



## Solcelleanlæg til elproduktion

Solcelleanlæg er velegnede til bygninger, der har en solbeskinnede facade eller tagflade – særligt hvis den ikke er udsat for nævneværdig skygge fra midt formiddag til sen eftermiddag i sommerhalvåret. Det er især oplagt at etablere solcelleanlægget i sammenhæng med reparation eller udskiftning af tagbelægningen.

Solceller placeret på taget eller facaden af et hus kan bidrage til at nedbringe det årlige netto-elforbrug fra elnettet. Desuden kan solceller for nyere huse være en fornuftig løsning til at forbedre husets energiklasse, da installationen normalt kan udføres med minimalt indgreb i klimaskærmen.

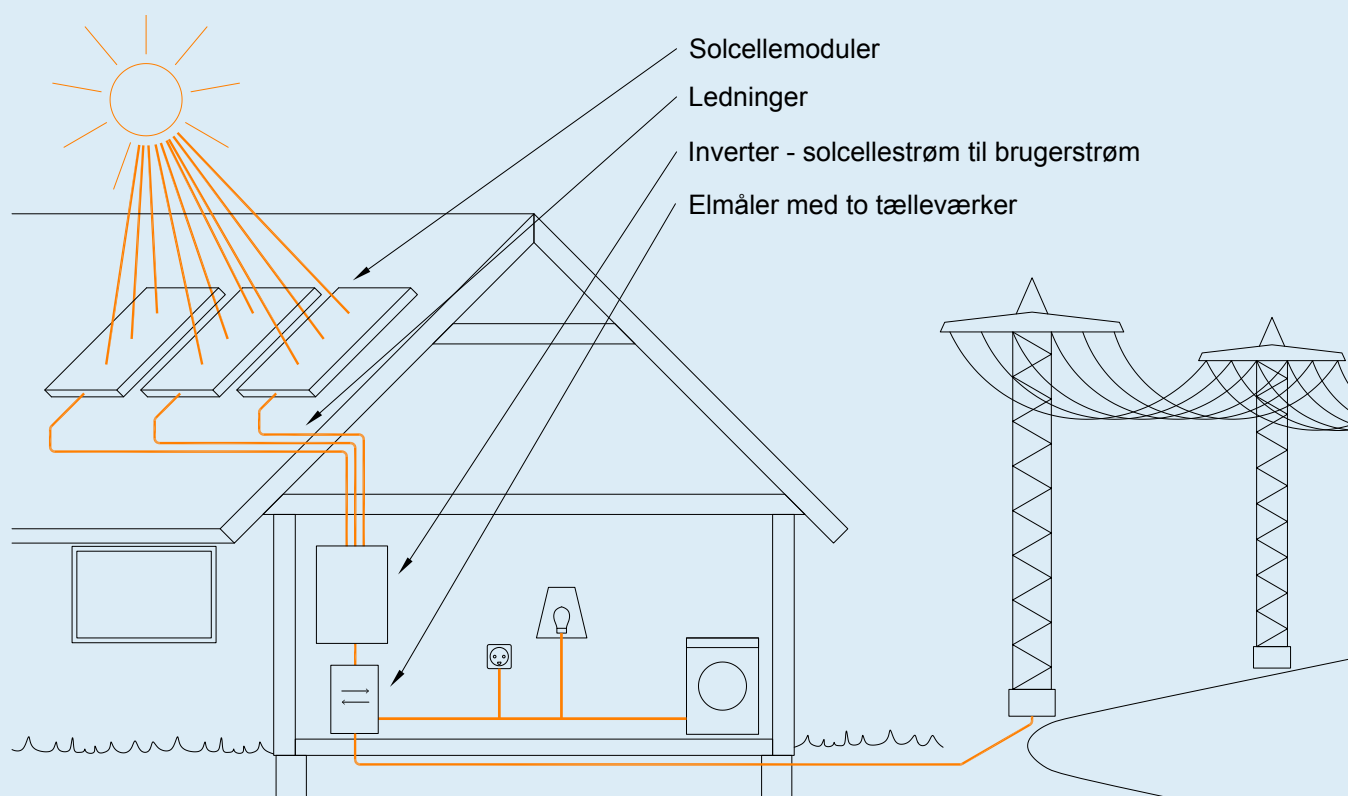
Et solcelleanlæg producerer elektricitet, når det belyses; mest når solen skinner kraftigt og i mindre grad, når det er overskyet. Det sker uden bevægelige dele og lydløst.

Anlægget er koblet til det offentlige elnet via en

elektronisk vekselretter, som automatisk sørger for at tilpasse elproduktionen fra solcellerne til elnetets spænding og frekvens. Når solcellerne producerer elektricitet, tæller husets elmåler langsommere – eller anlægget eksporterer ligefrem til nettet, hvis elproduktionen fra solcellerne overstiger husets elforbrug. På den måde spares penge på den årlige elregning.

Solcelleanlæggets elektriske ydeevne angives i Watt-peak (Wp), som lidt forenklet sagt er den effekt, det kan levere i kraftigt solskin. I Danmark leverer en kWp ca. 1000 kWh årligt.

Solceller er robuste og har forventede levetider i størrelsesordenen 25 år. De er følsomme over for skygger, og markant skygge på selv mindre arealer kan få betydelig negativ effekt på elproduktionen.



Man skelner normalt mellem de to mest almindelige kategorier af solcelleteknologier, som er:



Krystallinsk silicium  
(mono, poly)

Moduler med krystallinsk silicium er de ældste, mest udbredte og mest effektive solceller. De kendes på den typiske inddeling i et antal firkantede celler på størrelse med en stor håndflade.



Tyndfilm  
(amorph silicium, CIS, CdTe)

Tyndfilmsmoduler kendes på et mere homogent og som oftest ret mørkt udseende, hvor de enkelte, langs-gående celler vanskeligt kan skelnes.

### Anbefaling til anlæggets størrelse

Hvis man ikke kan aftage elektriciteten i samme time eller samme øjeblik, som den produceres, sælges den til elnettet.

Den optimale størrelse på solcelleanlægget afhænger bl.a. af priser på køb og salg af el. Hvis anlægget er forholdsvis stort, vil man sælge meget strøm til en fremtidig ukendt pris; hvis anlægget er forholdsvis lille, vil man have større andel af egetforbrug og mindre salg.

Man skal dog også tage med i betragtning, at meget små anlæg er dyrere pr. kW end store. For at få endnu mere ud af sit anlæg kan man tilrette elforbruget, så det passer bedre med de lyse timer. Fx ved at bruge intelligent styring på hårde hvidevarer, varmepumpe, elvandvarmer og opladning af elbiler og -cykler. Man kan bruge tabel 3 til at få en fornemmelse af, hvor meget el en typisk husstand selv kan bruge direkte fra en given anlægsstørrelse. For en mere nøjagtig beregning skal man have fat i timeværdier for forbrug og produktion.

### Fordele

- Ejeren får låst prisen fast for den el, som solcelleanlægget producerer, og bliver mindre afhængig af prisstigninger på el
- Anlægget bidrager til lavere CO<sub>2</sub>-udledning
- Et solcelleanlæg medvirker til, at ejeren generelt øger sin bevidsthed om energiforbrug. Derved bliver gevinsten større end bare solcelleanlæggets elproduktion
- Et solcelleanlæg kræver stort set intet vedligehold og passer sig selv



## Energibesparelse

Installation af et solcelleanlæg giver ikke i sig selv en direkte energibesparelse, men elproduktionen bevirker et reduceret køb af el fra elskabet. Elproduktionen pr. m<sup>2</sup> solcelleareal afhænger af teknologien:

Tabel 1: Vejledende elproduktion ved forskellige solcelleteknologier

	Vejledende elproduktion kWh/m <sup>2</sup> /år	Vejl. Arealbehov m <sup>2</sup> /kW
Mono-krystallinsk silicium	199	5
Poly-krystallinsk silicium	179	5,6
Cl(G)S	126	7,7
CdTe	177	5,6

Bemærk, at der kan være variation indenfor hver teknologi

Tabel 2: Vejledende årligt elforbrug i parcelhuse uden elvarme

	140 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>
1 voksen	3.300 kWh	3.700 kWh
2 voksne	4.200 kWh	4.700 kWh
2 voksne og 2 mindre børn	4.900 kWh	5.300 kWh
2 voksne og 2 større børn	5.300 kWh	5.800 kWh

Tabel 3: Vejledende egetforbrugs andel (timeafregning)

Årsforbrug kWh	kWp anlægsstørrelse					
	1	2	3	4	5	6
2000	50 %	32 %	24 %	19 %	16 %	13 %
3000	63 %	42 %	32 %	26 %	22 %	19 %
4000	73 %	50 %	39 %	32 %	27 %	24 %
5000	80 %	57 %	45 %	37 %	32 %	28 %
6000	85 %	63 %	50 %	42 %	36 %	32 %
Årsproduktion kWh	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000

Tabelværdierne er for egetforbrug i husholdninger uden elvarme.

### Forudsætning

Elproduktionen i tabel 1 og 3 forudsætter, at solcellemodulerne orienteres mod syd med en hældning på 30-40°, at de ikke udsættes for meget høje driftstemperaturer forårsaget af eksempelvis en isoleret bagside, og at der ikke forekommer skygger af betydning. Der er under disse forhold antaget en årlig elproduktion på 1000 kWh pr. installeret kWp. Dette tal er nogenlunde uafhængigt

af solcelleteknologi, men svinger med geografisk placering og fra år til år. Ved anden hældning/orientering se tabel 4. Det forudsættes desuden i tabel 3, at elmåleren er sat op så egetforbruget ikke afhænger af fordelingen på nettets tre faser, og at der ikke er indbygget batterilager i solcelleanlægget (anlæg med batterier findes, og vil kunne opnå væsentligt større egetforbrug).

### Eksempel på beregnet besparelse

<b>Forudsætninger</b>	<p>En familie med et årligt elforbrug på 5.000 kWh ønsker at etablere solcelleanlæg. Huset har et sydvendt tag med 40 graders hældning (ideel produktion). Der er plads til et anlæg på ca. 4 kWp, som kan forventes at producere ca. <math>4 \times 1.000 = 4.000</math> kWh. Af tabel 3 aflæses et forventet egetforbrug på ca. 43 % af produktionen.</p> <p>Pris på køb af el: 2,70 kr./kWh</p> <p>Pris på salg af el: 0,25 kr./kWh (2022)</p>	
<b>Værdi af sparet elkøb ved 2,30 kr./kWh</b>	$2,70 \times 0,37 \times 4.000$	= 3.996 kr
<b>Værdi af elsalg (år 2015 + 10 år frem)</b>	$0,24 \text{ kr./kWh} \times 0,63 \times 4.000$	= 605 kr
<b>Anslået rådighedsbetaling, nettarif og abonnement (kan variere, spørg netselskab)</b>		= 100 kr
<b>Ændring i el-udgiften 1. år</b>	$3.996 + 605 - 100$	= 4.501 kr
<b>Årlig CO<sub>2</sub> besparelse</b>	$4.000 \text{ kWh} \times 0,211 \text{ kg/kWh}$	= 844 kg / 0,8 ton

Hvis solcellefladen vender i en anden retning eller har en anden hældning, bruges skemaet på side 5 under afsnittet Udførelse, punkt 4, til at finde en procentvis mindre ydelse eller til at gøre arealet tilsvarende større. Priser ved køb og salg af el kan variere med flere 100 %, så eksemplet er et øjebliksbillede.

## Udførelse

Inden selve udførelsen bør det sikres, at lokalplanen tillader opsætning af solceller på bygningen. Dette er især relevant i områder med mange fredede bygninger.

Da anlægget skal sluttes til elnettet af en autoriseret elinstallatør, er det ligeledes en god idé at kontakte en installatør med det samme. Installatøren bør ud over eventuelt at rådgive boligejeren om etablering af solcelleanlægget straks kontakte det lokale el-distributionselskab og sørge for, at aftalen mellem solcelleanlæggets ejer og elselskabet kommer på plads, herunder for at afklare kravene til anlæggets tilslutning til elnettet, før anlægget installeres.

Ønskes timebaseret nettoafregning, skal der søges tilsagn til dette i Energistyrelsen. Det skal også sikres, at husets elmåler har timeafmåling fra to tælleværker. I modsat fald skal den skiftes.

Se gældende regler for solcelletilslutning her: [www.ens.dk/ansvarsomraader/energibesparelser/byggeri-og-renovering/ve-godkendelsesordning](http://www.ens.dk/ansvarsomraader/energibesparelser/byggeri-og-renovering/ve-godkendelsesordning)

Og for solcelle-el-afregning her: [www.ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/solceller/ansoegningsproces](http://www.ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/solceller/ansoegningsproces)

Solcellernes energiproduktion er følsom over for skygger, og som tommelfingerregel bør det påtænkte sted for opsætning af solcellerne fra og med april til og med september ikke være udsat for skygger i tidsrummet fra midt formiddag til sen eftermiddag, da langt det meste af årets solenergi kommer i dette tidsrum.

Desuden bør hele solcelleanlæggets areal have ensartede lys/skyggeforhold. Hvis dele af anlægget udsættes for betydelige forskelle i lys/skygge, bør det deles op i mindre anlæg. Skyggegivere kan fx være taghætter, master, træer, bygninger og antenner, og det kan være vanskeligt at vurdere reduktionen i den årlige elproduktion. I tvivlstilfælde kan det være en god idé at rådføre sig med en ekspert.

Solcelleanlæg skal udføres, så de ikke giver anledning til temperaturforårsagede skader på bygningen. Solcellemodulerne kan opnå driftstemperaturer, der ligger 20 til 40°C over omgivelsernes, mest hvis bagsiden er isoleret, som det fx ofte vil være tilfældet ved nedfældning i klimaskærmen.

Det anbefales at vælge solcellemoduler med et udseende og en oplægning, som passer til husets arkitektur. En hel tagflade med moduler kan være flot, og der kan også tænkes i tilpasning til vinduesflader og linjer mellem tag og facade.

Solceller bør have god ventilation på bagsiden af hensyn til elproduktionen. Det kan dog være svært at opnå, når de nedfældes i fx en tagflade af arkitektoniske grunde. Da skal man blot være opmærksom på, at den forhøjede driftstemperatur kan koste måske 2-4% af den årlige elproduktion.

Vekselretteren bør placeres tørt og køligt af hensyn til levetid og maksimal ydeevne og ikke i et beboelsesrum, da den kan afgive en svag summen. Det bør tilstræbes at minimere afstanden mellem vekselretteren og solcellemodulerne for at mindske de elektriske tab.

Ved planlægning af montagen af solcellemodulerne bør adgangsforholdene til det enkelte modul overvejes for det tilfælde, det skulle blive nødvendigt med fejlsøgning og evt. udskiftning af et modul. En elinstallatør skal anmelde anlægget til elselskabet, udføre en let ombygning af husets eltavle, slutte solcelleanlægget til elnettet og sætte skilt på eltavlen med oplysning om solcelleanlægget. For yderligere information se:

[www.sik.dk/professionelle/el/solcelleinstallationer](http://www.sik.dk/professionelle/el/solcelleinstallationer)

For solcellemontage på konkrete tagtyper henvises til vejledningerne udviklet af Teknologisk Institut, som findes på: [www.bis.teknologisk.dk](http://www.bis.teknologisk.dk)



## Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Solbestråling	Er der skygge på taget om sommeren?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis ja: se 1
Tag	Er taghældningen mellem 0° og 15°?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis ja: se 2
Tagbelægning	Er der tale om stråtag eller anden type tag, der kan besværliggøre monteringen af solcellerne?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis ja: se 3
Hældning og orientering	Er taghældningen mellem 30° og 40°?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 4
Montering på eksisterende tag	Skal solcellerne monteres på eksisterende tag?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis ja: se 5
Nyt tag	Skal tagbelægningen alligevel skiftes?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis ja: se 6
Kabelføring	Der bør tilstræbes kort afstand mellem solcellemoduler og vekselretter, og kabler må ikke ligge i solen.	Afklares med husejeren	
Vekselretterens placering	Kan der findes en egnet placering indendørs i passende kort afstand fra solcellemodulerne?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 7

### 1. Solbestråling

Hvis der er skygge på taget om sommeren, kan der vælges en anden placering af solcellemodulerne: På carport eller fritstående på stativ. Vær opmærksom på, at hvis der vælges en placering, der er lavere, mere lodret eller mere afvigende fra syd, så øges risikoen for skyggepåvirkning.

### 2. Tag

Hvis der er fladt tag, monteres solcellemodulerne på et stativ eller ballastkasser, gerne så de vender stik syd med en hældning på 30-40°. Ved valg af stativ, tjek at gennemboringer af klimaskærmen tættes meget omhyggeligt. Ved valg af ballastkasser, tjek at taget kan bære den forøgede vægt.

### 3. Tagbelægning

Er der tale om stråtag eller anden type tag, som er uden for "gængs" standard, skal en forsvarlig fastgørelse af solcellerne sikres. Solcellemoduler vejer typisk 12 kg/m<sup>2</sup> (1 lag glas med ramme) til 18 kg/m<sup>2</sup> (2 lag glas rammeløs). Alternativt kan solcellemodulerne placeres på stativ på jorden, men vær i så fald opmærksom på evt. skyggegivere.

### 4. Hældning og orientering

Et solcelleanlæg virker optimalt ved en placering på en sydvendt 30-40° tagflade. Er der ikke mulighed for dette, vil samme ydeevne kunne opnås ved at øge solcellemodulernes samlede areal, afhængig af retning og taghældning. I tabel 4 på næste side kan du se, hvordan placering og ydeevne hænger sammen.

Det kan dog i nogle tilfælde være en økonomisk fordel at placere solceller mod øst og/eller vest, så solcelleproduktionen evt. bedre kan udnyttes direkte i hus-

holdningen. I tabel 4 på næste side kan du se, hvordan placering og ydeevne hænger sammen.

#### Eksempel på anvendelse af tabel 4

Et solcelleanlæg på 4,5 kWp, placeret sydvendt med en hældning på 35°, frit ventileret og ikke udsat for skygger kan producere ca. 4.050 kWh/år (svarer til de 100% i tabel 4). Hvis taghældningen er 60° fra vandret, og orienteringen er sydvest, yder anlægget kun 88% svarende til ca. 3.564 kWh/år.

Hvis en årlig elproduktion på 4.050 kWh ønskes, kan man øge den installerede solcelleeffekt (og dermed arealet) med en faktor  $1/0,88 = 1,14$ . Dermed kommer den installerede effekt op på 5,1 kWp.

### 5. Montering på eksisterende tag

Solcellemodulerne monteres på skinner på taget, på et stativ eller på ballastkasser. Anlægget kan normalt leveres med beslag til forskellige tagtyper. Tjek altid, før du går i gang, at beslag til montering af solcellemodulerne passer til det aktuelle tag.

### 6. Nyt tag

Hvis tagbelægningen skal skiftes, er der mulighed for at indbygge solcellemodulerne i taget.

### 7. Vekselretterens placering

Vekselretteren bør placeres et køligt, velventileret, støvfrit sted. Den bør ikke opsættes i opholdsrum, da den kan udsende svag støj, og endelig bør afstanden til solcellemodulerne ikke være for stor. Kan der ikke findes en egnet placering indendørs, kan man evt. opsætte den udendørs. Man skal i så fald sikre sig hos leverandøren, at der vælges en vekselrettertype, der er designet til udendørs montage.

Tabel 4

Hældning	Tagets retning										
	Vest		Sydvest			Syd			Sydøst		Øst
	90°	60°	45°	30°	15°	0°	15°	30°	45°	60°	90°
0°	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %
5°	86 %	88 %	89 %	89 %	90 %	90 %	90 %	89 %	89 %	88 %	86 %
10°	86 %	89 %	91 %	92 %	93 %	93 %	93 %	92 %	91 %	89 %	86 %
15°	85 %	90 %	92 %	94 %	95 %	95 %	95 %	94 %	92 %	90 %	85 %
20°	84 %	91 %	93 %	95 %	97 %	97 %	97 %	95 %	93 %	91 %	84 %
25°	83 %	91 %	94 %	97 %	98 %	99 %	98 %	95 %	94 %	91 %	83 %
30°	81 %	91 %	94 %	98 %	99 %	100 %	99 %	97 %	94 %	91 %	81 %
35°	80 %	90 %	94 %	97 %	99 %	100 %	99 %	97 %	94 %	91 %	80 %
40°	78 %	89 %	91 %	97 %	99 %	100 %	99 %	97 %	94 %	89 %	78 %
45°	77 %	88 %	93 %	96 %	99 %	99 %	99 %	96 %	93 %	88 %	77 %
60°	70 %	83 %	88 %	93 %	94 %	94 %	94 %	92 %	88 %	83 %	70 %
70°	66 %	78 %	82 %	86 %	88 %	88 %	87 %	86 %	88 %	83 %	70 %
90°	44 %	64 %	68 %	70 %	72 %	72 %	72 %	70 %	68 %	64 %	44 %

## Indeklima

Når anlægget planlægges, er det vigtigt at have fokus på at reducere støjgener fra anlæggets inverter.

### Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Der stilles krav i bygningsreglementet om funktionsafprøvning. Installationer, som kan medføre en særlig risiko for brand, skal placeres og udføres i bygningen, så risikoen for, at en brand opstår og spreder sig, minimeres.

Virksomhedens stempel og logo:

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

### Yderligere information

#### VE-godkendelsesordning

[www.ens.dk/ansvarsomraader/energibesparelser/byggeri-og-renovering/ve-godkendelsesordning](http://www.ens.dk/ansvarsomraader/energibesparelser/byggeri-og-renovering/ve-godkendelsesordning)

#### Støtte til vedvarende energi

[www.ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/solceller/ansoegningsproces](http://www.ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/solceller/ansoegningsproces)

[www.bis.teknologisk.dk](http://www.bis.teknologisk.dk)

[www.sik.dk](http://www.sik.dk)

[www.ens.dk](http://www.ens.dk)

Kontakt Videncenter for energibesparelser i bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

[www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)



Videncenter for energibesparelser i bygninger