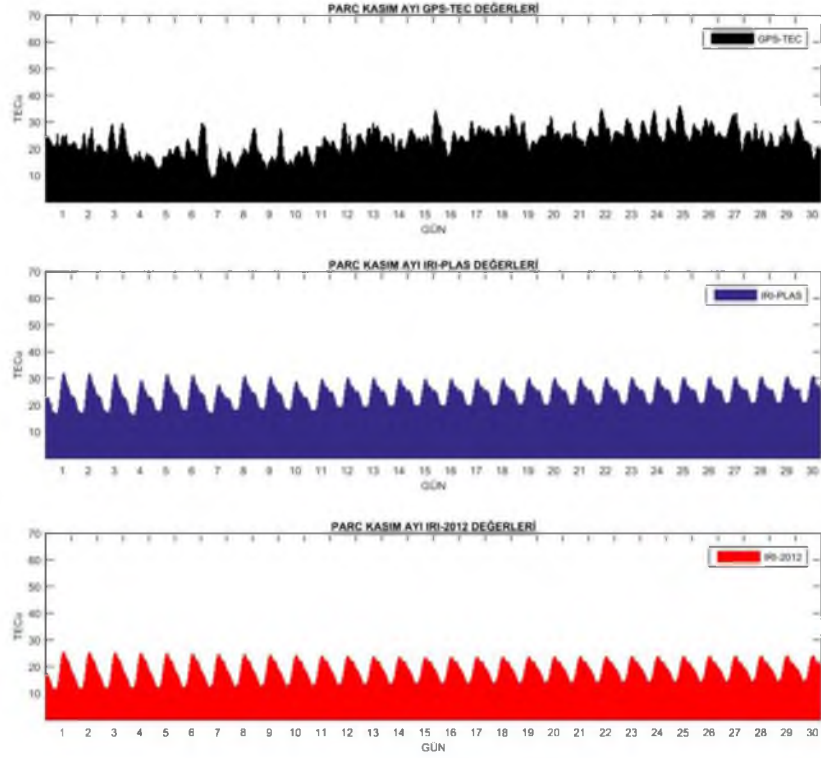
Şekil 7. 81. 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



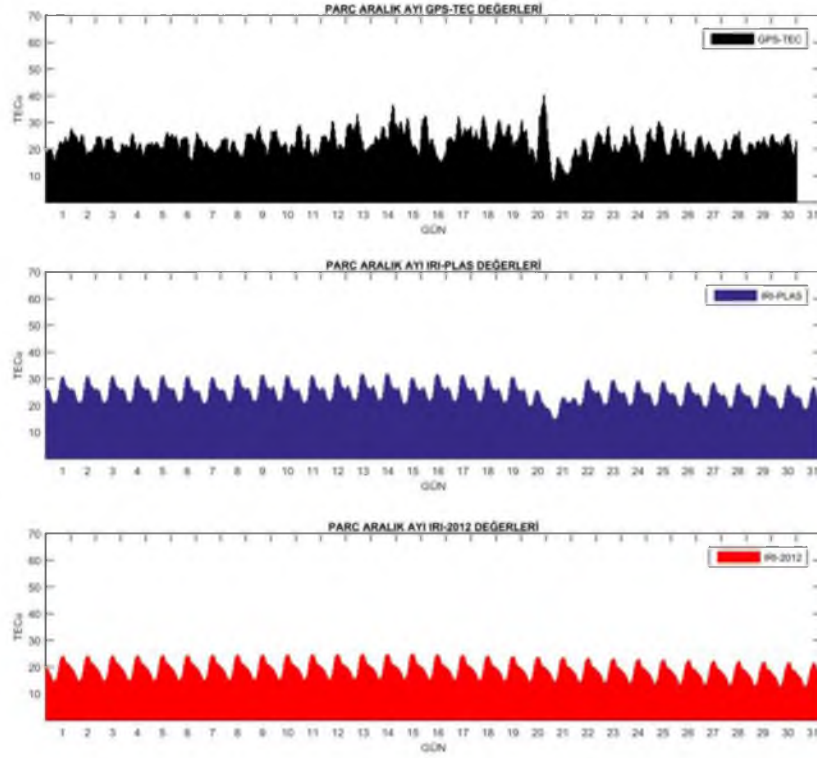
Şekil 7. 82. 2015 Yılı Eylül Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 83. 2015 Yılı Ekim Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

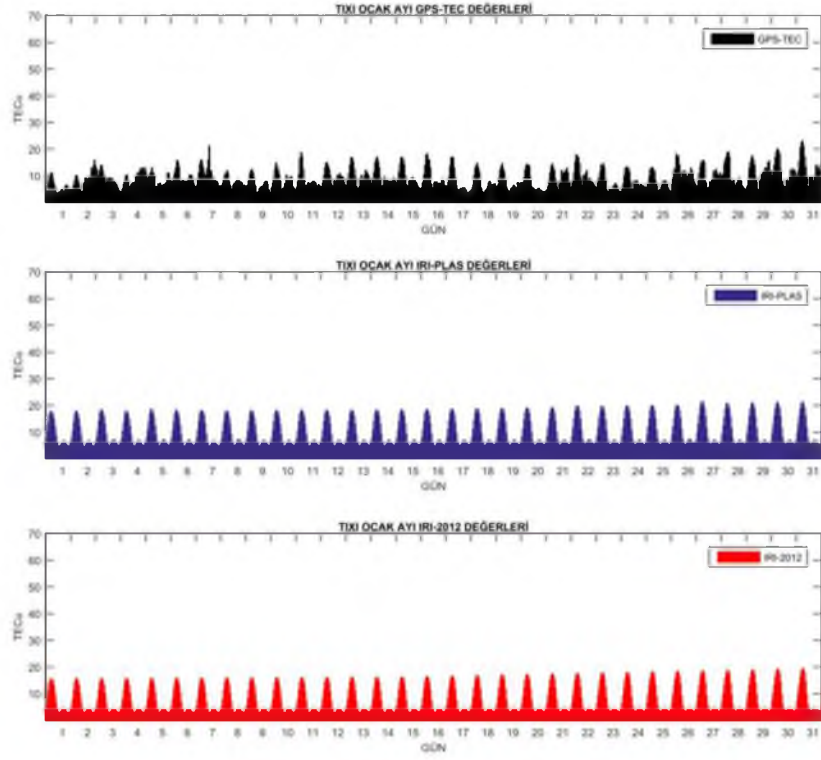


Şekil 7. 84. 2015 Yılı Kasım Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

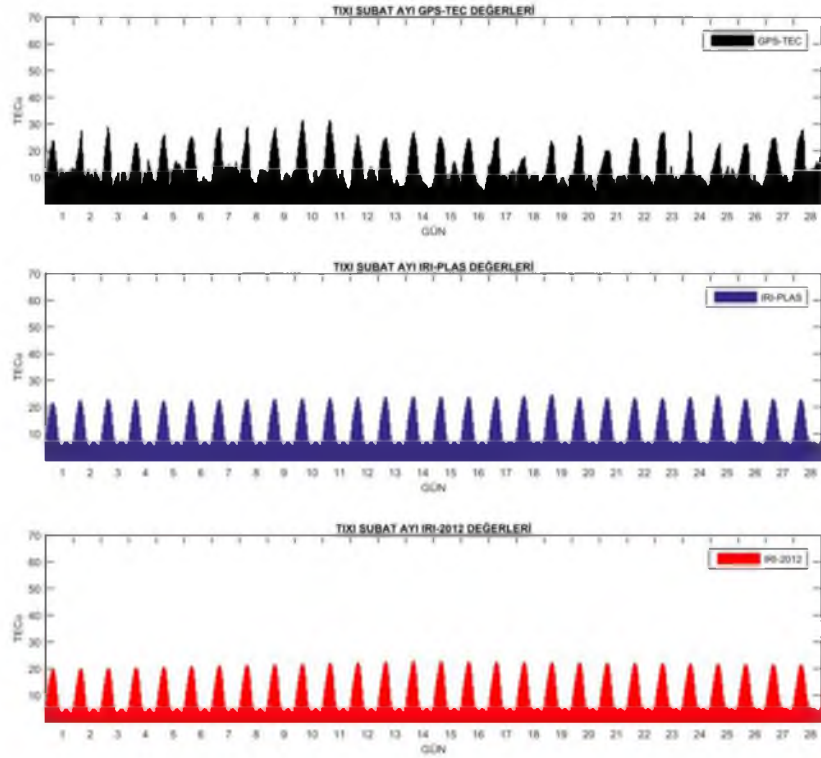


**Şekil 7. 85.** 2015 Yılı Aralık Ayı İçin PARC İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

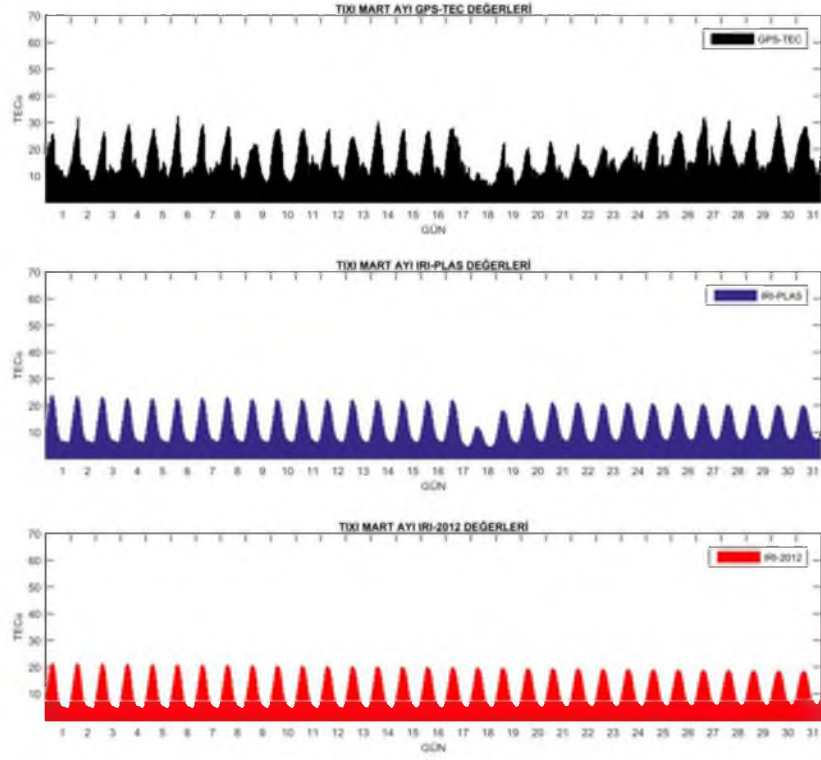
Kuzey yarımküre yüksek enlem bölgesinde bulunan TIXI istasyonuna ait GPS TEC, IRI PLAS ve IRI-2012 TEC değerleri şekil 7.86-7.97’de verilmektedir. Bu istasyona ait TEC değerlerinin diğer istasyonlara nazaran oldukça düşük seviyede olduğu (ortalama 12 TECu) görülmektedir. Bu istasyonda IRI-PLAS ve IRI-2012 TEC değerleri GPS-TEC değerleri genellikle benzer seviyede olduğu söylenebilir. Ayrıca fırtınalı günlerde istasyon bölgesinde herhangi bir TEC değişiminin olmadığı görülmektedir.



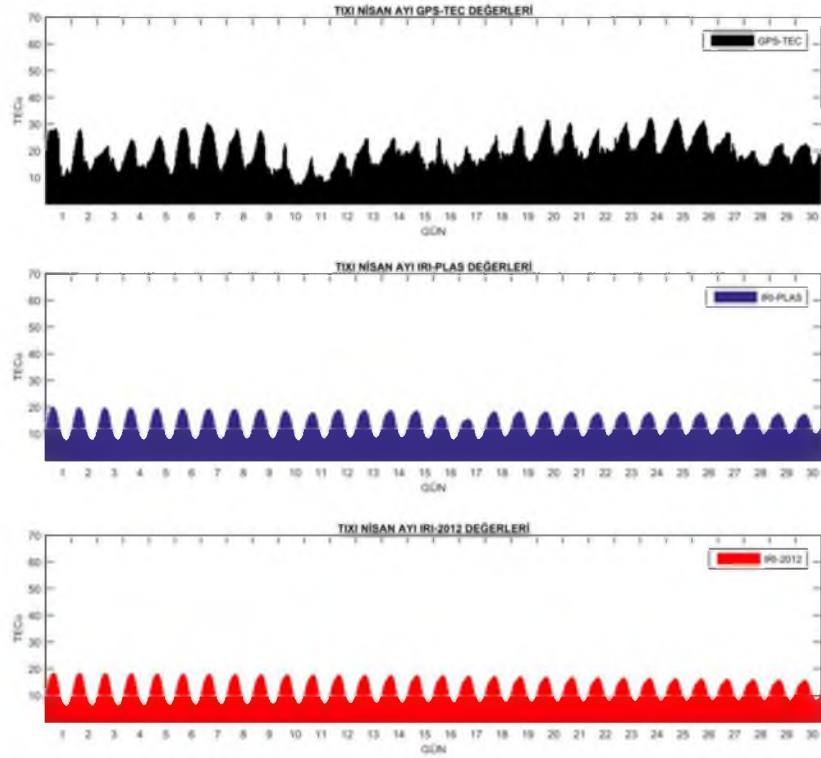
Şekil 7. 86. 2015 Yılı Ocak Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



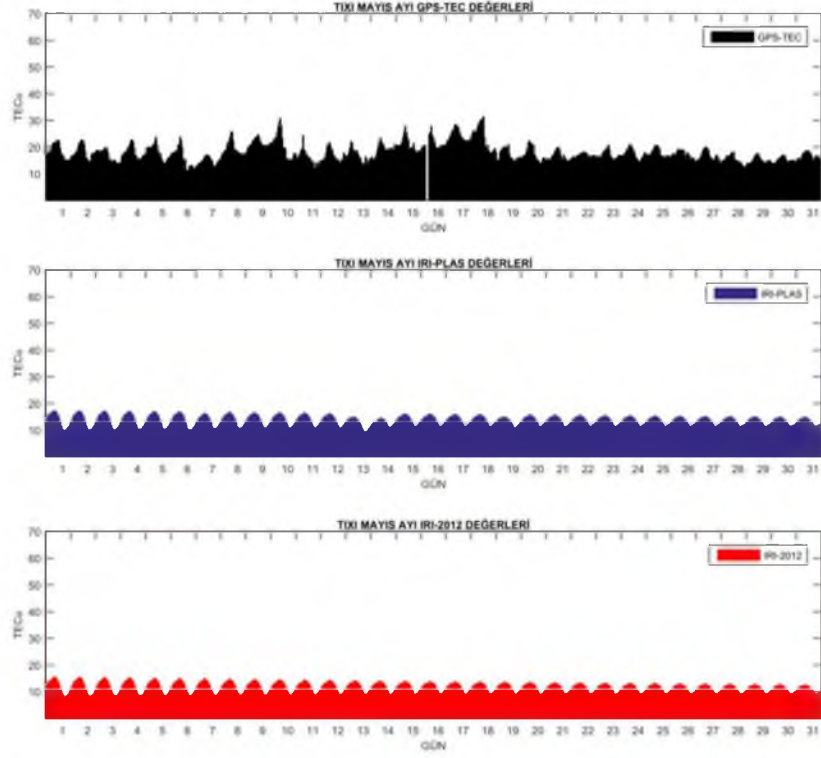
Şekil 7. 87. 2015 Yılı Şubat Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



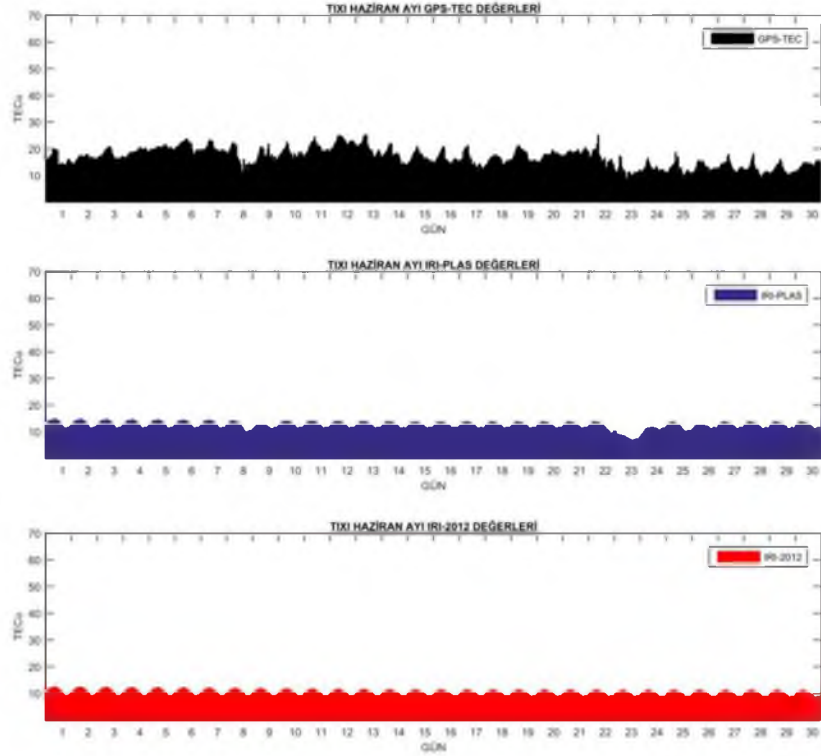
Şekil 7. 88. 2015 Yılı Mart Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



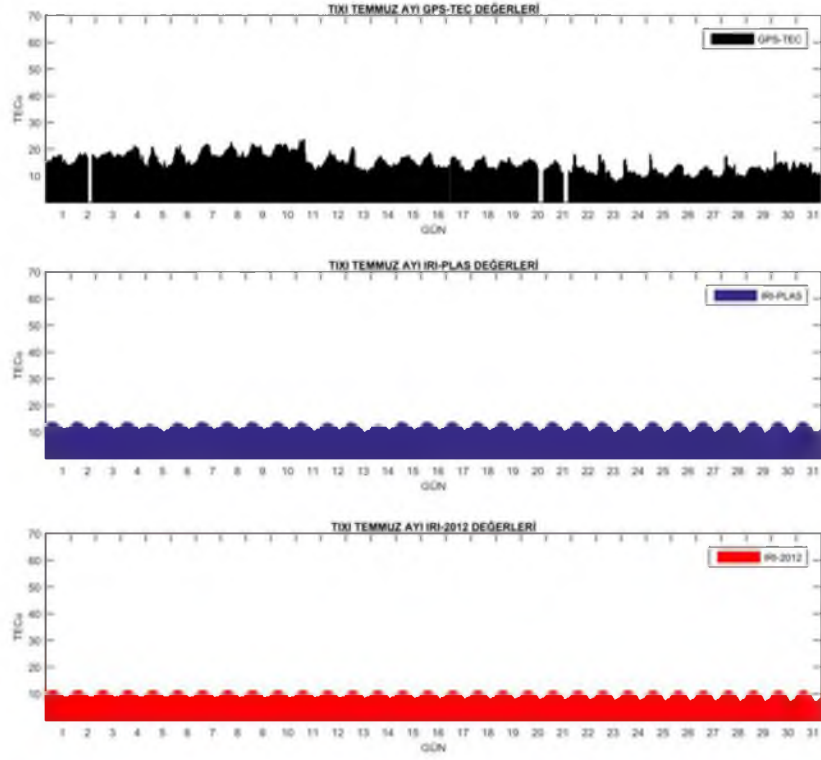
Şekil 7. 89. 2015 Yılı Nisan Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



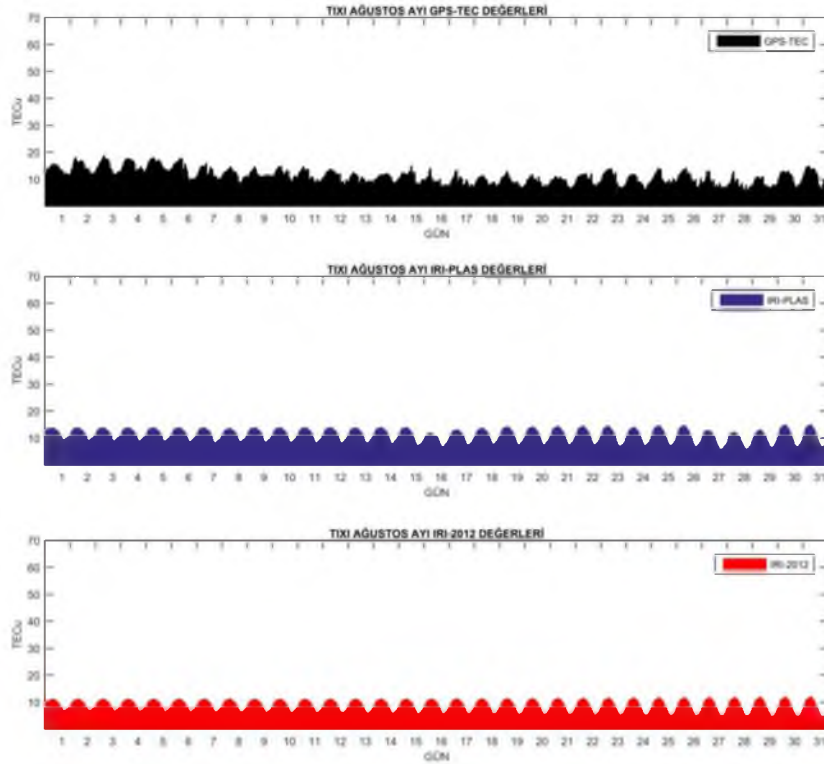
Şekil 7. 90. 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



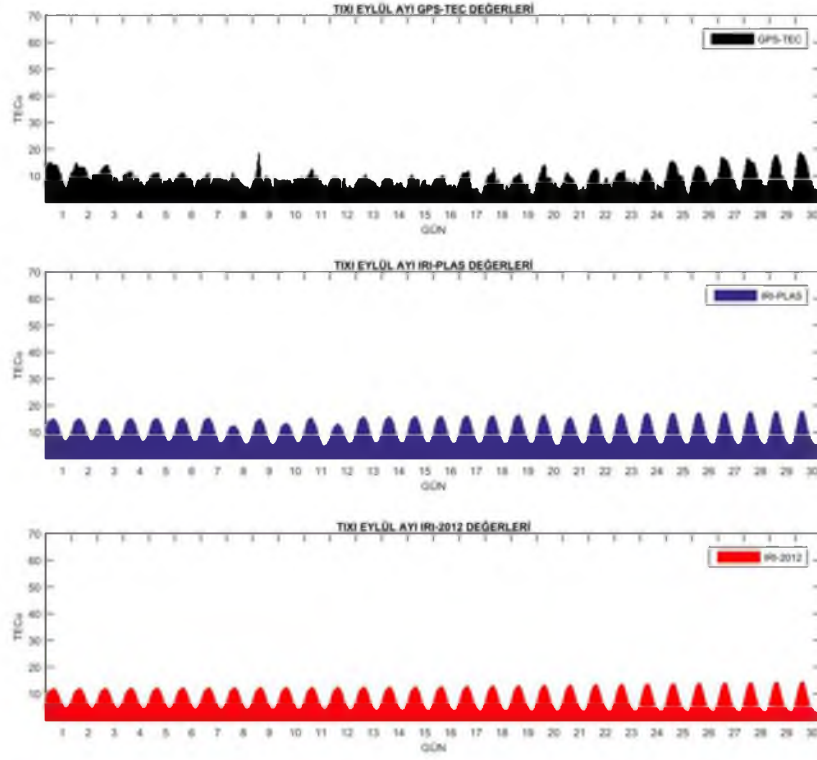
Şekil 7. 91. 2015 Yılı Haziran Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



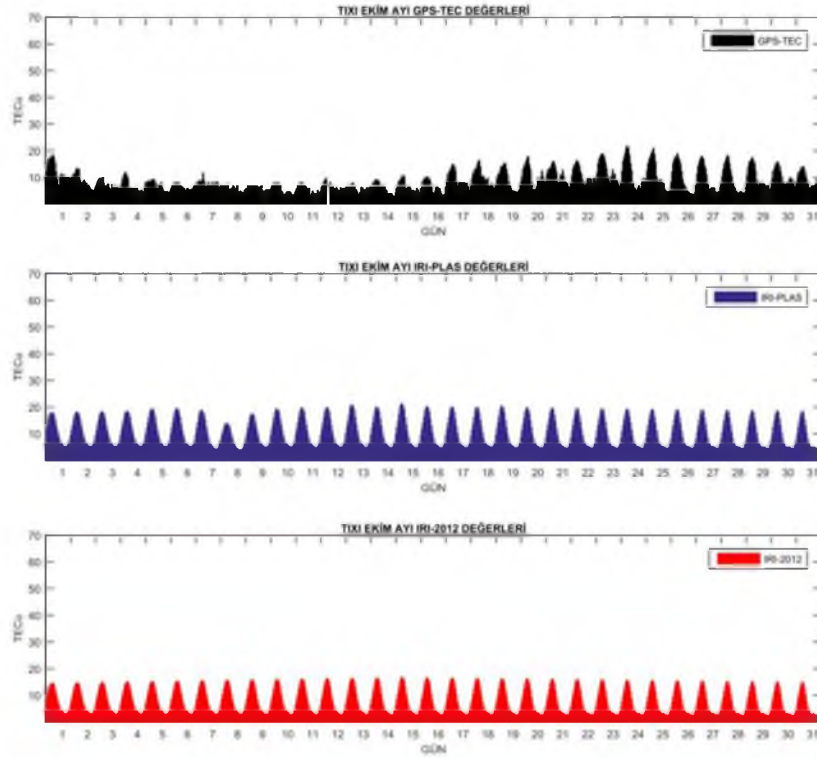
Şekil 7. 92. 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



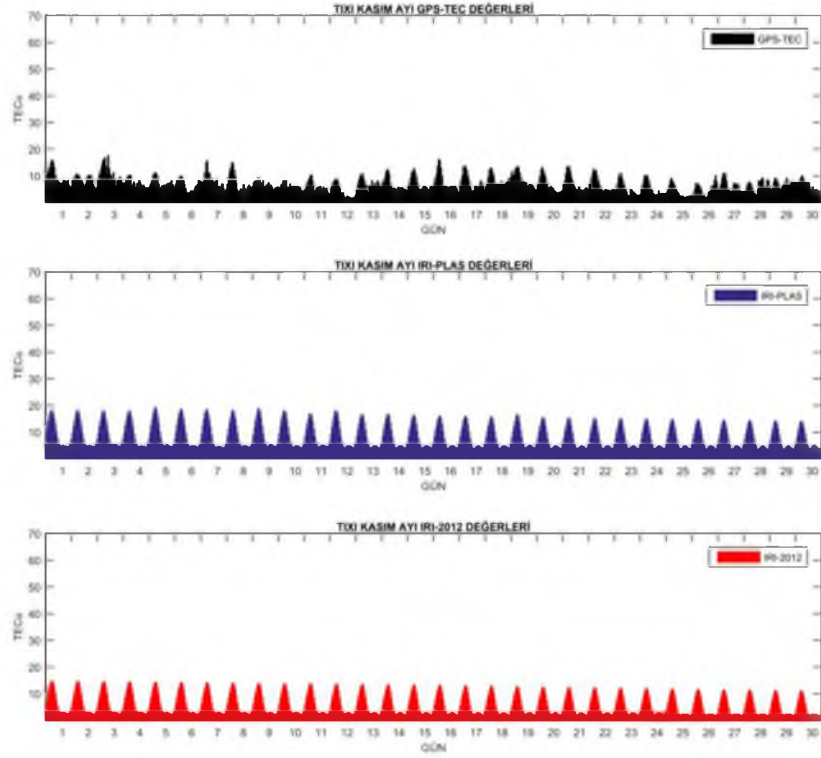
Şekil 7. 93. 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



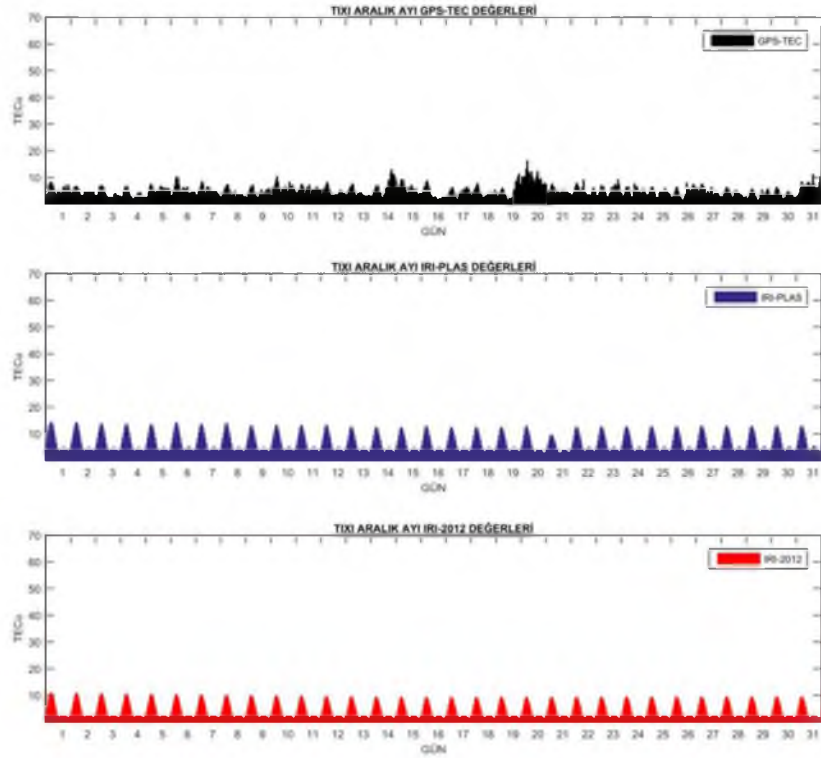
Şekil 7. 94. 2015 Yılı Eylül Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 95. 2015 Yılı Ekim Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

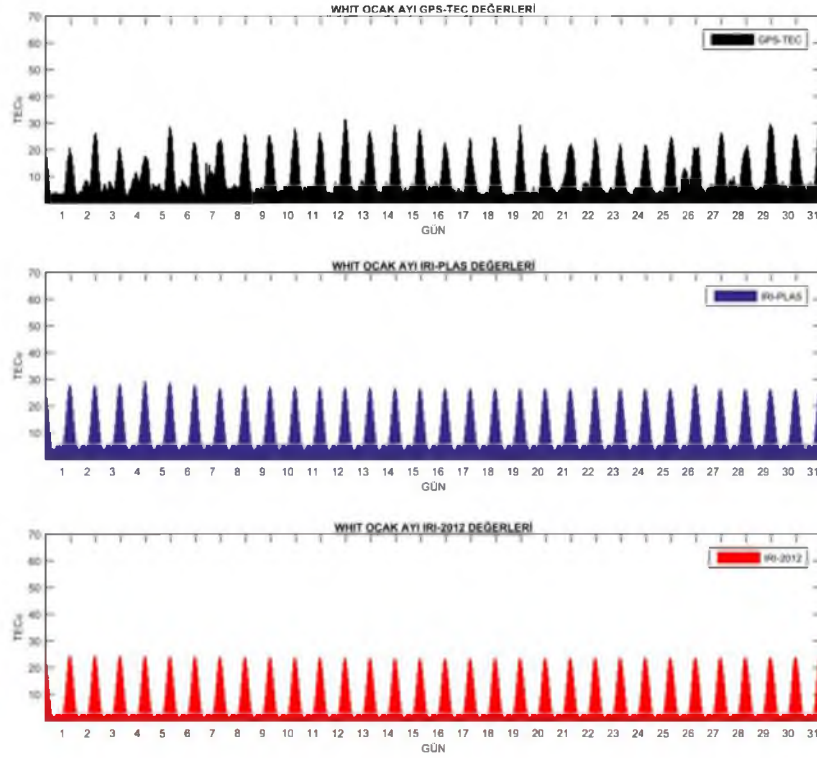


Şekil 7. 96.2015 Yılı Kasım Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

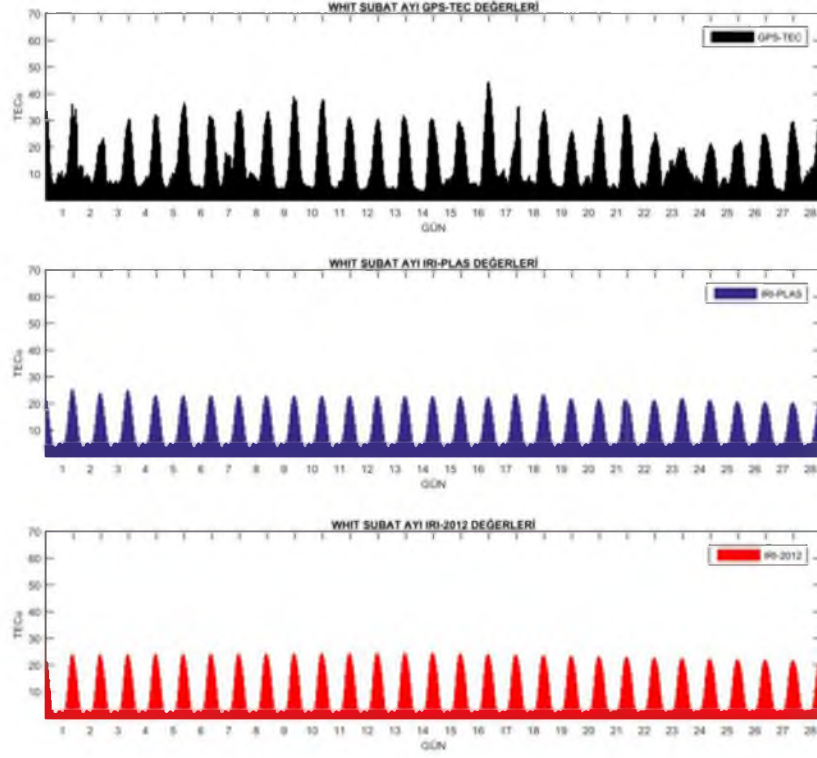


Şekil 7. 97. 2015 Yılı Aralık Ayı İçin TIXI İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

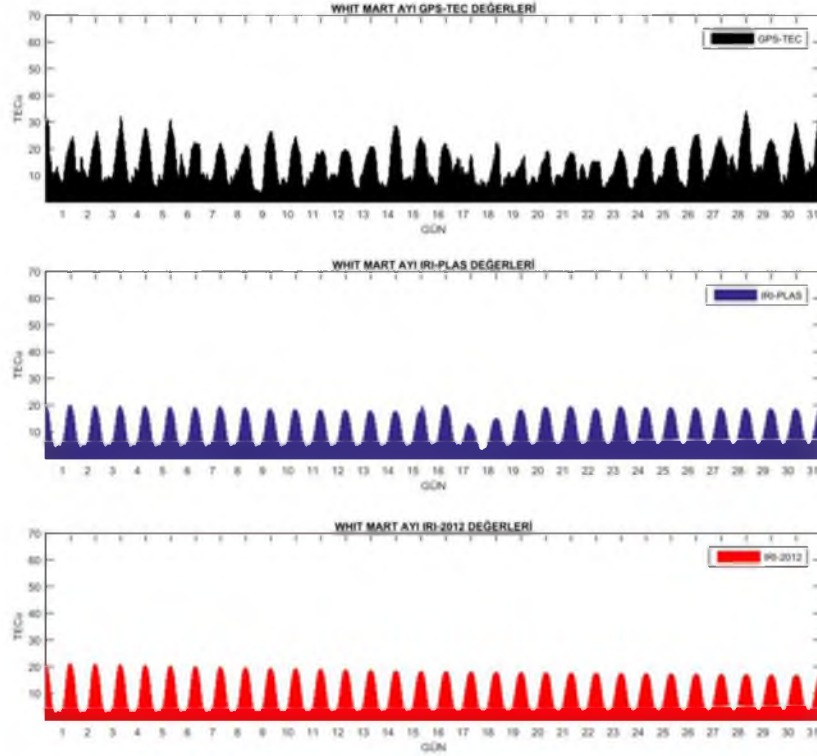
Diğer yarım küre yüksek enlem bölgesi istasyonu olan WHIT' e ait GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 TEC değerleri Şekil 7.98-7.109' da verilmektedir. GPS-TEC ve ampirik modellerden elde edilen TEC değerleri birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. TEC değerleri diğer kuzey yarım küre yüksek enlem bölgesi istasyonunda olduğu gibi (TIXI) düşük seviyede olduğu ve iyonosferik aktivitenin etkisinin de bu istasyon bölgesinde gözlenmediği görülmektedir.



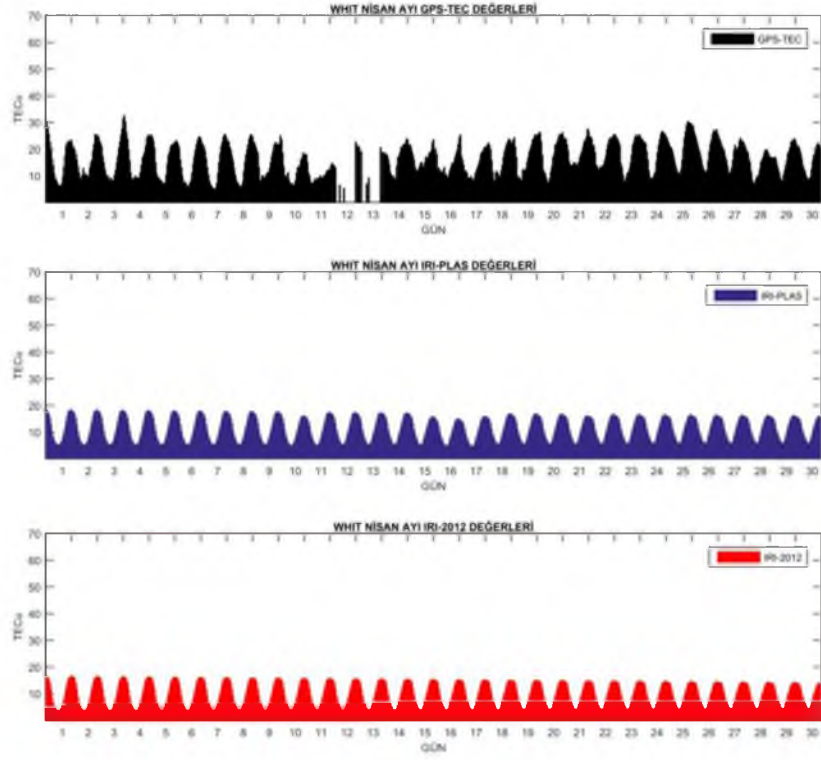
Şekil 7. 98. 2015 Yılı Ocak Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



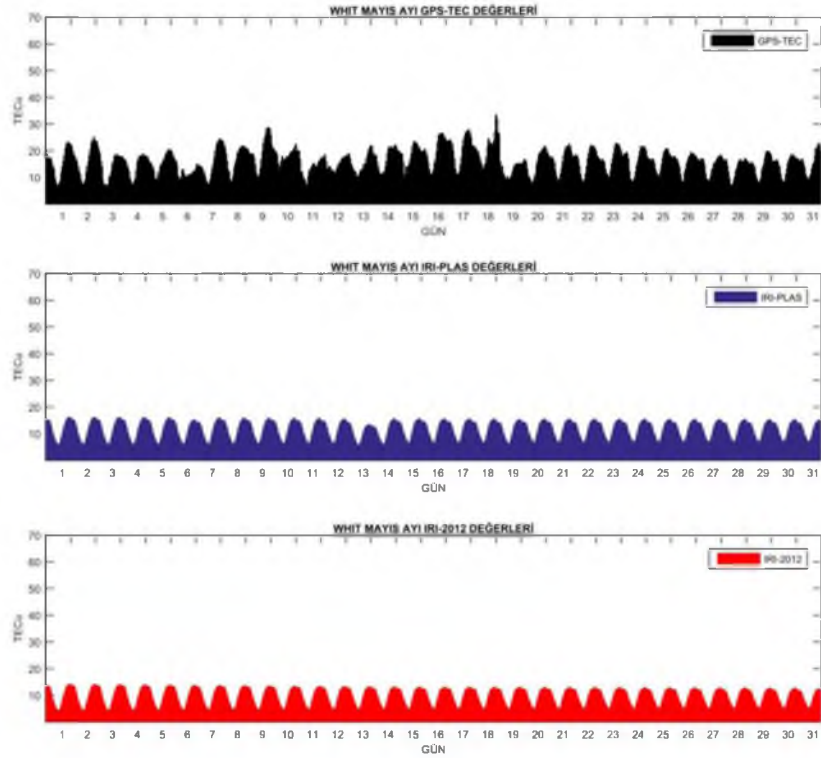
Şekil 7. 99. 2015 Yılı Şubat Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



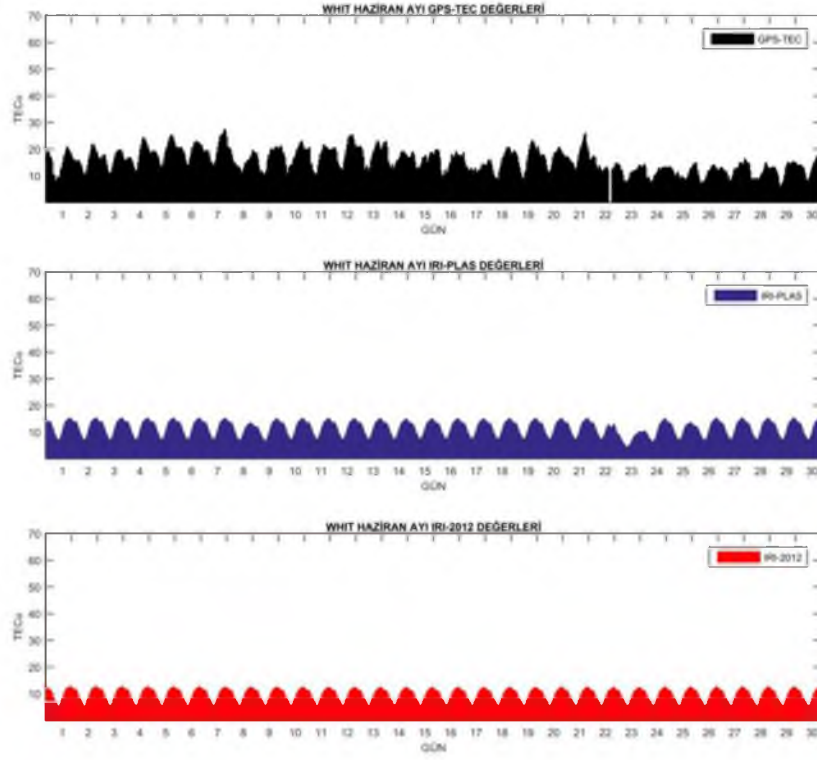
Şekil 7. 100. 2015 Yılı Mart Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



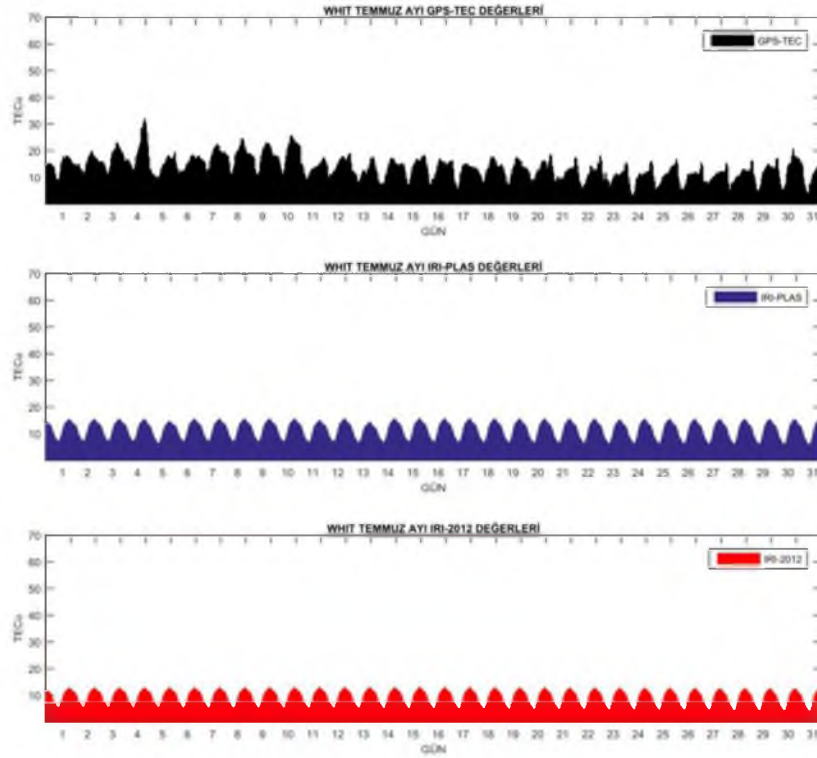
Şekil 7. 101. 2015 Yılı Nisan Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



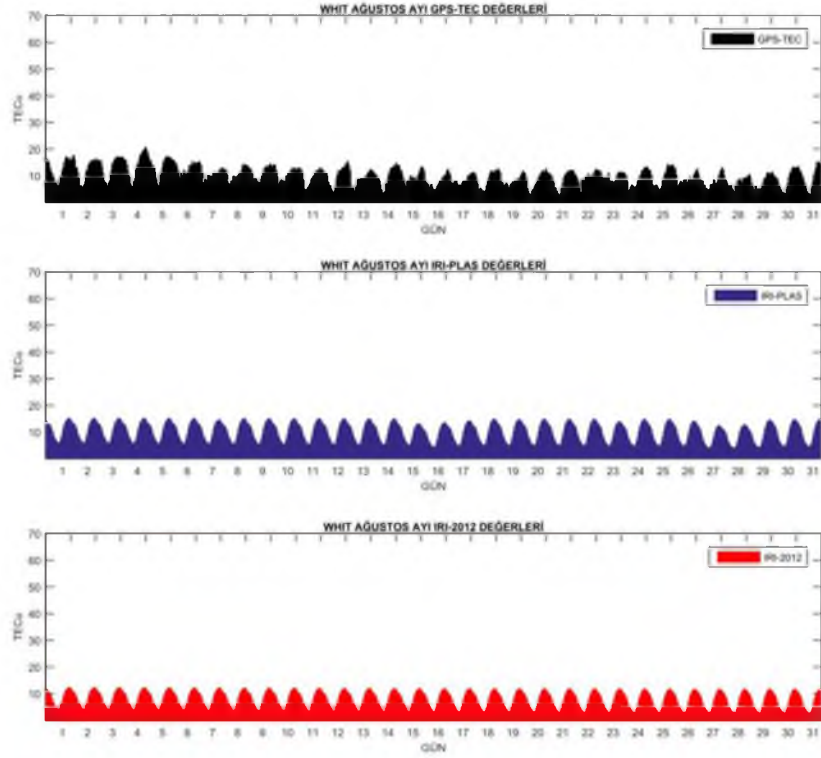
Şekil 7. 102. 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



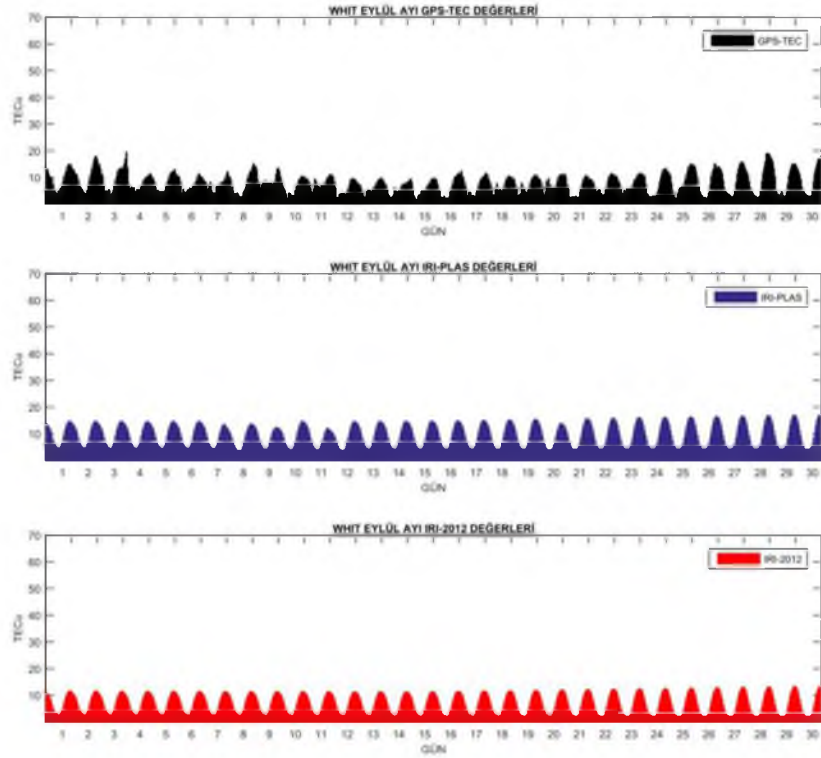
Şekil 7. 103. 2015 Yılı Haziran Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



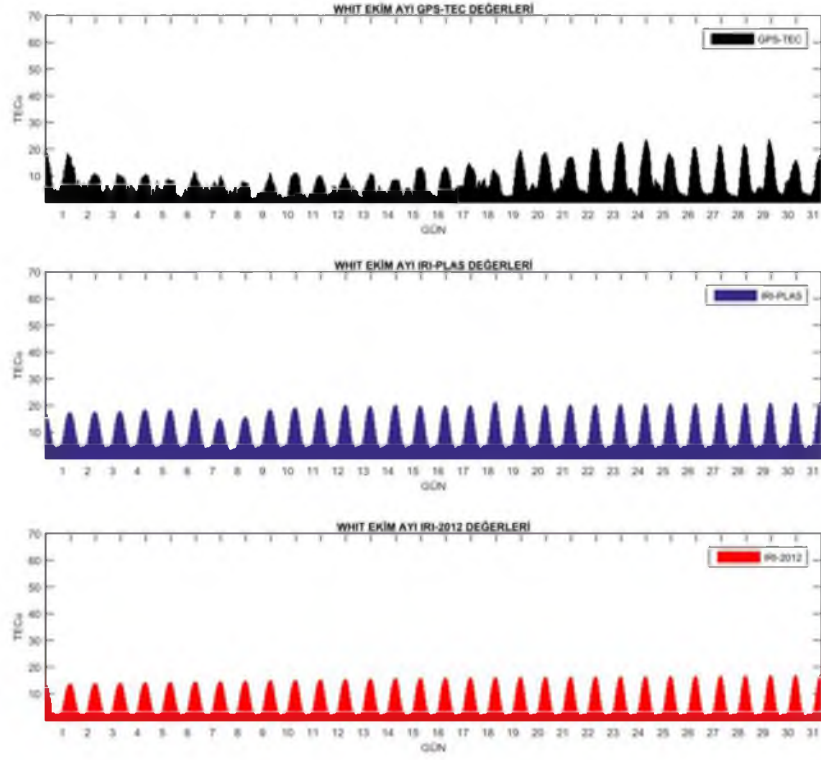
Şekil 7. 104. 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



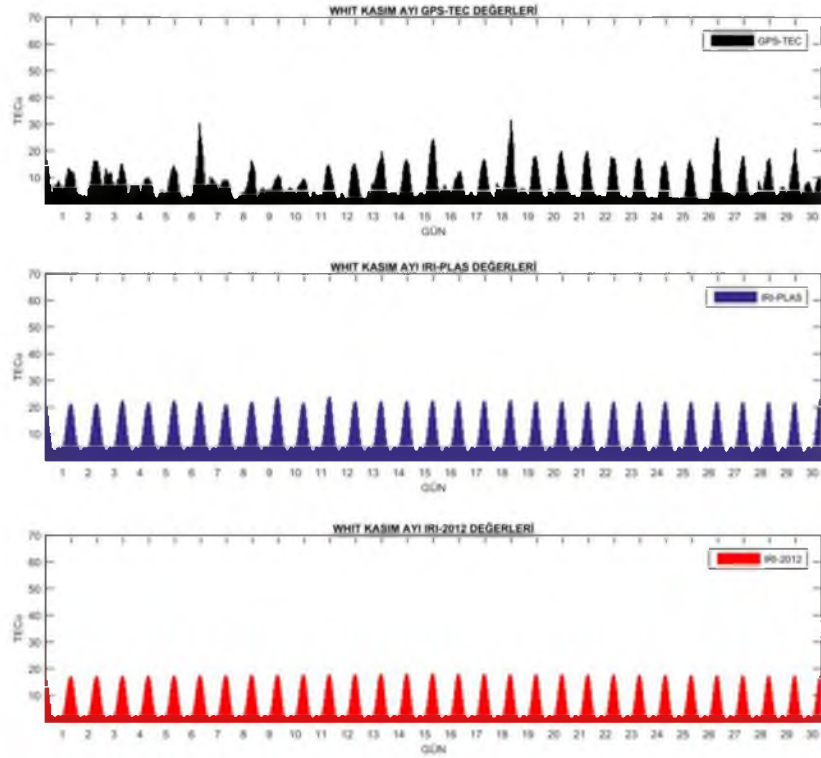
Şekil 7. 105. 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



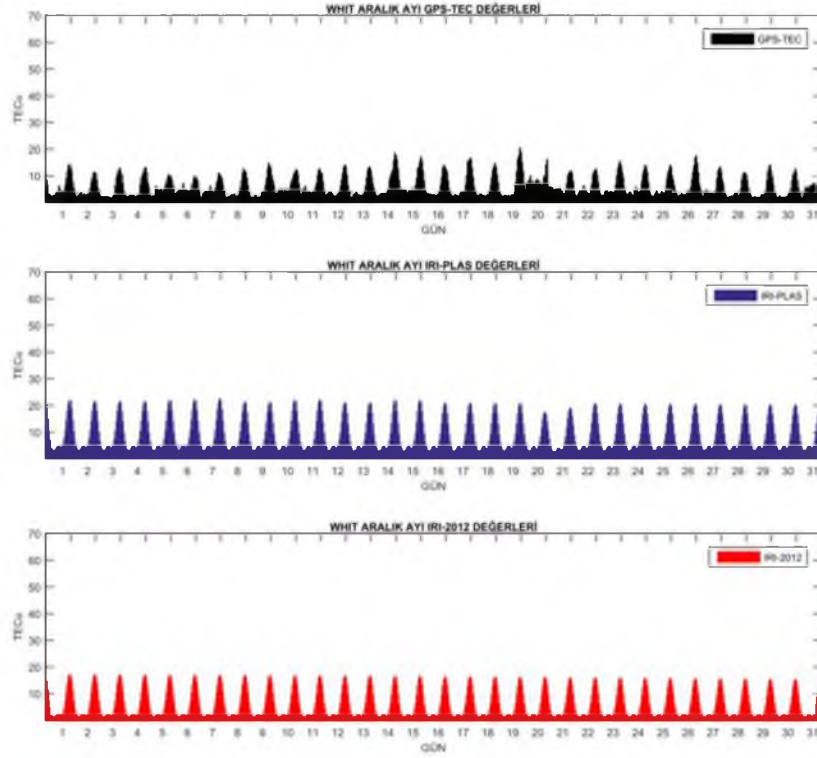
Şekil 7. 106. 2015 Yılı Eylül Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 107. 2015 Yılı Ekim Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

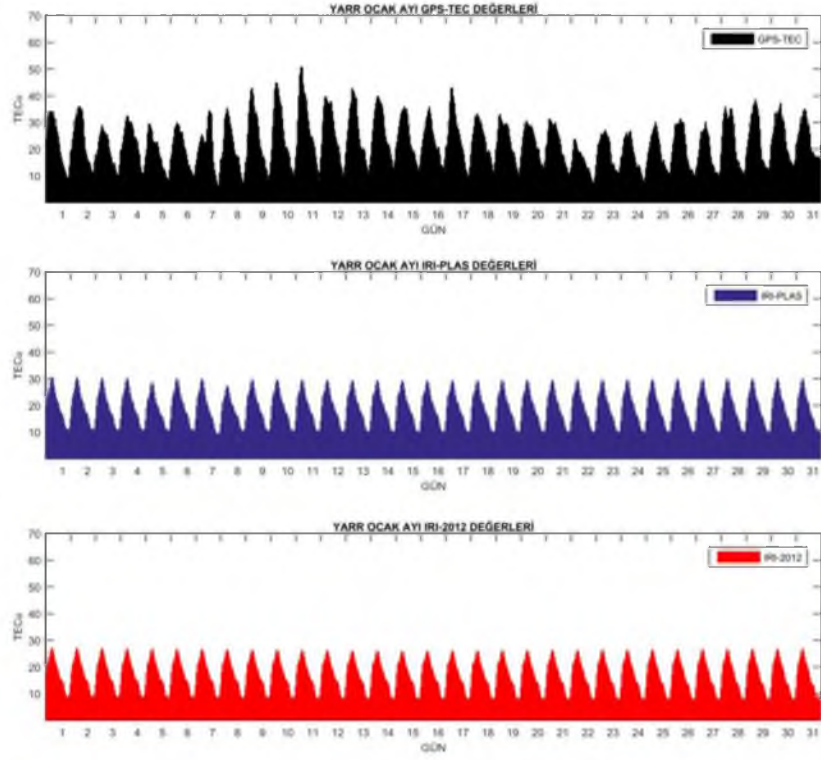


Şekil 7. 108. 2015 Yılı Kasım Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

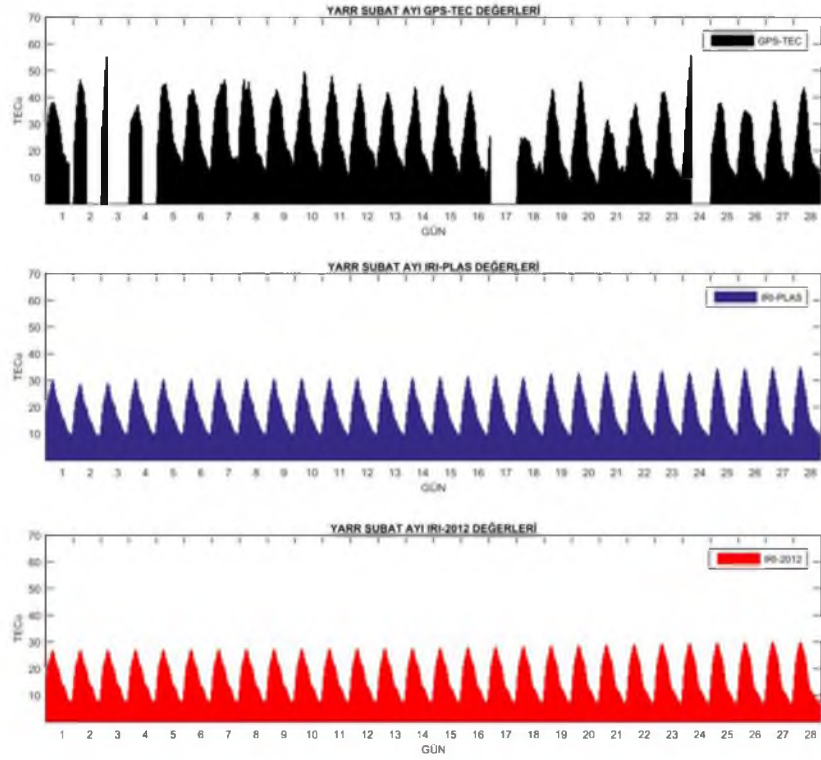


Şekil 7. 109. 2015 Yılı Aralık Ayı İçin WHIT İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

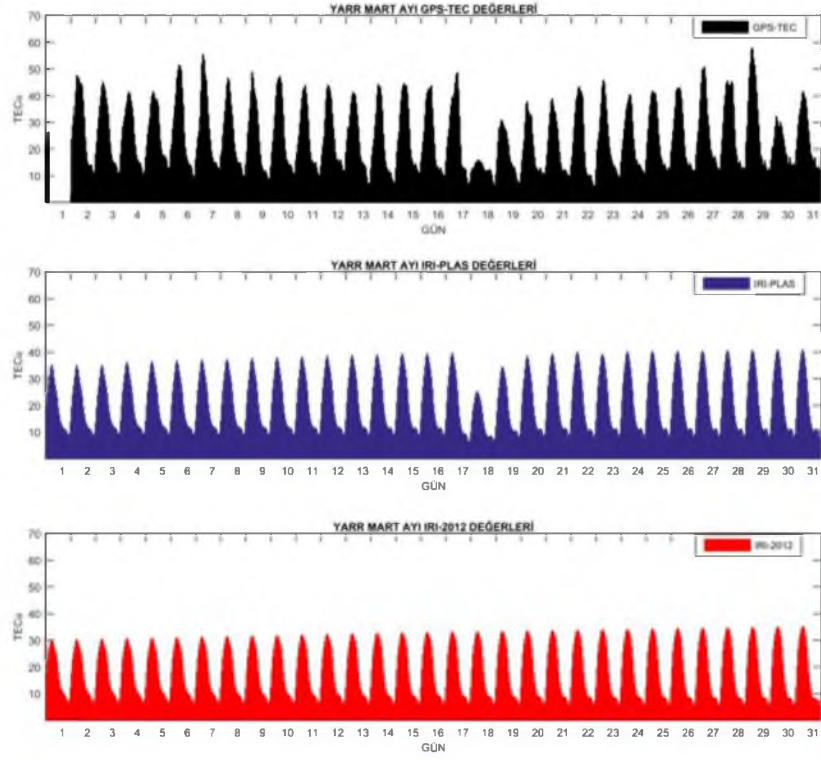
Güney yarım küre orta enlem bölgesinde bulunan YARR istasyonuna ait TEC değerleri şekil 7.110.-7.121. de verilmektedir. Bazı günlerde GPS verilerinden kaynaklanan problem nedeniyle TEC kestirimi yapılamamıştır. Tüm aylara ait IRI-PLAS TEC değerlerini IRI-2012 değerlerinden bir miktar daha yüksek olduğu görülmektedir. Fırtınalı günlerin bazıları GPS-TEC değerlerinde yükseliş olarak kendini göstermektedir (22 Haziran (Şekil 7.115.) 20 Aralık (Şekil 7.121.). IRI-PLAS ve IRI-2012 TEC değerleri genellikle benzer nitelikte olsa da IRI-2012 TEC değerlerinde herhangi bir ani değişime rastlanmamıştır. IRI-PLAS TEC değerlerinde ise GPS-TEC değerleriyle benzer olarak 18 Mart (Şekil 7.112.) ve 21 Aralık (Şekil 7.121.) tarihlerinde olduğu gibi zaman zaman TEC seviyelerinde değişimler gözlenmiştir. Bu istasyonda da diğer iki güney yarım küre orta enlem bölgesi istasyonlarıyla (HRAO, PARC) benzer nitelikte aylara göre tek değişimleri söz konusudur.



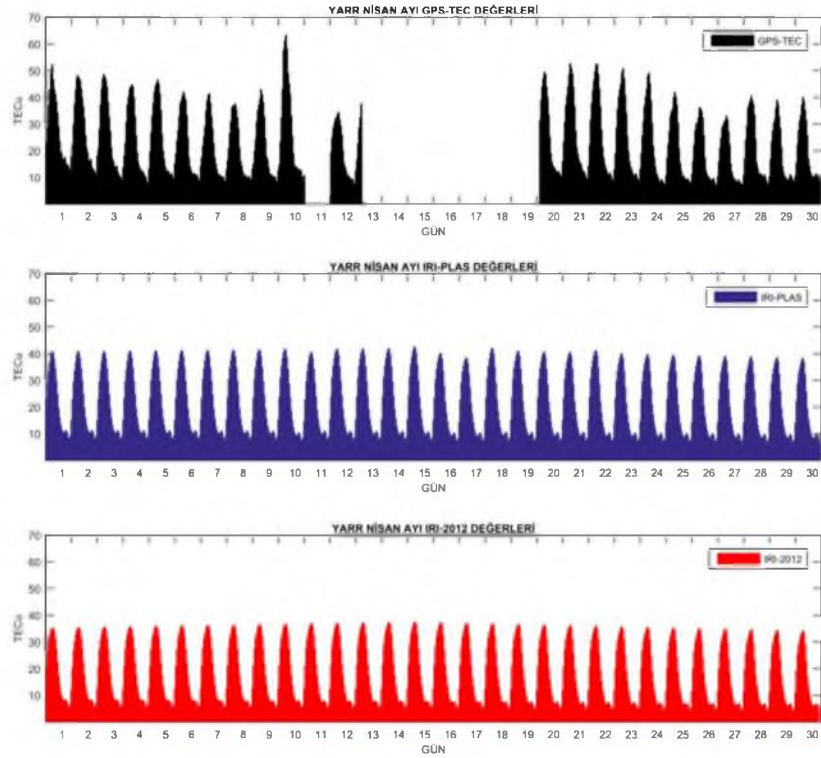
Şekil 7. 110. 2015 Yılı Ocak Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



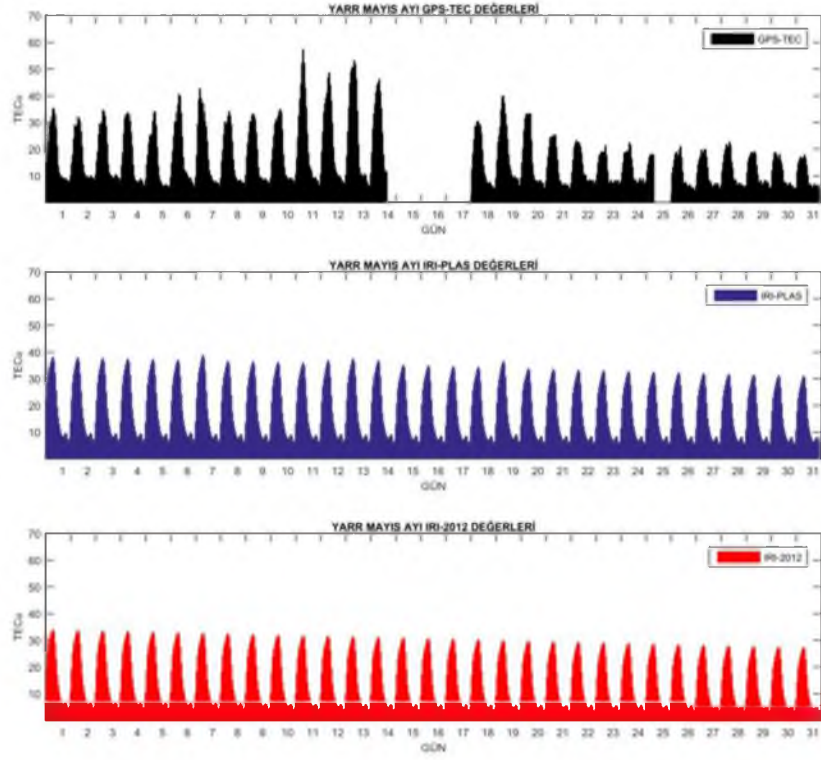
Şekil 7. 111. 2015 Yılı Şubat Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



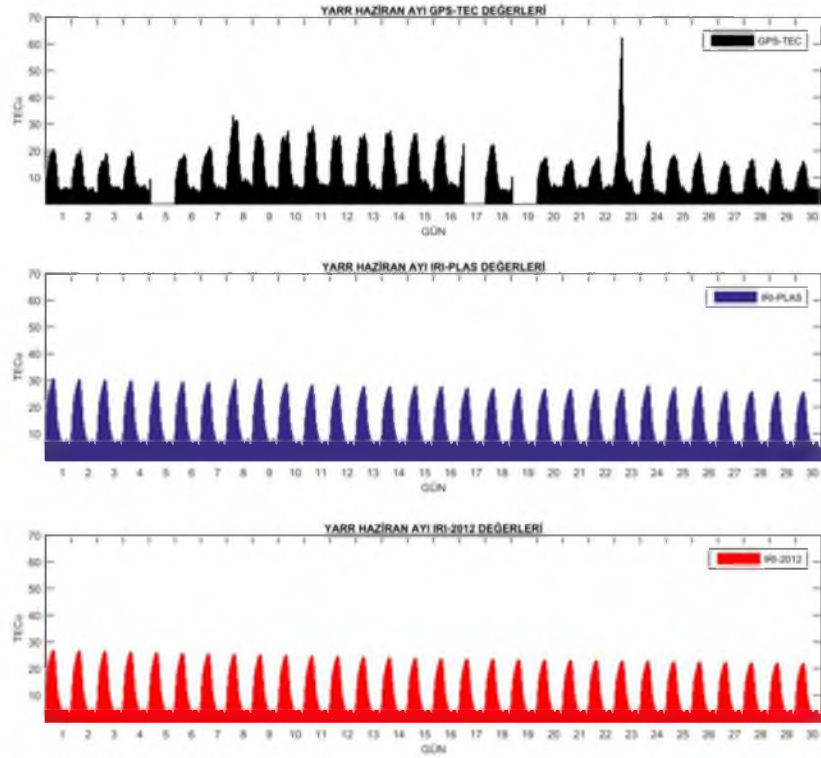
Şekil 7. 112. 2015 Yılı Mart Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



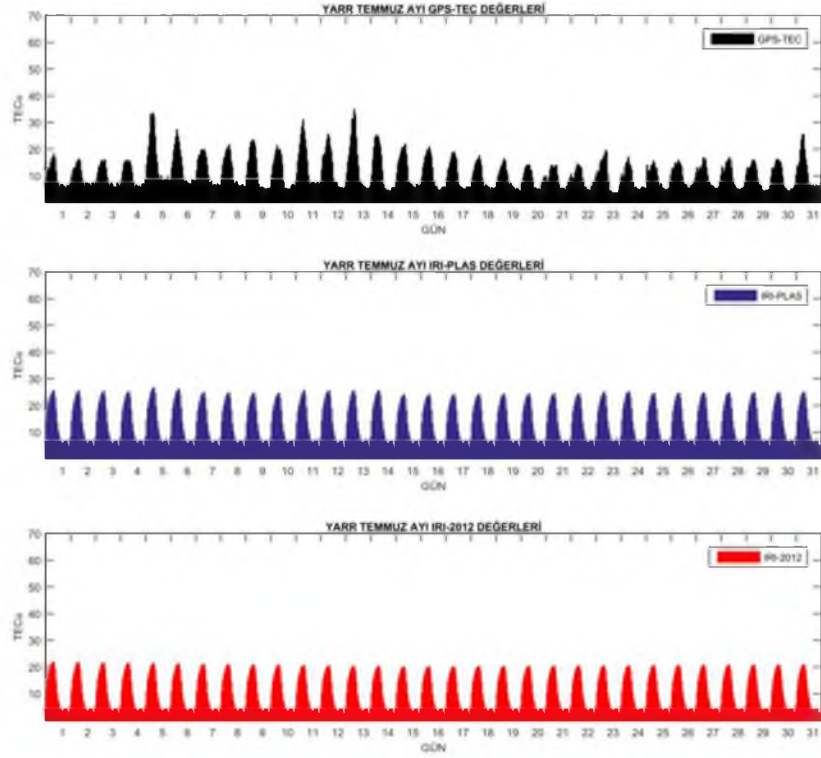
Şekil 7. 113. 2015 Yılı Nisan Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



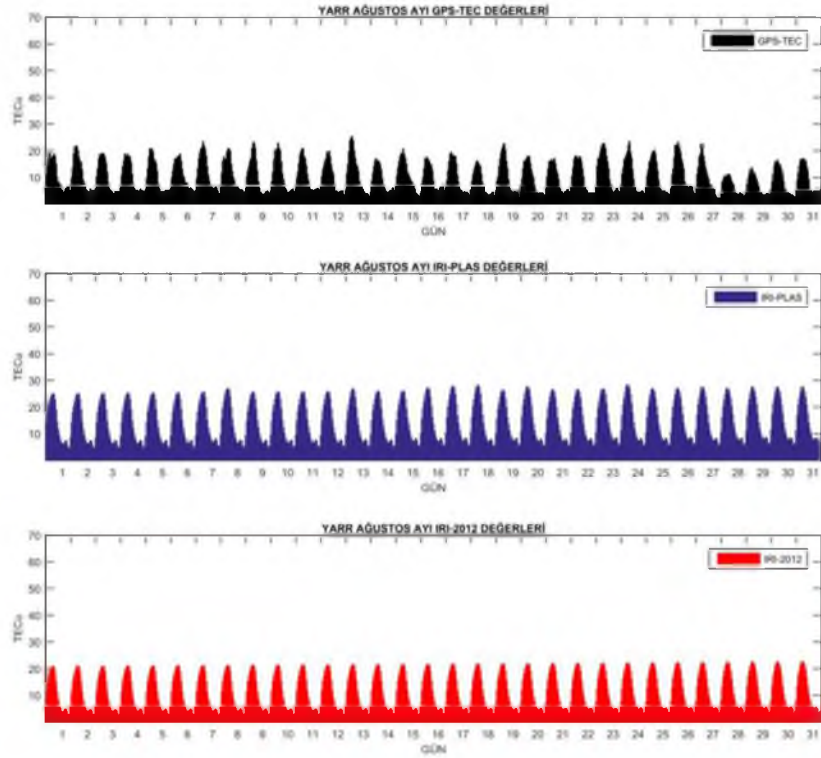
Şekil 7. 114. 2015 Yılı Mayıs Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



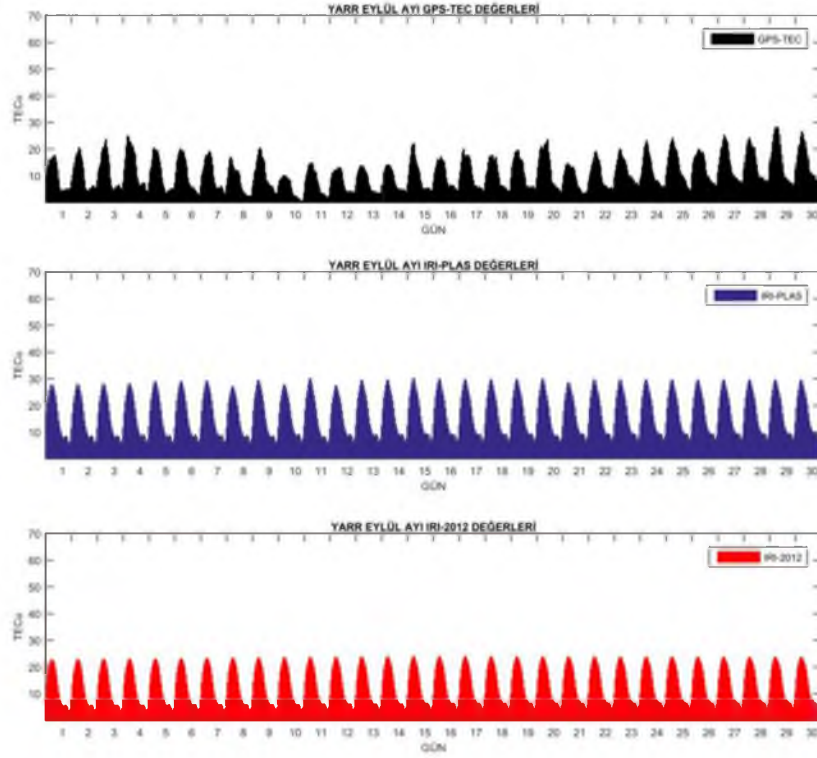
Şekil 7. 115. 2015 Yılı Haziran Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



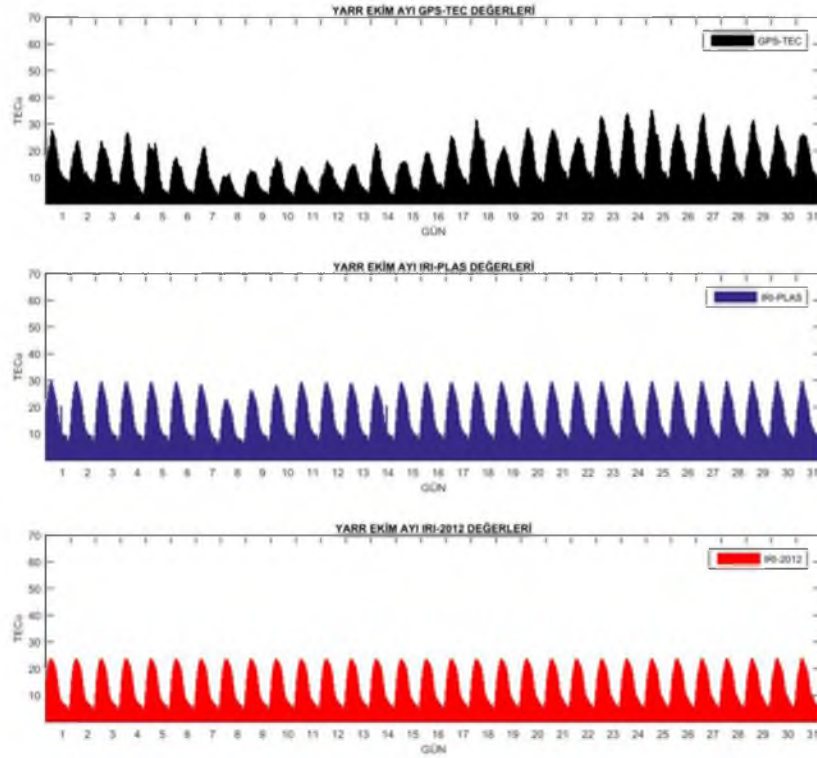
Şekil 7. 116. 2015 Yılı Temmuz Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



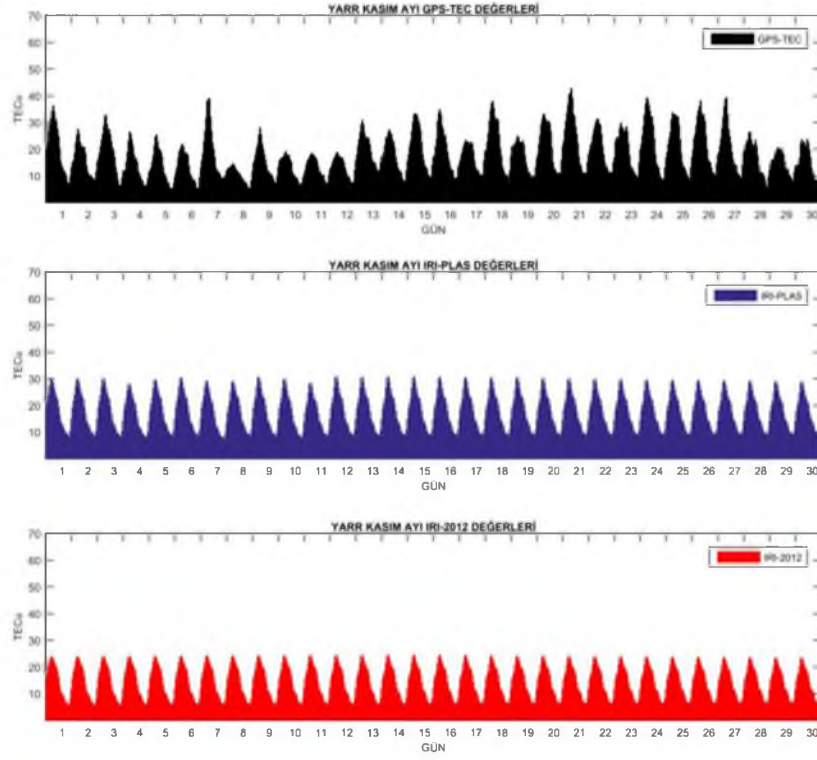
Şekil 7. 117. 2015 Yılı Ağustos Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



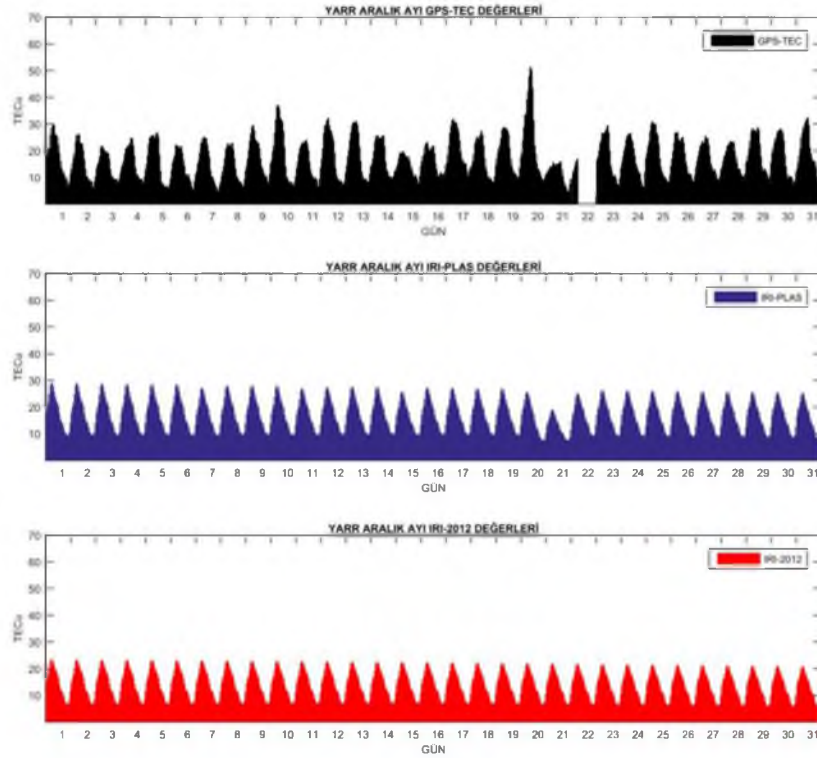
Şekil 7. 118. 2015 Yılı Eylül Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 119. 2015 Yılı Ekim Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 120. 2015 Yılı Kasım Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 121. 2015 Yılı Aralık Ayı İçin YARR İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri

İstasyonlara ait GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 modellerinden üretilen TEC değerlerinin yanı sıra, bu TEC değerleri arasındaki farklara ilişkin maksimum, minimum, ortalama, standart (std) sapma gibi temel istatistikî değerler hesaplanmış ve çizelge 7.2-7.10'da verilmiştir.

Çizelge 7.2'de BARH istasyonunda üç yöntemle elde edilen TEC değerleri arasındaki farklar verilmektedir. Maksimum, minimum ve maksimum ile minimum arasındaki farkı işaret eden aralık değerleri incelendiğinde IRI-PLAS ve IRI-2012 modellerinden üretilen TEC değerlerinin birbirlerine daha yakın olduğu görülmektedir. Aralarındaki en büyük farkın Kasım ayında olduğu görülmektedir (7.6 TECu). GPS-TEC değerleriyle IRI-PLAS ve IRI-2012 TEC değerleri arasındaki farkların zaman zaman 20 TECu'nun üzerine çıktığı söylenebilir. Üç yönteme ait farklara ilişkin ortalamaların birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

**Çizelge 7. 2.** 2015 Yılı İçin BARH İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistikî Veriler

BARH		Farklara ait İstatistikî Veriler (TECu)				
Farklar	Aylar	Maksimum	Minimum	Aralık	Ortalama	Std Sapma
<b>GPS-TEC ve IRI-PLAS arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	13,2	-15,7	28,9	-2,2	3,9
	<i>ŞUBAT</i>	17,4	-9,7	27,1	0,1	3,9
	<i>MART</i>	13,0	-10,6	23,5	0,7	4,1
	<i>NİSAN</i>	15,5	-6,3	21,8	5,3	4,8
	<i>MAYIS</i>	22,3	-6,5	28,8	2,8	3,8
	<i>HAZİRAN</i>	21,3	-5,2	26,5	3,3	3,6
	<i>TEMMUZ</i>	26,1	-6,0	32,1	1,5	3,3
	<i>AĞUSTOS</i>	5,1	-8,6	13,6	-1,9	2,8
	<i>EYLÜL</i>	4,5	-11,3	15,7	-3,8	3,1
	<i>EKİM</i>	4,7	-15,5	20,1	-4,4	3,9
	<i>KASIM</i>	4,9	-14,9	19,8	-4,1	3,2
	<i>ARALIK</i>	19,4	-14,9	34,3	-4,5	3,5
<b>GPS-TEC ve IRI-2012 arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	16,6	-11,4	28,0	1,0	3,8
	<i>ŞUBAT</i>	20,3	-7,5	27,8	2,9	4,0
	<i>MART</i>	15,9	-11,0	26,8	2,5	4,7
	<i>NİSAN</i>	17,5	-6,9	24,4	7,0	5,1
	<i>MAYIS</i>	24,8	-4,0	28,8	4,9	3,8
	<i>HAZİRAN</i>	20,1	-2,7	22,8	5,4	3,7
	<i>TEMMUZ</i>	28,9	-3,1	32,0	3,9	3,3
	<i>AĞUSTOS</i>	8,6	-5,5	14,1	0,8	2,8
	<i>EYLÜL</i>	6,3	-7,1	13,4	-0,4	2,7
	<i>EKİM</i>	9,3	-10,0	19,2	-0,5	3,6
	<i>KASIM</i>	11,4	-8,1	19,5	0,0	2,5
	<i>ARALIK</i>	23,4	-9,2	32,6	-0,7	2,9
<b>IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	5,8	2,3	3,5	3,3	0,6
	<i>ŞUBAT</i>	5,9	0,7	5,3	2,8	0,7
	<i>MART</i>	3,4	-7,1	10,5	1,9	1,5
	<i>NİSAN</i>	2,5	-1,6	4,1	1,7	0,7
	<i>MAYIS</i>	7,2	-0,8	8,0	2,1	0,6
	<i>HAZİRAN</i>	3,4	-3,6	7,1	2,1	1,0
	<i>TEMMUZ</i>	3,6	0,7	2,8	2,4	0,5
	<i>AĞUSTOS</i>	4,2	0,5	3,8	2,7	0,8
	<i>EYLÜL</i>	5,3	0,0	5,4	3,3	1,2
	<i>EKİM</i>	7,3	0,1	7,3	3,9	1,3
	<i>KASIM</i>	7,6	2,3	5,3	4,0	1,2
	<i>ARALIK</i>	6,8	1,8	5,0	3,8	1,1

DAEJ istasyonuna ait farklara ilişkin istatistikî değerler Çizelge 7.3’ de verilmektedir. Aralık değerleri incelendiğinde GPS-TEC ile IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki maksimum fark Mart ayında olup, sırasıyla 41.2 TECu ve 43.7 TECu’luk fark değerleri söz konusudur. GPS-TEC ile IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklara

ilişkin std sapma değerleri benzer büyüklükte olup, ortalama 4.7 TECu seviyesinde olduğu söylenebilir. Ampirik modeller arasındaki farklara ilişkin std sapma değerleri nispeten daha küçük seviyededir ( $\sim 0.9$  TECu).

Çizelge 7. 3. 2015 Yılı İçin DAEJ İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler

DAEJ		Farklara ait İstatistik Veriler (TECu)				
Farklar	Aylar	Maksimum	Minimum	Aralık	Ortalama	Std Sapma
GPS-TEC ve IRI-PLAS arasındaki farklar	<i>OCAK</i>	8,4	-16,0	24,4	-1,4	4,8
	<i>ŞUBAT</i>	12,9	-12,8	25,8	-0,1	4,0
	<i>MART</i>	14,9	-26,3	41,2	-0,6	5,3
	<i>NİSAN</i>	19,9	-18,9	38,9	1,5	5,6
	<i>MAYIS</i>	16,9	-11,3	28,2	2,0	4,4
	<i>HAZİRAN</i>	18,9	-6,0	25,0	3,1	4,6
	<i>TEMMUZ</i>	23,1	-17,0	40,1	1,7	4,7
	<i>AĞUSTOS</i>	7,8	-11,0	18,8	-2,1	3,4
	<i>EYLÜL</i>	7,6	-17,3	24,9	-4,1	4,5
	<i>EKİM</i>	7,1	-23,1	30,2	-3,9	6,3
	<i>KASIM</i>	6,9	-17,7	24,6	-3,3	5,1
	<i>ARALIK</i>	10,6	-15,6	26,2	-2,2	4,9
GPS-TEC ve IRI-2012 arasındaki farklar	<i>OCAK</i>	12,1	-15,1	27,1	0,5	5,3
	<i>ŞUBAT</i>	13,2	-12,3	25,4	1,7	4,3
	<i>MART</i>	15,9	-27,8	43,7	1,0	5,6
	<i>NİSAN</i>	22,0	-15,4	37,4	3,2	5,6
	<i>MAYIS</i>	19,0	-8,6	27,7	4,3	4,3
	<i>HAZİRAN</i>	19,0	-5,2	24,2	5,1	4,7
	<i>TEMMUZ</i>	25,6	-14,7	40,3	4,1	4,6
	<i>AĞUSTOS</i>	10,2	-9,1	19,3	0,7	3,3
	<i>EYLÜL</i>	10,1	-13,6	23,7	-0,9	4,1
	<i>EKİM</i>	9,7	-18,8	28,5	-0,3	5,5
	<i>KASIM</i>	8,9	-13,6	22,5	-0,1	4,4
	<i>ARALIK</i>	14,1	-11,9	26,0	0,5	4,3
IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklar	<i>OCAK</i>	4,1	0,0	4,1	1,9	0,7
	<i>ŞUBAT</i>	4,2	0,1	4,1	1,8	0,8
	<i>MART</i>	4,0	-4,0	8,0	1,7	1,1
	<i>NİSAN</i>	3,9	-2,6	6,5	1,8	1,2
	<i>MAYIS</i>	3,5	-0,2	3,8	2,3	0,6
	<i>HAZİRAN</i>	3,0	-5,0	8,0	2,0	1,3
	<i>TEMMUZ</i>	3,3	0,4	2,9	2,4	0,4
	<i>AĞUSTOS</i>	4,0	0,6	3,3	2,8	0,5
	<i>EYLÜL</i>	5,1	0,9	4,1	3,2	0,7
	<i>EKİM</i>	6,8	2,2	4,6	3,6	1,0
	<i>KASIM</i>	9,2	1,9	7,3	3,3	1,2
	<i>ARALIK</i>	7,9	1,7	6,2	2,7	0,9

Çizelge 7.4’ de HRAO istasyonuna ait istatistiki değerler verilmektedir. Ampirik modeller arasındaki farklılıklarla ilişkin maksimum ve minimum değerleri GPS-TEC’ ten olan fark değerlerine nazaran daha küçük olduğu görülmektedir. Üç yöntemle elde edilen farklılıklarla ilişkin ortalamaların benzer büyüklükte olduğu söylenebilir.

**Çizelge 7. 4. 2015 Yılı İçin HRAO İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistiki Veriler**

HRAO		Farklara ait İstatistiki Veriler (TECu)				
Farklar	Aylar	Maksimum	Minimum	Aralık	Ortalama	Std Sapma
<b>GPS-TEC ve IRI-PLAS arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	27,3	-11,1	38,4	2,9	4,5
	<i>ŞUBAT</i>	25,1	-10,0	35,1	6,3	5,1
	<i>MART</i>	24,6	-10,8	35,4	4,9	4,7
	<i>NİSAN</i>	14,1	-11,5	25,6	2,0	3,8
	<i>MAYIS</i>	19,4	-14,5	33,9	-0,5	5,4
	<i>HAZİRAN</i>	13,0	-13,0	26,0	-1,4	3,7
	<i>TEMMUZ</i>	7,7	-9,7	17,5	-1,0	3,7
	<i>AĞUSTOS</i>	8,3	-23,0	31,3	-2,5	4,3
	<i>EYLÜL</i>	4,1	-14,9	19,0	-4,0	4,3
	<i>EKİM</i>	9,1	-21,7	30,8	-2,6	5,3
	<i>KASIM</i>	8,9	-21,2	30,1	0,2	4,4
	<i>ARALIK</i>	10,8	-17,5	28,3	-1,3	4,4
<b>GPS-TEC ve IRI-2012 arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	30,7	-6,3	37,1	6,1	4,7
	<i>ŞUBAT</i>	30,5	-7,6	38,0	9,2	5,5
	<i>MART</i>	29,6	-13,2	42,8	7,8	5,4
	<i>NİSAN</i>	19,2	-7,4	26,6	4,7	4,0
	<i>MAYIS</i>	24,4	-11,8	36,2	2,2	5,5
	<i>HAZİRAN</i>	18,6	-10,4	28,9	1,3	3,4
	<i>TEMMUZ</i>	12,3	-6,7	19,1	1,8	3,3
	<i>AĞUSTOS</i>	13,3	-19,2	32,5	0,9	3,6
	<i>EYLÜL</i>	10,5	-9,3	19,8	0,1	3,2
	<i>EKİM</i>	14,3	-12,4	26,7	2,2	4,9
	<i>KASIM</i>	16,5	-10,7	27,2	5,1	4,6
	<i>ARALIK</i>	14,5	-12,4	26,9	3,3	3,9
<b>IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	7,5	-0,3	7,8	3,2	1,6
	<i>ŞUBAT</i>	7,0	-0,5	7,5	2,9	1,6
	<i>MART</i>	7,7	-5,0	12,7	2,9	1,9
	<i>NİSAN</i>	6,6	0,0	6,6	2,7	1,2
	<i>MAYIS</i>	5,8	1,5	4,3	2,7	0,7
	<i>HAZİRAN</i>	6,0	1,7	4,3	2,7	0,8
	<i>TEMMUZ</i>	4,9	1,7	3,3	2,8	0,8
	<i>AĞUSTOS</i>	6,9	1,8	5,0	3,4	1,2
	<i>EYLÜL</i>	9,1	2,2	6,9	4,1	1,6
	<i>EKİM</i>	11,5	0,7	10,8	4,8	2,5
	<i>KASIM</i>	10,7	1,3	9,4	4,9	2,4
	<i>ARALIK</i>	9,7	-1,7	11,4	4,6	2,3

KIRU istasyonunda elde edilen TEC farklarına ilişkin istatistiki değerler izelge 7.5' de verilmektedir. GPS-TEC ile IRI-PLAS TEC arasındaki en büyük fark, Şubat ayında 23.1 TECu olarak, GPS-TEC ile IRI-2012 arasında en büyük fark 25.4 TECu olarak yine Şubat ayında görülmüştür. GPS-TEC ile ampirik modeller arasındaki farklara ilişkin ortalama ve std sapmalar incelendiğinde IRI-PLAS TEC' in IRI-2012' ye nazaran GPS-TEC değerlerine bir miktar daha yakın olduğu söylenebilir.

Çizelge 7. 5. 2015 Yılı İçin KIRU İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler

KIRU		Farklara ait İstatistik Veriler (TECu)				
Farklar	Aylar	Maksimum	Minimum	Aralık	Ortalama	Std Sapma
GPS-TEC ve IRI-PLAS arasındaki farklar	OCAK	13,4	-9,0	22,4	-0,6	3,2
	ŞUBAT	23,1	-5,8	29,0	2,2	3,3
	MART	17,5	-6,0	23,6	3,6	3,2
	NİSAN	14,6	-8,4	23,0	5,5	3,9
	MAYIS	15,5	-3,5	19,0	4,4	2,9
	HAZİRAN	13,1	-2,8	15,9	4,2	3,2
	TEMMUZ	10,2	-4,7	14,9	2,1	2,9
	AĞUSTOS	9,2	-6,5	15,7	-0,7	2,1
	EYLÜL	3,7	-7,1	10,8	-1,8	2,1
	EKİM	8,5	-13,9	22,3	-2,4	3,7
	KASIM	8,7	-11,6	20,3	-2,2	3,0
	ARALIK	7,9	-8,9	16,8	-2,3	2,8
GPS-TEC ve IRI-2012 arasındaki farklar	OCAK	17,3	-6,9	24,2	2,1	3,1
	ŞUBAT	25,4	-4,5	29,9	4,3	3,4
	MART	19,3	-7,9	27,2	5,2	3,6
	NİSAN	16,1	-7,8	24,0	6,9	4,1
	MAYIS	17,6	-2,0	19,6	6,3	3,0
	HAZİRAN	15,4	-2,5	17,9	6,3	3,4
	TEMMUZ	12,8	-2,1	14,9	4,5	3,0
	AĞUSTOS	12,0	-3,9	15,9	1,7	2,2
	EYLÜL	5,9	-5,3	11,2	0,8	2,1
	EKİM	10,8	-9,8	20,6	0,5	3,5
	KASIM	12,6	-7,7	20,3	0,7	2,6
	ARALIK	9,5	-5,1	14,6	0,3	2,4
IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklar	OCAK	4,3	1,9	2,4	2,7	0,4
	ŞUBAT	4,0	1,0	3,0	2,1	0,4
	MART	2,7	-6,3	8,9	1,6	1,0
	NİSAN	2,0	-1,5	3,5	1,4	0,6
	MAYIS	2,4	-0,4	2,8	1,9	0,4
	HAZİRAN	2,7	-3,1	5,8	2,1	0,9
	TEMMUZ	2,9	1,1	1,8	2,4	0,3
	AĞUSTOS	3,4	0,4	3,0	2,4	0,6
	EYLÜL	3,8	0,3	3,4	2,6	0,7
	EKİM	4,7	-0,8	5,5	2,8	0,7
	KASIM	5,5	2,0	3,4	2,9	0,7
	ARALIK	4,7	0,6	4,1	2,6	0,7

Çizelge 7.6' da MADR istasyonunda elde edilen TEC farklarına ilişkin temel istatistik veriler verilmektedir. GPS-TEC ile ampirik modellerden üretilen TEC değerleri arasındaki en büyük fark Mart ayında olduğu görülmektedir (37.9 TECu). Std

sapmalar incelendiğinde ise yine IRI-PLAS TEC ile IRI-2012 TEC verilerinin birbirleriyle daha uyumlu olduğu görülmektedir.

**Çizelge 7. 6. 2015 Yılı İçin MADR İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistiki Veriler**

<b>MADR</b>		<b>Farklara ait İstatistiki Veriler (TEC<sub>u</sub>)</b>				
<b>Farklar</b>	<b>Aylar</b>	<b>Maksimum</b>	<b>Minimum</b>	<b>Aralık</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Std Sapma</b>
<b>GPS-TEC ve IRI-PLAS arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	29,7	-13,7	43,3	-2,3	3,9
	<i>ŞUBAT</i>	17,3	-9,8	27,1	-0,4	3,7
	<i>MART</i>	37,9	-9,1	47,0	1,9	5,4
	<i>NİSAN</i>	17,9	-17,0	34,9	3,2	4,5
	<i>MAYIS</i>	21,4	-7,5	28,9	3,9	4,7
	<i>HAZİRAN</i>	23,9	-5,8	29,7	4,7	4,7
	<i>TEMMUZ</i>	16,7	-6,7	23,4	2,8	3,8
	<i>AĞUSTOS</i>	13,2	-8,7	22,0	-1,6	3,4
	<i>EYLÜL</i>	8,3	-12,6	20,8	-4,0	3,2
	<i>EKİM</i>	8,4	-19,3	27,8	-4,9	5,0
	<i>KASIM</i>	18,1	-16,7	34,9	-3,3	3,9
	<i>ARALIK</i>	8,2	-11,9	20,0	-4,0	3,2
<b>GPS-TEC ve IRI-2012 arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	34,8	-10,9	45,7	1,2	3,8
	<i>ŞUBAT</i>	20,8	-7,7	28,5	2,8	3,7
	<i>MART</i>	37,9	-10,8	48,6	4,5	5,4
	<i>NİSAN</i>	21,0	-13,9	34,9	5,8	4,8
	<i>MAYIS</i>	23,9	-4,2	28,0	6,7	4,7
	<i>HAZİRAN</i>	26,0	-6,2	32,1	7,2	5,0
	<i>TEMMUZ</i>	19,9	-3,6	23,5	5,7	3,8
	<i>AĞUSTOS</i>	17,0	-5,7	22,7	1,8	3,4
	<i>EYLÜL</i>	12,8	-10,2	23,0	0,0	3,0
	<i>EKİM</i>	15,0	-14,1	29,1	-0,5	4,4
	<i>KASIM</i>	24,8	-8,7	33,5	1,0	3,3
	<i>ARALIK</i>	13,3	-7,0	20,4	0,0	2,5
<b>IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	5,8	2,7	3,2	3,4	0,5
	<i>ŞUBAT</i>	6,2	1,9	4,2	3,2	0,6
	<i>MART</i>	4,1	-4,8	8,9	2,6	1,0
	<i>NİSAN</i>	4,1	-0,8	4,9	2,6	0,7
	<i>MAYIS</i>	4,3	0,1	4,2	2,8	0,6
	<i>HAZİRAN</i>	4,2	-4,9	9,1	2,5	1,3
	<i>TEMMUZ</i>	4,2	0,7	3,5	2,9	0,5
	<i>AĞUSTOS</i>	5,0	1,4	3,6	3,4	0,7
	<i>EYLÜL</i>	5,8	1,5	4,3	4,0	1,0
	<i>EKİM</i>	7,2	2,5	4,7	4,4	1,2
	<i>KASIM</i>	8,0	2,8	5,2	4,3	1,2
	<i>ARALIK</i>	7,5	2,6	4,9	4,0	1,0

PARC istasyonuna ait farklara ilişkin aralık değerleri incelendiğinde, bu değerler GPS-TEC ile ampirik modeller arasında Mart ayında 50 TECu'nun üzerine çıktığı, ampirik modeller arasında ise 9.5 TECu seviyesine ulaştığı görülmektedir (Çizelge 7.7). Std sapmalara bakıldığında GPS-TEC ile ampirik modeller arasında ortalama 5 TECu seviyesinde olduğu görülmektedir.

**Çizelge 7. 7. 2015 Yılı İçin PARC İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler**

PARC		Farklara ait İstatistik Veriler (TECu)				
Farklar	Aylar	Maksimum	Minimum	Aralık	Ortalama	Std Sapma
GPS-TEC ve IRI-PLAS arasındaki farklar	OCAK	23,1	-13,6	36,7	3,4	6,4
	ŞUBAT	24,6	-13,0	37,6	5,8	6,6
	MART	35,8	-15,3	51,0	4,7	5,9
	NİSAN	18,5	-13,3	31,8	2,5	5,5
	MAYIS	8,3	-11,7	20,0	-0,3	4,9
	HAZİRAN	7,6	-11,2	18,8	-1,5	3,6
	TEMMUZ	4,5	-9,1	13,6	-1,2	3,3
	AĞUSTOS	3,8	-12,5	16,3	-2,2	3,5
	EYLÜL	3,7	-15,5	19,2	-3,8	4,5
	EKİM	13,2	-18,8	32,0	-3,1	5,3
	KASIM	13,6	-15,4	28,9	-1,1	5,4
ARALIK	20,0	-17,5	37,6	-2,7	5,6	
GPS-TEC ve IRI-2012 arasındaki farklar	OCAK	25,9	-9,8	35,7	7,6	6,6
	ŞUBAT	26,9	-10,5	37,3	9,0	6,9
	MART	34,1	-20,1	54,2	7,3	6,6
	NİSAN	21,5	-11,5	33,1	5,0	5,9
	MAYIS	10,8	-9,7	20,5	2,4	4,9
	HAZİRAN	11,9	-8,5	20,4	1,2	3,3
	TEMMUZ	7,3	-5,4	12,7	1,7	2,7
	AĞUSTOS	6,5	-7,8	14,2	1,1	2,9
	EYLÜL	7,0	-10,5	17,5	0,1	4,0
	EKİM	14,5	-13,5	27,9	1,7	5,3
	KASIM	18,4	-10,2	28,6	4,5	5,7
ARALIK	20,3	-11,7	32,0	3,1	5,7	
IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklar	OCAK	7,0	0,4	6,6	4,2	1,1
	ŞUBAT	5,3	0,8	4,4	3,2	0,9
	MART	4,3	-5,2	9,5	2,6	1,3
	NİSAN	3,6	0,0	3,5	2,5	0,6
	MAYIS	4,6	1,9	2,8	2,7	0,4
	HAZİRAN	4,5	2,0	2,5	2,7	0,6
	TEMMUZ	4,7	2,0	2,7	2,9	0,7
	AĞUSTOS	5,2	2,2	3,0	3,4	0,8
	EYLÜL	5,5	2,6	2,9	3,9	0,7
	EKİM	6,7	0,3	6,4	4,8	1,1
	KASIM	8,7	2,1	6,6	5,5	0,9
ARALIK	8,0	-1,3	9,2	5,7	1,4	

Çizelge 7.8’ de TIXI istasyonuna ait farklara ilişkin istatistiki değerler verilmektedir. Farklara ilişkin değerler diğer bir kuzey yarım küre yüksek enlem bölgesi istasyonu olan KIRU ile benzer nitelikte olduğu söylenebilir. GPS-TEC ile IRI-PLAS TEC arasındaki en büyük fark 16.7 TECu olarak Ocak ayında görülmektedir. Ortalama ve std sapma değerleri IRI-PLAS TEC değerlerinin IRI-2012 TEC değerlerine göre GPS-TEC değerlerine daha yakın olduğunu göstermektedir.

Çizelge 7. 8. 2015 Yılı İçin TIXI İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistiki Veriler

TIXI		Farklara ait İstatistiki Veriler (TECu)				
Farklar	Aylar	Maksimum	Minimum	Aralık	Ortalama	Std Sapma
GPS-TEC ve IRI-PLAS arasındaki farklar	OCAK	16,7	-9,4	26,1	-0,7	3,7
	ŞUBAT	10,7	-8,9	19,6	2,2	3,1
	MART	12,5	-6,6	19,1	3,8	3,1
	NİSAN	15,5	-6,8	22,3	6,0	3,9
	MAYIS	16,4	-2,6	19,0	4,4	2,8
	HAZİRAN	11,6	-2,2	13,8	4,3	3,0
	TEMMUZ	10,4	-4,8	15,2	2,7	2,9
	AĞUSTOS	5,6	-4,4	10,0	0,0	2,1
	EYLÜL	3,9	-8,3	12,2	-1,7	2,4
	EKİM	8,0	-13,5	21,5	-1,7	4,0
	KASIM	7,8	-9,9	17,7	-1,2	3,2
	ARALIK	9,2	-7,6	16,8	-1,5	3,2
GPS-TEC ve IRI-2012 arasındaki farklar	OCAK	18,6	-7,5	26,1	1,5	3,7
	ŞUBAT	12,6	-7,6	20,2	4,0	3,1
	MART	14,1	-9,8	23,9	5,2	3,6
	NİSAN	17,1	-6,6	23,7	7,4	4,1
	MAYIS	18,5	-0,8	19,4	6,4	2,8
	HAZİRAN	14,0	-2,7	16,7	6,4	3,2
	TEMMUZ	12,6	-2,4	14,9	5,2	2,8
	AĞUSTOS	8,1	-4,0	12,1	2,3	2,2
	EYLÜL	6,6	-6,0	12,6	0,8	2,3
	EKİM	10,2	-9,2	19,4	0,9	3,7
	KASIM	10,5	-5,9	16,3	1,2	2,7
	ARALIK	11,1	-4,3	15,4	0,8	2,8
IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklar	OCAK	3,7	1,3	2,4	2,1	0,3
	ŞUBAT	3,7	0,5	3,2	1,9	0,4
	MART	2,9	-7,9	10,8	1,4	1,1
	NİSAN	2,1	-1,8	3,8	1,4	0,6
	MAYIS	2,5	0,0	2,5	2,0	0,4
	HAZİRAN	2,8	-2,9	5,6	2,1	0,9
	TEMMUZ	3,0	1,2	1,9	2,5	0,3
	AĞUSTOS	3,3	0,4	2,9	2,3	0,6
	EYLÜL	3,7	-0,1	3,8	2,5	0,7
	EKİM	4,9	-1,9	6,8	2,6	0,8
	KASIM	5,1	1,5	3,5	2,5	0,7
	ARALIK	3,9	0,2	3,7	2,3	0,6

WHIT istasyonuna ait istatistiki veriler Çizelge 7.9’da verilmektedir. Maksimum fark GPS-TEC ile IRI-PLAS arasında 32.1 TECu olarak Şubat ayında görülmektedir. Std değerleri GPS-TEC ile ampirik modeller arasında ~3.2 TECu seviyesinde olduğu, IRI-PLAS ile IRI-2012 arasında ise ~1 TECu seviyesinde olduğu söylenebilir.

Çizelge 7. 9. 2015 Yılı İçin WHIT İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistiki Veriler

WHIT		Farklara ait İstatistiki Veriler (TECu)				
Farklar	Aylar	Maksimum	Minimum	Aralık	Ortalama	Std Sapma
<b>GPS-TEC ve IRI-PLAS arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	10,8	-11,9	22,7	-0,7	2,8
	<i>ŞUBAT</i>	32,1	-3,8	35,9	4,0	4,1
	<i>MART</i>	15,4	-4,8	20,1	3,6	3,3
	<i>NİSAN</i>	15,2	-5,1	20,3	5,0	3,2
	<i>MAYIS</i>	18,7	-3,5	22,2	4,4	2,9
	<i>HAZİRAN</i>	12,4	-4,0	16,4	4,1	3,1
	<i>TEMMUZ</i>	16,6	-4,3	20,9	2,3	3,2
	<i>AĞUSTOS</i>	6,6	-6,1	12,7	-0,3	2,2
	<i>EYLÜL</i>	6,9	-7,2	14,1	-1,6	2,1
	<i>EKİM</i>	6,2	-11,9	18,1	-2,2	3,3
	<i>KASIM</i>	9,8	-13,6	23,3	-2,3	3,5
<i>ARALIK</i>	6,8	-12,4	19,3	-2,8	3,2	
<b>GPS-TEC ve IRI-2012 arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	13,1	-7,0	20,1	2,0	2,6
	<i>ŞUBAT</i>	20,7	-3,9	24,6	5,0	3,5
	<i>MART</i>	17,0	-6,3	23,4	4,6	3,5
	<i>NİSAN</i>	17,1	-3,3	20,4	6,6	3,3
	<i>MAYIS</i>	20,8	-1,9	22,7	6,4	3,1
	<i>HAZİRAN</i>	15,2	-2,5	17,7	6,1	3,3
	<i>TEMMUZ</i>	19,3	-1,8	21,0	4,6	3,2
	<i>AĞUSTOS</i>	8,7	-3,2	11,9	2,0	2,2
	<i>EYLÜL</i>	9,7	-3,8	13,6	0,9	2,0
	<i>EKİM</i>	9,2	-7,5	16,7	0,7	3,1
	<i>KASIM</i>	14,0	-8,8	22,8	0,8	3,0
<i>ARALIK</i>	8,7	-7,2	15,8	0,1	2,4	
<b>IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	5,2	2,0	3,2	2,7	0,5
	<i>ŞUBAT</i>	3,0	-22,7	25,7	0,9	1,6
	<i>MART</i>	2,4	-6,5	9,0	1,0	1,3
	<i>NİSAN</i>	2,3	-1,0	3,3	1,6	0,5
	<i>MAYIS</i>	2,8	0,1	2,7	2,0	0,4
	<i>HAZİRAN</i>	2,8	-2,3	5,1	2,0	0,9
	<i>TEMMUZ</i>	3,0	1,1	1,9	2,3	0,4
	<i>AĞUSTOS</i>	3,3	0,5	2,8	2,3	0,6
	<i>EYLÜL</i>	3,9	0,1	3,9	2,5	0,7
	<i>EKİM</i>	5,4	-0,1	5,5	2,9	0,9
	<i>KASIM</i>	6,2	1,8	4,4	3,0	0,9
<i>ARALIK</i>	5,6	0,7	4,9	2,8	1,0	

Çizelge 7.10' da ise YARR istasyonuna ait TEC değerlerine ilişkin temel istatistiki veriler verilmektedir. Diğer istasyonlarda olduğu gibi bu istasyonda da ampirik modellerden üretilen TEC değerlerinin birbirlerine daha yakın oldukları

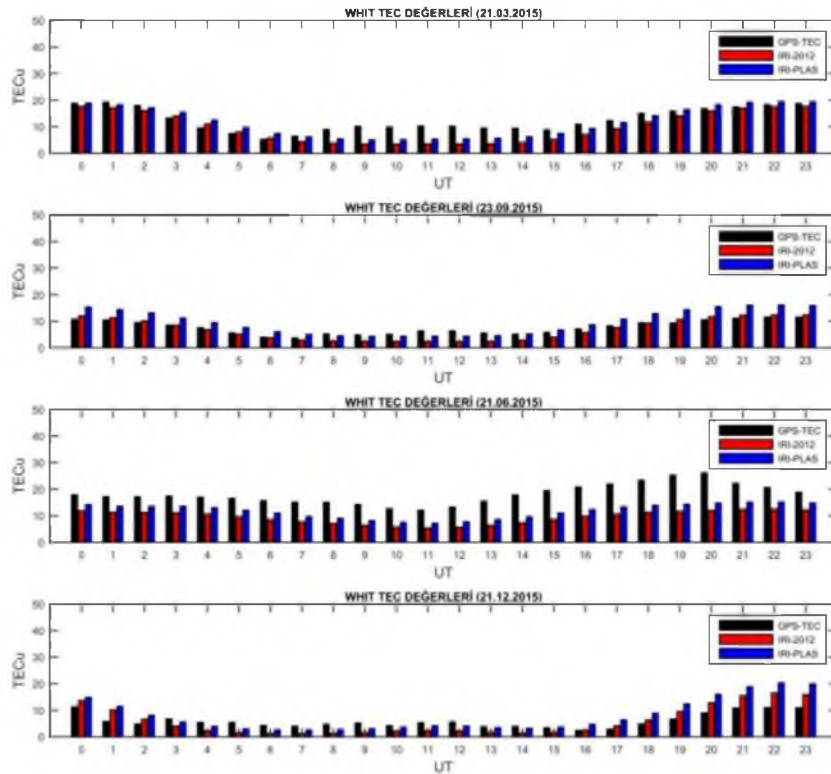
görülmektedir. Ampirik modellerden üretilen TEC değerleri arasındaki en büyük fark Ekim ayında görülmüştür (12.5 TECu). Ayrıca aylara ait std sapmalar ise ortalama 1 TECu seviyesinde olduğu söylenebilir.

**Çizelge 7. 10. 2015 Yılı İçin YARR İstasyonunda Elde Edilen TEC Değerleri Arasındaki Farklara Ait İstatistik Veriler**

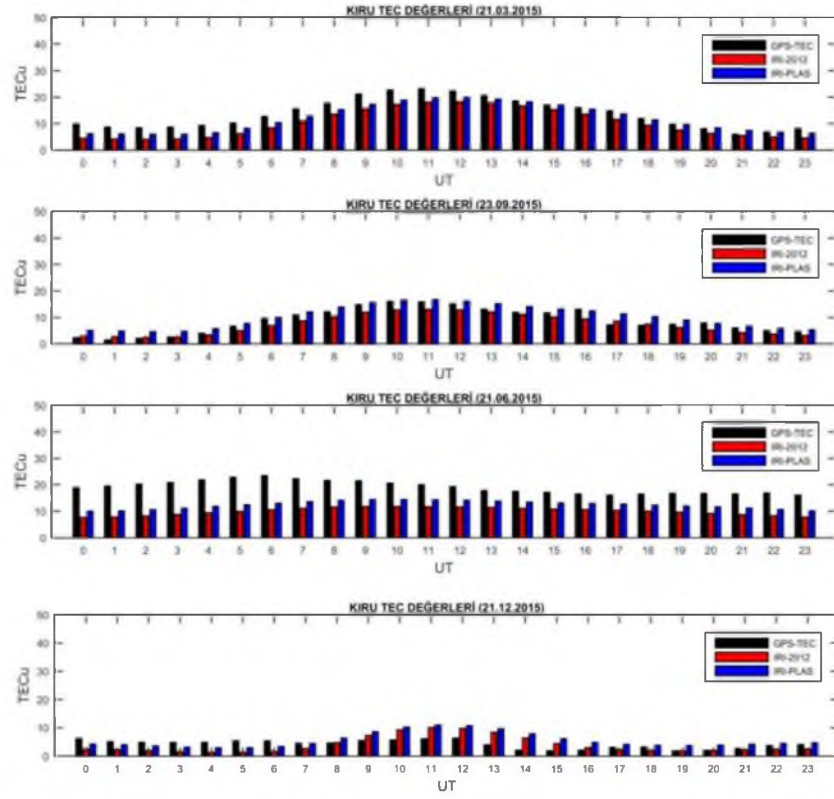
YARR		Farklara ait İstatistik Veriler (TECu)				
Farklar	Aylar	Maksimum	Minimum	Aralık	Ortalama	Std Sapma
<b>GPS-TEC ve IRI-PLAS arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	22,8	-9,4	32,2	3,7	4,7
	<i>ŞUBAT</i>	27,5	-6,9	34,4	6,8	6,0
	<i>MART</i>	23,2	-11,4	34,6	3,5	5,3
	<i>NİSAN</i>	22,1	-10,5	32,6	1,9	5,2
	<i>MAYIS</i>	22,7	-15,4	38,1	-1,5	5,5
	<i>HAZİRAN</i>	35,5	-13,5	49,1	-2,7	4,4
	<i>TEMMUZ</i>	9,2	-11,2	20,4	-2,5	3,7
	<i>AĞUSTOS</i>	2,8	-16,3	19,0	-4,4	3,0
	<i>EYLÜL</i>	2,0	-17,8	19,8	-5,5	3,7
	<i>EKİM</i>	5,7	-15,9	21,6	-2,8	4,6
	<i>KASIM</i>	16,8	-14,5	31,3	0,0	4,6
<i>ARALIK</i>	30,8	-8,3	39,1	0,3	4,2	
<b>GPS-TEC ve IRI-2012 arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	25,9	-6,2	32,2	5,8	4,8
	<i>ŞUBAT</i>	29,3	-4,2	33,5	9,1	6,0
	<i>MART</i>	25,4	-18,1	43,5	6,1	5,9
	<i>NİSAN</i>	26,6	-7,7	34,3	4,9	5,2
	<i>MAYIS</i>	27,0	-11,7	38,7	1,7	5,5
	<i>HAZİRAN</i>	39,4	-10,2	49,6	0,4	4,2
	<i>TEMMUZ</i>	14,5	-7,4	21,9	0,6	3,5
	<i>AĞUSTOS</i>	4,7	-11,6	16,3	-0,8	2,5
	<i>EYLÜL</i>	6,2	-13,6	19,8	-1,8	3,3
	<i>EKİM</i>	11,6	-13,5	25,1	0,6	4,6
	<i>KASIM</i>	21,5	-9,7	31,2	3,4	4,7
<i>ARALIK</i>	32,7	-7,7	40,4	3,3	4,4	
<b>IRI-PLAS ve IRI-2012 arasındaki farklar</b>	<i>OCAK</i>	3,5	-0,2	3,6	2,1	0,6
	<i>ŞUBAT</i>	5,1	0,0	5,1	2,2	0,7
	<i>MART</i>	6,5	-8,6	15,1	2,6	1,8
	<i>NİSAN</i>	5,7	0,0	5,7	2,8	0,9
	<i>MAYIS</i>	6,7	2,1	4,5	3,1	0,8
	<i>HAZİRAN</i>	5,7	2,0	3,8	3,0	0,7
	<i>TEMMUZ</i>	5,5	1,8	3,6	3,1	0,8
	<i>AĞUSTOS</i>	6,4	2,0	4,5	3,5	0,9
	<i>EYLÜL</i>	6,5	1,9	4,6	3,6	1,0
	<i>EKİM</i>	12,5	-1,4	13,9	3,5	1,2
	<i>KASIM</i>	6,5	1,1	5,4	3,5	1,1
<i>ARALIK</i>	5,7	-2,9	8,5	3,0	1,2	

## 7.2. Ekinoks Günleri Olan 21 Mart - 23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerine Ait TEC Değerlerinin İncelenmesi

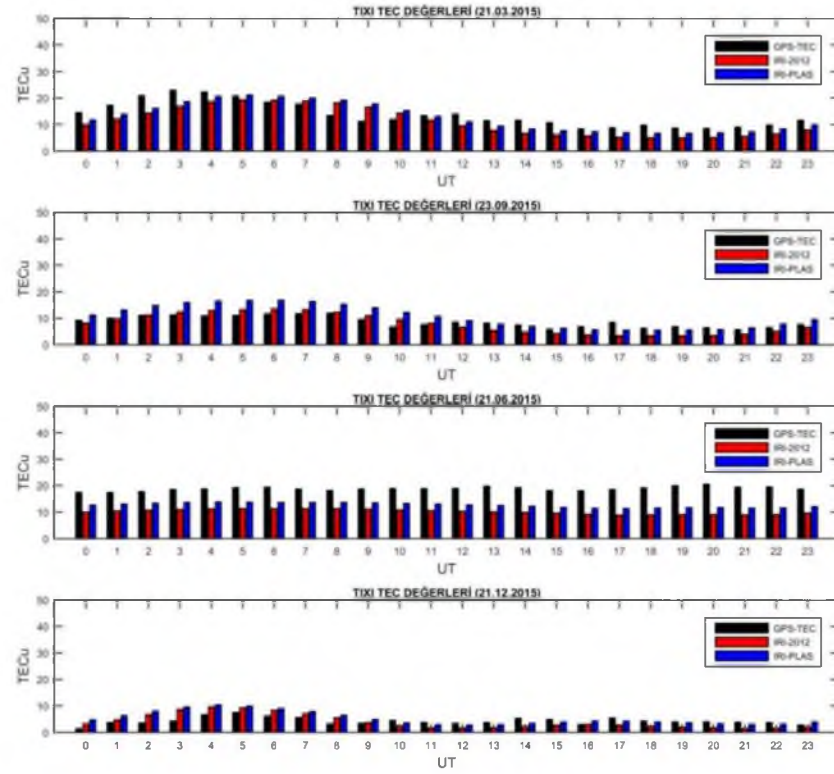
İstasyonların 2015 yılına ait TEC verilerinin incelenmesinin yanı sıra, ekinoks günlerindeki TEC değerlerini detaylı olarak görebilmek amacıyla ilgili günlerde her istasyonda GPS ve ampirik modellerden saat başı elde edilen TEC değerleri şekil 7.122-7.130 da verilmiştir. Benzer şartların olması nedeniyle 21 Mart - 23 Eylül tarihlerinde elde edilen TEC değerlerinin benzer nitelikte olması beklenmektedir. Şekil 7.122-7.130 incelendiğinde 21 Mart ve 23 Eylül tarihlerinde elde edilen TEC değerleri arasında bir miktar fark olsa da GPS, IRI-2012 ve IRI-PLAS TEC değerlerinin tüm istasyonlarda benzer trend gösterdiği görülmektedir. 21 Mart ve 23 Eylül tarihlerine ait kp ve Dst indis değerleri incelendiğinde herhangi bir jeomanyetik fırtınanın olmadığı görülmektedir (Şekil 7.4, 7.10). Ancak 21 Haziran - 21 Aralık tarihlerinde tüm istasyonlarda GPS ve ampirik modellerden elde edilen TEC değerlerinin birbirleriyle hem büyüklük hem de gösterdiği trend açısından benzer nitelikte olmadığı görülmektedir. Bu durum 21 Haziran ve 21 Aralık tarihlerinde benzer koşulların olmamasıyla ilişkilidir. Ayrıca bu iki günde elde edilen TEC değerleri arasındaki farkların hangi büyüklükte olabileceği tam anlamıyla belirlenememiştir. Bu durumun 21 Aralık tarihindeki jeomanyetik fırtınadan kaynaklandığı söylenebilir (Şekil 7.13).



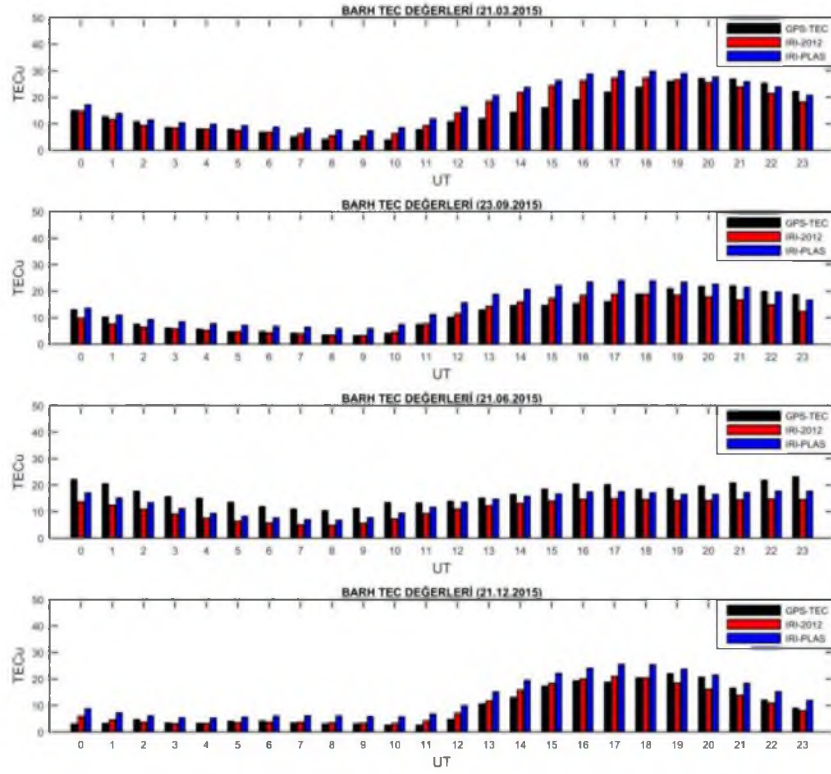
Şekil 7. 122. 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde WHIT İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri



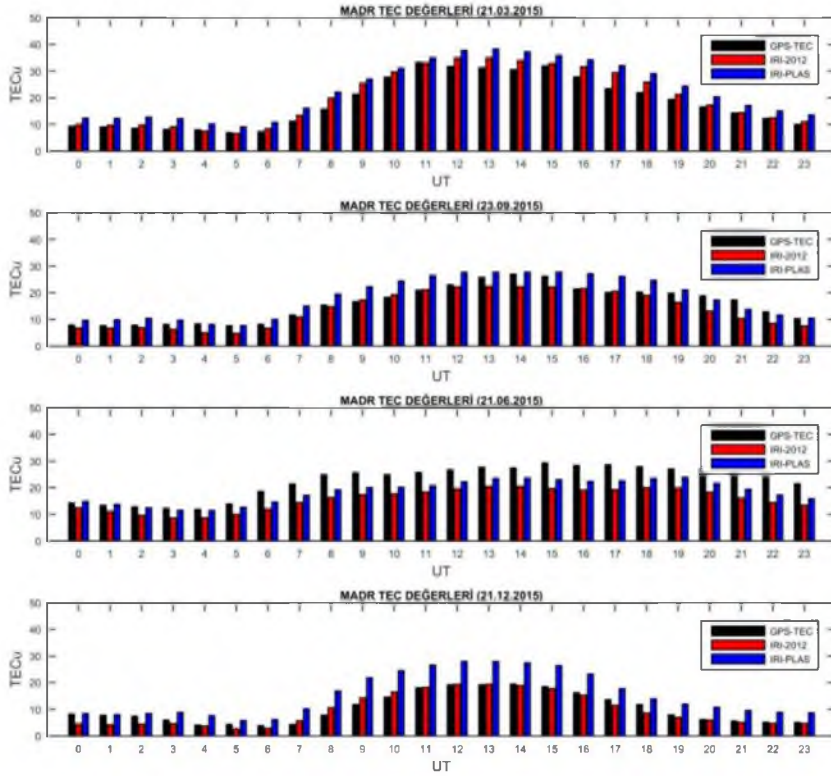
Şekil 7. 123. 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde KIRU İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri



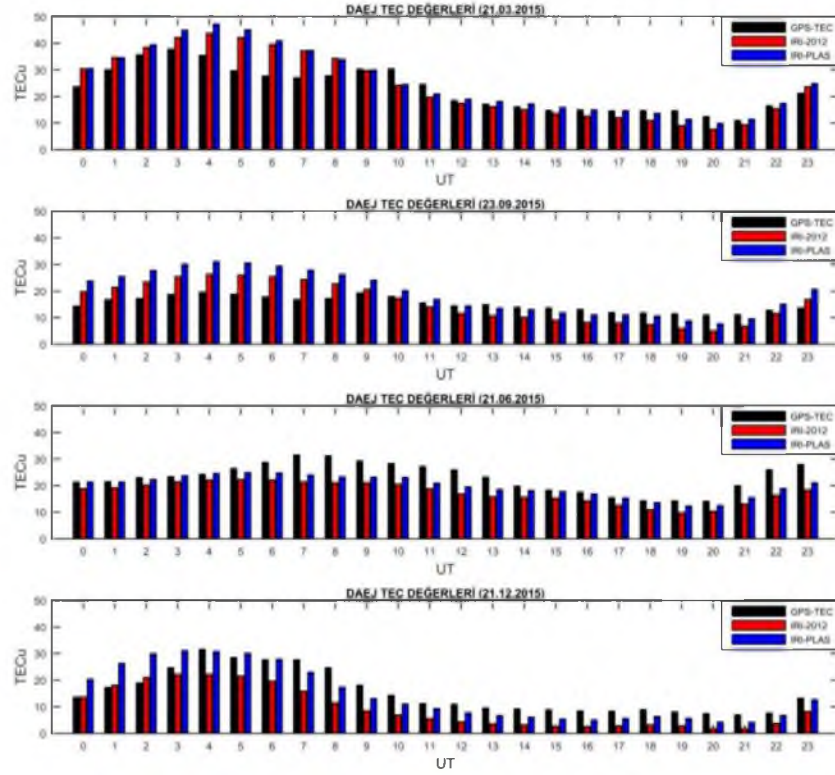
Şekil 7. 124. 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde TIXI İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri



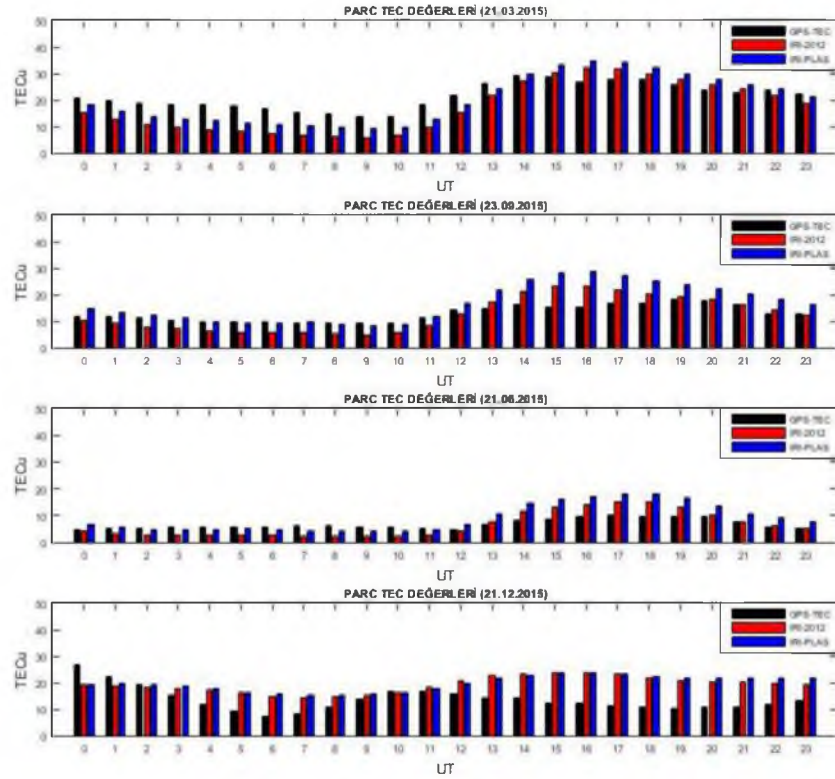
Şekil 7. 125. 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde BARH İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri



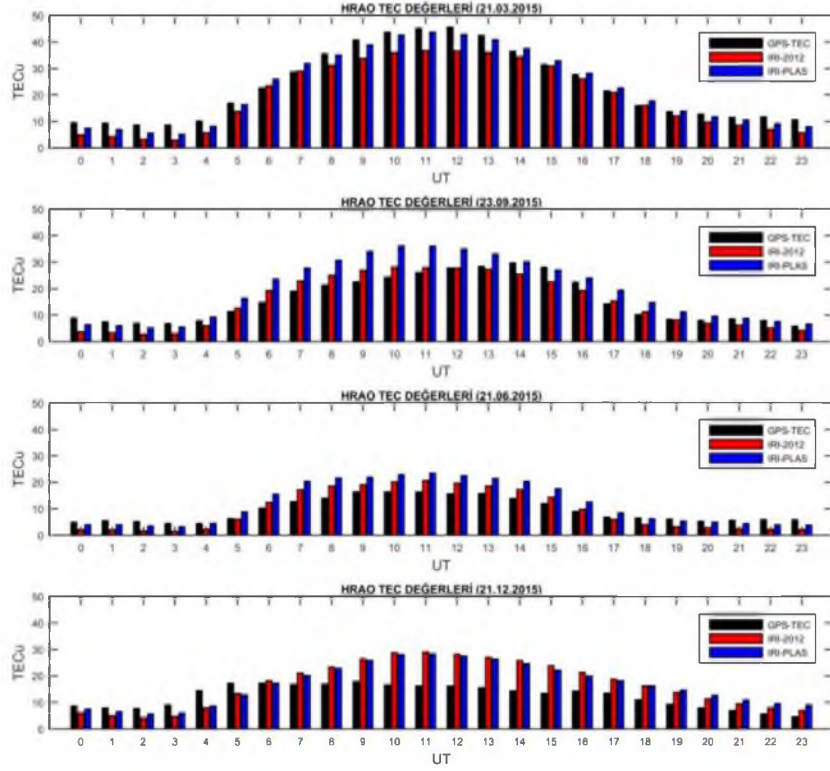
Şekil 7. 126. 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde MADR İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri



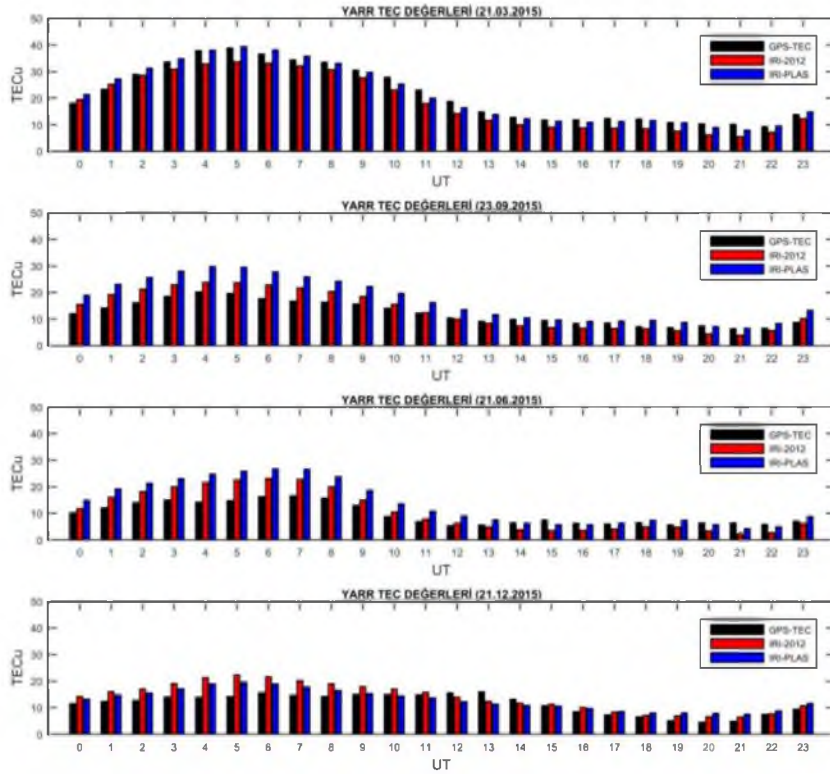
Şekil 7. 127. 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde DAEJ İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri



Şekil 7. 128. 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde PARC İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri



Şekil 7. 129. 21 Mart, 23 Eylül, 21 Haziran ve 21 Aralık İçin HRAO İstasyonunun GPS-TEC, IRI-PLAS ve IRI-2012 Yöntemlerine Ait TEC Değerleri



Şekil 7. 130. 21 Mart-23 Eylül ve 21 Haziran - 21 Aralık Tarihlerinde YARR İstasyonda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 Modellerinden elde edilen TEC Değerleri

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı coğrafi bölgelerde bulunan 9 IGS istasyonunda GPS ile IRI-PLAS ve IRI-2012 ampirik modellerin TEC kestirim performansları test edilmiştir. Seçilen IGS istasyonlarının 6 tanesi kuzey yarım kürede, 3 tanesi ise güney yarım kürede bulunmaktadır. GPS ile TEC üretiminde IGS istasyonlarının 2015 yılına ait saat başı TEC değerleri ionolabtec v1.30 yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. GPS-TEC değerleriyle ampirik modelleri karşılaştırmak için aynı zamana karşılık gelen IRI-PLAS ve IRI-2012 modelleri kullanılarak TEC kestirimi yapılmıştır.

Yıl içerisinde bazı günlerde jeomanyetik etki kaynaklı iyonosferik fırtına durumu söz konusu olmuştur. Sakin günlerde GPS-TEC ile ampirik modeller arasındaki farklar belirli bir seviyede iken ( $\sim < 5$  TECu) fırtınalı günlerde 10 TECu seviyesinin üzerine çıkmaktadır. Bu durum ampirik modellerin aylık ortalamalar dikkate alınarak oluşturulmasından kaynaklanmaktadır.

Kuzey yarım küre yüksek enlem bölgesi istasyonları KIRU ve TIXI' ye ait TEC değerleri genelde diğer bölgedeki istasyonlara göre düşük seviyede olduğu görülmektedir. Güney yarım küre orta enlem bölgesi istasyonlarında ise (PARC, HRAO, YARR) 4' er aylık periyotlarda TEC değerleri ortalama 10 TECu seviyesinde bir değişim söz konusudur. Birbirlerine yakın enlemlerdeki istasyonlara ait üç yöntemle elde edilen TEC değerleri büyüklük olarak bir miktar farklı olsalar da sonuçlar benzer trend göstermektedir. GPS-TEC ile ampirik modeller arasındaki istasyonlara ait farklar incelendiğinde, benzer büyüklükte oldukları söylenebilir. IRI-PLAS TEC ve IRI-2012 TEC arasındaki farklar ise nispeten daha küçük olduğu ve birbirleriyle daha tutarlı olduğu görülmektedir. Elde edilen farklara ilişkin std sapmaların ise genellikle 5 TECu'nun altında olduğu söylenebilir.

Benzer şartların olduğu ekinoks günlerine ait TEC değerleri incelendiğinde 21 Mart - 23 Eylül'e ait TEC değerlerinin benzer trend gösterdiği söylenebilir.

Elde edilen bu sonuçlar, GPS ile konum belirleme gibi uydu bazlı tekniklerle yapılan çalışmalarda kullanılacak bölgesel ve küresel TEC haritalarının üretiminde özellikle fırtınalı günlerdeki anlık değişimleri yansıtabilmesi de göz önüne alındığında GPS verilerinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

## KANAKLAR

- Afraimovich, R. L., Kosogorov, E. A., and Lesyuta, O. S. 2002, effects of the august 11, 1999 total solar eclipse as deduced from total electron content measurements at the GPS network. *J. Atoms. Solar Terr. Phys.*, 64, 1933-1941.
- Aksaç, K., Ünal, İ., Timoçin, E. 2017, Kuzey Yarımküredeki Yüksek Enlem Fof2 Değerlerindeki Değişimlerin Jeomanyetik Aktiviteye Bağlılığı, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B- Teorik Bilimler*, Cilt: 5 Sayı: 2 Sayfa: 138 - 147
- Alcay, S., Oztan, G., 2016, Comparison of GPS-TEC measurements with IRI-PLAS and IRI-2012 models over a mid-latitude Station, MADR, Spain, *International conferences on Engineering and Natural Science 2016*, Sarajevo, BosniaAnd Herzegovina, 35-39.
- Alcay, S., Oztan, G., Selvi, H.Z., 2017, Comparison of IRI-PLAS and IRI-2012 Model Predictions with GPS-TEC Measurements in Different Latitude Regions, *Annals of Geophysics*, Vol 60, No 5.
- Alcay, S., Yiğit, C. Ö., Seemala, G., and Ceylan, A. 2014, GPS-Based ionosphere modeling: a brief review. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23, 815-824.
- Anonim1, Kinetik bilim topluluğu, <http://www.kuark.org/2012/07/jeomanyetik-firtinalar/>[Ziyaret Tarihi: 20 Kasım 2016].
- Anonim2, Ionolab, <http://www.ionolab.org>[Ziyaret Tarihi: 10 Kasım 2017].
- Anonim3, İstanbul üniversitesi fen fakültesi astronomi ve uzay bilimleri bölümü, <http://astronomi.istanbul.edu.tr/gunesgozlemaylik.php> [Ziyaret Tarihi: 10 Şubat 2018].
- Anonymous1, Natural resources canada, <http://www.spaceweather.gc.ca/solarflux/sx-6-mavg-en.php>[Ziyaret Tarihi: 19 Ekim 2016].
- Anonymous2, The International Reference Ionosphere, <http://irimodel.org>[Ziyaret Tarihi: 22 Temmuz 2017].
- Anonymous3, Güneş'in Dünya'mıza etkileri, [http://www.koeri.boun.edu.tr/astronomy/YILDIZIMIZ/dunyaya\\_etkiler.htm](http://www.koeri.boun.edu.tr/astronomy/YILDIZIMIZ/dunyaya_etkiler.htm)[Ziyaret Tarihi: 18 Ekim 2016].
- Anonymous4, GFZ, Helmholtz-Zentrum, <http://www.gfz-potsdam.de/kp-index>[Ziyaret Tarihi: 5Kasım 2016].
- Anonymous5, Geomagnetic Equatorial Dst index Home Page, <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/index.html>[Ziyaret Tarihi: 15 Ekim 2016].
- Anonymous6, On geomagnetic data Dst Explanation, <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/dst2/onDstindex.html>[Ziyaret Tarihi: 7 Ekim 2016].

- Anonymous7,PIM Model. Computational Physics Inc.,<http://www.cpi.com/products/pim.html>[Ziyaret Tarihi: 10 Kasım 2016].
- Aquino, M., Waugh, S., Moore, T., and Dodson, A. 2001, GPS Based ionosphere scintillation monitoring. Space Weather Workshop,*Looking Towards a Future European Space Weather Programme*.
- Arikan, F., Sezen, U., Gulyaeva T.L., Cilibas O. 2015, Online, automatic, ionospheric maps: IRI\_PLAS-MAP. *Advances in Space Research*, 55 (8), 2106-2113, doi:10.1016/j.asr.2014.10.016
- Arslan, N. 2004,GPS ile iyonosfer toplam elektron yoğunluğu değişimlerinin koordinatlara etkilerinin araştırılması, *Doktora Tezi*, 20-30.
- Bent, R. B., and Llewellyn, S. K. 1973, Documentation and description of the Bent ionospheric model,*Space and Missile Organisation*, Los Angeles, CA, USA.
- Bilitza, D. 2001, International reference ionosphere 2000,*Radio Science*, 36, 261-275.
- Bilitza, D., Altadill, D., Zhang, Y., Mertens, C., Truhlik, V., Richards, P., Reinisch, B. 2014, The International Reference Ionosphere 2012 – a model,*J. Space Weather Space Clim*.
- Breed, A. M., and Goodwin, G. L. 1998,Total electron content measurements in the southern hemisphere using GPS satellites,*1991 to 1995*, *RADIO SCIENCE*, 33(6), 1705-1726.
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P., and Fridez, P. 2015, Bernese GNSS software version 5.2,*Astronomical Institute*, University of Bern, 316-318.
- Danilov, A. D., and Lastovicka, J. 2001, Effects of geomagnetic storms on the ionosphere and atmosphere,*International Journal of Geomagnetism and Aeronomy*, 2, 209-224.
- Groves, K. M., Basu, S., Quinn, J. M., Pedersen, T. R., Falinski, K., Brown, A., Ning, P. 2000,A comparison of GPS performance in a scintillation environment at ascension Island,*Proceedings of ION-GPS*, Salt Lake City.
- Gulyaeva, T. L. 2002,International standard model of the earth's ionosphere and plasmasphere,*Astronomical and Astrophysical Transactions, The Journal of the Eurasian Astronomical Society*, 22(2003)
- Gulyaeva, T. L., Bilitza, D. 2012, Towards ISO Standard Earth Ionosphere and Plasmasphere Model. In: “New Developments in the Standard Model”, edited by R.J. Larsen, pp. 1-39, NOVA, Hauppauge, New York.

[Available at [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=35812](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=35812)]

- Hassan, W. S., Zain, A. F., Ramli, A. G., Hwa, H. Y., and Abdullah, M. 2002, Studies on equatorial total electron content near solar maximum activity frame 1998-2000, *XXVII. General Assembly of the International Union of Radio Science*.
- Hugentobler, U., Schaer, S., Pridez, F., Beutler, G., and Bock, H. 2001, Berneese GPS Software Version 4.2, *Astronomical Institute University of Berne*.
- Jakowski, N., Wehrenpfenning, A., Heise, S., Schluter, S., and Noack, T. 2001, Space weather effects in the ionosphere and their impact on positioning, *Space Weather Workshop: Looking Towards a Future European Space Weather Programme*.
- Komjathy, A., and Born, G. H. 1999, GPS-based ionospheric corrections for single frequency radar altimetry, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys*, 61, 1197-1203.
- Komjathy, A. 1997, global ionospheric total elektron content mapping using the global positioning system. Ph.D Thesis, *Department of Geosedy and Geomatics Engineering Technical Report No. 188 University of New Brunswick, Frederiction*.
- Langey, R. B. 1998, GPS Receivers and the Observation and Propagation of the GPS Signals, *In: GPS for Geosedy, 2. Ed., Teunissen P.J.G and Kleusberg A. (Eds.)*.
- Leong, S.K., Musa, T.A., Omar, K., Subari, M. D., Pathy, N. B., Asillam, M. F. 2014, Assessment of ionosphere models at Banting: Performance of IRI-2007, IRI-2012 and NeQuick2 models during the ascending phase of Solar Cycle 24, *Advances in Space Research*, doi:10.1016/j.asr.2014.01.026.
- Ligh, R. P., Robinson, T. R., and Lester, M. 1998, Ionospheric corrections for radar altimetry, *IN Praceedings of IGARSS 88 Symposium: Geosince and Remoe Sensing*, 989-992.
- Liu, J., Chen, R., Wang, Z., and Zhang, H. 2011, Spherical cap harmonic model for mapping and predicting regional TEC, *GPS Solut*, 15, 109-119.
- Liu, Z., and Gao, Y. 2004, Ionospheric TEC prediction over a local area gps reference network, *GPS Solut*, 8(1), 23-29.
- Makarova, L. N., and Shirochkov, A. V. 2002, different response of the auroral ionosphere at altitudes 800 km and 300 km to the solar wind perturbations, *XXVII. General Assembly of the International Union of Radio Science*.
- Memarzadeh, Y., 2009, Ionospheric modeling for precise GNSS applications, Ph.D. Thesis, *Delft University of Technology, Netherlands*

- Menvielle, M. 2001, The geomagnetic indices: derivation, meaning and availability,*Space Weather Workshop: Looking Towards a Future European Space Weather Programme*.
- Nava, B., Coisson, P., and Raicella, S. M. 2008, A new version of the NeQuick ionosphere electron density model. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 1856–1862.
- Nishino, M., Nozawa, S., and Holtet, J. A. 1998, daytime ionospheric absorption features in the polar cap associated with poleward drifting F-region plasma Patches,*Earth and Planet Space*, 50, 107-117.
- Nohutcu, M., Karshioğlu, M. O., and Schmidt, M. 2010, B-spline Modelling of VTEC over Turkey using GPS observation, *J. Atmos Solar-Terr. Phys.*, 72,617-624.
- Odjik, D. 2002, Fast precise GPS positioning in the presence of ionospheric delays,*Mathematical Geodesy and Positioning Faculty of Civil Engineering and Geosciences*.
- Parkinson, B. W., and Spilker, J. J. 1996, Global Positioning System: Theory and Applications, Vol.1.
- Ping, J., Kono, Y., Matsumoto, K., Otsuka, Y., Saito, A., Shum, C., Kawano, N., 2002, Regional Ionosphere Map over Japanese Island,*Earth Planet Space*, 54, e13-e16.
- Poole, I. 2002, Understanding solar indices, *QST ARRL's Monthly Journal*.
- Rathore, V. S., Kumar, S., Singh, A. K. 2015, A statistical comparison of IRI TEC prediction with GPS TEC measurement over Varanasi, India, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 124, 1-9.
- Radicella, S. M., and Leitinger, R. 2001, The evolution of the DGR approach to model electron density profiles,*Adv. Space Res.*, 27, 35-40.
- Rieger, M., and Leitinger, R. 2002, The effect of Travelling Ionospheric Disturbances (TIDs) on GNSS User System,*XXVI. General Assembly of the International Union Radio Science*.
- Roy, A. E., and Clarke, D. 1982, Astronomy: structure of the universe,*Adam Hilger Ltd, Bristol*, Second Edition.
- Schaer, S. 1999, Mapping and predicting the Earth's ionosphere using the Global Positioning System,*Ph.D Thesis*, Universitat Bern.
- Schreiner, W. S., Markin, R. E., and Born, G. H. 1997, Correction of single frequency altimeter measurements for ionosphere delay,*IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35(2), 271-277.
- Senturk, E.,2014, İyonosfer TEİ hesabında yeni bir ağırlık fonksiyonu yaklaşımı, Kocaeli Üniversitesi,5-7 Kasım 2014 Aktif Tektonik Araştırma Grubu

ATAG18[http://akademikpersonel.kocaeli.edu.tr/erman.senturk/bildiri/erman.senturk10.11.2014\\_12.50.49bildiri.pdf](http://akademikpersonel.kocaeli.edu.tr/erman.senturk/bildiri/erman.senturk10.11.2014_12.50.49bildiri.pdf) [Ziyaret Tarihi: 12 Ekim 2016].

- Skone, S. H. 2001, The Impact of Magnetic Storms on GPS Receiver Performance, *Journal of Geodesy*, 75, 457-468.
- Skone, S., and Cannon, M. E. 1999, Ionospheric effects on differential GPS applications during auroral substorm activity, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54, 279–288.
- Spoelstra, T. A. 1996, A climatology of quiet/disturbed ionospheric conditions derived from 22 years of westerbork interferometer observations, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 58(11), 1229-1258.
- Stewart, P. J., and Langley, R. B. 1998, Ionospheric modelling for WADGPS at motherm latitudes. Proceedings of ION-GPS 98, the 11. International Technical Meeting.
- Teunissen, P.J.G., and Kleusberg, A. 1998, GPS for Geodesy, . 2. Edition.
- Wanninger, L. 1999, The performance of virtual reference station in active geodetic GPS-Networks under solar maximum conditions, *Proceeding of ION-GPS99 September Nashville TN.*, 14-17.
- Warnant, R. 1998, Detection of irregularities in the total electron content using GPS measurements-application to a mid-latitude station, *Acta Geod. Geophys. Hung.*, 33, 121-128.
- Warnant, R., and Pottiaux, E. 2000, The increase of the ionospheric activity as measured by GPS, *Earth Planets Space*, 52, 1055-1060.
- Wild, U. 1994, Ionosphere and geodetic satellite systems : permanent GPS tracking data for modelling and monitoring, *Ph.D Thesis*.
- Zakharenkova, I. E., Cherniak, I. V., Krankowski, A., and Shagimuratov, I. I. 2015, Vertical TEC representation by IRI 2012 and IRI Plas models for European midlatitudes, *ScienceDirect*, 2070-2076.
- Zhang, D., and Xiao, Z. 2002, Correlative ionospheric disturbances in the sunlit hemisphere during the flare on july 14, *Chinese Science Bulletin*, 47.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** :Gürkan ÖZTAN  
**Uyruğu** :T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** :Kütahya – 22.11.1992  
**Telefon** : 0 541 410 19 92  
**Faks** :  
**e-mail** : oztangurkan@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Kılıçarslan Anadolu Lisesi, Merkez, Kütahya	2010
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2015
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram, Konya	

### İŞ DENEYİMLERİ

**Firma Adı** : İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Müh. & Eğitim AŞ.  
**Pozisyon** : Danışmanlık – Ürün Sorumlusu  
**Görev Detayları** : -MAKS (Mekansal Adres Kayıt Sistemi ve Çevrimiçi Emlak ve İnşaat İzinleri) Yaygınlaştırma Projesi Kapsamında İl Sorumlusu  
- Yerel Yönetimler Bünyesinde NUBİS (Numarataj Bilgi Sistemi) Ürün Sorumlusu  
**Firmada Çalıştığı Tarihler** : 01/2017-04/2017

**Firma Adı** : AREN Harita Müh. İnş. Tic. Ltd. Şti.  
**Pozisyon** : Mühendis  
**Görev Detayları** : Harita Mühendisi  
**Firmada Çalıştığı Tarihler** : 05/2017-Devam Ediyor.

## YAYINLAR

### **SCI / SCI EXPANDED dergilerde yayınlanan makaleler.**

Alcay, S., Oztan, G., Selvi, H.Z., 2017, Comparison of IRI-PLAS and IRI-2012 Model Predictions with GPS-TEC Measurements in Different Latitude Regions, *Annals of Geophysics*, Vol 60, No 5.

### **Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceeding) basılan bildiriler.**

Alcay, S., Oztan, G., 2016, Comparison of GPS-TEC measurements with IRI-PLAS and IRI-2012 models over a mid-latitude station, MADR, Spain, *International conferences on Engineering and Natural Science 2016*, Sarajevo, Bosnia And Herzegovina, 35-39. (Yüksek Lisans Tezinden Yapılmıştır.)

### **Ulusal hakemli dergilerde yayınlanan makaleler.**

Alcay, S., Oztan, G., 2016, Manyetik fırtınalı ve fırtınasız günlerde IRI-PLAS ve IRI-2012 modellerinin TEC kestirim performanslarının incelenmesi, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2), 131-140. Alcay, S., Oztan, G., 2016,