

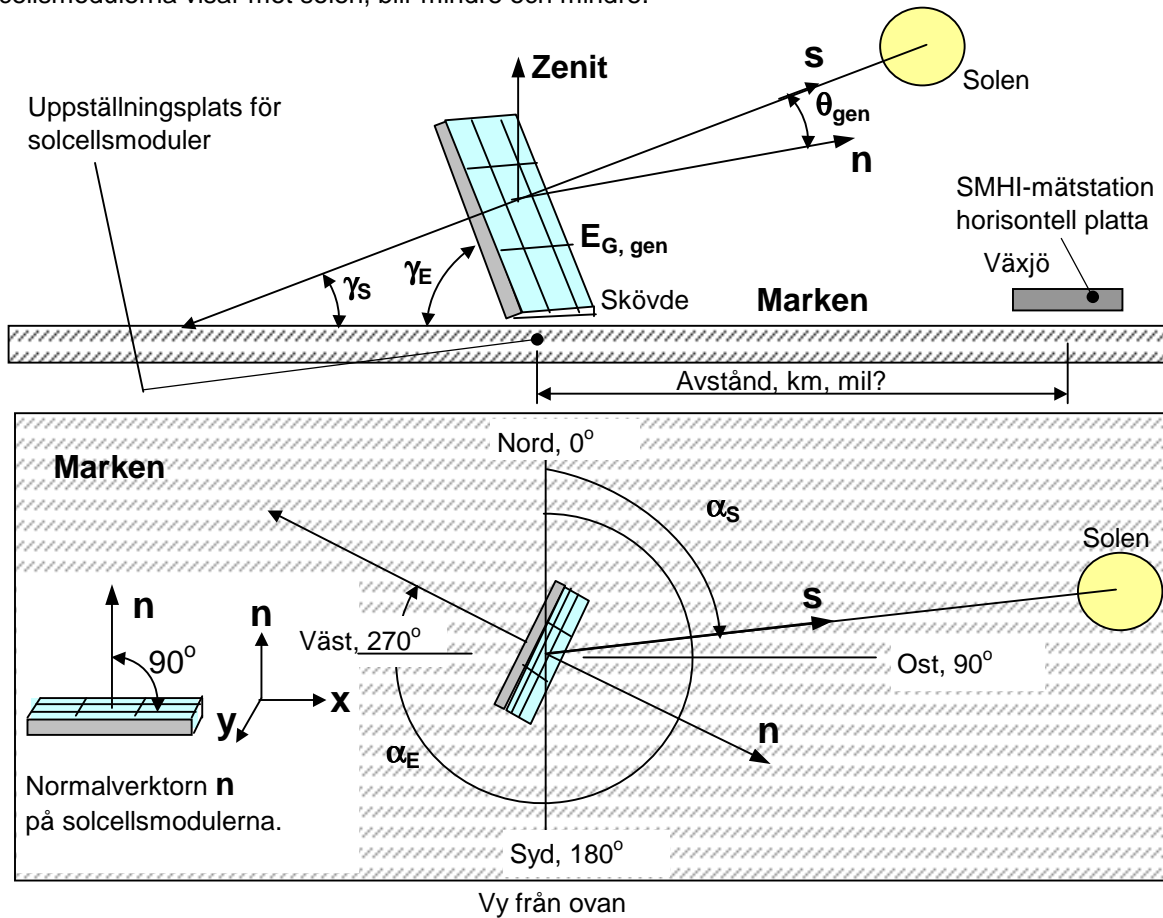
# Beräkning globalstrålning( $W/m^2$ ) mot solcellsmoduler

Globalstrålning  $E_{G, gen}$  mot en uppvinklad platta (solcellsmoduler) består av direkt solstrålning  $E_{dir, gen}$  och diffus solstrålning  $E_{diff, gen}$  samt från marken reflekterad strålning  $E_{refl, gen}$ . Om vi uttrycker det som en ekvation, blir det:

$$E_{G, gen} = E_{dir, gen} + E_{diff, gen} + E_{refl, gen} \quad [W/m^2] \quad \text{Ekv. (2.33)}$$

Denna globalstrålning  $E_{G, gen}$  kan direkt mätas om en mätgivare för globalstrålning monteras nära bredvid solcellsmodulerna, med samma uppvinkling och väderstreck, som solcells-modulerna. En sådan mätgivare har ofta relativt stort mätfel, ca +/- 5 à 10 %. Pga att den sitter bredvid solcellsmodulerna, kan den antas mäta just den globalstrålning som träffar solcells-modulerna och drabbas av samma försmutsning och snö, på samma sätt som modulerna.

När vektorn  $\mathbf{s}$  och  $\mathbf{n}$  sammanfaller, så tillgodogör sig solcellsmodulerna maximalt av den direkta solstrålningen. Ju mer dessa vektor avlägsnar sig från varandra, desto mindre kan solcellsmodulerna tillgodogöra sig den direkta solstrålningen, dvs den projicerade yta, som solcellsmodulerna visar mot solen, blir mindre och mindre.



Känner vi solens höjd på himmeln  $\gamma_S$ , solens azimut  $\alpha_S$ , solcellsmodulernas uppvinkling  $\gamma_E$  och deras azimut  $\alpha_E$ , så kan  $\theta_{gen}$  beräknas.  $\theta_{gen}$  är vinkeln mellan vektorn  $\mathbf{s}$  och  $\mathbf{n}$ . Om  $\theta_{gen} = 0$  är det optimala. Solens  $\gamma_S$  och  $\alpha_S$ , kan beräknas med ekvation för solens gång över himlavalvet under hela året, genom att ange ordningsnumret för dagen (1 till 365) på året, lokaltid och ort(breddgrad och längdgrad). Solcellsmodulernas uppvinkling  $\gamma_E$  och solcellsmodulernas(takets) azimut  $\alpha_E$  vet vi redan, och de är fix och fasta och ändrar sig inte, såvida vi inte har solföljningssystem.

$$\theta_{gen} = \arccos[ - \cos\gamma_S \cdot \sin\gamma_E \cdot \cos(\alpha_S - \alpha_E) + \sin\gamma_S \cdot \cos\gamma_E ] \quad [^\circ] \quad \text{Ekv. (2.32)}$$

$$E_{dir, gen} = E_{dir, hor} \cdot \frac{\cos\theta_{gen}}{\sin\gamma_S} \quad [W/m^2] \quad \text{Ekv. (2.35)}$$

$$E_{\text{diff, gen}} = E_{\text{diff, hor}} \cdot 0,5 \cdot (1 + \cos\gamma_E) \cdot [1 + F \cdot (\sin(\gamma_E/2))^3] \cdot [1 + F \cdot (\cos\theta_{\text{gen}})^2 \cdot (\cos\gamma_S)^3] \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{Ekv. (2.37a)}$$

$$F = 1 - \left( \frac{E_{\text{diff, hor}}}{E_{\text{G, hor}}} \right)^2 \quad [\text{dimensionslös}] \quad \text{Ekv. (2.37b)}$$

$$E_{\text{refl, gen}} = E_{\text{G, hor}} \cdot A \cdot 0,5 \cdot [1 - \cos\gamma_E] \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{Ekv. (2.43)}$$

Totala globalstrålningen på en vinklad yta (solcellsmodul) utgörs av:

$$E_{\text{G, gen}} = E_{\text{dir, gen}} + E_{\text{diff, gen}} + E_{\text{refl, gen}} \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{Ekv. (2.33)}$$

|  |
|--|
| <p><math>E_{\text{refl, gen}}</math> = reflekterad markstrålning som träffar en vinklad platta, [W/m<sup>2</sup>]<br/> <math>E_{\text{diff, gen}}</math> = diffus solstrålning, som träffar en vinklad platta, [W/m<sup>2</sup>]<br/> <math>E_{\text{dir, gen}}</math> = direkt solstrålning, som träffar en vinklad platta, [W/m<sup>2</sup>]<br/> <math>E_{\text{G, hor}}</math> = globalstrålning på horisontal platta (mäts av SMHI), [W/m<sup>2</sup>]<br/> <math>E_{\text{G, hor}} = E_{\text{dir, hor}} + E_{\text{diff, hor}}</math> [W/m<sup>2</sup>]<br/> A = Albedo-värde för marken, [dimensionslös]      F = hjälpvariabel, [dimensionslös]<br/> <math>\gamma_S</math> = solhöjden jämfört horisontalplanet, [°], = 0° då vid horisonten, 90° då står i zenit.<br/> <math>\alpha_S</math> = solens azimut, [°], är = 0° då solen står i norr, och = 90° då solen står i öster. Positivt ökande medurs.<br/> <math>\gamma_E</math> = Uppvinkling solcellsmoduler jämfört horisontalplan, [°], = 0° då är moduler plant på marken.<br/> <math>\alpha_E</math> = solcellsmodulernas azimut, [°], = 0° norr, och 90° om öst. Positivt ökande medurs.<br/> <b>n</b> = solcellsmodulernas normalvektor, dvs n är vinkelrät mot ytans x och y.<br/> <b>s</b> = vektor från solcellsmodulerna i solens riktning.<br/> <b>zenit</b> = vektor vinkelrät mot markens horisontalplan.<br/> <math>\theta_{\text{gen}}</math> = solstrålningens infallsvinkel mot solcellsmodulytan, vinkel mellan vektor <b>n</b> och <b>s</b>, [°]<br/> MESZ = mellaneuropeisk sommartid, +2 [h]<br/> <math>\varphi</math> = breddgrad, [°], grader och decimalgrader.<br/> <math>\lambda</math> = längdgrad [°], grader och decimalgrader.<br/> WOZ = Wahre Ortszeit, dvs verkliga lokaltiden, [h]<br/> UTC = temp universiell coordonné, h, vid 0-längdgraden (Greenwich, England).</p> |
|--|

Exempel:

Uppvinkling moduler  $\gamma_E = 11,00$  [°], modulazimut  $\alpha_E = 260,00$  [°]

För Skövde ( $\varphi = 58,384$   $\lambda = 13,844$ ), antag lokaltiden kl. 11:00, 21 juni,

MESZ = +2h, Skövdes verkliga lokaltid WOZ är då kl. 09,90, och UTC-tiden = 08,97.

(Verkliga lokaltiden i Växjö är då WOZ = 09,96, och  $\gamma_S = 49,82$  [°]  $\alpha_S = 133,50$  [°])

För Skövde blir solhöjden  $\gamma_S = 48,46$  [°] och solens azimut  $\alpha_S = 133,60$  [°]

Vi har från SMHI-mätstation Växjö, som inte har UTC kl. 08,97, utan endast hela timmar.

Vi väljer UTC kl. 09:00, 21 juni, 2013, timmedelvärdet:

$$E_{\text{G, hor}} = 554,01 \quad [\text{W/m}^2]$$

Detta ger för skövde:

$$E_{\text{diff, hor}} = 306,83 \quad [\text{W/m}^2]$$

$$E_{\text{dir, hor}} = 247,18 \quad [\text{W/m}^2]$$

vi antar A = 0,20 Vi beräknar nu för Skövde:

$$\theta_{\text{gen}} = 35,91 \quad [^\circ]$$

$$E_{\text{dir, gen}} = 267,43 \quad [\text{W/m}^2]$$

$$E_{\text{diff, gen}} = 344,52 \quad [\text{W/m}^2]$$

$$E_{\text{refl, gen}} = 1,02 \quad [\text{W/m}^2]$$

och får slutligen globalstrålningen på solcellsmodulerna i Skövde

$$E_{\text{G, gen}} = 612,97 \quad [\text{W/m}^2]$$

SMHI Växjö-mätstation:

$$\varphi = 56,927 \quad [^\circ]$$

$$\lambda = 14,730 \quad [^\circ]$$

Den verkliga tidsskillnaden mellan Skövde och SMHIs Växjö-mätstation är 6 minuter.

Enl. sidan 71 till 75, boken

"Regenerative Energiesysteme", 8:a utgåvan,

Prof. Dr. Volker Quaschnig, 2013