

## Burdur İli Güneşlenme Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Metodu İle Tahmini

Bayram KILIÇ<sup>1</sup>, Kazım KUMAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez T.B.M.Y.O., Otomotiv Teknolojisi Bölümü, Burdur,

<sup>2</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez T.B.M.Y.O., Alternatif Enerji Kaynakları Bölümü, Burdur,

**Özet:**Bu çalışmada, Burdur ilinin güneşlenme değerleri yapay sinir ağları (YSA) metodu kullanılarak tahmin edilmiştir. Hesaplamalar için gerekli olan güneşlenme değerleri Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden alınmıştır. Çalışma sonucunda, güneşlenme değerlerinin hesaplanabilmesi amacıyla formül türetilmiştir. Güneşlenme değerleri için ağıdan elde edilen verilerin korelasyon katsayısı 0.99746 dır ki bu değer çok memnun edicidir. Bu çalışmanın Burdur ilinde yapılması planlanan güneş enerjisi çalışmalarına yardım edebileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları, Güneşlenme değerleri, Burdur, Güneş Enerjisi.

### Prediction of Solar Radiation Values of Burdur City Using Artificial Neural Networks (ANN)

**Abstract:** In this paper, solar radiation values of Burdur city were estimated using artificial neural networks (ANN). Required solar radiation values for the calculation were taken from Turkey Meteorological Institute. The formula is derived from result of this study for the calculation of solar radiation values. The correlation coefficient got when obscure information were connected to the systems was 0.99746 for solar radiation values values which is extremely palatable. We are believed that this study can help to the planned solar energy work in Burdur city.

**Key words:** Artificial Neural Networks (ANN), Solar Radiation, Burdur, Solar Energy.

### 1. GİRİŞ

Enerji, yirminci yüzyıl ile birlikte teknolojik gelişmeler sonucu, toplumların kalkınmasında önemli bir yer edinmiştir. Yaşam düzeylerinin artması, kişi başına düşen enerji tüketimini arttırmaktadır. Bu sebeple ülkelerin enerji politikalarında esas unsurlardan biri, temiz, güvenilir ve ucuz enerjinin temin edilmesidir. Gelecekte ki yıllarda ülkelerin enerji taleplerinin giderek artması ve bununla birlikte çevresel etkenler, enerji tüketimi konusunda önemli bir yer alacaktır. Dünya nüfusunda ki, artış enerji talebinin artmasında en önemli unsurların başında gelmektedir. 1970 yılında dünya

nüfusunun 4 milyar iken, 2025 yılı için ise 8,5 milyara ulaşacağı ifade edilmektedir. Nüfusun ve yaşam düzeyinin hızlı bir şekilde artmasıyla birlikte kişi başına düşen enerji artmıştır. Bu sebeple önümüzdeki yıllarda enerji tüketiminin dünyada artacağı gözlenmektedir (Kılıç, 2011).

Dünyada en önemli enerji kaynağı güneş enerjisidir. Yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen güneş ışınım enerjisidir. Güneş enerjisi sayesinde dünyada madde ve enerji akışı olmaktadır. Doğadaki su döngüsünün gerçekleşmesinde etkisi olan güneş enerjisi akarsu gücünü de oluşturmaktadır. Güneş enerjisi doğal enerji

kaynaklarının birçoğunun kökenini oluşturmakta ve birçok amaçlı kullanılmaktadır (Varınca ve Gönüllü, 2006). Çevreyi kirletmeyen ve sürekli olan enerji kaynağı olarak ilk akla gelen en önemli alternatif enerji kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin pek çok uygulama alanı bulunmaktadır. Güneş enerjisi uygulama alanlarında en önemli parametre küresel güneş radyasyonu verileridir. Yatay bir düzleme gelen güneş enerjisi, yılın gününe, günün hangi saati olduğuna ve atmosferik şartlara bağlı değişmektedir (Behrang, 2010; Şencan ve Bezir, 2003). Güneş radyasyonu ölçümlerinde kullanılan piranometre cihazı birçok yerleşim yerinde ya sınırlı sayıdadır ya da mevcut değildir. Yerleşim bölgelerinde ölçülen rüzgâr hızı, nispi nem, buhar basıncı, hava basıncı, hava sıcaklığı, güneşlenme süresi gibi meteorolojik verilerin güneş radyasyonunun doğru hesaplanmasında önemli bir etken olduğu araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Son zamanlarda güneş radyasyonu verilerinin enerji sistemlerinin analiz ve değerlendirilmesinde kullanılması, güneş radyasyonunun doğru tahmin edilmesine duyulan ihtiyacı arttırmıştır. Güneş radyasyonu tahmininde, dünyanın değişik yerlerinde kullanılan en yaygın yöntem yapay sinir ağlarıdır (Cao ve

Lin, 2008; Fadare, 2009). Global güneş radyasyonu tahmini, güneş enerjili sistemlerin tasarımında önemli bir etkidir. Güneş enerjisi güneş radyasyonuna bağlı bir şekilde ifade edilmektedir. Yapılan çalışmada Tunceli iline ait 2005-2009 yılları arasına ait açık gün sayısı, nispi nem, hava basıncı, hava sıcaklığı, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı ve güneş ışınım şiddeti değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti YSA metodu ile tahmin edilmiştir. Tahmin edilen güneş radyasyonu değerlerini, ölçülen güneş radyasyonu değerleriyle karşılaştırmışlardır (Işık ve İnallı 2011).

Coğrafi açıdan ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli bakımından, diğer ülkelere göre daha iyi durumdadır. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Çizelge 1.'de verilmiştir (<http://www.mgm.gov.tr/> Erişim Tarihi: 22.02.2016). Güney Doğu Anadolu bölgesi ülkemizin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi olup, Akdeniz bölgesi bunu izlemektedir. Bölgelere göre Güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin dağılımı Çizelge 2.'de verilmiştir (<http://www.mgm.gov.tr/> Erişim Tarihi: 22.02.2016).

Çizelge 1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kcal/cm <sup>2</sup> ay)	Güneş Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> ay)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
<b>Ocak</b>	4.45	51.75	103.0
<b>Şubat</b>	5.44	63.27	115.0
<b>Mart</b>	8.31	96.65	165.0
<b>Nisan</b>	10.51	122.23	197.0
<b>Mayıs</b>	13.23	153.86	273.0
<b>Haziran</b>	14.51	168.75	325.0
<b>Temmuz</b>	15.08	175.38	365.0
<b>Ağustos</b>	13.62	158.40	343.0
<b>Eylül</b>	10.60	123.28	280.0
<b>Ekim</b>	7.73	89.90	214.0
<b>Kasım</b>	5.23	60.82	157.0
<b>Aralık</b>	4.03	46.87	103.0
<b>Toplam</b>	112.74	1311	2640
<b>Ortalama</b>	308 cal/cm <sup>2</sup> gün	3,6 kWh/m <sup>2</sup> gün	7,2 saat/gün

Ülkemizin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş

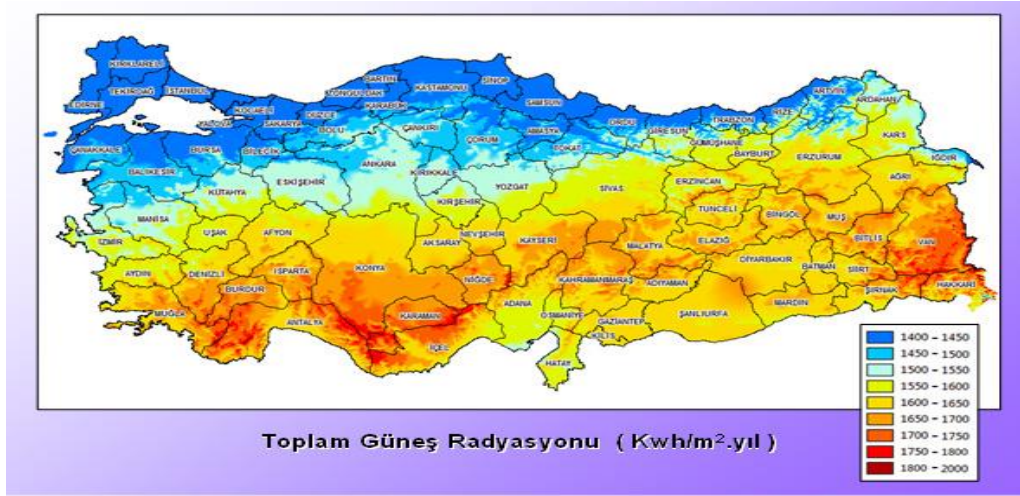
enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı da Çizelge 2.'de verilmiştir.

Çizelge 2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
<b>Güney Doğu Anadolu</b>	1460	2993
<b>Akdeniz</b>	1390	2956
<b>Doğu Anadolu</b>	1365	2664
<b>İç Anadolu</b>	1314	2628
<b>Ege</b>	1304	2738
<b>Marmara</b>	1168	2409
<b>Karadeniz</b>	1120	1971

Ölçülen bu değerlerin ülkemizin gerçek potansiyelinden az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar sonucunda anlaşılmıştır. 1992 yılı ve sonrası, güneş enerjisi değerlerinin ölçümünün sağlıklı olması amacıyla EİE ve DMİ tarafından ölçümler

alınmaktadır. Yapılan ölçümler sonucunda ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli önceki ölçülen değerlere göre %20-25 oranında daha fazla çıkması beklenmektedir (<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/>)



Şekil 1. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Haritası (<http://www.mgm.gov.tr/> Erişim Tarihi: 22.02.2016)

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Yapay Sinir Ağları (YSA) Metodunun Uygulanması

Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden alınan verileri, burdur ili aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri tahmininde kullanabilmek amacıyla bazı bağıntılar elde edilme yoluna gidilmiş ve bu amaçla yapay sinir ağları (YSA) metodu kullanılmıştır. Yapay sinir ağları metodu birçok mühendislik

uygulamasında kullanılmaktadır. Bu metodun en önemli avantajları hızlı oluşu, basit oluşu ve öğrenme kapasitesinin yüksek oluşudur (Selbaş vd., 2009).

Bu çalışmada, Burdur ilinin gelecekteki aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri yapay sinir ağları (YSA) metodu kullanılarak tahmin edilmiştir. Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden alınan Burdur ili aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri Çizelge 3.'de verilmiştir. Çalışma sonucunda,

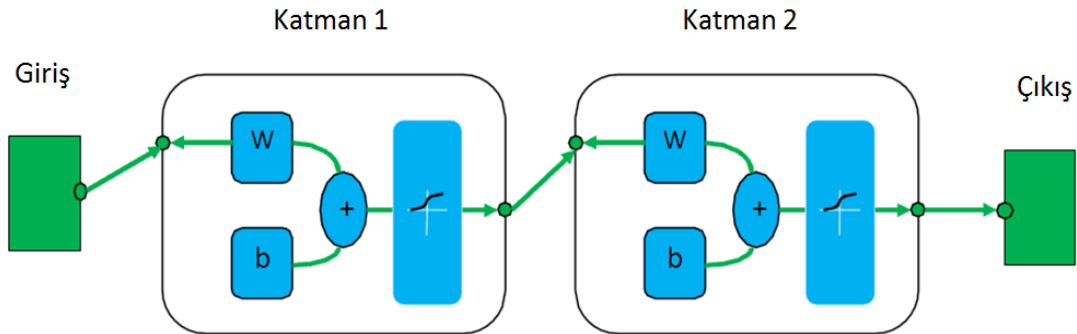
Burdur ilinin gelecekteki aylık ortalama hesaplanabilmesi amacıyla formül güneşlenme şiddeti değerlerinin türetilmiştir.

Çizelge 3. Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden alınan Burdur ili aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri (<http://www.mgm.gov.tr/> Erişim Tarihi: 22.02.2016)

Aylık Ortalama Günlük Toplam Global Güneşlenme Şiddeti (cal/cm <sup>2</sup> )												
İstasyon Adı / No: BURDUR / 17238												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1996	155	229.4	299.8	444.7	521.5	594	553.6	507.8	395	299.3	216.4	119.9
1997	199	269.1	358.6	365	523.4	552.2	583.7	503.7	446.2	285	242.9	138.6
1998	207.1	316.3	326.6	440.8	472.3	602.6	606	564.4	472.8	364.3	231.8	155.6
1999	197.6	263.6	394.9	529.2	616.9	645.6	659.8	590.9	509.3	372.1	266	184.4
2000	229.1	293.1	431.6	454.1	537.4	651.3	658	570.2	468.7	351	261.1	181
2001	194,1	300.2	409.8	476.8	523.3	692.8	629.2	565.2	497.1	352.2	190.6	123.3
2002	213.4	307.1	352.5	453.7	588.9	628.5	597.9	559.1	448.8	363.4	243.4	139.1
2003	173.6	230	386.9	423.6	564.4	638.9	654.4	578.2	477.8	339.9	245.4	150.5
2004	161.1	274	410.3	474.9	606.5	644.2	668.8	594.2	508.1	354.8	215.6	181.8
2005	197.6	272.9	363.6	472.7	538.6	633.7	604.2	585.3	482.4	336.2	212.3	178.7
2006	202.1	214.7	343.6	436.3	537	584	581.5	514	422	290.5	238.1	190.8

Yapay sinir ağları uygulaması MATLAB Toolbox kullanılarak yapılmıştır. Verilerin eğitiminde, gizli katmandaki nöron sayısı 3 ile 12 arasında değiştirilmiştir. Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden alınan 132 adet verinin %80'i eğitim, %20'si test amacıyla rastgele seçilmiştir. Oluşturulan ağda yıl (Y) ve ay (M) giriş değişkenleri ile çıkış değişkeni olarak Burdur ili aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri kullanılmıştır.

Oluşturulan yapay sinir ağı Şekil 2.'de şematik olarak gösterilmiştir. Oluşturulan ağda transfer fonksiyonu olarak Logistic Sigmoid (LOGSIG), ağıın tipi için Forward Back Prop ve eğitim fonksiyonu olarak ise The Levenberg–Marquardt (LM) seçilmiştir. Yapılan denemelerde Epoch sayısı olarak 1000 değeri kullanılmıştır. Her bir ağ en uygun değeri elde edebilmek amacıyla 10'ar kez çalıştırılmıştır.



Şekil 2. Yapay sinir ağının şematik gösterimi

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapay sinir ağı metodundan en iyi sonucu elde etmek için, farklı algoritmalar ve gizli nöronlar, farklı sayıda kullanılmıştır. Burdur ili aylık ortalama güneşlenme şiddeti

değerleri için elde edilen RMS,  $R^2$  ve cov değerleri Çizelge 4.'de verilmiştir. Burdur ili aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri için en iyi  $R^2$  değeri TRAINLM-8 eğitim fonksiyonu için 0,99746 olarak elde edilmiştir.

*Çizelge 4. Burdur ili ortalama güneşlenme şiddeti değerleri tahmini için oluşturulan ağı istatistiksel değerleri*

Algoritma-Nöronlar	RMS	cov	$R^2$
LM-3	7.60202	0.01953	0.99744
LM-4	9.58170	0.02461	0.99593
LM-5	8.39464	0.02156	0.99688
LM-6	9.08241	0.02333	0.99635
LM-7	12.4130	0.03189	0.99318
<b>LM-8</b>	<b>7.57542</b>	<b>0.01946</b>	<b>0.99746</b>
LM-9	9.23325	0.02372	0.99622
LM-10	9.73806	0.02501	0.99580
LM-11	22.9021	0.05884	0.97679
LM-12	15.0883	0.03876	0.98992

Burdur ili aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerlerinin belirlenmesinde, YSA metodundan elde edilen aşağıdaki denklemler kullanılmıştır;

$$E_i = \sum_{n=1}^4 I_n w_{ni} + b_n \quad (1)$$

$$F_i = \frac{1}{1+e^{-E_i}} \quad (2)$$

Yukarıdaki denklemlerde,  $E_i$  nöron toplama fonksiyonu ve  $F_i$  nöron aktivasyon fonksiyonudur.  $I_n$  giriş değişkenleri ve  $b_n$  ise

bias değerini temsil etmektedir. Formüllerde kullanılan katsayılar eğitim ağı'nın gizli katmanına ait her nöronun toplama fonksiyonunun ağırlık değerlerini temsil etmektedir. Yukarıdaki denklemlerde YSA'nın giriş değişkenleri olarak yıl (Y) ve ay (M) olmak üzere iki adet giriş değişkeni kullanılmaktadır. Burdur ili aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerlerinin tayini için kullanılan ağırlık katsayıları ve bias değerleri sırasıyla Çizelge 5.'de verilmiştir.

*Çizelge 5. Burdur ili ortalama güneşlenme şiddeti değerlerinin tayini için kullanılan ağırlık katsayıları ve bias değerleri*

Nöron pozisyonu ( $w_{ni}$ )	$I_1$ (Y)	$I_2$ (M)	$b_n$
<b>1</b>	346.0765	12.2903	-349.027
<b>2</b>	721.1588	-47.9301	-710.0384
<b>3</b>	-200.5189	28.407	191.8495
<b>4</b>	2835.5176	-26.7003	-2800.7406
<b>5</b>	655.8174	-13.9451	-641.9924
<b>6</b>	6235.0429	13.8221	-6172.101
<b>7</b>	3813.9367	23.315	-3769.9152
<b>8</b>	206.4738	-23.8373	-171.2405

Burdur ilinin gelecekteki aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri, yıl (Y) ve ay (M)'a bağlı olarak aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir.

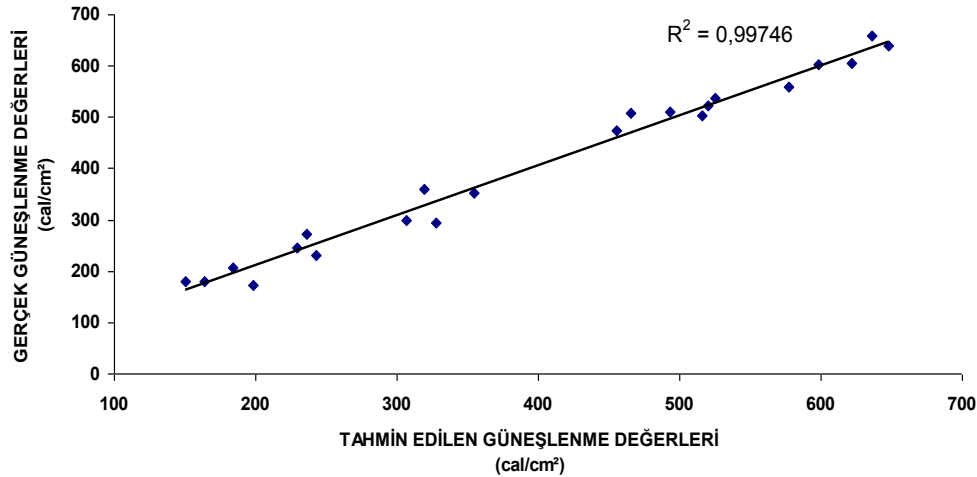
$$E9 = F1*(2.8198) + F2*(1.1282) + F3*(1.7746) + F4*(0.23351) + F5*(1.2014) + F6*(0.33571) + F7*(0.62176) + F8*(-2.5934) + 0.00066816 \quad (3)$$

Burdur ili aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri =  $\left(\frac{1}{1+e^{-E9}}\right) \times 900$  (4)

Burdur ili aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerlerinin belirlenmesinde, YSA metodundan elde edilen denklemler kullanılarak Burdur ili için gelecekteki aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri tahmin edilerek Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Burdur ili gelecekteki aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri tahmini

Tarih (Ay. Yıl)	Gerçek aylık ortalama güneşlenme şiddeti (cal/cm <sup>2</sup> )	Tahmin edilen aylık ortalama güneşlenme şiddeti (cal/cm <sup>2</sup> )
05.1996	521.5	520.578
06.1998	602.6	598.536
10.2001	352.2	354.87
05.2006	537	525.519
08.2016	-	296.5
12.2016	-	208.52
04.2017	-	159.54
05.2018	-	194.42
08.2019	-	251.59



Şekil 3. Gerçek değerler ile tahmin edilen değerlerin karşılaştırılması

#### 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, Burdur ilinin gelecekteki aylık ortalama güneşlenme şiddeti yapay sinir ağları (YSA) metodu kullanılarak tahmin

edilmiştir. Hesaplamalar için gerekli olan aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden alınmıştır. Çalışma sonucunda, gelecekteki aylık ortalama güneşlenme şiddeti

değerlerinin hesaplanabilmesi amacıyla formül türetilmiştir. Burdur ili gelecekteki aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri tahminleri yapılarak tablo halinde verilmiştir. Sonuçların elimizdeki verilerle uyum içinde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla yapay sinir ağları metodunun bu ve benzer çalışmalar için uygun bir yöntem olabileceği değerlendirilmiştir.

## KAYNAKLAR

Behrang, M. A., Assareh E., Ghanbarzadeh A., Noghrehabadi A R. 2010. The Potential of Different Artificial Neural Network (ANN) Techniques in Daily Global Solar Radiation Modeling Based on Meteorological Data. *Solar Energy*, 84, 1468 - 1480.

Cao, J., Lin, X. 2008. Study of Hourly and Daily Solar Irradiation Forecast Using Diagonal Recurrent Wavelet Neural Networks. *Energy Conversion and Management*, 49, 1396-1406.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİGM), 2016. İl ve İlçelerimize Ait İstatistikî Veriler. Erişim Tarihi: 22.02.2016. <http://www.mgm.gov.tr>

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Yenilenebilir Enerji Kaynakları 2010, Erişim Tarihi: 07.02.2010 <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>.

Fadare, D.A. 2009. Modelling of Solar Energy Potential in Nigeria Using an Artificial NeuralNetwork Model. *Applied Energy*, 86, 1410-1422.

Işık, E., İnallı, M. 2011. Tunceli İli İçin Güneş Işınımının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini. *e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*, 6, 190-194.

Kılıç, B. 2011. Evaluating of Renewable Energy Potential in Turkey. *International*

*Journal of Renewable Energy Research*, 4, 259-264.

Kılıç, B., Şencan, A., İpek, O. 2010. Evaluating of Solar and Wind Energy in Isparta and İzmir. *The Second International Conference on Nuclear and Renewable Energy Resources*, Ankara, 928, 2010.

Selbaş, R., Şencan, A., Kılıç, B. 2009. Alternative approach in thermal analysis of plate heat exchanger. *Heat Mass Transfer*, 45, 323-329.

Şencan, A., Bezir, N.Ç. 2003. Ölçülebilen Meteorolojik Verilerle Güneş Radyasyonunun Yapay Sinir Ağları Metoduyla Tayini, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu, Mersin, 235 - 239.

Varınca, K.B., Gönüllü, M.T. 2006. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. UGHEK’2006: I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Esogü, Eskişehir.