

### طبیعت انرژی خورشیدی و اطلاعاتی درباره خورشید\*

نور خورشید منبع اصلی انرژی و ادامه حیات موجودات روی زمین می باشد  
با مقایسه با سایر ستارگان، خورشید یکی از ستارگان کم اهمیت کهکشان راه شیری است.

#### مشخصات خورشید

خورشید کره ایست متشکل از گازهای فشرده دارای قطر  $1.39 \times 10^9$  متر و با فاصله متوسط  $1.495 \times 10^{11}$  متر از زمین. با ملاحظه از روی زمین خورشید دور محور خود بطور متوسط یکدور در هر ۲۸ روز میزند ولی این دوران ثابت نبوده بطوریکه در استوا زمان این گردش ۲۷ روز در قطبها این زمان حدود ۳۰ روز می باشد.

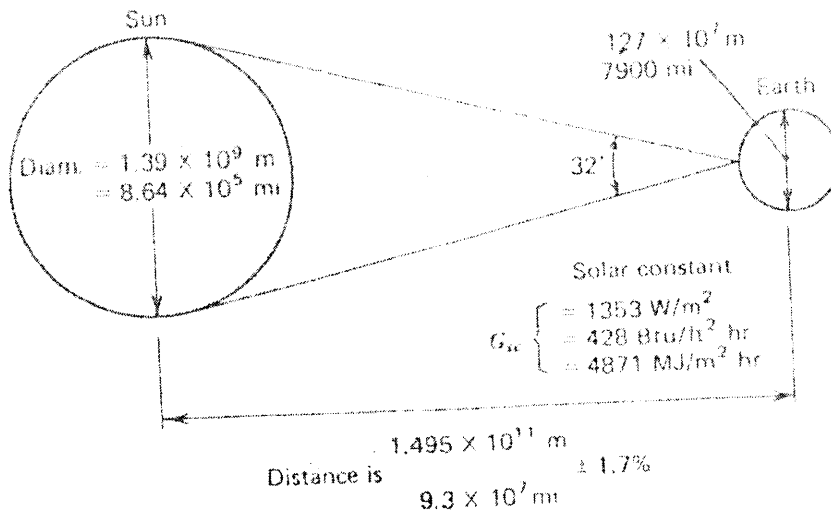


Figure 1.2.1 Sun-earth relationships.

دمای معادل خورشید (که به عنوان یک جسم سیاه بتواند تمام انرژی ساطع شده از خورشید را بدهد) حدود  $5800\text{ K}$  تخمین زده می شود. دمای دیگری نیز می توان تعریف کرد. دمای سطح سیاهی که بتواند تشعشع ماکزیممی در طول موج ماکزیمم خورشید داشته باشد حدود  $6300\text{ K}$  می باشد.

خورشید در حقیقت یک کوره گداخت (Fusion) اتمی است، بطوریکه واکنش های حاصله، انرژی ساطع شده از خورشید را تامین می نماید. واکنشهای مختلفی برای این کوره پیشنهاد شده که قابل قبول ترین آنها گداخت هیدروژن و تولید هلیوم می باشد.

اختلاف جرم هسته هلیوم و هیدروژن طبق رابطه  $E = mc^2$  انرژی تولید شده در خورشید می باشد. انرژی تولید شده در قسمت مرکزی خورشید ( که در دماهای چند میلیون درجه کلین می باشد) بصورت تشعشع بوده و بین این قسمت مرکزی و قسمت های خارجی خورشید تبادل حرارت

\* شکل ها و روابط این بخش از کتاب زیر گرفته شده است:

Solar Engineering of Thermal Processes, by Duffie and Beckman, John Wiley and Sons, Inc. 1980, 1991

بصورت تشعشع و جابجائی صورت گرفته و جرم مخصوص گازها و دمای آنها هر چه از مرکز دور شویم کمتر می شوند.

سطح خورشید از حفره های جابجائی با ابعاد ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلومتر تشکیل شده که عمری حدود چند دقیقه دارند. علاوه بر این حفره ها نقاط تاریک با همین ابعاد و عمر متوسط دیده می شوند و نقاط تاریک بزرگتر به نام لکه های خورشیدی (Sunspots) معروفند که دارای ابعاد متفاوت می باشند.

خارج از فتوسفر در حقیقت اتمسفر خورشید می باشد که در مواقع کسوف و یا با وسایل مخصوص قابل رویت می باشد. این اتمسفر را کرموسفر می نامند که حدود ۱۰،۰۰۰ کیلومتر ضخامت داشته و جرم مخصوص خیلی کمی دارد.

فاصله متوسط زمین از خورشید و قطر خورشید طوری است که با زاویه ۳۲ دقیقه می توان از روی زمین بخورشید نگاه کرد. شدت تشعشع متوسط خورشید در بیرون از اتمسفر زمین که به نام ثابت خورشیدی می باشد معادل  $G_{sc} = 1353 \text{ W/m}^2$  است که شدت تشعشع روی صفحه ای عمود بر اشعه می باشد. این رقم با اندازه گیری های مستقیم و بوسیله ابزارهای مختلف تعیین شده است.

### توزیع طیفی تشعشع خورشید در خارج از اتمسفر زمین Spectral Irradiance

تشعشع خورشید مانند یک جسم سیاه نیست ولی نزدیک به آن می باشد.

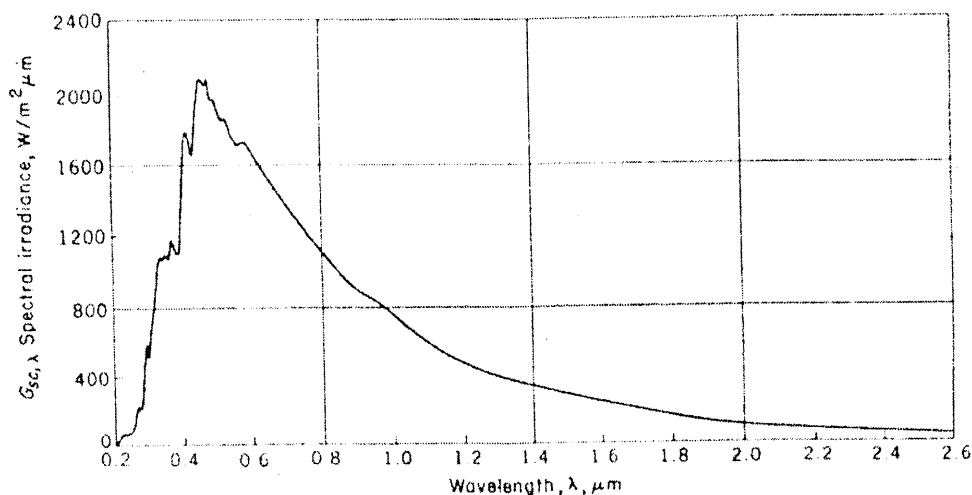


Figure 1.3.1 The NASA/ASTM standard spectral irradiance at the mean sun-earth distance and a solar constant of  $1353 \text{ W/m}^2$ .

سطح زیر منحنی تابش خورشید همان  $G_{sc} = 1353 \text{ W/m}^2$  می باشد. این شدت تشعشع در فاصله طول موج های مختلف بقرار زیر است:

	انرژی در این فاصله طول موج $\text{W/m}^2$	% انرژی	فاصله طول موج $\mu\text{m}$
	95	7	0 - 0.38
نور مرئی	640	47.29	0.38 - 0.78
	618	45.71	0.78 - 8

## تغییرات شدت تشعشع خورشید بر حسب زمان

با وجود لکه های خورشیدی شدت تشعشع خورشید ثابت نبوده ولی این تغییرات که پرئودیک نیز هستند هنوز بطور دقیق مشخص نشده اند.

تغییرات تشعشع خورشیدی در خارج از اتمسفر زمین بستگی بفاصله زمین تا خورشید دارد. این تغییرات را می توان به حساب آورده و برای روز  $n$  ام سال (که اول فروردین معادل  $n = 1$  است) از رابطه زیر استفاده کرد:

$$G_{on} = G_{sc} \left( 1 + 0.033 \cos \frac{360(n+81)}{365} \right) \quad (1)$$

که  $G_{on}$  شدت تابش خورشید عمود بر اشعه می باشد.

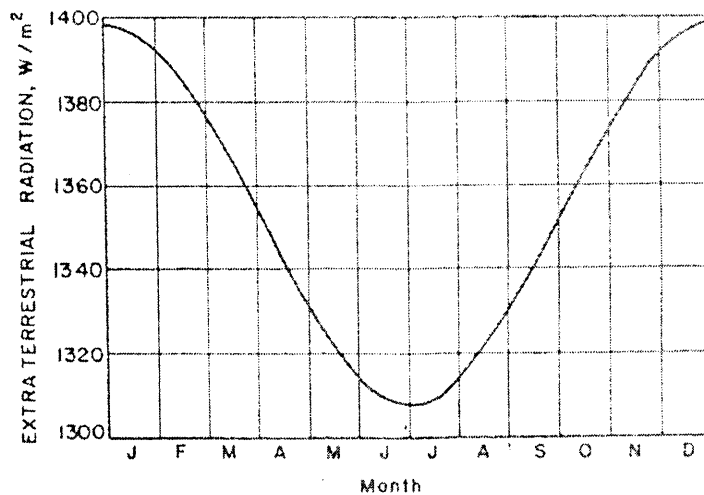


Figure 1.4.1 Variation of extraterrestrial solar radiation with time of year.

## بعضی تعاریف در مورد تشعشع خورشید در روی زمین

زاویه سمت الرأس (Zenith Angle)  $\theta_z$

زاویه بین شعاع تابش خورشید و قائم در یک محل می باشد.

## جرم هوا یا Air Mass

نسبت طول مسیری است از اتمسفر که نور خورشید از آن عبور می کند به طول مسیر اگر آفتاب در بالای سر قرار داشت.

برای وقتی که آفتاب در راس باشد (در سطح دریا)  $m = 1$  می باشد که  $m$  را "جرم هوا" می نامند. برای وقتی که  $\theta_z = 60$  باشد،  $m = 2$  و بطور کلی در سطح دریا و برای زوایای  $\theta_z$  بین  $0$  و  $70^\circ$ :

$$m = \frac{1}{\cos \theta_z} \quad (2)$$

است. برای زوایای بیشتر اثر انحنای زمین را بایستی منظور کرد و  $m$  را بطریق دیگر حساب نمود.

AM

## تشعشع مستقیم یا Direct or Beam Radiation

این نور خورشید است که بطور مستقیم و بدون پراکنده شدن به یک نقطه از زمین می رسد

## تشعشع پراکنده Diffuse Radiation

نور خورشید در موقع عبور از اتمسفر زمین قسمتی جذب و قسمت دیگر بوسیله اتمسفر پراکنده می شود. به این تشعشع، تشعشع آسمان نیز گفته می شود.

## تشعشع کل

مجموع نور مستقیم و پراکنده است.

## زمان خورشیدی

برای مطالعات خورشیدی لازم است که زمان خورشیدی را برحسب زمان محلی تعیین کنیم. زمان در یک کشور بر مبنای یک یا چند نصف النهار و برحسب فاصله بر مبنای نصف النهار مبداء که از گرینویچ انگلستان می گذرد تعیین شده است. طول جغرافیائی تهران حدود  $51/5$  درجه شرق گرینویچ می باشد. غربی ترین نقطه کشور دارای طول جغرافیائی  $44$  و شرقی ترین نقطه  $63$  می باشد. با  $3/5$  ساعت جلوتر بودن کل زمان ایران با مقایسه با گرینویچ، طول جغرافیائی مربوط باین زمان:  $3.5 \text{ hrs} \times 15^\circ / \text{hr} = 52.5^\circ$  که تقریباً طول جغرافیائی شیراز می باشد. برای تعیین زمان خورشیدی بامقایسه با زمان محلی ( که در تمام ایران یکی است) از رابطه زیر استفاده می کنیم: (این رابطه اختلاف دو زمان را برحسب دقیقه می دهد)

$$\text{Solar Time} - \text{Stand. Time} = \pm 4(L_{st} - L_{loc}) + E \quad (3)$$

که E را معادله زمان می گویند. در رابطه فوق + برای طول های جغرافیائی غرب گرینویچ و - برای شرق این محل می باشد. برای ایران:

$$\text{Solar Time} - \text{Stand. Time} = -4(L_{st} - L_{loc}) + E \quad (4)$$

$$E = 9.87 \sin 2\beta - 7.53 \cos \beta - 1.5 \sin \beta \quad (5)$$

$$\beta = \frac{360n}{364} = \frac{360(n' - 81)}{364} \quad (6)$$

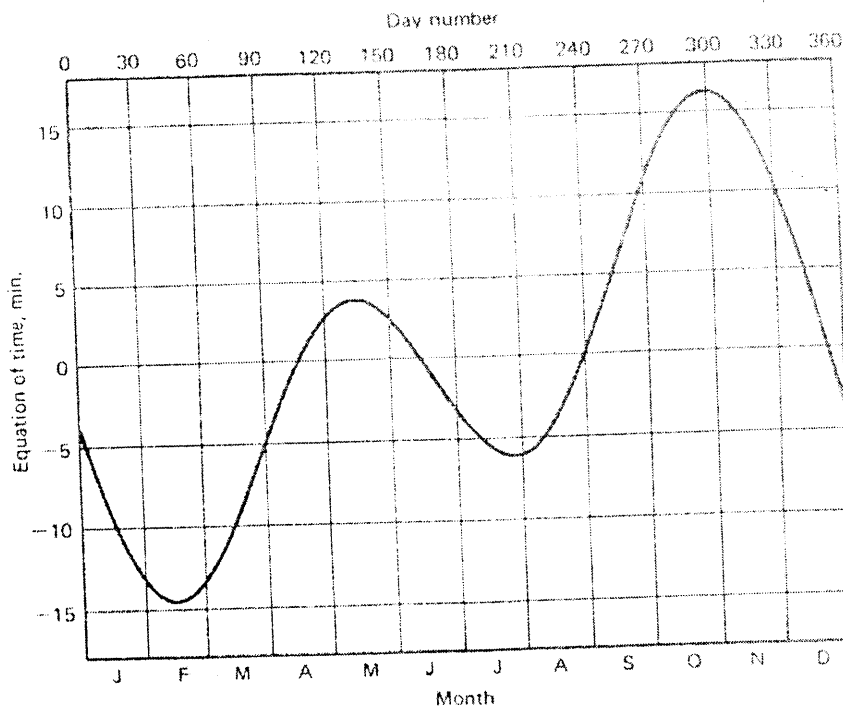


Figure 1.5.1 The equation of time,  $E$ , in minutes, as a function of time of year.

که  $n$  روز سال (شمسی هجری) و  $n'$  روز سال میلادی می باشد. برای اول فروردین  $n = ۸۲$  و  $n' = ۲۶۸$  می باشد. منحنی تغییرات  $E$  بر حسب روزهای سال تعیین شده است.

**مثال ۱:** اذان ظهر (۱۲ خورشیدی) را برای روز ۲۷ شهریورماه در تهران تعیین کنید:

$$n = 182 \text{ و } n' = 263$$

$$\beta = 180$$

$$E = +7.53$$

$$12 - St. Time = -4(52.5 - 51.5) + 7.53$$

$$= -4 + 7.53 = 3.53 \text{ min}$$

یعنی ظهر خورشیدی حدود ۳/۵ دقیقه قبل از ظهر محلی است.

**مثال ۲:** برای مشهد با طول جغرافیائی حدود ۶۰ درجه با مقایسه با تهران در هر زمان:

$$(So. T.)_M - St. T. = -4(L_{st} - L_M) + E \quad \text{برای مشهد (M)}$$

$$(So. T.)_T - St. T. = -4(L_{st} - L_T) + E \quad \text{برای تهران (T)}$$

$$(So. T.)_M - (St. T.)_T = 4(L_M - L_T)$$

$$= 4(60 - 51.5) = 34 \text{ min}$$

یعنی ظهر خورشیدی مشهد حدوداً ۳۴ دقیقه جلوتر از ظهر خورشیدی تهران می باشد. برای تبریز با طول جغرافیائی ۶۴ درجه این اختلاف زمانی ۲۲- دقیقه است.

### هندسه اشعه مستقیم خورشید

زاویه تابش اشعه مستقیم خورشید نسبت به هر صفحه بستگی به عرض جغرافیائی محل ( $\varphi$ )، روز سال (که برحسب زاویه  $\delta$  یا انحراف یا Declination)، ساعت و دقیقه روز (که نسبت به ظهر خورشیدی تعیین می‌گردد) و جهت صفحه نسبت به جنوب و شیب صفحه نسبت به افق دارد. عرض جغرافیائی محلی را از نقشه های جغرافیائی می‌توان تعیین کرد. مثلاً برای تهران حدود  $\varphi = 35/5^0$ ، شیراز  $29/5^0$  و تبریز  $38^0$  می‌باشد.

زاویه انحراف یا  $\delta$  زاویه بین تابش خورشید با صفحه استوا در ظهر خورشیدی می‌باشد. برای روزهای اول فروردین و مهر که محور دوران زمین عمود بر صفحه مدار گردش زمین به دور خورشید است این زاویه صفر بوده، یعنی در ظهر خورشیدی در این روزها صفحه استوا منطبق بر صفحه گردش زمین به دور خورشید است.

زاویه انحراف برای اول تیرماه  $\delta = +23/5$  و اول دی ماه  $\delta = -23/5$  می‌باشد. بطور خلاصه می‌توان  $\delta$  را از رابطه زیر بدست آورد:

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{n}{365}\right) \quad (7)$$

که  $n$  روز سال شمسی هجری می‌باشد. برای اول فروردین  $n=1$ ،  $\delta=0$ ، برای اول تیرماه  $n=94$  و  $\delta = 23.45^0$  می‌باشند سایر زوایا در شکل زیر نشان داده اند.

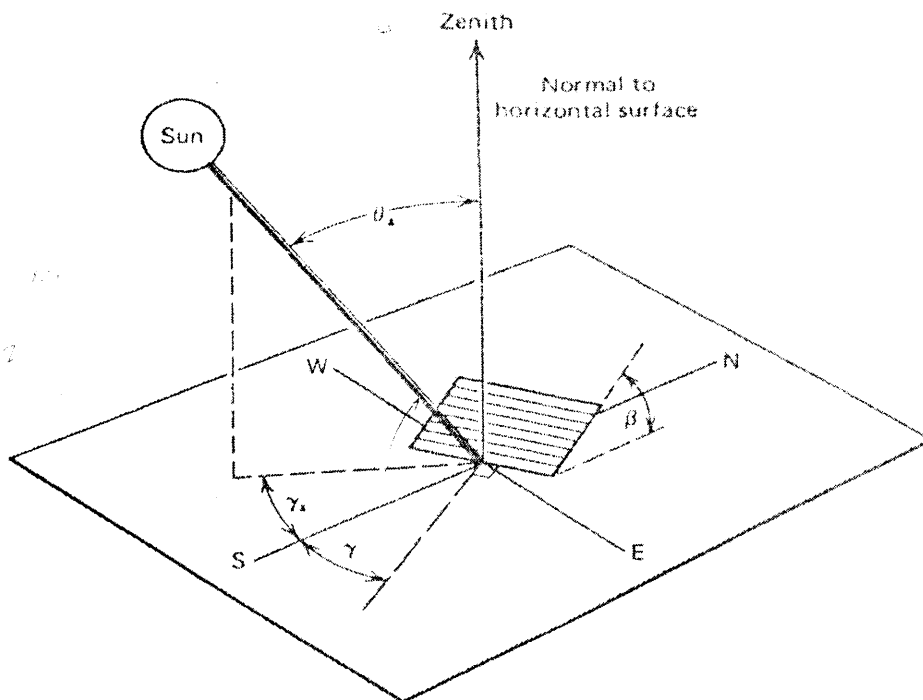


Figure 1.6.1 Zenith angle, slope, surface azimuth angle and solar azimuth angle for a tilted surface.

در این شکل:  $0 \leq \beta \leq 180$  شیب صفحه مورد نظر نسبت به افق

$\gamma$  زاویه عزیمت صفحه (Surface Azimuth Angle)

$\gamma = 0$  برای وقتی است که صفحه متوجه جنوب باشد. برای متوجه شرق بودن (مانند شکل فوق)  $\gamma$  منفی و برای وقتی که صفحه متوجه غرب است  $\gamma$  مثبت است.

$\theta_z$  زاویه سمت راس یا Zenith Angle

$\theta$  زاویه تابش یا زاویه بین اشعه مستقیم خورشید و عمود بر سطح

$\gamma_s$  زاویه عزیمت خورشید (Solar Azimuth) که از جهت جنوب اندازه‌گیری می‌شود. برای بعد از ظهرها  $\gamma_s$  مثبت و قبل از ظهرها منفی است.

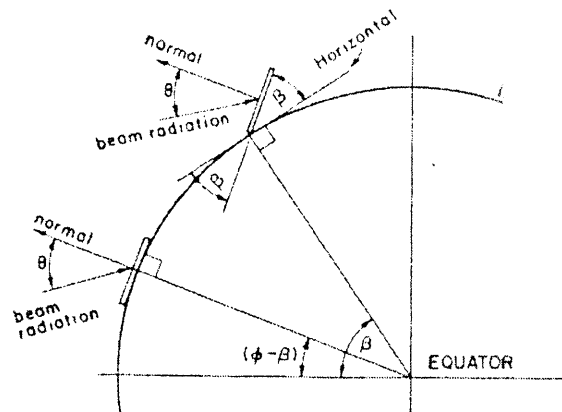


Figure 1.6.2 Section of Earth showing  $\beta$ ,  $\theta$ ,  $\phi$  and  $(\phi - \beta)$  for a south-facing surface.

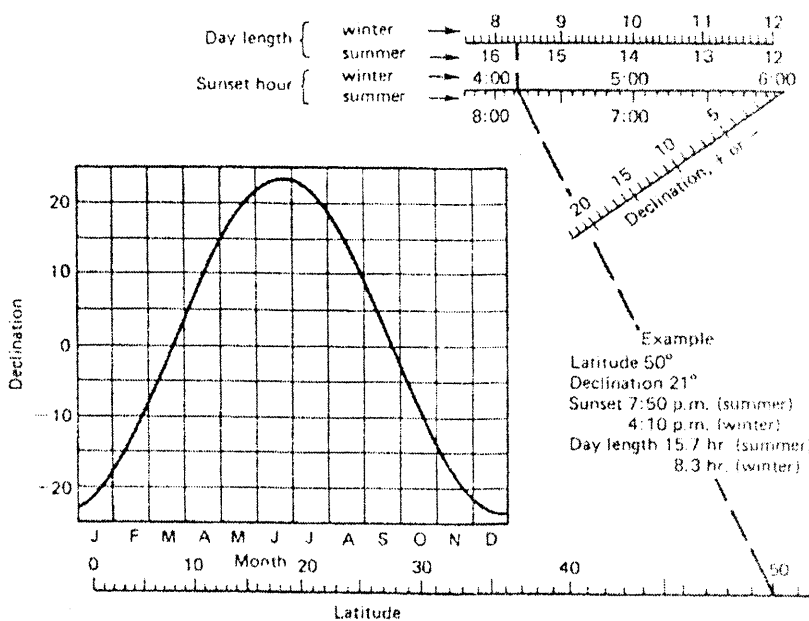


Figure 1.6.3 Nomogram to determine time of sunset and day length. Adapted from Whillier, Solar Energy 9, 164 (1965).

برای ساعت روز زاویه ای به نام زاویه ساعت ( $\omega$  Hour Angle) تعریف می‌شود. این زاویه که بر مبنای گردش زمین بدور خورشید می‌باشد برای هر ساعت  $15^\circ$  و بعد از ظهرها مثبت و قبل از ظهرها منفی است.

زاویه دیگری که در معماری بکار گرفته می شود ارتفاع آفتاب یا Solar Altitude می باشد که برابر با  $\theta_z - 90^0$  می باشد.

برای زاویه تابش  $\theta$  رابطه زیر وجود دارد:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \varphi \cos \beta - \sin \delta \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \varphi \cos \beta \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \end{aligned} \quad (8)$$

**مثال ۳:** برای یک گیرنده خورشیدی که با شیب  $40^0$  در تهران طوری نصب شده که تصویر عمود آن  $15$  درجه شرق جنوب است، زاویه تابش خورشید را در  $1$  بعدازظهر روز  $7$  مهرماه تعیین کنید.

برای  $7$  مهرماه  $n = 193$  و  $\delta = -2^0$  ، برای  $1$  بعدازظهر  $\omega = 15$  و برای صفحه گیرنده  $\beta = 40$  و  $\gamma = -15$  و عرض جغرافیائی تهران  $\varphi = 35/5$  که می توان در رابطه فوق قرار داد، و  $\theta$  را تعیین کرد.  
برای صفحه افقی  $\beta = 0$  و  $\theta = \theta_z$  ، رابطه بالا به رابطه زیر تبدیل می شود.

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (9)$$

برای وقتی که  $\gamma = 0$  باشد رابطه (۸) بصورت زیر در می آید.

$$\cos \theta = \sin \delta \sin(\varphi - \beta) + \cos \delta \cos \omega \cos(\varphi - \beta) \quad (10)$$

### تعیین طول روز و ساعات طلوع و غروب آفتاب

طول روز را می توان از رابطه (۹) با  $\theta_z = 90$  به دست آورد که در اینصورت زاویه ساعت مربوط به طلوع و یا غروب آفتاب می شود.

$$\cos \omega_s = -\tan \delta \tan \varphi \quad (11)$$

برای وقتی که  $\delta = 0$  است (اول فروردین و اول مهرماه)

$$\cos \omega_s = 0 \quad , \quad \omega_s = 90^0$$

طلوع و غروب آفتاب  $6 = 90^0 / 15^0$  ساعت قبل و بعد از ظهر خورشید خواهد بود.



برای اول تیرماه که  $\delta$  مثبت و حداکثر مقدار خود را دارد  $\omega_s > 90^\circ$  و حداکثر خود را خواهد داشت. برای تهران،  $\varphi = 35/5^\circ$  در اول تیرماه

$$\begin{aligned} \cos \omega_s &= -\tan 23.45 \tan 35.5 \\ &= -0.434 \times 0.713 = -0.31 \\ \omega_s &= 108^\circ \end{aligned}$$

طول نصف روز برابر  $12:7 = 7/2 = 7/2$  (۱۰۸/۱۵) ساعت است. برای اول تیرماه  $n = 94$  و از رابطه (۷)  $\delta = 23/45^\circ$ ، از رابطه (۶)  $\beta = 92/712$ ، از رابطه (۵)  $E = -2/43$  دقیقه و از رابطه (۴) ظهر خورشیدی برابر با  $12:26:26$  می باشد. بنابراین غروب آفتاب ساعت  $19:18:26$  و طلوع آفتاب ساعت  $4:54:26$  خواهد بود:

برای عرض جغرافیائی  $\varphi = 66/55$  درجه در روز اول تیرماه

$$\begin{aligned} \cos \omega_s &= -0.434 \times 2.3 = -1 \\ \omega_s &= 180^\circ \end{aligned}$$

یعنی اینکه طلوع و غروب آفتاب ۱۲ ساعت قبل و بعد از ظهر خورشیدی است یا طول روز ۲۴ ساعت است.

برای روز اول دی ماه که  $\delta = -23/45$  است، برای  $\varphi = 66/55$ ،  $\cos \omega_s = 1$  و  $\omega_s = 0$  یا اینکه طلوع و غروب آفتاب صفر ساعت قبل و بعد از ظهر خورشیدی خواهد بود. یا در عرض جغرافیائی  $\varphi = 66/55$  درجه در روز اول زمستان طول روز صفر است. می توان تعداد ساعات روز را از رابطه زیر بدست آورد.

$$N = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan \delta \cdot \tan \varphi) \quad (12)$$

### نسبت اشعه مستقیم روی یک صفحه مورب به صفحه افقی

بسیاری از اندازه گیری های تشعشع خورشیدی بوسیله صفحات افقی اندازه گیری می شوند. لازم است با استفاده از این اطلاعات تشعشع خورشیدی را روی هر صفحه مورب بدست آورد. در این قسمت تشعشع مستقیم روی صفحه شیب دار را نسبت باین تشعشع روی صفحه افقی تعیین می کنیم.

$$R_b = \frac{G_{bt}}{G_{bh}} = \frac{G_{bn} \cos \theta}{G_{bn} \cos \theta_s} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_s} \quad (13)$$

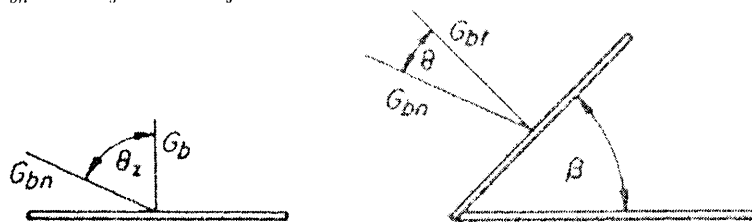


Figure 1.7.1 Beam radiation on horizontal and tilted surfaces.

برای گیرنده های مسطح بهترین زاویه عزیمت صفحه  $\gamma = 0$  است. بنابراین با ترکیب روابط (۹) و (۱۰):

$$R_b = \frac{\sin \delta \sin(\varphi - \beta) + \cos \delta \cos \omega \cos(\varphi - \beta)}{\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \omega \cos \varphi} \quad (14)$$

برای وقتی که تشعشع خورشید روی صفحه ای عمود بر اشعه خورشید اندازه گیری و ضبط شده باشد، برای یک صفحه شیب دار  $R'_b$  نسبت  $G_{bt}$  روی  $G_{bn}$  می باشد، یعنی

$$R'_b = \frac{G_{bt}}{G_{bn}} = \frac{G_{bn} \cos \theta}{G_{bn}} = \cos \theta \quad (15)$$

### تشعشع خورشید روی یک صفحه افقی در خارج از اتمسفر زمین

در بسیاری مواقع می توان تشعشع خورشید روی زمین را با داشتن اطلاعاتی از وضع صافی هوا در محل و تشعشع خورشید در خارج از اتمسفر زمین بدست آورد.

تشعشع خورشید روی یک صفحه افقی در خارج از اتمسفر از عبارت زیر بدست می آید:

$$G_{oh} = G_{sc} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{360(n+81)}{365} \right) \right] \cos \theta_z \quad (16)$$

با ترکیب با رابطه (۹):

$$G_{oh} = G_{sc} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{360(n+81)}{365} \right) \right] (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) \quad (17)$$

این رابطه شدت تشعشع خورشید را برحسب ثابت خورشید برای هر ساعت از روز و روز از سال (n = 1 برای اول فروردین) و عرض جغرافیائی  $\varphi$  می دهد.

برای تعیین کل تشعشع در طول روز (یا ایرادیشن  $H_{oh}$ ) برای یک صفحه افقی خارج از اتمسفر زمین کافی است که از رابطه بالا برای طول روز خورشیدی انتگرال بگیریم. در اینصورت:

$$H_{oh} = \frac{24 \times 3600 G_{se}}{\pi} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{360(n+81)}{365} \right) \right] \times \left[ \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{2\pi \omega_s}{360} \sin \varphi \sin \delta \right] \quad (18)$$

که  $\omega_s$  زاویه ساعت غروب آفتاب برحسب درجه می باشد.

برای تعیین متوسط ماهیانه می توان رابطه (۱۸) را برای هر روز ماه حساب کرده و جمع کرد و یا اینکه برای یک روز متوسط ماه موردنظر  $\delta$  و  $\omega_s$  را بدست آورد و سپس از این رابطه استفاده کرد. مقادیر  $H_{oh}$  و متوسط ماهیانه هر ماه (برحسب  $\text{MJ/m}^2 \cdot \text{day}$ ) در منحنی ها و جداولی ضبط شده اند.

تعیین تابش خورشید در هر فاصله زمانی

$$I_{oh} = \frac{24 \times 3600}{2\pi} G_{se} \left[ 1 + 0.033 \cos \frac{360(n+81)}{365} \right] \times \left[ \cos \varphi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{2\pi(\omega_2 - \omega_1)}{360} \sin \varphi \sin \delta \right] \quad (19)$$

که  $\omega_2$  و  $\omega_1$  می توانند برای هر فاصله زمانی غیر از ۱ ساعت باشند.

مثال ۴: تشعشع خورشید را در خارج از اتمسفر زمین روی یک صفحه افقی برای عرض جغرافیائی

$\varphi = 43^\circ$  و روز ۲۶ فروردین بین ساعت ۱۰ تا ۱۱ صبح تعیین کنید.

برای روز ۲۶ فروردین  $n + 81 = 26 + 81 = 107$

$\delta = 9.4^\circ$ ،  $\omega_1 = -30^\circ$ ،  $\omega_2 = -15^\circ$

$$I_{oh} = \frac{24 \times 3600 \times 1353}{2\pi} \left[ 1 + 0.033 \cos \frac{360(107)}{365} \right] \times \left[ (\cos 43 \cos 9.4 (\sin(-15) - \sin(-30))) + \frac{2\pi(-15 - (-30))}{360} \sin 43 \sin 9.4 \right]$$

$$= 3.747 \frac{MJ}{m^2}$$

می توان به طور تقریبی  $G_{oh}$  را برای ساعت ۱۰:۳۰ یا  $\omega = -22.5^\circ$  از رابطه (۱۷) بدست آورد و در ۳۶۰۰ ثانیه ضرب کرد. از این رابطه:

$$I_{oh} = 3.755 \frac{MJ}{m^2}$$

به دست می آید.

### تشعشع خورشید در روی زمین

برای طراحی و پیش بینی کارائی سیستم های خورشیدی لازم است که اطلاعاتی راجع به تشعشع انرژی خورشیدی روی زمین داشته باشیم. این اطلاعات ممکن است مربوط به تشعشع مستقیم یا پراکنده بر حسب ساعات مختلف روز و یا روزانه باشد.

تشعشع دریافتی و یا خروجی یک صفحه را می توان بطور کلی بدو دسته با طول موج کوتاه  $0.3$  تا  $3$  میکرون و طول موج بلند ( $\lambda > 3 \mu m$ ) تقسیم کرد.

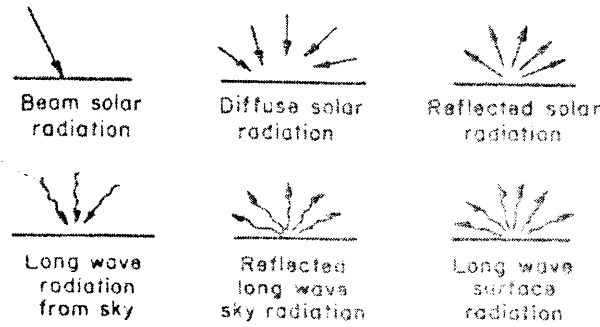


Figure 2.1.1 The radiant energy fluxes of importance in solar thermal processes. Short-wave solar radiation is shown by  $\rightarrow$ . Long-wave radiation is shown by  $\leftarrow$ .

وسایل اندازه گیری تشعشع خورشید. دستگاه Pyranometer که کل تشعشع و یا تشعشع پراکنده را ( با سایه کردن) اندازه می گیرد و Pyrheliometer که نور مستقیم خورشید را ( و قسمتی از تشعشع آسمان اطراف خورشید) را اندازه می گیرد. این دستگاه دنبال خورشید حرکت می کند در حالی که اولی ثابت بوده و معمولاً افقی می باشد.

### تقلیل (Attenuation) تشعشع خورشید بوسیله اتمسفر زمین

نور خورشید در عبور از اتمسفر زمین بوسیله مولکولهای موجود و ذرات موجود در اتمسفر جذب و پراکنده می شود. این جذب و پراکنده شدن ها برای طول موجها یکی نبوده و کلیه ذرات موجود نیز یک نوع درجه پراکندگی و یا جذب نسبت به یک طول موج بخصوص را ندارند. پراکندگی اشعه مستقیم بوسیله ذرات هوا، بخار آب موجود و گرد و غبار در هوا بوده و بستگی به اندازه و ذره و طول موج دارد. بطور کلی اندازه ذره ها از طول موج نور کوچکتر می باشند. ذرات هوا خیلی کوچکتر از طول موج اشعه بوده و ضریب پراکندگی آنها متناسب با  $\lambda^{-4}$  می باشد که  $\lambda$  طول موج نور است. ذرات گرد و غبار خیلی بزرگتر از ذرات هوا بوده و ضریب پراکندگی متناسب با  $\lambda^{-3/4}$  پیشنهاد شده است. پراکندگی بوسیله بخار آب بستگی به میزان بخار آب موجود در ستون هوا داشته و برای آن ضریب پراکندگی متناسب با  $\lambda^{-2}$  پیشنهاد شده است. جذب نور خورشید بستگی به طول موج دارد. اشعه ماوراء بنفش بوسیله ازن  $O_3$  جذب می شود و تقریباً تمام اشعه زیر  $0.29 \mu$  جذب ازن شده و در  $0.35 \mu$  دیگر جذب نمی شود. در طول موج  $0.6 \mu$  میکرون ضریب جذب بسیار ضعیفی بوسیله ازن وجود دارد. جذب اشعه در طول موج های بلندتر بوسیله  $H_2O$  و  $CO_2$  و  $O_2$  می باشد. بطور خلاصه، تشعشع خورشید که وارد اتمسفر می شود دارای طیفی مخصوص می باشد. تابش با طول موجهای کم بوسیله ازن و اکسیژن و سایر مولکولها در ارتفاعات بالا جذب می شوند. اشعه ماوراء بنفش کلاً بوسیله ازن جذب می گردد. در طول موجهای بلندتر از  $2/5$  میکرون وجود بخار آب و  $CO_2$  در اتمسفر تمام اشعه را جذب می نماید. بنابراین در کاربردهای انرژی خورشیدی روی زمین تابش خورشید بین  $0.29$  تا  $5/2$  میکرون مورد توجه می باشد.

### تخمین متوسط تشعشع خورشید

بهترین روش برای تخمین انرژی خورشیدی استفاده از اطلاعات تجربی در این زمینه می باشد. ولی اطلاعات همیشه بصورت شدت تشعشع خورشیدی نبوده و لذا لازم است با استفاده از اطلاعات دیگر شدت تشعشع خورشید را حدس زد.

یکی از اطلاعاتی که در بسیاری از ایستگاههای هواشناسی وجود دارد متوسط ماهیانه تعداد ساعات آفتابی روزانه می باشد. می توان متوسط ماهیانه ایررادیشن  $\bar{H}_h$  را از رابطه زیر بدست آورد:

$$\frac{\bar{H}_h}{\bar{H}_{oh}} = \left( a + b \frac{\bar{n}}{\bar{N}} \right) \quad (20)$$

که  $\bar{H}_{oh}$  ایررادیشن روی صفحه افقی در خارج از اتمسفر زمین،  $a$  و  $b$  اعدادی ثابت ( که بستگی به محل داشته) و  $\bar{n}$  تعداد متوسط ماهیانه ساعات آفتابی در طول یک روز و  $\bar{N}$  متوسط ساعات آفتاب ( بدون توجه به ابر و غیره ، یا متوسط طول روز خورشیدی در ماه مورد نظر ) می باشد. برای اکثر شهرهای ایران که دارای شرایط کویری هستند می توان بطور تقریبی  $a = 0.54$  و  $b = 0.18$  انتخاب کرد.

### حدس شدت تشعشع خورشید با استفاده از ضرایب صافی هوا

متوسط ماهیانه ضریب صافی روزانه هوا

$$\bar{K}_T = \frac{\bar{H}_h}{\bar{H}_{oh}} \quad (21)$$

ضریب صافی روزانه هوا

$$K_T = \frac{H_h}{H_{oh}} \quad (22)$$

و ضریب صافی ساعتی هوا

$$k_T = \frac{I_h}{I_{oh}} \quad (23)$$

تعریف می شوند. با داشتن  $\bar{K}_T$  و  $K_T$  یا  $k_T$  برای یک محل و محاسبه مقادیر ایررادیشن در خارج از اتمسفر زمین (برای صفحه افقی) می توان  $\bar{H}_h$  و  $H_h$  و یا  $I_h$  را بدست آورد. برای تعیین  $k_T$  می توانیم از رابطه

$$k_T = \left[ a' + b' \cos \frac{2\pi}{24} (t - 12) \right] \bar{K}_T \quad (24)$$

$$a' = 0.409 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60) \quad (25)$$

$$b' = 0.6607 - 0.4767 \sin(\omega_s - 60) \quad (26)$$

استفاده کنیم.

برای تعیین تشعشع مستقیم و پراکنده می توان از روابط زیر استفاده کرد:

$$I_d / I_h = 1 - 0.249 k_T \quad \text{for } k_T < 0.35 \quad (27)$$

$$I_d / I_h = 1.557 - 1.84 k_T \quad \text{for } 0.35 < k_T < 0.75 \quad (28)$$

$$I_d / I_h = 0.177 \quad \text{for } k_T > 0.75 \quad (29)$$

پس از تعیین  $I_d$  از این روابط می توانیم  $I_b$  را بدست آوریم.

$$I_b = I_h - I_d \quad (30)$$

که البته برای صفحه افقی است.  
رابطه بین تشعشع ساعتی و روزانه

$$\frac{I_h}{H_h} = \frac{\pi}{24} (a' + b' \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{2\pi \omega_s}{360} \cos \omega_s} \quad (31)$$

که در این رابطه  $\omega$  معرف زاویه ساعت مورد نظر بر حسب درجه و  $\omega_s$  معرف زاویه غروب آفتاب است.

### تعیین کل تشعشع دریافتی یک صفحه شیب دار

روابط داده شده در بالا برای صفحات افقی است برای صفحه شیب دار که  $\beta$  شیب آن می باشد) و با یک ضریب دید  $(1 + \cos \beta) / 2$  آسمان و با ضریب دید  $(1 - \cos \beta) / 2$  زمین را می بیند:

$$I_t = I_b R_b + I_d (1 + \cos \beta) / 2 + \rho_g (I_b + I_d) (1 - \cos \beta) / 2 \quad (32)$$

در اینجا فرض کرده ایم تشعشع پراکنده در آسمان بطور یکنواخت وجود دارد. این فرض کاملاً صحیح نیست چونکه در اطراف خورشید این تشعشع بیشتر بوده و همچنین در زوایای کم "بلندی آفتاب" (یا Solar Altitude) تشعشع پراکنده بیشتر است. ولی مدل بالا با مقایسه با مدلهای دیگر جواب بهتری می دهد. در رابطه فوق  $I_b$  و  $I_d$  برای صفحه افقی و  $\rho_g$  ضریب انعکاس زمین می باشد. در این رابطه از انعکاس نور بوسیله ساختمانهای مجاور صرف نظر شده و فرض شده که زمین اطراف گیرنده مسطح است.

### متوسط ماهیانه تشعشع خورشید روی صفحات شیب دار

رابطه (۳۲) شدت تشعشع خورشید را در ساعت مخصوص می دهد. برای گیرنده های خورشیدی لازم است بدانیم که متوسط ماهیانه تشعشع روزانه خورشید روی صفحه شیب دار چقدر است. برای صفحه شیب داری که  $\gamma = 0$  است می توانیم بنویسیم:

$$\bar{H}_t = (\bar{H}_h - \bar{H}_d) \bar{R}_b + \bar{H}_d (1 + \cos \beta) / 2 + \rho_g \bar{H}_h (1 - \cos \beta) / 2 \quad (33)$$

برای  $\bar{R}_b$  می توانیم از شکل 2.16.1 و برای  $\bar{H}_d / \bar{H}_h$  می توان از روابط زیر استفاده کرد.

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \sin \omega'_s + (\pi / 180) \omega'_s \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi / 180) \omega_s \sin \phi \sin \delta} \quad (34)$$

$$\omega'_s = \min \left[ \begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\phi \pm \beta) \tan \delta) \end{array} \right] \quad (35)$$

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}_h} = 0.775 + 0.00653(\omega_s - 90) - [0.505 + 0.00455(\omega_s - 90)] \cos(115 \bar{K}_T - 103) \quad (36)$$

معدل تابش خورشید در این ۸۷.۰۰  
عرض جغرافیایی ایران ۳۰.۱۵

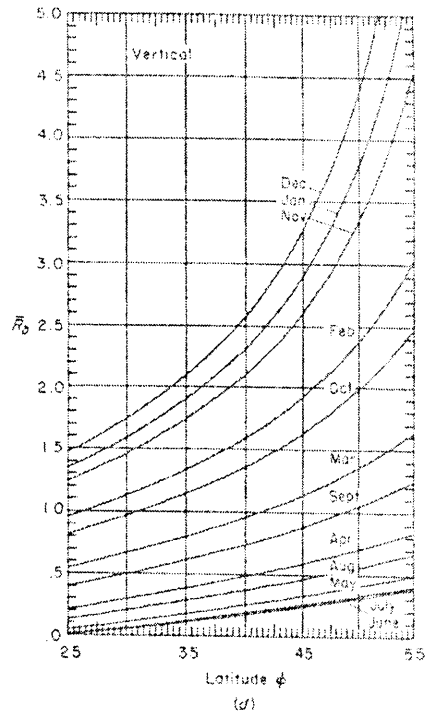
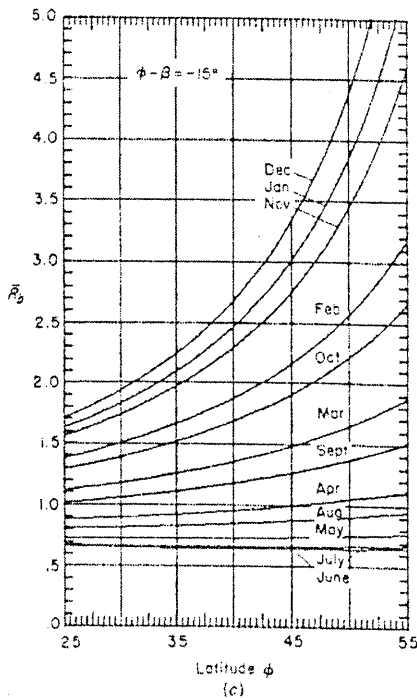
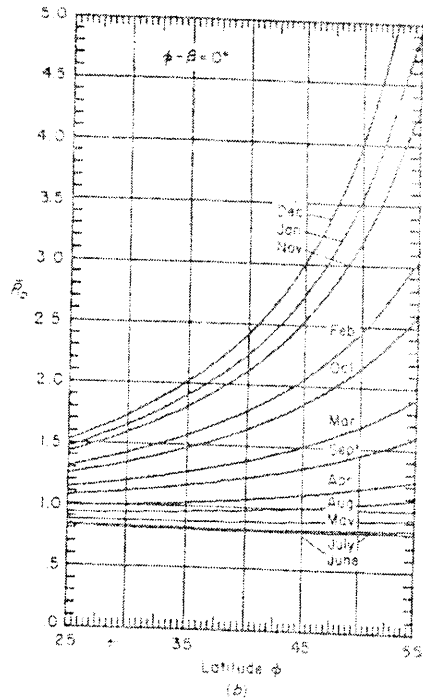
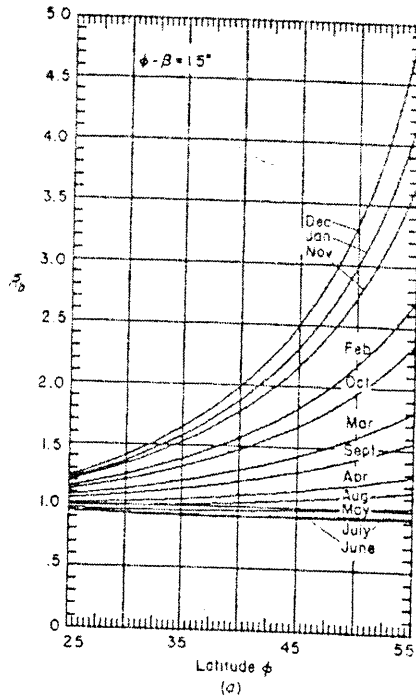


Figure 2.16.1 Estimated  $\bar{H}_0$  for surfaces facing the equator as a function of latitude for various  $(\phi - \beta)$ , by months. (a)  $(\phi - \beta) = 15^\circ$ ; (b)  $(\phi - \beta) = 0^\circ$ ; (c)  $(\phi - \beta) = -15^\circ$ ; (d)  $\beta = 90^\circ$ . For the southern hemisphere, interchange months as shown on Figure 1.7.2. From Beckman et al. (1977).

### اثر شیب و جهت صفحه روی کل متوسط ماهیانه انرژی دریافتی

می توانیم  $\bar{H}_i$  را در ماههای مختلف برای زوایای مختلف محاسبه و در هر ماه اثر شیب  $\beta$  را روی انرژی دریافتی صفحه بررسی کنیم. شکل 2.17.1 مقادیر  $\bar{H}_h$  یا  $\bar{H}_i$  را برای حالت  $\phi = 45^\circ$



زمستانی را برای حالت فوق و برای  $\rho = 0.12$  و  $0.16$  می‌دهد. و شکل 2.17.2 کل انرژی سالیانه دریافتی در یافتی را برای تمام ماهها می‌دهد. و  $\gamma = 0$  و  $\bar{K}_T = 0.5$

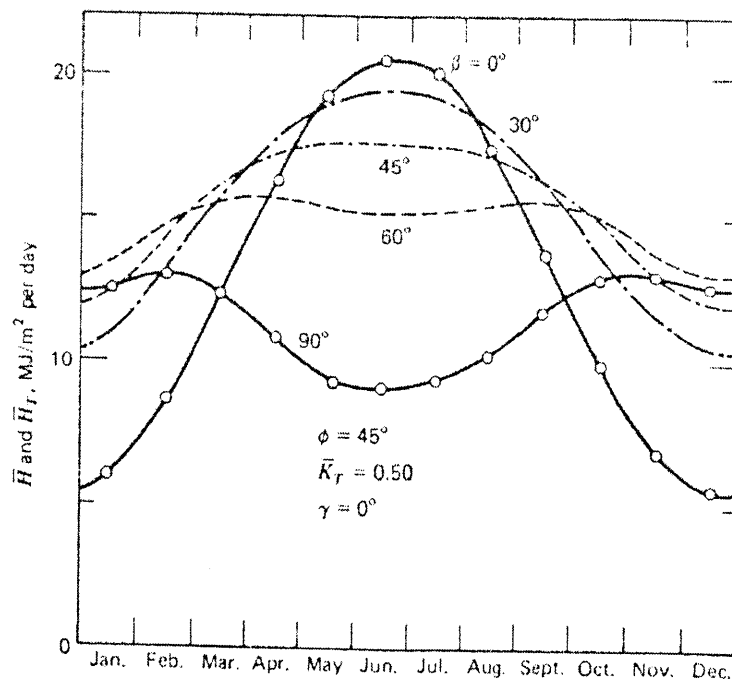


Figure 2.17.1 Variation in estimated average daily radiation on surfaces of various slopes as a function of time of year, for a latitude of  $45^\circ$ ,  $\bar{K}_T$  of 0.50, surface azimuth angle of  $0^\circ$  and a ground reflectance of 0.20.

برای تعیین میزان انرژی برای  $\gamma \neq 0$  می‌توان محاسبات را انجام داد. این محاسبات نشان می‌دهد که برای  $\gamma \leq 15^\circ$  تغییر قابل ملاحظه‌ای در کل انرژی دریافتی سالیانه صفحه دیده نمی‌شود.

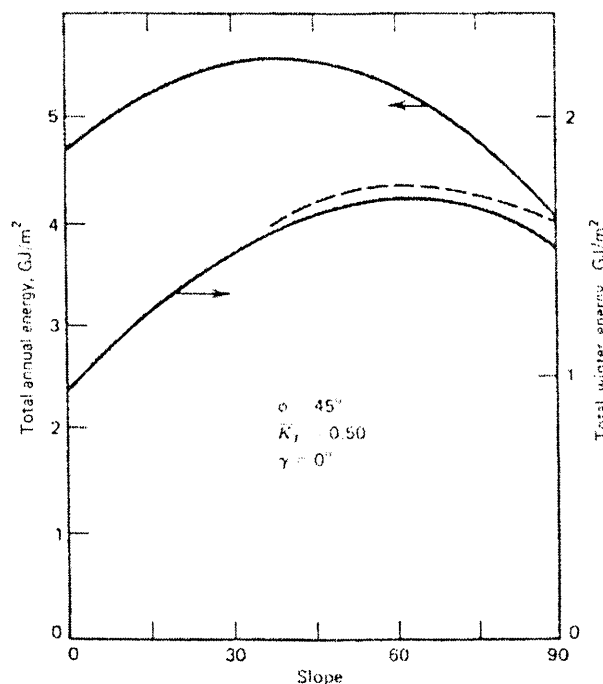


Figure 2.17.2 Variation of total annual energy and total winter (December to March) energy as a function of surface slope, for a latitude of  $45^\circ$ ,  $\bar{K}_T$  of 0.50 and a surface azimuth angle of  $0^\circ$ . Ground reflectance is 0.20 except for the dashed curve where it is taken as 0.60 for January and February.

## اطلاعات هواشناسی برای چند شهر ایران

اسفند (March)	بهمن (February)		دی (January)		آذر (December)		آبان (November)		مهر (October)		شهریور (Sept.)		مرداد (August)		تیر (July)		خرداد (June)		اردیبهشت (May)		فروردین (April)		شهر
	$T_n$	$T_x$	$T_n$	$T_x$	$T_n$	$T_x$	$T_n$	$T_x$	$T_n$	$T_x$	$T_n$	$T_x$	$T_n$	$T_x$	$T_n$	$T_x$	$T_n$	$T_x$	$T_n$	$T_x$	$T_n$	$T_x$	
۲/۷	۱۴	۷/۲	-۵/۵	۴/۲	-۱/۹	۷/۷	۲/۷	۱۴/۶	۲۲/۸	۱۷/۲	۳۰/۹	۱۷/۲	۳۴/۹	۱۸/۵	۳۵/۸	۱۸/۵	۳۲/۷	۳۲/۷	۲۵/۸	۶/۹	۱۹/۳	۱۹/۳	اراک
۴	۱۷/۴	۱۲/۴	-۲/۹	۹	-۱/۸	۱۰/۴	۲/۶	۱۶/۹	۲۵/۱	۳۱/۸	۳۱/۸	۱۸/۲	۳۵/۵	۲۰/۳	۳۶/۸	۲۰/۳	۳۴/۳	۳۴/۳	۲۸/۱	۸/۴	۲۲/۱	۲۲/۱	اصفهان
۱۱/۹	۲۵/۴	۷/۹	۶/۳	۱۷/۶	۷/۳	۱۹	۱۲	۲۴/۴	۳۶/۱	۴۲/۳	۴۲/۳	۲۵/۹	۴۵/۵	۲۶/۸	۴۵/۹	۲۶/۸	۴۴/۲	۴۴/۲	۳۸/۶	۱۶/۴	۳۱/۵	۳۱/۵	اهواز
۰/۱	۱۰	۴/۲	-۶/۳	۱/۹	-۳/۶	۴/۶	۱/۷	۱۱/۸	۲۰/۴	۳۷/۸	۳۷/۸	۱۸/۲	۳۲/۳	۱۸/۲	۳۲/۳	۱۸/۲	۲۸/۴	۲۸/۴	۲۲/۷	۵/۳	۱۶/۲	۱۶/۲	تبریز
۴/۶	۱۵/۵	۱-۵	-۱/۵	۷/۷	۰/۳	۹/۷	۵/۴	۱۶	۲۴/۵	۳۱/۳	۳۱/۳	۲۲/۱	۳۵/۳	۲۲/۸	۳۶/۴	۲۲/۸	۳۳/۸	۳۳/۸	۲۸	۹/۸	۲۱/۵	۲۱/۵	تهران
۷/۹	۲۲/۶	۲/۹	-۰/۴	۱۴/۲	۰/۲	۱۶/۵	۲/۸	۲۱/۷	۳۷/۸	۳۲/۳	۳۲/۳	۱۶/۹	۳۵/۶	۱۹	۳۶/۹	۳۶/۹	۱۸/۳	۲۶	۳۲/۳	۱۱/۸	۲۷/۲	۲۷/۲	زاهدان
-۱/۱	۱۰/۹	-۶/۲	-۷/۸	۲/۸	-۴/۵	۶	۰/۵	۱۳	۲۱/۲	۲۷/۹	۲۷/۹	۱۴/۲	۳۱/۹	۱۴/۶	۳۲	۱۱/۲	۲۹	۲۹	۲۳/۵	۳/۵	۱۶/۷	۱۶/۷	زنجان
۰/۴	۱۳/۱	-۴/۵	-۶/۱	۴/۴	-۳	۸	۱/۶	۱۵/۴	۲۴/۲	۳۱/۱	۳۱/۱	۱۷/۴	۳۵/۷	۱۸	۳۶/۳	۱۳/۱	۳۱/۹	۳۱/۹	۲۴/۹	۴/۷	۱۸/۱	۱۸/۱	سندج
۴/۵	۱۹	۱/۲	-۰/۴	۱۲	۰/۴	۱۳/۹	۳/۵	۲۰/۲	۳۷/۷	۳۲/۴	۳۲/۴	۱۸/۳	۳۶/۴	۱۹/۶	۳۷/۳	۱۶/۶	۳۵/۵	۳۵/۵	۳۰/۱	۷/۹	۲۳/۵	۲۳/۵	شیراز
۴/۱	۱۹/۱	-۰/۴	-۳/۲	۱۱/۸	-۲/۳	۱۳/۸	-۰/۱	۱۹/۴	۲۶/۱	۳۱/۴	۳۱/۴	۱۵/۱	۳۴/۲	۱۷/۷	۳۵/۷	۱۶/۲	۳۴/۸	۳۴/۸	۲۹/۶	۸/۱	۲۳/۸	۲۳/۸	کرمان
۰/۸	۱۴/۵	-۳/۲	-۴/۱	۷/۲	-۲/۳	۹/۶	۱/۳	۱۶/۴	۲۵/۶	۳۲/۵	۳۲/۵	۱۵	۳۷	۱۵/۷	۳۷/۶	۱۰/۸	۳۳/۲	۳۳/۲	۲۵/۷	۴/۸	۱۹/۴	۱۹/۴	کرمانشاه
۲/۵	۱۳/۶	-۲/۵	-۴/۷	۶/۹	-۳	۹/۱	۰/۶	۱۴/۹	۲۲	۲۸/۳	۲۸/۳	۱۵/۳	۳۷/۶	۱۷/۷	۳۳/۹	۳۱/۷	۳۱/۷	۳۱/۷	۲۶/۴	۷/۶	۱۹/۷	۱۹/۷	مشهد
-۰/۷	۱۱/۵	-۶/۲	-۸/۶	۲/۸	-۵/۶	۵/۹	-۱/۱	۱۲/۸	۴/۱	۲۹/۱	۲۹/۱	۱۳/۷	۳۳/۵	۱۴/۶	۳۳/۸	۲۹/۸	۲۹/۸	۲۹/۸	۲۳/۱	۳/۷	۱۷	۱۷	همدان
۶/۵	۲۰/۱	۱/۷	-۰/۶	۱۲/۲	-۰/۴	۱۴/۳	۴/۷	۱۹/۹	۲۷/۴	۳۴/۲	۳۴/۲	۲۱/۷	۳۷/۹	۲۴/۱	۳۹/۳	۲۲/۱	۳۷/۶	۳۷/۶	۳۲/۰	۱۲/۲	۲۶/۳	۲۶/۳	یزد

## ضریب صافی هوا ( $K_T$ ) برای شهرهای مختلف ایران<sup>۱</sup>

اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	ماه	نام شهر
۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۵۴	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۵۳		آبادان
۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۵	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۵۶		اراک
۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۵۰	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۴۹		اردبیل
۰/۵	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۵۶	۰/۵۳		ارومیه
۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۶	۰/۶۳	۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۶۱		اصفهان
۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۴۸	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۵۴	۰/۵۴		اهواز
۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۵۸	۰/۵۶		ایلام
۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۱		بابلسر
۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۶		بجنورد
۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۵		بندرعباس
۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/۶	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۵۳		بوشهر
۰/۶	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۷	۰/۷	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶		بیرجند
۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۴۷	۰/۵۷	۰/۶۴	۰/۶۸	۰/۷	۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۵۶	۰/۵		تبریز
۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵	۰/۵۵	۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۵۵		تهران
۰/۵۳	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۷	۰/۵۸	۰/۵۷		جاسک
۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۹	۰/۶۳	۰/۶۱		خرم آباد

۱- مرجع: سید عباس میر حسینی، تعیین ضریب صافی هوا برای شهرهای مختلف ایران، رساله کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، اسفند ۱۳۸۱

اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	ماه	نام شهر
۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶	۰/۱۶۳	۰/۱۶۷	۰/۱۷	۰/۱۷۲	۰/۱۷۳	۰/۱۷۲	۰/۱۷۲	۰/۱۶۹	۰/۱۶۷		خور
۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳۸		رامسر
۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۴	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۳۹		رشت
۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۶۲	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۵	۰/۱۶۵	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۰/۱۶۳	۰/۱۶۲		زاهدان
۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶	۰/۶	۰/۵۴	۰/۵۱		زنجان
۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۵۷		سمنان
۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۷	۰/۶۱	۰/۶	۰/۵۱		سنندج
۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۴۶	۰/۶۲	۰/۵۷	۰/۵۴		شهر کرد
۰/۵۱	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۶۱	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶		شیراز
۰/۶۴	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۷	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۴		طبرس
۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۵۷	۰/۵۶		قزوین
۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۵		قم
۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۵۱	۰/۵۶		کرج
۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۱		کرمان
۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۶۲	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۵۱	۰/۵۵		کرمانشاه
۰/۳۸	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۴۰		مرکاز
۰/۵۵	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۷	۰/۷	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۱	۰/۵۱		مشهد
۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۶	۰/۶	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۲	۰/۵		همدان
۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۲		یاسوج
۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۶	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۶۱		یزد