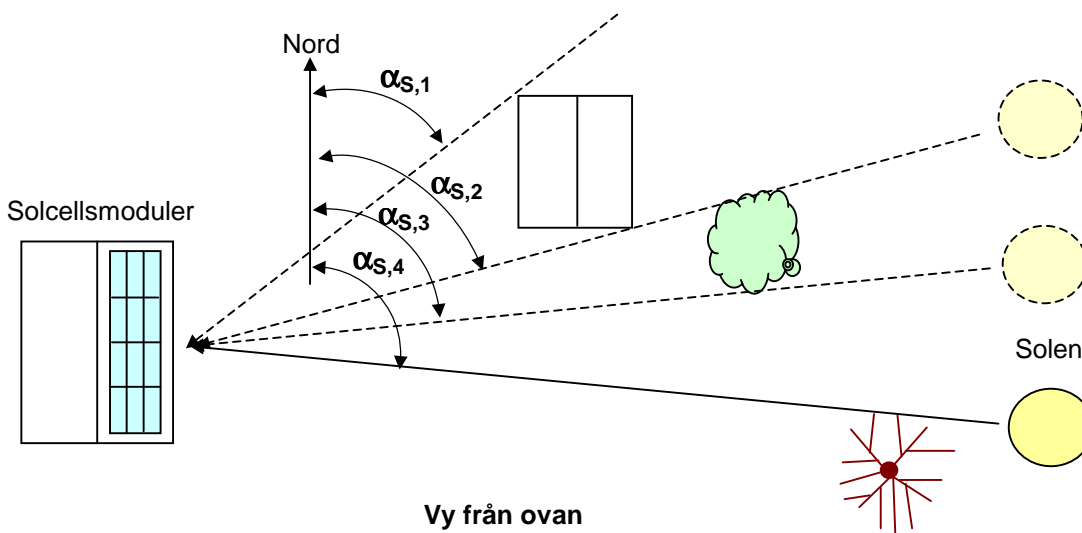
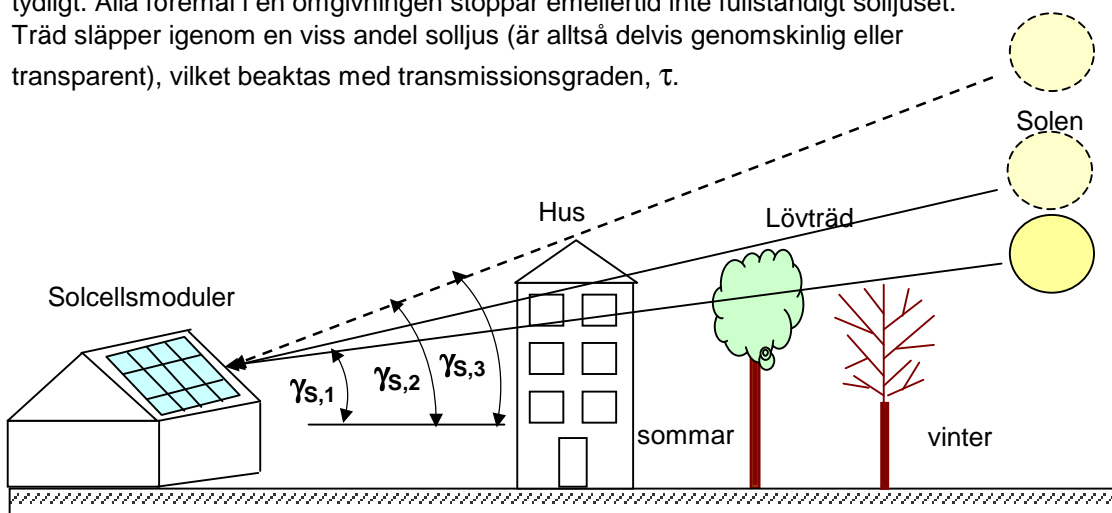


Teori och beräkning skuggning solcellsmoduler

Skuggning av direkt solljus

Att det går att skugga bort direkta solljuset, kan man lätt se genom att hålla handen mellan solen och ett föremål. Gränsen mellan solbetråttat föremål och skugga syns tydligt. Alla föremål i en omgivning stoppar emellertid inte fullständigt solljuset. Träd släpper igenom en viss andel solljus (är alltså delvis genomskinlig eller transparent), vilket beaktas med transmissionsgraden, τ .



Vy från ovan

Den direkta skuggningsgraden S_{dir} anger andelen av den direkta bestrålningsstyrkan, som skuggas bort av föremål:

$$S_{dir} = \begin{cases} 0, & \text{då } \gamma_s \text{ och } \alpha_s \text{ ligger utanför föremålet.} \\ 1, & \text{då } \gamma_s \text{ och } \alpha_s \text{ ligger inom icke-transparenta föremålet.} \\ 1 - \tau, & \text{då } \gamma_s \text{ och } \alpha_s \text{ ligger inom transparenta föremålet.} \end{cases} \quad [\text{dimensionslös}] \quad \text{Ekv. (2.45)}$$

Transmissionsgrad τ för lövträd:
 -lövlöst (vinter): 0,64
 -fullt belövat (sommars): 0,23

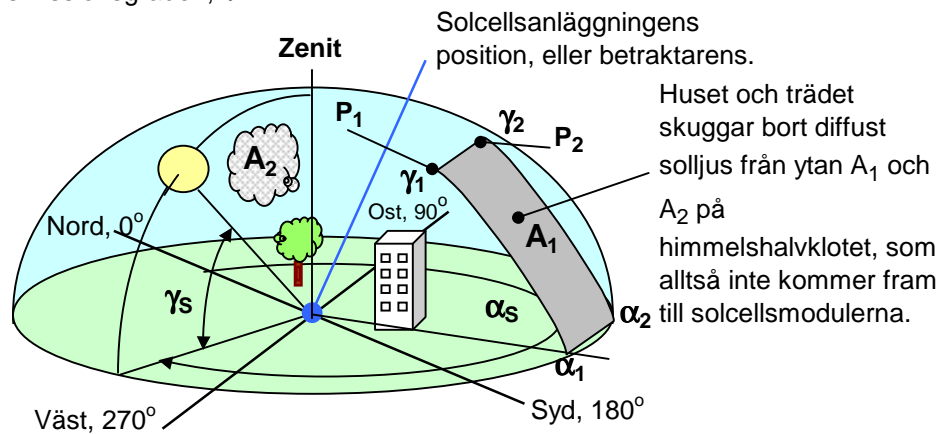
$S_{dir} = 0$, innebär alltså att inget skuggar det direkta solljuset. $S_{dir} = 1$, innebär fullständig skuggning.

γ_s = solhöjden jämfört horisontalplanet, [°], = 0° då vid horisonten, 90° då står i zenit.
 α_s = solens azimut, [°], är = 0° då solen står i norr, och = 90° då solen står i öster.
 Positivt ökande medurs.

Skuggning av diffust solljus

Att även det diffusa solljuset kan skuggas bort, är inte lika förståeligt och framför allt inte så enkelt att se. Det diffusa solljuset kommer från alla riktningar, egentligen från ett halvklot, dvs himmeln med horisonten runt i alla väderstreck som gräns.

På samma sätt som för det direkta solljuset stoppar inte alla föremål i en omgivning fullständigt det diffusa solljuset. Träd släpper igenom en viss andel solljus, vilket även här beaktas med transmissionsgraden, τ .



Den diffusa skuggningsgraden, $S_{diff, hor}$ på en horisontell platta beräknas genom förhållandet mellan den reducerade diffusstrålningen $E_{diff, hor P}$ och den totala diffusstrålningen $E_{diff, hor}$:

($E_{diff, hor P}$ är det diffusa solljuset som skuggas bort av ytorna A_1, A_2, A_3 osv. från den horisontella plattan, då samtliga skuggande föremål beaktats, t.ex. hus, träd, med mera. Om föremålet som skuggar är transparent, t.ex. ett träd, skall det viktas med transmissionsgraden τ .

För den diffusstrålning från himlavalvet, som huset skuggas bort med arean A_1 :

$$E_{diff, hor A_1}(P_1, P_2) = 0,5 L_{e, iso} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin^2(m\alpha + n) d\alpha = [W/m^2] \quad \text{Ekv. (2.46a)}$$

$$= \begin{cases} = 0,5 L_{e, iso} (\alpha_2 - \alpha_1) \sin^2(\gamma_1) & \text{för } m = 0 \quad \text{Ekv. (2.46b)} \end{cases}$$

$$= \begin{cases} = 0,5 L_{e, iso} (\alpha_2 - \alpha_1) (0,5 + 0,25 \frac{\sin(2\gamma_1) - \sin(2\gamma_2)}{\gamma_2 - \gamma_1}) & \text{för } m \neq 0 \quad \text{Ekv. (2.46c)} \end{cases}$$

$L_{e, iso}$ är den isotropa bestrålningsdensiteten (W/m^2). Det antas att den är densamma oberoende från vilken riktning från himlavalvet den kommer ifrån.

m är lutningen på linjen från P_1 till P_2 och n är en konstant

För varje föremål som skuggar solcellsanläggningen får man räkna ut arean A . Ovan visas endast hur arean A_1 beräknas. Den som är intresserad tittar själv i boken.

Alla areor A_1, A_2, A_3 osv som skuggar bort diffust solljus kommande från himlavalvet skall sedan summeras:

$$E_{diff, P} = \left| \sum_{i=1}^{i=n-1} E_{diff, A_i}(P_i, P_{i+1}) \right| \quad \text{Ekv (2.47)}$$

Den diffusa skuggningsgraden $S_{\text{diff, hor}}$ för en horisontell platta blir då:

$$S_{\text{diff, hor}} = \frac{E_{\text{diff, hor P}}}{E_{\text{diff, hor}}} \quad [\text{dimensionslös}] \quad \text{Ekv. (2.48)}$$

$S_{\text{diff, hor}} = 0$, innebär alltså att inget skuggar det diffusa solljuset.

$S_{\text{diff, hor}} = 1$, betyder fullständig skuggning.

Den diffusa skuggningsgraden, $S_{\text{diff, gen}}$ på en uppvinklad platta beräknas på liknande sätt genom förhållandet mellan den reducerade diffusstrålningen $E_{\text{diff, gen P}}$ och den totala diffusstrålningen $E_{\text{diff, gen}}$:

$$S_{\text{diff, gen}} = \frac{E_{\text{diff, gen P}}}{E_{\text{diff, gen}}} \quad [\text{dimensionslös}] \quad \text{Ekv. (2.49)}$$

Den totala skuggningen av solljuset

Den totala bestrålningsstyrkan $E_{\text{G, hor}}$ på en horisontell platta med beaktande av skuggning av direkta bestrålningsstyrkan $E_{\text{dir, hor}}$ och skuggning av den diffusa bestrålningsstyrkan $E_{\text{diff, hor}}$ är:

$$E_{\text{G, hor}} = E_{\text{dir, hor}} (1 - S_{\text{dir}}) + E_{\text{diff, hor}} (1 - S_{\text{diff, hor}}) \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{Ekv. (2.50)}$$

Den totala bestrålningsstyrkan $E_{\text{G, gen}}$ på en uppvinklad platta med beaktande av skuggning av direkta bestrålningsstyrkan $E_{\text{dir, gen}}$ och skuggning av diffusa bestrålningsstyrkan $E_{\text{diff, gen}}$ är:

$$E_{\text{G, gen}} = E_{\text{dir, gen}} (1 - S_{\text{dir}}) + E_{\text{diff, gen}} (1 - S_{\text{diff, gen}}) + E_{\text{refl, gen}} \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{Ekv. (2.51)}$$

Enl. sidan 80 till 83 boken "Regenerative Energiesysteme", Volker Quaschnig, 2013