

established in
2016



MAS JOURNAL of Applied Sciences

ISSN 2757-5675

DOI: <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.115>

Araştırma Makalesi

Türkiye'nin Güneş Ekserjisi Potansiyel Atlasının (GEXPATR) Oluşturulması

Levent EZELSOY¹, Ömer EREN^{1*}

¹Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Hatay

*Sorumlu yazar: oeren@mku.edu.tr

Geliş Tarihi: 05.03.2021

Kabul Tarihi: 08.04.2021

Özet

Bu çalışmada, Türkiye'deki tüm iller için güneş ışınım ekserjisi değerleri (MJ/m²yıl) hesaplanarak ArcGIS yazılım programında Türkiye'nin yıllık ve aylık olarak güneş ekserjisi potansiyel atlasları (GE_xPA_{TR}) oluşturulmuştur. Türkiye için yıllık güneş ışınım ekserjisi değerleri 4346,67 MJ/m²yıl ve 5613,68 MJ/m²yıl arasında hesaplanmış ve ortalama yıllık güneş ışınım ekserjisi miktarı da 5034,37 MJ/m²yıl olarak belirlenmiştir. En yüksek değer Karaman ili için ve en düşük değer de Bartın ili için saptanmıştır. Aylık güneş ışınım ekserjisi değeri ortalama olarak 160,25 MJ/m²ay ile en düşük Aralık ayında ve 665,06 MJ/m²ay ile en yüksek Temmuz ayında belirlenmiştir. Yıllık ekserji/enerji oranı % 92,95 ile % 94,17 arasında hesaplanmış ve yıllık ortalama olarak değeri ise % 93,39 olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atlas, Güneş ekserjisi, Türkiye

Creation of Turkey's Solar Exergy Potential Atlas (SEXPATR)

Abstract

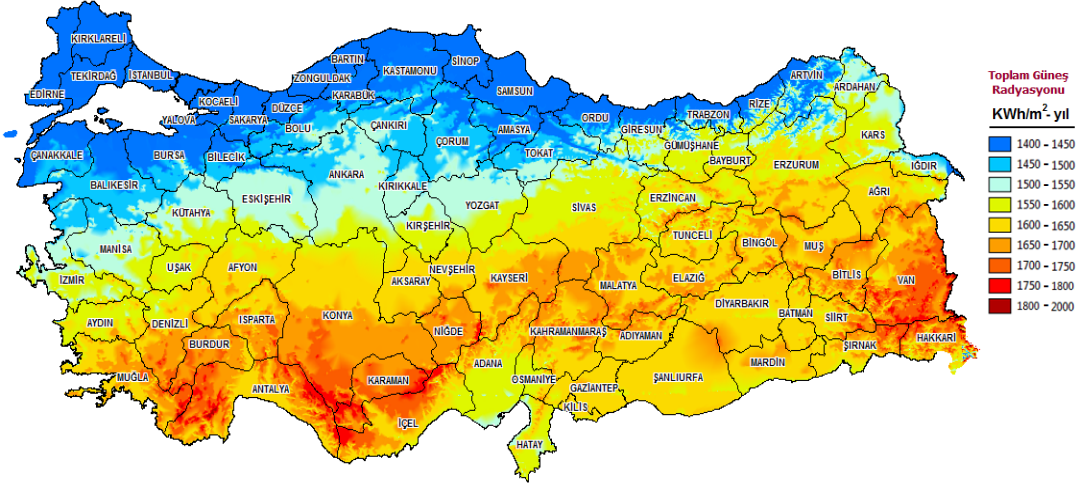
In this study, Turkey's annual and monthly solar exergy potential atlases (SEXPATR) in ArcGIS software has been created by calculating exergy of solar radiation values for all provinces in Turkey (MJ/m²yr). Annual solar radiation exergy values for Turkey 4346,67 MJ/m²yr and 5613,68 MJ/m²yr calculated and the average annual solar radiation exergy amount was set at 5034,37 MJ/m²yr. The highest value was determined for Karaman province and the lowest value for Bartın province. The average monthly solar radiation exergy value was determined as 160,25 MJ/m²months in average at the lowest December and 665,06 MJ/m²months in July at the highest. The annual exergy / energy ratio was calculated between 92,95% and 94,17%, with an annual average value of 93,39%.

Keywords: Atlas, Solar exergy, Turkey

GİRİŞ

Sürdürülebilir bir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı; artan enerji talebi nedeniyle fosil yakıt kaynaklarının azalması ve yoğun fosil yakıt kullanımı nedeniyle

çevre kirliliğinin artması sebeplerinden dolayı çok önemlidir. Türkiye için ise Akdeniz iklim kuşağında yer alması sebebiyle en önemli yenilenebilir enerji kaynağı güneştir.



Şekil 1. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası (GEP) (YEGM, 2018)

Şekil 1 incelendiğinde, birim yüzey alana gelen yıllık toplam güneş ışınım enerjisi miktarının Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz kıyılarında yüksek, Karadeniz kıyılarında ise düşük olduğu görülmektedir. Birim yüzey alanına gelen bu toplam güneş ışınım enerjisinin maksimum olarak ne kadarının faydalı işe dönüştürülebileceğinin bilinmesi, güneş enerjili sistemlerin tasarlanması ve boyutlandırılması, maliyet analizlerinin daha net ortaya konulması için son derece önem taşımaktadır (Öztürk ve ark., 2011). Güneş ışınım enerjisinden maksimum kullanılabilir işin belirlenebilmesi için güneş ışınım ekserjisinin hesaplanması gerekmektedir.

Yeni bir enerji kaynağı bulunduğu zaman, kaynaktan bulunan enerjinin miktarının yaklaşık olarak belirlenmesi, ilk yapılan işlemlerden birisidir. Fakat sadece bu bilgiye sahip olmak, burada bir güç santralının yapılmasına karar vermek için yeterli

değildir. Asıl bilinmesi gereken, bu kaynağın iş potansiyelidir. Yani, enerjinin ne kadarlık kısmının yararlı işe dönüştürülebileceğinin bilinmesidir. Enerjinin iş'e dönüştürülemeyen bölümü, atık ısı olarak çevreye verileceğinden dolayı önem taşımaz. Bu bakımdan, belirli bir hal'de ve miktardaki enerjinin yararlı iş potansiyeli, kullanılabilirlik veya kullanılabilir enerji diye de bilinen ekserjidir (Çengel ve Boles, 2001). Ekserji, ısı enerjisinin işe dönüştürülebilen bölümüdür. Ortam sıcaklığında ısı enerjisinin tamamı işe dönüştürülemezken, yüksek sıcaklıkta düşük sıcaklıktakinden daha fazla ısı enerjisi işe dönüştürülebilir. Bu nedenle, ısı enerjisinin sıcaklığı ortam sıcaklığına yaklaştıkça ekserjisi azalır.

Ekserji analizinin asıl amacı (Öztürk ve ark., 2006);

1. Isıl ve kimyasal işlemlerin termodinamik hatalarının sebeplerini miktar olarak değerlendirmek,

2. Enerji sistemlerindeki atık ve kayıpların gerçek değerleri, tipleri ve gerçekleştiği yerleri belirlemek,

3. Mevcut enerji sistemlerindeki etkinsizlikleri azaltarak, daha etkin sistem tasarım yöntemlerini geliştirmektir.

Güneş ışınım ekserjisi de ısı ışınımının iş ve ısı gibi farklı işlemlere dönüşme etkinliği açısından önemlidir. Güneş ışınım ekserjisinden; herhangi bir soğurucu yüzey ile soğurma, herhangi bir silindir-piston sisteminde gaz genleşmesi, bir kol üzerine yerleştirilen aynanın döndürülmesi ve herhangi bir foton işlemi gibi işlemler için yararlanılabilir. Enerji veriminin tersine, ekserji verimi ortam sıcaklığına bağlıdır. Daha düşük ortam sıcaklığında daha yüksek verim elde edilir (Eren ve ark., 2010). Dolayısıyla herhangi bir yerde kurulacak güneş enerjisi sistemlerinin verimlerini belirlemede güneş ışınım ekserjisi miktarlarının saptanması gerekmektedir.

Güneş ışınım ekserjisi miktarlarını belirlemek amacıyla, Akdeniz bölgesi (Öztürk, 2005; Öztürk ve ark., 2011), bazı iller (Arslanoğlu, 2016), Bursa ili (Eren ve ark., 2010), Güneydoğu Anadolu bölgesi (Öztürk ve ark., 2006), Hatay ili (Eren, 2015), Van ili (Uçkan, 2017) gibi birçok araştırma yapılmış ve bazı çalışmalarda (Joshi ve ark., 2009; Alta ve ark., 2010) haritalandırma da yapılmıştır.

Ülkemiz açısından yenilenebilir enerji kaynakları ile özellikle güneşten elektrik üretiminin artırılması ile ilgili devlet desteklerinin arttığı bir zamanda Türkiye'nin güneş ekserjisi potansiyel atlası (GE_xPA_{TR}) oluşturulması amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışmada, Çizelge 1'de verilen meteorolojik veriler ana materyalimizi oluşturmuştur.

Çizelge 1. Meteorolojik veriler

Meteorolojik Veriler	Ölçüm Yılları	Kaynak
Aylık ortalama sıcaklıklar (°C)	1927-2017	MGM, 2018
Güneş ışınım şiddeti (kWh/m ² gün)	1985-2006	YEGM, 2018

Yöntem

Birim alana düşen (m²) güneş ışınımı ekserjisi MJ biriminden aşağıdaki

eşitlikle hesaplanmıştır (Petela, 2003'den uyarlanmıştır).

$$\dot{E}x_{solar} = 3,6 \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_a}{T_{sun}} \right)^4 - \frac{4}{3} \left(\frac{T_a}{T_{sun}} \right) \right] S \quad (1)$$

Bu eşitlikte;

$\dot{E}x_{solar}$: Güneş ışınım ekserjisi (MJ/m²gün)

S : Güneş ışınım şiddeti (kWh/m²gün)

T_{sun} : Güneşin yüzey sıcaklığı (≈ 5762 K) (Kreith ve Kreider, 1978)

T_a : Hava sıcaklığı (K)

Eşitlik 1'de yer alan $\left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_a}{T_{sun}} \right)^4 - \frac{4}{3} \left(\frac{T_a}{T_{sun}} \right) \right]$ denklemi aynı zamanda ekserji/enerji oranı olarak da

nitelendirilmektedir. Ekserji/enerji oranı, enerjinin faydalı işe dönüştürülebilir kısmını ifade etmektedir.

Temin edilen Meteorolojik veriler (Çizelge 1), Microsoft Office Excel programına aktarılmış daha sonra Eşitlik 1'deki denklemden faydalanarak MJ/m²gün biriminden hesaplanan güneş ışınım ekserjisi değerleri aylık ve yıllık değerlere dönüştürülmüş, daha sonra bu değerler ArcGIS programına aktararak Türkiye için güneş ekserjisi potansiyel atlası (GE_xPA_{TR}) yıllık ve yılın 12 ayı için ayrı ayrı oluşturulmuştur.

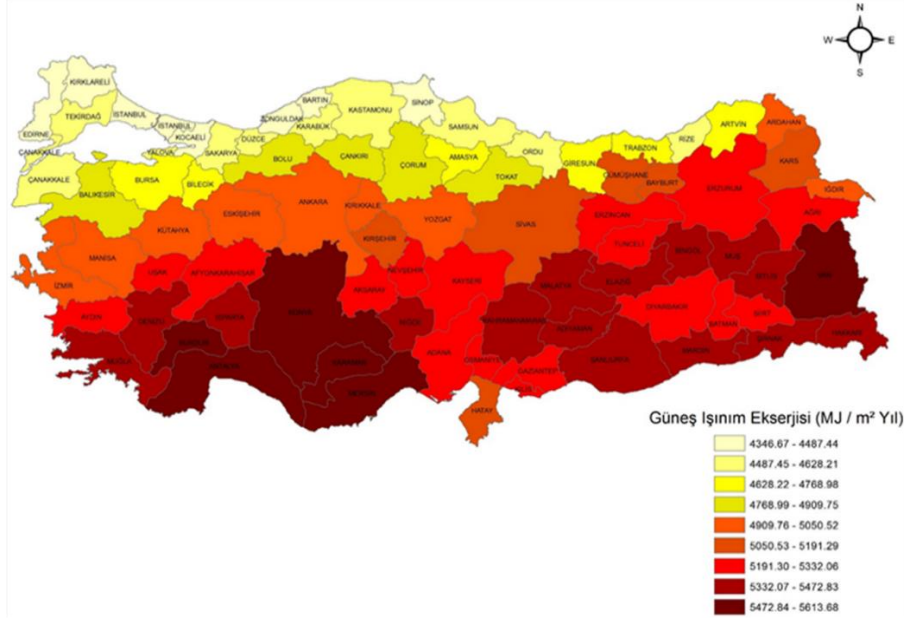
BULGULAR ve TARTIŞMA

Türkiye'nin Güneş Ekserjisi Potansiyel Atlası (GE_xPA_{TR})

Türkiye'nin güneş ekserjisi potansiyel atlası (GE_xPA_{TR}) (Şekil 1),

MJ/m²yıl biriminden hesaplanmış olan Ek 1'deki güneş ışınım ekserjisi verilerinden faydalanarak yıllık olarak oluşturulmuştur.

Şekil 1 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için yıllık güneş ışınım ekserjisi değerleri 4346,67 MJ/m²yıl ve 5613,68 MJ/m²yıl arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 5613,68 MJ/m²yıl ile Karaman ilinde, Karaman ilini Burdur (5547,09 MJ/m²yıl) ve Antalya (5529,12 MJ/m²yıl) illeri takip etmiştir. En düşük değer ise 4346,67 MJ/m²yıl ile Bartın ilinde saptanmıştır. Ayrıca kuzeyden güneye doğru indikçe güneş ışınım ekserjisi değerlerinin arttığı da belirlenmiştir.



Şekil 1. Güneş Ekserjisi Potansiyel Atlası (GE_xPA_{TR})

Türkiye için ortalama yıllık güneş ışınım ekserjisi miktarı 5034,37 MJ/m²yıl olarak hesaplanmıştır. Alta ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada bu değeri 13,5 MJ/m²gün olarak hesaplamışlardır. Yıllık olarak değerlendirildiğinde 4927,50 MJ/m²yıl olarak tespit edilmiştir. Öztürk ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada en yüksek güneş ışınım ekserjisi değerine sahip olan ilk üç ili sırasıyla Konya, Burdur ve Karaman olarak saptamışlardır. Yapılan

bu çalışmada ilk üç il sırasıyla Karaman, Burdur ve Antalya olarak belirlenmiştir. Yıllık ekserji/enerji oranı Ek 2'de verilmiştir. Ek 2 incelendiğinde Türkiye için yıllık ekserji/enerji oranı % 92,95 ile % 94,17 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Temmuz ayında Şanlıurfa'da ve en yüksek değer Ocak ayında Ağrı'da saptanmıştır. Yıllık ortalama olarak değeri ise % 93,39 olarak belirlenmiştir. Literatürde ise bu değer % 93,59 (Öztürk, 2005) ve %

93,64 (Alta ve ark., 2010) olarak saptanmıştır. Bu değer hava sıcaklık verilerine bağlı olarak değişim göstermektedir.

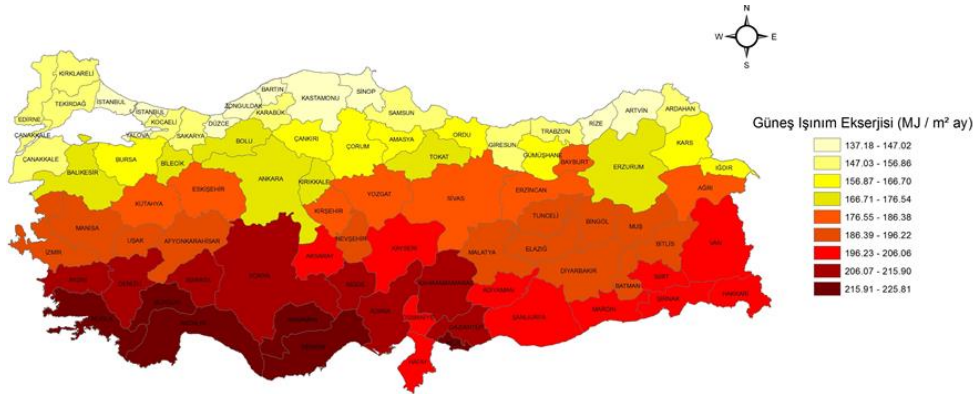
Türkiye'nin aylık güneş ekserjisi potansiyel atlasları (GExPATR-AY)

Türkiye'nin aylık güneş ekserjisi potansiyel atlasları, MJ/m²ay biriminden hesaplanmış olan Ek 1'deki güneş ışınım ekserjisi verilerinden faydalanarak aylık olarak oluşturulmuştur.

Ocak

Şekil 2 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Ocak ayı güneş ışınım

ekserjisi değerleri 137,18 MJ/m²ay ve 225,81 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 225,81 MJ/m²ay ile Karaman ilinde, Karaman ilini Burdur (224,96 MJ/m²ay) ve Antalya (219,83 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir. En düşük değer ise 137,18 MJ/m²ay ile Bartın ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde, Ocak ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 93,46 ile % 94,17 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Antalya ve Mersin'de ve en yüksek değer ise Ağrı'da saptanmıştır. Türkiye Ocak ayı ortalama değeri % 93,65 olarak belirlenmiştir.

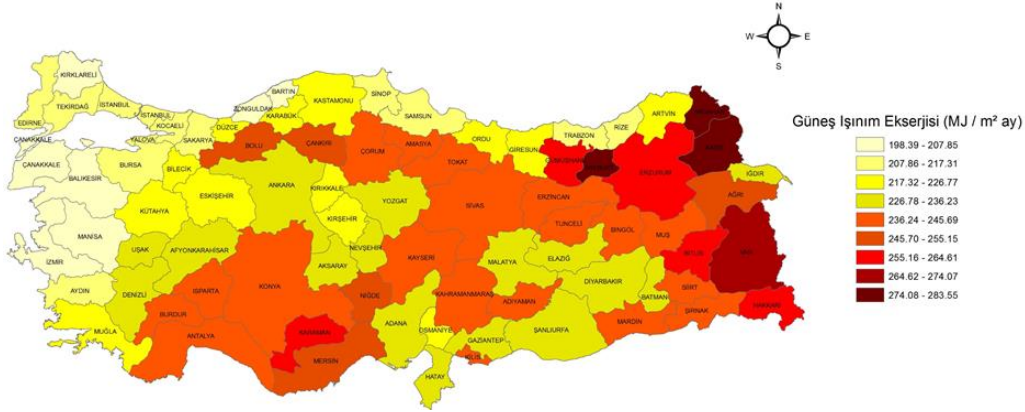


Şekil 2. GExPATR-Ocak

Şubat

Şekil 3 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Şubat ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 198,39 MJ/m²ay ve 283,55 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 283,55 MJ/m²ay ile Kars ilinde, Kars ilini Ardahan (275,63 MJ/m²ay) ve Bayburt (275,46 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir.

En düşük değer ise 198,39 MJ/m²ay ile Bartın ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde, Şubat ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 93,44 ile % 94,14 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Antalya ve Mersin'de ve en yüksek değer ise Ağrı'da saptanmıştır. Türkiye Şubat ayı ortalama değeri % 93,62 olarak belirlenmiştir.

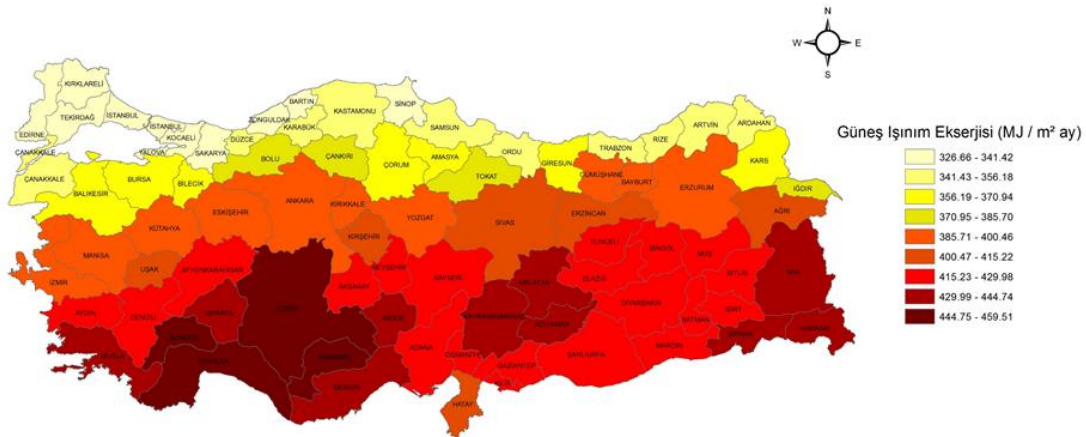


Şekil 3. GE_xPA_{TR}-Şubat

Mart

Şekil 4 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Mart ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 326,66 MJ/m²ay ve 459,51 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 459,51 MJ/m²ay ile Karaman ilinde, Karaman ilini Antalya (455,46 MJ/m²ay) ve Konya (446,87 MJ/m²ay) illeri takip

etmiştir. En düşük değer ise 326,66 MJ/m²ay ile İstanbul ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde, Mart ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 93,37 ile % 93,95 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Mersin’de ve en yüksek değer ise Ağrı’da saptanmıştır. Türkiye Mart ayı ortalama değeri % 93,54 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. GE_xPA_{TR}-Mart

Nisan

Şekil 5 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Nisan ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 419,39 MJ/m²ay ve 551,93 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 551,93 MJ/m²ay ile Antalya ilinde, Antalya ilini Karaman (545,32 MJ/m²ay) ve Burdur (545,30 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir.

En düşük değer ise 419,39 MJ/m²ay ile Bartın ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde, Nisan ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 93,28 ile % 93,81 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Mersin’de ve en yüksek değer ise Ağrı’da saptanmıştır. Türkiye Nisan ayı ortalama değeri % 93,42 olarak belirlenmiştir.

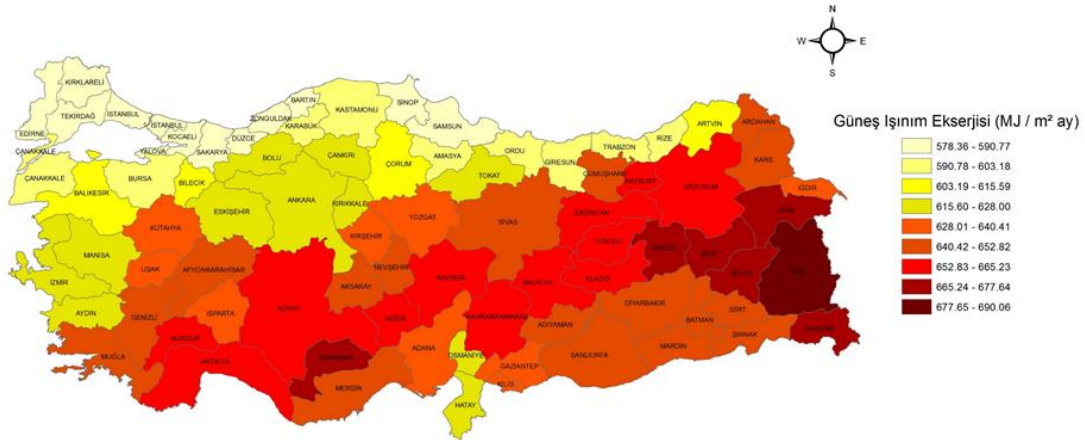


Şekil 5. GE_xPA_{TR}-Nisan

Mayıs

Şekil 6 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Mayıs ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 578,36 MJ/m²ay ve 690,06 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 690,06 MJ/m²ay ile Van ilinde, Van ilini Bitlis (674,76 MJ/m²ay) ve Karaman (673,22 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir. En düşük

değer ise 578,36 MJ/m²ay ile Bartın ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde, Mayıs ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 93,18 ile % 93,67 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Şanlıurfa'da ve en yüksek değer ise Ağrı'da saptanmıştır. Türkiye Mayıs ayı ortalama değeri % 93,31 olarak belirlenmiştir.

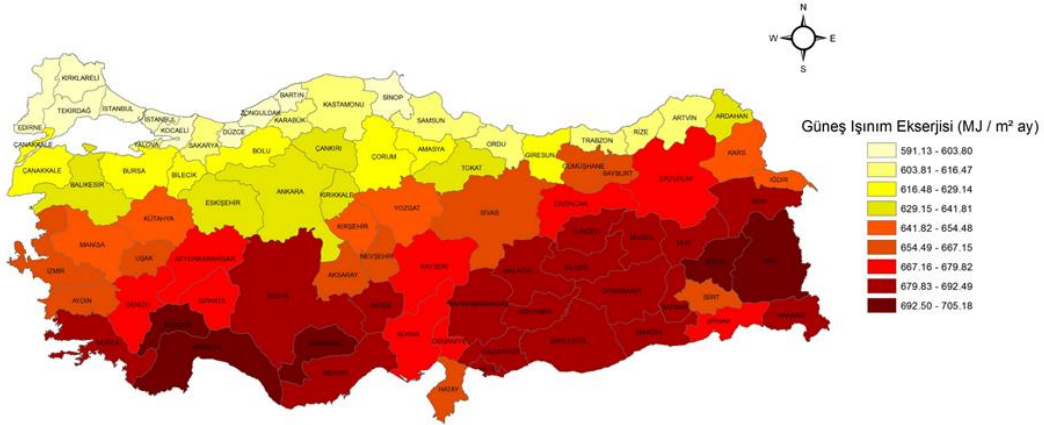


Şekil 6. GE_xPA_{TR}-Mayıs

Haziran

Şekil 7 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Haziran ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 591,13 MJ/m²ay ve 705,18 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 705,18 MJ/m²ay ile Karaman ilinde, Karaman ilini Van (703,13 MJ/m²ay) ve Antalya (695,24 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir.

En düşük değer ise 591,13 MJ/m²ay ile Kırklareli ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde, Haziran ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 93,04 ile % 93,57 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Şanlıurfa'da ve en yüksek değer ise Ağrı'da saptanmıştır. Türkiye Haziran ayı ortalama değeri % 93,20 olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. GE_xPA_{TR}-Haziran

Temmuz

Şekil 8 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Temmuz ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 596,56 MJ/m²ay ve 746,02 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 746,02 MJ/m²ay ile Van ilinde, Van ilini Bitlis (729,29 MJ/m²ay) ve Niğde (720,65 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir. En düşük

değer ise 596,56 MJ/m²ay ile İstanbul ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde, Temmuz ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 92,95 ile % 93,47 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Şanlıurfa'da ve en yüksek değer ise Ağrı'da saptanmıştır. Türkiye Temmuz ayı ortalama değeri % 93,13 olarak belirlenmiştir.

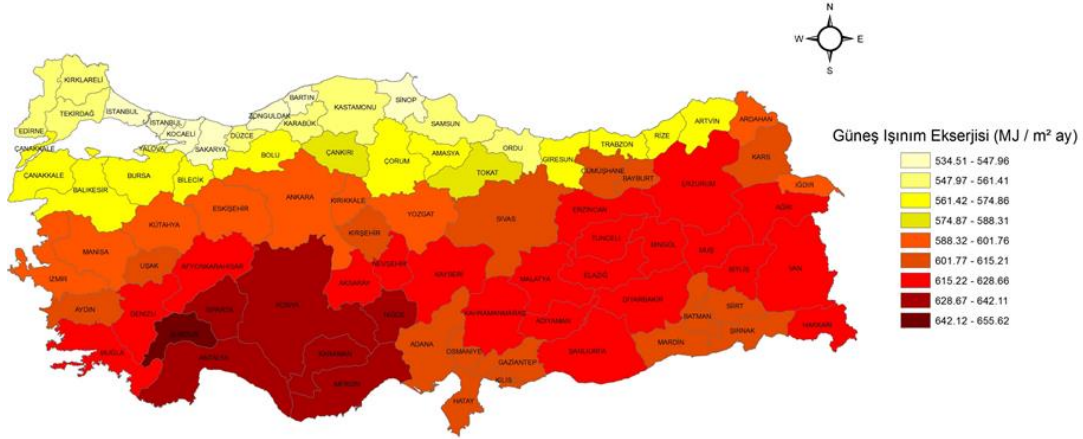


Şekil 8. GE_xPA_{TR}-Temmuz

Ağustos

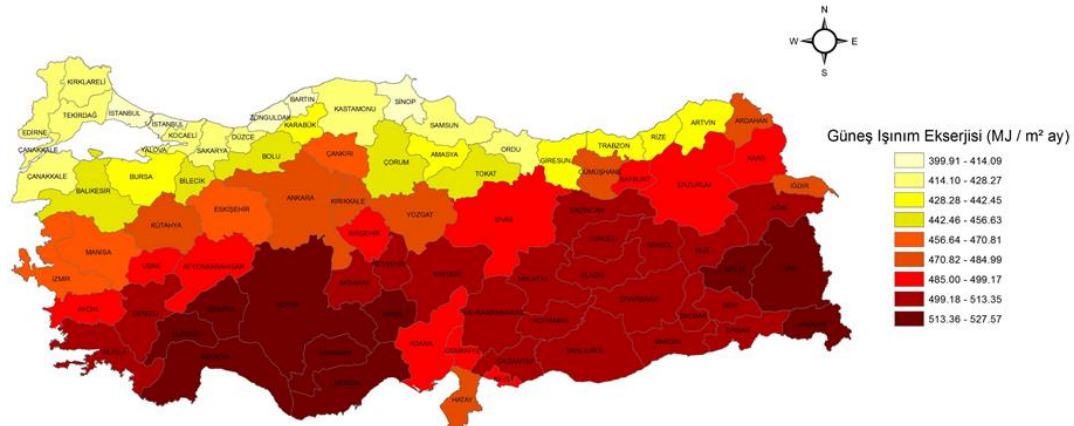
Şekil 9 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Ağustos ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 534,51 MJ/m²ay ve 655,62 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 655,62 MJ/m²ay ile Burdur ilinde, Burdur ilini Karaman (641,76 MJ/m²ay) ve Antalya (637,39 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir.

En düşük değer ise 534,51 MJ/m²ay ile Bartın ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde, Ağustos ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 92,96 ile % 93,47 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Şanlıurfa'da ve en yüksek değer ise Ağrı'da saptanmıştır. Türkiye Ağustos ayı ortalama değeri % 93,13 olarak belirlenmiştir.

Şekil 9. GE_xPA_{TR}-Ağustos**Eylül**

Şekil 10 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Eylül ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 399,91 MJ/m²ay ve 527,57 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 527,57 MJ/m²ay ile Karaman ilinde, Karaman ilini Van (527,32 MJ/m²ay) ve Isparta (526,58 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir.

En düşük değer ise 399,91 MJ/m²ay ile Bartın ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde, Eylül ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 93,03 ile % 93,58 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Kahramanmaraş'da ve en yüksek değer ise Ağrı'da saptanmıştır. Türkiye Eylül ayı ortalama değeri % 93,23 olarak belirlenmiştir.

Şekil 10. GE_xPA_{TR}-Eylül**Ekim**

Şekil 11 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Ekim ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 276,89 MJ/m²ay ve 412,47 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 412,47 MJ/m²ay ile Muğla ilinde, Muğla ilini Mersin (410,73 MJ/m²ay) ve Antalya (409,81 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir.

En düşük değer ise 276,89 MJ/m²ay ile Kırklareli ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde Ekim ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 93,20 ile % 93,74 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Adana ve Mersin'de ve en yüksek değer ise Ağrı'da saptanmıştır. Türkiye Ekim ayı ortalama değeri % 93,35 olarak belirlenmiştir.

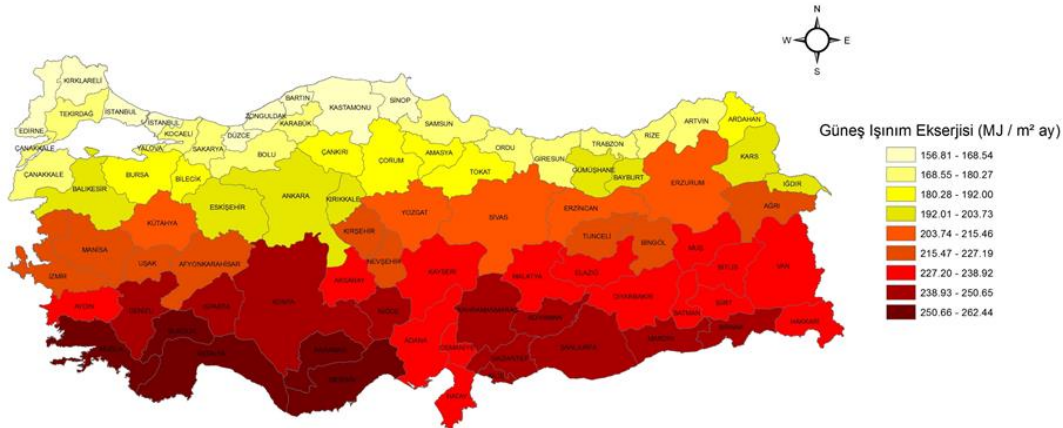


Şekil 11. GE_xPA_{TR}-Ekim

Kasım

Şekil 12 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Kasım ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 156,81 MJ/m²ay ve 262,44 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 262,44 MJ/m²ay ile Mersin ilinde, Mersin ilini Muğla (258,34 MJ/m²ay) ve Karaman (256,91 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir.

En düşük değer ise 156,81 MJ/m²ay ile Bartın ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde Kasım ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 93,27 ile % 93,90 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Uşak'ta ve en yüksek değer ise Ağrı'da saptanmıştır. Türkiye Kasım ayı ortalama değeri % 93,49 olarak belirlenmiştir.

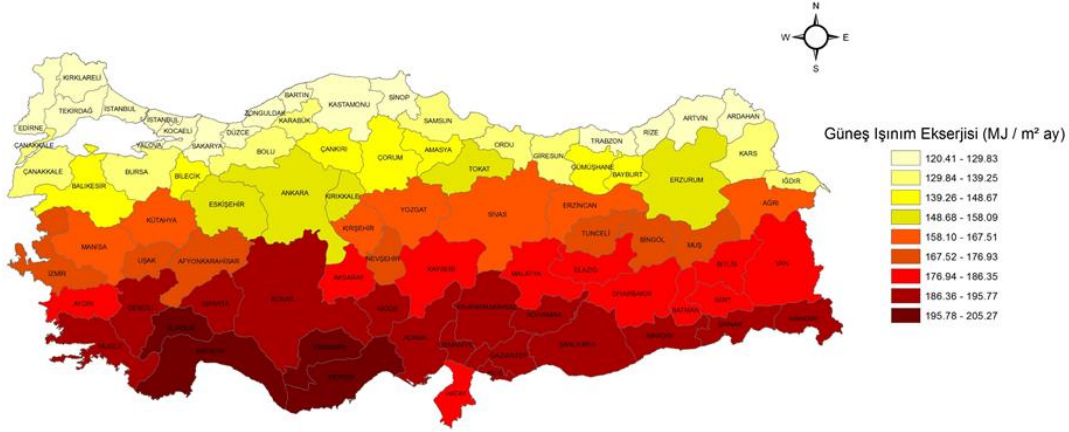


Şekil 12. GE_xPA_{TR}-Kasım

Aralık

Şekil 13 ve Ek 1 incelendiğinde, Türkiye için Aralık ayı güneş ışınım ekserjisi değerleri 120,41 MJ/m²ay ve 205,27 MJ/m²ay arasında hesaplanmıştır. En yüksek değer 205,27 MJ/m²ay ile Mersin ilinde, Mersin ilini Karaman (201,49 MJ/m²ay) ve Antalya (201,14 MJ/m²ay) illeri takip etmiştir.

En düşük değer ise 120,41 MJ/m²ay ile Bartın ilinde saptanmıştır. Ek 2 incelendiğinde Aralık ayı ekserji/enerji oranı değerleri % 93,42 ile % 94,09 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Antalya ve Mersin'de, en yüksek değer ise Ağrı'da saptanmıştır. Türkiye Aralık ayı ortalama değeri % 93,60 olarak belirlenmiştir.

Şekil 13. GE_xPA_{TR}-Aralık

SONUÇ

Çalışmanın sonucunda, MJ/m²ay ve MJ/m²yıl biriminden Türkiye'nin GE_xPA_{TR} atlasları aylık ve yıllık olarak oluşturulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

-Türkiye için aylık güneş ışınım ekserjisi değeri ortalama olarak 160,25 MJ/m²ay ile en düşük Aralık ayında ve 665,06 MJ/m²ay ile en yüksek Temmuz ayında hesaplanmıştır. Ortalama olarak en düşük değerin hesaplandığı Aralık ayında en düşük değer Bartın ilinde (120,41 MJ/m²ay) ve en yüksek değerin hesaplandığı Temmuz ayında en yüksek değer Van ilinde (746,02 MJ/m²ay) saptanmıştır.

-Türkiye için yıllık güneş ışınım ekserjisi değerleri 4346,67 MJ/m²yıl ve 5613,68 MJ/m²yıl arasında hesaplanmıştır. Türkiye için ortalama yıllık güneş ışınım ekserjisi miktarı da 5034,37 MJ/m²yıl olarak belirlenmiştir. En yüksek değer Karaman ili için ve en düşük değer de Bartın ili için hesaplanmıştır.

- Kuzeyden güneye indikçe güneş ışınım ekserjisi değerlerinin arttığı saptanmıştır. Ayrıca, yaz ayları boyunca güneş ışınım ekserjesinin arttığı da gözlemlenmiştir. Dağlık ve güneşli yamaçlara sahip yüksek dağlık bölgelerin egemen olduğu Türkiye'nin güneydoğu, güney ve orta bölgeleri, diğer bölgelere göre daha yüksek bir

güneş ışınım ekserjisine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

- Aylık olarak hazırlanan potansiyel atlaslara göre yüzeye ulaşan güneş ışınımı ile sağlanan yenilenebilir enerjinin net akışının konumları ve büyüklükleri, büyük ölçüde enleme, mevsime ve yüksekliğe bağlı olduğu da tahmin edilmektedir.

Türkiye için yıllık ekserji/enerji oranı % 92,95 ile % 94,17 arasında hesaplanmıştır. En düşük değer Temmuz ayında Şanlıurfa'da ve en yüksek değer Ocak ayında Ağrı'da saptanmıştır. Yıllık ortalama olarak değeri ise % 93,39 olarak belirlenmiştir.

Sonuçta, GE_xPA_{TR} atlası ve MJ/m²yıl biriminden ölçülen güneş ışınım ekserjisi değerlerinin bir güneş enerji sistemlerinin kurulması için sadece bir öngörde bulunmamızı sağladığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla bir bölgeye güneş enerjili bir sistem kurulması düşünüldüğü takdirde lokal olarak o bölgede birebir ölçümler yapılarak fizibilite raporlarının hazırlanması gerektiği önerilmektedir. Ayrıca daha önceki literatür çalışmalarına göre de yıllar itibariyle güneş ışınım ekserjisi değerlerinin ± değerlerde azaldığı ya da arttığı tespit edilmiş ve önerimizin doğruluğunu ispat etmiştir. Son olarak meteoroloji ve yenilenebilir enerji genel müdürlüklerinin özellikle güneş ışınım

ekserjisi verilerinde, verilerin benzerlikleri açısından farklılıklar olduğu da gözlemlenmiştir.

AÇIKLAMA

Bu makale Levent EZELSOY'un yüksek lisans tezinden özetlenmiştir. Ayrıca, 1. Uluslararası Tarım ve Gıda Teknolojileri Araştırmaları Konferansında (I-CRAFT 2019) (3-5 Ekim 2019-Adana) İngilizce ve sözlü özet olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Alta, D. Ertekin, C., Evrendilek, F. 2010. Quantifying Spatio-Temporal Dynamics of Solar Radiation Exergy over Turkey, *Renewable Energy*, 35: 2821-2828.
- Arslanoğlu, N. 2016. Empirical Modeling of Solar Radiation Exergy for Turkey, *Applied Thermal Engineering*, 108: 1033-1040.
- Çengel, Y.A., Boles, M.A. 2001. *Thermodynamics: An Engineering Approach*, Boston: McGraw-Hill.
- Eren, Ö., Öztürk, H.H., Atal, M. 2010. Güneş Işınım Ekserji ve Bursa İlindeki Değişimi, VIII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 373-380, 1-3 Aralık 2010, Bursa.
- Eren, Ö. (2015). Güneş Işınım Ekserjisi ve Hatay İlindeki Değişimi, Hatay Çevre Sorunları ve Çözüm Önerileri Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, 50, 28-30 Mayıs 2015, Hatay.
- Joshi A.S., Dincer, I., Reddy B.V. 2009. Development of New Solar Exergy Maps, *Int. J. Energy Res.*, 33: 709-718.
- Kreith, F., Kreider, J. 1978. *Principles of Solar Engineering*, Hemisphere-McGraw-Hill.
- MGM, 2018) İllere Ait Genel İstatistik Veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A>, erişim tarihi: 05.07.2018
- Öztürk H.H. 2005. Akdeniz Bölgesinde Güneş Işınım Ekserjisi Değişimi, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 287-292, 19-21 Ekim 2005, İçel.
- Öztürk, H.H., Hepbaşlı, A., Akdeniz, C., Bulut, H., Duran, A.Ş., Kaçira, M. 2006. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için Güneş Işınım Ekserjisinin İncelenmesi, GAP V. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, 95-102, 26-28 Nisan 2006, Şanlıurfa.
- Öztürk, M., Elbir, A., Özek, N. 2011. Akdeniz Bölgesine Gelen Güneş Radyasyonunun Ekserji Analizi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 238-242, 16-18 May 2011, Elazığ.
- Petela, R. 2003. Exergy of Undiluted Thermal Radiation, *Solar Energy*, 74: 469-488.
- Uçkan, İ. 2017. Exergy Analysis of Solar Radiation Based on Long Term for Van City, *Politeknik Dergisi*, 20(3): 579-584.
- YEGM, 2018. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, erişim tarihi: 05.07.2018