

## İki Farklı Güneş Maksimumunda İyonosferik Ne ile GLS ve F10.7 Güneş Parametrelerinin Karşılaştırılması

Mehmet Gür, Ramazan Atıcı, Selçuk Sağır\*  
Muş Alparslan Üniversitesi  
Fizik Bölümü  
Muş

[2010102004@alparslan.edu.tr](mailto:2010102004@alparslan.edu.tr), [r.atici@alparslan.edu.tr](mailto:r.atici@alparslan.edu.tr),

\*Muş Alparslan Üniversitesi  
Fizik Bölümü  
Muş  
[s.sagir@alparslan.edu.tr](mailto:s.sagir@alparslan.edu.tr)

**Özet:** Bu çalışmada, Türkiye'nin Ankara ili koordinatları için IRI-2016 modeli ile 23 ve 24. Güneş devirlerinin maksimum yılları olan 2002 ve 2014 yıllarında elde edilen elektron yoğunluğu (Ne) değerlerinin değişimi incelenmiştir. Bu değişimin güneş parametreleri (Güneş Lekesi Sayısı (GLS) ve F10.7 güneş akısı) ile olan ilişkisi RMSE ve MAPE metrikleri kullanılarak araştırılmıştır. Araştırma neticesinde Ne, GLS ve F10.7 için iki maksimum yıllardaki standart sapma değerlerinin RMSE değerlerinden daha düşük olduğu görüldü. MAPE değerlerine göre Ne değerlerinde GLS ve F10.7'ye göre daha fazla bir sapma var. Bu fark özellikle modelin başka parametreleri de hesaba katması anlamına gelmektedir.

**Abstract:** In this study, the variation of electron density (Ne) obtained by IRI-2016 model in the years of 2002 and 2014, in which the maximum years of 23rd and 24th solar cycles, was investigated. The relationship of this change with solar parameters (Sunspots number (SSN) and F10.7 solar flux) was investigated using root mean square error (RMSE) and mean absolute percentage error (MAPE) metrics. As a result of the research, it was seen that the standard deviation values for the two maximum years for Ne, SSN and F10.7 were lower than the RMSE values. According to the MAPE values, there is a greater deviation in Ne values than SSN and F10.7. This difference especially means that the model takes into account other parameters.

### 1. Giriş

Uluslararası Referans İyonosfer (IRI) modeli altmışların sonlarında Uzay Araştırmaları Komitesi (COSPAR) ve Uluslararası Radyo Bilimi Birliği (URSI) tarafından oluşturulan bir çalışma grubunun dünya çapındaki iyonosondalar, güçlü tutarsız saçılma radarları, ISIS ve Alouette tepe sondaları ve birçok uydu ve roket üzerinde yerinde ölçüm sağlayan veri kaynakları kullanarak geliştirdiği ampirik bir modeldir. Bu model özel IRI çalışmaları ile belirli aralıklarda sürekli güncellenmektedir. Bu güncellemeler neticesinde şu an kullanılan en sürüm IRI-2016 sürümüdür[1].

IRI modeli ile belirli bir konum, zaman ve tarih için 50 ile 2000 km arasındaki yüksekliklerde elektron yoğunluğu, elektron sıcaklığı, iyon sıcaklığı, iyon bileşimi, ekvatorial dikey iyon sürüklenmesi, dikey iyonosferik elektron içeriği(vTEC), F1-olasılığı, spread-F olasılığı, iyonosferik fırtınaların F ve E tepe yoğunlukları üzerindeki etkileri belirlenebilir[1].

IRI modeli iyonosferik fizik başta olmak üzere uzay havası ve navigasyon gibi alanlarda araştırmalar yapanların sıklıkla kullandığı bir modeldir[2-9]. İyonosferik elektron yoğunluğunun değişiminin güneş maksimumu ve minimumlarındaki değişimlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi hem radyo frekans haberleşme hem de uydu haberleşesi için büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda Türkiye iyonosferindeki elektron yoğunluk değişimlerinin de doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada 23 ve 24. güneş devirlerinin maksimum olduğu 2002 ve 2014 yıllarının öğlen saatlerindeki Ne değişimleri ile aynı yıllardaki GLS ve F10.7 güneş akısı değişimleri çeşitli istatistiksel araçlarla karşılaştırılmıştır.

### 2. Materyal ve Metot

Elektron yoğunluğu değerleri Türkiye'nin Ankara İli koordinatlarında (39,23 K, 32,50 D) 2002 ve 2014 için yerel zaman (YZ) saat 1200 de elde edildi. Bu değerler IRI modelinin son sürümü olan IRI-2016 versiyonunun internet arayüzü ([https://cmcc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/iri2016\\_vitmo.php](https://cmcc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/iri2016_vitmo.php)) kullanılarak elde edildi. Bu değerler

elde edilirken sadece konum, zaman, saat bilgileri girildi. Diğer bilgilerde modelin varsayılan seçeneklerine dokunulmadı.

GLS ve F10.7 değerleri NASA tarafından sağlanan <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html> web adresinden aynı yıllar için elde edildi.

Elde edilen Ne, GLS ve F10.7 değerlerinin iki farklı güneş maksimumundaki değerlerinin genel davranışı Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) metrikleri kullanılarak yorumlanmıştır.

Buna göre RMSE ve MAPE sırasıyla

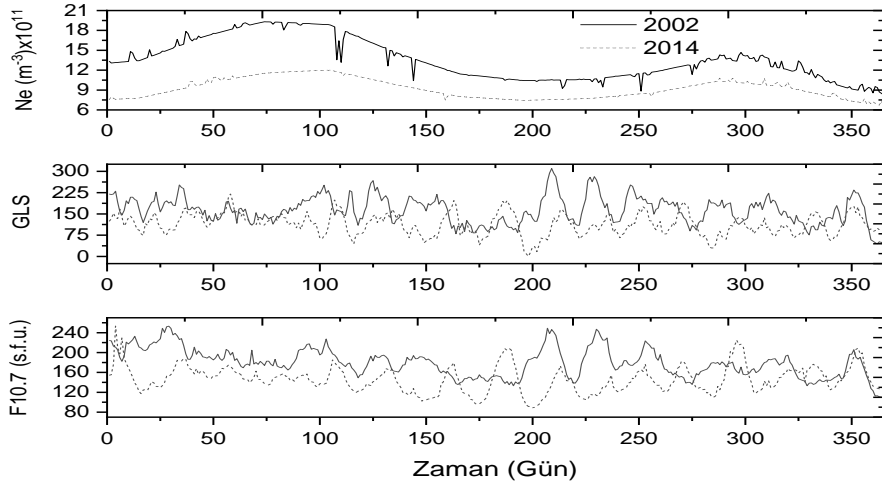
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n e_j^2}{n}} \quad (1)$$

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{j=1}^n \frac{e_j}{A_j} \quad (2)$$

formülü ile hesaplanır. Burada n toplam veri sayısını,  $e_j = A_j - P_j$  gerçek değerden tahmin değerinin çıkarılması ile elde edilen değeri gösterir.

### 3. Bulgular

Bu çalışmada Ankara ili koordinatları için 2002 ve 2014 güneş maksimumu yıllarında IRI-2016 modelinden elde edilen Ne değerleri ile GLS ve F10.7 değerlerinin değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. 23 ve 24. Güneş devri maksimum yıllarında elektron yoğunluğunun (üst panel), güneş lekesi sayısının (orta panel) ve F10.7 güneş akısının (alt panel) yıllık değişimi.

Şekil incelendiğinde 2002 maksimum yılındaki Ne değerlerinin yıl boyunca 2014 yılındakinden daha büyük olduğu görülmektedir. Benzer şekilde güneş parametrelerinin de yıl boyunca 2002 yılında 2014 yılındakilerden genel olarak daha yüksek olduğu ifade edilebilir. Böyle bir değişim iyonosferik elektron yoğunluğu üzerinde birincil kaynak olan Güneş'in açık bir etkisini göstermektedir.

Farklı iki güneş devrinin maksimum yıllarında iyonosferik Ne nin ve Güneş parametrelerinin ortalamadan ne kadar saptığını tespit etmek için RMSE, MAPE ve standart sapma değerleri hesaplandı. Hesaplanan değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ne, GLS ve F10.7 parametreleri için istatistiksel sonuçlar.

	RMSE	MAPE	stdsapma-2002	stdsapma-2014
Ne	4.75018E+11	30.9202	3.06E+11	1.46E+11
GLS	78.40923555	23.66653	47	38
F10.7	51.68613152	16.52705	29	27

Genellikle bir modelin tahmin performansını belirlemek için kullanılan RMSE ve MAPE metrikleri bu çalışmada iki farklı güneş devri maksimumunda Ne, GLS ve F10.7 parametrelerinin sapmasını hesaplamak için kullanıldı. Hesaplama neticesinde RMSE değerlerine göre üç parametrenin değerlerinin her iki yıldaki Ne, GLS ve F10.7 değerlerinin standart sapmasından daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Ne değerlerindeki değişimin güneş parametrelerindeki değişime nazaran daha az olduğu söylenebilir. Bununla birlikte MAPE

değerlerine göre Ne değerlerinde iki yıl arasında %31 lik bir sapma varken GLS ve F10.7 değerlerinde sırasıyla %24 ve %17 lik bir sapma vardır. Ne değerlerindeki sapmanın diğer parametrelerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu fark Ne değerlerinin iki yıl arasındaki sapmasına başka parametrelerinde etki ettiğini gösterir.

#### **4. Sonuçlar**

Bu çalışmada iki farklı güneş devrinin maksimum yıllarındaki iyonosferik elektron yoğunluğunun ve güneş parametrelerinin değişimi RMSE ve MAPE metrikleri ile incelenmiştir. İnceleme neticesinde ampirik bir model olan IRI modelinin Türkiye'nin Ankara ili üzerindeki iyonoferdeki elektron yoğunluğu değişimini tam olarak doğru bir şekilde tahmin edemediği söylenebilir.

#### **Kaynaklar**

- [1] <https://iri.gsfc.nasa.gov/>, 16.04.2021.
- [2] Bilitza D. Advances in Radio Science, 16, 1-11, 2018.
- [3] Bilitza D., Altadill D., Truhlik V., Shubin V., Galkin I., Reinisch B. ve Huang X., Space Weather, 15, 418-429, 2017.
- [4] Bilitza D., Altadill D., Reinisch B., Galkin I., Shubin V. ve Truhlik V., EGU General Assembly Conference Abstracts, EPSC2016-9671, 2016.
- [5] Arıkan F., Sezen U. ve Gulyaeva T.L., Journal of Geophysical Research: Space Physics, 124, 8092-8109, 2019.
- [6] Atıcı R., Sağır S., Emelyanov L.Y. ve Yashenko M. L., Wireless Personal Communications, 1-13, 2021.
- [7] Atıcı R., Astrophysics and Space Science, 363, 1-9, 2018.
- [8] Tariq M.A., Shah M., Ulukavak M. ve Iqbal T., Advances in Space Research, 64, 707-718, 2019.
- [9] Timoçin E., Ünal İ. ve Göker Ü., Geomagnetism and Aeronomy, 58, 846-856, 2018.