



Veri analizi modeli ile Çanakkale ili için güneş enerjisi potansiyelinin araştırılması

Figen BALO*

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Elazığ
figenbalo@gmail.com, Tel: (424) 237 00 00

Geliş: 08.03.2017, Kabul Tarihi: 13.06.2017

Öz

Enerji, direk gözlemlenemediği halde konumu yardımıyla hesaplanan ve mevcut sistemde korunan bir özelliktir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle, fosil kaynakların kısıtlı olması sebebiyle enerjinin tasarruflu kullanımı ve sürdürülebilir enerji kaynaklarıyla talep edilen enerjinin sağlanabilirliği konusu daha fazla önem kazanmaktadır. Sürdürülebilir enerji kaynakları fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılabilirliğinin yanı sıra çevre dostu olmaları sebebiyle de dikkat çekmektedir. Rüzgâr, güneş, dalga, jeotermal, dalga... vb sürdürülebilir enerji kaynaklarının arasında en cazip kaynaklardan biri güneş enerjisidir. Belli bir alanda güneş enerjisi destekli fotovoltaik sistem kurulumu düşünüldüğü zaman o bölgeye ait güneşlenme verilerinin kullanılabilirliğinin analizi pahalı kurulum maliyetleri düşünüldüğünde önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, sürdürülebilir enerji kaynakları arasında en bol bulunanlardan biri olan güneş enerjisi desteğiyle Çanakkale ilinde kurulumu planlanan bir fotovoltaik sistem için yatay ve açılı (30⁰, 60⁰ ve 90⁰) konumlandırılmış solar paneller üzerine gelebilecek güneş radyasyonu değerleri, en gerçeğe yakın sonuç elde edilen güneş modelleri, meteorolojik veriler ve MATLAB destekli olarak hesaplanmıştır. En performanslı güneş radyasyonu değerleri ve bu değerlerin elde edildiği günler de tespit edilerek tasarlanan bir fotovoltaik sistemi için elverişliliği ve sürdürülebilirlik potansiyeli değerlendirilmiştir.

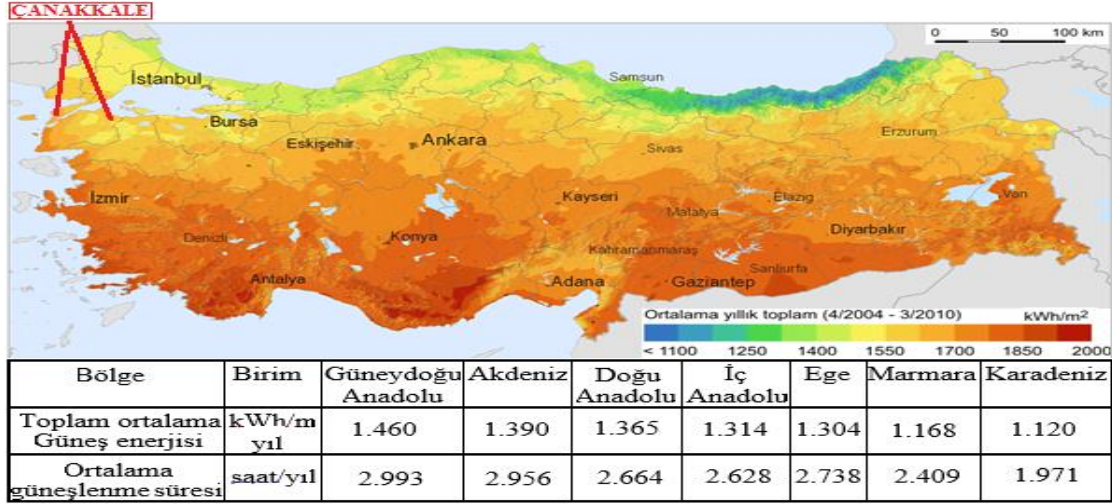
Anahtar Kelimeler: Güneş radyasyon şiddeti; güneş radyasyon modeli; yatay ve eğik düzlem; güneş enerjisi; fotovoltaik.

* Yazışmaların yapılacağı yazar

Giriş

Güneş sürdürülebilir enerjinin en önemli kaynaklarından biridir. Dünya'nın birçok yerinde potansiyel olarak mevcuttur. Türkiye bu

konuda en avantajlı ülkelerden birisidir. Şekil 1'de Türkiye'de yatay radyasyon potansiyeli ve bölgelere göre güneşlenme süreleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Türkiye'de yatay radyasyon potansiyeli ve bölgelere göre güneşlenme süreleri (Toprakçı, 2013; Solargis, 2011)

Çanakkale, hem rüzgâr enerjisi hem de güneş enerjisi temelli yenilenebilir enerji santralleri kurulumu açısından çekici potansiyele sahip illerimizden biridir. Çanakkale, rüzgâr enerjisi ile ilgili bazı sistem kurulumlarına sahip olmasına rağmen güneş enerjisinin değerlendirilebilirliği kısıtlı alanlarda gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda Çanakkale Tarım İl Müdürlüğü, il çapında tarımsal sulama yapmak amacıyla güneş enerjisi destekli bir sistemi aktif olarak kullanmaya başlamıştır (Can, 2010). Çanakkale ilinde tarımsal sulama dışında güneş enerjisi ufak çaplı işletmelerde, bireysel olarak ısınmada, bireysel elektrik üretiminde, trafik sinyalizasyon sistemlerinde ve sıcak su üretiminde kullanılmaktadır (Can, 2010). Bu çalışma ile daha büyük potansiyelde kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, bilimsel araştırmacılar tarafından türetilen güneş modelleri incelenerek en yaygın ve güvenilir sonuç veren modeller araştırılmıştır. Araştırılan modeller içerisinde hedeflenen amaca uygun olan modellerden çalışmada faydalanılmıştır. Daha sonra güneş enerjisi potansiyeli araştırılan Çanakkale ilinin meteorolojik verileri eşliğinde

analizler yapılarak MATLAB programıyla birlikte elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Çanakkale ili için güneş enerjisi potansiyeli hesaplamalarında gerekli I_{ort} , FGI, FKI değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çanakkale ili için I_{ort} , FGI, FKI değerleri (Mutluay, 2015)

I_{ORT} (MJ/M ² .GÜN)	12,7
FGI (MJ/M ² .GÜN)	8.12
FKI	4.26
ENLEM	40.08 ⁰

Dünya'da herhangi bir yüzeye gelen güneş radyasyonunu hesaplamak için araştırmacılar tarafından birçok deneysel modeller kullanılmıştır. Araştırmacıları deneysel modellerin kullanılmasına iten sebep, düzlem yüzeyine düşen güneş radyasyonu verilerinin olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle araştırmacıların çoğu çalışılan bölgenin meteorolojik şartlarına göre güneş radyasyonu modellerini üretmişlerdir.

Prescott ve Angström (1924), günlük küresel güneş radyasyonunu tespit etmek amacıyla aylık ortalamaları kullanmışlardır. İlk defa bu tarz bir hesaplama için kullanılan ve halen çalışmalarda en fazla faydalanılan bağıntıyı farklı denklemler şeklinde türetmişlerdir. Bu denklemler birçok farklı bölgede birçok araştırmacı tarafından lineer güneş radyasyon modelinin geliştirilmesinde temel olarak değerlendirilmiştir. Lemoine ve Dogniaux (1983), Prescott ve Angström tarafından türetilen modele bölge enleminin verilerini eklemiş ve yılın her ayı için değişik matematiksel güneş radyasyon modeli oluşturup kullanmışlardır. Bahel (1987), Dünya'daki 48 farklı istasyondan veri olarak bu verileri modellemiştir. Bu şekilde uluslararası alanda kullanılabilecek bir matematiksel model geliştirmiştir. Twidell ve Raja (1990), Pakistan'da beş ayrı gözlem merkezinin radyasyon verilerinin araştırılan bölgenin genel radyasyon şiddetini belirlemek için yeterli olmadığını tespit etmiştir. Bu sonuçtan yola çıkıp türetilen modeller yardımıyla Pakistan'da 40 değişik konumu içeren aylık-yıllık güneş radyasyon haritaları oluşturmuşlardır. Elde ettikleri haritaları Hindistan ve Dünya genelinde elde edilen radyasyon haritalarıyla kıyaslanmıştır. Lewis (1992), bağıl nem, uzun süreli güneş radyasyonu, güneşlenme saatleri ve hava sıcaklığı ölçümleri yaparak verilerin desteğinde Amerika'da Tennessee bölgesi için solar radyasyonun belirlenmesi amacıyla denklemler türetmiştir. Tiris (1996), Page-Prescott-Angström modelindeki deneysel ifadelerin katsayıların temel olarak diffüz ve küresel radyasyonun tespit edilmesi amacıyla bir genel denklem belirlemiştir. Remund ve diğerleri (1995), İsviçre'nin bazı şehirleri için on yıl boyunca eğik düzlem üzerine gelen güneş radyasyonunun toplam değerini sıcaklık değerlerini kullanarak ölçmüştür. Ölçülen bu değerleri farklı modeller içerisinde kullanarak elde ettiği sonuçları kıyaslamalı şekilde analiz edilmiştir. Hontoria ve Almorox (2011), güneş ışınımının toplam değerlerini İspanya'da Toledo şehri tespit etmek üzere 12 tane değişik matematiksel model oluşturmuştur. Bu modeller yardımıyla elde edilen aylık toplam güneş ışınımı değerlerini

kıyaslamıştır. Şen (2007), Türkiye'de 8 farklı il (Antalya, Afyon, Adıyaman, İstanbul, Diyarbakır, Konya, Kastamonu, İzmir) için yatay konumlanmış düzleme gelen güneşlenme şiddetinin tespit edilmesi için doğrusal olmayan model belirlemiştir. Elde ettikleri modeli Angström ve arkadaşlarının türettiği modelin parametresel olarak üçüncü derecesi gibi kullanılmıştır. Che ve diğerleri (2010), 40 yıl boyunca Çin'in 14 farklı istasyonundan toplanan güneş ışınımı verilerini kullanarak toplam güneş radyasyonunu tespit etmek için modeller oluşturmuştur. Ülkenin yaygın coğrafyası nedeniyle en performanslı sonuçlar ikinci dereceden polinom eşitliği ile elde edilmiştir. Elde edilen modeller ölçülen verilerle istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Abu Khader ve diğerleri (2008), iki eksenli olarak güneş takibi için sistem tasarımını PLC kontrollü olarak yapmışlardır. Bu takip sistemi güneşin gün içindeki konumuna uygun olarak günde dört defa döndürülmüştür. Bu şekilde sabit sisteme oranla %30-%45 oranında daha fazla enerji üretilmiştir. Elde edilen enerjinin %3'ü takip sisteminin döndürülmesinde kullanılmıştır. Salameh ve Lynch (1990), güneş takibi için düşük maliyetli, elektronik kontrollü, iki eksenli bir sistem tasarlamışlardır. Bu sistem, torku yüksek DC motor, maliyeti düşük kontrol amaçlı bir elektronik devre, iki adet elektro optik sensör ile sisteme ait diğer ekipmanları içermektedir. Sistem bünyesinde güneşi izleme amaçlı kullanılan kontrol devresinin çözünürlüğü $0,1^\circ$ olup güneşsiz havalarda devreye giren sensörler aracılığıyla sistem hareketlerine harcanan enerjiyi azaltmayı başarmışlardır. Abu Malouh ve diğerleri (2011), güneş takibi sistemi üstüne çanak monte ederek güneşten alınan ışınların orta bir noktada odaklanmasını sağlamışlardır. Bu şekilde üretilen güneş fırınının orta noktasındaki sıcaklığını 93°C civarında elde etmişlerdir.

Değişik bölgelerdeki güneş radyasyonu potansiyelinin fizibilitesiyle ilgili olarak da literatürde birçok çalışma mevcuttur. Huang ve Yue (2011), Tayvan için ülkenin arazi şartları dahilinde güneş radyasyonu potansiyelini araştırmıştır. Syafawati ve diğerleri (2012), Malezya, Ulu Pauh ve Perlis'de güneş

radyasyonu potansiyellerini güneş ışınımı değerleri yardımıyla araştırmışlardır. Kablan (2003), 2001-2005 yılları arasında Ürdün'de güneş radyasyonu verileri yardımıyla güneş enerjisi destekli su ısıtma sistemleri ve bu sistemlerle sağlanabilecek enerji tasarrufu konusunda araştırmalar yapmışlardır. Skeiker (2009), Suriye için güneş enerjisi sistemlerindeki güneş kolektörlerinin en verimli kullanılabileceği eğim açısını hesaplamalarla belirlemiştir. Kolektörlere bir yılda 12 kez değişik şiddetlerde etki eden güneş ışınımı değerlerinin uygun eğim açısı kullanılarak sistem verimliliğinde %30 oranında artış sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Coonick ve Sfetsos (2000), güneş radyasyon şiddetlerinin hesaplanması sırasında bir sonra hesaplanacak değeri tahmin etmek için yapay sinir ağlarını kullanmıştır. Plangklang ve Chupong (2011), bir şebekeye bağlı çalışan güneş enerjisi sisteminin çıkış gücünü Thailand için hesaplamıştır. Bu hesaplamaları yaparken radyasyon şiddeti verilerini kullanmadan tahmin edebilen bir metot kullanarak sonuçları ifade etmiştir.

Bu çalışmada, Çanakkale ili için yatay ve eğik düzleme gelen günlük, aylık ve yıllık güneş radyasyonu değerleri, çalışılan bölgenin enlemi ile birlikte günlük toplam ışınımın yıllık ortalaması (I_{ort} ; MJ/m².gün), ışınım fonksiyon genliği (FGI; MJ/m².gün), ışınım fonksiyon faz kayması (FKI; MJ/m².gün) dikkate alınarak analiz edilmiştir. Çanakkale ilinde tasarlanan bir fotovoltaik enerji santrali için, güneş enerjisi potansiyelinin elverişliliği elde edilen sonuçlar eşliğinde değerlendirilmiştir.

Güneş radyasyonu şiddetlerinin hesaplanması

Yatay düzleme gelen güneş radyasyonu şiddetlerinin hesaplanması

Günlük toplam güneş radyasyonu

Bir yıl süresince, hesaplanmak istenen bir gün için, yatay konumlanan düzleme gelen toplam güneş radyasyonu,

$$I = I_{ort} - FGI \cos \left[\frac{2\pi}{365} (n + FKI) \right] \quad (1)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanır (Ünal vd., 1986). Burada n:l Ocak ayından itibaren yılın günlerini, FKI: radyasyon fonksiyon faz kayması, FGI: radyasyon fonksiyon genliğini ve I_{ort} : günlük toplam radyasyonun yıllık ortalamasını ifade etmektedir.

Günlük yaygın güneş radyasyonu

Yatay düzlem üzerine gelen günlük toplam yaygın güneş radyasyonu 2 formülü ile hesaplanır (Deriş, 1979).

$$I_y = I_o (1-B)^2 (1+3B^2) \quad (2)$$

Burada, I_o : atmosfer dışı radyasyonu, B : berraklık indeksi değerini, ifade etmektedir.

Anlık toplam güneş radyasyonu

İlgili tablolar ve hesaplamalarla I_s ;([W/m²]) güneş sabiti), e ; enlem açısı; w_s (gün doğuş saat açısı), f (güneş sabitini düzeltme faktörü), d (deklınasyon açısı) değerleri belirlenir. Atmosfer dışı radyasyon 3 eşitliği ile bulunur (Deriş, 1979).

$$I_s = \frac{24}{\pi} I_o (\cos e \cos d \sin ws + ws \sin e \sin d) f \quad (3)$$

Yatay bir düzlem üzerine gelen anlık toplam güneş radyasyonu 4 bağıntısından belirlenir (Tamer, 1972; Derse, 2014).

$$I_{ts} = A_{ts} \cos \frac{\pi}{tgi} (t - 12) \quad (4)$$

Burada A_{ts} fonksiyon genliği ve t_{gi} , imajiner gün uzunluğunu ifade etmektedir.

Anlık yaygın ve direk güneş radyasyonu

Anlık yaygın ve direk güneş ışınımının yatay düzlem üzerindeki miktarı 5 ve 6 eşitliğiyle hesaplanır (Tamer, 1972; Derse, 2014). Burada A_{ys} fonksiyon genliğidir.

$$I_{ys} = A_{ys} \cos \frac{\pi}{tgi} (t - 12) \quad (5)$$

$$I_{ds} = I_{ts} - I_{ys} \quad (6)$$

Eğik düzleme gelen güneş radyasyon şiddetlerinin hesaplanması

Anlık direkt güneş radyasyonu

Eğik yüzey (30° - 60° - 90° açılı) üzerine gelen anlık direkt güneş radyasyonu 7 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanabilir (Derse, 2014; Notton vd., 2006).

$$I_{de}=I_{ds}R_d \quad (7)$$

$$R_d=\frac{\cos \theta}{\cos \theta z} \quad (8)$$

$$\cos \theta z = \sin d \sin e + \cos d \cos e \cos w \quad (9)$$

$$\cos \theta = \sin d \sin(e - \beta) + \cos d \cos(e - \beta) \cos w \quad (10)$$

Anlık yaygın güneş radyasyonu

Eğik yüzeye üzerine anlık gelen yaygın ışınım değeri 11 nolu formül yardımıyla elde edilmiştir (Derse, 2014; Erbs vd., 1982).

$$I_{ye}= R_y I_{ys} \quad (11)$$

$$R_y = \frac{1 + \cos a}{2} \quad (12)$$

Burada yaygın ışınım için dönüşüm katsayısı R_y olup, 12 nolu formül ile tespit edilmiştir (Derse, 2014; Erbs vd.,1982). R_y parametresi yüzeyin eğimini vermektedir. Dik yüzey ($a=90^\circ$) ise $R_y=0.5$ olarak elde edilebilir. Bu yolla Çanakkale ili için 24 saatlik zaman diliminde yıllık olarak 30° , 60° , 90° açıları için eğik bir yüzey üzerine gelen yaygın ışınımın anlık değerleri hesaplanabilir.

Yansıyan anlık güneş radyasyonu

Eğik düzlem üzerine yansıyan ışınım 13 nolu eşitlik yardımıyla hesaplanabilir (Derse, 2014; Erbs vd.,1982).

$$I_{ya} = I_{ys}\rho \frac{1 + \cos a}{2} \quad (13)$$

Burada, çevre yansıtma oranı ρ parametresi ile gösterilmiş olup ortalama olarak $\rho=0.2$ değerinde hesaplamalara dahil edilmiştir.

Toplam anlık güneş radyasyonu

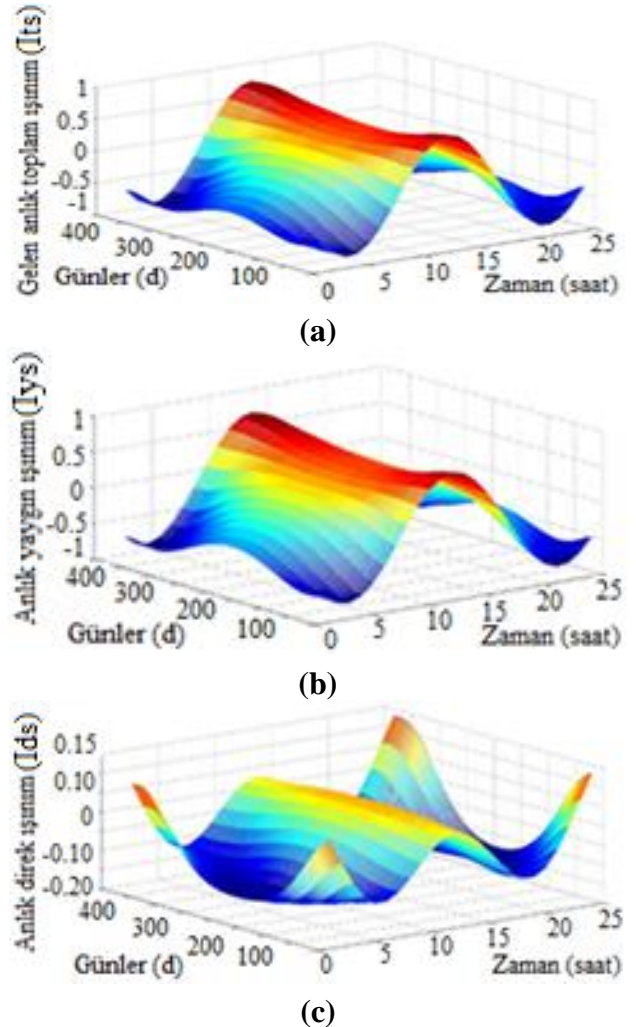
Eğik yüzey üzerine gelen anlık toplam ışınım

$$I_t = I_{de} + I_{ye} + I_{ya} \quad (14)$$

formülü yardımıyla tespit edilebilir (Derse, 2014; Erbs vd.,1982).

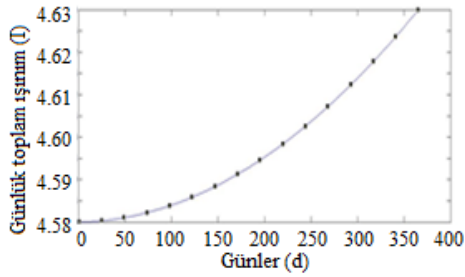
Değerlendirme ve sonuçlar

Şekil 2'de Çanakkale ilinde yatay konumlandırılmış bir düzlem üzerine gelen; (a) yıllık 24 saatlik anlık toplam güneş radyasyonu değerlerindeki değişim, (b) yıllık saatlik anlık yaygın güneş radyasyonunun 24 saatlik zaman dilimi için değerlerinin değişimi, (c) 24 saatlik anlık direkt güneş radyasyonunun yıllık değerlerinin değişimi verilmiştir. Şekil 2'den görüldüğü gibi Çanakkale ili için yatay düzlem üzerine gelen anlık toplam güneş ışınımının en büyük değeri 1.5075 W/m^2 olarak yılın 355. gününde, saat 12:00'de belirlenmiştir.

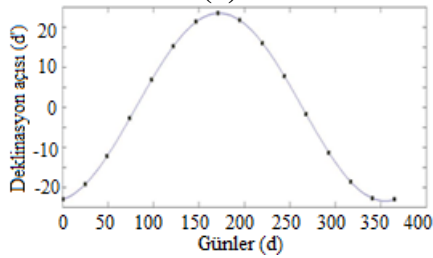


Şekil 2. Yatay konumlandırılmış bir düzlem üzerine gelen anlık direkt, yaygın, toplam güneş ışınımı

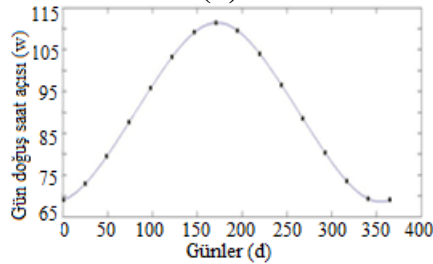
Şekil 3'de Çanakkale ilinde yatay konumlandırılmış bir düzlem üzerine gelen; toplam güneş radyasyonu değerlerinin yılın günlerine göre değişimi (a), deklinasyon açısının yılın günlerine göre değişimi (b), gün doğuşuna ait saat açısının yıllık olarak değişimi (c), güneş sabitinin düzeltme faktörü için yıllık günlere göre değişim (d), atmosferin dışındaki güneş radyasyonu değerlerinin günlere göre değişimi (e), toplam güneş ışıınımı için fonksiyon genliğinin $[A_{ts}]$ yıllık günlere göre değişimi (f), günlük yaygın güneş ışıınımı için fonksiyon genliğinin $[A_{ys}]$ yılın günlerine göre değişimi (g), berraklık indeksinin yılın günlerine göre değişimi (h), gösterilmiştir.



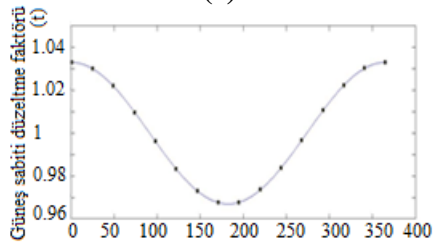
(a)



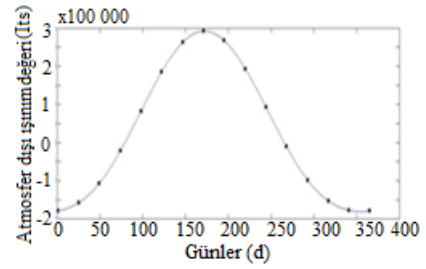
(b)



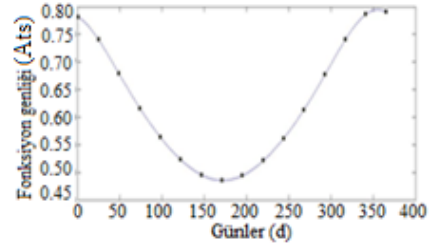
(c)



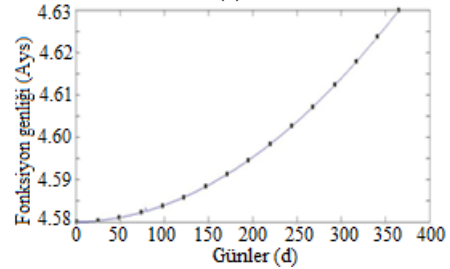
(d)



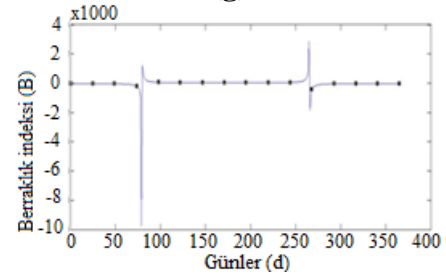
(e)



(f)



(g)



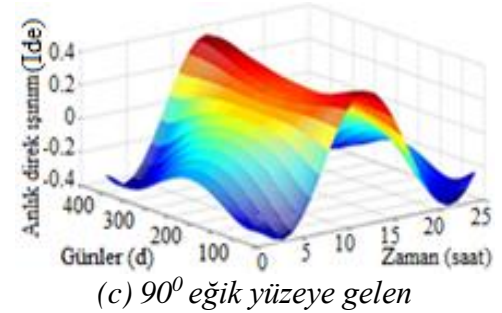
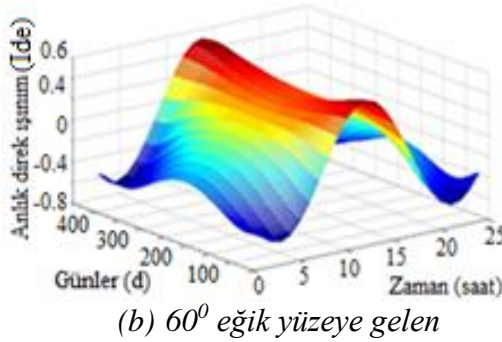
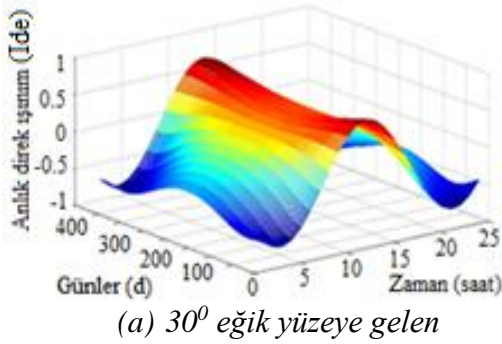
(h)

Şekil 3. Yatay konumlanmış düzlem üzerine gelen güneş ışıınım şiddetlerine ait yıllık parametresel değerler

Şekil 3'den görüleceği gibi Çanakkale ilinde yatay konumlandırılan bir düzlem üzerine gelen günlük toplam radyasyon değeri başlangıç günü olan 1 Ocak'ta en düşük değerde olup 31 Aralık'ta 365 günün toplam etkisiyle en yüksek değeriyle elde edilmiştir. Çanakkale ilinde yatay düzlem üzerine gelen fonksiyon genliğinin en büyük değeri yılın 355. gününde 1.4253, deklinasyon açısı, gün doğuş açısı ve atmosfer dışı radyasyonun en büyük değeri ise yılın 172. gününde sırasıyla 23.4498^0 , 110.01186^0 ve 278010 W/m^2 olarak elde edilmiştir. Berraklık indeksi yılın 80. gününde (0.1630) en büyük

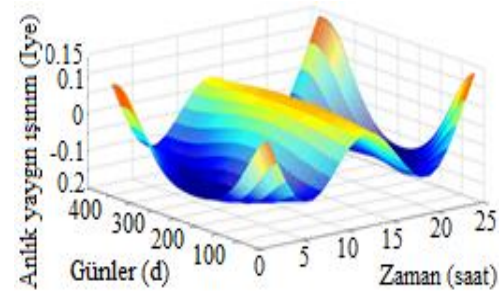
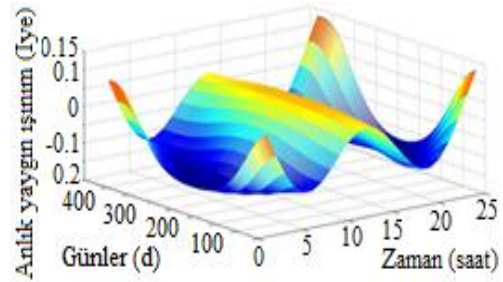
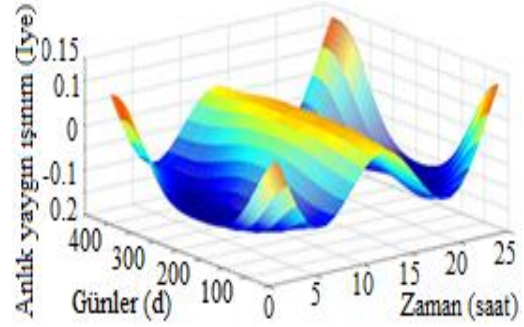
değerini alırken, yılın 266. gününde (0.0044) en küçük değerini göstermiştir. Güneş düzeltme faktörü için en küçük değer (0.9670) yılın 182. gününde, en büyük değer (1.0330) ise yılın 365. gününde elde edilmiştir.

Şekil 4'de Çanakkale ili için yıllık 24 saatlik zaman dilimi için 3 farklı açıda (30° , 60° ve 90°) yüzeye gelen anlık direkt ışınım değerleri verilmiştir. Her üç açı için yüzeye gelen anlık direkt ışınımın en büyük değerleri yılın 355. gününde saat 12:00'da, en küçük değerleri aynı gün saat 03:00'da elde edilmiştir. 30° , 60° ve 90° açılar için I_{dbmax} değerleri sırasıyla 1.3299, 1.0690 ve 0.7127 W/m^2 olarak, I_{dbmin} değerleri ise sırasıyla 1.3216, 1.0624 ve 0.7082 W/m^2 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4. Yıllık 24 saatlik zaman diliminde eğik yüzeye gelen anlık direkt ışınım

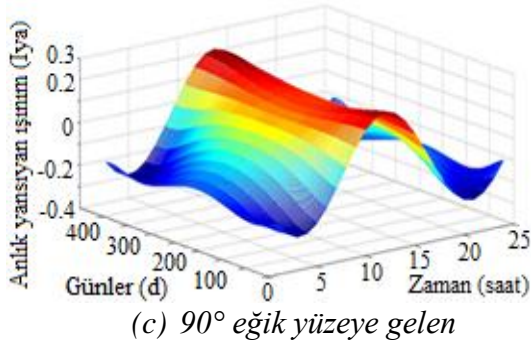
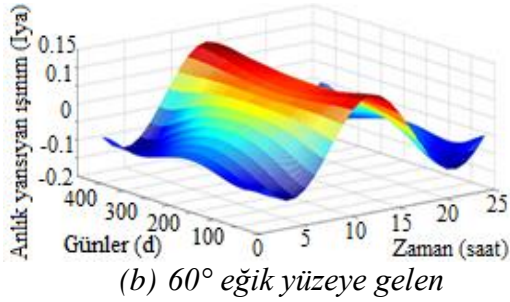
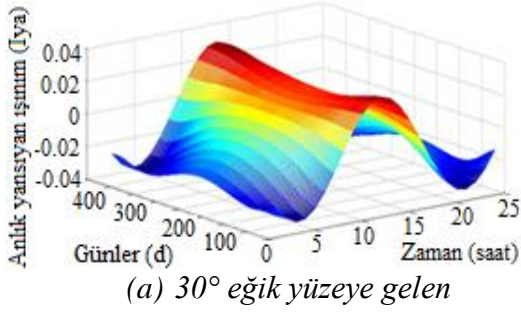
Şekil 5'de Çanakkale ilinde eğik yüzeye 3 farklı açıda (30° , 60° ve 90°) gelen yıllık anlık yaygın ışınım değerleri 24 saatlik zaman dilimi için gösterilmiştir. 30° , 60° ve 90° açılar için yıllık anlık yaygın ışınımın en küçük değerleri yılın 175. günü saat 02:00'da sırasıyla -0.2545 , -0.2549 ve -0.2545 W/m^2 olarak elde edilmiştir.



Şekil 5. Yıllık 24 saatlik zaman diliminde eğik yüzeye gelen anlık yaygın ışınım

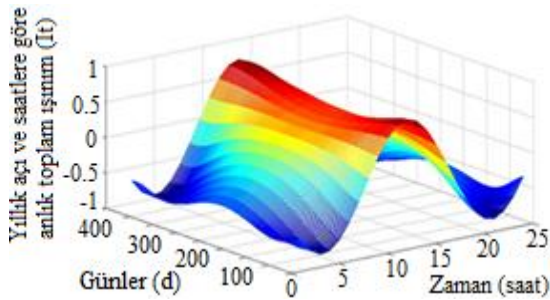
Çanakkale ili yıllık 24 saatlik zaman diliminde eğik yüzeye gelen toplam anlık ışınım değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Yıllık olarak 24 saatlik toplam anlık güneş radyasyonunun 30° , 60° ve 90° açılar için en küçük değerleri yılın 355. günü

saat 03.00'da sırasıyla -0.0605, -0.2257 ve -0.4513 W/m² olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6. Yıllık 24 saatlik zaman diliminde eğik yüzeye gelen toplam anlık ışınım

Çanakkale ili için yıllık açı ve saatlere göre anlık toplam güneş ışınımı şiddetleri Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Yıllık açı ve saatlere göre anlık toplam ışınım şiddeti

Sonuç

Bu çalışmada Çanakkale ilinde tasarlanacak bir fotovoltaik enerji santralinde hem sistem fizibilitesine hem de en verimli solar panel seçimine referans olması amacıyla, bölgenin güneş ışınım potansiyeli değerlendirilmiştir. Bu amaçla Çanakkale ili için yatay ve eğik düzlem üzerine gelen güneş ışınımı değerleri temelli güneş ışınımı potansiyeli; meteorolojik parametreler, en yaygın kullanılan ve literatürde en güvenilir olarak rapor edilen güneş ışınımı değerlendirme modelleri ve Matlab programı kullanılarak hesaplanmıştır. Çanakkale ilinde tasarlanan bir fotovoltaik enerji santralinin fizibilitesi için, elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, bölgenin güneş ışınımı potansiyelinin sistem için uygulanabilir verimlilikte olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- Abu-Malouh, R., Muslih, I. and Abdallah, S., (2011). Design, Construction and Operation Of Spherical Solar Cooker with Automatic Sun Tracking System, *Energy Conversion and Management*, **52**, 615–620.
- Almorox, J., Hontoria, C. and Benito, M., (2011). Models For Obtaining Daily Global Solar Radiation With Measured Air Temperature Data In Madrid (Spain), *Apply Energy*, **88**, 1703-9.
- Angström A., (1924). Solar and Terrestrial Radiation, *Quartely Journal of Royal Meteorological Society*, **50**, 121-125.
- Bahel, V., Bakhsh, H. and Srinivasan, Ra., (1987). Correlation for Estimation of Global Solar Radiation, *Energy*, **12**, 131-5.
- Can, S., (2010). Alternatif Enerji Kaynakları Potansiyelinin Yönetilmesi: Çanakkale İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, ÇOMÜ.
- Che, H. Z., Shi, G. Y., Zhang, X. Y., Arimoto, R., Zhao, J. Q., Xu, L., Wang, B., and Chen, Z. H., (2005). Analysis of 40 Years of Solar Radiation Data from China, *Geophys. Res. Lett.*, **32**, 1961–2000, L06803, Doi:10.1029/2004gl022322.
- Chupong, C. and Plangklang, B., (2011). Forecasting Power Output of Pv Grid Connected System in Thailand without Using Solar Radiation Measurement, *Energy Procedia*, **9**, 230-237.
- Deriş, N., (1979). Güneş Enerjili Sıcak Su İle Isıtma Tekniği, *Sermet Matbaası*, İstanbul.

- Derse M. S., (2014). Batman’ın İklim Koşullarında Eğimli Düzleme Gelen Güneş Işınımının Farklı Açılış Değerlerinde Belirlenmesi, 37-47, Batman.
- Dogniaux, R. and Lemoine, M., (1983). Classification of Radiation Sites in Terms of Different Indices of Atmospheric Transparency, Solar Energy Research and Development in The European Community, *Series F*, **2**, Dordrecht, Holland, Reidel.
- Erbs, D.G., Klein, S.A. and Duffie, J.A., (1982). Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly-average global radiation, *Solar Energy*, **28**, 4, 293–302.
- Huang Yh. and Wu J.,(2011). Assessment of The Feed- in Tariff Mechanism for Renewable Energiesin Taiwan, *Energy Policy*, **39**, 8106-8115.
- Jalayerian, M.K. and Burmeister, L.C., (1986). Solar Flux Enhancement on A Tilted Surface By A Vertical South Wall, *Solar Energy*, **36**, 5, 437-441.
- Kablan, M. (2003). Forecasting The Demand on Solar Water Heating Systems and Their Energy Savings Potential during The Period 2001–2005 in Jordan, *Energy Conversion and Management*.
- Lewis, G., (1983). Diffuse Irradiation Over Zimbabwe, *Solar Energy*, **31**, 1, 125–8.
- Lynch, W., and Salameh, Z. (1990). Simple Electrico-optically Controlled Dual Axis Sun Tracker, *Solar Energy*, **45**, 2, 65-69.
- Miguel, A.D., Bilbao, J., Aguiar, R., Kambezidis, H. and Negro, E., (2001). Diffuse solar irradiation model evaluation in the North mediterranean belt area, *Solar Energy*, **70**, 143–153.
- Mutluay B., (2015), Farklı Açılarda Konumlandırılan Jaluzi Kanatçıklarının Üzerine Gelen Güneş Işınımı Hesaplanması, FÜ Yüksek Lisans Semineri, 48
- Notton, G., Poggi, P. and Cristofari, C., (2006). Predicting hourly solar irradianations on inclined surfaces based on the horizontal mesurements: Performances of the association of well-known mathematical models, *Energy Conversion and Management*, **47**, 1816–1829.
- Raja, I A. and Twidell, Jw., (1990). Diurnal Variation of Global Insolation over Five Locations in Pakistan, *Solar Energy*, **44**, 73–6.
- Remund J., (1995). A Comprehensive Meterological Database and Planning Tool for System Design, *Proceedings of the 13th European Photovoltaicsolar Energy Conference*, Nice, 733-735.
- Solargis Geomodel solar s.r.o, (2011). [http://solargis.info]
- Sfetsos, A. and Coonick, A.H., (2000). Univariate and Multivariate Forecasting Of Hourly Solar Radiation with Artificial Intelligence Techniques, *Sol. Energy*, **68**, 169–178.
- Şen, Z., (2007). Türkiye’nin Temiz Enerji İmkânları, *Mimar Ve Mühendis Dergisi*, **33**, 6-12.
- Tamer, Ş., (1972). Klima Ve Havalandırma, Meteksan A.Ş., Ankara.
- Tiris, M., Tiris, C. and Erdalli Y., (1997).Water Heating System By Solar Energy: Marmara Research Centre, *Institute Of Energy Systems And Environmental Research*, Nato Tucoating, Gebze, Kocaeli, Turkey.
- Toprakçı, A., (2013). Türkiye Coğrafyası Özelinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dağılımı ve Bu Kaynakların Ulusal Şebekeye Bağlanmasında Karşılaşılan Sorunların Teknik ve Ekonomik İncelemesi, MCT.
- Ünal, A., Tanes, Y. ve Onur, H.Ş.,(1986). Günlük Ortalama Güneş Işınımı ve Sıcaklık Değerlerinin Yıllık Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi, Fonksiyon Parametrelerinin Türkiye’deki Dağılımı, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, **8**, 4, 37-45, Ankara.

Investigation of the solar energy potential for Canakkale city with data analysis model

Extended abstract

Energy is a property that although it cannot be directly observed it still can be calculated with the help of its position and preserved in the system. The energy need is continuously increasing in parallel with the technological advances. Thus, using the energy with great care and meeting the energy demand with the sustainable energy resources is of great importance due to the limited amount of fossil resources. The sustainable energy resources draw attention not only because they are alternative to the fossil fuels but also they are environment-friendly.

Solar energy is one of the most attractive resources among other energy resources such as wind, wave, geothermal, etc. Sun energy is green energy and is primary element for decreasing air pollution & global warming which is reasoned by use of fossil fuels.

Considering the expensive installation costs, the analysis of solar radiation data for a specific region is very important when a solar energy-based photovoltaic system is considered to be installed in that region.

The requirement for initial investment needs careful planning and productive use of economic sources. The most important part of such in-depth investigate is dependable meteorologically data. Sun irradiation values are of big importance to be able to prediction the potential of solar energy systems. On the other hand, sun irradiation measurements in global scale are very limited. In this reason, different models have been developed to meet the demand for the missing data. These different models are dependent on the specifics of the region to be examined.

The purpose of this manuscript is to detect a reference for selecting the most productive solar panel by trusting on the real sun irradiation values determined for the most productive photovoltaic energy system design. The values of sun irradiation are commentated to be at acceptable performance levels to design a photovoltaic energy system.

In this research, for a photovoltaic system planned to be installed in Canakkale, solar radiation values on horizontal and inclined (30°, 60° and 90°) solar panels are calculated using the most realistic solar models, meteorological data, and MATLAB software.

For horizontal solar panels, the change in annual momentary direct solar radiation values for 24-hour time period, the change in annual momentary diffuse solar radiation values per hour, and the change in annual momentary total solar radiation values for 24-hour time period are investigated.

For solar radiation on horizontal surface, transparency index, diffuse solar radiation function frequency, total solar radiation function frequency, solar radiation values out of atmosphere, solar constant for correction factor, hourly angle for sunrise, declination angle, and total solar radiation values per day values are determined with data analysis model.

On inclined (30°, 60° and 90°) solar panels, annual momentary direct radiation values for 24-hour period, the annual momentary diffuse radiation values, the annual total momentary radiation values are obtained.

Depend on this analysis, true potential of Canakkale city can be evaluated through the solar parameters calculations ensured in manuscript.

The appropriateness of the photovoltaic system is evaluated by determining the best solar radiation values and the dates where these values are obtained.

The values of solar radiation in Canakkale case are evaluated to be at acceptable efficiency levels to design a photovoltaic system. Although data for a specific case is used here for the purpose of model verification, this study aims to establish a reference for choosing the most efficient solar panel by relying on the solar radiation values obtained for the most efficient photovoltaic system design.

Keywords: *Solar radiation intension, solar radiation model, horizontal and inclined surface, solar energy, photovoltaic.*