

## Isparta İli İçin Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınımının Modellenmesi

Recep Külcü

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Isparta32260  
Sorumlu yazar: recepkulcu@sdu.edu.tr

Geliş tarihi: 03.11.2014, Yayına kabul tarihi: 17.03.2015

**Özet:** Türkiye coğrafi olarak güneş enerjisinin oldukça yüksek olduğu 36°-42° kuzey paralelleri arasındaki kuşakta bulunmaktadır. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2737 saat ve ortalama güneş enerjisi potansiyeli 1527 kWh/m<sup>2</sup>yıl seviyesindedir. Türkiye'nin güney bölgesi güneş ışınımı açısından diğer bölgelere göre daha yüksek potansiyele sahiptir. Isparta Türkiye'nin en fazla güneş ışınımı alan illeri içerisinde yer almaktadır.

Güneş enerjisinin kullanımı konusunda gerçekleştirilecek planlamalarda ışınım hesaplamaları büyük önem taşımaktadır. Güneş ışınımı hesaplamaları kurulacak güneş enerjisi sistemlerinin üreteceği elektrik veya ısı enerjisi miktarlarının belirlenmesini sağlamaktadır. Dünyanın herhangi bir coğrafi koordinatı için atmosfer dışına gelen güneş enerjisi miktarları hesaplanabilmektedir. Ancak güneş ışınımı atmosfer dışından yer yüzeyine gelene kadar birçok faktörün etkisiyle azalmaktadır. Atmosferden yeryüzüne gelen güneş ışınımını etkileyen faktörlerin tamamının hesaplanması büyük bir iş yükü oluşturmakta ve elde edilen sonuçlar yeterli doğrulukta olamamaktadır. Bu nedenle yeryüzüne gelen güneş ışınımını hesaplayan modeller geliştirilmektedir. Bu çalışmada Isparta ilinde bir yıllık meteorolojik veriler ve kuramsal hesaplamalar kullanılarak atmosfer dışındaki güneş ışınımı miktarı ile yeryüzünde yatay düzleme gelen güneş ışınımı arasındaki ilişkinin modellenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen, bulutluluk oranı ve saat açısını kullanan, model ile başarılı bir şekilde bu tahminleme işlemini gerçekleştirmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Güneş enerjisi, ışınım hesapları, ışınım modelleme, Isparta.

### Modelling of Solar Radiation Reaching the Earth to Isparta Province

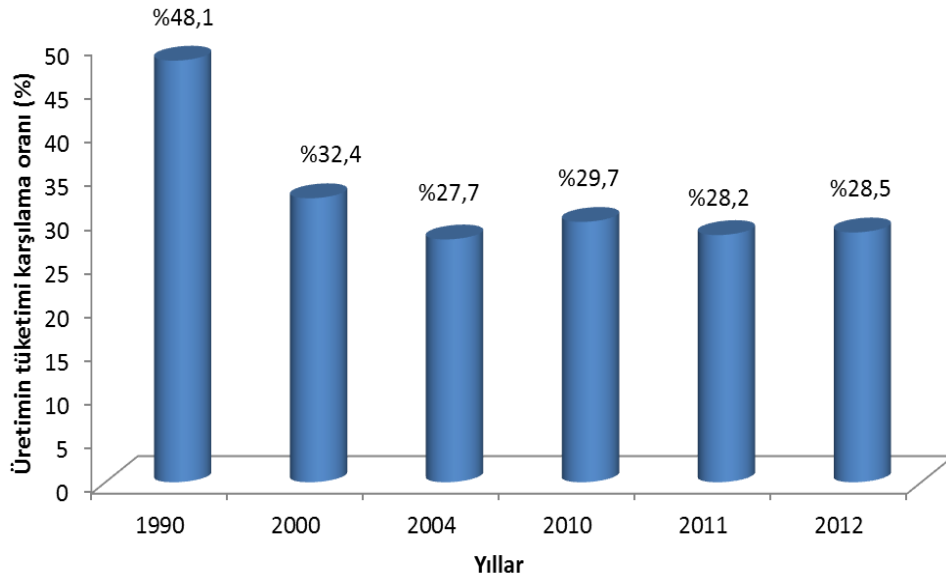
**Abstract:** Turkey, lying in the sunny belt between 36° N and 42° N latitude, is located in a relatively advantageous geographical location for solar energy. Turkey's average annual total sunshine duration is calculated as 2737 h, and average total irradiation as 1527 kWh/m<sup>2</sup> a year. Isparta takes a lot of solar radiation because the Southern Anatolia Region has the highest solar energy potential in Turkey.

Knowledge of local solar radiation is essential for planning of solar energy systems. Solar radiation calculations are necessary for estimate electricity of heat energy gain from solar energy. Solar radiations can be calculated for every location in the World. But global solar radiation share decreased because of many factors. The effect of atmospheric factors cannot be calculated precisely. For this reason solar energy estimation models is used in the calculations. The objectives of this study are to review the global solar radiation models available in the literature and develop the new model for Isparta province using meteorological data. The model using the mean sunrise hour angle and cloudiness rate gives more accurate results from other models.

**Key words:** Solar energy, solar radiation calculations, modelling of solar radiations, Isparta.

### Giriş

Türkiye'nin enerji üretim ve tüketimi sonraki yıllarda enerji üretimimiz arasındaki makas, 1990-2004 yılları tüketimimizin yalnızca %28-30'unu arasında hızla açılırken, 2010 yılından karşılamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye'nin enerji üretimi ve tüketimi  
Figure 1. energy supply and demands of Turkey

Türkiye'nin 2012 yılındaki enerji üretimi 34,47 MTEP iken aynı yıl enerji talebi 121 MTEP seviyesindedir (DEKTMK, 2014). Aradaki fark dışarıdan enerji ithalatı yoluyla kapatılmaktadır. Ülkemizde yeni petrol ve doğalgaz kaynaklarını bulma ve mevcut kaynakların daha efektif kullanımına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmaların yanında yenilenebilir enerji kaynakları konusunda yatırımlar da hızla artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının oluşumuna katkı sağlamadıkları için temiz ve dışarıdan ithal edilmediklerinden dolayı ulusal ve güvenilir kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ülkemizin enerji ithalatını azaltarak ekonomiye de önemli katkılar sağlayacaktır.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları yelpazesi oldukça geniştir. Ülkemizin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Türkiye'nin en yüksek potansiyele sahip yenilenebilir enerji kaynağı güneş enerjisidir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğüne hazırlanan, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme

süresi 2 737 saat (günlük toplam 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1 527 kWh/m<sup>2</sup>yıl (günlük toplam 4,2 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. GEPA projesi kapsamında ülkemizin güneş enerjisi potansiyelinin dağılımı gösteren bir atlas oluşturulmuştur. Şekil 2'de bu atlasın genel görüntüsü gösterilmektedir (EİE, 2014).

Türkiye'nin özellikle güney bölgelerinde güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir. Antalya, Burdur, Isparta, Konya'nın güneyi ve Karaman illerini içerisine alan bölge bir güneş havzası oluşturmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin doğusunda yer alan Van ilimizin güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir.

Ülkemizde güneş enerjisinden yaygın olarak iki şekilde yararlanılmaktadır. Bunlar sıcak su üretimi ve elektrik üretimidir. Ülkemizde 2012 yılı itibari ile toplam kurulu güneş kolektör alanı yaklaşık 18 640 000 m<sup>2</sup>'dir. Yıllık düzlemsel güneş kolektörü üretimi 1 164 000 m<sup>2</sup> ve vakum tüplü kolektör üretimi 57 600 m<sup>2</sup>'dir. Üretilen düzlemsel kolektörlerin %50'si, vakum tüplü kolektörlerin tamamının ülke içerisinde kullanıldığı bilinmektedir. 2012 yılında güneş kolektörleri ile yaklaşık olarak 768

000 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) ısı enerjisi üretilmiştir. Ülkemizde çoğu kamu kuruluşlarında olmak üzere küçük güçlerin karşılanması ve araştırma amaçlı

kullanılan fotovoltaik güneş elektrliği sistemleri 3,5 MW kurulu güce ulaşmıştır. (ETKB, 2014).

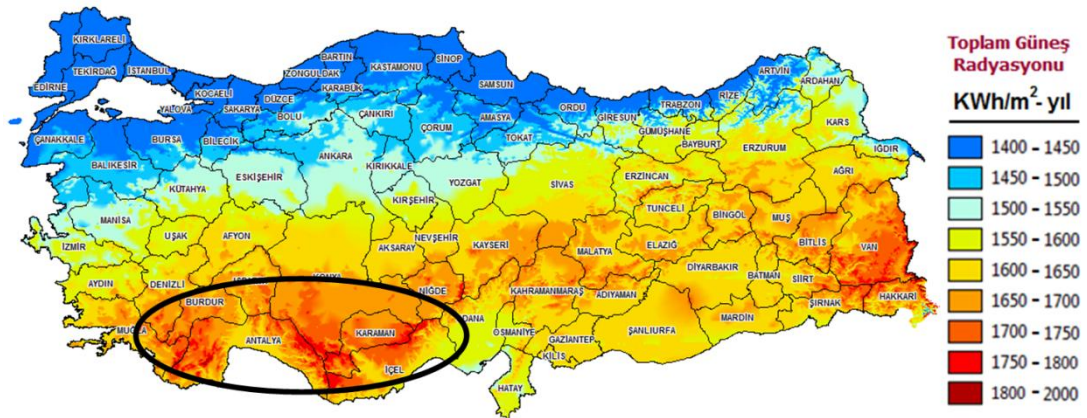
Çizelge 1. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli (Demirtaş ve ark., 2004)

Table 1. Renewable energy potentials of Turkey

Yenilenebilir enerji kaynağı <i>Renewable Energy Source</i>	Enerji kullanım şekli <i>Specify</i>	Doğal potansiyel <i>Natural Potentials</i>	Teknik potansiyel <i>Technical Potentials</i>	Ekonomik potansiyel <i>Economical Potentials</i>
Güneş enerjisi <i>Solar Energy</i>	Elektrik (TWh/yıl) <i>Electricity</i>	977000	6105	305
	Isıl (MTEP/yıl) <i>Thermal</i>	80000	500	25
Hidroenerji <i>Hydro Energy</i>	Elektrik (TWh/yıl) <i>Electricity</i>	433	216	127.4
Rüzgar Enerjisi <i>Wind Energy</i>	Elektrik (TWh/yıl) <i>Electricity</i>	400	110	50
Deniz dalga enerjisi <i>Wave energy</i>	Elektrik (TWh/yıl) <i>Electricity</i>	150	18	-
Jeotermal enerji <i>Geothermal Energy</i>	Isıl (MW <sub>t</sub> ) <i>Thermal</i>	31500	7500	2843
Biyokütle <i>Biomass</i>	Klasik (MTEP/yıl) <i>Classical</i>	30	10	7
	Modern (MTEP/yıl) <i>Modern</i>	90	40	25

Ülkemizde fotovoltaik sistemlerin kullanımının yaygınlaşması için gerekli olan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu 29/12/2010 yılında revize edilmiş ve 2013 yılında mevzuat çalışmaları tamamlanmıştır. Son yıllarda

fotovoltaik sistemlerin maliyetlerinin düşmesi ve verimliliklerinin artmasıyla kullanımlarının yaygınlaşması beklenmektedir.



Şekil 2. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli atlası

Figure 2. Solar energy potential maps of Turkey

Büyük ölçekli güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve ekonomik olarak işletilebilmesi için öncelikle güneş enerjisi etütlerinin yapılması gerekmektedir. Bu etütlerin yapılmasında güneş ışınımı hesaplarının doğru bir şekilde yapılması büyük önem taşımaktadır. Güneş ışınımı hesaplarının amacı belirlenen bir koordinata istenilen tarih aralıklarında gelen güneş enerjisi miktarının hesaplanmasıdır. Atmosfer dışına gelen güneş enerjisi miktarı, güneş ve dünya atmosferi arasında ışınımı etkileyen çok az etmen olmasından dolayı yüksek doğrulukta hesaplanabilmektedir. Ancak atmosfer dışındaki ışınımın yeryüzüne ulaşan kısmının hesaplanması oldukça zordur ve hesaplamalarda tahmin yapan modeller kullanılmaktadır. Geliştirilen modeller araştırmacının kullandığı verilerin kaynağına, ölçüm yapılan koordinata göre değişim göstermektedir. Bu nedenle aynı modellerin veya modellerde kullanılan katsayıların farklı coğrafi koordinatlarda kullanılması durumunda tahmin yetenekleri azalmaktadır.

Bu çalışmada Isparta koşullarında atmosfer dışına gelen ışınım ile yeryüzünde yatay düzleme gelen ışınım arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve tahminlenmesi amacıyla kullanılacak yeni modellerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada literatürde yer alan 4 model ve Isparta şartları için geliştirilmiş 2 model kullanılmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen Model 5 güneşlenme süresi ve gün uzunluğu değerlerini kullanırken, Model 6 literatürde yer alan diğer modellerden farklı olarak güneşlenme süresi, gün uzunluğu ve saat açısı değerlerini kullanmaktadır. Literatürde saat açısını kullanan bir model bulunmamaktadır.

### Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında Isparta ilinde yeryüzüne ulaşan güneş ışınımı miktarının modellenmesi hedeflenmiştir. Kuramsal hesaplamalar iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada bir yıl boyunca Isparta'da atmosfer dışına

gelen ışınımın aylara göre değişimi hesaplanırken, ikinci aşamada bu ışınımın yeryüzüne ulaşan kısmını tahmin eden modeller kullanılmıştır. Modellerden elde edilen veriler, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 1968-2004 yılları arasında yapılan güneş rasatları ile karşılaştırılmıştır.

### *Isparta'da atmosfer dışına gelen güneş ışınımı miktarının hesaplanması*

Atmosfer dışına bir günde gelen ışınım miktarı 1 ve 2 numaralı eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Duffie ve Beckman, 2006; Mengec ve ark., 2006).

#### 1. eşitlik

$$H_0 = \frac{24 \cdot 3600 \cdot G_{sc}}{\pi} f \left[ \cos \lambda \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \omega_s \sin \lambda \sin \delta \right]$$

#### 2. eşitlik:

$$f = 1 + 0.033 \left( \cos \frac{360n}{365} \right)$$

$H_0$  değerinin hesaplanabilmesi için öncelikle deklinasyon ve saat açılarının hesaplanması gerekmektedir. Deklinasyon açısı dünyanın güneş etrafında döndüğü düzlem ile ekvatorial eksen arasındaki açıyı ifade etmektedir. Bu değer 21 Haziranda maksimum, 21 Aralıkta minimum değeri alırken 21 Mart ve 21 Eylül günlerinde sıfır olmaktadır. Yılın gün sayısına göre değişen deklinasyon açısı 3 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Ertekin ve Yıldız, 2000; Bakırcı, 2009; Duffie ve Beckman, 2006).

#### 3. eşitlik:

$$\delta = 23.45 \sin \left( 360 \frac{n + 284}{365} \right)$$

Saat açısı güneş ışınlarının bulunduğu enlem ile hesaplama yapılan enlem arasındaki açıyı ifade etmektedir. Saat açısı 4 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Ertekin ve ark., 2008).

4. eşitlik:

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \tan(\delta)]$$

*Isparta'da atmosfer dışına gelen güneş ışınımı miktarının hesaplanması*

Isparta'da yeryüzüne gelen güneş ışınımının hesaplanmasında literatürde yer alan modeller ve çalışma kapsamında geliştirilen modeller kullanılmıştır. Literatürde yer alan modellerde değişken olarak  $S/S_0$  (Bulutluluk katsayısı) katsayısı kullanılmaktadır. Burada  $S$  hesaplama yapılan tarihte ve koordinatta o güne ait güneşlenme süresini,  $S_0$  ise aynı gün ve aynı yerdeki toplam gün uzunluğunu ifade etmektedir.  $S$  değeri meteorolojik veriler ölçümlere göre belirlenirken,  $S_0$  değeri 5 numaralı eşitlikle hesaplanmıştır (Duffie ve Beckman, 2006).

5. eşitlik

$$S_0 = \frac{2}{15} \arccos(-\tan \delta \tan \lambda)$$

*Literatürde yer alan modeller*

Model 1 Lewis modelinden (Lewis, 1984) ülkemiz koşullarına göre modifiye edilmiştir (Tiris ve ark., 1983);

6. eşitlik

$$\frac{H}{H_0} = 0.18 + 0.62 \left( \frac{S}{S_0} \right)$$

Model 2 (Louche ve ark., 1991);

7. eşitlik

$$\frac{H}{H_0} = 0.206 + 0.546 \left( \frac{S}{S_0} \right)$$

Model 3 (Elagib ve Mansel, 2000);

8. eşitlik

$$\frac{H}{H_0} = -0.162802 + 0.780634 \left( \frac{S}{S_0} \right)^{0.276845}$$

Model 4 (El-Metwally, 2005);

9. eşitlik

$$\frac{H}{H_0} = 0.006324 \left( \frac{1}{S} \right)$$

*Çalışma kapsamında geliştirilen modeller*

Model 5; literatürde yer alan modeller gibi sadece  $S/S_0$  değişkenini içermektedir.

Bu eşitlik Model 1 ile aynı yapıdadır fakat model sabitleri Isparta koşullarına göre değiştirilmiştir.

10. eşitlik

$$\frac{H}{H_0} = 0.192888 \left( \frac{S}{S_0} \right) + 0.334576$$

Model 6; literatürde yer alan modellerden farklı olarak saat açısını da kullanmaktadır. Model 6'nın oluşturulmasında literatürde yer alan modellere saat açısı değeri farklı denklemler kullanılarak eklenmiştir. Saat açısı eklenen denklemleri değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen istatistiksel analizlerle aşağıdaki denklem formuna ulaşılmıştır.

11. eşitlik

$$\frac{H}{H_0} = \left[ \frac{1.333962 \left( \frac{S}{S_0} \right)}{0.044188 \omega_s} \right] + 0.002578 \omega_s$$

*Modellerin tahmin başarısını test etmekte kullanılan istatistiksel parametreler*

Çalışma kapsamında incelenen modellerin tahmin yeteneklerinin karşılaştırılmasında MPE (ortalama yüzde hata), MBE (ortalama sapma hatası) ve RMSE (karekök hatası) parametreleri hesaplanmıştır. Hata parametrelerinin düşük olması modellerin tahmin ettiği verilerin ölçülen değerlere yakınlığını ifade etmektedir (Khahro ve ark., 2015).

12. eşitlik

$$MPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{H_{ip} - H_{io}}{H_{io}} \right) \times 100$$

13. eşitlik

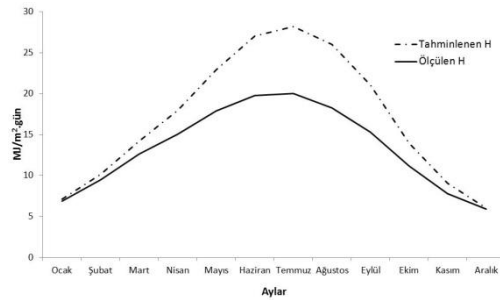
$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (H_{ip} - H_{io})$$

14. eşitlik

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (H_{ip} - H_{io})^2}$$

## Sonuçlar ve Tartışma

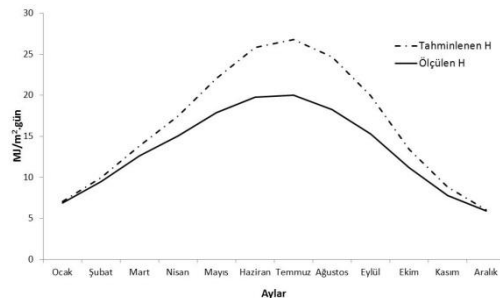
Çalışma kapsamında değerlendirmesi yapılan modellerin tahmin ettiği H değerleri ile ölçülen H değerleri Şekil 2-6'da gösterilmiştir. Tiris ve ark. (1997) tarafından ülkemiz koşullarına göre geliştirilen modelin yaz aylarında ölçülen değerlerden çok yüksek tahminlerde bulunurken, sonbahar ve ilkbahar aylarında yaz aylarına göre daha yakın tahminlerde bulunduğu, sadece Ocak ve Aralık aylarında ölçülen değerlere yaklaştığı görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. model 1 tarafından tahmin edilen ve ölçülen veriler

Figure 3. measured and estimated data by model 1

Model 2 yaz aylarında ölçülen değerlere göre yüksek tahminlerde bulunurken, ilkbahar ve sonbahar aylarında daha doğru tahminler yapmış ve kış aylarında gerçek değerlere yaklaşmıştır (Şekil 4). Model 2 H değerlerini Model 1'e göre biraz daha doğru tahminlemiştir.

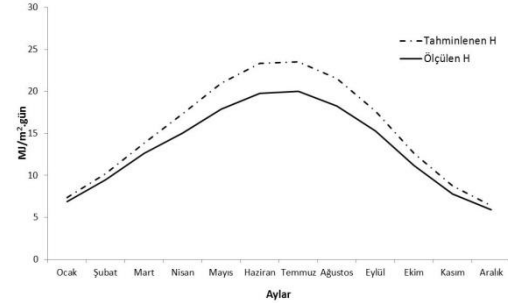


Şekil 4. model 2 tarafından tahmin edilen ve ölçülen veriler

Figure 4. measured and estimated data by model 2

Model 3 önceki modellere benzer şekilde kış aylarında yakın tahminlerde

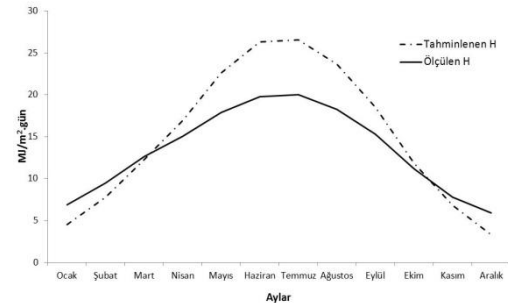
bulunurken yaz aylarına yaklaştıkça tahmin yeteneği azalmıştır. Model 3, Model 1 ve 2'ye göre daha doğru değerler tahmin etmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. model 3 tarafından tahmin edilen ve ölçülen veriler

Figure 5. measured and estimated data by model 3

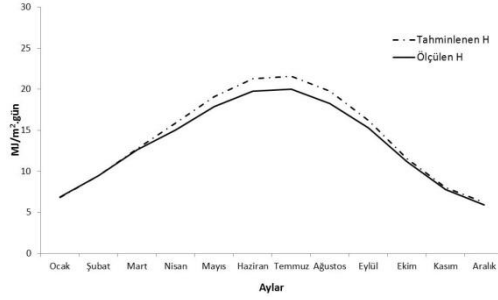
Model 4 tarafından tahmin edilen veriler diğer modellerden daha farklı bir dağılım göstermiştir. Kış aylarında tahmin edilen veriler ölçülen verilerden düşük bulunurken, Mart ve Ekim aylarından yaz aylarına doğru yaklaştıkça tahmin edilen verilerin ölçülen verilerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. model 4 tarafından tahmin edilen ve ölçülen veriler

Figure 6. measured and estimated data by model 4

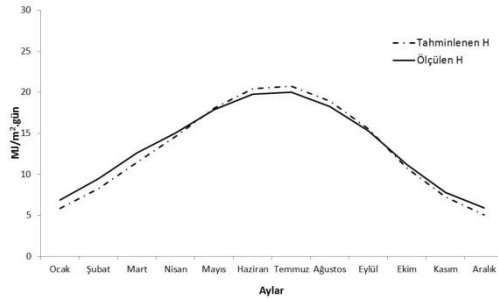
Model 5 tahmin değişeni olarak  $S/S_0$  kullanmakta ve modelde iki adet sabit bulunmaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilen model Isparta iline gelen ışınım değerlerini Ocak-Mart ve Ekim-Aralık ayları arasındaki sürelerde başarılı bir şekilde tahmin ederken, Nisan-Eylül aralığında biraz yüksek tahmin yaptığı görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7. model 5 tarafından tahmin edilen ve ölçülen veriler

Figure 7. measured and estimated data by model 5

Model 6 tahmin değişeni olarak  $S/S_0$  ve  $\lambda$  değerlerini kullanmaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilen model 6 Isparta iline gelen güneş ışınımı değerlerini oldukça başarılı bir şekilde tahmin etmiştir. Model 6 diğer modellerden farklı olarak saat açısını da parametre olarak kullanmaktadır. Model, Mayıs-Eylül aylarında gerçek verilerden biraz yüksek tahminleme yaparken, diğer aylarda bir miktar düşük değerler tahmin etmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. model 6 tarafından tahmin edilen ve ölçülen veriler

Figure 8. measured and estimated data by model 6

Çizelge 2’de modellerin tahmin ettiği veriler ve ölçülmüş veriler kullanılarak gerçekleştirilen istatistiksel analiz sonuçları gösterilmiştir. MPE ve MBE değerlerinin mutlak değerleri değerlendirilmelidir, çünkü bu değerlerin negatif veya pozitif olması hatanın yönünü ifade etmektedir. En yüksek MPE, MBE ve RMSE değerleri Model 1 için hesaplanmıştır. Bu durum Model 1’in değerlendirilen modeller içerisinde en başarısız tahmin yapan model olduğunu

göstermektedir. Model 1 Türkiye geneli için geliştirilmiştir ve bu durum Isparta ilinde güneş ışınımı değerlerinin Türkiye genelinden farklılıklar gösterdiğini ifade etmektedir. En düşük MPE, MBE ve RMSE değerleri Model 6 için hesaplanmıştır. Model 5 için hesaplanan istatistiksel gösterge parametreleri Model 6’ya yakın değerlerdedir.

Çizelge 2 modellerin istatistiksel analiz sonuçları

Table 2 statistical analysis results of models

Model No	MPE Mean percentage error	MBE Mean bias error	RMSE Root means square error
Model 1	22,520524	3,615631	4,635132
Model 2	18,45157	2,970427	3,822374
Model 3	13,19894	1,940995	2,257212
Model 4	4,002957	1,731533	3,731915
Model 5	4,426152	0,704793	0,929081
Model 6	-4,299808	-0,263584	0,753162

## Sonuç

Çalışma kapsamında Isparta ilinde atmosfer dışına gelen güneş ışınımı ile yeryüzüne gelen ışınım arasındaki ilişkilerin modellenmesi amaçlanmıştır. Modellemede, 4 model (Model 1, 2, 3 ve 4) literatürde yer alan çalışmalardan alınırken, Model 5 literatürde yer alan bir modelin katsayıları değiştirilerek elde edilmiş ve Model 6 çalışma kapsamında geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen Model 6 diğer modellerden farklı olarak saat açısını da tahmin işlemine kullanmaktadır. Modeller tarafından tahmin edilen veriler ve ölçülen değerler istatistiksel analizlere tabi tutulmuş ve modellerin tahmin yetenekleri karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizler çalışma kapsamında geliştirilen Model 6’nın diğer modellerden daha başarılı tahmin yaptığını göstermiştir.

**Simgeler**

$G_{sc}$	Güneş sabiti 1367 W/m <sup>2</sup>
H	Global aylık ortalama günlük ışınım (J/m <sup>2</sup> .gün)
$H_0$	Atmosfer dışına yatay düzleme bir gün boyunca gelen ışınım (J/m <sup>2</sup> .gün)
$H_{io}$	Ölçülmüş H değeri
$H_{ip}$	Tahmin edilen H değeri
MBE	Ortalama sapma hatası
MPE	Ortalama yüzde hata
n	Gün sayısı
RMSE	Karekök hatası
$w_s$	Güneş batış saat açısı
$\delta$	Deklinasyon açısı
$\lambda$	Hesaplama yapılan yerin enlem derecesi
S	Güneşlenme süresi (sa)
$S_0$	Gün uzunluğu (sa)

**Kaynaklar**

- Bakırcı, K. 2009. Correlations for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey. *Energy* 34, 485–501.
- DEKTMK, 2012. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi “Enerji Raporu 2013” ISSN: 1301-6318.
- Demirbas, A., Bakis, R. 2004. Energy from renewable sources in Turkey: status and future direction. *Energy Sources* 26:473-484.
- Duffie, J.A., Backman, W.A. 2006. *Solar engineering of thermal processes*. 3rd ed. New York: John Wiley & Son.
- EİE, 2014. Elektrik işleri etüd idaresi yenilenebilir enerji kaynakları müdürlüğü GEPA projesi <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/gunes.aspx>. (Giriş tarihi: 20/05/2014)
- Elagib, N., Mansell, M.G. 2000. New approaches for estimating global solar radiation across Sudan. *Energy Convers. Manage.* 41, 419–434.
- El-Metwally, M. 2005. Sunshine and global solar radiation estimation at different sites in Egypt. *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.* 67 (14), 1331–1342.
- Ertekin, C., Külcü, R., Evrendilek, F. 2008. Techno-Economic Analysis of Solar Water Heating Systems in Turkey. *Sensors* 8, 1252-1277.
- Ertekin, C., Yıldız, O. 2000. Comparison of some existing models for estimating global solar radiation for Antalya (Turkey). *Energy Conversion & Management* 4, 311-330.
- ETKB, 2014. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, güneş enerjisi <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&bn=233&hn=&nm=384&id=40695>(Güncelleme: 12/12/2013).
- Khahro, S.F., Kavita Tabbassum, K., Talpur, S., Alvi, M.B., X., Dong, L. 2015. Evaluation of solar energy resources by establishing empirical models for diffuse solar radiation on tilted surface and analysis for optimum tilt angle for a prospective location in southern region of Sindh, Pakistan. *Electrical Power and Energy Systems* 64, 1073–1080.
- Louche, A., Notton, G., Poggi, P., Simonnot, G. 1991. Correlations for direct normal and global horizontal irradiation on a French Mediterranean site. *Sol. Energy* 46, 261–266.
- Lewis, G. 1983. Estimates of irradiance over Zimbabwe. *Sol. Energy*; 31:609–12.
- Mengeç, O., Ertekin, C., Sonmete, M.H. 2006. Evaluation of global solar radiation models for Konya, Turkey. *Energy Conversion and Management* 47, 3149–3173.
- Tiris, M., Tiris, C., Erdalli, Y. 1997. Water heating systems by solar energy. Marmara Research Centre, Institute of Energy Systems and Environmental Research, NATO TU-COATING, Gebze, Kocaeli, Turkey.