



İstikbal Göklerdedir!

M. K. Atatürk

İyonkürenin EM Dalgalar Üzerindeki Bozucu Etkileri

PROF.DR. FEZA ARIKAN
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK VE ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
arikan@hacettepe.edu.tr

ASTROMETEO 2019 ÇALIŞTAYI

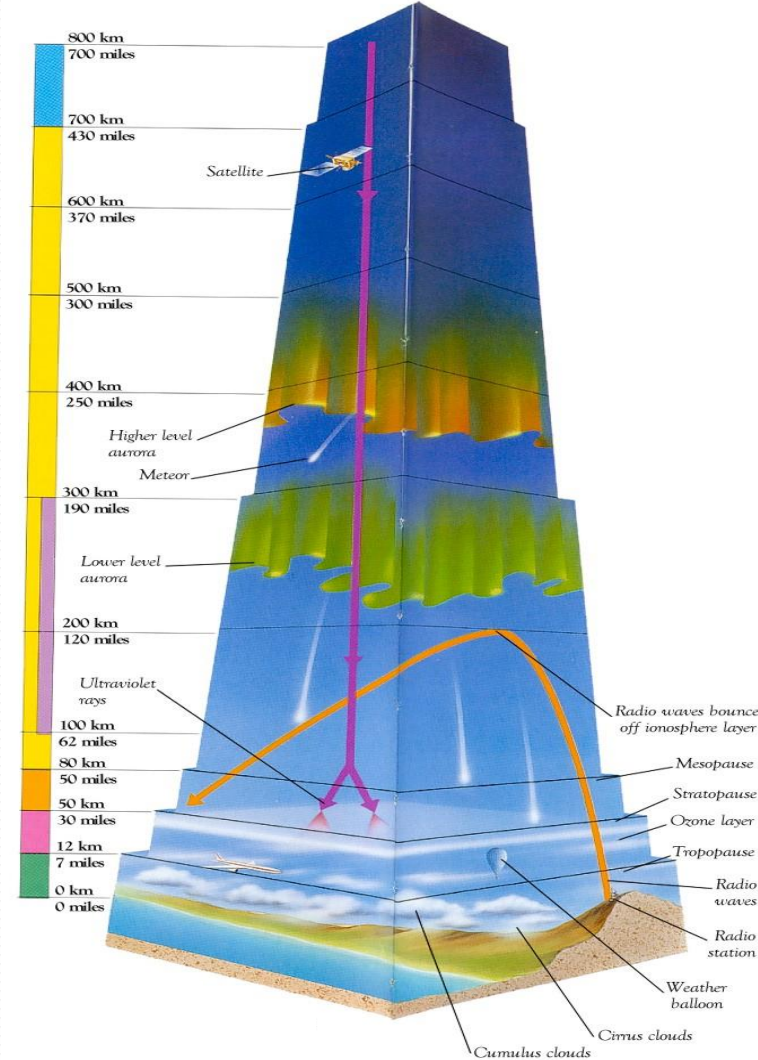
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ, ATASAM
1-2 Şubat 2019, Erzurum

İÇERİK

- İYONKÜRE VE UZAY HAVASI
 - İYONKÜRE VE UZAY HAVASININ RF BANTTA ETKİLERİ
 - İYONKÜRE VE UZAY HAVASININ OPTİK BANTTA ETKİLERİ
- İONOLAB GRUBU
 - KESTİRİM, ARADEĞERLEME, TOMOGRAFİ
 - 1-B: İONOLAB-TEC
 - 2-B: İONOLAB-MAP
 - 3-B ve 4-B: İONOLAB-CIT
 - İRI-PLAS MODELİ
 - Online İRI-PLAS
 - 2-B: İRI-PLAS-MAP
 - UZAY-ZAMAN İSTATİSTİKLERİ VE ÇÖZÜMLEME TEKNİKLERİ
- SONUÇ VE ÖNERİLER

İYONKÜRE VE UZAY HAVASI (1)

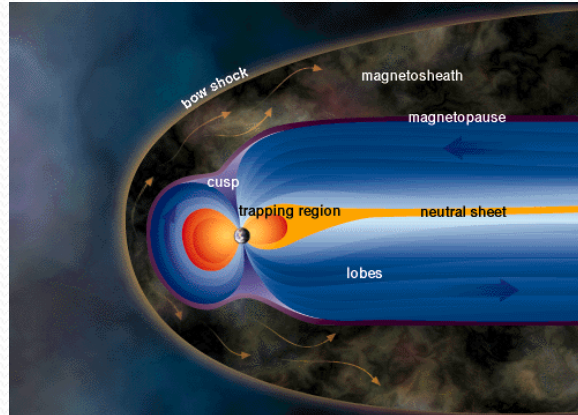
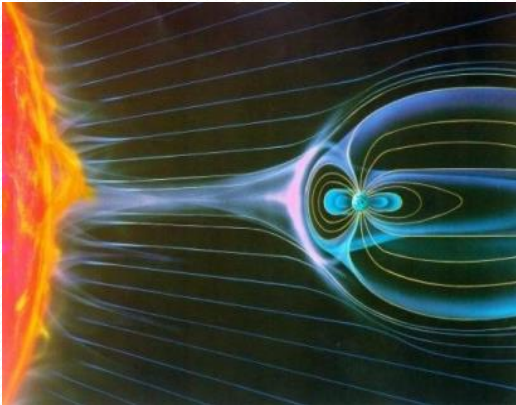
- İyonküre, havakürenin güneş ışınması ile plazma haline geçmiş 60 km ile 1000 km arasındaki katmanıdır.
 - İyonküre
 - zamanla ve konumla değişen (space and time varying),
 - uzay ve zamanda dağıtılmalı (spatio-temporally dispersive),
 - Yönbağımlı (anisotropic) ve
 - düzgün dağılmayan (inhomogeneous)
- karmaşık bir fiziksel ortamdır.
- Genel yönseme, dağılım ve döngüleri belli olsa da henüz tam anlamıyla modellenememiş ve tanınmamıştır.



İYONKÜRE VE UZAY HAVASI (2)

- Güneşin ışıması plazma oluşumunun temel nedenidir.
 - Güneş rüzgarları, parlamaları ve enerji boşalmaları (yukarıdan/kısmen periyodik),
 - Yerküre Manyetik Alanı ve jeomanyetik hareketlilik (aşağıdan/yukarıdan/kısmen periyodik),
 - Yer çekimi, Ay çekimi ve akustik-çekimsel hareketlilik/ gelgit dalgaları (aşağıdan/periyodik),
 - Havaküresel (atmosferik), meteorolojik hareketlilik (aşağıdan/kısmen periyodik)
 - Sismik hareketlilik-Deprem öncülü/Deprem Sırası/Deprem Sonrası (aşağıdan)

iyonkürede değişim ve bozulmalara neden olur.

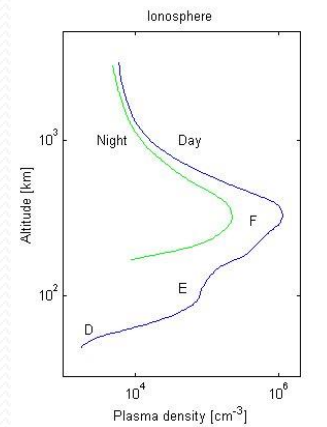


İYONKÜRE VE UZAY HAVASI (3)

- **Uzay Havası (Space Weather)** uzaydaki değişkenliği ve karmaşıklığı ifade eden yeni bir kavramdır.
- Uzay Havası, değişkenliğin en fazla olduğu Yere Yakın Uzayı, Yerküreyi ve teknolojik sistemleri etkileyen tüm koşulları ifade eder.
- Uzay Havası gözlem, modelleme ve tahmin çalışmalarını Güneş, İyonküreyi, Yerküredeki değişimleri (kayaküre, suküre ve havaküre) ve Yerküre Manyetik Alanını (YMA) dikkate almak zorundadır.
- Bu amaçla Kayaküre-Havaküre-İyonküre Bağlaşım modelleri (LAIC) geliştirilmeye çalışılmaktadır.

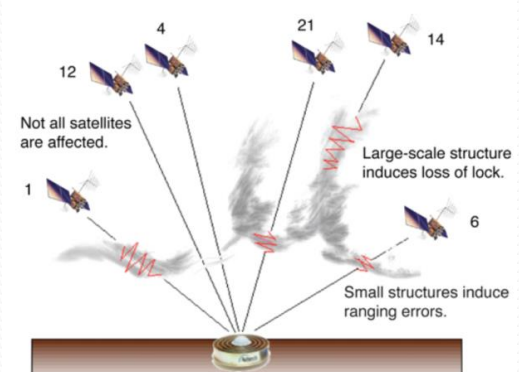
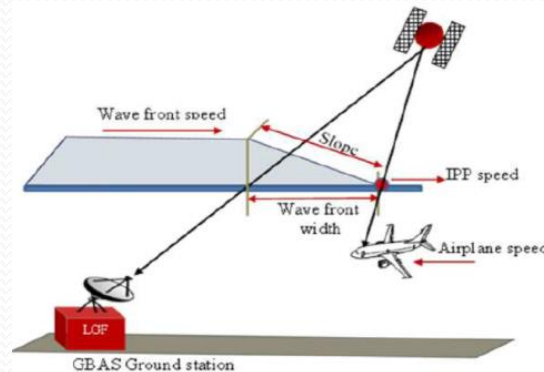
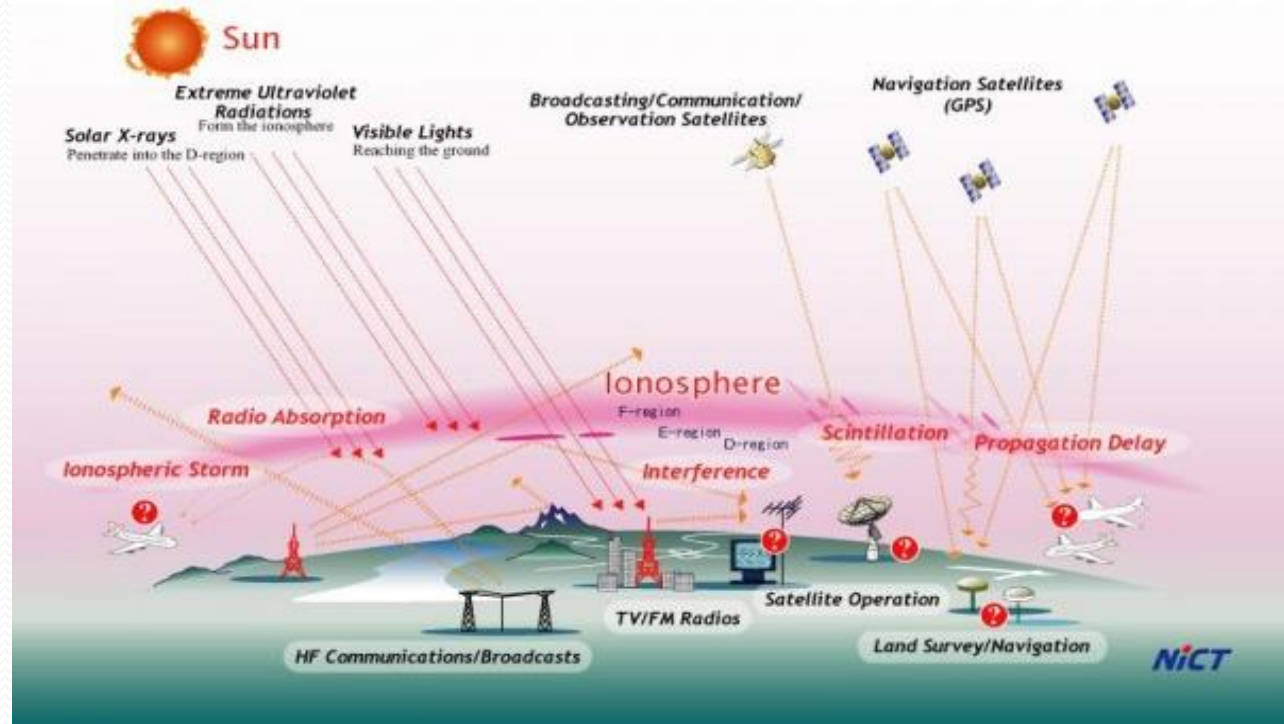
İYONKÜRE VE UZAY HAVASI (4)

- İyonkürenin soğuk ve yön-bağımsız plazma modelinde kırılma indisi, plazma frekansı ve elektromanyetik dalganın frekansının bir fonksiyonudur.
- Plazma frekansı, elektron yoğunluğuna bağlıdır.
- İyonkürede N_e zamana, konuma ve yüksekliğe bağlı olarak değişir.
- RF sinyalleri (elektromanyetik dalgalar) iyonküreden geçişlerinde
 - frekansa bağlı kırılırlar (refraction);
 - hızları boş uzaya göre yavaşlar;
 - zaman gecikmesi oluşur (time delay);
 - geniş bantlı sinyaller için dağıtma problemi oluşur (dispersion);
- İyonkürenin en alt D katmanı sinyalleri zayıflatır ve soğurur.
- İyon ve elektron yoğunluğunun ani değişimleri genlik ve fazda kırışımalara neden olur (scintillation).
- İyonkürenin Yerküre Manyetik Alanına göre farklı özellik taşıyan bölgeleri vardır (Kutup; Orta Enlem; Ekvator).



İYONKÜRE VE UZAY HAVASININ RF BANTTA ETKİLERİ

- Zayıflama,
- Emilim,
- Zaman Gecikmesi,
- Dağıtma,
- Sönümlenme,
- Frekans (Doppler) kayması,
- Faraday (Kutuplanma) Dönmesi,
- Genlik ve Faz Kırışması,
- Sembollerarası Girişim



İyonkürenin Gözlenebilir Parametreleri

• Toplam Elektron İçeriği (TEİ) (Total Electron Content-TEC)

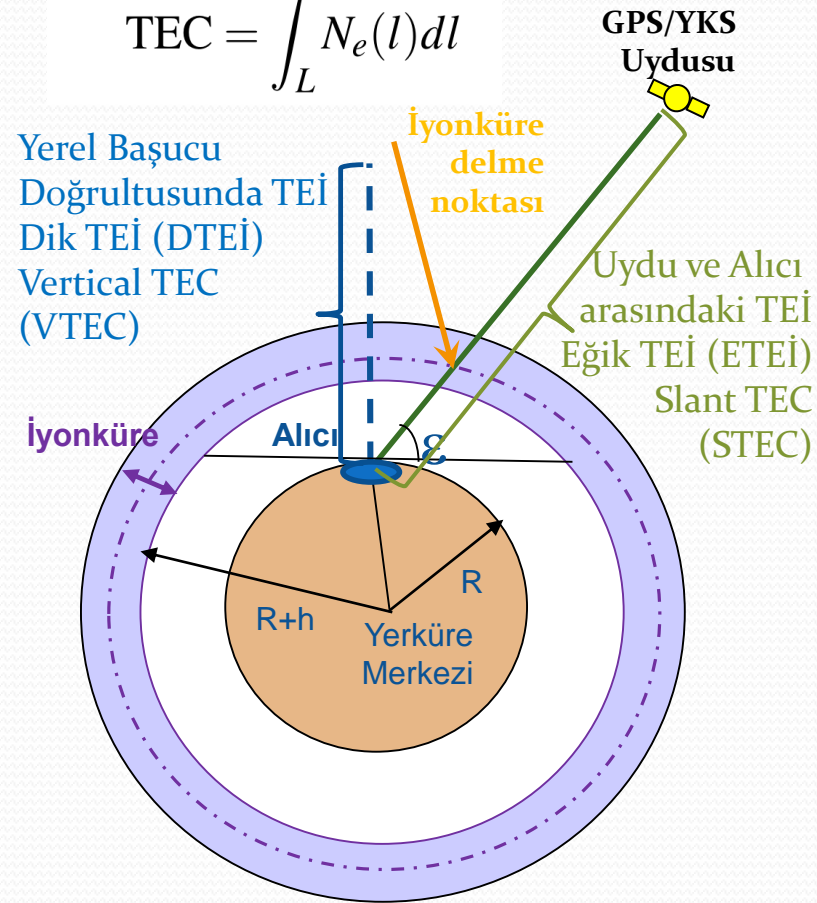
- GPS/YKS işaretlerindeki iyonküreye bağlı gecikme TEİ'nin bir fonksiyonudur.
- Bir metre kare kesit alanlı bir silindir içerisindeki toplam elektron sayısı
- 1 TECU = 1×10^{16} elektron/ m^2
- İyonkürenin incelenmesinde doğrudan kullanılabilir.
- Çift frekanslı GPS/YKS alıcıları kullanılarak TEİ kestirilebilir.
- Kritik Frekans: f_o

- E, F₁, F₂ katmanlarında en yüksek elektron yoğunluğu değerine karşı gelen plazma frekansı (MHz).

- En yüksek plazma frekansı: f_oF_2

- İyonosonda ile kestirilebilir.

$$TEC = \int_L N_e(l) dl$$



$$f_p^2 = 81 N_e \quad f_oF_2 = 9\sqrt{N_m F_2}$$

İYONKÜRE VE UZAY HAVASININ OPTİK BANTTA ETKİLERİ

- Çok güçlü elektromanyetik dalgalar, iyonkürede plazma türbülansları yaratarak elektronları ivmelendirirler.
- Bu elektronlar F-katmanında, nötr atom ve moleküller ile (özellikle oksijen) ile çarpıştıklarında doğal ya da yapay olarak optik bantta ışımalar gözlenir.
- Güçlü EM dalgaları Güneş'ten (X-ray, UVA, UVB, EUV) kaynaklanabildiği gibi, HAARP programında olduğu gibi RF bandında olabilir.
- Yıldırım ve şimşeklerden sonra aşırı ısınan havaküre bir plazma oluşturur ve bu güçlü etki optik bantlarda ışımalar olarak iyonkürede kısa süreli gözlenebilir. 'Elf', 'Sprite', 'Halo', 'Blue-Jet' gibi isimlerle nitelendirilen bu parlamalar hızlı kameralarla tespit edilebilmektedir.
- Jeomanyetik fırtınalar, yerçekimsel, meteorolojik ve sismik hareketlilik ve süküre arayüzündeki değişimler iyonkürede optik bantta da gözlenebilen dalga benzeri bozulmalara neden olur
 - Kayan İyonküre Bozulması (KİB)
 - Ani İyonküre Bozulması (AİB).

Kutup Işıkları: 2015 İlkbahar Gün-Tün Eşitliği (Ekinoks)

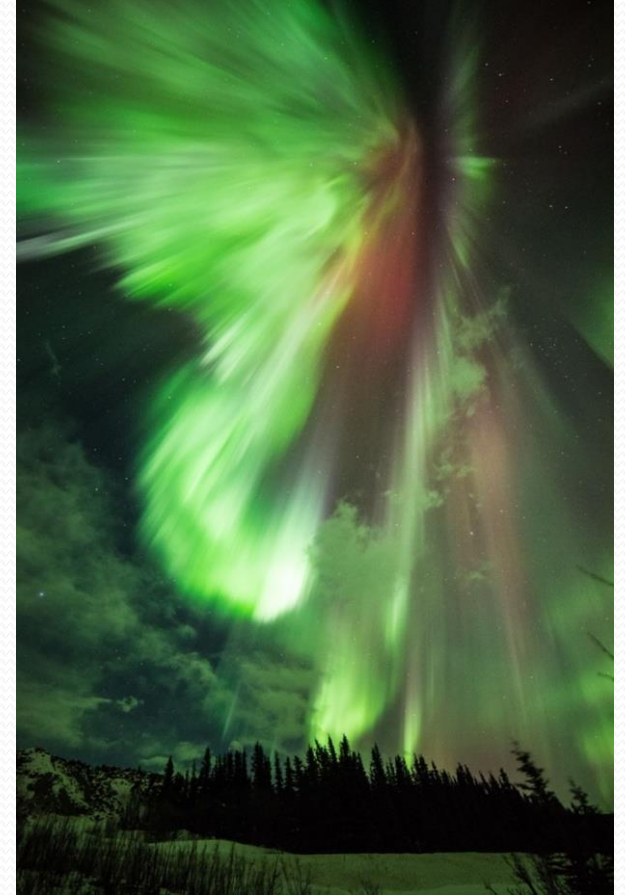
Jeomanyetik Fırtınası

(Aziz Patrik Günü-St. Patrick's Day) Fırtınası

Güneş Parlaması: 15.03.2015, 2 Manyetik atımlı parlama

Yerküre'de etkisi: 17-21.03.2015, Kategori:4 (Şiddetli)

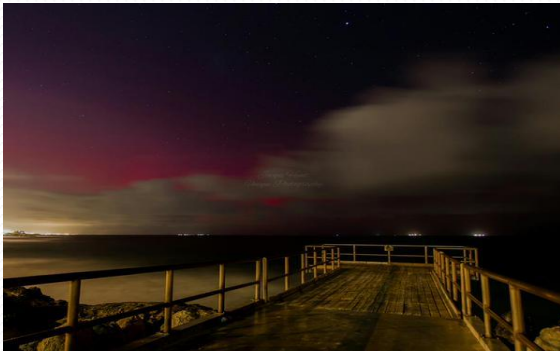
• Kuzey Kutup Işıkları-Aurora Borealis



North Plains, Oregon, ABD

Narva-Joesuu, Estonya

• Güney Kutup Işıkları-Aurora Australis



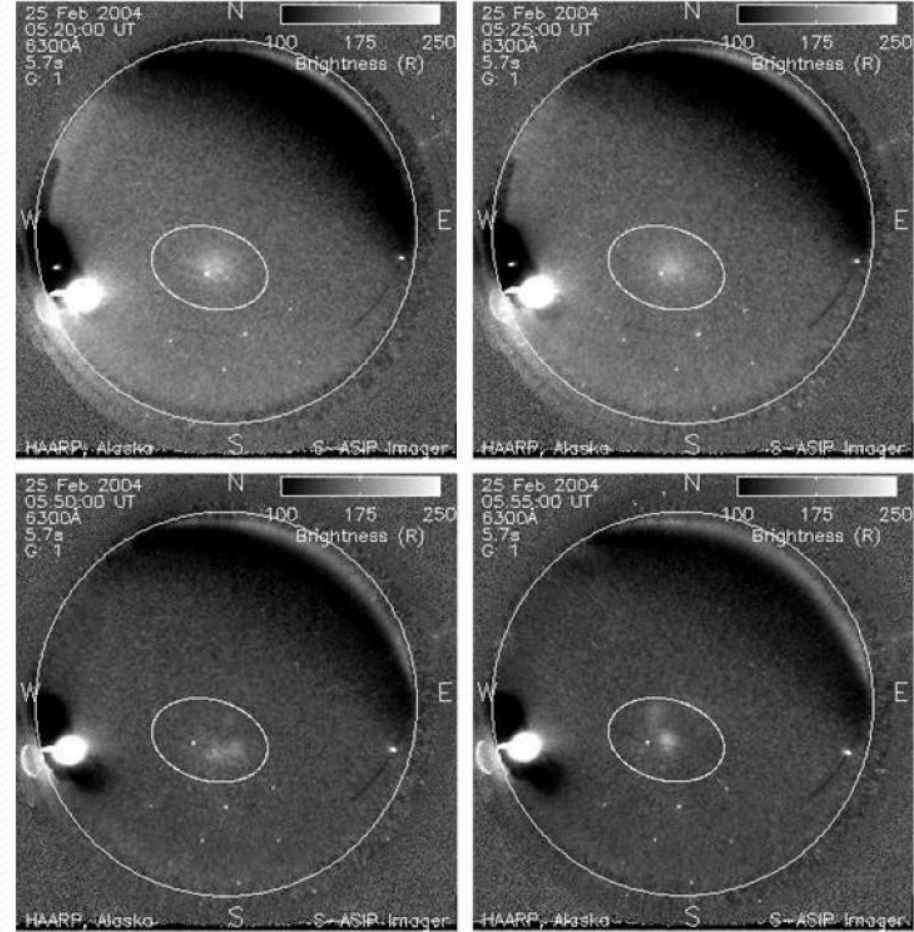
Perth, Avustralya

Dunedin, Yeni Zellanda

Alaska, ABD

HAARP KD Bandı Aydınlatmasının Optik Frekanslarda Gözlenmesi

- Gakona, Alaska'da bulunan HAARP programında 2-10 MHz ve 2'den 7'ye kadar tüm döngüsel harmoniklerde (gyro-harmonics) 25 Şubat 2004'te yapılan deneylerden gökyüzü görüntüleme aracı 'All-Sky Imager (ASI)' ile elde edilen optik bantta oluşan bozulmalar şekilde gösterilmiştir.
- Şekillerde dıştaki beyaz daire ufuk çizgisini, küçük oval HAARP hüzmesinin -3 dB sınırını, güney-batı ufuğundaki parlak beyaz disk Ay'ı ve beyaz noktalar yıldızları göstermektedir.
- Yukardaki iki panelde 2. döngüsel harmoniğe yakın yayının aydınlatması, aşağıdaki iki panelde iyonküre kritik frekansının biraz üzerinde yapılan yayının etkisi görülmektedir.



Kosch MJ, Pedersen T, Hughes J, Marshall R, Gerken E, Senior A, Sentman D, McCarrick M, Djuth FT. Artificial optical emissions at HAARP for pump frequencies near the third and second electron gyro-harmonic. *Annales Geophysicae* 2005 Jul 27 (Vol. 23, No. 5, pp. 1585-1592).

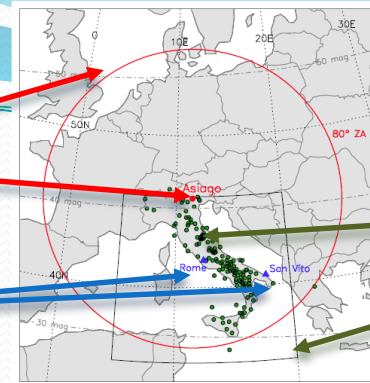
13-15 Kasım 2012'de oluşan jeomanyetik fırtınanın İtalya'da iyonküre ve optik bantta eşzamanlı gözlenmesi

- İyonkürede 13-15 Kasım 2012'de oluşan jeomanyetik fırtınanın etkisi, Orta Enlem Bölgesinde bulunan İtalya'da yer tabanlı gözlem araçları ile izlenmiştir.
 - Asiago'da (45.8°N, 11.5°E) optic bantta gökyüzü görüntüleme cihazı 'All-Sky Imager (ASI)'
 - GNSS/GPS çift-frekanslı istasyon ağı - Rete Integrata Nazionale GPS network, (L-bandı, 1.2 ve 1.5 GHz)
 - Roma (41.8°N, 12.5°E) ve San Vito'da (40.6°N, 17.8°E) iyonosonda (HF/KD, 3-30 MHz)
- GPS-Toplam Elektron İçeriği (TEİ) kestirimleri ile 14 ve 15 Kasım'da gece saatlerinde Güney İtalya bölgesinde beklentinin üzerinde iyonlaşma artışı gözlenmiştir.
- ASI ile 630 nm bandında gözlenen iyonlaşma artışları, iyonosondalarda enbüyük elektron yoğunluğu, NmF2 artışı ile eşzamanlı olarak tespit edilmiştir.
- TEİ değerleri incelendiğinde kuzeyden güneye doğru dalga-benzeri bozulmaların ilerlediği gözlenmiştir.
- Bu Kayan İyonküre Bozulmaları (KİB) en çok 15 Kasım gecesi 01:30-03:00 GS'de tespit edilmiştir.
- Bu KİB'lerin TEİ genlikleri nispeten küçük olsada ($\sim \pm 0.5$ TECU), süreleri 45 dakika ve hızları 500 m/s olarak kestirilmiştir (Büyük Ölçekli KİB).
- ASI ile optik bantta elde edilen görüntülerde K-KD yönünden G-GB yönüne doğru ilerleyen güçlü ışımların 02:00 GS'de görüntüye girdiği ve 03:00 GS'den sonra TEİ kestirimlerinin yapıldığı tüm ağ alıcılarında çok küçük genlikli TEİ bozulmalarıyla beraber ($\sim \pm 0.2$ TECU) seyrettiği gözlenmiştir.
- Güney İtalya'da gözlenen güçlenmiş TEİ ve gökyüzü ışımlarının nedenlerinden birinin Ekvatorial İyonlaşma Aykırılığının (EIA) kuzey eteğinin kutup bölgesine doğru genişlemesi olabileceği değerlendirilmektedir.
- Kuzeyden gelen artmış gökyüzü ışıldaması ve TEİ dalgalarının ise kutup bölgesindeki enerji yoğunlaşması olduğu İskandinavya'da manyetometre ölçümleri ile doğrulanmıştır.

Cesaroni C, Alfonsi L, Pezzopane M, Martinis C, Baumgardner J, Wroten J, Mendillo M, Musicò E, Lazzarin M, Umbriaco G. The First Use of Coordinated Ionospheric Radio and Optical Observations Over Italy: Convergence of High-and Low-Latitude Storm-Induced Effects. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. 2017 Nov 1;122(11).

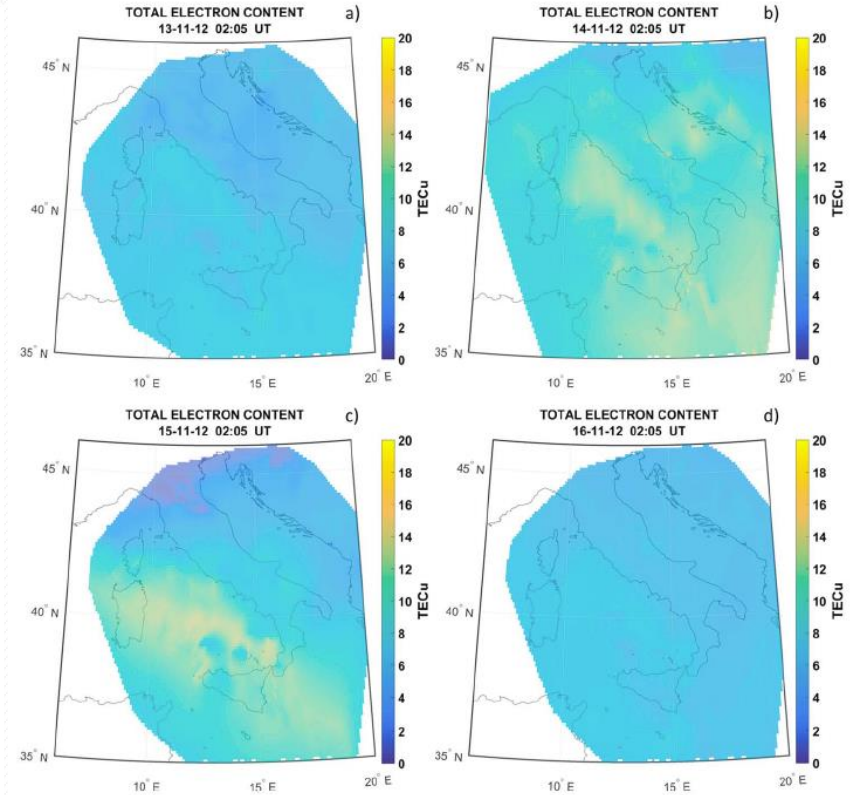
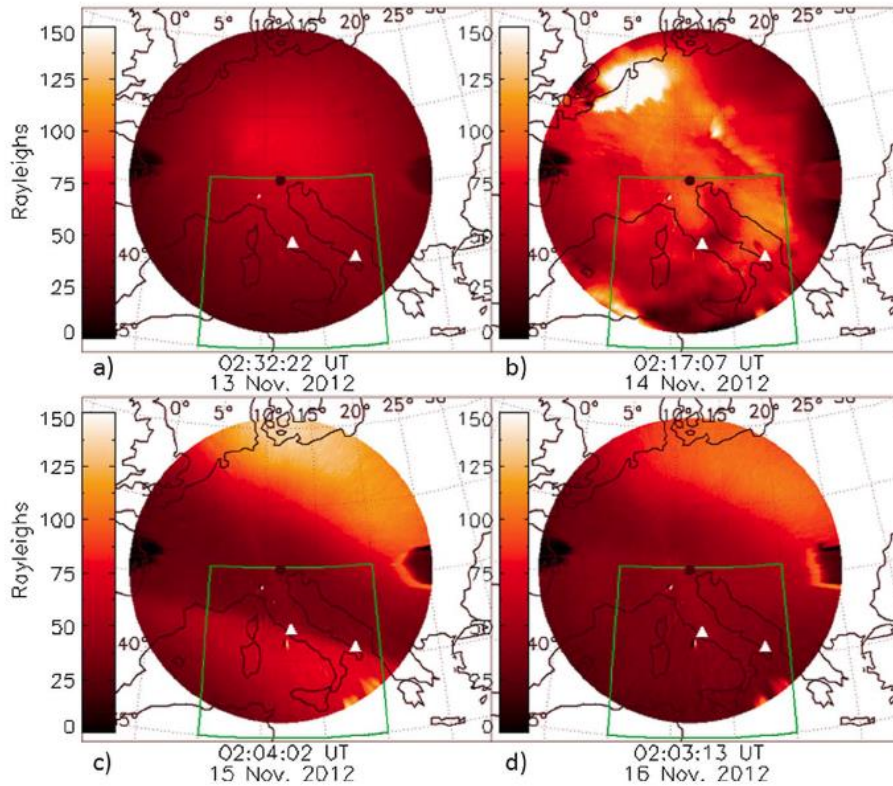
ASI, 300 km, başucu açısı 80°

İyonosonda, Roma ve San Vito



GPS Ağı Alıcıları

- 13-16 Kasım 2012, 02:00 GS





IONOLAB GRUBU www.ionolab.org

- **IONOLAB**, iyonküre katmanın yapısını, istatistiklerini ve haberleşme sinyallerine etkisini araştırmayı ve sorunlara çözümler getirmeyi hedefleyen bir araştırma grubudur.

- Hacettepe Üniversitesi
- Bilkent Üniversitesi
- Kastamonu Üniversitesi

- **COST ve TÜBİTAK Projeleri**

(8 tamamlanmış proje)

- 20 tamamlanmış, 5 devam eden Yüksek Lisans Tezi
- 4 tamamlanmış, 6 devam eden Doktora tezi

- **Proje Ortaklarımız:**

- Russian Academy of Sciences, IZMIRAN Institute
- Czech Republic Academy of Sciences, Atmospheric Research Institute



- 4 projede TÜBİTAK ARDEB Başarı Öyküsü
- 4 Özgün Uzay Havası Servisi
- www.ionolab.org

- **IONOLAB-TEC**
- **IRI-Plas-STEAC**
- **IRI-Plas-MAP**
- **Online IRI-Plas**



IONOLAB Grubu Çalışmaları

- GPS-Toplam Elektron İçeriği (TEİ) kestirimi
 - IONOLAB-TEC
 - IONOLAB-STEC
- 2-B Uzaysal Aradeğerleme (Haritalama)
- 3-B ve 4-B Elektron Yoğunluğu Geriçatması/Tomografi (Computerized Ionospheric Tomography-CIT)
- İklimsel İyonküre Modeli IRI-Plas çalışmaları
- Türkiye üzerinde TEİ uzay-zaman istatistiksel çözümlenmeleri
- İyonküre deprem öncülü kestirimleri
- İyonkürede meteorolojik etkilerin araştırılması

IONOLAB-TEC (1)

- **IONOLAB** güvenilir ve gürbüz bir TEİ hesaplama yöntemi geliştirmiş ve diğer merkezlerin değerleri ve analiz programı sonuçları ile karşılaştırmalar ile yöntemin başarısı gösterilmiştir.
- **IONOLAB-TEC** ile TEİ aradeğerlemesi (haritalaması) ve tomografik görüntüleme mümkündür.
- IONOLAB-TEC internet üzerinden www.ionolab.org adresinden kullanıma açılmıştır.
- Hiçbir program indirilmesine gerek duyulmadan, 30 s ya da 2.5 dakika zaman çözünürlüğünde, IGS ve EUREF ağlarına bağlı tüm alıcılardan, ya da ftp bağlantısı ile kayıt yapılan yerel alıcılardan istenilen zaman aralıklarında, IGS merkezlerinin kestirimleri ile karşılaştırma olanağı veren bir arayüz ile çalışmaktadır.
- Dünyada bu kolaylık ve doğrulukta İLK ve TEK TEİ kestirim sitesidir.
- İstenirse ionolab.exe olarak kullanıcının bilgisayarında çalıştırılabilmektedir (IONOLAB-STEK ve IONOLAB-TEC).

Ionolab Projesi - Windows Internet Explorer

http://www.ionolab.org/

File Edit View Favorites Tools Help

Favorites Ionolab Projesi

IONOLAB
IONOSPHERIC RESEARCH LABORATORY

Hacettepe University
Elektrik ve Elektronik
Mühendisliği Bölümü

07.04.2010

Ana Menü

- Ana Sayfa
- Ionolab Hakkında
- İyonosfer Hakkında
- Faaliyetler
- Yayınlar
- İletişim Bilgileri
- Bağlantılar
- Haberler
- Sıkça Sorulan Sorular

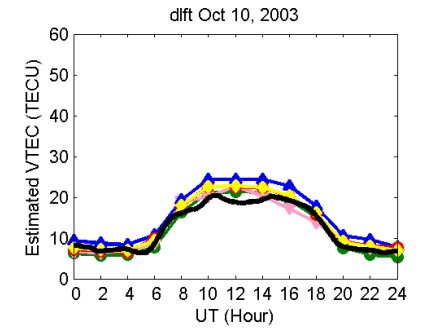
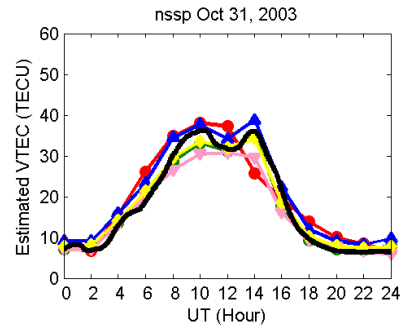
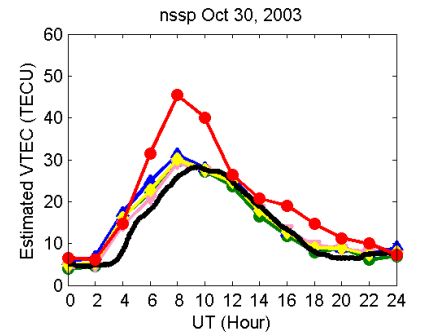
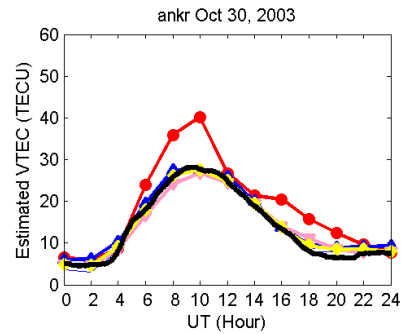
ANA SAYFA

Litosfer-Atmosfer-İyonosfer-Manyetosfer-Güneş Bağlaşımı Çalıştayı, 22-24 Haziran 2009

22-24 Haziran 2009 tarihleri arasında Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde "Litosfer-Atmosfer-İyonosfer-Manyetosfer-Güneş Bağlaşımı" başlıklı bir çalıştay düzenlenmiştir. Çalıştaya Hacettepe Üniversitesi, İTÜ, İstanbul Üniversitesi, HGK, Fırat Üniversitesi ve Muş Alparslan Üniversitesi'nden çeşitli araştırmacılar ve öğrenciler katılım sağlamışlardır. Çalıştay ile ilgili daha fazla bilgi için Prof.Dr. Feza Ankan'a (arikan@hacettepe.edu.tr) ulaşabilirsiniz.

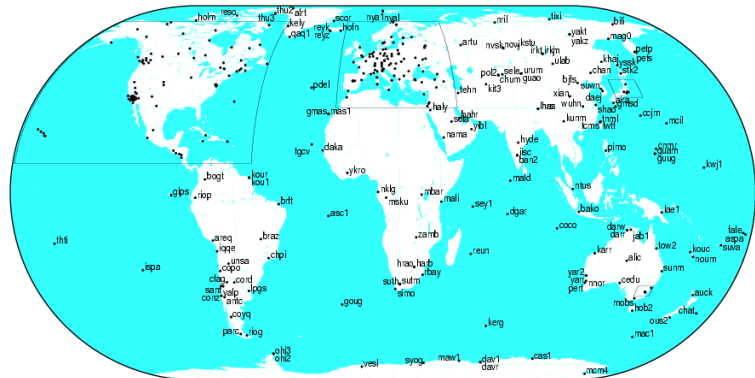
İONOLAB-TEİ Kestirimi
KD Kanal Karakterizasyonu
Yön Bulma ve Gelen Aç Kestirimi
YKS/TEİ Aradeğerlemesi
Bilgisayarlı İyonosfer Tomografisi (BİT)
İyonosferden Deprem Öncülü Kestirimi

003876



**IONOLAB-TEC, NASA-JPL ESA-ESOC
UPC CODE IGS**

	A	B	C	D	E	F	G
1	TEC Estimation for Zelenchukskaya(Russia) station on 10/28/03 12:00 AM						
2	Date	Time	TEC(TECU)				
3	28.10.2003	00:00:00	10,54843281				
4	28.10.2003	00:02:30	10,54843281				
5	28.10.2003	00:05:00	10,54843281				
6	28.10.2003	00:07:30	10,54843281				
7	28.10.2003	00:10:00	10,54843281				
8	28.10.2003	00:12:30	10,54843281				
9	28.10.2003	00:15:00	10,54843281				
10	28.10.2003	00:17:30	10,54843281				
11	28.10.2003	00:20:00	10,54843281				
12	28.10.2003	00:22:30	10,51602579				
13	28.10.2003	00:25:00	10,46986127				
14	28.10.2003	00:27:30	10,43218492				
15	28.10.2003	00:30:00	10,40602088				



IONOLAB-TEC (2)

TEC for Single Station

Station Code:

Observation Start Date:

Observation End Date:

Show IONEX data:

Output Type: Graphics Excel



TEC for Single Station with Day Comparison

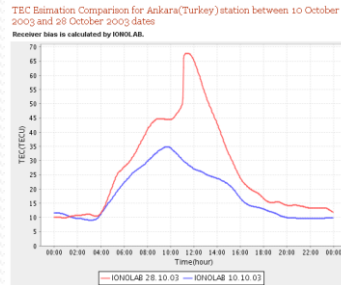
Station Code:

First Observation Date:

Second Observation Date:

Show IONEX data:

Output Type: Graphics Excel



TEC Comparison for Different Stations

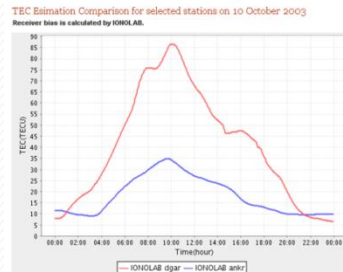
Station Codes:

Observation Start Date:

Observation End Date:

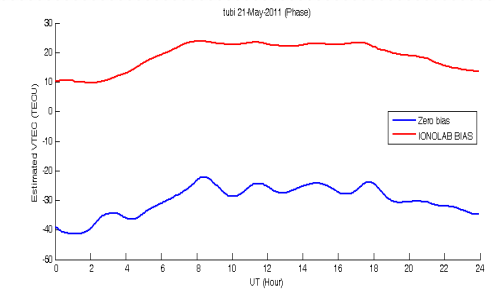
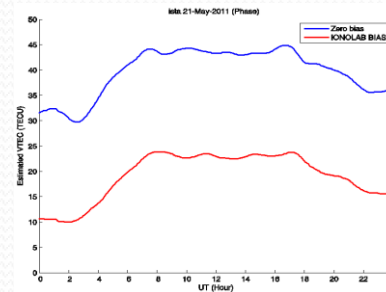
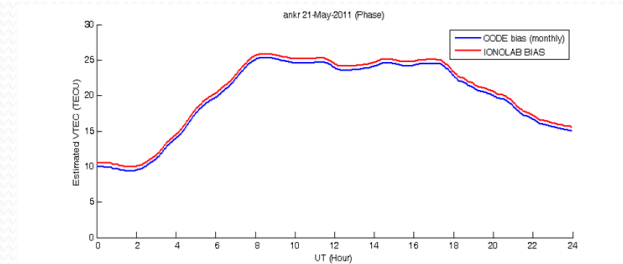
Show IONEX data:

Output Type: Graphics Excel



IONOLAB-BIAS

IONOLAB grubu özgün alıcı yanlılığı hesaplama yöntemi

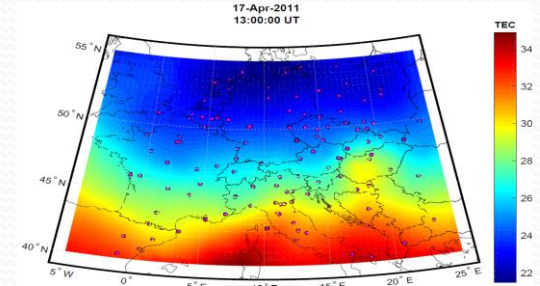
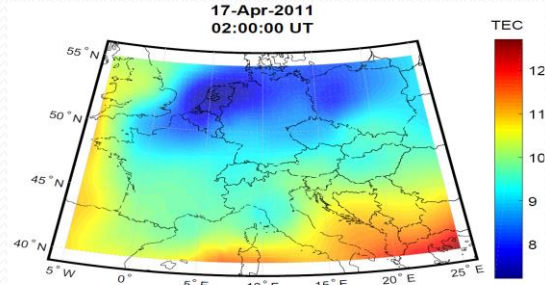
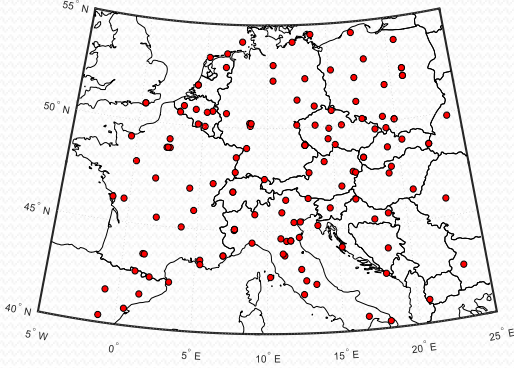


IONOLAB-MAP (1)

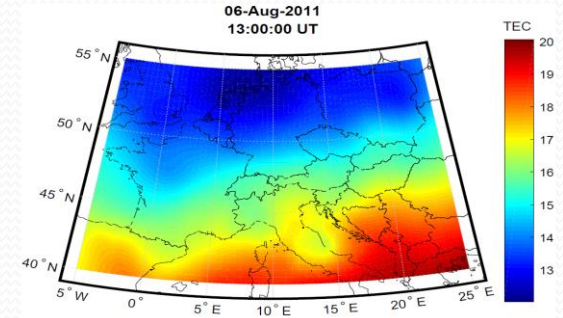
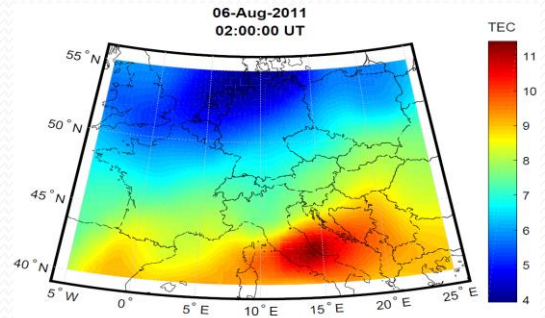
- **IONOLAB-MAP**, GPS ağlarından kestirilen TEİ ve Global Ionospheric Maps (GIM) haritalarının veri füzyonu ile geliştirilen Krigleme tabanlı özgün haritalama (2-B uzaysal aradeğerleme) yöntemidir.
 - Adım 1: GIM-TEİ ve IONOLAB-TEİ, düzgün dağılmış ve düşük çözünürlüklü ızgara üzerinde Uzaklığın Tersisi ile Ağırlıklandırma ile sıralanır.
 - Adım 2: Yarıdeğişinti fonksiyonları Particle Swarm Optimization (PSO) ile Matern ailesinden otomatik olarak en yüksek olası uzaysal çözünürlük hesaplanarak seçilir.
 - Adım 3: Kutupsal ve Ekvatorial bölgelerde Ortalamalı Krigleme (Ordinary Kriging), Orta Enlem Bölgelerinde (Evrensel Krigleme Doğrusal Yönseme) ile yüksek uzay ve zaman çözünürlüklü aradeğerleme yapılır.
- Kullanıcı dostu algoritma sadece bölgeyi belirleyen koordinatları, tarih ve zaman bilgisini alarak olası en yüksek çözünürlüklü TEİ haritasını oluşturur ve kaydeder.
- IONOLAB-MAP foF₂ ve hmF₂ gibi diğer iyonküre parametrelerinin haritalanmasında da yüksek doğruluk ve çözünürlükle kullanılabilir.

IONOLAB-MAP (2)

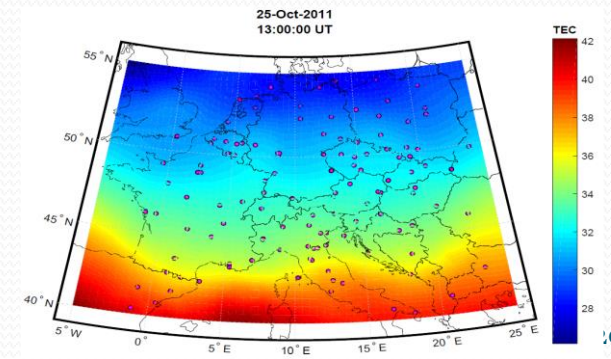
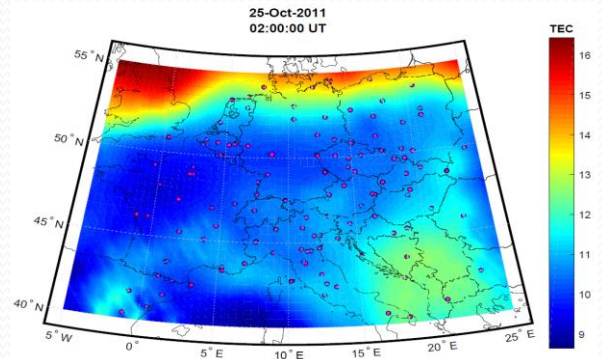
17 Nisan 2011, Bozulmasız



6 Ağustos 2011, Bozulmalı



25 Ekim 2011, Bozulmalı



EUREF Ağı, 176 Alıcı

IONOLAB-MAP
uzaysal çözünürlük

$0.5^\circ \times 0.5^\circ!$

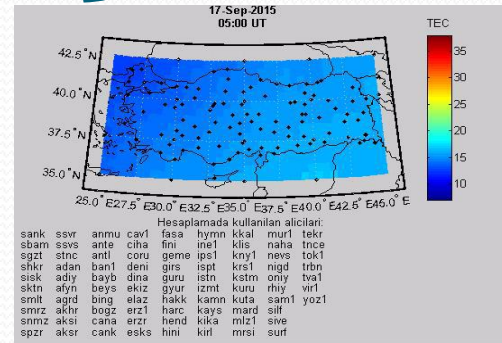
Zamansal

Çözünürlük

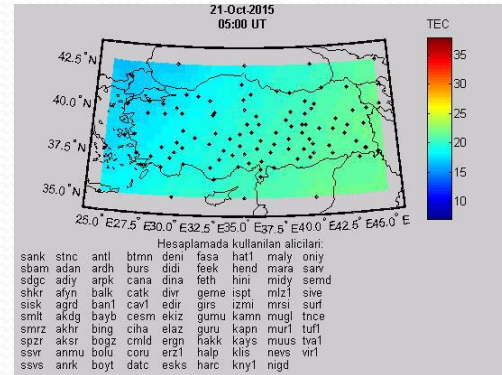
30 s!

IONOLAB-MAP (3)

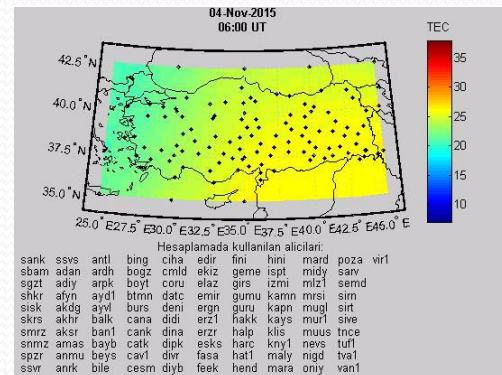
- 17 Eylül 2015 – Sakin/Bozulmasız Gün



- 21 Ekim 2015 – Pozitif Bozulmalı Gün



- 4 Kasım 2015 – Negatif Bozulmalı Gün

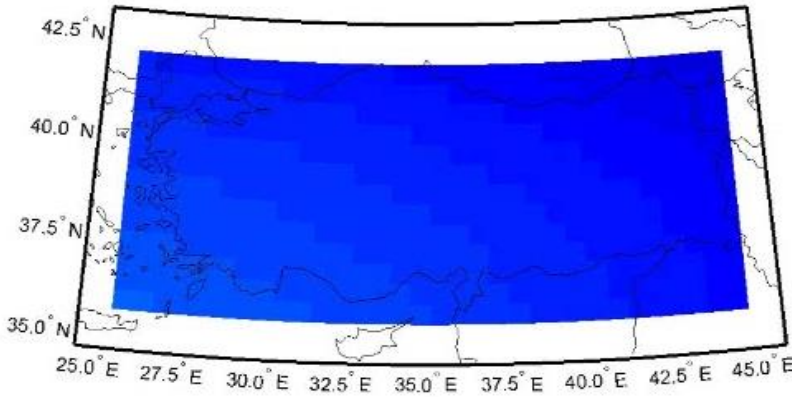


IONOLAB-MAP (4)

- İyonkürenin en çok kullanılan parametreleri olan F2 katmanı kritik frekansı, foF2, ve enbüyük iyonlaşma yüksekliği, hmF2, fırtınalı günlerde önemli değişkenlik gösterir ve gradyanların değişmesine neden olurlar.
- Bu parametreler doğrudan geniş alanlarda ölçülemez ancak geriçatma teknikleri kullanılarak kestirilebilirler.

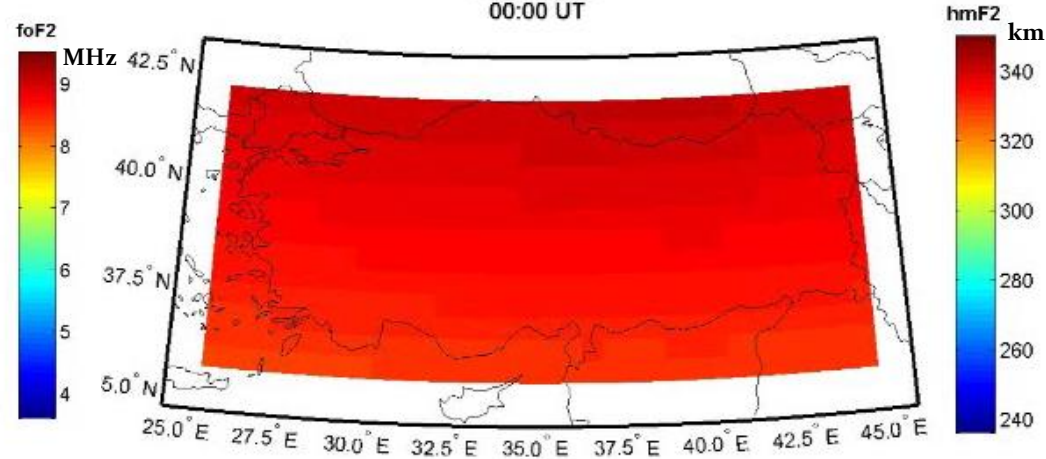
IRI-Plas-GK-foF2: Bozulmalı Gün

Universal Kriging using GIM
25-Oct-2011
00:00 UT



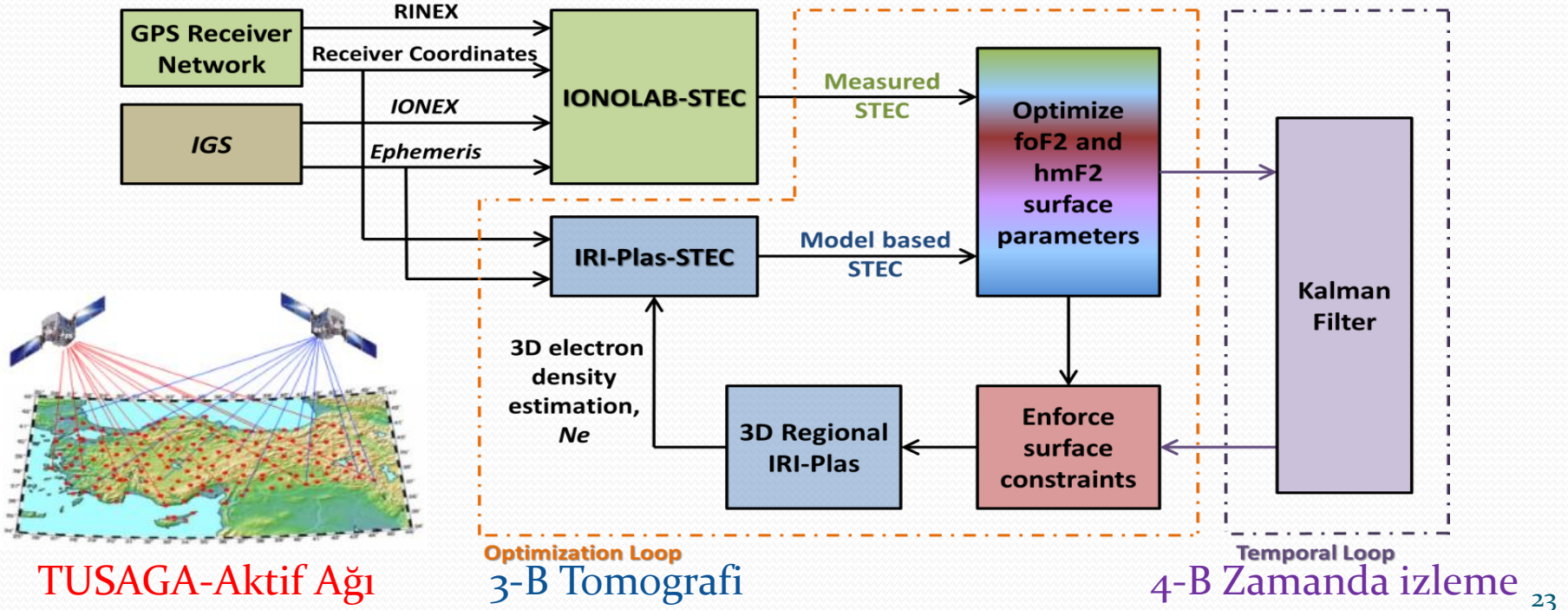
IRI-Plas-GK-hmF2: Bozulmalı Gün

Universal Kriging
25-Oct-2011
00:00 UT



IONOLAB-CIT (1)

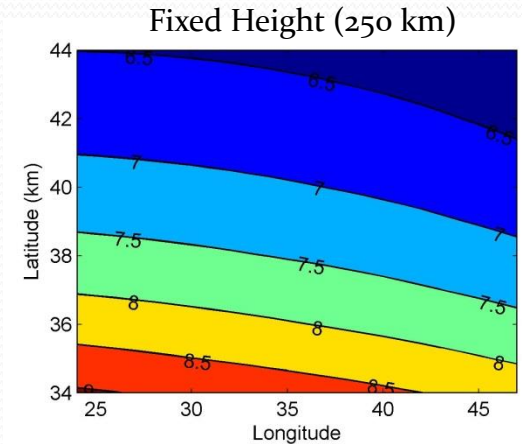
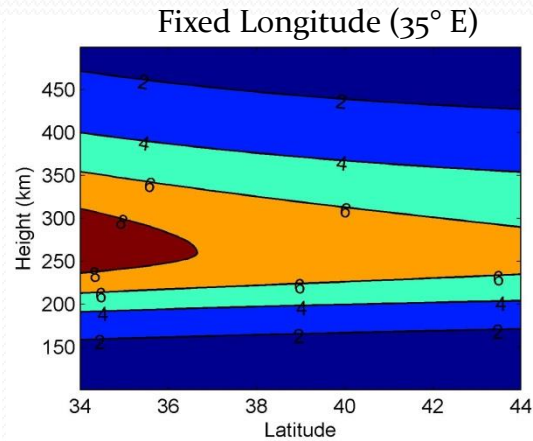
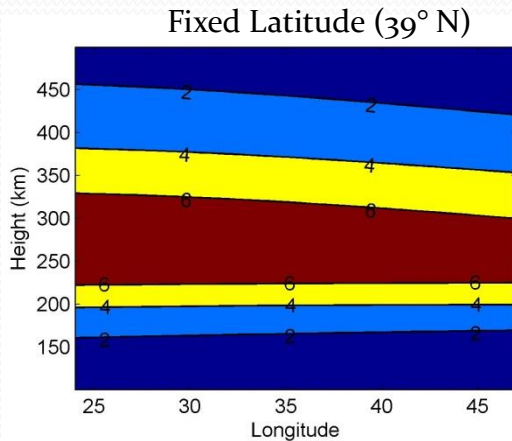
- YKS-ETEİ (GPS-STEÇ) bir ađ uzerinden toplanarak iyonkure elektron yoğunluğu bir iyonkure modeli altında gericatilabilir.
- Bilgisayarlı İyonkure Tomografisi (BİT)
- İONOLAB grubu, gerek yerkuresel gerek bolgesel ozgun BİT algoritmaları geliştirmiştir.



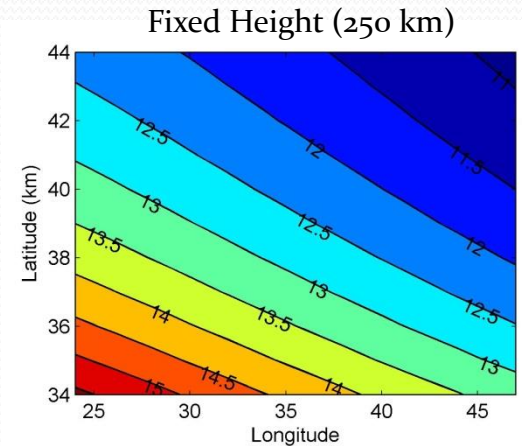
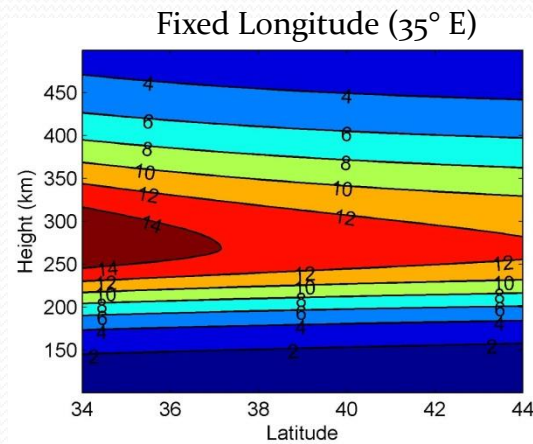
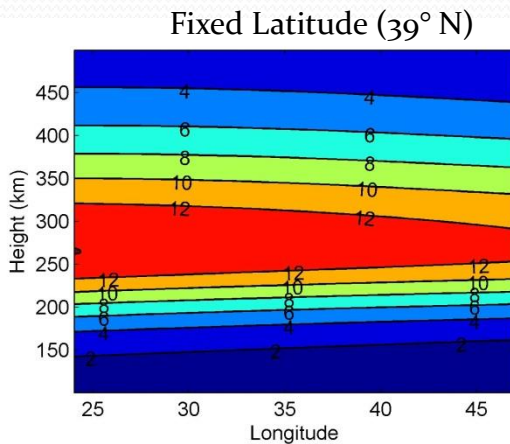
IONOLAB-CIT (2)

10 Mart 2011, 12:00 GS, Pozitif Bozulmalı Gün

IRI-Plas electron density slices (10^{11} el/m²)



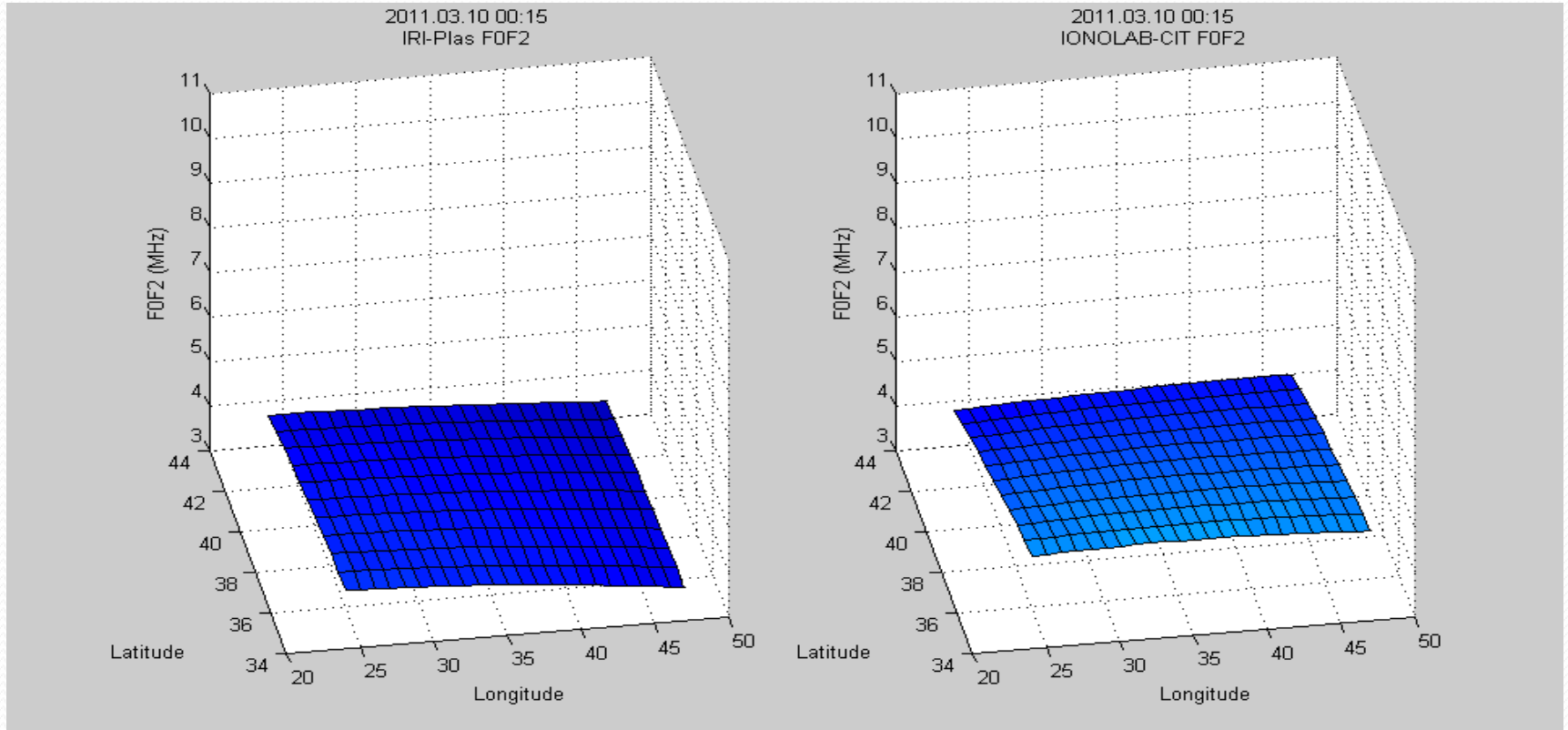
IONOLAB-CIT electron density slices (10^{11} el/m²)



IONOLAB-CIT (3)

10 Mart 2011, Pozitif Bozulmalı Gün,

IRI-Plas ve IONOLAB-CIT Türkiye üzerinde foF2 düzlemleri



Online IRI-PLAS

- IRI Extended to Plasmasphere (IRI-Plas), Dr. Tamara L. Gulyaeva tarafından IRI modelinin YKS yörünge yüksekliği olan **20.200 km'ye kadar** model parametrelerini hesaplayabilen ve **TEİ** değerlerine göre F2 kritik frekansı, foF2'yi ölçekleyebilen yeni sürümüdür.
- IONOLAB Grubu, FORTRAN dilinde yazılmış ve kullanımı kolay olmayan algoritmayı, IRI sayfasına benzer şekilde çevrimiçi olarak www.ionolab.org adresinden uzay havası servisi olarak sunmaktadır.
- Birden fazla girdi seti verilebilir
 - 1) IRI-Plas, dışardan veri verilmeden
 - 2) IRI-Plas, iyonosonda foF2 değeri
 - 3) IRI-Plas, YKS-TEİ (GPS-TEC) değeri
- Çıktılar, girdi seti sırası ile indirilebilir ya da ekrandan okunabilir.
- URSI iyonosonda koduna sahip istasyonlar ve IGS ağı alıcılarının koordinatları otomatik olarak seçilebilir.
- Dokuz farklı güneşsel ya da jeomanyetik indis seçilebilir.
- IRI-Plas orta enlem bölgelerinde TEİ girdisi ile iyonküre güncellemesinde IRI modeline göre daha başarılı olmuştur.

Required Inputs

[01-01-1958 - 30-10-2015]

UTC Local Time

°N °E Geocentric Geomagnetic

Optional Inputs

MHz [2 MHz - 15 MHz]

F2-peak Height (hmF2) km [100 km - 999 km]

Propagation Factor (M3000F2) [1.5 - 4.0]

TECU [0 - 300 TECU] **GIM TEC** (since 1998-06-01)

Sunspot Number (Rz12) [0 - 400]

F10.7 Radio Flux (F10.7D) sfu [0 - 400 sfu]

[0 - 9]

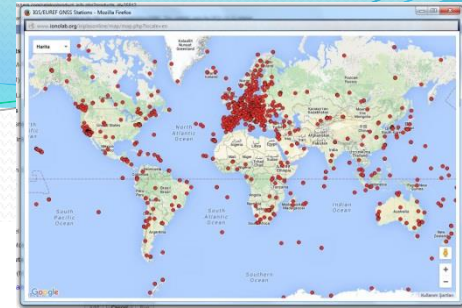
CCIR URSI

On Off

Optional Outputs

Generate Ne(h) & fN(h) profiles On Off

Currently, there are 5 entries in the list.



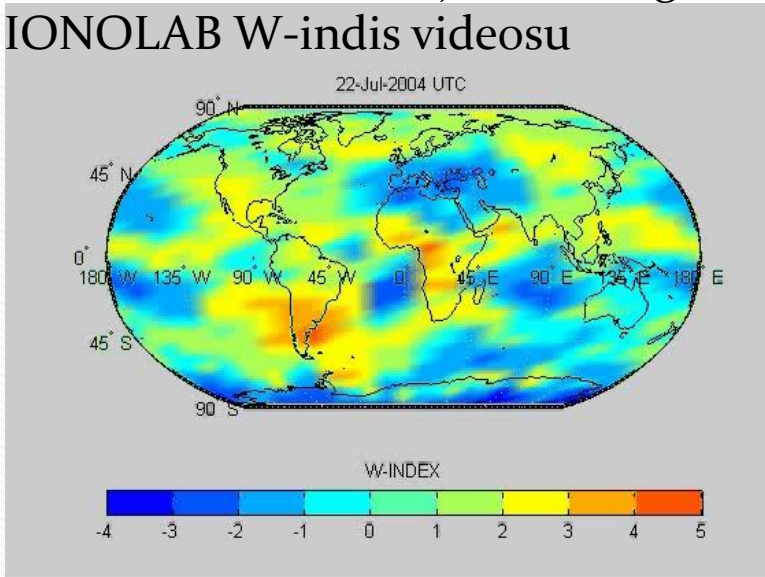
GIM TEC values for (13.65N, 100.53E) location on 2014-09-17 06:15 UTC.

Please select a TEC value from the GIM TEC list below by clicking on the desired value.

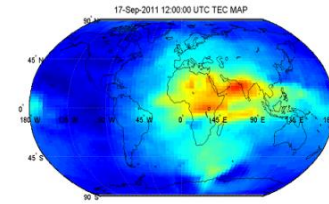
GIM (Org)	TEC (TECU)
CODE	38.02
JPL	27.70
gAGE/UPC	23.56
IGS	27.92
ESA ESOC	22.22
AVERAGE	23.92
MEDIAN	27.70
CODE (input)	22.43
JPL (input)	27.52
gAGE/UPC (input)	23.56
gAGE/UPC (input 1-hour rms)	28.20
gAGE/UPC (input 15-min rms)	28.38
IGS (input)	27.92
ESA ESOC (input)	20.25
ESA ESOC (input 1-hour rms)	21.27
CODE (1-day predicted)	27.69
CODE (1-day predicted)	21.63
gAGE/UPC (1-day predicted)	28.92

IRI-PLAS-MAP

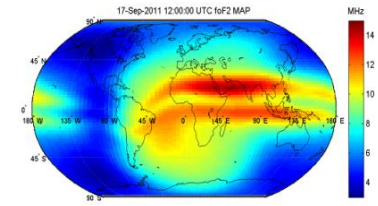
- 22-29 Temmuz 2004 jeomanyetik fırtınasının fırtına şiddetini gösteren IONOLAB W-indis videosu



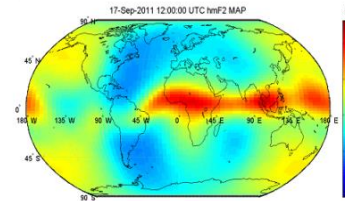
IRI-Plas GIM input TEC



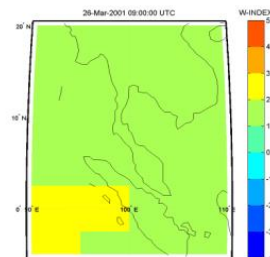
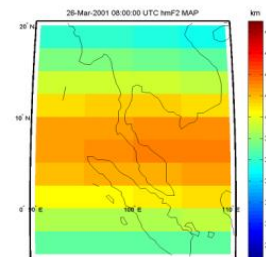
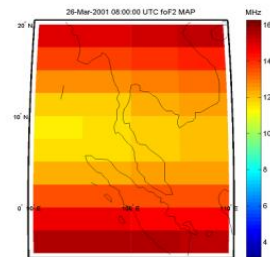
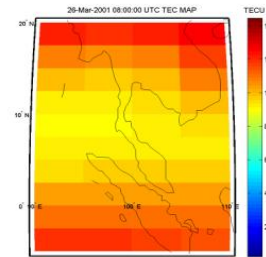
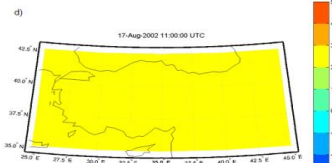
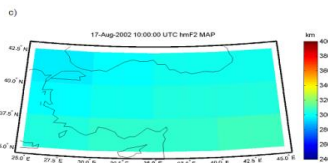
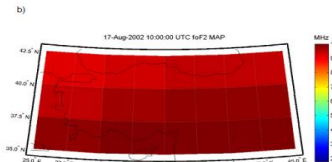
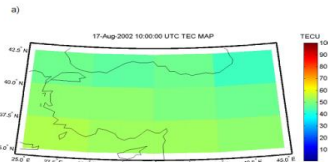
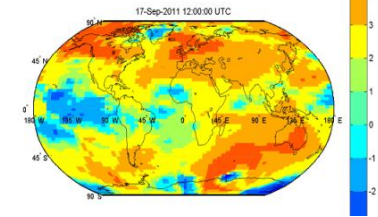
IRI-Plas foF2



IRI-Plas hmF2



W-INDEX

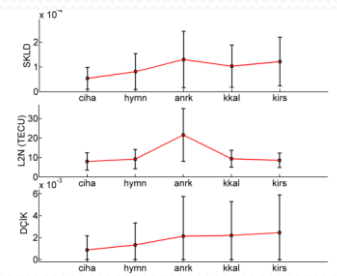
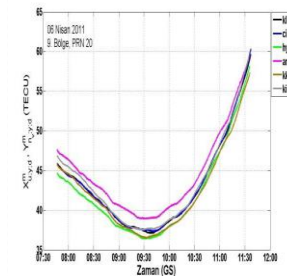
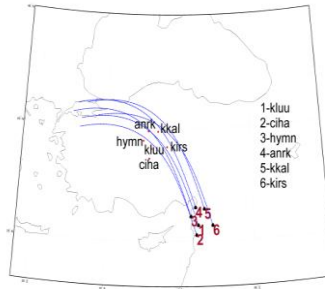
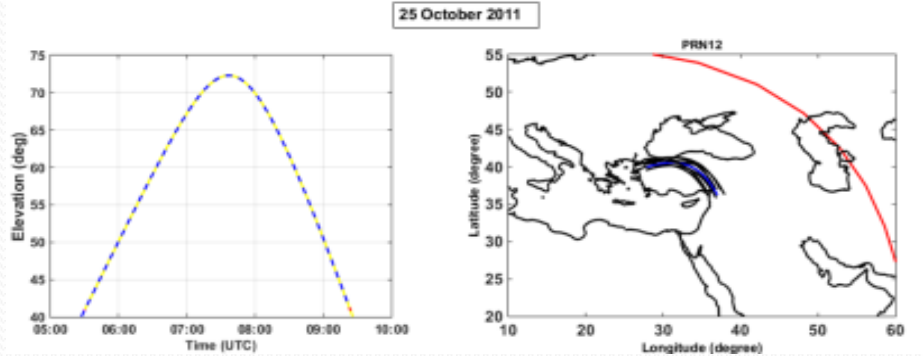
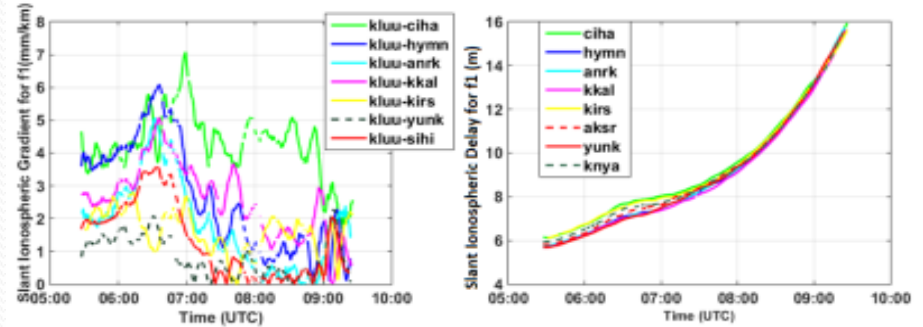


UZAY-ZAMAN İSTATİSTİKLERİ VE ÇÖZÜMLEME TEKNİKLERİ (1)

- IONOLAB grubu, orta enlem bölgesi için iyonkürenin uzay-zaman istatistiklerinin belirlenmesi ve bozulmaların nitelendirilmesi için

- Differential Rate Of TEC (DROT)
- IONOLAB-PDF
- IONOLAB-FFT
- IONOLAB-GRAD

yöntemlerini geliştirmiş ve Türkiye İyonküresine 2009-2015 arasında yaklaşık bir yarım güneş döngüsünde uygulamıştır.

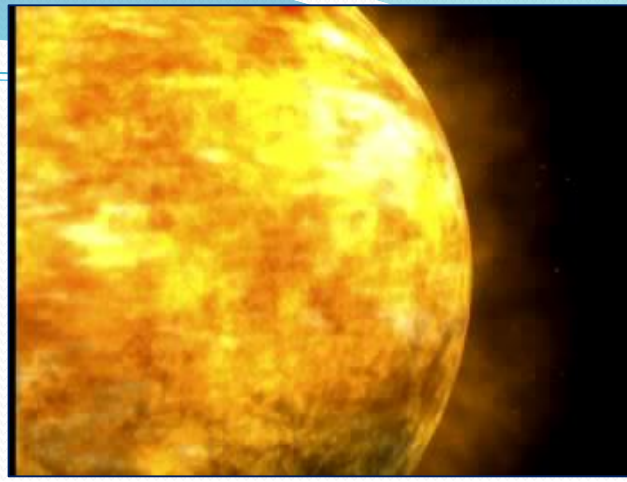


UZAY-ZAMAN İSTATİSTİKLERİ VE ÇÖZÜMLEME TEKNİKLERİ (2)

- Türkiye iyonküresinin Geniş Anlamda Durağanlık (GAD) süresi ortanca değeri 11 dakikadır. Fırtınalı ve bozulmalı günlerde bu süre 5 dakikaya kadar azalmaktadır.
- GPS ağı alıcılarının arası en fazla 70 km ile 100 km olmalıdır. 100 km'den sonra konumsal ilinti hızla azalmaktadır.
- Türkiye iyonküresinin döngüsel değişimleri yönsemeye iyonkürenin genel döngülerini izlemektedir. Bir yıl içerisinde izlenen en güçlü döngüler sırasıyla 23-24 sa, 11-12 sa, 6-8 sa, 6-7 gün, 26-28 gün, 13-15 gündür.
- Güneş hareketliliğinin az olduğu yıllarda yerküre kaynaklı döngüsel KİBler, yüksek olduğu yıllarda Güneş kaynaklı fırtınasal KİBler daha fazla izlenmektedir.
- Doğu Karadeniz (Rize-Trabzon-Artvin) ve İskenderun Körfezinde (Mersin-Adana-Antakya) iyonkürenin karaya doğru gradyanı diğer bölgelerden fazladır.
- Dağlık bölgelerde (özellikle Toroslar üzerinde) iyonküre üzerinde farklı türden bozulmalar tespit edilmiştir. Yerçekimi (gravite) ya da meteorolojik (basınç) kaynaklı olabileceği değerlendirilmektedir. İncelemeler sürmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

- İyonküre yere yakın uzayın en önemli katmanıdır ve özelliklerinin belirlenmesi hem bilimsel hem mühendislik açılarından çok önemlidir.
- Türkiye üzerindeki iyonkürenin tanımlanması, belirlenmesi ve karakteristiğinin çıkarılması ülkemiz açısından bilimsel ve stratejik öneme sahiptir.
- **IONOLAB grubu** iyonküre ve yakın uzay, havaküre ve kayaküre üzerine çalışan ve GPS dışında elektrik alan, manyetik alan, sıcaklık, ionosonda, sismik hareketlilik gibi ölçümleri alan, toplayan ve bunlarla çalışan **tüm araştırmacı ve gruplarla işbirliğine açıktır.**
- DAG optik teleskobu ve diğer ölçümleri için iyonküreyi 1-B, 2-B, 3-B ve 4-B'de yüksek çözünürlüklü görüntüleyebilen özgün yöntemlerimiz; iyonküre bozulmalarını kestirebilen ve yakın-gerçek zamanda niteleyebilen özgün yöntemlerimiz kullanıma açıktır.



TEŞEKKÜRLER

- TÜBİTAK 105E171
- TÜBİTAK 109E055
- Ortak TÜBİTAK 110E296 ve RFBR 11-02-91370-CTa
- Ortak TÜBİTAK 112E568 ve RFBR 13-02-91370-CTa
- Ortak TÜBİTAK 114E092 ve AS CR 14/001
- TÜBİTAK 114E541
- TÜBİTAK 115E915

Çalıştay daveti ve ağırlama için Doç. Dr. Cahit Yeşilyaprak ve ATASAM'a sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

- Hem sıradan Hem sıradışı dalga için kırılma indisi
Appleton-Hartree Formülü

$$n^2 = 1 - \frac{X}{1 - jZ - \frac{Y^2 (\sin \theta)^2}{2(1 - X - jZ)} \pm \left[\frac{Y^4 (\sin \theta)^4}{4(1 - X - jZ)^2} + Y^2 (\cos \theta)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$X = N_e e^2 / \epsilon_0 m \omega^2 = f_N^2 / f^2$$

$$Y = eB / m\omega = f_h / f$$

$$Z = f_v / f$$

n^2 - square of the refractive index

N_e - electron density

f_N - plasma frequency

f - operation frequency

B - magnitude of the geomagnetic field

f_h - cyclotron frequency

f_v - collision frequency

e - charge of an electron

m - mass of an electron

ϵ_0 - dielectric constant in free space

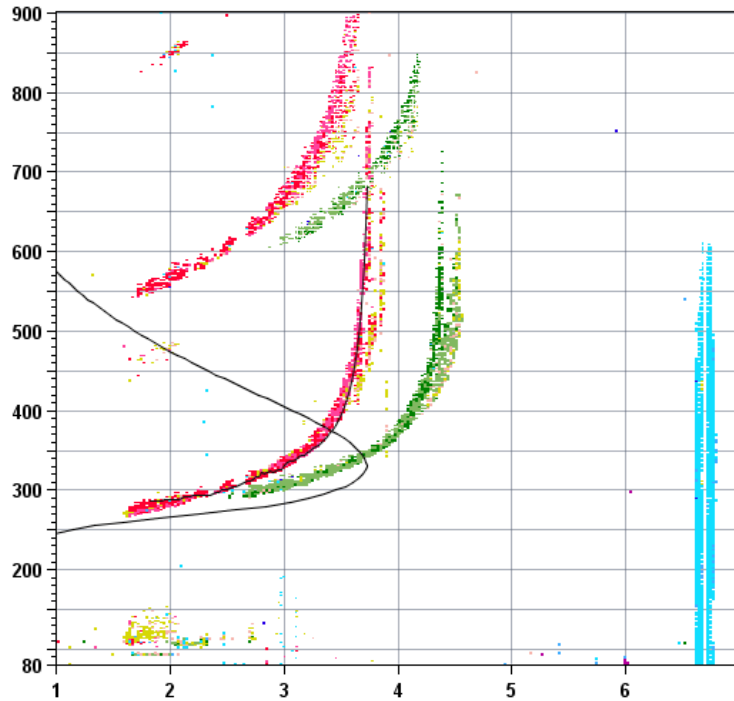
θ - angle between the propagation vector of the incident wave and the direction of the geomagnetic field

Örnek iyonogram



Station YYYY DAY DDD HHMMSS P1 FF S AXN PPS IGA PS
 Pruhonice 2015 Nov18 322 001500 RSF 005 2 713 100 03+ c3

```
foF2 3.725
foF1 N/A
foF1p N/A
foE N/A
foEp 0.44
fxI 4.55
foEs N/A
fmin 1.83
-----
MUF(D) 10.95
M(D) 2.94
D N/A
-----
h'F 286.5
h'F2 286.5
h'E N/A
h'Es N/A
-----
hmF2 330.6
hmF1 N/A
hmE N/A
yF2 77.7
yF1 N/A
yE N/A
BO 64.8
B1 3.80
-----
C-level 11
Auto:
Artist5
500200
```



```
D 100 200 400 600 800 1000 1500 3000 [km]
MUF 4.3 4.4 4.5 4.8 5.1 5.7 7.2 11.0 [MHz]
```

PQ052_201522001500.RSF / 240fx512h 25 kHz 2.5 km / DPS-4D PQ052 050 / 50.0 H 14.6 E

Ion2Png v. 1.3.11