

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EĞİK YÜZEYLERE GELEN GÜNEŞ IŞINIMININ ANALİZİ VE CAM
YÜZEYLERDEN GEÇEN GÜNEŞ IŞINIMININ TESPİTİ**

Asım Fatih DURMAZ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2007**

Doç. Dr. Hüsamettin BULUT danışmanlığında, Asım Fatih DURMAZ'ın hazırladığı ‘Eğik Yüzeyle Gelen Güneş Işınımının Analizi ve Cam Yüzeylerden Geçen Güneş Işınımının Tespiti’ konulu bu çalışma 11/09/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Hüsamettin BULUT

Üye : Doç. Dr. Bülent YEŞİLATA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Kasım YENİGÜN

Bu Tezin Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim BOLAT
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1. Güneş Enerjisi	12
3.2. Güneş Işınımı	14
3.3. Güneş Işınım Modelleri	16
3.3.1. Yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınım modelleri	16
3.3.1.1. Liu ve Jordan modeli	17
3.3.1.2. Orgill ve Hollands modeli	18
3.3.1.3. Erbs ve arkadaşları modeli	18
3.3.1.4. Spencer modeli	18
3.3.1.5. Reindl ve arkadaşları modeli	18
3.3.1.6. Lam ve Li modeli	18
3.3.1.7. Louche ve arkadaşları modeli	19
3.3.1.8. Climed-2 modeli	19
3.3.1.9. Macagnan ve arkadaşları modeli	19
3.3.1.10. Hollands ve Crha modeli	19
3.3.2. Eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımı	20
3.3.3. Eğik düzleme gelen saatlik difüz ışınım modelleri	20
3.3.3.1. Liu ve Jordan modeli	20
3.3.3.2. Koronakis modeli	20
3.3.3.3. Circum modeli	21
3.3.3.4. Temps ve Coulson modeli	21
3.3.3.5. Klucher modeli	21
3.3.3.6. Orjinal Hay modeli	22
3.3.3.7. Ma ve Iqbal modeli	22
3.3.3.8. Reindl modeli	22
3.3.3.9. Muneer-bl modeli	22
3.3.3.10. Muneer-bs modeli	23
3.3.3.11. Skarveit ve Olseth modeli	23
3.3.3.12. Gueymard modeli	23
3.3.4. Eğik düzleme gelen saatlik direkt ışınım modelleri	24
3.3.4.1. Liu ve Jordan modeli	24
3.3.4.2. Jimenez ve Castro modeli	25
3.3.5. Eğik düzleme gelen saatlik yansıyan ışınım modeli	25
3.4. Camdan Mahal İçine Geçen Güneş Işınımı	26
3.5. İstatistiksel Kavramlar	26
3.6. Güneş Işınımı Ölçümünde Kullanılan Cihazlar	27
3.6.1. Piranometre	28
3.6.2. Pirradiometre	28
3.6.3. Pirheliometre	28
3.7. Güneş Işınım Ölçümü	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	36
4.1. Modellerin İstatistiksel Analizi	36
4.2. Camdan Mahal İçine Geçen Güneş Işınımının Tespiti	46
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	49
5.1. Sonuçlar	49

5.2. Öneriler.....	50
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	56
EKLER.....	57
ÖZET	110
SUMMARY	111

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

**EĞİK YÜZEYLERE GELEN GÜNEŞ IŞINIMININ ANALİZİ VE CAM YÜZEYLERDEN
GEÇEN GÜNEŞ IŞINIMININ TESPİTİ**

Asım Fatih DURMAZ

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman : Doç. Dr. Hüsamettin BULUT
Yıl: 2007, Sayfa: 111**

Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve analizi için eğimli yüzeylere gelen güneş ışınımının bilinmesi gerekir. Genellikle meteorolojik istasyonlarda yatay düzleme gelen güneş ışınımı ölçülmektedir. Bu ölçüm istasyonlarında eğimli yüzeye gelen güneş ışınım ölçümleri mevcut değildir. Bundan dolayı eğik düzleme gelen güneş ışınımı, yatay düzleme gelen güneş ışınımından yararlanan değişik tahmin yöntemlerinden hesaplanmaktadır. Bu çalışmada Şanlıurfa iklim koşullarında eğimli yüzeye gelen güneş ışınımı beş farklı açı için ölçülmüştür. Elde edilen veriler literatürde verilen modellerden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak, en uygun modeller tespit edilmiştir. En uygun modele göre camdan geçen güneş ışınımı hesaplanmış ve tablo değerleri ile karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Saatlik güneş ışınımı, güneş ışınımı modelleri, eğik yüzey, Şanlıurfa

ABSTRACT

Master Thesis

ANALYSIS OF SOLAR RADIATION ON INCLINED SURFACES AND DETERMINATION OF SOLAR RADIATION TRANSMITTED THROUGH GLASS SURFACES

Asım Fatih DURMAZ

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hüsamettin BULUT
Year: 2007, Page: 111**

Solar radiation incident on the tilted surfaces must be known for design and analysis of solar radiation systems. Generally, only solar radiation incident on horizontal surface is measured at many meteorological stations. At these meteorological stations, there aren't any measurements of solar radiation incident on the tilted surface. Therefore, solar radiation on tilted surface is measured by various prediction ways that benefit from incident solar radiation on horizontal surface. In this study, hourly global solar radiation on tilted surfaces is measured at five different slope angles in Şanlıurfa. The data obtained from measurements are compared with solar models for inclined planes and the best solar model for tilted surface is determined. According to the best model solar radiation transmitted through glass is calculated and compared with the data given in literature.

KEY WORDS: Hourly solar radiation, solar radiation models, tilted surface, Şanlıurfa

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının baŐından sonuna kadar her aŐamasında bana yardımcı olan, danıŐmanım Do. Dr. Hüsamettin BULUT'a, tezimi okuyarak değerli katkı ve önerileri için Do. Dr. Bülent YEŞİLATA, Yrd. Do. Dr. Kasım YENİGÜN ve Yrd. Do. Dr. M. Azmi Aktacir'e, ayrıca desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen eŐime, aileme ve Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma teŐekkürlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Değişik maddelerin yüzey yansıtma oranları	25
Çizelge 3.2. Aylık ortalama gün değerleri.....	30
Çizelge 4.1. Her bir açı için sırasıyla en uygun üç konfigürasyon	36
Çizelge 4.2. Camdan mahal içerisine geçen güneş ışınımı.....	47

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Yer yüzüne gelen güneş ışınım çeşitleri.....	15
Şekil 3.2. CM11 piranometresi	29
Şekil 3.3. Güneş ışınım şiddeti ölçüm şiddeti	30
Şekil 3.4. Fiber muhafazalı veri kaydedicisi (datalogger) ve bataryası.....	31
Şekil 3.5. Tasarlanan kaidenin gövde kısmının proje resmi.....	32
Şekil 3.6. Tasarlanan platform üç boyutlu görünüşü.....	33
Şekil 3.7. Eğimi ayarlanabilen platform ve CM11 piranometre.....	34
Şekil 3.8. Akış şeması	35
Şekil 4.1. 15° için Liu ve Jordan-Munerr(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	38
Şekil 4.2. 15° için Macagnan ve Arkadaşları-Munerr(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	38
Şekil 4.3. 15° için Lam ve Li-Munerr(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu.....	39
Şekil 4.4. 30° için Liu ve Jordan-Munerr(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	39
Şekil 4.5. 30° için Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	40
Şekil 4.6. 30° için Liu ve Jordan-Muneeer(bs)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	40
Şekil 4.7. 45° için Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	41
Şekil 4.8. 45° için Liu ve Jordan-Orijinal Hay-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	41
Şekil 4.9. 45° için Liu ve Jordan-Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	42
Şekil 4.10. 60° için Liu ve Jordan-Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	42
Şekil 4.11. 60° için Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	43
Şekil 4.12. 60° için Liu ve Jordan-Orijinal Hay-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu	43
Şekil 4.13. 90° için Orgill ve Hollands-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan kombinasyonu	44
Şekil 4.14. 90° için Hollands Crha-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan kombinasyonu	44
Şekil 4.15. 90° için Louche ve Arkadaşları-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan kombinasyonu	45
Şekil 4.16. Camdan mahal içerisine geçen güneş ışınımının karşılaştırılması	47

SİMGELER DİZİNİ

k_t	Saatlik berraklık indeksi
k_d	Difüz ışı nım oranı
k_D	Difüz ışı nım katsayısı
k_b	Direkt ışı nım katsayısı
I_t	Yatay düzleme gelen saatlik toplam ışı nım
I_o	Atmosfer dışı yatay düzleme gelen saatlik toplam ışı nım
I_d	Yatay düzleme gelen saatlik difüz ışı nım
I_b	Yatay düzleme gelen saatlik direkt ışı nım
I_{sc}	Güneş sabiti
τ_u	Atmosfer üst tabakasının iletme oranı
β	Eğim açısı
r_b	Direk ışı nım dönüşüm katsayısı
$I_{d,\beta}$	Eğik düzleme gelen saatlik difüz güneş ışı nımı
$I_{b,\beta}$	Eğik düzleme gelen saatlik direkt güneş ışı nımı
$I_{r,\beta}$	Eğik düzleme gelen saatlik yansıyan güneş ışı nımı
$I_{t,\beta}$	Eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışı nımı
θ_z	Zenit açısı
d	Deklinasyon açısı
e	Enlem açısı
ω	Saat açısı
θ	Güneş yükseklik açısı
I_g	Camdan geçen güneş ışı nımı
τ_y	Difüz ışı nımda camın geçirgenlik katsayısı
ρ	Yüzey yansıtma oranı
τ_d	Direkt ışı nımda yüzeyin geçirgenlik katsayısı
n	Gün sayısı

1. GİRİŞ

Gerçekte, bütün enerji kaynakları güneşten türemiştir. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre çok sayıda avantajı mevcuttur. Her şeyden önce, bol ve tükenmeyen tek enerji kaynağı güneştir. Temiz enerji türüdür; çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur. Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, saatin, hesap makinesinin veya deniz fenerinin, orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir. Dışa bağlı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır. Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır. İşletme masrafları ise birçok sisteme göre çok düşüktür (Uyarel ve Öz, 1987; Tırıs ve ark., 1997; Güngör ve ark., 2005).

İnsanoğlu günümüze kadar kendilerinin yaşam şartlarını daha uygun hale getirebilmek için çaba sarf etmişlerdir. İnsanların kendileri için konforlu ortam hazırlamaları enerji harcayarak sağlanmaktadır. Enerjinin büyük bir kısmı, binalarda ısı konfor şartlarını sağlamak için tüketilmektedir. Binaların uygun bir şekilde tasarımı ve binalarda enerjinin büyük miktarda tüketiminden sorumlu olan iklimlendirme sistemlerinin doğru bir şekilde boyutlandırılmasıyla, bu enerji tüketiminin önemli bir derecede aşağıya çekilmesi mümkündür. İklimlendirme cihazlarının boyutlandırılmasında soğutma yükü hesaplamalarının yapılması gereklidir. Güneş ışınımının dünya yüzeyinde değişik enlemlerdeki bölgelere gelen miktarının kesin tespiti birçok güneş uygulamasında önem taşımaktadır. Gelen güneş ışınımı değerlerinin bilinmesi halinde, binaların soğutma amaçlı ısı yüklerinin bulunması, pasif bina ısıtma sistemlerinin değerlendirilmesi ve performans

sonuçlarının irdelenmesi, güneş enerjisi toplama ve dönüşümünü sağlayan sistemlerinin çalışma performanslarının analiz edilmesine olanak sağlar (Yılmaz ve Bulut, 1996; Doğan, 2002; Güngör ve ark., 2005; Bulut ve ark., 2006).

Güneş gören açıklıklardan, özellikle pencerelerden gelen ısı kazancı, yazın soğutma yükünün önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bundan dolayı, doğru güneş ısı kazancı bilgileri, pik soğutma yükünün tahmini ve cihaz boyutlandırılması için binanın tasarım işlemi sırasında her zaman önemli olmuştur. Güneş ısı kazancı, literatürde bazı enlemler için verilen tablolardan veya tüm yerel parametreler biliniyorsa hesaplama sonucu tahmin edilebilir. Ancak bu tablolar kullanıldığında elde edilen iklimlendirme sisteminin kapasite hassasiyeti az olmaktadır. Özellikle büyük sistemlerde kapasite, farklı tablolar kullanıldığında çok fazla olmaktadır. Tablo kullanıldığında ortaya çıkan farklılıkların birkaç nedeni bulunmaktadır. Bunlardan ilki, kullanılan tabloların belirli enlem derecelerine göre hazırlanmış olmasıdır. Ara enlemlerde bu tablolar büyük farklılıklara neden olmaktadır. Diğer bir neden ise, aynı enlemlerde bulunan değişik illerde farklı iklimsel özelliklerin ve ışıınım değerlerinin olmasıdır. Oysa kullanılan tablolarda aynı enlem derecesinde bulunan yerleşim yerleri için gelen ışıınım şiddeti de aynı olarak kabul edilmektedir. Bir başka neden ise iklim şartlarının günümüzde sanayileşmenin de büyük etkisi ile değişiklik göstermesidir. Dolayısıyla kullanılan bir tablo zamanla hassasiyetini yitirmektedir (Hsieh 1986; Yılmaz ve ark., 1996; Bulut ve ark., 2006).

Bu çalışmanın temel amaçlarından biri değişik güneş ışıınımı modellerini inceleyerek elde edilen sonuçları karşılaştırdıktan sonra Şanlıurfa iklim şartlarına uyan güneş modelini belirlemektir. Ayrıca belirlenen bir cam çeşidine göre ısı kazancı olarak güney yöne bakan camdan geçen güneş ışıınım şiddeti değerlerinin Şanlıurfa için hesaplanması da temel hedeflerdendir.

Eğik düzleme gelen güneş ışıınım ve sıcaklık değerlerini ölçebilmek amacı ile bir kaide tasarlanmış ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan platform sayesinde üçer derece ara ile 0°-90° açıları aralığında güneş ışıınım şiddeti ölçülebilmektedir.

Eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınlm şiddeti değişik açılar (15° , 30° , 45° , 60° ve 90°) için ayın ortalama günlerinde ya da ortalama güne yakın günlerde ölçüm yapılmış, ölçümler sonucu elde edilen değerler literatürden tespit edilen modellerle yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen değerlerle istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve uygun modeller belirlenmiştir. 90° için belirlenen uygun modele göre camdan geçen güneş ışınlmı, Şanlıurfa şartlarında güney yöne bakan cepheler için hesaplanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Birçok mühendislik uygulamasında eğik düzleme gelen güneş ışınımı verilerine olan ihtiyaçtan ve eğik düzleme gelen güneş ışınımı ölçümleri olmamasından dolayı, araştırmacıların birçoğu güneş ışınımı modelleri ile ilgili çalışmalar yürütmüşlerdir. Aşağıda konu ile ilgili bazı çalışmalar verilmiştir.

Kılıç ve Öztürk (1983), yatay düzleme gelen günlük toplam ve anlık ışınımı, eğik yüzeye gelen anlık güneş ışınımını değişik modellerde kullanılan matematiksel denklemlerle ifade etmiştir.

Hsieh (1986), güneş ışınım açılarını, yatay düzleme gelen günlük toplam ve anlık ışınımı, eğik yüzeye gelen anlık güneş ışınımını farklı modellerle açıklamıştır.

Srivastava ve ark. (1995), günlük ve saatlik difüz ışınımı ölçmek için bir pranometre ve gölgelendirme halkası kullanmışlardır. Ölçtükları günlük difüz ışınım ile Duffe ve Beckman, Liu ve Jordan, Erbs ve ark. ve Bruno yöntemleriyle hesaplanan değerleri karşılaştırmışlardır. Ölçtükları saatlik difüz ışınım ile Hottel, Orgill ve Holland, Liu ve Jordan yöntemleriyle hesaplanan değerleri karşılaştırmışlardır.

Miguel ve ark. (1995), İspanya'nın Burgos kentinde 1981 ve 1986 yılları arasında yatay düzleme gelen toplam güneş ışınım şiddetini ölçmüşlerdir. Bu ölçülen değerlerden faydalanılarak eğimli yüzeye gelen saatlik ve günlük ışınım değerlerini üç farklı güneş ışınım modeli kullanarak hesaplamışlardır.

Yılmaz ve ark. (1996), ısı kazancı olarak camdan geçen toplam güneş radyasyonunu zamana bağlı olarak hesaplayan eşitlikleri işlem sırasını göz önüne alarak vermişlerdir. CAMRAD isminde Pascal programlama dilinde bir bilgisayar

programı geliştirerek, Adana, Ankara, Bursa, İstanbul, İzmir ve Şanlıurfa şehirleri için camdan ısı kazancı olarak geçen toplam güneş radyasyonunu çizelgelerde göstermişlerdir.

Behr (1997), eğik düzleme gelen ışınımın hesaplanması için üç model kullanılmıştır. Bu modellerden faydalanmak için on iki yıllık zaman dilimi içerisinde yatay düzleme gelen toplam, difüz ve yansıyan ışınım ve eğik düzleme gelen toplam güneş ışınımı ölçülmüştür. Modellerden elde edilen değerler ile ölçülen değerler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Kambezidis ve ark. (1997), ölçümler sonucu elde edilen eğimli yüzeylere gelen günlük toplam güneş ışınım şiddeti ile kaynaklarda yer alan değişik modellerden elde edilen güneş ışınım değerleri birbiri ile mukayese edilmiştir. Eğik düzleme gelen ışınımın hesaplanması için, Temps ve Coulson, Bugler, Reindl ve Gueymard modellerini kullanmışlardır.

Rehman ve Halawani (1997), on bir farklı ülke (Hindistan, Mısır, Sri Lanka, İspanya, Zimbabve, Yemen, Sudan, İtalya, Zambiya, Hong Kong ve Malezya) için Angström denklemi kullanılarak yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımını hesaplamışlardır. Ölçülen değerler ile hesaplanan değerler istatistiksel açıdan karşılaştırılmışlardır.

Fakıoğlu ve Ecevit (1998), günlük toplam ve saatlik olmak üzere direkt ve difüz güneş ışınım değerlerini analitik olarak bulmak için bir metod sunmuştur. Yöntem Türkiye'deki 32 istasyon için genişletilmiş ve günlük toplam ışınım değerine yalnızca gün sayısı değeri girilerek ulaşılabilen bir denklem vermiştir.

Hijazin (1998), Ürdün'ün Amman şehri için yatay düzleme gelen güneş ışınımına bağlı olarak saatlik berraklık indeksi ve saatlik difüz ışınım oranlarını incelemiş ve tablolar halinde sunmuştur. Saatlik difüz ışınım oranını belirlerken Orgill ve Hollands modelini kullanmıştır.

Remund ve ark. (1998), İsviçre’de altmış dört istasyonda on yıllık süre içerisinde eğik düzleme gelen toplam güneş ışınımı ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonucu elde edilen değerler modellerden elde edilen değerler birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Bulut ve ark. (1999), Adana, Kayseri, Ankara ve İstanbul illeri için yatay düzleme gelen güneş ışınım şiddetini, güneşlenme süresi ve berraklık indeksi değerleri ölçümlerini dikkate alarak analiz etmişlerdir. 1990 – 1996 yılları arasında Devlet Meteoroloji İşlerinden temin edilen 7 yıllık verileri kullanarak, yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınım şiddetini veren trigonometrik fonksiyonları türetmişlerdir.

Toğrul ve ark. (2000), Elazığ şehri için aylık yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımını hesaplamak için Angström denkleminde bulunan denklem sabitleri hakkında çalışma yapmışlardır. İnceledikleri denklemler yaz ve kış olmak üzere iki farklı dönemi temsil etmektedir.

Nijmeh ve Mamlook (2000), Ürdün için Liu ve Jordan modeli ile Hay modelini kıyaslamıştır. Bu kıyaslama için Ürdün’ün başkenti Amman’da yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınımı, yatay düzleme gelen difüz güneş ışınımı ve 45 ° eğimli yüzeydeki toplam güneş ışınımı ölçülmüştür. Çalışmada Ürdün için bir yıl boyunca iki modelin ölçülen değerlere göre yüzdelik hatalarını ve diğer istatistiksel değerlerini grafiksel olarak göstermiştir.

Li ve Lam (2000), üç farklı eğim açısı için Hong Kong’a ait 1996 ve 1997 yıllarına ait iki yıllık dataları kullanarak Klucher, Hay ve Perez modellerini değerlendirmişlerdir. Bu üç modelin istatistiksel analizlerine yer verilmiştir.

Ertekin ve Yıldız (2000), Antalya için yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınım değerlerini literatürde bulunan yirmi altı farklı güneş ışınım modeli ile karşılaştırmış ve istatistiksel olarak değerlendirmiştir.

Vartiainen (2000), Finlandiya'nın Turku şehrinde yirmi dört farklı eğimli yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınım şiddetini ölçmüş ve literatürden tespit etmiş olduğu beş farklı modelden (Liu ve Jordan, Hay, Reindl, Klucher ve Perez) elde ettiği değerlerle ölçülen değerleri karşılaştırmıştır.

Miguel ve ark. (2001), kuzey Akdeniz bölgesinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen güneş ışınım değerlerini kullanarak yatay düzleme gelen günlük ve saatlik difüz ışınım değerlerini veren modellerin performansını irdelemişlerdir.

Wong ve Chow (2001), günlük ve saatlik olarak toplam, direkt ve difüz radyasyonunu farklı güneş radyasyon modelleriyle incelemiştir. Saatlik toplam güneş radyasyonları ele alınıp sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Li ve ark. (2002), dik yüzeye gelen toplam güneş ışınımına direkt ışınımı ve yer yansıtma katsayısının etki ettiğini belirtmiştir. 1996 ve 1998 yılları arasında Hong Kong için saatlik veriler alınmış ve birçok matematiksel model arasında Muneer ve Perez modeli seçilmiş ve bu iki model kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

Notton ve ark. (2002), üç farklı yöntemi saatlik toplam güneş ışınımını kullanarak karşılaştırmışlardır.

Ulgen ve Hepbasli (2002), çalışmalarında yatay düzleme gelen toplam ve difüz güneş ışınım değerlerini çevre sıcaklığına bağlı olarak beşinci dereceden polinomial bir denklem ile ifade etmişlerdir. Tablolara sıcaklık ve toplam-difüz güneş ışınım değerleri arasındaki ilişkiyi göstermişlerdir. Ayrıca ölçüm yapılan son beş yıllık değerler göz önüne alınarak difüz ve toplam ışınım oranlarına yer verilmiştir.

Oliveira ve ark. (2002), Brezilya'nın Sao Paulo kenti için yeryüzüne gelen toplam ve difüz güneş ışınım değerlerini 1994 ve 1999 yılları arasında ölçmüşlerdir. Yatay düzleme gelen saatlik, günlük ve aylık difüz güneş ışınım değerlerinin hesaplanabilmesi için modeller geliştirmişlerdir.

Ülgen ve Hepbaşı (2003), İzmir ili için günlük berraklık indeksi ile günlük difüz katsayısı arasındaki ilişkiyi tespit etmişlerdir. 1994 ve 1998 yılları arasındaki 5 yıllık süre zarfında yatay düzleme gelen saatlik toplam ve difüz güneş ışınım değerlerini literatürde bulunan modellerle kıyaslamışlardır.

Sebahi ve Trabea (2003), yatay düzleme gelen günlük toplam, difüz güneş ışınım şiddetlerini ve güneşlenme sürelerini Mısır'ın dört şehri için ölçmüşlerdir. Birinci, ikinci ve üçüncü dereceden denklemlerle yatay düzleme gelen difüz güneş ışınımının toplam güneş ışınımına oranı, berraklık indeksi ve güneşlenme süreleri hesaplanmış ve ölçülen değerlerle kıyaslaması yapılmıştır.

Bashahu (2003), Senegal'in Dakar eyaleti için dokuz difüz radyasyon modeli incelenmiştir. On altı yıllık zaman dilimi içerisinde toplam ve difüz güneş ışınımı, güneşlenme süresi, berraklık indeksi ve sıcaklık değerlerini ölçmüşlerdir. Modellerden elde edilen değerleri istatistiksel olarak test etmişlerdir.

Bilbao ve ark. (2003), İspanya'da ki Kastilya ve Leon şehirlerinde yatay ve eğik düzleme gelen saatlik toplam ve difüz ışınım şiddetlerini ölçmüşler, eğimli yüzeyler için beş farklı modelin performansını irdelemişlerdir.

Mefti ve ark. (2003), Algeria ülkesi için eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınım değerlerini, ayın ortalama gününde ölçülen günlük güneşlenme süresinin fonksiyonu olarak belirlemiş ve hesaplamışlardır. Günlük güneşlenme süresi elli dört istasyonda gerçekleşmiştir.

Özel ve Pıhtılı (2004), yaz ve kış iklim şartlarında tek tabaka ve çift tabaka camdan oluşan pencerelerin ısı kazanç ve kayıplarını, MATLAB'da geliştirilen bir program yardımıyla hesaplamışlardır. Bunun için binalardaki pencerelerin yönleri dikkate alınarak tek cam ve çift cam olma durumlarına göre ısı akılarının zamana göre değişimleri grafikler halinde gösterilmiştir.

Babur ve Demirkol (2004), GAP (Şanlıurfa) bölgesi için meteorolojide kayıtlı deneysel ölçümlere ait günlük güneş radyasyon bilgilerini, literatürde mevcut teorik modellere uyumluluğunu grafiksel olarak karşılaştırmışlardır.

Ulgen ve Hepbaşlı (2004a), Türkiye geneli ve bazı iller için literatürde bulunan güneş radyasyon modellerini incelemiştir. 1983–2002 yılları arasında toplam 41 modele yer verilmiştir. Bu modellerden 15 tanesi Türkiye'nin tümü diğer modeller ise değişik yerleşim merkezleri içindir. Bu modeller dört grupta toplanmıştır. Bunlar; lineer modeller, polinomial modeller, açısız modeller ve diğer modellerdir.

Ulgen ve Hepbaşlı (2004b), Türkiye'deki büyük şehirler (İstanbul, Ankara ve İzmir) için yatay düzleme gelen toplam güneş ışımasını veren bazı ampirik denklemleri incelemişlerdir. İncelenen modellerin hata oranları saptanmış ve tablo halinde gösterilmiştir.

Al-Mohamad (2004), toplam, difüz ve direkt güneş ışıma şiddetleri, Angström denkleminde başlayarak değişik modellerle Suriye için hesaplamıştır. Hesaplamalar meteorolojik datalarla karşılaştırılmıştır. Bu hesaplama için bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Notton ve ark. (2004), mühendislikte güneş enerjisi uygulamaları için eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışıma değerinin hesaplanabilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Birçok site için yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş ışıma değerinin ölçüldüğü belirtilmiş ve eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışıma değerlerinin hesaplanması için modeller üzerinde çalışmalar yapmışlardır.

Chen ve ark. (2004), Çin'de bulunan kırk sekiz istasyonda 1994 ve 1998 yılları arasında yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışıma değerlerini ölçmüşler ve beş farklı modeli kullanarak hesapladıkları değerler ile kıyaslamışlardır.

Güngör ve ark. (2005), yatay ve farklı eğim açlarına sahip düzlemler üzerine gelen aylık ve saatlik ortalamalar bilgisayar ortamında yazılan bir program algoritması ile Mersin ili için hesaplanmıştır.

Jin ve ark. (2005), yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınımının hesaplanması ve denklem geliştirmek amacıyla Çin'e ait 69 farklı meteoroloji istasyonundan değerler alınmıştır.

Diez-Mediavilla ve ark. (2005), eğik düzleme gelen on farklı saatlik difüz ışınım modelini incelemiştir. İspanya'nın Valladolid kentinde güney yöne bakan 42° eğim açısında ölçüm yapmışlar ve modellerle karşılaştırmışlardır.

Tarhan ve Sarı (2005), Orta Karadeniz bölgesinde bulunan beş il (Amasya, Çorum, Ordu ve Tokat) için altı farklı modeli kullanarak yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınım şiddetini hesaplamışlardır.

Bulut ve ark. (2006), eğik yüzeye gelen güneş ışınımını deneysel olarak Şanlıurfa için ölçmüşlerdir. 15°, 30°, 45°, 60° ve 90° eğimli yüzeylere gelen güneş ışınım şiddetini, bir pisanometre ve veri kaydeticisi ile bilgisayar ortamına aktarmışlardır. Ölçülen eğik yüzey güneş ışınım değerleri literatürdeki değişik modellere göre hesaplanan değerlerle karşılaştırmışlardır.

Notton ve ark. (2006), Fransa için yatay düzleme gelen saatlik toplam ve difüz güneş ışınım şiddetlerini ölçmüşler ve ölçülen bu güneş ışınım değerlerini, on bir adet difüz güneş ışınım modeli ile hesaplanan değerleri ile istatistiksel olarak karşılaştırmışlardır.

Resheng ve ark. (2006), Çin'de bulunan seksen altı istasyonda yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınımını ölçmüşler, bu ölçümler ışığında Angström ve Bahel modellerini ölçümlerden elde ettikleri değerlere göre kıyaslamışlardır.

Aras ve ark. (2006), Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde bulunan on iki il (Afyon, Ankara, Çankırı, Çorum, Eskişehir, Kayseri, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Sivas ve Yozgat) için yatay düzleme gelen yirmi adet günlük difüz ışınım modelini incelemişlerdir.

Alam (2006), Hindistan'da bulunan dört farklı istasyonda 1995 ve 2002 yılları arasında ölçümler sonucu elde edilen yatay düzleme gelen toplam güneş ışınım değerleri ile üç farklı model kullanarak elde edilen değerlerle karşılaştırmışlardır.

Menges ve ark. (2006), Konya ili için yapılan ölçüm sonucu elde edilen yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınım değerleri ile literatürde bulunan elli farklı model kullanılarak yapılan hesaplamalardan elde edilen değerleri istatistiksel olarak değerlendirmişlerdir.

Eğik düzleme gelen güneş ışınımı ölçümlerinin analizi ile ilgili Türkiye'de herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Güneş ışınımı ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle yatay düzleme gelen güneş ışınım modelleri üzerinedirler.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Güneş Enerjisi

Enerji üretimi ve tüketimi, çağımızda milletlerin refah seviyesini gösteren bir ölçü olmuştur ve ekonomik gelişme enerji tüketimiyle aşağı yukarı orantılı değişmektedir. 1976 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde kişi başına tüketilen enerji 11.5 TET (Ton Eşdeğer Taşkömürü- 7×10^6 kcal) iken, bu miktar Kanada'da 10.0, Belçika, İsveç'te 6.0, İngiltere, Norveç ve Polonya'da 5.3, İsviçre ve İtalya'da 3.3, İspanya ve Yunanistan'da 2.2, Türkiye ve Suriye'de 0.74, Pakistan'da 0.2, Nijerya, Mali, Bangladeş ve Etiyopya'da 0.01'den daha azdır (Kılıç ve Öztürk, 1983).

Enerji kaynakları kendi içerisinde yenilenemez ve yenilenebilir olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Yenilenemez enerji kaynakları fosil kaynaklar (kömür, petrol, v.s.), hidrolik enerji ve nükleer enerji, yenilenebilir enerji kaynakları ise; güneş enerjisi, jeotermal enerji, gel-git enerjisi, dalga enerjisi, rüzgâr enerjisi v.s.'dir. Dünyada tüketilen enerjinin %90'ına yakını fosil kaynaklardan temin edilmektedir. Fosil kaynaklar içerisinde de en çok kullanılanı petroldür. Yapılan tahminlere göre fosil yakıtlar, bugünkü oranda kullanılmaya devam edilirse, yakın gelecekte tükenmeye başlayacaktır. (Kılıç ve Öztürk, 1983; Hsieh, 1986).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi, ülkelerdeki potansiyeline göre değişir. Örneğin gel-git enerjisinden, gel-git olayının sık rastlanıldığı Fransa, A.B.D, Kanada ve Avustralya gibi ülkelerde yararlanılırken, jeotermal enerji uygulamaları İzlanda, Yeni Zelanda, Japonya ve Rusya'da mevcuttur.

Gerçekte, bütün enerji kaynakları güneşten türemiştir. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir, güneşteki

hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Dünya güneşten gelen enerjinin sadece milyarda birini alır. Bu enerji miktarı 15 dakika depo edilebilse toplam dünya nüfusunun yıllık enerji ihtiyacı karşılanabilirdi. Güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşu yanında, insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici artıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi ve karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda üzerinde, yoğun çalışmaların yapıldığı bir konu olmuştur. Binaların ısıtılması, soğutulması, endüstriyel, bitkilerin kurutulması ve elektrik üretimi güneş enerjisinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardır (Kılıç ve Öztürk, 1983; Tırıs ve ark., 1997).

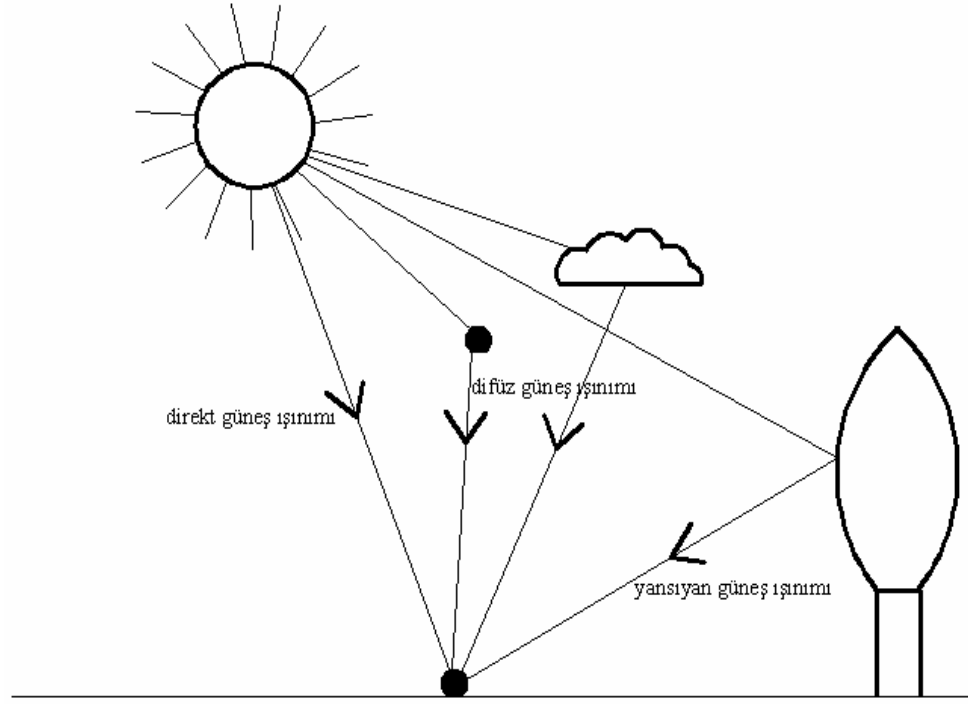
Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre çok sayıda avantajı mevcuttur. Her şeyden önce, bol ve tükenmeyen tek enerji kaynağı güneştir. Temiz enerji türüdür; çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur. Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, saatin, hesap makinesinin veya deniz fenerinin, orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir. Dışa bağlı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır. Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır. İşletme masrafları ise birçok sisteme göre çok düşüktür (Uyarel ve Öz, 1987).

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966–1982 yılları arasında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre, Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir.

3.2. Güneş Işınımı

Güneş ışınımının çoğu, fotosfer denilen nispeten daha soğuk olan güneşin yüzeyinden gelir. Güneş ışınimleri dünyaya gelişinde morötesi, gama ve X ışınlarını da ihtiva eder. Güneş ışınları dünya atmosferinden geçerken zararlı olan ışınların çoğu, görülebilir dalga boyundaki ışığın da bir kısmı filtrelenir.

Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışınımının değeri dünya-güneş mesafesi değiştiğinden sabit değildir. Bunun için ortalama dünya-güneş uzaklığındaki güneş ışınımı değerinin kullanılması hesaplamalarda kolaylık sağlar. Bu değere güneş sabiti denir. Atmosfer dışına gelen güneş ışınımı atmosferi geçerken atmosferde bulunan parçacıklar tarafından tutularak azalır. Kalan güneş ışınımı (atmosferik ışınım) atmosfer içindeki partikül, toz ve havadaki moleküller vasıtası ile yansımaya uğrar ve yönünün değişmesi ile saçılır ve binalar, dağlar, su yüzeylerinden yansımaya uğrar. Güneş ışınımının bu bölümüne difüz ve yansıyan güneş ışınımı, doğrudan yeryüzüne ulaşan kısmına da direkt güneş ışınımı denir. Difüz ışınım ile yansıyan ışınım arasındaki temel fark, difüz ışınımın atmosferdeki cisimlerden gelmiş olması, yansıyan ışınımın ise yeryüzündeki ağaç, kar, ayna vb. diğer yeryüzü cisimlerinden yansıtılarak alınmış olmasıdır. Yeryüzüne gelen toplam güneş ışınımı, direkt, difüz ve yansıyan güneş ışınımının toplamına eşittir (Santamouris ve ark., 1999; Gueymard, 2000; Li ve ark., 2002; Notton ve ark., 2006;).



Şekil 3.1. Yer yüzüne gelen güneş ışınım çeşitleri

Güneş ışınımının enerji yoğunluğu oldukça düşüktür. Güneşli bir yaz gününde optimum yöndeki bir metrekare alana gelen enerji miktarı hemen hemen bir litre petrolün verebileceği enerji miktarına eşittir. Bununla beraber yalnız dünyanın kara alanlarına düşen güneş ışınımı ile elde edilecek enerji miktarı, dünyanın yıllık enerji tüketiminden yaklaşık 2900 kat daha fazladır. (Yılmaz ve ark., 1996 ; Tırıs ve ark., 1997).

Yeryüzüne gelen güneş ışınımını çok sayıda değişken fonksiyonudur (Bulut ve ark., 1999). Bu faktörler;

- Astronomik faktörler (güneş sabiti, dünya güneş mesafesi, deklinasyon açısı).
- Coğrafik faktörler (bulunan yerin enlemi, boylamı ve deniz seviyesinden yüksekliği).
- Geometrik faktörler (yüzeyin azimut açısı, yüzeyin eğimi, güneş yükseklik açısı, güneşin azimut açısı).
- Fiziksel faktörler (hava moleküllerin saçması, atmosferdeki su buharının azalması, tozların saçması, ozon ve karbondioksitin yutması vs.).

- Meteorolojik faktörler (bulutların tesiri, çevrenin yanması) olarak sınıflandırılmaktadır

Belirlenen bu faktörlerin hepsinin tesiri teorik olarak hesaplamak zordur. Bu sebeple güneş ışınımı hesaplarında, daha çok ölçülen, güneş ışınımı verilerinden yararlanarak geliştirilen ampirik bağıntılar kullanılır.

3.3. Güneş Işınım Modelleri

Güneş enerjisinden faydalanan sistemlerin tasarımında öncelikle faydalanılabilir güneş ışınımının bilinmesi gerekir. Toplayıcıların boyutlandırılması, binalardaki ısı kazancının hesaplanması, binaların aydınlatma yükünün tayini, güneş fırınları, güneşsel güç sistemleri ve diğer bütün güneş enerjisi uygulamalarında yeryüzüne gelen güneş ışınımı miktarı esas alınır.

Eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınım şiddetinin hesaplanması için literatürde değişik modeller bulunmaktadır. Literatürde yatay düzleme gelen günlük ve saatlik toplam güneş ışınımının, yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınımının, eğimli yüzeylere gelen saatlik toplam, direkt, difüz ve yansıyan güneş ışınımının belirlenmesi için çok sayıda model mevcuttur. Eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımını hesaplamak için yatay düzleme gelen saatlik difüz, direkt ve yansıyan güneş ışınımının bilinmesi veyahut hesaplanması gerekmektedir.

3.3.1. Yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınım modelleri

Yatay düzleme gelen saatlik toplam ve difüz ışınımın şiddetlerinin bilinmesi özel araştırmalar ve mühendislik uygulamaları için gereklidir. Yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımının ölçülmesi birçok istasyonda yapılmakta olup ölçülen değerlere ulaşma imkânı kolaydır. Ancak yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınım şiddetini çok az sayıda istasyon özel çalışmalar için ölçmekte olup bu verilere ulaşma imkânı oldukça kısıtlıdır. Bundan dolayı değişik kaynaklarda yer alan yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınım modellerinden faydalanılarak mühendislik uygulamaları ve

özel çalışmalar için gerekli yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınım hesaplanabilmektedir. Yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınım şiddetinin belirlenmesinde kullanılan modeller saatlik berraklık indeksi ve difüz ışınım oranı gibi parametrelerin fonksiyonu olarak verilmiştir (Miguel ve ark., 2001; Wong ve Chow, 2001).

$$k_t = \frac{I_t}{I_0} \quad (3.1)$$

$$k_d = \frac{I_d}{I_t} \quad (3.2)$$

$$k_D = \frac{I_d}{I_0} \quad (3.3)$$

$$k_b = \frac{I_b}{I_0} \quad (3.4)$$

k_t saatlik berraklık indeksi, k_d difüz ışınım oranı, k_D difüz ışınım katsayısı, k_b direkt ışınım katsayısı, I_t yatay düzleme gelen saatlik toplam ışınım, I_0 atmosfer dışı yatay düzleme gelen saatlik toplam ışınım şiddeti, I_d yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınım, I_b yatay düzleme gelen saatlik direkt ışınım miktarını göstermektedir.

$$I_0 = \frac{24}{\pi} I_{sc} \left[\cos(e) \cos(d) \sin(w) + w \sin(e) \sin(d) \right] \left[1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi n}{365}\right) \right] \quad (3.5)$$

Burada I_{sc} güneş sabiti değeri 1353 W/m^2 'dir. e enlem açısı, d deklinasyon açısı, n Ocak 1'den itibaren gün sayısı, w gün doğuş saat açısıdır.

$$d = 23.45 \sin\left[\frac{2\pi n}{365}(n + 284)\right] \quad (3.6)$$

$$w = \text{ArcCos}(-\tan(e) \tan(d)) \quad (3.7)$$

3.3.1.1. Liu ve Jordan modeli

$$k_D = 0.271 - 0.2939k_b \quad (3.8)$$

$$k_t = (I_b + I_d) / I_0 = k_b + k_D \quad (3.9)$$

$$k_D = 0.384 - 0.416k_t \quad (3.10)$$

3.3.1.2. Orgill ve Hollands modeli

$$k_d = 1 - 0.249k_t; k_t < 0.35 \quad (3.11)$$

$$k_d = 1.577 - 1.84k_t; 0.35 \leq k_t \leq 0.75 \quad (3.12)$$

$$k_d = 0.177; k_t > 0.75 \quad (3.13)$$

3.3.1.3. Erbs ve arkadaşları modeli

$$k_d = 1 - 0.09k_t; k_t \leq 0.22 \quad (3.14)$$

$$k_d = 0.9511 - 0.1604k_t + 4.388k_t^2 - 16.638k_t^3 + 12.336k_t^4; 0.22 < k_t \leq 0.8 \quad (3.15)$$

$$k_d = 0.165; k_t > 0.8 \quad (3.16)$$

3.3.1.4. Spencer modeli

$$k_d = a_3 - b_3k_t; 0.35 \leq k_t \leq 0.75 \quad (3.17)$$

$$a_3 = 0.94 + 0.0118|e| \quad (3.18)$$

$$b_3 = 1.185 + 0.0135|e| \quad (3.19)$$

3.3.1.5. Reindl ve arkadaşları modeli

$$k_d = 1.02 - 0.248k_t; k_t \leq 0.3 \quad (3.20)$$

$$k_d = 1.45 - 1.67k_t; 0.3 < k_t < 0.78 \quad (3.21)$$

$$k_d = 1.147; k_t \geq 0.78 \quad (3.22)$$

3.3.1.6. Lam ve Li modeli

$$k_d = 0.977; k_t \leq 0.15 \quad (3.23)$$

$$k_d = 1.237 - 1.361k_t; 0.15 < k_t \leq 0.7 \quad (3.24)$$

$$k_d = 0.273; k_t > 0.7 \quad (3.25)$$

3.3.1.7. Louche ve arkadaşları modeli

$$k_b = -10.627k_t^5 + 15.307k_t^4 - 5.205k_t^3 + 0.994k_t^2 - 0.059k_t + 0.002 \quad (3.26)$$

$$k_d = 1 - k_b \quad (3.27)$$

3.3.1.8. Climed-2 modeli

$$k_d = 0.995 - 0.081k_t; k_t \leq 0.21 \quad (3.28)$$

$$k_d = 0.724 + 2.738k_t - 8.32k_t^2 + 4.967k_t^3; 0.21 < k_t \leq 0.76 \quad (3.29)$$

$$k_d = 0.180; k_t > 0.76 \quad (3.30)$$

3.3.1.9. Macagnan ve arkadaşları modeli

$$k_d = 0.995 + 2.3979k_t - 0.7033 \sin^2 \theta; k_t \leq 0.18 \quad (3.31)$$

θ güneş yükseklik açısıdır.

$$k_d = 1.123 - 1.220k_t - 0.000273 \sin \theta; 0.18 < k_t \leq 0.81 \quad (3.32)$$

$$k_d = 1.479 - 1.466k_t - 0.0810 \sin \theta; k_t > 0.81 \quad (3.33)$$

3.3.1.10. Hollands ve Crha modeli

$$I_d = I_t \left[\frac{\beta_1 - \sqrt{\beta_1^2 - 4x(1-x)(1-\rho^2 x^2)}}{2x(1-\rho^* x)} \right] \quad (3.34)$$

$$x = \frac{k_t}{\tau_u} \quad (3.35)$$

τ_u atmosfer üst tabakasının iletim oranı ve ω_1 alt tabaka yansıtma oranıdır.

$$\beta_1 = \frac{2}{\omega_1} - 1 + \rho x(1 - 2x) \quad (3.36)$$

Burada; ρ yüzey yansıtma oranı olup, $\tau_u = 0.855$; $\omega_1 = 0.985$ olarak alınabilir.

3.3.2. Eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımı

Mühendislik uygulamalarının ve güneş enerjisi ile ilgili çalışmaların büyük bir kısmı eğimli yüzeylerde gerçekleşmektedir. Örneğin; havalı güneş kolektörleri, sulu güneş kolektörleri, PV (fotovoltaik) paneller v.b. Ancak birçok meteoroloji istasyonunda eğimli yüzeye gelen saatlik toplam ışınım, direkt ışınım, difüz ışınım ve yansıyan ışınım ölçülmemektedir. Eğimli yüzeye gelen saatlik toplam ışınım ($I_{t,\beta}$); eğimli yüzeye gelen saatlik direkt ($I_{b,\beta}$), difüz ($I_{d,\beta}$) ve yansıyan ($I_{r,\beta}$) ışınımın toplamıyla hesaplanır (Santamouris, 1999; Gueymard, 2000; Li ve ark., 2002; Mediavilla, 2005).

$$I_{t,\beta} = I_{b,\beta} + I_{d,\beta} + I_{r,\beta} \quad (3.37)$$

3.3.3. Eğik düzleme gelen saatlik difüz ışınım modelleri

Eğimli yüzeylere gelen saatlik difüz güneş ışınımı literatürde bulunan modeller yardımı ile hesaplanabilmektedir. Bu modeller, yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınım modeli, eğim açısı ve direkt ışınım dönüşüm katsayısının fonksiyonu olarak ifade edilmiştir (Bulut ve ark., 2006; Notton ve ark., 2006; Notton ve ark., 2002; Vartiainen, 2000; Miguel ve ark., 2001).

3.3.3.1. Liu ve Jordan modeli

Eğik düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınımı;

$$I_{d,\beta} = \frac{1}{2} I_d (1 + \cos \beta) \quad (3.38)$$

denklemi ile bulunabilir (Notton ve ark., 2006). β eğim açısı, I_d ise yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınımıdır.

3.3.3.2. Koronakis modeli

Bu modelde eğik düzleme gelen saatlik difüz ışınım Liu ve Jordan modeli modifiye edilerek aşağıdaki denklem oluşturulmuştur (Notton ve ark., 2002).

$$I_{d,\beta} = \frac{1}{3} I_d (2 + \cos \beta) \quad (3.39)$$

3.3.3.3. Circum modeli

Bu modelde difüz güneş radyasyonu direkt ışınım dönüşüm katsayısının fonksiyonudur (Bulut ve ark., 2006).

$$I_{d,\beta} = I_d * r_b \quad (3.40)$$

3.3.3.4. Temps ve Coulson modeli

Temps ve Coulson, Liu ve Jordan denkleminde iki anisotropik terim eklemişler ve aşağıdaki denklemi bulmuşlardır (Miguel ve ark., 2001).

$$P_1 = 1 + \cos^2 \theta (\sin^3 \theta_z) \quad (3.41)$$

$$P_2 = 1 + \sin^3 \left(\frac{\beta}{2} \right) \quad (3.42)$$

$$I_{d,\beta} = \frac{1}{2} I_d (1 + \cos \beta) P_1 P_2 \quad (3.43)$$

3.3.3.5. Klucher modeli

Klucher, Temps ve Coulson modelini kısmen bulutlu bir gün için değiştirmiştir (Vartiainen, 2000).

$$F = 1 - (I_d / I_t)^2 \quad (3.44)$$

$$I_{d,\beta} = I_d \left[0.5 \left(1 + \cos \left(\frac{\beta}{2} \right) \right) \right] \left[1 + F \sin^3 \left(\frac{\beta}{2} \right) \right] \left[1 + F \cos^2 (\theta) \sin^3 (\theta_z) \right] \quad (3.45)$$

3.3.3.6. Orjinal Hay modeli

Hay, eğik düzleme gelen saatlik difüz ışınımı, yatay düzleme gelen saatlik güneş ışınımının ve isotropik F_{Hay} katsayısının fonksiyonu olarak vermiştir (Vartiainen, 2000).

$$F_{Hay} = \frac{I_t - I_d}{I_0} = \frac{I_b}{I_0} \quad (3.46)$$

$$I_{d,\beta} = I_d \left[F_{Hay} \left(\frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \right) + \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) (1 - F_{Hay}) \right] \quad (3.47)$$

3.3.3.7. Ma ve Iqbal modeli

Ma ve Iqbal eğik düzleme gelen saatlik difüz ışınımı farklı bir kolerasyonla ifade etmişlerdir (Bulut ve ark., 2006).

$$I_{d,\beta} = I_d \left[k_t r_b + (1 - k_t) \cos^2 \left(\frac{\beta}{2} \right) \right] \quad (3.48)$$

3.3.3.8. Reindl modeli

$$f = \sqrt{\frac{I_b}{I_t}} \quad (3.49)$$

$$I_{d,\beta} = I_d \left[(1 - F_{Hay}) \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) \left(1 + f \sin^3 \left(\frac{\beta}{2} \right) \right) + F_{Hay} r_b \right] \quad (3.50)$$

3.3.3.9. Muneer-bl modeli

Bulutlu bir gün için;

$$I_{d,\beta} = I_d \left[\cos^2 \left(\frac{\beta}{2} \right) + \frac{2b}{\pi(3 + 2b)} \left(\sin \beta - \beta \sin \beta - \pi \sin^2 \left(\frac{\beta}{2} \right) \right) \right] \quad (3.51)$$

b ışınım yayılım katsayısıdır (Notton ve ark., 2006).

$$\frac{2b}{\pi(3+2b)} = 0.04 - 0.82F_{Hay} - 2.0026F_{Hay}^2 \quad (3.52)$$

3.3.3.10. Muneer-bs modeli

Bulutsuz bir gün için;

$$I_{d,\beta} = I_d \left[T(1 - F_{Hay}) + F_{Hay} \left(\frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \right) \right] \quad (3.53)$$

$$T = I_d \left[\cos^2 \left(\frac{\beta}{2} \right) + \frac{2b}{\pi(3+2b)} \left(\sin \beta - \beta \sin \beta - \pi \sin^2 \left(\frac{\beta}{2} \right) \right) \right]^2 \quad (3.54)$$

denklemleri ile ifade edilir (Notton ve ark., 2006).

3.3.3.11. Skarveit ve Olseth modeli

$$Z = 0.3 - 2F_{Hay} \text{ ve } F_{Hay} \geq 0.15 \text{ olduğunda } Z=0 \quad (3.55)$$

$$I_{d,\beta} = I_d \left[F_{Hay} r_b + Z \cos \beta + (1 - F_{Hay} - Z) \left(1 + \frac{\cos \beta}{2} \right) - S(w_i, \Omega_i) \right] \quad (3.56)$$

burada son terim ihmal edilebilir (Vartiainen, 2000).

3.3.3.12. Gueymard modeli

Eğik düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınımı;

$$I_{d,\beta} = I_d [(1 - N_G)R_{d0} + N_G R_{d1}] \quad (3.57)$$

$$N_G = \max[\min(Y, 1), 0] \quad (3.58)$$

$$Y = 6.6667 \left(\frac{I_d}{I_t} \right) - 1.4167; \frac{I_d}{I_t} \leq 0.227 \quad (3.59)$$

Diğer durumlar için;

$$Y = 1.2121 \left(\frac{I_d}{I_t} \right) - 0.1758 \quad (3.60)$$

$$R_{d0} = \exp(a_0 + a_1 \cos \theta + a_2 \cos^2 \theta + a_3 \cos^3 \theta) + F(\beta)G(h) \quad (3.61)$$

$$a_0 = -0.897 - 3.364h' + 3.960h'^2 - 1.909h'^3 \quad (3.62)$$

$$a_1 = 4.448 - 12.962h' + 34.60h'^2 - 48.784h'^3 + 27.511h'^4 \quad (3.63)$$

$$a_2 = -2.270 + 9.164h' - 18.876h'^2 + 23.776h'^3 - 13.014h'^4 \quad (3.64)$$

$$a_3 = 0.312 - 0.217h' - 0.805h'^2 + 0.318h'^3 \quad (3.65)$$

$$F(\beta) = \frac{(1 - 0.2249 \sin^2 \beta + 0.1231 \sin(2\beta) - 0.0342 \sin(4\beta))}{(1 - 0.2249)} \quad (3.66)$$

$$G(h) = 0.408 - 0.323h' + 0.384h'^2 - 0.170h'^3 \quad (3.67)$$

$$h' = 0.01w \quad 1 \leq b \leq 2 \Rightarrow b = 1.5 \quad (3.68)$$

$$R_{d1} = \frac{(1 + \cos \beta)}{2} - \frac{\left\{ \frac{\beta \cos \beta - \sin \beta}{\pi} + \frac{(1 - \cos \beta)}{2} \right\}}{\left(1 + \frac{3}{2b} \right)} \quad (3.69)$$

bağıntıları ile hesaplanmaktadır (Miguel ve ark., 2001).

3.3.4. Eğik düzleme gelen saatlik direkt ışınım modelleri

3.3.4.1. Liu ve Jordan modeli

Bu modelde eğik düzleme gelen saatlik direkt güneş ışınımı aşağıdaki denklem ile ifade edilir.

$$I_{b,\beta} = I_b * r_b \quad (3.70)$$

I_b yatay düzleme gelen saatlik direkt güneş ışınımıdır. r_b direkt ışınım dönüşüm katsayısı olup;

$$r_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (3.71)$$

denklemini ile ifade edilir. θ_z zenit açısı olup aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$\cos \theta_z = \sin d \sin e + \cos d \cos e \cos \omega \quad (3.72)$$

d deklinasyon açısı, e enlem açısı, ω ise saat açısıdır. θ ise güneş yükseklik açısı olup güneye yöneltilmiş eğimli yüzeyler için aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$\cos \theta = \sin d \sin(e - \beta) + \cos d \cos(e - \beta) \cos w \quad (3.73)$$

3.3.4.2. Jimenez ve Castro modeli

Bu modelde eğik düzleme gelen saatlik direkt güneş ışınımının eğik düzleme gelen saatlik toplam ışınımının %80'sine eşit olduğunu gösterilmiştir. Bu model yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımının fonksiyonu olarak dikkat çekmektedir.

$$I_{b,\beta} = 0.8I_t \left(\frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \right) \quad (3.74)$$

3.3.5. Eğik düzleme gelen saatlik yansyan ışınım modeli

Eğik düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınımı;

$$I_{r,\beta} = \frac{1}{2} \rho I_t (1 - \cos \beta) \quad (3.75)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Burada ρ yüzey yansıtma oranını ifade etmektedir.

Çizelge 3.1. Değişik maddelerin yüzey yansıtma oranları

Yüzey	Yüzey yansıtma oranı
Taze kar	0.75
Su yüzeyi	0.07
Toprak	0.14
Kara yolu	0.04
Kozalaklı orman (kışın)	0.07
Sonbahar ormanı	0.26
Asfalt kaplı zemin	0.10
Beton kaplı zemin	0.22
Ölü yapraklar	0.30
Kuru çim	0.20
Yeşil taze çim	0.26
Bitümlü kumlu çatı	0.13
Kırılmış taş yüzeyler	0.20
Bina yüzeyleri, koyu (kırmızı tuğla vb.)	0.27
Bina yüzeyleri, açık (açık renk boyalar)	0.60

3.4. Camdan Mahal İçine Geçen Güneş Işınımı

Isı kazancına etki eden faktörlerin çoğu zamana bağlı olarak değişim gösterir. Camdan geçen güneş ışınımı zamana ve yere bağlı olarak değişir ve ısı kazancının önemli bir kısmını oluşturur. Camdan geçen ısının tespit edilebilmesi için dikkatli bir enerji analizi yapılması gerekmektedir. Çünkü yanlış hesaplamalar, istenen ısı konforu vermeyeceği gibi ısıtma ve soğutma sisteminin ilk yatırım masraflarının ve işletme giderlerinin artmasına neden olacaktır. Literatürde camdan geçen toplam güneş radyasyonunu gösteren tablolar mevcuttur. Bu tablolar bazı şartlar için hazırlanmıştır. Türkiye’de 40° enlem için hazırlanmış tablo değerleri, tüm şehirler için kullanılmaktadır. Fakat Türkiye’deki şehirler 36°-42° kuzey enlemleri arasında kalmakta ve değişik iklim şartlarına sahiptirler (Yılmaz ve ark., 1996; Özel ve Pıhtılı, 2004).

Camdan mahal içine geçen güneş ışınımı;

$$I_g = \tau_d I_{b,\beta} + \tau_y (I_{d,\beta} + I_{r,\beta}) \quad (3.76)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. τ_y difüz ışınımında camın geçirgenlik katsayısı olup $\tau_y = 0.79$ alınabilir. τ_d direkt ışınımında yüzeyin geçirgenlik katsayısı olup ışınım geliş açısına ve cam tipine bağlıdır. Tek cam için;

$$\tau_d = 0.88 - 7.39 * 10^{-3} * \theta + 3.48 * 10^{-4} * \theta^2 - 4.137 * 10^{-6} * \theta^3 \quad (3.77)$$

hesaplanır. Çift cam için;

$$\tau_d = 0.76 - 2.47 * 10^{-3} * \theta + 1.16 * 10^{-4} * \theta^2 - 2.548 * 10^{-6} * \theta^3 \quad (3.78)$$

olarak hesaplanabilir. θ , derece olarak güneş ışınımı geliş açısıdır.

3.5. İstatistiksel Kavramlar

Modellerin istatistiksel analizi için, ortalama sapma hatası (MBE), standart hata (RMSE) ve korelasyon katsayısı (CC) aşağıdaki denklemlerle hesaplanmıştır.

Ortalama sapma hatası, bir dağılımdaki tüm değerler arasındaki farkların ortalaması olan bir dağılım ölçüsüdür (Tekin, 2006).

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - x_i)}{N} \quad (3.79)$$

Burada; y_i hesaplanan değeri, x_i ölçüm değerini, N toplam veri sayısını ifade etmektedir.

Standart hata, merkezi eğilim ölçüsü olarak ortalama kullanıldığında, bir dağılımdaki tüm değerlerin, o serinin aritmetik ortalamasından sapmalarının karelerinin toplamının, serinin değer sayısına bölümünün kare kökünün alınmasıyla elde edilen bir dağılım ölçüsüdür (Gündüz, 1996).

$$RMSE = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2}{N} \right\}^{1/2} \quad (3.80)$$

\bar{x} ; x değerlerinin ortalamasını, \bar{y} ise y değerlerinin ortalamasını vermektedir.

Korelasyon katsayısı (CC) 3.81 nolu denklem ile ifade edilmektedir.

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\left\{ \left[\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right] \right\}^{1/2}} \quad (3.81)$$

3.6. Güneş Işınımı Ölçümünde Kullanılan Cihazlar

Işınım ölçme teknikleri ve ışınım ölçerlerle ilgili çalışmalar ondokuzuncu yüzyılda başlamıştır. Daha ziyade ikinci dünya savaşı sırasında askeri amaçlar için önem verilmiş ve daha sonra uzay araştırmalarında geliştirilmiştir. Dünyada ve ülkemizde farklı türden ışınım ölçümleri yapılmaktadır. Bunlardan bazıları; normal doğrultuda gelen direkt güneş ışınımı, yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı, atmosfer ışınımı, yer ve yüzeylerden yansıyan ışınım, eğik yüzeye gelen toplam güneş ışınım ölçümleridir.

3.6.1. Piranometre

Tüm güneş ışınımı ölçülür. Piranometre için; solarimetre, aktinometre veya ölçülen ışınımı kaydetme imkânı varsa, piranograf, solarigraf veya aktinograf isimleri de kullanılmaktadır. Diğer taraftan piranometrelerin üzerine bir gölgelendirme elemanı konarak güneşten gelen direkt güneş ışınımı önlenerek difüz ışınımı ölçmekte mümkündür.

Piranometrelerin çoğu yüzeylerin ışınım, yutma ve yansıtma özelliği esas alınarak geliştirilmiştir. Işınım düştüğü kısımda biri siyah diğeri beyaz iki yüzey bulunmakta, siyah yüzeyin sıcaklığı yutulan ışınım sebebi ile artmakta ve yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı ölçülmektedir. Piranometrelerin duyarlı bölümü dış sıcaklık ve rüzgardan etkilenmemesi için yarım küre şeklindeki cam kapakla kapatılır ve nem miktarını kontrol için iç kısma bir kurutma kovani yerleştirilir.

3.6.2. Pirradiometre

Pirradiometre ile kısa ve uzun dalga boylu (toplam) ışınım ölçülür. Bunlardan başka yer ışınımı ölçülen pirgeometre ve küresel bir yüzeye gelen toplam ışınım ölçülen (küresel pirradiometre) ve tüm ışınım ölçülen ışınım dalga ölçerler de mevcuttur. Spektrometrelerle de küçük dalga boyu aralıklarındaki güneş ışınımı ölçülür.

3.6.3. Pirheliometre

Normal doğrultuda gelen direkt güneş ışınımı ölçülür. Güneşi gören hacimsel açının eksenine dik olarak güneş ışınlarını dar bir açıdan görürler ve güneşi izlerler.

3.7. Güneş Işınım Ölçümü

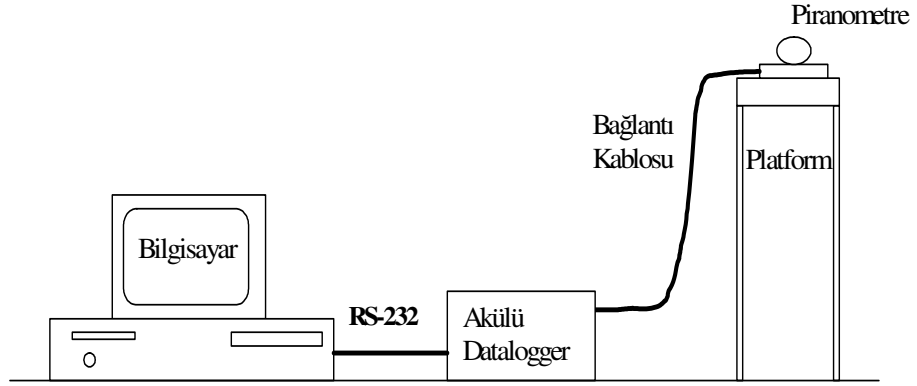
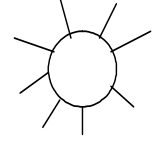
Şanlıurfa iklim şartlarında güneş ışınım şiddetini tespit etmek için anlık güneş ışınım şiddetini ve sıcaklığını ölçüp kaydeden bir sistem kurulmuştur. Güneş ışınım

şiddetini ölçmek için Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) tarafından da önerilen ve genellikle araştırma amacıyla kullanılan Kipp & Zonen CM11 piranometresi kullanılmıştır. Piranometre, bataryalı bir veri kayıt ve depolama aygıtı olan dataloggera bağlanmıştır. Belli aralıklarla dataloggerdaki anlık güneş ışınım şiddeti değerleri RS-232 kablosu ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Şekil 3.2’de kullanılan piranometre görülmektedir. Şekil 3.3’de anlık güneş ışınım şiddeti ölçüm sistemi şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 3.4’te bataryalı veri kayıt ve depolama aygıtı görülmektedir. Ek 1 ve 2’de sırasıyla CM11 piranometresinin teknik özellikleri ve kalibrasyon belgesi verilmiştir.



Şekil 3.2. CM11 piranometresi

Ölçüm sistemi Harran üniversitesi Mühendislik Fakültesi binasının çatısına kurulmuştur. Ölçüm noktasının coğrafik konumu GPRS ile ölçülmüştür. Ölçüm noktası 37° 10' N enlem, 38° 59' E boylam ve 511 m rakımdadır.



Şekil 3.3.Güneş ışıının şiddeti ölçüm şiddeti

Ölçümler, aylık ortalama gün değerlerinde yada aylık ortalama gün değerlerine yakın günlerde 2005–2007 yılları arasında alınmıştır. Bazı ölçümlerin aylık ortalama gün değerlerinde alınmamasının sebebi; aylık ortalama gün değerinin hafta sonuna denk gelmesi veya aylık ortalama gün değerini temsil eden günden farklı iklimsel yapıda olmasıdır. Tablo 3.2’de ayı temsil eden ortalama gün ve $n=1$ ’den 365’e kadar olmak üzere gün değerleri yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Aylık ortalama gün değerleri

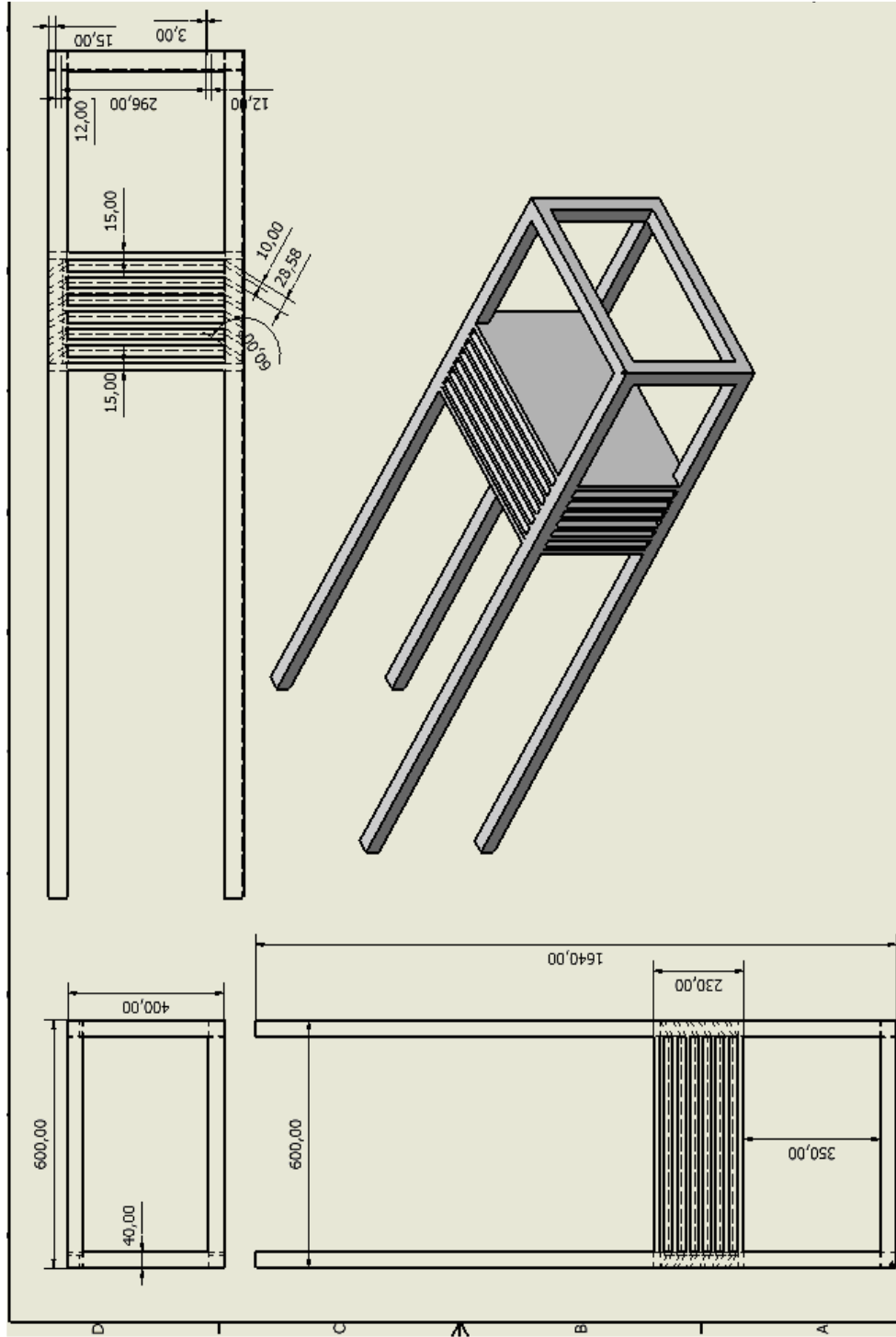
Aylar	Ortalama gün	Gün değeri, n
Ocak	17	17
Şubat	16	47
Mart	16	75
Nisan	15	105
Mayıs	15	135
Haziran	11	162
Temmuz	17	198
Ağustos	16	228
Eylül	15	258
Ekim	15	288
Kasım	14	318
Aralık	10	344



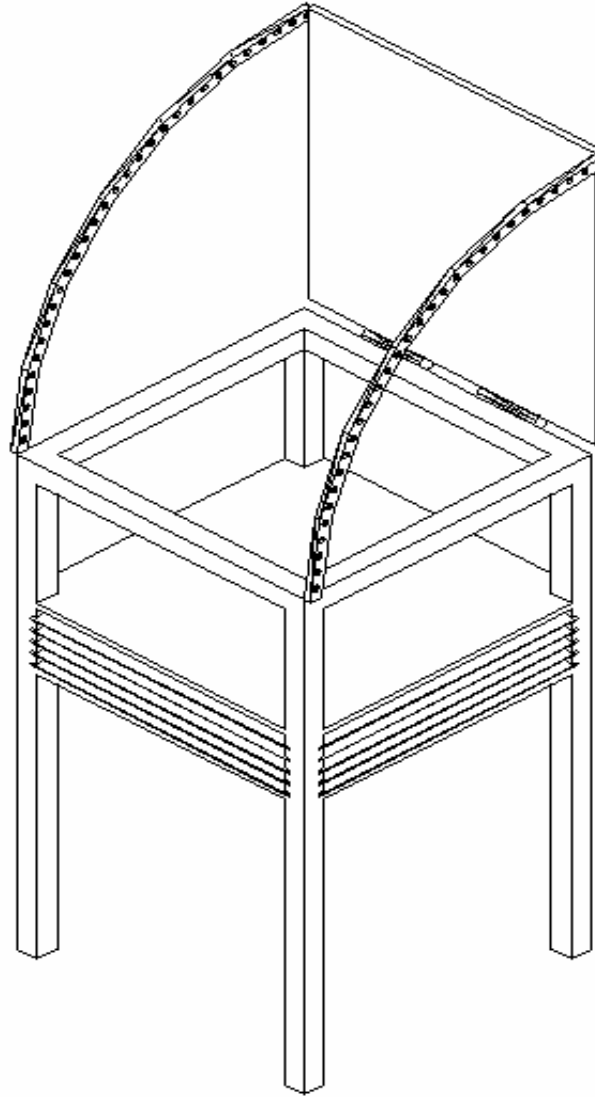
Şekil 3.4. Fiber muhafazalı veri kaydedicisi (datalogger) ve bataryası

Eğik düzleme gelen güneş ışınımı ölçümünün istenilen açılarda yapılabilmesi ve kullanım kolaylığı sağlayabilmek için güneş ışınımı ve sıcaklık ölçüm platformunun tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Tasarlanan platform ile üçer derece ara ile $0-90^\circ$ arasındaki istenilen açıda eğik düzleme gelen güneş ışınımı ölçülebilmektedir. Bu platform Şanlıurfa Meteoroloji İşleri İl Müdürlüğüne gidilerek standartlara yakın imal edilmeye çalışılmıştır.

Platform, 1640 mm yüksekliğinde 400–600 mm genişliğinde tasarlanmıştır. Platformun iskeleti 40–40 mm kare profillerden oluşmaktadır. Sıcaklık ölçümü için tabandan bir metre mesafede tahtadan panjurlar yapılmıştır. Panjurlar tahtadan yapılarak sıcaklık ölçülen haznenin ısıyı emerek sıcaklığın artması engellenmiştir. Panjurların yapımında kullanılan tahtalar 10 mm kalınlığında 47 mm genişliğindedir. Şekil 3.4’te ve şekil 3.5’te platformun projeleri, şekil 3.6’da ise CM11 piranometresi ve platform görülmektedir.



Şekil 3.5. Tasarlanan kaidenin gövde kısmının proje resmi



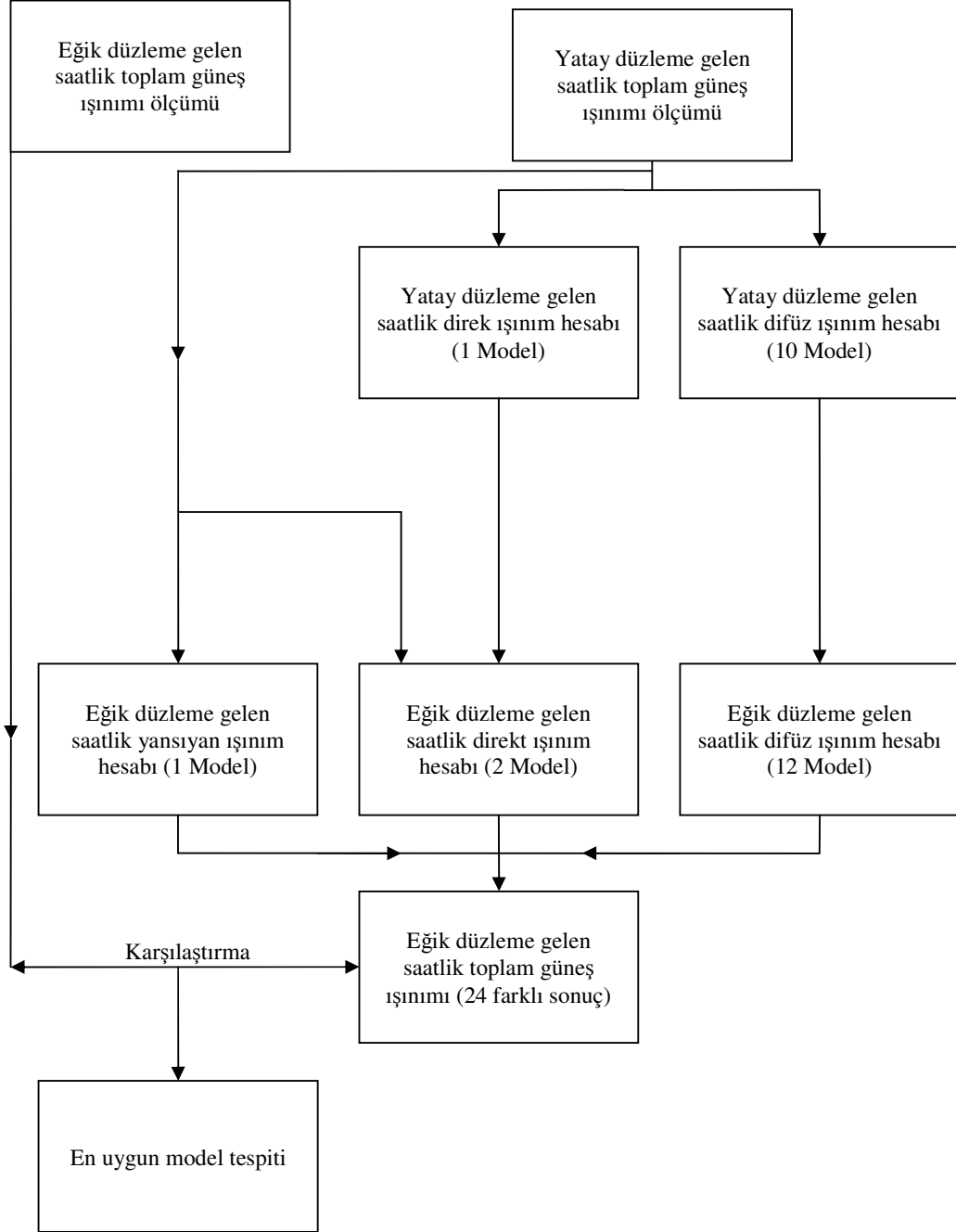
Şekil 3.6. Tasarlanan platform üç boyutlu görünüşü



Şekil 3.7. Eğimi ayarlanabilen platform ve CM11 piranometre

Literatürden tespit edilen modellerle eğik düzleme gelen toplam güneş ışınım hesaplanırken izlenen yol şekil 3.8’de gösterilmiştir. Eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımı ve yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımı piranometre ile ölçülmüştür. Yatay düzleme gelen saatlik direkt ve difüz ışınım, yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımı kullanılarak hesaplanmıştır. Eğik düzleme gelen saatlik direkt ışınım, yatay düzleme gelen saatlik toplam ve direkt güneş ışınımı kullanılarak hesaplanmıştır. Eğik düzleme gelen saatlik difüz ışınım, yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınımı kullanılarak hesaplanmıştır. Eğik

düzleme gelen saatlik yansıyan ışınım, yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar ve ölçümler sonucunda elde edilen eğik düzleme gelen saatlik toplam ışınım değerleri birbirleri ile karşılaştırılmış ve her bir açı için uygun modeller belirlenmiştir.



Şekil 3.8. Akış şeması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Modellerin İstatistiksel Analizi

Çalışmanın bu bölümünde kullanılan yöntemin güvenilirliğini belirlemek amacıyla ortalama sapma hata (MBE), standart hata (RMSE) ve korelasyon katsayısı (CC) değerleri hesaplanmıştır. Ek 3'te 15°, 30°, 45°, 60° ve 90° açıları için modellerden elde edilen değerlerle yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırmaları çizelgeler halinde yer almaktadır. Çizelge 4.1'de farklı açılar (15°, 30°, 45°, 60° ve 90°) için istatistiksel hesaplamalar sonucu elde edilen en iyi üç konfigürasyon sırası ile verilmiştir.

Çizelge 4.1. Her bir açı için sırasıyla en uygun üç konfigürasyon

Açı	Yatay Difüz Işınım Modeli	Eğik Difüz Işınım Modeli	Eğik Direkt Işınım Modeli	Eğik Yansıyan Işınım Modeli
15° (1)	Liu ve Jordan	Muneer(bl)	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
15° (2)	Macagnan ve Arkadaşları	Muneer(bl)	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
15° (3)	Lam ve Li	Muneer(bl)	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
30° (1)	Liu ve Jordan	Muneer(bl)	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
30° (2)	Liu ve Jordan	Koronakis	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
30° (3)	Liu ve Jordan	Munerr(bs)	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
45° (1)	Liu ve Jordan	Koronakis	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
45° (2)	Liu ve Jordan	Orijinal Hay	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
45° (3)	Liu ve Jordan	Liu ve Jordan	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
60° (1)	Liu ve Jordan	Liu ve Jordan	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
60° (2)	Liu ve Jordan	Koronakis	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
60° (3)	Liu ve Jordan	Orijinal Hay	Jimenez ve Castro	Liu ve Jordan
90° (1)	Orgill ve Hollands	Koronakis	Liu ve Jordan	Liu ve Jordan
90° (2)	Hollands ve Crha	Koronakis	Liu ve Jordan	Liu ve Jordan
90° (3)	Louche ve Arkadaşları	Koronakis	Liu ve Jordan	Liu ve Jordan

Yukarıdaki çizelgede modeller istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Ortalama sapma hata (MBE) ve standart hata (RMSE) değerlerinin küçük, korelasyon katsayısının (CC) ise büyük olması, o modelin güvenilirliğini göstermektedir. İstatistiki değerler her bir açı için ayrı ayrı hesaplanmış ve her bir açı için en iyi üç model belirlenmiştir.

15° için, Liu ve Jordan-Munerr(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonun hata payı diğer modellere göre daha düşüktür. 15° için, sırasıyla diğer uygun model kombinasyonları ise; Macagnan ve Arkadaşları-Muneeer(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan ile Lam ve Li-Muneeer(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan'dur. Bu kombinasyondaki modeller sırasıyla yatay düzleme gelen difüz ışınım modeli, eğik düzleme gelen difüz ışınım modeli, eğik düzleme gelen direkt ışınım modeli ve eğik düzleme gelen yansıyan ışınım modelini ifade etmektedir.

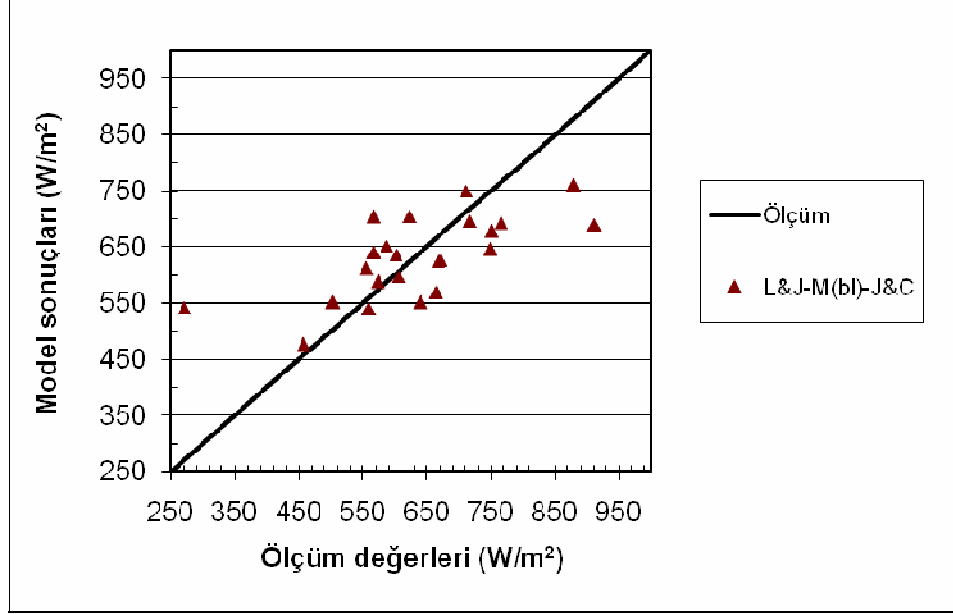
30° için, Liu ve Jordan-Munerr(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonun hata payı diğer modellere göre daha düşüktür. 30° için, sırasıyla diğer uygun model kombinasyonları ise; Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan ile Liu ve Jordan-Munerr(bs)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan'dur.

45° için, Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonun hata payı diğer modellere göre daha düşüktür. 45° için, sırasıyla diğer uygun model kombinasyonları ise; Liu ve Jordan-Orijinal Hay-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan ile Liu ve Jordan-Liu ve Jordan- Jimenez ve Castro- Liu ve Jordan'dur.

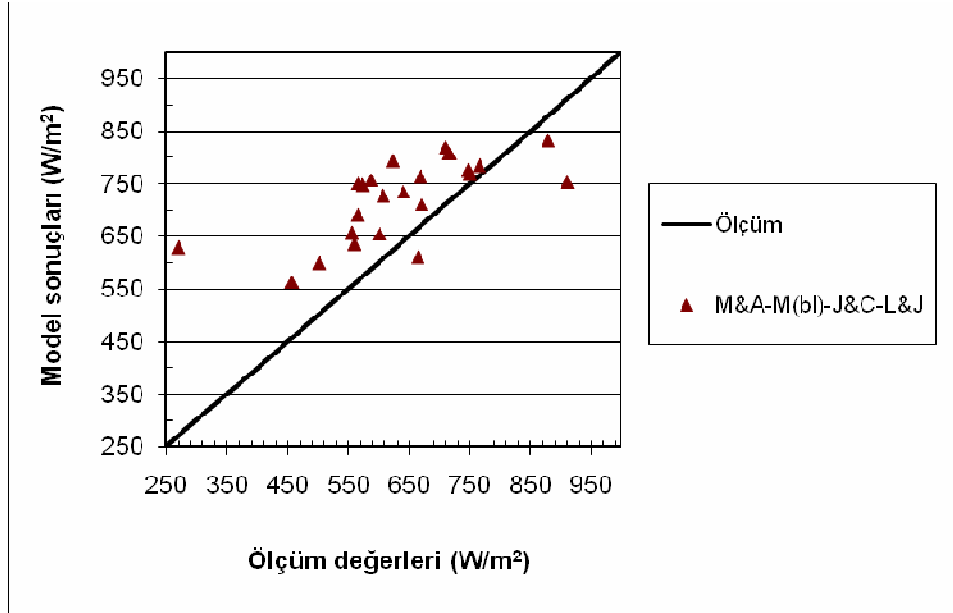
60° için, Liu ve Jordan-Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonun hata payı diğer modellere göre daha düşüktür. 60° için, sırasıyla diğer uygun model kombinasyonları ise; Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan ile Liu ve Jordan-Orijinal Hay-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan'dur.

90° için, Orgill ve Hollands-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan kombinasyonun hata payı diğer modellere göre daha düşüktür. 90° için, sırasıyla diğer uygun model kombinasyonları ise; Hollands ve Crha-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan ile Louche ve Arkadaşları-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan'dur.

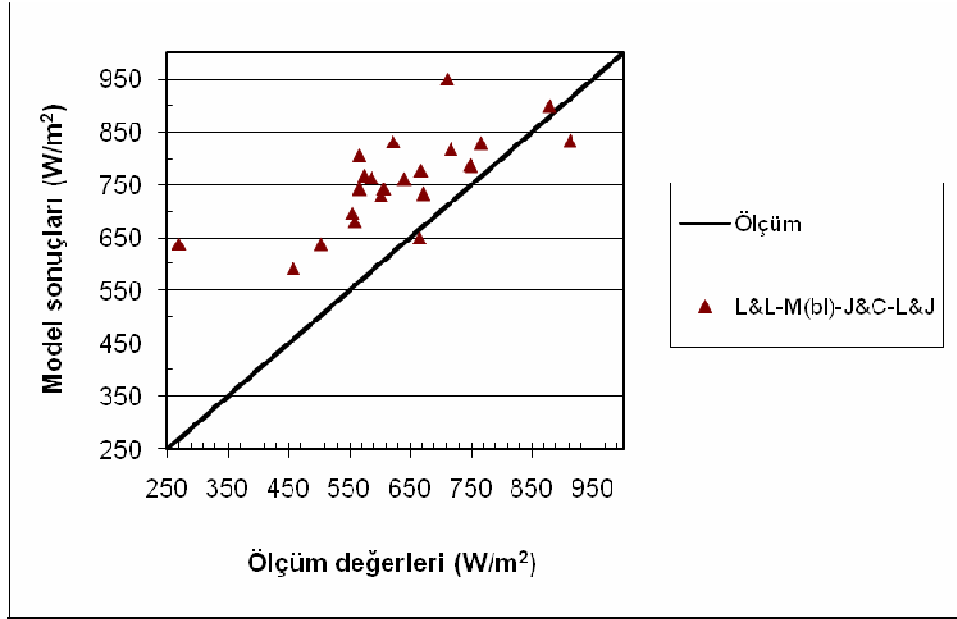
Aşağıdaki şekillerde değişik açılar için (15° , 30° , 45° , 60° ve 90°) ölçülen eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınım değerleri ile hata payı diğer modellere göre daha düşük üç model kullanılarak hesaplanan eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınım değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



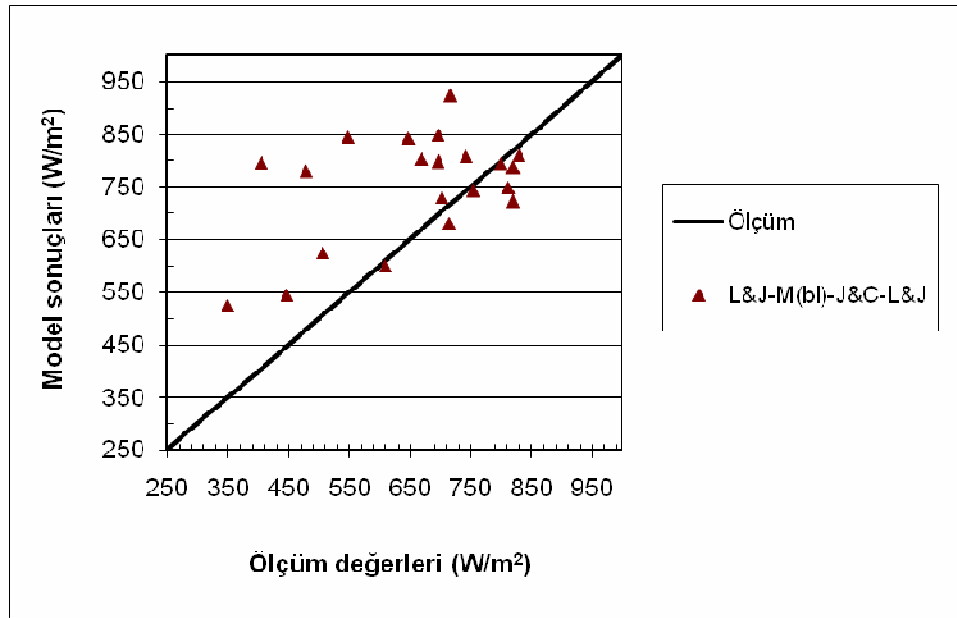
Şekil 4.1. 15° için Liu ve Jordan-Munerr(b)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu



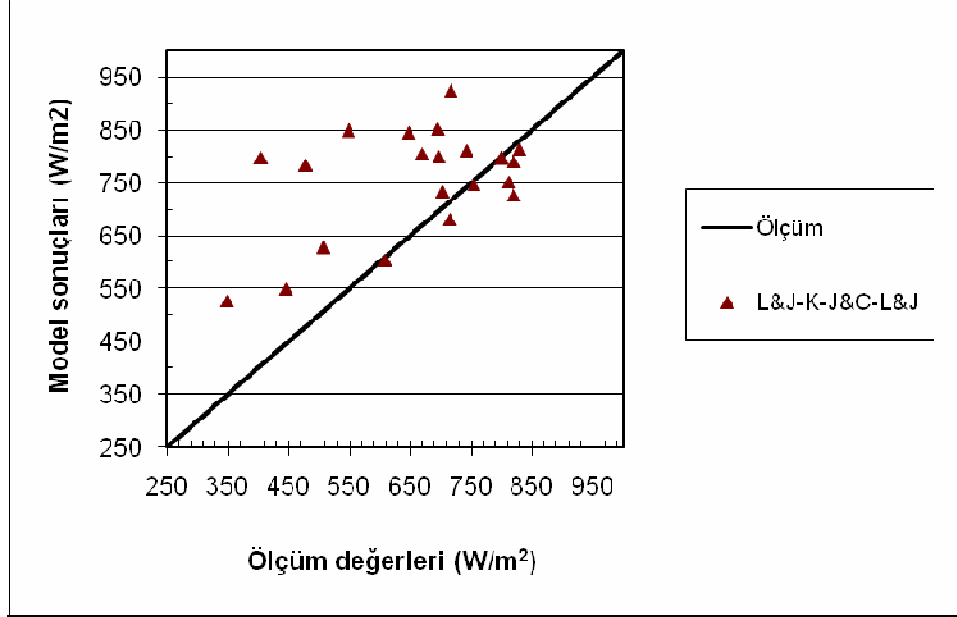
Şekil 4.2. 15° için Macagnan ve Arkadaşları-Munerr(b)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu



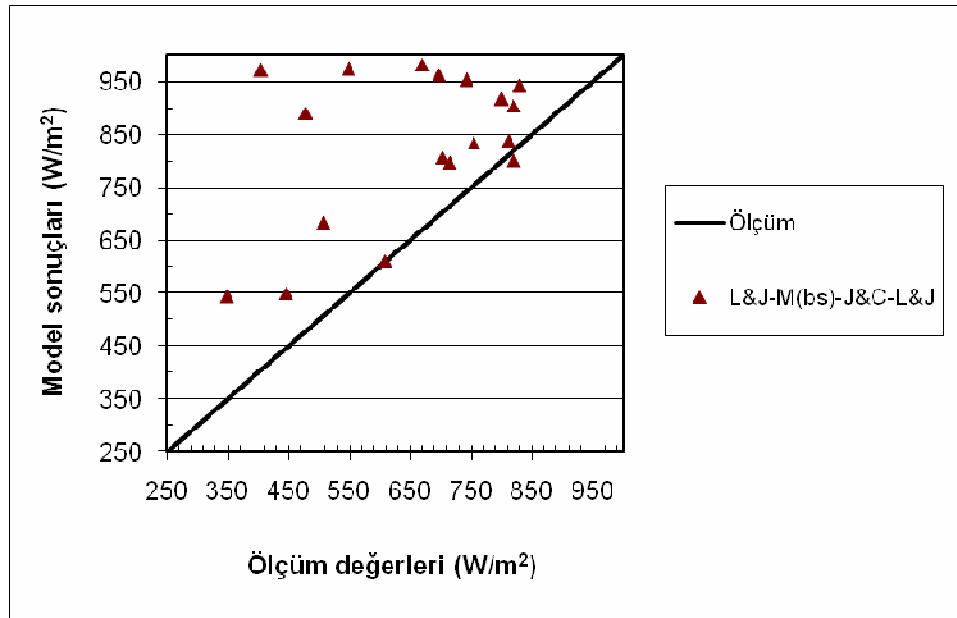
Şekil 4.3. 15° için Lam ve Li-Munerr(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu



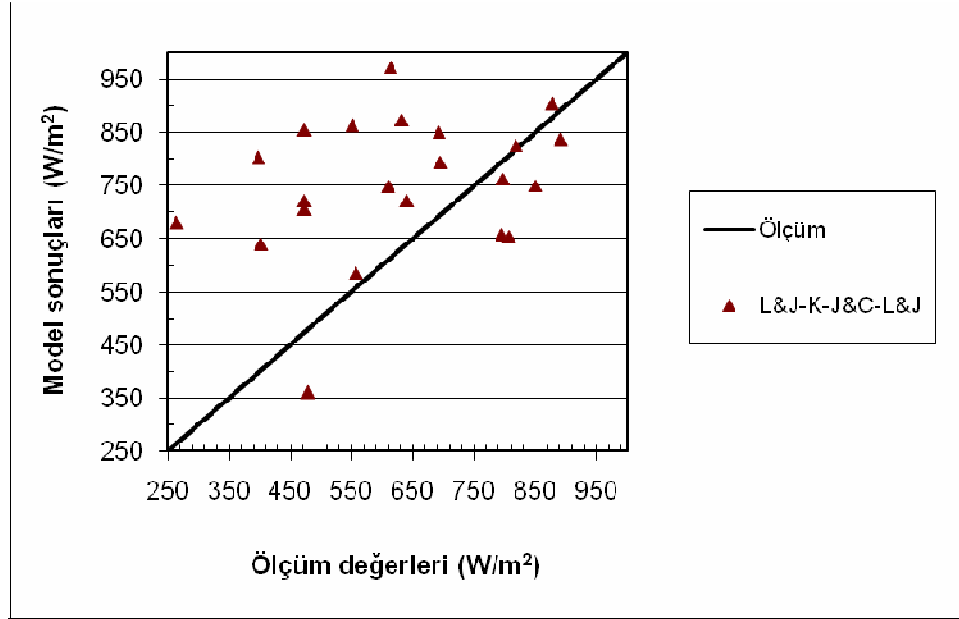
Şekil 4.4. 30° için Liu ve Jordan-Munerr(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu



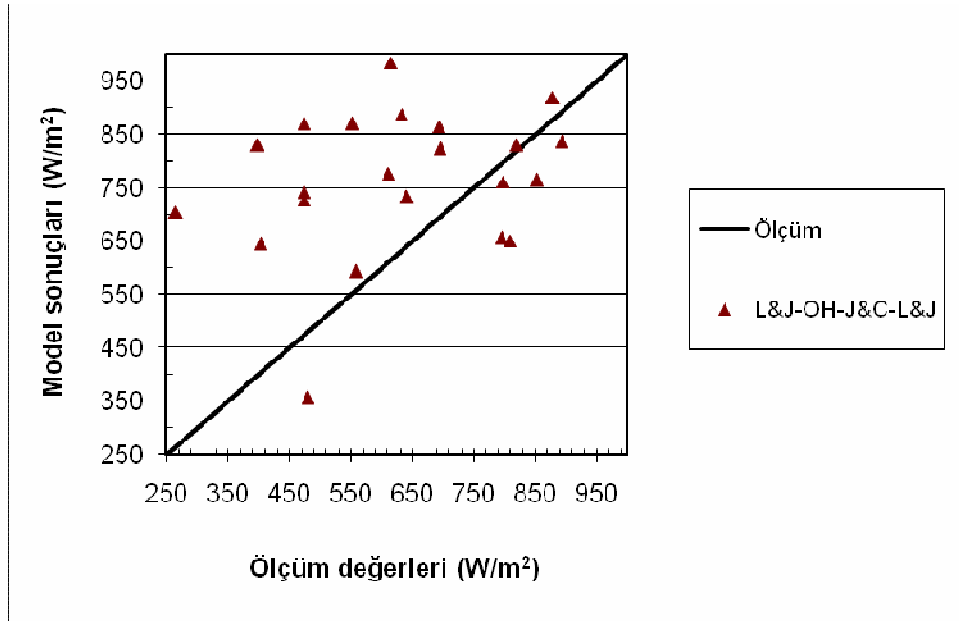
Şekil 4.5. 30° için Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu



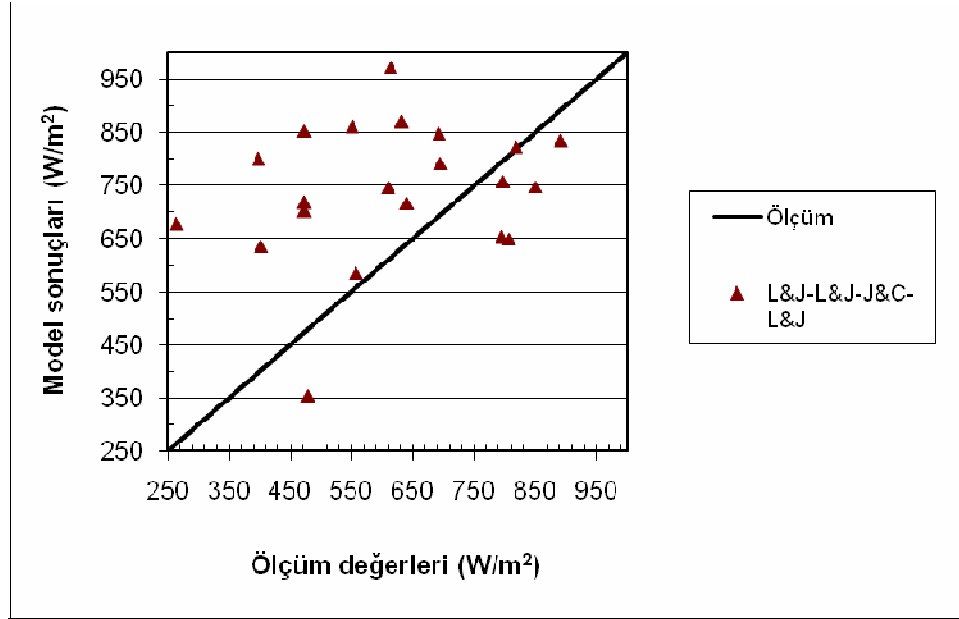
Şekil 4.6. 30° için Liu ve Jordan-Muneer(bs)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu



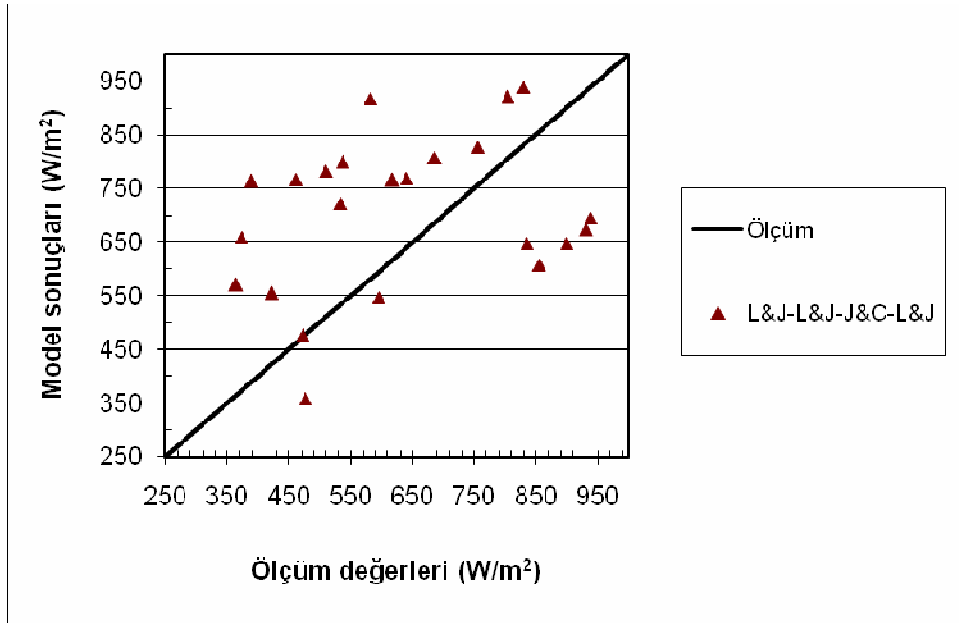
Şekil 4.7. 45° için Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu



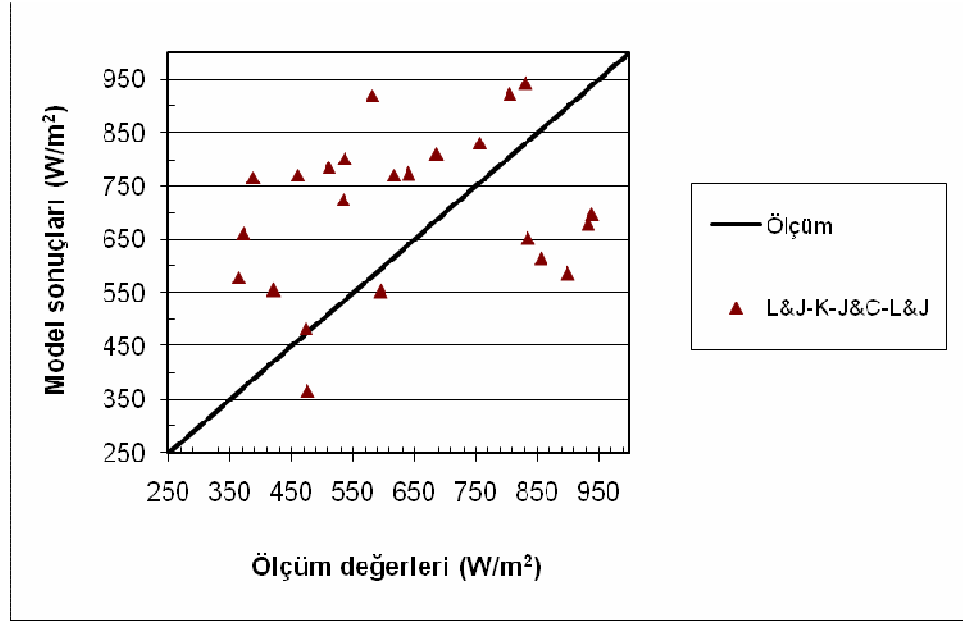
Şekil 4.8. 45° için Liu ve Jordan-Orijinal Hay-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu



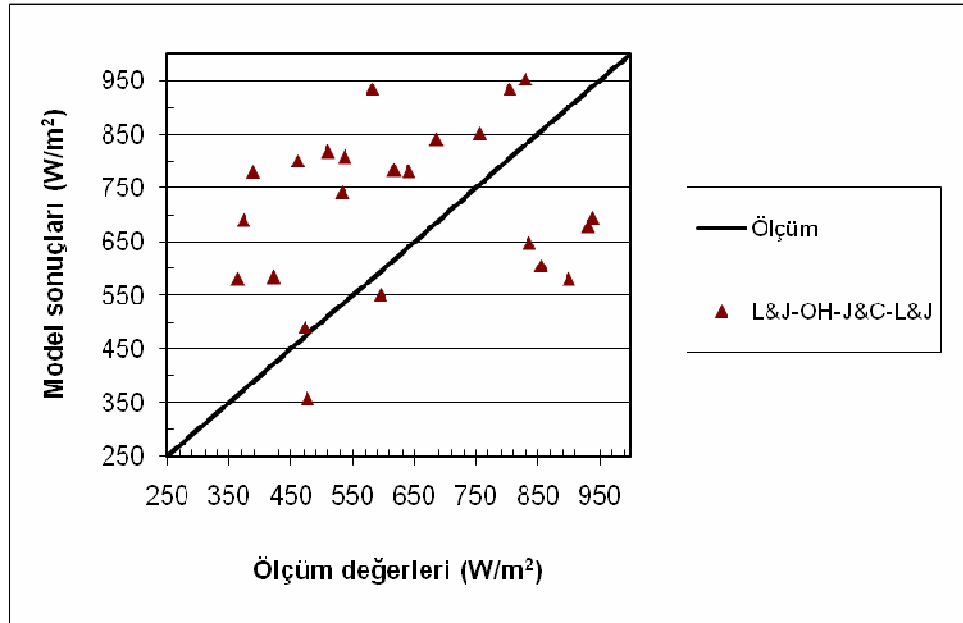
Şekil 4.9. 45° için Liu ve Jordan-Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu



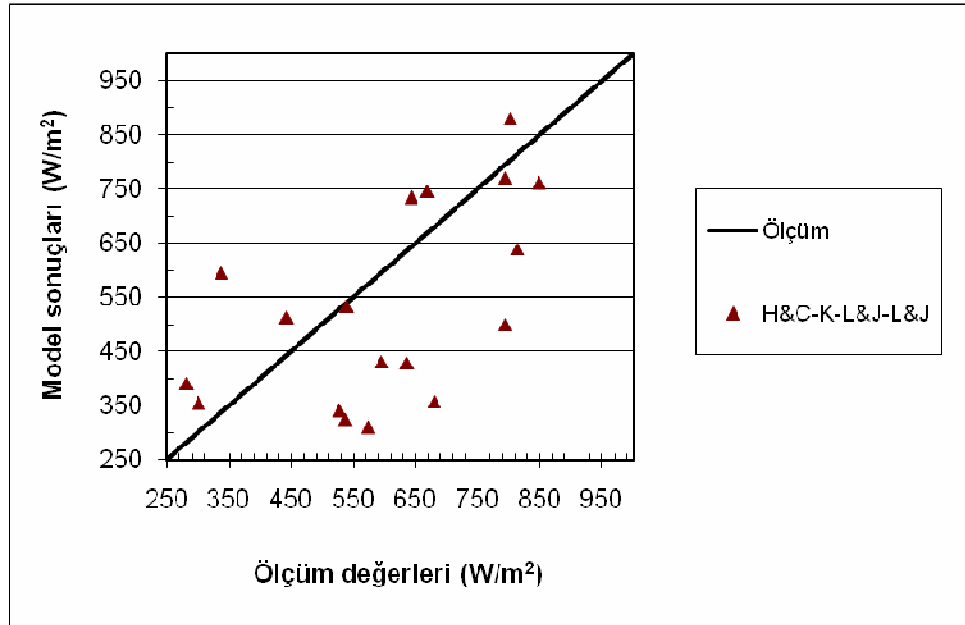
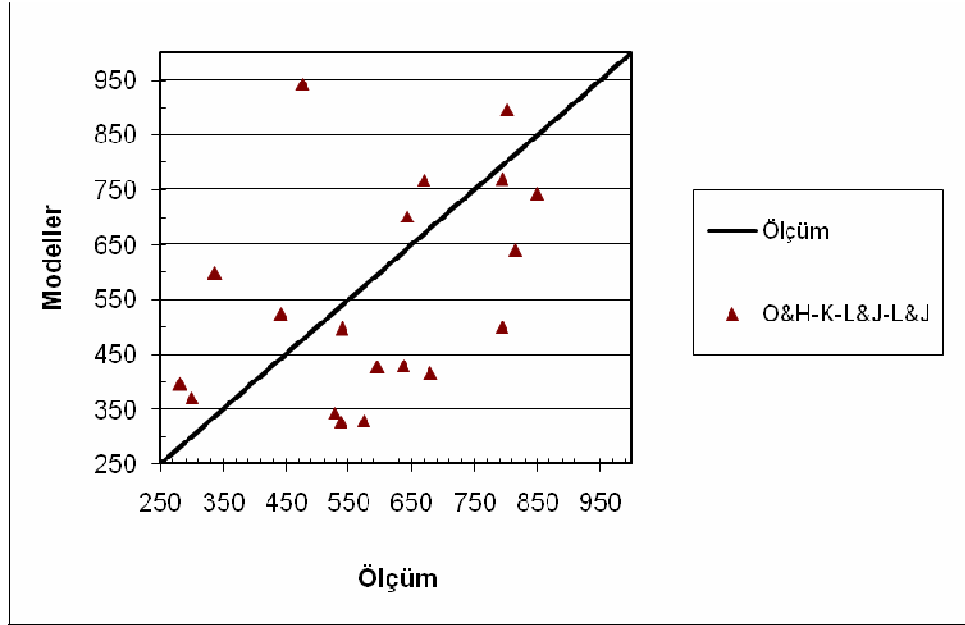
Şekil 4.10. 60° için Liu ve Jordan-Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu

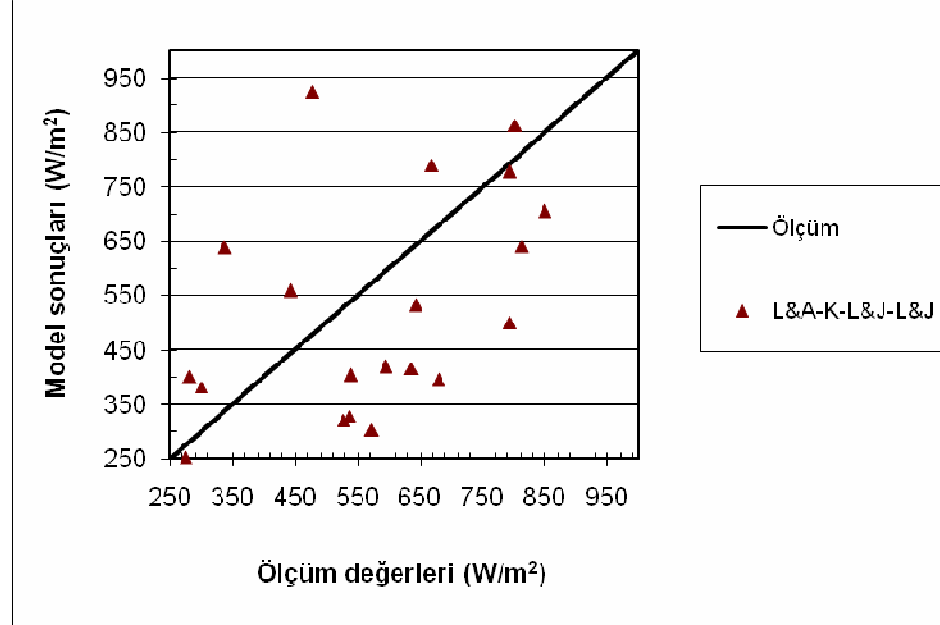


Şekil 4.11. 60° için Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu



Şekil 4.12. 60° için Liu ve Jordan-Orijinal Hay-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan kombinasyonu





Şekil 4.15. 90° için Louche ve Arkadaşları-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan kombinasyonu

Şekil 4.1., 4.2., ve 4.3'te görüldüğü gibi 15° için modellerle elde edilen güneş ışıınım değerlerinin ölçümler sonucu elde edilen değerlere paralellik gösterdiği görülmektedir. Bazı noktalarda modellerden elde edilen değerler ölçüm sonuçlarına göre kısmen büyük çıkmıştır.

Şekil 4.4., 4.5., ve 4.6'da görüldüğü gibi 30° için modellerle elde edilen güneş ışıınım değerlerinin ölçümler sonucu elde edilen değerlere paralellik gösterdiği görülmektedir. Düşük güneş ışıınım değerinin ölçüldüğü noktalarda modellerden elde edilen değerler ölçüm sonuçlarına göre daha büyük sonuçlar verdiği görülmektedir.

Şekil 4.7., 4.8., ve 4.9'da görüldüğü gibi 45° için modellerle elde edilen güneş ışıınım değerleri özellikle yüksek güneş ışıınım değerlerinin ölçüldüğü noktalarda daha iyi sonuçlar vermektedir. Ölçüm yapılan bazı günlerde modellerle ölçüm değerleri arasında bir paralellığın olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.10., 4.11., ve 4.12'da görüldüğü gibi 90° için modellerin birbiri ile uyumlu oldukları gözlemlenmiştir. Ölçülen güneş ışıınım değerlerine modellerle elde edilen değerler bazı günlerde yaklaşmış olsa bile modeller genelde yüksek güneş ışıınımının ölçüldüğü günlerde düşük değerler vermektedir.

Genel itibari ile modellerin kendi aralarında uyumlu olduğu gör÷lmektedir. Modellerden elde edilen değerler özellikle küçük açılarda daha iyi sonuçlar verdiği ve ölç÷len güneş ışınımına paralellik gösterdiği gör÷lmektedir.

4.2. Camdan Mahal İçine Geçen Güneş Işınımının Tespiti

Isı kazancına etki eden faktörlerin çoğu zamana bağlı olarak değişim gösterir. Camdan geçen güneş ışınımı zamana ve yere bağlı olarak değişir ve ısı kazancının önemli bir kısmını oluşturur. Camdan geçen ısının tespit edilebilmesi için dikkatli bir enerji analizi yapılması gerekmektedir.

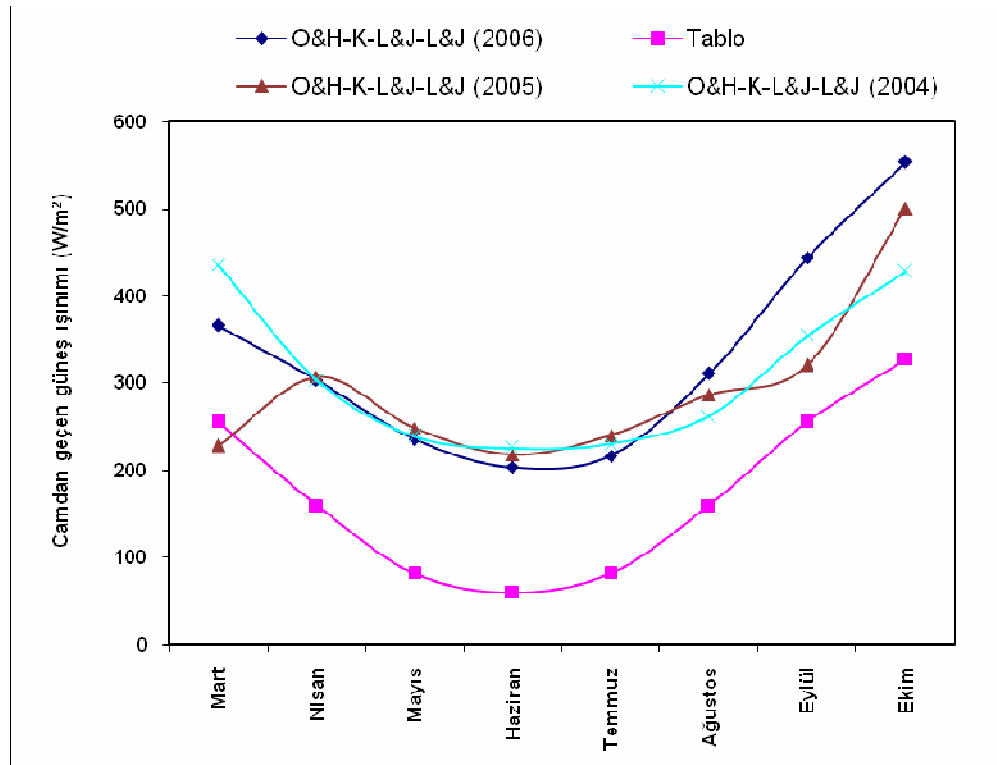
Bu çalışmada değişik açılar (15°, 30°, 45°, 60° ve 90°) için eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımı değerleri ölç÷lmüş ve literatürde bulunan değişik modeller vasıtası ile eğik düzleme gelen toplam saatlik güneş ışınımı hesaplanmıştır. Hesaplanan ve ölç÷len güneş ışınım değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve uygun güneş ışınım modeli her açı için ayrı ayrı belirlenmiştir.

Camdan geçen saatlik toplam güneş ışınım değerini belirlemek için 90° eğiminde bir yüzeye gelen, direkt ışınımın, difüz ışınımın ve yansıyan ışınımın bilinmesi gerekmektedir. Şanlıurfa iklim şartlarında güney yönüne bakan 90° eğimli yüzey için belirlenen Orgill ve Hollands-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan konfigürasyonu yardımı ile bu ışınımlar hesaplanmış ve camdan mahal içerisine geçen güneş ışınım değeri belirlenmiştir. Belirlenen değerler, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan tablo değerleri ile karşılaştırılmıştır. Şanlıurfa iklim şartlarında soğutma yapılabilecek Mart-Ekim ayları arasında camdan geçen güneş ışınımı aşığıdaki tablo 2004-2005-2006 yılları belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Camdan mahal içerisine geçen güneş ışınımı

Ay	Saat	Model (2004)	Model (2005)	Model (2006)	Tablo değerleri
Mart	15:00	435.52	228.18	367.00	255.81
Nisan	15:00	303.71	307.25	303.67	160.46
Mayıs	15:00	239.15	248.59	235.85	82.56
Haziran	15:00	225.41	218.12	203.78	60.46
Temmuz	15:00	230.11	240.38	216.87	82.56
Ağustos	15:00	262.15	287.07	310.70	160.46
Eylül	15:00	353.93	320.57	443.60	255.81
Ekim	15:00	428.17	500.24	553.64	327.90

Şekil 4.16’da her ayın ortalama gün değerlerinde ya da ortalama gün değerine yakın günlerinde camdan mahal içerisine geçen güneş ışınım şiddeti modelden elde edilen değerler ile tablo değerleri grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.16. Camdan mahal içerisine geçen güneş ışınımının karşılaştırılması

Grafikte’de görüleceği üzere tablo değerleri ile modelden elde edilen değerler arasında belirgin bir fark vardır. Şanlıurfa için belirlenen en uygun model

kullanılarak elde ettiğimiz değerler tablo değerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Yıllara göre modelden elde edilen değerler arasında bir uyum söz konusudur. Bazı aylardaki küçük farklılıklar o günün iklimsel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Tablo değerlerinin çizdiği eğri ile modelden elde edilen değerlerin çizdiği eğri arasında paralellik söz konusudur. Tablo değerleri 40° kuzey enlemi ve güney yönüne bakan yüzeyler için hazırlanmıştır. Camdan geçen güneş ışınım şiddeti, yaz aylarında bir azalış göstermekte olup kış aylarına doğru ise artmaktadır. Bunun sebebi kış aylarında güneş ışınımının eğimli yüzeylere daha dik geliyor olmasıdır. Yaz aylarında ise güneş ışınımı eğimli yüzeylere daha eğik geldiğinden değerlerde bir düşüş görülmektedir. Hazırlanan tablolar zamanla yenilenmediğinden değişen iklim koşullarını tam olarak yansıtamamaktadır. Ayrıca tablolar belirli enlem açıları için hazırlanmış olup, her enlem açısı için tablo bulunmamaktadır. Kaldı ki her enlem açısı için bir tablo hazırlanmış olsa bile aynı enlemde bulunan iki farklı yerleşim merkezinin farklı iklimsel koşullara sahip olmasından dolayı yine hatalara sebebiyet verecektir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Yapılan bu tez çalışması ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Eğik düzlemler için güneş ışınımı modellerden elde edilen sonuçların birbirleri ile paralellik gösterdiği,
- Modellerden elde edilen eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımı değerlerinin, ölçümler sonucu elde edilen değerlere göre genellikle daha büyük olduğu,
- Küçük açılı eğimlerde modeller daha iyi sonuçlar verdiği,
- İstatistiksel incelemeler sonucunda eğik düzleme gelen saatlik toplam ışınım değerlerini Şanlıurfa iklim şartlarında 15° eğimli yüzey için için en az hata ile hesaplanmasını sağlayan üç kombinasyon sırası ile; Liu ve Jordan-Munerr(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan, Macagnan ve Arkadaşları-Muneer(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan ile Lam ve Li-Muneer(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan olduğu,
- İstatistiksel incelemeler sonucunda eğik düzleme gelen saatlik toplam ışınım değerlerini Şanlıurfa iklim şartlarında 30° eğimli yüzey için için en az hata ile hesaplanmasını sağlayan üç kombinasyon sırası ile; Liu ve Jordan-Munerr(bl)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan, Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan ile Liu ve Jordan-Munerr(bs)-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan olduğu,
- İstatistiksel incelemeler sonucunda eğik düzleme gelen saatlik toplam ışınım değerlerini Şanlıurfa iklim şartlarında 45° eğimli yüzey için için en az hata ile hesaplanmasını sağlayan üç kombinasyon sırası ile; Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan, Liu ve Jordan-Orijinal Hay-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan ile Liu ve Jordan-Liu ve Jordan- Jimenez ve Castro- Liu ve Jordan olduğu,

- İstatistiksel incelemeler sonucunda eğik düzleme gelen saatlik toplam ışıınım değerlerini Şanlıurfa iklim şartlarında 60° eğimli yüzey için için en az hata ile hesaplanmasını sağlayan üç kombinasyon sırası ile; Liu ve Jordan-Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan, Liu ve Jordan-Koronakis-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan ile Liu ve Jordan-Orijinal Hay-Jimenez ve Castro-Liu ve Jordan olduğu,
- İstatistiksel incelemeler sonucunda eğik düzleme gelen saatlik toplam ışıınım değerlerini Şanlıurfa iklim şartlarında 90° eğimli yüzey için için en az hata ile hesaplanmasını sağlayan üç kombinasyon sırası ile; Orgill ve Hollands-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan, Hollands ve Crha-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan ile Louche ve Arkadaşları-Koronakis-Liu ve Jordan-Liu ve Jordan olduğu,
- Camdan mahal içerisine geçen güneş ışıınıımı için belirlenen model yardımı ile hesaplanan değerler ile tablo değerleri arasında belirgin bir fark olduğu,
- Model yardımı ile hesaplanan camdan geçen güneş ışıınıım değerlerinin, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın tespit etmiş olduğu tablo değerlerinden daha büyük olduğu,
- 2004-2005 ve 2006 yıllarına göre modelden elde edilen değerler arasında bir uyum söz konusu olduğu ve bazı aylardaki küçük farklılıkların o günün iklimsel özelliklerinden kaynaklandığı,
- Kış şartlarında güney yönüne bakan camdan mahal içerisine geçen güneş ışıınıımının yaz şartlarında güney yönüne bakan camdan mahal içerisine geçen güneş ışıınıımının güneş geliş açısından dolayı daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Öneriler

- Modellerden yapılan hesaplamalar için yazılan bilgisayar programı geliştirilebileceği,
- Eğik düzleme gelen saatlik difüz ışıınıım ölçülerek daha sağlıklı sonuçlar elde edilebileceği,

- Eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınım değerlerinin bir ışınım ölçer ile ölçülmesi bilgilerin kullanılacağı çalışmalarda daha sağlıklı sonuçlar vereceği,
- Türkiye’de her il veya bölge için uygun modelin ayrı ayrı tespit edilmesi uygulamalarda daha iyi sonuç vereceği,
- Türkiye Tesisat Mühendisliği Derneği’nin ve Makine Mühendisleri Odası’nın camdan geçen güneş ışınımı için çalışma yapıp her il için tablolar hazırlamaları iklimlendirme ve tesisat işlerinde görev yapan mühendisler için uygulamalarda faydalanabileceği bir kaynak olacağı,
- Literatürde eğik düzlem ışınım analizleri güney yönü için yapılmıştır. Diğer yönler için de güneş ışınım analizlerinin yapılmasının faydalı sonuçlar vereceği,
- Camdan geçen güneş ışınımının uzun yıllar ölçülüp aylara göre her yerleşim yeri için tablo oluşturulmasının uygulamalarda daha net sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- ALAM, S., 2006. Predicting of direkt and global solar irradiance using broadband models: Validation of REST model. *Renewable Energy*, 31: 1253–1263.
- AL-MOHAMAD, A., 2004. Global, direkt and diffuse solar-radiation in Syria. *Applied Energy*, 79: 191–200.
- ARAS, H., BALLI, O., and HEPBASLI, A., 2006. Estimating the horizontal diffuse solar radiation over the Central Anatolia Region of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 47: 2240–2249.
- BABUR, Y., DEMİRKOL, S., 2004. Yer Yüzüne Düşen Toplam Güneş Işını Miktarını Belirlemede Kullanılan Modellerin Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması. V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 26–28 Mayıs, s.227–231.
- BASHAHU, M., 2003. Statistical comparison of models for estimating the monthly average daily diffuse radiation at a subtropical African site. *Solar Energy*, 75: 43-51.
- BEHR, H.D., 1997. Solar radiation on tilted South oriented surfaces: validation of transfer-models. *Solar Energy*, 61: 399–413.
- BILBAO, J., MIGUEL, A.D., AYUSO, A., and FRANCO, J.A., 2003. Iso-radiation maps for tilted surfaces in the Castile and Leon region, Spain. *Energy Conversion and Management*, 44: 1575–1588.
- BULUT, H., BÜYÜKALACA, O., YILMAZ, T., 1999. Bazı İller İçin Güneş Işınım Şiddeti, Güneşlenme Süresi ve Berraklık İndeksinin Yeni Ölçümler Işığında Analizi. *Güneş Günü Sempozyumu*, 25–27 Haziran, Kayseri, s.22–29.
- BULUT, H., DURMAZ, A.F., ve YEŞİLATA, B., 2006. Eğik düzleme gelen güneş ışınım değerlerinin deneysel olarak incelenmesi. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 21–23 Haziran, Eskişehir, s.143–149.
- CHEN, R., ERSI, K., YANG, J., LU, S., and ZHAO, W., 2004. Validation of five global radiation models with measured daily data in China. *Energy Conversion and Management*, 45: 1759–1769.
- DOĞAN, H., 2002. Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği. Seçkin Yay., Ankara, 304s.
- ERTEKİN, C., and YALDIZ, O., 2000. Comparison of some existing models for estimating global solar radiation for Antalya (Turkey). *Energy Conversion and Management*, 41: 311–330.
- FAKIOĞLU, T., ECEVİT, A., 1998. Türkiye’deki Çeşitli İstasyonlarda Toplam ve Saatlik Güneş Işıma Hesap Değerleri. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 19: 27–32.

- GUEYMARD, C., 2000. Predicting and performance assessment of mean hourly global radiation. *Solar Energy*, 68: 285–303.
- GÜNDÜZ, A., 1996. Mühendislikte Olasılık, İstatistik, Risk ve Güvenilirlik. Küre Basım Yayım, İstanbul, 373s.
- GÜNGÖR, A., YILDIZ, A., KARTAL, Y., 2005. Ülkemiz Enlemleri Açık Gün Işınımının Hesaplanması İçin Bir Algoritma, Örnek Uygulama: Mersin. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 24–25 Haziran, s.161–174. HIJAZIN, M.I., 1998. The diffuse fraction of hourly solar radiation for Amman/Jordan. *Renewable Energy*, 13: 249–253.
- HSIEH, J.S., 1986. *Solar Energy Engineering*. Prentice-Hall, 542s.
- JIN, Z., YEZHENG, W., and GANG, Y., 2005. General formula for estimation of monthly average daily global solar radiation in China. *Energy Conversion and Management*, 46: 257–268.
- KAMBEZIDIS, H.D., PSILOGLOU, B.E., and SYNODINOU, B.M., 1997. Comparison between measurements and models for daily solar irradiation on tilted surfaces in Athens, Greece. *Renewable Energy*, 10: 505–518.
- KILIÇ, A., ÖZTÜRK, A., 1983. Güneş Enerjisi. Kipaş Dağıtımçılık, Çağaloğlu-İstanbul 331s.
- LI, D.H.W., LAM, J.C., and LAU, C.C.S., 2002. A new approach for predicting vertical global solar irradiance. *Renewable Energy*, 25: 591–606.
- LI, D.H.W., and LAM, J.C., 2000. Evaluation of slope irradiance and illuminance models against measured Hong Kong data. *Building and Environment*, 35: 501–509.
- MEDIAVILLA, M.D., MIGUEL, A.D., and BILBAO, J., 2005. Measurement and comparison of diffuse solar irradiance models on inclined surfaces in Valladolid (Spain). *Energy Conversion and Management*, 46: 2075–2092.
- MEFTI, A., BOUROUBI, M.Y., and ADANE, A., 2003. Generation of hourly solar radiation for inclined surfaces using monthly mean sunshine duration in Algeria. *Energy Conversion and Management*, 44: 3125–3141.
- MENGES, H.O., ERTEKIN, C., and SONMETE, M.H., 2006. Evaluation of global solar radiation models for Konya, Turkey. *Energy Conversion and Management*, 47: 3149–3173.
- MIGUEL, A.D., BILBAO, J., AGUIAR, R., KAMBEZIDIS, H., and NEGRO, E., 2001. Diffuse solar irradiation model evaluation in the North Mediterranean belt area. *Solar Energy*, 70: 143–153.
- MIGUEL, A.D., BILBAO, J., and DIEZ, M., 1995. Solar radiation incident on tilted surfaces in Burgos, Spain: Isotropic models. *Energy Conversion and Management*, 36: 945–951.
- NIJMEH, S., and MAMLOOK, R., 2000. Testing of two models for computing global solar radiation on tilted surfaces. *Renewable Energy*, 20: 75–81.

- NOTTON, G., CRISTOFARI, C., MUSELLI, M., and POGGI, P., 2004. Calculation on an hourly basis of solar diffuse irradiances from global data for horizontal surfaces in Ajaccio. *Energy Conversion and Management*, 45: 2849–2866.
- NOTTON, G., CRISTOFARI, C., POGGI, P., and MUSELLI, M., 2002. Calculation of solar irradiance profiles from hourly data to simulate energy systems behaviour. *Renewable Energy*, 27: 123–142.
- NOTTON, G., CRISTOFARI, C., and POGGI, P., 2006. Performance evaluation of various hourly slope irradiation models using mediterranean experimental data of Ajaccio. *Energy Conversion and Management*, 47: 147–173.
- NOTTON, G., POGGI, P., and CRISTOFARI, C., 2006. Predicting hourly solar irradiances on inclined surfaces based on the horizontal measurements: Performances of the association of well-known mathematical models. *Energy Conversion and Management*, 47: 1816–1829.
- OLIVEIRA, A.P., ESCOBEDO, J.F., MACHADO, A.J., and SOARES, J., 2002. Correlation models of diffuse solar radiation applied to the city of Sao Paulo, Brazil. *Applied Energy*, 71: 59–73.
- ÖZEL, M., ve PIHTILI, K., 2004. Tek Ve Çift Camlı Pencereelerde Isı Kazanç Ve Kayıplarının Araştırılması. *Termodinamik Dergisi*, 141: 114–118.
- REHMAN, S., and HALAWANI, T.O., 1997. Global solar radiation estimation. *Renewable Energy*, 12: 369–385.
- REMUND, J., SALVISBERG, E., and KUNZ, S., 1998. On the generation of hourly shortwave radiation data on tilted surfaces. *Solar Energy*, 62: 331–344.
- SANTAMOURIS, M., MIHALAKAKOU, G., PSILOGLOU, B., EFTAXIAS, G., and ASIMAKOPOULOS, D.N., 1999. Modeling the global solar radiation on the Earth's surface using atmospheric deterministic and intelligent data-driven techniques. *Journal of Climate*, 12: 3105–3116.
- SRIVASTAVA, S.K., GAUR, A., SINGH, O.P., and TIWARI, R.N., 1995. Comparison of methods for estimating daily and hourly diffuse solar radiation. *Applied Energy*, 51: 119–123.
- TARHAN, S., and SARI, A., 2005. Model selection for global and diffuse radiation over the Central Black Sea (CBS) region of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 46: 605–613.
- TEKİN, V.N., 2006. İstatistiğe Giriş. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 312s.
- TOGRUL, I.T., TOGRUL, H., and EVİN, D., 2000. Estimation of monthly global solar radiation from sunshine duration measurement in Elazığ. *Renewable Energy*, 19: 587–595.
- 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., and HEPBASLI, A., 2002. Estimation of solar radiation parameters for Izmir, Turkey. *International Journal of Energy Research*, 26: 807–823.

- ULGEN, K., HEPBASLI, A., 2004. Solar Radiation Models Part 2: Comparison and Developing New Models. *Energy Sources*, 26: 521–530.
- ULGEN, K., HEPBASLI, A., 2004. Solar Radiation Models Part 1: A Review *Energy Sources*, 26: 507–520.
- VARTAINEN, E., 2000. A new approach to estimating the diffuse irradiance on inclined surfaces. *Renewable Energy*, 20: 45–64.
- WONG, L.T., CHOW, W.K., 2001. Solar Radiation Model. *Applied Energy*, 69:191–224.
- YILMAZ, T., BULUT, H., ÖZGÖREN, M., 1996. Isı Kazancı Olarak Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonunun Hesaplanması. *Ç. Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 11(2):133–146.
- YILMAZ, T., BULUT, H., 1996. Şanlıurfa İli için Meteorolojik Değerlerin Günlük, Yıllık Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi. 4. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı, s.188–198, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

Kırıkkale ilinin Keskin ilçesinde 02.06.1981 tarihinde doğdu. İlköğretimi İsmet Aydınlı İlköğretim okulunda ve lise öğrenimine Cumhuriyet Süper Lisesi'nde başlayıp Kırıkkale Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünü kazandı. 2004 yılı güz döneminde Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans yapmaya hak kazandı.

EKLER

CM 11 Piranometresinin Teknik Özellikleri



CM11 Pyranometer



CM11 Features & Benefits

- low dome thermal offset error
- excellent cosine/directional response
- excellent long term stability of sensitivity
- excellent linearity performance

CM11 Pyranometer Specifications:

Spectral range	305 – 2800 nm (50% points)
Sensitivity	4 - 6 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$
Impedance (nominal)	700 - 1500 Ω
Response time (95%)	15 sec.
Non-linearity	$< \pm 0.6\%$ ($< 1000 \text{ W}/\text{m}^2$)
Temp. dependence of sensitivity	$< \pm 1\%$ (-10 to +40°C)
Directional error	$< \pm 10 \text{ W}/\text{m}^2$ (beam $1000 \text{ W}/\text{m}^2$)
Tilt error	None
Zero-offset due to temp. changes	$< \pm 2 \text{ W}/\text{m}^2$ at 5 K/h temp. change
Operating temperature	-40°C to +80°C
ISO-9060 Class	Secondary Standard
Dimensions W x H	150.0 mm x 91.5 mm
Weight	850 grams
Cable length	10 m

For high accuracy solar radiation measurement research ...

The CM11 pyranometer is intended for high accuracy total global, or diffuse sky, solar radiation measurement research on a plane/level surface.

The CM11 is fully compliant with the ISO-9060 Secondary Standard pyranometer performance category (highest ISO performance criteria for a pyranometer). Instrument cosine response and temperature dependence are verified and documented upon instrument manufacture. Extremely high mechanical tolerances are maintained during manufacture to ensure optimal measurement performance in the field.

The CM11 houses a second built-in complimentary sensing element (temperature compensation element), in addition to the black receiving element/detector. Calibrated to identical sensitivity as the receiving detector, the compensation element is connected in anti-series to the receiving detector. Instrument output signal is measured across the entire anti-series circuit. Any change in body temperature, due to thermal shock or temperature gradient effect, are quickly detected by the built-in compensation element, and an offset correction signal is applied to the instrument output signal.

The receiving element is coated with a highly stable carbon based non-organic coating, which delivers excellent spectral absorption and long term stability characteristics. The sensing element is housed under two concentric fitting Schott K5 glass domes.

Additional CM11 features include an integrated built-in bubble level, reusable desiccant drying cartridge, white sunscreen, and a permanently attached shielded output signal cable.

The CM11 can be used in conjunction with the optional Kipp & Zonen CV2 ventilation system, for enhanced measurement performance and overall reduced instrument maintenance.

Kipp & Zonen B.V. • PO Box 507 • 2600 AM Delft • the Netherlands • Tel: +31-15-2698000 • Fax: +31-15-2620351 • Email: info.kipp@kippzonen.com

Ek Şekil 1. CM 11 piranometresinin teknik özellikleri

CM 11 Piranometresinin Kalibrasyon Belgesi



Kipp & Zonen B.V.
Röntgenweg 1 2624 BD Delft
P.O. Box 507 2600 AM Delft
The Netherlands
T +31-(0)15-2698000
F +31-(0)15-2620351
E info.holland@kippzonen.com
Website www.kippzonen.com

CALIBRATION CERTIFICATE PYRANOMETER

PYRANOMETER MODEL	: CM 11
SERIAL NUMBER	: 048418
SENSITIVITY at normal incidence on horizontal pyranometer	: 5.18 $\mu\text{V/W/m}^2$
IMPEDANCE	: 1172 Ohm
CALIBRATION PROCEDURE	: The reference and test pyranometers are mounted horizontally on a table which can rotate to exchange the positions of both instruments.. A 1000W Tungsten-halogen filament lamp produces a directed vertical beam (divergence 3.5°). The irradiance at the pyranometers is approx. 500 W/m ² . The indoor procedure is based on a sequence of simultaneous readings. The Kipp & Zonen procedure is described in the International Standard ISO 9847, Annex A.3.1
REFERENCE PYRANOMETER	: Kipp & Zonen CM 11 913550 active from 05/01/2004.
hierarchy of traceability	: This pyranometer was compared with the sun and sky radiation as source under mainly clear sky conditions using the "continuous sun-and-shade method". The readings are referred to the World Radiometric Reference (WRR) as stated in the WMO Technical Regulations. The measurements were performed in Davos (latitude: 46.8143°, longitude: -9.8458°, altitude: 1588m above sea level). The inclination of the receiver surfaces versus their horizontal position were set to 0.0 degrees, the instrument signal wire to the north. During the comparisons, the instrument received global radiation intensities from 632 to 980 with a mean of 785 W/m ² . The angle between the solar beam and the normal of the receiver surface varied from 26 to 50 with a mean of 42 degrees. The instrument's temperature ranged from +11.7 to +27.0 with a mean of +20.3°C. The sensitivity calculation and the single measurements deviation (σ) are based on 807 individual measurements. Sensitivity in Davos was: 4.65 \pm 0.02 $\mu\text{V/W/m}^2$ (but is corrected by Kipp & Zonen to 4.69 $\mu\text{V/W/m}^2$. See "correction applied" below.) The testing was done July 19, August 12, 13 and September 4, 15,18,20,21,25, 2003. Global radiation data were obtained with the absolute cavity pyrhemometer HF18748 (member of the WSG, WRR-Factor:0.99568, based on the last International Pyrhemometer Comparison IPC-2000) and a continuous disk shaded pyranometer Kipp & Zonen CM 22 sn020059 with sensitivity 8.91 (ventilated with heated air, instrument-wire to the north).
correction applied	: +0.9 % This correction was necessary to correct for the mean directional errors of the reference CM 11 in Davos. This error is estimated at Kipp & Zonen measuring the cosine error for the mean angle of incidence at azimuth S-30° and S+30°. The reference CM 11 now measures the vertical directed beam of the indoor calibration facility more correctly.
IN CHARGE OF TEST	: F. de Wit Date:Wednesday, March 17, 2004 Kipp & Zonen, Delft, Holland



Ek Şekil 2. CM 11 Piranometresinin Kalibrasyon Belgesi

İstatistiki Tablolar

Ek Çizelge 1. 15° için Climmed-2 modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1092	0.1896	0.6808
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.1849	0.2421	0.6759
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1107	0.1902	0.6820
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1864	0.2433	0.6746
Circum-Liu ve Jordan	0.1624	0.2317	0.6249
Circum-Jimenez ve Castro	0.2381	0.2915	0.6032
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.1659	0.2268	0.6773
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2407	0.2916	0.6186
Klucher-Liu ve Jordan	0.1624	0.2242	0.6803
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2380	0.2876	0.6399
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.1397	0.2168	0.6329
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.2154	0.2680	0.6621
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.1505	0.2248	0.6231
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2261	0.2789	0.6381
Reindl-Liu ve Jordan	0.1400	0.2169	0.6332
Reindl-Jimenez ve Castro	0.2156	0.2682	0.6619
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.0796	0.1697	0.6699
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.1516	0.2200	0.6577
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.1138	0.2046	0.6146
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.1894	0.2481	0.6598
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.2051	0.2512	0.7232
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.2807	0.3336	0.5200
Gueymard-Liu ve Jordan	0.8970	0.9822	0.3845
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.9727	1.0992	0.2537

Ek Çizelge 2. 15° için Erbs ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0952	0.1922	0.6418
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.1658	0.2319	0.6337
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0966	0.1927	0.6428
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1672	0.2331	0.6325
Circum-Liu ve Jordan	0.1462	0.2261	0.6014
Circum-Jimenez ve Castro	0.2168	0.2775	0.5622
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.1494	0.2207	0.6509
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2204	0.2786	0.5814
Klucher-Liu ve Jordan	0.1466	0.2210	0.6434
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2173	0.2740	0.6036
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.1230	0.2148	0.6037
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.1953	0.2566	0.6071
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.1330	0.2200	0.5997
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2038	0.2645	0.5947
Reindl-Liu ve Jordan	0.1232	0.2148	0.6040
Reindl-Jimenez ve Castro	0.1938	0.2547	0.6164
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.0641	0.1758	0.6639
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.1347	0.2130	0.6174
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.0925	0.1952	0.6240
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.1638	0.2294	0.6512
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.1832	0.2322	0.7330
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.2593	0.3204	0.4760
Gueymard-Liu ve Jordan	0.8661	0.9585	0.3533
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.9367	1.0747	0.2185

Ek Çizelge 3. 15° için Hollands ve Crha modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1050	0.1877	0.6810
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.2059	0.2657	0.5974
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1065	0.1881	0.6831
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.2074	0.2672	0.5951
Circum-Liu ve Jordan	0.1624	0.2317	0.6249
Circum-Jimenez ve Castro	0.2633	0.3207	0.4862
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.1649	0.2237	0.6941
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2658	0.3216	0.5108
Klucher-Liu ve Jordan	0.1601	0.2233	0.6768
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2605	0.3136	0.5525
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.1364	0.2154	0.6329
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.2372	0.2922	0.5829
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.1494	0.2245	0.6221
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2502	0.3061	0.5396
Reindl-Liu ve Jordan	0.1366	0.2155	0.6332
Reindl-Jimenez ve Castro	0.2375	0.2924	0.5825
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.0718	0.1688	0.6625
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.1726	0.2438	0.5691
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.1096	0.2030	0.4563
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.2105	0.2709	0.5845
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.2115	0.2553	0.7356
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.3123	0.3742	0.3767
Gueymard-Liu ve Jordan	0.9562	1.0691	0.2955
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.0571	1.2257	0.1655

Ek Çizelge 4. 15° için Louche ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1056	0.1877	0.6875
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.1722	0.2657	0.5566
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1057	0.1881	0.7031
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1736	0.2672	0.5542
Circum-Liu ve Jordan	0.1624	0.2317	0.6249
Circum-Jimenez ve Castro	0.2303	0.3207	0.3553
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.1577	0.2237	0.6921
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2256	0.3216	0.4707
Klucher-Liu ve Jordan	0.1556	0.2233	0.6865
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2235	0.3136	0.4922
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.1379	0.2154	0.6473
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.2058	0.2922	0.4501
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.1514	0.2245	0.6235
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2198	0.3061	0.3799
Reindl-Liu ve Jordan	0.1383	0.2155	0.6477
Reindl-Jimenez ve Castro	0.2060	0.2924	0.4499
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.0712	0.1688	0.6746
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.1391	0.2438	0.5701
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.1121	0.2030	0.6454
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.1800	0.2709	0.4659
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.1976	0.2553	0.7084
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.2655	0.3742	0.3348
Gueymard-Liu ve Jordan	0.8252	1.0691	0.3047
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.8931	1.2257	0.1225

Ek Çizelge 5. 15° için Liu ve Jordan modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistikî değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1469	0.2186	0.6439
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0081	0.1551	0.6910
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1473	0.2188	0.6443
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0084	0.1552	0.6902
Circum-Liu ve Jordan	0.1620	0.2312	0.6260
Circum-Jimenez ve Castro	0.0234	0.1611	0.6646
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.1639	0.2304	0.6416
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.0247	0.1581	0.6847
Klucher-Liu ve Jordan	0.1646	0.2303	0.6457
Klucher-Jimenez ve Castro	0.0256	0.1583	0.6843
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.1578	0.2287	0.6260
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.0189	0.1596	0.6679
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.1588	0.2295	0.6249
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.0198	0.1600	0.6663
Reindl-Liu ve Jordan	0.1579	0.2287	0.6261
Reindl-Jimenez ve Castro	0.0190	0.1595	0.6684
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.1346	0.2107	0.6251
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.0060	0.1552	0.6896
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.1490	0.2252	0.6113
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.0093	0.1610	0.6497
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.1693	0.2361	0.6290
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.0331	0.1602	0.6856
Gueymard-Liu ve Jordan	0.3613	0.4062	0.5834
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.2479	0.3097	0.5362

Ek Çizelge 6. 15° için Lam ve Li modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0799	0.1774	0.6705
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.2260	0.2667	0.7451
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0969	0.1770	0.7080
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.2276	0.2681	0.7455
Circum-Liu ve Jordan	0.1585	0.2269	0.6371
Circum-Jimenez ve Castro	0.2932	0.3324	0.6658
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.1616	0.2204	0.7006
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2917	0.3259	0.7229
Klucher-Liu ve Jordan	0.1587	0.2190	0.6975
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2895	0.3234	0.7282
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.1347	0.2120	0.6396
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.2639	0.3038	0.6980
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.1496	0.2241	0.6226
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2803	0.3207	0.6696
Reindl-Liu ve Jordan	0.1346	0.2097	0.6515
Reindl-Jimenez ve Castro	0.2641	0.3040	0.6982
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.0570	0.1563	0.6867
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.0060	0.2439	0.7192
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.1005	0.1923	0.6345
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.2312	0.2773	0.6859
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.2080	0.2533	0.7239
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.3387	0.3703	0.7029
Gueymard-Liu ve Jordan	0.9902	1.0420	0.5921
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.1210	1.1815	0.5161

Ek Çizelge 7. 15° için Macagnan ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1142	0.1925	0.6789
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.1640	0.2234	0.7006
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1155	0.1931	0.6799
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1653	0.2245	0.6995
Circum-Liu ve Jordan	0.1624	0.2317	0.6249
Circum-Jimenez ve Castro	0.2122	0.2670	0.6434
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.1653	0.2255	0.6836
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2151	0.2669	0.6590
Klucher-Liu ve Jordan	0.1644	0.2255	0.6808
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2142	0.2655	0.6668
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.1429	0.2183	0.6341
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.1927	0.2479	0.6799
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.1517	0.2253	0.6242
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2015	0.2565	0.6636
Reindl-Liu ve Jordan	0.1431	0.2183	0.6343
Reindl-Jimenez ve Castro	0.1929	0.2480	0.6798
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.0845	0.1735	0.6380
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.0060	0.2050	0.6835
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.1181	0.2068	0.6133
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.1679	0.2294	0.6802
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.1999	0.2485	0.7098
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.2497	0.3000	0.6076
Gueymard-Liu ve Jordan	0.8375	0.9049	0.4605
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.8873	0.9880	0.3311

Ek Çizelge 8. 15° için Orgill ve Hollands modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1079	0.1889	0.6813
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.1956	0.2531	0.6458
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1094	0.1895	0.6826
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1972	0.2545	0.6441
Circum-Liu ve Jordan	0.1624	0.2317	0.6249
Circum-Jimenez ve Castro	0.2502	0.3043	0.5642
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.1658	0.2250	0.6899
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2534	0.3057	0.5768
Klucher-Liu ve Jordan	0.1622	0.2241	0.6811
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2500	0.3006	0.6033
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.1384	0.2161	0.6338
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.2262	0.2787	0.6370
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.1493	0.2241	0.6228
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2376	0.2906	0.6077
Reindl-Liu ve Jordan	0.1393	0.2176	0.6289
Reindl-Jimenez ve Castro	0.2264	0.2790	0.6366
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.0745	0.1695	0.6669
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.1623	0.2309	0.6240
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.1098	0.2009	0.6231
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.1996	0.2577	0.6400
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.2084	0.2535	0.7281
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.2962	0.3514	0.4692
Gueymard-Liu ve Jordan	0.9311	1.0257	0.3539
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.9898	1.1410	0.2790

Ek Çizelge 9. 15° için Reindl ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1105	0.1909	0.6781
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.1836	0.2417	0.6703
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1120	0.1915	0.6793
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1850	0.2429	0.6690
Circum-Liu ve Jordan	0.1624	0.2317	0.6249
Circum-Jimenez ve Castro	0.2355	0.2898	0.5990
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.1658	0.2253	0.6876
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2388	0.2911	0.6076
Klucher-Liu ve Jordan	0.1632	0.2247	0.6808
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2362	0.2871	0.6285
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.1401	0.2172	0.6329
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.2132	0.2664	0.6612
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.1505	0.2247	0.6238
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2235	0.2770	0.6371
Reindl-Liu ve Jordan	0.1403	0.2172	0.6332
Reindl-Jimenez ve Castro	0.2134	0.2666	0.6609
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.0777	0.1720	0.6607
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.1536	0.2232	0.6397
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.1144	0.2056	0.6125
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.1874	0.2464	0.6646
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.2035	0.2487	0.7342
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.2786	0.3324	0.5115
Gueymard-Liu ve Jordan	0.8958	0.9822	0.3745
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.9441	1.0764	0.3533

Ek Çizelge 10. 15° için Spencer modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1391	0.2126	0.6521
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0441	0.1645	0.6879
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1398	0.2129	0.6527
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0448	0.1647	0.6876
Circum-Liu ve Jordan	0.1624	0.2317	0.6249
Circum-Jimenez ve Castro	0.0666	0.1791	0.6357
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.1637	0.2284	0.6547
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.0687	0.1768	0.6569
Klucher-Liu ve Jordan	0.1647	0.2292	0.6542
Klucher-Jimenez ve Castro	0.0697	0.1771	0.6574
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.1546	0.2268	0.6237
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.0596	0.1738	0.6543
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.1568	0.2284	0.6245
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.0618	0.1755	0.6483
Reindl-Liu ve Jordan	0.1546	0.2269	0.6263
Reindl-Jimenez ve Castro	0.0597	0.1739	0.6543
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.1213	0.2000	0.6300
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.0251	0.1596	0.6977
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.1427	0.2217	0.6131
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.0477	0.1700	0.6524
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.1775	0.2355	0.6735
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.0835	0.1872	0.6214
Gueymard-Liu ve Jordan	0.4921	0.5469	0.4124
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.3971	0.5084	0.2014

Ek Çizelge 11. 30° için Climmed-2 modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2441	0.3338	0.5604
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3329	0.3919	0.4633
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2502	0.3373	0.5623
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3388	0.3970	0.4628
Circum-Liu ve Jordan	0.3357	0.4198	0.4407
Circum-Jimenez ve Castro	0.4246	0.4895	0.2094
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3096	0.3906	0.4983
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3984	0.4586	0.3189
Klucher-Liu ve Jordan	0.3170	0.3970	0.5148
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4058	0.4627	0.3654
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2915	0.3852	0.5040
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3803	0.4413	0.3767
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3105	0.4007	0.4783
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3993	0.4619	0.3138
Reindl-Liu ve Jordan	0.2933	0.3861	0.5045
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3821	0.4428	0.3760
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.2420	0.3295	0.5450
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.3262	0.3866	0.4574
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.2771	0.3776	0.5005
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.3620	0.4238	0.3918
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3659	0.4293	0.5064
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4547	0.5120	0.2505
Gueymard-Liu ve Jordan	1.2609	1.3411	0.1024
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.3473	1.4492	0.0371

Ek Çizelge 12. 30° için Erbs ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2486	0.3398	0.5549
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3081	0.3761	0.4086
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2545	0.3432	0.5564
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3136	0.3808	0.4075
Circum-Liu ve Jordan	0.3357	0.4198	0.4407
Circum-Jimenez ve Castro	0.3931	0.4672	0.1567
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3109	0.3925	0.4954
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3695	0.4393	0.2548
Klucher-Liu ve Jordan	0.3173	0.3985	0.5128
Klucher-Jimenez ve Castro	0.3745	0.4399	0.3163
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2933	0.3881	0.5030
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3514	0.4198	0.3399
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3111	0.4016	0.4785
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3689	0.4394	0.2715
Reindl-Liu ve Jordan	0.2950	0.3889	0.5034
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3531	0.4213	0.3384
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.2421	0.3346	0.5485
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.3004	0.3711	0.3956
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.2796	0.3812	0.5002
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.3374	0.4080	0.3496
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3606	0.4295	0.4720
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4229	0.4917	0.1673
Gueymard-Liu ve Jordan	1.2580	1.3269	0.0446
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.3067	1.4353	0.1313

Ek Çizelge 13. 30° için Hollands ve Crha modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2417	0.3312	0.5856
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3381	0.4096	0.2690
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2479	0.3347	0.5862
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3445	0.4156	0.2592
Circum-Liu ve Jordan	0.3357	0.4198	0.4407
Circum-Jimenez ve Castro	0.4265	0.5110	0.0943
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3082	0.3885	0.5086
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4047	0.4808	0.0362
Klucher-Liu ve Jordan	0.3120	0.3935	0.5281
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4084	0.4802	0.1260
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2873	0.3829	0.5203
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3838	0.4582	0.1721
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3091	0.3999	0.4860
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4056	0.4837	0.0630
Reindl-Liu ve Jordan	0.2894	0.3839	0.5212
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3856	0.4598	0.1695
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.2377	0.3300	0.5678
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.3319	0.4047	0.2632
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.2724	0.3755	0.5192
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.3689	0.4447	0.1951
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3680	0.4304	0.5014
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4636	0.5409	0.0789
Gueymard-Liu ve Jordan	1.3153	1.4191	0.1448
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.4118	1.5825	0.1313

Ek Çizelge 14. 30° için Louche ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2760	0.3920	0.4355
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3483	0.4765	0.3895
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2895	0.3980	0.4409
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3619	0.4890	0.3920
Circum-Liu ve Jordan	0.3879	0.5132	0.3174
Circum-Jimenez ve Castro	0.4502	0.6294	0.2506
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3475	0.4661	0.3788
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4198	0.5687	0.2554
Klucher-Liu ve Jordan	0.3757	0.4760	0.3915
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4465	0.5897	0.2731
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3300	0.4488	0.3890
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.4050	0.5391	0.2947
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3521	0.4750	0.3650
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4244	0.5775	0.2442
Reindl-Liu ve Jordan	0.3356	0.4542	0.3908
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4087	0.5448	0.2968
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3369	0.4386	0.4329
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4093	0.5272	0.4338
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3641	0.4769	0.4074
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4365	0.5650	0.3382
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.4112	0.4974	0.4056
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4845	0.6372	0.2461
Gueymard-Liu ve Jordan	1.3604	1.6458	0.1522
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.4328	1.8608	0.0303

Ek Çizelge 15. 30° için Liu ve Jordan modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.3114	0.3975	0.4709
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.1665	0.2836	0.3767
Koronakis-Liu ve Jordan	0.3132	0.3985	0.4718
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1499	0.2578	0.4890
Circum-Liu ve Jordan	0.3362	0.4198	0.4428
Circum-Jimenez ve Castro	0.1725	0.2777	0.4426
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3292	0.4126	0.4553
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.1665	0.2715	0.4602
Klucher-Liu ve Jordan	0.3340	0.4158	0.4567
Klucher-Jimenez ve Castro	0.1707	0.2730	0.4658
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3154	0.3925	0.4931
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.1640	0.2710	0.4613
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3287	0.4144	0.4512
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.1652	0.2719	0.4601
Reindl-Liu ve Jordan	0.3277	0.4135	0.4533
Reindl-Jimenez ve Castro	0.1645	0.2712	0.4615
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3090	0.3956	0.4595
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.1453	0.2558	0.4852
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3236	0.4113	0.4516
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.1597	0.2689	0.4604
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3429	0.4216	0.4567
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.1797	0.2780	0.2232
Gueymard-Liu ve Jordan	0.5881	0.6290	0.5077
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.4360	0.4945	0.3251

Ek Çizelge 16. 30° için Lam ve Li modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2140	0.3072	0.5549
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3705	0.4161	0.5925
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2339	0.3210	0.5529
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3817	0.4239	0.6146
Circum-Liu ve Jordan	0.3357	0.4198	0.4407
Circum-Jimenez ve Castro	0.4785	0.5311	0.4200
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3043	0.3844	0.4974
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4484	0.4947	0.5065
Klucher-Liu ve Jordan	0.3140	0.3916	0.5129
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4563	0.5015	0.5206
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2831	0.3749	0.4954
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.4277	0.4773	0.5156
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3086	0.3983	0.4723
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4515	0.5037	0.4709
Reindl-Liu ve Jordan	0.2852	0.3761	0.4964
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4262	0.4779	0.5009
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.2191	0.3109	0.5455
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.3656	0.4121	0.5834
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.2663	0.3650	0.4876
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4100	0.4631	0.5047
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3667	0.4284	0.5257
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.5105	0.5499	0.5207
Gueymard-Liu ve Jordan	1.4305	1.4601	0.5544
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.5742	1.6130	0.4333

Ek Çizelge 17. 30° için Macagnan ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2507	0.3398	0.5425
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3163	0.3721	0.5434
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2566	0.3432	0.5450
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3221	0.3769	0.5447
Circum-Liu ve Jordan	0.3357	0.4198	0.4407
Circum-Jimenez ve Castro	0.4013	0.4619	0.3593
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3137	0.3971	0.4752
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3773	0.4336	0.4433
Klucher-Liu ve Jordan	0.3212	0.3998	0.5043
Klucher-Jimenez ve Castro	0.3861	0.4402	0.4593
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2965	0.3882	0.4913
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3621	0.4205	0.4639
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3127	0.4020	0.4723
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3783	0.4377	0.4257
Reindl-Liu ve Jordan	0.2982	0.3891	0.4920
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3638	0.4219	0.4641
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.2440	0.3347	0.5289
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.3127	0.3676	0.5619
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.2832	0.3809	0.4857
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.3487	0.4098	0.4606
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3536	0.4227	0.5252
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4281	0.4782	0.4362
Gueymard-Liu ve Jordan	1.2386	1.2786	0.3847
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.2803	1.3567	0.1647

Ek Çizelge 18. 30° için Orgill ve Hollands modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2395	0.3292	0.5659
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3458	0.4072	0.4228
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2460	0.3330	0.5677
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3524	0.4130	0.4193
Circum-Liu ve Jordan	0.3357	0.4198	0.4407
Circum-Jimenez ve Castro	0.4421	0.5116	0.1696
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3086	0.3893	0.5006
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4150	0.4794	0.2685
Klucher-Liu ve Jordan	0.3151	0.3951	0.5189
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4215	0.4824	0.3192
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2878	0.3817	0.5087
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3941	0.4580	0.3425
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3068	0.3985	0.4839
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4156	0.4825	0.2719
Reindl-Liu ve Jordan	0.2897	0.3827	0.5092
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3960	0.4597	0.3414
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.2327	0.3238	0.5584
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.3391	0.4017	0.4170
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.2690	0.3697	0.5080
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.3764	0.4411	0.3689
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3679	0.4304	0.5096
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4742	0.5362	0.2015
Gueymard-Liu ve Jordan	1.3485	1.4207	0.1048
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.4549	1.5704	0.0725

Ek Çizelge 19. 30° için Reindl ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2479	0.3386	0.5516
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3279	0.3862	0.4833
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2540	0.3421	0.5536
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3172	0.3766	0.5248
Circum-Liu ve Jordan	0.3301	0.4092	0.4620
Circum-Jimenez ve Castro	0.4158	0.4793	0.2453
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3126	0.3947	0.4873
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3935	0.4521	0.3525
Klucher-Liu ve Jordan	0.3189	0.3989	0.5106
Klucher-Jimenez ve Castro	0.3989	0.4551	0.3885
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3122	0.4040	0.4317
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3735	0.4332	0.4022
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3112	0.4013	0.4768
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3912	0.4524	0.3448
Reindl-Liu ve Jordan	0.2952	0.3881	0.5004
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3756	0.4347	0.4061
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.2413	0.3334	0.5420
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.3213	0.3809	0.4778
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.2793	0.3799	0.4955
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.3593	0.4213	0.4053
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3663	0.4297	0.5072
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4463	0.5023	0.2901
Gueymard-Liu ve Jordan	1.2838	1.3440	0.1588
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.3638	1.4627	0.0353

Ek Çizelge 20. 30° için Spencer modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2958	0.3827	0.5016
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.1861	0.2874	0.4030
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2985	0.3844	0.5017
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1888	0.2892	0.4009
Circum-Liu ve Jordan	0.3357	0.4198	0.4407
Circum-Jimenez ve Castro	0.2260	0.3276	0.2778
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3244	0.4076	0.4669
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2152	0.3152	0.3224
Klucher-Liu ve Jordan	0.3305	0.4120	0.4680
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2204	0.3185	0.3253
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3196	0.4077	0.4693
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.2099	0.3112	0.3466
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3304	0.4146	0.4443
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2141	0.3155	0.3295
Reindl-Liu ve Jordan	0.3204	0.4081	0.4692
Reindl-Jimenez ve Castro	0.2106	0.3117	0.3455
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.2922	0.3799	0.4857
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.1824	0.2849	0.4024
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3138	0.4046	0.4695
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.2041	0.3074	0.3525
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3472	0.4226	0.4605
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.2375	0.3327	0.2877
Gueymard-Liu ve Jordan	0.7570	0.8122	0.0983
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.6472	0.7517	0.1753

Ek Çizelge 21. 45° için Climmed-2 modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2527	0.3905	0.4607
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3930	0.4662	0.4289
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2676	0.3959	0.4703
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.4088	0.4787	0.4352
Circum-Liu ve Jordan	0.3837	0.5132	0.3131
Circum-Jimenez ve Castro	0.5240	0.6080	0.1529
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3367	0.4616	0.3884
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4816	0.5561	0.2881
Klucher-Liu ve Jordan	0.3683	0.4820	0.4053
Klucher-Jimenez ve Castro	0.5086	0.5775	0.3095
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3136	0.4522	0.4029
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.4539	0.5311	0.3284
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3397	0.4752	0.3678
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4820	0.5619	0.2617
Reindl-Liu ve Jordan	0.3201	0.4552	0.4051
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4622	0.5376	0.3321
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3220	0.4453	0.4473
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4622	0.5243	0.4722
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3531	0.4884	0.4212
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4935	0.5654	0.3706
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.4108	0.4986	0.4344
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.5483	0.6076	0.3445
Gueymard-Liu ve Jordan	1.5230	1.5673	0.2400
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.6633	1.7368	0.0259

Ek Çizelge 22. 45° için Erbs ve Arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2450	0.3975	0.4546
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3639	0.4600	0.4144
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2595	0.4041	0.4606
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3781	0.4716	0.4213
Circum-Liu ve Jordan	0.3632	0.5132	0.3131
Circum-Jimenez ve Castro	0.4821	0.5951	0.1359
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3209	0.4644	0.3858
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4413	0.5429	0.2758
Klucher-Liu ve Jordan	0.3497	0.4838	0.4022
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4686	0.5662	0.2920
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3001	0.4563	0.3997
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.4204	0.5225	0.3189
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3247	0.4781	0.3683
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4437	0.5503	0.2482
Reindl-Liu ve Jordan	0.3060	0.4590	0.4018
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4249	0.5264	0.3169
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3080	0.4495	0.4434
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4269	0.5148	0.4620
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3350	0.4902	0.4183
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4548	0.5529	0.3672
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3899	0.5002	0.4281
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.5098	0.6031	0.2760
Gueymard-Liu ve Jordan	1.4093	1.5442	0.1659
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.5282	1.7078	0.0258

Ek Çizelge 23. 45° için Hollands ve Crha modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2475	0.3920	0.4611
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.4016	0.4765	0.3932
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2638	0.3980	0.4684
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.4172	0.4890	0.3997
Circum-Liu ve Jordan	0.3837	0.5132	0.3131
Circum-Jimenez ve Castro	0.5378	0.6294	0.0834
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3376	0.4661	0.3852
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4883	0.5687	0.2177
Klucher-Liu ve Jordan	0.3620	0.4760	0.4177
Klucher-Jimenez ve Castro	0.5160	0.5897	0.2550
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3059	0.4488	0.4121
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.4600	0.5391	0.2970
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3388	0.4750	0.3741
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4929	0.5775	0.2054
Reindl-Liu ve Jordan	0.3168	0.4542	0.4068
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4667	0.5448	0.2958
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3093	0.4386	0.4533
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4633	0.5272	0.4450
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3319	0.4769	0.4253
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4906	0.5650	0.3469
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.4132	0.4974	0.4496
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.5673	0.6372	0.2073
Gueymard-Liu ve Jordan	1.5580	1.6458	0.0967
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.7120	1.8608	0.0488

Ek Çizelge 24. 45° için Louche ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2760	0.3920	0.4355
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3483	0.4765	0.3895
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2895	0.3980	0.4409
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3619	0.4890	0.3920
Circum-Liu ve Jordan	0.3879	0.5132	0.3174
Circum-Jimenez ve Castro	0.4502	0.6294	0.2506
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3475	0.4661	0.3788
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4198	0.5687	0.2554
Klucher-Liu ve Jordan	0.3757	0.4760	0.3915
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4465	0.5897	0.2731
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3300	0.4488	0.3890
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.4050	0.5391	0.2947
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3521	0.4750	0.3650
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4244	0.5775	0.2442
Reindl-Liu ve Jordan	0.3356	0.4542	0.3908
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4087	0.5448	0.2968
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3369	0.4386	0.4329
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4093	0.5272	0.4338
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3641	0.4769	0.4074
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4365	0.5650	0.3382
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.4112	0.4974	0.4056
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4845	0.6372	0.2461
Gueymard-Liu ve Jordan	1.3604	1.6458	0.1522
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.4328	1.8608	0.0303

Ek Çizelge 25. 45° için Liu ve Jordan modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.3447	0.4765	0.3603
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.2231	0.3655	0.4165
Koronakis-Liu ve Jordan	0.3285	0.4987	0.3619
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.2041	0.3471	0.3560
Circum-Liu ve Jordan	0.3837	0.5132	0.3131
Circum-Jimenez ve Castro	0.2386	0.3809	0.2842
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3698	0.4983	0.3366
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2247	0.3660	0.3185
Klucher-Liu ve Jordan	0.3832	0.5066	0.3375
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2377	0.3731	0.3169
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3679	0.4991	0.3352
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.2229	0.3666	0.3171
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3706	0.5014	0.3316
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2255	0.3690	0.3118
Reindl-Liu ve Jordan	0.3699	0.4999	0.3355
Reindl-Jimenez ve Castro	0.2247	0.3673	0.3176
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3776	0.4982	0.3456
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.2331	0.3626	0.3736
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3886	0.5121	0.3448
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.2419	0.3741	0.3439
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3896	0.5087	0.3394
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.2445	0.3747	0.3217
Gueymard-Liu ve Jordan	0.7279	0.7699	0.4703
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.5828	0.6315	0.4511

Ek Çizelge 26. 45° için Lam ve Li modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2345	0.3665	0.4683
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.4207	0.4917	0.4623
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2520	0.3757	0.4754
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.4375	0.5048	0.4706
Circum-Liu ve Jordan	0.3837	0.5132	0.3131
Circum-Jimenez ve Castro	0.5699	0.6520	0.2567
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3302	0.4532	0.3878
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.5164	0.5899	0.3521
Klucher-Liu ve Jordan	0.3664	0.4779	0.4059
Klucher-Jimenez ve Castro	0.5525	0.6198	0.3758
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3048	0.4394	0.4020
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.4909	0.5686	0.3751
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3391	0.4729	0.3679
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.5252	0.6057	0.3295
Reindl-Liu ve Jordan	0.3121	0.4432	0.4047
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4983	0.5743	0.3780
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3133	0.4297	0.4616
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.5009	0.5643	0.4876
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3558	0.4853	0.4234
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.5401	0.6160	0.3978
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.4081	0.4964	0.4414
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.5943	0.6501	0.4116
Gueymard-Liu ve Jordan	1.6365	1.6593	0.5726
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.8226	1.8489	0.4610

Ek Çizelge 27. 45° için Macagnan ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2676	0.4036	0.4409
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3643	0.4443	0.4306
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2805	0.4103	0.4474
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3785	0.4549	0.4375
Circum-Liu ve Jordan	0.3837	0.5132	0.3131
Circum-Jimenez ve Castro	0.4805	0.5676	0.2154
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3471	0.4717	0.3760
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4391	0.5194	0.3190
Klucher-Liu ve Jordan	0.3741	0.4886	0.3905
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4708	0.5445	0.3369
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3247	0.4613	0.3872
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.4215	0.5046	0.3452
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3466	0.4805	0.3620
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4428	0.5275	0.2999
Reindl-Liu ve Jordan	0.3308	0.4640	0.3893
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4275	0.5090	0.3470
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3364	0.4565	0.4250
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4349	0.5039	0.4588
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3672	0.4961	0.4066
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4627	0.5399	0.3764
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.4067	0.5010	0.4153
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.5034	0.5675	0.3617
Gueymard-Liu ve Jordan	1.4064	1.4393	0.3889
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.5032	1.5552	0.1663

Ek Çizelge 28. 45° için Orgill ve Hollands modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2386	0.3803	0.4843
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.4139	0.4875	0.3826
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2556	0.3876	0.4898
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.4309	0.5015	0.3849
Circum-Liu ve Jordan	0.3796	0.5095	0.3107
Circum-Jimenez ve Castro	0.5591	0.6485	0.0406
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3315	0.4566	0.4004
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.5069	0.5857	0.1856
Klucher-Liu ve Jordan	0.3602	0.4742	0.4235
Klucher-Jimenez ve Castro	0.5365	0.6077	0.2302
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3009	0.4420	0.4261
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.4762	0.5539	0.2775
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3363	0.4716	0.3805
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.5117	0.5945	0.1741
Reindl-Liu ve Jordan	0.3080	0.4451	0.4280
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4838	0.5599	0.2799
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3072	0.4341	0.4697
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4826	0.5447	0.4375
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3364	0.4745	0.4463
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.5136	0.5858	0.3322
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.4092	0.4955	0.4499
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.5846	0.6483	0.2029
Gueymard-Liu ve Jordan	1.6065	1.6573	0.1145
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.7819	1.8688	0.1072

Ek Çizelge 29. 45° için Reindl ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2536	0.3920	0.4581
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3890	0.4626	0.4314
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2689	0.3984	0.4656
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.4046	0.4749	0.4377
Circum-Liu ve Jordan	0.3837	0.5132	0.3131
Circum-Jimenez ve Castro	0.5191	0.6047	0.1532
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3368	0.4617	0.3881
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4556	0.5491	0.2746
Klucher-Liu ve Jordan	0.3678	0.4814	0.4052
Klucher-Jimenez ve Castro	0.5032	0.5731	0.3088
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3139	0.4527	0.4019
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.4493	0.5273	0.3285
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3419	0.4767	0.3693
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4773	0.5584	0.2612
Reindl-Liu ve Jordan	0.3203	0.4555	0.4042
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4557	0.5324	0.3295
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3215	0.4450	0.4405
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4569	0.5194	0.4731
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3480	0.4854	0.4152
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4878	0.5609	0.3684
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.4099	0.4976	0.4356
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.5453	0.6071	0.3106
Gueymard-Liu ve Jordan	1.5060	1.5521	0.2373
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.6414	1.7198	0.0281

Ek Çizelge 30. 45° için Spencer modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.3270	0.4604	0.3851
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.2436	0.3632	0.3524
Koronakis-Liu ve Jordan	0.3343	0.4635	0.3875
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.2509	0.3671	0.3541
Circum-Liu ve Jordan	0.3837	0.5132	0.3131
Circum-Jimenez ve Castro	0.3003	0.4221	0.2173
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3634	0.4909	0.3497
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2800	0.3976	0.2820
Klucher-Liu ve Jordan	0.3822	0.5017	0.3516
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2988	0.4103	0.2783
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3581	0.4914	0.3511
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.2747	0.3956	0.2896
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3644	0.4967	0.3421
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2720	0.4050	0.2740
Reindl-Liu ve Jordan	0.3612	0.4925	0.3517
Reindl-Jimenez ve Castro	0.2778	0.3972	0.2890
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3675	0.4875	0.3680
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.2842	0.3898	0.3750
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3825	0.5077	0.3626
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.2991	0.4120	0.3040
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3972	0.5061	0.3568
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.3138	0.4185	0.2748
Gueymard-Liu ve Jordan	0.9085	0.9581	0.2082
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.8251	0.9170	0.0436

Ek Çizelge 31. 60° için Climmed-2 modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1658	0.3601	0.5182
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3116	0.4498	0.3371
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1900	0.3681	0.5241
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3114	0.4424	0.3636
Circum-Liu ve Jordan	0.3033	0.4882	0.3279
Circum-Jimenez ve Castro	0.4236	0.5822	0.0657
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.2575	0.4199	0.4604
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3777	0.5098	0.2412
Klucher-Liu ve Jordan	0.3063	0.4495	0.4967
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4300	0.5446	0.2996
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2264	0.4247	0.4458
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3480	0.4949	0.2637
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.2576	0.4488	0.4042
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3779	0.5286	0.1902
Reindl-Liu ve Jordan	0.2373	0.4282	0.4480
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3576	0.5006	0.2652
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3591	0.4941	0.5936
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4793	0.5633	0.5382
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3862	0.5437	0.5484
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.5065	0.6077	0.4668
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3146	0.4587	0.4277
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4434	0.5700	0.1894
Gueymard-Liu ve Jordan	1.0242	1.0960	0.2667
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.1185	1.2289	0.0143

Ek Çizelge 32. 60° için Erbs ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1724	0.3694	0.5080
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.2769	0.4219	0.3412
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1961	0.3758	0.5146
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3013	0.4375	0.3383
Circum-Liu ve Jordan	0.3033	0.4882	0.3279
Circum-Jimenez ve Castro	0.3989	0.5595	0.0817
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.2657	0.4324	0.4324
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3699	0.5075	0.2021
Klucher-Liu ve Jordan	0.3068	0.4534	0.4817
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4130	0.5322	0.2742
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2296	0.4304	0.4414
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3361	0.4859	0.2530
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.2589	0.4510	0.4026
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3635	0.5174	0.1698
Reindl-Liu ve Jordan	0.2398	0.4335	0.4432
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3443	0.4911	0.2475
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3727	0.4963	0.6202
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4618	0.5480	0.5270
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3788	0.5415	0.5420
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4833	0.5863	0.4584
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3151	0.4619	0.4166
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4225	0.5555	0.1066
Gueymard-Liu ve Jordan	0.9941	1.0703	0.2029
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.0987	1.2061	0.1138

Ek Çizelge 33. 60° için Hollands ve Crha modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1666	0.3601	0.5228
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.2949	0.4354	0.2826
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1927	0.3670	0.5258
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3209	0.4529	0.2698
Circum-Liu ve Jordan	0.3165	0.4882	0.3279
Circum-Jimenez ve Castro	0.4448	0.6017	0.0283
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.2638	0.4176	0.4612
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3921	0.5239	0.1308
Klucher-Liu ve Jordan	0.3125	0.4490	0.4787
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4355	0.5499	0.1994
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2284	0.4220	0.4536
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3567	0.5019	0.1917
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.2620	0.4475	0.4094
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3938	0.5426	0.1021
Reindl-Liu ve Jordan	0.2398	0.4254	0.4540
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3680	0.5095	0.1858
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3428	0.4764	0.5766
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4709	0.5544	0.4329
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3684	0.5288	0.5238
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4967	0.6023	0.3603
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3249	0.4571	0.4252
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4531	0.5781	0.0439
Gueymard-Liu ve Jordan	1.0593	1.1164	0.0820
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.1875	1.2892	0.1944

Ek Çizelge 34. 60° için Louche ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1962	0.3601	0.4917
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.2623	0.4354	0.2781
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2186	0.3670	0.4923
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.2847	0.4529	0.2660
Circum-Liu ve Jordan	0.3165	0.4882	0.3279
Circum-Jimenez ve Castro	0.3826	0.6017	0.0039
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.2770	0.4176	0.4345
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3431	0.5239	0.1462
Klucher-Liu ve Jordan	0.3188	0.4490	0.4529
Klucher-Jimenez ve Castro	0.3898	0.5499	0.1788
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2502	0.4220	0.4307
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3225	0.5019	0.1826
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.2753	0.4475	0.3963
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3415	0.5426	0.1256
Reindl-Liu ve Jordan	0.2599	0.4254	0.4301
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3260	0.5095	0.1897
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3726	0.4764	0.5333
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4350	0.5544	0.4266
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3913	0.5288	0.4979
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.4574	0.6023	0.3498
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3277	0.4571	0.3946
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.3939	0.5781	0.0536
Gueymard-Liu ve Jordan	0.9501	1.1164	0.0780
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.9752	1.2892	0.1505

Ek Çizelge 35. 60° için Liu ve Jordan modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2948	0.4731	0.3670
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.1329	0.3459	0.3893
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2832	0.4516	0.3883
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1353	0.3531	0.3619
Circum-Liu ve Jordan	0.3165	0.4882	0.3279
Circum-Jimenez ve Castro	0.1694	0.3872	0.2817
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.3029	0.4677	0.3680
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.1556	0.3680	0.3301
Klucher-Liu ve Jordan	0.3254	0.4791	0.3680
Klucher-Jimenez ve Castro	0.1756	0.3774	0.3166
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.3001	0.4736	0.3550
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.1525	0.3736	0.3164
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.3028	0.4760	0.3508
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.1551	0.3759	0.3107
Reindl-Liu ve Jordan	0.3036	0.4749	0.3540
Reindl-Jimenez ve Castro	0.1557	0.3743	0.3155
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3624	0.4915	0.3987
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.2162	0.3764	0.4283
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3677	0.5039	0.4005
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.2221	0.3925	0.3681
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3189	0.4799	0.3516
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.1735	0.3811	0.3009
Gueymard-Liu ve Jordan	0.5163	0.6186	0.2938
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.3807	0.4908	0.3087

Ek Çizelge 36. 60° için Lam ve Li modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1596	0.3378	0.5361
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.3253	0.4351	0.4570
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1890	0.3476	0.5474
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3534	0.4514	0.4735
Circum-Liu ve Jordan	0.3165	0.4882	0.3279
Circum-Jimenez ve Castro	0.4823	0.6060	0.2038
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.2651	0.4101	0.4773
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.4308	0.5277	0.3757
Klucher-Liu ve Jordan	0.3336	0.4512	0.5060
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4993	0.5767	0.4170
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2320	0.4124	0.4449
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3977	0.5156	0.3515
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.2662	0.4421	0.4081
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.4340	0.5548	0.2953
Reindl-Liu ve Jordan	0.2456	0.4171	0.4491
Reindl-Jimenez ve Castro	0.4114	0.5238	0.3551
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3903	0.4939	0.6071
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.5560	0.6126	0.5859
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.4400	0.5602	0.5596
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.5596	0.6760	0.5160
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3298	0.4527	0.4595
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4955	0.5804	0.3480
Gueymard-Liu ve Jordan	1.1571	1.1673	0.4976
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.3229	1.3273	0.3846

Ek Çizelge 37. 60° için Macagnan ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1688	0.3620	0.5109
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.2867	0.4150	0.4068
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1939	0.3686	0.5195
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3118	0.4293	0.4137
Circum-Liu ve Jordan	0.3165	0.4882	0.3279
Circum-Jimenez ve Castro	0.4344	0.5833	0.1156
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.2637	0.4175	0.4543
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3915	0.5129	0.2695
Klucher-Liu ve Jordan	0.3171	0.4496	0.4893
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4350	0.5316	0.3514
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2314	0.4236	0.4434
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3493	0.4838	0.3099
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.2668	0.4473	0.4042
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3845	0.5240	0.2314
Reindl-Liu ve Jordan	0.2429	0.4270	0.4455
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3608	0.4905	0.3097
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3649	0.4807	0.5918
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4846	0.5443	0.5844
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.4032	0.5312	0.5617
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.5182	0.5958	0.4988
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3160	0.4526	0.4416
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4415	0.5483	0.2607
Gueymard-Liu ve Jordan	1.0357	1.0591	0.3863
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.1536	1.1964	0.1488

Ek Çizelge 38. 60° için Orgill ve Hollands modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1750	0.3615	0.5371
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.2956	0.4233	0.3351
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2001	0.3690	0.5377
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3217	0.4395	0.3322
Circum-Liu ve Jordan	0.3165	0.4882	0.3279
Circum-Jimenez ve Castro	0.4367	0.5816	0.0530
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.2693	0.4191	0.4727
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3923	0.5093	0.1604
Klucher-Liu ve Jordan	0.3212	0.4496	0.4961
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4417	0.5395	0.2271
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2354	0.4239	0.4593
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3560	0.4889	0.2095
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.2654	0.4485	0.4105
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3888	0.5255	0.1033
Reindl-Liu ve Jordan	0.2466	0.4271	0.4607
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3671	0.4958	0.2060
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3659	0.4856	0.5813
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4865	0.5474	0.5233
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3899	0.5305	0.5470
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.5096	0.5881	0.4223
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3287	0.4564	0.4377
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4492	0.5585	0.0534
Gueymard-Liu ve Jordan	1.0037	1.0430	0.1858
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.1668	1.2140	0.3852

Ek Çizelge 39. 60° için Reindl ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.1737	0.3602	0.5152
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.2950	0.4219	0.3783
Koronakis-Liu ve Jordan	0.1998	0.3677	0.5221
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.3210	0.4377	0.3810
Circum-Liu ve Jordan	0.3165	0.4882	0.3279
Circum-Jimenez ve Castro	0.4378	0.5780	0.0891
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.2684	0.4193	0.4603
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.3897	0.5046	0.2638
Klucher-Liu ve Jordan	0.3244	0.4521	0.4855
Klucher-Jimenez ve Castro	0.4456	0.5414	0.3100
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2372	0.4239	0.4431
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.3585	0.4904	0.2778
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.2693	0.4485	0.4028
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.3905	0.5249	0.2076
Reindl-Liu ve Jordan	0.2488	0.4274	0.4450
Reindl-Jimenez ve Castro	0.3701	0.4975	0.2764
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3727	0.4884	0.5834
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4939	0.5556	0.5507
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3987	0.5345	0.5452
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.5235	0.6025	0.4694
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3273	0.4571	0.4313
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.4544	0.5589	0.2103
Gueymard-Liu ve Jordan	1.0587	1.0855	0.2984
Gueymard-Jimenez ve Castro	1.1658	1.2114	0.0566

Ek Çizelge 40. 60° için Spencer modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.2534	0.4308	0.4236
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.1666	0.3679	0.3114
Koronakis-Liu ve Jordan	0.2652	0.4348	0.4233
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1782	0.3720	0.3081
Circum-Liu ve Jordan	0.3165	0.4882	0.3279
Circum-Jimenez ve Castro	0.2298	0.4300	0.1550
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.2957	0.4583	0.3881
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.2089	0.3980	0.2434
Klucher-Liu ve Jordan	0.3275	0.4750	0.3844
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2407	0.4149	0.2286
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.2866	0.4644	0.3813
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.1998	0.4000	0.2483
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.2940	0.4698	0.3689
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.2072	0.4071	0.2257
Reindl-Liu ve Jordan	0.2921	0.4659	0.3793
Reindl-Jimenez ve Castro	0.2053	0.4023	0.2420
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3658	0.4960	0.4294
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.2790	0.4179	0.3903
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3733	0.5126	0.4272
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.2839	0.4344	0.3255
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.3223	0.4761	0.3605
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.2356	0.4184	0.1900
Gueymard-Liu ve Jordan	0.6491	0.7250	0.1971
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.5623	0.6810	0.0988

Ek Çizelge 41. 90° için Climmed-2 modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0392	0.4317	0.3204
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0214	0.4399	0.1434
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0033	0.4240	0.3136
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0639	0.4409	0.1294
Circum-Liu ve Jordan	0.0810	0.5398	0.1647
Circum-Jimenez ve Castro	0.1416	0.5686	0.0012
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.0342	0.4400	0.2831
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.1045	0.4784	0.0610
Klucher-Liu ve Jordan	0.1555	0.4607	0.2761
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2161	0.4999	0.0837
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.0231	0.5024	0.2562
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.0838	0.5149	0.0980
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.0503	0.5230	0.2167
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.1110	0.5420	0.0566
Reindl-Liu ve Jordan	0.0400	0.4997	0.2482
Reindl-Jimenez ve Castro	0.1007	0.5162	0.0860
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.4863	0.6940	0.6468
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.5278	0.6867	0.4598
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.6254	0.7714	0.6121
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.6861	0.7913	0.5943
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.0878	0.4976	0.2068
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.1485	0.5275	0.0289
Gueymard-Liu ve Jordan	0.3508	0.6682	0.0725
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.4114	0.7276	0.0921

Ek Çizelge 42. 90° için Erbs ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0326	0.4393	0.3162
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0158	0.4414	0.1332
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0080	0.4322	0.3071
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0564	0.4424	0.1153
Circum-Liu ve Jordan	0.0810	0.5398	0.1647
Circum-Jimenez ve Castro	0.1293	0.5608	0.0126
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.0374	0.4472	0.2770
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.0857	0.4628	0.0823
Klucher-Liu ve Jordan	0.1518	0.4660	0.2659
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2002	0.4960	0.0624
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.0259	0.5061	0.2562
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.0742	0.5106	0.0902
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.0510	0.5236	0.2174
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.0994	0.5346	0.0475
Reindl-Liu ve Jordan	0.0419	0.5036	0.2475
Reindl-Jimenez ve Castro	0.0902	0.5119	0.0770
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.4670	0.6797	0.6298
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.5154	0.6831	0.4170
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.5848	0.7309	0.6356
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.6365	0.7364	0.5880
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.0884	0.5016	0.2019
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.1367	0.5239	0.0129
Gueymard-Liu ve Jordan	0.3394	0.6627	0.0552
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.3877	0.7145	0.1231

Ek Çizelge 43. 90° için Hollands ve Crha modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0426	0.4398	0.3335
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0134	0.4557	0.0901
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0028	0.4346	0.3134
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0533	0.4622	0.0565
Circum-Liu ve Jordan	0.0810	0.5398	0.1647
Circum-Jimenez ve Castro	0.1370	0.5852	0.0658
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.0281	0.4500	0.2774
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.0842	0.4858	0.0178
Klucher-Liu ve Jordan	0.1336	0.4745	0.2442
Klucher-Jimenez ve Castro	0.1897	0.5284	0.0226
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.0170	0.5044	0.2730
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.0730	0.5256	0.0542
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.0486	0.5253	0.2226
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.1047	0.5574	0.0002
Reindl-Liu ve Jordan	0.0328	0.5022	0.2620
Reindl-Jimenez ve Castro	0.0888	0.5286	0.0374
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3859	0.6796	0.5004
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.4419	0.7002	0.2598
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.4809	0.7343	0.4814
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.5271	0.7480	0.3551
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.0845	0.5017	0.2006
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.1405	0.5481	0.0475
Gueymard-Liu ve Jordan	0.3438	0.6900	0.0093
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.3817	0.7520	0.1765

Ek Çizelge 44. 90° için Louche ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0771	0.4398	0.2901
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0314	0.4557	0.1587
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0028	0.4346	0.2877
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0772	0.4622	0.1504
Circum-Liu ve Jordan	0.0810	0.5398	0.1647
Circum-Jimenez ve Castro	0.1895	0.5852	0.0482
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.0053	0.4500	0.2631
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.1138	0.4858	0.1264
Klucher-Liu ve Jordan	0.1291	0.4745	0.2585
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2376	0.5284	0.1205
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.0059	0.5044	0.2321
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.1026	0.5256	0.1173
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.0444	0.5253	0.2067
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.1530	0.5574	0.0911
Reindl-Liu ve Jordan	0.0127	0.5022	0.2261
Reindl-Jimenez ve Castro	0.1212	0.5286	0.1089
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.4233	0.6796	0.5755
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.5229	0.7002	0.4034
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.5675	0.7343	0.5199
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.6760	0.7480	0.4708
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.0694	0.5017	0.1956
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.1780	0.5481	0.0702
Gueymard-Liu ve Jordan	0.3731	0.6900	0.1099
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.4817	0.7520	0.0069

Ek Çizelge 45. 90° için Liu ve Jordan modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0460	0.5016	0.2104
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0699	0.4547	0.1657
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0580	0.5016	0.2066
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0583	0.4516	0.1617
Circum-Liu ve Jordan	0.0810	0.5398	0.1647
Circum-Jimenez ve Castro	0.0349	0.4853	0.1132
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.0659	0.5089	0.1961
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.0490	0.4565	0.1503
Klucher-Liu ve Jordan	0.1069	0.5147	0.1813
Klucher-Jimenez ve Castro	0.0108	0.4514	0.1341
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.0684	0.5278	0.1872
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.0425	0.4800	0.1221
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.0719	0.5334	0.1807
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.0440	0.4798	0.1325
Reindl-Liu ve Jordan	0.0740	0.5310	0.1805
Reindl-Jimenez ve Castro	0.0424	0.4769	0.1335
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.2633	0.5651	0.2235
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.1474	0.4722	0.2004
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.2821	0.5207	0.2636
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.1599	0.4225	0.2417
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.0823	0.5308	0.1730
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.0335	0.4759	0.1221
Gueymard-Liu ve Jordan	0.1562	0.5661	0.1279
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.0403	0.4987	0.0689

Ek Çizelge 46. 90° için Lam ve Li modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistikî değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0635	0.4046	0.3137
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0486	0.4310	0.2068
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0119	0.3925	0.3243
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.1002	0.4325	0.2160
Circum-Liu ve Jordan	0.0810	0.5398	0.1647
Circum-Jimenez ve Castro	0.1931	0.5990	0.0818
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.0256	0.4115	0.2974
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.1377	0.4610	0.1923
Klucher-Liu ve Jordan	0.1767	0.4389	0.3292
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2888	0.5173	0.2260
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.0125	0.4860	0.2434
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.1246	0.5289	0.1556
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.0490	0.5209	0.2093
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.1575	0.5647	0.1314
Reindl-Liu ve Jordan	0.0338	0.4824	0.2417
Reindl-Jimenez ve Castro	0.1459	0.5302	0.1527
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.5629	0.7482	0.7531
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.6751	0.8299	0.5097
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.7999	0.9535	0.6633
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.9120	1.0403	0.6359
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.0892	0.4790	0.2244
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.2014	0.5400	0.1309
Gueymard-Liu ve Jordan	0.4074	0.6984	0.1807
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.5195	0.7955	0.1039

Ek Çizelge 47. 90° için Macagnan ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0448	0.4201	0.3246
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0162	0.4461	0.1541
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0041	0.4132	0.3204
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0530	0.4499	0.1443
Circum-Liu ve Jordan	0.0810	0.5398	0.1647
Circum-Jimenez ve Castro	0.1420	0.5986	0.0171
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.0279	0.4305	0.2898
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.0889	0.4747	0.1144
Klucher-Liu ve Jordan	0.1463	0.4542	0.2811
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2073	0.5166	0.1020
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.0193	0.4938	0.2560
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.0803	0.5317	0.1064
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.0527	0.5256	0.2111
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.1137	0.5744	0.0650
Reindl-Liu ve Jordan	0.0356	0.4918	0.2490
Reindl-Jimenez ve Castro	0.0966	0.5335	0.0966
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.4734	0.7013	0.5798
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.5344	0.7492	0.3678
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.6352	0.8435	0.5218
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.6962	0.8923	0.4330
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.0795	0.4907	0.2174
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.1350	0.5420	0.0761
Gueymard-Liu ve Jordan	0.3465	0.6824	0.1071
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.4025	0.7716	0.0311

Ek Çizelge 48. 90° için Orgill ve Hollands modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0436	0.4315	0.3312
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0245	0.4409	0.1341
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0001	0.4233	0.3225
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0680	0.4427	0.1165
Circum-Liu ve Jordan	0.0810	0.5398	0.1647
Circum-Jimenez ve Castro	0.1491	0.5748	0.0215
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.0394	0.4398	0.2870
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.1038	0.4668	0.0851
Klucher-Liu ve Jordan	0.1541	0.4591	0.2803
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2222	0.5043	0.0630
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.0189	0.5008	0.2651
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.0869	0.5160	0.0881
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.0486	0.5219	0.2206
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.1167	0.5454	0.0407
Reindl-Liu ve Jordan	0.0363	0.4980	0.2565
Reindl-Jimenez ve Castro	0.1044	0.5177	0.0748
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.4781	0.6877	0.6241
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.5462	0.7087	0.4245
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.6005	0.7463	0.6323
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.6799	0.7831	0.5910
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.0866	0.4961	0.2106
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.1547	0.5312	0.0103
Gueymard-Liu ve Jordan	0.3563	0.6729	0.0538
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.4244	0.7419	0.1312

Ek Çizelge 49. 90° için Reindl ve arkadaşları modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0542	0.4215	0.3245
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0388	0.4335	0.1759
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0059	0.4104	0.3268
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0871	0.4347	0.1739
Circum-Liu ve Jordan	0.0810	0.5398	0.1647
Circum-Jimenez ve Castro	0.1739	0.5831	0.0307
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.0287	0.4269	0.2972
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.1216	0.4597	0.1439
Klucher-Liu ve Jordan	0.1669	0.4482	0.3130
Klucher-Jimenez ve Castro	0.2599	0.5066	0.1576
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.0142	0.4936	0.2579
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.1161	0.5104	0.1525
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.0474	0.5191	0.2180
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.1404	0.5511	0.0870
Reindl-Liu ve Jordan	0.0340	0.4901	0.2531
Reindl-Jimenez ve Castro	0.1269	0.5185	0.1189
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.5156	0.7090	0.7426
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.6138	0.7622	0.4963
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.7013	0.8387	0.7006
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.7942	0.8998	0.6610
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.0881	0.4870	0.2222
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.1811	0.5305	0.0768
Gueymard-Liu ve Jordan	0.3818	0.6775	0.1226
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.4748	0.7583	0.0080

Ek Çizelge 50. 90° için Spencer modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen istatistiki değerler

Modeller	MBE	RMSE	CC
Liu ve Jordan-Liu ve Jordan	0.0139	0.4810	0.2472
Liu ve Jordan-Jimenez ve Castro	0.0445	0.4537	0.1486
Koronakis-Liu ve Jordan	0.0344	0.4808	0.2393
Koronakis-Jimenez ve Castro	0.0240	0.4525	0.1374
Circum-Liu ve Jordan	0.0810	0.5398	0.1647
Circum-Jimenez ve Castro	0.0231	0.5074	0.0590
Temps ve Coulsen-Liu ve Jordan	0.0503	0.4905	0.2228
Temps ve Coulsen-Jimenez ve Castro	0.0081	0.4611	0.1186
Klucher-Liu ve Jordan	0.1161	0.5052	0.1934
Klucher-Jimenez ve Castro	0.0577	0.4725	0.0811
Orijinal Hay-Liu ve Jordan	0.0550	0.5243	0.2056
Orijinal Hay-Jimenez ve Castro	0.0035	0.4914	0.1072
Ma ve Iqbal-Liu ve Jordan	0.0633	0.5303	0.1938
Ma ve Iqbal-Jimenez ve Castro	0.0048	0.4975	0.0932
Reindl-Liu ve Jordan	0.0629	0.5242	0.1985
Reindl-Jimenez ve Castro	0.0045	0.4915	0.0978
Muneer(bl)-Liu ve Jordan	0.3290	0.6090	0.3209
Muneer(bl)-Jimenez ve Castro	0.2706	0.5477	0.2379
Muneer(bs)-Liu ve Jordan	0.3713	0.5776	0.3682
Muneer(bs)-Jimenez ve Castro	0.3128	0.5242	0.2851
Skarveit ve Olseth-Liu ve Jordan	0.0810	0.5247	0.1791
Skarveit ve Olseth-Jimenez ve Castro	0.0258	0.4939	0.0596
Gueymard-Liu ve Jordan	0.2109	0.5951	0.0876
Gueymard-Jimenez ve Castro	0.1524	0.5595	0.0297

ÖZET

İnsanoğlu günümüze kadar kendilerinin yaşam şartlarını daha uygun hala getirebilmek için çaba sarf etmişlerdir. İnsanların kendileri için konforlu ortam hazırlamaları enerji harcayarak sağlanmaktadır.

Mühendislik uygulamalarının ve güneş enerjisi ile ilgili çalışmaların büyük bir kısmı eğimli yüzeylerde gerçekleşmektedir. Örneğin; havalı güneş kolektörleri, sulu güneş kolektörleri, PV (fotovoltaik) paneller v.b. Ancak birçok meteoroloji istasyonunda eğimli yüzeye gelen saatlik toplam ışınım, direkt ışınım, difüz ışınım ve yansıyan ışınım ölçülmemektedir. Eğik yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı, literatürde bazı enlemler için verilen tablolardan veya tüm yerel parametreler biliniyorsa hesaplama sonucu tahmin edilebilir. Ancak kullanılan bu tablolar, güncellenmediğinden ve her yerleşim birimi için ayrı ayrı hazırlanmadığından dolayı büyük farklara neden olmaktadır.

Bu çalışmada eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınım şiddeti değişik açılar (15° , 30° , 45° , 60° ve 90°) için ayın ortalama günlerinde yada ortalama güne yakın günlerde ölçülmüştür. Ölçüm sonucu elde edilen bu değerler, literatürden tespit edilen modellerle yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen değerlerle istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve her açı için ayrı ayrı uygun modeller belirlenmiştir. 90° için belirlenen uygun model kullanılarak camdan geçen güneş ışınımı hesaplanmış ve tablo değerleri ile karşılaştırılmıştır.

SUMMARY

Human beings have struggled to make the life better as today as. Preparing comfortable environment needs energy.

Many of engineering practices and studies about solar radiation are made at inclined surfaces. For example; airy solar collector, watery solar collector, PV (photovoltaic) panels. However, at many meteorological stations hourly global solar radiation on inclined surfaces, beam, diffuse and reflected solar radiation aren't measured. If hourly global radiation on inclined surfaces are known in the charts or all local parameters, the result of measurement can be estimated. But these charts results in many differences because they weren't updated and prepared separately according to each location.

In this study, hourly global solar radiation on tilted surfaces is measured at five different slope angles ($15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ ve 90°) at average days in a month in Şanlıurfa. The data obtained from measurements are compared with solar models for inclined planes and the best solar model for tilted surface is determined. By using suitable model for 90 degree solar radiation transmitted through glass was measured and the results of charts of compared.