

## 5.3 Solenergi

10/3-2014, Gunnar Boye Olesen

### 5.3.1. Opsummering

Der er store muligheder for at dække en del af Danmarks el- og varmekonsum med solenergi, 4-5000 MW solceller som kan give over 10 % af elforbruget, en stor del af Danmarks fjernvarme og op til 30 % af varmekonsumet uden for fjernvarmeområder kan også dækkes med solenergi. Solcellerne forventes at falde i pris, dog mindre drastisk end 2011-12, og sol kan derfor inden for en kortere årrække blive billigere end el fra havvindmøller. Solvarme forventes også at blive billigere, specielt solvarme til fjernvarme; men her er der stor prisforskel på prisen for solvarme uden større lagre, og prisen for solvarme med årstidslager. Solvarme uden årstidslager er i dag økonomisk favorabel for fjernvarmeanlæg uden billig sommervarme fra f.eks. affaldsforbrænding.

Der er behov for forbedrede politikker, hvis solenergis potentialer skal udnyttes, bl.a. større målsætninger for elforsyning med solenergi, mere information, og låneordninger evt. statstilskud til solvarme til bygninger og til solvarme i fjernvarmen bl.a. pga. strategisk energiplanlægning.

Solvarme har meget lille miljøbelastning, belastningen er primært i produktionen. Det tager 1-4 års solenergiproduktion at producere den energi, anlæggenes produktion har kostet; men tilbagebetalingstiden har været støt faldende de senere år, og er nu ifølge nogle kilder ofte under et år.

Der er kun mindre usikkerhed omkring mulighederne for at udbygge solenergi med de foreslåede virkemidler, mest usikkerhed er der omkring solvarme til bygninger, fulgt af solvarme til fjernvarme, hvor usikkerheden skyldes den meget store opskalering, det vil kræve at forsyne en stor del af Danmarks fjernvarme med solvarme.

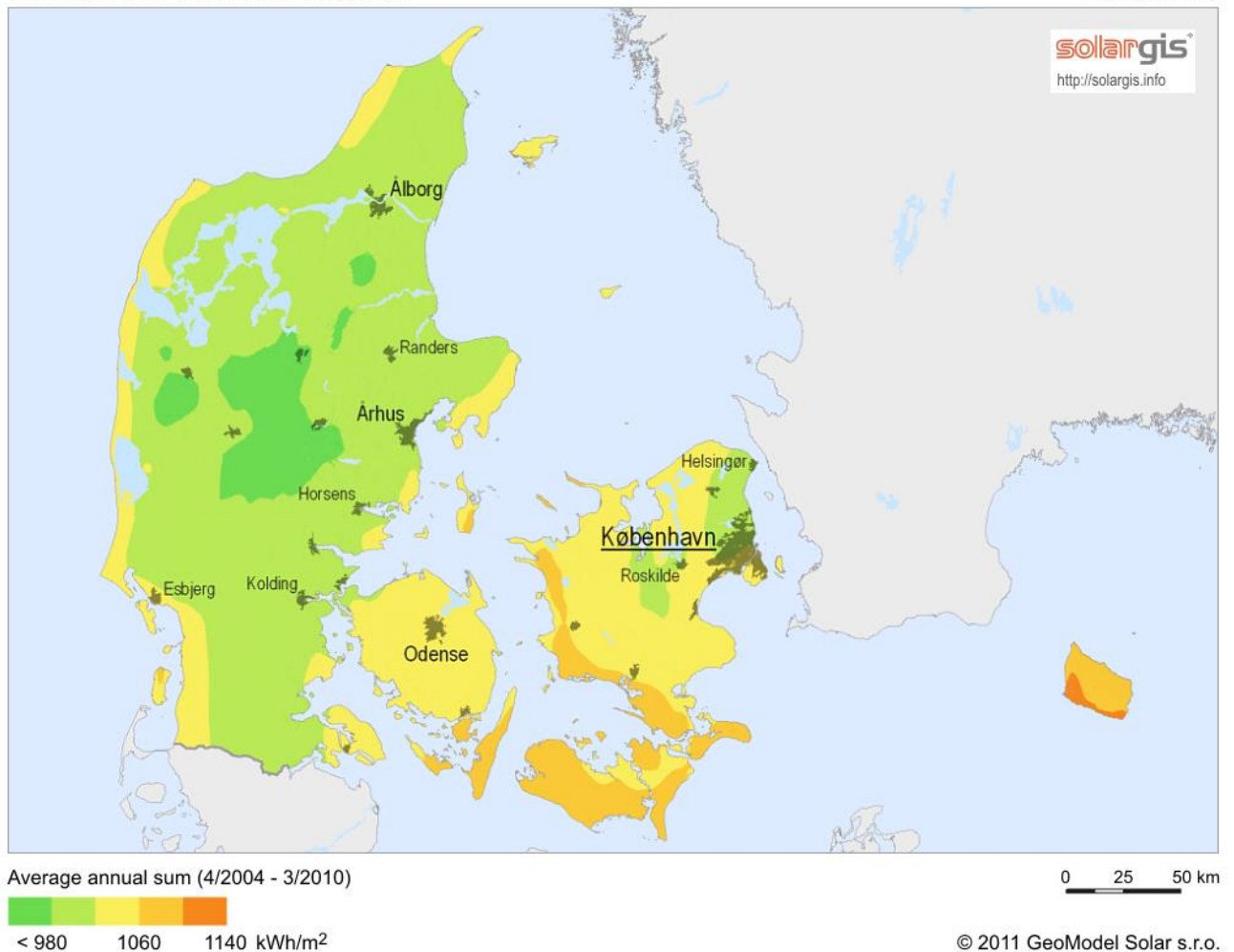
### 5.3.2. Potentialer for solenergi i Danmark

Solenergi er den største af de vedvarende energikilder, også i Danmark, hvor solen leverer langt mere energi end vi kan bruge. Selv hvis man kun ser på den solenergi, der falder på bygninger, vil langt de fleste danske bygninger modtage mere solenergi, end de bruger af energi til el og varme. Solenergien er meget ujævnt fordelt over året, og også over døgnet, så hvis en stor del af energiforbruget skal dækkes med solenergi, kræver det et energisystem med stor lagerkapacitet.

Solens stråling på en vandret flade er i Danmark omkring 1000 kWh/m<sup>2</sup> med lidt variation som det fremgår af nedenstående figur 5.3.1.

### Global horizontal irradiation

Denmark



Figur 5.3.1: Årlig solindstråling på en vandret flade i Danmark. De grønne områder har mindre solindfald end 1020 kWh/m<sup>2</sup> pr. år. Kun en del af Bornholm har mere end 1100 kWh/m<sup>2</sup> pr. år  
Kilde: SolarGIS © 2014 GeoModel Solar.

På en flade, der vender 45° mod syd, er den årlige solindstråling omkring 1200 kWh/m<sup>2</sup>.

Da en stor del af solindstrålingen i Danmark kommer som diffust lys, som ikke kan koncentreres med spejle, udnyttes solenergi i Danmark uden koncentrerende spejle.

#### I Danmark udnyttes solenergi på tre måder i større omfang:

- Med solceller, der producerer strøm.
- Med aktiv solvarme, hvor væske opvarmes i solfangere.
- Med passiv solvarme, hvor dele af bygninger opvarmes, f.eks. vægge og gulve bag sydvendte vinduer.

Der findes også andre udnyttelser af solenergi, f.eks. luftsolfangere der kan opvarme huse eller tørre korn.

I dette notat vil vi beskrive solceller og aktiv solvarme. Passiv solvarme indgår som en varme-besparelse i tema 1, bygninger.

Solceller omsætter direkte solens lys til el; men kun en mindre del af lyset kan omsættes til strøm. Der findes solceller, der kan omsætte dansk sollys til el med op til 29 % virkningsgrad, mens mere effektive celler kræver direkte sollys og de bedste kan nu nå op til 44 % virkningsgrad. Da de meget effektive celler er meget dyre, har de celler, der sælges i dag i Danmark en effektivitet i området 12-20 %<sup>1</sup>. Der er yderligere et tab på typisk 3-5 % for at konvertere solcellernes jævnstrøm til vekselstrøm med 230 eller 400 Volt, så systemvirkningsgraden for et nettilsluttet solcelleanlæg i Danmark er i området 11,4 – 19,4 %. Med 15 % virkningsgrad skal der omkring 6 m<sup>2</sup> solceller til at producere 1000 kWh. Dette areal vil have en installeret effekt omkring 1,2 kW.

Vi har nu godt 500 MW solceller i Danmark, svarende til et areal omkring 3 mio. m<sup>2</sup> eller 300 ha fordelt på godt 90.000 anlæg.

Potentialet for solceller i Danmark er i princippet den elenergi vi kan bruge og eksportere når solen skinner mest, dog fraregnet den samtidige vindmølleproduktionen og nødvendig elproduktion til stabilisering af elnettet. Det laveste elforbrug var i sommeren (juni-august) 2013 i tidsrummet kl. 9-14 var 2913 MW, mens den laveste centrale elproduktion i sommeren 2013 var 919 MW<sup>2</sup>. Vindkrafteffekten på land er 3457 MW. Det antages at havmøller kan standses om nødvendigt. Eleksportkapaciteten er 6420 MW<sup>3</sup>. Dette giver i princippet en mulig kapacitet for solceller på 2913 + 6420 – 3457 – 919 MW = 4957 MW. Dette er en principiel maksimumkapacitet for solcelleanlæg, der ikke kan reguleres ned ved for stor elproduktion. I praksis skal også ved denne kapacitet, en del solcellekapacitet kunne nedreguleres, idet elledninger til eksport kan være utilgængelige. Omvendt er det sandsynligt at den centrale elproduktion til at holde elnettet stabilt kan reduceres til mindre end 919 MW. Da det er teknisk muligt at afkoble både solcelleanlæg og landmøller ved for stor elproduktion, og solceller afkobles allerede enkelte steder i Tyskland, kan kapaciteten godt øges ud over denne teoretiske begrænsning.

I praksis er spørgsmålet hvor stor solcellekapacitet vi ønsker, hvilket er et spørgsmål om en optimering af det samlede elsystem. Denne optimering er behandlet i tema 6.

Det er muligt at kombinere solcelleanlæg med batterier, hvilket kan betale sig ved høj elpris, som vi bl.a. har for mindre forbrugere i Danmark. På den måde kan egetforbruget for strøm for solcelleanlæg øges fra under 30 % til op mod 70 % (dog meget afhængig af anlægsstørrelse i forhold til forbrug) Der er allerede et antal anlæg af denne type i Tyskland og visse iagttagere forventer at denne type anlæg vil blive meget populære om få år, da de forventer at både solceller og batterier falder i pris<sup>4</sup>.

- 
- 1 Solceller testet på Nordisk Folkecenters solcellestation, se <http://www.folkecenter.dk/dk/rd/solenergi/solceller/teststation-for-solceller/>.
  - 2 Ud fra udtræk af markedsdata fra Energinet.dk for perioden 1/7-3/9 2013, elforbrug for hhv. 7/7-14 kl. 14-15 og 3/9-13 kl.0-1.
  - 3 Vindkraftkapacitet og eleksportkapacitet fra Energinet.dk's analyseforudsætninger 2013-2035, Udgivet april 2013, fra [www.energinet.dk](http://www.energinet.dk).
  - 4 Læs f.eks. <http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/grid-connected-storage-market-set-to->

Aktiv solvarme med produktion af varmt vand er ret skarpt opdelt i mindre anlæg til bygninger, primært enfamilieshuse, og større anlæg til fjernvarme.

Husholdninger kan kombinere solvarme med oliefyr, gasfyr, fjernvarme, biomassefyr og varmepumper. Solvarme kan så dække forbruget af varmt vand i sommerperioden og give et tilskud til rumvarme og varmt vand resten af året. I alt kan solvarme dække omkring 60 % af brugsvandsforbruget eller omkring 30 % af samlet rumvarme + brugsvandsforbrug. Solvarme-produktionen er 250 – 500 kWh/m<sup>2</sup> solfanger afhængigt af solfangertype, anlæg og dækningsgrad. En stor dækningsgrad giver en mindre solvarmeproduktion pr. m<sup>25</sup>.

I vor energivision skal olie og gasfyr erstattet af vedvarende energi. Samtidig forventer vi ikke solvarme i fjernvarmeområder. Det kan være en god ide med solvarme på huse i fjernvarmeområder, hvis alle har solvarme i et område og man derfor kan lukke for fjernvarmeforsyningen om sommeren. Det er dog sjældent muligt i praksis, og vi vil derfor kun medtage central solvarme til fjernvarme i scenarierne. Det betyder dog mindre for de samlede energisystemer om en del af solvarmen i fjernvarmen skulle blive decentral.

Derfor er det kommende potentiale for solvarme i vore scenarier huse med biomassefyr og varmepumper, samt sommerhuse, hvor solvarme kan være hovedvarmekilden i sommerperioden. Vi skønner som nævnt besparelsen til 60 % af brugsvandsforbrug eller 30 % af rumvarmeforbruget. For sommerhuse, der ikke bruges hele året, skønnes besparelsen til 80 % af brugsvandsforbruget.

Solvarme til fjernvarme er i kraftig stigning i disse år. Der er nu over 35 fjernvarmesystemer med store solvarmeanlæg fra 1000 m<sup>2</sup> til 35.000 m<sup>2</sup> solfangere. Anlæggene er indtil videre alle anlagt på marker på med simple betonfundamenter; men de store solfangere kunne også bruges som tage over f.eks. P-pladser og haller. Det største anlæg, på 35.000 m<sup>2</sup> i Dronninglund, er udstyret med et damvarmelager med 60.000 m<sup>3</sup> vand som kan lagre varme for sommer til efterår og dermed sikre at 40 % af Dronninglunds varme kommer fra solvarmen. I Marstal søger solvarme og damvarmelager for at over 50 % af byens varme er solvarme.

Der er ikke noget principielt imod at et fjernvarmesystem kan få 100 % af sin varme fra solvarme, oftest dog med et lille tilskud af el til varmepumper for at få mere varme ud af et års-tidslager. Jo større lageret skal være, jo dyrere bliver varmen, så derfor vælges ofte at dække en mindre del af varmen med solvarme. I princippet kunne hele Danmarks fjernvarmeforsyning, 136 PJ i 2012, dækkes af solvarme. Der er dog forskellige begrænsninger, der gør at det vil være problematisk at dække hele fjernvarmeforsyningen med solvarme.

Et problem er, at udbyttet af solvarme er større ved lavere fremløbstemperaturer. Derfor vælger fjernvarmeanlæg med store solfangere lave fremløbstemperaturer. I Marstal er dimensionerende fremløbstemperatur for de tilsluttede huse f.eks. 70 °C vinter og 60 °C sommer. Fjernvarmesystemer i de større danske byer har noget højere fremløbstemperaturer og vil

---

explode\_100013945/#axzz2vIJqhLER.

5 Energijtjenesten, <http://www.energitjenesten.dk/solfangere-i-kroner-og-ore.html> og ”Solvarme i forbindelse med bygninger, Registrering og beregning”, Ivan Katic, SolenergiCentret. Dansk Teknologisk, Præsentation ved Ivan Katic, 2007. [Ivan.Katic@Teknologisk.dk](mailto:Ivan.Katic@Teknologisk.dk). Tlf. 7220 2482.

derfor skulle omstilles, hvis de skal have fuld glæde af solvarmen. Det er dog muligt at de stadig billigere vakuum-solfangere med lille varmetab kan ændre på dette, men for København vil det selv da kræve større ombygninger, bl.a. omlægning af dampfjernvarmenettet til normal vandbåret fjernvarme.

I praksis vil udbygningen med solvarme til fjernvarme afhænge af hvordan solvarme og års-tidslagre kan passe sammen med det øvrige energiforsyningssystem, samt hvordan solvarmens pris vil udvikle sig i forhold til andre varmekilder, f.eks. geotermisk.

### 5.3.2.1 Bæredygtighed

Under normal drift er der ingen udslip fra solceller eller solfangeranlæg. Solfangere har et mindre elforbrug til pumper og kan have lidt elforbrug til varmepumper for at øge udnyttelsen af varmelagre.

Solvarmeanlæg er fyldt med en blanding af vand og glykol. Der benyttes normalt den ugiftige propylenglykol. Ved uheld, eller hvis væsken har mistet sine egenskaber pga. overophedning, skal det bortskaffes. Det er let bionedbrydeligt og anses ikke for at være skadeligt for organismer, der lever i vand<sup>6</sup>. Der kunne dog være tilsætningsstoffer i som er mere skadelige.

Damvarmelagre har et stort vandvolumen, der skal skaffes ved lagerets start og udledes ved lagerets fremtidige nedlæggelse. Marstals damvarmelager på 75.000 m<sup>3</sup> til et fjernvarmesystem med 1500 forbrugere betyder af fjernvarmeværket på dette lager opbevarer 50 m<sup>3</sup> vand pr. forbruger. Hvis alle tilsluttede var enkelte husstande ville det betyde at lageret har en vandmængde svarende til omkring et ½ års vandforbrug. Da en del tilsluttede er restauranter og andre med større vandforbrug er lagret i praksis mindre end ½ års vandforbrug, men stadig betragteligt.

Produktionen af solvarme- og solcelleanlæg kræver materialer og energi. Solceller er enten lavet af rensat silicium eller af specielle materialer som gallium, arsenid o.a. Der medgår en del energi til produktionen af de specielle materialer, i forhold til deres vægt, men da der bruges tynde lag af de kative materialer, begrænser det mængden, der skal bruges. Nogle af materialerne, f.eks. arsenid, er også giftige.

Det internationale klimapanel (IPCC) har opgjort de eksterne omkostninger ved solcellestrøm til omkring 0,17 US-cent pr. kWh, svarende til 1 øre/kWh, hvoraf over 90 % var helseomkostninger, og har opgjort drivhusgasudslip til 30-80 g/kWh, baseret på en lang række studier<sup>7</sup>.

Solvarmeanlæg er lavet af almindelige materialer som aluminium, kobberrør, ståltanke, glas, isolering m.m. Deres produktion og installation har en miljøbelastning svarende til andre VVS-installationer.

---

6 Ifølge SIKKERHEDSDATABLAD for JORDVARME GLYCOL – til jord-og solvarmeanlæg. Rev. Dato: 14.07.2010. Randers Kemiske Industri, <http://www.rkimiljo.dk/media/files/Datablad/200520%20-%20Jordvarmeglycol%20140710.pdf>.

7 Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, kapitel 3, IPCC, 2011, se <http://srren.ipcc-wg3.de/report/>.

Tidligere studier har opgjort energitilbagebetalingstiden for solfangere i husholdninger til 1,3-4 år og nettilkoblede solcelleanlæg til 2-5 år. Flertallet af studierne af solceller fandt dog energitilbagebetalingstider på 2-2,5 år<sup>8</sup>. Disse studier vurderede energitilbagebetalingstider ved større solindfald end det danske, Hvis der korrigeres for dette bliver energitilbagebetalingstiden for solfangere i husholdninger 2,2 – 6,8 år og for solceller 3,2 – 6,7 år<sup>9</sup>.

Tendensen er at solceller laves stadig tyndere, hvilket udover at reducere pris, også reducerer drivhusgasudslip i produktionen og energitilbagebetalingstid. Fra 1990 til 2010 er energitilbagebetalingstiden faldet en faktor 3 og den skulle nu under danske forhold være 0,9-2,4 år ifølge solcellefirmaet "Clean Technica"<sup>10</sup>. Til gengæld laves en større del af verdens solceller i Kina, hvor elproduktionen har et højt CO<sub>2</sub>-udslip. Da en stor del af energiforbruget til solceller er el, betyder det at mens energitilbagebetalingstiden går ned, også i Kina, går CO<sub>2</sub>-udslippet ikke nødvendigvis ned i samme takt.

Ved større brug af solvarme og solceller rapporteres om gode genbrugsmuligheder af de forskellige materialer, både af mere almindelige materialer som glas og metaller, og også af silicium and andre specielle materialer<sup>11</sup>.

### 5.3.2.2 Usikkerheder

De foreslåede solfangere til hhv. mindre huse og fjernvarme samt solceller er alle kommercielle og gennemprøvede teknologier. Der er derfor, hvis man fortsætter den nuværende kvalitetskontrol og lange garantiperioder specielt for solceller, minimal risiko ved en storstilet udbygning af solvarme og solceller. Der har været enkelte eksempler på dårlige solceller med kort levetid og uheldige solvarmeanlæg. Derfor er kvalitetskontrol og garantier vigtige, ikke mindst ved en større udbygning.

## 5.3.3 Forslag til udnyttelse af solenergi i Danmark

Der er store muligheder for en hurtig udbygning af både solvarme og solceller.

Der blev i 2012 opstillet 380 MW solceller<sup>12</sup>. Hvis denne opstillingstakt havde fået lov at fortsætte, havde der i 2022 været over 4000 MW solceller i Danmark. Der er derfor ingen kapacitetsmæssige problemer med opstilling af 4000 – 5000 MW solceller i Danmark inden 2030.

Der er 125 VVS-installatører i Danmark, der er registrerede i Kvalitets sikringsordningen (KSO-ordningen) til opsætning af solvarmeanlæg<sup>13</sup>. De kunne uden problemer årligt opsætte anlæg

---

8 Fra 7, kapitel 3, side 370.

9 Angivelserne for solfangere er fra Palermo hvor det årlige solindfald er 1780 kWh/m<sup>2</sup> og angivelserne for solceller er for steder med årligt solindfald på 1400 – 1900 kWh/m<sup>2</sup>.

10 Clean Technica angiver i 2013 at energitilbagebetalingstid er 0,9 – 1,4 år ved årligt solindfald på 1700 kWh/m<sup>2</sup>, se <http://cleantechnica.com/2013/12/26/solar-energy-payback-time-charts/>.

11 Kilde 7, kapitel 3.

12 Ifølge Energinet.dk, se <http://energinet.dk/DA/El/Engrosmarked/Udtraek-af-markedsdata/Sider/Statistik.aspx>.

13 Se <http://www.kso-ordning.dk>.

til 40 familieboliger pr. firma, hvis der kommer efterspørgsel efter det, dvs. 5000 anlæg pr. år. Dertil kommer at hvis der var et større solvarmemarked kunne mange af Danmarks andre tusinder af VVS-firmaer også lære at opsætte solvarmeanlæg med en god kvalitet. Op til 50.000 anlæg installeret pr. år er således ikke urealistisk efter et par års opskalering.

Der er allerede i Danmark over 400.000 m<sup>2</sup> solfangere på huse, flest på enfamiliehuse, men også en del på institutioner og flerfamiliehuse<sup>14</sup>. Med en gennemsnitsstørrelse på 10 m<sup>2</sup>, inkl. et mindre antal større institutionsanlæg, betyder det at der er ca. 40.000 huse med solvarme i Danmark.

Da der ikke er mange mindre solvarmeanlæg i huse med fjernvarme, er de danske solvarmeanlæg primært placeret i Danmarks 950.000 boliger uden for fjernvarmeområder. Hvis man forventer at 1/3 af disse boliger tilkøbes fjernvarme, er der 600.000 tilbage. Da 40.000 af dem allerede har solvarme er potentialet at de resterende 560.000 får solvarme. Dertil kommer et antal af de 200.000 sommerhuse, hvoraf de fleste har elvarme.

Hvis alle resterende huse uden fjernvarme og halvdelen af sommerhusene skulle have fjernvarme, ville det kræve installation af 660.000 anlæg, svarende til 44.000 anlæg pr. år i 15 år, dvs. indtil 2030.

Mens dette er teknisk muligt, er spørgsmålet om det er optimalt. Hvis vi antager at der installeres varmepumper i hovedparten af de 600.000 huse, der ikke får fjernvarme, er spørgsmålet hvordan økonomien er for varmepumpe + solvarme frem for varmepumpe alene. Mens det energimæssigt er bedre at bruge solvarme om sommeren frem for varmepumpe, er det ikke sikkert besparelsen kan tjene den ekstra omkostning til solvarmeanlægget hjem. Omvendt behøver ekstraomkostningen ikke være stor, da man kan kombinere lagertank og styring for varmepumpe og solvarme, og ekstraomkostningen for solvarmen kun behøver at være selve solfangerne og rørføring fra beholder til solfangere.

Der er omkring 200.000 m<sup>2</sup> solfangere i fjernvarmeanlæg og alene i 2010 blev der installeret 44.000 m<sup>2</sup>.

Hvis al dansk fjernvarme, 136 PJ, skulle forsynes fra solvarme ville det kræve omkring 75 millioner m<sup>2</sup>. Hvis de skulle opstilles indtil 2030 ville det kræve knapt 5 mio. m<sup>2</sup> opstillet pr. år, omkring 100 gange dagens niveau. Mens der intet principielt er imod en sådan opskalering, vil det kræve en storstilet udvidelse af produktionerne og træning af medarbejdere i alle led af produktion og installation. Hvis det planlægges hensigtsmæssigt kan denne opskalering også give billigere anlæg.

Om det er ønskeligt at al dansk fjernvarme kommer fra solvarme er et andet spørgsmål. Det må afgøres ved en samlet planlægning af fremtidens fjernvarmeforsyning, som en del af et samlet scenarie for Danmarks omstilling til vedvarende energi. Det behandler vi i tema 6.

---

14 Ifølge Solvarme Centrets faktaark ”Markedsudvikling”, se <http://dansksolvarmeforening.dk/omsolvarme/faktaark/>.

## 5.3.4 Politikker til at nå målene

Der skal forskellige virkemidler til at fremme solceller og solvarme.

Erfaringer fra 2012 viste for solceller, at hvis tilbagebetalingstiden kommer under 10 år, er der stor interesse for at installere solcelleanlæg, både hos private, på institutioner og hos landmænd. Afregningsregler, der giver tilbagebetalingstider under 10 år i en årrække, kan derfor forventes at sikre en udbygning med solceller, på op til 4000 -5000 MW eller mere. Det kan både være en form for nettoafregning, som vi havde i Danmark til november 2012 eller en fast afregningspris (feed-in tarif), som vi har i dag.

Den nuværende, meget begrænsede mulighed for at få en fast afregningspris over 1 kr./kWh vil kun give en beskeden udbygning med solceller pga. den alt for begrænsede målsætning. Det skal ændres, hvis vi skal udbygge til det fulde potentiale med solceller inden 2030.

Der er dog i Tyskland en mindre bevægelse for solcelleanlæg med batterier, hvor husholdninger gemmer strøm fra dag til aften og på den måde kan få økonomisk glæde af solceller, selv med meget dårlige afregningsregler. Hvis solceller og batterier falder meget i pris, kunne sådanne anlæg også blive populære i Danmark.

For solvarmeanlæg til bygninger er udbygningen omkring 2000 anlæg om året<sup>15</sup>, hvilket er noget mindre end de 5000 anlæg pr. år, der skal til for at udfylde potentialet indtil 2030.

### Antallet kan øges med en række tiltag:

- Kampagner.
- Lånemuligheder, der er tilpasset solvarmeanlæg og kombinationer af solvarme med udskiftning af oliefyr, varmepumpeinstallation, tagrenovering og anden forbedring af bygninger.
- Statsgaranti eller anden begunstiggelse for solvarme kombineret med oliefyrsudskiftning o.a. i udkantssområder, hvor de normale, billige kreditforeningslån er svære at få.

For solvarme til fjernvarmeanlæg er det store spørgsmål hvad der er den mest favorable kombination af varmekilder til de enkelte fjernvarmeanlæg. Der er derfor behov for både strategiske energiplaner og planer for de enkelte fjernvarmeverkers udvikling de kommende 20 år. Det er vigtigt at solvarme her bliver taget med som en mulighed. Anlæggene skal så finansieres med kommunegaranterede lån, som det sker i dag.

Der er også behov for at revidere de samfundsøkonomiske forudsætninger for varmeinvesteringer, da selskabsøkonomiske investeringer i solvarme i dag kan stoppes af krav til samfundsøkonomi baseret på urealistiske forudsætninger, bl.a. høj kalkulationsrente. Et konkret eksempel er forslaget til solvarme i Gram<sup>16</sup>.

---

15 Ifølge Energistyrelsens statistik på [www.ens.dk](http://www.ens.dk), figurer 2012, husholdninger, er solvarmeproduktionen til husholdninger steget 4 GWh/år 2010-2012, svarende til installation af ca. 12.000 m<sup>2</sup> solfangere, med 6m<sup>2</sup>/husholdning svarer det til omkring 2000 anlæg/år.

16 Se <http://ing.dk/artikel/dong-bremser-solvarmeanlaeg-til-100-millioner-kroner-158473> og



## 5.3.5 Økonomi og miljø

Både solvarme og solceller er faldet i pris de senere år, og kan forventes at falde yderligere.

Solcelleanlæg er alene fra 2010 til 2013 faldet til under halv pris og solceller fås nu til knapt 6 kr./Watt spidseffekt, svarende til omkring 7 kr. for et stykke solcelle, der kan levere 1 kWh/år<sup>17</sup>. Den samlede anlægspris for mindre anlæg er omkring det dobbelte af solcellernes pris, dvs. omkring 12 kr./W eller 14 kr. for en del af et anlæg, der kan producere 1 kWh/år<sup>18</sup>. Det skulle give en pris for et 6 kW anlæg på 72.000 kr. ekskl. moms. Dansk solcelleleverandører tilbyder 6 kW solcelleanlæg inkl. montage for 64.000 - 108.000 kr. ekskl. moms, ifølge [www.solcellepriser.dk](http://www.solcellepriser.dk). Den europæiske solcelleforening forventer at prisen pr. W vil falde til omkring 11 kr. i 2022.

Større solcelleanlæg er noget billigere. Her vil prisen primært være styret af solcellernes pris.

Energistyrelsen angiver for større anlæg (omkring 1 MW) en installationspris på 11 – 19 kr./W spidseffekt i 2015, faldende til 10 kr./W i 2020 og 8 kr./W i 2030<sup>19</sup>.

Vi vil i det følgende antage en pris som angivet af EPIA m.fl. for mindre anlæg på 12 kr./W i dag faldende til 11 kr./W i 2020.

For større anlæg antager vi en pris på 9 kr./W i 2012, faldende til 7 kr./W i 2020. Der er forventninger om at solceller vil falde 6 % i pris i 2014<sup>20</sup>. Også moduler og invertere vil falde med rationalisering og øget produktion. Derfor antages et 5 % årligt prisfald for større anlæg, svarende til et fald fra 9 kr./W i 2015 til 7 kr./W i 2020.

Der findes allerede et anlæg på det danske marked, som er 16 % billigere end den forventede pris for 2015 på 9 kr./W ekskl. moms<sup>21</sup>.

Selvom fremtidige priser for solcelleanlæg er meget usikre, er der gode grunde til at regne med fortsatte prisfald. Selvom solcellepriserne ikke vil falde så hurtigt som i 2011-2012, er der stadig et voksende globalt marked, der gør det muligt at reducere omkostninger ved stadig større masseproduktion.

Der er en mindre drifts- og vedligeholdelsesomkostning ved solcelleanlæg, bl.a. reparation af de invertere, der er nødvendige for tilslutning til elnettet. Energistyrelsen angiver drift- og vedligeholdelsesomkostninger til 2,5 øre/kWh for anlæg opsat i 2015, faldende til 1,4 øre/kWh

---

<http://www.gram-fjernvarme.dk/index.php/nyhedsarkivet/41-energiklagenævnet-har-afvist-solvarme-projektet>.

17 Data fra [pvXchange.com](http://pvXchange.com), 1,95 €/W i 2010 og 0,79 €/W i 2013, begge dele i Tyskland. I Danmark producerer en W omkring 0,85 kWh/år.

18 Den europæiske solcelleindustri forening, EPIA vurderer i deres publikation ”Collecting the Sun” fra september 2012 at priser for husstandsinstallationer vil falde fra ca. 2euro/W i 2012 til 1,55euro/W i 2022. Da solcellerne ifølge [pvXchange.com](http://pvXchange.com) er faldet fra 1 €/W i 2012 til 0,79 €/W i 2013, antager vi at anlæg er faldet tilsvarende, dvs. fra 15 kr./W i 2012 til omkring 12 kr./W i dag.

19 Teknologikatalog for energiforsyningsteknologier 2014, side 105, online fra [www.ens.dk](http://www.ens.dk).

20 Ifølge <http://cleantechnica.com/2013/11/22/solar-pv-production-costs-drop-2014/>.

21 Priser ifølge [www.solcellepriser.dk](http://www.solcellepriser.dk), marts 2014.

for anlæg opsat i 2030<sup>22</sup>. For mindre anlæg må regnes med en minimumsomkostning til servicebesøg f.eks. hvert andet år, som skal medregnes. Vi antager det giver en årlig ekstraomkostning på 300 kr./år.

#### Det giver følgende økonomi for solcelleanlæg i Danmark:

Kr. ekskl. Moms pr kWh eller W	Husholdnings-anlæg 2015	Husholdnings-anlæg 2020	1 MW anlæg 2015	1 MW anlæg 2020
Anlægspris/W	12	11	9	7
Anlægspris/kWh	14,1	12,9	10,6	8,2
O&M/kWh	0,096	0,085	0,025	0,014
Egetforbrug til 1,60 kr./kWh	25%	25%	0%	0%
Elpris v. 10 års TBT	1,48	1,30	1,08	0,84
Samfundsøk. Elpris v. 5% rente	1,23	1,12	0,87	0,67
Samfundsøk. Elpris v. 2½% rente	1,00	0,91	0,70	0,54

*Tabel 5.3.1 Økonomi for solcelleanlæg: Væsentligste forudsætninger er: Pris ved 10 års tilbagebetalingstid er for husholdningsanlæg den pris, en husejer skal have for at få 10 års tilbagebetaling ved at sælge 75 % af strømmen til den pris og bruge resten selv og erstatte strømkøb til 1,60 kr./kWh + moms. Der forventes for større anlæg et årligt prisfald på 5 % i faste priser 2015-2020. Samfundsøkonomiske elpriser er gennemsnit for al elproduktion, både egetforbrug og salg. Levetid 20 år.*

Med de anvendte forudsætninger fås at større solcelleanlæg har samfundsøkonomiske elpriser på niveau med de forventede elpriser for større havmølleparker, der er budgetteret til op til 90 øre/kWh.

Vor forventede pris for større solcelleanlæg er mindre end Energistyrelsens forventninger, og dermed forventer vi lavere samfundsøkonomiske omkostninger ved solceller end Energistyrelsen forventer.

Mindre solvarmeanlæg koster i dag omkring godt 20.000 kr. inkl. installation ekskl. moms for brugsvandsanlæg med typisk 4 m<sup>2</sup> solfanger og omkring 35.000 kr. inkl. installation ekskl. moms for anlæg til rumvarme + brugsvand med typisk 7 m<sup>2</sup> solfanger. Med en antagelse om at en brugsvandsinstallation uden solvarme koster omkring 10.000 kr. inkl. montage, ekskl. moms antager vi at merprisen er 12.000 kr. for solvarme til brugsvand og 25.000 kr. for solvarme til brugsvand + rumvarme anlæg.

22 Data fra ovenstående kilde.

### Det giver følgende priser for solvarme til bygninger:

Kr. ekskl. moms	Brugsvandsanlæg, 4 m <sup>2</sup>	Brugsvand + rumvarme, 8 m <sup>2</sup>
Merpris	12000	25000
Besparelse, kWh/år	1600	2800
Årlig drift og vedligeholdelse	350	350
Varmepris v. 5 % rente, ekskl. moms	0,82	0,84
Varmepris v. 2½ % rente, ekskl. moms	0,70	0,70

Tabel 5.3.2 Varmepreiser for mindre solvarmeanlæg: Væsentligste forudsætninger er: Anlægget erstatter et normalt brugsvandsanlæg, der skal installeres eller udskiftes. Årlig varmeproduktion 400 kWh/m<sup>2</sup> for brugsvandsanlæg, 350 kWh/m<sup>2</sup> for rumvarme + brugsvandsanlæg. Service hvert andet år til 600 kr. rest af driftsomkostning er elforbrug. Levetid 20 år.

Det ses at de privatøkonomiske priser ved 2½ % rente, som man kan få, hvis man har friværdi i huset, eller hvis man kunne få statsgaranti til f.eks. oliefyrsudskiftning, er favorable, i forhold til varme fra olie og gasfyr, samt fra biomassefyr, der kører med lav virkningsgrad om sommeren.

Vi vil i det samlede scenarie vurdere huse med og uden individuel solvarme, og dermed vurdere den samlede omkostning ved solvarme.

Solvarmeanlæg til fjernvarme er vurderet til at koste 1600 kr./m<sup>2</sup>, svarende til 3200 kr. (425 €) pr. MWh årlig varmeproduktion. Hvis man skal have et lager, så man kan levere varme døgnet rundt i sommerperioder med sol, er prisen omkring 3500 kr. (461 €) pr. MWh årlig varmeproduktion<sup>23</sup>. Hvis man skal dække mere end 20-25 % af varmekonsumet er der behov for et årstidslager, hvilket forøger omkostningerne, både pga. lagerets omkostninger, omkostninger til varmepumpe, der øger udnyttelsen af et lager, og tab i lageret.

Det forventes at solvarmeanlæg til fjernvarme falder omkring 30 % over de næste 20 år, ifølge Energistyrelsen<sup>24</sup>.

I tabel 5.3.3 er en oversigt over omkostninger til solvarmeanlæg til fjernvarmeanlæg, for 2015.

Solvarme til fjernvarme, kr./MWh	Med døgnlager	Med ½ års lager	Med årslager
Solfanger inkl. lille lager	3458	3188	3188
Årstidslager + varmepumpe	0	1420	2990
Solfanger O&M/år	4,28	4,28	4,28

23 Teknologikatalog for energiforsyningsteknologier 2014, side 154.

24 Teknologikatalog for energiforsyningsteknologier 2014, side 154.

Lager + varmepumpe O&M/år	0	1,25	2,63
Elforbrug, lager + varmep., kWh el/MWh varme	0	39	83
Lagertab	0,0%	5,0%	7,9%
Samlet investeringsomk. kr. pr kWh, 5 % rente	0,22	0,34	0,49
Samlet investeringsomk. kr. pr. kWh, 2½ % rente	0,17	0,26	0,37
Samlet driftsomk. kr. pr. kWh	0,004	0,045	0,090
Samlet årlig omk. kr. pr. kWh, 5 % rente	0,23	0,38	0,58
Samlet årlig omk. kr. pr. kWh, 2½ % rente	0,17	0,30	0,46

Tabel 5.3.3: Omkostninger for solvarme til fjernvarme med og uden årstidslager i 2015. Tabellen er baseret på Energistyrelsens forudsætninger og i 2011 priser<sup>25</sup>. Væsentligste forudsætninger er: Levetid for solfangere 30 år, for lager og varmepumpe 20 år. Lagerkapacitet i MWh er 27 % af årlig solfangerproduktion for ½ års lager og 56 % for helårslager. Lagerstørrelse er 60.000 m<sup>3</sup> og varmepumpe 1 MW.

El købes til 1 kr./kWh ekskl. moms, idet det antages at der indføres dynamiske afgifter, så man kan købe el med lav afgift når der er høj vindkraftproduktion og varmepumpekørsel indrettes herefter, hvilket er muligt en stor del af året. Hvis el købes med fuld afgift til 1,60 kr./kWh ekskl. moms øges varmeprisen for anlæg med ½ års lager med 2½ øre/kWh og med helårslager med 5 øre/kWh.

Som det ses af tabel 5.3.3. er der muligheder for ganske billig varme, hvis man kun dækker sommerforbrug, men hvis hele årets varmemeforbrug skal dækkes, er prisen mindre gunstig. Der er derfor gode økonomiske muligheder for at bruge solvarme og mindre lagre som dele af samlede energisystemer, specielt for fjernvarmesystemer, der ikke har rigeligt varme om sommeren fra f.eks. affaldsvarme.

Miljømæssigt er solenergis belastninger relativt små, som beskrevet i 5.3.2.1. Der er et mindre energi- og ressourceforbrug til fremstilling, samt hvis man ønsker en stor dækningsgrad, el til lager og evt. varmepumpe. Elforbruget for solvarmeanlæg til fjernvarme er, som angivet i tabel 5.3.3, 4,8 % af varmemeforbruget for anlæg med ½-1 års lager med varmepumpe.

25 Data fra ovenstående kilde, side 120-128, 150-154 og 168-172. Der er regnes med solfanger O&M 0,57 €/MWh, årstidslager 500 €/MWh, O&M 3,5 €/MWh, elforbrug 9,5 kWh/MWh, varmepumpe COP 3,6, investering 890.000 €/MW varme, O&M 5000 €/MW varme.

Den største effekt for lokalmiljøet er at solenergi optager plads. Man kan placere solvarmeanlæg til bygninger på bygningernes tage, ligesom en stor del solcellerne til elforsyning kan placeres på tage. For solvarme til fjernvarme har det dog indtil videre ikke været muligt at placere større anlæg på bygninger og anlæg. Hvis man rent teoretisk ville dække hele landets fjernvarmeforsyning med solvarme, ville det kræve 75 km<sup>2</sup> solfangere, som ville optage omkring 150 km<sup>2</sup> land. Det er kun 0,3 % af Danmarks areal, men det kunne omkring større byer være en udfordring at indpasse arealerne med de mange andre arealbehov, der er her.

## 5.3.6 Forslag til virkemidler til at nå målene

For solceller vil en udbygning fra de nuværende godt 500 MW i dag til 2000 MW i 2030 kræve en årlig udbygning på 100 MW. Det kan realiseres ved at øge den nuværende målsætning til 100 MW/år. Hvis den årlige aftrapning af afregningsprisen for solcellestrøm betyder at der installeres færre anlæg, kan aftrapningen nulstilles et eller flere år, til installationstakten er nået målet om 100 MW/år.

Parallelt bør der indføres regler, der gør det lettere at opstille fællesanlæg, både for at ligestille folk med og uden mulighed for at opstille solceller på eget hus og fordi det har en bedre samfundsøkonomi. Det bør bl.a. være muligt at opstille fælles solcelleanlæg på kommunale ejendomme, med en passende lejepris for taget.

For solvarmeanlæg er der behov for de politikker, der er foreslået under 5.3.4.

## 5.3.7 Mulighed og behov for folkelig deltagelse

Solenergi har hidtil i Danmark været tæt knyttet til folkeligt engagement, både med mindre solvarmeanlæg, hvor husejere tog initiativ til de første anlæg, og senere med forbrugerejede fjernvarmeforsyninger, der investerer i store solvarmeanlæg. Også solcelleudbygningen er baseret på en folkelig deltagelse, hvor boomet i 2012 var båret af tusinder danske husejere, der fik solceller på deres tage.

For solceller er der et stort potentiale i fællesanlæg, der er billigere for samfundet end små anlæg (såfremt de ikke bliver så store at de kræver større netforstærkninger). Fællesanlæg vil også stille alle lige mht. mulig udnyttelse af solcelleanlæg, modsat hidtil, hvor dem med de bedste tage har fået mest ud af solceller. Der er med de aktuelle regler muligheder for fællesanlæg, men der er en række barrierer, bl.a. en alt for lille kvote for solceller med gode afregningsmuligheder og problemer ved opsætning på kommunale ejendomme. Hvis en større del af Danmarks solcelleudbygning skal komme fra fællesanlæg, er der også behov for en kampagne og støtte til at hjælpe og styrke lokale initiativer.

Hvis solvarme på bygninger skal nå det niveau, der er angivet i 5.3.3 skal der rettes større opmærksomhed på solvarme blandt de mange uden for fjernvarmeområder, som kan få glæde

af det. Det kan ske med kampagner og anden oplysning. Det vil have størst effekt, hvis det inddrager og bygger på folkelig organisering i de aktuelle områder, og kombineres med kampagner for at omstille fra olie- og elvarme, og siden også gasvarme. De mest entusiastiske i disse områder har allerede har fået solvarme eller tilsvarende alternativer. Derfor er der behov for en indsats der får de næste med, i form af fortsatte, lokale indsatser, kombineret med andre tiltag, som f.eks. lånetilbud.

Der er et antal mindre aktiviteter for solvarme som selvbyggeranlæg. Det bør styrkes som en del af en større kampagne, for at få flere solvarme-ambassadører.

De forbrugerejede varmekærker spiller en vigtig rolle i omstillingen til vedvarende energi. For solvarme til fjernvarme, er der allerede en del information til potentielle fjernvarmeanlæg, direkte fra pioner-anlæg som i Marstal, via en hjemmeside som <http://www.solvarmedata.dk/> og via fjernvarmekærkernes forening, DanskFjernvarme. Der er behov for at udbygge og fortsætte denne information, så nye fjernvarmekærker får de bedste muligheder for at tage en beslutning om solvarme, baseret på de nyeste erfaringer fra andre anlæg.

Generelt vil solenergi styrke den folkelige deltagelse i omstillingen til vedvarende energi, idet den er synlig og uden væsentlige gener, og dermed skaber opmærksomhed uden at skabe modstand.

## 5.3.8 Vurdering af virkemidlernes effekt

For solceller er det danske marked et meget lille hjørne af et stort globalt marked. De foreslåede virkemidler er baseret på at den internationale dynamik, hvor et globalt voksende marked fortsat giver faldende solcellepriser. Efter de store prisfald 2011-12 ser det ud til at den forventede dynamik fortsætter i lavere tempo. Men den internationale udvikling er den største usikkerhed i denne vurdering.

For solvarme til bygninger afhænger udbygningen meget af hvordan solvarme bliver integreret med de andre varmeløsninger, så det er muligt at få solvarme med til merpriser som angivet i 5.3.5, eller lavere. Det er muligvis den største usikkerhed. En anden usikkerhed er om det lykkes at gøre solvarme så populært, at det generelt vil blive valgt ved udskiftning af varmeanlæg, så fordelene udnyttes ved at kombinere solvarme med andre varmeanlæg. En udfordring er at solvarme primært er egnet til bygninger uden for fjernvarmeområder, hvor der ofte er mindre dynamik og færre midler end i byer og landsbyer med fjernvarme.

For solvarme til fjernvarme er de to største usikkerheder hvordan solvarmens økonomi er i forhold til alternativer og om det er muligt at opskalere solvarmeinstallationer så hurtigt, at en stor del af fjernvarmen kan komme fra solvarme. Andre usikkerheder er mulige pladsproblemer til solvarme-felter omkring de større byer og hvor meget kravene om samfundsøkonomi vil begrænse udbygningen, også for anlæg, der er selskabsøkonomisk rentable. Med den igangværende udbygning ses det at der på trods af disse usikkerheder sker en væsentlig udbygning i dag; men de kan godt begrænse den langt større udbygning, der skal til, hvis en stor del af Danmarks fjernvarme skal komme fra solvarme i 2030.