



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KONYA-BEYŞEHİR'DE YATAY YÜZEYE
GELEN AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK
TOPLAM GÜNEŞ IŞINIMI TAHMİNİ İÇİN
UYGUN MODEL BELİRLEME VE YENİ
MODEL ÇALIŞMASI

Mehmet KÜÇÜKTEKİN

Şubat-2022

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet KÜÇÜKTEKİN tarafından hazırlanan “Konya-Beyşehir’de Yatay Yüzeğe Gelen Aylık Ortalama Günlük Toplam Güneş Işınımı Tahmini İçin Uygun Model Belirleme ve Yeni Model Çalışması” adlı tez çalışması 03/02/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Dilek Nur ÖZEN

.....

Danışman

Doç.Dr. Selçuk DARICI

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Ulaş ATMACA

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Mehmet KÜÇÜKTEKİN

Tarih: 03.02.2022

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KONYA-BEYŞEHİR'DE YATAY YÜZEYE GELEN AYLIK ORTALAMA
GÜNLÜK TOPLAM GÜNEŞ IŞINIMI TAHMİNİ İÇİN UYGUN MODEL
BELİRLEME VE YENİ MODEL ÇALIŞMASI**

Mehmet KÜÇÜKTEKİN

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Selçuk DARICI

2022, 58 Sayfa

Jüri

Danışman: Doç. Dr. Selçuk DARICI

Doç. Dr. Dilek Nur ÖZEN

Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Ulaş ATMACA

Toplam güneş ışınımı miktarı ve zamanla değişimi düzlemsel kollektörler, fotovoltaik sistemler ve diğer güneş enerjisi toplayıcıları gibi güneş enerjili sistemlerin tasarımı için önemli parametrelerdir. Güneş enerjisi uygulamaları için bu parametrelerin bilinmesi gerekir. Fakat doğrudan ölçüm verileri genellikle mevcut değildir. Bu nedenle toplam ışınımı tahmin etmek için ölçülen bazı meteorolojik verileri kullanan sayısal hesaplamalar etkili bir alternatif yoldur. Bu tez çalışmasında Konya-Beyşehir için uygun model veya modelleri belirlemek üzere Türkiye ve bazı ülkeler için güneş ışınımı tahminine yönelik geliştirilen çeşitli modeller incelenmiştir. İncelenen modellerin istatistiksel açıdan uyumluluğu test edilip ölçüm değerlerine en yakın sonuçları veren model veya modeller belirlenmiştir. Yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımının belirlenmesi için literatürdeki bazı modeller istatistiksel hata testlerine bağlı olarak Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan ölçüm verileri ile kıyaslanmıştır. Konya-Beyşehir için yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımının tahmini için lineer, karekök, logaritmik, üssel ve küpkök olmak üzere beş farklı Angström-tip yeni model geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Güneş Işınımı, Toplam Güneş Işınımı, Matematik Modelleme, Güneş Işınım Modelleri

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF SUITABLE MODEL FOR ESTIMATING THE MONTHLY AVERAGE DAILY TOTAL SOLAR RADIATION ON A HORIZONTAL SURFACE IN KONYA-BEYSEHIR AND A NEW MODEL STUDY

Mehmet KUCUKTEKIN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Mechanical Engineering**

Advisor: Assoc.Prof.Dr. Selçuk DARICI

2022, 58 Pages

Jury

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Selçuk DARICI

Assoc. Prof. Dr. Dilek Nur ÖZEN

Asst. Prof. Dr. Şükrü Ulaş ATMACA

The total amount of solar radiation and the change of it over time are important parameters for the design of solar-powered systems such as planar collectors, photovoltaic systems and other solar energy collectors. For solar energy applications, these parameters need to be known. However, direct measurement data is generally not available for those parameters. Therefore, numerical calculations that utilize some measured meteorological data are an effective alternative method to estimate total radiation. In this study, various models developed for solar radiation estimation for Turkey and some other countries were examined to determine the appropriate model or models for Konya-Beyşehir. Statistical compatibility of the models examined was tested and the model or models that gave the closest results to the measurement data were determined. The results obtained from some models in the literature used to determine the monthly average daily total solar radiation incident on horizontal surface were compared with the measurement data received from the General Directorate of State Meteorological Affairs, based on statistical error tests. Five different Angström-type new models have been developed: linear, square root, logarithmic, exponential and cube root, for the estimation of monthly average daily total solar radiation incident on horizontal surface for Konya-Beyşehir.

Keywords: Solar energy, Solar radiation, Total solar radiation, models, Total solar radiation, Mathematical Modeling, Solar Radiation Models

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı bilimsel olarak yürüten, tezin yazımı ve düzeltmeleri aşamalarında emeği geçen, yardımlarını hiç esirgemeyen ve beni her aşamada yönlendiren değerli hocam Doç. Dr. Selçuk DARICI'ya teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Bu çalışmada kullanılan Konya-Beyşehir'e ait güneş ışımasını ve diğer meteorolojik verileri sağlayan Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Mehmet KÜÇÜKTEKİN
KONYA-2022



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Güneş.....	2
1.2. Güneş Enerjisi.....	2
1.3. Güneş Sabiti	3
1.4. Güneş Açılırları	3
1.4.1. Temel Güneş Açılırları	4
1.4.1.1. Enlem açısı (ϕ).....	4
1.4.1.2. Saat açısı (ω).....	4
1.4.1.3. Deklinasyon açısı (δ)	5
1.4.2. Türetilmiş güneş açılırları.....	5
1.4.2.1. Zenit açısı (θ_z).....	6
1.4.2.2. Güneş yükseklik açısı (α).....	6
1.4.2.3. Güneş azimut açısı (γ_s)	7
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Konya-Beyşehir'in coğrafi konumu	12
3.1.2. Beyşehir'in iklim özellikleri.....	13
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. Güneş ışınlamı.....	15
3.2.2. Yeryüzüne gelen güneş ışınlamı	16
3.2.3. Yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınlamı	17
3.2.4. Yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınlamı hesaplama modelleri	18
3.2.5. Yatay yüzeye gelen yayılı güneş ışınlamı modelleri.....	23
3.3. İstatistiksel Analiz Yöntemleri.....	26
3.3.1. Bağıl hata yüzdesi ($\% e$)	26
3.3.2. Belirlilik katsayısı (R^2)	27
3.3.3. Ortalama yüzde hata (MPE).....	27
3.3.4. Ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE)	27
3.3.5. Bağıl hata karesi (SSRE).....	28
3.3.6. Bağıl standart hata (RSE).....	28
3.3.7. Ortalama sapma hatası (MBE)	28
3.3.8. Ortalama hata kareleri kökü (RMSE).....	28
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	29
4.1. Modellerden Hesaplanan Toplam Güneş Işınımı Değerleri	30
4.2. Modellerden Hesaplanan Yayılı Güneş Işınımı Değerleri	32
4.3. Modellerin Uyumluluk Kıyaslaması	34
4.4. Konya-Beyşehir'e Özgü Yeni Geliştirilen Modeller.....	43
4.4.2. Karekök model (Model B).....	45

4.4.3. Logaritmik model (Model C)	45
4.4.4. Üssel model (Model D)	46
4.4.5. Küpkök model (Model-E)	47
4.1.5. Yeni modellerin kıyaslanması	47
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	57



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a, b :	Ampirik katsayılar
ca :	Hesaplanan değer ortalaması
ci :	Hesaplanan değer
f :	Dünyanın yörünge eksantrik düzeltme faktörü
G_{SC} :	Güneş sabiti (1367 W/m ²)
H :	Aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı (W/m ² .gün)
H_y :	Yatay bir yüzeye gelen yayılı güneş ışıınımı değeri (W/m ² .gün)
H_0 :	Aylık ortalama atmosfer dışı güneş ışıınımı (W/m ² .gün)
K_B :	Direkt ışıınım katsayısı
K_D :	Yayılı ışıınım katsayısı
K_T :	Berraklık indeksi
K_Y :	Yayılı ışıınım oranı
ma :	Meteorolojik değer ortalaması
m_i :	Ölçülen değer
N :	Gözlem sayısı
n :	İlgili ayı temsil eden yıl içindeki gün
S :	Aylık ortalama güneşlenme süresi (h)
S_0 :	Aylık ortalama gün uzunluğu (h)
T_{max} :	Maksimum sıcaklık (°C)
T_{min} :	Minimum sıcaklık (°C)
α :	Yükseklik açısı
θ_z :	Zenit açısı
δ :	Deklinasyon açısı
π :	Pi sayısı (3.14)
Θ :	Bölgenin enlemi
ϕ :	Enlem açısı
ω :	Saat açısı
w_s :	Güneş saat batış açısı
γ_s :	Güneş azimut açısı

Kısaltmalar

e :	Bağıl hata yüzdesi
μm	Mikrometre
MAPE :	Ortalama mutlak hata yüzdesi
MBE :	Ortalama sapma hatası
MPE :	Ortalama yüzde hata
R ² :	Belirlilik katsayısı
RMSE :	Karekök hatası
RSE :	Bağıl standart toplam hata
SSRE :	Bağıl hata karesi



1. GİRİŞ

Dünyada son yıllarda artan nüfus ve gelişen teknolojiye paralel olarak enerji talebi de devamlı artış göstermektedir. Enerjiye olan talebi karşılayabilmek, sınırlı miktarda olduğu bilinen fosil kökenli enerji kaynaklarının dışında, yenilenebilir enerji kaynakları gibi tükenmeyen enerji türlerinin kullanımıyla mümkün olacaktır. Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları alternatiflerinin en başta gelenidir.

Fosil enerji kaynaklarının hem çevreye verdiği zararlar hem de ekonomik olmayışı, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi yükseltmiş, güneş ışınımı ile ilgili verilere olan gereksinim artmıştır. Güneş ışınımının dünya üzerindeki farklı enlemlerde yer alan bölgelere gelen şiddetinin tespiti, güneş enerjisi uygulamaları için önem taşımaktadır. Güneş enerjisinden faydalanırken bölgeye gelen güneş ışınımı şiddetinin bilinmesi, insanoglunun ve diğer canlıların kullandığı yapıların soğutma amaçlı ısı yüklerinin bulunması, pasif yapı ısıtma sistemlerinin değerlendirilmesi ve performans sonuçlarının analiz edilmesi, güneş enerjisi toplama ve dönüşümü sağlayan sistemlerin çalışma performanslarının analiz edilmesinin önünü açmaktadır. Buradan elde edilen veriler aracılığı ile tarım, su kaynakları kullanımı, güneş ışınımı davranışları ve mimari tasarımlarda optimum parametrelerin elde edilmesi sağlanmaktadır.

Güneş enerjisi kullanan sistemlerin tasarlanmasında belirli bir bölgeye düşen güneş ışınım değerlerinin bilinir olması önemli bir parametredir. Toplam güneş ışınım miktarı ve bunun zamanla değişimi yüzeysel kollektörler, fotovoltaik sistemler ve diğer güneş enerji toplayıcıları gibi güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı için en önemli etkidir. Mühendislik hesaplamalarında, güneş sabiti ve atmosfer dışına gelen günlük ışınım değerlerinden çok, yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük ışınım değerlerine ihtiyaç vardır. Yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük ışınım değerlerinin bilinmesi, o bölgedeki güneş ışınım enerjisi hakkında sağlıklı fikirler türetilmesine olanak sağlamıştır. Fakat çoğu yerlerde doğrudan ölçüm mevcut değildir. Bu nedenle toplam güneş ışınımını tahmin etmek için ölçülen bazı meteorolojik verileri kullanan sayısal hesaplamalar bu konuda tercih edilen etkili bir alternatif yoldur. Literatürde, yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük güneş ışınımının tahmini/hesaplanmasında kullanılan modellerde dünya dışı ışınımı, güneşlenme süresi, ortalama sıcaklık, yükseklik, enlem, boylam gibi parametreler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada yapılan model belirlemede, Türkiye ve dünyada farklı coğrafyalarda yer alan bölgeler için güneş ışınımının tahminine yönelik geliştirilen matematiksel bağıntılar mercek altına alınarak incelenmiştir. Detaylıca incelemesi yapılan modellerin istatistiksel olarak uygunluğu test edilip Konya-Beyşehir için ölçüm değerlerine en yakın sonuçları veren model veya modeller tespit edilmiştir. İncelenen modeller bağıl hata yüzdesi (e), belirlilik katsayısı (R^2), ortalama yüzde hata (MPE), ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE), bağıl hata karesi (SSRE), bağıl standart toplam hata (RSE), ortalama sapma hatası (MBE) ve karekök hatası (RMSE) kullanan istatistiksel hata testlerine bağlı olarak Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan ölçülmüş veri değerleri ile kıyaslanarak, Konya-Beyşehir'in iklimsel özelliklerine bağlı beş farklı model oluşturulmuş ve literatüre kazandırılmıştır. Yeni geliştirilen modeller arasında ölçüm verileri ile en uyumlu matematiksel modelin, yapılan istatistiksel analizler ile en uyumlu olarak önerilen modelin, yatay yüzeye gelen günlük toplam ışınım için kullanılabileceği görülmüştür.

1.1. Güneş

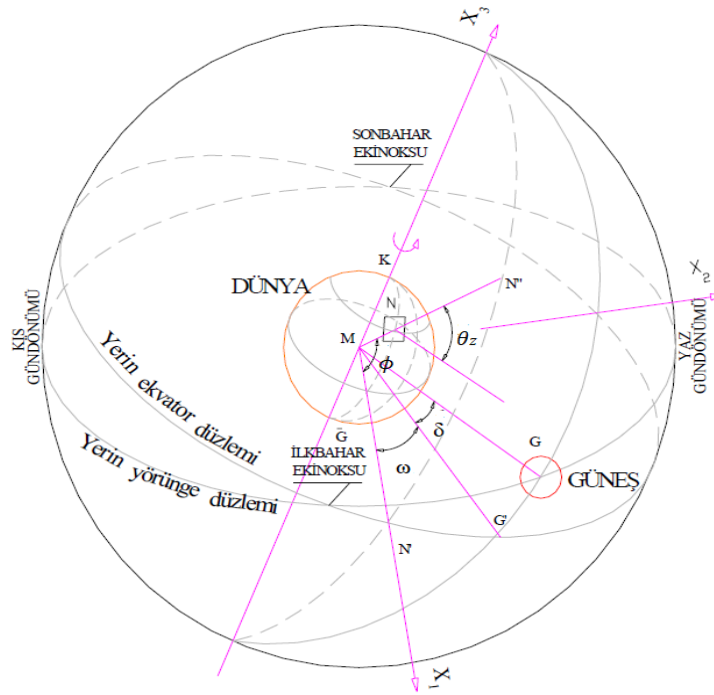
Güneş 1.4 milyon km çap büyüklüğüyle, Dünya'dan 110 kat genişlikte ve Dünya'nın 1.5×10^{11} m uzağında yüksek basınç ve sıcaklığı sahip bir yıldızdır. Güneşin yüzey katman sıcaklığı yaklaşık 6000 K olup, iç katmanlarındaki sıcaklığının ise 8×10^{10} K ile 40×10^6 K arasında değişken olduğu tahmin edilmektedir. Güneş yapısı itibarıyla % 92.8'i Hidrojen ve % 7.1'i Helyum gazlarından oluşmakta ve az miktarda ağır metalleri içermektedir (Keser, 2016).

1.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde gerçekleşen füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisi olup, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi ile oluşmaktadır. Güneş çekirdeğinde, yüksek sıcaklık ve basınç altında meydana gelen füzyon reaksiyonları ile hidrojen elementi helyum elementine dönüştürülmekte, bu tepkimeler sonucunda güneş enerjisi açığa çıkmaktadır. Bu enerjinin dünyaya ulaşan çok az bir bölümü, insanoğlunun mevcut enerji ihtiyacından oldukça fazladır. Dünya yüzeyine ulaşan yıllık güneş enerjisi, dünyanın yıllık tüm enerji ihtiyacının yaklaşık 10.000 katı

1.4.1. Temel Güneş Açıları

Dünya'nın kendi ve Güneş ekseninde olmak üzere iki farklı yörüngesi bulunmaktadır. Belli zaman periyotlarında Dünya üzerine gelen ışınlarla ilgili yapılabilecek hesaplamaların temelinde, Şekil 1.2'de yer küre üzerindeki konumları temsili olarak gösterilen enlem açısı (ϕ), saat açısı (ω) ve güneş deklinasyon açısı (δ) bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Yeryüzüne gelen temel güneş açıları (Taze, 2010).

1.4.1.1. Enlem açısı (ϕ)

Yeryüzündeki referans alınan bir nokta ile dünya merkezini birleştiren doğrunun, dünyanın ekvator yüzeyi ile yaptığı açıdır. Ekvatordan kuzeye gidildikçe 0° 'den $+90^\circ$ 'ye kadar değer alırken, ekvatordan güneye gidildikçe 0° 'den -90° 'ye kadar değer almaktadır. Enlem açısı ϕ simgesi ile gösterilmektedir.

1.4.1.2. Saat açısı (ω)

Güneşin, yerel/referans meridyenin doğusunda veya batısında açısal olarak yer değiştirmesi ile oluşan açı, saat açısı olarak tanımlanmaktadır. Literatürde ω ile

gösterilmektedir. Güneş her bir saatte 15° 'lik bir açısal hareket yapmaktadır. Güneş açısı sabah pozitif; öğleden sonra ise negatif değer almaktadır.

1.4.1.3. Deklinasyon açısı (δ)

Güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açı olarak tanımlanmaktadır. Deklinasyon açısı dünyanın yörünge düzlemi ile yaptığı $23^\circ 27'$ lık açıya bağlı olarak oluşmaktadır. δ simgesi ile gösterilmektedir. Deklinasyon açısı (1.1) eşitliği ile hesaplanır.

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{360(284+n)}{365}\right) \quad (1.1)$$

Burada, n , yılın ilgili gününü göstermekte olup, 1 Ocak günü başlangıç olarak ($n= 1$) kabul edilir.

1.4.2. Türetilmiş güneş açıları

Üç temel güneş açısının birer fonksiyonu olarak türetilmiş açılar bulunmaktadır. Yatay yüzeye gelen ışınım hesaplamalarında kullanılan ve şekil 1.3'de gösterilen, yatay yüzey ile güneş ışınlarının doğrultusunun yaptığı zenit açısı (θ_z), yükseklik açısı (α) ve güneş azimut açısı (γ_s) bulunmaktadır.

yüksek değerini öğle vaktinde almaktadır. Yükseklik açısı, zenit açısını 90° 'ye tamamlar. Yükseklik açısı (1.4) eşitliği ile hesaplanabilir.

$$\alpha = 90 - \theta_z \quad (1.4)$$

1.4.2.3. Güneş azimut açısı (γ_s)

Güneş-dünya doğrultusunun yatay yüzeydeki izdüşümünün, kuzey-güney doğrultusu ile yapmış olduğu açıdır. γ_s simgesi ile ifade edilmekte olup, eşitlik (1.5)'den hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte hesaplanan değer; güneş saat açısının (ω) pozitif olduğu durumlarda +1, negatif olduğu durumlarda -1 ile çarpılmakta ve güneş azimut açısı hesaplanmaktadır.

$$\gamma_s = \text{sgn}(\omega) \left| \cos^{-1} \left(\frac{\cos \theta_z \sin \phi - \sin \delta}{\sin \theta_z \cos \phi} \right) \right| \quad (1.5)$$

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Mengeş ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada, Konya'da kısa dönem 2000-2002 yıllarındaki süreçte yatay yüzeye gelen toplam güneş ışıınım değerlerini 6 ayrı model için hesaplamışlar, bunların sonuçlarını kıyaslamışlar literatürde var olan modeller arasından uygun olan modeli belirlemişlerdir.

Bakırcı (2006) yaptığı çalışmada, Erzurum için yılın her bir ayı için optimum kollektör eğim açılarının tespitini yapmak üzere 0°-90° eğimli yüzeylere gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınım değerlerini hesaplamıştır. Açık günler için Hottel (1976) tarafından literatüre kazandırılmış ampirik denklemler yardımıyla hesapladığı, yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınım değerlerini kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda, Erzurum için aylara göre optimum toplayıcı eğim açıları belirlenmiştir.

Bulut ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, eğik yüzeye gelen güneş ışıınımını gerçekleştirmiş olduğu deneyler ile ölçerek, mevcut modeller ile kıyaslamışlardır. 15°, 30°, 45°, 60° ve 90° eğik yüzeylere gelen güneş ışıınım şiddeti ölçülmüş ve bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Deneysel olarak ölçülmüş olan ışıınım değerleri, mevcutta var olan farklı modellerden hesaplanan değerlerle kıyaslama yapılarak, çalışılan bölge için uygun model belirlemesi yapılmıştır.

Eser (2006) yaptığı çalışmada, yeryüzüne gelen güneş ışıınımı değerlerini (anlık, saatlik ve günlük) meteoroloji istasyonlarındaki güneş ışıınımı ölçüm cihazları (piranometre) ile ölçerek veya bu bölge için geliştirilen ampirik bağıntılar yardımı ile hesaplamıştır. Çalışmada, Türkiye ve bazı ülkeler için geliştirilen ampirik bağıntılar incelenerek Antalya'da yatayda birim yüzeye gelen tüm ışıınımın hesaplanmasında kullanılacak eşitliklerle güneş ışıınımı hesaplama metodu geliştirilmiştir. Geliştirilen güneş ışıınımı hesaplama metodundan elde edilen değerler ile meteoroloji ölçüm değerleri kıyaslanmış ve ölçüm değerlerinden olan % sapmalar bulunmuştur.

Durmaz ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, Şanlıurfa bölgesinde eğimli yüzeye gelen ışıınım hesabını gerçekleştirmek üzere, eğimli yüzeye gelen güneş ışıınımını beş farklı açı değeri için deneysel olarak ölçmüştür. Ölçüm sonucundan alınan veriler

literatürdeki modellerden hesaplanan sonuçlar ile kıyaslanarak, en uygun model tespit edilmiştir. En uygun modele göre camdan geçen güneş ışınımı hesaplanmış ve tablo değerleri ile kıyaslanmıştır.

Bulut (2008) yaptığı çalışmada, 21 yıllık süreçte, yatay yüzeye gelen saatlik güneş ışınım değerlerini baz alarak, değişik açılardaki eğik yüzeye gelen güneş ışınımını Adana ili için belirlemiş ve sonuçları analiz etmiştir.

Li ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada; Tibet bölgesinde bulunan Changdu, Geer, Lasa ve Naqu istasyonlarında aldıkları ölçüm değerlerini, mevcutta var olan sekiz farklı modelle hesaplama yaparak, karşılaştırmıştır. Ölçüm değerleri ile mevcuttaki modelleri kullanarak hesapladığı değerleri istatistiksel analizini gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda Tibet'e özgü geliştirilen iki farklı model ile ölçülen verilerini karşılaştırmış olup; geliştirilen basit angström-tip lineer modelin ölçüm sonuçlarını ile uyumluluğu oldukça yüksek olduğunu belirlemiştir.

Çil (2011) yaptığı çalışmada, güneşlenme süresine bağlı üzerinde değişiklik yapılmış çeşitli Angström-tip ampirik denklemlerin Samsun'da aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımının hesabı için kullanılabilirliğini araştırmıştır. Ölçülen ve mevcuttaki ampirik denklemlerden hesaplanan değerler kıyaslanarak en uygun eşitlik bulunmuştur.

Ertaş (2011) çalışmasında, fotovoltaik sistem ile enerji üretimindeki hesap sürecinin teorik açıdan incelemiş ve fotovoltaik sistemle enerji üretimi hesap sürecindeki her adımda kullanılabilecek matematik modelleri araştırmış, parametrik değişkenliğin farklı çıktılar üzerindeki etkisini gözlemlemiştir.

Öztürk ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, Isparta'da yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımını belirlemek için literatürdeki bazı modelleri incelemişlerdir. İnceledikleri modelleri istatistiksel analiz metodlarına göre kıyaslamasını yaparak, Isparta için en uygun modeli belirlemiştir.

Derse (2014) çalışmasında; Batman ili iklim koşullarında yatay ve dört farklı açı değeri için eğimli yüzeye gelen güneş ışınım değerlerini ölçmüştür. Elde edilen veriler literatürde verilen modellerden elde edilen sonuçlar ile kıyaslanarak optimum modeller

tespit edilmiştir. İncelenen modellerde hata kareler ortalaması (MSE), ortalama mutlak hatası (MAE), ortalama karekök hatası (RMSE) ve ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE) istatistiksel sonuçları istatistiksel hata testlerine bağlı olarak kıyaslanmıştır. Ayrıca Batman’da aylık ortalama günlük toplam güneş ışıını hesapı için yeni bir eşitlik geliştirilmiştir.

Kallioğlu (2014), Türkiye ve bazı ülkeler için güneş ışıını tahminine yönelik geliştirdiği ampirik bağıntıları Niğde ili için incelemiştir. İncelenen modellerin istatistiksel açıdan uyumluluğu kıyaslayarak, ölçümlere en yakın model tespit etmiştir. Çalışma sonunda Niğde’ye özgü yeni model önermesi yapılmıştır.

Yokuş ve ark. (2014) çalışmalarında Konya ilinde güneş enerjisi potansiyeli ve uygulama alanlarını anlatmaya çalışmıştır. Çalışmada şehirde 2007-2011 yıllarını kapsayan beş yıllık ortalama güneşlenme süresinin 7.27 saat ve güneş ışıını değerinin $13245.59 \text{ cal/cm}^2$ olduğu belirtilmiştir. Konya’nın 2007-2011 yıllarını kapsayan beş yıllık dönemdeki güneş enerjisi potansiyeline kriter olacak güneş ışıını değerleri farklı ifade şekilleri ile tablolar halinde verilmiştir.

Genç (2015), literatürde mevcut yatay yüzeye gelen güneş ışıını modellerini incelemiş, üniversite kampüsünde kurulan meteorolojik ölçüm cihazından alınan verileri kullanarak Osmaniye’de yatay yüzeye gelen güneş ışıını için yeni bir model geliştirmiştir.

Manzano ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada; İspanya iklim koşullarına göre günlük ve aylık ortalama günlük verilerden yararlanarak güneş ışıını tahmin modellemesi yapıp; yeni oluşturdukları modellerin (Angström-Prescott tip) istatistiksel olarak analizini yapmışlardır. Yapılan analizde, günlük ve aylık ortalama günlük modellerinin İspanya bölgesinde güneş ışıını tahmininde yüksek uyumluluk gösterdiği belirlemişlerdir.

Koçer ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, optimum kollektör eğimi belirleme çalışmasında Ankara il ve ilçeleri için yıllık optimum eğim açısını 34° olarak hesaplamışlar, buna karşın yıl içindeki optimum eğim açılarının $1-67^\circ$ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Söz konusu çalışmada, altı aylık dönemler için 15° ve 56° ,

mevsimlik (kış, ilkbahar, yaz, sonbahar) dönemler için ise sırasıyla 62° , 23° , 6° ve 49° olarak hesaplanmış ve optimum eğim açıları için güneş ışınım değerleri bulunmuştur. Yılda iki kez eğim açısı değiştirildiğinde birim alana gelen enerji miktarı arttırıldığından yıllık eğim açısı sabit olanlara göre yaklaşık % 5 verim artışı olduğunu gözlemlemişlerdir. Eğim açısı her ay değiştirildiğinde ise bu oranın yaklaşık % 8'e ulaşabildiğini gözlemlemişleridir. Güneş enerjisinden maximum yararlanmak için, enerji elde etmede kullanılan ekipmanın eğim açısının ayda bir kez veya yılda en az iki kez ayarlanması tavsiye edilmiştir.

Üstün (2018) yaptığı çalışmada; Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan verileri, lineer ve çoklu regresyon analizlerini kullanarak günlük ve aylık ortalama güneş ışınımı modelleri geliştirmiştir. Analizler sonrasında Lineer, Kareli, Kübik, Multi 1 ve Multi 2 tipte modeller önerilmiştir.

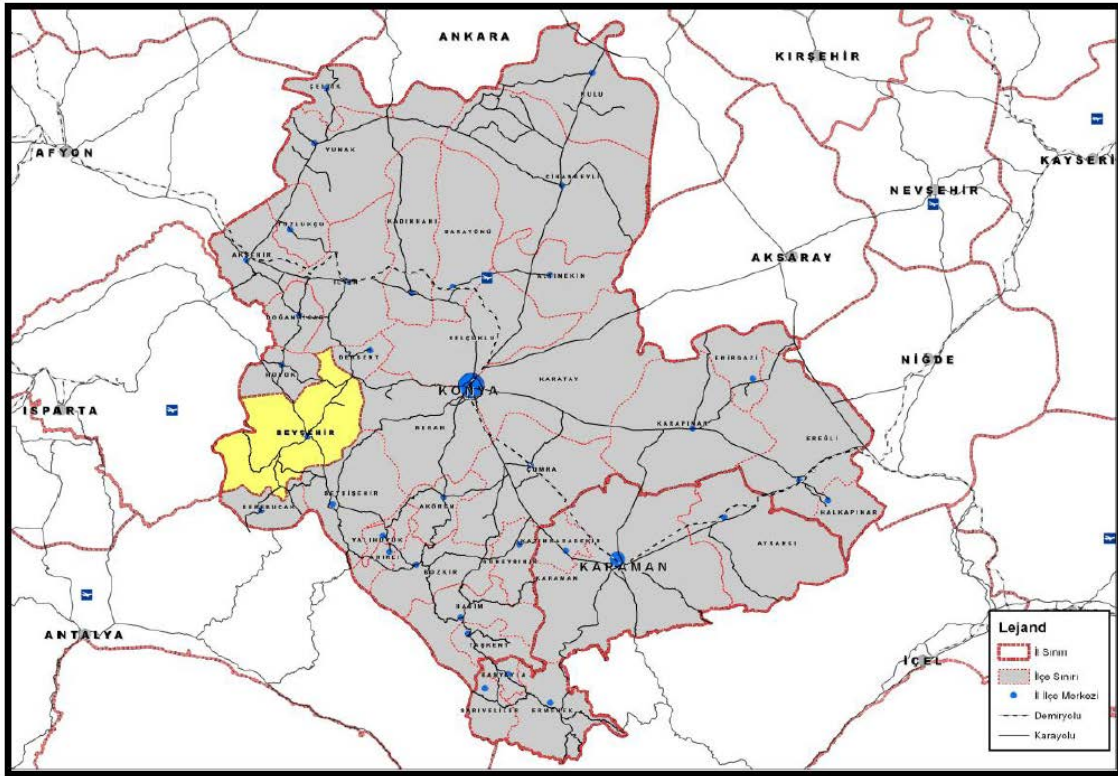
Karakaya ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada; Şanlıurfa ilinin iklim özelliklerinde yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımını belirleyebilmek için literatürde yer alan beş farklı model incelenmiştir. Sonuçlar dokuz farklı istatistik kıyaslama yöntemleri ile kıyaslanmıştır. İstatistiksel hata sonuçlarına göre Cheegar ve Chibani Modeli yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınımı için Şanlıurfa ilinde kullanılacak en uygun model olarak belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Konya-Beyşehir'in coğrafi konumu

Konya ili Beyşehir ilçesi, 37,6777 kuzey enlemi ile 31,7463 doğu boylamı coğrafi koordinatlarına sahiptir. İl merkezine uzaklığı 90 km'dir. İlçenin deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1125 metredir. İlçenin, Doğusunda Konya, kuzeyinde Doğanhisar, Hüyük ve Ilgın, kuzeydoğusunda Derbent, kuzeybatısında Isparta ilinin Şarkikaraağaç ve Eğirdir ilçeleri, batısında Isparta ili Yenişarbademli ilçesi, güneybatısında Isparta ili Sütçüler ilçesi, güneyinde Derebucak ve güneydoğusunda Seydişehir bulunmaktadır. İlçenin yüzölçümü 2121.7 km²'dir. Şekil 3.1'de Beyşehir'in coğrafi konumunu gösteren haritaya yer verilmiştir.



Şekil 3.1. Beyşehir'in konumu (Mevka, 2011).

Akdeniz Bölgesi'nin Göller Yöresinde yer alan Beyşehir, önemli bir geçit noktasında bulunmaktadır. Güney ve batısında Toros Sıra Dağları, doğusunda Erenler,

kuzeyinde Sultan Dağları bulunan Beyşehir kapalı bir havza durumundadır. Bu havza ortasında 651 km²'lik alanda Beyşehir Gölü bulunmaktadır. En yüksek yeri Anamas Dağları üzerinde bulunan 2890 metre yüksekliğindeki Dippoyraz tepesidir (Mevka, 2011).

Bulunduğu konum itibariyle Beyşehir ilçesi, İç Anadolu Bölgesi ile Akdeniz Bölgesi ortasında yer alıp, iklimsel olarak bu iki bölgenin özelliklerini göstermektedir.

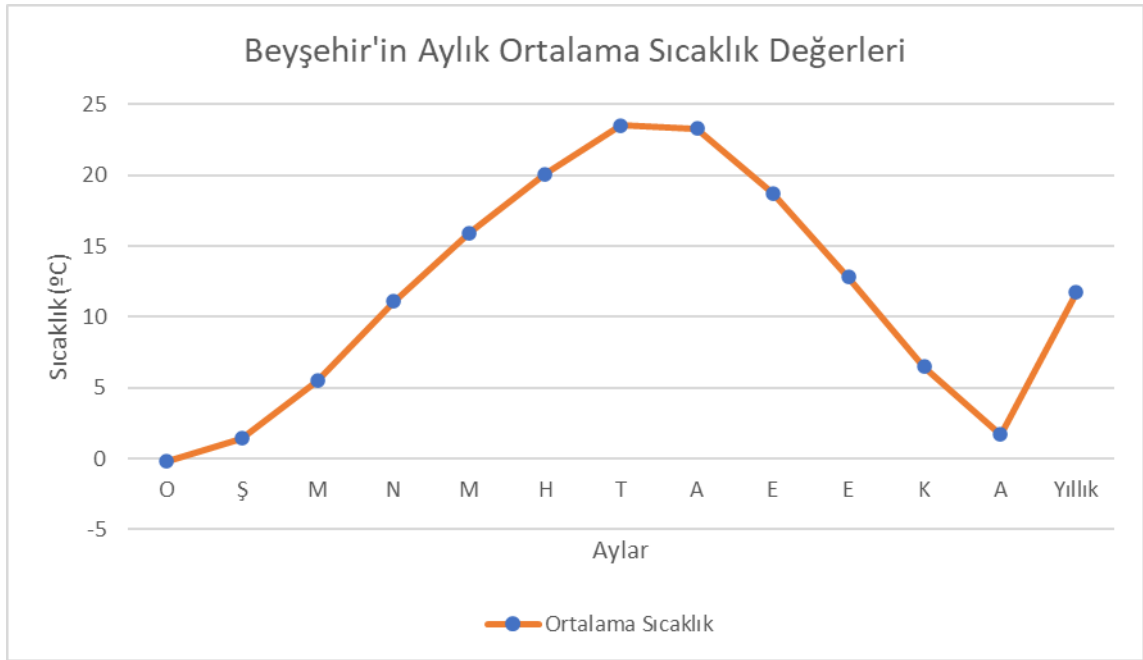
3.1.2. Beyşehir'in iklim özellikleri

Beyşehir merkezi Akdeniz iklimi içerisinde yarı-kurak alt iklim sınıfında yer almaktadır. Termik iklim grubu ve iklim tipleri içerisinde yazı ılıman mezotermik, m (m = en soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması) değerine göre ise kışı çok soğuk iklim özellikleri göstermektedir. (Akman, 1990).

Sıcaklığın yıl içinde gösterdiği değişmelere sıcaklık rejimi denir (Dönmez, 1990). Sıcaklığın yıl içerisindeki değişmelerini gösteren çizelge 3.1 ve şekil 3.2' deki sıcaklık rejim diyagramları incelendiğinde ortalama sıcaklık değerleri Ocak ayında -0,2 C° ve Temmuz ayında 23,5 C°'dir. Mart ayında 5,5 C° olan sıcaklık, Eylül ayında 18,7 C° dir. Mart ayından itibaren sıcaklıklarda görülen ani artışlar Haziran ve Ağustos aylarına kadar devam eder. Kış aylarında (Aralık, Ocak ve Şubat) ortalama sıcaklık yaklaşık 0,96 C°; yaz aylarında (Haziran, Temmuz ve Ağustos) ortalama sıcaklık yaklaşık 22,3 C° ' dir

Çizelge 3.1. Konya-Beyşehir'de 1929-2020 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklıklar (Anonim, 2021)

	AYLAR												Y. Ort
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Ortalama Sıcaklık	-0,2	1,4	5,5	11,1	15,9	20,1	23,5	23,3	18,7	12,8	6,5	1,7	11,7
Ortalama. En Yüksek Sıcaklık	4,6	7	11,7	17,5	22,4	26,7	30,2	30,2	26	20,1	13	6	18
Ortalama. En Düşük Sıcaklık	-4,2	-3,3	-0,2	4,3	8,6	12,6	15,9	15,6	11	5,9	0,8	-2,3	5,4



Şekil 3.2. Konya-Beyşehir sıcaklık rejimi

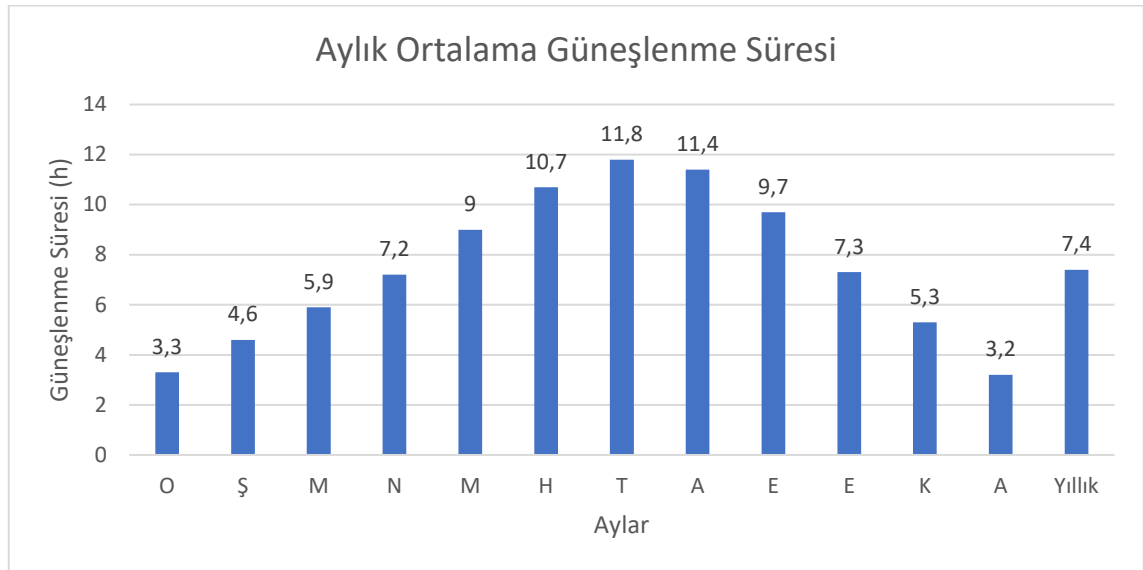
Konya-Beyşehir coğrafi konumundan dolayı, güneş enerjisi potansiyeli bakımından Türkiye'nin yüksek değerlerde güneş enerjisi üretilebilir kapasitesine sahip bölgelerinden birinde yer almaktadır. Sahip toplam ışınım değeri ve güneşlenme süresi parametreleri incelendiğinde, Türkiye ortalamasının üstünde bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır. Konya ili, Beyşehir ilçesine ait aylık ve yıllık ortalama güneşlenme süreleri (S) Çizelge 3.2'de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Konya-Beyşehir'in aylık güneşlenme süreleri (Anonim, 2021)

	AYLAR												Yıllık Ort.
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Aylık ortalama güneşlenme süresi S (h)	3,1	4,5	6,0	6,9	8,6	10,5	11,4	11,0	9,6	7,1	5,0	3,0	7,2

Bir bölgenin toplam güneş ışınımı miktarını etkileyen en önemli parametre, o bölgenin günlük/aylık/yıllık ortalama güneşlenme süresidir. Beyşehir ilçesinin yıllık güneşlenme süresi değerlendirilirse, yılın ilk ayından başlayıp Temmuz ayına kadar

giderek artan, Ağustos ayından yılsonuna kadar doğrusal olarak azalan bir eğim oluştuğu görülmektedir.



Şekil 3.3. Beyşehir için aylık ortalama güneşlenme süreleri

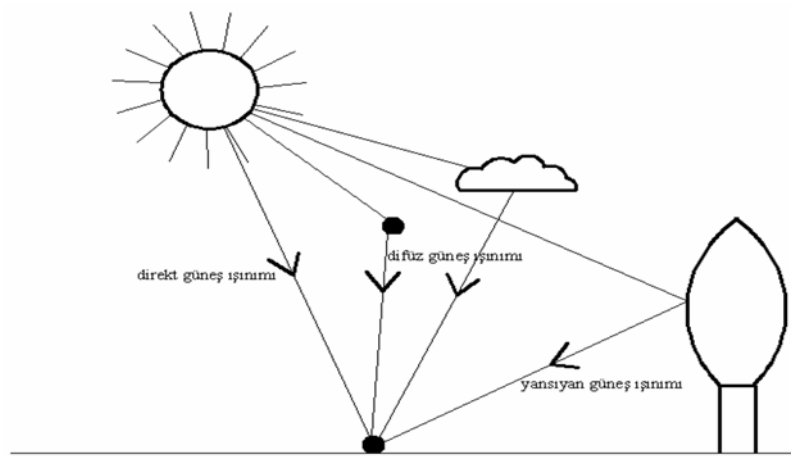
3.2. Yöntem

3.2.1. Güneş Işınımı

Işınım, yani radyasyon, enerji kaynağından yayılan elektro manyetik dalgalar veya parçacıklar şeklindeki enerjinin emisyonu veya taşıma şeklidir. Güneşten gelen ışınım, uzayda bir değişime uğramadan dünya atmosferine ulaşır. Güneş ışınımının çoğu, Güneş'in fotosfer denilen nispeten daha soğuk olan yüzeyinden gelmekte olup, ışınların yeryüzüne gelmesi sırasında morötesi, gama ve X ışınları da dâhil tüm spektrumu kapsamaktadır. Atmosfer dışında birim alana dik gelen güneş ışınımının ortalama değeri 1367 W/m^2 olup, bu değere güneş sabiti adı verilmektedir. Atmosfer tabakaları üzerine gelen ışınım atmosfer tabakaları tarafından yansır, yutulur ve geçirilir. Güneş ışınları atmosferden geçerken zararlı olan ışınların büyük bölümü ve görülebilir dalga boyundaki ışınımın da bir kısmı filtrelenir. Atmosfere giren elektromanyetik enerjinin %47'si bulutlarla etkileşim içerisinde olup; enerjisinin % 26'sı bulutlarla geri yansırken, % 21'i bulutlardan yeryüzüne ulaşır. Güneşten atmosfere ulaşan radyasyon enerjisinin % 22'si atmosfer tarafından, % 24'ü yeryüzü tarafından soğrulmaktadır. Radyasyon enerjisinin kalan %7 'lik kısmı ise hava ve yer yüzeyinden tekrar uzaya saçılmaktadır.

3.2.2. Yeryüzüne gelen güneş ışınımı

Yeryüzündeki herhangi bir yüzeye gelen toplam güneş ışınımı; direkt, yayılı ve yansıyan ışınımın toplamından oluşur (Şekil 3.4). Direkt ışınım doğrudan güneşten yüzeylere gelir. Yayılı ışınım ise güneşten gelen ışınımın atmosferden geçtikten sonra bulut ve tozlar tarafından yutulan ve tekrar buradan yüzeylere gelen bileşenidir. Yansıyan güneş ışınımı ise yeryüzüne düşen güneş ışınımının yüzeyin etrafındaki çevreden yüzeye gelen bileşenidir.



Şekil 3.4. Yeryüzüne gelen güneş ışınımı bileşenleri (Bulut, 2008).

Yatay yüzeye gelen güneş ışınımının ölçümünde direkt güneş ışınımı ve yayılı güneş ışınımı toplamından oluşan ve toplam ışınım adı verilen miktar üzerinden hesaplamalar yapılmaktadır.

Yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınım şiddetini ölçmede piranometre adı verilen cihaz kullanılmaktadır (Şekil 3.5). Piranometre kullanılarak alınan güneş enerjisi ölçümleri, metrekareye düşen toplam güneş enerjisi miktarını W/m^2 cinsinden vermektedir. Piranometre içindeki sensör sayesinde güneşten aldığı ışınımına göre voltaj üreterek ölçümü gerçekleştirmektedir.



Şekil 3.5. Piranometre (Anonim).

3.2.3. Yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınımı

Dünya yüzeyine ulaşan güneş ışınımı, yenilenebilir enerjinin ana kaynağıdır. Güneş ışınımı, güneş enerjisi dışında rüzgar enerjisi, su enerjisi, biyokütle, deniz gelgitinin enerjisi için de bir kaynaktır. Beyşehir, Konya'nın güneybatısındaki yerleşimi ve nispeten az miktarda bulutlu olması nedeniyle çok miktarda güneş enerjisi faydalanılabilecek bir konumdadır. Güneş ışınımı toplayıcılarının boyutlandırılması, binalardaki ısı kazancının hesaplanması, binaların aydınlatma yükünün tayini, güneş fırınları, güneş güç sistemleri ve diğer bütün güneş enerjisi uygulamalarında yeryüzüne gelen güneş ışınımı miktarı esas alınır.

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı miktarı hem dünya dışı güneş ışınımına hem de atmosfer koşullarına (bulutluluk, kirlilik vb.) bağlıdır. İncelemedeki güçlükler; bilim insanlarını güneş verisi elde etmeye yönelik modelleme çalışmalarına yönlendirmiştir. Güneş ışınımını yapılacak gözlem istasyonlarında, güneş ışınımı verisi kayıt sistemleri her bölgede ulaşılabilir olmadığından, yeryüzüne gelen güneş ışınımının hesaplanması için bugüne kadar birçok yöntem önerilmiştir.

Yukarıda izah edilen nedenlerden ötürü, güneş ışınım verisinin tahmini ve hesaplanması için modelleme çalışmaları sürekli ve güncel olarak devam etmektedir. Yapılan çalışmalarda basit modellerden karmaşık ve uygulaması zor modellere varana kadar birçok model üzerinde çalışılarak literatüre kazandırılmıştır. Tüm meteorolojik ve

atmosferik parametrelerin birbirleri ile olan ilişkisini, matematik bağıntılarla izah edilmesi anlamında kullanılan modellemeler, meteoroloji kurumlarının kullandıkları vazgeçilmez araçlardır. Ancak bu modellerin mutlak ve kararlı sonuçlar vermesi bakımından bölge bazında hazırlanması gereksinimi doğurmuştur. Bu nedenle, bölgesel meteorolojik verilere göre, o bölgeye özgü güneş ışınlamı tahmin yöntemleri önem teşkil etmektedir.

Belirli bölgelerde, toplam güneş ışınlamının tahmini için dünya dışı ışınlam, günlük güneşlenme süresi, ortalama sıcaklık, bağıl nem, bulutluluk, yağış miktarı, toprak sıcaklığı, gibi çeşitli parametreler kullanılarak geliştirilmiş modelleme çalışmaları mevcuttur. Tahmin için kullanılacak en önemli parametreler, dünya dışı ve yeryüzüne ulaşan güneş ışınlamı değerleri ile güneşlenme ve gün uzunluğu süresidir.

Güneşlenme süresi kolay ve güvenilir bir şekilde ölçülmekte olup verilerin birçok kaynakta yaygın kullanımı bulunmaktadır. Bu değerlere bağlı olarak elde edilen korelasyon ile aylık ortalama toplam günlük güneş ışınlamı tahmini yapılabilmektedir. Literatür taraması incelendiğinde yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınlamının tahmin edilmesine yönelik birçok model çalışmasının mevcut olduğu görülmektedir. Bu modellerden en çok kullanılanı ise Angström-tip eşitliklerden oluşan modellerdir.

3.2.4. Yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınlamı hesaplama modelleri

Aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı, H , aylık ortalama atmosfer dışı güneş ışınlamı, H_0 , güneşlenme süresi, S , gün uzunluğu S_0 olmak üzere güneşlenme süresine bağlı model denklemlerin genel ifadesi eşitlik (3.1) ile verilmektedir.

$$\frac{H}{H_0} = a + b \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (3.1)$$

Burada, a ve b değerleri regresyon sabitleridir. Eşitlikte; H yatay yüzeye gelen günlük ışınlamın aylık ortalaması (W/m^2), (H_0) yatay yüzeye gelen günlük dünya dışı güneş ışınlamı (W/m^2), S saat olarak aylık ortalama güneşlenme süresi, S_0 saat olarak aylık ortalama gün uzunluğudur.

(3.2) ve (3.3) eşitlikleri sırası ile, dünyanın yörünge eksantrik düzeltme faktörünü, ve deklinasyon açısını belirtmektedir. Bu ifadelerdeki, n , ilgili ayı temsil eden yıl içindeki

günü ifade etmekte olup, Çizelge 3.3 yardımıyla hesaplama yapılan aya bağlı olarak bulunabilmektedir.

$$f = 1 + 0.033 \left(\cos \frac{360n}{365} \right) \quad (3.2)$$

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360(284+n)}{365} \right] \quad (3.3)$$

Çizelge 3.3. Her bir ayı temsil eden yılın ortalama günleri (Yiğit A., Atmaca İ., 2018).

Aylar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Ortalama Gün (n)	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344

Aşağıdaki (3.4) ve (3.5) eşitliklerinde güneş sabiti $G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$, Θ , bölgenin enlemi ve w_s güneş batış saat açısının bir fonksiyonudur.

$$H_o = \frac{24}{\pi} G_{sc} f \left(\cos \Theta \cos \delta \sin w_s + \frac{\pi}{180} w_s \sin \Theta \sin \delta \right) \quad (3.4)$$

$$w_s = \cos^{-1}(-\tan \Theta \tan \delta) \quad (3.5)$$

Aylık ortalama gün uzunluğu (3.6) eşitliği ile hesaplanmaktadır. S ve H deneysel değerler olup, bu değerler meteorolojik ölçümlerden alınmaktadır.

$$S_o = \frac{2}{15} w_s \quad (3.6)$$

Aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı (H) değerini bulmak için literatürde birçok Angström-tip eşitlikler içeren tahmin modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modellerin birçoğu referans alınan bölgenin meteorolojik parametrelerini içerdiğinden, belirli bir coğrafi konuma özgüdür. Bu tezde kullanmak üzere seçilen dünyanın farklı coğrafik bölgelerine ait 20 adet Angström-tip hesaplama modeli aşağıda verilmektedir.

1. Tiris ve ark. Modeli (Model 1): Tiris ve ark. (1997) tarafından Türkiye'nin genelindeki ölçüm sonuçlarından hareketle elde ettikleri (3.7)'deki lineer eşitlik, aşağıdaki gibi ifade edilmiştir. a ve b sabitleri güneşlenme süresi ve gün uzunluğuna göre değişmektedir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.18 + 0.62 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (3.7)$$

2. Duffie ve Beckman Modeli (Model 2): Duffie ve Beckman (1991), a ve b katsayılarına bağlı olarak (3.8) eşitliği ile verilen modeli oluşturmuştur. a ve b katsayıları güneşlenme süresi ve gün uzunluğuna göre değişmektedir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.3161 + 0.6996 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (3.8)$$

3. Page Modeli (Model 3): Page (1961), dünyadaki herhangi bir coğrafi konuma bağlı olmayan Angström-tipi eşitliği (3.9) ortaya koymuştur.

$$\frac{H}{H_0} = 0.23 + 0.48 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (3.9)$$

4. Ülgen ve Özbalta Modeli (Model 4): Ülgen ve Özbalta, İzmir iline özgü gerçekleştirdikleri çalışmada, özellikle Bornova ilçesine ait (3.10) eşitlik ile aşağıdaki Angström-tipi eşitliği önermişlerdir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.2424 + 0.5014 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (3.10)$$

5. Aras ve ark. Modeli (Model 5): Aras ve ark. (2006), Türkiye ve özellikle de İç Anadolu bölgesi iklim koşullarına özgü (3.11) ile verilen aşağıdaki eşitliği ifade etmişlerdir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.3078 + 0.4166 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (3.11)$$

6. Bakırcı Modeli (Model 6): Bakırcı'nın Türkiye genelinde uygulanabilir önerdiği Angström-tipi eşitliği (3.12) de şu şekildedir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.2786 + 0.4160 \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (3.12)$$

7. El-Metwally Modeli (Model 7): El-Metwally (1992) tarafından Mısır'a özgü (3.13)' de verilen aşağıdaki eşitlik önerilmiştir.

$$\frac{H}{H_o} = 0.228 + 0.527 \left(\frac{S}{S_o} \right) \quad (3.13)$$

8. Li Modeli (Model 8): Li (2010) tarafından Çin'in Tibet bölgesi için (3.14)' ile verilen aşağıdaki eşitlik önerilmiştir.

$$\frac{H}{H_o} = 0.2223 + 0.6529 \left(\frac{S}{S_o} \right) \quad (3.14)$$

9. Toğrul ve ark. Modeli (Model 9): Toğrul ve ark. (2000), Ankara, Antalya, İzmir, Aydın, Adana ve Elazığ için aylık ortalama toplam güneş ışınımı için (3.15) eşitliği aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$\frac{H}{H_o} = 0.318 + 0.449 \left(\frac{S}{S_o} \right) \quad (3.15)$$

10. Aras ve ark. Modeli-B (Model 10): Aras ve ark. (2006), tarafından geliştirilen ikinci derece denklem içeren (3.16) eşitliği ile bir diğer model aşağıda verildiği gibidir.

$$\frac{H}{H_o} = 0.3398 + 0.2868 \left(\frac{S}{S_o} \right) + 0.1187 \left(\frac{S}{S_o} \right)^2 \quad (3.16)$$

11. Benson ve ark. Modeli (Model 11): Benson ve ark. (1984), tarafından dünyanın herhangi bir coğrafi konumu için oluşturdukları lineer eşitlik, yıl içinde iki farklı türde ifade edilmiştir. Nisan-Eylül ayları arası eşitlik (3.17) ve Ekim-Mart ayları arası için önerilen (3.18) eşitlikleri ile aşağıda verilmiştir.

$$\frac{H}{H_o} = 0.24 + 0.53 \left(\frac{S}{S_o} \right) \quad (3.17)$$

$$\frac{H}{H_o} = 0.18 + 0.60 \left(\frac{S}{S_o} \right) \quad (3.18)$$

12. Raja ve Twidell Modeli (Model 12): Raja ve Twidell (1990), enlem parametresine bağlı olarak, $\theta < 60^\circ$ için kullanabilen bir model önermiştir. Bu modele ait (3.19) eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$\frac{H}{H_o} = 0.3888 \cos \theta + 0.367 \left(\frac{S}{S_o} \right) \quad (3.19)$$

13. Aksoy Modeli (Model 13): Aksoy (1997), Ankara, Antalya, İzmir, Konya, Samsun ve Şanlıurfa için geliştirmiş olduğu ikinci dereceden denklem Angström-tipi eşitlik (3.20)' de verilmiş olup, aşağıdaki şekildedir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.148 + 0.668 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0.079 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad (3.20)$$

14. Ogelman ve ark. Modeli (Model 14): Ogelman ve ark. (1984), Ankara ve Adana illerine özgü (3.21) eşitliğindeki denklemi önermişlerdir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.195 + 0.676 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0.142 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad (3.21)$$

15. Akıncıoğlu ve Ecevit Modeli (Model 15): Akıncıoğlu ve Ecevit (1990) a ve b katsayılarına bağlı olarak polinom içeren (3.22) eşitliği ile aşağıdaki modeli oluşturmuştur.

$$\frac{H}{H_0} = 0.145 + 0.845 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0.280 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad (3.22)$$

16. Ülgen ve Hepbaşlı Modeli (Model 16): Ülgen ve Hepbaşlı (2004), a ve b katsayılarına bağlı olarak üçüncü derece denklem içeren eşitlik (3.23) ile aşağıdaki modeli oluşturmuşlardır.

$$\frac{H}{H_0} = 0.2854 + 0.2591 \left(\frac{S}{S_0}\right) + 0.6171 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 - 0.4834 \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (3.23)$$

17. Allen Modeli (Model 17): Allen, aylık maksimum ve minimum hava sıcaklığı ortalamasını kullanarak aşağıdaki (3.24)'de belirtilen eşitliği içeren modeli önermiştir.

$$\frac{H}{H_0} = 0.144663 (T_{max} - T_{min})^{0.5} \quad (3.24)$$

18. Almarox ve Hontoria Modeli (Model 18): Almarox ve Hontoria, a ve b katsayılarına bağlı olarak üstel denklem içeren eşitlik (3.25)'deki aşağıdaki modeli oluşturmuştur.

$$\frac{H}{H_0} = -0.0271 + 0.3096 e^{\left(\frac{S}{S_0}\right)} \quad (3.25)$$

19. Louche ve ark. Modeli (Model 19): Louche ve ark. (1991), a ve b katsayılarını hesaplayarak, eşitlik (3.26) ile aşağıdaki modeli ortaya koymuşlardır.

$$\frac{H}{H_0} = 0.357005 + 0.304034 \left(\frac{S}{Snh}\right)$$

$$\frac{1}{Snh} = \left(\frac{0.8706}{S_0}\right) + 0.0003 \quad (3.26)$$

20. Kallioğlu Modeli (Model 20): Kallioğlu (2014), a ve b katsayılarına bağlı olarak logaritmik denklem içeren (3.27) eşitliği ile aşağıdaki modeli oluşturmuştur.

$$\frac{H}{H_0} = 0.6374 + 0.3499 \ln\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (3.27)$$

3.2.5. Yatay yüzeye gelen yayılı güneş ışınımı modelleri

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı yayılı ve direkt ışınım olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınımını oluşturan yayılı ışınım değeri H_y ifadesi ile gösterilmektedir.

Yeryüzünde yatay yüzeydeki toplam güneş ışınımının ölçümü yapılarak kayıta alınması birçok meteorolojik istasyonda yapılmakta olup, akademik ve ticari çalışmalarda kullanılmak üzere ölçülen değerlere rahatlıkla ulaşılabilmektedir. Fakat direkt ve yayılı güneş ışınımının ayrı ayrı ölçümleri, ölçümlerde kullanılan teçhizatın mali bütçesinin yüksek olmasından dolayı, birçok bölgede çok az meteorolojik istasyon tarafından yapılabilmektedir. İzah edilen çeşitli gerekçeler nedeniyle literatürde var olan yatay yüzeye gelen aylık yayılı ışınım modelleri kullanılmak suretiyle çalışmalar için gerekli olan verilerin hesabı yapılabilmektedir.

Yatay yüzeye gelen yayılı ve direkt güneş ışınım şiddetinin belirlenmesinde kullanılan modeller berraklık indeksi ve yayılı ışınım oranı parametrelerin fonksiyonu olarak verilmiştir (Miguel ve ark., 2001).

Aşağıda verilen (3.28), (3.29), (3.30), (3.31) eşitliklerde; K_T berraklık indeksi, K_Y yayılı ışınım oranı, K_D yayılı ışınım katsayısı, K_B direkt ışınım katsayısı, H yatay yüzeye gelen toplam ışınım, H_o atmosfer dışı yatay yüzeye gelen toplam ışınım, H_y yatay yüzeye gelen yayılı ışınım, H_B yatay yüzeye gelen direkt ışınım miktarını ifade etmektedir.

$$K_T = \frac{H}{H_o} \quad (3.28)$$

$$K_Y = \frac{H_y}{H} \quad (3.29)$$

$$K_D = \frac{H_y}{H_o} \quad (3.30)$$

$$K_B = \frac{H_B}{H_o} \quad (3.31)$$

Burada verilen modeller; yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımına (H) ve yatay yüzeye gelen günlük dünya dışı güneş ışınımına (H_o) bağlı olarak aşağıdaki ifadelerden oluşmaktadır.

21. Liu ve Jordan Modeli (Model 21): Liu ve Jordan yukarıdaki eşitliklerden faydalanarak, yatay yüzeye gelen yayılı ışınımı aşağıdaki (3.32)' de verilen eşitlik ile hesaplamıştır.

$$H_y = H_o \left[0.384 - 0.416 \left(\frac{H}{H_o} \right) \right] \quad (3.32)$$

22. Orgill ve Hollands Modeli (Model 22): Orgill ve Hollands, berraklık indeksi ve yayılı ışınım oranına bağlı olarak, yatay yüzeye gelen yayılı ışınım miktarını eşitlik (3.33) de belirtildiği şekilde hesaplamaktadır.

$$H_y = H_o \left[1.577 - 1.84 \left(\frac{H}{H_o} \right) \right] \quad (3.33)$$

Yukarıdaki denklem berraklık indeksi $0.35 \leq K_T \leq 0.75$ değer aralığı için geçerlidir.

23. Reindl ve ark. Modeli (Model 23): Bu model, berraklık indeksi ve yayılı ışınım oranına bağlı olarak, yatay yüzeye gelen yayılı ışınım miktarını eşitlik (3.34) ile aşağıdaki şekilde hesaplamaktadır.

$$Hy = Ho \left[1.45 - 1.67 \left(\frac{H}{Ho} \right) \right] \quad (3.34)$$

Bu denklem berraklık indeksi $0.3 \leq K_T \leq 0.78$ değer aralığında geçerlidir.

24. Lam ve Li Modeli (Model 24): Berraklık indeksi ve yayılı ışınım oranına bağlı olarak, yatay yüzeye gelen yayılı ışınım miktarını eşitlik (3.35) ile aşağıdaki ifade ile hesaplanmaktadır.

$$Hy = Ho \left[1.237 - 1.361 \left(\frac{H}{Ho} \right) \right] \quad (3.35)$$

Bu denklem berraklık indeksi $0.15 \leq K_T \leq 0.7$ değer aralığı için geçerlidir.

25. Climed Modeli (Model 25): Bu modelde, berraklık indeksi ve yayılı ışınım oranına bağlı parametreler ile yatay yüzeye gelen yayılı ışınım miktarını eşitlik (3.36) ile aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$Hy = Ho \left[0.724 + 2,738 \left(\frac{H}{Ho} \right) - 8.32 \left(\frac{H}{Ho} \right)^2 + 4.967 \left(\frac{H}{Ho} \right)^3 \right] \quad (3.36)$$

Bu eşitlik berraklık indeksi $0.21 \leq K_T \leq 0.76$ değer aralığında geçerlidir.

26. Kılıç ve Öztürk Modeli (Model 26): Model ile yatay yüzeye gelen yayılı ışınımın hesaplaması için birinci derece denklem içeren eşitlik (3.37) önerilmiştir.

$$Hy = Ho \left[1 - 1.13 \left(\frac{H}{Ho} \right) \right] \quad (3.37)$$

27. Barbora ve ark. Modeli (Model 27): Model İtalya için önerilmiş olup, yatay yüzeye gelen yayılı ışınımın hesaplaması için birinci derece denklem içeren eşitlik (3.38) aşağıdaki gibidir.

$$Hy = Ho \left[1.0492 - 1.3246 \left(\frac{H}{Ho} \right) \right] \quad (3.38)$$

28. Aras ve ark. Modeli-C (Model 28): Aras ve ark. (2006), tarafından geliştirilen bu modelde ile yatay yüzeye gelen yayılı ışınımın hesaplaması için önerilen birinci derece denklem içeren eşitlik (3.39) aşağıda verildiği gibidir.

$$Hy = Ho \left[1.0212 - 1.1672 \left(\frac{H}{Ho} \right) \right] \quad (3.39)$$

29. Tiris Modeli (Model 29): Tiris tarafından geliştirilen üçüncü derece denklem içeren eşitliği (3.40) şu şekildedir.

$$Hy = Ho \left[0.583 + 0.9985 \left(\frac{H}{Ho} \right) - 5.24 \left(\frac{H}{Ho} \right)^2 + 5.322 \left(\frac{H}{Ho} \right)^3 \right] \quad (3.40)$$

30. Taşdemir ve Sever Modeli (Model 30): Taşdemir ve Sever tarafından geliştirilen dördüncü derece denklem içeren eşitlik (3.41)'de verilmiştir.

$$Hy = Ho \left[1.6932 - 8.2262 \left(\frac{H}{Ho} \right) + 25.5532 \left(\frac{H}{Ho} \right)^2 - 37.807 \left(\frac{H}{Ho} \right)^3 + 19,8178 \left(\frac{H}{Ho} \right)^4 \right] \quad (3.41)$$

3.3. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Akademik çalışmalarda hesaplanan verilerin, akademik dünyada anlaşılabilmesi ve aynı alanda yapılan benzer çalışmalarla elde edilmiş farklı veriler ile kıyaslanabilmesi için verilerin belirli bir düzen çerçevesinde, bütün ve dağılımlar halinde kısaltılarak sunulması gerekmektedir. Bu amaçla çeşitli istatistik metodlar geliştirilmiştir.

3.3.1. Bağlı hata yüzdesi (% e)

Bağlı hata (3.42) eşitliği ile ifade edilmektedir. Hesaplanan ve ölçülen veri değerleri arasındaki yüzdesel sapma miktarını "e" göstermekte olup, uygun değeri sıfıra eşittir. Eşitlikte, *ci*, hesaplanan değeri, *mi*, ölçülen değeri belirtmektedir (Ma, C.C.Y., and Iqbal, M. 1984, Ertekin, C., and Yaldiz, O. 2000, Ulgen, K., and Hepbasli, A. 2003).

$$e = \left(\frac{mi-ci}{mi} \right) \times 100 \quad (3.42)$$

3.3.2. Belirlilik katsayısı (R^2)

Bağımlı değişkendeki değişmelerin bağımsız değişken veya değişkenler tarafından açıklanma oranını göstermektedir. Modellerden hesap edilen ve ölçümü alınan meteorolojik değerler arasındaki doğrusal bağlantıyı belirlemekte kullanılır. Korelasyonda belirlilik katsayısının değeri 0-1 arasında değişmekte olup analizi yapılan işlem için en uygun değeri 1'e yakın olanıdır. Eşitlik (3.43)' de, ci , hesaplanan, mi , ölçülen, ca ve ma sırasıyla modellerden hesaplanan ve meteorolojik olarak ölçülen değerlerin ortalaması, N ise gözlem sayısını temsil etmektedir (Ma, C.C.Y., and Iqbal, M. 1984; Ertekin, C., and Yaldiz, O. 2000; Ulgen, K., and Hepbasli, A. 2003).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (ci-ca) * (mi-ma)}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (ci-ca)^2] * [\sum_{i=1}^n (mi-ma)^2]}} \quad (3.43)$$

3.3.3. Ortalama yüzde hata (MPE)

Hesaplama yapılan modellerden elde edilen tahmini değerler ile ölçülen değerlerin sapması (3.44) eşitliği ile hesaplanabilir (Ma, C.C.Y., and Iqbal, M. 1984; Ertekin, C., and Yaldiz, O. 2000; Ulgen, K., and Hepbasli, A. 2003).

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{mi-ci}{mi} \right)}{N} \times 100 \quad (3.44)$$

3.3.4. Ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE)

Hesaplama yapılan modellerden elde edilen tahmini değerler ile ölçülen değerler arasındaki farkın mutlak ortalama değeri olarak eşitlik (3.45) ile bulunabilir (Ma, C.C.Y., and Iqbal, M. 1984; Ertekin, C., and Yaldiz, O. 2000; Ulgen, K., and Hepbasli, A. 2003).

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^N \left| \left(\frac{mi-ci}{mi} \right) \right|}{N} \times 100 \quad (3.45)$$

3.3.5. Bağıl hata karesi (SSRE)

Bağıl hataların karelerinin toplamı eşitlik (3.46) ile hesaplanmaktadır. Bu denklem ile hesaplanan değer pozitif değerlidir ve uyumluluk açısından ideal değeri sıfıra yakın olmalıdır.

$$SSRE = \sum_{i=1}^N \left(\frac{mi-ci}{mi} \right)^2 \quad (3.46)$$

3.3.6. Bağıl standart hata (RSE)

Bu terim kolerasyon tahmininin uyumluluk oranını belirlemek amacıyla kullanılır ve sonuçlar pozitif değerlidir. Bağıl standart hata eşitlik (3.47) ile ifade edilmektedir.

$$RSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{mi-ci}{mi} \right)^2}{N}} \quad (3.47)$$

3.3.7. Ortalama sapma hatası (MBE)

Kolerasyonun uzun vadeli değeri hakkında bilgi vermektedir. Düşük değeri arzu edilir, ideal değeri sıfıra yakın olmasıdır. (3.48) eşitliği ile hesaplanır.

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (mi - ci) \quad (3.48)$$

3.3.8. Ortalama hata kareleri kökü (RMSE)

Bu istatistik veri genellikle kısa dönem zaman diliminde ölçülen ve tahmin edilen model performans kıyaslanmasında önemlidir. Daima pozitif değerli olup, ideal değeri sıfıra yakın olmalıdır. Ortalama hata kareleri kökü eşitlik (3.49) ile hesaplanabilir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (mi - ci)^2} \quad (3.49)$$

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında yapılan hesaplamaların sayısal sonuçları çizelgeler ve grafikler halinde verilmiştir. Konya ili Beyşehir ilçesinde yatay yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımı (H_o) ve yatay yüzeye gelen yayılı güneş ışınımı (H_y) analizinde, literatürde var olan, Türkiye ve Dünya’da farklı coğrafi konum ve iklim özelliklerine sahip bölgeler için önerilmiş modeller kullanılmıştır. Yapılan hesaplama ve analizlerde, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilen 2010-2020 yılları arasındaki ölçüm verileri kullanılmıştır.

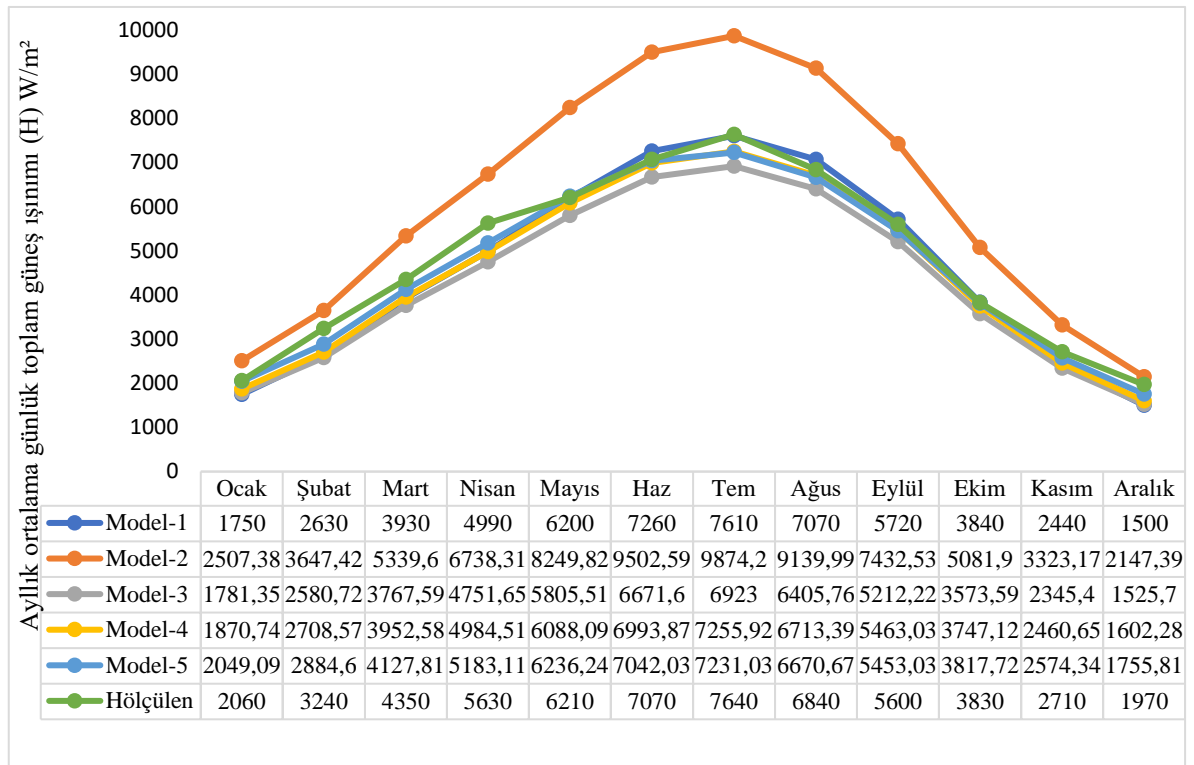
Çizelge 4.1’de hesaplama ve analizlerde kullanılan 2010-2020 yılları arasındaki değerlerden elde edilen yatay yüzeye gelen günlük ışınımının aylık ortalaması, (H), yatay yüzeye gelen günlük dünya dışı güneş ışınımı, (H_o), aylık ortalama güneşlenme süresi, (S), aylık ortalama gün uzunluğu, (S_o), değerleri verilmiştir. Çizelgede belirtilen (H) ve (S) değerleri Meteoroloji istasyonundan alınmış, (H_o) değeri ise eşitlik (3.4)’den, (S_o) ise eşitlik (3.6) ile hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Konya-Beyşehir için 2010-2020 yılları arası aylık ortalama H, H_o , S, S_o değerleri

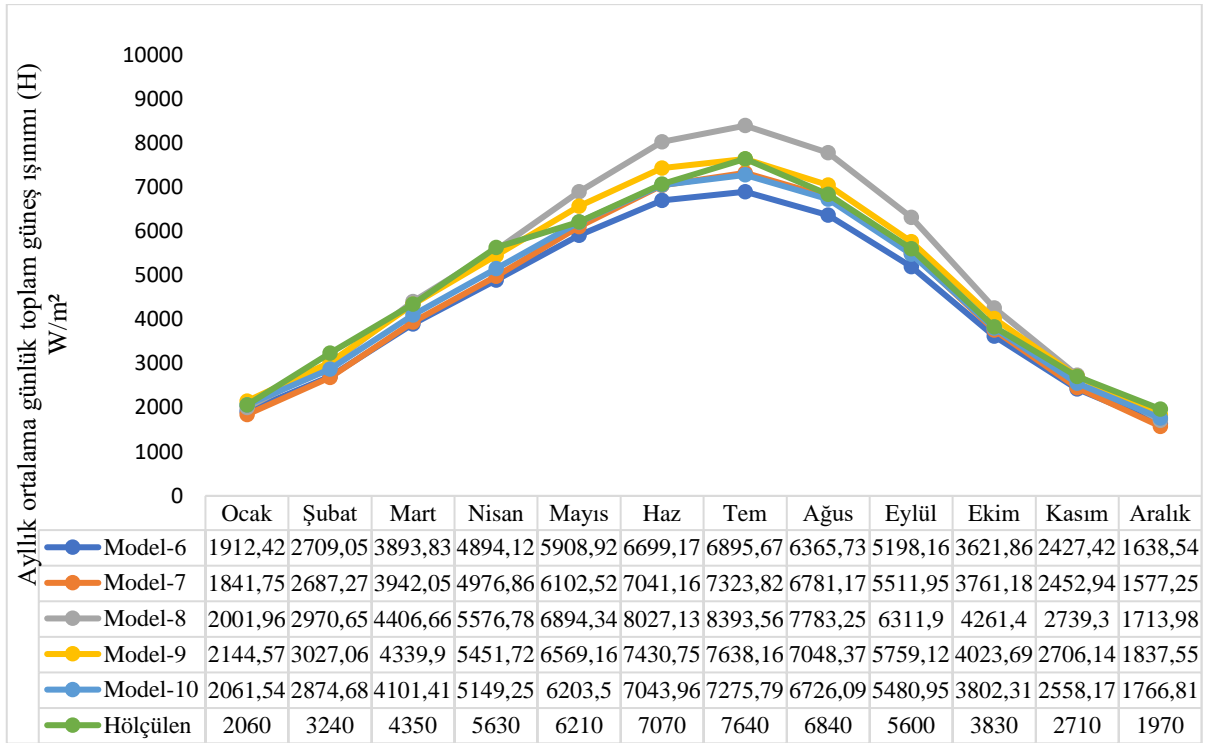
Aylar	H (W/m ²)	H_o (W/m ²)	S (h)	S_o (h)
Ocak	2060	4650	3,1	9,73
Şubat	3240	5960	4,5	10,64
Mart	4350	7930	6,0	11,75
Nisan	5630	9790	6,9	12,97
Mayıs	6210	11070	8,6	14,02
Haziran	7070	11570	10,5	14,55
Temmuz	7640	11300	11,4	14,31
Ağustos	6840	10270	11,0	13,41
Eylül	5600	8590	9,6	12,23
Ekim	3830	6620	7,1	11,01
Kasım	2710	4980	5,0	9,97
Aralık	1970	3990	3,0	9,46
Ortalama	4762.5	8060	7,2	12

4.1. Modellerden Hesaplanan Toplam Güneş Işınımı Değerleri

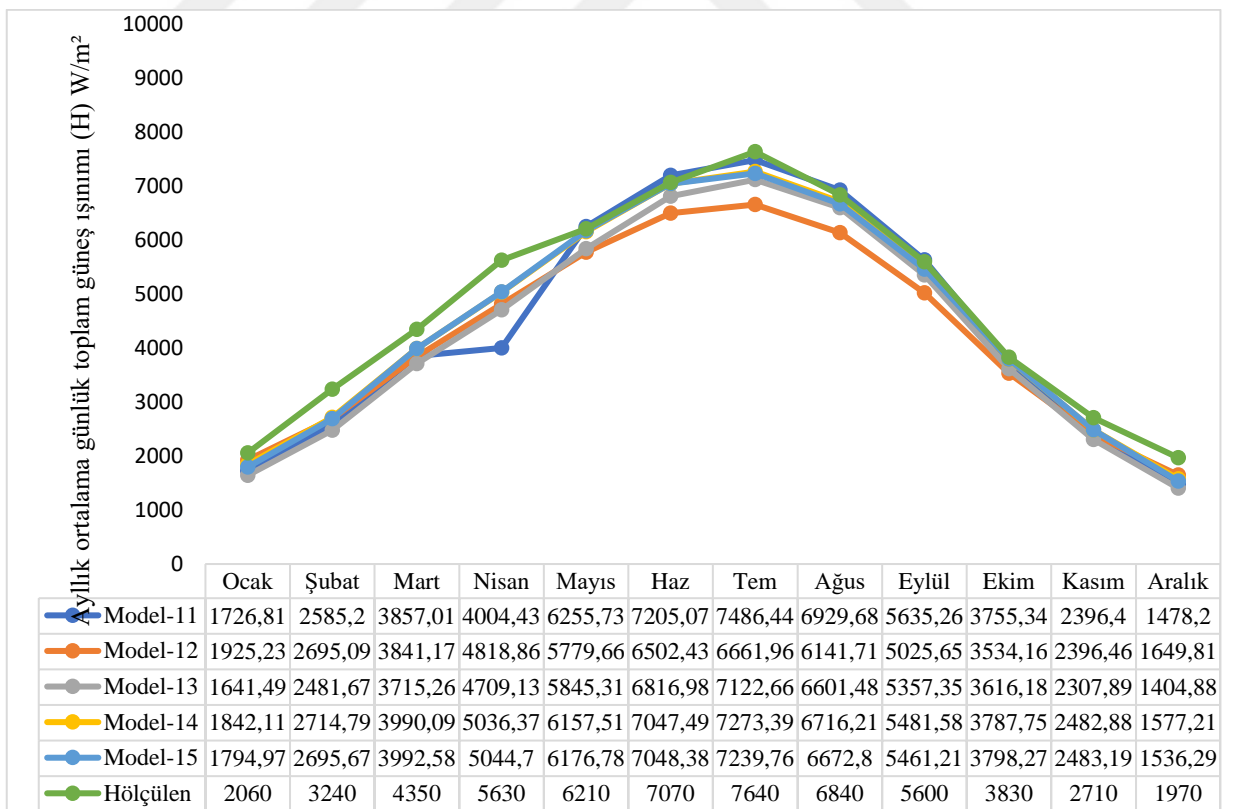
Yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı değerlerinin tahmini olarak hesaplamasında kullanılan 20 farklı modelin sonuçları, Bölüm 3’de verildiği model sırasına uygun olarak beşerli halde dört grup (Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4) olarak verilmiştir. Her bir gruptaki modeller aracılığı ile bulunan değerler ölçüm verileri ile mukayese edilmiştir. Modellerden tahmin edilen ışınım değerleri ile ölçüm verileri arasındaki kıyaslama grafikler halinde verilmiştir.



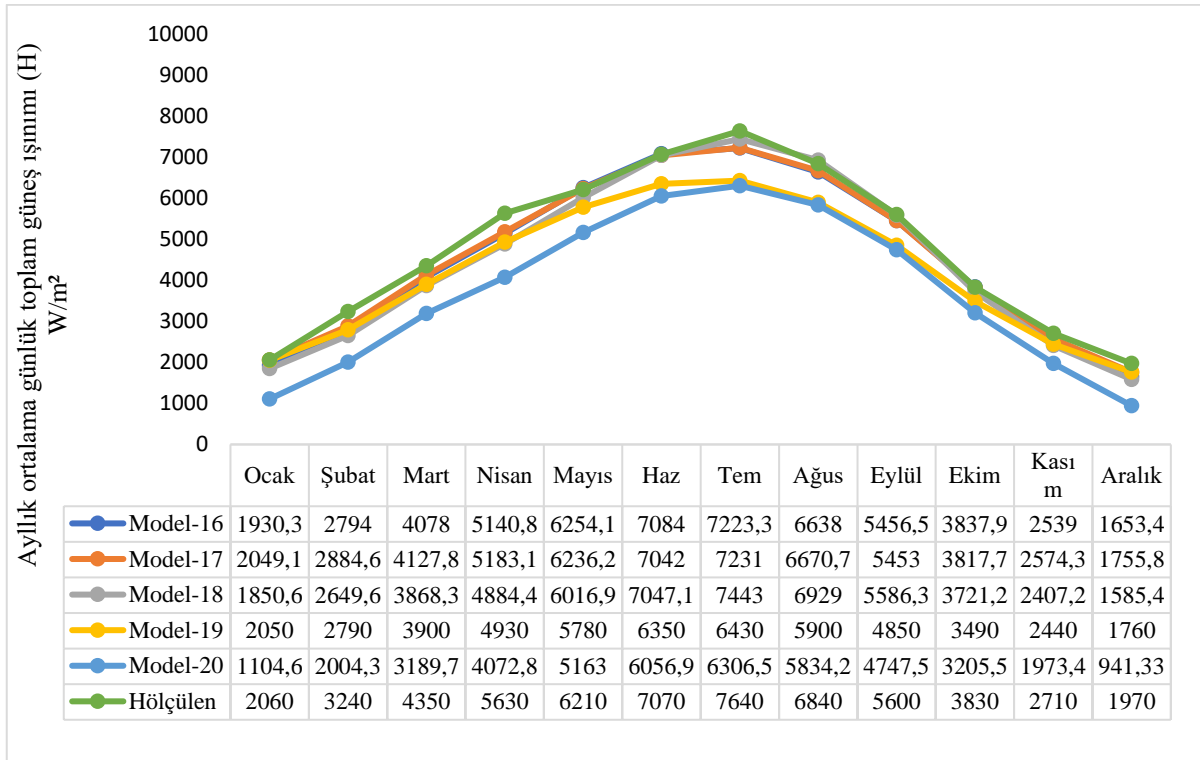
Şekil 4.1. Konya-Beyşehir için aylık ortalama günlük toplam ışınım değerleri (Model 1-5)



Şekil 4.2. Konya-Beyşehir için aylık ortalama günlük toplam ışınlam değerleri (Model 6-10)



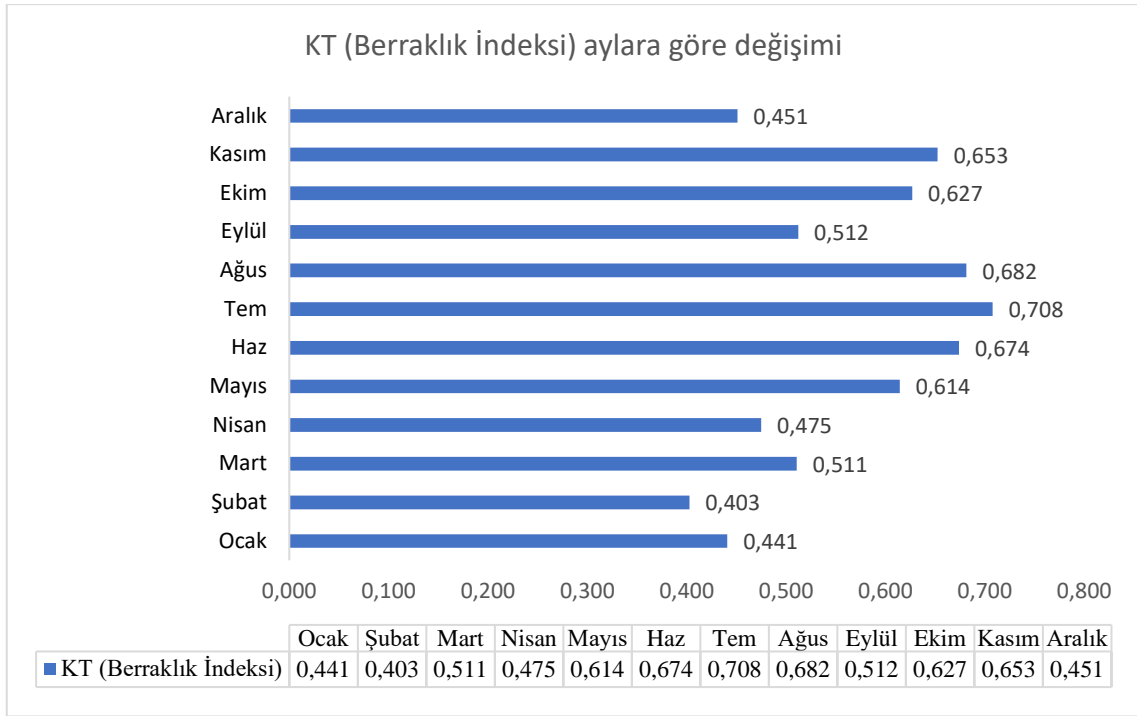
Şekil 4.3. Konya-Beyşehir'e ait aylık ortalama günlük toplam ışınlam değerleri (Model 11-15)



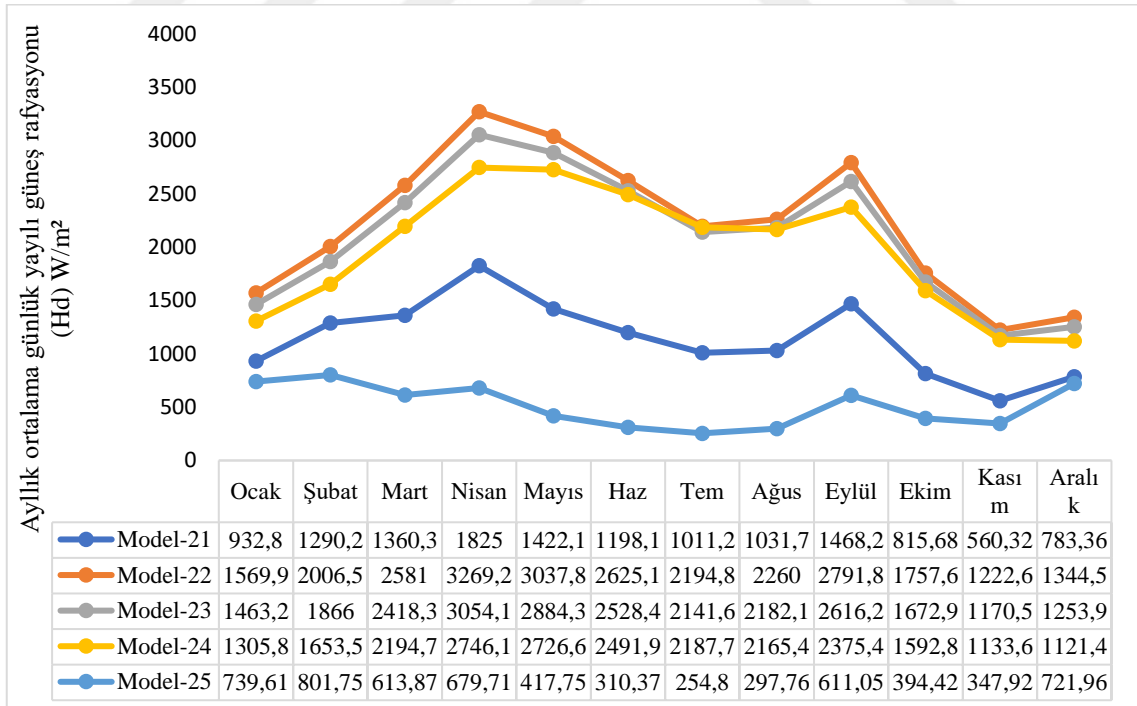
Şekil 4.4. Konya-Beyşehir'e ait aylık ortalama günlük toplam ışınım değerleri (Model 16-20)

4.2. Modellerden Hesaplanan Yayılı Güneş Işınımı Değerleri

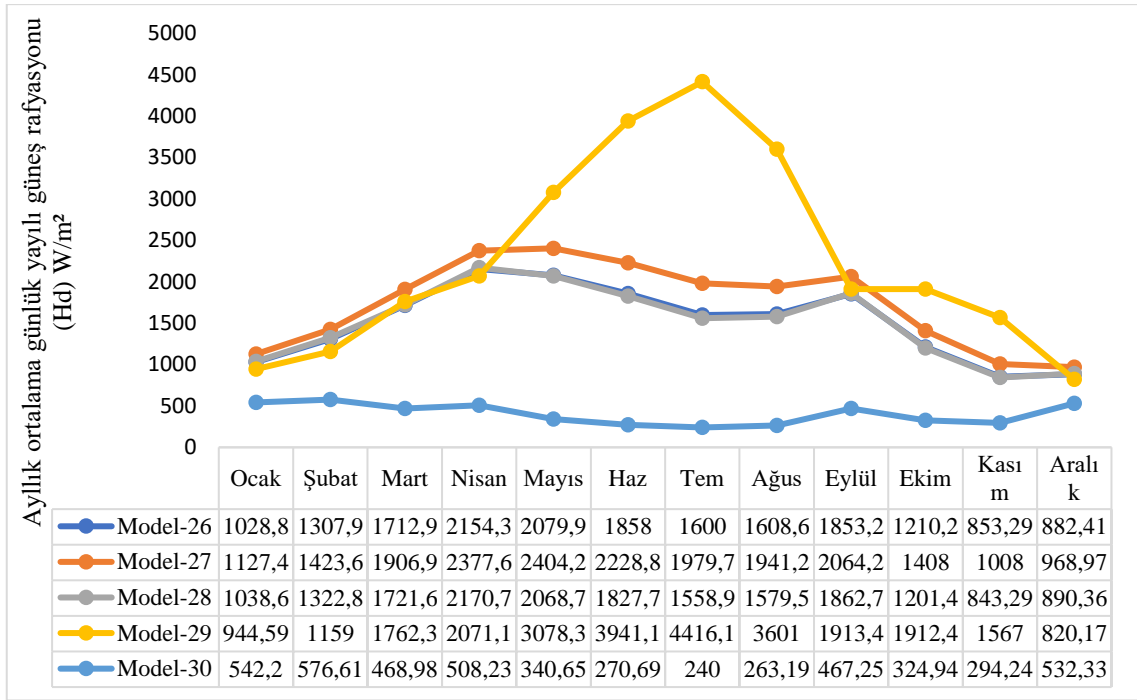
Yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük yayılı güneş ışınım değerlerinin tahmini olarak hesaplanmasında kullanılan on farklı modelden elde edilen sonuçlar Bölüm 3'de verildiği sıraya uygun olarak beşerli iki grup halinde verilmiştir. Yatay yüzeye gelen yayılı güneş ışınım şiddetinin belirlenmesinde kullanılan modeller berraklık indeksi ve yayılı ışınım oranı parametrelerin fonksiyonun yararlanılarak hesaplandığından, Beyşehir için aylık berraklık indeksi değerleri Şekil 4.5'de verilmiştir. Şekil 4.6 ve 4.7 ile literatürde yayılı ışınım hesaplamasında kullanılan 10 farklı modelin sonuçları ölçüm verileri ile grafikler halinde kıyaslanmıştır. Şekil 4.6'nın incelenmesinden, Model 22, 23 ve 24'ün birbiriyle oldukça uyumlu olduğu; Şekil 4.7'den ise Model 26, 27 ve 28'in birbiriyle oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. Konya-Beyşehir için berraklık indeksinin aylara göre değişimi.



Şekil 4.6. Konya-Beyşehir için aylık ortalama günlük yayılı ışınım değerleri (Model 21-25)



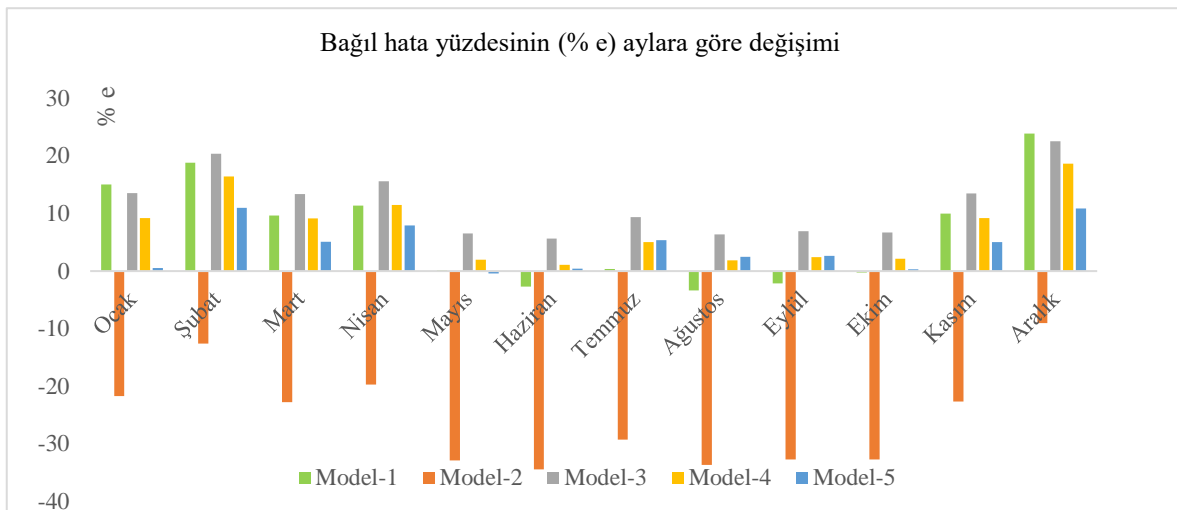
Şekil 4.7. Konya-Beyşehir için aylık ortalama günlük yayılı ışınım değerleri (Model 26-30)

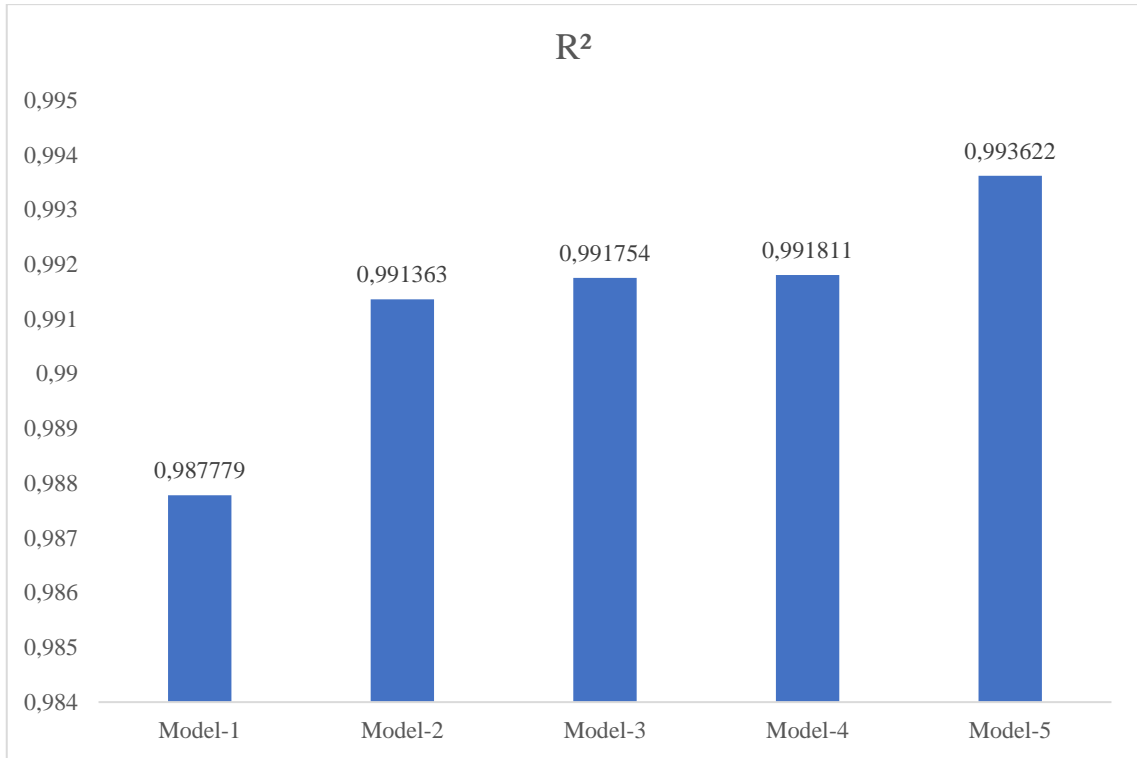
4.3. Modellerin Uyumluluk Kıyaslaması

İncelenen güneş ışınımı modellerinin performanslarını değerlendirmek için literatürde genellikle istatistik test analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada sekiz farklı istatistik parametrenin değerleri hesaplanmış ve model sonuçları beşerli dört grup halinde kıyaslanmıştır. Çalışmada modellerden hesaplanan ve meteorolojik ölçüm verileri ile aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı değerleri için yapılan istatistik analizler sonucunda bulunan aylık bağıl hata yüzdesi (% e) Şekil 4.8, 4.11, 4.14 ve 4.17; belirlilik katsayısı (R^2) Şekil 4.9, 4.12, 4.15, 4.18 ve karekök hatası (RMSE) değerleri Şekil 4.10, 4.13, 4.16 ve 4.19'da kıyaslanmış, meteorolojik ölçüm verileri dikkate alınarak seçilen ışınım modellerinin uyumluluğu değerlendirilmiştir. Bunun dışında diğer istatistik analizler sonucunda elde edilen MPE, MAPE, SSRE, RSE, MBE değerleri de Çizelge 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5'de verilmiştir.

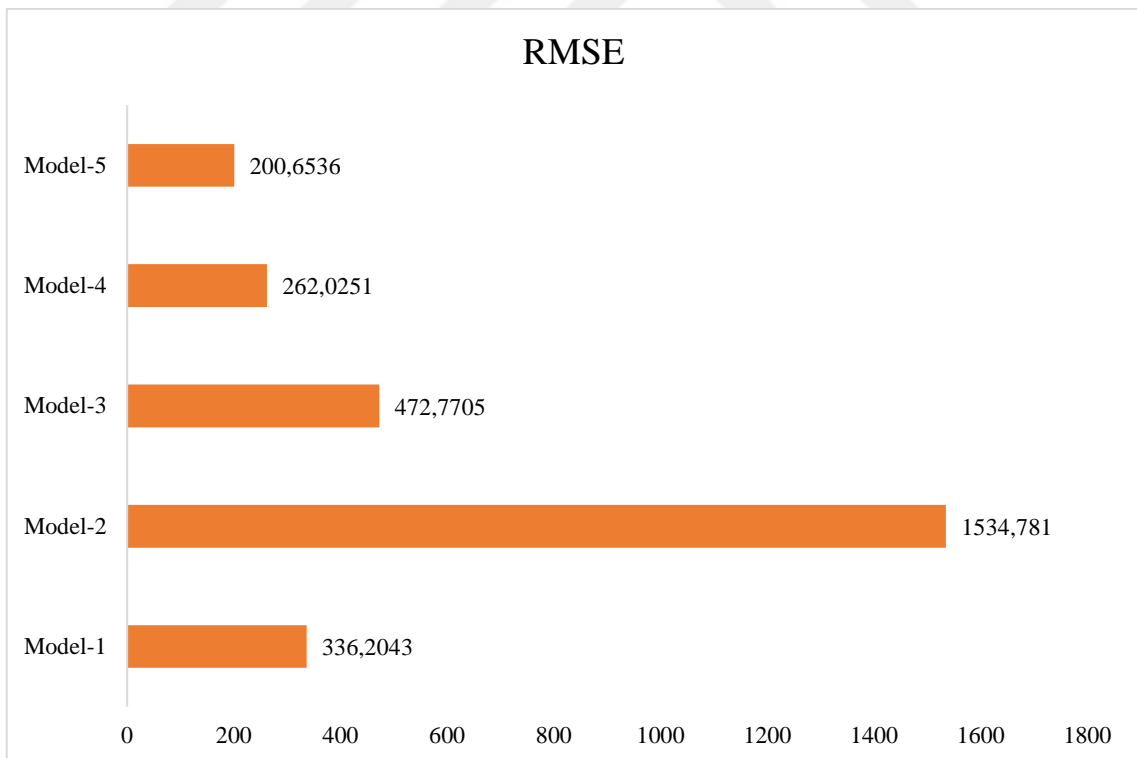
Çizelge 4.2. Modellerin istatistik parametreleri (Model 1-5)

	% e				
	Model-1	Model-2	Model-3	Model-4	Model-5
Ocak	15,04854	-21,7175	13,5267	9,187379	0,529612
Şubat	18,82716	-12,5747	20,34815	16,40216	10,96914
Mart	9,655172	-22,7494	13,38874	9,136092	5,107816
Nisan	11,36767	-19,6858	15,60124	11,46519	7,937655
Mayıs	0,161031	-32,8473	6,513527	1,963124	-0,42254
Haziran	-2,68741	-34,4072	5,635078	1,076803	0,395615
Temmuz	0,39267	-29,2435	9,384817	5,027225	5,35301
Ağustos	-3,36257	-33,6256	6,348538	1,851023	2,475585
Eylül	-2,14286	-32,7238	6,924643	2,445893	2,624464
Ekim	-0,2611	-32,6867	6,694778	2,163969	0,320627
Kasım	9,9631	-22,6262	13,45387	9,201107	5,005904
Aralık	23,85787	-9,00457	22,5533	18,66599	10,87259
R ²	0,987779	0,991363	0,991754	0,991811	0,993622
MPE%	5,480895	-25,3243	8,874878	4,48836	2,880242
MAPE%	6,889884	25,32435	8,874878	4,48836	2,950666
SSRE	0,126874	0,851579	0,140764	0,060891	0,024839
RSE	0,102824	0,266392	0,108307	0,071234	0,045496
MBE	158,3333	-1319,53	405,665	182,595	128,0017
RMSE	336,2043	1534,781	472,7705	262,0251	200,6536

**Şekil 4.8.** Modellerin bağlı hata yüzdesinin aylara göre değişimi (Model 1-5)



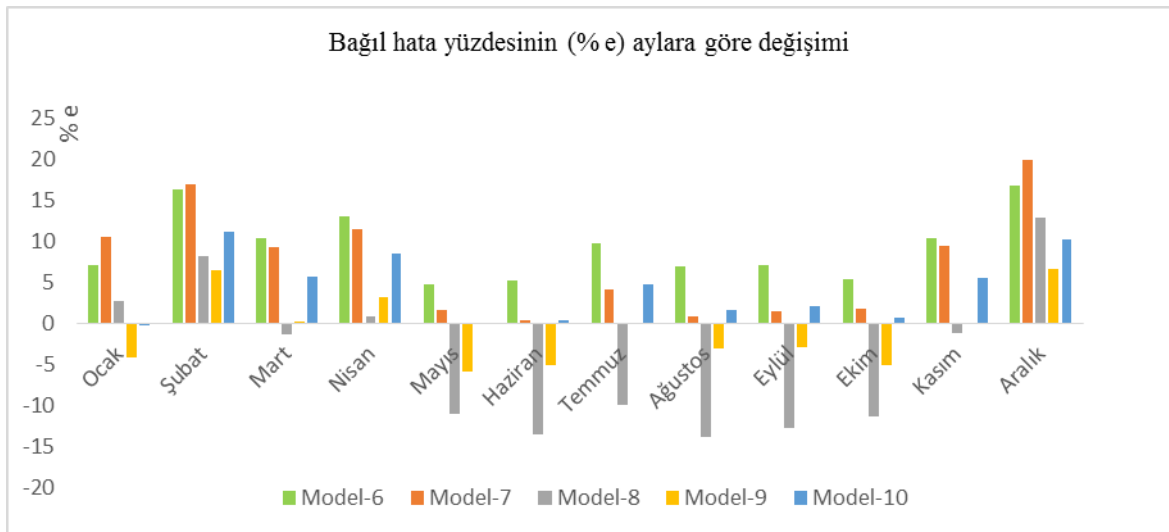
Şekil 4.9. Modellerin belirlilik katsayıları (Model 1-5)



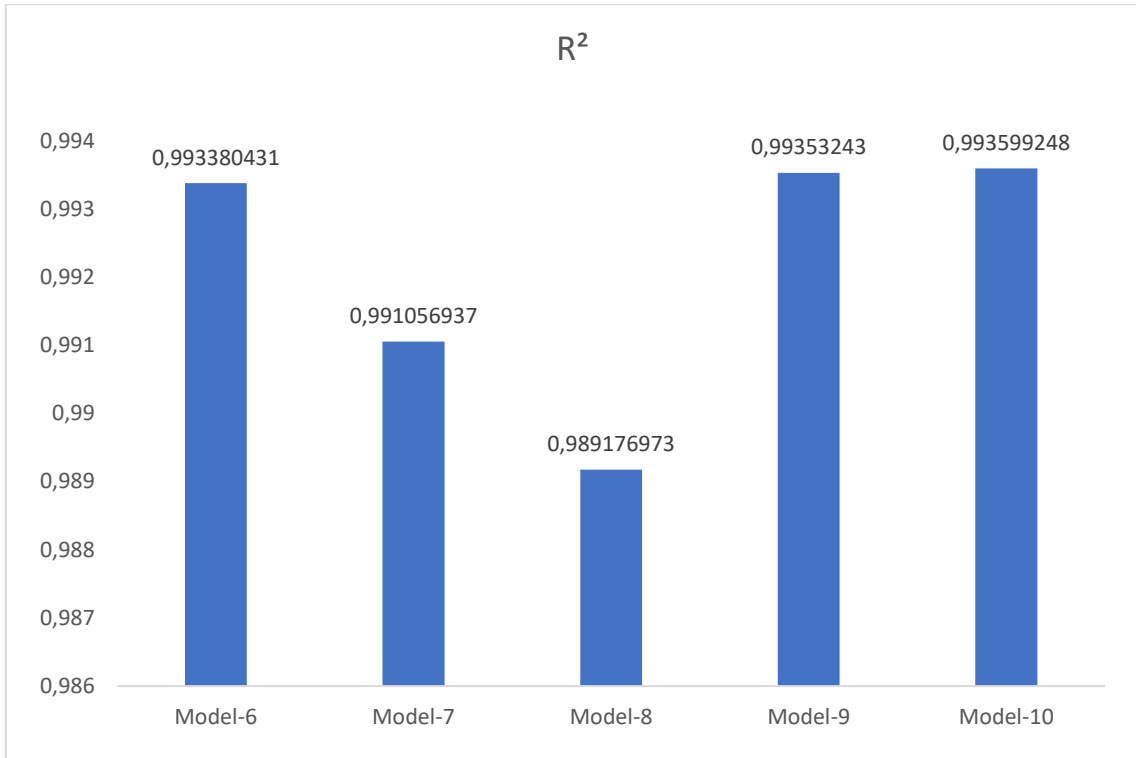
Şekil 4.10. Modellerin karekök hatası değerleri (Model 1-5)

Çizelge 4.3. Modellerin istatistik parametreleri (Model 6-10)

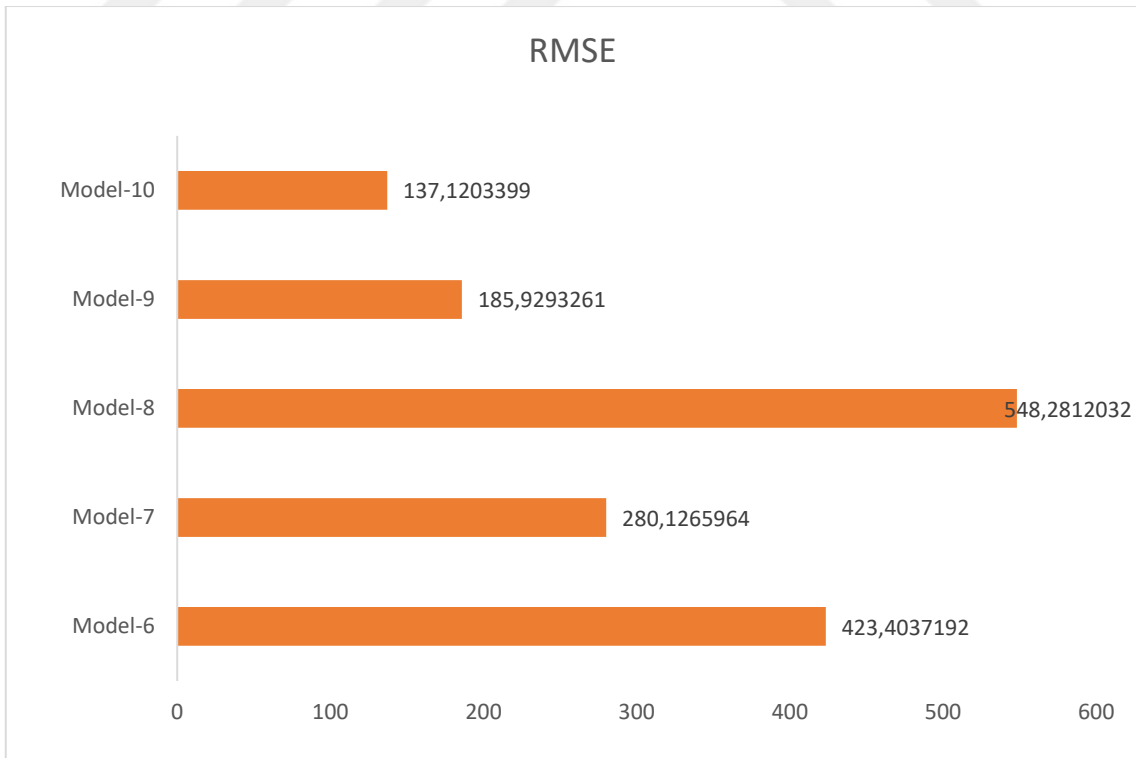
	% e				
	Model-6	Model-7	Model-8	Model-9	Model-10
Ocak	7,164078	10,59466	2,817476	-4,10534	-0,07476
Şubat	16,38735	17,05957	8,313272	6,572222	11,27531
Mart	10,48667	9,378161	-1,30253	0,232184	5,714713
Nisan	13,07069	11,60107	0,945293	3,166607	8,539076
Mayıs	4,848309	1,730757	-11,02	-5,78357	0,10467
Haziran	5,24512	0,407921	-13,5379	-5,10255	0,368317
Temmuz	9,742539	4,138482	-9,86335	0,024084	4,767147
Ağustos	6,933772	0,860088	-13,7902	-3,04635	1,665351
Eylül	7,175714	1,572321	-12,7125	-2,84143	2,125893
Ekim	5,434465	1,796867	-11,2637	-5,05718	0,722977
Kasım	10,42731	9,485609	-1,08118	0,142435	5,602583
Aralık	16,82538	19,93655	12,99594	6,72335	10,31421
R ²	0,99338	0,991057	0,989177	0,993532	0,993599
MPE%	7,515831	5,075652	-5,05251	-0,96187	2,139262
MAPE%	7,515831	5,075652	7,376048	2,676645	10,4781
SSRE	0,094767	0,073671	0,10533	0,015772	0,016846
RSE	0,088867	0,078353	0,093688	0,036254	0,037468
MBE	358,8817	198,2583	-354,858	-79,5467	87,65162
RMSE	423,4037	280,1266	548,2812	185,9293	137,1203



Şekil 4.11. Modeller için bağıl hata yüzdesinin aylara göre değişimi (Model 6-10)



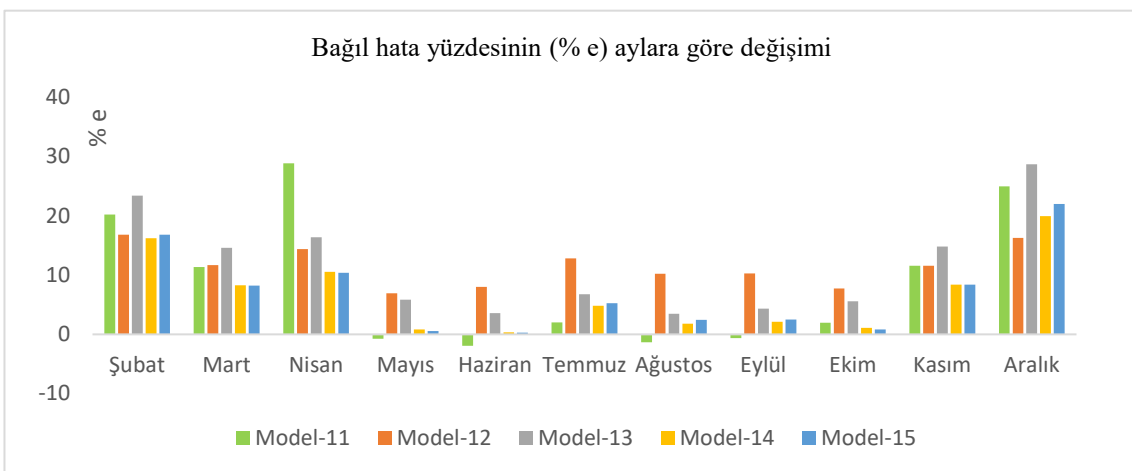
Şekil 4.12. Modellerin belirlilik katsayıları (Model 6-10)

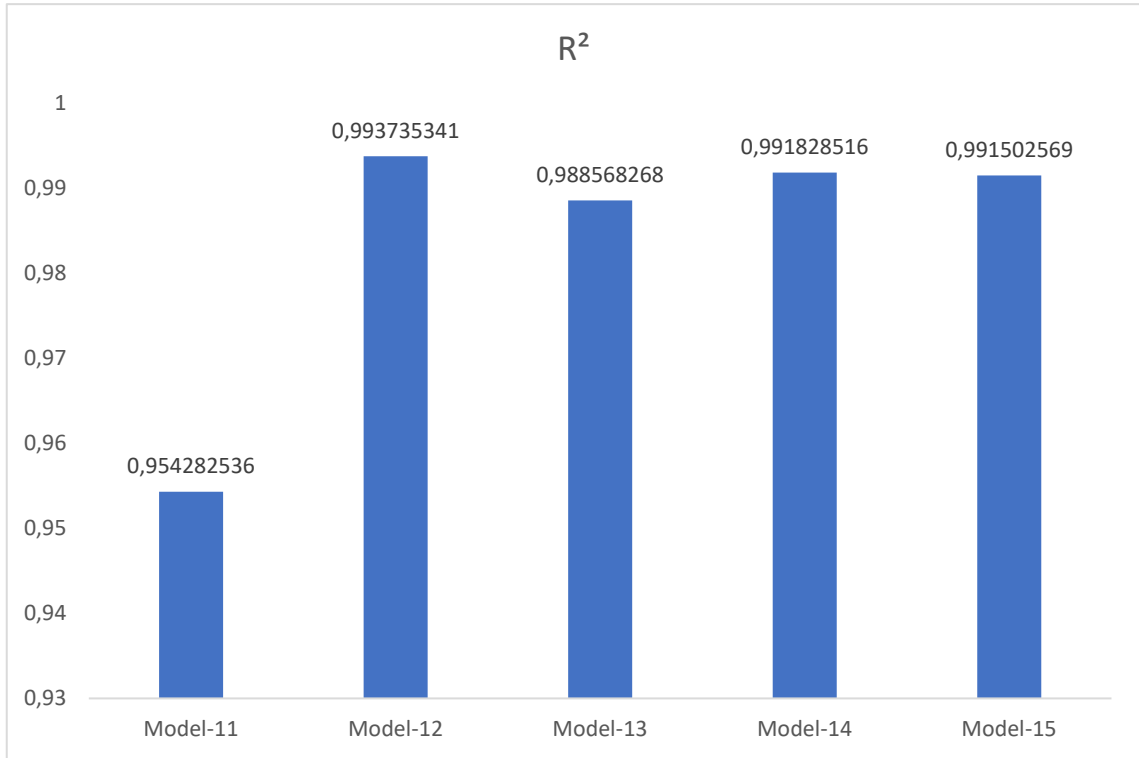


Şekil 4.13. Modellerin karekök hata değerleri (Model 6-10)

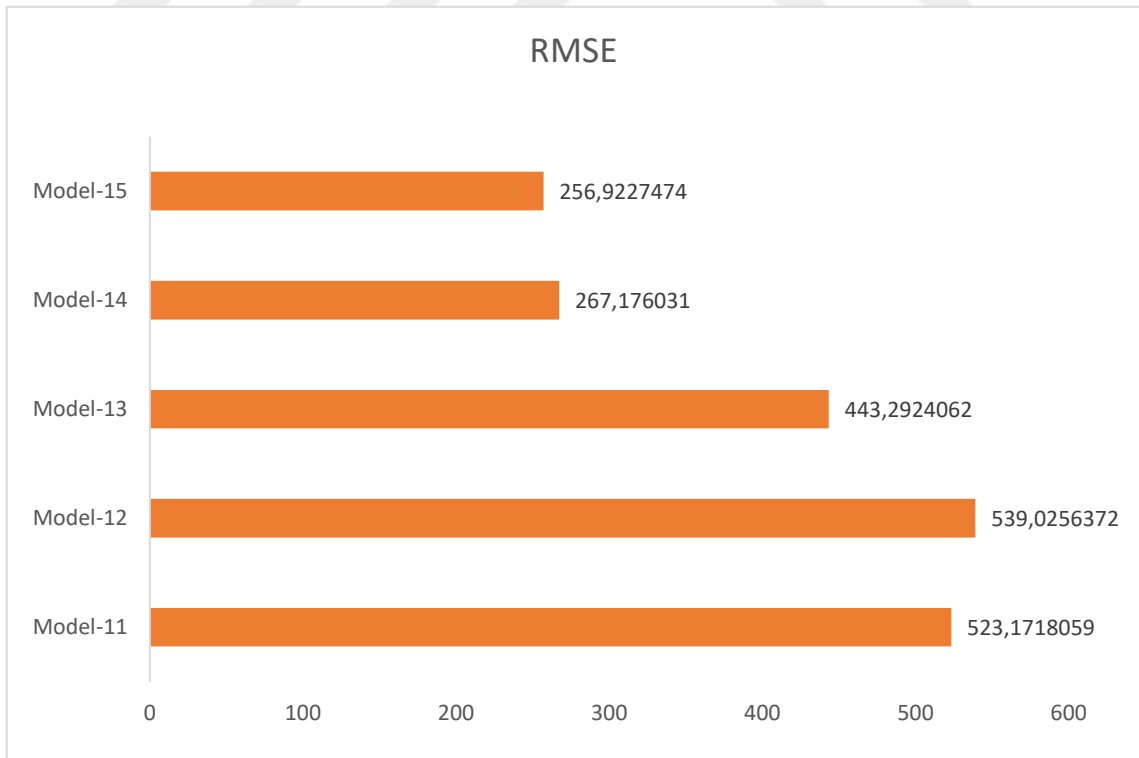
Çizelge 4.4. Modellerin istatistik parametreleri (Model 11-15)

	% e				
	Model-11	Model-12	Model-13	Model-14	Model-15
Ocak	16,1743	6,54223	20,316	10,5772	12,8655
Şubat	20,2099	16,8182	23,4052	16,2102	16,8003
Mart	11,3331	11,6972	14,5917	8,27379	8,21655
Nisan	28,8734	14,4075	16,3565	10,544	10,3961
Mayıs	-0,7364	6,92979	5,87262	0,84525	0,53494
Haziran	-1,9105	8,02786	3,57878	0,31839	0,3058
Temmuz	2,00995	12,8016	6,77147	4,79856	5,23874
Ağustos	-1,3111	10,2089	3,48713	1,8098	2,44444
Eylül	-0,6296	10,2563	4,33304	2,11464	2,47839
Ekim	1,94935	7,72428	5,58277	1,10313	0,82846
Kasım	11,572	11,5697	14,838	8,38081	8,36937
Aralık	24,9645	16,2533	28,6863	19,9386	22,0157
R ²	0,95428	0,99374	0,98857	0,99183	0,9915
MPE%	6,34288	9,15637	8,67486	4,84392	4,38433
MAPE%	7,10748	9,15637	8,67486	4,84392	4,38433
SSRE	0,17334	0,12879	0,16788	0,06802	0,07034
RSE	0,12019	0,1036	0,11828	0,07529	0,07656
MBE	237,203	458,178	362,74	191,627	169,885
RMSE	523,172	539,026	443,292	267,176	256,923

**Şekil 4.14.** Modellerin bağlı hata yüzdesinin aylara göre değişimi (Model 11-15)



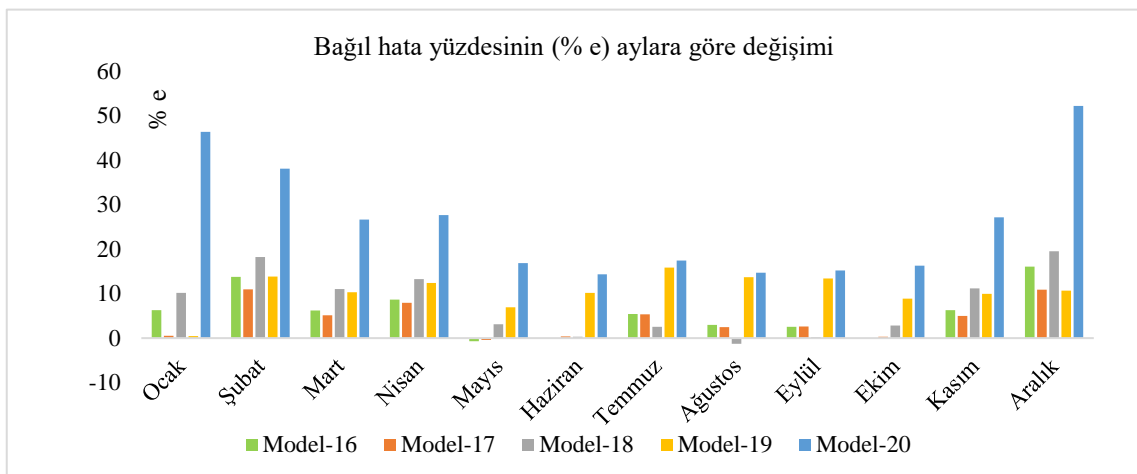
Şekil 4.15. Modellerin belirlilik katsayıları (Model 11-15)

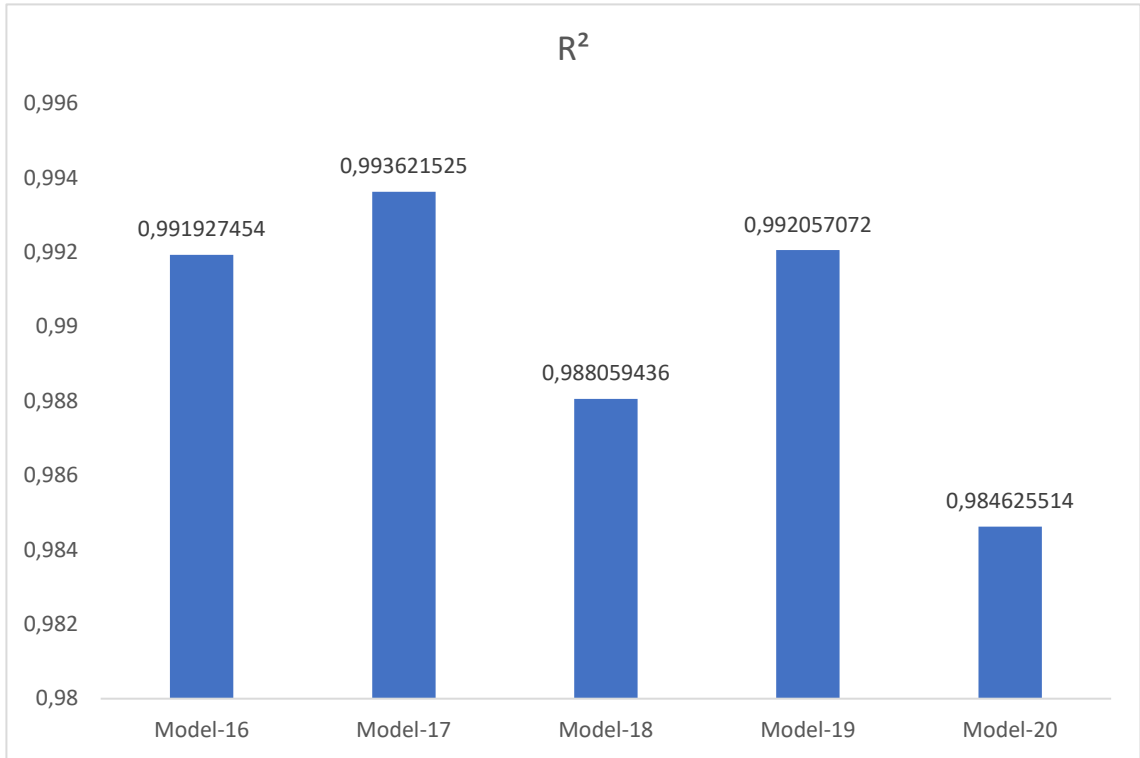


Şekil 4.16. Modellerin karekök hatası değerleri (Model 11-15)

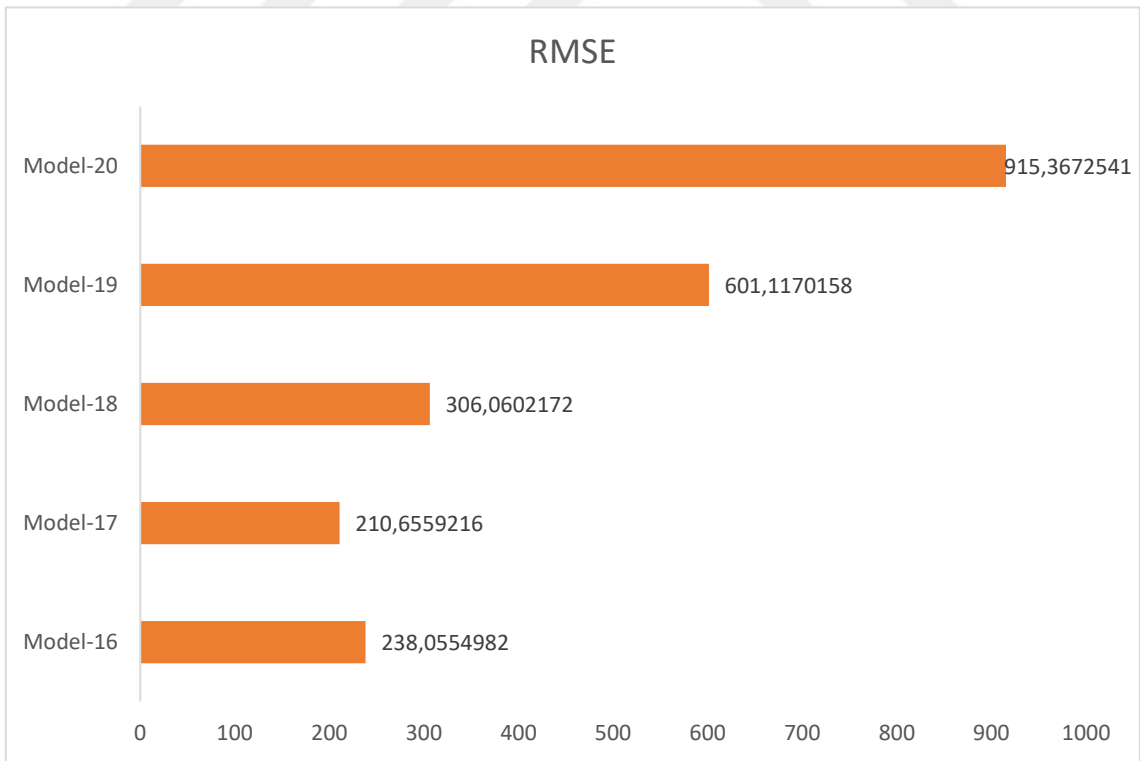
Çizelge 4.5. Modellerin istatistik parametreleri (Model 16-20)

	% e				
	Model-16	Model-17	Model-18	Model-19	Model-20
Ocak	6,29563	0,52961	10,1655	0,48544	46,3806
Şubat	13,7651	10,9691	18,2216	13,8889	38,1383
Mart	6,25264	5,10782	11,074	10,3448	26,6733
Nisan	8,68899	7,93766	13,243	12,4334	27,6584
Mayıs	-0,71	-0,4225	3,10902	6,92432	16,8599
Haziran	-0,1984	0,39562	0,32405	10,1839	14,3301
Temmuz	5,45445	5,35301	2,5788	15,8377	17,4543
Ağustos	2,95263	2,47558	-1,301	13,7427	14,7045
Eylül	2,56304	2,62446	0,24518	13,3929	15,223
Ekim	-0,2055	0,32063	2,84047	8,87728	16,3057
Kasım	6,31181	5,0059	11,1727	9,9631	27,1801
Aralık	16,0726	10,8726	19,5213	10,6599	52,2168
R ²	0,99193	0,99362	0,98806	0,99206	0,98463
MPE%	3,93185	0,03306	5,23396	8,50126	16,8277
MAPE%	3,93185	0,03376	5,4508	8,50126	16,8277
SSRE	0,04584	0,02745	0,08302	0,1217	0,57384
RSE	0,06181	0,04783	0,08317	0,10071	0,21868
MBE	162,09	146,518	196,765	464,167	766,572
RMSE	238,055	210,656	306,06	601,117	915,367

**Şekil 4.17.** Modeller için bağıl hata yüzdesinin aylara göre değişimi (Model 16-20)



Şekil 4.18. Modellerin belirlilik katsayıları (Model 16-20)



Şekil 4.19. Modellerin karekök hatası değerleri (Model 16-20)

Aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı tahmini için literatürden seçilen 20 farklı model ile hesaplanan toplam ışınım değerleri, Konya-Beyşehir ilçesinde ölçülen toplam ışınım verileri ile istatistik analiz yöntemler kullanılarak kıyaslanmıştır. Yapılan kıyaslamaya göre Aras ve ark. (2006) tarafından İç Anadolu bölgesi için önerilen ve bu çalışmada Model 10 olarak anılan Angström tipi korelasyonun en uygun değerleri verdiği görülmüştür. Modelin R^2 değeri 0,99359, RMSE değeri 137,12033 olup, Beyşehir’de ölçülen aylık ortalama günlük toplam ışınım değerleri ile oldukça uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Model 10 için aylık bazda % e değerleri incelendiğinde, Ocak ayının değeri en uyumlu olup bağıl hata yüzdesi % -0,07475’dir. Uyum yönünden kıyaslamada Ocak ayını Mayıs ve Haziran ayları takip etmektedir. Aylık bağıl hata yüzde değeri -0,07475 ile 10,31421 arasında değişmektedir. Model 10’dan sonra en uyumlu Angström tipi korelasyon, bu çalışmada Model 9 olarak belirtilen ve Gebze için önerilen Tiris modelidir.

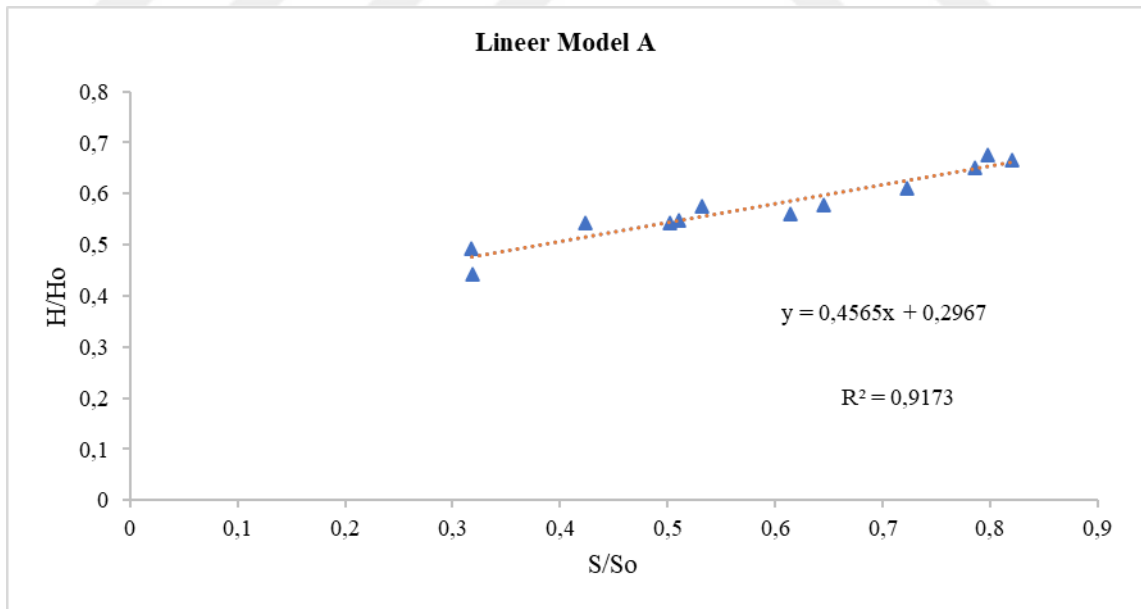
4.4. Konya-Beyşehir’e Özgü Yeni Geliştirilen Modeller

Konya ili Beyşehir ilçesinin iklim ve ışınım verileri esas alınarak, yatay yüzeye gelen toplam ışınım değerlerini tahmin etmek için Angström tipi ampirik bağıntı içeren beş farklı yeni model geliştirilmiştir. Söz konusu yeni modellerin oluşturulmasında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne Beyşehir’de 2010-2020 yılları arasında ölçülen günlük ortalama toplam ışınım verileri kullanılmıştır. Her ay için mevcut günlük ortalama ışınım değerlerinden faydalanarak, aylık ortalama günlük toplam ışınım değerleri elde edilmiştir. Modeller oluşturulurken, yatay yüzeye gelen günlük ışınımın aylık ortalama değerinin yatay yüzeye gelen günlük dünya dışı güneş ışınımı değerine oranı, $\frac{H}{H_0}$, ve aylık ortalama güneşlenme süresinin aylık ortalama gün uzunluğuna oranı, $\frac{S}{S_0}$, esas alınmıştır.

Çizelge 4.6. Konya-Beyşehir için aylık ortalama H/ Ho ve S/ So değerleri.

Aylar	H/Ho	S/So
Ocak	0,443010753	0,318930041
Şubat	0,543624161	0,42293233
Mart	0,548549811	0,510638297
Nisan	0,575076609	0,531996915
Mayıs	0,56097561	0,613409415
Haziran	0,611063094	0,722145804
Temmuz	0,676106195	0,797202797
Ağustos	0,666017527	0,82028337
Eylül	0,651920838	0,784955028
Ekim	0,578549849	0,645454545
Kasım	0,544176707	0,502008032
Aralık	0,493734336	0,317460317

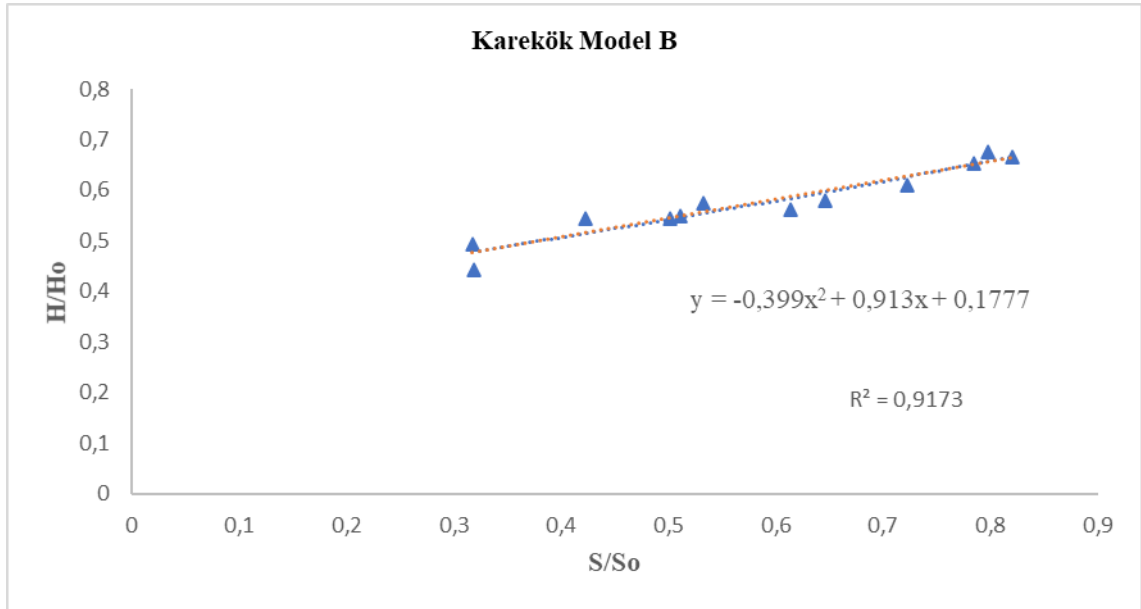
Konya-Beyşehir'e özgü olarak oluşturulan lineer modelin regresyon eğrisi Şekil-4.20'de görüldüğü gibidir. Geliştirilen denklemin R^2 değeri 0.9173 olup söz konusu ifade eşitlik (4.1) ile verilmiştir.

**Şekil 4.20.** Lineer model regresyon eğrisi (Model-A)

$$\frac{H}{Ho} = 0.2967 + 0.4565 \left(\frac{S}{So} \right) \quad (4.1)$$

4.4.2. Karekök model (Model B)

Konya-Beyşehir için yeni geliştirilen diğer bir denklem olan karekök modelin regresyon eğrisi Şekil 4.21’de görüldüğü gibidir. Söz konusu yeni denklemin R^2 değeri 0,9173 olup ifade (4.2) eşitliği ile verilmiştir.

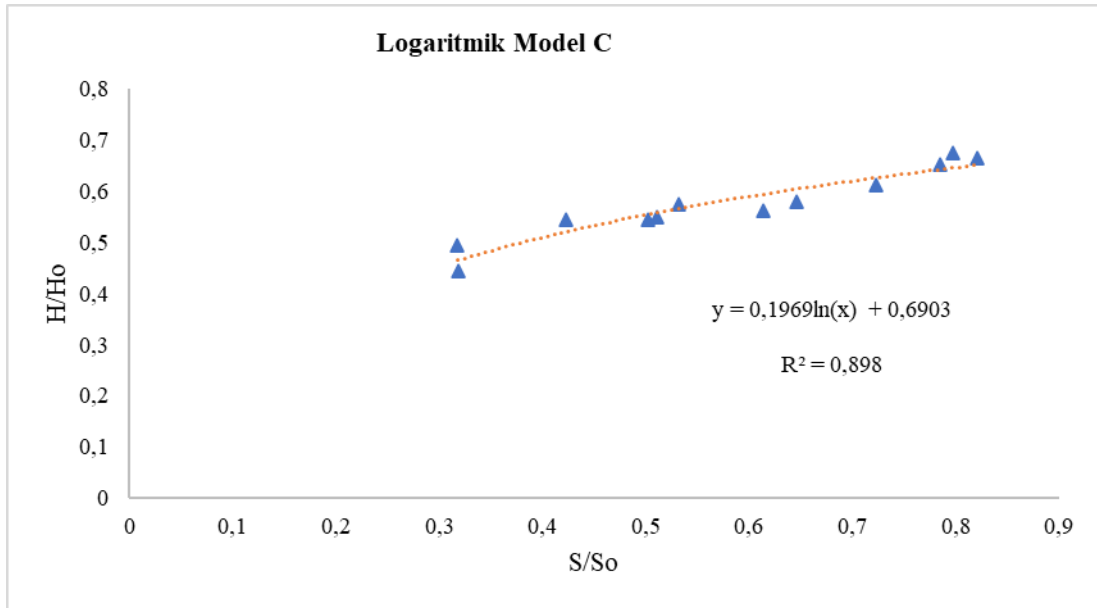


Şekil 4.21. Karekök model regresyon eğrisi (Model-B)

$$\frac{H}{H_0} = 0.1777 + 0.913 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0.399 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad (4.2)$$

4.4.3. Logaritmik model (Model C)

Konya-Beyşehir’e özgü oluşturulan logaritmik modelin regresyon eğrisi Şekil-4.22’de görüldüğü gibidir. Geliştirilen yeni denklemin R^2 değeri 0.8980 olup söz konusu ifade eşitlik (4.3) ile verilmiştir.

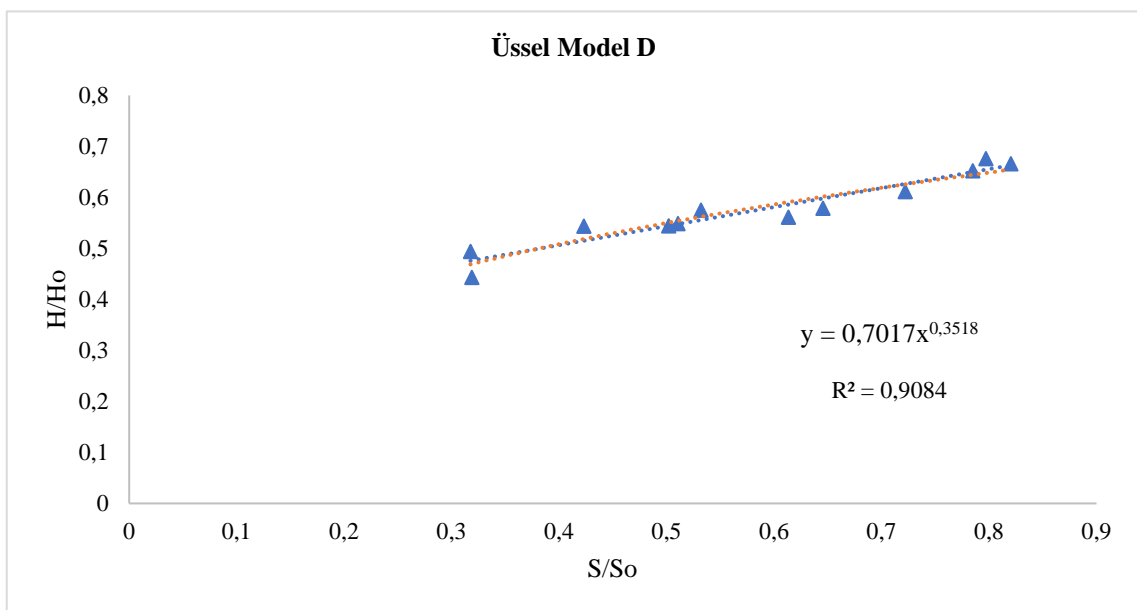


Şekil 4.22. Logaritmik model regresyon eğrisi (Model-C)

$$\frac{H}{H_o} = 0.6903 + 0.1969 \ln\left(\frac{S}{S_o}\right) \quad (4.3)$$

4.4.4. Üssel model (Model D)

Konya-Beyşehir için yeni geliştirilen üssel modelin regresyon eğrisi Şekil-4.23'de görüldüğü gibidir. Geliştirilen denklemin R^2 değeri 0.9084 olup söz konusu ifade eşitlik (4.4) ile verilmiştir.

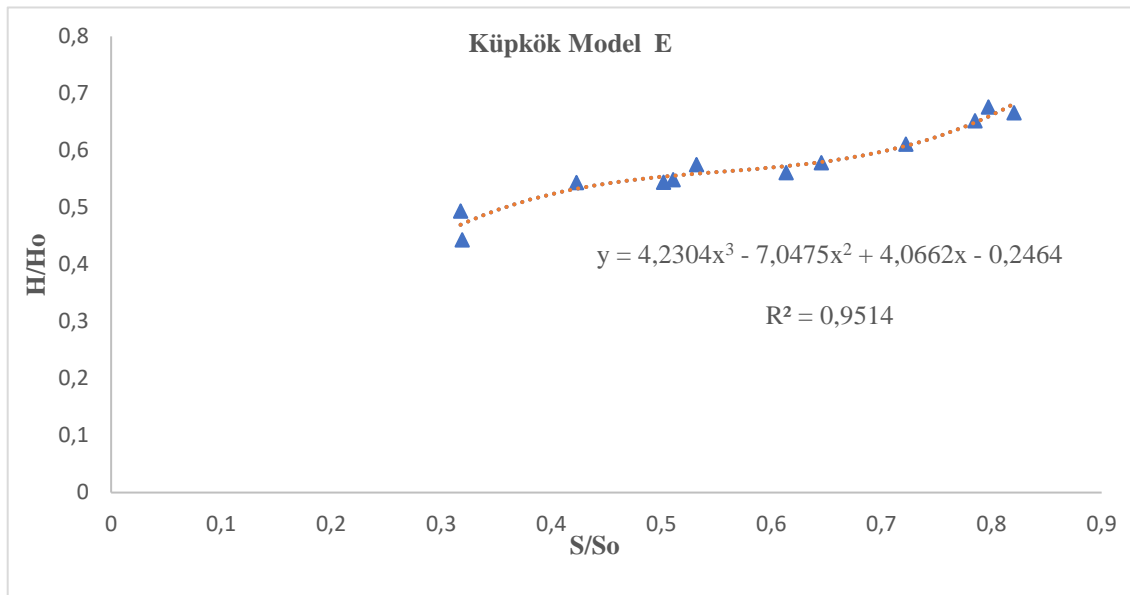


Şekil 4.23. Üssel model regresyon eğrisi (Model-D)

$$\frac{H}{H_0} = 0.7017 \left(\frac{S}{S_0} \right)^{(0.3518)} \quad (4.4)$$

4.4.5. Küpkök model (Model-E)

Konya-Beyşehir'e özgü oluşturulan yeni küpkök (üçüncü derece polinom) modelin regresyon eğrisi Şekil 4.24'de görüldüğü gibidir. Denklemin R^2 değeri 0.9514 olup denklem (4.5) eşitliği ile verilmiştir.



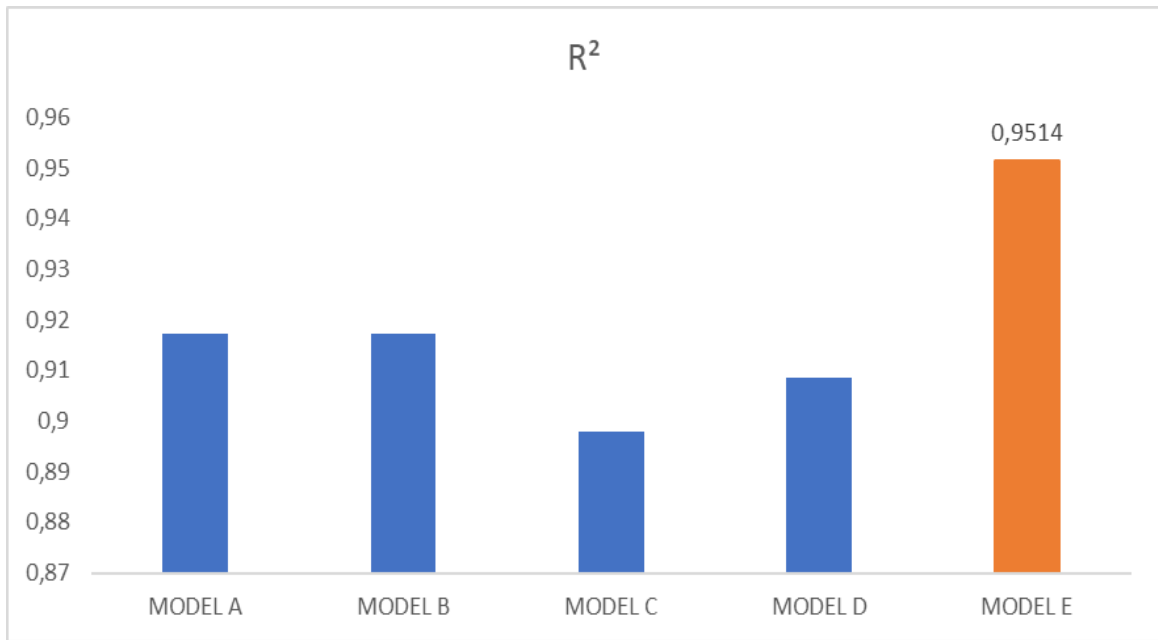
Şekil 4.24. Küpkök model regresyon eğrisi (Model-E)

$$\frac{H}{H_0} = -0.2464 + 4.0662 \left(\frac{S}{S_0} \right) - 7.0475 \left(\frac{S}{S_0} \right)^2 + 4.2304 \left(\frac{S}{S_0} \right)^3 \quad (4.5)$$

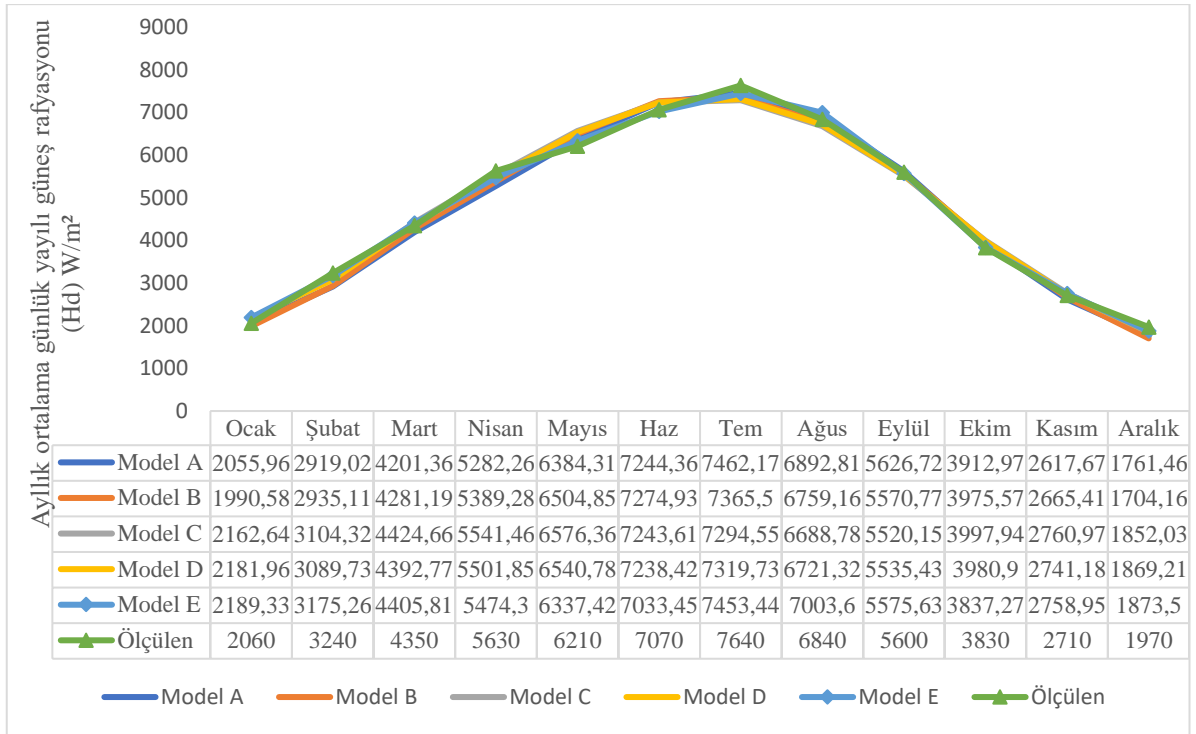
4.1.5. Yeni modellerin kıyaslanması

Konya-Beyşehir'de ölçülen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı değerleri dikkate alınarak, yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımını hesaplamak için Angstrom tipi eşitlik baz alınmıştır. Veriler bu ışınım modeline göre uyarlanmış ve lineer, karekök, logaritmik, üssel ve küp kök tip olmak üzere beş farklı yeni ışınım modeli geliştirilmiştir. Şekil 4.26'da görüldüğü üzere geliştirilen yeni modellerin genel olarak ölçüm verilerine yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7’de verilen analizler ve istatistik analiz sonuçları incelendiğinde, oluşturulan modeller arasında R^2 değeri 0,9514 en yüksek, RMSE değeri 107,9244 en düşük olan ve Beyşehir’de ölçülen aylık ortalama günlük toplam ışınım değerleri ile en çok uyumlu denklemin Model E olarak belirtilen küp kök model olduğu görülmektedir. Model E’nin gerçek verilere en yakın olduğu Ekim ayı olmuştur. Özellikle Şubat, Mart, Haziran, Eylül, Ekim, Kasım aylarında ölçülen değerler ile bağıl hata yüzdesinin % 1 ve daha düşük seviyelerde olduğu, Ocak ayında ise en yüksek % 6.27 seviyelerinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.25. Yeni modellerin belirlilik katsayısı kıyaslaması



Şekil 4.26. Yeni modellerin ölçüm verileriyle kıyaslanması

Çizelge 4.7’de verilen istatistik analiz değerlerine göre oluşturulan beş modelin bağıl hata yüzdeleri (% e) incelendiğinde tüm modellerin birbirine yakın sonuçlar verdiği, en uyumlu ayın Eylül; bağıl hata yüzdeleri (% e) incelendiğinde ise sonuçlar arasındaki farkın en fazla olduğu ayların Aralık, Ocak ve Şubat olduğu gözlenmektedir. İstatistik analiz değerleri yönünden MPE değerlerinin -0,04935 ile -16,95 arasında, MAPE değerlerinin 2,254755 ile 4,210116 arasında, SSRE değerlerinin 0,015994 ile 0,12028 arasında, RSE değerlerinin 0,006413 ile 1,001188 arasında, MBE değerlerinin ise -1,45549 ile 65,74507 arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7. Yeni modellerin bağıl hata yüzdeleri.

	% e				
	Model A	Model B	Model C	Model D	Model E
Ocak	0,1961173	3,369746932	-4,98243	-5,92053	-6,27803
Şubat	9,906762	9,410320129	4,187653	4,638116	1,99824
Mart	3,4169054	1,5817856	-1,71633	-0,98333	-1,28303
Nisan	6,1765713	4,275724461	1,572601	2,276143	2,765584
Mayıs	-2,806858	-4,7479806	-5,89952	-5,32661	-2,05183
Haziran	-2,466177	-2,89863222	-2,45556	-2,38224	0,516935
Temmuz	2,3276568	3,592893291	4,521549	4,192024	2,441899
Ağustos	-0,772027	1,181931034	2,210825	1,735122	-2,39185
Eylül	-0,477225	0,521919417	1,425941	1,153111	0,435188
Ekim	-2,166197	-3,80066039	-4,38481	-3,93997	-0,18981
Kasım	3,4069625	1,645474699	-1,88068	-1,15054	-1,80641
Aralık	10,586036	13,49432648	5,988267	5,116455	4,898244
R ²	0,9932949	0,991561543	0,990951	0,992127	0,99843
MPE%	2,2773773	2,302237402	-16,95	-0,04935	-0,07874
MAPE%	3,7254579	4,210116272	3,435514	3,234516	2,254755
SSRE	0,0296574	0,036546627	0,01746	0,01617	0,12028
RSE	0,1509098	0,151731256	0,034309	0,006413	1,001188
MBE	65,745072	61,1244289	-1,45549	3,05983	2,669601
RMSE	182,77257	197,0578903	182,5767	170,3486	107,9244

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Güneş enerjisiyle çalışan sistemlerin tasarımı ve projelendirilmesinde, uygulama yapılacak olan bölgenin güneş ışınım verilerinin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Güneş enerjisi potansiyeli tahmini ve faydalı kullanımını sağlamak üzere farklı iklime sahip coğrafyalar için ampirik denklemler içeren çeşitli modeller türetilmiştir. Literatürde, yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük güneş ışınımının hesaplanmasında kullanılan modellerde dünya dışı ışınımı, güneşlenme süresi, ortalama sıcaklık, yükseklik, enlem, boylam gibi parametreler kullanılmaktadır. Güneş enerjisi uygulamaları için bu parametrelerin bilinmesi gereklidir. Ancak birçok yerde ve durumda, güneş ışınım değerlerinin doğrudan ölçümü yapılamamaktadır. Bu nedenle toplam ışınımı tahmin etmek için ölçülen bazı meteorolojik verileri kullanan sayısal hesaplamalar etkili bir alternatif yöntem olarak tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, Konya-Beyşehir için mevcut literatürdeki yaygın modelleri kullanarak yatay yüzeye gelen toplam ve yayılı ışınım şiddetinin aylık olarak değişimleri belirlenmiştir. Angström-tip modeller ile elde edilen sonuçları Meteoroloji Genel Müdürlüğüne Beyşehir’de ölçülen ışınım verileri ile kıyaslayabilmek için istatistik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada, 10 yıllık uzun dönem aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı ve güneşlenme süresi verileri kullanılmıştır. Söz konusu veriler 2010-2020 yılları arasında, Konya’da yatay düzlem üzerine gelen günlük ortalama güneş ışınımı verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nün Konya’da bulunan 8. Bölge Müdürlüğü’nden temin edilmiştir. Günlük toplam güneş ışınımı değerleri (H) ve aylık ortalama gün uzunluğu (S) ise 10 yıllık verilerin ortalamasından belirlenmiştir. Çalışmada 20 farklı matematik denklemden oluşan ışınım modelleri kullanılmıştır. Modellerin denklem parametreleri tezin 3ncü bölümünde verildiği şekilde hesaplanmıştır. Modellerden hesaplanan sonuçlar regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Modellerden belirlenen değerler, 2010-2020 yılları arasında meteorolojik ölçüm değerleri ile kıyaslanarak, Konya-Beyşehir için uygun model önermesi yapılmıştır. Yayılı ışınımı hesaplamak için literatürden alınan 10 farklı model kullanılmış ve bu modellerin birbirileri ile uyumluluk kıyaslaması yapılmıştır. Kıyaslama sonucunda, Model 22, 23, 24, 26, 27 ve 28’in birbiriyle oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

Yine bu çalışmada, literatürden alınan 20 farklı modelden hesaplanan ışı nım değerlerinin Konya-Beyşehir için ölçülen toplam ışı nım değerleri ile istatistiksel yönden uyumlulu ğ u test edilmiştir. İncelenen model sonuçları ile ölçüm verileri ba ğ ıl hata yüzdesi (% e), belirlilik katsayısı (R^2), ortalama yüzde hata (MPE), ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE), ba ğ ıl hata karesi (SSRE), ba ğ ıl standart toplam hata (RSE), ortalama sapma hatası (MBE) ve karekök hatası (RMSE) gibi istatistiksel hata testleri kullanılarak kıyaslanmıştır. Bu çalışmada Konya-Beyşehir’de ölçülen ışı nım verilerini tahmin etmek amacı ile lineer, karekök, logaritmik, üssel ve küpkök olmak üzere beş farklı Angström-tip yeni model geliştirilmiştir. İstatistik analizler sonucunda Konya-Beyşehir için yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışı nımını belirlemede en uyumlu olan modelin küp kök denklemden oluşan Model E olduğuna karar verilmiştir.

KAYNAKLAR

Akinoglu B.G., Ecevit A., 1990, "Construction of a quadratic Model using modified Angstrom coefficients to estimate toplam solar radiation", Solar Energy, 45(2):85-92.

Akman, Yıldırım, 1990, "İklim ve Biyoiklim", Palme Yayın Dağıtım, Ankara.

Allen R.G.A., 1997, "Self calibrating method for estimating solar radiation from air temperature", Journal of Hydrologic Engineering, 2, 56-57.

Almorox J, Hontoria C., 2004, "Toplam solar radiation estimation using sunshine duration in Spain", Energy Conversion and Management; 45, 1529-35.

Angstrom A., 1924, "Solar and terrestrial radiation",. Report to the international commission for solar research on actinometric investigations of solar and atmospheric radiation", Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 50 (210), 121-126.

Anonim, 2011, Mevka Beyşehir İlçe Raporu, Konya, 3-4.

Anonymous, 2021, <https://www.mgm.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx?il=Konya&ilce=Beyşehir>. Accessed 01 November .

Aras, H., Ballı, O., and Hepbaşlı, A., 2006, "Estimating the horizontal diffuse solar radiation over the Central Anatolia Region of Turkey", Energy Conversion and Management, 47: 2240 – 2249.

Bakırcı K., Akolas H., Kaltakkıran G., Güner E., 2017, "Bayburt İlinde Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi İçin Model Seçimi", International Conference on Advanced Engineering Technologies, Bayburt.

Besharat F., Dehghan A.A., Faghieh A.R., 2013, "Empirical Models for estimating toplam solar radiation: A review and case study", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21, 798-821.

Bulut H., Buyukalaca O., 2007, "Simple Model for the generation of daily toplam solar-radiation data in Turkey", Applied Energy, 84, 477–491.

Bulut T, H., Büyükalaca, O., Yılmaz, T., 1999. Bazı iller için Güneş Işınım Şiddeti, Güneşlenme Süresi ve Berraklık indeksinin Yeni Ölçümler Işığında Analizi. Güneş Günü Sempozyumu, 25 - 27 Haziran, Kayseri, 22 - 29.

Çil, D., 2006, "Samsun'da yatay yüzeye gelen günlük tüm, yayılı ve direkt güneş ışınımı hesaplama Modeli" Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı.

Duffie J.A., Beckman W.A, 1991, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Durmaz, A.2007, "Eğik Yüzeyle Gelen Güneş Işınımının Analizi ve Cam Yüzeylerden Geçen Güneş Işınımının Tespiti" Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.

Ertekin, C., and Yaldiz, O. 2000, "Comparison of some existing models for estimating global solar radiation for Antalya -Turkey", Energy Convers. Manage., 41, 311–330.

Froblich C., London J., 1986, "Revised Instruction Manual on Radiation Instruments and Measurements", World Climate Research,Program, Publication Series No. 7, WMO/TD-No.149. World Meteorological Organisation: Geneva, 140.

Genç, Y., 2015, "Osmaniye İli İçin Yatay Yüzeye Gelen Güneş Radyasyon Tahmininde Yeni Model Geliştirilmesi" Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.

Kallioglu M, 2014, "Niğde İli İçin Yatay Yüzeye Gelen Günlük Tüm, Yayılı Ve Direkt Güneş Işınımını Hesaplama Modeli Geliştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.

Karakaya H., Avcı S., Ercan U., Kallioğlu M., 2019, “Şanlıurfa ilinde yatay yüzeye gelen anlık toplam güneş ışınımının Modellenmesi”, DÜMF Mühendislik Dergisi 10:1, 147-155.

Koçer, A., Şevik, S., Güngör, A. (2016), “Ankara ve ilçeleri için Güneş kolektörü optimum eğim açısının belirlenmesi”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 21(1), 63-78.

Li H, Maa W, Lian Y, Wang X, Zhao L., 2011, “Toplam solar radiation estimation with sunshine duration in Tibet, China”, Renewable Energy 36:3141-5.

Ma C.C.Y., Iqbal M., 1983, “Statistical comparison of Models for estimating solar radiation on inclined surfaces”, Solar Energy, 31, 313–317.

Manzano, A., Martín, M. L., Valero, F., & Armenta, C., 2015, “A single method to estimate the daily toplam solar radiation from monthly data”, Atmospheric Research, 166, 70– 82.

Mengeş H.O., Sonmete M.H., 2005, “Konya’da Aylık Ortalama Toplam Güneş Işınımının Tahmini İçin Mevcut Bazı Modellerin Karşılaştırılması”, Tarım Makinaları Bilim Dergisi, 1(3), 237-244.

Ogelman, H., Ecevit, A. and Taşdemiroğlu, E., 1984. A new method for estimating solar radiation from bright sunshine data, Solar Energy 33, 619 - 625.

Öner F., 2009, ”Güneş Enerji Sistemleri”, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi, 94. Sayısı.

Öztürk M, Özek N., Berkama B, 2012, “Isparta İçin Aylık Ortalama Günlük Toplam Güneş Radyasyonu Tahmininde Mevcut Olan Bazı Modellerin Karşılaştırılması”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18 (1), 13-27.

Page J.K., 1961, "The estimate of monthly mean values of daily total short-wave radiation on vertical and inclined surface from sunshine records for latitude 40°N to 40°S", Proc. UN Conference on New Sources of Energy, 4, 378–390.

Raja I.A., Twidell J.W., 1990, "Distribution of toplam insolation over Pakistan", Solar Energy, 44, 63-71.

Taze, G., 2010, "Düz Güneş Kollektörü Verimini Etkileyen Bazı Parametrelerin Deneysel İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.

Tiris, M., C. Tırıs, and I. E. Türe, 1997. Correlations of monthly-average daily toplam, diffuse and beam radiations with hours of bright sunshine in Gebze, Turkey, Energy Conversion and Management 37, 1417 - 1421.

Toğrul, I., and Toğrul, H. (2002). Toplam solar radiation over Turkey: comparison of predicted and measured data. Renewable Energy, 25(1), 55–67.

Ulgen, K., and Hepbasli, A. 2003, "Comparison of the diffuse fraction of daily and monthly global radiation for Izmir, Turkey", Energy Sources, 25, 637–649.

Ulgen K., Hepbasli A., 2004, "Solar radiation Models. Part 2: Comparison and developing new Models", Energy Sources, 26, 521–530.

Üstün İ., 2018, "Regresyon Ve Multi Regresyon Analizleri Kullanılarak Güneş Işınım Miktarının Tahmininde Yeni Modellerin Oluşturulması", Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.

Yiğit A., Atmaca İ., 2018. Güneş Enerjisi Ve Mühendislik Uygulamaları Kitabı, Dora Yayınları, Bursa.

YAYINLAR (TEZDEN)

Selçuk DARICI, Mehmet KÜÇÜKTEKİN, Estimation of total solar radiation in Konya-Beyşehir (Turkey), International Conference on Engineering Technologies ICENTE'21 – Konya, Turkey on 18-20 November 2021. Abstract Book, pp. 162.

