



# GÜNEŞ ENERJİSİ

---

## II. BÖLÜM

**Prof. Dr. Olcay KINCAY**

# GÜNEŞ AÇILARI



# GİRİŞ

---

- Güneş ışınları ile dünya üzerindeki yüzeyler arasında belirli açılar vardır. Bu açılar hakkında bilgi edinilerek güneş enerjisinden en verimli şekilde yararlanılabilir.

# TANIMLAMALAR

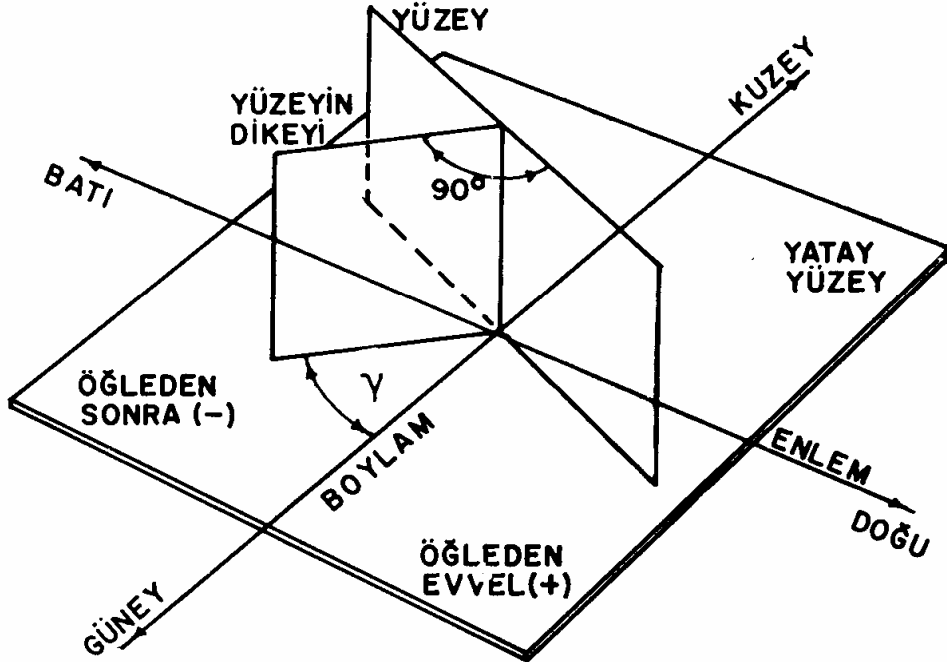
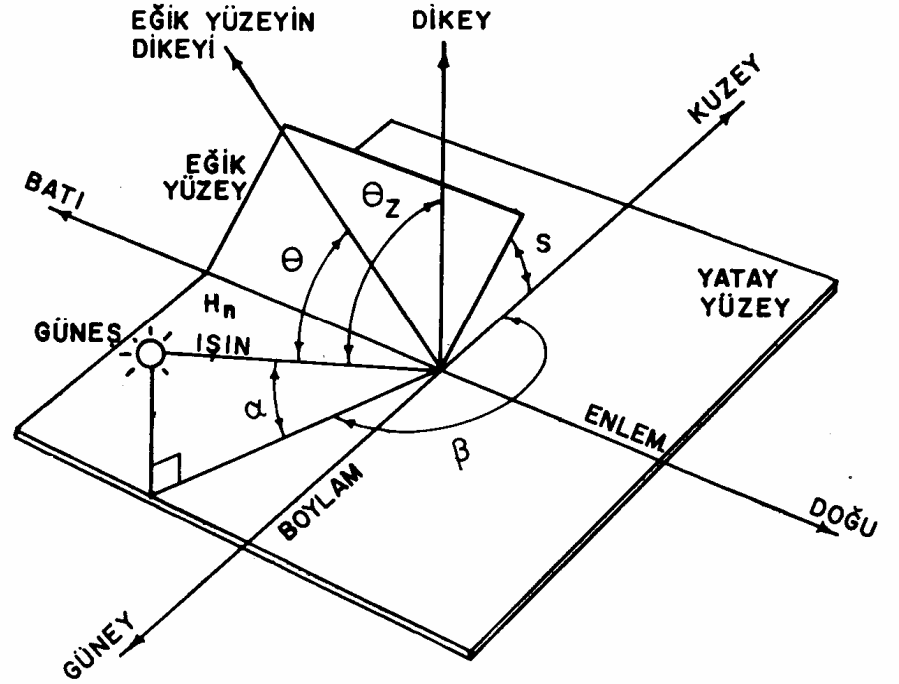
- **Yükseklik açısı ( $\alpha$ ):** güneş ışınımı ile yatay yüzey arasındaki açıdır.
- **Güneş azimut açısı ( $\beta$ ):** güneş ışınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde sapmasını gösteren açıdır. Örneğin saat 12.00 de  $180^\circ$  dir.
- **Yüzey azimut açısı ( $\gamma$ ):** yüzeyin dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır.  $-180^\circ$  ile  $180^\circ$  arasında değişebilir. Güneye bakan yüzey için sıfır olur. Doğuya yönelen yüzeyde artı, batıya yönelen yüzeyde ise eksi değer alır.

# TANIMLAMALAR...

- **Deklinasyon açısı ( $\delta$ ):** dünya-güneş doğrultusunun yerin ekvator düzlemi yaptığı açıdır. Kuzey yarım küre için artı değerlidir. Deklinasyon açısı  $-23,45^\circ$  (21 Aralık kış gündönümünde) ile  $+23,45^\circ$  (21 Haziran yaz gündönümünde) arasında değişir. İlkbahar ekinoksunda (21 Mart) ve sonbahar ekinoksunda (21 Eylül) deklinasyon açısı sıfır olur. 1 Ocaktan itibaren gün sayısı  $n$  olmak üzere;

$$\delta = 23,45 \sin [360 \cdot ((284 + n) / 365)]$$

ampirik Cooper formülü ile bulunabilir.



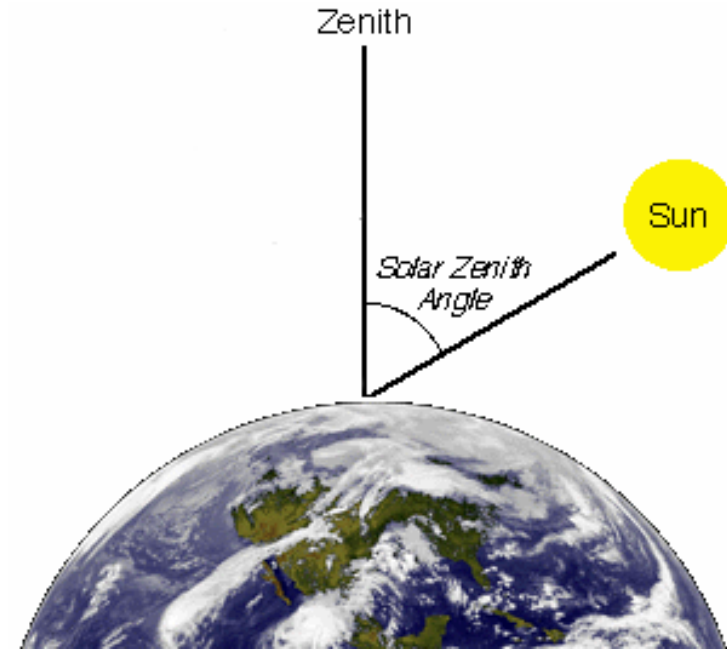
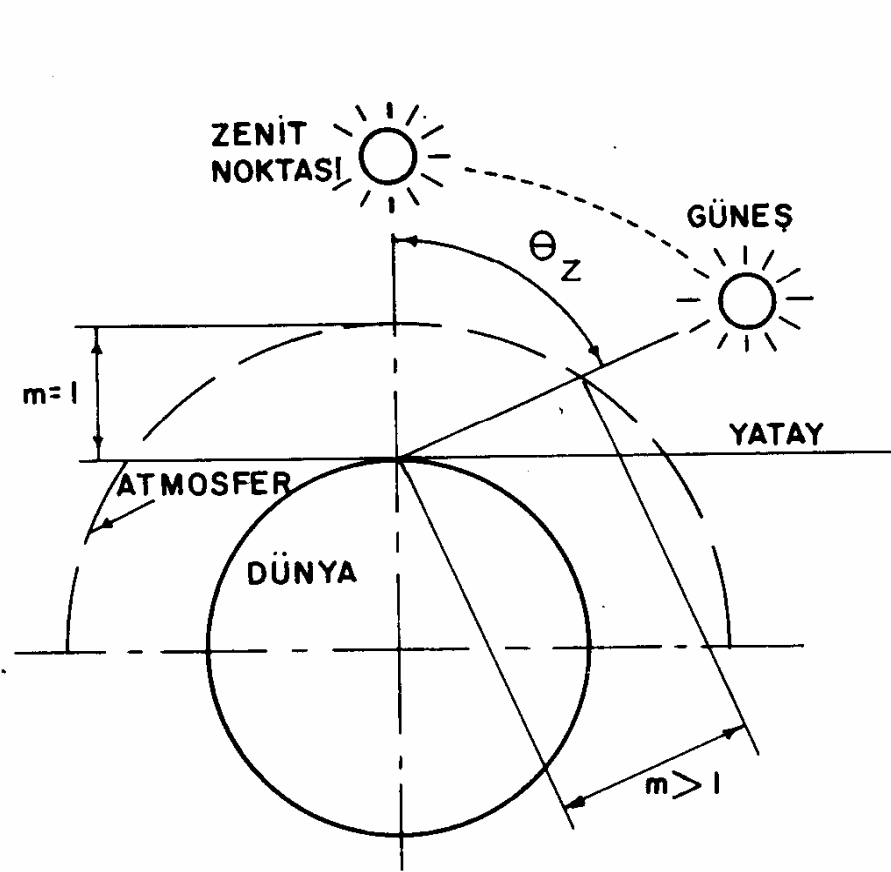
üneş Enerjisi Ders Notları

# TANIMLAMALAR...

- **Geliş açısı ( $\theta$ ):** eğik yüzeyin dikeyi ile ışın arasındaki açıdır.
- **Hava kütlesi ( $m$ ):** ışın radyasyonun geçtiği atmosfer kütlesinin, güneş tam tepede iken ışın radyasyonun içinden geçeceği atmosfer kütlesine oranıdır.
- **Zenit açısı ( $\theta_z$ ):** yatay yüzeyin normali ile güneş ışınları arasında oluşan açıdır.

$$m = 1 / \cos \theta_z$$

# Zenit Açısı

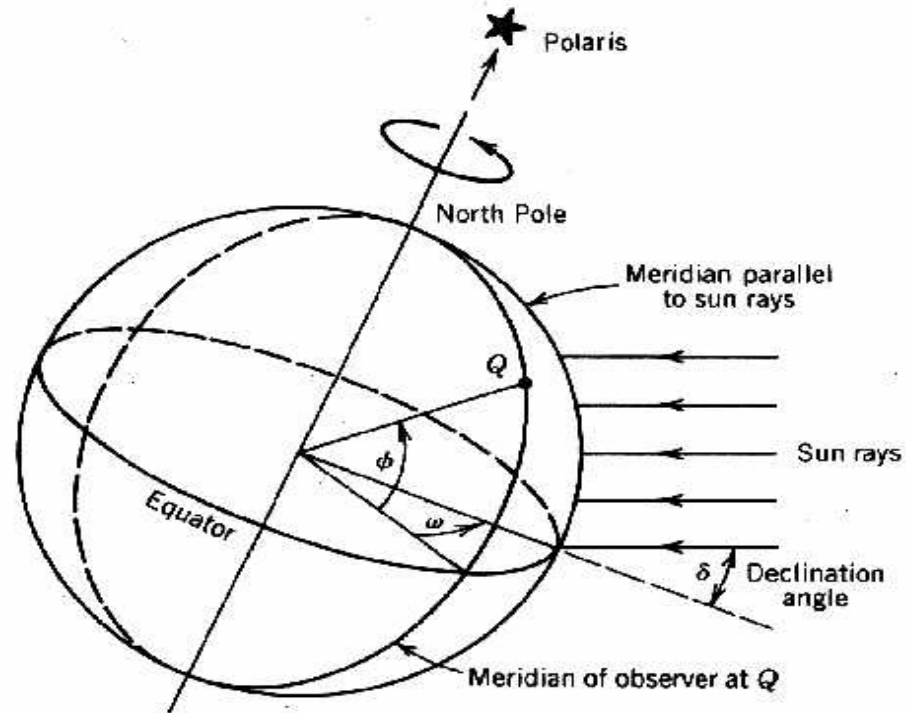
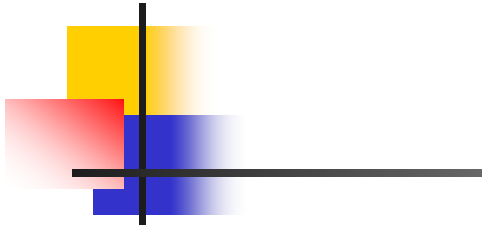




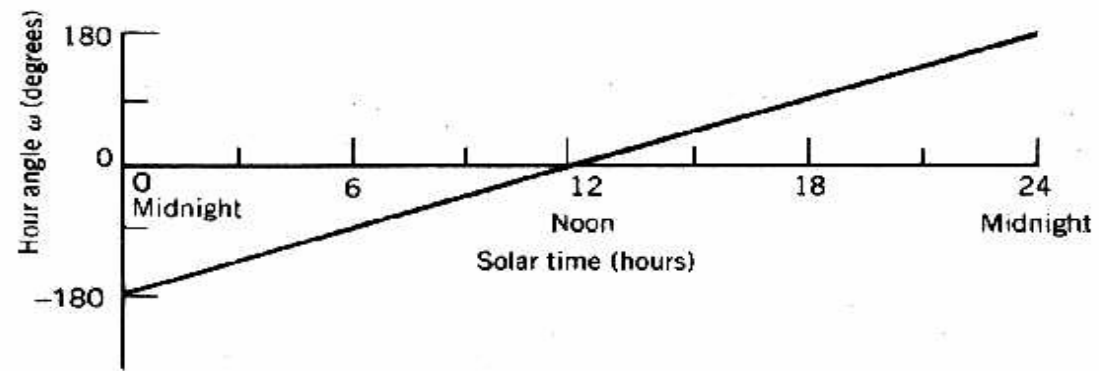
# TANIMLAMALAR...

- **Enlem açısı ( $\Phi$ ):** ekvator düzlemi ile yerden dünyanın merkezine olan radyal çizgi arasındaki açıdır. Enlem kuzey yarım küre için artı değerli olup  $-90^\circ$  ile  $90^\circ$  arasında değişir.
- **Saat açısı ( $w$ ):** zamanın açısal ölçüsüdür ve bir saat  $15^\circ$  boylama eşittir. Öğleden evvel açı artı ve öğleden sonra eksi değer alır. Örneğin saat 10.00 için açı  $+30^\circ$  ve saat 15.00 için  $-45^\circ$  olur.
- **Eğim açısı ( $S$ ):** Yatay yüzey ile eğik yüzey arasında kalan açıdır. Ekvatora yönelen yüzey için artı değer alır.

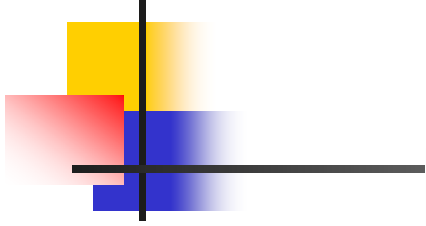




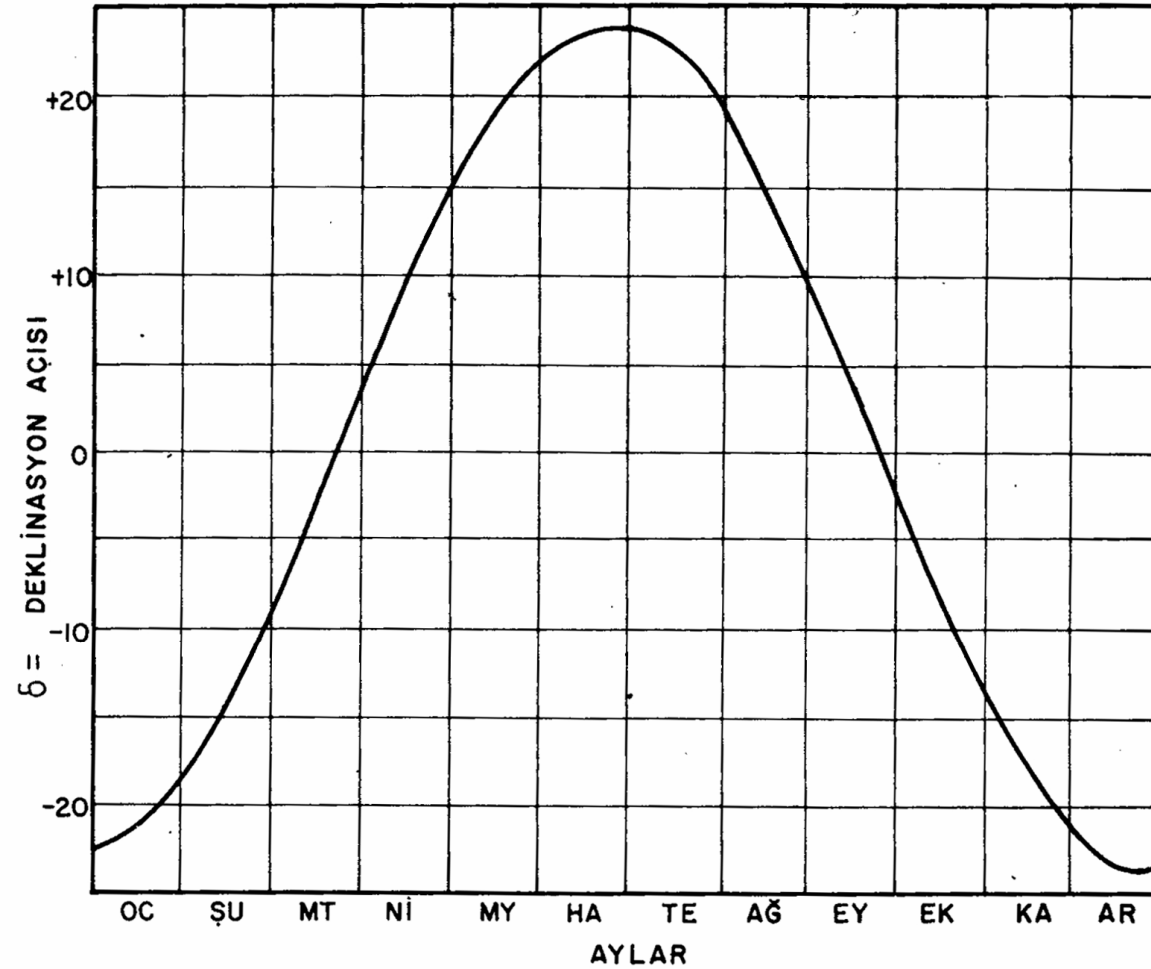
Variation of the hour angle



Prof. Dr. Olcay KINCAY / Güneş Enerjisi Ders Notları

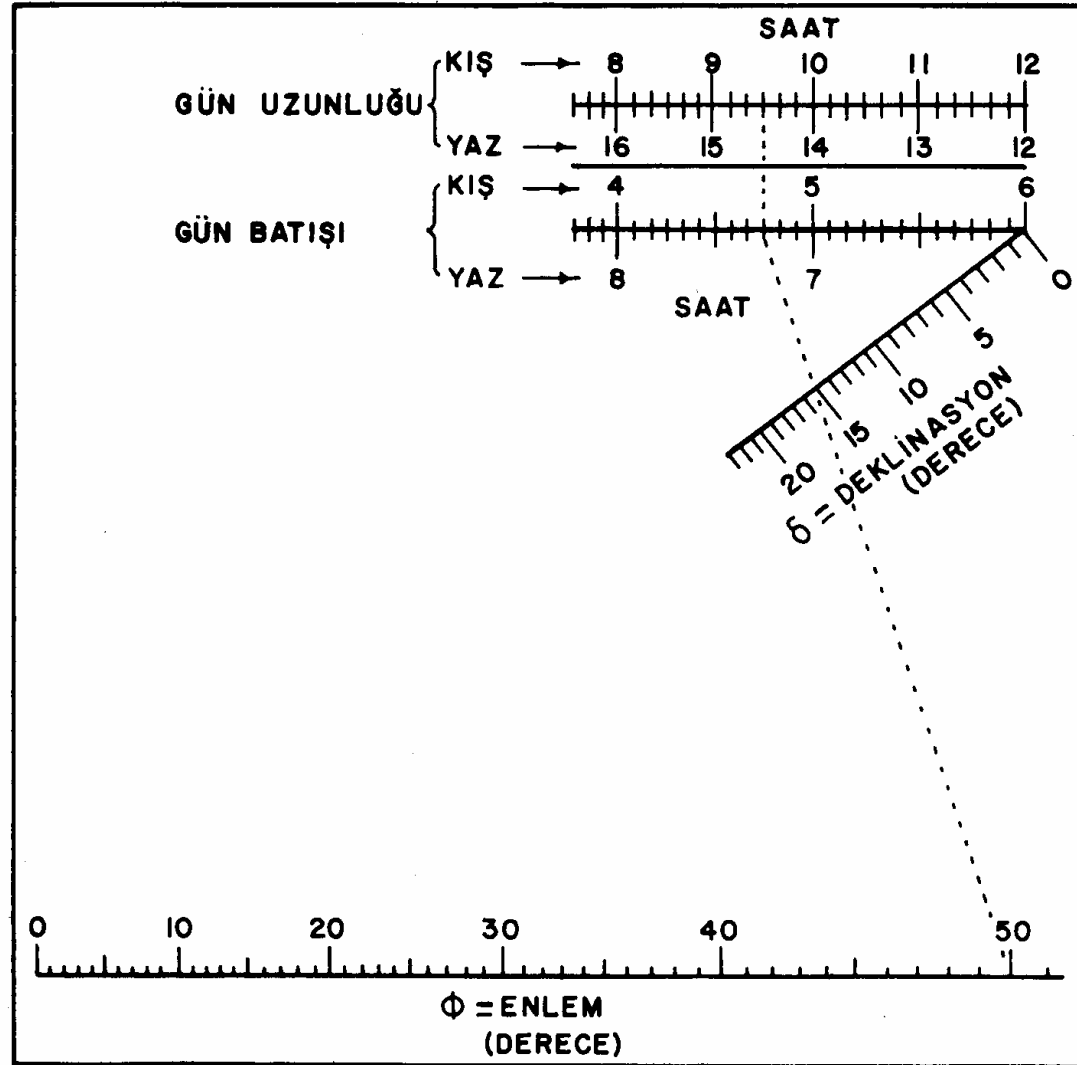
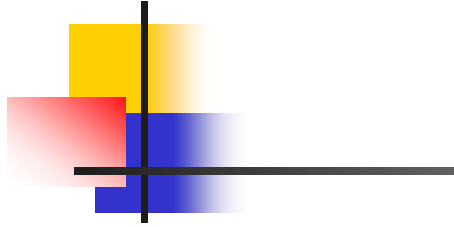


# Deklınasyon Açıı



Prof. Dr. Olcay KINCAY / Güneş Enerjisi Ders Notları

# Gün uzunluğu ve güneşin batış saati



Prof. Dr. Olcay KINCAY / Güneş Enerjisi Ders Notları



# GENEL AÇI İFADESİ

---

- Geliş açısı ( $\theta$ ) için geliştirilen genel ifade;

$$\begin{aligned}\cos\theta = & \sin\delta \sin\phi \cos S - \\ & - \sin\delta \cos\phi \sin S \cos\gamma + \\ & + \cos\delta \cos\phi \cos S \cos w + \\ & + \cos\delta \sin\phi \sin S \cos\gamma \cos w + \\ & + \cos\delta \sin S \sin\gamma \sin w\end{aligned}$$

# BAZI AÇI İFADELERİ

## Yatay yüzey

$$\cos\theta_z = \sin\phi \sin\delta + \cos\delta \cos\phi \cos\omega$$

## Güneye bakan eğik yüzey

$$\begin{aligned}\cos\theta_\tau = & \sin\delta \sin\phi \cos S - \\ & - \sin\delta \cos\phi \sin S + \\ & + \cos\delta \cos\phi \cos S \cos\omega + \\ & + \cos\delta \sin\phi \sin S \cos\omega\end{aligned}$$

## Güneye bakan dik yüzey

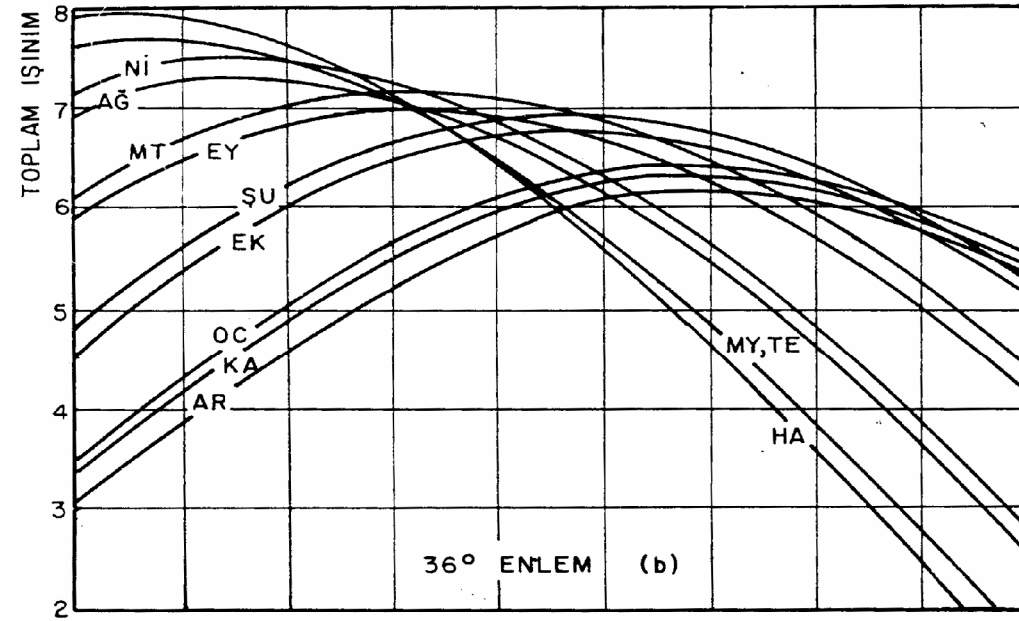
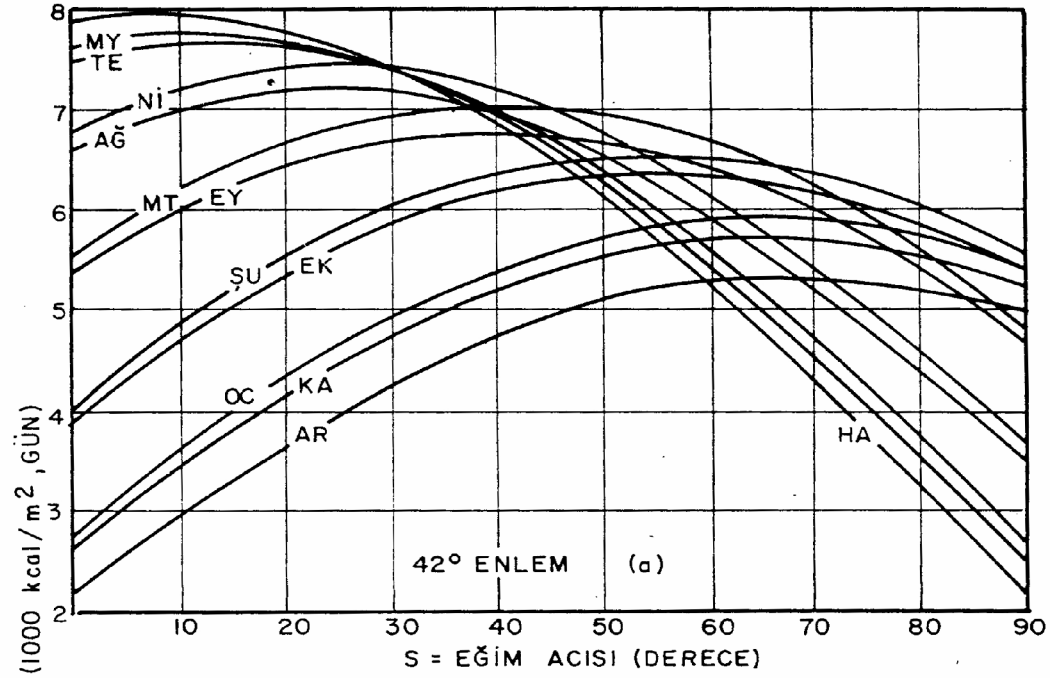
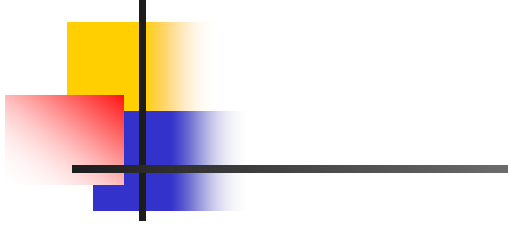
$$\cos\theta = -\sin\delta \cos\phi + \cos\delta \sin\phi \cos\omega$$

# DÜZ TOPLAYICI EĞİM AÇISI

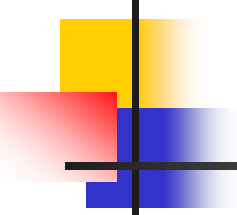


# AYLARA GÖRE GÜNEŞ IŞINIMI

- Türkiye'nin en kuzey enlemi olan  $42^{\circ}$  ile en güney enlemi olan  $36^{\circ}$  araştırmanın sınırlarını oluşturmaktadır. Aylara göre güneş ışınımalarında güneşli gün için max. ışınım değerleri alınmıştır.



Prof. Dr. Olcay KINCAY / Güneş Enerjisi Ders Notları

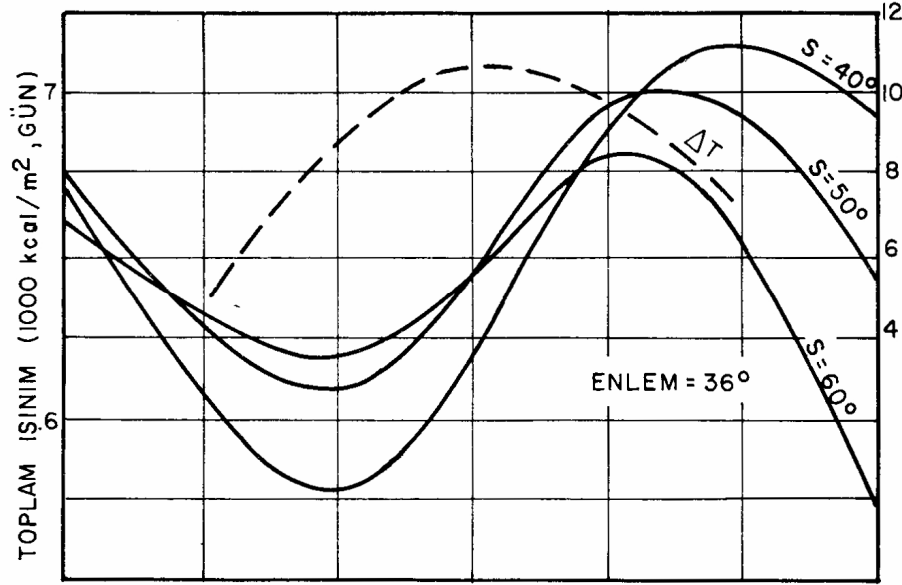
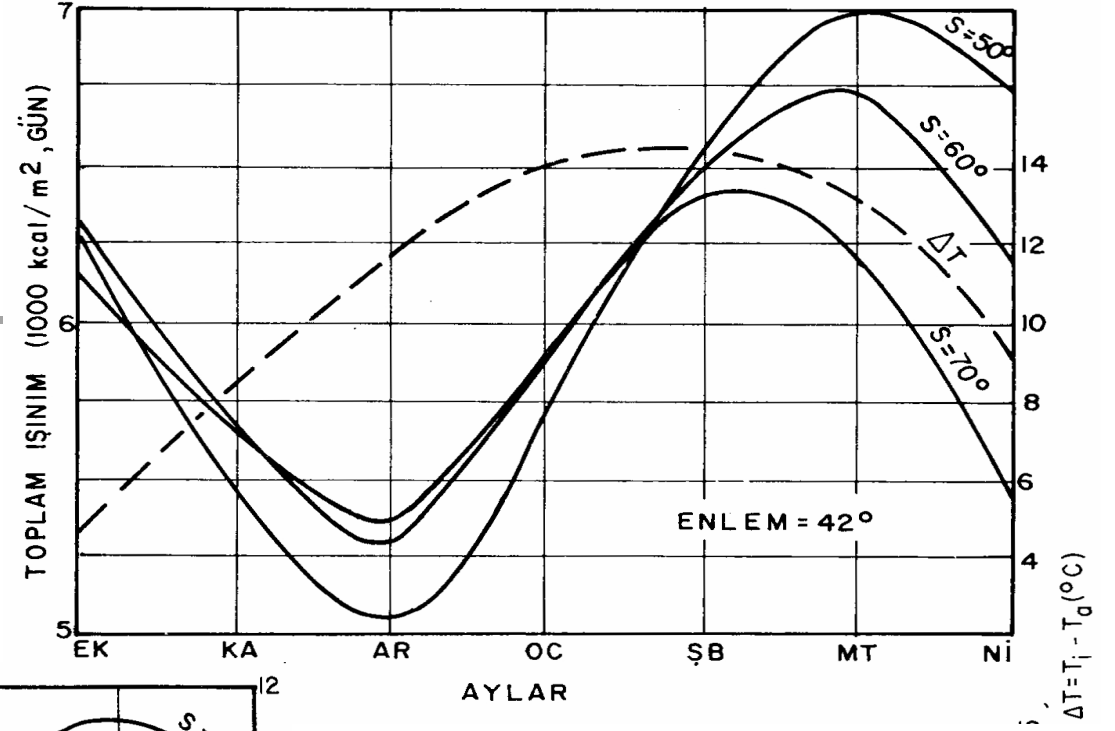
- 
- Örneğin  $36^\circ$  enlemde aralık ayında toplam günlük ışıınım max.  $6.200 \text{ kcal/m}^2$  ( $25.916 \text{ kW/m}^2$ ) olmakta ve  $S = 60^\circ$  değeri bulunmaktadır.
  - Aralık ayında ve  $42^\circ$  enlemde max. toplam günlük ışıınım  $S = 66^\circ$  ile alınmakta ve değeri  $5.300 \text{ kcal/m}^2$  ( $22.154 \text{ kW/m}^2$ ) olmaktadır.

# KIŞ ve YAZ KAVRAMI

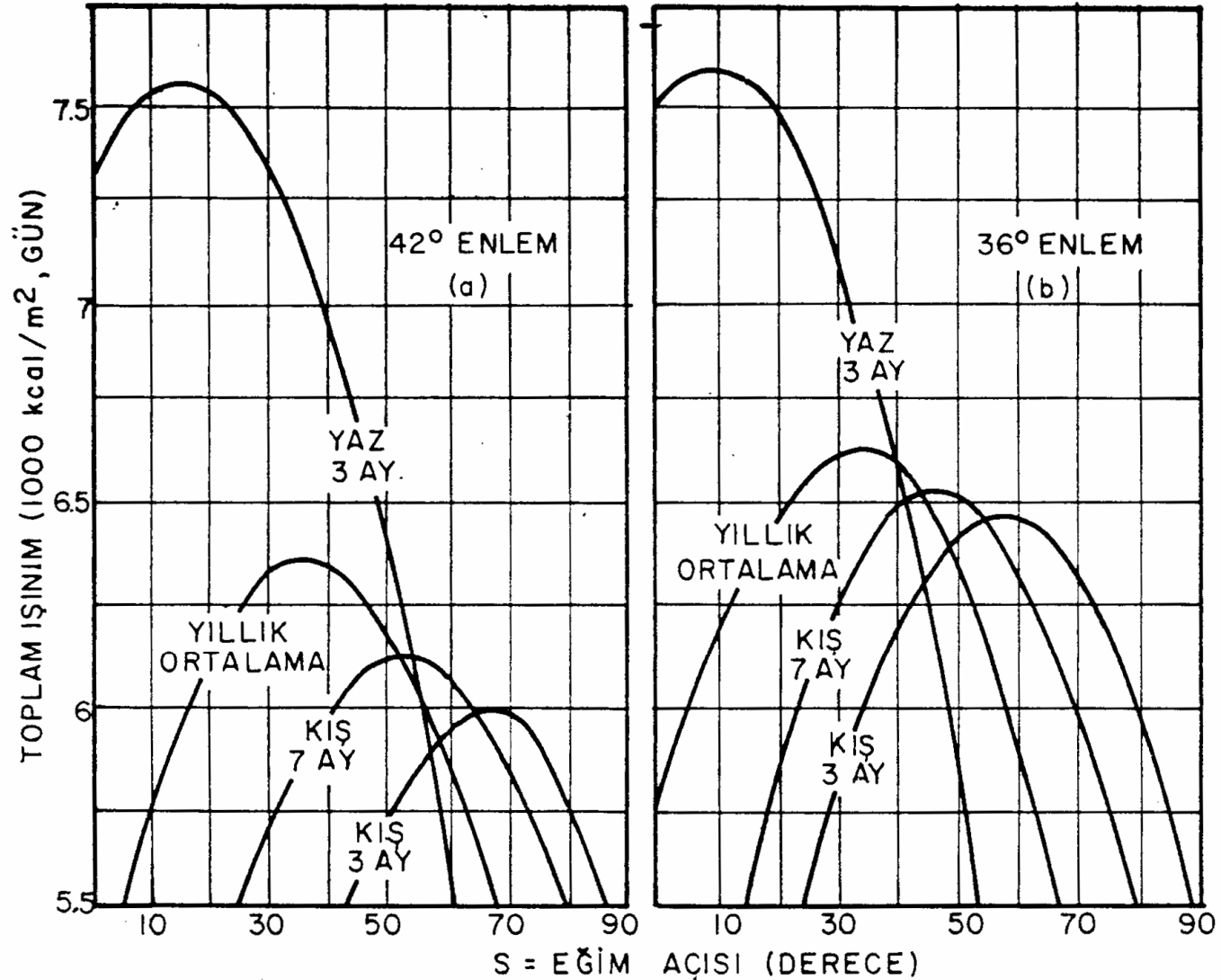
- Mevcut enerji sıkıntısını gidermek amacı ile güneş enerjisinin kış aylarında ısıtma giderlerine olumlu bir katkıda bulunmasını sağlamak temel hedeftir. Bu nedenle düz toplayıcıların optimum eğim açılarının saptanması gerekir. Sabit eğim açısı ile ışınımın aylar göre dağılımı aşağıda verilmiştir. Bu dağılımda;

$T_i$  = iç sıcaklık (20°C)

$T_ç$  = ortalama dış sıcaklıktır.



# OPTİMUM EĞİM AÇISI EĞRİLERİ



Prof. Dr. Olcay KINCAY / Güneş Enerjisi Ders Notları

# OPTİMUM EĞİM AÇISI (S)

- Yıllık optimum verim için;  $S = \text{enlem} \times 0,9$
- 7 aylık kış mevsimi için;  $S = \text{enlem} + 15^\circ$
- Kış mevsiminde en soğuk üç ay için;  
 $S = \text{enlem} + 25^\circ$
- Yaz mevsimi için;  $S = \text{enlem} - 25^\circ$

(Enleme ilave edilen sayısal değerlerin nedeni Zenit açısıdır. Bu açı kışın büyümekte yazın ise küçülmektedir.)

İdeal konumdan  $15^\circ$  sapma halinde enerji kayıp oranı %6'dır. Mimari ve diğer etkenler nedeni ile ideal açı uygulanmazsa enerji kayıpları büyük olmayacaktır.

# TÜRKİYE'DE İŞİNİM DEĞERLERİ





# GİRİŞ

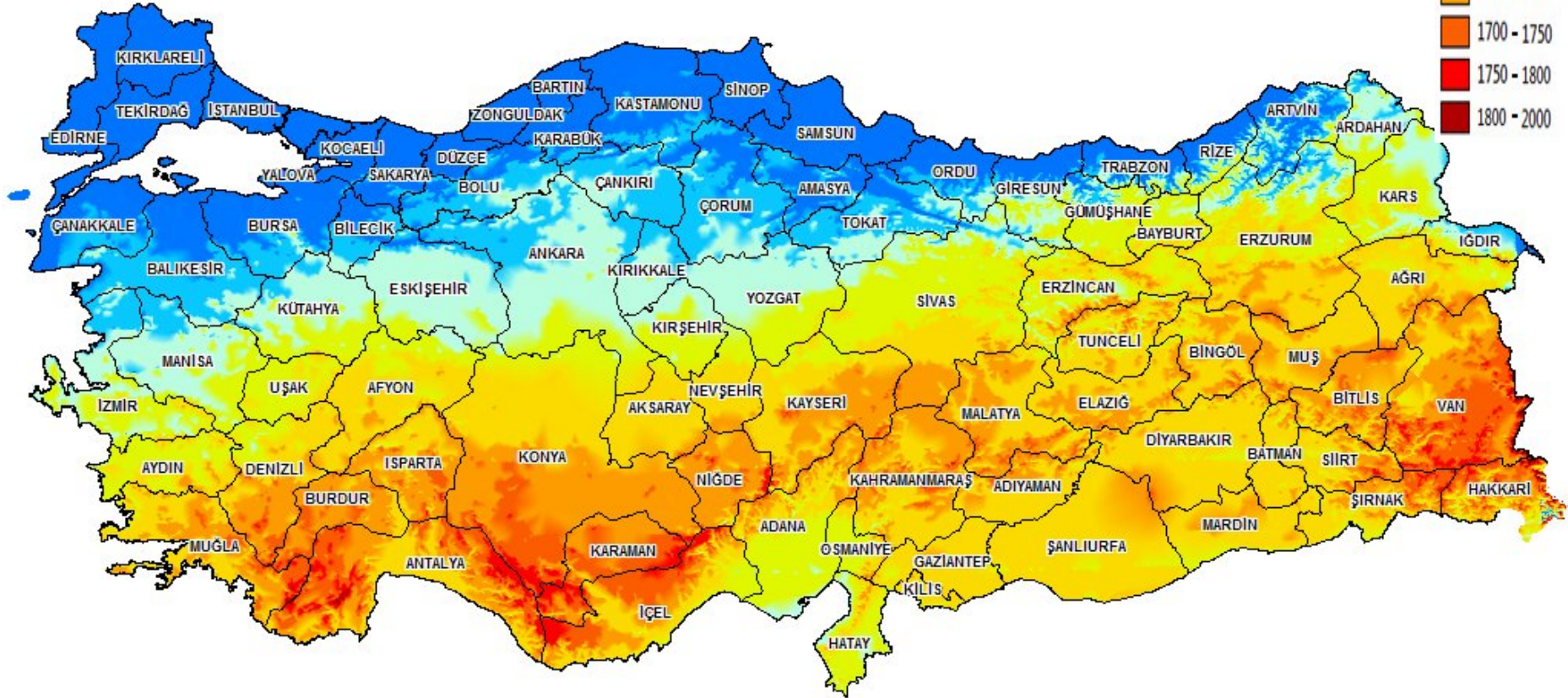
---

- Türkiye’de genel ışınımın ortalama değerleri Meteoroloji Genel M¼d¼rl¼ę¼’nden alınan bilgiye dayanılarak hesaplanmış ve aylara g¼re haritalar oluşturulmuştur.
- Ayrıca bu yıl Elektrik İşleri Et¼t Dairesi tarafından ‘G¼neř Enerjisi Potansiyel Atlası’ sunulmuştur.

# EİE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI (GEPA)

Toplam Güneş  
Radyasyonu

$KWh/m^2 \cdot yıl$



Prof. Dr. Olcay KINCAY / Güneş Enerjisi Ders Notları

# TÜRKİYE'DE İŞINIM DEĞERLERİ

- En az ışınım alan bölge Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesidir. Bu bölgenin hem enlem değeri büyük hem de rutubetli iklimi vardır. Atmosferdeki fazla su buharı, ışınımın perdelenmesi ne neden olmaktadır.
- Marmara ve Kuzey Ege Bölgesi, Karadenize göre biraz daha iyi durumdadır.
- Güney Ege, Batı Akdeniz ve Orta Anadolu Bölgeleri orta derecede ışınım almaktadır.

# TÜRKİYE'DE IŞINIM DEĞERLERİ...

- Doğu Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri ışı nım değerleri **iyi** olan bölgelerimizdir.
- Güney Doğu Bölgesinin sağ en alt ucu ise ışı nım değerleri **en iyi** olan bölgemizdir. **Sert ve soğuk iklim**e sahip bu yer kışın en fazla ışı nım alan yerdir. **Rakım yüksektir**. Havadaki **su buharı**, yağmur ve kar şeklinde **yoğuşmakta** ve atmosfer daha berrak olup ışı nım perdelenmesi en az seviyededir.

# Güneş Modeli

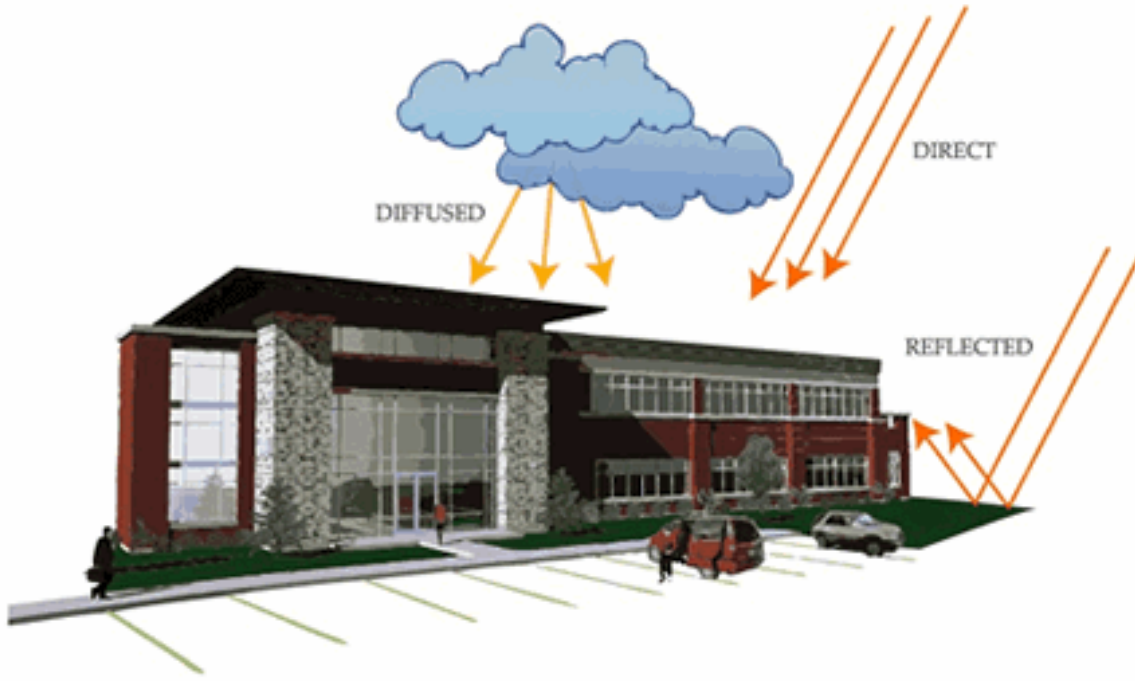
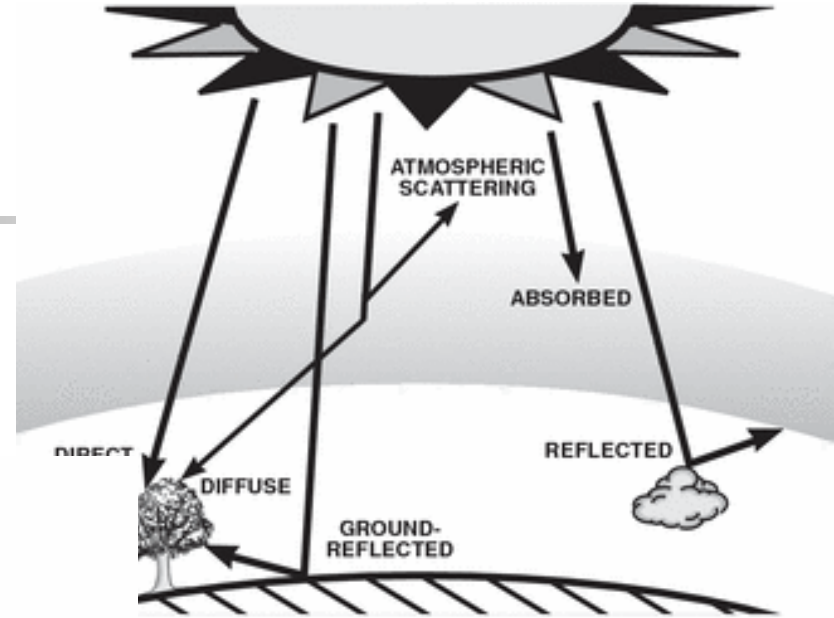
Türkiye Güneş Modeli, Coğrafi Bilgi Sistemi'nde kullanılan "**ESRI Solar Radiation Model**" ve aşağıdaki temel parametreler kullanılarak hazırlanmıştır:

- Eğim-Bakı-Gölgelenme Hesaplamaları için, Türkiye 1/100.000'lik topoğrafik haritadan üretilmiş yatayda 500 m x 500 m grid boyutlarına sahip **Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)**
- Türkiye 36-42° enlem değerlerine ait alanlar
- **Gökyüzü Açıklılık İndeksi (Sky Size Index)**
- 32 yönde Zenit ve Azimut Açılımları
- **Açık ve Kapalı Gökyüzü Hesaplama Metodları**
- Modelde kullanılacak parametrelerin hesaplanması ve model kalibrasyonunun yapılması için **EİE** ve **DMİ** istasyonlarında 1985 - 2006 yıllarına ait ölçüm yapılan 22 yıllık saatlik güneş ölçüm değerleri
- **Gökyüzü Işık İletim Katsayısı (Transmittivity)** ve **Gökyüzü Açıklılığı (Diffuse Proportion)**
- **Yezyüzü Güneş Işını Yansıtma Değerleri (Surface Albedo)**

Modelin kullanılması sonucunda, 12 aya ait günlük değerlerden elde edilen aylık ortalamaları içeren aşağıdaki bilgiler 500m x 500 m grid haritası olarak elde edilmiştir.

- **Toplam Güneş Radyasyonu (kWh/m<sup>2</sup>-gün)**
- **Direkt Güneş Radyasyonu (kWh/m<sup>2</sup>-gün)**
- **Difüz Güneş Radyasyonu (kWh/m<sup>2</sup>-gün)**

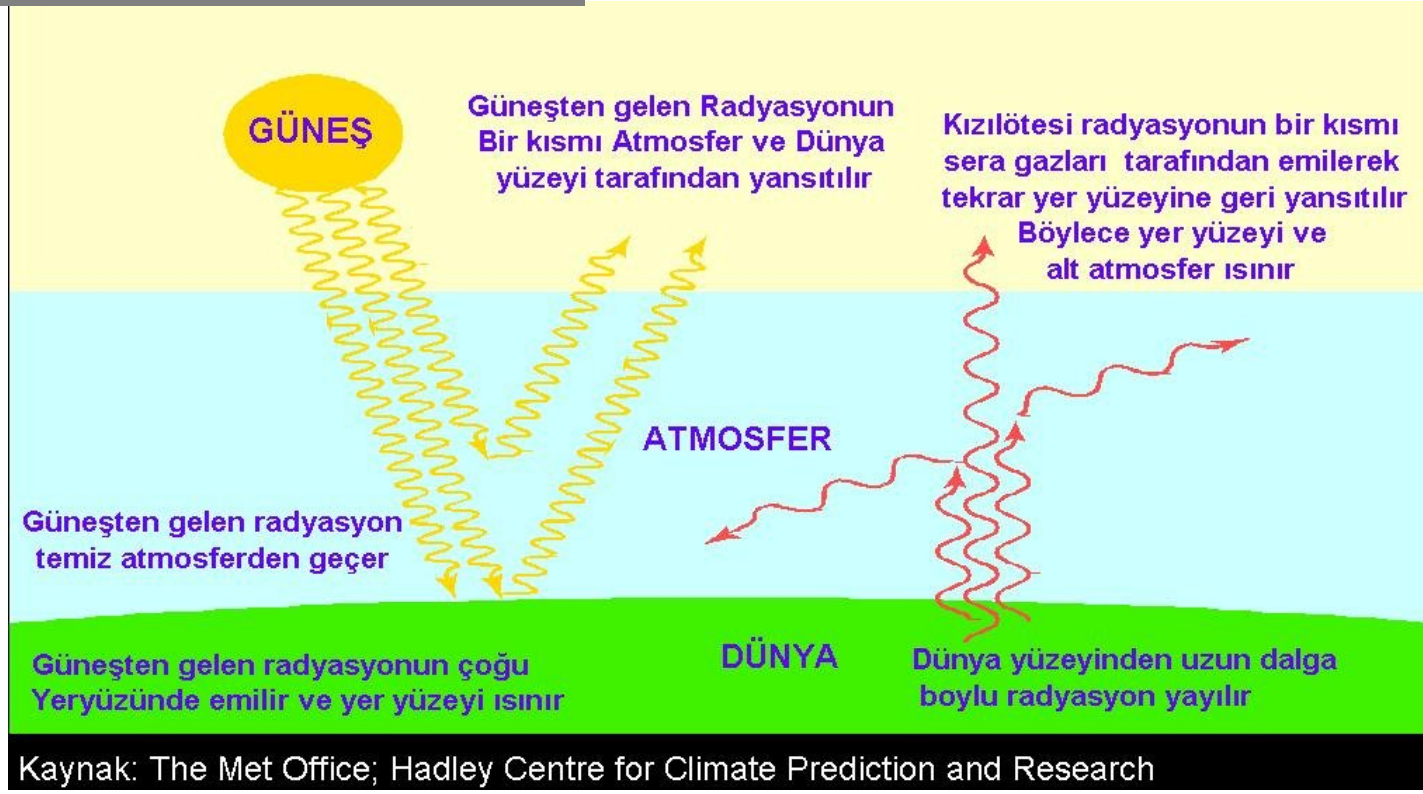
Prof. Dr. Olcay KINCAI / Güneş Enerjisi Ders Notları

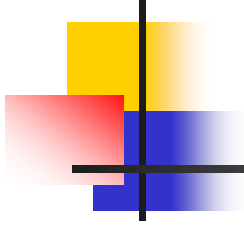




# İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

## Sera Etkisi





- **Gün uzunluğu**

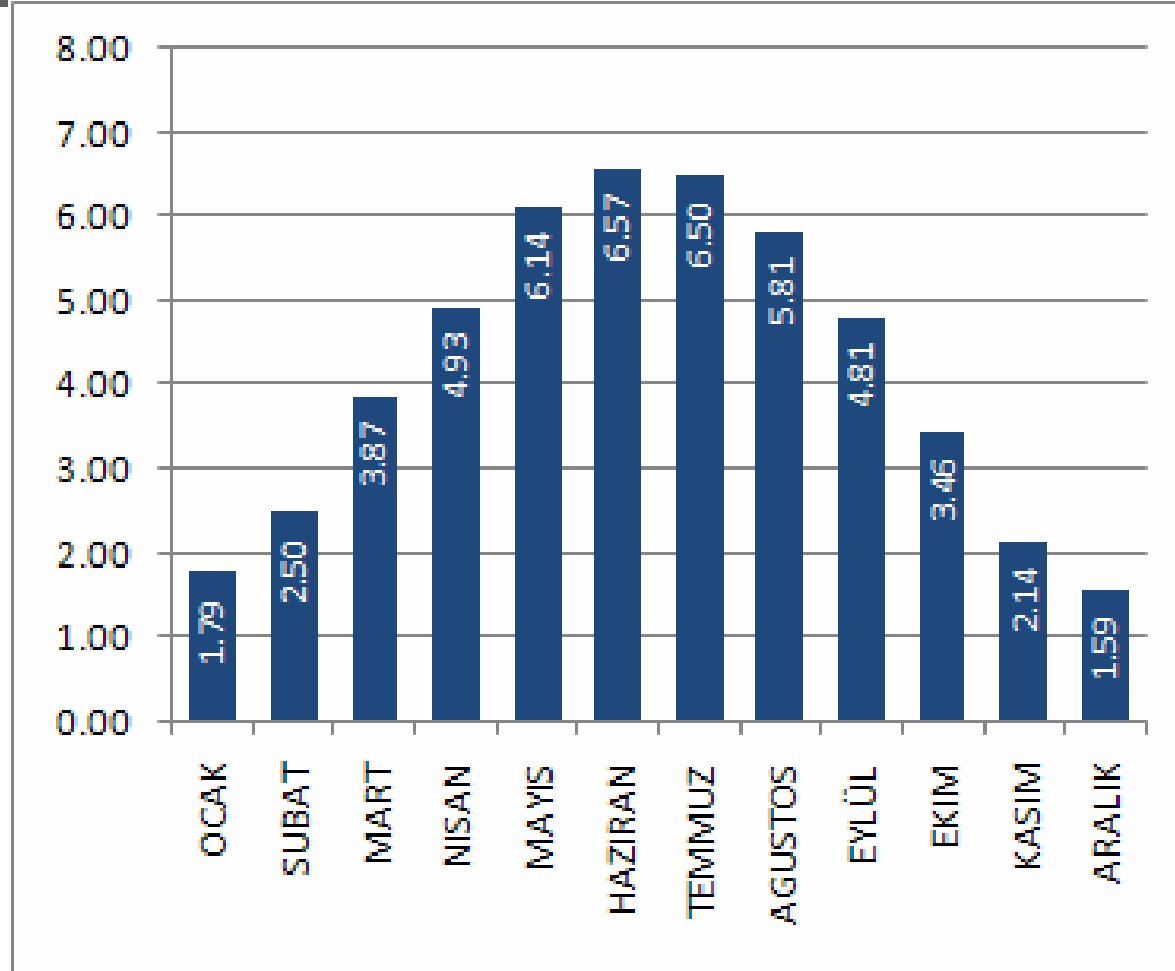
Güneşini doğuşundan batışına kadar geçen süredir **(h/gün)**

- **Güneşlenme süresi**

Direkt güneş ışınının gün boyunca geldiği süredir **(h/gün)**

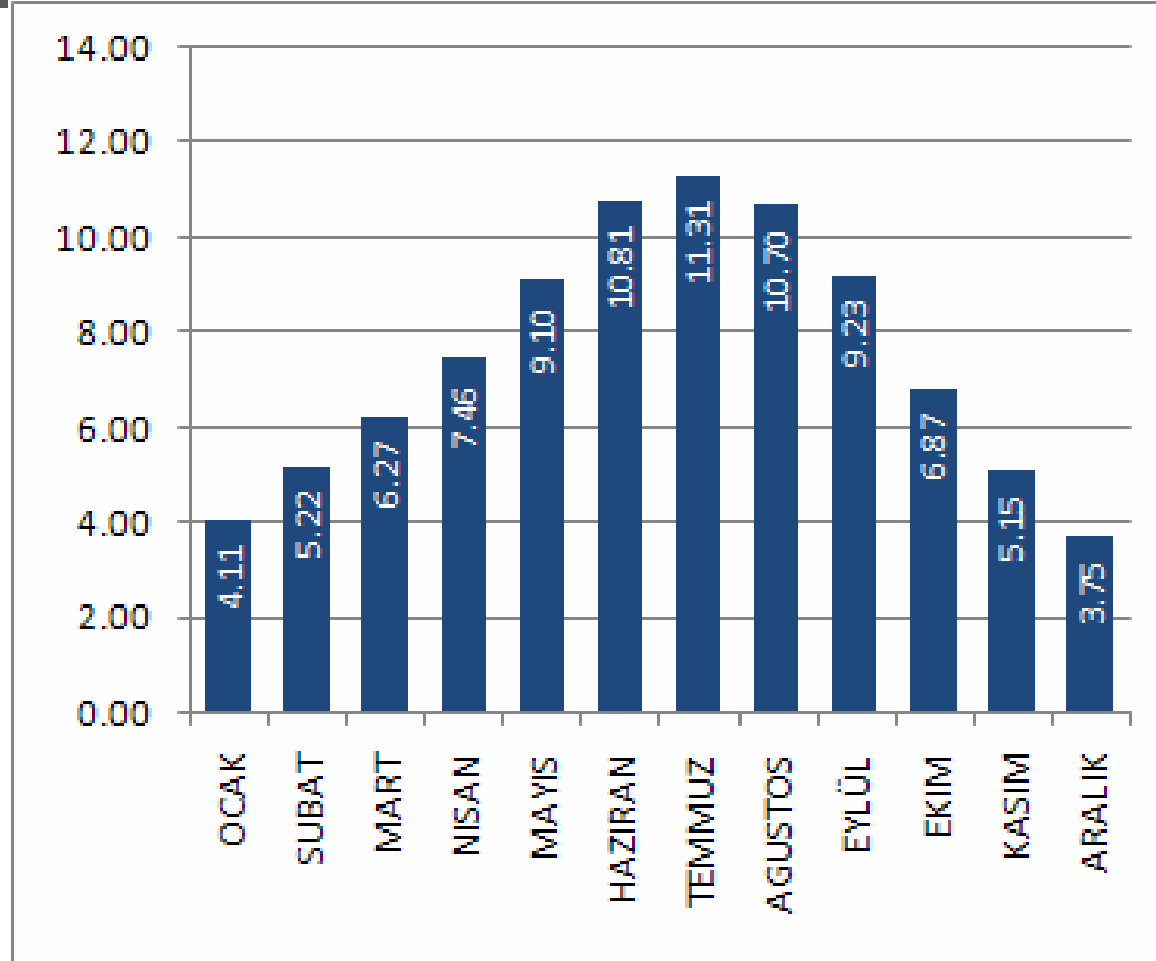


# TÜRKİYE Global Radyasyon Değerleri (kWh/m<sup>2</sup>-gün)



Prof. Dr. Olcay KINCAY / Güneş Enerjisi Ders Notları

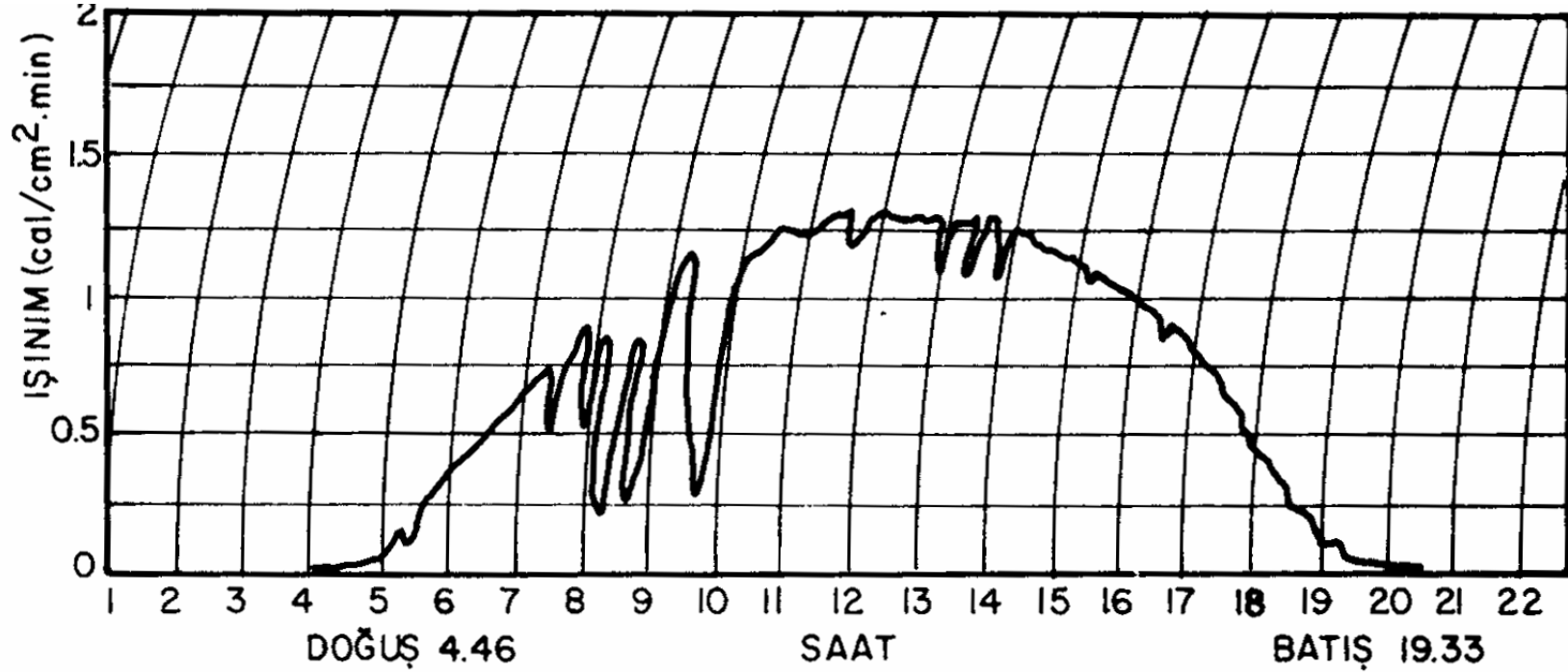
# TÜRKİYE Güneşlenme Süreleri (Saat)



Prof. Dr. Olcay KINCAY / Güneş Enerjisi Ders Notları

# İSTANBUL'DA IŞINIM RASATLARI

(Temmuz ayında bir güne ait ışınım kayıt şeridi)



## Günlük Sıcaklık Ölçümleri

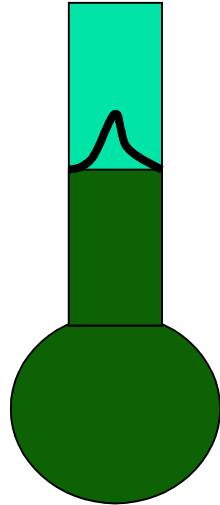
Günlük sıcaklık ölçümleri saat 7,14 ve 21'de yapılır.

### Günlük ortalama sıcaklık

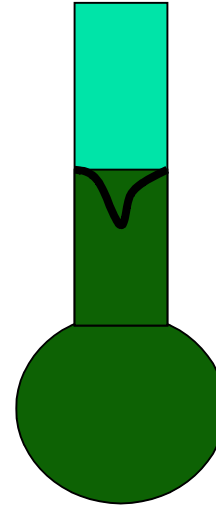
$$G.O.S. = \frac{T_7 + T_{14} + 2(T_{21})}{4}$$

### Aylık ortalama sıcaklık

$$A.O.S. = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_{30}}{30}$$



Maksimum Termometre



Minimum Termometre