ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

135788

Ozan ŞENKAL

TÜRKİYE YÜZEYİNE GELEN GÜNEŞ ENERJİSİNİN UYDU VERİLERİ YARDIMIYLA FİZİKSEL MODEL KULLANILARAK BELİRLENMESİ

135788

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURUL
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

ADANA, 2003

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE YÜZEYİNE GELEN GÜNEŞ ENERJİSİNİN UYDU VERİLERİ YARDIMIYLA FİZİKSEL MODEL KULLANILARAK BELİRLENMESİ

OZAN ŞENKAL

DOKTORA TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

Bu tez ..../...../..... Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

İmza.....	İmza.....	İmza.....
Doç.Dr.Vedat PETEMALCI	Prof.Dr.İlhami YEĞİNGİL	Yrd.Doç.Dr.Veysel POLAT
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

İmza.....	İmza.....
Prof.Dr.M. Ali ÇULLU	Yrd.Doç.Dr.H.Mustafa KANDIRMAZ
ÜYE	ÜYE

Bu tez Enstitümüz Fizik Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No: 787

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Prof. Dr.Fikri AKDENİZ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu Çalışma Ç.Ü. Araştırma Fonu Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FBE2002D174

● 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

ÖZ I

ABSTRACT II

TEŞEKKÜR III

SİMGELER VE KISALTMALAR IV

ÇİZELGELER DİZİNİ VI

ŞEKİLLER DİZİNİ VII

1.GİRİŞ 1

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5

2.1.Güneş Enerjisi Ölçümleri 6

2.1.1.Klasik Metotlar 6

2.1.2.Deneysel Metotlar 6

2.1.3.Meteorolojik Uydu Verileri Kullanılarak Yapılan Çalışmalar. 9

3.MATERYAL VE METOD 14

3.1.Materyal 14

3.1.1.Radyasyon Kaynağı 15

3.1.1.1.Güneş Enerjisi 16

3.1.1.2.Yatay Düzleme Gelen Toplam Güneş Işınımı Fonksiyonları 20

3.1.1.3.Dünya-Güneş Uzaklığı 20

3.1.1.4.Güneş Sabiti 21

3.1.1.5.Güneş Zamanı 22

3.1.1.6.Yatay Yüzey Üzerine Gelen Atmosfer Dışı Işınım 23

3.1.1.7.Yeryüzüne Gelen Güneş Işınım 24

3.1.2.Atmosferik Geçiş 25

3.1.2.1.Rayleigh Saçılması, Mie Saçılması ve Seçici Olmayan Saçılma 26

3.1.2.2.Gazlar Tarafından Soğurulan Radyasyon 27

3.1.3.Uzaktan Algılama Verileri 29

3.1.3.1.Piksel ve Çözünürlük 29

3.1.4.Sayısal Görüntü İşleme Yöntemleri..... 30
3.1.4.1. Geometrik Bozukluklar ve Düzeltilmesi 31
3.1.5.Meteorolojik Uydular..... 32
3.1.5.1.Sabit Yörüngeli Uydular..... 34
3.1.5.1.(1).İşlemsel Sabit Yörüngeli Uydular..... 37
3.1.5.1.(1).(a).METEOSAT..... 38
3.1.5.1.(1).(b).GMS..... 38
3.1.5.1.(1).(c).INSAT..... 39
3.1.5.1.(1).(d).GOES..... 39
3.1.5.2.Kutupsal Yörüngeli uydular..... 40
3.1.6.Uydu Kullanım Amacı ve Alanları 42
3.1.7.Uydu Görüntüleri..... 42
3.1.7.1.Spektral Özellikler..... 44
3.1.7.1.(1).Görünür (Visible) görüntü..... 44
3.1.7.1.(2).Kızılötesi (Infrared) Görüntü..... 45
3.1.7.1.(3).Su buharı (WV) Görüntüsü..... 46
3.1.8.Görüntü Yorumlama..... 47
3.2.Metod..... 50
3.2.1.Uydu Görüntülerinin Kalibrasyonu..... 50
3.2.2.Bulutluluk İndeksi..... 52
3.2.3.Açık Gökyüzü Işınımı..... 52
3.2.3.1.Direk Güneş Işınımı 53
3.2.3.2.Yayılmış Güneş Işınımı 58
3.2.3.3.Toplam Işınım..... 60
3.2.4.Bulutluluk İndeksi ile Açık Gökyüzü İndeksi Arasındaki İlişki 60
4.BULGULAR VE TARTIŞMA..... 62
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 86
KAYNAKLAR..... 98
ÖZGEÇMİŞ..... 103
EKLER..... 104

ÖZ

DOKTORA TEZİ

TÜRKİYE YÜZEYİNE GELEN GÜNEŞ ENERJİSİNİN UYDU VERİLERİ YARDIMIYLA FİZİKSEL MODEL KULLANILARAK BELİRLENMESİ

OZAN ŞENKAL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Vedat PEŞTEMALCI

Yıl:2003, Sayfa:179

Jüri : Doç. Dr. Vedat PEŞTEMALCI
Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Yrd. Doç. Dr. Veysel POLAT
Prof. Dr. M. Ali ÇULLU
Yrd. Doç. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ

Bu çalışmada düzeltilmiş ve kalibrasyonu yapılmış METEOSAT-6 uydusu aracılığıyla alınan görünür bölge C3D verileri kullanılmıştır. Yeryüzüne gelen güneş enerjisini hesaplayabilmek için atmosferik durumu açıklayan açık gökyüzü ışınımı değerlerini ve bunlara bağlı bulutluluk indeksi değerleri ile ilişkili olan açık gökyüzü indeksi değerleri belirlenmiştir. Türkiye'de 14 vilayete ait saatlik, günlük, aylık ve yıllık ortalama enerji değerleri fiziksel model kullanılarak tahmin edilmiştir. Bulunan değerler yer ölçümleri ile karşılaştırılmış ve hata oranları saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Uydu Görüntüsü Kalibrasyonu, Açık Gökyüzü İndeksi, Açık Gökyüzü Işınımı, METEOSAT Görünür Bölge Verisi

ABSTRACT

PhD THESIS

DETERMINATION OF THE INCIDENT SOLAR RADIATION OVER TURKEY BY USING SATELLITE DATA AND PHYSICAL MODEL

OZAN ŞENKAL

DEPARTMENT OF PHYSICS
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor: Assoc. Prof. Vedat PEŞTEMALCI

Year: 2003, Pages:179

Jury : Assoc. Prof. Vedat PEŞTEMALCI
: Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
: Assist. Prof. Veysel POLAT
: Prof. Dr. M. Ali ÇULLU
: Assist. Prof. H.Mustafa KANDIRMAZ

In this study, rectified and calibrated METEOSAT-6 satellite C3D data in the visible range has been used. In order to calculate the incident solar energy, clear sky radiation, cloud cover index and clear sky index values have been determined. Incident solar radiation has been estimated as hourly, daily, monthly and yearly means by using physical model over 14 cities in Turkey. These estimated values have been correlated with the ground measurement values and the error between them has been calculated.

Key Words: Solar Energy, Satellite Image Calibration, Clear-Sky Index, Clear-Sky Radiation, METEOSAT Visible Images

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı bana öneren, yürütülmesi ve yazımında büyük emeği olan sayın hocam **Doç. Dr. Vedat PEŞTEMALCI**'ya, çalışma sırasında beni destekleyen ve yönlendiren **Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL, Yrd. Doç. Dr. H.Mustafa KANDIRMAZ, Yrd. Doç. Dr. Nuri EMRAHOĞLU**'na, her konuda yardımını esirgemeyen **Araştırma Görevlisi B.Yiğit YILDIZ, Uzman Pelin TEKİNSOY, Yrd. Doç. Dr. Tuncay KULELİ**'ye ve **Karaisalı meteoroloji müdürü Yılmaz ALDANMAZ**'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca Karaisalı M.Y.O. müdürü **Prof. Dr. Atike NAZİK**'e, müdür yardımcısı **Doç. Dr. Kemal GÜRBÜZ**'e ve tüm mesai arkadaşlarıma yardımlarını esirgemediklerinden dolayı teşekkür ederim. Bu çalışmanın gerçekleşmesi sırasında büyük özveri gösterip bana her yönüyle destek olan sevgili eşim **H.Esra ŞENKAL**'a, her yaptığı hareket ve konuşmasıyla beni motive eden sevgili kızım **Ece ŞENKAL**'a, **Anneme, Babama, Kardeşime** ve diğer aile bireylerine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR

DMİ	Devlet Meteoroloji İstasyonları
k	Boltzman Sabiti
h	Planck Sabiti
c	Işık Hızı
ε	Spektral Soğurma
t	Spektral Geçirgenlik
r	Spektral Yansıtma
λ	Dalga Boyu
T	Cismin Sıcaklığı
$M(\lambda)$	Birim Yüzeyden Yayılan Tayfsal Işınım
P	Orbit Parametresi
e	Eksentirisiti
E	Eksentirisiti Anomalisi
0	Fazla Yer veya Astronomik Değerler
g	Yerle İlgili Değerler
c	Açık Gökyüzü Değerleri
b	Kapalı Gökyüzü Değerleri
λ	Spektral Değerler
t	Zaman
θ_s	Güneş Zenit Açısı
γ_s	Güneşe Ait Yükseklik Açısı
I_0	Güneşe Ait Sabit
$I_{0\lambda}$	Atmosfer dışındaki Güneşe Ait Işımanın Spektral Dağıtımı
ε	Güneş-Dünya Mesafesindeki Değişimin Doğrultma Değeridir
δ	Deklinasyon
Dl	Gün Uzunluğudur.24 Saat(86400s)

L	Parlaklık
G	Global Enerji Akış Yoğunluğu
D	Yayılı Güneş Işınımı
B	Direk Güneş Işınımı
h	Saatlik Değerler
d	Günlük Değerler
ρ	Piksel Değerleri İçin Sensörler Tarafından Gözlenen Albedo
a^t, b^t, CN^t_{dark}	t Anında Meteosat Radyometresinin Kalibrasyon Sabitleri
n	Bulut İndeksi
k	Açık Gökyüzü İndeksi
TL(AM2)	İzafi hava kütlesi 2 kabul edilen Linke turbidity faktör
$\delta_R(m)$	İntegral Rayleigh Optik Bulanıklılığı
z	Ortalama Deniz Seviyesindeki Mevkinin Yüksekliği
p	Mevki Yüksekli Basıncı
p_0	Deniz Seviyesinde Ortalama Atmosferik Basınç
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yüzeye gelen güneş enerjisini aylık ve yıllık ortalama olarak tahmin etmek için bazı araştırmacılar tarafından bulunan deneysel formüller.....7

Çizelge 2.2. Yüzeye gelen güneş enerjisini günlük ortalama olarak tahmin etmek için bazı araştırmacılar tarafından bulunan deneysel formüller.....7

Çizelge 2.3. Yüzeye gelen güneş enerjisini güneşlenme süresini kullanarak tahmin etmek için bazı araştırmacılar tarafından bulunan deneysel formüller.....8

Çizelge 3.1. Elektromanyetik tayfın dalga boyu, frekans ve enerjileri.....18

Çizelge 3.2. C_i sabitlerinin hesaplanabilmesi için verilen L_{ij} sabitleridir.....56

Çizelge 4.1. Ağustos ayı kalibrasyon sabitlerinin değerleri.....66

Çizelge 4.2. İllerin aylara göre turbidity, su buharı ve enerji değerleri.....73

Çizelge 4.3. Saat 06:30, 08:30, 11:00, 12:30 ve 14:30 ait görüntülerden oluşturulan bulutluluk oranlarının temsil ettiği varsayılan saatler.....84

Çizelge 4.4. Fiziksel model kullanılarak hesaplanan saatlik ortalama güneş enerjisi değerleri ile yer ölçümlerine ait saatlik ortalama güneş enerjisi değerlerinin karşılaştırılmaları (Ankara ili için).....85

Çizelge 5.1. Modelden elde edilen aylık ortalama günlük toplam güneş enerjisi değerleri ile meteoroloji istasyonlarının ölçümlerinden elde edilen günlük toplam değerlerden ortalama fark (MBD) ile ortalama farkın karekökü (RMSD) nin bulunması ve karşılaştırılmaları.....89

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. İki boyutlu basit bir uzaktan algılama modeli.....17
Şekil 3.2. Elektromanyetik tayf diyagramı.....18
Şekil 3.3. T=5800 °K sıcaklığındaki bir kara cismin ve güneşin atmosfer dışına gelen enerjisinin tayfsal dağılımı (Kaufmann,1985).....19
Şekil 3.4. Atmosfere giren güneş enerjisinin geçirdiği süreçler.....26
Şekil 3.5. Rayleigh ve Mie saçılması.....27
Şekil 3.6. Güneş ışınımının dağılımı ve atmosferde soğurulması (Slater, 1980).....28
Şekil 3.7. Atmosferin dalgaboyuna göre geçirgenliği.....29
Şekil 3.8. Uydunun yer yüzeyini tarama biçimi.....30
Şekil 3.9. Sabit ve kutupsal yörüngeli uyduların normal pozisyonları.....33
Şekil 3.10. Meteosat görünür bölge görüntüsü (25.09.2001 0900Z).....36
Şekil 3.11. Meteosat kızılötesi görüntüsü (25.09.2001 0900Z).....37
Şekil 3.12. Sabit yörüngeli uyduların kaplama alanını göstermekte.....37
Şekil 3.13. Sabit yörüngeli meteorolojik uydular tarafından görüntülenen alanlar. Kesiksiz çizgiler kolları göstermektedir; uydu bu alanın dışında hiçbir şey görmez. Kesik çizgiler uydunun yataydan en az 10° yukarıda olduğu alanlardan yararlı verilerin alındığı alanı göstermekte.....38
Şekil 3.14. EUMETSAT'ın kutupsal yörüngeli uydusu (METOP).....41
Şekil 3.15. Kutupsal yörüngeli uyduların dünyayı kutuplardan taramasını göstermekte.....41
Şekil 3.16. Meteorolojik görüntüleme.....43
Şekil 3.17. 27 Eylül 2001 15.00'de alınmış olan METEOSAT görünür bölge görüntüsü.....45
Şekil 3.18. 28 Eylül 2001 06:30'da alınmış olan Meteosat-7 kızılötesi görüntüsü.....46
Şekil 3.19. 8 Eylül 2001 06:30Z'de alınmış olan su buharı görüntüsü.....47
Şekil 4.1. Kullanılan yöntemin akış diagramı.....63
Şekil 4.2. METEOSAT uydusu C3D ham görüntüsü. Şekilde kara ile denizi ayıran sınırlar ve (+) şeklindeki noktalar Almanya'daki yer istasyonu tarafından eklenmiştir.....64

Şekil 4.3. METEOSAT C3D görüntüsünden kesilerek çıkartılan Türkiye'nin ham görüntüsü.....67
Şekil 4.4. Türkiye'nin şekil 4.3'deki ham görüntüsünün geometrik olarak düzeltilmiş şekli.....67
Şekil 4.5. 01/12/97 tarihli saat 12:30'a ait kalibrasyonu yapılmamış görüntü.....68
Şekil 4.6. Üstteki görüntünün kalibrasyon yapılmış ve albedosu bulunmuş hali.....68
Şekil 4.7. 1997 yılı Ağustos ayına ait açık gökyüzü şartlarında gözlenen piksellerin yansıtma oranını gösteren görüntü.....70
Şekil 4.8. 1997 yılı Ağustos ayına ait bulutluluk şartlarında gözlenen piksellerin yansıtma oranını gösteren görüntü.....70
Şekil 4.9. 16/08/1997 gününde saat 11'e ait bulutluluk oranını gösteren görüntü.....71
Şekil 4.10. 16/08/1997 gününe ait günlük ortalama bulutluluk oranını gösteren Görüntü.....71
Şekil 4.11. Samsun iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity arasındaki istatistiksel ilişki.....73
Şekil 4.12. Van iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity arasındaki istatistiksel ilişki.....74
Şekil 4.13. İzmir iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity arasındaki istatistiksel ilişki.....74
Şekil 4.14. Diyarbakır iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity arasındaki istatistiksel ilişki..75
Şekil 4.15. Adana iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity arasındaki istatistiksel ilişki.....75
Şekil 4.16. Artvin iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 77
Şekil 4.17. Ankara iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 77

Şekil 4.18. Antalya iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 78
Şekil 4.19. Edirne iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 78
Şekil 4.20. Kayseri iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 79
Şekil 4.21. Kütahya iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 79
Şekil 4.22. Van iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 80
Şekil 4.23. Erzurum iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 80
Şekil 4.24. Adana iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 81
Şekil 4.25. İstanbul iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 81
Şekil 4.26. Samsun iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 82
Şekil 4.27. Şanlıurfa iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki.....82

Şekil 4.28. İzmir iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 83
Şekil 4.29. Diyarbakır iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki 83
Şekil 4.30. Ankara iline ait saatlik güneş enerjisi değerlerinin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki.....85
Şekil 5.1. 12/08/97 gününe ait ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü.....91
Şekil 5.2. 12/08/97 gününe ait günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2).....91
Şekil 5.3. 08/97 ayı ortalama günlük toplam bulutluluk oranını gösteren görüntü.....92
Şekil 5.4. 08/97 ayı ortalama günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2).....92
Şekil 5.5. 30/12/97 gününe ait ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü 93
Şekil 5.6. 30/12/97 gününe ait günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2).....93
Şekil 5.7. 26/09/97 gününe ait ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü 94
Şekil 5.8. 26/09/97 gününe ait günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2).....94
Şekil 5.9. 25/10/97 gününe ait ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü 95
Şekil 5.10. 25/10/97 gününe ait günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2).....95
Şekil 5.11. 23/09/97 gününe ait ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü 96
Şekil 5.12. 23/09/97 gününe ait günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2).....96

1. GİRİŞ

Çağımızda teknolojinin gelişmesine ve nüfusun artışına paralel olarak daha fazla enerji tüketilmekte ve yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bugün kullandığımız enerjinin pek çoğu fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Kömür, petrol ve doğal gaz fosil yakıtlardır. Milyonlarca yıl boyunca, bitkilerin, dinozorların ve diğer hayvanların çürümesi ile fosil yakıtlar oluşmuştur. Bu fosil yakıtları yeryüzüne çıkarabilmenin yolu da, ya delmek (sondaj) yada kazmaktır. Şu anda da yeraltında ısı ve basınçla bu yakıtlar oluşmaktadır, ancak bu oluşumdan daha hızlı olarak da tüketilmektedir. Bu sebeple fosil yakıtlar kısa süreçte yenilenemeyen olarak düşünülürler, yani kullandığımızdan daha az bir bölümü yeniden oluşmaktadır. Özellikle de artan nüfus, şehirleşme ve endüstrileşme pek çok yıldır bu yakıtlarla karşılanan enerji gereksiniminin daha da fazlalaşmasına neden olmaktadır. Bu yakıtların tükenmesi ve fiyatlarının devamlı artmasının yanı sıra, yanmaları sonucu çevreye verdikleri zararlar ve insan sağlığı üzerindeki etkileri de büyüktür. Bu denli enerjiye bağımlı olarak yaşadığımız dünyada Güneş, rüzgar ve jeotermal enerji gibi çevreye daha az zarar veren, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için yeni teknikler geliştirilmesine olan gereksinim artmaktadır. Bu açıdan bakıldığında en bol, ucuz, sorunsuz, güvenli, tükenmeyen ve yerel uygulamalar için elverişli bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi tüm dünya için oldukça önemli bir yer tutmakta ve bu önem gün geçtikçe artmaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisinden en yüksek düzeyde yararlanmak gerekmektedir.

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 ısıtılmasında, soğutulmasında, endüstride, bitkilerin kurutulmasında ve elektrik üretiminde güneş enerjisinin yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ve benzeri uygulamalarda gerekli olan en önemli veri güneş enerjisi değerlerinin bölgelere göre zamansal değişimiyle ilgili verilerdir.

Güneşin ışınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadan ortalama $1.496x10^8$ km uzaklıkta, $1.392x10^8$ km. çapında ve $1.99x10^{30}$ kg kütlesinde sıcak bir gaz küresi olan güneşin yüzey sıcaklığı yaklaşık 6.000 °K olup, iç bölgesindeki sıcaklığın $8x10^6$ °K ile $40x10^6$ °K arasında değiştiği tahmin edilmektedir. Sürekli bir füzyon reaktörü olan güneşin enerji kaynağı, hidrojenin helyuma dönüşmesi esnasında, saniyede 4 milyon ton kütle enerjiye dönüşerek, yaklaşık $3.5x10^{26}$ W değerindeki enerjinin ışınım şeklinde uzaya yayılmasıdır. Güneş daha milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceğinden, dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneşten gelen enerji insanlığın yıllık ticari gereksiniminin 16.000 katından çoktur. Dünyadaki tüm elektrik santrallerinin toplam gücü; güneşten gelen gücün 1/61.000 kadarından azdır. Güneşten gelen güç, dünyadaki tüm nükleer santrallerin ürettiği toplam gücün 527.000 katıdır. Güneş enerjisi geniş bir coğrafi dağılıma sahip bir enerji kaynağıdır. Coğrafi olarak 36-42° kuzey enlemleri arasında bulunan Türkiye, güneş kuşağı içindedir. Şu an için güneş enerjisinin kullanımı oldukça azdır, ancak geleceğin dünyasının enerji gereksiniminin karşılanmasında, geleneksel enerji kaynaklarının yanında en önemli seçeneklerden biri olacağı düşünülmektedir.

Ülkemizde 1936 yılından bu yana DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri) tarafından bir çok istasyonda toplam güneş ışınımı ölçümü sürekli olarak yapılmaktadır. Bu ölçümlerden bir bölümü piranometrelerle yapılmasına karşın, çoğunluğu aktinoğraf denilen ve hata oranı yüksek aletlerle yapılmaktadır. Bu ölçümlerin hata oranı zaman zaman % 30'a kadar yükselmektedir. Güneş enerjisi ölçümlerini ülkemiz gibi büyük bir alana sahip bölgeler için piranometrelerden oluşan ağlar yardımı ile gerçekleştirmeye çalışmak hem zor hem de oldukça yüksek bir maliyet yükü getirmektedir **(Islam ve Exell, 1996)**. Gelişmiş ülkelerin yer aldığı Avrupa'da bile bu ölçümler piranometrelerle ve en az 100 km aralıklarda yapılabilmektedir. Gelişmekte olan ve geri kalmış ülkelerde ise bu rakam çok daha büyüktür. Bunun yanı sıra piranometrelerle yapılan ölçümler noktasal ölçümlerdir. Hem istasyonlar arasının uzak olması, hem de ölçümlerin noktasal olmasından dolayı iki nokta arasındaki bölgelerde güneş enerjisi tahminlerinde yaklaşımlar kullanıldığından hatalar çok yüksek olmaktadır **(Frulla ve Ark, 1988).**

Dünya yörüngesindeki uydulara yerleştirilen algılayıcılar yardımı ile yeryüzünden yansıyan güneş enerjisi değerlerini elektromanyetik tayfın farklı bölgelerinde dünya yüzeyi görüntülenebilmektedir. Bu uydulardan alınan veriler değişik alanda çalışan araştırmacılar için yeni ufuklar açmıştır. Uydulardan elde edilen veriler algılama özelliklerine bağlı olarak çok farklı amaçlar için (meteoroloji, hidroloji, bitki örtüsü, toprak etütleri vb.) kullanılabilmektedir.

Meteorolojik uydular genellikle hava tahminlerinde ve bulut hareketlerinin incelenmesinde kullanılmaktadır. Bu uydular çok geniş alanları kısa aralıklarla elektromanyetik tayfın farklı bölgelerinde 1 ile 10 km arasında değişebilen yersel çözünürlükte gözleyebilmekte, verileri de kolaylıkla elde edilebilmektedir. Uydu verileri kullanılarak dünya üzerinde yatay yüzeye gelen güneş enerjisi değerleri hesaplanabilmektedir **(Kandırmaz, 1999)**.

METEOSAT-6 uydusu yerden 36000 km yüksekte 0° Kuzey, 0° Doğu olacak şekilde yerleştirilmiştir. Dünya ile aynı açısal hızla dönen ve sürekli aynı bölgeyi gözleyen bu tür uydulara yer sabit uydular (geostationary) denir. METEOSAT-6 yer yüzeyini üç ayrı dalgaboyu aralığında algılamaktadır. Bunlar kızıl ötesi bölgenin yer aldığı 5.7-7.1μm ve 10.5-12.5μm ile görünür bölgenin yer aldığı 0.4-1.1μm aralığındaki dalgaboylarıdır. Yersel çözünürlüğü kızılötesi bölge için 5 km, görünür bölge için 2.5 veya 5 km'dir. Bu uydu kaydettiği verileri önce Almanya'nın Darmstad şehrindeki yer istasyonuna göndermektedir. Burada bir takım düzeltme işlemlerinden geçirilen veriler tekrar uydu yoluyla tüm dünyaya yayılmakta ve yeryüzündeki algılayıcılar tarafından kaydedilmektedir.

Uydu verileri kullanılarak ülkemiz yüzeyine gelen güneş enerjisinin bulunması bugüne kadar istatistik model kullanılarak yapılmış, fakat fiziksel model kullanılarak yapılmamıştır. Fiziksel model, bu konuda yapılacak ilk çalışmadır. Çalışmada kullanılan METEOSAT-6 uydusu C3D verileri TÜBİTAK tarafından algılanmıştır. Verileri işlemek için gerekli olan paket programlar ve yazılan yazılımlar bu çalışma süresinde tarafımızdan kullanılmıştır. Çalışmada Ankara, İstanbul, İzmir, Adana, Antalya, Samsun, Kayseri, Erzurum, Diyarbakır, Kütahya, Van, Artvin, Edirne ve Şanlıurfa illeri için kullanılan güneş enerjisi değerleri DMİ'den temin edilmiştir.

Daha geniş bir bölgeyi içeren uydu görüntüleri, önce içerisinde sadece Türkiye kalacak şekilde küçültülmüş, daha sonra standart haritalara uyumlarını sağlamak amacıyla geometrik olarak düzeltilmiş ve kalibre edilmiştir. Bir gün ve ay içerisinde alınan tüm görüntüler kullanılarak o gün ve o ayın görüntüleri içerisindeki açık gökyüzü şartlarını temsil eden bir referans görüntü, görüntüyü oluşturan piksellere ait en küçük değerleri bulunarak oluşturulmuş, bulutlu gökyüzü şartlarını temsil eden diğer bir görüntü ise görüntüyü oluşturan piksellere ait en büyük piksel değeri bulunarak oluşturulmuştur. Bu değerler kullanılarak gün içerisindeki tüm görüntüler için bulutluluk oranını gösteren görüntüler oluşturulmuştur. Gün içerisinde farklı saatler için oluşan bulutluluk oranı değerleri kullanılarak tüm günün ortalama bulutluluk oranı saptanmış ve günlük ortalama bulutluluk indeksi görüntü kaydedilebilen tüm günler için hesaplanmıştır. Ankara, İstanbul, İzmir, Adana, Antalya, Samsun, Kayseri, Erzurum, Diyarbakır, Kütahya, Van, Artvin, Edirne ve Şanlıurfa illerinin enlem ve boylamına karşılık gelen yayılmış (Diffuse) ve direk (beam) değerleri elde edilerek, bulutluluk indeksi değerlerinden faydalanılarak açık gökyüzü indeksi değerlerini bulup tüm bu değerlerle birlikte hesap edilerek Türkiye'ye ait saatlik ortalama, günlük toplam, aylık ortalama günlük toplam ve beş aylık ortalama günlük toplam güneş enerjisi değerleri hesaplanarak yer ölçümleri ile kıyaslanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Günümüzde enerjinin önemi gittikçe artmaktadır. Çünkü dünya nüfusunun yıllık toplam enerji tüketimi, 10-12 terawatt'dır. Bunun % 85'i, fosil yakıtların yakılması ile sağlanmaktadır. Bugün Güneşin de içinde bulunduğu rüzgar, su, biyokütle, jeotermal ve gel-git gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji üretimindeki toplam payı % 1'den az olmaktadır **(Bilim ve teknik, 2003)**. Ülkemizde ise enerji üretimimizin % 63'ü kömür, petrol, doğalgaz gibi kaynaklardan sağlanırken, bu ürünlerin de ancak % 36'sı ulusal kaynaklardan sağlanmaktadır. 1999 yılı verilerine göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji tüketimi içerisindeki payı % 8,9'dur. Aslında bu miktar, toplam kömür üretimimizden sonra, ikinci en büyük paya sahiptir. Ancak, ülkemizin toplam gereksinimine çok yakın bir miktarda, ekonomik olarak kullanılabilir yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli mevcuttur **(Karaosmanoğlu, 2003)**. Bu verilere göre artık herkes bilmektedir ki gelecekte enerji ve enerji kaynakları çok daha değerli olacaktır. Bundan dolayı ülkeler yeryüzünde sınırlı miktarda bulunan enerji kaynaklarına sahip olabilmek için birbirleriyle kıyasıya yarışmakta, hatta savaşmaktadır. Özellikle petrolün belirli bir süre sonra biteceği düşünülürse gelecekte farklı enerji kaynaklarının kullanılması zorunlu hale gelecektir. Nükleer enerji kaynaklarını kullanmanın da çevre kirliliği ve güvenlik açısından ne derece tehlikeli olduğunu kötü deneyimler geçirerek ispatlayan insanlık özellikle güneş enerjisini daha etkili kullanabilmek için çalışmalarını gün geçtikçe daha da yoğunlaştırmaktadır **(Kandırmaz, 1999)**.

Güneş enerjisi diğer enerji kaynakları arasında en yaygın olanıdır. Gündüz ve gece arası süreksiz olması nedeniyle yedek bir enerji kaynağına ve/veya depolanmaya gereksinim duyulmaktadır. Yüksek sıcaklık uygulamaları için belirli bir nokta veya alanda odaklanarak yoğunlaştırılması gerekmektedir. Fakat düşük sıcaklıkta enerji tüketen bir çok sistemde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu enerjinin depolanmasında ve kullanılmasında yaşanan güçlükleri aşmak için çalışmalar sürdürülmektedir. Bu sorunlar aşıldıkça güneş enerjisi kullanımı daha da yaygınlaşacaktır. Şimdilik ısıtma, elektrik enerjisi elde etmede, tarımsal, çevresel ve benzeri uygulamalarda daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda

bölgesel güneş enerjisi verisi temel veri olarak kullanılmaktadır **(Emrahoğlu, 1985)**. Konunun önemi ve doğru verilere gereksinim nedeniyle ülkemizde de değişik üniversite ve kurumlarda güneş enerjisi ölçümleri yapılmaktadır.

2.1. Güneş Enerjisi Ölçümleri

2.1.1. Klasik Metodlar

Güneş enerjisi ile ilgili ölçüm yapan istasyonlarda yapılan işlem genellikle toplam güneşlenme süresi ve toplam güneş ışınımı ölçümleridir. Çok az sayıdaki istasyonda ise toplam güneşlenme süresi ve toplam güneş ışınımı ölçümlerine ek olarak doğrusal ve dağılan bileşenleri de ölçülmektedir. Güneşlenme süreleri helioğraflarla ölçülmektedir. Genelde tüm istasyonlarda bulunan helioğraflar yüzeye gelen güneş enerjisi değerinin eşik enerji seviyesinin (bu değer 100-150 W/m² civarındadır) üzerinde olduğu zaman hassasiyetlerini kaydetmektedir. Direkt güneş enerjisi ölçümleri pirehelyometrelerle gerçekleştirilmektedir. Toplam doğrusal ve yayılan ışınımları ölçmek için ise piranometreler kullanılmaktadır **(Solar Energy R&D in the European Community, 1986)**.

2.1.2. Deneysel Metodlar

Güneş enerjisi ölçümlerinde güvenilir veri elde etmenin oldukça zor sağlanması nedeniyle araştırmacıları eldeki verileri (özellikle bulutla kaplılık ve güneşlenme süresi değerlerini) kullanarak dünya yüzeyine gelen enerjiyi tahmin etmeye çalışmışlardır.

Bulutlar yüzeye gelen enerjiyi azaltan en önemli faktör olduğu için araştırmacılar dünya yüzeyine gelen enerji ile bulutla kaplılık oranı arasındaki ilişkiyi bulmak için çok sayıda çalışmalar yapmışlardır.

Hemen hemen tüm metotların temeli öncelikli olarak bulutsuz gökyüzünden gelen enerjinin tahmin edilmesine dayanmaktadır. Güneşin pozisyonu ile ilgili bazı parametrelerin ölçümlerinin istatistiksel ilişkisini kullanan metot, bir çok metot

arasında en basit olanlarından biridir. Bu çalışmalarda kullanılan deneysel eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$G_c = a_s(\sin\omega)b_s$$

Burada G_c bulutsuz gökyüzünden gelen güneş enerjisi, ω güneşin yükseklik açısı a_s ve b_s gökyüzünün ortalama parlaklık ve renk katsayısıdır.

Çizelge 2.1. Yüzeye gelen güneş enerjisini aylık ve yıllık ortalama olarak tahmin etmek için bazı araştırmacılar tarafından bulunan deneysel formüller

KIMBALL	1928	$G = G_c(10.71C)$	düşük bulut tipleri için geçerli
MOSBY	1936	$G = G_c(10.71C)$	düşük bulut tipleri için geçerli
GABITES	1950	$G = G_c(1.04\text{-}0.71C)$	düşük bulut tipleri için geçerli
HOUGHTON	1954	$G_c(1.28\text{-}1.03C)$	düşük bulut tipleri için geçerli

Çizelge 2.2. Yüzeye gelen güneş enerjisini günlük ortalama olarak tahmin etmek için bazı araştırmacılar tarafından bulunan deneysel formüller

BUDYKO	1956	$G = 0.94G_c(1\text{-}0.68C)$	tüm bulut tipleri için geçerli
BERLIAND	1960	$G = G_c(1\text{-}0.65C^2)$	tüm bulut tipleri için geçerli
LAEVASTU	1965	$G = G_c(1\text{-}0.0006C^3)$	tüm bulut tipleri için geçerli
LAEVASTU	1965	$G = G_c(1\text{-}0.0075C_l^3)$	düşük bulutlar için geçerli
LAEVASTU	1965	$G = G_c(1\text{-}0.006C_m^2)$	orta bulutlar için geçerli
LAEVASTU	1965	$G = G_c(1\text{-}0.0035C_h^2)$	yüksek bulutlar için geçerli
MASUIKE,MORINAGA	1970	$G = G_c(1\text{-}0.026C)^{1.3}$	tüm bulut tipleri için geçerli

Bulutlu gökyüzünden gelen güneş enerjisinin değeri bulutsuz gökyüzünden gelen güneş enerjisine bir düzeltme faktörü uygulanmasıyla tahmin edilmektedir. Çizelge 2.1' de bu tür uygulamalarla ilgili bazı formüller verilmektedir. Burada, C bulutla kaplılığı G_c ise açık gökyüzünden yüzeye ulaşan enerjiyi göstermektedir.

Saatlik ve günlük ortalamaların tahmininde kullanılan formüllerde Çizelge 2.2' de verilmiştir.

Burada

$G_c = 2G_o/1-(0.371 \sin\omega + 0.225 \sin 3\omega + 0.0842 \sin 5\omega + ...)$

G_o=Güneş sabiti

G_c = bulutsuz gökyüzünden gelen güneş enerjisi

ω=güneşin yükseklik açısı

C=1/10 oranında bulutla kaplılık

C_l=düşük bulutla kaplılık oranı

C_m=orta bulutla kaplılık oranı

C_h=yüksek bulutla kaplılık oranı

Yukarıda bahsedilen formüllerde yer alan bulutla kaplılık değeri ölçüm yapan kişilere göre değişebilecek objektif olmayan bir değerdir. Meteoroloji istasyonlarında ölçülen güneşlenme süresi ise hemen hemen objektif bir değerdir. Bundan dolayı agrometeorolojistler güneşlenme süresiyle yüzeye gelen enerji arasında ilişkiyi veren eşitliği bulmak için çalışmalar yapmışlardır. Çizelge 2.3'de bu türde yapılan çalışmalardan bazıları görülmektedir. Burada G_c temiz gökyüzünden gelen güneş enerjisi, S_h saatlik güneşlenme süresi ve a, b ve c deneysel katsayılardır.

Çizelge 2.3. Yüzeye gelen güneş enerjisini güneşlenme süresini kullanarak tahmin etmek için bazı araştırmacılar tarafından bulunan deneysel formüller

ANGSTRÖM	1924	$G = G_c(0.25+0.75\ s/\ S_{mak})$
KIMBALL	1927	$G = G_c\ (1-0.78\ s/\ S_{mak})$
MCDONALD,FRITZ	1949	$G = G_c(0.25+0.75\ s/\ S_{mak})$
BOURGES	1979	$G = G_c(a+bS_h+z)$
OGELMAN	1986	$G = G_c\ (0.204+0.758\ s/\ S_{mak} -0.25((s/S_{mak})^2+\sigma^2_{s/s}))$

Çizelge 2.1, Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'de yer alan formüller yüzeye gelen enerjiyi ortalama olarak %20 veya daha iyi bir doğrulukla tahmin edebilmektedir. Deneysel formüllerde yer alan katsayılar bölgeden bölgeye ve mevsimlere göre değişmektedir.

2.1.3. Meteorolojik Uydu Verileri Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Yeryüzünde güneş enerjisi ile ilgili ölçüm yapan istasyonların birbirine olan uzaklığı (Avrupa'da 100 km, dünyanın diğer bölgelerinde ise çok daha uzak) göz önüne alınacak olursa oldukça yetersiz oldukları dikkati çekmektedir. Bu istasyonlarda yapılan ölçümler noktasaldır yani istasyonlar arasında kalan bölgeler ancak bu istasyonlardan elde edilen ölçümlerin yardımı ile tahmin edilebilmektedir. Bu işlem de hatalı sonuç vermektedir. Ayrıca çok sayıda işgücü ve zamana gereksinim duyulmaktadır. İnsandan ve ölçümü yapan aletlerden kaynaklanan hata payını da varsayarsak oluşturulan haritalarda hata payının oldukça yüksek olduğu açıktır.

Meteorolojik uyduların kullanımı yaygınlaştıktan sonra bu uydulara ait veriler geniş alanlarda yüzeye gelen enerjinin bulunması için kullanılmaya başlanmıştır. Uydu verileri ile çalışmanın birçok avantajı vardır. Bunlar;

1)Uydular çok sık (günde birden fazla) algılama yapmaktadırlar.

2)Gözlem periyotları 30 dakika ile 3 saat arasında değişebilmektedir

3)Elektromanyetik tayfın görünür ve kızılötesi bölgelerinde algılama yapabilmektedirler.

4)Veriler sayısal olarak kaydedildikleri için bilgisayarlarda işlenmeleri kolaydır, dolayısıyla çok kısa süreler içerisinde güneş enerjisi ile ilgili haritalar oluşturulabilmektedir.

5)Yersel çözünürlükleri 1 ile 10 km arasında değiştiği için geniş alanları gözlemek mümkün olmaktadır.

Veriler uzaysal süreklilik gösterdikleri için daha homojen veriye sahiptirler. En büyük dezavantajları ise verilerin ayar katsayılarının olmayışı veya kesin olmaması ile yüksek eğim açısından dolayı kenardaki radyometrik ölçümlerin kötü yönde etkilenmesidir. Bu faktörler algılayıcıya ulaşan sinyalleri etkiler. Birinci faktörün çözümüne yönelik araştırmalar yürütülmektedir. İkinci faktörün tek çözümü ise elden geldiğince kenar verilerinin kullanılmamasıdır.

Meteorolojik uydu verileri kullanarak yüzeye gelen enerjinin tahmin edilmesiyle ilgili yapılan çalışmalar iki grupta toplanmaktadır. Birinci grupta

toplanan çalışmalar uydu verileri ile yeryüzünde yapılan ölçümler arasındaki istatistiksel ilişkiyi kullanan istatistiksel metotlardır. İkinci grupta toplanan çalışmalar ise radyasyonun atmosferdeki etkileşiminin modellenmesi ve bu modelden elde edilen sonuçların uydu ölçümleri ile yeryüzünde yapılan ölçümler arasında ilişki kurulmasında kullanılması sonucunda elde edilen fiziksel (klasik) modellerdir **(Noia ve ark., 1993)**. Bugüne kadar yapılan çalışmalardan en bilinenleri şu şekilde sıralanabilir.

Tarpley (1979) GOES-1 uydu verilerini kullanarak 1997 yazında Great Plain'de (Amerika) yüzeye gelen enerjiyi saatlik ve günlük ortalamalar şeklinde tahmin eden istatistiksel bir metodu geliştirmiştir. Bu metot, yüzeye ulaşmadan önce farklı fiziksel süreçlere maruz kalarak bulutsuz, orta bulutlu ve bulutlu ortamdan gelen enerjiyi saatlik ortalamalar şeklinde hesaplamak için aşağıdaki üç formülü kullanmıştır

$$HG = a + b\cos\Theta + cT + dn + e\left(\frac{B_m}{B_o}\right)^2 \qquad (n\leq 0.4)$$

$$HG = a + b\cos\Theta + cn\left(\frac{B_{cld}}{B_n}\right)^2 \qquad (n\leq 0.4\leq 1.0)$$

$$HG = a + b\cos\Theta + c\left(\frac{B_{cld}}{B_n}\right)^2 \qquad (n=1)$$

Burada HG saatlik ortalama enerji, n bulutluluk indeksi, a, b, c ve d regrasyon sabitleri, B_m, B_o, B_{cld} ve B_n 7x6 pikselden oluşan hedefin sırasıyla ortalama parlaklığı, bulutsuz gökyüzü koşullarındaki parlaklığı, bulutlu gökyüzü koşullarındaki parlaklığı, bulutsuz gökyüzü koşullarındaki parlaklığın normalize edilmiş değeridir.

Hiser ve Senn (1980) geliştirdikleri bir modelle GOES uydusundan alınan bulutluluk verileri kullanarak güneşlenme süresinin saatlik dağılımını çıkartmışlardır. Bu çalışmada görülmüştür ki düşük yoğunluklu cirrus tipindeki bulutları üzerine gelen güneş enerjisini diğer bulut tiplerine göre daha düşük seviyede azalmakta,

günün ortasındaki saatlerde oluşan bulutlar ise sabah ve öğleden sonraki bulutlara göre üzerlerine gelen enerjiyi daha az geçirmektedirler.

Gauter, Diak ve Masse (1980) geliştirdikleri fiziksel bir modelle yüzeye gelen enerjiyi uydu verileri kullanarak bulutsuz günlerde %5, orta bulutlu ve çok bulutlu günlerde %14 ve %15 hatayla tahmin etmişlerdir. Tüm koşullarda elde edilen hata oranı ortalama %9 civarındadır. Metot, aşağıda verilen üç varsayım üzerine kurulmuştur.

- Gelen enerjinin atmosferde soğurulması birinci dereceden su buharı tarafından gerçekleştirilmektedir
- Önemli olmasına rağmen aerosolun etkileri ihmal edilmiştir.
- Yerde oluşan saçılmanın isotropik olduğu kabul edilmiştir.

Metot uygulanırken bir pikselin bulutlu mu bulutsuz mu olduğuna bir eşik değeri kullanarak karar verilir ve buna göre bulutsuz veya bulutlu model olarak adlandırılan iki farklı modelden biri uygulanır.

Pastre (1981) güneşlenme süresi oranını METEOSAT uydusu görünür bölge verilerini kullanarak çıkartmıştır. Güneşlenme süresi değerleri, ilgilenilen bölge için deneysel bir eşitlik kullanılarak yüzeye gelen enerjiye dönüştürülmüştür. Bulunan değerler yer ölçümleriyle karşılaştırılmış hatanın %5 ile %10 arasında olduğu görülmüştür.

Möser ve Raschke (1984) METEOSAT uydu verileri kullanarak fiziksel bir metotla bulutluk oranını ve yüzeye gelen enerjiyi belirlemişlerdir. Model, atmosferin durumunu gösteren çok sayıda parametre kullanmaktadır. Ayrıca bulutların yüksekliğini bulmak için termal veriler kullanılmaktadır. Uydu verilerini kalibre etmeye gerek yoktur. Bu metot diğer fiziksel metotlara oranla biraz daha komplekstir.

Raphel ve Hay (1984) 1978' deki yapılan çalışmadaki verileri tekrar kullanarak daha iyi sonuçlar almalarını sağlayan katsayıları bulmuşlardır.

Cano ve Ark. (1986) 1982 ve 1986 yılları arasında Fransa'da gerçekleştirdikleri çalışmalarda istatistiksel bir metot geliştirmiş böylece yüzeye gelen enerjiyi saatlik ortalamalar şeklinde çıkartmışlardır. Çalışmada METEOSAT uydusunun görünür bölge verileri kullanılarak her günün yüzey yansıtma oranını

gösteren bir referans harita oluşturulmuştur. Referans harita kullanılarak bulutluluk indeksleri hesaplanmıştır. Atmosferik geçirgenlik faktörü ile bulutluluk indeksinin doğrusal ilişkisi kullanılarak elde edilen katsayılar yardımı ile yüzeye gelen enerji bulunarak enerji haritaları oluşturulmuştur.

Justis ve Ark. (1986) Amerika, Meksika ve Güney Amerika'nın bir bölümünü kapsayan bir alan üzerine gelen enerjiyi 1982 ile 1983 yılları arasında aylık ortalama olarak tahmin etmişlerdir. Yer ölçümleri ile uydu verileri kullanılarak elde edilen değerler karşılaştırıldığında hatanın %5 civarında olduğu görülmüştür.

Dedieu ve Ark. (1987) METEOSAT uydusunun görünür bölge verilerini kullanarak fiziksel bir metotla yüzeye gelen enerjiyi tahmin etmişlerdir. Bu model sadece soğurulmanın gerçekleştiği varsayılan temiz gökyüzü koşulu ile hiç soğurulma ve moleküler saçılmanın gerçekleşmediği varsayılan bulutlu gökyüzü koşulunu tek bir eşitlikle ifade etmiştir. Sonuçta yüzeye gelen enerji saatlik olarak ortalama %19.5 hatayla bulunurken günlük toplam enerjide ortalama hata oranı %6.7 olmuştur.

Frulla ve Ark. (1988) Arjantin'de 1982 ile 1983 yılları arasında GOES uydu verileri kullanarak yüzeye gelen enerjiyi saatlik ve günlük ortalamalar şeklinde tahmin etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar piranometre değerleriyle karşılaştırılmış ve standart hata oranının %15 ile %20 civarında olduğu görülmüştür.

Sorapipatana (1988) istatistiksel bir metotla Güneydoğu Asya üzerine gelen güneş enerjisini meteorolojik uydu verileri kullanarak tahmin etmiştir. Uydu verileri ile elde edilen değerler yer ölçümleri ile karşılaştırılmış ve ortalama rms hatasının %9 - %14 civarında olduğu görülmüştür.

Diabate ve Ark. (1989) adına HELIOT STATION dedikleri bir sistemle METEOSAT uydusu görünür bölge verilerini kullanarak tüm Avrupa üzerine gelen güneş enerjisinin haritasını 1987 yılından itibaren saatlik, günlük ve aylık olarak ortalamalar şeklinde çıkartmışlardır. Bu sistem WEFAX verilerini alan bir adet anten, bir adet alıcı, bir adet kişisel bilgisayar, bir adet renkli ekran, sayısal görüntü işleyen bir yazılım ve uydu verilerini güneş enerjisine dönüştüren bir yazılımdan oluşmaktadır.

Skarveit ve Olseth (1992) verilen atmosferik sabitlerin atmosferin içinden geçen farklı ışık yolundan dolayı farklı enerji değerlerinden ve güneşin zenit açısı sonuçlarından değiştiğini söylemişlerdir. Gelen enerjiyi hesaplayabilmek için atmosferik durumu açıklayan açık gökyüzü indeksi değerlerini elde etmişlerdir.

Bayer ve ark. (1996) Heliosat metodu kullanılarak sabit yörüngeli uydulardan alınan görüntüler ile bulut indeksi değerlerini çıkarmışlardır. Bulut indeksinden de faydalanarak açıklık indeksi ve açık gökyüzü indeksi değerlerini oluşturmuşlar ve bunların bulut indeksi ile ayrı ayrı ilişkilerine bakarak değerlendirmişlerdir.

Chaabane ve Ark. (1996) METEOSAT uydusu görünür bölge verileri kullanarak 1991 ile 1993 yılları arasında Tunus üzerine gelen güneş enerjisini saatlik ve günlük ortalamalar olarak tahmin etmişlerdir.

Islam ve Exell (1996) 1990 ve 1993 yıllarında RADMAP adı verilen bir sistemle NOAA uydusunun görünür ve kızılötesi verilerini kullanarak Tayland üzerine gelen güneş enerjisini günlük ortalamalar şeklinde tahmin etmişlerdir. Uydu verileri ile elde edilen değerler yer ölçümleri ile karşılaştırılmış ve ortalama standart hatanın %12 civarında olduğu görülmüştür.

Pereira ve Ark. (1996) METEOSAT uydu verileri kullanarak fiziksel bir metotla Brezilya üzerine gelen enerjiyi aylık ortalamalar şeklinde tahmin etmişlerdir. Uydu verileri ile elde edilen değerler yer ölçümleri ile karşılaştırılmış ve ortalama rms hatasının % 13 civarında olduğu görülmüştür.

Fontoynont ve Ark. (1998) açık gökyüzü modelinin kullanımı için atmosferik bulanıklıktan faydalanmışlardır. Kapalı durumlar için açık gökyüzü indeksi ile bulut indeksi arasındaki hesaplarda doğrusal olmayan bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Kandırmaz (1999) METEOSAT-7 uydu verileri kullanarak istatistiksel bir metotla Türkiye üzerine gelen güneş enerjisini günlük toplam, aylık ortalama günlük toplam ve saatlik ortalama olarak çok düşük bir hata payı ile saptanabileceğini göstermiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada 1997 yılı Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında kaydedilen METEOSAT-6 uydusu görünür bölge C3D verileri ile, aynı tarihler arasında Ankara, İstanbul, İzmir, Adana, Antalya, Samsun, Kayseri, Erzurum, Diyarbakır, Kütahya, Van, Artvin, Edirne ve Şanlıurfa illerinde aktinograf algılayıcısıyla kaydedilen güneş enerjisi verileri kullanılmıştır. Bu veriler işlenerek Türkiye üzerine gelen güneş enerjisi değerleri saatlik ortalama, günlük toplam ve günlük toplam aylık ortalama olarak bulunmuş ve enerji haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen bu sonuçlar ile ölçümlerle elde edilen güneş enerjisi değerleri kıyaslanarak hata oranları belirlenmiştir.

Uydu verileri kullanılarak yapılan çalışmaların en önemli avantajlarından biri de verilerin sayısal olması nedeniyle kullanılarak işlenmesi ve sonuçların hızlı bir şekilde değerlendirilebilmesidir. Böylece günümüze veya geleceğe yönelik gerekli planlamalar kolaylıkla yapılabilir. Veri kapasitesi fazla olduğundan bu tür bir çalışmayı gerçekleştirmek için hızlı bir bilgisayar ile uygun yazılımlara gereksinim vardır.

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği Çukurova Üniversitesi kampusu içerisinde yer alan Fakültelerdeki donanım ve yazılım bu açıdan yeterlidir. Bu merkezde bulunan ve çalışma sırasında kullanılan donanımlar ve yazılımların listesi aşağıda verilmiştir:

-İki adet pentium-4 kişisel bilgisayar

-Bir adet tarayıcı (scanner)

-Bir adet cd- yazıcı (cd-writer)

-Renkli ve siyah-beyaz yazıcı (HP Desk Jet 890 C)

-Görüntüleri işlemek için ILWIS 1.3 yazılımı

-Görüntüleri işlemek için IDRISI 2.0 yazılımı

3.1.1. Radyasyon Kaynağı

Dünyamızı için en önemli radyasyon kaynağı güneştir. Güneş enerjisi, elektromagnetik dalgalar halinde sabit ışık hızı ile yeryüzüne ulaştırmaktadır. Elektromagnetik tayf çeşitli dalga boylarındaki radyant enerjiyi kapsar. Uzaktan algılama elektromagnetik enerjinin cisimlerle etkileşmesi esasına dayandığı için elektromagnetik tayfin temel özelliklerinin bilinmesi gereklidir.

Bütün cisimler elektromanyetik dalga ya da ışıma şeklinde enerji yayarlar, yansıtırlar, soğururlar ve/veya geçirirler **(Van Der Meer Mohr, 1977)**. Farklı özelliklere sahip cisimler elektromanyetik tayfin belirli bölgelerinde farklı yayınım ve yansıtma özellikleri göstermektedirler. Uzaktan algılama da cisimlerin yukarıda sayılan özelliklerini kullanarak o cisimler hakkında bilgi toplamaktadır.

Herhangi bir cismin kendi sıcaklığından dolayı etrafına yaydığı ışınıma termal ışınım denir. Bütün cisimler böyle ışınım yayarlar ve kendi üzerlerine gelen ışınımı soğururlar. Eğer cisim kendini çevreleyen ortamdan sıcak ise aldığı enerjiden daha fazla enerji yayarak soğurmanın ve yayınmanın eşit olduğu termal denge durumuna gelecektir. Eğer cisim etrafından daha soğuk ise o zaman daha fazla enerji soğurarak termal denge durumuna gelmeye çalışacaktır. Herhangi bir cismin yayınma kapasitesi o cismin soğurma kapasitesiyle çok yakından ilişkilidir. Bu ilişki aşağıda verilen Kirchhoff yasası ile ifade edilir.

$$r(\lambda,T)+t(\lambda,T)+\varepsilon(\lambda,T)=1 \qquad (3.1)$$

Burada, λ=dalgaboyunu, T=cismin sıcaklığı, r=spektral yansıtmayı, t=spektral geçirgenliği, ε=spektral soğurmayı ifade etmektedir.

Yayınırlığı 1 olan (ε=1) cisimlere kara cisim denir. Planck yasasına göre bir kara cisimden yayınan ışınımın radyant akı yoğunluğu

$$M(\lambda,T)=\frac{2\pi hc^2}{\lambda(e^{hc/k\lambda t}-1)} \qquad (3.2)$$

eşitliği kullanılarak hesaplanır. Burada,

$M(\lambda)$= Birim yüzeyden yayılan tayfsal ışınım,

$c=3x10^8$ m/s (ışık hızı)

$h=6.63 \times 10^{-34}$ j.s (Planck sabiti)

$k=1.38x10^{-23}$ J/°K (Boltzman sabiti)

$M(\lambda)$'nın 0 ile ∞ arasında integre edilmesiyle, 1 m^2'lik bir kara cismin üzerindeki yarıkürede tayfsal akı yoğunluğu elde edilir. Buna Stephan-Boltzman yasası adı verilir ve şu şekilde gösterilir,

$$M= \sigma T^4 \qquad (3.3)$$

Burada σ Stefan-Boltzman sabitidir ve değeri aşağıdaki gibidir.

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2h^3} \text{ veya } \sigma = 5.6693x10^{-8} \ (W/m^2{}^\circ K^4)$$

Plank'ın karacisim yasasını keşfetmeden önce, Wien tarafından deneysel olarak bulunmuş, daha sonra Plank yasasının dalgaboyuna göre türevini alıp sıfıra eşitlemekle elde edileceği gösterilmiştir. Wien yasasına göre,

$\Lambda_{max} .T=b$=sabittir.

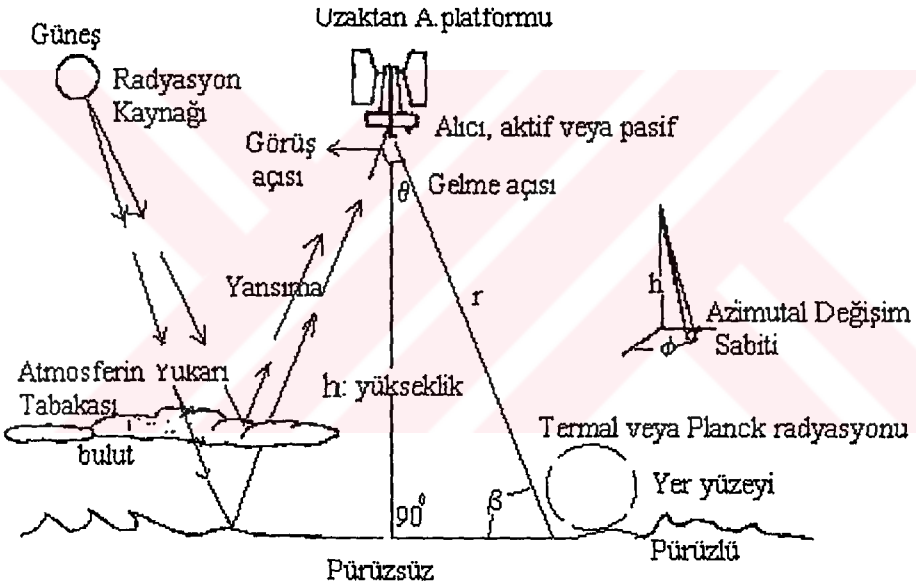
Burada Λ_{max} tayfsal radyant akı yoğunluğunun maksimumunun karşılık geldiği dalgaboyudur.T, Kelvin cinsinden sıcaklığı gösterir, b ise sabittir ve değeri 2898µm °K dir.

3.1.1.1. Güneş Enerjisi

Uzaktan algılama aktif veya pasif olarak yapılmaktadır. Şekil 3.1'de iki boyutlu basit bir uzaktan algılama modeli görülmektedir. Pasif uzaktan algılama

düzeneklerinin radyasyon kaynağı güneştir. Aktif uzaktan algılama düzenekleri ise radyasyon kaynağı olarak insan yapısı kaynakları (radar) kullanmaktadır.

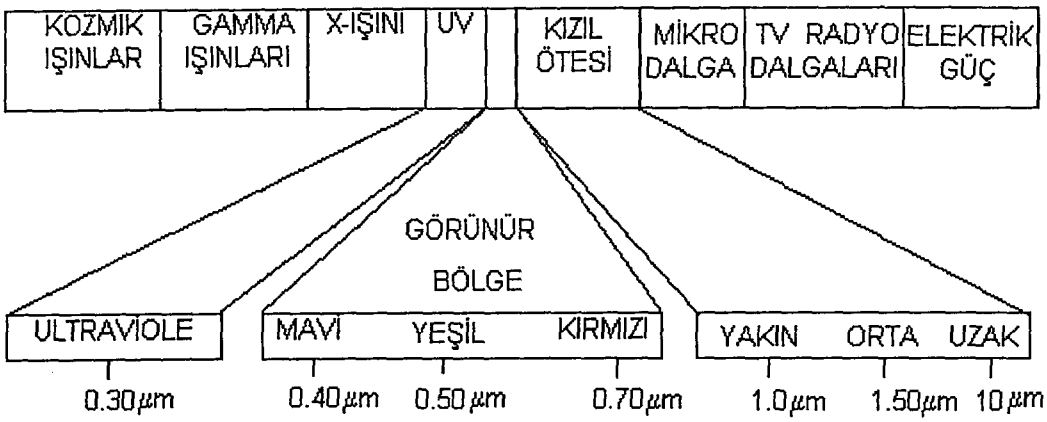
Bu çalışmada kullanılan METEOSAT uydusu verileri pasif uzaktan algılama düzenekleri ile kayıt edilmişlerdir. Eğer jeotermal enerji ihmal edilecek olursa dünya-atmosfer sistemi içerisindeki bütün enerji çeşitleri güneşten gelen enerjinin biçim değiştirmesi sonucuyla oluşmaktadır. Dolayısıyla güneşten atmosfere oradan da yer yüzeyine gelen ve yer yüzeyinden yansıyan enerjinin özelliklerinin iyice anlaşılabilmesi için güneşle ilgili bilgilerin tam olarak bilinmesi büyük önem taşımaktadır.



Şekil 3.1. İki boyutlu basit bir uzaktan algılama modeli

Güneş enerjisi elektromanyetik dalgalar halinde ışık hızı ile yer yüzeyine ulaşmaktadır. Pratikte elektromanyetik tayf çeşitli dalgaboylarına bölünmüştür (Şekil 3.2). Şekil 3.2'de verilen dalgaboyları bölgeleri için böyle kesin sınırlar yoktur. Uygulanan terminoloji ve bölgelerde kabul edilebilir bir üst üste binme vardır. Kısa dalga boyunda kozmik ışınlardan başlayan tayf uzun dalga boyunda radyo dalgaları ile sona erer. Çizelge 3.1'de Elektromanyetik tayfin bölgeleri ve bu bölgelere karşılık

gelen dalga boyları, frekans ve enerjileri gösterilmiştir. Uydudaki algılayıcılar bu elektromanyetik enerjinin belirli aralığını kaydedecek şekilde yapılmışlardır.



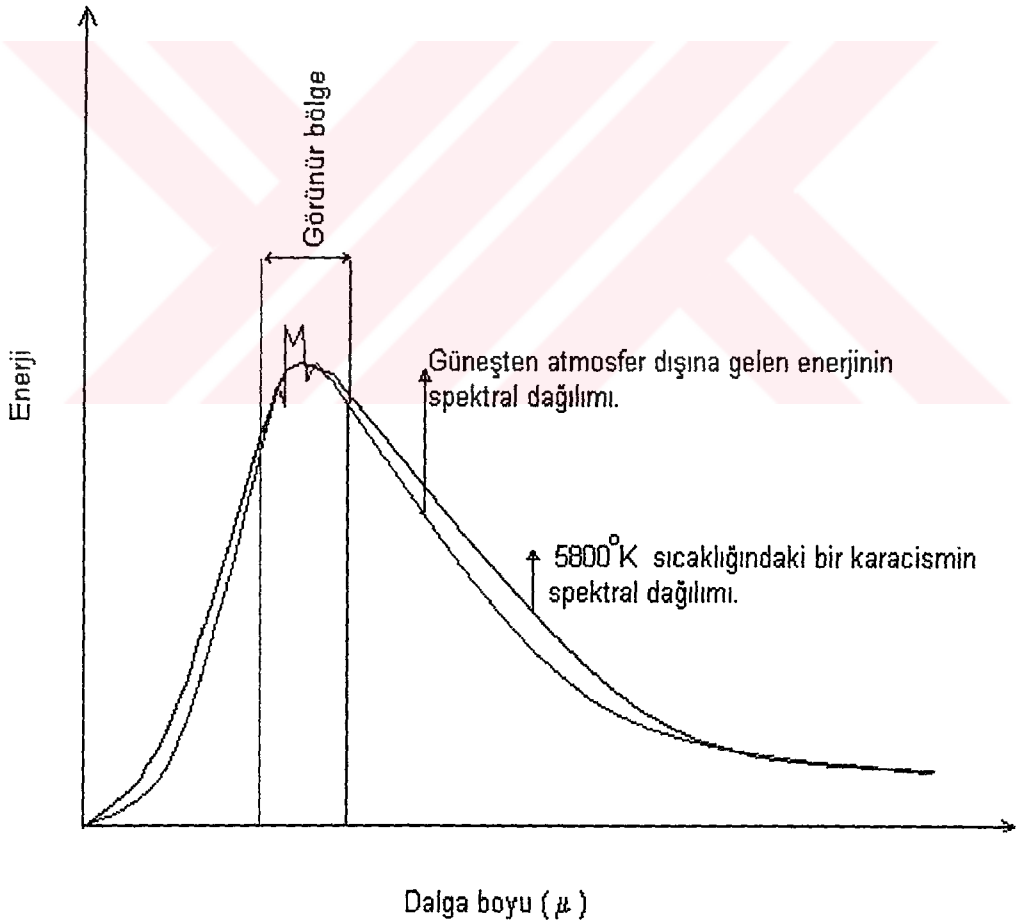
Şekil 3.2. Elektromanyetik tayf diyagramı

Çizelge 3.1. Elektromanyetik tayfin dalga boyu, frekans ve enerjileri

Tayfsal Bölge	Dalga boyu (A°)	Frekans (Hertz)	Enerji(ev)
Kozmik ışınlar	0.001 - 0.01	10^{22} - 10^{21}	$5x10^{7}$
γ- ışınları	0.01 - 1.0	10^{21} - 10^{18}	$5x10^{6}$ - $5x10^{5}$
X- ışınları	1 - 100	10^{19} - 10^{17}	$5x10^{5}$ -$5x10^{2}$
Morötesi	100 - 4×10^{3}	10^{17} - 10^{16}	10
Görünür	4×10^{3} - 7×10^{3}	10^{16} - 10^{15}	5
Kızılötesi	7×10^{3} - 10^{7}	10^{15} - 10^{11}	1
Mikrodalga	10^{7} - 10^{10}	10^{11} - 10^{5}	10^{-4}
TV ve Radyo	10^{10} - 10^{13}	10^{9} - 10^{5}	10^{-9}

Güneş, yoğun sıcak gazlardan oluşan bir yıldızdır. Kütlesinin %90'ı hidrojendir. Güneşin merkezinde gravitasyonel çekim sonucu başlayan termo-nükleer reaksiyon sonucunda dört hidrojen atomu bir helyum atomuna dönüşmekte ve aradaki kütle farkı da $E=mc^2$ bağıntısı gereğince enerjiye dönüşmektedir. Güneş gazlardan

oluştuğu için bir katı cisim gibi dönmez. Ekvator bölgesi hemen hemen 27 günde, kutup bölgeleri 30 günde bir ekseni etrafında dönmektedir. Güneşin görünen yüzeyine fotosfer adı verilir. Fotosferin çapı olan 1.3914×10^6 km güneşin çapı olarak kabul edilir. Güneşin merkezindeki sıcaklık 1.5×10^7 °K civarındadır. Bu sıcaklık güneş enerjisinin hemen hepsini sağlayan fotosferde yaklaşık 6000 °K'dir **(Slater, 1980)**. Güneşin yüzeyi 5800 °K sıcaklıktaki bir kara cisim olarak düşünülebilir. Şekil 3.3'de 5800 °K sıcaklığındaki bir kara cismin tayfsal dağılımı ile güneşin atmosfer dışına gelen enerjisinin tayfsal dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.3. T=5800 °K sıcaklığındaki bir kara cismin ve güneşin atmosfer dışına gelen enerjisinin tayfsal dağılımı **(Kaufmann,1985)**

3.1.1.2. Yatay Düzleme Gelen Toplam Güneş Işınımı Fonksiyonları

Yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınımı bağıntıları, güneşlenme süresine, izafi neme, mutlak neme, atmosferik basınca, sıcaklık ve bulutluluk oranı gibi meteoroloji verilerinden birine veya birkaçına bağlı olarak verilmektedir. En yaygın olarak kullanılan toplam güneş ışınımı bağıntıları ise güneşlenme süresinin fonksiyonu olarak verilen bağıntılarıdır.

Yeryüzüne gelen toplam güneş ışınımı aşağıda verilen çok sayıda değişkenin fonksiyonudur.

1) Astronomik faktörler (güneş sabiti, dünya-güneş mesafesi, deklinasyon açısı, saat açısı)

2) Coğrafik faktörler (bulunulan yerin enlemi boylamı ve deniz seviyesinden yüksekliği)

3) Geometrik faktörler (yüzeyin azimut açısı, yüzeyin eğimi, güneş yükseklik açısı, güneş azimut açısı)

4) Fiziksel faktörler (hava moleküllerinin saçması, atmosferdeki su buharının azaltması, tozların saçması, ozon ve karbondioksitin yutması v.b.)

5) Meteorolojik faktörler (bulutların tesiri, çevrenin yansıtması) dir **(Kılıç ve Öztürk, 1983)**.

3.1.1.3. Dünya-Güneş Uzaklığı

Güneşin dünyaya olan uzaklığı eliptik yörüngeden dolayı sabit değildir. Bu uzaklık dünyanın açısal pozisyonuna (Θ) göre değişir ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak bulunur.

$$r = \frac{p}{1 + e\cos\Theta} \qquad \text{veya} \qquad r = r_o(1 - e\cos E) \tag{3.4}$$

Burada,

p=orbit parametresi

e= eksentirisiti

r_o =güneş dünya arası ortalama uzaklık (1.4959789 x 10^8 ± 500 km = 1 A U = Bir astronomik birim)

E= eksentirisiti anomalisi

4 Nisan ve 5 Ekim' de dünya-güneş uzaklığı yaklaşık olarak r_o uzaklığındadır. En kısa uzaklık Ocak 3'te gerçekleşir

$r_p = r_o(1-e) \cong 0.983$ AU $\cong 1.4710 \times 10^8$ km

En büyük uzaklık 4 Temmuz' da gerçekleşir

$r_p = r_o(1+e) \cong 1.017$ AU $\cong 1.5210 \times 10^8$ km

Eğer çok uzun dönemler hesaba katılırsa diğer gezegenlerin hareketlerinden kaynaklanan etkilerde güneş-dünya uzaklığının değişimine sebep olur **(Kılıç ve Öztürk, 1983)**.

3.1.1.4. Güneş Sabiti

Güneşten dünya atmosferi düzlemine dik olarak ulaşan ışınların değeri dünya-güneş uzaklığının karesi ile orantılı olarak değişir. Atmosfer dışına gelen enerji ortalama olarak 1370 W/m² ± 21 civarındadır ve bu değer güneş sabiti olarak adlandırılır. Eliptik yörüngeye bağlı olarak mevsimlere göre ortalama değerden ±%3'e varan sapmalar görülmektedir **(Hickey ve Ark., 1982)**. Atmosfer dışına gelen enerji yılın herhangi bir günü için

$$G = G_{gs}(1 + 0.033Cos\frac{360n}{365}) \qquad (3.5)$$

bağıntısından bulunabilir **(Duffy ve Backman, 1980)**.

Burada,

n=yılın ilgilenilen günü ($1 \leq n \leq 365$)

G_{gs}=güneş sabitini (1353 W/m²) göstermektedir.

3.1.1.5. Güneş Zamanı

Güneş ışınımıyla ilgili hesaplamalar yapılırken genellikle güneş zamanı kullanılmaktadır. Güneş saati güneşin her gün görünen hareketine göre ölçülür. Güneş öğlesinde güneş saati 12 olarak kabul edilir. Greenwich meridyeninde (0° meridyen) gece yarısından itibaren ölçülen zamana, Greenwich zamanı veya Universal zaman denir. Zaman 0 ile 24 arasında bir değer alır. 1 saat 15° açıya karşılık gelir, dolayısıyla 1° zaman farkı 4 dakika olur. Herhangi bir meridyende güneş saati (yerel saat) aynı anda batıdaki bir meridyenden daha ileride, doğudaki bir meridyenden daha geridir. Tam 24 saat olarak belirtilen normal gün uzunluğu, dünyanın yörüngedeki hareketi ve diğer faktörlerden dolayı güneş saatinden çok az farklıdır. Bu sebeple standart saatin güneş saatine çevrilmesinde meridyen farkına ek olarak bir düzeltme faktörü eklenir ve şu eşitlikle ifade edilir;

$$GS = YS \pm \frac{4 + (B_s - B_y) + ZD}{60} \tag{3.6}$$

Burada, GS= güneş saatini, YS= yerel saati, B_s= standart boylamı, B_y= güneş saatinin bulunacağı boylamı, ZD= zaman düzeltmesini göstermektedir. Zaman düzeltmesinin değerini bulmak için ise aşağıdaki formül kullanılır.

$$ZD = 9.87\sin(2B) - 7.53\cos B - 1.5\sin B \tag{3.7}$$

Eşitlik (3.14)'de yer alan B açısının değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunur **(Kılıç ve Öztürk, 1983)**.

$$B = 360\frac{(n-81)}{364} \tag{3.8}$$

3.1.1.6. Yatay Yüzey Üzerine Gelen Atmosfer Dışı Işınım

Güneş enerjisi araştırma ve uygulamalarında güneş ışınımının hesaplanmasında düzlemle ve güneş ışınlarının doğrultusu ile ilgili açıların bilinmesi gereklidir **(Kılıç ve Öztürk, 1983)**. Her hangi bir anda atmosfer dışına yatay yüzeye gelen enerjiyi bulmak için

$$G_o = G_{gs}(1+0.033Cos\frac{360n}{365})\cos\Theta_z \tag{3.9}$$

bağıntısı kullanılır. Burada Θ_z gelen ışın ile yüzeyin normali arasındaki açı dolayısıyla $\cos\Theta_z$ güneşin zenit açısının kosinüsüdür ve şu şekilde ifade edilir;

$$\cos\Theta_z = \cos\phi\cos\delta\cos w + \sin\phi\sin\delta \tag{3.10}$$

Burada w güneşin saat açısıdır. Güneş saati ile saat açısı arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bulunur.

$$GS = \frac{180+w}{360}24 \qquad (\text{derece}) \qquad\qquad GS = \frac{\pi+w}{2\pi}24 \qquad (\text{radyan}) \tag{3.11}$$

veya

$$W = -180+15GS \qquad (\text{derece}) \qquad\qquad W = -\pi(1-GS/12) \qquad (\text{radyan}) \tag{3.12}$$

Güneş saati 12 ise w=0 olur. Her bir saat 15° ye denk gelmektedir. Sabahları pozitif (+) alınırken öğleden sonralar negatif (-) alınır **(Duffy ve Backman, 1980)**.

ϕ açısı enlem açısıdır ve -90° ile 90° derece arasında değişir ve yine kuzey yarım küre için pozitif (+) güney yarım küre için negatif (-) alınır.

Deklinasyon açısı güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Bu açı dünyanın dönme ekseninin yörünge düzlemine normali ile yaptığı 23° 27'' lık açıdan ileri gelir. Deklinasyon açısı,

$$\delta = 23.45\sin(360\frac{n+84}{365}) \tag{3.13}$$

formülü ile hesaplanır. Burada n yılın günlerini ($1 \le n \le 365$) göstermektedir. Yüzeye gelen günlük atmosfer dışı ışınım,

$$H_o = \left[\frac{3600 G_{sbt} 24}{\pi}\left(1+0.0333\cos\left(\frac{360n}{365}\right)\right)\right]\left[\left(\cos\phi\cos\delta\sin w_s + \frac{2\pi w_s}{3600}\sin\phi\sin\delta\right)\right] \tag{3.14}$$

Burada w_s günlük saat açısını gösterir ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak bulunur.

$$w_s = -\tan\phi\tan\delta \tag{3.15}$$

Burada ϕ ve δ sırasıyla enlem ve deklinasyon açılarıdır.

3.1.1.7. Yeryüzüne Gelen Güneş Işınımı

Güneş ışınımı atmosferden geçerken, atmosferde bulunan parçacıklar (foton, molekül, toz, v.s.) tarafından yutulur ve saçılır, böylece azalarak atmosfer dışına gelen ışınımın 0.1-0.8 arasında bir kesri yeryüzüne ulaşır. Doğrudan yeryüzüne gelen kısmına "direk (beam) Güneş ışınımı", saçılan ışınımların yeryüzüne gelen kısmına "yayılmış (diffuse) güneş ışınımı adı verilir. Direkt ve yayılmış Güneş ışınımı pratik

olarak 0.3-3.0μm dalgaboyu aralığında olduğundan buna "kısa dalgaboyu ışınımıda" da denir. Direkt ve yayılmış ışınımın toplamı "tüm (global) Güneş ışınımı" olarak bilinir. Atmosferdeki gazlar (özellikle su buharı ve karbondioksit) tarafından yayılanlardan aşağı doğru olanı yeryüzüne atmosfer ışınımı olarak, ve yer tarafından yayılan ve yansıtılan ışınımlar da yer ışınımı olarak göz önüne alınan uzun dalgaboylu ışınımlardır. Bütün bu ışınımlara "toplam güneş ışınımı" denir. Şekil 3.4'de toplam ışınımın bileşenleri şematik olarak gösterilmiştir. Diğer taraftan, atmosfer ışınımı küçük mertebelerde olduğundan, yerin yansıttığı veya yaydığı ışınımın olmadığı bir durumda -yatay yüzey- tüm güneş ışınımı aşağı yukarı toplam ışınıma eşit olur.

3.1.2. Atmosferik Geçiş

Dünya atmosferine ulaşan güneş enerjisinin dalga boyları 0.2μm ile 4μm arasında değişmektedir. Bu enerjinin %40 civarındaki bölümü elektromanyetik tayfin görünür bölgesi olan 0.4μm ile 0.7μm arasında, %7'si 0.38μm'nin altında, %43'ü 0.76μm ile 2.2μm arasında %5'i ise orta kızıl ötesinde 2.2 ile 2.5μm arasında yer almaktadır.

Atmosferin dışındaki yatay bir bölgeye gelen güneş enerjisinin değerini bulmak için o bölgenin enlem ve o andaki zamanının bilinmesi yeterlidir (Eşitlik 3.9). Ancak dünya yüzeyindeki herhangi bir yüzeye gelen enerjinin değerini bulmak bu kadar kolay değildir. Çünkü atmosfere giren radyasyon dünya yüzeyine ulaşıncaya kadar moleküler parçacıklar, aerosol ve bulutun etkisiyle soğurulur ve saçılır. Bundan dolayı yer yüzeyine ulaşan enerjinin değeri oldukça azalmaktadır. Şekil 3.4'de atmosfere giren güneş ışığının dağılımı yaklaşık olarak gösterilmiştir. Işığın atmosferi geçiş süresince geçirdiği süreçleri şu şekilde sıralamak mümkündür.

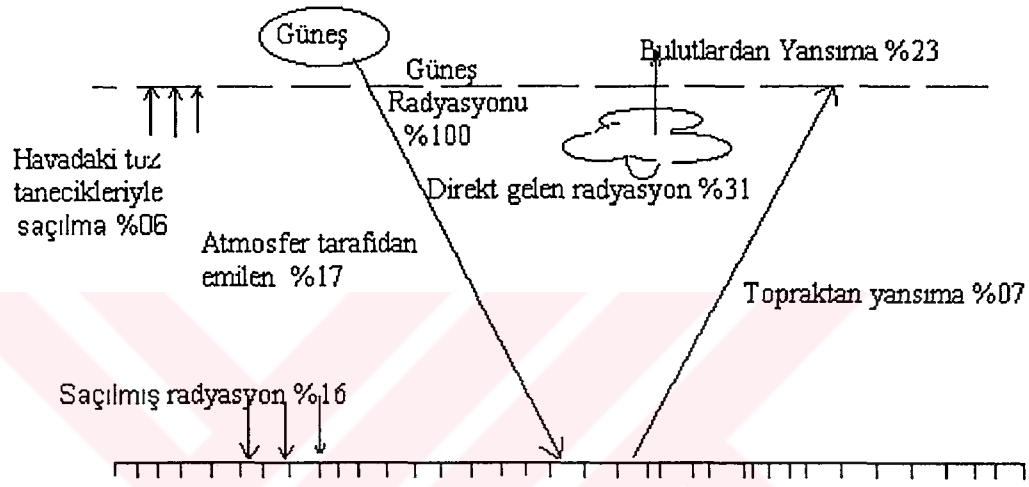
-Işığın kendi dalgaboyundan daha küçük parçacıklar tarafından saçılması (Rayleigh saçılması diye adlandırılır).

-Işığın dalgaboyuna yaklaşık eşit boyutlu parçacıklar tarafından saçılması (Mie saçılması diye adlandırılır).

- Işığın dalgaboyundan çok büyük boyutlu parçacıklar tarafından saçılması (seçici olmayan saçılma)

-Atmosferde bulunan belirli molekül ve atomların belirli dalga boyları arasındaki ışığı soğurması.

-Atmosferde bulunan aerosoldan kaynaklanan soğurulma.



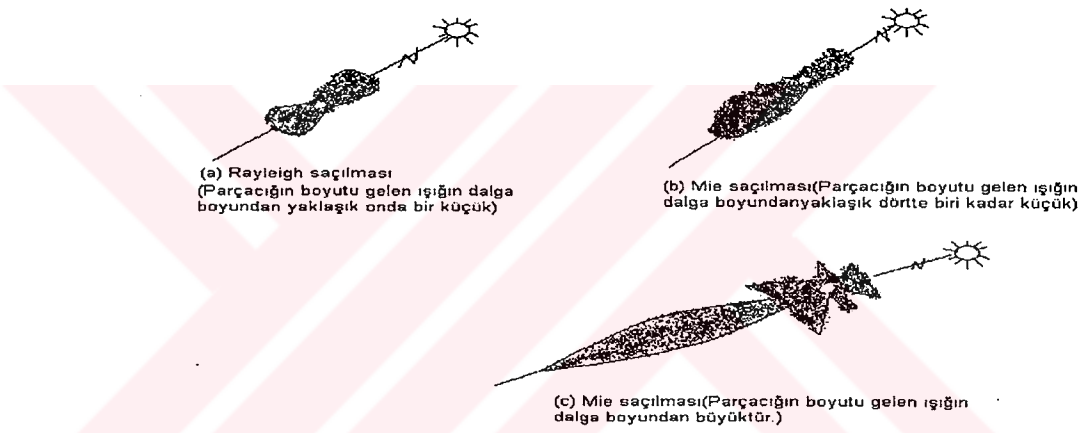
Şekil 3.4. Atmosfere giren güneş enerjisinin geçirdiği süreçler

3.1.2.1. Rayleigh Saçılması, Mie Saçılması ve Seçici Olmayan Saçılma

Bir elektromanyetik dalga bir parçacığa çarptığı zaman gelen enerjisinin bir kısmı tüm yönlere saçılır, bu saçılan enerjiye de saçılan radyasyon denir.

Doğadaki bütün cisimler boyutu ne olursa olsun (bu bir elektron veya bir yıldız olabilir) üzerlerine gelen radyasyonu saçarlar. Eğer cismin boyutu gelen enerjinin dalgaboyundan küçük ise bu tür saçılmaya Rayleigh saçılması denir ve $1/\lambda^4$ ile orantılı olarak saçılır. Rayleigh saçılmasında ileriye veya geriye doğru saçılmalar aynı boyutta ve maksimum düzeyde gerçekleşir. Işığın geldiği doğrultuya 90° olan yüzeylerde saçılma minimum düzeyde gerçekleşir. Bulutsuz gökyüzünün ve berrak suyun mavi renkte görünmesinin nedeni Rayleigh saçılmasından dolayıdır.

Eğer cismin büyüklüğü gelen ışığın dalgaboyu civarında ise gerçekleşen saçılmaya Mie saçılması denir. Mie saçılmasında ileri doğru gerçekleşen saçılma oranı geriye doğru gerçekleşen saçılma oranından daha fazladır .Parçacığın boyutu büyüdükçe saçılma daha da fazlalaşır ve saçılma balona benzer bir şekil alır **(Iqbal, 1986)**. Şekil3.5'de Rayleigh ve Mie saçılması gösterilmektedir. Bir parçacıktan saçılan radyasyonun diğer parçacıklara çarparak tekrar saçılmaya devam etmesiyle birden fazla saçılma gerçekleşebilir. Bu tür saçılmalara çoklu saçılma adı verilir.



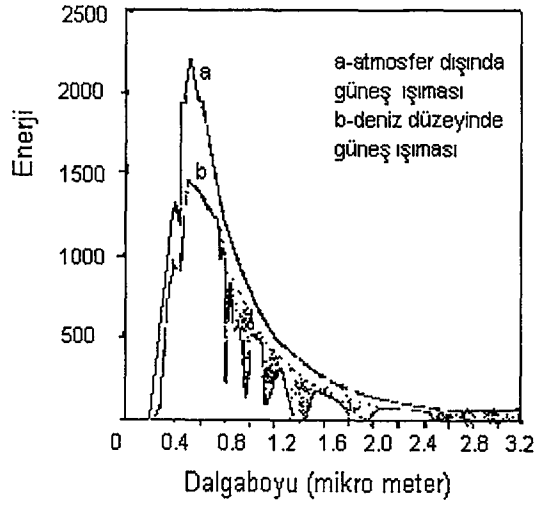
Şekil 3.5. Rayleigh ve Mie saçılması

Atmosferde aerasol parçacıkları varsa yere ulaşan enerji miktarı saçılandan daha fazla olur. Eğer parçacık boyutu ışığın dalgaboyundan çok büyük ise (su buharı) parçacık üzerine gelen ışık tamamıyla geriye doğru saçılır. Bu tür saçılmaya seçici olmayan saçılma denir.

3.1.2.2. Gazlar Tarafından Soğurulan Radyasyon

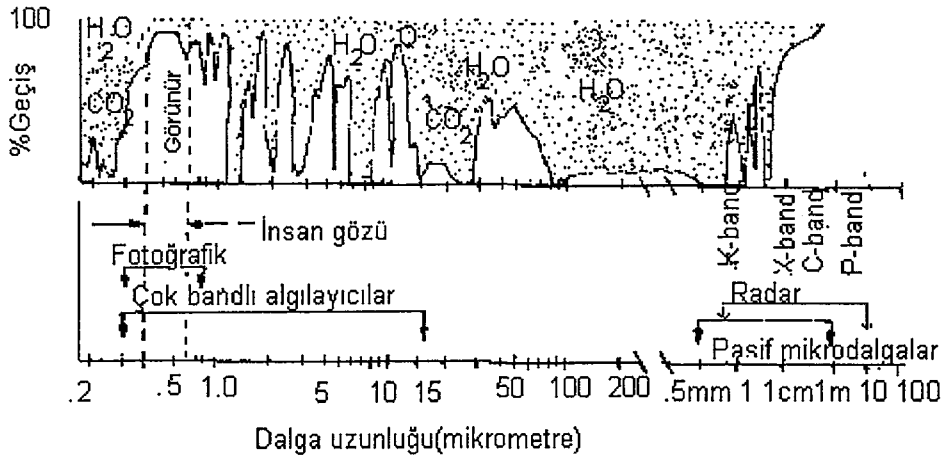
Atmosfere gelen enerjinin bir kısmı da atmosferde bulunan parçacıklar tarafından soğurulur. Soğurulma atmosferde bulunan bazı atomların ve moleküllerin

bir enerji seviyesinden diğer bir enerji seviyesine geçişi sırasında gerçekleşir. Belirli dalga boylarında gerçekleşen soğurulmaya seçici soğurulma denir. Eğer soğurulma birbirine yakın değerdeki dalga boylarında gerçekleşirse bu dalga boyları aralığındaki gerçekleşen soğurulmaya bant soğurulması adı verilir. Soğurulmanın en düşük olduğu bölgeye atmosferik pencere adı verilir **(John T.Houghton, 1977)**. Uzaktan algılama için planlanan algılayıcıların düzenekleri atmosferik pencerelerin dalga boyu sınırları içerisinde kalmaları gereklidir. Kuru hava molekülleri arasında yer alan CO_2, O_3, N_2O, CO, O_2, CH_4 ve N_2 gazları soğurulma sürecini birinci derecede gerçekleştiren gazlardır. Diğer NO_2, N_2O_4, N_2O_5, C_2H_4, C_2H_6, C_3H_8 ve H_2S gazlarının soğurma etkisi biraz daha düşüktür. Su buharı ve yukarıda ismi sayılan gazlar moleküler soğurucu olarak adlandırırlar. Kısa ve maksimum mor ötesi dalga boylarında etkili olan soğurucular atomik gazlardır. Şekil 3.6'da atmosfer dışında ve atmosferi geçtikten sonra güneş ışınımının dalgaboyuna göre dağılımı Şekil3.7'de atmosferin dalga boyuna göre geçirgenliğini göstermektedir. Çalışmada kullanılan METEOSAT uydusunun algıladığı bölge 0.4μm-1.1μm dalga boyuna karşılık gelmektedir ve şekilden görüldüğü gibi bu dalga boyunda atmosfer geçirgendir.



Şekil 3.6. Güneş ışınımının dağılımı ve atmosferde soğurulması **(Slater, 1980)**

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON



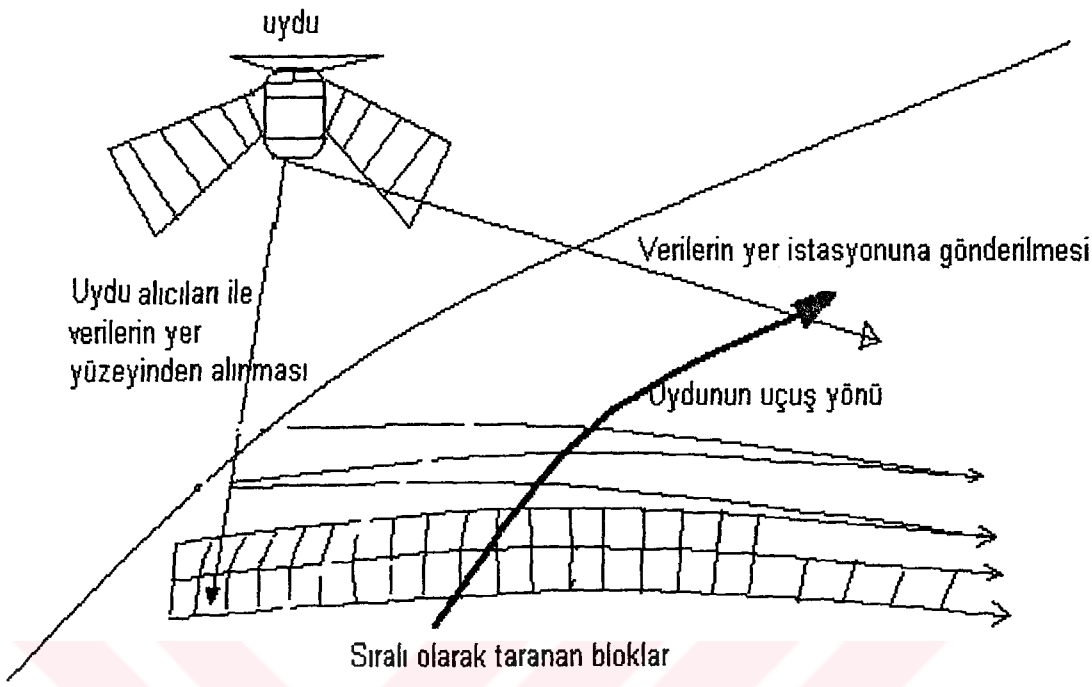
Şekil 3.7. Atmosferin dalgaboyuna göre geçirgenliği

3.1.3. Uzaktan Algılama Verileri

Uzaktan algılama sistemleri ile elde edilen verilere uzaktan algılama verileri denir. Günümüzde uzaktan algılama verileri denildiğinde genel olarak uydu ve uçaklarda bulunan algılayıcılar ile yer yüzeyindeki cisimlerden kaydedilen veriler akla gelmektedir. Uydu verileri, hava fotoğrafları ve radar verileri uzaktan algılama verilerine örnek olarak gösterilebilir.

3.1.3.1. Piksel ve Çözünürlük

Uyduların algılayıcı platformunda yer alan algılayıcılar dünya üzerindeki belirli bir alanı bir kamera gibi aynı anda tümüyle kaydetmek yerine ilgilenilen alanı sıralı bloklar halinde çizgisel olarak kaydederler (Şekil 3.8). Kaydedilen bu bloklara piksel adı verilir. Piksellerin büyüklüğü kullanılan uydunun çözünürlüğünü gösterir. Çözünürlük uyduların yerden olan uzaklığına ve algılayıcıların özelliklerine göre değişmektedir. Yer yüzeyinden 36000 km uzaktan algılama yapan METEOSAT uydusunun çözünürlüğü 2.5x2.5 km ve 5x5 km iken yer yüzeyinden 850 km uzaklıktan algılama yapan NOAA ve LANDSAT uydusunun çözünürlüğü sırasıyla, 1.1x1.1 km ve 30x30 metredir.



Şekil 3.8. Uydunun yer yüzeyini tarama biçimi

Algılanan yüzeyde her piksel üzerinden gelen toplam enerji şu şekilde verilir.

$$I(\lambda,T)=\varepsilon(\lambda,T)B(\lambda,T)+r(\lambda,T)I_r(\lambda)+t(\lambda,T)I_t(\lambda) \qquad (3.16)$$

Burada, $\varepsilon(\lambda,T)$= spektral yayınırlık, $B(\lambda,T)$= bir kara cisim ışıması, $r(\lambda,T)$ = spektral yansıtma, $t(\lambda,T)$ = spektral geçirgenlik, $I_r(\lambda)$ = yansıtma faktörü, $I_t(\lambda)$ = geçirgenlik faktörüdür.

3.1.4. Sayısal Görüntü ve İşleme Yöntemleri

Piksellerden gelen enerji algılayıcılar tarafından kaydedilerek belirli sayıda farklı değerlere eşitlenerek kodlanmasıyla piksel değerleri oluşturulur. Böylece her pikselden gelen enerji sayıya çevrilmiş olur. Bu veriler yeryüzündeki yer

istasyonlarına gönderilir. Burada kodlama sırasında gerçekleşen ve gözlem açısından kaynaklanan hatalar düzeltilerek piksel değerleri yeniden oluşturulur. Yeni piksel değerleriyle oluşturulan görüntüye sayısal görüntü adı verilir.

Sayısal görüntüden istenilen bilgilerin ortaya çıkartılması için birçok metot ve algoritmalar geliştirilmiştir. Halen yenileri geliştirilmekte ve geliştirilmesine çalışılmaktadır.

3.1.4.1. Geometrik Bozukluklar ve Düzeltilmesi

Geometrik bozulmalar algılayıcı platformun yüksekliğinde olan değişmelerden, algılayıcının yüzeye bakış açısından, platform hızından ve dünyanın yuvarlak olmasından kaynaklanmaktadır. Geometrik hata olsun veya olmasın görüntüleri muhakkak harita bazına oturtmak gerekmektedir. Aksi halde bir takım işlemler sonucunda görüntülerden elde edilen değerlerin bir anlamı kalmayacaktır.

Geometrik bozulmaların düzeltilmesi kavramsal olarak iki aşamadan oluşur. Birinci aşamada, orijinal görüntü ile düzeltilmiş görüntü arasındaki geometrik ilişki ortaya konur. İkinci aşamada ise yeni görüntüyü oluşturan piksellerin değeri yeniden oluşturulur. İkinci aşamaya örnekleme de denir.

Bilinen bazı hataların tek tek düzeltilmesi yerine yer kontrol noktaları kullanarak hatanın oluş biçimine bakılmaksızın genel amaçlı düzeltmeler yapmak çoğu zaman daha faydalıdır. Eğer görüntüde kolayca bulunabilecek bazı noktaların harita koordinatları tam olarak biliniyorsa bir dönüşüm modeli oluşturularak modelin gerektirdiği parametreler bilinen noktalar kullanılarak hesaplanabilir. Bu noktalar genellikle yol kavşakları, su kenarlarındaki girinti veya çıkıntılar ve köprü ve hava alanı gibi bazı büyük yapılar olabilir. Kontrol noktaları ne kadar çok olursa ve görüntü içerisinde ne kadar homojen dağılım sağlanırsa düzeltilen görüntülerin haritaya uyma oranı da o kadar yüksek olur. Yeni görüntüdeki piksel değerleri kendisine komşu ilk piksel değerleri kullanılarak yeniden oluşturulur.

3.1.5. Meteorolojik Uydular

Uydular hava olaylarını küresel olarak inceleme olanağı sağlar ve dünya çevresindeki yörüngelerinde hareket ederken algılayıcıları (radyometre) tarafından kaydedilen verileri belirli aralıklarla yer istasyonlarına gönderirler. Uyduların en önemli özelliklerinden birisi de yer gözlem istasyonlarının kurulamadığı ve böylece verilerin toplanamadığı okyanus, çöl, dağlık alanlar, kutup bölgeleri ve buna benzer çok geniş alanlardan meteorolojik bilgilerin elde edilmesidir.

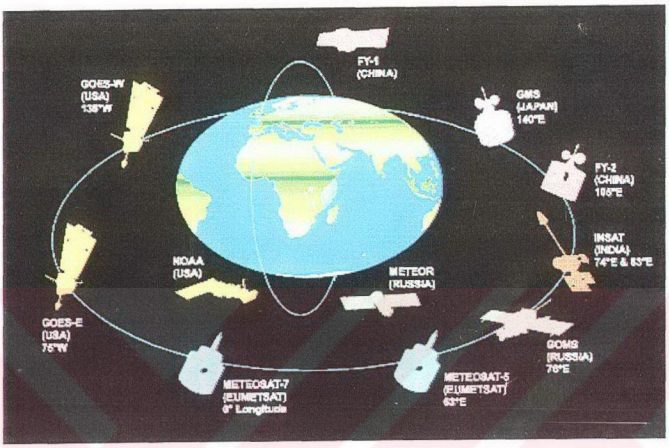
Tüm uyduların uzaktan algılama sistemleri cisimler tarafından yansıtılan ve yayınan elektromagnetik radyasyonun uzaya yerleştirilen platformlar (uydu) üzerinde bulunan radyometreler tarafından algılaması (pasif algılama) veya radar (aktif algılama) sistemlerine dayanır. Meteorolojik amaçlı uydular (METEOSAT, GOES, GMS, NOAA vs.) pasif algılama yöntemlerini kullanırken, ERS-1 gibi uydular aktif algılama yöntemlerini kullanmaktadır.

Teknolojinin gelişimine bağlı olarak uydular birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Meteorolojinin de bu gelişmelere paralel olarak bu amaca yönelik dizayn edilen uydulardan faydalanmaya başlaması ile birlikte hava tahmininde (nowcasting) ilerlemeler kaydedilmiştir. Başlangıçta sadece bulutların hareketlerinin gözlenmesi ve yorumlanması olarak kullanılan görüntüler, algılayıcılarındaki teknolojik gelişmelere bağlı olarak atmosfer fiziği, dinamiği, coğrafi parametrelerin belirlenmesi ve özellikle son yıllarda sayısal hava tahmin modellerine veri girdisi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Meteoroloji uyduları ilk olarak ABD tarafından yörüngeye fırlatılmış olup, tüm dünya ülkeleri analog ve sayısal veri kullanma yeteneğine sahip olmuştur. ABD'nin meteorolojik amaçlı iki tip uydusu vardır. Bunlar GOES serisi sabit yörüngeli (GOES-E 75° W ve GOES-W 135° W) ve NOAA serisi kutupsal yörüngeli uydulardır. Ayrıca askeri amaçlı olarak DMSP serisi kutupsal yörüngeli uyduları da bulunmaktadır. DMSP serisi uydular görünür ve kızılötesi radyometrelerine ilaveten bulutluluktan etkilenmeyen mikrodalga algılayıcılarını da içermektedir.

Meteorolojik uydular şekil 3.9'da görüldüğü üzere yörüngelerine göre temel olarak iki kısma ayrılırlar:

1) Sabit Yörüngeli Uydular

2) Kutupsal Yörüngeli Uydular



Şekil 3.9. Sabit ve kutupsal yörüngeli uyduların normal pozisyonları

Sabit yörüngeli uydular dünyanın belirli bir bölgesini görüp, yarım saatlik periyotlarda görüntü alabilmekte ve dolayısı ile sadece o bölgedeki ülkeler bu görüntülerden faydalanabilmektedir. Bu kısıtlayıcı faktör, diğer ülkelerin de benzer uydu sistemlerini yörüngeye fırlatmasına neden olmuştur. Avrupa ülkeleri de bir araya gelerek Avrupa Meteoroloji Uyduları İşletme Teşkilatı'nı (EUMETSAT) oluşturmuşlardır. Bu teşkilat ESA ile birlikte çalışarak METEOSAT serisi sabit yörüngeli uyduları uzaya fırlatmıştır. Benzer şekilde Sovyetler Birliği, Japonya ve Hindistan kendi uydularını geliştirmeyi başarmışlardır. Sovyetler Birliği (GOMS 76° E), Japonya (GMS 140° E), Hindistan (INSAT) sabit yörüngeli uydularını geliştirmişlerdir.

Kutupsal yörüngeli uydular yaklaşık olarak 860 km yükseklikte bir yörüngede olup güneşe göreceli olarak sabit bir pozisyonda bulunmaktadırlar ve Ekvator üzerinden yerel saatle aynı zamanda geçmektedirler. Bu grupta ABD'nin

NOAA serisi uyduları ve askeri amaçla kullanılan DMSP (Defence Meteorological Satellite Programme) uyduları ile Rusya'nın METEOR uydusu örnek verilebilir **(Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2003)**.

3.1.5.1. Sabit Yörüngeli Uydular

Sabit yörüngeli uydular, ekvator üzerinde 36000 km yükseklikteki bir yörüngede bulunup, dünyanın dönüş hızıyla aynı hıza sahip olduğundan dünyayla göreceli olarak aynı konumda kalmaktadırlar. Şu anda mevcut olan beş sabit yörüngeli uydu bulunmakta olup, bunlar Türkiye'nin de üyesi olduğu 17 Avrupa ülkesinin oluşturduğu EUMETSAT'ın METEOSAT, ABD'nin GOES-E ve GOES-W, Japonya'nın GMS, Hindistan'ın INSAT ve Rusya'nın GOMS uydularıdır. Her bir sabit yörüngeli uydu bulunduğu yerde dünyanın görüntüsünü yaklaşık olarak 4-5 km çözünürlükte ve Kuzey-Güney yarıkürelerinde 65 enlem dereceleri arasında alma olanağına sahiptir. Sabit yörüngeli uydular dünyanın görüntüsünü her yarım saatte bir alırlar. Elde edilen görüntüler ya gri ölçekli veya bilgisayar tarafından sahte olarak renklendirilmiştir. Sabit yörüngeli METEOSAT uydusu her yarım saatte bir almış olduğu görüntüleri üç değişik kanaldan (su buharı, kızılötesi ve görünür) dünyaya göndermektedir. Sabit yörüngeli uydular daha çok meteoroloji uygulamalarına yönelik olmasına rağmen, kutupsal yörüngeli uydular, atmosfer fiziği, çevre, tarım, çok kısa vadeli hava tahmini, hava-deniz etkileşimi ve meteorolojik amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Sabit yörüngeli uyduların çalışma prensibi, kendi ekseni etrafında dönen ve dönüş esnasında üzerindeki pasif algılayıcıları sayesinde dünyadan algıladıkları ham verileri (count değerleri) yer istasyonlarına ve oradan da işlenerek kullanıcıya hazır hale getirmek üzere ana bilgisayar merkezine gönderilmesi ve ana bilgisayar merkezinde işlenen verilerin tekrar yer istasyonuna geri gönderilerek uydu aracılığı ile kullanıcılara dağıtılması prensibine dayanır.

Uydu tarafından yer istasyonuna gönderilen ham veriler, yer istasyonundan yüksek iletişim kapasitesine sahip hatla ana bilgisayar merkezine (ESOC= Avrupa Uyduları İşleme Merkezi) gönderilir. Ana bilgisayar merkezine gelen ham veri

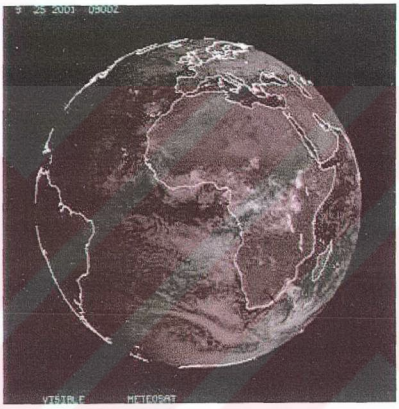
üzerinde coğrafik düzeltmeleri yapılır. Coğrafik hesaplarının yapılmasının nedeni, uyduların yörüngelerini değiştirmelerinde sabit kalmayıp, uzaydaki dışsal kuvvetlerin etkisi altında sürekli olarak sürüklenmeleri (drift) ve bu yüzden dünya üzerindeki aynı bölgeyi farklı yörüngelerden görmelerinden doğan hataları gidermektir. Coğrafik düzeltmeleri ile uydu tarafından alınan ham veriler sabit bir referans yörüngesine indirgenir. Bu sebeple kullanıcı için uydunun aldığı veriler sabit bir yörüngeden alınıyormuş gibi görünür. Üzerinde düzenlemeler yapılan ham veriler tekrar yer istasyonuna gönderilerek uydu aracılığı ile kullanıcı istasyonlarına (PDUS) (Primary Data User Station) gönderilir.

Uydu verilerinden yararlanma iki yolla mümkün olmaktadır. Birincisi analog görüntülerin alınması ve sadece hava tahminlerine yönelik görüntülerin yorumlanmasıdır ki bu WEFAX veri aktarımının telefon ile faks göndermekten fazla bir farkı yoktur. WEFAX görüntüleri kullanılarak sadece bazı basit işlemler (renklendirme, vs.) yapılabilir. Bu misyon artık sona ermiştir. İkincisi ise uydulardan sayısal veri alınıp görüntü elde etmenin yanında diğer uygulamaya yönelik ürünlerin elde edilmesidir. Örneğin yağış miktarının tespiti, yer rüzgar alanlarının belirlenmesi vs. Bu yöntem etkili şekilde kullanılmaktadır. Görüntülerden yararlanılarak bulut sınıflandırması, atmosferik alçak basınç merkezlerinin yer ve hareketleri, karasızlık alanları, çeşitli seviyelerdeki rüzgar alanları kara ve deniz sıcaklıkları gibi atmosferin dinamik ve fiziksel yapısı hakkında bilgi edinilmektedir. Sabit yörüngeli uydulardan veri alabilmek amacıyla PDUS cihazı gerekmektedir.

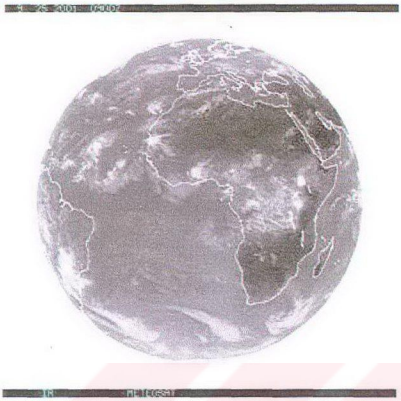
Meteorolojik uydular ile uzaktan algılama amacıyla kullanılan LANDSAT, SPOT, ERS ve iletişim (telekomünikasyon) amaçlı uyduların karıştırılmaması gerekir. Her uydunun amaca bağlı olarak tasarımı ve yapımı farklıdır. Örneğin METEOSAT uydularında çözünürlük 5km (IR algılayıcıları için) iken, LANDSAT uydularının çözünürlüğü 30m'ye kadar düşmektedir. Ayrıca her uydu üzerindeki algılayıcı çeşidi ve yapısı da farklıdır. METEOSAT ile kutupsal yörüngeli uydu olan NOAA serisi uydular ile karaları algılamakta kullanılan LANDSAT ve SPOT uydularının pasif algılayıcı kullanmalarına karşın, ERS aktif algılayıcısı kullanmaktadır. Pasif algılayıcılar, uydu üzerindeki teleskopların içine yerleştirilen

ve dünya üzerinde gördüğü alandaki cismin yaydığı radyasyonu ölçen algılayıcılardır. Aktif algılayıcılar ise uydu üzerine yerleştirilen ve RADAR prensibine dayanarak çalışan algılayıcılardır.

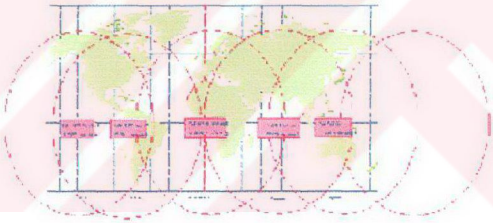
Aşağıdaki şekil 3.10 ve şekil 3.11'de sabit yörüngeli METEOSAT uydusundan alınmış olan görünür ve kızılötesi görüntülerini ve şekil 3.12'de sabit yörüngeli uyduları kaplama alanlarını göstermektedir **(Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2003)**.



Şekil 3.10. Meteosat görünür bölge görüntüsü (25.09.2001 0900Z)



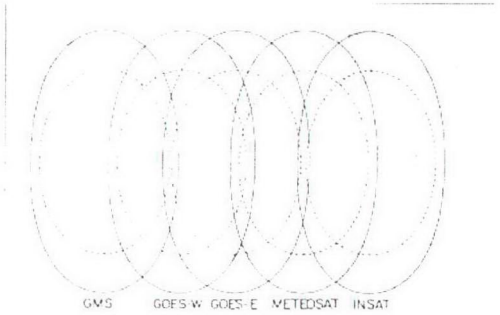
Şekil 3.11. Meteosat kızılötesi görüntüsü (25.09.2001 0900Z)



Şekil 3.12. Sabit yörüngeli uyduların kaplama alanını göstermekte

3.1.5.1.(1). İşlemsel Sabit Yörüngeli Uydular

İşlemsel hava analizleri ve hava tahmini için sabit yörüngeli uydular, kutupsal yörüngeli uydulardan daha fazla avantaja sahiptir; görüntüler günde bir veya iki defadan daha fazla elde edilebilir. Bu yüzden, hava sistemlerinin değişim oranı hareketi gözlenebilir. Dünya üzerindeki meteorolojik uydular geliştirilmiş ve sabit yörüngeli hava uyduları fırlatılmıştır. Normal olarak bu tip uydulardan 5 tanesi hemen hemen ekvator çevresinde şekil 3.14'de görüldüğü gibi pozisyonunu almıştır.



Şekil 3.13. Sabit yörüngeli meteorolojik uydular tarafından görüntülenen alanlar. Kesiksiz çizgiler kolları göstermektedir; uydu bu alanın dışında hiçbir şey görmez. Kesik çizgiler uydunun yataydan en az 10° yukarıda olduğu alanlardan yararlı verilerin alındığı alanı göstermekte

3.1.5.1.(1).(a). METEOSAT

Fransa'nın Kourou şehrinden Avrupa Uzay Ajansı tarafından fırlatılan Meteosat, başlangıç meridyenine yerleştirilmiştir. Meteosat Döner Tarayıcı Radyometresi görüntüleri 6.7 mm su buharı bandında olduğu gibi görünür (0,5-0,9 μm) ve kızılötesi (11 mm) bantlarından gönderir. Gerçekte, 1977'de fırlatılan Meteosat-1 yere sabit yörüngesinden ilk 6.7 μm datalarını sağlamıştır. Meteosat-1'in fırlatılması ile başlayan bu uydular aynı zamanda Meteosat Operasyonel Programı Uyduları (MOP) olarak da adlandırılır.

3.1.5.1.(1).(b). GMS

Sabit yörüngeli meteorolojik uydu (GMS) 140° doğu boylamına yerleştirilmiştir. GMS 3 ve 4 Japon Ulusal Uzay Geliştirme Ajendası (NASDA) ve Japon Meteoroloji Ajendası işbirliği ile Tanegashima Uzay Merkezinden

fırlatılmıştır. GMS, GOES'den elde edilen görüntülere çok benzer olan görünür ve kızılötesi görüntüler gönderen Döner Tarayıcı Radyometreye sahiptir.

3.1.5.1.(1).(c). İNSAT

İNSAT 74° doğu boylamına yerleştirilmiştir. İNSAT 1B Hindistan ulusal uydu Sisteminin bir bölümündeki uzay mekiğinden fırlatılmıştır. Bu uydu, yükseklik stabilizasyonu sağlamak için kendi çevresinde dönüş gerektirmeyen sabit yörüngeli meteorolojik uyduların yeni neslinin ilkidir. Bunlar "üç eksen stabilizeli" olarak bilinirler; alçak dünya yörüngeleyici (low earth orbiters) aygıtlarda olduğu gibi, bunların enstrümanları (aygıtları) daima dünyaya doğru bakar. İnsat, günümüzde üç eksen stabilizeli insat dizaynına dayanan GOES I-M'yi inşa eden Space Systems /Loral, o zamanki adıyla Ford Aerospace tarafından inşa edilmiştir.

3.1.5.1.(1).(d). GOES

NOAA tarafından işletilen sabit yörüngeli uydu serisi, 17 Mayıs 1974'de fırlatılan Senkronize Meteorolojik Uydu-1 (SMS-1) ile başladı. TIROS-N gibi, SMS-1 ve SMS-2 deneysel uydular olarak düşünüldü ve ilk olarak NASA tarafından işletildi. Sabit Yörüngeli Operasyonel Çevresel Uydular (GOES) birleştirilerek NOAA tarafından işletildi. SMS-1 ve SMS-2 ve GOES 1, 2 ve 3, FORD Aerospace tarafından, NASA'nın uygulama teknoloji uyduları 1 ve 3 (ATS 1 ve ATS 3) örnek alınarak dizayn ve inşa edildi. GOES 4, 5, 6 ve 7 Hugher Aircraft tarafından dizayn ve inşa edildi. GOES-8 1995 yılında fırlatıldı ve bunun yerine geçen uydular (GOES J-M) Space Systems/Loral tarafından inşa edildi.

Normal olarak işleyen iki GOES uydusu bulunmaktadır. GOES-East 75° doğuya, GOES-West 135° batı boylamına yerleştirilmiştir. Bu, batı yarıkürenin çoğunu kapsama olanağı sağlar.

Zamanla yalnız bir GOES uydusu işlemsel olarak kullanılmıştır, bu durumda GOES Prime olarak adlandırılmış ve yazları 98° batıya, veya kışları 108° batıya yerleştirilmiştir.

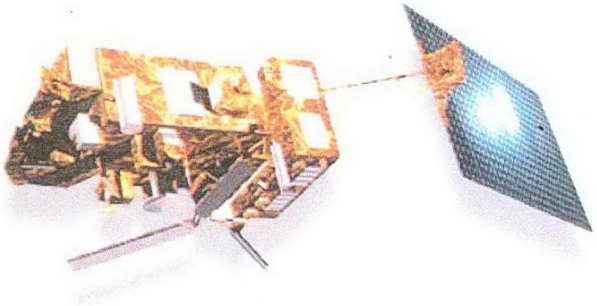
3.1.5.2. Kutupsal Yörüngeli Uydular

Sabit yörüngeli uyduların, uzayda sabit bir konumdan dünya diskinin sürekli görüntüsünü sağlamalarına rağmen, kutupsal yörüngeli uydulardaki cihazlar, daha az küresel kaplama sağlamalarına rağmen, çok daha düşük yüksekliklerden atmosferik sıcaklık ve nem profilleri hakkında daha kesin ve detaylı bilgiler sağlarlar.

Dünyanın belirli kısımlarındaki özellikle de Pasifik Okyanusu ve Güney yarıküredeki kıtalardan yeterli veri alınamaması nümerik hava tahmini ve iklim gözlemlerinde kutupsal yörüngeli uydu verilerin öneminin artmasına neden olmuştur

Kutupsal yörüngeli uydulardan NOAA, yaklaşık olarak 860 km yükseklikte bir yörüngede olup, güneşe göreceli olarak sabit bir pozisyonda bulunmaktadırlar ve sürekli olarak ekvator üzerinden yerel saatle aynı saatte geçmektedirler. Kutupsal yörüngeli uydular, ikiz olarak fırlatılırlar, bir uydu kuzeyden güneye tarama yaparken, diğer uydu güneyden kuzeye tarama yapar ve bir defada yaklaşık 2600 km'lik alanı kaplarlar. Dünya üzerindeki bir dönüşlerini 1 saat 42 dakikada tamamlamakta ve dünya üzerindeki herhangi bir noktadan tam 12 saatte bir geçmektedirler. Dolayısla mevcut iki uydu ile dünya üzerindeki herhangi bir noktanın 6 saatlik aralıklarla günde dört adet görüntüsünü almaktadırlar.

İşlemsel kutupsal yörüngeli uyduların işletimini yakın zamana kadar iki ülke elinde tutmaktaydı: Sovyetler Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri. Sovyet uyduları "Meteor" uyduları olarak bilinirler. ABD'nin kutupsal yörüngeli uyduları ise NOAA serisi uydulardır. Günümüzde Çin Hükümetinin uzaya fırlatmış olduğu FengYung-1C ve D uyduları da mevcut olup şu an planlama aşamasında olan ve ileride EUMETSAT'ın fırlatmayı planladığı (METOP) uyduları da diğer uyduların yanında yer alacaktır.



Şekil 3.14. EUMETSAT'ın kutupsal yörüngeli uydusu (METOP)

Şekil 3.15. Kutupsal yörüngeli uyduların dünyayı kutuplardan taramasını göstermekte

EUMETSAT, ABD ile birlikte çalışarak morning orbit (yerel saatli) kaplamayı, ABD ise afternoon (öğleden sonra) kaplamasını sağlayacaktır. Bu çalışmaların ESA ile işbirliği içinde geliştirilen ve 2005 yılında fırlatılacak olan METOP uyduları üzerinde olması planlanmaktadır. Bu seri uyduların ilki olacak olan METOP-1, 21. yüzyılın ikinci on yılına kadar servis sağlamaya devam edecektir.

3.1.6. Uydu Kullanım Amacı ve Alanları

Uydu görüntüleri işlemsel analizciler ve hava tahminciler için çok değerli bilgi kaynağıdır. Bunlar;

a) Analiz aleti olarak, özellikle verilerin az olduğu alanlarda kullanılırlar.

b) Bulutun, yağışın ve yıldırım ya da sel taşkını gibi ilgili doğa olaylarında kısa vadeli hava tahmininde (özellikle 6-12 saatlik) direk yardımcı olarak kullanılırlar.

c) Önceki şartları belirlemeye yardımcı olan NWP (nümerik hava tahmin modelleri) girdileri sağlamak açısından önemlidirler.

d) Hava tahmininin ilk basamağında NWP model performansı hakkında bilgi edinmekte kullanılmaktadır.

e) Görüntüler aynı zamanda bu işlemde çalışan kişilere, atmosferik yapı hakkında bazı önemli ipuçları ile kavramsal modelleri kullanmasıyla bu muhtemel yapının sonraki gelişimi hakkında bilgi vermektedir. İşleyen dinamik ve fiziksel işlemlerin çok değerli indikatörü olarak da tahmincilere hizmet etmektedir. Böylece tahmincilere bu ipuçlarını tanıma ve yorumlamada yardım etmektir. Uydular hava olaylarını küresel olarak inceleme olanağı sağlar ve dünya çevresindeki yörüngelerinde hareket ederken, algılayıcıları (radyometre) tarafından kaydettikleri verileri belirli aralıklarla yer istasyonlarına gönderirler. Uyduların en önemli özelliklerinden birisi de, yer gözlem istasyonlarının kurulamadığı ve böylece verilerin toplanamadığı okyanus, çöl, dağlık alanlar, kutup bölgeleri vs. gibi çok geniş alanlardan meteorolojik bilgilerin elde edilmesidir.

f) Atmosferin dinamik ve fiziksel yapısı ve evrimi hakkında bilgi edinmek açısından fayda sağlarlar.

3.1.7. Uydu Görüntüleri

Magnetik veya optik alanda depolanan uydu görüntüleri, toplama ve arşivleme işlerinin yapısından dolayı, sayısal görüntüler olarak nitelendirilir. Foto görüntülerini analizcinin ele alması ve değerlendirmesi çok kolaydır, fakat sayısal görüntüler çok daha değişik yollarla işlenirler.

Bir çok meteorolojik görüntüleme aygıtı dünya yüzeyini televizyon taramaları gibi analog (resim) şeklinde tararlar. Radyans ölçümleri her bir tarama boyunca taranan element serisini oluşturan zaman basamaklarında alınırlar (Şekil 3.17). Bu elementler görüntüde tarama numarası veya element numarasına tekabül eden tek tek yerleşimler olarak belirlenirler. Her bir element yerleşiminde uydu algılayıcısı ile ölçülen radyans tek bir sayısal değer olarak depolanır. Renkli veya siyah-beyaz ekran (B/W) gibi görüntüleyici aygıt üzerinde görüntülendiklerinde, hücre üzerindeki her bir nokta "resim elementi veya piksel" olarak adlandırılır. Sayısal değerler son uydu görüntüsü üzerinde pikselleri renkli veya gri bölgeler olarak belirlemekte kullanılırlar. Sonuç görüntü ya monitörde veya fotoğrafik görüntü "hard-copy" olarak görüntülenir.

Şekil 3.16. Meteorolojik görüntüleme

Uydu aygıtının çözünürlüğü, alet tarafından dünya yüzeyi üzerinde çözümlenebilen en küçük elementin boyutu olarak belirlenebilir. Bu, algılayıcının görüntüleme alanı ve dünya yüzeyinden olan uzaklığın bir fonksiyonudur. Aynı zamanda her tarama işlemindeki geçen zaman boyunca toplanan radyasyonun, dünya yüzeyi üzerinde gözlemlenen ne kadarlık bir alandan geldiği sorusu da akla gelebilir. Bu alanlar (kutucuklar) bazen "footprints" olarak adlandırılır. Sebeplerin

çeşitliliğinden dolayı, footprints'lerin boyutu kanaldan kanala değişir. Uydu aygıtının çözünürlüğü her bir kanal için ayrı ayrı belirlenmiştir.

Uydunun aygıtının çözünürlüğü genellikle, uydunun altından dünya üzerindeki bir noktaya direk olarak çizilen alt uydu noktasıdır (subpoint). Uydu, alt uydu noktasından ileriye doğru tarama yaparken, dünya üzerinde görüntülenen alan, dünyanın eğimliliği ve görüntülenen alanın eğikliği nedeniyle artan şekilde genişler. Sabit yörüngeli meteorolojik uydular, yükseklikleri nedeniyle, dünya yüzeyini alt uydu noktasından bile çok uzak mesafelerden görüntüleyebilir. Bu yüzden çözünürlük, alt uydu noktasından olan uzaklıkla büyük ölçüde değişiklik gösterir. Uydu enstrümanının çözünürlüğünün, veriden üretilen görüntünün çözünürlüğünden oldukça farklı olduğuna da dikkat etmek gerekir.

3.1.7.1. Spektral Özellikler

Radyasyon, uydu algılayıcısını önüne yerleştirilen filtre kullanılarak spesifik dalgaboylarında ölçülebilir. Filtre algılayıcıya ulaşan radyasyonun aralık olarak adlandırılan, elektromagnetik spektrumun dar segmenti içinde geçişine müsaade eder. Bu spektral aralıklar genellikle kanallar veya bantlar olarak adlandırılırlar.

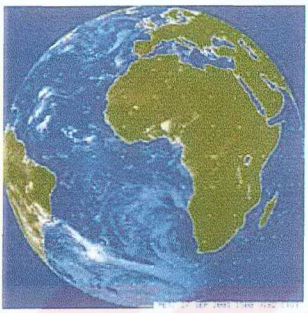
Çoğu meteorolojik uydu, elektromagnetik spektrumun görünür ve kızılötesi kısımlarında ölçüm yaparlar. Bazıları ultraviyoleden (100-400 nm bantı) mikrodalga bölgesine (0,15-6,0 cm = 200'den 5 GHz'e kadar olan aralık) listelenirler.

3.1.7.1.(1). Görünür (Visible) Görüntü

Meteorolojik uydulara yüklenen birinci görüntüleme algılayıcıları radyasyonu görünür bantta (0.5-0.7 mm) ölçerler. Görünür bölge görüntüler genellikle en yüksek uzaysal çözünürlükte ve algılayıcılarımıza son derece yakın uyum gösteren dünya görüntüsü şekil 3.18'deki görüldüğü gibi sağlarlar. Bulutlar, kara ve okyanuslar kolaylıkla ayırt edilebilirler. Görünür verilerin görünen ilk sınırlayıcı faktörü yalnızca dünyanın güneşle aydınlanmış kısımlarından görüntü elde edilebilmesidir.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ

faktörü yalnızca dünyanın güneşle aydınlanmış kısımlarından görüntü elde edilebilmesidir.



Şekil 3.17. 27 Eylül 2001 15.00'de alınmış olan METEOSAT görünür bölge görüntüsü

3.1.7.1.(2). Kızılötesi (Infrared) Görüntü

Kızılötesi kanalların çoğu genellikle 1-30 μm arasındadır. Meteorolojik uydular için genellikle, dünya yüzeyinin derinliklerinde gelen radyasyona atmosferin nispeten yarı geçirgen olduğu 10-12.5 μm spektrumu kullanılmaktadır. Bir görüntüyü tanımlamak için kızılötesi kelimesi kullanıldığında, elektromagnetik spektrumun diğer bölümlerindekine nazaran bu görüntünün genellikle 10-12.5 μm aralığında olduğu düşünülür.

Kızılötesi radyasyonun yayınlayıcı cismin sıcaklığı ile ilişkili olmasından ve troposferin yükseklikle genellikle soğumasından dolayı, atmosferik işlemleri yorumlamamızda bizlere yardım eder. Kızılötesi kanalların önemli karakteristiği geceleri görüntü sağlayabilme yeteneğidir. Bu durum 24 saatlik bir periyot boyunca bulutların sürekli olarak gelişimini gözlemleyebilmemizi sağlar.

Normal olarak görüntü işlemede daha büyük radyansa sahip olan alanlar, görüntüde daha parlak piksellerle gösterilirler. Bununla beraber uydu

meteorolojisinde kızılötesi görüntüler normal olarak tersine çevrilir yani elementten gelen daha büyük radyans daha koyu piksellerle gösterilir. Bu yolla yüzeyden daha soğuk olan bulutlar beyaz, ve daha sıcak olan kara yüzeyleri ve okyanuslar görünür görüntüsündeki gibi bulutlardan daha koyu gözükürler(şekil 3.19).

Şekil 3.18. 28 Eylül 2001 06:30'da alınmış olan Meteosat-7 kızılötesi görüntüsü

3.1.7.1.(3). Su buharı (WV) Görüntüsü

Su buharı kanalları uydunun radyasyonu su buharı soğurma bantlarında ölçmesinden dolayı bu isimle adlandırılmıştır. Burada birçok dalga boyu kullanılmakla birlikte en genel olarak kullanılanı 6.7 mm civarındadır. Bu dalga boyunda uydunun hassasiyet gösterdiği radyasyonun çoğu, atmosferik tabakanın 300-600 hPa'dan gelmektedir. Bu yüzden bu bant, troposferin orta seviyelerini ölçer.

En yüksek bulutların görülebildiğine ve bu kanalın window (pencere) kanalı olmayışından dolayı yüzey özelliklerinin belirlenemeyişine dikkat etmek gerekir. Bunun yerine, su buharının dramatik anafor ve girdaplarının, yüksek bulutların bulunmadığı yerlerde görülmekte olduğuna dikkat edilmelidir. Su buharı görüntüsü atmosferin bulutsuz bölgelerindeki karakterleri göstermek için genellikle hareketlendirilir.

Su buharı görüntüsünün orta troposferin nispi nemini yaklaşık olarak gösterdiği söylenebilir (Şekil 3.20). Su buharı görüntüsünde parlak ve koyu alanlar düşündüğümüzde uydu, parlak alanlarda koyu alanlardan daha az radyans ölçer. Daha az radyans (parlaklık) ya atmosferin aynı seviyedeki daha koyu alanlardan daha soğuk olduğunu veya uydunun daha yüksek derecede hassasiyet gösterdiği parlak alanlardakinden daha fazla miktarda su buharı bulunduğunu ve bu yüzden daha soğuk olduğunu söylemektedir. Diğer durumlarda nisbi nemin parlak alanlarda koyu alanlardakinden daha yüksek olabileceği düşünülür. Parlak ve koyu alanlar yükselen ve alçalan hareketleri yaklaşık olarak göstermektedir .

Şekil 3.19. 8 Eylül 2001 06:30Z'de alınmış olan su buharı görüntüsü

3.1.8. Görüntü Yorumlama

Uydu görüntülerindeki bulutların ayırt edici yapısı tahmincilere hava sistemlerini tanımlama ve izleme olanağı verir. Örneğin atmosferik depresyonlar ve ilgili cephe sistemleri kendine özgü bulutluluk yapısıyla kolaylıkla ayırt edilebilirler. Uydu görüntüleri aynı zamanda atmosferin yapısı ve sıcaklığı hakkında bilgi verir. Birbiri ardına elde edilen görüntüler yardımıyla bulut yerlerindeki değişimin aynı zamanda rüzgar hız ve yönlerinin hesaplanmasını da sağlar. Ayrıca yağış miktarının belirlenmesi ve deniz dalga yüksekliklerinin hesaplanması da gerçekleştirilmektedir.

Sabit yörüngeli uydular her yarım saatte bir görüntü alabildiklerinden, sistem hareketlerinin oluşumunun ve hava olaylarının dinamik evriminin yapısının tanımlanmasına yardımcı olurlar.

Görünür bölge spektrumundaki görüntüler dünya yüzeyi veya bulutlardan güneş radyasyonu yansımasının ölçülmesiyle elde edilir. Genel olarak bulut kalınlığı görüntülerin albedosunu belirler.

Kızılötesi görüntüleri, yüzeyden ve atmosferden yayılan kızılötesi radyasyonun ölçülmesiyle elde edilir ve dünyanın yüzeyi ile bulut tavanı sıcaklıkları hakkında bilgi verir. Görüntülerde soğuk yüzeyler daha beyaz, sıcak yüzeyler ise daha koyu olarak görünür. Kızılötesi görüntüler genellikle yüksek, orta ve alçak bulutların tanımlanmasında kullanılır.

Görünür ve kızılötesi görüntülerinin birlikte incelenmesi, görüntüdeki bazı belirsizliklerin çözümüne yardımcı olur. Örneğin eğer iki görüntüde de belirli bir alan beyaz olarak görülüyorsa, bu alanın yüksek ve kalın bulutluluğu temsil etmesi olasılığı oldukça yüksektir. Fakat görünür bölge görüntüsü aynı alanı parlak olarak gösteriyor ve kızılötesi görüntüde daha koyu olarak gösteriyorsa bu alçak bulutların veya sisin varlığını gösterir. Su buharı görüntü spektrumunda ölçülen su buharı radyasyonları daha sıcak ve atmosferin alt tabakaları siyah görünecektir. Atmosferin alt tabakalarındaki su buharı radyasyonu sadece üst katmanlar kuru olduğu zaman alınabilir.

Meteorolojik görüntü yorumunun amacı, atmosferde meydana gelen veya meydana gelmiş fiziksel olaylarla görüntüdeki önemli özelliklerin ilgi ve ilişkisini belirlemektir. Örneğin herhangi bir analizci bulutları belirleyebilmelidir. Uydu görüntüleri bulutun tekstür veya şekli, yada dünya yüzeyi üzerindeki coğrafik özelliklere yakınlığı, atmosferde meydana gelen dinamikler hakkında bizlere çok fazla bilgi sunmaktadır. Uydu görüntüsünde bulutun varlığı aklımıza bulutun oluşma mekanizmasının nasıl olduğu gibi yüzlerce soru gelmesine neden olabilir. Bu mekanizma mekanik yükselme ile olabileceği gibi ısınma nedeniyle meydana gelen konveksiyon nedeniyle meydana gelmiş olabilir veya orijininden çok uzakta adveksiyona uğramış bulut kütlesinin kalıntıları olabilir. Görüntülerin yorumu bizlere mekanizmayı belirleyecek yardımcı ipuçları sağlar. Bu bilgi atmosferin şu

anki veya gelecekteki hidrodinamik durumunu belirlememizde yardımcı olur. Görüntü yorumunun amaçları 1) Bulutları veya görüntüdeki gizli veya açık doğa olaylarını belirlemek ve tanımlamak, 2) Bu özellikleri oluşturan veya güçlendiren fiziksel mekanizmaları belirlemektir.

Görüntü yorumlanmasına yönelik araştırmaların çoğunda bugün yapılan işler, sayısal görüntü analizlerini otomatikleştirecek tekniklerin geliştirilmesini kapsamaktadır. Geçen birkaç on yıl kadar önce birincil analiz aygıtı, uydu görüntülerini elle görüntüleyen ve bu görüntülerin içerdiği görüntülere subjektif değer biçen analizcilerin yorumlamadaki başarısı idi. Mevcut olarak kullanılan meteorolojik uydular bir yılda 1013 byte'dan fazla görüntü üretmektedirler. Mevcut görüntüleme sistemi şu anda 106 byte görüntüleyebilmektedir. 107 görüntü gibi bir fazlalık elle analiz edilebilmek için çok fazladır. Görüntü yorumu işleminin otomatikleştirilmesinde ve bulut ve diğer özelliklerin kabul edilebilir ilk tahmin analizlerini yapmak için kullanılabilen yüksek hızlı dijital bilgisayarlarda bazı ilerlemeler gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte işlemin tam otomasyonu ve manuel yorumlama işleminin iyi anlaşılması, uydu görüntülerinin hava tahmini ve hava analizlerine uygulanmasında temeli teşkil etmektedir **(Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2003)**.

3.2. Metod

Uydu tarafından kaydedilen parlaklık değerleri ile yüzeyden yansıyan enerji değerleri arasındaki tam ilişki bilinemediğinden atmosferin optik durumunu iyi bir şekilde açıklanamamaktadır. Açık gökyüzü indeksi, saçılmaların etkileri veya bulutun yüksek yansıtmasından dolayı atmosferin optik durumunu açıklık indeksine göre daha farklı yorumlanabilir **(Beyer ve ark., 1996)**. Bu çalışmada Atmosferin optik durumunun açıklık indeksine göre daha iyi sonuçlar verebileceği göz önüne alınarak model açık gökyüzü indeksine göre kurulmuştur.

3.2.1. Uydu Görüntülerinin Kalibrasyonu

Eğer ham görüntüler kalibre edilmemişlerse bilimsel veya nicelik olarak anlamlı değerlere sahip değildirler. Çünkü kalibrasyon fonksiyonu bakılan nesnenin gerçek jeofiziksel değeri ve sayısal hesabı arasındaki ilişkiyi tarif eder. Bu yüzden uydu görüntüleri genellikle kalibre edilmektedir. Görüntünün zaman serileri ele alınırken farklı aylardan elde edilen görüntüler arasında karşılaştırmalar yapılmaktadır. Bu görüntüler kalibre edilirse gözlenen sistemin kalibrasyonundaki bir değişimden dolayı farklılıklar elde edilmektedir. Bunun için günlük kalibrasyon sabitlerine, hesaplamalarda kullanılmak üzere ihtiyaç vardır.

Kalibrasyon iki niceliğin analizini temel almıştır. Bu nicelikler istatistiksel parametreler ile METEOSAT uydusundan elde edilen bulut, okyanus ve karaların iç içe bulunduğu görüntülerdir. Yılın her ne zamanı ve günü olursa olsun istatistik nicelikler bize yol göstermektedir **(Lefevre, 2000)**.

Yansımadaki değişikliğin doğru tahmini için toplam radyasyonda, gelen radyasyonun etkisi, bir görüntü elementi vasıtasıyla hesaplanmaktadır. Bundan dolayı güneşin zenit açısına bakarak aşağıda Lefevre(2000) tarafından önerilen fonksiyonla kalibrasyon uygulanmakta ve Lambertian durumu kullanılarak radyans değerler ortaya konmaktadır. Burada a^t, b^t ve CN^t_{dark} t anında METEOSAT radyometresinin kalibrasyon sabitleri iken CN^t ise görüntüdeki piksellerin sayısal değerini temsil etmektedir.

$$L^t(i,j) = a^t(CN^t(i,j) - CN^t_{dark}(i,j)) + b^t \quad (3.17)$$

$d\phi_h$, toplam radyant akının, yüzeye gelen radyant akıya, $d\phi_i$'ye oranıdır. Toplam radyant akıda ki dA, birim lambertian yüzeyi, θ_s ise güneş zenit açısıdır.

$$d\phi_h = 2\pi \int_0^{\pi/2} L^t(i,j)dA \cos\theta_s \sin\theta_s d\theta_s = \pi L^t(i,j)dA \quad (3.18)$$

$$d\phi_i = G_0^t(i,j)dA \quad (3.19)$$

$$\frac{d\phi_h}{d\phi_i} = \rho^t = \frac{\pi L^t}{G_0^t} \quad (3.20)$$

Burada $L^t(i,j)$ piksellerden hesaplanan radyans değer, I_0 güneş sabiti, $\varepsilon(t)$ güneş sabitini düzeltme faktörü ve γ_s güneş yükseklik açısıdır. Temel olarak $G_0(i,j)$ açık gökyüzü altında atmosfer dışında yatay yüzeydeki enerji akış yoğunluğu olarak kabul edilmektedir **(Bourges, 1979)**. Her uydu görüntüsünün piksel hesapları için geri saçılma, bulut, atmosfer, güneş zenit açısı ve Güneş-Dünya mesafesi gibi kavramlar kullanılarak albedo $\rho^t(i,j)$ değeri çıkartılmaktadır. Bu durumda albedo ρ^t (i,j) dünyaya ait yansıma için bir ölçüm olmakta ve eşitlik (3.21) kullanılarak Türkiye görüntüdeki 7,5*7,5km² lik her pikselin yansıma değeri hesaplanmakta ve değerleri 0-255 arasında değişmektedir.

$$\rho^t(i,j) = \frac{\pi L^t(i,j)}{I_0 \varepsilon(t) \sin\gamma_s(t,i,j)} \quad (3.21)$$

3.2.2. Bulutluluk İndeksi

Bulutluluk indeksi bulut yüzeyinin bir ölçümü gibi her piksel için METEOSAT uydusunun görünür bölge kanalından (0.5-0.9μm) aşağıda verilen (3.22) eşitliğiyle hesaplanmaktadır.

Uydu verileri ile ölçülen 5*5 km'lik piksellerin yüzey yansıtma değerleri 0-255 arasında değişmektedir ve uydu yansıtma değerleri cinsinden aşağıdaki eşitlik şeklinde yazılabilir.

$$\rho^t(i,j) = n^t(i,j)\rho_g(i,j) + (1-n^t)\rho_c(i,j) \tag{3.22}$$

Burada ρ^t(i,j) uydu veri alma anında ölçülen yüzeyin güneş enerjisinin, 4000-11000 A° dalga boyu aralığında, güneş enerjisi verileri için sınırlı bir tayfı kapsayan, yansıtma değeridir. Bu değeri elde etmek için eşitlik 3.21 kullanılmıştır. ρ_c(i,j)maksimum bulutla kaplı bir pikselin güneş enerjisini yansıtma değeri ve ρ_g(i,j) ise minimum bulut kaplı aynı piksel için, açık gökyüzü şartlarında gözlenen pikselin güneş enerjisi yansıtma değeridir. Eşitlik 3.22 kullanılarak bulutla kaplılık oranı, uydu veriler cinsinden aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$n^t(i,j) = \frac{\rho^t(i,j) - \rho_g(i,j)}{\rho_c(i,j) - \rho_g(i,j)} \tag{3.23}$$

3.2.3. Açık Gökyüzü Işınımı

Güneş ışınımı atmosferden geçerken, atmosferde bulunan parçacıklar tarafından yutulur ve saçılır. Böylece ışınım azalarak atmosfer dışına gelen ışınımın 0.1 ile 0.8 arasında bir oranı yeryüzüne ulaşır. Doğrudan yüzeye gelen kısmına direk (beam) güneş ışınımı, saçılan ışınımların yeryüzüne gelen kısmına yayılmış (Diffuse) güneş ışınımı adı verilir. Direkt ve yayılmış ışınımların toplamı toplam güneş ışınımı olarak bilinir **(Kılıç ve Öztürk, 1983)**.

3.2.3.1. Direk Güneş Işınımı

Direk güneş ışınım değeri aşağıdaki (3.23) eşitliğindeki gibi hesaplanabilmektedir;

$$B_c = I_0 \varepsilon \sin \gamma_s \exp(-0{,}8662 T_L(AM2) m \delta_R(m) \quad (3.24)$$

Burada I_0 güneş sabiti, ε güneş sabitini düzeltme faktörü ve exp (-0,8662 T_L(AM2)m δ_R(m) ise açık gökyüzü altında ışık radyasyonunun ışık geçirgenliğini temsil etmektedir. Işık geçirgenliğindeki T_L Atmosferin optik bulanıklığı için ölçülmüş turbidity faktör, δ_R ise Rayleigh atmosferinin integral optik bulanıklılık değeridir **(Kasten, 1996)**. m ise izafi optik hava kütlesini temsil etmektedir ve atmosfer içinden geçen direkt güneş ışınımının optik ışık yolunun, zenitte deniz seviyesindeki standart atmosferin içinden geçen optik yoluna oranıdır. p ortalama atmosferik basınç ve p_0 deniz seviyesindeki ortalama atmosferik basınçtır.**(Kasten ve Young, 1989)**. Bu ifade aşağıda (3.25) eşitliğinde verilmiştir;

$$m(\gamma_s^{true}) = \frac{p/p_0}{\sin \gamma_s^{true} + 0.50572(\gamma_s^{true} + 6.07995)^{-1.6364}} \quad (3.25)$$

$$p/p_0 = \exp(-z/z_h) \quad (3.26)$$

z yer yüksekliği iken z_h ise dünya yüzeyi yakınındaki Rayleigh atmosferinin skala değeri olan 8434,5 metredir.

Elektromagnetik dalga bir ortamda ilerlerken maddesel parçacıklara çarptığında yutulur ve saçılır. Yutulan ışınımın bir kısmı ısıya dönüşerek serbest atmosferin sıcaklığını arttırır, bir kısmı ise su buharı moleküllerini teşkil eden hidrojen ve oksijen atomlarının enerji seviyelerini yükseltir. Atmosferde bulunan su buharı miktarı, dik bir atmosfer kolonu boyunca homojen olarak dağılmamıştır. Yer

seviyesinde fazladır ve yükseklikle azalır. Fiziksel olarak homojen bir ortamı kat eden bir elektromanyetik dalganın ortamın bir atom veya molekül ile çarpışma ihtimali elektromanyetik dalganın kat edeceği geometrik yol ile orantılıdır. Atmosfer homojen olmayan bir ortamdır. Fiziksel karakteristikleri basınç ve yükseklikle değişir **(Kılıç ve Öztürk, 1983)**. Eğer atmosfer homojen ise basıncın yer seviyesindeki atmosferik basınca eşit olduğu, birim kesitteki atmosfer kolonunda, gerçek atmosferdeki molekül sayıları aynı kalmak üzere, sayısal yoğunluğun yükseklikle değişmediği atmosfer olarak tarif edilir ve deniz seviyesinde $p=p_0$ olarak kabul edilir.

Güneş yükseklik açısı γ_s^{true} yansıma için aşağıdaki (3.27) ve (3.28) eşitlikleri kullanılarak doğru kabul edilir.

$$\gamma_s^{true} = \gamma_s + \Delta\gamma_{referans} \tag{3.27}$$

$$\Delta\gamma_{referans} = 0.061359(180/\pi)\frac{0.1594 + 1.1230(\pi/180)\gamma_s + 0.065656(\pi/180)^2\gamma_s^2}{1 + 28.9344(\pi/180)\gamma_s + 277.3971(\pi/180)^2\gamma_s^2} \tag{3.28}$$

Rayleigh optik bulanıklık δ_R berrak atmosfer Rayleigh saçılmasının optik bulanıklılığıdır. Optik bulanıklık hava kütlesi m ve optik yola bağlı olarak çıkarılmış ve aşağıda verilmiştir **(Kasten, 1996)**;

Eğer $m \leq 20$ ($\gamma_s \geq 1{,}9°$),

$$1/\delta_R = 6{,}6296 + 1{,}7513\,m - 0{,}1202\,m^2 + 0{,}0065\,m^3 - 0{,}00013\,m^4 \tag{3.29}$$

Eğer $m > 20$ ($\gamma s < 1{,}9°$), $1/\delta_R = 10{,}4 + 0{,}718m$ (3.30)

Yukarıda verilen direk güneş ışınımı formülünün nümerik integrali bir günün her saati için hesaplanabilmektedir. Bununla beraber direk güneş ışınımı araştırma yapılan periyotlar için ilgilenilen belirli bir yüzeyde ışıma yapmayabilmektedirler.

Fakat bu teknik kullanılarak yüzey değerlerine kesinlikle ulaşılacak ve gün içerisindeki periyotlar hakkında bilgi sahibi olmak mümkün olacaktır. Bunun için nümerik analiz düzenlemesi gerekmektedir. Eğer çözümlerde nümerik analizlerin yerine analitik düzenlemeler kullanılır ise çözüm daha kolay olacaktır. Buna göre direk güneş ışınımı B_c sağlanan yeni veri ve tekniklerle birlikte yeniden yapılandırılıp aşağıda verilmiştir (3.31) **(Rigollier ve ark., 2000)**;

$$B_c = I_0 \varepsilon T_{rb}(T_L(AM2)) F_b(\gamma_s, T_L(AM2)) \quad (3.31)$$

Burada T_{rb} (T_L (AM2)) direkt güneş ışınımı için zenitteki geçirme fonksiyonu ve F_b direkt güneş ışınımı açısal fonksiyonudur. Burada direkt güneş ışınımı negatif bir değer alırsa sıfır kabul edilecektir. T_{rb} hesaplanırken $\gamma_s=\pi/2$ kabul edilmiş ve $m=p/p_0$ alınmıştır. Bu yüzden T_{rb}, T_L (AM2) ve p/p_0'a bağlı olduğu için yer yüksekliğine göre hesaplanmıştır.

$$T_{rb}(T_L(AM2)) = \exp[-0{,}8662 T_L(AM2)(P/P_0)\delta_R(P/P_0)] \quad (3.32)$$

F_b (γ_s, T_L (AM2)) eşitlik (3.32)'da verildiği gibi ikinci dereceden bir polinoma sahip ve sabitleri ile birlikte (T_L (AM2))'ye bağlıdır.

$$F_b(\gamma_s, T_L(AM2)) = C_0 + C_1 \sin(\gamma_s) C_2 \sin^2(\gamma_s) \quad (3.33)$$

F_b (γ_s, T_L (AM2)) çok kapalı şartlarda sıfır veya yüksek turbidity değerlerinde negatif değerler alabilmektedir. Bu durum sadece çok alçak bulut yüksekliklerinde artmakta ve polinomlarda kusurlu sonuçlar uygun görülmektedir.

C_0, C_1 ve C_2 sabitlerinin değerleri gün ortasındaki güneş yükseklik açısının üç değeri için hesaplanmış ve aşağıda eşitlik (3.34)'de verilmiştir;

$$C_0 = L_{00} + L_{01}T_L(AM2)(P/P_0) + L_{02}[T_L(AM2)(P/P_0)]^2$$

$$C_1 = L_{10} + L_{11}T_L(AM2)(P/P_0) + L_{12}[T_L(AM2)(P/P_0)]^2 \quad (3.34)$$

$$C_2 = L_{20} + L_{21}T_L(AM2)(P/P_0) + L_{22}[T_L(AM2)(P/P_0)]^2 + L_{23}[T_L(AM2)(P/P_0)]^3$$

Çizelge 3.2. C_i sabitlerinin hesaplanabilmesi için verilen L_{ij} sabitleridir.

C_0	L_{00}	L_{01}	L_{02}	-
$\gamma_s^{noon}>30°$	$-1{,}7349.10^{-2}$	$-5{,}8985.10^{-3}$	$6{,}8868.10^{-4}$	-
$15°<\gamma_s^{noon}\leq 30°$	$-8{,}2193.10^{-3}$	$4{,}5643.10^{-4}$	$6{,}7916.10^{-5}$	-
$\gamma_s^{noon}\leq 15°$	$-1{,}1656.10^{-3}$	$1{,}8408.10^{-4}$	$-4{,}8754.10^{-7}$	-
C_1	L_{10}	L_{11}	L_{12}	
$\gamma_s^{noon}>30°$	1,0258	$-1{,}2196.10^{-1}$	$1{,}9229.10^{-3}$	-
$15°<\gamma_s^{noon}\leq 30°$	$8{,}9233.10^{-1}$	$-1{,}9991.10^{-1}$	$9{,}9741.10^{-3}$	-
$\gamma_s^{noon}\leq 15°$	$7{,}4095.10^{-1}$	$-2{,}2427.10^{-1}$	$1{,}5314.10^{-2}$	-
C_2	L_{20}	L_{21}	L_{22}	L_{23}
$\gamma_s^{noon}>30°$	$-7{,}2178.10^{-3}$	$1{,}3086.10^{-1}$	$-2{,}8405.10^{-3}$	0
$15°<\gamma_s^{noon}\leq 30°$	$2{,}5428.10^{-1}$	$2{,}6140.10^{-1}$	$-1{,}7020.10^{-2}$	0
$\gamma_s^{noon}\leq 15°$	$3{,}4959.10^{-1}$	$7{,}2313.10^{-1}$	$-1{,}2305.10^{-1}$	$5{,}9194.10^{-3}$

Sonuç olarak, direkt güneş ışınımının analitik integrali belirli periyot dizini için güneş saat açısı olan ω_1 ve ω_2'ye göre alınırsa;

$$B_c(\omega_1,\omega_2) = I_0\varepsilon T_{rb}(T_L(AM2))_{\omega_1}\int^{\omega_2} F_b(\gamma_s, T_L(AM2))(\frac{DI}{2\pi})d\omega \quad (3.35)$$

olduğu görülür.

Burada Dl günün uzunluğu olan 24 saat, ω_1 ve ω_2 herhangi bir saatteki iki zaman aralığıdır. Buna göre F_b yeniden (3.36)'da verildiği gibi yazılabilir ;

$$F_b(\omega,\phi,\delta,T_L(AM2)) = B_0 + B_1\cos\omega + B_2\cos(2\omega) \tag{3.36}$$

Güneş yükseklik açısı $\sin\gamma_s$ ise ϕ, δ ve ω'ye aşağıdaki gibi bağlıdır.

$$\sin\gamma_s = \sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos\omega \tag{3.37}$$

$$B_c(\omega_1,\omega_2) = I_0\varepsilon(\frac{Dl}{2\pi})T_{rb}(T_L(AM2))[B_0\omega + B_1\sin(\omega) + B_2\sin(2\omega)]_{\omega_1}^{\omega_2} \tag{3.38}$$

Burada B_0, B_1 ve B_2 sabitleri eşitlik (3.39) verildiği gibi yazılmakta ve diğer Bileşenlerle birlikte eşitlik (3.38)'deki gibi hesaplanmaktadır;

$$B_0 = C_0 + C_1\sin(\phi)\sin(\delta) + C_2[\sin(\phi)]^2[\sin(\delta)]^2 + 0.5C_2[\cos(\phi)]^2[\cos(\delta)]^2$$

$$B_1 = C_1\cos(\phi)\cos(\delta) + 2C_2\sin(\phi)\sin(\delta)\cos(\phi)\cos(\delta) \tag{3.39}$$

$$B_2 = 0.25C_2[\cos(\phi)]^2[\cos(\delta)]^2$$

Burada ϕ yer yükseklik açısı ve δ deklinasyon açısıdır. B_i sabitleri ϕ ve δ'ya bağımlıdır. Geçirme fonksiyonu T_{rb} ve C_i sabitleri sadece T_L(AM2)'ye bağımlıdır. Bu faktörlerin hepsi her gün ve saat için hesaplanmıştır. ω_1 ve ω_2 herhangi bir saat aralığı olurken, günlük değerlerin hesabında ω_{SR} güneşin doğduğu saat açısı ve ω_{SS} güneşin batış saat açısıdır.

3.2.3.2. Yayılmış Güneş Işınımı

Açık gökyüzü için yatay bir yüzeye düşen yayılmış güneş ışınımı, D_c olarak tanımlanmaktadır. Burada atmosferdeki saçılma arttıkça bulanıklık artmakta ve direk güneş ışınımı azalırken yayılmış güneş ışınımı normalden fazla artmaktadır. Çok alçak güneş yükseklikleri ve yüksek bulanıklıkta, bulanıklığın artması ile uzun ışık yolu ve atmosfere bağlı olarak yüksek yayılma enerjisi kaybolmasından dolayı yayılmış güneş ışınımı düşmektedir. Buna bağlı olarak, yayılmış güneş ışınımı, D_c, eşitlik (3.40) tarafından hesaplanabilmektedir;

$$D_c = I_0 \varepsilon T_{rd}(T_L(AM2)) F_d(\gamma_s, T_L(AM2)) \quad (3.40)$$

Bu eşitlikte T_{rd} zenitte yayılmış güneş ışınımı geçirme fonksiyonu, F_d ise yayılmış güneş ışınımı açısal fonksiyonudur.

$$T_{rd}(T_L(AM2)) = -1{,}5843.10^{-2} + 3{,}0543.10^{-2} T_L(AM2) + 3{,}797.10^{-4}[T_L(AM2)]^2 \quad (3.41)$$

Çok açık gökyüzü şartlarında yayılmış güneş ışınımı geçirme fonksiyonu T_{rd} çok düşüktür. Hava molekülleri yüzünden yayınım sürekli yoktur. Bulanıklık yüksektir ve buna bağlı olarak direk geçirgenlik düşük iken yayılmış geçirgenlik yüksektir. Bu yüzden T_L(AM2)=2 açık gökyüzü şartlarını ve T_L (AM2)=7 bulanık atmosferi temsil etmektedir **(Esra, 2000)**. F_d, güneş yükseklik açısı ve formüle destek olacak ikinci dereceden bir polinom fonksiyonu yardımıyla uygun duruma gelmektedir. Bu ikinci dereceden bir polinom fonksiyonu aşağıda (3.42) eşitliği ile verilmiştir;

$$F_d(\gamma_s, T_L(AM2) = A_0 + A_1 \sin(\gamma_s) A_2 [\sin(\gamma_s)]^2 \quad (3.42)$$

Burada A_0, A_1 ve A_2 Linke turbidity faktöre bağlı sabitledir.

$$A_0 = 2{,}64631.10^{-1} - 6{,}1581.10^{-2} T_L(AM2) + 3{,}1408.10^{-3}[T_L(AM2)]^2$$

$$A_1 = 2{,}0402 + 1{,}89451.10^{-2} T_L(AM2) - 1{,}1161.10^{-2}[T_L(AM2)]^2 \quad (3.43)$$

$$A_2 = -1{,}3025 + 3{,}9231.10^{-2} T_L(AM2) + 8{,}5079.10^{-3}[T_L(AM2)]^2$$

Sonuç olarak güneş yüksekliği azaldıkça bulanıklılığın artması ile birlikte global enerji akış yoğunluğu düşmektedir.

Yayılmış güneş ışınımı, D_c (ω_1,ω_2), ω_1 ve ω_2 periyotları arasında yayılmış güneş ışınımının analitik integrasyonu tarafından hesaplanmaktadır. Bu işlem eşitlik (3.44)'de verilir;

$$D_c(\omega_1, \omega_2) = I_0 \varepsilon (\frac{DI}{2\pi}) T_{rd}(T_L(AM2))[D_0\omega + D_1 \sin(\omega) + D_2 \sin(2\omega)]_{\omega_1}^{\omega_2} \quad (3.44)$$

Burada D_0, D_1 ve D_2 sabitlerdir, ve aşağıdaki gibi ifade edilirler;

$$D_0 = A_0 + A_1 \sin(\phi)\sin(\delta) + A_2[\sin(\phi)]^2[\sin(\delta)]^2 + 0.5A_2[\cos(\phi)]^2[\cos(\delta)]^2$$

$$D_1 = A_1 \cos(\phi)\cos(\delta) + 2A_2 \sin(\phi)\sin(\delta)\cos(\phi)\cos(\delta) \quad (3.45)$$

$$D_2 = 0.25A_2[\cos(\phi)]^2[\cos(\delta)]^2$$

ω_1 ve ω_2 herhangi bir saat aralığı olurken, günlük değerlerin hesabında ω_{SR}, güneşin doğduğu saat açısı ve ω_{SS}, güneşin batış saat açısı kullanılmaktadır.

3.2.3.3. Toplam Işınım

Bu metot da Linke Turbidity faktör T_L, mevki yüksekliği z ve güneş yüksekliği kullanılmıştır. Açık gökyüzü altında global enerji akış yoğunluğunun direk ve yayılmış değerlerinin toplamı olarak eşitlik (3.48) gibi modellenebilmektedir.

$$G_c(\omega_1,\omega_2) = B_c(\omega_1,\omega_2) + D_c(\omega_1,\omega_2) \tag{3.46}$$

$$G_c(\omega_{sr},\omega_{ss}) = B_c(\omega_{sr},\omega_{ss}) + D_c(\omega_{sr},\omega_{ss}) \text{ ise} \tag{3.47}$$

$$G_{cd} = B_{cd} + D_{cd} \text{ dir.} \tag{3.48}$$

Burada ω_1 ve ω_2 , G_c 'nin saatlik değerlerini hesaplarken uygulanan periyotlardır. ω_{SR} ve ω_{SS} ise günlük değerler bulunurken uygulanan, güneşin doğuşu ve batışı arasındaki periyotlardır.

3.2.4. Bulutluluk İndeksi ve Açık Gökyüzü İndeksi Arasındaki İlişki

Güneş enerjisi uygulamalarında atmosferik geçirgenlik ya açık gökyüzü indeksi veya açıklık indeksi terimlerinden basitçe formüle edilebilmektedir.

Açık gökyüzü indeksi, $k_{ch}(i,j)$, açık gökyüzü şartları altında belirli bir piksel pozisyonunda yatay yüzeye gelen saatlik güneş enerjisi yoğunluğu, G_h, ile atmosfer dışında yatay yüzeye gelen saatlik toplam enerji yoğunluğu, G_{ch}, oranı olarak tanımlanmakta ve bulutluluk indeksi ile eşitlik (3.50)'te görüldüğü gibi bağlantı kurulmaktadır.

$$k_{ch} = \frac{G_h}{G_{ch}} \tag{3.49}$$

$$k_{ch} = 1 - n^t \tag{3.50}$$

(Skartveit ve Olseth, 1992), atmosferin içinden geçen farklı ışık yolundan dolayı farklı enerji değerlerinden ve güneşin zenit açısı sonuçlarından atmosferik sabitlerin değiştiğini söylemişler ve gelen enerjiyi hesaplayabilmek için atmosferik durumu açıklayan açık gökyüzü indeksi değerlerini elde etmişlerdir.

Açık gökyüzü indeksi değerleri hesaplanırken istatistiksel metotta kullanılan A ve B parametreleri veya yer ölçüm değerlerini kullanmaya gerek yoktur. Üstelik açık gökyüzü indeksinin uydu görüntülerinden çıkartılan değerlerinin hata payının düşük olduğu tahmin edilmiştir **(Bayer, 1996)**.

Bulutluluk indeksi ile açık gökyüzü indeksi arasında ters ilişki vardır. Bulutluluk indeksi bulutluluk şartlarında 1, açık gökyüzü şartlarında 0 dır. Açık gökyüzü indeksinde ise bulutluk şartlarında 0, açık gökyüzü şartlarında 1 dir. Bulutlu durumlar için açık gökyüzü indeksi ile bulutluluk indeksi arasındaki hesaplarda doğrusal olmayan bir ilişki vardır **(Fontoynont, 1998)**.

Global günlük güneş enerjisi o gün için saatlik güneş enerjisi değerlerinden hesaplanmaktadır. Saatlik veri ne kadar çok ise günlük değerlerdeki hata o kadar düşük olmaktadır **(Diabate, 1989)**. Bu modelde atmosfer dışındaki yatay günlük güneş enerjisi akış yoğunluğu $G_{cd}(i,j)$ ve günlük açık gökyüzü indeksi $k_{cd}(i,j)$, olarak gösterilmektedir. $G_d(i,j)$, bir günde yapılan saatlik güneş enerjisi değerlerinin N tanesi göz önüne alınarak aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmaktadır;

$$G_d(i,j) = k_{cd}(i,j)G_{cd}(i,j) = G_{cd}(i,j)\sum_{h=1}^{N} w_h k_{ch}(i,j) \tag{3.51}$$

$$w_h = \frac{G_{ch}(i,j)}{\sum_{h=1}^{N} G_{ch}(i,j)} \tag{3.52}$$

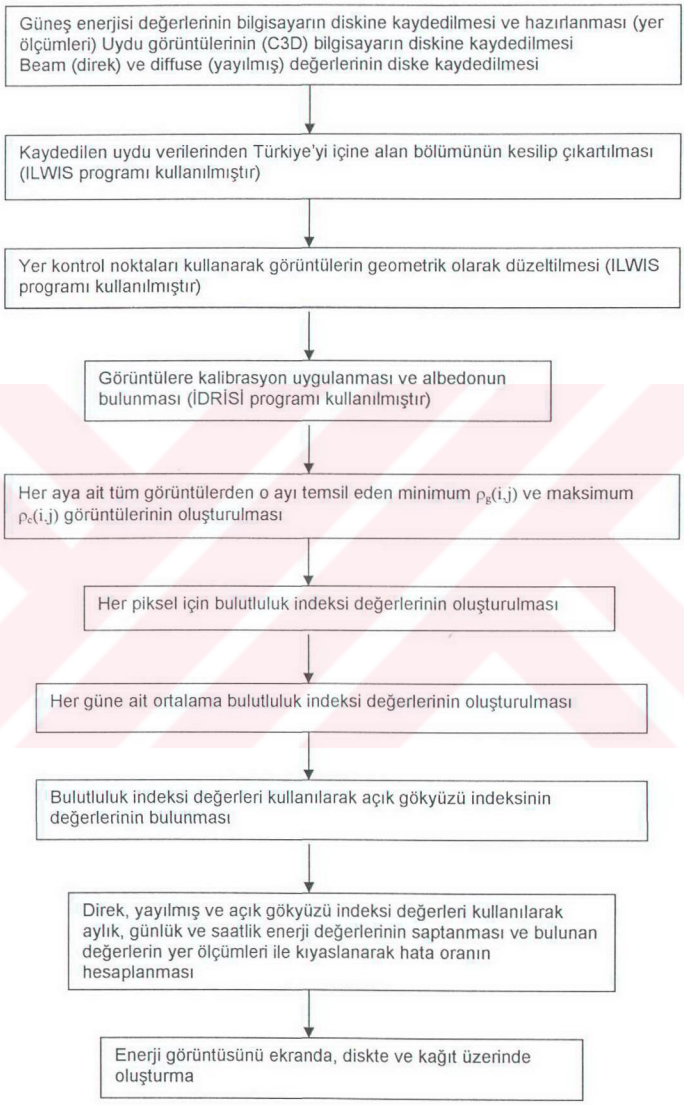
$$G_d(i,j) = G_{cd}(i,j)\frac{\sum_{h=1}^{N} G_h(i,j)}{\sum_{h=1}^{N} G_{ch}(i,j)} \tag{3.53}$$

Eşitlik (3.53) kullanılarak yüzeye gelen günlük toplam enerji hesaplanmaktadır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yatay yüzey gelen güneş enerjisi değerlerinin uydu verisi kullanılarak tahmin edilmesinde, daha önceki bölümlerde de ayrıntılı olarak anlatıldığı gibi, fiziksel ve istatistiksel modeller kullanılmaktadır. Türkiye üzerine yüzeye gelen güneş enerjisi 1997 Ağustos ile 1998 Aralık ayları arasında değerlerinin tahmini istatistiksel model kullanarak Kandırmaz tarafından 1999 yılında yapılmıştır. Bu çalışmada da Fiziksel model kullanılarak elde edilen güneş enerjisi değerleri istatistiksel modelle **(Kandırmaz, 1999)** aynı tarihler arasında elde edilen değerlerle karşılaştırılarak iki model birbirleriyle kıyaslanmıştır. Bu çalışmada, 1997 Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında Türkiye'de yatay yüzeye gelen güneş enerjisi değerleri fiziksel model kullanılarak hesaplanmıştır. Fiziksel model kullanılarak gelen enerji değerlerinin hesaplanmasında METEOSAT uydusu C3D görüntüleri, yayılmış ve direk güneş ışınımı değerleri toplamı ve yerden Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Ankara) tarafından alınan güneş enerjisi değerleri kullanılmıştır. Kullanılan bu model ve veriler ile yatay yüzeye gelen güneş enerjisi değerleri saatlik ortalama, günlük toplam, aylık ortalama günlük toplam ve yıllık ortalama günlük toplam şeklinde hesaplanmış, güneş enerjisi görüntüleri oluşturulmuştur. Kullanılan yöntemin akış diyagramı Şekil 4.1 de verilmiştir.

Modelin ana unsurlarından birisi METEOSAT uydusu C3D verisidir. Bu verinin temel özelliği güneş enerjisi değerlerini elde edeceğimiz Türkiye'nin de içinde bulunmasıdır. Görünür bölgede METEOSAT uydusu tarafından algılama yerel zaman olarak 06:30, 08:30, 11:00, 12:30, 14:30 da yapılmaktadır. Çalışmada kullanılan C3D verileri TÜBİTAK BİLTEN'den sağlanmıştır. Şekil 4.2'de METEOSAT uydusu tarafından görünür bölgede algılanmış ham veri görülmektedir. Aslında bu verilerin bir gün boyunca her yarım saatte bir alınması gerekirken kullanıcılardan ve programdan kaynaklanan hatalar nedeniyle bazı günlerde beşten az görüntü kaydedilmiş, bazı günler ise hiç görüntü kaydedilememiştir. Çalışmada, 1997 yılının Ağustos ayından 84, Eylül ayından 109, Ekim ayından 136, Kasım ayından 88, Aralık ayından 144 adet olmak üzere toplam 561 adet uydu verisi kullanılmıştır. Kaydedilen bu veriler hakkındaki bilgiler Ek-1 de üç tablo halinde



Şekil 4.1. Kullanılan yöntemin akış diyagramı

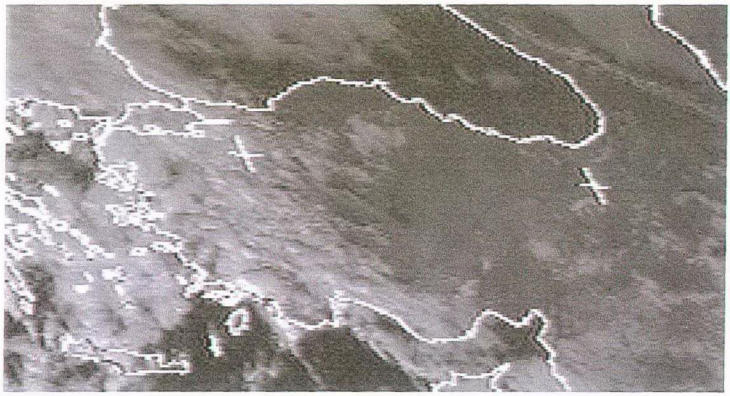
Şekil 4.2. METEOSAT uydusu C3D ham görüntüsü. Şekilde kara ile denizi ayıran sınırlar ve (+) şeklindeki noktalar Almanya'daki yer istasyonu tarafından eklenmiştir

verilmiştir. Kaydedilen ham verilerde dünyanın küresel olmasından kaynaklanan bozulma açık olarak görülmekte ve geometrik düzeltmesinin yapılması zorunlu olmaktadır. Ham verilerde görüntünün bulutlu olduğu zamanlarda istenilen coğrafi bölgeyi bulmada kolaylık sağlaması açısından Almanya'daki yer istasyonu tarafından sınırlar ve (+) şeklindeki kontrol noktaları eklenmekte ve görüntü bu şekliyle kullanılmaktadır.

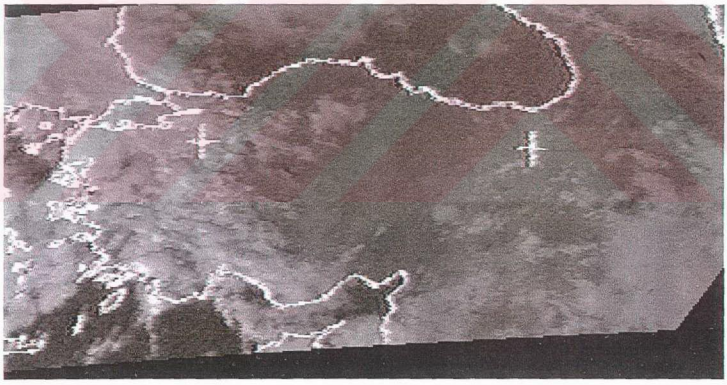
Yapılan bu çalışma da ilgilenilen alan Türkiye olduğu için Türkiye'nin bulunduğu alanı içeren pikseller kesilerek çıkartılmış ve diğer pikseller atılmıştır. Kesilen görüntüler şekil 4.3' de verilmiştir. Görüntüler Şekil 4.2 ve şekil 4.3'den de görüldüğü gibi geometrik olarak bozuktur. Dolayısıyla düzeltilerek haritalarla uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Bu düzeltmenin yapılabilmesi için görüntü ve harita üzerinde düzeltmenin sağlıklı olarak yapılabileceği (tüm Türkiye üzerine homojen olarak dağılmasına ve özelikle harita ve görüntü üzerinde kolay belirlenebilecek uç noktalar olmasına seçilmesine dikkat edilerek) 25 tane kontrol noktası seçilmiştir. Seçilen kontrol noktalarını kullanan ILWIS programı doğrusal bir yöntem kullanarak düzeltme işlemini yapmaktadır (ITC,1992). Seçilen bu noktalar kullanılarak görüntü düzeltme işlemi en yakın komşu metodu ile yaklaşık 1.47 piksellik (7.5 km) bir doğruluk payı ile yapılmış ve Şekil 4.4'de verilmiştir. Düzeltme işleminden sonra ek-2'de verilen kalibrasyon sabitlerinden yararlanarak İDRİSİ görüntü işleme programında görüntülere eşitlik 3.17 uygulanmıştır. Çizelge 4.1'de Ağustos ayının kalibrasyan sabitleri görülmektedir. Böylece görüntülere kalibrasyon işlemi yapılmış ve radyans değerleri bulunmuştur. Şekil 4.5'de ise 01/12/97 gününe ait kalibrasyonu yapılmamış görüntüyü, şekil 4.6'da da aynı görüntünün kalibrasyonu yapılmış ve albedosu bulunmuş şeklini göstermektedir. Bu düzeltmelerden sonra görüntüler güneş enerjisi değerleri hesaplanacak duruma gelmiştir.

Çizelge 4.1. Ağustos ayı kalibrasyon sabitlerinin değerleri

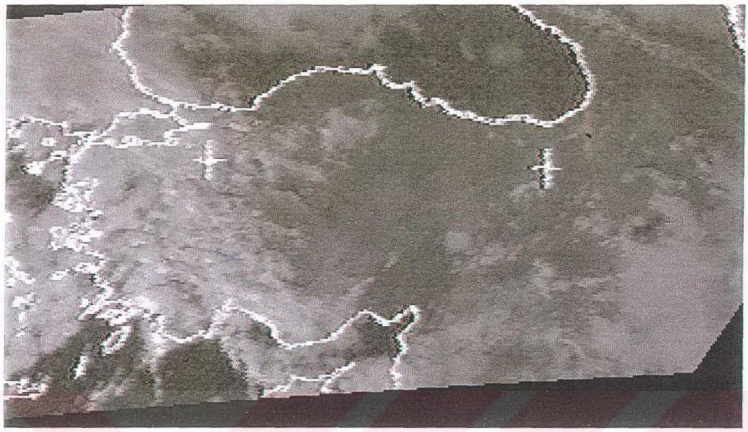
Günler	Kalibrasyon Sabit Değeri (a^t) ($Wm^{-2}sr^{-1}$)	Offset Değeri (b^t)	CN^t_{dark} Değeri
1	0.772		
2	0.778		
3	0.786		
4	0.795		
5	0.801		
6	0.809		
7	0.814		
8	0.810		
9	0.810		
10	0.813		
11	0.820		
12	0.819		
13	0.812		
14	0.812		
15	0.806		
16	0.805	1,624	5
17	0.808		
18	0.817		
19	0.820		
20	0.817		
21	0.818		
22	0.814		
23	0.812		
24	0.812		
25	0.810		
26	0.810		
27	0.818		
28	0.823		
29	0.825		
30	0.831		
31	0.835		



Şekil 4.3. METEOSAT C3D görüntüsünden kesilerek çıkartılan Türkiye'nin ham görüntüsü



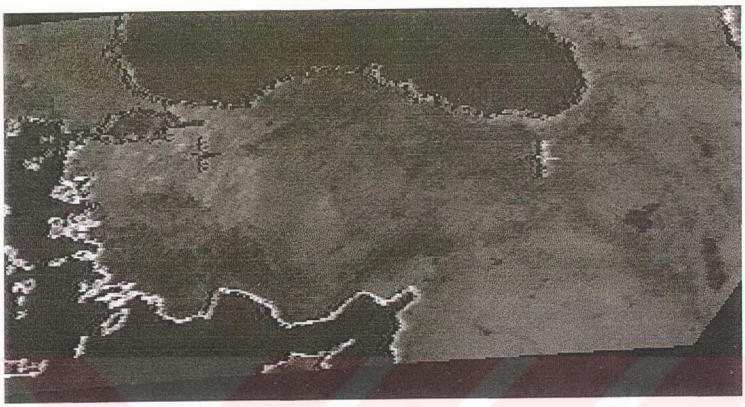
Şekil 4.4. Türkiye'nin şekil 4.3'deki ham görüntüsünün geometrik olarak düzeltilmiş şekli



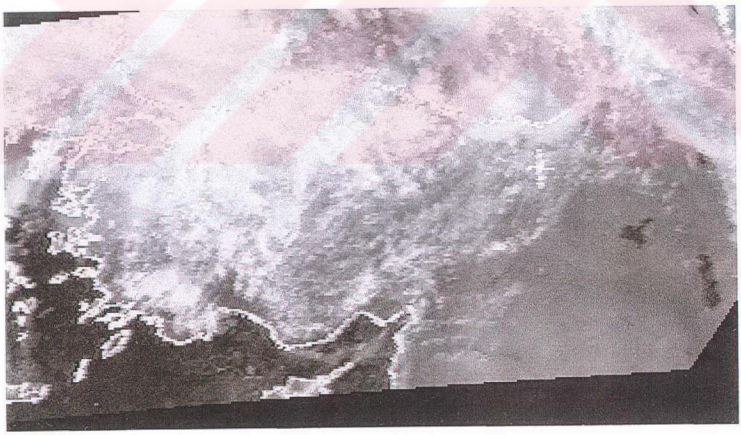
Şekil 4.5. 01/12/97 tarihli saat 12:30'a ait kalibrasyonu yapılmamış görüntü

Şekil 4.6. Üstteki görüntünün kalibrasyon yapılmış ve albedosu bulunmuş hali

Kaydedilen, düzeltilen, kalibrasyonu yapılan ve albedosu bulunan uydu görüntülerinden her ay için açık gökyüzü şartlarında gözlenen piksellerin yansıtma oranını temsil ettiği varsayılan referans görüntü her pikselin o ay içerisinde aldığı minimum değer bulunarak oluşturulmuştur. Ağustos 1997 ayı için elde edilen referans görüntü şekil 4.7'de gösterilmiştir. Burada kullanılan mantık her pikselin bir ay içerisinde en az bir kere bulut içermeyeceğidir. Bu değerde o pikselin bulutsuz ve atmosfer geçirgenliğinin en iyi şartlarındaki yansıtma değerini verecektir. Elimizdeki uydu verilerden de gözlemlendiği gibi Türkiye'de yılın üç mevsimini de kapsayan yaz, sonbahar ve kış ayları yüksek oranda bulutla kaplı olan bölge doğu Karadeniz bölgesi olmuştur. Benzer şekilde her pikselin o ay içerisinde aldığı maksimum yansıtma değeri bulunmuştur. Bu değerlerden en fazla sıklık gösteren değer o ay içerisinde bulutun yansıtma oranını temsil eden değer olarak kabul edilmiştir. Çalışma sırasında bu değer bütün aylar için en yüksek değerler olarak bulunmuştur. Ağustos 1997 ayı için elde edilen referans görüntü şekil 4.8'da gösterilmiştir. Bu uygulamaya göre kalibrasyon sonrası bulunan yansıma değerleri ile minimum ve maksimum değerler eşitlik 3.23 kullanılarak ilgilenilen ay içerisindeki bütün görüntülerde yer alan pikseller için bulutluluk indeksi oluşturulmuş ve oluşturulan bu görüntü şekil 4.9'da verilmiştir. Bir gün içerisinde 6:30, 8:30, 11:00, 12:30, 14:30'da ki bulutluluk indeksi değerlerinin ortalamasından bulunan ortalama bulutluluk indeksi değeri aslında şekil 4.10'de gösterilen görüntüdeki gibi tüm günün bulutluluk oranını temsil edeceği kabul edilmiştir. Bulutluluğun çok hızlı değişmediği gözlenmekte ve kabul edilmektedir. Gün içerisinde değişik saatlerde alınan görüntüler incelendiğinde bulutluluk sabah saatleri hariç pek fazla değişmemektedir. Sabah saatlerinde değişmesinin nedeni ise güneşin zenit açısının çok büyük olduğu değerlerde gerçek atmosferde güneş ışınımı, hava tabakası tarafından kırılır ve ışınım şiddeti azalır. Hava tabakası kırma indisi hava yoğunluğuna ve hava yoğunluğu da yüksekliğe ve zamana bağlıdır. Buna göre yayılmış ve direk güneş ışınımlarının değerleri hesap edilirken izafi optik hava kütlesi de doğru bir şekilde hesaplanarak göz önüne alındığından dolayı saatlik enerji tahmini yapılabilmekte ve kullanılabilmektedir.

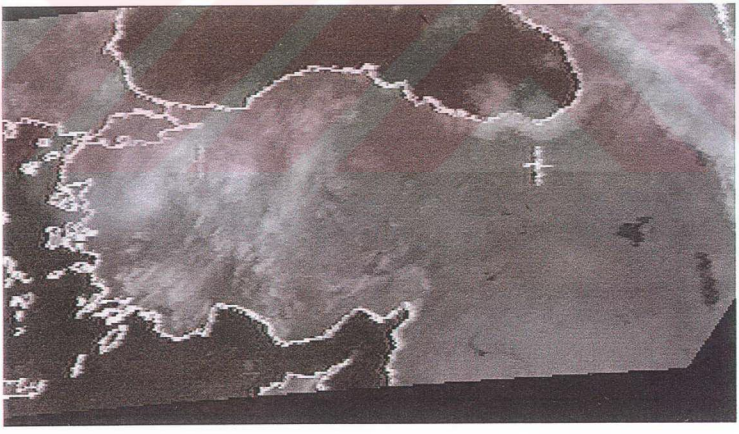


Şekil 4.7. 1997 yılı Ağustos ayına ait açık gökyüzü şartlarında gözlenen piksellerin yansıtma oranını gösteren görüntü



Şekil 4.8. 1997 yılı Ağustos ayına ait bulutluluk şartlarında gözlenen piksellerin yansıtma oranını gösteren görüntü

Şekil 4.9. 16/08/1997 gününde saat 11'e ait bulutluluk oranını gösteren görüntü



Şekil 4.10. 16/08/1997 gününe ait günlük ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü

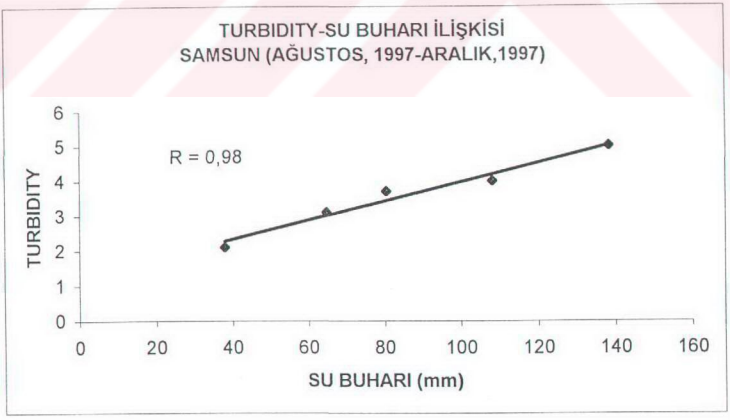
Çalışmada seçilen illerde ölçülen günlük toplam güneş enerjisi değerleri, bu illerin bulunduğu enlem ve boylamda atmosferik koşullara (o enlem ve boylamdaki yükseklik, turbidity (bulanıklılık)) ve güneşin zenit açısına bağlıdır. Atmosferik koşullar ve zenit açısı atmosferik değerleri değiştirmektedir. Gelen enerjiyi açıklayabilmek için atmosferik durumu açıklayan açık gökyüzü ışınımı, yüksekliğe ve turbidity'e bağlı direk ve yayılmış ışınım değerleri toplamını ve bunlara bağlı olan bulutluluk indeksi değerleri ile ilişkili olan açık gökyüzü indeksi değerlerini elde etmek gerekir. Bulutluluk indeksi değerleri ile açık gökyüzü indeksi değerleri arasında ters ilişki olduğu kabul edilmiş ve bulutluluk indeksi değerlerinden açık gökyüzü indeksi değerleri elde edilmiştir.

Bu sonuçlara ulaşılırken turbidity'nin güneş enerjisi değerleri üzerinde etkileri olduğu düşünülmüştür. Çünkü güneş ışınımı atmosferden geçerken parçacıklar ve özelliklede su buharı tarafından yutulur ve saçılır. Bu yüzden atmosferdeki parçacıkları içinde bulunduran turbidity'nin güneş enerjisi değerlerine olan etkisinin şiddetini bilmek açısından atmosferde turbidity ile birlikte bulunan ve güneş enerjisi değerlerini turbidity kadar etkilediği düşünülen su buharı değerleri ve enerji değerleri bulunmuştur. Çizelge 4.2'de bu değerler gösterilmiştir. Diğer illerin turbidity değerleri de ek-3'de verilmiştir. Ayrıca şekil 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 ve 4.15'de ise sırasıyla her bir ile ait 1997 yılı Ağustos - 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity değerler arasındaki istatistiksel ilişki görülmektedir.

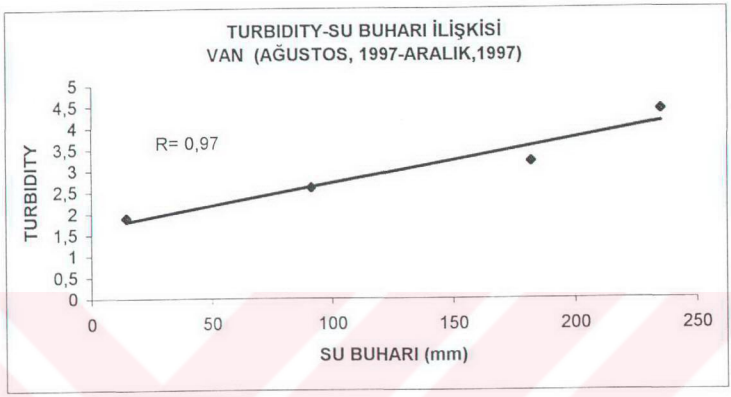
T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Çizelge 4.2. İllerin aylara göre turbidity, su buharı ve enerji değerleri

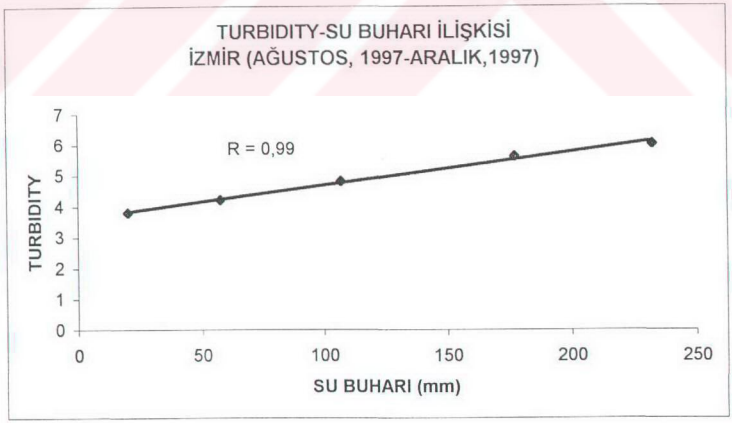
Aylar	Değerler	Samsun	İstanbul	Van	İzmir	Diyarbakır	Adana
Ağustos	Turbidity	5,00	4,10	4,40	6,00	4,50	4,80
	Su buharı (mm)	138,30	173,80	235,00	232,40	388,20	186,80
	Eneji (Mj/m^2)	17,75	15,15	25,54	20,16	23,29	16,68
Eylül	Turbidity	4,00	3,70	3,20	5,60	3,00	4,70
	Su buharı (mm)	108,10	118,70	182,00	177,30	268,90	156,40
	Eneji (Mj/m^2)	13,72	13,00	19,90	17,51	18,70	16,20
Ekim	Turbidity	3,70	3,80	2,60	4,80	2,50	3,60
	Su buharı (mm)	80,50	68,50	91,50	107,00	101,80	83,80
	Eneji (Mj/m^2)	9,15	8,08	13,78	11,81	11,96	9,80
Kasım	Turbidity	3,10	3,60	1,90	4,20	2,00	3,20
	Su buharı (mm)	64,90	Yok	14,50	57,70	37,60	65,30
	Eneji (Mj/m^2)	7,50	5,99	10,68	9,03	9,01	7,42
Aralık	Turbidity	2,10	3,40	1,60	3,80	2,20	2,90
	Su buharı (mm)	38,00	Yok	Yok	20,30	Yok	37,30
	Eneji (Mj/m^2)	4,55	4,11	8,20	6,59	5,60	5,30



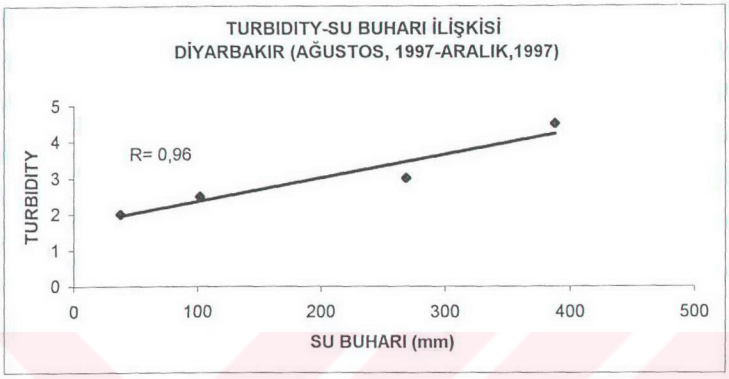
Şekil 4.11. Samsun iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity arasındaki istatistiksel ilişki



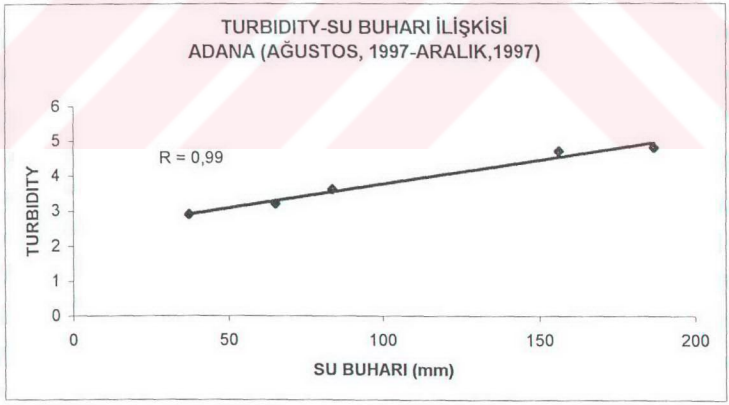
Şekil 4.12. Van iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity arasındaki istatistiksel ilişki



Şekil 4.13. İzmir iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity arasındaki istatistiksel ilişki



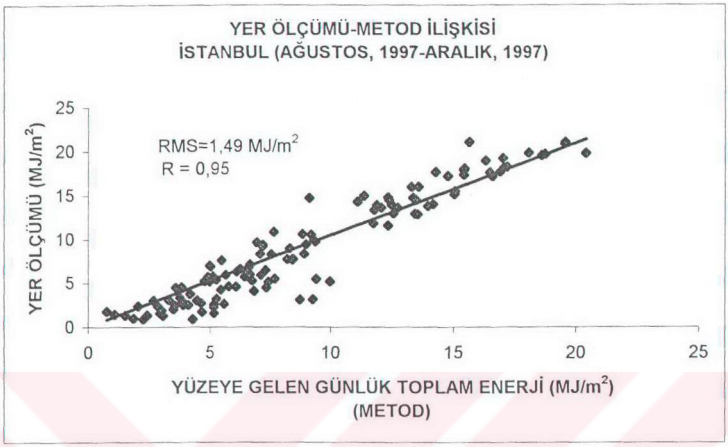
Şekil 4.14. Diyarbakır iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity arasındaki istatistiksel ilişki



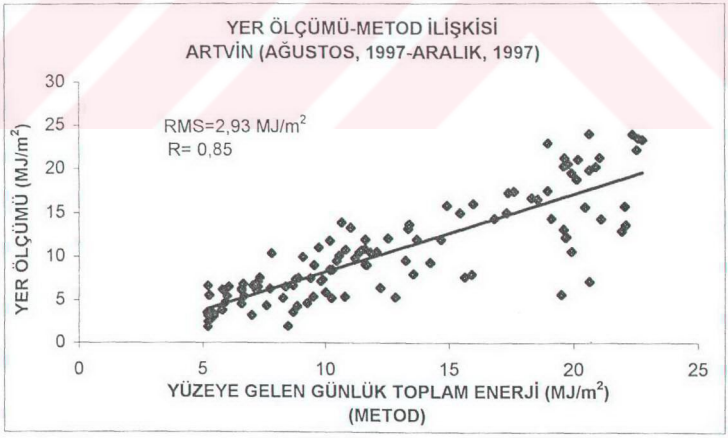
Şekil 4.15. Adana iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık arasında kalan aylar için elde edilen su buharı ölçümleri ile turbidity arasındaki istatistiksel ilişki

Çalışma sırasında güneş enerjisi değerleri kullanılacak 14 il tespit edilmiştir. Türkiye'deki farklı bölgelerde oluşabilecek farklı iklim koşullarını temsil edecek illerin seçilmesine (Türkiye'nin her bölgesinden iki il seçilmiştir) dikkat edilmiştir. Böylece elde edilen değerlerin tüm Türkiye'yi temsil etmesi düşünülmüştür. Açık gökyüzü indeksi değerleri ile atmosferik durumu en iyi açıklayan günlük yayılmış ve direk ışınımın toplamını temsil eden toplam güneş ışınımı değerleri kullanılarak her gün için günlük toplam enerji değerleri tüm Türkiye için bulunmuştur. Sonuçlar, elimizde yer ölçümleri bulunan 14 ile ait günlük toplam enerji değerleri ile karşılaştırılmış ve hata oranları saptanmıştır. Bulunan günlük toplam enerji değerlerinden günlük toplam enerjinin aylık ve yıllık ortalaması bulunmuş ve yer ölçümleri ile kıyaslanmıştır. Bu sonuçlar ışığında tüm iller için direk, yayılı ışınım, yer ölçümleri ve bulunan enerji değerleri ek-4'de verilmiştir.

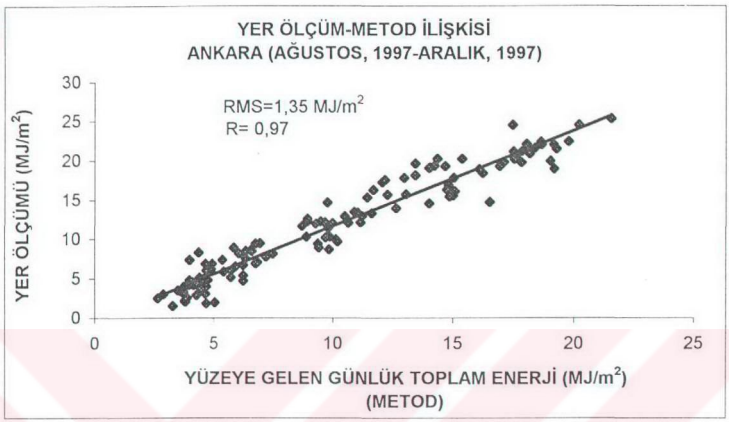
1997 yılı Ağustos - 1997 Aralık ayları arasında kalan tüm günler için İstanbul ve Artvin ait yüzeye gelen günlük toplam enerji, toplam ışınım ve açık gökyüzü indeksi kullanılarak hesaplanmış ve yer verileri ile ilişkileri Şekil 4.16 ve 4.17'de sırasıyla gösterilmiştir. Şekil 4.16 ve şekil 4.17'den de görüldüğü üzere İstanbul'un regresyonu çok başarılı sonuçlar verirken, Artvin diğer illere göre iyi bir regresyon değerine ulaşamamıştır. Çünkü Artvin ili görüntülerine saat saat bakıldığında hemen hemen her gün ve mevsim çok bulutluluk içermektedir. Ayrıca şekil 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28 ve 4.29'da ise sırasıyla her bir ile ait 1997 yılı Ağustos - 1997 Aralık ayları arasında kalan tüm günler için yüzeye gelen günlük toplam enerji tahmin sonuçları ile yerden ölçülen değerler arasındaki ilişki görülmektedir. Bu ilişkilere bakıldığında Artvin ili haricindeki diğer iller birbirleriyle yakın regresyon sonuçları verirken sadece Erzurum ilinin değeri daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebi ise Meteoroloji istasyonlarından Ağustos ve Eylül aylarının değerlerinin alınamamış olması ve Ekim, Kasım, Aralık aylarında ki güneş enerjisi değerlerinin genellikle 5 MJ'ün altında değerler (5MJ'ün altındaki değerlerin korelasyonda hata oranını arttırması **(Kandırmaz, 1999)**) olmasında kaynaklanmaktadır.



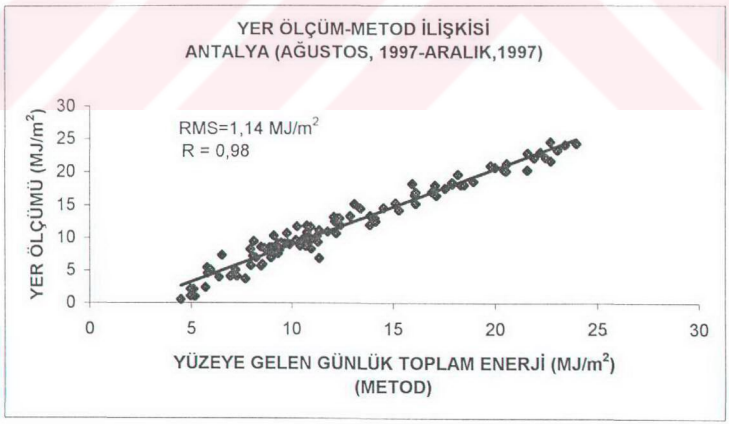
Şekil 4.16. İstanbul iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



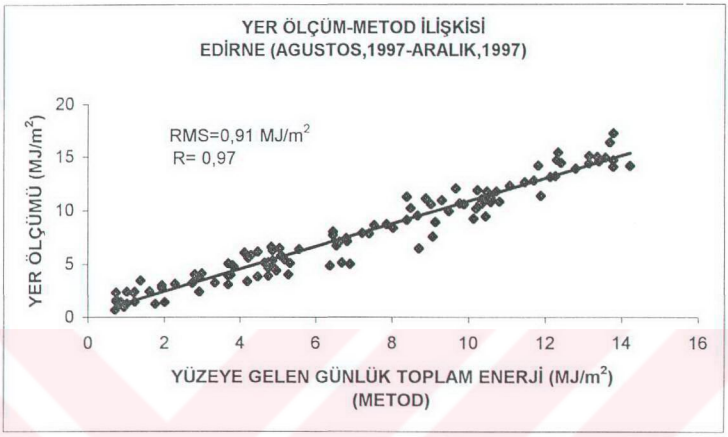
Şekil 4.17. Artvin iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



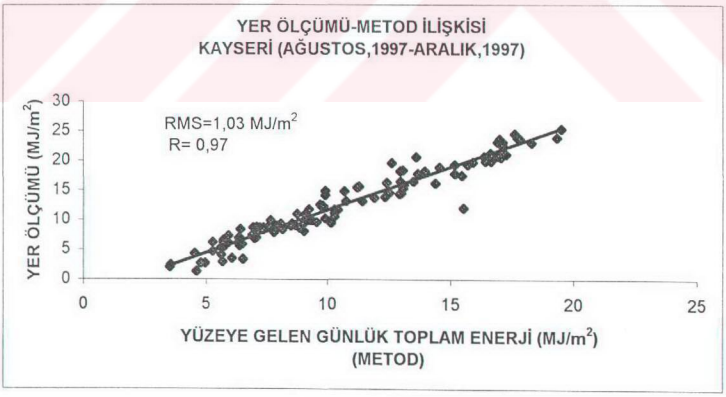
Şekil 4.18. Ankara iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



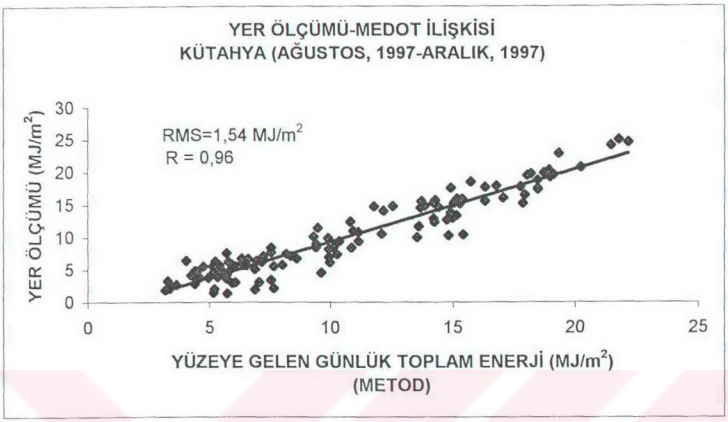
Şekil 4.19. Antalya iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



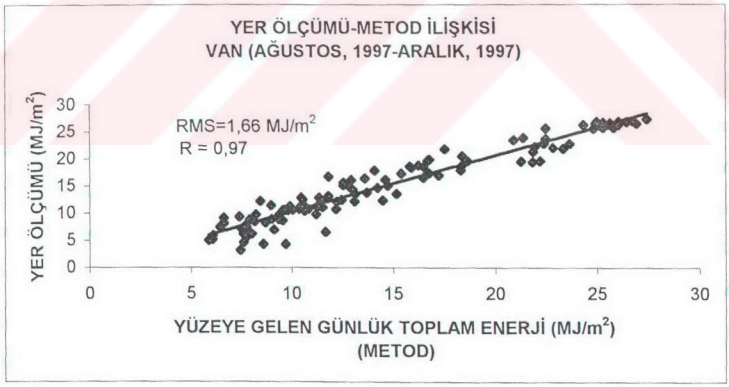
Şekil 4.20. Edirne iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



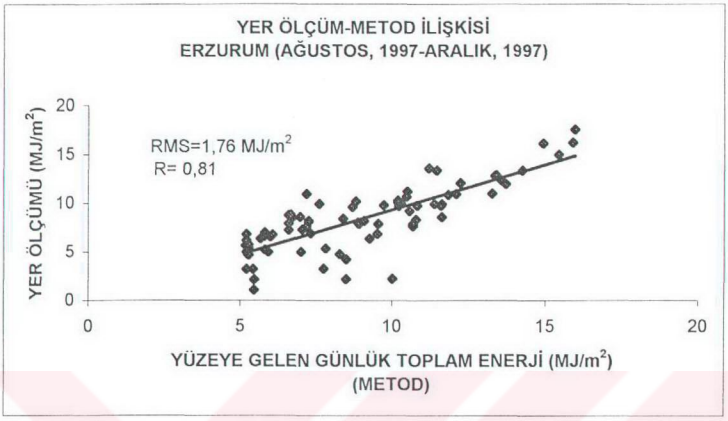
Şekil 4.21. Kayseri iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



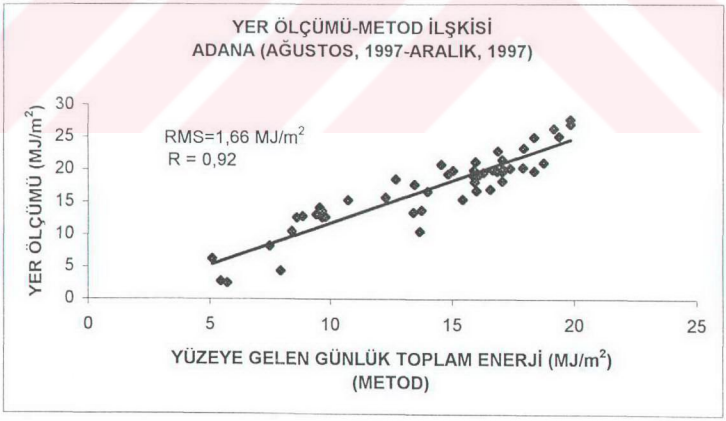
Şekil 4.22. Kütahya iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



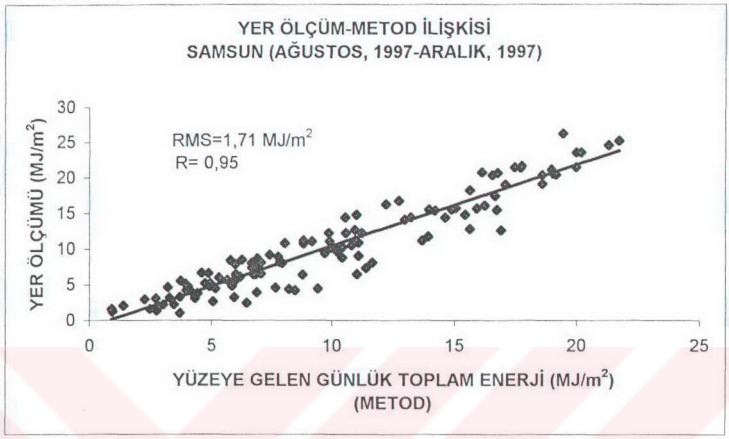
Şekil 4.23. Van iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



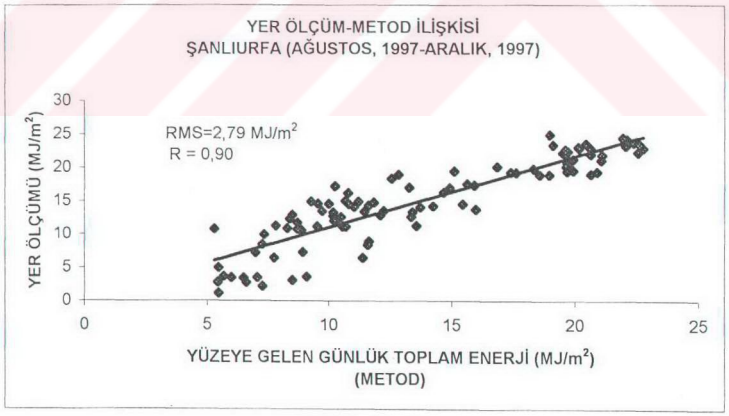
Şekil 4.24. Erzurum iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



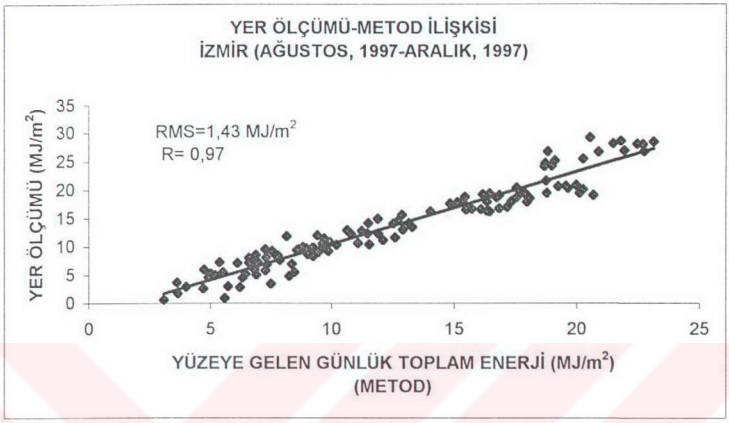
Şekil 4.25. Adana iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



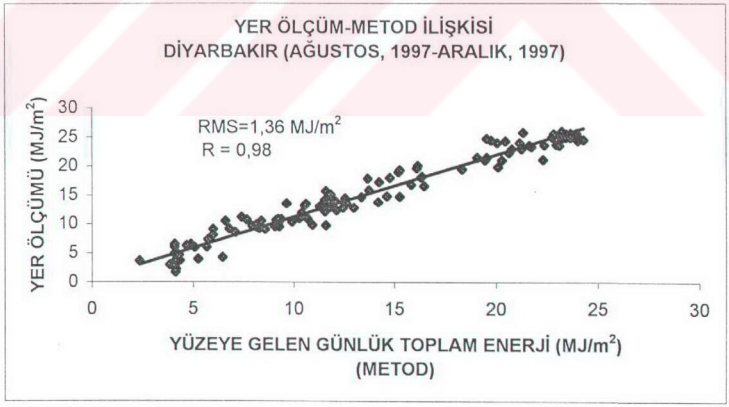
Şekil 4.26. Samsun iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



Şekil 4.27. Şanlıurfa iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



Şekil 4.28. İzmir iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki



Şekil 4.29. Diyarbakır iline ait 1997 Ağustos ile 1997 Aralık ayları arasında kalan günler için elde edilen günlük toplam enerjilerin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki

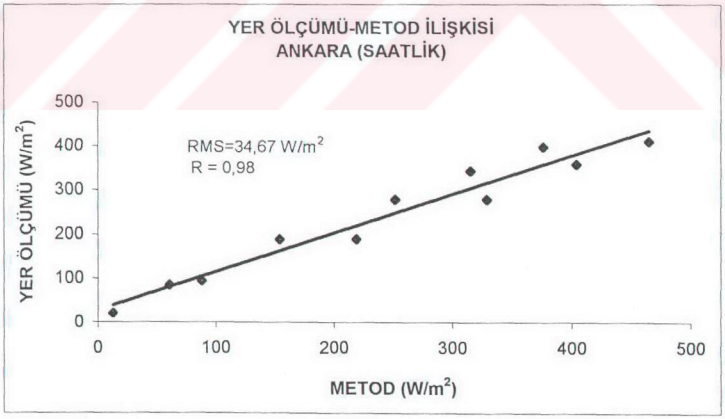
Çalışmada, saatlik toplam ışınım ve açık gökyüzü indeksi değerleri yardımıyla görüntü sayısının azlığından dolayı yüzeye gelen enerjinin saatlik ortalamalar olarak bulunabileceğinin zor olduğu düşünülmüştür. Fakat en yakın sonuca ulaşabilmek açısından gün içerisinde uydu tarafından beş farklı saatte kaydedilen görüntülere ait açık gökyüzü indeksi oranını gösteren değerler göz önüne alınarak bu saatlerden önceki ve sonraki açık gökyüzü indeksi oranlarını temsil ettiği düşünülmüş ve yüzeye gelen güneş enerjisi saatlik ortalamalar şeklinde bulunmuştur. Bu düşüncenin ışığında TÜBİTAK'dan belli saatlerde alınan görüntülerden oluşturulan saatlik toplam ışınım ve açık gökyüzü indeksi oranlarının temsil ettiği varsayılan saat aralıkları çizelge 4.3'de ki gibi oluşturulmuştur. Gün içerisinde saatlik ortalamalar halinde gerçekleştirilen güneş enerjisi ölçümleri, toplam ışınımın saatlik ortalaması, ortalama enerjisini bulmak istediğimiz saate karşılık gelen görüntünün açık gökyüzü indeksi oranı değerleri kullanılarak saatlik ortalama enerjileri istenilen saatler için bulunmuştur. Bu çalışmada Ankara ilinde seçilen bir gün için bulunan saatlik ortalama enerji değerleri ve bu değerlerin yer ölçümleriyle ilişkiler çizelge 4.3'de verilmiştir. Çizelge 4.4'e bakıldığında güneşin doğduğu ve battığı saatlerdeki zenit açısının büyüklüğü ve görüntü sayısını azlığından dolayı o saatlerin daha hatalı çıktığı görülmektedir. Şekil 4.30'da ise çizelgenin istatistiksel ilişkisi bakılmış ve sabah saatlerindeki hataya rağmen yaklaşık doğru sonuçların bulunduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3. Saat 06:30, 08:30, 11:00, 12:30 ve 14:30 ait görüntülerden oluşturulan saatlik toplam ışıma ve açık gökyüzü indeksi oranlarının temsil ettiği varsayılan saatler

Açık gökyüzünün bulunduğu saatler	Açık gökyüzünü temsil ettiği varsayılan saatler
6-7	06:30
8-9	08:30
9-12	11:00
12-14	12:30
14-17	14:30

Çizelge 4.4. Fiziksel model kullanılarak hesaplanan saatlik ortalama güneş enerjisi değerleri ile yer ölçümlerine ait saatlik ortalama güneş enerjisi değerlerinin karşılaştırılmaları (Ankara ili için)

Saat aralığı	Model (W/m^2)	Ölçülen (W/m^2)	Fark (W/m^2)	%Hata
6-7	13	20	7	35
7-8	88	95	7	8
8-9	219	189	30	16
9-10	329	278	51	18
10-11	404	358	46	13
11-12	465	409	56	14
12-13	376	397	21	5
13-14	315	342	27	8
14-15	252	278	18	7
15-16	154	188	34	18
16-17	61	85	24	29



Şekil 4.30. Ankara iline ait saatlik güneş enerjisi değerlerinin yer ölçümleri ile arasındaki istatistiksel ilişki

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi değerleri hesaplamada genelde iki model kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi fiziksel model **(Rigollier, 2000)** ve ikincisi istatistiksel model **(Kandırmaz, 1999)** dir. Bu çalışmada fiziksel model kullanılmış iki yöntemi karşılaştırma amacıyla da Türkiye için istatistiksel modeli uygulayan H. M KANDIRMAZ'ın **(1999)** geliştirdiği yöntem de göz önünde bulundurulmuş ve Türkiye için bazı benzer veriler kullanılmıştır. Bu yöntemde kullanılan METEOSAT uydusu görüntü kalibrasyonunda çok önemli iki niceliğin analizi söz konusudur. Bu nicelikler istatistiksel parametreler ile METEOSAT uydusu görüntülerdir. METEOSAT uydu görüntüleri ve METEOSAT radyometresinin kalibrasyon sabitleri elde edilmeden kalibrasyon yapılamamakta ve kalibrasyonu yapılamayan görüntüye de fiziksel model uygulanamamaktadır. Bu çalışmada fiziksel modelin sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için kalibrasyon değerleri 1997 yılına kadar bulunduğundan **(Helioserve.cma.fr)** çalışma sadece beş aylık verilerle yapılmıştır. Bu aylar 1997 yılı Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarıdır. Elimizdeki aylarda çalışma süresince tüm Türkiye'nin homojen dağılımlı ve oluşabilecek farklı iklim koşullarını temsil edebilecek nitelikte 14 ili seçilmiştir. Bu iller Ankara, İstanbul, İzmir, Adana, Antalya, Samsun, Kayseri, Erzurum, Diyarbakır, Kütahya, Van, Artvin, Edirne ve Şanlıurfa'dır. Çalışma süresince Türkiye'nin en bulutlu bölgesi olduğu saptanan Doğu Karadeniz Bölgesi'nden Artvin ili daha önce yapılan çalışmalarda yer almadığı ve çok bulutlu olduğu için özellikle seçilmiştir. 1997 Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık aylarında aktinograflarla meteoroloji istasyonlarından ölçülen güneş enerjisi değerleri alınmıştır. Fiziksel model kullanılarak da güneş enerjisi değerleri tahmin edilmiştir. Modelden aldığımız sonuçlar ve yer verilerine bakılarak Türkiye'de belirlediğimiz 14 il üzerine gelen güneş enerjisi değerleri karşılaştırılmış ve güneş enerjisi görüntüleri oluşturulmuştur.

Fiziksel modelle enerji değerleri tahmin edilirken yeryüzüne gelen toplam güneş ışınımı çok sayıda değişkenin fonksiyonudur ve kullanılan modelde bu fonksiyonların hepsi göz önüne alınmıştır. Bu fonksiyonlar Astronomik faktörler (güneş sabiti, dünya-güneş mesafesi, deklinasyon açısı, saat açısı), Coğrafik faktörler

(bulunulan yerin enlemi boylamı ve deniz seviyesinden yüksekliği), Geometrik faktörler (yüzeyin azimut açısı, yüzeyin eğimi, güneş yükseklik açısı, güneş azimut açısı), Fiziksel faktörler (hava moleküllerinin saçması, atmosferdeki su buharının azalması, turbidity) ve Meteorolojik faktörler (bulutların tesiri, çevrenin yansıtması) dir. Buna göre güneş ışınımını azaltan faktörlerin azaltma katsayıları düzgün ve sürekli değişmediğinden direk ve yayılmış güneş ışınımı denklemleri analitik integral yöntemiyle hesaplanmıştır. Çünkü bu yöntemde atmosferik turbidity ve basıncın değişimi göz önüne alınmıştır. Eğer denklemlerde nümerik integrasyon yöntemi uygulanmış olsaydı bu yöntemle atmosferik turbidity ve basıncın değişiminin yeryüzüne gelen güneş ışınımına etkisinin çok az olduğu kabul etmek zorunda kalacaktık.

Çalışmada kullanılan model uydu görüntüleri kullanılarak bulutluluk indeksi değerlerinin elde edilmesi ve bu değerlerin açık gökyüzü indeksi ile arasında var olduğu kabul edilen ters ilişki ile atmosferik durumu açıklayan açık gökyüzü ışınımını teşkil etmektedir. Elimizde beş ay içerisinde seçilen 14 ilin her birini temsil eden 7,5x7,5 km piksellik alan için çalışmasını yapacağımız güne ait günlük bulutluluk indeksi değerleri, günlük açık gökyüzü indeksi ve atmosferik durumu açıklayan direk ve yayılmış ışınımların toplamı olan toplam güneş ışınımı değerleri elde edilmiştir. Bu değerlerin, daha önceki bölümlerde sunulan metod da kullanılması sonuçunda 1997 Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık birer aylık periyotlar için elde edilen korelasyon katsayılarının büyük bir çoğunluğunun değeri 0.80'den büyük olduğu görülmüştür. Az da olsa korelasyon katsayısı 0,80'den daha küçük değerler için yer ölçümlerinde bimetalik aktinograflar ile yapılan ölçmelerde aktinografların %15-25 arasında hata yapmasından, istasyonlar arasının uzak olmasından olmasından dolayı iki nokta arasındaki bölgelerde güneş enerjisi tahminlerinde yaklaşımlar kullanıldığından hatalar çok yüksek çıkmaktadır. Genellikle modelden elde edilen ve yer ölçümlerinden elde edilen değerler için yapılan karşılaştırmalarda (5MJ'ün altındaki değerlerin korelasyonda hata oranını arttırması **(Kandırmaz,1999)** nedeni ile doğru kabul edilmiş ve günlük bulunan değerlerde ölçümlerle yöntem arasında) çok büyük farklılıklarla karşılaşılmamıştır.

Dolayısıyla kullanılan yöntemin doğru ve uygulanabilir bir yöntem olduğu ortaya çıkmıştır.

Açık gökyüzü altında direk ve yayılmış ışınımın toplamı ve açık gökyüzü indeksi kullanılarak günlük toplam güneş enerjisi değerleri tüm Türkiye için bulunmuştur. Bu değerler toplam 14 ile ait 561 gün için yer ölçümleri ile karşılaştırılıp hata oranları çıkarılmıştır. Günlük enerji tahminlerinde yüksek hata oranlarının çıktığı günler bakıldığında sürekli bulutlu görünen yerler ve ay içerisindeki bazı günlerin o ay içerisinde diğer günlerde gerçekleşen hava koşullarından (fiziksel ve meteorolojik faktörler) çok farklı hava koşullarına sahip olmasıdır. Bu duruma en iyi örnek Artvin ili olmuştur. Korelasyon katsayısı düşük olup ta Artvin ili kadar bulutlu olmayan diğer illerimizde ise o ay içerisinde direk ve yayılmış ışınım değerini etkileyen su buharına bağlı turbidity'nin yüksek olmasıdır. Günlük toplam güneş enerjisi değerlerini kullanarak bulduğumuz aylık ortalama güneş enerjisi değerleri ile yer ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama güneş enerjisi değerleri kıyaslandığında hem MBD (mean bias difference) hemde RMDS'de (root mean square difference) hata oranları oldukça düşüktür. Çizelge 5.1'de çalışmada kullanılan yöntemle bulunan aylık ortalama güneş enerjisi değerleri ile yer ölçümlerinden elde edilen değerlerin karşılaştırılmaları verilmiş ve MBD ile RMSD'nin Ağustos ve Eylül aylarında diğer aylara göre biraz büyük genelde ise düşük çıktığı gözlenmiştir..

Çizelge 5.1. Modelden elde edilen aylık ortalama günlük toplam güneş enerjisi değerleri ile meteoroloji istasyonlarının ölçümlerinden elde edilen günlük toplam değerlerden ortalama fark (MBD) ile ortalama farkın karekökü (RMSD) nin bulunması ve karşılaştırılmaları

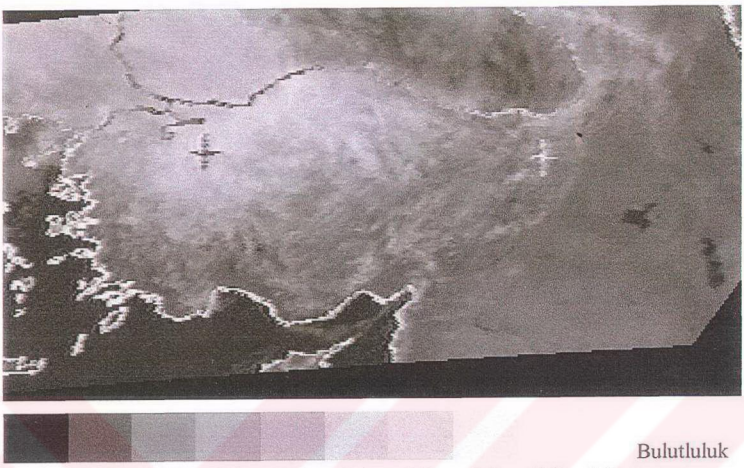
YIL	AY	METOD MJ/m^2	YER ÖLÇÜMÜ MJ/m^2	MBD	RMSD
1997	AĞUSTOS	18.79	20.12	-0,016	0.15
1997	EYLÜL	15.58	16.89	-0,012	0.12
1997	EKİM	10.23	10.38	-0,001	0.013
1997	KASIM	8.17	8.20	-0,0003	0.003
1997	ARALIK	5.40	5.26	+0,001	0.012

Çalışmada saatlik ortalama enerji değerleri bulunmuş ve elde edilen saatlik ortalama enerji değerleri yer ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda hatanın araştırma ve bulgular bölümünde bahsettiğimiz nedenlerden dolayı günlük toplam, aylık ortalama ve toplam aylık ortalamaya oranla biraz daha yüksek olduğu görülmüştür. Dolayısıyla saatlik ortalama güneş enerjisi değerlerini doğru olarak tahmin edebilmenin en iyi yolunun gün içerisinde yarım saat aralıklarla veri alınması ve atmosferik turbidity'nin bilinmesidir.

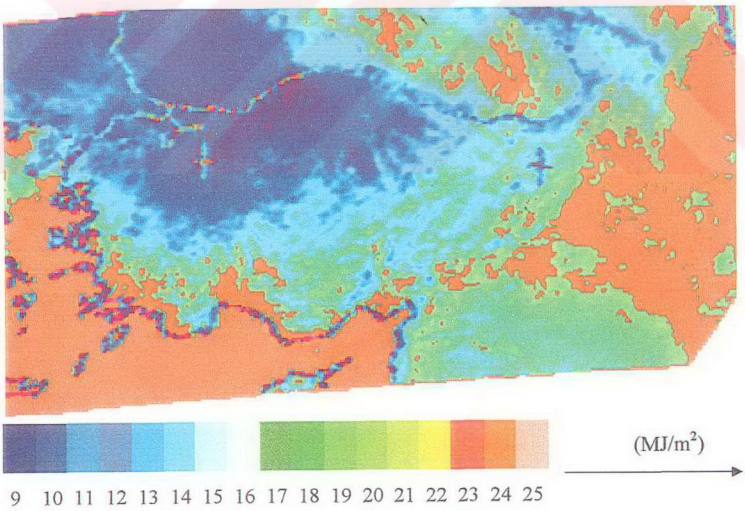
Güneş ışınımı atmosferden geçerken ortamda bulunan parçacıklar tarafından saçılır. Saçılırken en önemli etkilerin turbidity ve su buharı değerleri olduğunu ve güneş enerjisi değerlerinin büyük etkisi olduğu bilindiğinden dolayı bu değerler incelenmiştir. Bu değerler incelenirken su buharının bulanıklılıkla ilişkisine bakılmış ve bulanıklıkla su buharı arasında güneş enerjisine etkisi bakımından benzer ilişki olduğu kabul edilmiştir.

Çalışmada elde edilen günlük bulutluluk oranı görüntüsü ile aynı gün için hesaplanan toplam güneş enerjisi görüntüsü Şekil 5.1 ve şekil 5.2'de verilmektedir. İlgilenilen gün için güneş enerjisi görüntüsüne bakıldığında en fazla güneş enerjisi gelen bölgenin Akdeniz sahiline yakın olan kısmı ve Güneydoğu Anadolu bölgesi (23-25 MJ/m^2) olduğu, Ege ve İç Anadolu'nun orta bölgesiyle, Doğu Karadeniz'e uzanan dar bir bölgenin (15-22 MJ/m^2) Batı Karadeniz'den içlere doğru, Marmara ve

Trakya bölgesi (9-15 MJ/m^2) olduğu görülmektedir. Şekil 5.3 ve şekil 5.4'de ortalama günlük toplam bulutluluk oranını ve ortalama günlük toplam güneş enerjisi görüntüleri verilmektedir. Çok ilginç olarak tespit edilebilen şekil 5.5 ve şekil 5.6'daki görüntülerde Aralık ayının sonunun mevsim olarak kış olmasına rağmen Güney ve Güney Doğu Anadolu'dan başlayarak yoğun bulutluluktan içlere doğru ilerledikçe azalan bulutların olması ve daha da ilginci, kışın sürekli bulutluluk arz eden Doğu Karadeniz, Marmara ve Trakya'nın bulutsuz veya az bulutlu olmasıdır. Şekil 5.7 ve 5.8 Eylül, şekil 5.9 ve 5.10 Ekim, şekil 5.11 ve 5.12'de Kasım aylarını temsil eden görüntülerdir.

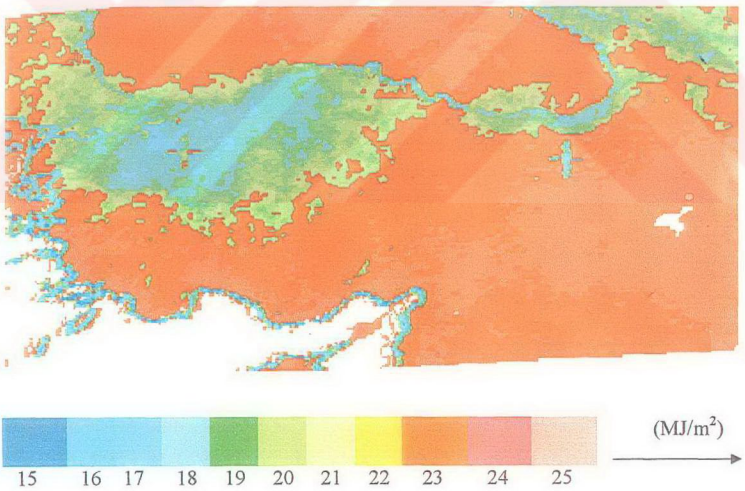


Şekil 5.1. 12/08/97 gününe ait ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü

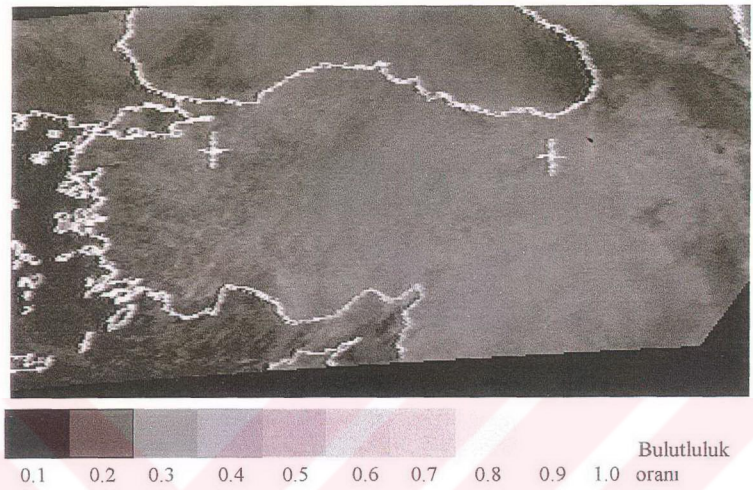


Şekil 5.2. 12/08/97 gününe ait günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2)

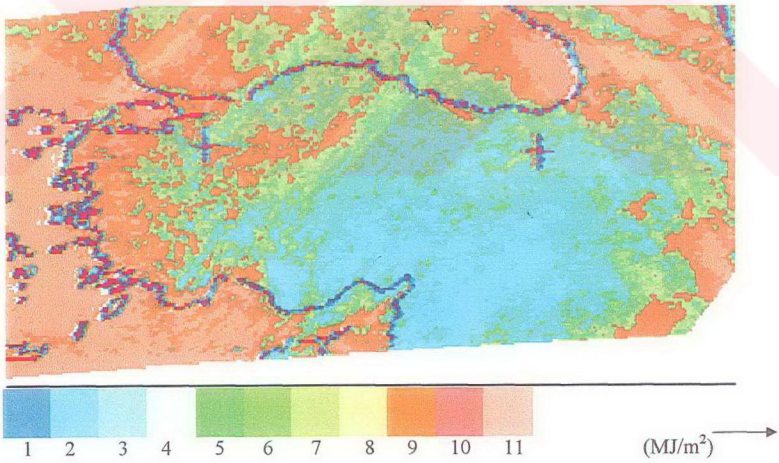
Şekil 5.3. 08/97 ayı ortalama günlük toplam bulutluluk oranını gösteren görüntü



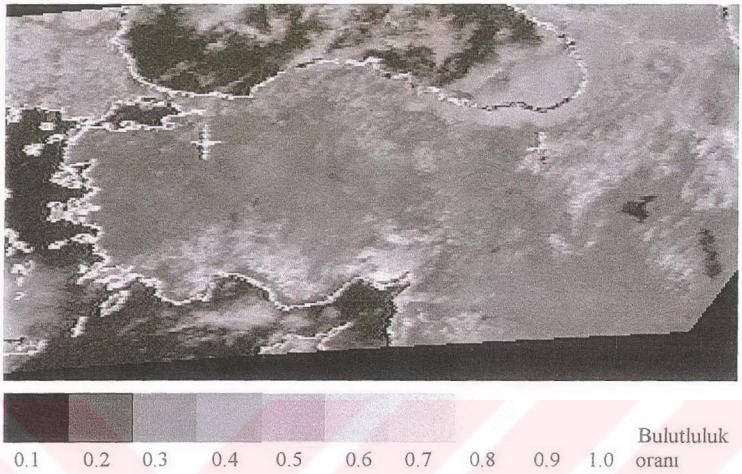
Şekil 5.4. 08/97 ayı ortalama günlük toplam güneş enerjisi görüntü (MJ/m^2)



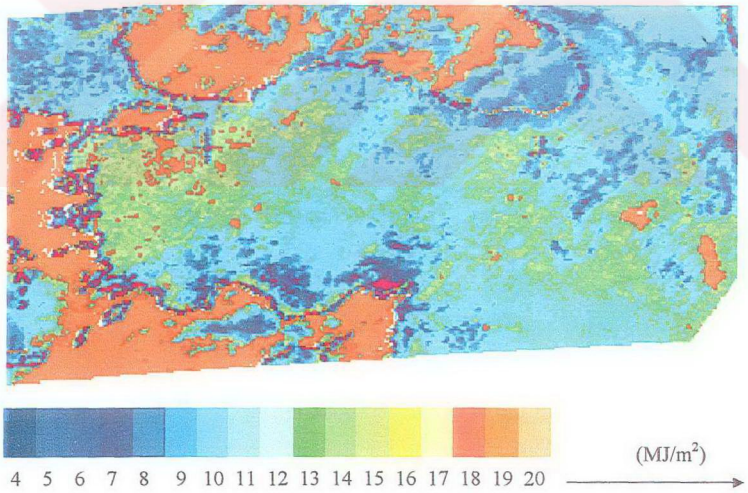
Şekil 5.5 30/12/97 gününe ait ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü



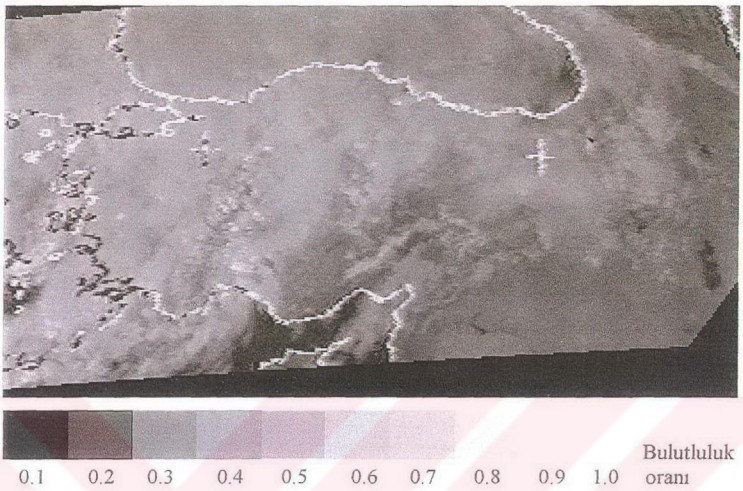
Şekil 5.6. 30/12/97 gününe ait günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2)



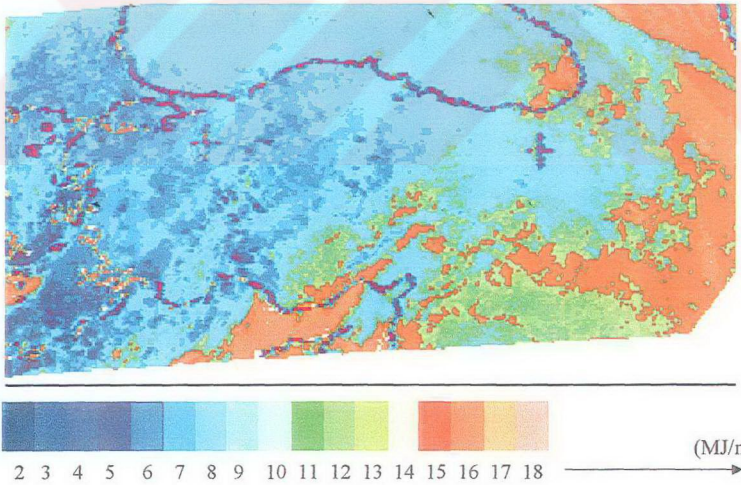
Şekil 5.7. 26/09/97 gününe ait ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü



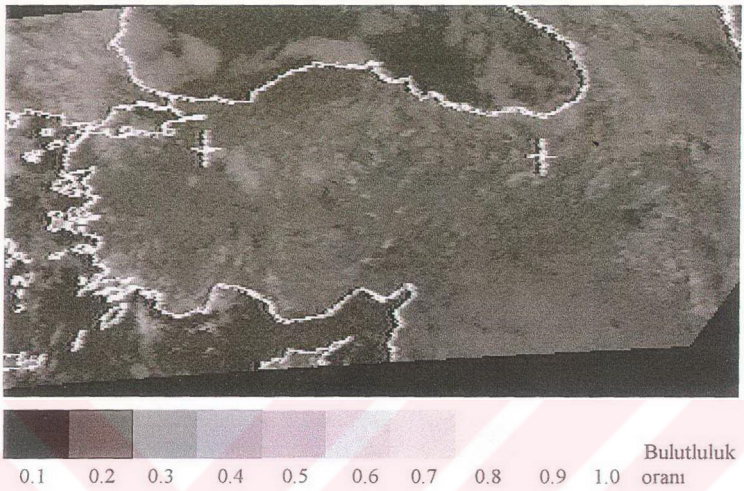
Şekil 5.8. 26/09/97 gününe ait günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2)



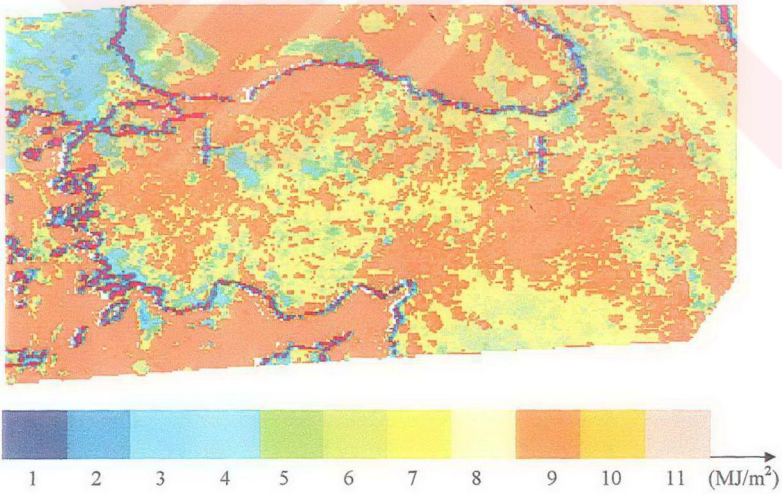
Şekil 5.9. 25/10/97 gününe ait ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü



Şekil 5.10. 25/10/97 gününe ait günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2)



Şekil 5.11. 23/11/97 gününe ait ortalama bulutluluk oranını gösteren görüntü



Şekil 5.12. 23/11/97 gününe ait günlük toplam güneş enerjisi görüntüsü (MJ/m^2)

Sonuç da kullanılan fiziksel model ile Türkiye üzerine gelen güneş enerjisi saatlik ortalama, günlük toplam, aylık ortalama günlük toplam ve beş aylık ortalama günlük toplam olarak atmosferik etkilerin önemini de göz önüne alarak hata payının düşük bulunabileceği gösterilmiştir. Atmosferin etkilerini direk göz önüne aldığımız için sonuçlardan istatistiksel modele göre daha fazla verim aldığımızı söyleyebiliriz. Hata oranlarının azaltılması için bir gün içerisinde özellikle saatlik değerlerin bulunmasında alınabilecek görüntü sayısını çoğaltmak, yayılmış ve direk ışınımları etkileyen faktörlerden bir tanesi olan ve sonuçlara direk yansıyan, yükseklik değerlerine ve zamana bağlı olan atmosferik turbidity değerlerine ulaşmaktır. Türkiye'de atmosferik turbidity değerlerine ulaşmak için en azından belli bölgelerde pirheliometre ile gelen enerji değerleri ölçülmeli, turbidity tespit edilmeli ve ileride yapılabilecek bir turbidity değer tahminiyle karşılaştırılmalıdır.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ

KAYNAKLAR

BARRET, E.C., 1974. Climatology from satellites, Methuen & Co Lmd, London, 403.

BEYER, H.G., COSTANZO, C., HEİNEMANN, D., 1996. Modifications of the Heliosat procedure for irradiance estimates from satellite data. Solar Energy 56, 207-212.

BEYER, H. G., HAMMER, A., HEİNEMANN, D., WESTERHELLWEG, A., 1997. Estimation of diffuse radiation from Meteosat data. 7th International Conference on Solar Energy at High Latitudes, Espoo-Otaniemi.

BİLİM VE TEKNİK, 2003. Artan enerji gereksinimi ve ısınma, 35-36.

BUORGES, B., 1979. Courbes de frèquence cumulèes de l'irradiance solaire globale horaire recue par une surfaca plane. Thecnical Report, Centre d'Energètique de l'Ecole Nationale Supèrieure des mines de Paris.

CANO, D., MONGET, J. M., ALBUISSON, M., GUILLARD, H., REGAS, N., and WALD, L., 1986. A method for the determination of the global solar radiation from meterological satellite data. Solar Energy, 37:31-39.

CHAABANE, M., DJJEMAA, A.B., and KOSSENTINI., 1996. Daily and hourly global irradiations in Tunisia extracted from Meteosat Wefax images. Solar Energy, 57, No.6:449- 457.

DEDIEU, G., DESCHAMPS, P. Y., and KERRY, Y. H.,1987. Satellite estimation of solar irradiance at the surface of the earth and of surface albedo using a physical model applied to METEOSAT data. J. Climate Appl. Meteorol., 26:79-87.

DIABETE, L., MOUSSU, G., and WALD, L., 1989. Decription of an operational tool for determination of global solar radiation at the ground using geostationary satellite image. Solar Energy, 42: 201-207.

DUFFIE, J.A., and BECKMAN, A.W., 1980. Solar engineering of thermal processes. J. Willey and Sons, New York, 762.

DUMORTİER, D., 1995. Modelling global and diffuse horizontal irradiances under cloudless skies with different turbidities. Daylight II, JOU-CT92-0144, Final Report Vol.2.

EMRAHOĞLU, N., 1985, 1978-1982 yılları arasında Adana'da ölçülen güneş ışınım verilerinin analizi. Ç.Ü. Yüksek lisans tezi, Adana, 95s. (yayınlanmamış).

ESRA, European Solar Radiation Atlas, 2000. Fourth edition, includ.CD-ROM. Edited byJ. Greif, K. Scharmer. Scientific advisors: R. Dogniaux, J. K. Page. Authors: L. Wald, M. Albuisson, G. Czeplak, B. Bourges, R. Aguiar, H. Lund, A. Joukoff, U. Terzenbach, H. G. Beyer, E. P. Borisenko. Published for the commission of the European Communities by Presses de l'Ecole des Mines de Paris, Paris, France.

FAUST, N.L., 1989. "İmage Enhancement", (Editör Kent, A., & Williams, J.G) Encyclopedia of Computer Science and Technology, V20, Marcel Dekker, New York..

FONTOYNONT, M., et al. 1998. Satellight, A WWW server which provides high quality daylight and solar radiation data for Western and Central Europe. 9th Conference on Satellite Meteorology and Oceanography, Paris.

FRULLA, A., GAGLARDINI, D. A., GROSI, H., LOPRADO, R., and TARPLE, J.D., 1988. Incident solar radiation on Argentina from the geostationary satellite GOES: comparision with ground measurement. Solar Energy., 41:61-69.

GAUTER, C., DIAK, G., and MASSE, S., 1980. A simple physical model to estimate incident solar radiation at the surface from GOES satellite data. J.Applied Meteorol.,36.

HAY, J.E., and HANSON, K.J., 1978. A satellite based methodology for determining Solar irradiance at the ocean surface during GATE. Bull. Amer. Meteor. Soc., 59: 549.

HICKEY, J.R., ALTON, B.M., GRIFFIN, F.J., JACOBOWİTZ, B.J., PELLEGRINO, P., and SMITH, E.A.,1982. Observations of the solar

constant and its variations emphasis on NIMBUS7 results, Proc. IAMAP Rad Comm. 3rd Scientific Ass.

HOUGHTON, J.T., 1976. The physics of Atmospheres. Cambridge University.Press, Cambridge,198.

HISER, H. W., and SENN, H. V.,1980. Mesoscale mapping of available solar energy at the earth's surface by use of satellites. Solar Energy., 24: 129-141.

HORD, R.M., 1982. Digital image Processing of Remotely Sensed Data. NewYork, Academic Press, 256.

İNCE, F.,1986. Sayısal görüntü işleme metotları. Ç.Ü Uzaktan algılama yaz okulu, Ders Notu. Ç.Ü, Adana.

IQBAL, M., 1986. Spektral and total sun radiance under cloudless skies, (R. Guzzi Editor). Physical climatolgy for solar and wind energy, World Scientific, Singapore, 196-272.

ISLAM, R. MD., and EXELL, R. H. B., 1996. Solar radiation mapping from satellite image using a low cost system. Solar Energy, 3:225-237.

KANDIRMAZ, H. M., 1999. Solar radiation mapping of a global area using satellite image with a low cost system. PhD thesis, Çukurova University, Adana (yayınlanmamış).

KASTEN, F. 1996. The Linke turbidity factor based on improved values of the integral Rayleigh optical thickness. Solar Energy, 56, 239-244.

KASTEN, F. and YOUNG, A. T., 1989. Revised optical air mass tables and approximation formula. Applied Optics, 28, 4735-4738.

KARAOSMANOĞLU, F., 2003. Yenilenebilir enerji, Bilim ve Teknik, (422), 71.

KILIÇ, A., ve ÖZTÜRK, A., 1983. Güneş enerjisi. Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul, 331s.

KAUFFMAN, W.J, 1985. Universe, W.H.Freeman and Company, New York, 594.

LEFÈVRE, M., BAUER, O., LEHLÈ, A., WALD, L., 2000. An automatic method for the calibration of time-series of Meteosat images. International Journal of Remote Sensing, 21 (5), 1025-1045

JUSTIS, C. G., and TARPLEY, J. D., 1986. Satellite – Measured insolation in the United States. Mexico and South America., Rem. Sen. Env, 20, 57-83.

JOHN T. H., 1977.The physics of atmospheres .

METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 2003. Web sayfası, www.meteor.gov.tr.

MÖSER, W., and RASCCHKE, E., 1984. Incedent solar radiation over Europe estimated from Meteosat data. J. Climate Appl. Meteor, 23: 166-170.

NOIA, M., RATTO, C.F., and FESTA, R.,1993. Solar irradiance estimation from geostationary satellite data:statistical models. Solar Energy, 51:449-456.

PASTRE, C., 1981. Developpement d'une méthode de détérmination du ayonnement solaire a partir des donnéea de Meteosat.L a Météorologie, 24:5.

PEREIRA, E.B., ABREU, S.L., STUHLMANN, R., RIELAND, M., and COLLE, S.,1996, Survey of the incident solar radiation in Brazil by use of Meteosat satellite data. Solar Energy.No.2, 57:125-132.

PRATT, W.K., 1978. Digital image rocessing, John Wiley and Sons. Canada.

RASCHKE, E., and PREUSS, H. J. 1979. The determination of the solar radiation budget at the earth surface from satellite measurements. Meteorology Rdsch, 132:18.

RAPHAEL C., ve HAY J. E., 1984. An assessment of models which use satellite data to estimate solar irradiance at the earth's surface. J. Climate. Appl. Meteor, 23: 832-844.

RİGOLLİER C., BAUER O., WALD L., 2000. On the clear sky model of the 4th European Solar Radiation Atlas with respect to the heliosat method. Solar Energy, 68 (1), 33-48.

ROSENFELD, A., and KAK, A.C., 1982. Digital image processing. New York, Acedemic Press.

SKARTVEİT, A., OLSETH, J. A., 1987. A Model for the Diffuse Fraction of Hourly Global Radiation. Solar Energy, 38, 217-274.

_____, 1992. The probability density and autocorrelation of short-term global and beam irradiance . Solar Energy, 49, 477-487.

SLATER, N.P., 1980. Remote sensing of optics and optical systems. Addison – Wasley Pub.London., 575.

SOLAR ENERGY R&D IN THE EUROPEAN COMMUNITY, 1986. Solar radiation data from satellite images. D. Reidel Publishing Company,Dortrecht, Volume 4, 100p.

SORAPIPATANA, C., 1988. Mapping solar radiation over southeast Asia by meteorological satellite images. Doctor of Engineering dissertation NO ET-88-".AIT, Bangkok, Thailand.

TARPLEY, J. D. 1979. Estimation incident solar radiation at the surface from Geostationary satellite data. 18:1172-1183.

VAN DER MEER MOHR, H.,1977. Camera and multispektral scanner system remote sensing as applied to geology. Part I., ITC, Enchede.

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Adana'da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Adana'da tamamladım. 1993 yılında Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünden mezun oldum. 1993 yılında Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisansımı tamamladım. Halen Karaisalı Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktayım. Evli ve bir çocuk babasıyım.

EKLER

Ek-1

1997 yılında Ağustos ve Eylül aylarında uydudan alınan verilerin kaydedildiği gün ve saatler.

Günler	Ağustos(saatler)	Eylül(saatler)
1	yok	Yok
2	yok	Yok
3	yok	Yok
4	yok	Yok
5	12.42-14.10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
6	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42
7	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	Yok
8	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	08:10-11:10-12:42-14:10
9	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-12:42-14:10
11	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
12	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
13	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
14	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-14:10
15	06:42-08:10-11:10-12:42	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
16	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
17	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	11:10-12:42-14:10
18	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
19	06:42-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
20	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10
21	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	Yok
22	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
23	yok	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
24	yok	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
25	yok	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
26	yok	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
27	yok	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
28	yok	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
29	yok	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
30	yok	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
31	yok	Yok
Toplam	84	109

1997 yılında Ekim ve Kasım aylarında uydudan alınan verilerin kaydedildiği gün ve saatler.

Günler	Ekim(saatler)	Kasım(saatler)
1	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	08:10-11:10-12:42-14:10
2	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	11:10-12:42-14:10
3	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	08:10-11:10-12:42-14:10
4	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	yok
5	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
6	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	08:10-11:10
7	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	yok
8	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	yok
9	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	08:10-11:10-12:42-14:10
10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
11	06:42-08:10-11:10-12:42	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
12	yok	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
13	08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
14	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	yok
15	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	yok
16	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	yok
17	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	12:42-14:26
18	11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
19	11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
20	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
21	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
22	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
23	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
24	06:42-08:10-11:10-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
25	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
26	11:10-12:42-14:10	yok
27	08:10-11:10-12:42-14:10	yok
28	11:10-12:42-14:10	yok
29	11:10-12:42-14:10	yok
30	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
31	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
Toplam	136	89

1997 yılında Aralık ayının uydudan alınan verilerinin kaydedildiği gün ve saatler.

Günler	Aralık(saatler)
1	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
2	08:10-11:10-12:42-14:10
3	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
4	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
5	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
6	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
7	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
8	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
9	06:42-08:10-11:10-14:10
10	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
11	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
12	06:42-08:10-11:10-14:10
13	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
14	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
15	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
16	11:10-12:42-14:10
17	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
18	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
19	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
20	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
21	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
22	06:42
23	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
24	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
25	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
26	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
27	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
28	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
29	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
30	06:42-08:10-11:10-12:42-14:10
31	08:10-11:10-12:42
Toplam	144

Ek-2

Ağustos ayı kalibrasyon sabitlerinini değerleri.

Günler	Kalibrasyon Sabit Değeri (a^t) ($Wm^{-2}sr^{-1}$)	Offset Değeri (b^t)	CN^t_{dark} Değeri
1	0.772		
2	0.778		
3	0.786		
4	0.795		
5	0.801		
6	0.809		
7	0.814		
8	0.810		
9	0.810		
10	0.813		
11	0.820		
12	0.819		
13	0.812		
14	0.812		
15	0.806		
16	0.805	1,624	5
17	0.808		
18	0.817		
19	0.820		
20	0.817		
21	0.818		
22	0.814		
23	0.812		
24	0.812		
25	0.810		
26	0.810		
27	0.818		
28	0.823		
29	0.825		
30	0.831		
31	0.835		

Eylül ayı kalibrasyon sabitlerinini değerleri.

Günler	Kalibrasyon Sabit Değeri (a^t) ($Wm^{-2}sr^{-1}$)	Offset Değeri (b^t)	CN^t_{dark} Değeri
1	0.835	1,624	5
2	0.838		
3	0.834		
4	0.824		
5	0.819		
6	0.814		
7	0.807		
8	0.799		
9	0.789		
10	0.778		
11	0.768		
12	0.764		
13	0.763		
14	0.766		
15	0,772		
16	0.780		
17	0.792		
18	0.797		
19	0.804		
20	0.807		
21	0.809		
22	0.808		
23	0.804		
24	0,803		
25	0.801		
26	0.797		
27	0.798		
28	0.798		
29	0,797		
30	0.792		

Ekim ayı kalibrasyon sabitlerinini değerleri.

Günler	Kalibrasyon Sabit Değeri (a^t) ($Wm^{-2}sr^{-1}$)	Offset Değeri (b^t)	CN^t_{dark} Değeri
1	0.783		
2	0.772		
3	0.762		
4	0.751		
5	0.741		
6	0.738		
7	0.741		
8	0.745		
9	0.747		
10	0.746		
11	0.744		
12	0.745		
13	0.736		
14	0.722		
15	0.712		
16	0.703	1.624	5
17	0.699		
18	0.705		
19	0.712		
20	0.726		
21	0.743		
22	0.759		
23	0.772		
24	0.785		
25	0.793		
26	0.793		
27	0.786		
28	0.779		
29	0.772		
30	0.766		
31	0.754		

Kasım ayı kalibrasyon sabitlerinini değerleri.

Günler	Kalibrasyon Sabit Değeri (a^t) ($Wm^{-2}sr^{-1}$)	Offset Değeri (b^t)	CN^t_{dark} Değeri
1	0.750	1,624	5
2	0.749		
3	0.752		
4	0.759		
5	0.766		
6	0.774		
7	0.786		
8	0.796		
9	0.800		
10	0.800		
11	0.800		
12	0.792		
13	0.783		
14	0.778		
15	0.781		
16	0.788		
17	0.797		
18	0.805		
19	0.821		
20	0.831		
21	0.833		
22	0.828		
23	0.818		
24	0.805		
25	0.793		
26	0.787		
27	0.783		
28	0.781		
29	0.785		
30	0.788		

Aralık ayı kalibrasyon sabitlerinini değerleri.

Günler	Kalibrasyon Sabit Değeri (a^t) ($Wm^{-2}sr^{-1}$)	Offset Değeri (b^t)	CN^t_{dark} Değeri
1	0.789		
2	0.786		
3	0.784		
4	0.787		
5	0.797		
6	0.806		
7	0.814		
8	0.818		
9	0.826		
10	0.825		
11	0.818		
12	0.817		
13	0.813		
14	0.802		
15	0.795		
16	0.793	1,624	5
17	0.792		
18	0.789		
19	0.793		
20	0.797		
21	0.800		
22	0.803		
23	0.802		
24	0.811		
25	0.818		
26	0.834		
27	0.835		
28	0.839		
29	0.844		
30	0.843		
31	0.845		

Ek-3

Tüm illerin turbidity değerleridir.

	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Antalya	4,6	3,9	2,8	2,3	2,5
Artvin	4,7	4,9	3,9	2,9	3,0
Edirne	4,3	3,8	4,2	3,9	3,8
Kayseri	4,1	2,8	2,1	2,0	1,7
Kütahya	4,8	4,4	3,3	3,0	2,3
Van	4,4	3,2	2,6	1,9	1,6
Erzurum	4,2	3,1	2,1	1,8	1,8
Adana	4,8	4,7	3,6	3,2	2,9
Ankara	4,9	4,3	3,7	3,2	2,1
İstanbul	4,1	3,7	3,8	3,6	3,4
Samsun	5,0	4,0	3,7	3,1	2,1
Şanlıurfa	4,4	3,2	2,6	2,3	2,2
İzmir	6,0	5,6	4,8	4,2	3,8
Diyarbakır	4,5	3,0	2,5	2,0	2,2

Ek-4

1997 yılı Ağustos ayı Antalya ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	25,44	5,31	20,94	26,25
6	25,57	5,18	21,11	26,28
7	25,42	4,80	21,77	26,57
8	24,76	7,18	16,77	23,96
9	17,93	9,06	9,15	18,2
10	21,4	7,49	15,91	23,39
11	19,72	10,10	9,34	19,44
12	25,61	6,94	16,98	23,92
13	21,32	10,18	9,01	19,19
14	25,33	7,32	15,75	23,07
15	25,3	7,35	15,48	22,83
16	24,86	7,25	15,54	22,79
17	24,59	8,01	13,73	21,73
18	24,48	6,38	17,37	23,74
19	24,46	6,92	15,69	22,61
20	21,25	8,80	10,46	19,26
21	21,41	6,75	15,97	22,72
22	22,26	7,75	13,45	21,2

1997 yılı Ağustos ayı Artvin ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	13,55	8,38	13,71	22,09
6	22,88	9,09	9,89	18,98
7	23,92	8,56	12,08	20,64
8	14,29	9,05	10,07	19,12
9	15,55	8,56	11,90	20,46
10	22,1	7,29	15,26	22,54
11	23,21	7,00	15,76	22,76
12	21,01	8,37	11,81	20,18
13	23,89	6,99	15,37	22,37
14	18,75	8,31	11,83	20,14
15	12,86	7,03	14,91	21,94
16	23,36	6,43	16,19	22,61
17	15,66	6,71	15,34	22,05
18	14,21	7,27	13,83	21,1
19	5,59	8,03	11,48	19,51
20	7,05	7,59	13,05	20,64
21	12,19	7,88	11,84	19,72
22	13,03	7,73	11,88	19,62

1997 yılı Ağustos ayı Edirne ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	10,82	8,63	2,17	10,8
6	17,17	9,23	4,57	13,79
7	15,35	8,83	3,52	12,35
8	10,16	8,47	1,72	10,2
9	11,35	8,63	3,26	11,89
10	9,44	8,45	2,00	10,44
11	6,48	7,83	0,89	8,71
12	8,68	7,32	0,55	7,87
13	8,36	7,43	0,62	8,04
14	9,22	8,22	1,90	10,13
15	14,03	10,26	3,53	13,79
16	14,12	10,32	3,90	14,22
17	7,58	8,30	0,76	9,07
18	14,87	10,06	3,52	13,58
19	16,29	10,04	3,64	13,69
20	13,85	9,91	2,90	12,81
21	12,26	9,05	2,02	11,08
22	12,76	9,48	2,23	11,71

1997 yılı Ağustos ayı Kayseri ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	24,51	8,26	9,34	17,6
6	20,49	8,02	9,02	17,04
7	25,28	8,94	10,57	19,51
8	23,81	8,86	10,47	19,33
9	20,68	9,48	7,42	16,9
10	11,95	8,90	6,62	15,52
11	14,49	8,83	4,19	13,02
12	20,58	9,02	4,60	13,62
13	18,16	9,14	4,83	13,97
14	19,6	8,80	3,83	12,63
15	19,68	9,46	6,46	15,91
16	21,24	9,59	7,03	16,62
17	20,75	9,54	7,08	16,62
18	23,84	8,40	9,31	17,71
19	23,08	7,97	8,93	16,9
20	23,63	7,98	9,03	17
21	23,65	8,24	9,58	17,82
22	22,98	8,23	10,04	18,28

1997 yılı Ağustos ayı Kütahya ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	20,7	9,06	11,16	20,22
6	24,91	8,46	13,31	21,77
7	24,54	8,34	13,82	22,16
8	24,07	8,46	12,99	21,45
9	15,21	8,86	9,00	17,85
10	10,41	8,05	7,37	15,42
11	11,68	9,09	4,53	13,62
12	10,55	8,69	3,41	12,1
13	15,31	7,93	7,13	15,06
14	10,03	9,08	4,47	13,55
15	15,99	8,63	8,41	17,04
16	15,15	10,39	4,89	15,28
17	22,81	8,61	10,72	19,33
18	16,48	8,53	9,40	17,92
19	17,34	8,48	9,97	18,45
20	20,29	8,46	10,45	18,91
21	14,55	9,07	4,62	13,69
22	10,3	7,81	7,00	14,82

1997 yılı Ağustos ayı Van ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	27,21	3,57	23,88	27,45
6	26,06	5,81	19,24	25,05
7	25,54	7,70	14,78	22,47
8	26,21	6,33	18,02	24,34
9	26,2	5,09	20,49	25,58
10	26,46	3,54	23,41	26,95
11	26,72	5,43	19,58	25,01
12	25,62	4,39	21,43	25,82
13	26,64	3,70	22,76	26,46
14	26,42	5,14	19,81	24,94
15	26,55	4,50	20,83	25,33
16	26,8	3,20	23,58	26,78
17	26,74	3,53	22,55	26,07
18	26,08	3,44	22,60	26,04
19	26,54	3,58	22,06	25,65
20	26,38	3,44	22,21	25,65
21	25,44	3,99	20,84	24,84
22	25,65	3,45	21,85	25,3

1997 yılı Ağustos ayı Adana ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	19,45	8,72	7,55	16,26
6	20,14	8,96	8,39	17,36
7	21,45	8,85	8,19	17,04
8	19,15	8,60	7,49	16,09
9	16,73	8,53	7,45	15,98
10	10,47	9,42	4,27	13,69
11	19,72	9,05	9,29	18,35
12	19,61	8,70	8,34	17,04
13	19,87	8,43	7,45	15,88
14	21,03	9,06	9,68	18,73
15	19,09	8,35	7,49	15,84
16	19,87	8,58	8,07	16,65
17	18,05	8,37	7,54	15,91
18	19,99	8,63	8,45	17,08
19	18,19	8,64	8,40	17,04
20	19,69	8,53	8,30	16,83
21	20,24	8,72	9,16	17,89
22	16,95	8,38	8,17	16,55

1997 yılı Ağustos ayı Ankara ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	18,96	8,95	10,24	19,19
6	22,4	8,98	10,82	19,79
7	25,27	8,52	13,03	21,56
8	24,48	8,91	11,31	20,22
9	21,15	8,86	9,00	17,85
10	13,26	8,48	3,13	11,61
11	19,25	9,48	5,20	14,68
12	12,91	8,38	2,84	11,22
13	19,6	8,99	4,45	13,44
14	12,13	8,31	2,84	11,15
15	22,1	8,66	9,37	18,03
16	14,69	9,33	7,18	16,51
17	19,84	8,61	8,50	17,11
18	19,26	8,58	8,35	16,93
19	20,19	9,22	5,14	14,36
20	24,51	8,58	8,89	17,46
21	19,77	8,33	9,48	17,82
22	14,54	9,09	4,92	14,01

1997 yılı Ağustos ayı İstanbul ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	20,96	9,26	10,29	19,55
6	20,83	10,27	9,28	19,55
7	19,73	8,91	11,48	20,39
8	19,48	8,93	9,66	18,59
9	17,86	8,18	7,24	15,42
10	17,67	8,28	7,81	16,09
11	3,1	7,40	1,35	8,75
12	5,19	7,89	2,09	9,98
13	3,16	7,60	1,68	9,28
14	5,46	7,66	1,76	9,42
15	19,66	9,48	9,25	18,73
16	18,01	7,92	7,54	15,45
17	17,58	8,09	8,38	16,48
18	17,33	7,72	7,69	15,42
19	20,99	7,76	7,87	15,63
20	18,92	7,81	8,49	16,3
21	17,6	7,42	6,87	14,29
22	14,72	8,79	4,59	13,37

1997 yılı Ağustos ayı Samsun ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	12,55	8,84	8,06	16,9
6	26,13	9,19	10,25	19,44
7	24,51	8,55	12,76	21,31
8	23,47	9,07	10,94	20
9	23,46	8,98	11,20	20,18
10	15,58	8,28	7,63	15,91
11	20,58	8,54	8,22	16,76
12	11,69	10,09	3,85	13,94
13	21,4	8,67	11,33	20
14	8,06	8,48	3,16	11,64
15	15,42	8,36	8,36	16,72
16	25,11	7,15	14,58	21,73
17	21,35	8,43	9,28	17,71
18	15,51	9,97	4,00	13,97
19	21,42	8,27	9,19	17,46
20	20,59	8,15	10,86	19,02
21	21,12	8,14	10,84	18,98
22	21,57	8,08	9,66	17,75

1997 yılı Ağustos ayı Şanlıurfa ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	24,11	8,41	13,68	22,09
6	24,84	10,22	8,76	18,98
7	22,8	8,50	12,14	20,64
8	23,32	10,01	9,12	19,12
9	23,46	8,47	11,99	20,46
10	22,19	7,31	15,23	22,54
11	22,85	7,02	15,73	22,76
12	22,78	8,37	11,81	20,18
13	23,64	7,02	15,35	22,37
14	23	8,24	11,90	20,14
15	24,36	7,01	14,93	21,94
16	23,42	6,48	16,14	22,61
17	23,17	6,73	15,32	22,05
18	21,83	7,74	13,36	21,1
19	22,16	8,06	11,45	19,51
20	21,91	7,62	13,02	20,64
21	22,35	7,83	11,89	19,72
22	22,05	7,77	11,84	19,62

1997 yılı Ağustos ayı İzmir ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	28,55	9,41	12,40	21,8
6	27,93	8,18	14,51	22,69
7	28,39	7,76	15,38	23,14
8	28	8,39	14,08	22,47
9	26,88	8,82	13,12	21,94
10	16,55	8,52	6,97	15,49
11	26,76	9,39	9,42	18,8
12	24,22	9,52	9,46	18,98
13	17,95	9,14	8,81	17,96
14	24,65	9,24	9,45	18,7
15	29,15	9,42	11,11	20,53
16	17,96	9,17	8,15	17,32
17	26,73	7,13	15,62	22,76
18	25,43	9,23	11,02	20,25
19	28,1	7,93	13,55	21,49
20	26,66	8,23	12,65	20,89
21	25,09	8,80	10,28	19,09
22	24,13	8,74	9,92	18,66

1997 yılı Ağustos ayı Diyarbakır ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	25,54	7,24	16,72	23,96
6	23,58	8,35	14,01	22,37
7	24,29	6,95	17,08	24,03
8	24,43	6,59	17,72	24,31
9	25,12	6,72	17,27	23,99
10	24,99	6,74	17,11	23,85
11	24,92	7,50	15,25	22,76
12	24,65	7,02	16,23	23,25
13	25,49	6,74	16,72	23,46
14	21,05	7,51	14,79	22,3
15	25,89	6,61	16,64	23,25
16	25,55	6,24	17,43	23,67
17	24,84	6,37	17,05	23,43
18	24,83	6,14	17,53	23,67
19	23,64	6,45	16,52	22,97
20	23,23	7,27	14,46	21,73
21	24,66	6,05	16,99	23,04
22	23,47	5,94	17,16	23,11

1997 yılı Eylül ayı Antalya ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	24,01	3,32	20,10	23,43
7	24,23	3,15	20,80	23,96
8	24,46	3,45	19,24	22,69
9	23,23	3,08	19,99	23,07
10	22,03	3,29	19,18	22,47
11	20,21	4,04	17,51	21,56
12	22,77	3,85	17,75	21,59
13	22,94	3,05	19,14	22,19
14	22,08	3,10	18,81	21,91
15	21,58	2,74	19,98	22,72
16	20,24	4,08	16,38	20,46
17	20,12	3,91	16,63	20,53
18	18,54	5,30	13,64	18,95
19	16,38	6,44	10,70	17,15
20	12,98	7,89	6,22	14,11
22	20,58	3,44	16,57	20
23	21,22	2,72	17,85	20,57
24	20,9	3,23	16,56	19,79
25	19,59	8,44	9,77	18,2
26	13,31	7,37	6,53	13,9
27	8,64	7,13	3,56	10,69
28	18,3	4,18	13,71	17,89
29	18,23	3,89	14,06	17,96
30	14,47	6,96	6,44	13,41

1997 yılı Eylül ayı Artvin ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	21,19	4,08	16,98	21,06
7	20,18	4,07	16,82	20,89
8	20,31	4,92	14,77	19,69
9	20,52	4,62	15,17	19,79
10	19,77	3,59	17,05	20,64
11	17,44	5,00	13,94	18,95
12	14,27	6,50	10,33	16,83
13	21,16	3,84	15,81	19,65
14	20,23	3,65	15,97	19,62
15	19,47	3,14	16,79	19,93
16	10,52	2,98	16,96	19,93
17	12,12	2,97	16,72	19,69
18	16,61	4,11	14,20	18,31
19	16,46	3,85	14,70	18,56
20	14,95	4,43	12,89	17,32
22	5,19	6,86	3,40	10,27
23	7,61	5,39	10,24	15,63
24	17,2	3,80	13,59	17,39
25	17,34	3,39	14,22	17,6
26	5,3	6,43	6,41	12,84
27	13,27	6,61	4,43	11,04
28	3,55	6,31	2,40	8,71
29	11,9	4,92	9,75	14,68
30	12,04	6,17	6,39	12,56

1997 yılı Eylül ayı Edirne ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	13,19	8,20	4,08	12,28
7	12,61	8,02	3,44	11,47
8	14,63	7,82	5,98	13,79
9	14,35	7,76	5,40	13,16
10	11,87	7,90	2,33	10,23
11	14,39	7,64	4,78	12,42
12	15,04	7,45	5,71	13,16
13	14,97	7,33	6,04	13,37
14	14,5	7,56	5,85	13,41
15	14,68	7,16	5,15	12,31
16	4,62	4,69	0,07	4,76
17	4,85	5,70	0,69	6,39
18	7,13	6,00	0,84	6,84
19	10,77	7,08	3,51	10,58
20	13,09	7,33	4,80	12,14
22	14,14	7,19	4,63	11,82
23	11,73	6,51	4,21	10,73
24	10,67	5,54	4,23	9,77
25	10,56	5,48	4,40	9,88
26	10,55	6,35	2,68	9,03
27	9,9	5,41	4,08	9,49
28	10,95	5,31	4,00	9,31
29	11,07	5,57	4,76	10,34
30	11,08	5,18	3,71	8,89

1997 yılı Eylül ayı Kayseri ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	23,12	8,21	8,90	17,11
7	22,4	8,22	8,89	17,11
8	22,59	7,87	9,24	17,11
9	21,05	7,65	9,60	17,25
10	21,47	7,55	9,60	17,15
11	16,19	8,39	6,01	14,39
12	18,87	8,38	6,19	14,57
13	20,65	7,61	8,76	16,37
14	19,82	7,28	9,37	16,65
15	19,87	7,20	9,20	16,41
16	19,24	7,45	8,25	15,7
17	18,35	7,91	5,18	13,09
18	17,73	7,37	7,80	15,17
19	17,46	7,08	8,37	15,45
20	15,85	7,67	5,46	13,12
22	14,79	7,60	3,09	10,69
23	17,78	7,20	6,49	13,69
24	19,31	6,45	8,72	15,17
25	14,85	7,16	2,75	9,91
26	18,17	7,13	5,86	12,98
27	3,35	5,83	0,70	6,53
28	15,55	7,14	4,15	11,29
29	14,54	6,83	5,69	12,52
30	15,42	6,92	4,30	11,22

1997 yılı Eylül ayı Kütahya ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	19,84	6,64	12,06	18,7
7	19,73	6,25	12,59	18,84
8	19,53	5,71	13,41	19,12
9	19,19	5,68	13,30	18,98
10	17,73	6,57	11,18	17,75
11	18,46	8,16	7,57	15,73
12	19,65	5,84	12,33	18,17
13	19,44	5,74	12,29	18,03
14	18,76	5,27	13,18	18,45
15	17,49	5,19	13,26	18,45
16	17,87	6,43	10,32	16,76
17	14,79	7,61	6,26	13,87
18	15,65	7,62	6,67	14,29
19	15,27	7,54	6,68	14,22
20	6,76	7,11	1,49	8,61
22	17,51	6,27	8,66	14,92
23	17,64	5,44	10,86	16,3
24	15,56	5,23	11,07	16,3
25	14,07	6,61	5,56	12,17
26	12,89	6,53	7,69	14,22
27	15,9	5,58	9,59	15,17
28	15,21	5,51	9,52	15,03
29	15,89	5,01	10,37	15,38
30	14,63	5,44	8,99	14,43

1997 yılı Eylül ayı Van ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	23,77	4,46	16,92	21,38
7	23,68	3,34	19,13	22,47
8	23,45	4,31	16,62	20,92
9	22,74	2,85	19,55	22,4
10	22,7	2,37	21,30	23,67
11	21,8	2,34	21,01	23,36
12	22,14	2,82	19,12	21,94
13	20,34	5,98	12,44	18,42
14	22,79	2,29	20,08	22,37
15	22,81	2,23	20,14	22,37
16	21,97	2,19	20,67	22,86
17	21,3	2,21	19,67	21,87
18	19,53	2,15	20,04	22,19
19	19,33	2,07	19,77	21,84
20	19,46	2,13	19,14	21,27
22	19,82	5,93	10,87	16,79
23	21,75	4,92	12,61	17,53
24	20,47	3,78	14,61	18,38
25	19,49	3,20	15,47	18,66
26	19,81	3,21	15,35	18,56
27	14,97	6,34	8,41	14,75
28	16,35	6,73	6,89	13,62
29	17,76	6,34	7,77	14,11
30	18,33	5,01	10,90	15,91

1997 yılı Eylül ayı Adana ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	27,65	6,61	13,22	19,83
7	26,92	6,44	13,42	19,86
8	26,25	6,86	12,30	19,16
9	25,08	6,35	13,02	19,37
10	23,27	7,40	10,52	17,92
11	19,3	8,62	6,23	14,85
12	22,82	7,68	9,18	16,86
13	24,95	6,59	11,75	18,35
16	20,73	8,24	6,33	14,57
24	21,14	6,47	9,47	15,95
27	8,23	5,89	1,59	7,48
28	15,43	6,98	2,62	15,43
29	13,43	6,85	2,36	13,43
30	13,76	6,96	3,42	13,76

1997 yılı Eylül ayı Ankara ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	22,33	6,57	12,06	18,63
7	22	6,25	12,42	18,66
8	22,03	5,63	13,52	19,16
9	21,47	5,50	13,80	19,3
10	20,85	6,09	12,08	18,17
11	19,04	7,81	6,20	14,01
12	21,15	6,36	11,14	17,5
13	21,57	5,40	12,99	18,38
14	19,94	4,88	14,13	19,02
15	20,22	5,73	11,91	17,64
16	20,17	5,44	12,09	17,53
17	17,23	7,43	4,64	12,07
18	19,09	7,38	6,66	14,04
19	18,36	5,92	10,31	16,23
20	13,44	7,18	3,73	10,9
22	17,48	6,81	5,36	12,17
23	20,19	5,98	9,40	15,38
24	18,89	5,28	10,81	16,09
25	13,94	6,64	5,99	12,63
26	19,31	6,01	8,21	14,22
27	16,22	6,46	5,22	11,68
28	18,13	6,27	7,17	13,44
29	17,78	5,18	9,85	15,03
30	17,76	6,14	6,85	12,98

1997 yılı Eylül ayı İstanbul ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	15,09	8,31	6,72	15,03
7	16	8,09	5,50	13,58
8	19,79	6,31	11,75	18,06
9	17,14	7,13	9,46	16,58
10	15,47	7,90	7,17	15,06
11	17,17	7,86	6,93	14,78
12	19,21	6,33	10,68	17
13	18,21	6,02	11,16	17,18
14	18,11	5,92	11,12	17,04
15	15,94	7,21	6,09	13,3
16	9,93	7,33	1,98	9,31
17	7,74	7,04	1,43	8,47
18	5,12	6,53	0,92	7,44
19	4,1	5,98	0,87	6,84
20	11,57	6,74	5,61	12,35
22	13,34	6,58	5,20	11,78
23	14,74	6,92	5,42	12,35
24	14,94	6,51	4,85	11,36
25	12,92	6,68	5,88	12,56
26	13,95	6,55	5,94	12,49
27	14,49	6,44	5,94	12,38
28	11,8	6,54	5,21	11,75
29	13,99	5,25	8,93	14,18
30	14,26	6,40	4,71	11,11

1997 yılı Eylül ayı Samsun ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	16,03	8,01	8,21	16,23
7	20,67	7,91	8,22	16,12
8	20,29	5,95	12,65	18,59
9	20,5	5,24	13,81	19,05
10	20,36	4,87	14,28	19,16
11	4,22	7,27	1,20	8,47
12	12,77	6,98	8,65	15,63
13	20,31	6,50	10,05	16,55
14	19,09	4,60	13,99	18,59
15	17,38	6,03	10,63	16,65
16	18,16	6,43	9,20	15,63
17	7,33	7,10	4,29	11,4
18	9,02	6,97	4,11	11,08
19	14,42	7,21	6,02	13,23
20	4,57	6,52	1,14	7,66
22	12,65	3,74	7,20	10,94
23	6,47	6,51	4,53	11,04
24	18,97	3,98	13,10	17,08
25	8,81	6,57	3,84	10,41
26	10,01	6,32	3,98	10,3
27	16,7	6,33	6,41	12,74
28	12,21	6,56	4,66	11,22
29	4,43	5,28	4,14	9,42
30	16,24	6,27	5,94	12,21

1997 yılı Eylül ayı Şanlıurfa ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	21,01	4,11	16,95	21,06
7	19,31	4,08	16,81	20,89
8	20,62	4,96	14,72	19,69
9	20,08	4,63	15,16	19,79
10	18,97	3,57	17,07	20,64
11	18,87	4,95	14,00	18,95
12	20,05	6,50	10,33	16,83
13	20,08	3,84	15,81	19,65
14	22,59	3,67	15,94	19,62
15	21,19	3,17	16,76	19,93
16	19,48	3,01	16,92	19,93
17	19,38	3,00	16,69	19,69
18	19,75	4,18	14,14	18,31
19	18,87	3,86	14,69	18,56
20	19,45	6,00	9,10	15,1
22	17,15	6,86	3,40	10,27
23	17,5	5,39	10,24	15,63
24	19,2	3,81	13,58	17,39
25	19,18	3,43	14,18	17,6
26	18,89	6,43	6,41	12,84
27	14,09	6,49	4,55	11,04
28	11,69	6,31	2,40	8,71
29	16,27	4,93	9,74	14,68
30	18,3	6,17	6,39	12,56

1997 yılı Eylül ayı İzmir ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	20,3	6,29	13,37	19,65
7	20,65	6,22	13,33	19,55
8	20,86	6,39	12,59	18,98
9	20,07	5,41	14,84	20,25
10	19,07	4,95	15,72	20,67
11	19,15	6,83	11,09	17,92
12	21,58	5,91	12,82	18,73
13	20,6	5,36	13,87	19,23
14	19,48	4,66	15,45	20,11
15	19,47	5,45	13,32	18,77
16	19,09	6,90	9,93	16,83
17	19,36	5,75	12,14	17,89
18	18,69	5,87	11,66	17,53
19	14,54	7,28	5,42	12,7
20	14,16	7,37	5,79	13,16
22	20,37	4,96	12,57	17,53
23	20,09	4,81	12,79	17,6
24	18,52	4,39	13,67	18,06
25	17,84	6,76	8,59	15,35
26	19,26	5,55	10,60	16,16
27	19,34	5,12	11,32	16,44
28	18,73	5,93	9,52	15,45
29	18,65	4,43	12,29	16,72
30	17,65	6,22	8,64	14,85

1997 yılı Eylül ayı Diyarbakır ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
5	25,46	3,39	19,44	22,83
7	25,71	4,70	16,64	21,34
8	24,2	5,13	15,33	20,46
9	23,94	4,27	16,90	21,17
10	23,5	3,72	17,91	21,63
11	22,86	3,86	17,38	21,24
12	24,36	5,14	14,62	19,76
13	24,64	5,13	14,42	19,55
14	23,96	4,39	15,69	20,07
15	22,91	3,56	17,22	20,78
16	22,21	3,47	17,17	20,64
17	20,98	4,61	14,87	19,47
18	20,98	3,37	16,91	20,29
19	19,77	3,34	16,77	20,11
20	21,41	3,69	15,85	19,55
22	17,98	6,57	9,76	16,33
23	20,02	6,50	9,66	16,16
24	21,40	3,31	15,77	19,09
25	19,39	4,05	14,29	18,35
26	19,55	5,84	10,28	16,12
27	12,71	7,44	5,55	12,98
28	15,02	7,51	4,34	11,85
29	18,87	5,68	9,53	15,21
30	15,80	6,78	6,98	13,76

1997 yılı Ekim ayı Antalya ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	16,48	5,19	10,90	16,09
2	17,46	3,78	13,79	17,57
3	14,49	5,86	8,68	14,54
4	5,65	6,55	1,91	8,47
5	16,88	4,49	11,63	16,12
6	18,15	2,81	15,11	17,92
7	18,01	2,40	15,95	18,35
8	17,98	2,17	16,31	18,49
9	18,21	3,97	11,98	15,95
10	17,93	2,86	14,21	17,08
11	16,94	2,78	14,15	16,93
13	11,7	6,00	4,27	10,27
14	15,26	3,77	11,36	15,14
15	15,17	2,46	13,66	16,12
16	12,46	5,63	6,51	12,14
18	11,83	5,92	4,84	10,76
19	9,39	5,55	2,57	8,11
20	3,66	5,42	2,27	7,69
21	11,6	4,63	6,31	10,94
22	15,13	3,76	9,37	13,12
23	8,46	5,48	3,41	8,89
24	4,04	5,16	2,11	7,27
25	3,94	5,14	1,24	6,39
27	11,87	3,51	8,90	12,42
28	13,16	3,57	8,53	12,1
29	14,2	1,27	14,04	15,31
30	12,91	3,17	9,11	12,28
31	8,24	3,71	7,26	10,97

1997 yılı Ekim ayı Artvin ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	5,85	6,04	3,98	10,02
2	9,05	6,08	5,56	11,64
3	15,96	3,22	12,76	15,98
4	13,82	5,99	4,70	10,69
5	5,35	5,88	4,91	10,8
6	7,97	4,58	9,01	13,58
7	7,91	2,49	13,42	15,91
8	15,76	3,04	11,88	14,92
9	14,93	2,60	12,85	15,45
10	13,13	3,95	9,42	13,37
11	11,89	4,97	6,67	11,64
13	9,49	3,18	10,09	13,27
14	9,25	2,27	11,98	14,25
15	13,62	2,71	10,70	13,41
16	11,91	2,32	11,40	13,72
17	10,8	3,75	7,85	11,61
18	10,45	3,73	7,67	11,4
19	1,91	4,95	3,56	8,5
20	10,46	3,15	8,95	12,1
21	10,73	3,72	7,11	10,83
22	4,61	4,65	4,63	9,28
23	10,41	2,89	8,97	11,85
24	11,78	3,66	6,54	10,2
25	8,94	4,30	5,26	9,56
26	5,18	4,35	3,94	8,29
27	6,23	4,59	3,17	7,76
28	5,34	4,00	5,53	9,53
29	10,02	2,85	7,74	10,58
30	4,27	3,97	4,92	8,89
31	6,38	1,27	10,97	12,24

1997 yılı Ekim ayı Edirne ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	6,38	4,91	0,66	5,57
2	11,24	5,07	3,33	8,4
3	5,12	5,73	0,98	6,7
4	12,02	5,35	4,32	9,67
5	11,73	5,86	4,62	10,48
6	11,15	5,72	4,86	10,58
7	10,62	5,65	4,68	10,34
8	10,6	5,47	4,84	10,3
9	9,52	5,84	2,83	8,68
10	8,9	5,37	3,77	9,14
11	7,85	5,45	1,96	7,41
13	5	5,13	1,78	6,91
14	3,39	3,79	0,41	4,2
15	3,84	3,89	0,59	4,48
16	4,04	4,47	0,83	5,29
17	10,19	4,64	3,86	8,5
18	8	4,83	1,62	6,46
19	5,41	4,33	0,85	5,19
20	6,12	3,68	0,80	4,48
21	9,1	4,32	4,08	8,4
22	6,69	4,57	1,99	6,56
23	5,73	4,17	0,94	5,12
24	4,41	4,09	0,88	4,97
25	2,38	1,02	0,00	1,02
26	8,61	4,00	3,55	7,55
27	7,89	3,96	3,27	7,23
28	5,11	3,90	0,75	4,66
29	1,51	0,74	0,00	0,74
30	6,26	3,91	0,96	4,87
31	3,09	2,67	1,03	3,7

1997 yılı Ekim ayı Kayseri ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	10,93	6,53	2,22	8,75
2	8,07	6,54	2,49	9,03
3	16,26	6,59	5,83	12,42
4	12,27	6,70	3,14	9,84
5	6,98	6,10	0,96	7,06
6	13,1	6,51	4,25	10,76
7	16,44	5,89	7,09	12,98
8	16,45	5,46	8,05	13,51
9	15,28	5,50	7,59	13,09
10	13,72	5,87	6,06	11,92
11	14,38	5,24	7,71	12,95
13	9,87	6,20	3,08	9,28
14	13,85	5,06	7,29	12,35
15	13,14	4,59	6,84	11,43
16	9,44	5,33	4,83	10,16
17	9,27	4,03	4,05	8,08
18	3,5	4,14	1,92	6,07
19	8,61	3,96	2,99	6,95
20	6,95	3,97	2,41	6,39
21	7,85	3,78	4,01	7,8
22	12,17	5,15	4,62	9,77
23	9,19	4,62	4,38	9
24	6,84	4,91	2,08	6,99
25	8,7	4,88	2,21	7,09
26	2,91	3,68	2,00	5,68
27	8,62	4,76	2,44	7,2
28	10,89	4,61	4,46	9,07
29	9,82	4,62	4,77	9,38
30	8,95	4,54	4,14	8,68
31	14,15	3,38	6,53	9,91

1997 yılı Ekim ayı Kütahya ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	6,16	2,14	1,18	9,98
2	14,8	2,35	2,23	12,56
3	15,55	2,14	3,28	13,72
4	1,93	1,81	0,26	6,88
5	14,74	2,29	2	11,78
6	13,78	1,77	4,66	14,92
7	13,36	1,64	5,04	15,14
8	12,96	1,62	5,04	14,99
9	13,68	1,59	5,08	14,92
10	12,32	1,72	4,55	14,25
11	12,64	1,58	5,01	14,75
13	9	1,9	1,25	9,42
14	12,37	1,97	1,84	10,83
15	9,38	1,96	2,05	11,15
16	5,7	1,61	0,39	6,53
17	2,13	1,68	0,79	7,66
18	1,45	1,29	0,36	5,19
19	1,36	1,44	0,31	5,75
20	3,08	1,62	0,63	7,06
21	6,73	1,54	0,42	6,35
22	8,5	1,78	1,57	9,42
23	7,7	1,61	0,91	7,55
24	8,39	1,59	0,94	7,55
25	5,4	1,47	0,4	6,03
26	4,16	1,12	0,2	4,27
27	2,96	1,44	0,42	5,96
28	10,16	1,7	1,78	9,31
29	4,55	1,68	2	9,63
30	5,75	1,59	1,25	8,01
31	11,48	1,64	2,05	9,49

1997 yılı Ekim ayı Van ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	15,06	6,68	5,88	12,56
2	6,54	6,74	4,93	11,68
3	19,64	3,66	13,02	16,69
4	18,52	3,62	12,89	16,51
5	12,34	5,26	9,24	14,5
6	18,58	3,77	12,07	15,84
7	18,7	3,32	12,94	16,26
8	18,9	1,96	16,46	18,42
9	17,82	1,98	16,33	18,31
10	16,94	2,09	15,16	17,25
11	13,74	4,72	9,01	13,72
13	17,24	3,00	12,42	15,42
14	17,32	2,04	14,75	16,79
15	16,64	1,78	14,77	16,55
16	16,46	1,77	14,71	16,48
17	13,52	2,35	12,82	15,17
18	16,14	2,42	12,22	14,64
19	5,75	3,95	3,85	7,8
20	13,1	3,96	7,86	11,82
21	10,7	4,16	6,67	10,83
22	12,78	3,93	7,43	11,36
23	16,04	3,03	9,91	12,95
24	16,68	3,50	8,32	11,82
25	15,58	2,96	9,60	12,56
26	13,49	2,49	10,67	13,16
27	4,28	4,39	4,18	8,57
28	8,62	4,73	4,83	9,56
29	12,04	2,66	9,58	12,24
30	12,35	2,37	10,12	12,49
31	12,21	2,84	8,70	11,54

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

1997 yılı Ekim ayı Erzurum ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	8,21	6,77	3,25	10,02
2	8,59	6,50	5,15	11,64
3	17,51	3,68	12,31	15,98
4	7,63	6,48	4,20	10,69
5	8,31	6,35	4,45	10,80
6	12,31	5,26	8,32	13,58
7	16,20	2,89	13,03	15,91
8	16,10	3,53	11,40	14,92
9	14,92	2,96	12,49	15,45
10	12,81	4,63	8,74	13,37
11	9,9	5,48	6,16	11,64
13	10,96	4,23	9,04	13,27
14	13,33	3,03	11,22	14,25
15	12,85	3,44	9,97	13,41
16	11,97	3,09	10,63	13,72
17	9,73	3,98	7,63	11,61
18	9,9	3,99	7,41	11,4
19	2,16	4,86	3,64	8,5
20	10,94	3,47	8,63	12,1
21	9,73	3,84	6,99	10,83
22	6,35	4,78	4,50	9,28
23	10,86	3,20	8,65	11,85
24	10,11	3,70	6,50	10,2
25	7,86	4,66	4,90	9,56
26	4,74	4,21	4,08	8,29
27	3,25	3,17	4,59	7,76
28	6,84	4,34	5,18	9,53
29	9,18	3,04	7,55	10,58
30	8	4,31	4,58	8,89
31	12,04	1,99	10,26	12,24

1997 yılı Ekim ayı Adana ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	12,81	6,85	2,01	8,86
4	17,69	6,53	6,94	13,48
5	10,49	6,51	1,89	8,4
6	18,47	6,49	6,21	12,7
8	19,77	4,80	10,23	15,03
11	15,66	6,22	6,06	12,28
15	16,63	4,44	9,56	14,01
19	12,59	5,78	3,89	9,67
20	2,76	4,32	1,14	5,47
21	6,2	4,18	0,93	5,12
22	13,07	5,54	3,88	9,42
23	14,15	5,44	4,12	9,56
24	4,36	5,18	2,76	7,94
25	12,61	5,56	3,05	8,61
26	2,44	4,72	0,99	5,72
28	12,65	4,99	4,82	9,81
29	13,6	4,92	4,75	9,67
30	15,28	4,02	6,70	10,73

1997 yılı Ekim ayı Ankara ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	12,23	6,41	3,08	9,49
2	14,62	6,36	3,41	9,77
3	15,71	5,92	7,13	13,05
4	4,72	5,10	1,14	6,24
5	15,3	5,94	5,49	11,43
6	16,83	4,03	10,78	14,82
7	16,68	3,85	10,97	14,82
8	16,1	3,74	11,33	15,06
9	15,5	3,57	11,42	14,99
10	16,3	3,60	11,15	14,75
11	15,42	3,27	11,58	14,85
13	12,21	5,39	3,54	8,93
14	10,27	5,61	4,27	9,88
15	15,65	4,08	8,20	12,28
16	11,98	5,38	4,61	9,98
17	12,11	5,35	4,32	9,67
18	3,09	4,00	0,66	4,66
19	5,37	5,01	1,24	6,24
20	8,94	4,72	1,14	5,86
21	8,59	4,99	1,57	6,56
22	12,56	5,05	3,87	8,93
23	11,65	4,96	3,76	8,71
24	5,17	4,52	1,19	5,72
25	1,86	3,64	1,06	4,69
26	3,04	2,86	0,03	2,89
27	6,56	4,59	1,34	5,93
28	9,47	4,55	2,40	6,95
29	11,96	4,39	4,89	9,28
30	9,44	4,42	2,36	6,77
31	13,31	2,87	8,17	11,04

1997 yılı Ekim ayı İstanbul ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	4,5	6,06	1,28	7,34
2	14,72	5,14	3,99	9,14
3	9,39	5,09	3,91	9
4	7,72	5,03	3,41	8,43
5	12,91	4,80	8,64	13,44
6	12,82	4,58	8,97	13,55
7	13,78	4,11	9,86	13,97
8	14,52	4,27	9,21	13,48
9	13,59	5,11	6,96	12,07
10	13,56	4,36	8,37	12,74
11	13,88	4,89	7,00	11,89
13	5,71	5,15	1,30	6,46
14	5,93	5,15	1,98	7,13
15	5,96	5,03	1,63	6,67
16	1,73	3,89	0,80	4,69
17	2,57	4,45	0,74	5,19
18	2,99	3,77	0,71	4,48
19	2,62	4,51	1,10	5,61
20	2,72	3,71	0,94	4,66
21	5,46	4,97	2,72	7,69
22	9,37	4,61	2,59	7,2
23	6,43	4,79	2,51	7,3
24	8,29	4,73	2,82	7,55
25	0,9	3,42	0,88	4,3
26	3,2	4,26	1,03	5,29
27	10,6	4,24	4,61	8,86
28	9,22	3,96	3,24	7,2
29	2,26	4,13	1,06	5,19
30	6,9	4,07	0,97	5,05
31	5,28	3,71	3,06	6,77

1997 yılı Ekim ayı Samsun ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	10,85	6,28	4,80	11,08
2	9,65	6,09	4,14	10,23
3	11,18	4,95	8,74	13,69
4	2,44	5,66	0,79	6,46
5	4,42	4,95	3,27	8,22
6	14,75	5,72	5,29	11,01
7	15,35	3,76	10,46	14,22
8	15,67	2,93	12,13	15,06
9	15,46	2,98	11,91	14,89
10	14,38	2,89	11,75	14,64
11	14,74	2,21	13,25	15,45
13	10,5	5,25	5,55	10,8
14	14,39	5,18	5,37	10,55
15	14,09	3,07	9,91	12,98
16	11,14	4,18	6,79	10,97
17	3,25	4,82	1,15	5,96
18	1,32	2,72	0,04	2,75
19	6,39	4,85	1,93	6,77
20	3,1	3,63	0,71	4,34
21	10,76	4,13	4,69	8,82
22	6,08	4,60	1,61	6,21
23	11,15	4,05	4,77	8,82
24	8,07	4,76	3,18	7,94
25	3,93	4,41	2,47	6,88
26	2,06	1,38	0,00	1,38
27	8,65	4,26	2,66	6,91
28	6,55	4,46	2,59	7,06
29	11,01	3,61	5,56	9,17
30	1,03	2,74	0,97	3,7
31	9,17	3,63	3,78	7,41

1997 yılı Ekim ayı Şanlıurfa ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	14,54	6,09	3,93	10,02
2	8,87	6,08	5,56	11,64
3	13,68	3,23	12,75	15,98
4	14,97	5,99	4,70	10,69
5	16,12	2,31	8,48	10,8
6	11,25	4,58	9,01	13,58
7	17,27	2,47	13,44	15,91
8	16,89	3,04	11,88	14,92
9	14,45	2,66	12,79	15,45
10	12,56	3,95	9,42	13,37
11	14,25	4,97	6,67	11,64
13	16,98	3,18	10,08	13,27
14	14,22	2,24	12,01	14,25
15	13,29	2,71	10,70	13,41
16	14,01	2,31	11,41	13,72
17	8,35	3,75	7,85	11,61
18	6,38	3,72	7,67	11,4
19	12,85	4,95	3,56	8,5
20	12,86	3,19	8,91	12,1
21	14,44	3,72	7,11	10,83
22	14,87	4,65	4,63	9,28
23	14,71	2,89	8,96	11,85
24	12,72	3,66	6,54	10,2
25	14,53	4,30	5,26	9,56
26	10,86	4,35	3,94	8,29
27	6,4	4,57	3,20	7,76
28	11,09	4,00	5,53	9,53
29	11,09	2,85	7,73	10,58
30	10,51	3,97	4,92	8,89
31	13,46	1,28	10,97	12,24

1997 yılı Ekim ayı İzmir ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	16,27	5,92	8,13	14,04
2	16,59	4,44	11,65	16,09
3	13,5	6,37	6,93	13,3
4	10,32	5,89	4,30	10,2
5	17,84	4,79	10,34	15,14
6	17,92	3,62	12,72	16,33
7	17,02	3,03	14,12	17,15
8	16,75	3,06	13,77	16,83
9	16,21	3,10	13,34	16,44
10	16,31	2,99	13,35	16,33
11	16,7	3,25	12,49	15,73
13	9,51	5,94	3,87	9,81
14	15,65	4,67	8,21	12,88
15	11,9	5,45	2,70	8,15
16	9,68	5,34	3,48	8,82
17	10,41	4,96	6,58	11,54
18	5,48	5,18	3,28	8,47
19	4,79	5,07	3,18	8,26
20	5,81	5,19	2,08	7,27
21	11,47	5,07	4,63	9,7
22	12,76	4,37	6,88	11,25
23	3,47	5,01	2,50	7,51
24	9,81	4,45	4,82	9,28
25	3,01	4,58	1,17	5,75
26	10,58	4,64	4,99	9,63
27	14,95	3,14	8,75	11,89
28	14,11	2,68	9,84	12,52
29	13,05	2,27	10,64	12,91
30	14,17	2,98	8,52	11,5
31	12,01	4,13	5,29	9,42

1997 yılı Ekim ayı Diyarbakır ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	12,09	7,28	4,29	11,57
2	9,78	6,97	3,97	10,94
3	17,93	5,28	9,51	14,78
4	13,69	5,59	8,63	14,22
5	17,76	5,82	7,87	13,69
6	12,77	6,88	4,52	11,4
7	19,24	4,43	10,84	15,28
8	18,18	3,22	13,15	16,37
9	16,55	3,05	13,42	16,48
10	15,64	6,34	5,26	11,61
11	14,6	5,12	8,26	13,37
13	17,19	4,10	10,15	14,25
14	16,75	2,79	13,05	15,84
15	14,67	3,02	12,26	15,28
16	14,76	3,02	11,62	14,64
17	10,85	5,77	4,92	10,69
18	9,71	4,54	7,06	11,61
19	9,45	5,19	3,88	9,07
20	10,47	3,99	4,40	8,4
21	9,5	4,97	4,31	9,28
22	10,88	5,32	4,95	10,27
23	14,11	3,99	7,55	11,54
24	12,81	3,73	8,08	11,82
25	13,12	4,05	6,50	10,55
26	13,46	5,04	4,59	9,63
27	4,24	4,89	1,57	6,46
28	9,42	3,46	4,69	8,15
29	9,57	3,41	4,53	7,94
30	13,84	2,94	9,16	12,1
31	13,83	3,00	8,71	11,71

1997 yılı Kasım ayı Antalya ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	13,24	2,64	10,28	12,91
2	8,94	4,74	5,14	9,88
3	8,54	4,82	3,65	8,47
5	12,89	1,21	12,90	14,11
6	10,65	2,40	9,81	12,21
9	11,97	1,18	12,69	13,87
10	12,49	1,06	13,09	14,15
11	12,96	1,75	10,63	12,38
13	10,88	2,06	9,72	11,78
17	11,1	2,42	8,94	11,36
18	10,66	3,64	6,14	9,77
19	6,84	2,02	9,34	11,36
20	5,93	3,92	4,62	8,54
21	6,88	3,56	5,41	8,96
22	2,08	4,49	0,62	5,12
23	9,57	2,44	7,75	10,2
24	9,12	2,58	7,23	9,81
25	5,06	3,85	3,34	7,2
30	6,86	3,24	4,98	8,22
31	9,57	1,14	9,80	10,94

1997 yılı Kasım ayı Artvin ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	10,67	1,77	9,70	11,47
2	10,29	3,86	3,97	7,83
3	9,9	3,30	5,80	9,1
5	10,98	2,50	7,24	9,74
6	9,76	1,32	9,90	11,22
9	9	0,99	10,69	11,68
10	9,42	1,34	9,13	10,48
11	8,44	1,33	8,97	10,3
13	8,41	1,31	8,92	10,23
17	8,47	1,23	8,96	10,2
18	7,32	1,61	8,31	9,91
19	7,48	1,65	7,77	9,42
20	7,12	1,20	8,64	9,84
21	7,48	1,48	7,44	8,93
22	7,53	2,63	4,71	7,34
23	7,08	2,58	4,69	7,27
24	6,48	1,88	6,51	8,4
25	7,32	1,29	7,53	8,82

1997 yılı Kasım ayı Edirne ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	4,77	3,44	0,40	3,85
2	3,44	1,38	0,00	1,38
3	7,67	3,43	3,02	6,46
5	7,39	3,28	3,53	6,81
6	7,08	3,23	3,40	6,63
9	5,07	4,02	1,31	5,33
10	4,67	4,06	0,85	4,9
11	5,31	4,07	0,80	4,87
13	3,27	3,28	0,07	3,35
17	3,92	3,97	0,79	4,76
18	4,86	3,64	0,17	3,81
19	3,01	1,94	0,00	1,94
20	2,39	2,22	0,71	2,93
21	2,39	1,23	0,00	1,23
22	1,32	1,02	0,00	1,02
23	5,79	3,39	1,69	5,08
24	1,46	1,23	0,00	1,23
25	3,14	2,19	0,10	2,29
30	1,27	0,81	0,00	0,81

1997 yılı Kasım ayı Kayseri ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	12,53	3,38	6,33	9,7
2	11,64	3,15	7,16	10,3
3	9,33	4,15	4,39	8,54
5	11,73	3,98	5,26	9,24
6	12,42	2,97	6,83	9,81
9	11,69	2,41	8,03	10,44
10	11,11	2,38	7,92	10,3
11	10,52	2,30	8,00	10,3
13	10,25	2,41	7,50	9,91
17	9,58	2,52	7,04	9,56
18	5,59	3,85	2,54	6,39
19	5,54	3,98	1,73	5,72
20	4,62	4,09	1,20	5,29
21	8,31	2,13	4,29	6,42
22	6,89	2,10	4,25	6,35
23	6,1	3,73	2,20	5,93
24	8,92	3,04	4,54	7,59
25	8,64	2,91	5,03	7,94
30	5,88	3,13	3,36	6,49
31	8,91	2,10	6,40	8,5

1997 yılı Kasım ayı Kütahya ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	10,99	2,88	8,05	10,94
2	9,86	3,39	6,53	9,91
3	7,38	3,00	7,26	10,27
5	10,82	2,25	8,90	11,15
6	9,42	2,68	7,69	10,37
9	8,44	2,50	7,63	10,13
10	8,37	1,81	9,06	10,87
11	7,16	3,53	4,83	8,36
13	6,96	2,47	7,48	9,95
17	8,17	2,35	7,60	9,95
18	5,66	3,95	1,48	5,43
19	4,83	4,04	0,37	4,41
20	5,81	3,05	2,88	5,93
21	5,53	3,53	2,54	6,07
22	6,67	3,38	3,22	6,6
23	4,19	3,81	1,51	5,33
24	7,05	3,05	4,18	7,23
25	5,1	3,74	1,73	5,47
30	3,88	2,93	2,44	5,36
31	3,08	3,05	3,02	6,07

1997 yılı Kasım ayı Van ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	14,69	1,94	10,97	12,91
2	4,26	3,31	6,39	9,7
3	12,79	2,95	7,53	10,48
5	6,42	3,79	3,94	7,73
6	14,32	1,48	11,54	13,02
9	14,62	1,45	12,81	14,25
10	10,72	1,53	10,67	12,21
11	6,89	2,84	6,26	9,1
13	9,76	1,80	9,42	11,22
17	12,12	1,25	11,87	13,12
18	10,7	2,00	8,37	10,37
19	10,47	2,22	7,34	9,56
20	12,49	1,43	9,11	10,55
21	11	1,14	10,40	11,54
22	11,23	1,93	7,99	9,91
23	12,13	2,52	5,91	8,43
24	10,53	1,78	8,27	10,05
25	11,22	1,08	10,21	11,29
30	10,42	1,04	9,62	10,65
31	3,16	2,80	4,64	7,44

1997 yılı Kasım ayı Erzurum ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	13,34	2,39	9,08	11,47
2	5,34	3,79	4,04	7,83
3	8,18	4,01	5,10	9,1
5	9,76	2,78	6,95	9,74
6	13,54	1,90	9,32	11,22
9	11,19	2,13	8,39	10,51
10	10,66	2,05	8,43	10,48
11	9,99	2,09	8,21	10,3
13	9,71	2,06	8,17	10,23
17	10,28	2,03	8,17	10,2
19	7,86	1,19	9,50	10,69
20	4,22	2,31	6,20	8,5
21	7,85	1,98	6,94	8,93
22	6,88	2,94	4,39	7,34
23	8,16	2,91	4,36	7,27
24	8,42	2,14	6,26	8,4
25	10,19	1,88	6,94	8,82
30	8,56	2,58	4,40	6,99
31	6,35	1,83	3,85	5,68

1997 yılı Kasım ayı Adana ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	11,89	3,86	6,40	10,26
2	10,02	4,59	4,40	8,99
3	4,12	3,41	0,66	4,07
5	10,96	3,77	5,81	9,58
6	11,20	3,16	7,31	10,47
9	11,00	2,66	8,15	10,81
10	9,90	2,61	8,02	10,64
11	10,51	2,74	7,73	10,47
13	10,02	3,53	5,57	9,10
17	8,47	3,94	4,37	8,31
18	6,30	4,32	1,32	5,64
19	2,96	2,48	0,43	2,91
20	1,72	2,41	0,80	3,21
21	7,07	3,31	3,66	6,98
22	5,24	4,31	0,51	4,82
23	8,05	4,11	1,71	5,81
24	8,78	3,10	5,42	8,52
25	9,04	3,11	4,41	7,52
30	4,31	3,88	1,32	5,20
31	4,28	3,87	1,30	5,16

1997 yılı Kasım ayı Ankara ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	12,88	2,99	7,53	10,51
2	11,4	3,44	6,37	9,81
3	10,17	3,39	6,31	9,7
5	12,06	2,56	8,09	10,65
6	10,3	3,79	5,10	8,89
9	9,97	2,45	7,67	10,13
10	9,67	2,33	7,86	10,2
11	9,42	2,65	6,73	9,38
13	8,92	2,56	6,86	9,42
17	8,69	2,32	7,52	9,84
18	4,55	3,92	0,17	4,09
19	4,04	4,02	0,67	4,69
20	1,98	3,97	1,07	5,05
21	6,08	3,07	2,69	5,75
22	8,49	3,36	2,99	6,35
23	4,95	3,96	0,59	4,55
24	7,53	3,25	3,10	6,35
25	6,88	3,92	0,74	4,66
30	4,77	3,65	0,34	3,99
31	2,91	3,65	0,61	4,27

1997 yılı Kasım ayı İstanbul ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	10,81	3,59	4,07	7,66
2	9,66	3,59	3,36	6,95
3	4,61	4,22	1,56	5,79
5	10,52	2,61	6,60	9,21
6	9,74	2,40	6,98	9,38
9	8,94	2,86	5,47	8,33
10	8,34	2,23	6,70	8,93
11	8,31	3,00	4,09	7,09
13	7,72	2,70	5,52	8,22
17	7,63	2,21	6,22	8,43
18	7,58	2,86	2,64	5,5
19	3,04	3,11	0,20	3,32
20	5,22	2,82	1,98	4,8
21	1,56	3,32	1,86	5,19
22	2,52	3,61	0,30	3,92
23	1,56	2,16	0,81	2,96
24	6,74	2,48	4,12	6,6
25	4,48	2,97	0,63	3,6
30	1,41	1,09	0,00	1,09
31	2,34	2,56	0,30	2,86

1997 yılı Kasım ayı Samsun ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	6,42	3,43	5,35	8,78
2	12,19	2,18	8,40	10,58
3	10,8	3,37	4,68	8,04
5	8,93	3,24	4,52	7,76
6	12,19	2,25	7,63	9,88
9	11,04	1,82	8,09	9,91
10	10,2	1,53	8,73	10,27
11	10,24	1,31	9,13	10,44
13	9,37	1,64	8,06	9,7
17	10,12	1,61	8,34	9,95
18	4,79	3,26	2,60	5,86
19	3,14	3,81	0,53	4,34
20	5,96	3,56	1,77	5,33
21	4,46	3,52	1,66	5,19
22	7,67	2,73	4,22	6,95
23	5,68	1,95	3,73	5,68
24	5,58	2,94	3,06	6
25	8,44	1,90	3,88	5,79
30	6,67	1,59	3,04	4,62
31	4,75	1,69	3,25	4,94

1997 yılı Kasım ayı Şanlıurfa ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	13,37	1,77	9,70	11,47
2	11,2	3,85	3,98	7,83
3	3,54	3,31	5,79	9,1
5	13,45	2,50	7,24	9,74
6	14,84	1,24	9,98	11,22
9	12,5	1,43	9,09	10,51
10	12,42	1,34	9,13	10,48
11	12,01	1,33	8,97	10,3
13	11,99	1,30	8,93	10,23
17	13,24	1,24	8,96	10,2
18	11,09	1,05	9,64	10,69
19	3,34	3,10	3,39	6,49
20	3,01	2,09	6,41	8,5
21	7,23	1,48	7,44	8,93
22	9,89	2,63	4,71	7,34
23	8,41	2,58	4,69	7,27
24	12,28	1,57	6,82	8,4
25	10,7	1,29	7,53	8,82
30	7,14	2,31	4,68	6,99
31	3,64	1,77	3,91	5,68

1997 yılı Kasım ayı İzmir ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	12,93	3,31	7,34	10,65
2	12,28	3,17	7,63	10,8
3	12,34	2,32	9,61	11,92
5	12,31	2,38	9,08	11,47
6	11,65	1,82	10,78	12,59
9	9,01	3,05	6,40	9,46
10	11,21	1,53	10,57	12,1
11	9,3	2,83	7,05	9,88
13	10,67	1,83	9,24	11,08
17	10,79	2,54	7,41	9,95
18	4,54	3,28	3,08	6,35
19	5,22	3,23	3,23	6,46
20	8,1	3,07	4,23	7,3
21	2,8	3,13	3,11	6,24
22	5,31	4,11	0,93	5,05
23	8,58	3,31	3,57	6,88
24	9,81	2,14	7,07	9,21
25	6,97	2,68	5,68	8,36
30	5,02	2,85	4,06	6,91
31	7,64	2,60	5,26	7,87

1997 yılı Kasım ayı Diyarbakır ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	13,46	4,52	5,15	9,67
2	2,93	3,39	0,46	3,85
3	9,1	4,42	2,39	6,81
5	13,42	2,97	7,65	10,62
6	14,4	1,79	10,77	12,56
9	13,59	1,51	11,12	12,63
10	12,83	2,08	9,35	11,43
11	12,97	2,06	9,23	11,29
13	12,76	1,40	11,05	12,45
17	12,29	2,83	9,30	12,14
18	10,72	2,61	6,77	9,38
19	3,95	4,27	0,99	5,26
20	7,29	4,13	1,62	5,75
21	9,82	3,30	4,85	8,15
22	9,19	3,18	5,11	8,29
23	11,08	3,45	3,96	7,41
24	11,88	1,45	8,96	10,41
25	11,15	1,26	9,35	10,62
30	8,49	3,19	3,90	7,09
31	3,67	3,94	0,40	4,34

1997 yılı Aralık ayı Antalya ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	0,5	4,11	0,37	4,48
2	5,39	3,89	1,90	5,79
3	8,44	2,43	6,57	9
4	8,29	2,26	6,98	9,24
5	5,68	3,06	4,92	7,97
6	4,04	3,23	3,72	6,95
7	1	3,90	1,29	5,19
8	5,05	3,21	2,75	5,96
9	8,21	2,96	4,98	7,94
10	9,62	1,27	9,24	10,51
11	7,53	1,64	7,67	9,31
12	8,07	1,58	7,81	9,38
13	7,16	2,74	5,34	8,08
14	2,11	3,78	1,20	4,97
15	4,52	3,17	2,65	5,82
16	8,33	2,27	6,38	8,64
17	9,09	1,55	7,76	9,31
18	10,27	2,04	7,06	9,1
19	10,74	1,16	9,60	10,76
20	9,09	1,61	8,02	9,63
21	2,37	3,18	2,54	5,72
23	9,22	1,64	7,81	9,46
24	8,71	1,25	9,16	10,41
25	9,75	0,85	10,12	10,97
26	9,32	0,95	10,34	11,29
27	8,02	2,13	6,90	9,03
28	1,03	3,80	1,18	4,97
29	7,26	3,31	3,21	6,53
30	7,86	2,08	7,17	9,24
31	10,23	0,87	10,38	11,25

1997 yılı Aralık ayı Artvin ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	6,6	1,23	7,48	8,71
2	6,63	2,04	5,02	7,06
3	3,29	1,69	3,78	5,47
4	6,49	1,79	5,47	7,27
5	3,45	1,66	3,77	5,43
6	6,24	2,14	4,46	6,6
7	5,37	2,27	3,73	6
8	3,11	1,63	3,84	5,47
9	4,68	2,23	3,69	5,93
10	2,85	2,51	2,79	5,29
11	6,79	1,35	5,85	7,2
12	6,47	1,86	4,21	6,07
13	6,09	1,31	5,89	7,2
14	3,81	1,91	3,91	5,82
15	4,48	1,66	4,93	6,6
16	3,81	1,90	3,89	5,79
17	2,49	2,43	2,80	5,22
18	3,5	2,42	2,77	5,19
19	4,3	1,16	6,46	7,62
20	6,12	1,87	3,95	5,82
21	5,48	2,36	2,93	5,29
23	3,23	1,49	5,53	7,02
24	3,15	2,44	2,78	5,22
25	1,85	2,44	2,78	5,22
26	5,41	1,59	5,12	6,7
27	6,59	2,44	2,78	5,22
28	6,09	1,83	4,77	6,6
29	6,77	1,84	4,82	6,67
30	5,5	2,48	2,78	5,26
31	2,63	2,49	2,80	5,29

1997 yılı Aralık ayı Edirne ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	1,43	1,98	0,03	2,01
2	2,45	1,62	0,00	1,62
3	4,01	2,50	0,32	2,82
4	3,97	2,47	1,30	3,77
5	5,8	2,20	2,10	4,3
6	1,61	0,74	0,00	0,74
7	0,69	0,71	0,00	0,71
8	1,46	0,85	0,00	0,85
9	5,55	2,90	1,34	4,23
10	5,15	2,67	2,09	4,76
11	3,89	2,88	0,82	3,7
12	2,31	1,20	0,00	1,2
13	1,28	1,76	0,00	1,76
14	2,75	1,94	0,00	1,94
15	0,97	0,95	0,00	0,95
16	6,05	2,81	1,32	4,13
17	6,6	2,44	2,39	4,83
18	6,47	2,37	2,67	5,05
19	3,7	2,73	0,20	2,93
20	2,3	0,74	0,00	0,74
23	3,21	2,65	0,10	2,75
24	4,12	2,79	0,20	3
25	5,06	2,83	0,87	3,7
26	2,81	2,68	0,14	2,82
27	4,06	2,65	0,10	2,75
28	2,01	1,80	0,00	1,8
29	1,68	1,31	0,00	1,31
30	4,52	2,89	1,14	4,02
31	4,63	2,86	1,51	4,37

1997 yılı Kasım ayı Kayseri ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	8,56	1,88	6,97	8,86
2	7,23	1,96	3,96	5,93
3	6,48	2,97	3,41	6,39
4	7,38	2,70	4,22	6,91
5	2,69	3,48	1,50	4,97
6	4,04	1,88	3,77	5,64
7	1,32	3,67	0,96	4,62
8	5,3	1,88	3,84	5,72
9	2,06	1,91	1,62	3,53
10	5,29	1,81	3,80	5,61
11	8,64	2,30	5,07	7,37
12	8,26	2,28	5,06	7,34
13	8,92	1,93	5,97	7,9
14	6,51	1,82	3,90	5,72
15	6,13	1,81	3,90	5,72
16	4,31	2,79	1,76	4,55
17	2,36	1,81	1,76	3,56
18	2,65	2,76	2,03	4,8
19	9,85	1,94	5,72	7,66
20	8,33	1,75	6,40	8,15
21	6,19	1,72	3,57	5,29
23	1,73	2,51	0,24	2,75
24	5,65	2,75	2,08	4,83
25	3,9	1,73	3,49	5,22
26	4,68	1,81	3,80	5,61
27	8,49	1,78	6,37	8,15
28	8,34	1,75	6,37	8,11
29	4,77	2,93	2,93	5,86
30	1,88	1,71	2,42	4,13
31	7,45	2,82	2,15	4,97

1997 yılı Aralık ayı Kütahya ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	6,25	2,87	2,38	5,26
2	6,4	3,66	0,40	4,06
3	7,52	1,92	3,79	5,72
4	3,59	1,91	3,80	5,72
5	5,68	2,68	3,71	6,39
6	3,72	1,70	3,27	4,97
7	2,8	2,77	1,64	4,41
8	1,9	1,98	1,19	3,18
9	2,01	1,67	3,56	5,22
10	6,32	2,42	4,53	6,95
11	3,38	2,05	5,50	7,55
12	5,06	2,39	4,49	6,88
13	5,12	1,77	3,59	5,36
14	2,09	0,04	3,31	3,35
15	3,72	1,59	3,03	4,62
16	2,66	1,68	1,95	3,63
17	3,24	2,68	0,60	3,28
18	4,61	2,83	2,64	5,47
19	7,47	1,31	6,87	8,18
20	6,22	0,31	6,86	7,16
21	5,46	1,58	3,19	4,76
23	5,55	1,72	3,43	5,15
24	4,76	1,79	4,03	5,82
25	5,58	2,48	3,76	6,24
26	5,33	1,74	3,52	5,26
27	6,23	1,81	3,98	5,79
28	4,61	1,74	3,44	5,19
29	4,73	1,63	2,89	4,52
30	4,25	1,81	3,94	5,75
31	5,55	1,97	5,69	7,66

1997 yılı Aralık ayı Van ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	8,78	1,86	7,13	9
2	9,71	1,72	7,67	9,38
3	7,1	2,63	4,89	7,51
4	8,72	2,18	5,72	7,9
5	4,6	2,27	5,36	7,62
6	9,28	2,56	4,85	7,41
7	9,68	1,88	6,34	8,22
8	7,35	2,13	5,63	7,76
9	8,21	2,79	3,84	6,63
10	9,07	2,79	3,84	6,63
11	10,57	1,01	8,62	9,63
12	6,17	1,91	6,10	8,01
13	6,2	2,08	5,50	7,59
14	10,5	0,99	8,82	9,81
15	10,57	0,99	8,64	9,63
16	5,91	2,00	5,70	7,69
17	5,12	2,97	3,10	6,07
18	4,97	2,98	2,91	5,89
19	7,36	2,88	3,54	6,42
20	11,52	1,33	9,25	10,58
21	9,03	0,99	8,43	9,42
23	7,51	2,00	5,65	7,66
24	5,85	2,83	3,27	6,1
25	8,39	1,76	6,39	8,15
26	11,34	1,54	7,42	8,96
27	11,23	1,10	9,35	10,44
28	11,2	1,44	9,82	11,25
29	8,78	1,48	7,87	9,35
30	8,14	1,67	7,00	8,68
31	7,98	2,78	3,82	6,6

1997 yılı Aralık ayı Erzurum ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	9,61	1,65	7,06	8,71
2	7,28	2,53	4,53	7,06
3	2,15	1,75	3,71	5,47
4	8,09	2,24	5,03	7,27
5	3,19	1,72	3,71	5,43
6	7,23	2,50	4,09	6,6
7	6,54	2,84	3,16	6
8	1,07	1,71	3,76	5,47
9	4,98	2,83	3,10	5,93
10	5,4	1,65	3,64	5,29
11	10,93	1,89	5,30	7,2
12	6,76	2,72	3,35	6,07
13	7,61	1,84	5,36	7,2
14	5,2	2,74	3,08	5,82
15	7,92	2,32	4,28	6,6
16	6,58	2,70	3,08	5,79
17	3,19	1,60	3,63	5,22
18	5,66	1,56	3,62	5,19
19	9,9	1,55	6,07	7,62
20	6,97	2,69	3,13	5,82
21	5,73	1,63	3,67	5,29
23	4,97	1,84	5,18	7,02
24	6,18	1,60	3,63	5,22
25	4,98	1,60	3,63	5,22
26	8,46	2,33	4,37	6,7
27	6,79	1,60	3,63	5,22
28	8,77	2,32	4,28	6,6
29	8,82	2,32	4,35	6,67
30	4,72	1,62	3,63	5,26
31	4,66	1,64	3,65	5,29

1997 yılı Aralık ayı Adana ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	8,59	3,25	4,37	7,62
2	2,06	3,18	0,10	3,28
3	5,24	4,00	0,34	4,34
4	3,54	3,92	0,21	4,13
5	2,44	3,96	0,21	4,16
6	4,82	3,95	1,02	4,97
7	2,73	4,02	0,50	4,52
8	4,26	3,97	0,40	4,37
9	2,52	1,55	0,00	1,55
10	7,71	3,01	4,43	7,44
11	6,56	3,81	1,31	5,12
12	3,38	3,88	0,46	4,34
13	8,03	2,96	4,41	7,37
14	2,96	3,53	0,10	3,63
15	2,50	3,94	0,68	4,62
16	5,14	3,87	0,40	4,27
17	8,78	2,95	3,86	6,81
18	5,95	3,71	1,55	5,26
19	9,47	2,87	4,75	7,62
20	8,56	1,96	6,48	8,43
21	8,51	2,90	4,44	7,34
23	4,83	3,85	0,53	4,37
24	2,34	2,33	0,78	3,10
25	5,12	2,12	3,81	5,93
26	7,68	2,33	6,03	8,36
27	7,28	2,41	5,74	8,15
28	7,43	2,94	4,12	7,06
29	7,85	2,75	5,15	7,90
30	0,88	2,08	0,00	2,08
31	2,46	2,34	0,97	3,32

1997 yılı Aralık ayı Ankara ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	5,1	3,68	0,73	4,41
2	2,08	3,51	0,30	3,81
3	4,85	2,79	1,97	4,76
4	3,82	2,80	1,65	4,45
5	8,46	2,55	4,04	6,6
6	4,19	0,08	4,08	4,16
7	1,56	1,83	1,46	3,28
8	2,21	3,41	0,36	3,77
9	3,54	1,73	1,76	3,49
10	7,11	2,34	4,50	6,84
11	7,74	2,21	4,98	7,2
12	6,91	2,32	4,45	6,77
13	7,36	1,63	2,35	3,99
14	3,39	2,60	0,99	3,6
15	2,96	1,56	2,21	3,77
16	2,51	2,51	0,14	2,65
17	6,86	1,59	3,35	4,94
18	6,05	1,51	3,18	4,69
19	8,16	1,71	5,77	7,48
20	8,21	2,66	3,41	6,07
21	4,17	1,58	2,37	3,95
23	3,32	1,56	2,18	3,74
24	4,5	1,54	2,73	4,27
25	8,29	1,53	2,84	4,37
26	3,97	1,56	2,18	3,74
27	5,9	2,76	2,67	5,43
28	7,38	2,75	2,61	5,36
29	2,56	1,57	2,31	3,88
30	6,2	1,62	3,29	4,9
31	6,73	2,48	3,76	6,24

1997 yılı Aralık ayı İstanbul ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	4,55	1,63	2,22	3,85
2	1,86	2,53	0,50	3,03
3	5,37	2,43	2,86	5,29
4	2,49	1,56	2,57	4,13
5	6,29	2,19	3,95	6,14
6	1,76	0,78	0,00	0,78
7	1	1,87	0,00	1,87
8	0,87	2,19	0,07	2,26
9	2,98	2,39	0,29	2,68
10	5,15	2,60	2,41	5,01
11	4,58	1,74	4,36	6,1
12	6,97	2,55	2,46	5,01
13	3,33	2,93	0,85	3,77
14	1,31	2,43	0,00	2,43
15	3,05	2,81	0,51	3,32
16	1,32	1,52	0,00	1,52
17	2,37	2,05	0,00	2,05
18	2	2,86	0,63	3,49
19	6,97	2,50	2,50	5,01
20	5,74	2,47	2,68	5,15
21	3,72	2,88	1,31	4,2
23	4,25	2,31	3,16	5,47
24	2,47	2,90	0,66	3,56
25	5,92	2,22	3,46	5,68
26	7,09	1,69	4,98	6,67
27	6,33	1,55	4,98	6,53
28	2,96	2,95	0,93	3,88
29	1,28	2,86	0,20	3,07
30	5,7	2,64	2,29	4,94
31	6,58	1,85	4,43	6,28

1997 yılı Aralık ayı Samsun ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	8,20	1,37	6,46	7,83
2	2,62	1,66	3,42	5,08
3	6,60	1,63	3,28	4,90
4	6,29	2,35	3,69	6,03
5	8,45	2,28	4,00	6,28
6	3,77	1,42	3,03	4,45
7	2,95	2,19	0,07	2,26
8	5,19	1,53	3,23	4,76
9	1,21	0,95	0,00	0,95
10	5,21	2,66	2,31	4,97
11	8,02	1,59	5,32	6,91
12	6,42	1,45	5,40	6,84
13	8,02	1,74	4,93	6,67
14	4,21	2,90	1,08	3,99
15	1,59	2,43	0,03	2,47
16	1,58	0,92	0,00	0,92
17	4,62	2,73	0,48	3,21
18	5,53	2,89	0,85	3,74
19	3,27	2,86	0,84	3,70
20	7,85	2,04	3,96	6,00
21	2,24	2,86	0,60	3,46
23	2,21	2,77	0,27	3,03
24	4,76	2,84	1,22	4,06
25	3,16	2,69	0,59	3,28
26	5,15	2,88	1,08	3,95
27	8,02	1,54	5,52	7,06
28	7,36	1,68	5,02	6,70
29	6,46	2,12	3,92	6,03
30	3,06	2,65	0,07	2,72
31	3,93	2,93	1,31	4,23

1997 yılı Aralık ayı İzmir ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	0,95	2,88	2,73	5,61
2	3,69	3,27	0,36	3,63
3	8,01	2,72	3,88	6,6
4	7,15	3,06	3,08	6,14
5	5,96	2,59	4,25	6,84
6	7,2	2,63	3,96	6,6
7	4,57	2,72	2,22	4,94
8	1,77	3,21	0,45	3,67
9	7,36	2,45	4,51	6,95
10	9,54	1,64	7,00	8,64
11	8,63	1,25	7,79	9,03
12	9,44	1,64	6,93	8,57
13	5	1,83	3,40	5,22
14	0,61	2,90	0,20	3,1
15	2,93	3,59	0,43	4,02
16	5,5	2,73	2,81	5,54
17	8,42	2,13	5,60	7,73
18	9,61	2,11	5,16	7,27
19	9,93	1,20	7,62	8,82
20	6,91	2,13	5,21	7,34
21	5,97	2,61	2,16	4,76
23	7,41	2,39	4,49	6,88
24	8,74	1,26	7,85	9,1
25	8,4	2,03	5,77	7,8
26	8,37	1,32	7,93	9,24
27	7,1	2,24	4,74	6,99
28	2,63	2,66	2,07	4,73
29	7,26	2,64	2,76	5,4
30	9,25	2,15	5,40	7,55
31	9,69	1,29	7,67	8,96

1997 yılı Aralık ayı Diyarbakır ili yer ölçümü, metod, yayılmış ve direk ışınım değerleridir.

Günler	Yer Ölçümü (MJ/m^2)	Yayılmış (MJ/m^2)	Direk (MJ/m^2)	Metod (MJ/m^2)
1	10,61	1,93	7,21	9,14
2	3,74	3,90	0,40	4,3
3	3,64	2,26	0,10	2,36
4	5,93	3,73	1,35	5,08
5	3,59	3,83	0,40	4,23
6	4,37	3,83	0,40	4,23
7	6,45	3,66	1,24	4,9
8	4,47	3,80	0,40	4,2
9	2,2	3,76	0,40	4,16
10	3,5	3,76	0,40	4,16
11	10,7	2,61	5,05	7,66
12	3,37	3,73	0,40	4,13
13	3,72	3,73	0,40	4,13
14	9,07	1,97	4,02	6
15	4,92	3,69	0,40	4,09
16	6,02	3,69	0,40	4,09
17	3,47	3,69	0,40	4,09
18	2,76	3,69	0,40	4,09
19	10,47	2,82	3,78	6,6
20	11,08	1,01	9,36	10,37
21	6,43	3,69	0,40	4,09
23	4,67	3,72	0,59	4,3
24	5,99	1,95	3,73	5,68
25	10,26	0,98	8,93	9,91
26	9,01	2,01	6,56	8,57
27	10,1	1,68	7,57	9,24
28	10,73	1,69	7,55	9,24
29	6,24	3,76	0,93	4,69
30	1,68	3,73	0,40	4,13
31	8,11	2,03	3,97	6