

## COĞRAFİK VE METEOROLOJİK VERİLER KULLANILARAK ZONGULDAK'TA GÜNEŞ IŞINIM ŞİDDETİNİN TAHMİNİ İÇİN BİR ÇALIŞMA

*Emrah DENİZ\**

*Kemal ATİK\**

**Özet:** Bu çalışmada, Zonguldak'ta Rüzgâr hızı, Hava sıcaklığı, Toprak sıcaklığı, Deklinasyon açısının sinüsü, Nem miktarı, Güneş ışınımı alımının gün uzunluğuna oranı ve Aylık ortalama atmosfer dışı güneş ışınımı gibi meteorolojik ve coğrafi parametrelerinin aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti ile aralarındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu etkilerin belirlenebilmesi için Zonguldak iline ait 1995 ile 2004 yılları arasındaki on yıllık aylık ortalamalar halindeki yedi veriye lineer ve çoklu lineer regresyon analizi uygulanarak modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller arasından en yüksek ve en düşük korelasyona sahip olan modeller seçilerek Ocak/2005 ve Aralık/2005 arasındaki toplam güneş ışınımının aylık ortalamaları hesaplanmış ve 2005 yılında ölçülmüş olan veriler ile karşılaştırılmıştır. Ölçülen değerler ile hesaplanan değerler arasında ortalama % 6'lık bir sapma olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Meteorolojik ve Coğrafi Veri, Güneş Işınım Şiddeti, Tahmin Metodu, Regresyon Analizi.

### A Study for Estimation Solar Radiation in Zonguldak Using Geographical and Meteorological Data

**Abstract:** In this study, the relationships between, monthly average solar radiation and some meteorological and geographical parameters of Zonguldak such as; wind velocity, air temperature, soil temperature, sinus of declination angle, humidity, the ratio of solar irradiation to daytime length, and monthly average of extraterrestrial solar radiation were investigated. To determine these effects, some models were developed by applying multiple linear regression analysis on seven data of monthly average belonging to ten years of Zonguldak from 1995 to 2004. Among the developed models, the ones with the highest and the lowest correlation were chosen and then the monthly average of total solar radiation between January/2005 and December/2005 were estimated, and were compared with the data measured in 2005. An average deviation 6% is determined between the measured and estimated values.

**Key Words:** Meteorological and Geographical Data, Solar Radiation, Estimation Method, Regression Analysis.

## 1. GİRİŞ

Bir çok güneş enerjisi uygulamasında, mühendisler, hidroloji uzmanları, tarımcılar ve mimarlar çalışma bölgelerindeki güneş enerjisi mevcudiyeti ve yeterliliği konusunda doğru bilgiye ihtiyaç duyarlar (Toğrul ve Onat, 1999). Ancak, güneş ışınım şiddeti ölçümleri sadece belirli yerlerde yapılabilmektedir. Ölçülmüş bir meteorolojik verinin mevcut olmadığı yerler için, sıkça başvurulan pratik bir yöntem, bazı seçilmiş yerlerde ölçülen verileri kullanarak deneysel olarak kabul edilen korelasyonlar yardımıyla bu parametrelerin belirlenmesidir. Bu korelasyonlar kullanılarak enlem derecesi, güneşlenme süresi, sıcaklık gibi meteorolojik, mevsimsel ve coğrafi parametrelerden istenen değerler hesaplanabilmektedir. Güneş ışınım şiddeti hesaplamalarında da bu yöntem başarılı bir şekilde kullanılabilir.

Genel olarak meteorolojik veriler arasında model oluşturmak amacıyla regresyon analizi tercih edilmektedir. Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişkenin, o konu ile ilgili tahminler yapılması amacıyla matematiksel bir model ile karakterize edilen istatistiksel bir analiz tekniğidir. Regresyon analizinde elde edilen sonuçların güvenilir olup olmadığını belirleyebilmek için korelasyon katsayısı hesaplanır (Şahinler, 2000).

İlk defa aylık olarak günlük ortalama güneş ışınım şiddetinin hesaplanması fikri Angstrom tarafından ileri sürülmüştür (Duffie and Beckman, 1991). Angstrom güneşlenme süresini ve açık havadaki ışınım

\* Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, 78200, Karabük.

şiddeti verilerini kullanmıştır. Prescott ise bu eşitlikte açık havadaki güneş ışınımı yerine daha uygun olan atmosfer dışı güneş ışınım şiddetini kullanmıştır (El-Sebaai ve Trabea, 2005).

Belirli bölgeler için güneş enerjisinin büyüklüğünü önceden belirlemek amacıyla; hava sıcaklığı, toprak sıcaklığı, nem, bulanıklık, bulutluluk, güneş ışığı alım süresi gibi ölçülmüş meteorolojik parametreleri kapsayan birçok eşitlik geliştirilmiştir. Bu çalışmada ise, güneş ışınım şiddetinin insanların yaşamlarını sürdürürken karşılaştıkları ve günlük yaşamlarını doğrudan etkileyen meteorolojik bir olay olduğu gerçeğinden hareketle bu parametre ile Deklinasyon açısının sinüsü, Nem miktarı, Rüzgar hızı, Hava sıcaklığı, Toprak sıcaklığı, Güneş ışınımı alımının gün uzunluğuna oranı ve Aylık ortalama atmosfer dışı güneş radyasyonu gibi meteorolojik ve coğrafi parametrelerin aylık ortalama global güneş radyasyonu ile aralarındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Çeşitli meteorolojik ve coğrafi parametreler ile aylık ortalama güneş ışınım şiddeti arasındaki ilişkileri araştırmanın yanında bu parametreler kullanılarak geliştirilen modellerin aylık ortalama güneş ışınım şiddeti hesaplamalarında kullanılıp kullanılmayacağını belirlemekte bu çalışmanın amaçlarından biridir.

## 2. HESAPLAMA METOTLARI

Zonguldak iline ait aylık ortalama güneş ışınım şiddetine (Q) meteorolojik ve coğrafi parametrelerin etkilerinin araştırılması amacıyla Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden (DMİGM) 1995 ile 2004 yılları arasında ölçülmüş nem miktarı ( $H_{um}$ ), rüzgar hızı (R), hava sıcaklığı (t), toprak sıcaklığı ( $t_s$ ) ve güneş ışınımı alım süresinin (n) aylık ortalamaları alınmıştır. Eşitlik 1 kullanılarak günlük atmosfer dışı güneş ışınım şiddeti ( $Q_o$ ) hesaplanmış ve aylık ortalamaları belirlenmiştir. Gün uzunluğu (N) ve deklinasyon açısı ( $\delta$ ) ise, Eşitlik 2-3 kullanılarak hesaplanmıştır (Bahel ve diğ., 1987; Bin Gadhi ve diğ., 1991).

$$Q_o = \frac{24 \times 3600 \times I_{gs}}{\rho} \left( 1 + 0,033 \cos \frac{360n'}{365} \right) \left( \cos \phi \cos \delta \sin w_{ss} + \frac{\pi w}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \quad (1)$$

$$N = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \quad (2)$$

$$\delta = 23,45 \sin \left( 360 \frac{284 + n'}{365} \right) \quad (3)$$

1995–2004 yılları arasında aylık ortalamalar halinde belirlenmiş olan çeşitli meteorolojik ve coğrafi parametrelere ( $Q_o$ ,  $n/N$ ,  $\sin \delta$ ,  $H_{um}$ , R, t,  $t_s$ ) lineer ve çoklu lineer regresyon analizleri uygulanarak Zonguldak ilindeki aylık ortalama güneş ışınım şiddetini hesaplayan eşitlikler geliştirilmiştir. Geliştirilen eşitlikler yardımıyla hesaplanan ve DMİGM tarafından ölçülen 2005 yılına ait aylık ortalama güneş ışınım şiddeti değerleri grafikler kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Lineer regresyon analizi bir “y” değişkeninin bir “x” değişkenine bağlı olarak göstermiş olduğu değişimin; çoklu lineer regresyon analizi ise, “y” değişkeninin birden fazla değişkene ( $x_1, x_2, x_3, \dots$ ) bağlı olarak göstermiş olduğu değişimin belirlenmesi için kullanılan regresyon analiz yöntemleridir. Çoklu regresyon analizinin genel ifadesi Eşitlik-4’te ifade edildiği şekildedir (Curtes, 1980; Uzun, 2000; Karagöz, 2001).

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + \dots \quad (4)$$

Lineer ve çoklu lineer regresyon analizleri kullanılarak, yedi değişkenin 127 farklı kombinasyonu ile elde edilmiş olan en yüksek ve en düşük korelasyon katsayısına sahip eşitlikler seçilerek Eşitlik 5-17’de verilmiştir.

Tek değişken kullanılması durumunda en yüksek korelasyon katsayısını  $\sin \delta$  ve en düşük korelasyon ise,  $H_{um}$  içeren eşitliklerden elde edilmiştir.

$$Q = 13,067 + 23,695 \cdot \sin \delta \quad r = 0,9922$$

$$Q = -77,09547177 + 121,6036439 \cdot H_{um} \quad r = 0,4285$$

İki değişken kullanılması durumunda en yüksek korelasyon katsayısını  $\sin \delta$ ,  $t_s$  ve en düşük korelasyon ise,  $H_{um}$ , t içeren eşitliklerden elde edilmiştir.

$$Q=9,981596782+19,25435973.\text{Sin}\delta+0,198893098.t_s \quad r=0,9993 \quad (7)$$

$$Q=71,20688957-101,6715304.H_{\text{um}}+1,258148099.t \quad r=0,8791 \quad (8)$$

Üç değişken kullanılması durumunda en yüksek korelasyon katsayısını  $Q_o$ ,  $\text{sin}\delta$ ,  $t_s$  ve en düşük korelasyon ise,  $n/N$ ,  $Q_o$ ,  $t$  içeren eşitliklerden elde edilmiştir.

$$Q=15,69178565-0,201620124.Q_o+26,8159927.\text{Sin}\delta+0,191547042.t_s \quad r=0,9993 \quad (9)$$

$$Q=-4,77839945-3,976978457.n/N+0,559823241.Q_o+0,313439926.t \quad r=0,7175 \quad (10)$$

Dört değişken kullanılması durumunda en yüksek korelasyon katsayısını  $\text{sin}\delta$ ,  $t_s$ ,  $H_{\text{um}}$ ,  $t$  ve en düşük korelasyon ise,  $R$ ,  $n/N$ ,  $H_{\text{um}}$ ,  $t_s$  içeren eşitliklerden elde edilmiştir.

$$Q=17,96791551+14,97138201.\text{Sin}\delta+0,958830248.t_s-12,57262571.H_{\text{um}}-0,7626998.t \quad r=0,9994 \quad (11)$$

$$Q=73,68381185-13,89887234.R+20,70294887.n/N-50,27685299.H_{\text{um}}+0,016149197.t_s \quad r=0,9732 \quad (12)$$

Beş değişken kullanılması durumunda en yüksek korelasyon katsayısını  $\text{sin}\delta$ ,  $n/N$ ,  $H_{\text{um}}$ ,  $t_s$ ,  $t$  ve en düşük korelasyon ise,  $t$ ,  $n/N$ ,  $H_{\text{um}}$ ,  $R$ ,  $t_s$  içeren eşitliklerden elde edilmiştir.

$$Q=19,46863825+13,86135002.\text{Sin}\delta+1,891619032.n/N-15,58830184.H_{\text{um}}+1,089883382.t_s-0,926419703.t \quad r=0,9994 \quad (13)$$

$$Q=42,20461986-3,277481901.t+8,229483236.n/N-55,55345875.H_{\text{um}}+0,423430508.R+3,340566029.t_s \quad r=0,9985 \quad (14)$$

Altı değişken kullanılması durumunda en yüksek korelasyon katsayısını  $Q_o$ ,  $\text{sin}\delta$ ,  $n/N$ ,  $H_{\text{um}}$ ,  $t_s$ ,  $t$  ve en düşük korelasyon ise,  $Q_o$ ,  $t$ ,  $n/N$ ,  $H_{\text{um}}$ ,  $R$ ,  $t_s$  içeren eşitliklerden elde edilmiştir.

$$Q=30,54986623-0,414017926.Q_o+5,133706042.n/N+28,49599225.\text{Sin}\delta-15,84037901.H_{\text{um}}+1,139503135.t_s-1,057315348.t \quad r=0,9995 \quad (15)$$

$$Q=14,91563484+0,328773747.Q_o+0,329578639.n/N-0,306151647.R-21,16863336.H_{\text{um}}+1,367461885.t_s-1,160786052.t \quad r=0,9992 \quad (16)$$

Zonguldak'daki global güneş radyasyonunu hesaplamak için, yedi değişken içeren ( $Q_o$ ,  $n/N$ ,  $\text{sin}\delta$ ,  $H_{\text{um}}$ ,  $R$ ,  $t$ ,  $t_s$ ) eşitliğinsahip olduğu korelasyon katsayısının literatürde hesaplanmış korelasyon katsayılarından oldukça yüksek olduğunu sonucuna varılmıştır.

$$Q=30,52154463-0,41219753.Q_o+5,109165708.n/N+28,45176541.\text{Sin}\delta-15,7180702.H_{\text{um}}-0,03554531.R-1,04944729.t+1,13166173.t_s \quad r=0,9999 \quad (17)$$

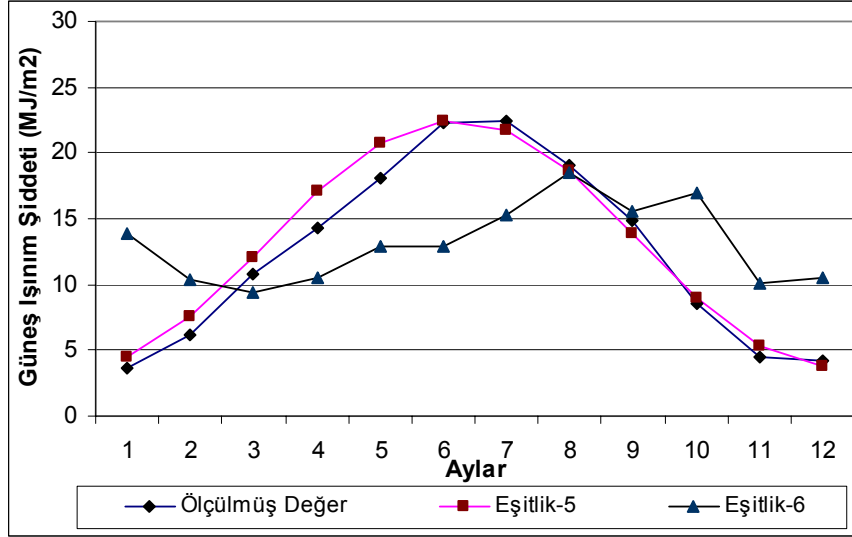
### 3. SONUÇLAR

Eşitlik 5-17 kullanılarak hesaplanmış ve DMİGM tarafından ölçülmüş aylık ortalama güneş ışınım şiddeti değerleri, kullanılan eşitlik numaraları şekiller üzerinde verilerek Şekil 1-7'de eğriler ile gösterilmiştir. Çizilen şekillerde aynı değişken sayısına sahip olan en düşük ve en yüksek korelasyonun elde edildiği eşitlikler kullanılarak hesaplanan 2005 yılına ait ve DMİGM tarafından ölçülmüş veriler eğriler halinde verilmiştir. Bu eğriler yardımıyla hesaplanmış ve ölçülmüş değerler arasındaki fark daha iyi gözlenebilmektedir.

Şekil 1'de 2005 yılında ölçülen ışınım şiddeti değerleri ile Eşitlik 5 ve 6 kullanılarak elde edilen ışınım şiddeti değerlerinin grafiği yer almaktadır. Güneş ışınım şiddeti değerine etki eden en önemli parametre güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açı olup dekinasyon açısı adı ile bilinir (Öztürk ve Kılıç, 1983). Grafikte de görüldüğü gibi değişken olarak deklinasyon açısı kullanılarak çizilen eğri ile ölçülmüş ışınım şiddeti eğrisi arasında çok büyük yakınlık olduğu tespit edilmiştir. Bu etki yüksek korelasyon katsayısı değeri (0.9922) ile de kanıtlanmıştır. Kullanılan değişkenler arasında ışınım şiddeti üzerinde en az etkiye sahip değişkenin ise nem miktarının olduğu hem grafikte görülmekte hem de düşük korelasyon katsayısına (0.4285) sahip oluşundan anlaşılmaktadır.

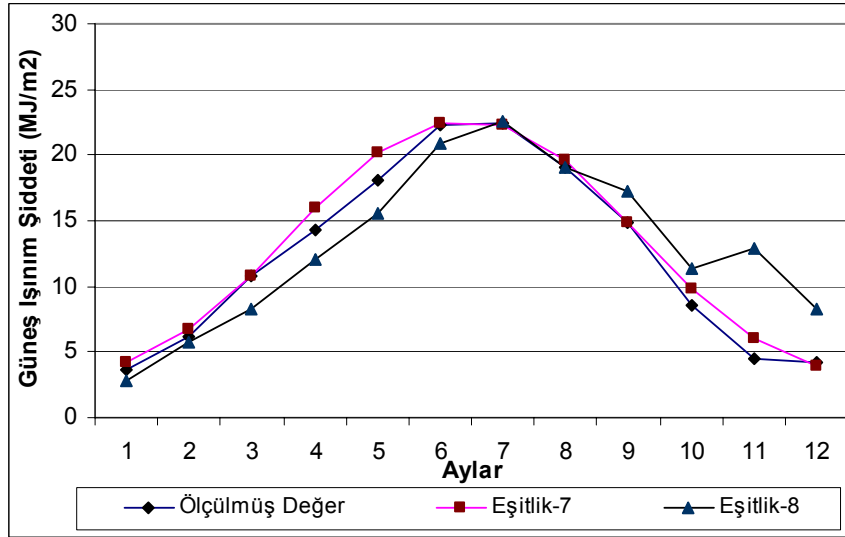
Eşitlik 7'de deklinasyon açısı ile toprak sıcaklığı değişkenlerinin bir arada kullanımının en yüksek korelasyon ( $r=0.9993$ ) sağladığı belirlenmiştir. Yüksek korelasyon katsayısı da göstermektedir ki, deklinasyon açısı ile toprak sıcaklığı değişkenlerinin birlikte kullanıldığı iki değişkenli modelin kullanımı

uygun olacaktır. Denklinasyon açısı ve toprak sıcaklığı değişkenlerinin en yüksek korelasyonu sağlıyor oluşu güneş ışınım şiddeti hesaplamalarında denklinasyon açısından sonra en etkili değişkenin toprak sıcaklığı olduğu anlamına gelmemelidir. Tek değişkenli olarak oluşturulan modellerde denklinasyon açısından sonra atmosfer dışı güneş ışınım şiddetinin en yüksek korelasyona (0.9897) dolayısı ile en yüksek etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük korelasyon değerinin yine değişkenler arasında  $H_{um}$  değişkeninin kullanıldığı Eşitlik 8'de olduğu belirlenmiştir. Eşitlik 8'de  $H_{um}$  ve  $t$  değişkenleri bir arada kullanılmış ve diğer ikili kombinasyonlardan daha düşük korelasyon değerine ( $r=0.8791$ ) sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1:

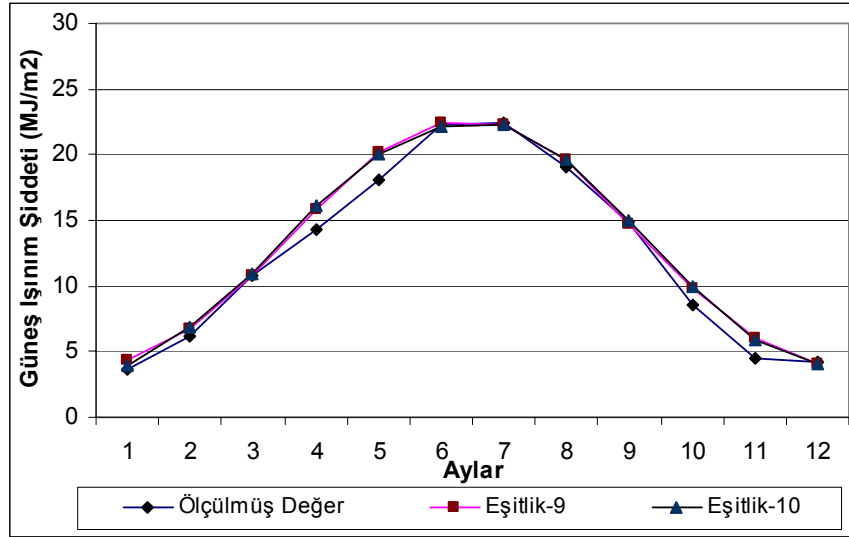
*Bir değişkenli eşitlik kullanarak hesaplanmış ve ölçülmüş değerlerin karşılaştırılması.*



Şekil 2:

*İki değişkenli eşitlikler kullanarak hesaplanmış ve ölçülmüş değerlerin karşılaştırılması.*

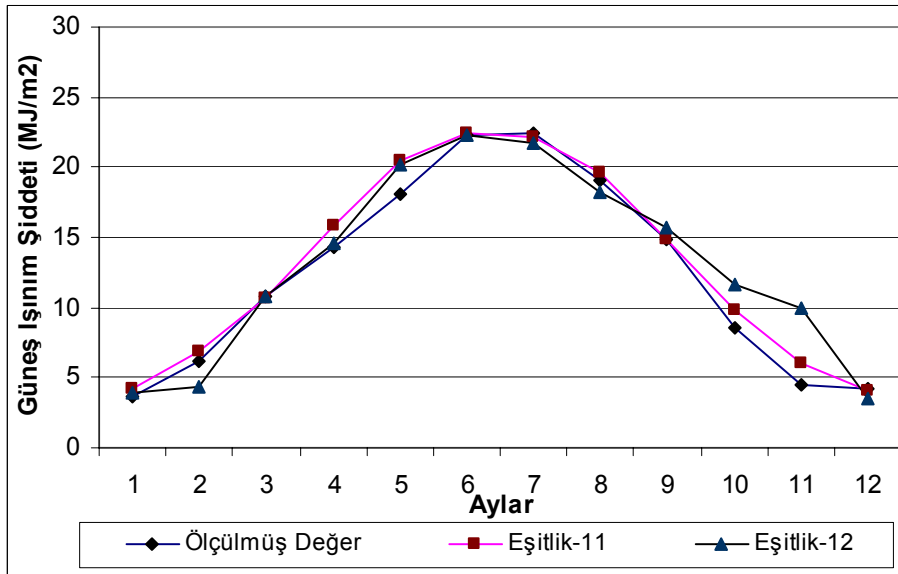
Üç değişken kullanarak hesaplanan eşitlikler arasında Eşitlik 9'un en yüksek korelasyona ( $r=0.9993$ ), Eşitlik 10'un ise en düşük korelasyon değerine ( $r=0.7175$ ) sahip olduğu belirlenmiştir. İki değişkenin kullanıldığı modellerde en düşük korelasyonun ( $r=0.8791$ ) elde edildiği Eşitlik 8 ile üç değişken kullanılarak elde edilen en düşük korelasyonu ( $r=0.7175$ ) sağlayan Eşitlik 10 karşılaştırıldığında değişken sayısındaki artışın her zaman olumlu bir etkiye sebep olmayacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 3:

Üç değişkenli eşitlikler kullanarak hesaplanmış ve ölçülmüş değerlerin karşılaştırılması.

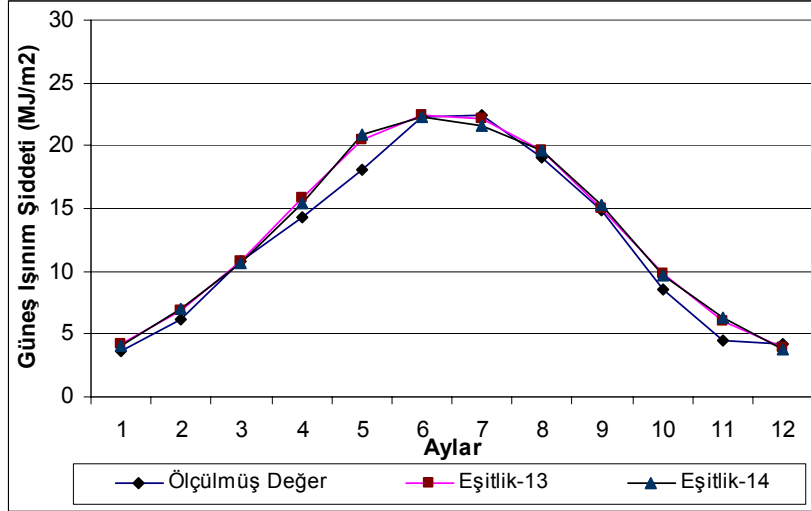
Şekil 4'te dört değişken ( $\sin\delta$ ,  $t_s$ ,  $H_{um}$ ,  $t$ ) kullanılarak elde edilen en yüksek korelasyonu ( $r=0.9993$ ) sağlayan Eşitlik 11 ve dört değişken kullanılarak ( $R$ ,  $n/N$ ,  $H_{um}$ ,  $t_s$ ) elde edilen en düşük korelasyonu sağlayan ( $r=0.9732$ ) Eşitlik 12 ile hesaplanmış 2005 yılı ışınım şiddeti değerleri ile DMİGM tarafından ölçülmüş veriler karşılaştırılmıştır. Eşitlik 11 ve 12'de dikkat çeken en belirgin durum her iki eşitlikte de  $H_{um}$  ve  $t_s$  değişkenlerinin bir arada yer alıyor olmalarıdır.



Şekil 4:

Dört değişkenli eşitlikler kullanarak hesaplanmış ve ölçülmüş değerlerin karşılaştırılması.

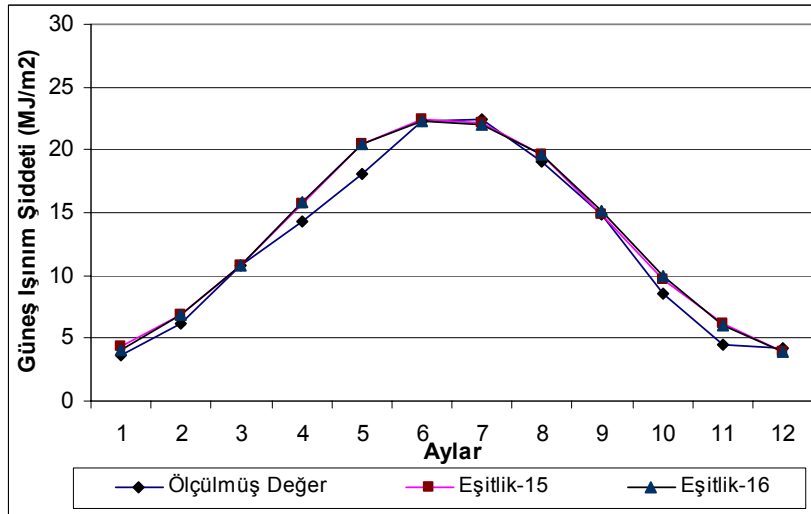
Beş değişken kullanılarak elde edilen en yüksek ( $r=0.9994$ ) ve en düşük korelasyonun ( $r=0.9985$ ) belirlendiği Eşitlik 13 ve 14 yardımıyla hesaplanan 2005 yılı ışınım şiddeti verileri ile 2005 yılında ölçülmüş olan güneş ışınım şiddeti değerleri Şekil 5'deki grafikte verilmiştir.



Şekil 5:

Beş değişkenli eşitlikler kullanarak hesaplanmış ve ölçülmüş değerlerin karşılaştırılması.

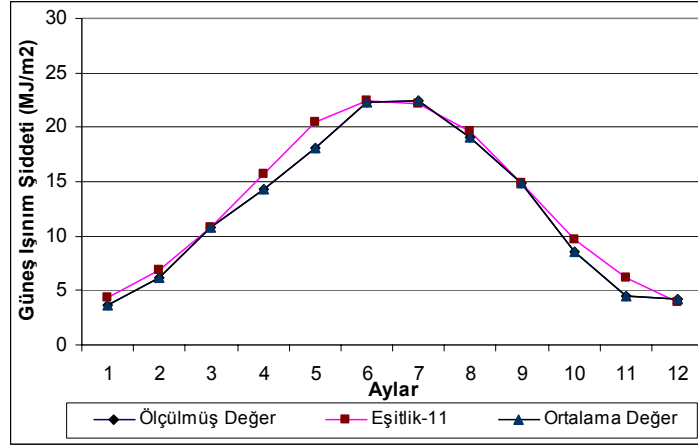
Altı değişkenli kullanılarak elde edilen en yüksek ( $r=0.9995$ ) ve en düşük korelasyonun ( $r=0.9992$ ) belirlendiği Eşitlik 15 ve 16 yardımıyla hesaplanan 2005 yılı ışınım şiddeti verileri ile 2005 yılında ölçülmüş olan güneş ışınım şiddeti değerleri Şekil 6'daki grafikte verilmiştir.



Şekil 6:

Altı değişkenli eşitlikler kullanarak hesaplanmış ve ölçülmüş değerlerin karşılaştırılması.

Çalışmada yedi değişkenin farklı kombinasyonlarda kullanılmasıyla elde edilen tüm farklı modeller incelendiğinde genel itibariyle değişken sayısındaki artışın ölçülen ve hesaplanan ışınım şiddeti değerleri arasındaki yakınsama miktarını olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Şekil 7'de tüm değişkenlerin bir arada kullanılması ile elde edilen Eşitlik 11 ile 1995–2004 yılları arasında ölçülmüş ışınım şiddeti verilerinin ortalaması ve 2005 yılında ölçülen güneş ışınım şiddeti verileri kullanılarak çizilen eğriler verilmiştir. Eşitlik 11 kullanılarak hesaplanan ışınım verileri ile ölçülmüş ışınım verileri arasında çok büyük yakınsama sağlandığı yüksek korelasyon miktarı ile de gösterilmiştir.



Şekil 7:

Yedi değişkenli eşitlik kullanarak hesaplanmış ve ölçülmüş değerlerin karşılaştırılması.

Hesaplanmış ve ölçülmüş aylık ortalama global güneş radyasyonu değerlerini karşılaştırmak için istatistik uygulamalarında yaygın olarak kullanılan ortalama karesel hata (OKH) ve ortalama sapma hata (OSH) istatistiksel göstergeleri kullanılmıştır. Geliştirilen modeller yardımıyla hesaplanan değerler ile, 2005 yılında ölçülen değerler kullanılarak ortalama sapma hatası ve ortalama karesel hata her değişken sayısı için ayrı ayrı hesaplandı (Abdel-Salam ve El-Dib, 1991; Mossad, 2004). Güneş ışıma şiddeti için ortalama sapma hatası ve ortalama karesel hatanın genel ifadeleri Eşitlik 8-9'da verilmiştir.

$$OKH = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\bar{Q}_h - \bar{Q}_o}{\bar{Q}_o} \right)^2 \right)^{1/2} \quad (8)$$

$$OSH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\bar{Q}_h - \bar{Q}_o}{\bar{Q}_o} \quad (9)$$

Burada, n hesaplanmış ve ölçülmüş veri çiftlerinin sayısı,  $\bar{Q}_h$  ortalama güneş ışıma şiddetinin hesaplanmış değerlerini ve  $\bar{Q}_o$  ise yine ortalama güneş ışıma şiddetinin ölçülmüş değerlerini göstermektedir. Farklı kombinasyonlarda oluşturulan modellerden en yüksek korelasyona sahip olanlarının ortalama karesel hata ve ortalama sapma hatası değerleri Tablo I'de verilmiştir.

#### 4. TARTIŞMA

Geliştirilen modeller arasında güneş ışıma şiddeti hesabında kullanılan en etkin değişkenin "Sin $\delta$ " ve en az etkiye sahip değişkenin ise "H<sub>um</sub>" olduğu görülmektedir. Bir değişkenden yedi değişken parametreye kadar 127 farklı kombinasyonda geliştirilen modeller arasında Eşitlik 5, 7, 9, 11, 13, 15 ve 17'de verilen modeller yardımıyla çizilen eğriler ile bu modellerin yüksek korelasyon katsayılarına (0,9922 ile 0,9999 aralığında) ve ortalama % 6 hata değerine (% 4 ile % 8 aralığında) sahip olmaları çalışmanın başarı ile sonuçlandırıldığını ve bu modellerin Zonguldak ilinde aylık ortalama güneş ışıma şiddetinin hesaplamalarında geçerlilik göstereceklerini ortaya koymuştur.

**Tablo I:**  
En yüksek korelasyonlara sahip olan eşitliklerin OKH ve OSH değerleri

Eşitlik No	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Sapma Hatası (OSH)
5	0,146	0,082
7	0,126	0,081
9	0,128	0,083
11	0,088	0,056
13	0,090	0,049
15	0,098	0,050
17	0,098	0,051
Ortalama	0,064	

## 5. SEMBOLLER VE KISALTMALAR

a, b, c, d	Çoklu lineer regresyon katsayıları
$H_{um}$	Aylık nem ortalaması
$I_{gs}$	Güneş sabiti ( $1367 \text{ W/m}^2$ )
n	Gün içi güneş ışığı alımı süresinin aylık ortalaması(h)
N	Günlük ve aylık gün uzunluğu ortalaması (h)
$n'$	Günün yıl içindeki sıra numarası (Ocak-1'den başlayarak)
OKH	Ortalama Karesel Hata
OSH	Ortalama Sapma Hatası
Q	Aylık ortalama global güneş radyasyonu ( $\text{MJ/m}^2$ )
$Q_o$	Atmosfer öncesi güneş radyasyonu miktarı ( $\text{MJ/ m}^2$ )
$Q_o$	Ölçülmüş ışınım şiddeti değeri ( $\text{MJ/m}^2$ )
$Q_h$	Hesaplanmış ışınım şiddeti ( $\text{MJ/m}^2$ )
R	Rüzgar Hızı (m/s)
r	Korelasyon katsayısı
t	Aylık ortalama hava sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )
$t_s$	Aylık ortalama toprak sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )
w	Güneşin doğuşundaki saat açısı
$\phi$	Enlem
$\delta$	Deklınasyon Açısı

## 6. KAYNAKLAR

1. Toğrul, İ. T., Onat, E. (1999) A Study for Estimating Solar Radiation in Elazığ Using Geographical and Meteorological Data, *Energy Conversion & Management*, 40, 1577–1584.
2. Şahinler, S. (2000) En Küçük Kareler Yöntemi ile Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri, *M. K. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1-2), 57-73.
3. Duffie J. A., Beckman W. A. (1991) *Solar Engineering of Thermal Processes*, New York, Wiley.
4. El-Sebaei, A. A., Trabea A. A. (2005) Estimation of Global Solar Radiation on Horizontal Surfaces over Egypt, *Egypt. J. Solids*, 28(1).
5. Bahel, V., Bakhsh, H., Srinivasan, R. (1987) A Correlation for Estimation Solar Radiation of Global, *Energy*, 12(2), 131-135.
6. Bin Gadhi, S. M., Megdad, R. S., Albakri, S. A. A. (1991) Monthly Average Daily Global Solar Radiation in P. D. R. Yemen, *Renewable Energy*, 1(1), 109-113.
7. Curtes, F. G. (1980) *Applied Numerical Analysis*, Addison-Wesley Publishing Company, California Polytechnic State University.
8. Uzun, İ. (2000) *Nümerik Analiz*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., ISBN: 975-486-952-7, Kırklareli.
9. Karagöz, İ. (2001) *Sayısal Analiz ve Mühendislik Uygulamaları*, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 176, Vıpaş A. Ş., ISBN: 975-564-115-7, Bursa.
10. Öztürk, A., Kılıç, A. (1983) *Güneş Enerjisi*, Kıpış Dağıtımçılık, İstanbul.
11. Abdel-Salam, M. S., El-Dib, A. F., Eissa, M. A. (1991) Prediction of Ground-Level Solar Radiation in Egypt, *Renewable Energy*, Vol. I, No. 2, 269 276.
12. Mossad, E.-M. (2004) Simple New Methods to Estimate Global Solar Radiation Based on Meteorological Data in Egypt, *Atmospheric Research*, 217–239.