

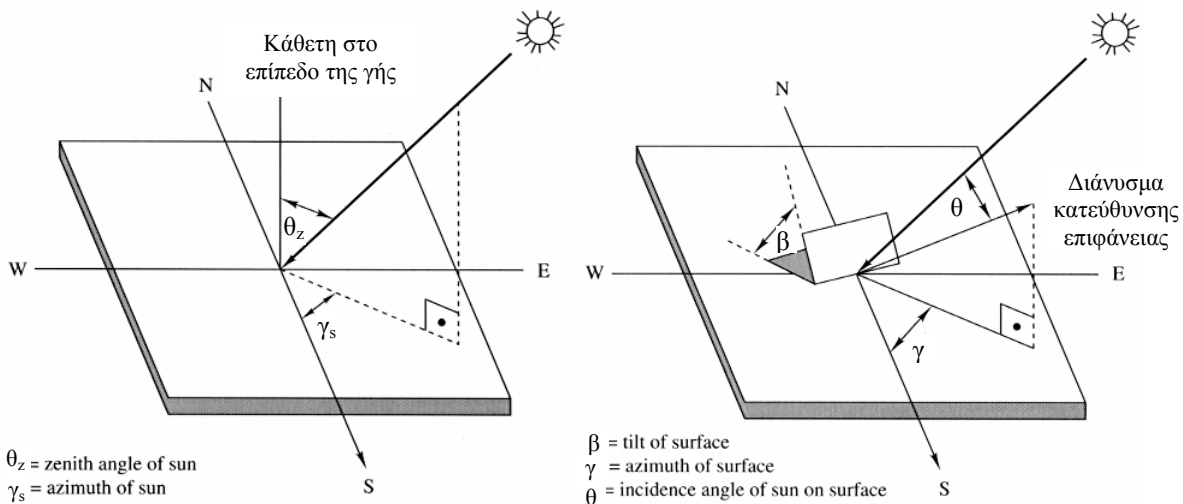
Τυπολόγιο Υπολογισμού Προσιπτώμενης Ηλιακής Ακτινοβολίας σε Οριζόντια και Κεκλιμένη Επιφάνεια

Βασικά σύμβολα

- (I): Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο, π.χ. 1 ώρα της ημέρας
 (H), (\bar{H}), (\bar{H}_o): Ολική ηλιακή ακτινοβολία στη διάρκεια μιας οποιασδήποτε ημέρας του έτους, τη μέση ημέρα του μήνα, εκτός ατμόσφαιρας τη μέση ημέρα του μήνα κλπ.
 φ γεωγραφικό πλάτος τόπου
 θ, θ_z γωνία πρόσπτωσης σε επίπεδο, γωνία ζενίθ
 β κλίση επιπέδου σχετικά με το οριζόντιο
 γ, γ_s γωνία αζιμουθίου επιπέδου και γωνία αζιμουθίου του ήλιου
 ω ωριαία γωνία του ήλιου
 δ γωνία ηλιακής απόκλισης

Δείκτες

- o : εκτός ατμόσφαιρας, π.χ. H_o είναι η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία στα όρια της ατμόσφαιρας
 d : διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία
 b : άμεση ηλιακή ακτινοβολία
 r : ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία
 T : ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο



$$\cos \theta = \sin \delta \sin \varphi \cos \beta - \sin \delta \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \varphi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega$$

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

$$\omega_s = \arccos(-\tan \varphi \tan \delta)$$

$$\delta = 23.45 \cdot \sin [360 \cdot (284 + n)/365] \quad [^\circ]$$

$\gamma_s = C_1 C_2 \gamma_s' + C_3 (1 - C_1 C_2) \cdot 90$ [°] όπου $\sin \gamma_s' = \sin \omega \cos \delta / \sin \theta_z$ ή $\tan \gamma_s' = \sin \omega / (\sin \varphi \cos \omega - \cos \varphi \tan \delta)$
 $C_1 = 1$ αν $|\omega| < \omega_{ew}$ και $C_1 = -1$ αν $|\omega| \geq \omega_{ew}$, όπου $\omega_{ew} = \arccos(\tan \delta / \tan \varphi)$ η ηλιακή γωνία όταν ο ήλιος είναι στην ανατολή ή στη δύση (αλλά στη περίπτωση όπου $|\tan \delta / \tan \varphi| > 1$ θέτουμε $C_1 = 1$.)
 $C_2 = 1$ αν $\varphi(\varphi - \delta) \geq 0$, $C_2 = -1$ αν $\varphi(\varphi - \delta) < 0$
 $C_3 = 1$ αν $\omega \geq 0$, $C_3 = -1$ αν $\omega < 0$

Ηλιακή Ακτινοβολία Εκτός Ατμόσφαιρας

για οποιαδήποτε χρονική στιγμή (σε W/m^2):

$$G_0 = G_{sc} \cdot \left(1 + 0.033 \cdot \cos \left(\frac{360 \cdot n}{365} \right) \right) \cdot [\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \varphi \cdot \sin \delta]$$

για μια ημέρα του έτους (σε J/m^2):

$$H_0 = \frac{24 \cdot 3600}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot \left(1 + 0.033 \cdot \cos \left(\frac{360 \cdot n}{365} \right) \right) \cdot \left[\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \frac{2 \cdot \pi \cdot \omega_s}{360} \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta \right]$$

για μια χρονική περίοδο της ημέρας $[\omega_1, \omega_2]$, (σε J/m^2):

$$I_0 = \frac{12 \cdot 3600}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot \left(1 + 0.033 \cdot \cos \left(\frac{360 \cdot n}{365} \right) \right) \cdot \left[\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{2 \cdot \pi \cdot (\omega_2 - \omega_1)}{360} \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta \right]$$

με $G_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$, n-ημέρα του έτους (Σχήμα 1), ω_1, ω_2 ωριαία γωνία αρχής και τέλους χρονικής περιόδου (°), ω_s -ωριαία γωνία δύσης (°).

Month	n for ith Day of Month	For the Average Day of the Month		
		Date	n, Day of Year	δ , Declination
January	i	17	17	-20.9
February	31 + i	16	47	-13.0
March	59 + i	16	75	-2.4
April	90 + i	15	105	9.4
May	120 + i	15	135	18.8
June	151 + i	11	162	23.1
July	181 + i	17	198	21.2
August	212 + i	16	228	13.5
September	243 + i	15	258	2.2
October	273 + i	15	288	-9.6
November	304 + i	14	318	-18.9
December	334 + i	10	344	-23.0

Σχήμα 1. Μέση ημέρα του μήνα και αντίστοιχη γωνιακή απόκλιση (δ)

Ηλιακή Ακτινοβολία σε Οριζόντιο Επίπεδο στην Επιφάνεια της Γής

Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία σε Οριζόντιο Επίπεδο: $I = I_b + I_d$, $H = H_b + H_d$, $\bar{H} = \bar{H}_b + \bar{H}_d$

Δείκτης Αιθριότητας : $k_T = \frac{I}{I_o}$, $K_T = \frac{H}{H_o}$, $\bar{K}_T = \frac{\bar{H}}{\bar{H}_o}$

Εμπειρικά:

$$K_T = \frac{H}{H_o} = a + b \frac{n_{\eta\lambda}}{N}$$

$n_{\eta\lambda}$: ώρες ηλιοφάνειας περιοχής ανά μήνα,

$N = (\text{ημέρες του μήνα}) \cdot (2\omega_s) / 15$: μέγιστη ηλιοφάνεια,
 $a = 0.1992$, $b = 0.5165$ για Ελλάδα.

Κατανομή ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια της ημέρας:

Όταν είναι γνωστή η ημερήσια ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο, μπορεί να εκτιμηθεί η κατανομή της στη διάρκεια της ημέρας υπολογίζοντας την τιμή της για μια ώρα, στο μέσο της οποίας αντιστοιχεί η ωριαία γωνία (ω) [$^\circ$]:

$$r_t = \frac{I}{H} = \frac{\pi}{24} (a + b \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{\pi \omega_s}{180} \cos \omega_s}$$

$$a = 0.409 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60), \quad b = 0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_s - 60)$$

όπου (ω_s) είναι η ωριαία γωνία δύσης.

Κατανομή διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια της ημέρας:

$$r_d = \frac{I_d}{H_d} = \frac{I_o}{H_o} = \frac{\pi}{24} \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{\pi \omega_s}{180} \cos \omega_s}$$

Υπολογισμός Διάχυτης Ηλιακής Ακτινοβολίας σε Οριζόντιο Επίπεδο

Μέση μηνιαία ημερήσια διάχυτη ακτινοβολία (για $0.3 \leq \bar{K}_T \leq 0.8$)

$$\omega_s \leq 1.4208, \quad \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1.391 - 3.560\bar{K}_T + 4.189\bar{K}_T^2 - 2.137\bar{K}_T^3$$

$$\omega_s > 1.4208, \quad \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1.311 - 3.022\bar{K}_T + 3.427\bar{K}_T^2 - 1.821\bar{K}_T^3$$

Ημερήσια διάχυτη ακτινοβολία

$$\omega_s < 1.4208 \quad K_T \leq 0.715 \quad \frac{H_d}{H} = 1.0 - 0.2727K_T + 2.4495K_T^2 - 11.9514K_T^3 + 9.3879K_T^4$$

$$K_T \geq 0.715 \quad \frac{H_d}{H} = 0.143$$

$$\omega_s \geq 1.4208 \quad K_T < 0.722, \quad \frac{H_d}{H} = 1.0 + 0.2832K_T - 2.5557K_T^2 + 0.8448K_T^3$$

$$K_T \geq 0.722, \quad \frac{H_d}{H} = 0.175$$

Ανά ώρα διάχυτη ακτινοβολία

$$k_T \leq 0.22, \quad \frac{I_d}{I} = 1.0 - 0.09k_T$$

$$0.22 < k_T \leq 0.80, \quad \frac{I_d}{I} = 0.9511 - 0.1604k_T + 4.388k_T^2 - 16.638k_T^3 + 12.336k_T^4$$

$$k_T > 0.8, \quad \frac{I_d}{I} = 0.165$$

Ηλιακή Ακτινοβολία σε Κεκλιμένο Επίπεδο στην Επιφάνεια της Γής

Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία σε Κεκλιμένο Επίπεδο

$$I_T = I_{Tb} + I_{Td} + I_{Tr} \quad , \quad H_T = H_{Tb} + H_{Td} + H_{Tr} \quad , \quad \bar{H}_T = \bar{H}_{Tb} + \bar{H}_{Td} + \bar{H}_{Tr}$$

Λόγος άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο προς αυτή του οριζώντιου

$$R_b = \frac{I_{Tb}}{I_b} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad , \quad R_b = \frac{H_{Tb}}{H_b} \quad , \quad \bar{R}_b = \frac{\bar{H}_{Tb}}{\bar{H}_b}$$

Λόγος διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο προς αυτή του οριζώντιου

$$R_d = \frac{I_{Td}}{I_d} \quad , \quad R_d = \frac{H_{Td}}{H_d} \quad , \quad \bar{R}_d = \frac{\bar{H}_{Td}}{\bar{H}_d}$$

Υπολογισμός Άμεσης Ηλιακής Ακτινοβολίας σε Κεκλιμένο Επίπεδο:

$$I_{Tb} = R_b \cdot I_b = R_b \cdot (I - I_d) \quad , \quad H_{Tb} = R_b \cdot H_b = R_b \cdot (H - H_d) \quad , \quad \bar{H}_{Tb} = \bar{R}_b \cdot \bar{H}_b = \bar{R}_b \cdot (\bar{H} - \bar{H}_d)$$

Για κεκλιμένο επίπεδο με κλίση (β) στο βόρειο ημισφαίριο (φ) με νότιο προσανατολισμό ($\gamma=0$)

Για υπολογισμό ανά ώρα με ω στο μέσο της ώρας υπολογισμού

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

Για υπολογισμό ανά ημέρα:

$$R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega_s + (\pi / 180) \omega_s \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi / 180) \omega_s \sin \varphi \sin \delta}$$

Για υπολογισμό ανά μήνα:

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega'_s + (\pi / 180) \omega'_s \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi / 180) \omega_s \sin \varphi \sin \delta} \quad , \quad \omega'_s = \min \left\{ \begin{array}{l} a \cos(-\tan \varphi \tan \delta) \\ a \cos[-\tan(\varphi - \beta) \tan \delta] \end{array} \right\}$$

Υπολογισμός Διάχυτης Ηλιακής Ακτινοβολίας σε Κεκλιμένο Επίπεδο με Κλίση (β):

$$I_{Td} = R_d \cdot I_d \quad , \quad H_{Td} = R_d \cdot H_d \quad , \quad \bar{H}_{Td} = \bar{R}_d \cdot \bar{H}_d$$

$$R_d = \bar{R}_d = \frac{1 + \cos \beta}{2}$$

Υπολογισμός Ανακλώμενης Ηλιακής Ακτινοβολίας προς Κεκλιμένο Επίπεδο με Κλίση (β):

$$I_{Tr} = \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \cdot I \quad , \quad H_{Tr} = \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \cdot H \quad , \quad \bar{H}_{Tr} = \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \cdot \bar{H}$$

όπου I , H , \bar{H} ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο.