

INVESTIGATION OF CHANGES IN GLOBAL SOLAR RADIATION FOR CLEAR SKY DAYS BY CLEARNESS INDEX FOR THE MARMARA AND SOUTHEASTERN ANATOLIA REGIONS OF TURKEY

Sezen, I.¹, Sakarya, S.², Topcu, S.², Aksoy, B.³, Incecik, S.²

¹Atatürk Airport, Meteorological Service, Yeşilköy-İstanbul

²Istanbul Technical University, Department of Meteorology, 34469 Maslak-Istanbul

³Turkish State Meteorological Service, 06120 Kecioren-Ankara

Abstract: In this study, it was investigated the variations of global solar radiation in two different regions of Turkey, namely the Marmara and Southeast Anatolia, by applying the clearness index for clear days. The sunshine duration and global solar radiation data of 9-station located in these regions of the Turkish State Meteorological Service have been used for the year of 2011. The clear, broken and overcast days were selected by taking into account the Angstrom-Prescott approach. And then, the clearness index was calculated for each day. It was determined that the clearness index have the oscillations approaching to 100%, while a deviation of about 20 per cent between the extreme values was expecting . This result shows that atmospheric composition effects the incoming solar radiation seriously in conditions of clear sky both regions.

Keywords: Angstrom, Solar radiation, Clearness index and Atmospheric composition.

TÜRKİYE'NİN MARMARA VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGELERİNDE AÇIK GÜNLERE AİT GLOBAL GÜNEŞ RADYASYON DEĞİŞİMİNİN AÇIKLIK İNDEKSİ İLE İNCELENMESİ

Sezen, I.¹, Sakarya, S.², Topcu, S.², Aksoy, B.³, Incecik, S.²

¹ Atatürk Havaalanı Meteoroloji Ofisi, Yeşilköy-İstanbul

²Istanbul Technical University, Department of Meteorology,34469 Maslak-Istanbul

³Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 08120, Kalaba/Ankara

Özet: Bu çalışmada, Türkiye'nin Marmara ve Güneydoğu Anadolu gibi iki farklı bölgesinde, açık günler için açıklık indeksi uygulanarak küresel güneş radyasyonundaki değişimler araştırıldı. Göz önüne alınan iki bölgede, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nün 9 istasyonuna ait güneşlenme süresi ve global güneş radyasyon verileri 2011 yılı için kullanıldı. Çalışmada, Angstrom-Prescott yaklaşımı dikkate alınarak, açık, bulutlu ve kapalı günler seçildi ve her bir gün için açıklık indeksi hesaplandı. Açıklık indeksinin uç değerleri arasında yaklaşık %20 oranında sapma göstermesi beklenirken, %100 'e yaklaşan salınımlar belirlendi. Bu sonuç, her iki bölgede açık gökyüzü koşullarında, atmosferik kompozisyonun gelen güneş radyasyonunu ciddi biçimde etkilediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Angstrom, Güneş Radyasyonu, Açıklık İndeksi ve Atmosferik kompozisyon

GİRİŞ

Global güneş radyasyonu güneş enerji sistemlerinin tasarımı, geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi için anahtar bir veridir. Genellikle bu veri belirli alanlarda yere dayalı ölçümlerden elde edilir. Bu verinin doğruluğu son derece önemlidir. Bu nedenle de MGM, yeni teknolojiye dayalı otomatik ölçüm ağını genişletmeye çalışmaktadır.

Atmosferik süreçler, atmosferin içinden geçen ve yeryüzüne ulaşan güneş radyasyonunu değişikliğe uğratar. Bu nedenle, yere ulaşan radyasyonu (irradiation) ortaya koyma açısından, atmosferik etkiler önemlidir. Yeryüzüne gelen güneş radyasyonu üzerindeki atmosferik etkiler üç şekilde meydana gelebilir. Bunlar saçılma, soğurma ve yansımadır. Yani, atmosferik unsurlar güneş ışığı söz konusu olduğunda çok önemlidir. Atmosferde bulunan maddelerin miktarları, yere gelen radyasyon miktarını (irradiance) da değiştirebilir. Tersten bakacak olursak, yere ulaşabilen radyasyon miktarındaki değişiklikler, atmosferik maddelerin miktarındaki değişmeyi gösterir.

Küçük parçacıklar ve gaz molekülleri güneşten gelen ışığı saçarlar. Hava moleküllerinin boyutuna göre, iki çeşit saçılma mevcuttur. Bunlar, Mie (Stratton, 1941) ve Rayleigh (Strutt, 1871) saçılmalarıdır. Bu nedenle, azalan irradians artan parçacık ve molekül miktarından kaynaklanmış olabilir.

Diğer bir atmosferik etki ise soğurma olarak bilinir. Su buharı, atmosferde gelen güneş radyasyonu için en çok bilinen soğurucu maddedir. Su buharı soğurumuna ilişkin

parametrizasyonlar, Yamamoto (1962) 'nin çalışmasındaki analitik ifadelerle bağlıdır. Smith (1966), Tuller (1968), Paltridge (1973) gibi kaynaklarda konu ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Ozon gazı da ayrıca soğurma etkisine sahiptir. Radyasyon üzerindeki ozon etkisi Dobson ve Harrison (1926) tarafından önerilmiştir.

Atmosferin son etkisi, bulutlardan kaynaklanan yansımadır. Bu nedenle, çoğunlukla atmosferin troposfer katmanında görülebilir. Yansıma süreci, güneş radyasyonunun mutlak kaybına neden olur. Bununla birlikte, bulutlar büyük ölçüde soğurma etkisine de sahiptir (Reynolds vd. 1975). Güneş radyasyonunu hesaplamak için geliştirilmiş tüm fiziksel modeller, atmosferin bu etkisini hesaba katar (Pinker ve Lazslo, 1992). Yukarıda özetlendiği gibi; yerdeki radyasyon ölçümlerinde, gelen güneş radyasyonu üzerindeki atmosferik etkiyi görmek mümkündür.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin Marmara ve Güneydoğu Anadolu gibi iki farklı bölgesinde açıklık indeksi uygulanarak yere dayalı ölçülen global güneş radyasyonu analizinin sonuçları yardımıyla atmosferik bileşenlerin değişimleri hakkında bilgi edinebilmektir.

YÖNTEM

Açıklık indeksi genel olarak şu şekilde ifade edilmektedir.

$$k = H/H_0 \quad (1)$$

Burada H, günlük global güneş radyasyonu ve H_0 ise atmosferin dışına gelen günlük radyasyondur. Dünyanın atmosferi, su buharı, insan kaynaklı gazlar ve aerosoller gibi ek bileşenlere sahip olduğundan; yeryüzüne ulaşan radyasyon (H), atmosferin üst sınırına gelen radyasyondan (H_0) farklı olacaktır. Bir diğer anlatım ile atmosferin gelen radyasyon üzerinde zayıflatıcı etkisi vardır. Bu çalışmada açık günlere odaklanabilmek ve bulutlu günlerden kaçınmak üzere, Angstrom-PreScott (1940) eşitliği kullanılmıştır. Bu yaklaşım aşağıdaki gibidir.

$$H/H_0 = a + b (s/S) \quad (2)$$

Burada s, meteoroloji istasyonundan elde edilmiş gözlenmiş güneşlenme süresi, S ise astronomik gün uzunluğu, a ve b Angstrom katsayılarıdır. Diğer taraftan, a ve b'nin bulutsuz atmosferik koşullar için fiziksel bir anlamı vardır. Şöyle ki, 's/S=1' ve 'H/H₀=a+b' açık bir günün geçirgenliğini temsil ederler. Tamamen bulutlu durum için, 's/S=0' ve 'H/H₀=a' bulutlu bir günün geçirgenliği olarak kabul edilebilir ve ayrıca sadece güneş radyasyonunun difüz bileşeni ile ilgilidir. Bu çalışmada hava kalitesini doğrudan temsil eden bulutsuz koşulların geçerli olduğu gerçeğine bağlı olarak sadece açık günler incelenmiştir. Açık gün koşulu için Eşitlik (2) ile bu durumu açıklamak mümkündür:

$$H_{clear} = H_0 (a+b) \quad (3)$$

H_{clear} , açık bir günde gelen güneş radyasyonunun en büyük değeri anlamındadır. Eğer, eşitlik 1'deki H_0 , H_{clear} ile değiştirilirse, açık bir gün için açıklık indeksini aşağıdaki gibi elde etmek mümkündür:

$$k_c = H / H_{clear} \quad (4)$$

Denklemden k_c , açık günler için açıklık indeksini temsil etmektedir. Eşitlik (1) ve Eşitlik (4) arasındaki fark şu şekilde verilebilir: Eşitlik 1, hem atmosferin zayıflatıcı etkisini ve

hem de bulut etkisini içermektedir. Oysa Eşitlik 4, bulutsuz koşullarda sadece atmosferik etkiyi içermektedir. Bu nedenle Eşitlik 4 ile elde edilecek açıklık indekslerindeki değişim miktarları, atmosferin zayıflatıcı etkisinin atmosferi oluşturan bileşenlere ne kadar bağlı olduğunu da ortaya koyacaktır. Bu nedenle, çalışmamızda Eşitlik 4 kullanılarak açık günler için açıklık indeksleri hesaplanmıştır.

Mevcut çalışmada, s ve H_0 gibi tüm astronomik ve güneşle ilgili hesaplamalar Duffie ve Beckmann (1991) 'in önerileri doğrultusunda yapılmıştır. a ve b sabitleri, günlüklerden elde edilmiş aylık değerler olan H/H_0 ve s/S arasında doğrusal regresyon tekniği uygulanarak hesaplanmıştır. Eğer s/S 0.75 'den büyükse, bu durumda gün açık olarak kabul edilmiştir. Böylece açık günler için günlük açıklık indeksleri bulunmuştur. Çalışmada, atmosferik güneşlenme süresi ile normalize edilen güneşlenme süresi verisi (s/S), güneşlenme indeksi olarak isimlendirilmiştir.

VERİ

Küresel güneş radyasyonu ölçümleri, tüm ülkede gözlemlerden sorumlu olan MGM 'nden alınmıştır. Kurum, 57 istasyonluk bir güneş gözlem ağına sahiptir. Bunlardan 20 tanesi 2003 'den bu yana ülkenin batı kesiminde ve geri kalanı ise 2011 yılından beri ülkenin doğu kesiminde çalıştırılmaktadır. Yani, örtüşme süresi 2011 yılından bugüne kadardır. Bu nedenden dolayı, 2011 yılı çalışma aralığı olarak seçilmiştir.

Gelen güneş radyasyonunu etkileyen en önemli parametre bulutluluktur. Türkiye'nin bulut dağılımını etkileyen ana sistemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Deniz kaynaklı polar hava kütleleri, Türkiye'nin kuzeyinde yoğun bulutluluğa neden olur.
- Güney batılı yukarı hava hareketleri ile gelen cephesel Akdeniz siklonları Türkiye'nin batı kısmını etkiler.
- Ayrıca doğu Akdeniz havzası siklonları, Türkiye'nin güneydoğusu ve güneyindeki bulutluluk için önemlidir.
- Bazı yerel dikine aktiviteler bulutluluk üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir.
- Kuzey Afrika ve Arap çöllerinden gelen karasal tropik hava akımları bulutluluk üzerinde, özellikle Türkiye'nin güney-doğu bölgesi, kısmen orta Anadolu ve doğu kısmı için negatif etkiye sahiptir.

Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrilidir ve farklı iklim rejimlerine sahip 7 farklı coğrafik bölgeden oluşmaktadır. Yükselteler doğuya doğru artma eğilimi gösterir ve özellikle kuzey ve güney kıyı bölgeleri boyunca kısa mesafelerde hızla değişir.

Türkiye'nin iklimi, genel olarak Akdeniz makro-iklimi ile açıklanabilir. Orta enlem cephesel depresyonları ile polar ve tropikal hava kütleleri, Türkiye'nin iklimi üzerinde oldukça büyük etkiye sahiptir. Karasal tropik hava akımlarından kaynaklı ve yaz boyu uzun süre devam eden sıcak koşullar ülkeyi etkiler. Cephesel Akdeniz siklonları, Türkiye'nin güney ve güneydoğu bölgesinde yoğun yağmur sağanaklarına neden olur. Kuzeybatılı yukarı seviye hava hareketleri ile taşınan deniz kaynaklı polar hava tipleri de kış aylarında, özellikle Türkiye'nin kuzey ve kuzeybatı bölgesinde yoğun yağışlara neden olur.

Marmara bölgesi, Türkiye'yi etkileyen ana depresyonları çoğunlukla temsil ettiği için seçilmiştir. Güneydoğu Anadolu bölgesi ise en çok açık günlere sahip olduğu için

seçilmiştir. Böylece, bu çalışma için toplam olarak 9 istasyon seçilmiştir. Bu istasyonlar ve coğrafik özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Bütün bu nedenlerden dolayı çalışmada, Marmara ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri olarak iki ayrı coğrafik bölgedeki sınırlı sayıda istasyonlardan elde edilmiş veriler kullanılmıştır.

Tablo 1. İstasyonlar ve coğrafik konumları.

İstasyonlar	Enlem	Boylam	Yükseklik
Kırklareli	41 74	27 22	232
Tekirdağ	40 96	27 50	4
Çanakkale	40 14	26 40	6
Bursa	40 23	29 01	100
Kilis	36 71	37 11	640
Ceylanpınar	36 84	40 03	360
Bozova	37 37	38 51	622
Şırnak	37 52	42 45	1350
Mardin	37 31	40 73	1040

ÇIKTILAR ve TARTIŞMALAR

Çalışmanın temel amacı, özellikle açık günlerde yere ulaşan radyasyon miktarındaki değişimleri izleyerek; atmosferik yapının radyasyon üzerindeki etkilerini belirlemektir. Bu nedenle çalışmamıza açık günlerin belirlenmesi ile devam edilmiştir.

Bu amaç ile Meteoroloji istasyonlarından elde edilen güneşlenme süresi verilerinin yanı sıra atmosferik güneşlenme süreleri de hesaplanmıştır (Duffie ve Beckmann, 2006). Daha sonra, atmosferik gün uzunluğu ile normalize edilmiş günlük güneşlenme süreleri üç temel gruba ayrıldı. Bu gruplar açık, parçalı bulutlu ve kapalı günler olarak isimlendirildi. Gruplandırma yapılırken bir takım eşik değerleri belirlendi. Bu eşik değerleri 0.25 ve 0.75 olarak alındı. Atmosferik güneşlenme süresi ile normalize edilmiş güneşlenme süreleri, eğer 0.25 den küçük ise kapalı, 0.25 ile 0.75 arasında yer almış ise parçalı bulutlu ve 0.75 den büyük değerler için ise açık günler olarak isimlendirildiler. Yapılan bu çalışma sonunda elde edilen çıktılar Tablo 2 de özetlenmiştir.

Tablo 2. 2011 yılı için açık, kapalı ve parçalı bulutlu gün sayıları.

Marmara Bölgesi				
İstasyon	Kapalı	Parçalı	Açık	Toplam
Kırklareli	120	148	97	365
Tekirdağ	122	110	133	365
Çanakkale	118	140	107	365
Bursa	145	128	92	365
Güneydoğu Anadolu Bölgesi				
Kilis	46	88	228	364
Mardin	50	72	241	364
Şırnak	62	112	188	362
Bozova	44	91	229	364
Ceylanpınar	47	91	227	365

Tablo 2 ye göre Marmara Bölgesinde yer alan istasyonlarda, her grupta yer alan gün sayısı nispeten birbirine yakın iken Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan istasyonlarda ise açık günler sayısında belirgin bir fazlalık göze çarpmaktadır. Güneydoğu Anadolu

Bölgesinin, Karasal Akdeniz yağış rejimine sahip olması (Türkeş ve ark. 2002) nedeni ile bu sonuç şaşırtıcı değildir ve beklenilmektedir.

Elde edilen açık günler için hesaplanacak olan açıklık indeksi değerlerindeki değişimler çalışmanın hedefini oluşturmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, meteoroloji istasyonlarından alınan global güneş radyasyon şiddeti verileri kullanılarak, Denklem 4 yardımı ile her gün için açıklık indeksleri hesaplanmıştır. Böylece her bir istasyon için normalize edilmiş güneşlenme süresi ve açıklık indeksi zaman dizileri oluşturulmuştur. Açık, kapalı ve parçalı bulutlu günler gruplamasına sadık kalınarak; zaman dizileri açık günler olarak sınırlandırılmışlardır. Bu çalışma esnasında, başlangıçta üzerinde çalışılması planlanan Bursa ve Çanakkale istasyonlarının güneşlenme şiddeti verilerinde günlük 1440 dakikalık ölçümün neredeyse yarısından çoğunda belirgin bir ölçüm hatası tespit edilmiştir. Bu nedenle bu istasyonlar çalışmadan çıkarılmışlardır. Bu durumda Marmara Bölgesinde sadece iki istasyon (Kırklareli ve Tekirdağ) kalmıştır.

Çalışmada kullanacağımız hipotezimiz şu şekilde belirlenmiştir: Elde edilen normalize edilmiş güneşlenme süre verileri (güneşlenme indeksleri) hesaplanan açıklık indekslerinden daha düşük olmalıdır. Güneşlenme süresi için gerekli 120 W/m^2 eşik değerinin gerekliliği ve bulutlu havalarda dahi difüz radyasyonun varlığı bu hipotezin bilimsel temelini teşkil etmektedir. Diğer bir neden ise gruplama amacı ile belirlenen eşik değerleridir. Aslında birbirine çok yakın çıkması beklenen bu iki değer azda olsa farklılık göstermesi belirlediğimiz 0.75 değerindeki eşik değerinden kaynaklanmaktadır. Eşik değerini daha yukarıda (0.90 ve daha büyük) belirlemiş olsaydık bu değerlerin birbirine çok daha yakın çıkmasını bekleyebilirdik. Ancak kısıtlı zaman dizimiz bize bu olanağı sağlamamıştır. Ancak bu koşul analiz için yeterlidir. Farkların büyüklükleri bize atmosfer yapısındaki değişimler hakkında fikir verecektir. Bu anlamda, hipotez tabanımızı oluşturan nedenlerden dolayı, negatif farklar beklenmemiştir.

Öncelikle, açıklık indeksi ile güneşlenme indeksi arasındaki farklar alınmıştır. Güneşlenme indeksi, açıklık indeksi ve farklara ait maksimum, minimum, ortalama değerlerin yanı sıra maksimum ve minimum arasındaki değişim oranları hesaplanmıştır. Ayrıca farklar üzerinde de bir takım hesaplamalar yapılmıştır. Negatif ve pozitif farklar sayılandırılarak maksimum ve minimum farklar tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen çıktılar Tablo 3 de özetlenmiştir.

Tablo 3. Güneşlenme indeksi, açıklık indeksi ve farklara ait maksimum, minimum, ortalama (birimsiz) değerler. DO, maksimum ve minimum değerler arasındaki değişim oranı (%), NS, negatif işaretli farka sahip gün sayısı ve PS, pozitif işaretli farka sahip gün sayısı.

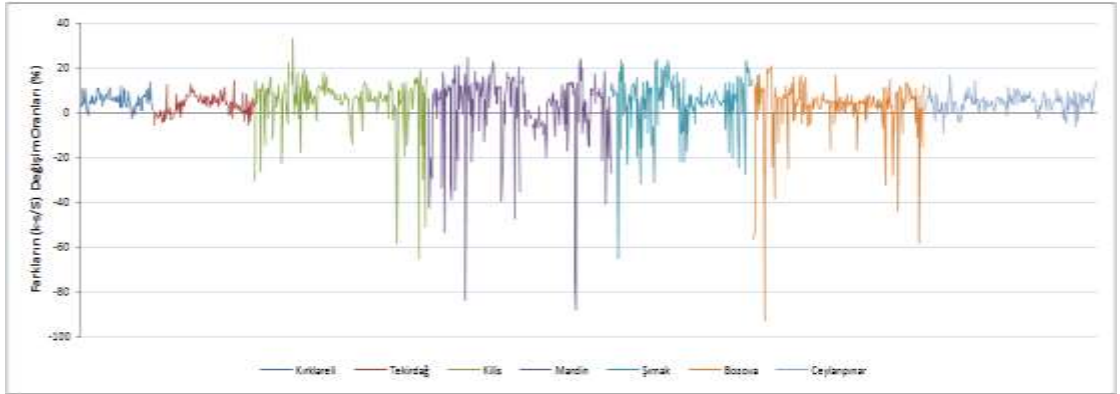
İstasyon	Güneşlenme İndeksi (s/S)		Açıklık İndeksi (k_c)		Fark (k_c -s/S) Analizi							
	Mak.	Min.	Ort.	DO(%)	Mak.	Min.	Ort.	DO(%)	NS	PS	Mak.	Min.
Kırklareli	0.92	0.76	0.83	22	0.95	0.78	0.88	22	4	93	0.12	-0.02
Tekirdağ	0.93	0.76	0.84	23	0.96	0.75	0.87	28	28	105	0.13	-0.05
Kilis	0.97	0.75	0.87	28	1.00	0.59	0.93	71	31	197	0.44	-0.35
Mardin	1.00	0.75	0.91	34	1.18	0.27	0.94	186	76	165	0.27	-0.41
Şirnak	0.96	0.75	0.86	27	1.10	0.49	0.93	123	32	156	0.26	-0.31
Bozova	0.97	0.76	0.92	28	1.21	0.45	0.96	168	41	188	0.26	-0.42
Ceylanpınar	0.94	0.75	0.88	27	1.02	0.77	0.92	32	20	207	0.15	-0.08

Bu Tabloya göre; Marmara Bölgesinden alınan iki istasyon beklenildiği gibi tepki vermiştir. Tablodan da görüleceği gibi güneşlenme indeksi 1 ile 0.75 değerleri arasında değişmektedir. Ekstrem değerler arasında değişim oranı Marmara Bölgesinde ortalama %23 iken Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ortalama %29 olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde açıklık indeksi için uç değerler arasındaki değişim oranına baktığımızda ise

Marmara Bölgesinde ortalama %25 oranında bir değişim varken; Güneydoğu Anadolu Bölgesinde açıklık indeksinde ortalama %116 oranında bir değişim hesaplanmıştır. En yüksek değişim oranı %186 ile Mardin istasyonunda tespit edilmiştir. Bu sonuç Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yere ulaşan radyasyonu etkileyen önemli bir parametrenin varlığını ortaya koymaktadır. Güneşlenme indeksinde ortalama %29 civarında olan bir değişimin; Marmara Bölgesinde olduğu gibi açıklık indeksinde ancak bir kaç puan fazla ile %32 civarında olmasını beklerken, ortalama %116 gibi yüksek bir oran başka bir analiz yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle fark ve işaret analizi yapılmıştır. Bu analizin sonuçları da Tablo 3’de verilmiştir.

Yapılan fark ve işaret analiz sonucuna göre, Marmara Bölgesi istasyonları, kurduğumuz hipoteze uygun olarak; açıklık indeksi ile güneşlenme indeksi farkları genellikle pozitif çıktılar vermişlerdir. Tekirdağ istasyonu her ne kadar 28 gün negatif işaret vermişse de tespit edilen en düşük negatif fark -0.05 olarak tespit edilmiştir. Kırklareli istasyonundan elde edilen en düşük fark ise -0.02 dir. Ayrıca, Güneydoğu Anadolu Bölgesi istasyonları oldukça yüksek negatif farklar göstermektedir. Hem gün sayısı olarak ve hem de değer olarak oldukça dikkat çekici negatif farklar mevcuttur. Sadece Ceylanpınar istasyonunda tespit edilen negatif fark nispeten daha iyidir.

Diğer taraftan, tüm istasyonlar için farkların açıklık indeksine göre değişim oranları hesaplanmış ve elde edilen grafik, Şekil 1 de verilmiştir. Grafiğe göre, Marmara Bölgesindeki istasyonlar, yaklaşık %20 oranında bir salınımın içerisinde ve beklenildiği gibi pozitif alanda dağılım göstermektedirler. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde analiz edilen istasyonlar ise Ceylanpınar hariç olmak üzere, grafiğin negatif bölgesine oldukça güçlü salınımlar göstermektedirler. Yaklaşık %100 oranlarına varan bu salınımlar, kurgulanan hipotezimize aykırı davranışlar göstermektedir. Güneş indeksinin, açıklık indeksinden oldukça yüksek olması koşulları; güneşli havalarda yere ulaşan radyasyonun beklenilenden daha az miktarda yere ulaştığını ifade etmektedir.



Şekil 1. Açıklık ve güneş indeksleri arasındaki farkın, açıklık indeksine göre değişim oranları (%).

Genel olarak atmosfer içerisinde saçılma, soğurma ve yansıtılma gibi fiziksel etkileşimler nedeni ile miktarında azalma olması beklenen güneş radyasyonunun, bu boyutta azalması bir başka harici etkinin varlığını göstermektedir. Bunun ise gerek sınır ötesi ve gerekse bölgesel, kuru ve yarı-kurak alanlardan kalkan tozların, yere ulaşan radyasyon üzerindeki azaltıcı etkisinden kaynaklandığı düşünülebilir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin kendi özel topoğrafik koşulları göz önüne alındığında yerel toz kaynaklarının da etkili olduğu söylenebilir. Gültekin vd. (2010) tarafından yapılan ve Diyarbakır istasyon verileri ile yapılan bir çalışmaya göre; Güneydoğu Anadolu Bölgesi, son yıllarda artan miktarda toz taşınımının etkilerini görmektedir. Ceylanpınar istasyonunun Marmara Bölgesi

istasyonları gibi tepki vermesi, istasyonun yerel toz kaynaklarının sınırlı olduğu varsayımına dayandırılabilir. Genel olarak, mevcut güneşlenme miktarında yere ulaşması beklenen ve/fakat beklenilenden daha az miktarda yere ulaşabilen radyasyonunun nedeninin, atmosferdeki toz varlığı olduğu söylenebilir.

SONUÇLAR

Açık hava koşullarında yere ulaşan radyasyon miktarındaki değişimler, bu çalışmanın konusunu oluşturmuştur. Beklenen olası değişimler, atmosfer yapısında bulunan su buharı, antropojenik gazlar, ozon ve aerosollerin miktarındaki değişimlere bağlı olarak makul ölçülerde olması beklenir. Başlangıçta belirlenen sınır koşullarına bağlı olarak bu değişimlerin ortalama % 20 civarında olması beklenilmiştir.

Ancak yapılan çalışmalarda, bazı günlerde radyasyon miktarında beklenenin çok üzerindeki oranlarda bir azalma tespit edilmiştir. Elde edilen çıktılar, bazı günler için bir güneş loşluğunun (solar dimming) somut delilleri olmuşlardır. Analiz edilen istasyonların buldukları coğrafyayı, topografyayı ve genel dolaşımın etkilerini dikkate aldığımızda; bu bulguların toz taşınımının bir sonucu olduğu yargısına ulaşılmıştır.

Yere ulaşan güneş radyasyonunu tahmin etmeye yönelik pek çok çalışma vardır. Bu çalışmaları üç genel grupta toplamak mümkündür. Bunlar, istatistiksel, fiziksel ve melez modellerdir. Genel olarak istatistiksel modeller, gelen güneş radyasyonu ve ilgili meteorolojik parametreler arasındaki ilişkilere dayandırılır. Bunlardan en çok bilineni ve kullanılanı; güneşlenme süresi ile radyasyon arasında kurulan ve Denklem 2 ile verilen yaklaşımdır. Oysa bu çalışma ile tespit edilmiştir ki; atmosferde bulunan bazı unsurlar, gelen güneş radyasyon üzerinde tahminlerin çok daha ötesinde etkilidirler. Bu nedenle, yaygın olarak kullanılan bir takım istatistiksel model çıktılarının çok daha temkinli karşılanması gerekmektedir. Güneşlenme süresine dayalı analitik yaklaşımlar bu kapsamda değerlendirilmelidirler.

Çalışma, fiziksel model çıktıları açısından da incelenmelidir. Bu amaç ile fiziksel bir yaklaşım olan WRF (Weather Research and Forecasting) model çıktıları, bir başka çalışma ile değerlendirilecektir.

Teşekkür: Çalışmanın sürdürülmesi aşamasında ihtiyaç duyulan verilerin sağlanması nedeni ile kurumsal olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ve duyarlılığımdan dolayı Kurum ilgili personellerinden Selami Yıldırım, Mustafa Sert ve Aydın Bektaş'a teşekkürler. Bu çalışma 111Y234 numaralı resmi TUBİTAK projesinin bir parçasıdır.

Kaynaklar

Dobson, G.M.B, Harrison D.N., “Measurements of the Amount of Ozone in the Earth's Atmosphere and Its Relation to Other Geophysical Conditions”, Proc. R. Soc. Lond., Vol. 110, No. 756, pp. 660-693, DOI: 10.1098/rspa.1926.0040, 1926

Duffie, J.A. and Beckman, W.A., “*Solar Engineering of Thermal Processes.*” Wiley, New York, 1980.

Gültekin, M.L., Müslüm, M. ve Akçakaya, A., “Diyarbakır’da toz taşınımı ve klimatolojik analizi”, V. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 2011.

Paltridge, G.W., “Direct measurements of water vapor absorption of solar radiation in the free atmosphere”, J. Atmos. Sci., 30, 156-160, 1973.

Pinker, R.T. and Laszlo, I., “Modelling surface solar irradiance for satellite applications on global scale”, J. Appl. Meteor., 31, 194-211, 1992.

Reynolds, S.W., Vonder Haar, T.H. and Cox, S.K., “The effects of solar radiation absorption in the tropical atmosphere”, J. Appl. Meteor., 14, 433-444, 1975.

Smith, W.L., “Note on the relationship between total precipitable water and surface dew point”. J. Appl. Meteor., 18, 1172-1181, 1966.

Stratton, J. A., “Electromagnetic Theory”. McGraw-Hill, New York, pp. 563-573, 1941.

Strutt, J., "On the light from the sky, its polarization and colour," *Philosophical Magazine*, series 4, vol.41, pages 107-120, 274-279, 1871.

Tuller, S., “Distribution of mean monthly and annual precipitable water”, Mon. Wea. Rev., 90, 785-797, 1968.

Türkeş, M., Sümer, U.M. and Kılıç, G., “Persistence and periodicity in the precipitation series of Turkey and associations with 500 hPa geopotential heights”, Clim. Res. 21, 59-81, 2002.

Yamamoto, G., “Direct absorption of solar radiation by atmospheric water vapour, carbon dioxide and molecular oxygen”, J. Atmos. Sci., 19, 182-188, 1962.