Per Amund Amundsen
Institutt for matematikk og naturvitenskap
UNIVERSITETET I STAVANGER

Notater til forelesningene i BIT 390 Energifysikk 14.09 2011

Tillegg og kommentarer til læreboken *Fysikk og energiressurser* av Øyvin Holter, Finn Ingebretsen og Hugo Parr (3. utgave, 2010).

2.4

I dette avsnittet er det nøyaktig nok å regner at jorden går rundt solen i en sirkelbane med konstant hastighet og med en periode på eksakt 365 dager (den virkelige verdien er 365.24219 dager). Vi antar vider at solen beveger seg over himmelen fra Ø mot V med en vinkelhastighet på $\Omega = 15°/\text{time}$.

Konstanten 23.45° i lign. (2.6) er jordaksens helningsvinkel, dvs vinkelen mellom jordbanens plan og jordens ekvatorialplan. I virkeligheten varierer denne verdien ørlite grann, samtidig som jordaksen dreier seg langsomt i rommet, med en periode på rundt 26 000 år (jordaksens presesjon). Dette spiller ingen praktisk rolle for beregningen av solinnstrålingen.

For å beskrive en retning i rommet er det bekvemt å benytte kulekoordinater, f. eks. θ_0 og ϕ_0, der polarvinkelen θ_0 er målt fra z-aksen, mens asimut-vinkelen ϕ_0 er vinkelen til projeksjonen av retningen på xy-planet, målt fra x-aksen. Vi kan da beskrive retningen med enhetsvektoren ($|\mathbf{n}| = 1$):

$$\mathbf{n} = [\sin\theta_0 \cos\phi_0, \sin\theta_0 \sin\phi_0, \cos\theta_0]\,. \tag{2.7a}$$

For geografisk bruk er det nyttig å bruke et koordinatsystem der xy-planet er parallelt med jordens ekvatorialplan og z-aksen er parallell med polaksen. For våre formål er det videre praktisk å la x-aksen peke mot syd. Dersom vi befinner oss på et punkt med breddegrad ϕ, så blir den tilsvarende polarvinkelen («kolatituden») $\chi = \frac{\pi}{2} - \phi$, siden breddegrader måles fra ekvatorialplanet. Vertikalretningen i dette punktet vil da tilsvare en polarvinkel $\phi_0 = 0$, siden vertikalen peker *vekk* fra himmelens nordpol. Vertikalen kan altså tilordnes enhetsvektoren:

$$\mathbf{n}_v = [\sin\chi, 0, \cos\chi] = [\cos\phi, 0, \sin\phi]\,. \tag{2.7b}$$

For solen kalles vinkelavstanden fra ekvatorialplanet for deklinasjonen, δ, så polarvinkelen er $\frac{\pi}{2} - \delta$, mens timevinkelen ω er vinkelavstanden fra meridianen, altså syd-retningen. Setter vi in $\theta_0 = \frac{\pi}{2} - \delta$ og $\phi_0 = \omega$ i (2.7a), finner vi da at retningen mot solen er gitt av vektoren:

$$\mathbf{n}_s = [\cos\delta \cos\omega, \cos\delta \sin\omega, \sin\delta]\,. \tag{2.7c}$$

Vinkelen som solstrålingen danner med vertikalretningen kaller vi senitvinkelen, θ_z. Denne blir følgelig gitt av:

$$\cos\theta_z = \mathbf{n}_v \cdot \mathbf{n}_s = \cos\phi \cos\delta \cos\omega + \sin\phi \sin\delta\,, \tag{2.8}$$

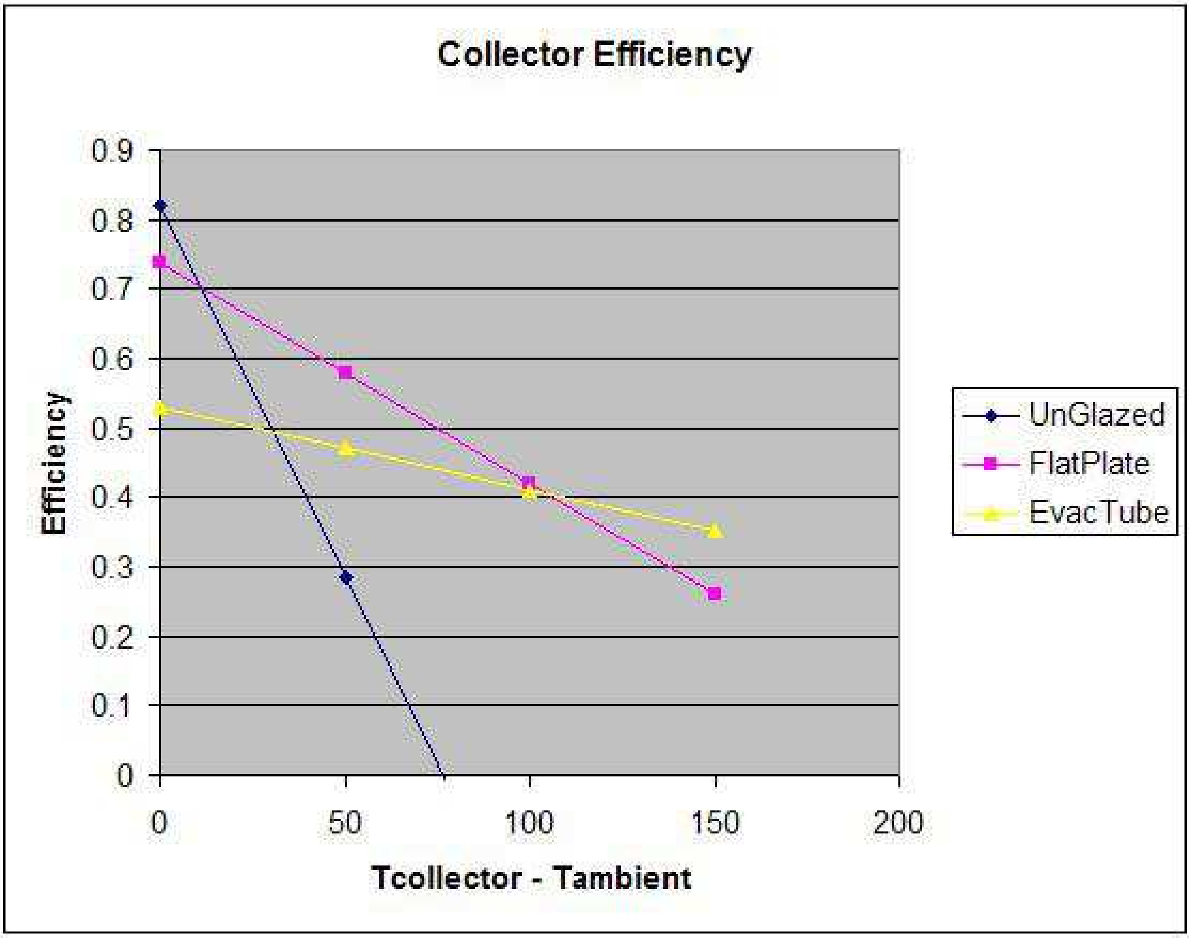
som er lign. (2.8) i læreboken.

For å komme frem til den generelle formelen i lign. (2.7), må vi også finne et uttrykk for en enhetsvektor $\mathbf{n}$ som peker i en generell retning fra et gitt punkt på jorden. Dette kan vi gjøre ved å dreie $\mathbf{n}_v$ en vinkel v om en passende horisontal akse slik at vi får en asimutvinkel γ. Når vi har funnet $\mathbf{n}$, beregnes innfallsvinkelen θ med solstrålingen av $\cos\theta = \mathbf{n} \cdot \mathbf{n}_s$. Detaljene blir imidlertid for vidløftige til at vi vil presenteres dem her.

2.5.1

Fordi tankegangen er helt analog, skal vi komme tilbake til mer detaljerte beregninger for flatplatekollektorer i forbindelse med diskusjonen av modeller for drivhuseffekten i kapittel 8.

2.6



Virkningsgraden til tre forskjellige typer flatplatekollektorer: Uten (blå) og med (røde) glassplate, og med vakuum mellom den absorberende platen og glasset. Vi ser at den lineære relasjonen i lign. (2.9) er tilnærmet oppfylt.