

**TOMS VE OMI UYDU TÜRKİYE OZON VERİLERİNİN CBS ÜRÜNLERİYLE
ANALİZİ (1979-2012)**

Mithat EKİCİ¹, Osman ESKİOĞLU¹, Yılmaz ACAR¹, Mesut DEMİRCAN¹, Alper AKÇAKAYA¹,

¹ *Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, 06 120,
Kalaba/Ankara,*

*mekici@mgm.gov.tr, oeskioglu@mgm.gov.tr, yacar@mgm.gov.tr,
mdemircan@mgm.gov.tr, aakcakaya@mgm.gov.tr*

ÖZET

Ozon, gezegenimizi çevreleyen atmosfer içinde önemli bir iz gaz olarak tanımlanır. Stratosferdeki ozon, güneş ışınlarının zararlı kısmını emme yeteneğine sahiptir. TOMS (Toplam Ozon Haritalama Spektrometresi) uydu ozon programı, 24 Ekim 1978 tarihinde Nimbus-7 ile başlamış ve 1993 yılına kadar devam etmiştir. Meteor-3 TOMS, 22 Ağustos 1991 tarihinden itibaren ölçüme başlamış ve faaliyetini 24 Kasım 1994 tarihinde sonlandırmıştır. Uydu ozon verilerinde; Kasım 1994 ile Temmuz 1996 yılları arasında yaklaşık 20 aylık ölçümsüz boş dönem yaşanmıştır. Earth Probe uydusu ise 31 Aralık 2005 tarihine kadar faaliyetine devam ettirilmiştir. Aura uydusu üzerine konulan OMI (Ozone Monitoring Instrument) ozon ölçüm cihazı ile 2004 yılı Temmuz ayında ozon ölçümü başlamış ve halen devam etmektedir.

Bu çalışmada, <http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/> web sitesinde yayınlanan küresel uydu toplam sütun ozon verisi bir kod ile indirilmiştir. Küresel veri seti içerisinde 1979-2012 (34 yıl) periyoduna ait ve 25° - 45° Doğu Boylamı ile 34° - 42° Kuzey Enlemi aralığındaki Türkiye koordinatlarına ait veriler ayrıştırılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bu veriler 1° x 1.25° çözünürlüğünde ve Türkiye'yi kapsayan 82 adet grid'den oluşmaktadır. Bu veriler yardımıyla Türkiye'ye ait aylık, mevsimlik ile yıllık toplam ozon eğilim grafiği çizdirilmiş, dağılım haritaları ise CBS ortamında yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelime: Ozon Uydu Verisi, Toplam Ozon, Dobson Birimi, Mevsimsel Ozon, CBS

ABSTRACT

Ozone is a key trace gas in the atmosphere surrounding our planet. Ozone in the stratosphere absorbs the detrimental part of the solar radiation, thus protecting life (in its present form) at the Earth's surface.

TOMS ozone Nimbus-7 satellite program started on October 24, 1978 and continued until 1993. Meteor-3 TOMS started in 22 August 1991 and operated until November 1994. There was an empty period in satellite data from November 1994 to July 1996. Earth Probe satellite worked until December 2005. OMI (Ozone Monitoring Instrument on Aura) has started to measure ozone data from July 2004 to present.

In this study, global total column ozone which is published in <http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/> website data have been used. The data is downloaded for Turkey's (25° - 45°; 34° - 42°N) and for the period 1979-2012 by a script. These data has 82 grid points for Turkey for the 1979-2012 periods. The resolution of the data is 1° x 1.25°. Annual, seasonal and monthly Turkey's total column ozone's graphics were prepared by these data. Data also were mapped in GIS and results were interpreted.

Keywords: Ozone Satellite Data, Total Ozone, Dobson Units, Seasonal Ozone, GIS

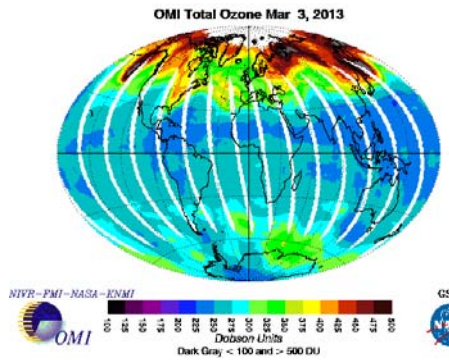
1. GİRİŞ

Ozon, gezegenimizi çevreleyen atmosfer içinde önemli bir iz gaz olarak tanımlanır. Stratosferdeki ozon, güneş ışınlarının zararlı kısmını emme yeteneğine sahiptir. Bu sayede yeryüzündeki canlı hayatını korur. Ancak, stratosferik ozon tabakası, ozon tabakasına zarar veren maddeler ve insan yapısı kimyasallar (CFCs, Br vb.) yüzünden tehlike altındadır (1). Ozon, ekvator kuşağı üzerindeki stratosfer tabakasında bütün bir yıl boyunca üretilmekte ve hava hareketleri ile buradan kutuplara doğru taşınmaktadır. Ozonun en çok bulunduğu stratosfer tabakasının alt kısımları ise tropopoz yüksekliği ile belirlenebilmektedir. Toplam sütun ozonunun dünya ortalaması 300 Dobson birimi (Dobson Unit, DU) civarında olup, coğrafyaya bağlı olarak 230 ile 500 Dobson birimi arasında değişmektedir. Toplam ozon ortalaması, ekvator kuşağı üzerinde 240 DU ile en düşük değere sahipken ekvator dan kutuplara doğru gidildikçe 400 DU'ya kadar artış göstermektedir (9). Bir Dobson birimi, ozon hacminin yaklaşık milyarda bir kısmının (1 ppbv), ortalama atmosferik konsantrasyonunu ifade eder. $1 \text{ DU} = 10^{-3} \text{ atm-cm} = 0.01 \text{ mm} = 10^{-5} \text{ m}$ 'dir (11). Stratosferik ozon, orta enlem bölgelerinde son birkaç on yıl için belli oranda düşüş eğilimine girmiştir (2). 2006-2009 ortalama toplam ozon değerleri; 1964-1980 ortalamalarına göre son on yıldır ise aynı düzeyde kalırken, 90°S - 90°N için yaklaşık %3,5 ve 60°S-60°N için %2,5 altında gerçekleşmiştir (6). Kuzey yarımküre orta enlemlerindeki (35° N-60° N) 2006-2009 dönemi yıllık toplam sütun ozon miktarı, 1998-2005 döneminde gözlemlenen miktarla aynı kalmış ve 1964-1980 ortalamasına göre yaklaşık %3,5 altındadır. En düşük miktar, 1964-1980 ortalamasına göre, %5,5 ile 1990'ların ortalarında görülmüştür.

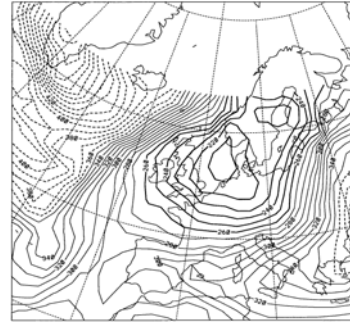
TOMS uydu gözlemleri ile yapılan toplam ozon ölçümlerine dayalı çok sayıda çalışmada, yaz mevsimine göre kış ve ilkbahar aylarında orta enlemlerde, toplam ozon miktarında, daha büyük düşüş eğilimleri gösterdiği görülmüştür (3). NASA tarafından 1975

yılında yapılan kongre; araştırma, teknoloji ve yukarı atmosfer gözlem programının izlenmesi ve geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kongre; dünya yukarı atmosferinin kimyasal ve fiziksel bütünlüğünü korumak için bir anlayış birliği geliştirmiştir (12). Uydu ölçümleri için ilk ozon alıcıları 1960 yılında geliştirilmiştir. Ozon gözlemlerinin en geniş ölçüm seti 1970 ile 1977 arasında Nimbus 4'dan elde edilmiştir (4). Nimbus-7 TOMS uydusundan toplam ozonun günlük ölçümleri, sürüm 7 verileri kullanılarak, 14 yıl boyunca alınmıştır. Uydu gözlemleri modern çağında yapılan ilk büyük çalışmalarda, Antartika üzerindeki bahar mevsimi ozon deliğinde tespit edilen geçici ozon miktarı düşüşleri araştırılmıştır (5). Aslında ozondaki mini azalmalar her iki yarımküre orta enlemlerde de yaygındır. Bunlar, yatay ve dikey adveksiyon hava hareketinin bir kombinasyonu sonucu, genellikle, ozonun az olduğu zamanlarda meydana gelir ve antisiklonik bir çizgide, nispeten sıcak hava kutba ve doğuya doğru hareket ederken görülür. Ozonca fakir havayla dolu tropopozun yükselmesi, toplam sütun ozon oranının artmasına yardımcı olur (5). Sonuç olarak, toplam sütun ozon miktarı tropopoz yüksekliği ile güçlü bir korelasyon gösterir. Ozon azalma klimatolojisi, Nimbus-7 TOMS'un günlük ozon gözlemlerine dayanır, verinin elde edilebilen en son sürümü, sürüm-7'dir. Bu sürüm özellikle önceki sürümlere göre, düşük güneş zenit açıları için yeniden elde edilen verilerin kalitesinin artırılmasında ve ham verilerin kalibrasyonunda kullanılmıştır (5).

Şekil 1: OMI Uydu Küresel Toplam Ozon Gösterimi (13)



Şekil 2. Nimbus-7 TOMS cihazı tarafından 5 Şubat 1990'da Avrupa üzerindeki toplam ozon seviyeleri: Kontur aralığı 10 DU, en düşük 260 DU ve en yüksek 360 DU'dur (5).

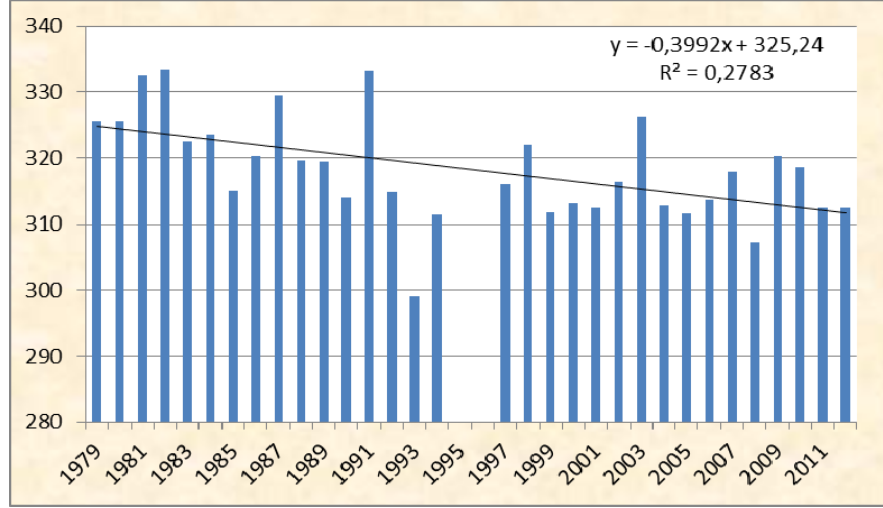


2. YÖNTEM

TOMS programı 24 Ekim 1978 tarihinde Nimbus-7 uzay aracı üzerindeki TOMS Uçuş Modülü kullanılarak, geçerli ölçümler aynı yılın Kasım ayında başlamıştır. TOMS cihazının görevi Mayıs 1993 yılında sona ermiştir (14). Yerine ise Meteor-3 TOMS Ağustos 1991'de veri göndermeye başlamış ve Aralık 1994 yılında faaliyetini durdurmuştur (15). Başlangıçta, Earth Probe (EP) TOMS ile elde edilen veriler, uydunun yüksek yörüngesi nedeniyle, tam ekvatorial özelliklerinden dolayı ADEOS TOMS'dan elde edilen verilerle tamamlanmasına gerek duyulmuştur ve EP-TOMS ilk planlanan 950 kilometrelik yörünge yerine 500

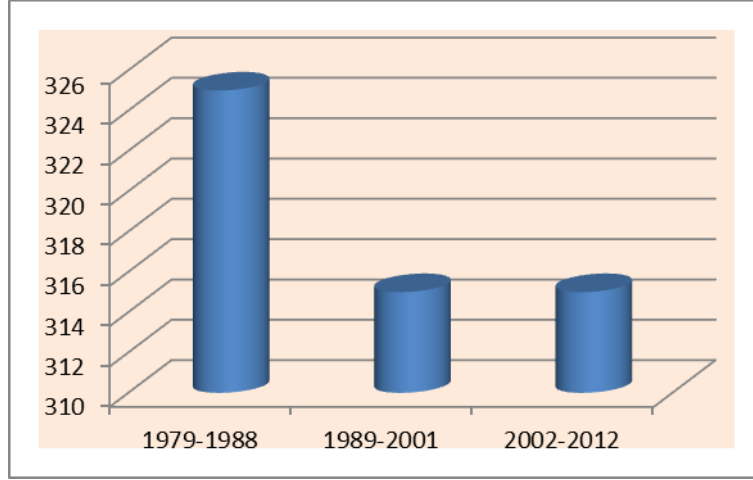
34 yıllık veri setinde; en düşük yıllık ortalama ozon değeri 299 DU ile 1993 yılında; en yüksek yıllık ortalama ozon değeri ise 333 DU ile 1982 ve 1991 yıllarında görülmüştür. 34 yıllık ortalamalara göre, Türkiye'nin güneyindeki enlemlerde toplam ozon ortalaması 306 DU ve kuzey enlemlerde ise 331 DU civarındadır. Kuzey ve güney enlemler arasındaki ortalama toplam ozon farkı da 25 DU'dur.

Şekil 4: Türkiye Uzun Yıllar Ortalama Ozon Grafiği (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2012)



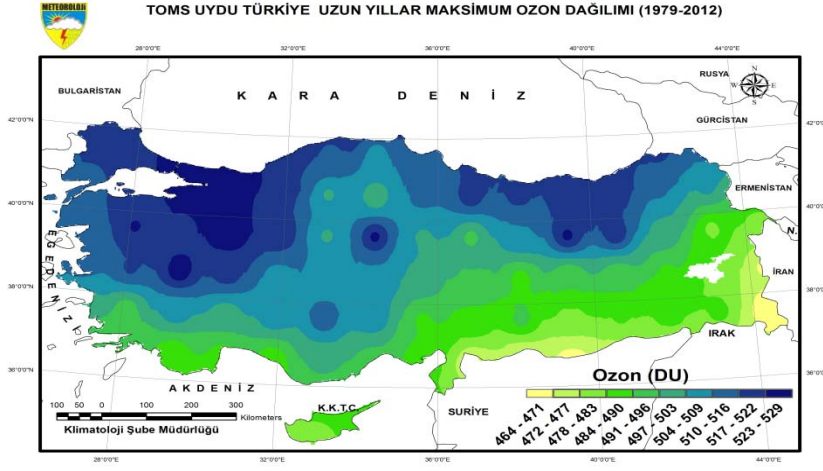
Şekil 4'de 1979-2012 yılları arasında TOMS-OMI uydu verilerine göre Türkiye Toplam Ozon ortalamalarının, zaman serisi grafiği, bir düşüş eğilimi göstermektedir. Bu düşüş eğiliminin yaklaşık yıllık 0,4DU olduğu ama Regresyon Katsayısı (R^2) =0,2783 değerine göre istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Grafikte 1991 ve 1982 yılları toplam sütun ozonu ortalaması en yüksek (333 DU) olduğu ve en düşük ortalamasının ise 1993 (299 DU) yılı olduğu görülmektedir. 1994 yılında sonlanan Nimbus-7 uydusu yerine konulan Earth Probe uydusunun, kalibrasyon sorunları nedeniyle veri ölçümüne başlayana kadar 1995 yılı verisi alınamamış ve 1996 yılı da eksikler verilerden dolayı değerlendirmeye eklenememiştir. Veri serisinde, özellikle, dikkat çeken bölüm 1991 Pinatubo Yanardağı patlamasını takip eden yıllar olmuştur. Kuzey yarı küre orta enlemlerde 1992–1996 yılları arasında sütun ozonu ve aşağı stratosfer ozonu Pinatubo Yanardağı patlamasından etkilenmiştir (6). Şekil 4'de özellikle en sert düşüşün yaşandığı yıl olarak 1993 yılı görülmektedir.

Şekil 5: Farklı dönemler için Türkiye Uzun Yıllar Ortalama Ozon Değerleri Karşılaştırma Grafiği (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2012)



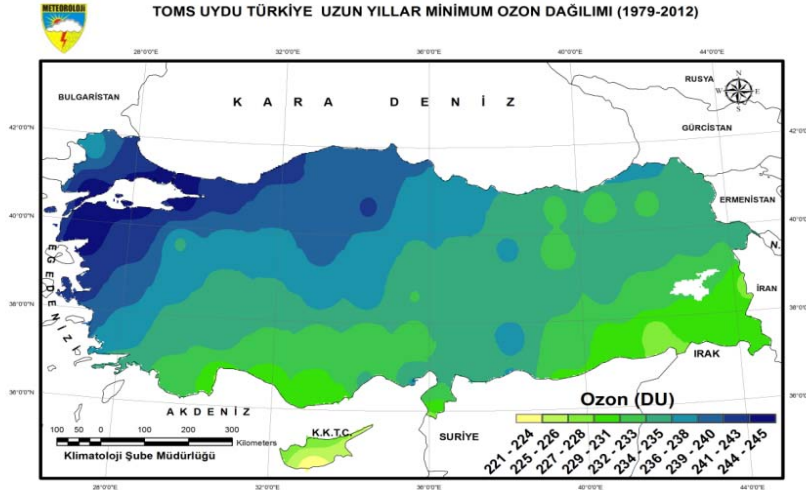
Şekil 5’de 34 yıllık periyod yaklaşık üç eşit parçaya bölünüp karşılaştırma yapıldığında 1979-1988 yıllarını kapsayan ilk 10 yılda ortalama 325 DU iken, son iki 11 yıllık periyod (2. Periyotta 1995-1996 yılları eksiktir) 315 DU ile birbirine eşit çıkmıştır. Ozon Azalmasının Bilimsel 2010 değerlendirmesine göre; ozon tabakasının kendisini onarması için tarihi hedef 1980 değerleri olarak belirlenmiştir (7). Kuzey yarımküre orta enlemlerde yıllık ortalama toplam ozonun, 2015 ve 2030 yılları arasında, 1980 değerlerine döneceği tahmin edilmektedir. Bu Güney yarımküre orta enlemlerinde ise 2030-2040 döneminde olması beklenmektedir. Bu değerlendirmelerle birlikte yukardaki üç periyoda bölünen grafikte 1990 sonrası ozon incelmesinin Türkiye üzerinde durduğu ve Küresel Ozon Değerlendirmesinin kuzey yarımküre orta enlemlerin 2015 yılından başlayarak ozon değerlerinin 1980 öncesine döneceği tezini desteklemektedir. Pinatubo Yanardağı patlamasından sonra sert bir azalma dönemine giren toplam ozon kalınlığı incelmesinin, doğal etkilerden kurtulmaya başladığını ve insan kaynaklı ozon incelten maddelere karşı alınan önlemlerin başarılı olduğu göstermektedir.

Şekil 6: Türkiye Uzun Yıllar Maksimum Ortalama Ozon Dağılımı (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2012)



Şekil 6’de Türkiye’nin uydu verilerinden elde edilen maksimum ozon dağılımı gösterilmiştir. Bu gösterimde yine Türkiye’nin kuzey ve kuzeybatı bölümleri maksimum dağılım içerisinde de en yüksek değerleri, güney ve güneydoğu bölümleri ise en düşük değerleri göstermektedir. Ölçülen en yüksek ozon değeri 529 DU, en düşük maksimum değer 464 DU olarak görülmekte ve aralarındaki fark ise 65 DU’dur.

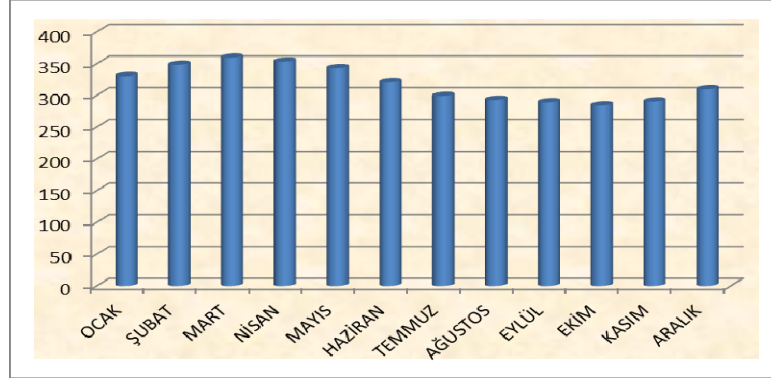
Şekil 7: Türkiye Uzun Yıllar Minimum Ortalama Ozon Dağılımı (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2012)



Şekil 7’de Türkiye’nin kuzey batı bölümleri, minimum değerlerin en yüksek ozon değerlerini, güney ve güneydoğu bölümleri ise en düşük değerleri göstermektedir. Minimum toplam sütun ozonu değerlerinin en düşük değeri 221 DU ve en yüksek değeri ise 245 DU olarak görülmekte ve aralarındaki fark ise oldukça düşüktür (17 DU).

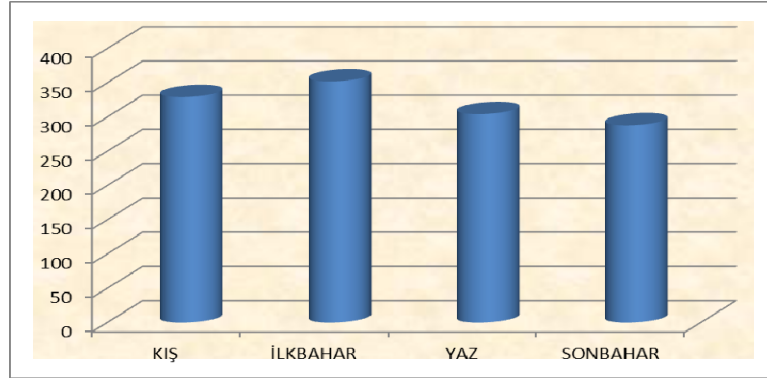
4. TOMS VE OMI UYDU VERİLERİNE GÖRE TÜRKİYE MEVSİMLİK OZON DEĞERLENDİRMESİ (1979-2012)

Şekil 8: Türkiye Uzun Yıllar Aylık Ortalama Ozon Grafiği (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2012)



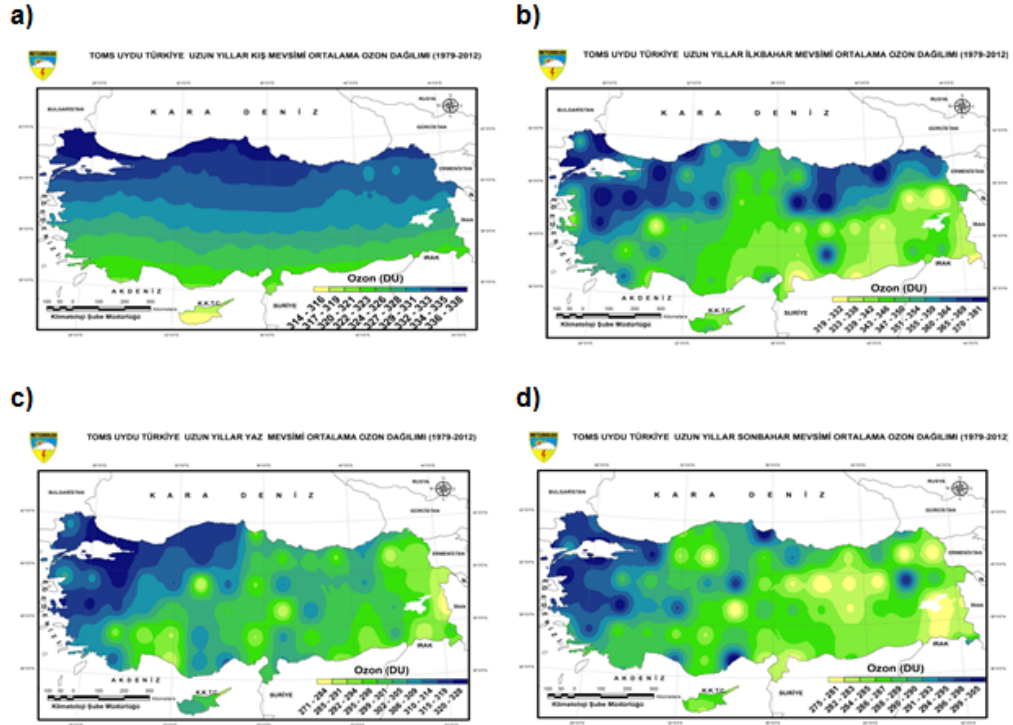
Şekil 8’de aylık ortalama toplam ozon değerleri görülmekte ve bu değerler, Türkiye’nin bulunduğu enlemlerin ozon tabakası değerlerine uyumlu gözükmektedir. En yüksek ortalama toplam ozon değeri 359 DU ile Mart ayında ve en düşük değeri ise 284 DU Ekim ayında görülmektedir. En düşük ay ile en yüksek ay değerleri arasında 75 DU fark vardır.

Şekil 9: Türkiye Uzun Yıllar Mevsimsel Ortalama Ozon Grafiği (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2012)



Toplam ozon değerlerinin kuzey yarım küre orta enlemlerdeki eğilimleri; genelde mevsimsel olarak kış sonu ilkbahar başında en yüksek seviyesine ve yaz sonu sonbahar başında ise en düşük seviyesine ulaştığını göstermektedir. Şekil 9’daki mevsimsel değerler de bu durumla uyumludur. Buna göre Türkiye için en yüksek değeri 352DU ile ilkbahar mevsiminde, en düşük ise 288DU ile sonbahar mevsiminde görülmektedir ve bu iki mevsim arasındaki fark 64DU olmuştur. En yüksek ikinci değer 329DU ile kış mevsiminde ve en düşük ikinci 304DU ile yaz mevsiminde gerçekleşmiştir.

Şekil 10: Türkiye Uzun Yıllar Mevsimsel Ortalama Ozon Dağılımları; a) Kış, b) İlkbahar, c) Yaz ve d) Sonbahar (TOMS ve OMI Uydu, 1979-2012)



Şekil 10'a göre Türkiye uzun yıllar mevsimsel ortalama ozon dağılımları;

- a) Kış mevsimi ozon dağılımı haritası, uzun yıllar ortalama ozon haritası gibi enlemlerle uyumlu bir dağılım göstermiştir. Buna göre; Türkiye'nin güney enlemlerinde düşük ozon, kuzey enlemlerde ise daha yüksek ozon değerleri görülmektedir. Kış ayları için güney enlemler ortalama değer 314 DU, kuzey enlemler 338 DU olarak tespit edilmiştir. Kuzey ve güney enlem farklarınının 24 DU ile fazla olmadığı söylenebilir.
- b) En yüksek değerlerin görüldüğü ilkbahar aylarında ise Türkiye ortalama toplam ozon dağılımı daha heterojen görünmekte, kuzey batı ve kuzey doğu bölümleri en yüksek ozon değerleri göstermektedir. Türkiye'nin doğusu, güney doğusu ve Hatay, Kilis illeri civarı en düşük değerlerin görüldüğü yerlerdir. En düşük değerler 319 DU ve en yüksek değerler ise 381 DU civarındadır. En düşük ve en yüksek değer arasındaki fark 62 DU ile kış aylarına göre oldukça açılmıştır.
- c) Yaz aylarında bölgesel farklılıklar göze çarpmaktadır. Yaz mevsiminde Türkiye'nin doğu bölümünde oldukça düşük ozon değerleri görülürken, kuzey batı ve batı bölümlerde yaz mevsimi içerisinde en yüksek ozon (328 DU) değerlerinin görülmektedir. En düşük değerlere ise Türkiye'nin en doğusu sahiptir (271 DU).
- d) Ozonca en düşük ayların yaşandığı sonbahar ayları kuzey batı ve Ege'nin kuzeyi sonbahar ayları içerisinde en yüksek ozon (305 DU) değerleri görülen bölgemiz

olmuştur. Yine en düşük ozon (275 DU) değeri ise doğu bölgelerimizin iç bölümlerinde ve yine doğu bölgemizin güneyinde görülmüştür.

5. SONUÇLAR

- 34 yıllık 1979-2012 Türkiye ortalama ozon sütun değeri 318 DU olarak bulunmuştur. En düşük yıllık ozon ortalama değeri 299 DU ile 1993 yılında ölçülmüştür. En yüksek yıllık ozon ortalama değeri ise 333 DU ile 1982 ve 1991 yıllarında tespit edilmiştir. Türkiye'nin güney enlemlerinde toplam ozon ortalaması 306 DU, kuzey enlemlerinde ise toplam ozon ortalaması 331 DU civarındadır. En kuzey ve en güney ortalama toplam ozon değeri farkı Türkiye için 25 DU'dır.
- 1979-2012 yılları 34 yıllık ve 82 grid noktasının ortalaması ile alınan yıllık dağılım grafiği bize bir düşüş eğilimi göstermektedir. Bu düşüş eğilimi $y = -0,3992x + 325,24$ formülü ile gösterilmiştir. Regresyon Katsayısı (R^2) = 0,2783 değeri istatistiksel olarak bu düşüşün anlamlı olmadığını göstermektedir.
- Türkiye'nin Kuzey ve Kuzey Batı bölümleri maksimum dağılım içerisinde en yüksek değerleri göstermektedir. Bunun yanında, Türkiye'nin güney doğu bölümleri maksimum ozon değerlerinin en düşük görüldüğü bölge olmuştur.
- Türkiye'nin kuzey, kuzey batı bölümleri, minimum değerlerin en yüksek ozon değerlerini gösterirken, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin doğusu ve Akdeniz Bölgesi minimum değerlerin en düşük ozon değerlerini barındırmaktadır.
- Mevsimlik değerlendirmeye göre; Türkiye'nin en yüksek ozon mevsimi olan ilkbahar mevsimi ortalama toplam ozon değeri 352 DU, en düşük ozon mevsimi olan sonbahar için 288 DU, en yüksek ikinci mevsim olan kış değeri 329 DU ve en düşük ikinci mevsim yaz değeri 304 DU olmuştur. En düşük ortalama değere sahip mevsim sonbahar ile en yüksek ortalamaya sahip mevsim ilkbahar arasındaki ortalama ozon farkı 64 DU olmuştur.
- 1979-2012 periyodu için aylık ortalama toplam ozon değerlerinin dağılımı, Türkiye'nin bulunduğu enlemlerin ozon tabakası dağılımına uygun bir dağılım ortaya koymuştur. Bu dağılıma göre; en yüksek ortalama toplam ozon değeri Mart (359 DU) ayında, takiben Nisan (353 DU) ve Şubat (348 DU) aylarında görülmüştür. Ekim (284 DU), Eylül (289 DU) ve Kasım (291 DU) ayları en düşük ozon değerlerine ulaşılan aylar olmuştur. Aralık (310 DU) ayı yeniden yükseliş eğiliminin başladığı ay olarak

dikkat çekmektedir. En düşük ay ile en yüksek ay değerleri arasında 75 DU fark vardır.

- 1979-2012 periyodunda eksik yıllar olan 1995 ve 1996 yılları ortalamaları dahil edilmeden ve yaklaşık 3 eşit parçaya bölünerek yapılan grafik değerlendirmede ise ilk 10 yıllık (179-1988) periyotta 325 DU olan toplam sütun ozonu ortalaması, ikinci (1989-2001) ve üçüncü (2002-2012) periyotlarda 315 DU olarak eşit çıkmıştır. Bu durum, uluslararası kaynaklarda kuzey yarımküre orta enlemlerde ozon tabakasının kendisini yakın zamanda onarmaya başlayacağı tezini desteklemektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Prepared by Herman G.J. Smit and the Panel for the Assessment of Standard Operating Procedures for Ozonesondes (ASOPOS), September 2011, GAW Report No. 201, Quality Assurance and Quality Control for Ozonesonde Measurements in GAW, page preface.
2. Kahya, C., Aksoy, B., Demirhan, D., Topcu, S., Incecik, S., Acar, Y., Ekici, M., Ozunlu, M., “Ozone variability over Ankara, Turkey” Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 06756, 2007 SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-06756.
3. Chandra ve ark., 1996, Hood ve McCormick, 1997, Chandra S and R.D McPeters,1994, “The solar cycle variations of ozone in the stratosphere inferred from Nimbus 7 and NOAA 11” Journal Geophysical Research, 99, 20665-20671.
4. A. J. Krueger, B. Guenther, A. J. Fleig, D. F. Heath, E. Hilsenrath, R. McPeters and C. Prabhakara, “Satellite Ozone Measurements” Laboratory for atmospheric sciences, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland 20771 USA 191-204 1980, 191p.
5. James, P.M., “A Climatology Of Ozone Mini-Holes Over The Northern Hemisphere” *Meteorologisches Institut der Universitat Munchen, Theresienstr. 37, D-80333 Munchen, Germany*, International Journal Of Climatology *Int. J. Climatol.* **18**: 1287–1303 (1998).
6. A. Douglass, V. Fioletov ve ark. (2010), World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 52, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010 “Stratospheric Ozone and Surface, Ultraviolet Radiation” Chapter 2.1 p. ve 2.2 p.
7. A. Douglass, V. Fioletov ve ark. (2010), World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 52, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010 “Stratospheric Ozone and Surface, Ultraviolet Radiation” Chapter 3.1 p. Ve 3.2 p.
8. Acar, Y. ve ark.,(2004), “Atmosfer ve Ozon”, Teknik Rapor, DMİ Genel Müdürlüğü Yayınları, 2004.
9. Demircan, M., Alan, İ., ve Şensoy, S., “Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Sıcaklık Haritalarının Çözünürlüğünün Artırılması”, TMMOB Harita ve Kadastro

Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.

10. C.D.Loyd, (2007) “Local Models for Spatial Analysis”, CRC Pres, Boca Raton FL, 98 p.
11. http://daac.gsfc.nasa.gov/upperatm/image_index.html
12. <http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/>
13. http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/images/FULLDAY_GLOB.PNG
14. <http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/n7sat.md>
15. <http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/m3sat.md>
16. <http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/epsat.md>
17. http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/qa/faq_omi.md#g_1