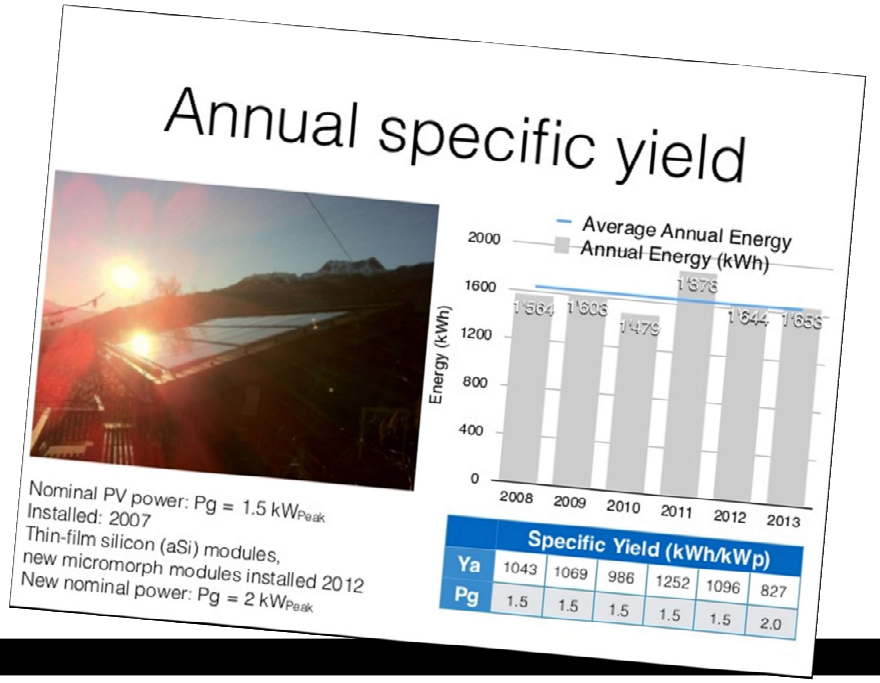
Årsproduktion

Sådan beregner du årsproduktionen fra et Solcelleanlæg

- en hurtig guide



Årsproduktion

Maksimer udbyttet ved at vælge mest effektive solcelletyper (benyt f eks Photon, Link)



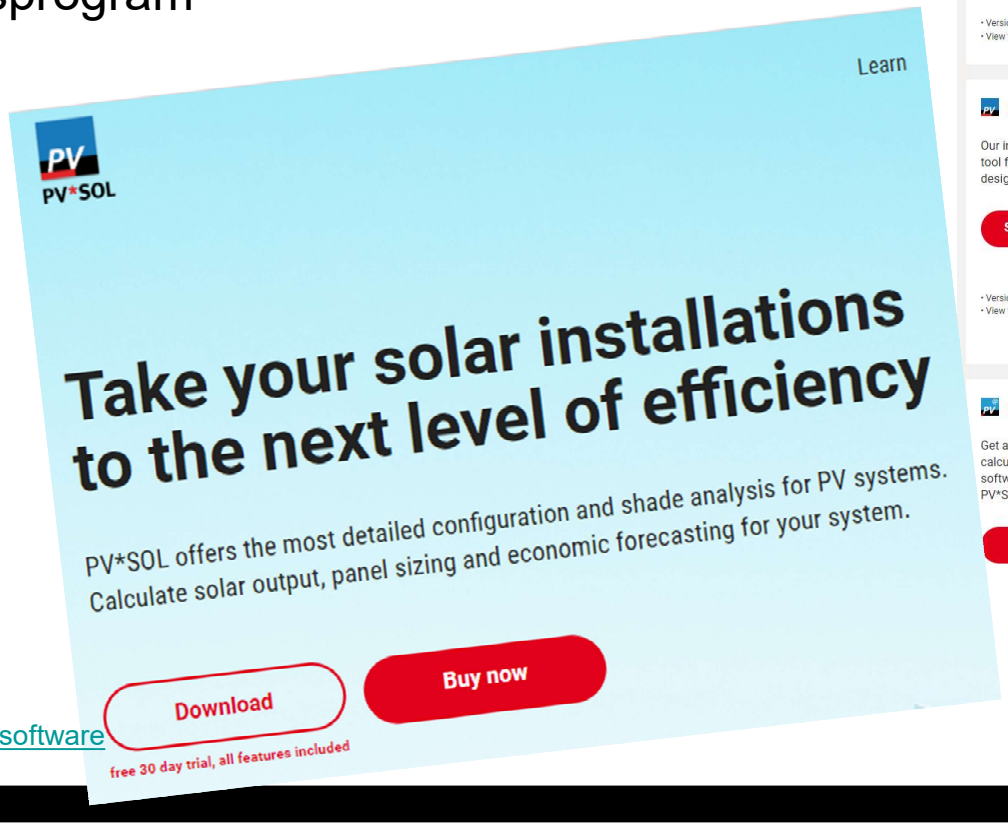
OBS! Der er ca10% mindre sol i Kbh end hos Photon i Aachen

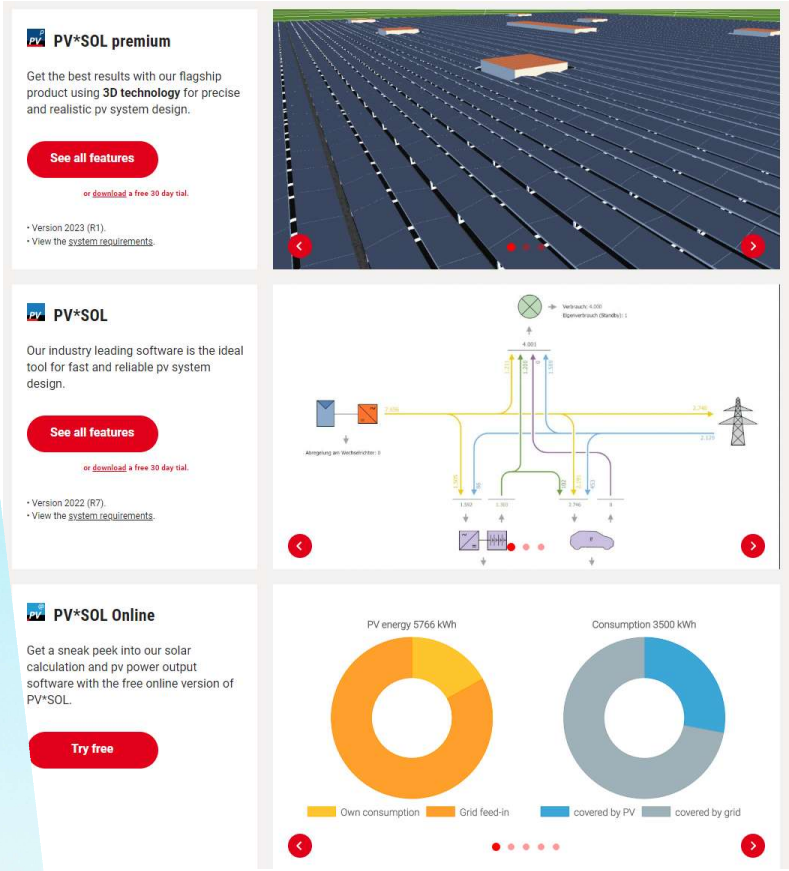


Årsproduktion

Beregningsprogram

Det kan være en god ide at investere i et anlægsberegningsprogram som PV*Sol





Køb professionel beregningssoftware

Årsproduktion

Opgave 1: Forskellen mellem effekt og energi

Effekt P [W] og [J/s]
Et "potentiale", der kan udløses til energi, men ikke er det. En lampe på 6 W, en elmotor på 600 W eller et solcelleanlæg på 6 kW giver ikke noget på elregningen, hvis de ikke er i drift. Men i det øjeblik de tilsluttes og tiden går, bruges eller produceres der energi, som har indvirkning på eludgifterne.

Energi E [Ws], [Wh] og [J]
Et "arbejde", der kan findes som effekten ganget med den tid, den virker i: E=Pt

	Opgaver	Formel	Talværdi	Enhed
1	En pc på 300 W er i drift 24/7. Hvor meget energi bruger den pr år?			
2	En belysning på 150 W er tændt 5 timer hver dag. Beregn forbruget pr år.			
3	En vaskemaskine bruger 2,7 kWh på en vask, der varer 90 min. Beregn middeleffekten.			
4	Et solcelleanlæg producerer 30 kWh på 7 timer. Beregn middeleffekten.			
5	En vindmølle producerer 10.000 kWh pr år. Beregn middeleffekten.			
6	En bolig har et forbrug på 3 kWh på en hel time. Beregn middeleffekten.			

Årsproduktion

Forskellen mellem effekt og energi

Husk det nu!!!!

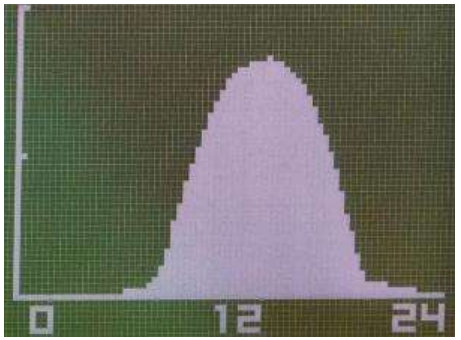
Hvor stort er dit elforbrug om året? Jeg bruger ca 3000 kWh/år (”kilowatttimer pr år”)

Sikke en stor fabrik. Hvor meget bruger I? Vi bruger ca 5000 MWh/år (”Megawatttimer pr år”)

Årsproduktion



Lokal tilpasning



Standard-ydelse

Formlen bygger på anlæggets størrelse i kW_p, en standardydelse pr kW_p og en lokal tilpasning.

Årsproduktion

Solcelleproduktion lige nu…

Realtime



Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E = Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A = f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

1. Hvor meget el-energi E producerer et solcelleanlæg?

$$E_{år} = Y \cdot P \cdot A \qquad [kWh/år]$$

hvor
Y = årlig standardydelse (yield) = 1000 kWh/kWp pr år*
P = installeret solcellepanel effekt i kWp
A = lokal anlægsfaktor [ingen enhed]

*Y er en samlet realfaktor, der medtager alle virkningsgrader i anlægget, ældning og danske vejrforhold i faktiske anlæg i løbet af et år.

Tabel 1: Fuldlasttimer for nye tagbaserede anlæg målt ved inverter (kWh/kW).

	2020	2030
Husstandsanlæg	1.043	1.077
Kommercielle anlæg	1.129	1.166

Energistyrelsens fremskrivningsrapport

Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E = Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A = f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

1. Hvor meget el-energi E producerer et solcelleanlæg?

Eksempel 1
Størrelsen af et solcelleanlæg er 8,2 kWp og Anlægsfaktoren er beregnet til 0,85.
Beregn årlig produktion.

Beregning
$E_{år} = Y \cdot P \cdot A = 1000 \cdot 8{,}2 \cdot 0{,}85 = 6970$ kWh/år

Opgave
Fremstil et beregningsværktøj i Excel, der beregner årlig produktion E, når der indtastes anlægsstørrelse P og anlægsfaktor A.

	A	B	C	D
1	**Beregningsværktøjer**			
2				
3	1	Anlægseffekt P =	8,20	kWp
4		Anlægsfaktor A =	0,85	
5		Årlig produktion E =	6.970	kWh/år

Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E = Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A = f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

1. Hvor meget el-energi E producerer et solcelleanlæg?

Eksempel 2.
En husstand har et årligt elforbrug på 5500 kWh. De ønsker beregnet et solcelleanlæg, der kan producere lige så meget. Anlægsfaktoren er beregnet til A = 0,47.

Løsning.
Først oplistes de oplyste data med korrekte symboler:

$E_{år}$ = 5500 kWh
A = 0,47

Nu kan anlægsstørrelsen beregnes:

$E_{år} = YPA \Leftrightarrow P = \frac{E_{år}}{YA} = \frac{5500}{0{,}47 \cdot 1000} = 11{,}7 kWp$

Kontrol af enheder:

$E_{år} = YPA \Leftrightarrow P = \frac{E_{år}}{YA} = \frac{kWh}{kWh/kWp} = kWp$

Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

2. Anlægsfaktor A

$$A = f_{orientering} \cdot f_{skygge} \cdot f_{solskinstimer}$$

hvor
$f_{orientering}$ = reduktionsfaktor for placering, der afviger fra optimal
f_{skygge} = reduktionsfaktor for skygger
$f_{solskinstimer}$ = korrektionsfaktor for årlige solskinstimer, der afviger fra gennemsnittet i dk

Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

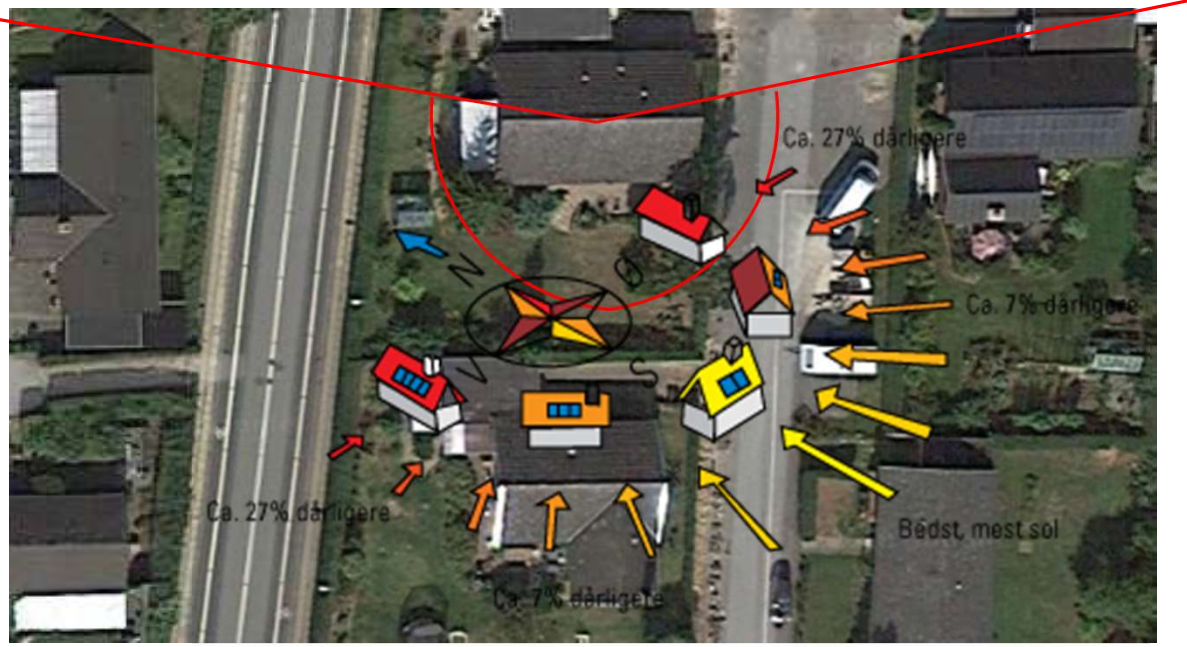
3. Eksempel

4. Opgaver

Orienteringsfaktoren f_o for retning og hældning

Solceller yder mest, når solen er kraftigst og rammer vinkelret på dem. Bedst i Danmark er en taghældning på 40° i forhold til vandret, kl. 13 i stik sydlig retning.

Vest
Aften



Øst
Morgen

Syd
Frokost

DinGeo

Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

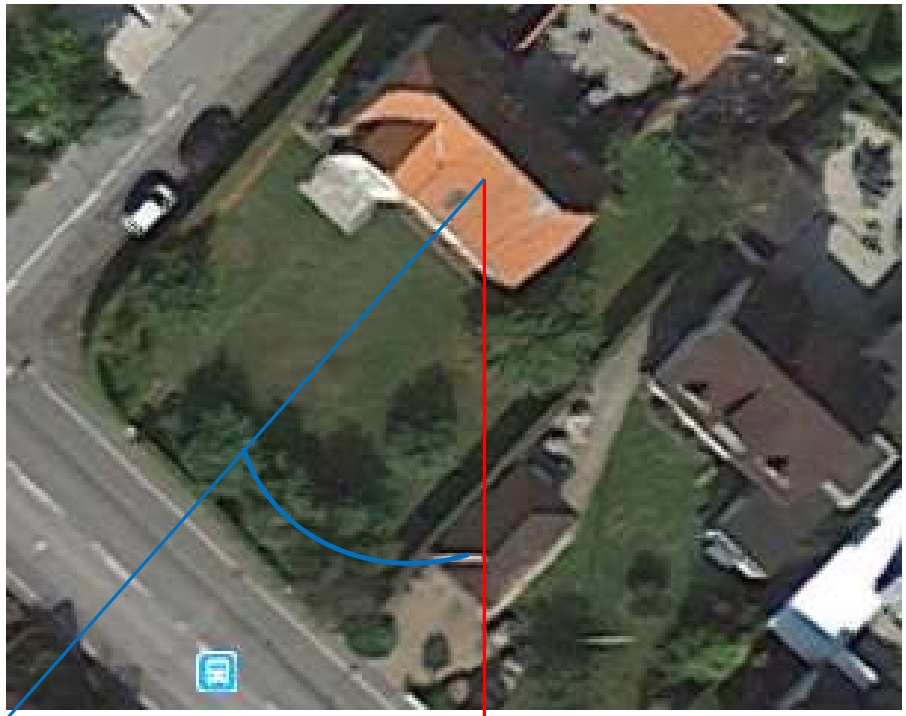
Orienteringsfaktoren f_o for retning og hældning

Retning, dvs afvigelse fra syd

Betragt tagfladen, der skal solceller på. Solen skal helst ramme denne vinkelret.

Benyt Google Maps til at aflæse tagfladens afvigelse fra syd så nøjagtigt som muligt:

Hvor mange grader afviger det fra stik syd?



Online vinkelmåler

Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

Orienteringsfaktoren f_o for retning og hældning

b. Taghældning

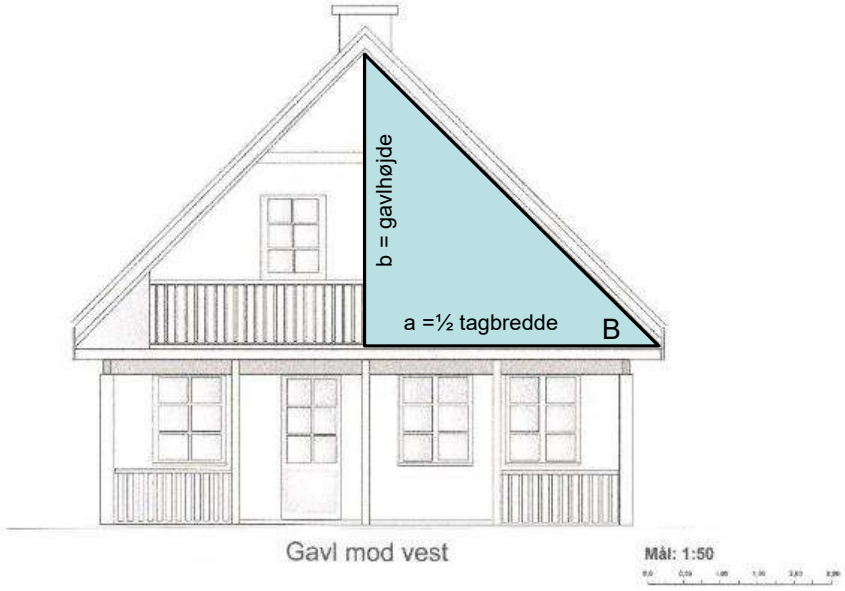
Benyt målfaste byggetegning (Weblager), eller mål selv, tagets nøjagtige hældning i grader i forhold til vandret

$$TanB = \frac{b}{a}$$

Eksempel:

$$TanB = \frac{4{,}5\ m}{4{,}5\ m} = 1{,}0$$

⇔ B = Arctan(1,0) = 45°



Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E = Y \cdot P \cdot A$

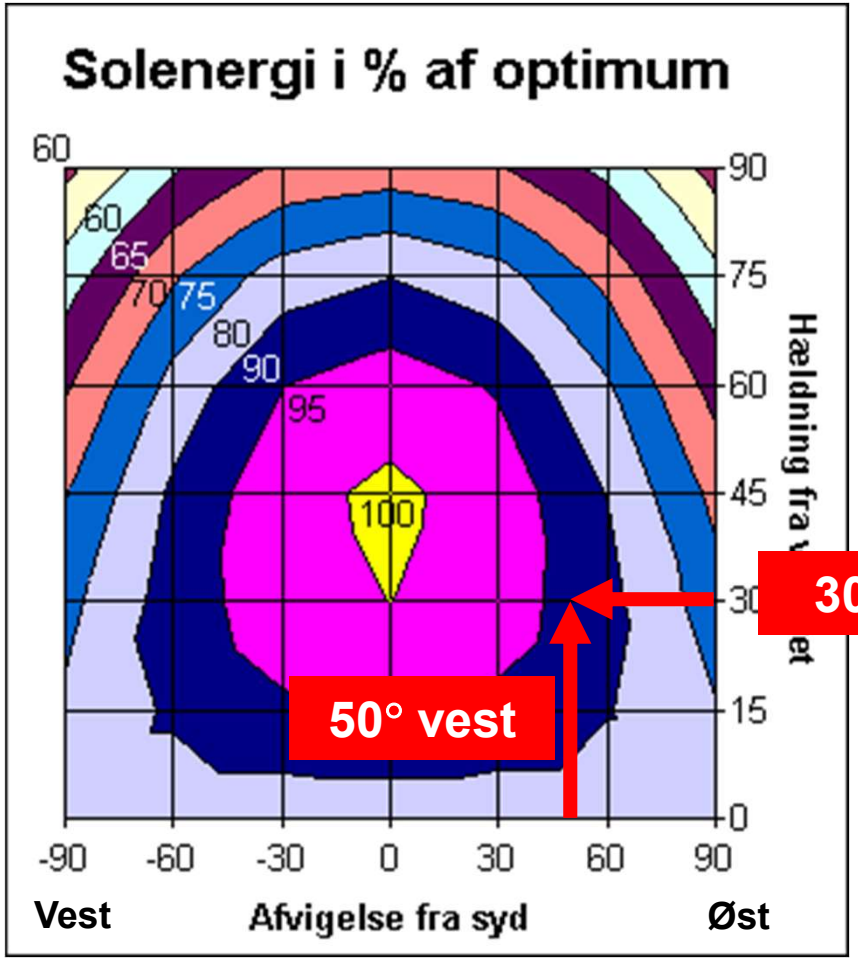
2. Anlægsfaktor A
$A = f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

Orienteringsfaktoren f_o for retning og hældning

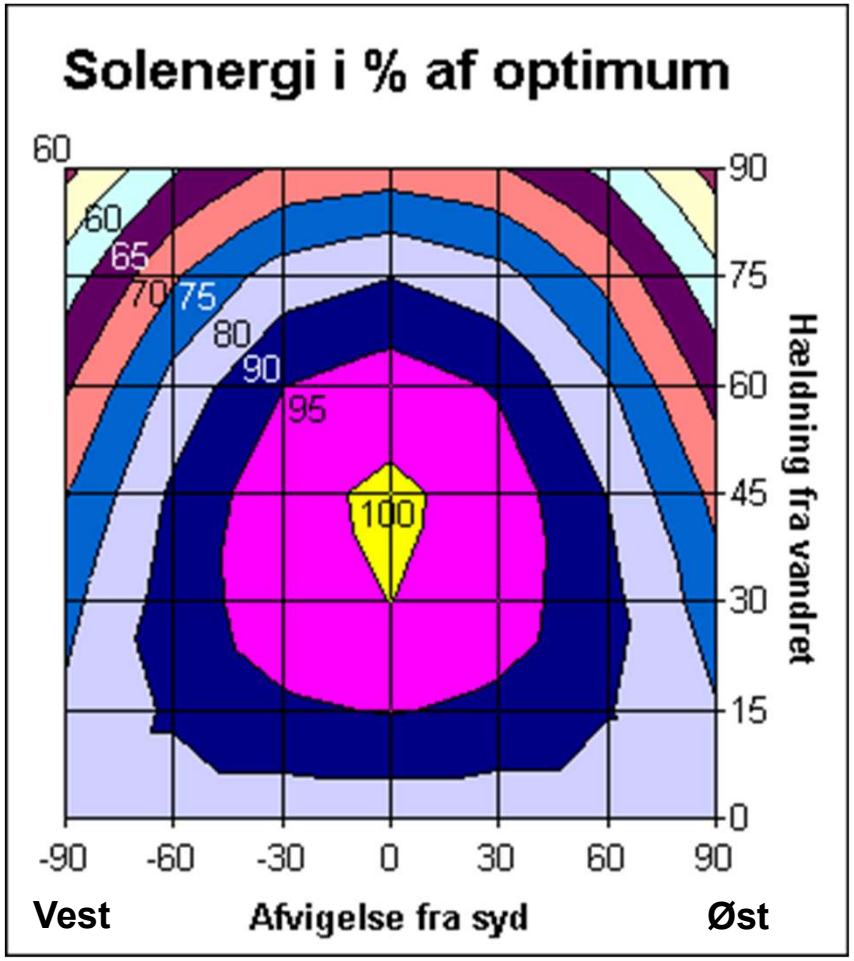


Eksempel
En tagflade med en hældning på 30° er drejet 50 grader i forhold til syd. Bestem faktor F_o.

F_o = **0,9**

Årsproduktion

Eksempel 2

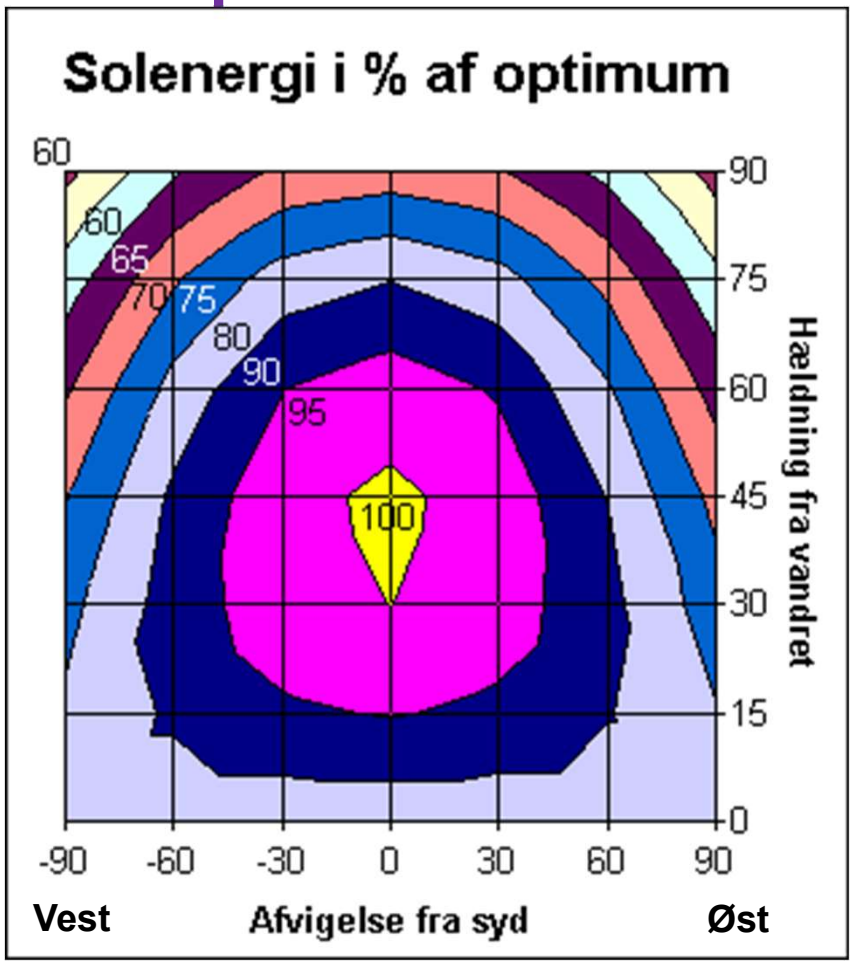


Et solcellepanel ligger på et tag, der hælder 30° i forhold til vandret og er orienteret 60° vest.

- Hvor mange % af fuldt udbytte giver det?
- Optimalt placeret ville anlægget producere 5000 kWh/år. Hvor meget producerer det her?

Årsproduktion

Eksempel 3

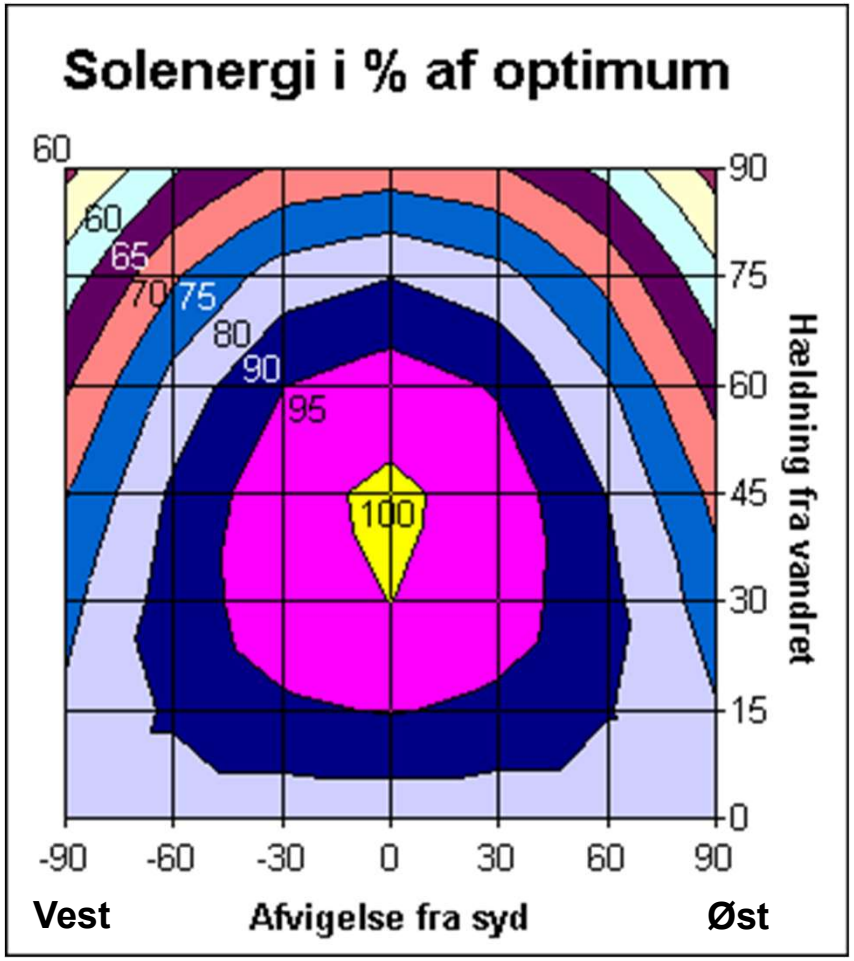


Et solcellepanel ligger vandret på et tag.

- Hvor mange % af fuldt udbytte giver det?
- Optimalt placeret ville anlægget producere 10.000 kWh/år. Hvor meget producerer det her?

Årsproduktion

Eksempel 4



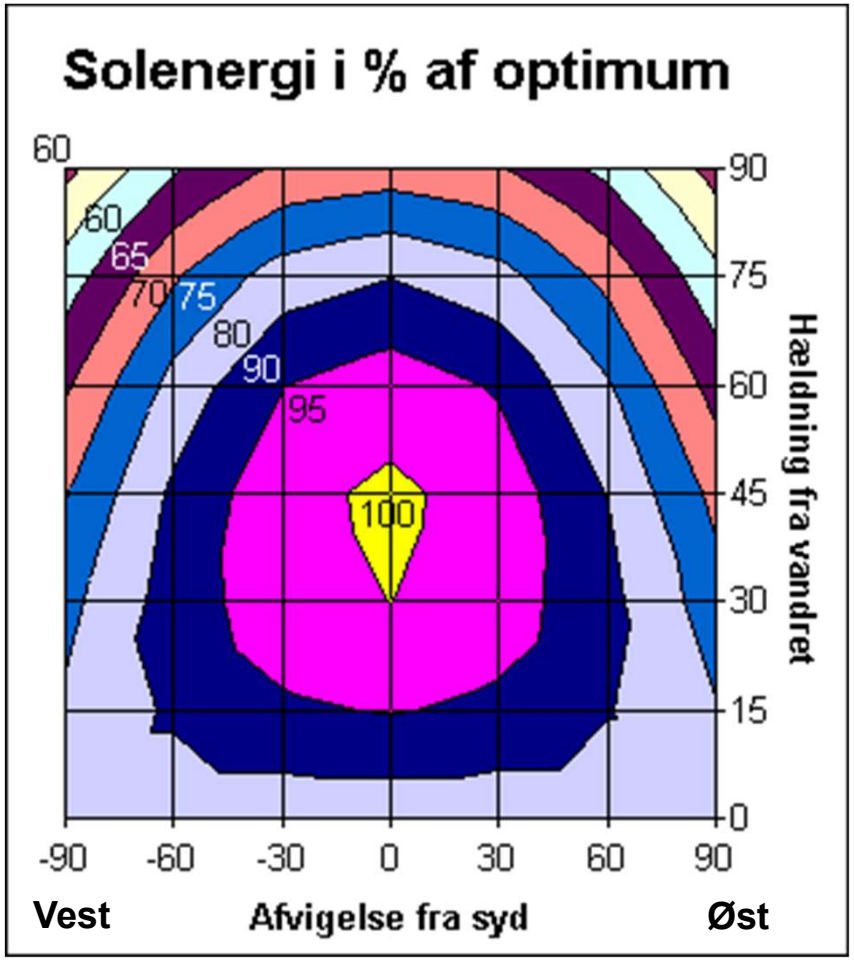
Et solcellepanel er monteret på en lodret, sydvendt facade

a. Hvor mange % af fuldt udbytte giver det?

b. Hvor mange % større skal anlæggets areal være for at give en ydelse svarende til optimum?

Årsproduktion

Eksempel 5



Et solcellepanel er monteret på et tag, der er drejet 70 grader væk fra syd. Tagets hældning er 30 grader.

a. Hvor mange % af fuldt udbytte giver det?

b. Hvor mange % større skal anlæggets areal være for at give en ydelse svarende til optimum?

Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

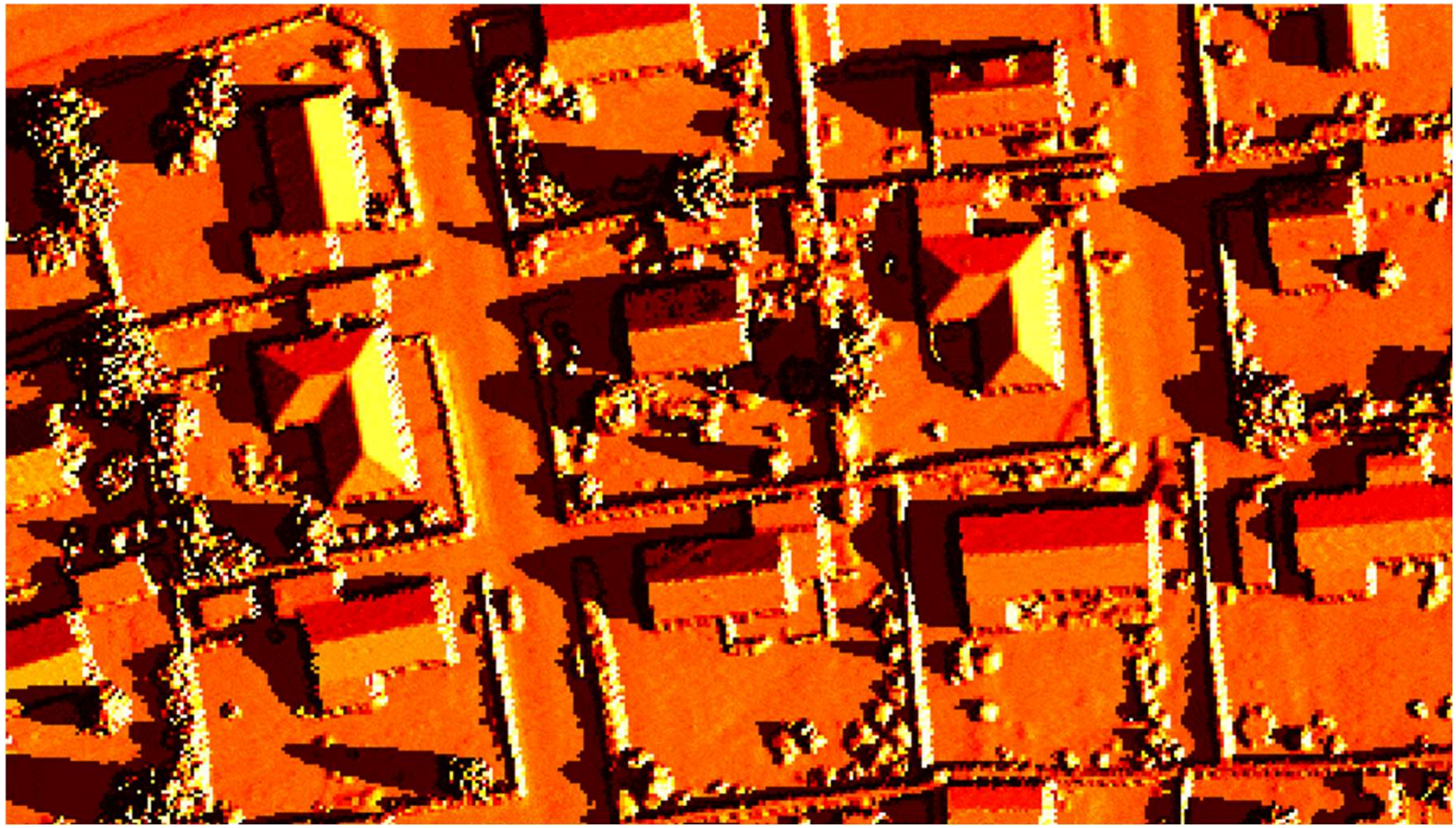
2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

Faktoren f_S for skygger



Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

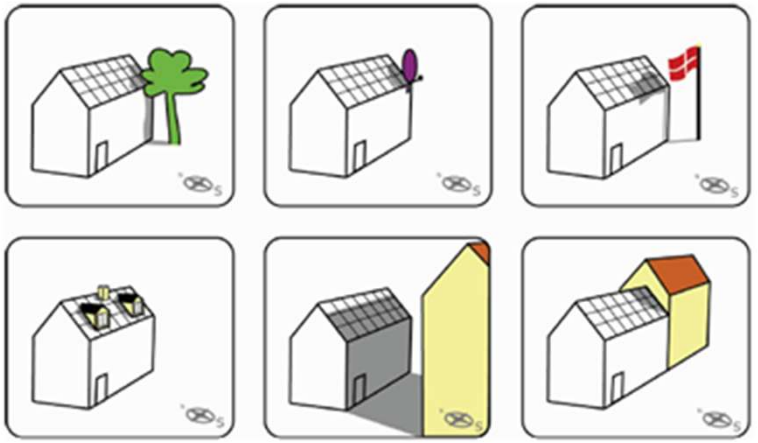
3. Eksempel

4. Opgaver

Faktoren f_s for skygger

- Benyt Google Maps Street View og eget besøg på stedet for at *skønne* indflydelsen af skygger
- Vurder hvilke dele af anlægget, der vil blive lagt i skygge i løbet af solens vandring i løbet af døgnet og året
- Skøn en faktor F_s mellem 0 og 1 for middelvirkningen af skyggen på produktionen (0 er totalt mørke og 1 er ingen skygge)





Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

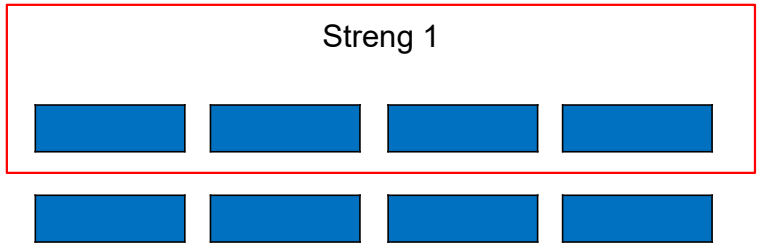
$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

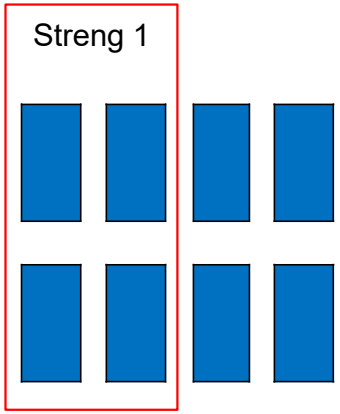
3. Eksempel

4. Opgaver

Faktoren f_s for skygger

Skal modulerne stå op eller ligge ned, og hvordan opdeles panelet i strenge i forhold til en type skygge?





Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

Faktoren f_s for skygger

Hvor stor bliver $\mathbf{f_s}$ ved forskellige typer skygge?

Skyggetype	Modul/streng optimering	Faktor
Parabol	Lodrette grupper af stående moduler	0,8
Flagstang		0,75
Træ		0,6-0,8
Nabohus på øst/vest siden		0,5-0,9
Nabohus på sydsiden	Vandrette grupper af liggende moduler	0,5-0,9

Årsproduktion

1. Årlig elproduktion

$E = Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A

$A = f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$

$f_{Skygger}$

$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

Faktoren f_{sol} for solskinstimer (n_x)

Det er DMI, der har lavet en rapport, som viser klimatal for 98 danske kommuner i de seneste 10 år. Rapporten dækker over vejret i perioden fra 2006 til 2015. Kilde: DMI

Albertslund - 1747	Gribskov - 1767	Lejre - 1765	Skive - 1722
Allerød - 1744	Guldborgsund - 1840	Lemvig - 1721	Slagelse - 1787
Assens - 1753	Haderslev - 1658	Lolland - 1795	Solrød - 1747
Ballerup - 1746	Halsnæs - 1791	Lyngby-Taarbæk - 1743	Sorø - 1771
Billund - 1614	Hedensted - 1650	Læsø - 1951	Stevns - 1747
Bornholm - 1909	Helsingør - 1754	Mariagerfjord - 1722	Struer - 1702
Brøndby - 1743	Herlev - 1745	Middelfart - 1758	Svendborg - 1780
Brønderslev - 1787	Herning - 1609	Morsø - 1804	Syddjurs - 1746
Dragør - 1740	Hillerød - 1746	Norddjurs - 1770	Sønderborg - 1729
Egedal - 1748	Hjørring - 1834	Nordfyns - 1775	Thisted - 1815
Esbjerg - 1681	Holbæk - 1783	Nyborg - 1784	Tønder - 1642
Fanø - 1749	Holstebro - 1666	Næstved - 1772	Tårnby - 1739
Favrskov - 1659	Horsens - 1627	Odder - 1757	Vallensbæk - 1745
Faxe - 1750	Hvidovre - 1741	Odense - 1752	Varde - 1656
Fredensborg - 1745	Høje-Taastrup - 1749	Odsherred - 1804	Vejen - 1637
Fredericia - 1714	Hørsholm - 1744	Randers - 1686	Vejle - 1623
Frederiksberg - 1739	Ikast-Brande - 1581	Rebild - 1751	Vesthimmerlands - 1767
Frederikshavn - 1883	Ishøj - 1747	Ringkøbing-Skjern - 1651	Viborg - 1639
Frederikssund - 1767	Jammerbugt - 1797	Ringsted - 1758	Vordingborg - 1813
Furesø - 1744	Kalundborg - 1810	Roskilde - 1752	Ærø - 1787
Faaborg -Midtfyn - 1756	Kerteminde - 1800	Rudersdal - 1744	Aabenraa - 1591
Gentofte - 1741	Kolding - 1661	Rødovre - 1743	Aalborg - 1783
Gladsaxe - 1744	København - 1739	Samsø - 1917	Aarhus - 1699
Glostrup - 1745	Køge - 1743	Silkeborg - 1611	
Greve - 1749	Langeland - 1799	Skanderborg - 1634	

Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

3. Eksempel på udregning af årsproduktion $E_{år}$

Et solcelleanlæg har en størrelse på 5 kW_p. Det har en en orienteringsfaktor på 0,8, en skyggefaktor på 0,85 og er placeret i Albertslund med 1747 solskinstimer om året.
Beregn anlægsfaktoren og den årlige produktion med anlægget.

Løsning.
Først oplistes de oplyste data med korrekte symboler:

$P_n = 5\ kW_p$
$f_o = 0{,}8$
$f_s = 0{,}85$
$f_t = \frac{1747}{1750} = 1{,}00$

Nu kan anlægsfaktoren beregnes:
$A = f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol} = 0{,}8 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}00 = 0{,}68$

Og endelig anlæggets årlige produktion:
$E_{år} = YPA = 1000 \cdot 5{,}0 \cdot 0{,}68 = 3400\ kWh/år$

Årsproduktion

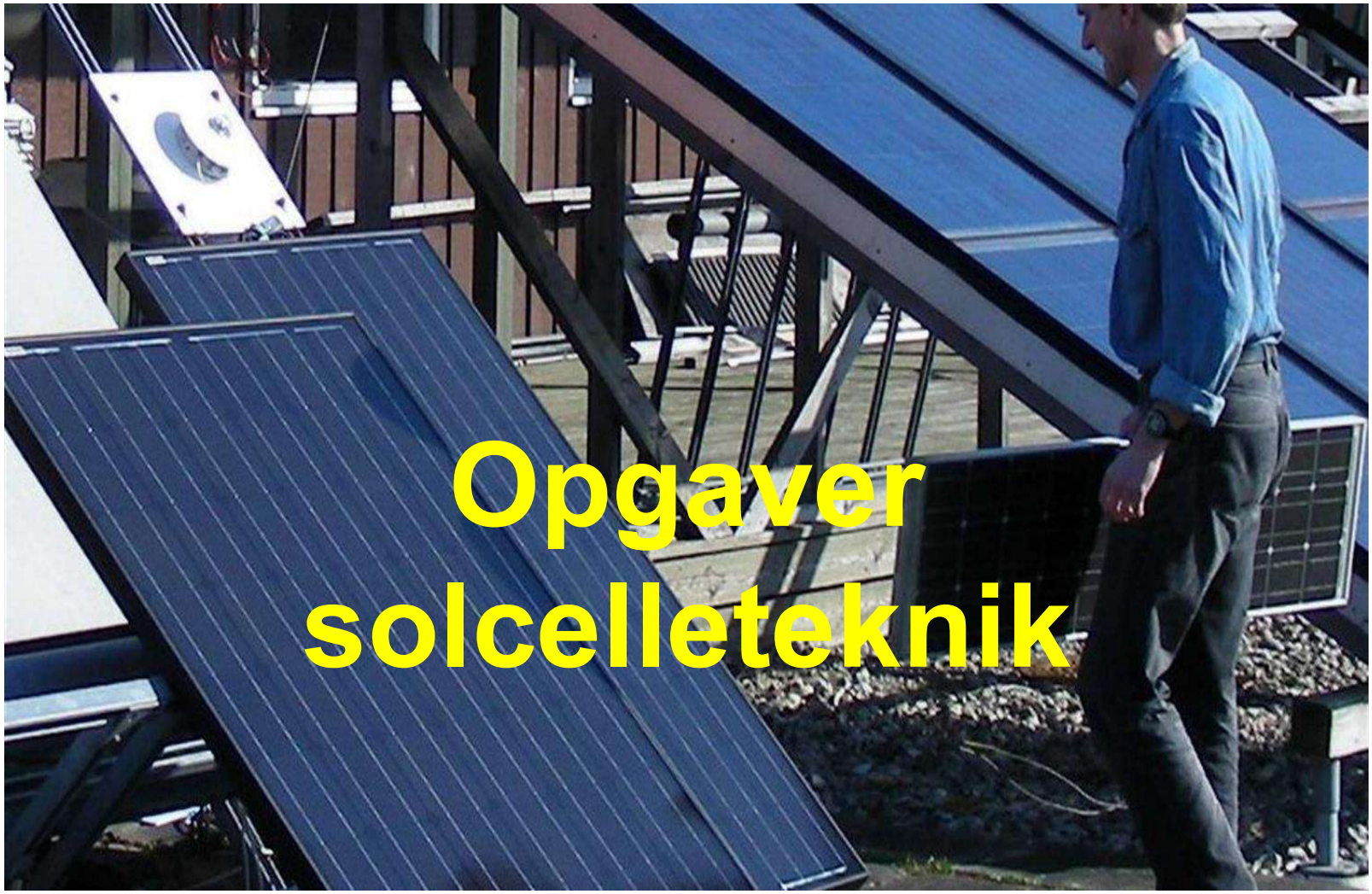
1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver



Årsproduktion

1. Årlig elproduktion
$E=Y \cdot P \cdot A$

2. Anlægsfaktor A
$A=f_o \cdot f_{skyg} \cdot f_{sol}$

$f_{Orientering}$
$f_{Skygger}$
$f_{solskinstimer}$

3. Eksempel

4. Opgaver

Faktoren f_{sol} for solskinstimer

Reference for faktoren er det gennemsnitligt antal solskinstimer for Danmark, som er 1750 timer pr år.

Faktoren korrigerer for lokale forhold således:

$$f_{sol} = \frac{n_x}{1750}$$

hvor
n_x = årligt antal solskinstimer på anlægsstedet (vælg gennemsnitligt år)

Eksempel:
Billund (2016): f_{skyg} = 1614 / 1750 = 0,92

DMI Vejrdata 2016

Årsproduktion

Opgave 2

Du besøger en husejer i Hvidovre med et solcelleanlæg. Panelet består af 40 moduler af typen *FS-395-plus* fra First Solar.
Tagfladen peger stik syd og har en hældning på 45 grader i forhold til vandret. Der er ingen skygger i løbet af døgnet.



Modultype: FS-395-plus fra First Solar

Beregn nu:

a. Anlægsstørrelse i kWp
b. Anlægsfaktoren A
c. Anlæggets årlige produktion E i kWh/år

Årsproduktion

Opgave 3

Dette solcellepanel i Viborg på 26 moduler er monteret på et tag komplet med beslagsystem og dc-kabler. Tagfladen peger stik vest og har en hældning på 25 grader i forhold til vandret. 20% skygger.

Beregn nu:

a. Anlægsstørrelse i kWp
b. Anlægsfaktoren A
c. Anlæggets årlige produktion i kWh



Modultype: VBHN330SJ47