

MULIGHETSSTUDIE

SOLENERGI I NORGE

INNHold

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
1. RESSURSGRUNNLAG	6
2. RAMMEBETINGELSER	9
2.1. ENERGIPRISER.....	9
2.2. STØTTEORDNINGER.....	10
2.3. OFFENTLIGE KRAV	10
2.4. INTRODUKSJON AV SOLENERGI I LYS AV DIFFUSJONSTEORI.....	11
3. TEKNOLOGISTATUS	13
3.1. SOLSTRØM	13
3.2. SOLVARME.....	16
3.3. SOLKJØLING.....	23
3.4. KOMBINERT VARME OG EL-PRODUKSJON	25
4. MARKEDSSTATUS.....	26
4.1. SOLSTRØM	26
4.2. SOLVARME.....	33
4.3. SOLKJØLING.....	42
4.4. KOMBINERTE MODULER FOR VARME- OG ELPRODUKSJON	42
5. POTENSIAL FOR SOLENERGI I NORGE FREM MOT 2020	44
5.1. EKSISTERENDE POTENSIALSTUDIER	44
5.2. POTENSIAL FOR UTNYTTELSE AV SOLENERGI I BYGNINGER.....	45
5.3. POTENSIAL INDUSTRIELLE FORMÅL	51
6. MULIGHETER OG BARRIERER.....	56
6.1. SOLVARME.....	56
6.2. SOLSTRØM	62
6.3. UTFORDRINGER	64
7. OPPSUMMERING OG KONKLUSJON	65
8. FORSLAG FOR VIDERE SATSNING	67
VEDLEGG	68
A. NORSK NÆRINGSMIDDELINDUSTRI OG LAVTEMPERATUR PROSESSVARME.	68
B. ØKONOMI VARMEANLEGG.....	73
KILDER	76

FORORD

Denne rapporten oppsummer resultatet av prosjektet "Mulighetsstude solenergi" på oppdrag av Enova SF. Prosjektet er utført av KanEnergi og SINTEF Byggforsk, med KanEnergi som prosjektleder. Sentrale prosjektmedarbeidere har vært Una M. Halvorsen, Peter Bernhard, Fritjof Salvesen og Lars Bugge i KanEnergi samt Inger Andresen og Ingeborg Simonsen i SINTEF Byggforsk.

Hensikten med rapporten er å skissere en oversikt over potensialet for solenergi i Norge som kan realiseres frem mot 2020. I dette ligger en kartlegging av teknologistatus med tilhørende kostnader knyttet til energiproduksjon, samt en beskrivelse av markedsforholdene. Rapporten beskriver også utfordringer og barrierer i forhold til å realisere potensialet og peker på noen anvendelsesområder der økt utnyttelse av solvarme bør være spesielt interessant.

Solvarmeanlegg og solcelleanlegg har likhetstrekk i den forstand at begge teknologiene utnytter energien i solstråling og at anleggene ofte monteres på tak eller i veggkonstruksjoner på bygg. Av utseende ligner også solfangere og solcellemoduler på hverandre. Likevel er det grunnleggende forskjellige teknologier, bransjer og ikke minst markeder med kostnader og konkurranseforhold. På denne bakgrunn er det valgt å skille disse teknologiene fra hverandre slik at de omtales hver for seg i de enkelte kapitler.

Oslo, februar 2011



SAMMENDRAG

Med solenergi menes i denne sammenhengen energi produsert i solcellepanel og solfangere. I disse omdannes strålingsenergi til henholdsvis elektrisitet og varme. Solenergi må konkurrere med andre energibærere og -teknologi. Siden økt utnyttelse av solenergi mest sannsynlig vil skje over mange år, er det i forbindelse med konkurransemessige vurderinger naturlig å legge til grunn de langsiktige energiprisene inkludert priser på utslipp av klimagasser og da først og fremst CO₂-kvotepriser. I tillegg vil energikrav i de tekniske forskriftene til plan- og bygningsloven kunne påvirke valg av tekniske løsninger for oppdekning av energibehovet til nye bygg.

Solceller omdanner solenergi til elektrisitet ved å utnytte den fotoelektriske effekt. Solceller kan produsere strøm i små mengder til brukere som ikke er tilknyttet et nett slik som for eksempel i mange norske hytter. I utlandet brukes teknologien i stadig større grad i større produksjonsanlegg tilknyttet nettet. Tyskland har i mange år hatt gunstige ordninger som har gjort det lønnsomt å investere i solcelleanlegg, og som har bidratt til stor vekst i solcelleindustrien. I Norge brukes solceller i stor grad i hytter og til fritidsformål, men bidrar ellers lite i energiforsyningen totalt sett. Størrelsen på et solcelleanlegg angis i ytelse (W_p). Energiproduksjonen over året avhenger av mengden solinnstråling. I Sør-Norge vil et solcelleanlegg på 1 kW_p typisk produsere 800-900 kWh/år, mens det i Sør-Tyskland vil ligge på 900-1100 kWh/år. Solcelleanlegg som ikke er tilknyttet el-nettet, må ha en form for energilager. Blybatterier er fortsatt den mest utbredte teknologien, de er velprøvde og har relativt lav pris.

Solfangeren omdanner solstrålingen til varme. Solvarmeanlegg kan benyttes til produksjon av varmt tappevann og til romoppvarming i bygg, men også til dekning av industrielle varmebehov. Et slikt anlegg består av solfanger, varmelager, distribusjonsanlegg for varme og styringssystem. I Norge vil et godt dimensjonert system for bolig kunne produsere 300-700 kWh per kvadratmeter solfangerareal i året [1]. Dette forutsetter at all varme som produseres om sommeren kan utnyttes.

Solenergi kan også benyttes til å drive kjøleprosesser. Solceller kan brukes til å produsere el til drift av konvensjonelle kjølekompressorer, men i nord- og sentral-Europa vil dette være mer kostbart enn absorpsjonskjøling basert på varme fra solfangere. Ved å kombinere solceller og solfangere i et system kan man både produsere elektrisitet og varme (PV/T-system).

Prisen på elektrisitet produsert fra solceller er kraftig redusert siden de første anleggene ble installert. Siden tidlig på 80-tallet har prisene på solcellemoduler falt jevnlig, om lag med en halvering hvert syvende år. En pris på 30 NOK/W_p kan tjene som et lavest mulig nivå det vil være mulig å komme, også i Norge. Gitt en årsproduksjon på 800-900 kWh/kW_p betyr det en el-kostnad på 3,33-3,75 kr/kWh. I Norge er det installert rundt 8 MW solceller, og 93 % av dette er ikke tilknyttet nettet. Det anses at markedet for solceller i Norge fortsatt vil være lite frem mot 2020.

Ved utgangen av 2008 var verdens samlede installerte solvarmekapasitet anslått til 151,7 GW_{th}, tilsvarende om lag 217 millioner kvadratmeter solfanger areal. Norske leverandører oppgir at det i 2008 ble montert om lag 1 400 m² solfangere, og om lag 2 000 m² i 2009. De fleste solvarmeanlegg i Norge er installert i boliger. Et solvarmeanlegg for bruk i boliganlegg ligger i området 50-60 000 kr, med tilhørende energikostnader på 60 øre/kWh oppover, avhengig av hvilke forutsetninger man legger til grunn.

For beregning av solvarmepotensialet i Norge har vi valgt å fokusere på bygningsintegrerte¹ anlegg, da vi tror at det største markedet ligger her. Med utgangspunkt i at en solfanger leverer ca 300 kWh/m² i året vil man ha behov for 5,3 millioner m² solfanger for å dekke 1,6 TWh/år. Dette tallet representerer et teoretisk potensial. Dersom vi i Norge klarer å få til en tilsvarende vekstrate på installasjon av solfangere i perioden 2010-2020 som man så i EU på 2000-tallet, vil vi ved inngangen til 2020 ha installert rundt 220 000 m² solfangere i Norge. Ved en leveranse på 300 kWh/m² utgjør denne installasjonen totalt 66 GWh, dvs. bare 4 % av det teoretiske potensialet på 1,6 TWh/år. Basert på erfaringene i IEA-rapporten "Potential for Solar Heat in Industrial Processes" [2], kan om lag 5 GWh/år tjene som et potensial for industriell anvendelse av solvarme i Norge.

Det finnes flere barrierer som hindrer større bruk av både solvarme og solstrøm i Norge. Forholdsvis store investeringsbehov koblet til svak lønnsomhet er en hovedbarriere. Især for solstrøm er konkurransedyktigheten såpass svak at teknologien primært egner seg for brukere hvor for eksempel nettilknytning ikke er mulig, eller der brukeren ønsker en spesiell profilering for eksempel på bygningsfasader. Videre er norske leverandører av solvarmeanlegg relativt små, har begrensede ressurser og har i noen tilfeller begrenset erfaring og kompetanse. Begrenset markedsføring av solvarme fører igjen til svak kunnskap blant potensielle brukere, og dermed også svak etterspørsel. For større varmebrukere, slik som hotell, idrettsanlegg/svømmehaller og helseinstitusjoner som også har stort forbruk i sommerhalvåret, kan solvarme i mange tilfelle hevde seg lønnsomhetsmessig.

For å øke bruken av solenergi i Norge foreslås det økt fokus på støtteordninger, økt kunnskaps- og informasjonsspredning, utvikling, realisering og dokumentasjon av gode forbildeprosjekter i sentrale regioner av landet samt oppbygging av solenergiklynger for å skape faglig sterke aktører i visse geografisk områder som kan gå foran som forbilder for resten av landet.

¹ Med bygningsintegrerte anlegg menes her anlegg hvor solfangere er plassert på selve bygningskroppen og leverer energi direkte til tilknyttede bygg.

1. RESSURSGRUNNLAG

Solenergien som treffer jordkloden i løpet av ett år, tilsvarer om lag 15 000 ganger hele verdens årlige energibruk. Solenergiressursene varierer med geografisk beliggenhet. På de mest solrike stedene i verden, vil solstrålingen årlig kunne gi opp mot 2500 kWh/m² jevnt fordelt over året.

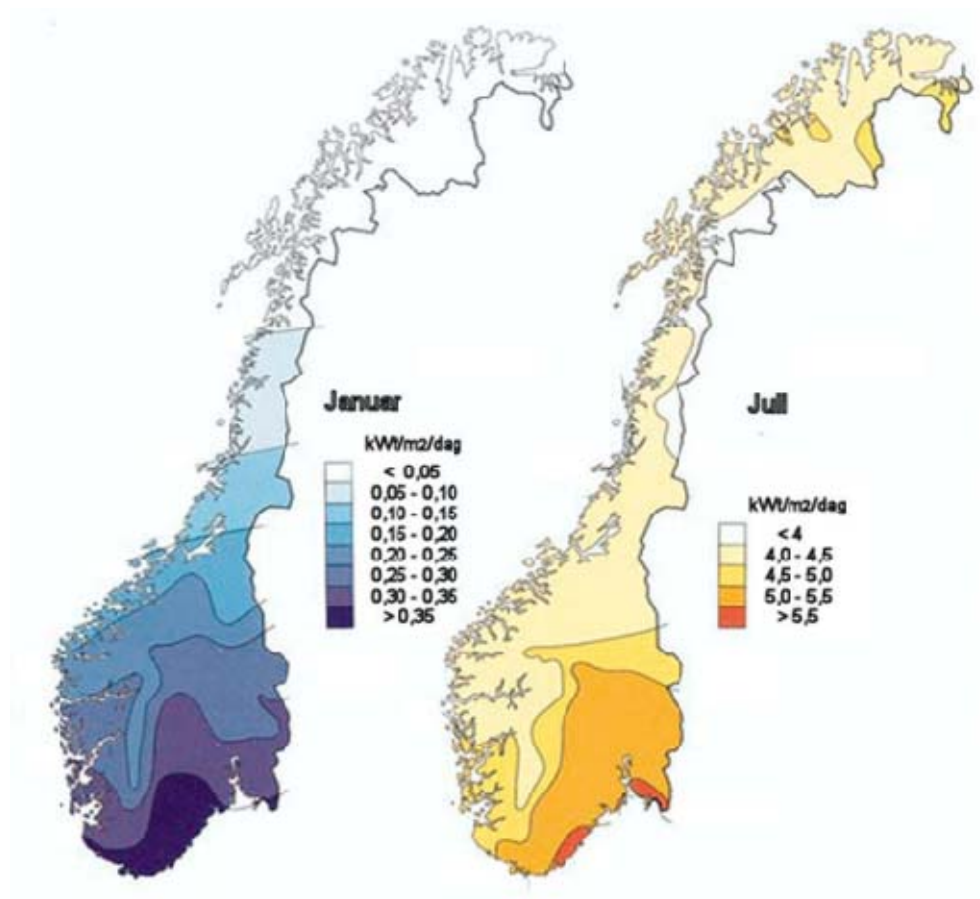
Solenergien kan benyttes til oppvarming, belysning (dagslys) eller den kan omdannes til elektrisitet. Produksjon av elektrisitet med dampturbin fra termiske solenergianlegg skjer ved at solstrålene konsentreres mot et punkt, gjerne ved hjelp av ulike typer speil. Slik produksjon av elektrisitet er bare aktuelt i områder med stor direkte stråling, det vil si i ekvatorbeltet mellom 35 grader nord, og 35 grader syd og er dermed ikke tema i denne rapporten.

I Norge varierer solinnstrålingen sterkt med årstiden, men også om man befinner seg sør eller nord i landet (se figur 1). Den årlige innstrålingen mot en horisontal flate varierer fra ca. 700 kWh/m² i nord til om lag 1100 kWh/m² i sør. Dette svarer til 30-50 % av innstrålingen ved ekvator. Likevel tilfører sola, i følge Norsk Solenergiforening, den norske bygningsmassen 3-4 TWh nyttig varme per år i form av passiv solvarme (den oppvarmingen som sola gir når den skinner inn gjennom vinduene og ved oppvarming av yttervegger). Variasjonene over døgnet og året er store, fra 8,5 kWh/m² på en skyfri junidag i Sør-Norge, til mindre enn 0,02 kWh/m² en overskyet vinterdag i Nord-Norge.

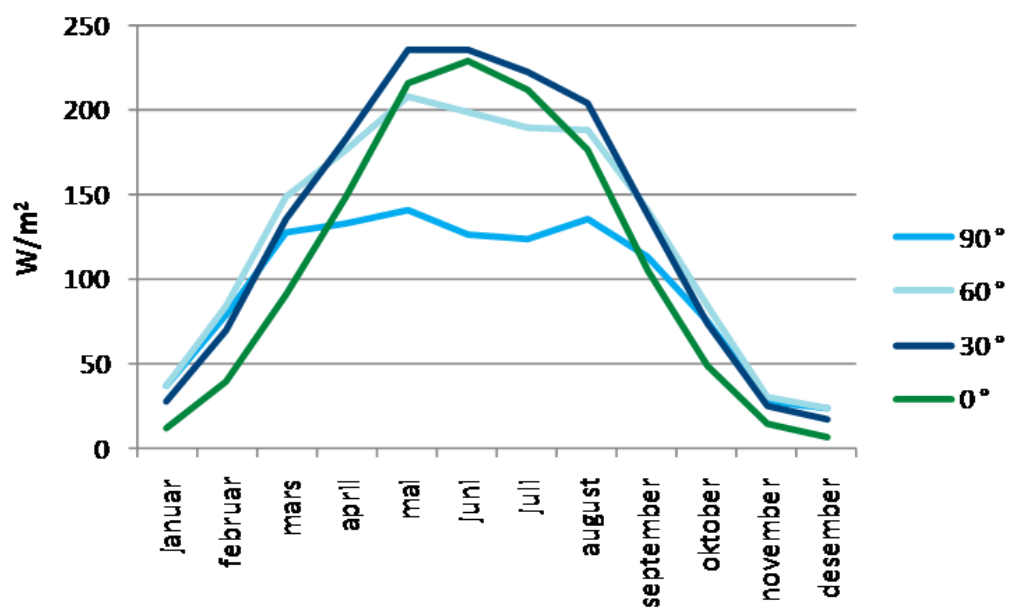
Solenergiressursene som er illustrert på kartene i figur 1, viser solinnstråling på en horisontal flate. Ved å plassere solfangerne eller solcellemodulene skrått vil solinnstråling per m² øke noe og mulighetene for å utnytte solenergien vil bli noe gunstigere. Optimal helningsvinkel er avhengig av anleggets beliggenhet, dvs. breddegrad og om det ønskes maksimal energiproduksjon om sommeren, eller størst mulig energiproduksjon når sola står lavere, dvs. om våren og høsten. Uansett vil det i vintermånedene være lite energi å hente siden solinnstrålingen da er såpass begrenset.

Solcellepaneler og solfangerer omdanner strålingsenergi til henholdsvis elektrisitet og varme. For å oppnå maksimal produksjon er det viktig at de orienteres gunstigst mulig i forhold til innstrålt sollys, og at man unngår skygge i størst mulig grad. Gunstigst er det å orientere panelene slik at en normal mot overflaten peker rett mot syd. De bør også ha en viss vinkel mot horisontalplanet for å fungere best mulig. Vinkelen avhenger av hvilken breddegrad man befinner seg på, men vil under forhold som i Sør-Norge grovt sett være om lag 40 grader.

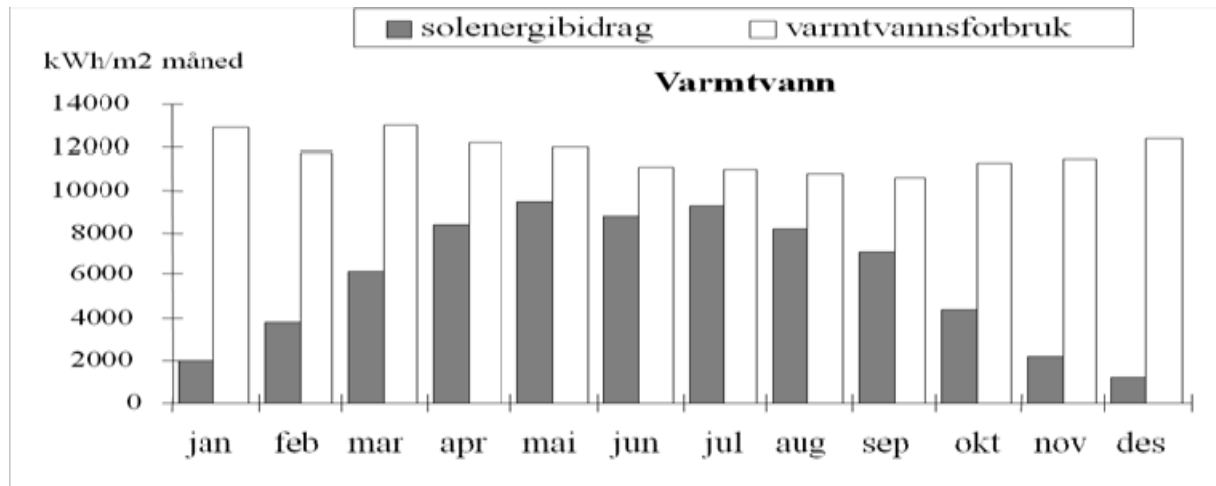
Bruk av solenergi til oppvarming er ofte vurdert som lite interessant for norske forhold, grunnet liten solinnstråling midtvinters når behovet er størst. Riktignok er solinnstrålingen svært beskjeden i desember og januar, men både høst og vår er det i Norge lange perioder med oppvarmingsbehov kombinert med utnyttbar solinnstråling.



Figur 1: Solinnstråling mot horisontal flate i Norge [3].



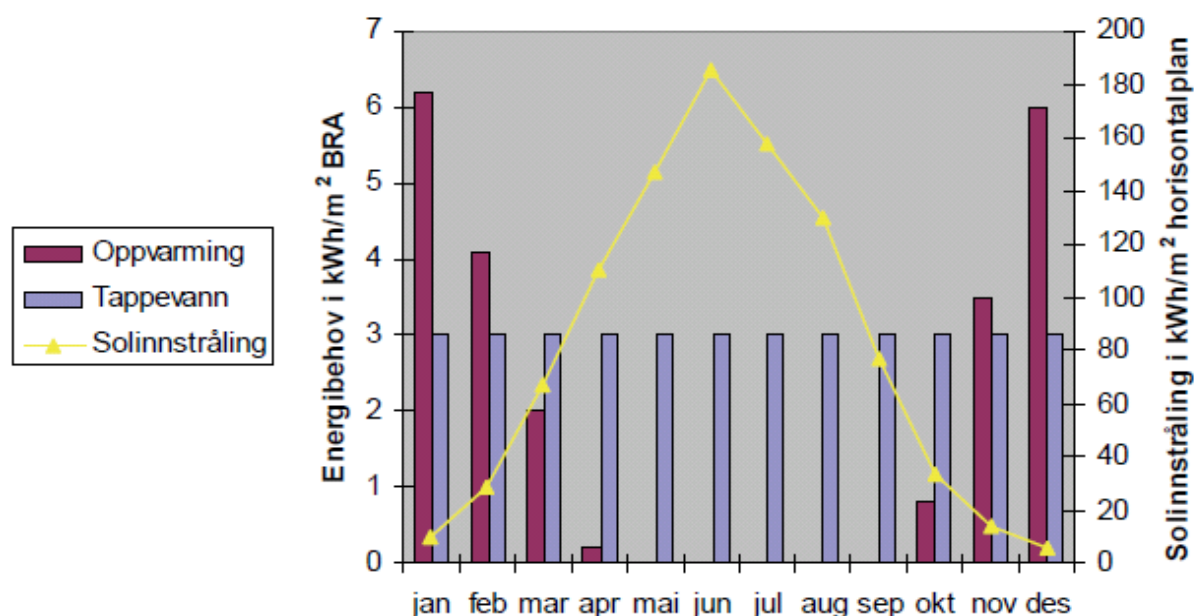
Figur 2: Gjennomsnittlig solinnstråling i Oslo [W/m^2] per døgn på sørvendt flate med varierende vinkling i forhold til horisontalplanet (0°) [4].



Figur 3: Levert energi fra et solvarmeanlegg fordelt over året for et bygg med stort varmtvannsbehov [5].

Figur 3 viser et eksempel på hvordan solvarme kan utnyttes i et bygg med stort varmtvannsbehov. Figur 4 illustrerer mulighetene for å utnytte solvarme for en lavenergileilighet. Vi ser at solvarme kan dekke en stor del av behovet for tappevannsoppvarming og også deler av behovet for oppvarming av rom.

Det er interessant å legge merke til at utnyttbar solinnstråling til oppvarmingsformål er større i Tromsø enn i Oslo. Grunnen til dette er at fyringssesongen er betydelig lengre i Tromsø. Det er imidlertid brukere som har behov for mye varme i sommerhalvåret som har størst mulighet til å utnytte solvarme. Dette er eksempelvis badeanlegg, hoteller etc.



Figur 4: Typisk energibehov til oppvarming og varmt tappevann for en lavenergi blokkleilighet i Oslo. På høyre Y-akse vises månedlig solinnstråling mot en horisontal flate for Oslo [1].

2. RAMMEBETINGELSER

Solenergi må konkurrere med andre energibærere og annen energiteknologi. Konkurransesevnen vil henge nært sammen med kostnader for solenergi i forhold til alternativene. Siden økt utnyttelse av solenergi mest sannsynlig vil skje over mange år, er det naturlig å legge til grunn de langsiktige energiprisene, inkludert priser på utslipp av klimagasser, først og fremst CO₂-kvotepriser. I tillegg vil energikrav i de tekniske forskriftene til plan- og bygningsloven kunne påvirke valg av tekniske løsninger for oppdekning av energibehovet til nye bygg.

2.1. Energipriser

Det er først og fremst prisene på olje og elektrisitet som påvirker konkurransen innen energimarkedet. Det er ingen gitt å si noe sikkert om fremtidige priser, men et nivå på 80 USD/fat oppfattes for tiden å være et forholdsvis stabilt nivå.

Når man vurderer den langsiktige utviklingen i el-prisene er det ofte kostnadene for kullkraft man ser på. Denne representerer det rimeligste alternativet for å bygge ny kapasitet (marginalkapasitet). I tillegg til selve kullkraftkostnaden, vil også elementer som kjøp av CO₂-kvoter og andre miljøavgifter være med på å bestemme kostnadene for elektrisitet. Fremtidig CO₂-kvotepris ble utredet i forbindelse med Klimakur [6]. I henhold til denne analysen ble en kvotepris for EU ETS-systemet på 40 euro/tonn CO₂ i 2020 og 100 euro/tonn i 2030 lagt til grunn.

Nye kabelforbindelser til kontinentet kan bidra til at de nordiske og nordeuropeiske el-prisene i stor grad utjevnes. Innføring av et svensk-norsk el-sertifikatsystem vil føre til økt produksjon av fornybar el, som kan føre til overskudd med tilhørende fall i el-priser dersom overskuddet ikke kan avsettes i utenlandske markeder. El-sertifikatene betales av sluttbruker, og ordningen vil kunne øke konkurransesevnen til solenergi, både ved at el som konkurrent øker i pris, og ved at produsenter av solstrøm kan tildeles sertifikater og dermed få økte inntekter.

I utgangspunktet må alle energiformer konkurrere på fritt grunnlag i det norske energimarkedet. Prosjekter innen fornybar energi har likevel muligheter til å oppnå økonomisk støtte, i første rekke gjennom Enova som forvalter Energifondet, men også andre offentlige bidragsytere. Dette omfatter først og fremst investeringstilskudd.

Selv om prisen på solceller og i noen grad solvarmeanlegg, har falt i de senere år, er det fortsatt slik at kostnadene pr levert kilowattime fra slike anlegg er høyere enn kostnader for elektrisitet fra nettet og fyringsolje. Dette fører til svak konkurransesevne for solstrøm, og et korresponderende behov for støtteordninger dersom bruk av solstrøm skal øke betydelig på relativ kort tid.

Tabell 1: Priser for elektrisitet frem mot 2020 som er lagt til grunn i Klimakur.

År	Produsert elektrisitet [øre/kWh]	Levert elektrisitet eksklusiv mva. [øre/kWh]
2015	35	90
2020	48	100
2030	67	140

2.2. Støtteordninger

For produksjon av elektrisitet fra solcelleanlegg finnes ingen spesielle støtteordninger eller tiltak i Norge. Det planlegges et felles svensk-norsk el-sertifikatmarked fra 1. januar 2012 [7]. Dette vil mest sannsynlig kunne bidra til å øke inntektsgrunnlaget for produsenter av bl.a. solstrøm. Likevel vil økt inntektsgrunnlag fra grønne sertifikater ikke være tilstrekkelig for å kunne gi lønnsomhet for solcellanlegg i Norge.

Svenske myndigheter har foreslått å forlenge sitt sertifikatsystem for el til utgangen av 2035. Det nye målet innebærer en økning av fornybar kraftproduksjon på 25 TWh i 2020 sammenliknet med 2002. Overenskomsten mellom svenske og norske myndigheter legger opp til at Norge tar en like stor forpliktelse som Sverige fra det tidspunktet markedet starter opp. Sveriges sertifikater er med noen få unntak teknologinøytrale, og mange forventer at en felles ordning også vil være det.

Siden juli 2008 har Enova hatt en støtteordning for introduksjon av solvarmeanlegg for husholdninger. Denne innebærer at dersom man installerer et solvarmeanlegg som er integrert med boligens anlegg for oppvarming av tappevann (og eventuelt romoppvarming) tilbys støtte på 20 % av de dokumenterte prosjektkostnadene, begrenset oppad til kr 10 000 kr.

Støtteberettigede solvarmeløsninger kan også kombineres med utnyttelse av andre fornybare energikilder. I tillegg til solvarmeanlegg, tilbyr Enova husholdningene støtte til ulike typer enøktiltak og kjøp av for eksempel pelletskaminer og varmepumper. Bare 0,2 % av søknadsmengden i perioden 2008-2010 var rettet mot solvarmeprosjekter.

Oslo kommune ved Enøketaten tilbyr støtte til solvarme som varierer i området 1-1,5 kr pr årsprodusert kWh, avhengig om solenergianlegget erstatter el eller oljefyring. Energiproduksjonen må dokumenteres av for eksempel leverandør.

2.3. Offentlige krav

Energikravene i de tekniske forskriftene til plan- og bygningsloven har blitt skjerpet i de senere år. Denne utviklingen forventes også å fortsette, blant annet når det gjelder krav til at en viss andel av varmebehovet i en bygning skal kunne dekket med fornybar energi utenom vannkraft. Denne utviklingen vil kunne styrke solenergiens konkurranseevne, men muligens også samtidig

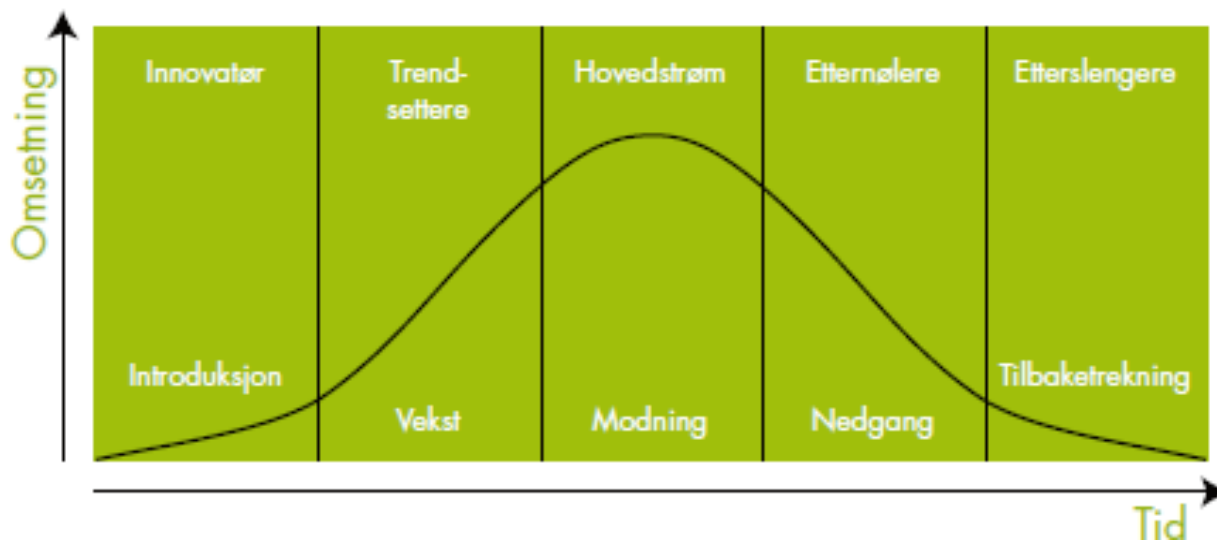
svekke den fordi fremtidens bygg vil få lavere oppvarmingsbehov. Dette vil igjen gi lavere lønnsomhet for investering i solvarmeanlegg.

Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven 2010 [8] vil forby installasjon av kjeler for fossilt brensel til grunnlast i oppvarmingssystemer. Videre er det krav om at minimum 40 % av netto varmebehov skal dekkes av annet enn elektrisitet eller fossilt brensel. Dette kravet har unntak for blant annet små boligenheter og passivhus, men betyr i praksis at man må legge til rette for vannbåren distribusjon av varme, og gir dermed åpning for valg av en rekke fornybare energiteknologier.

2.4. Introduksjon av solenergi i lys av diffusjonsteori

I håndbøkene ”Markedspotensialet i bærekraftige boliger” og ”From demonstration projects to volume market- Market development for advanced housing renovation” (se www.lavenergiboliger.no), bruker man bl.a. diffusjonsteori for å vise hvordan tiltak mot lavenergiboliger bør markedsføres og hvordan markedsandelen for slike hus kan økes. Her deles produkt-livssyklusen inn i de fem klassiske stadier (illustrert i diagrammet nedenfor): introduksjon, vekst, modning/metning, nedgang og tilbaketrekning, med fokus på de 3 første fasene. Hver av disse 3 fasene trenger ulike målgrupper med tilhørende virkemidler.

Diffusjonsteori kan benyttes for å forklare hvordan atferd adopteres i en populasjon og brukes som teoretisk grunnlag for å forstå forbrukeres atferd, hvordan nye trender, prinsipper og ideer sprer seg - eller ikke sprer seg. Diffusjonsteorien tilbyr også en strategi for hvordan man kan planlegge kommunikasjonskampanjer og markedsføringsplaner. Elementer i slik strategi kan være å få personer som er opinionsledere eller organisasjoner med stor påvirkningskraft til å bli tidlige brukere eller trendsettere. Oppmerksomheten disse får ved for eksempel å utnytte solenergi vil bidra til å senke barrierene for andre til også å ta denne teknologien i bruk.



Figur 5: Produkt-livssyklusens fem stadier [9].

Konklusjonene i håndbøkene understøtter mye av det vi har trukket frem i avsnittene over. Både kompetanseheving, gode rådgivningsordninger, sertifiseringsordninger/ kvalitetskontroll, informasjonsordninger samt støtteordninger og reguleringer står sentralt. En annen viktig konklusjon er også at for å gå fra introduksjons-/demonstrasjonsfase til volumfase, er det viktig å identifisere tidlige og risikovillige brukere (engelsk: "early adoptors" som målgrupper. Dette gjelder både sluttbrukere, leverandører/produsenter, utdannings og forskingsinstitusjoner og statlige og kommunale aktører.

3. TEKNOLOGISTATUS

3.1. Solstrøm

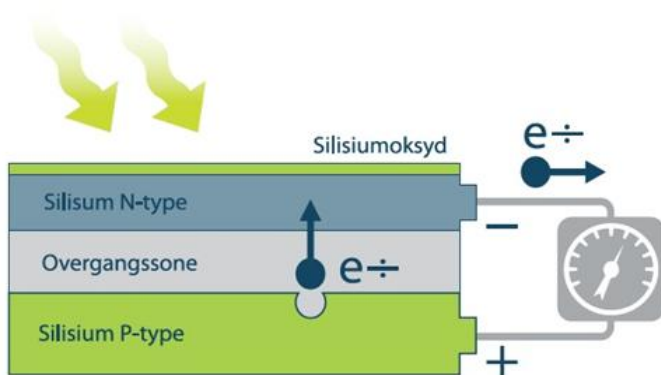
Solceller

Solceller omdanner solenergi til elektrisitet ved å utnytte den fotoelektriske effekt, det vil si at halvledere gir fra seg elektroner under påvirkning av lys. Denne effekten opprettholdes så lenge solcellen er belyst og det skjer uten at materialer forbrukes eller bruk av annen energi enn sollys. Den mest utbredte solcelleteknologien er waferbaserte solceller laget av krystallinsk silisium.

Solceller benyttes gjerne på steder uten tilgang til strømmettet, som f.eks. på hytter i Norge, på landbygda i utviklingsland til boliger, vannpumper og kjøling av vaksiner, eller til telekommunikasjon. I anlegg uten nettilknytning må man ha et energilager (batteri), laderegulator samt koblings- og monteringsutstyr.

Solceller kan også levere strøm til forbrukere som er tilknyttet strømmettet eller direkte til strømmettet. Leveranse til strømmettet kan skje fra forbrukere som har overskudd av solcellegenerert strøm eller fra større installasjoner som er dedikert til å levere strøm til nettet. Et nettilknyttet anlegg trenger vekslere og koblings- og monteringsutstyr.

Solcellens virkningsgrad er definert som forholdet mellom avgitt elektrisk effekt fra solcellen og effekten til det innfallende lyset målt under standard betingelser. På grunn av både solcellens oppbygging og sollysets sammensetting vil store deler av den innkommende energien ikke kunne utnyttes. Strømproduksjonen er direkte proporsjonal med solinnstrålingen. Solceller produserer noe mindre strøm med økende temperatur i solcellen.



Figur 6 Prinsippskisse for solcelle [10]



Figur 7 Monokrystallinsk solcelle [11]

Når man sammenligner virkningsgrad er det normalt virkningsgraden til hele solcellepanelet man snakker om. Virkningsgraden testes under standard testforhold og disse forutsetningene ligger også til grunn når man oppgir maksimal ytelse, som benevnes W_p (p=peak). Solceller har svært forskjellige virkningsgrader avhengig av type solcelle. Tabell 2 viser typiske virkningsgrader for ulike typer solceller.

Størrelsen på et solcelleanlegg angis i ytelse (W_p). Energiproduksjonen over året avhenger av mengden solinnstråling. I Sør-Norge vil et solcelleanlegg på 1 kW_p typisk produsere 800-900 kWh/år, mens det i Sør-Tyskland vil ligge på 900-1100 kWh/år.

Solcelleanlegg krever generelt lite vedlikehold da de blant annet ikke inneholder bevegelige deler. Det er generelt gode driftserfaringer med solcelleanlegg [45], men det anbefales likevel årlige inspeksjoner. Vedlikehold og forebyggende tiltak kan forlenge levetiden til anlegget og opprettholde energiutbyttet. Den fotovoltaiske effekten opprettholdes, det er kun fysisk aldring av panelene som reduserer levetiden. For solcelleanlegg regnes det med en teknisk levetid på minst 20 til 30 år [10].

Tabell 2: Virkningsgrad [%] for ulike solcelleteknologier [11].

Materiale	solcelle (laboratorium)	solcelle (produksjon)	solcellepanel (serieproduksjon)
Monokrystallinske	24,7	21,5	16,9
Multikrystallinske	20,3	16,5	14,2
Silisiumceller (ribbon pulled)	19,7	14,0	13,1
Krystallinske (tynnfilm)	19,2	9,5	7,9
Amorfe	13,0	10,5	7,5
Mikromorfe	12,0	10,7	9,1
CIS	19,5	14,0	11,0
Kadmium tellurid	16,5	10,0	9,0
III-V halvleder	39,0 *	27,4	27,0
Organiske / Grätzel	12,0	7,0	5,0 **
Hybrid HIT solceller	21,0	18,5	16,8

* konsentrert solinnstråling

** småskala produksjon

Bygningsintegrerte solcelleanlegg (BIPV)

Tradisjonelt har det blitt bygget solcelleanlegg på eksisterende tak. Det har vært fokus på energiproduksjon og ikke estetisk uttrykk. Ved bygningsintegrerte solcelleanlegg (BIPV) integreres solcellene i bygningskroppen slik at solcellemodulene fremstår som en naturlig del av bygget Etter mange år med forskning og utvikling finnes det i dag flere leverandører, som f. eks. Schott Solar, Schüco, Deyesol, Scheuten Solar, SunPower, Suntech og Sapa, som tilbyr et bredt utvalg av spennende løsninger for både tynnfilm og krystallinske bygningsintegrerte solcelleanlegg.



Figur 8: Solcellepanelet på Operaen i Bjørvika fungerer som solskjerming og leverer strøm til nettet [12].



Figur 9: Solcellepanel kan forsyne hytta med strøm til lys og evt. drift av kjøleskap [13].



Figur 10: Solcelleanlegg montert på eksisterende tak [14].



Figur 11: Tynnfilm solcellemoduler integrert i fasade [14].

Feil! Fant ikke referansekilden. 10 viser et eksempel på tynnfilmanlegg integrert i fasaden. Utvikling av nye tynnfilmsolceller med bedre virkningsgrad og bedre langtidsstabilitet har åpnet for mange nye muligheter når det gjelder estetisk uttrykk. I forhold til krystallinske solcellemoduler er overflatestrukturen mer ensfarget, dvs. de enkelte solcellene er ikke synlig. Andre fordeler som ofte nevnes i forbindelse med tynnfilmsolceller for bygningsintegrerte anlegg, er mer fleksibilitet med hensyn til geometrisk tilpasning til bygget, lettere konstruksjon, mindre følsomt for partiell avskygging, bedre utnyttelse av diffus stråling og lavere pris per areal. Ulempene for tynnfilmteknologien er knyttet til betydelig lavere virkningsgrad og usikkerhet knyttet til ytelsen over tid. I sum kan det regnes med at flere arkitekter, men også byggherrer som ønsker å profilere bygget med hensyn på fremtidsrettede miljøløsninger kan bli tiltrukket av BIPV, enten det gjelder tynnfilm- eller krystallinske bygningsintegrerte solcelleanlegg.

Internasjonalt har markedet for BIPV utviklet seg meget raskt de siste årene. Støtteordninger som sikrer høyere feed-in-tariff for bygningsintegreerte anlegg regnes for å ha vært en viktig forutsetning for å kunne utvikle kommersielle produkter. Likevel anses teknologien fremdeles som relativt umoden, det vil si preget av anlegg som i stor grad har status som pilot- eller demonstrasjonsanlegg. For at bygg med BIPV kan bli standard for nye bygg er det flere utfordringer som må løses. Noen av de viktigste er lønnsomhet, levetid, utvikling av felles normer og standarder. For å få til dette må aktører i hele verdikjeden jobbe sammen for å øke virkningsgraden og samtidig redusere produksjons- og installasjonskostnader.

Energilagring for solstrøm

Når el mates inn fra lokale solcelleanlegg kan annen produksjon reduseres. Ved økt produksjon av elektrisitet ved hjelp av kilder med varierende produksjonskapasitet som f.eks. solceller, vindkraft og bølgekraft er man avhengig av å kunne lagre den energien man ikke har umiddelbar behov for. Energilagring kan påvirke konkurranseevnen til energikilder med varierende produksjon og effektivisere driften av forsyningssystemet [15]. Dette betyr at teknologier som innebærer energileveranser som er mer forutsigbare og kan leveres i takt med forbruket (etterspørselen) vil kunne få økt konkurranseevne i forhold til teknologier som produserer for eksempel i takt med solinnstråling, vindforhold eller vannføring i elver.

Systemer som ikke er tilknyttet el-nettet må ha en form for energilager. Blybatterier er fortsatt den mest utbredte teknologien, de er velprøvde og har relativt lav pris. Lagringsalternativer som kan være aktuelle i framtiden, med et tidsperspektiv på 2020-2030, er vist i tabell 3.

Tabell 3: Lagringsalternativer som kan være aktuelle i framtiden [15].

Lagringsmetode	Kjennetegn
Batterier	Har begrenset levetid og effektbegrensningen ved opp- og utladinger. Kapasitet og virkningsgrad reduseres med tiden.
Kondensatorer	Kan levere stor effekt på kort tid, men energilagringskapasiteten er begrenset. Levetiden er betydelig lengre enn for batteri. Kondensatorer kan så og si opp- og utlades et ubegrenset antall ganger uten at det påvirker levetiden. For selve kondensatoren er virkningsgraden nesten 100 %.
Svinghjul	Energilagringskapasiteten er relativt begrenset, men effektreguleringen kan skje raskt. Levetiden for energilager basert på svinghjul er stort sett ubegrenset og virkningsgraden er nesten 90 %.
Pumpekraftverk Hydrogen	Kan levere stor effekt over relativt lang tid. Typisk virkningsgrad er ca. 80 %. Håndtering av hydrogen i stor skala er forholdsvis utfordrende. Lav virkningsgrad, maksimalt 35 %. Investeringskostnadene for anlegg for hydrogenlagring er svært høye og forventet levetid er svært begrenset.
Luftkomprimering	En relativt moden teknikk med flere anlegg i gang, men virkningsgraden er relativt lav.

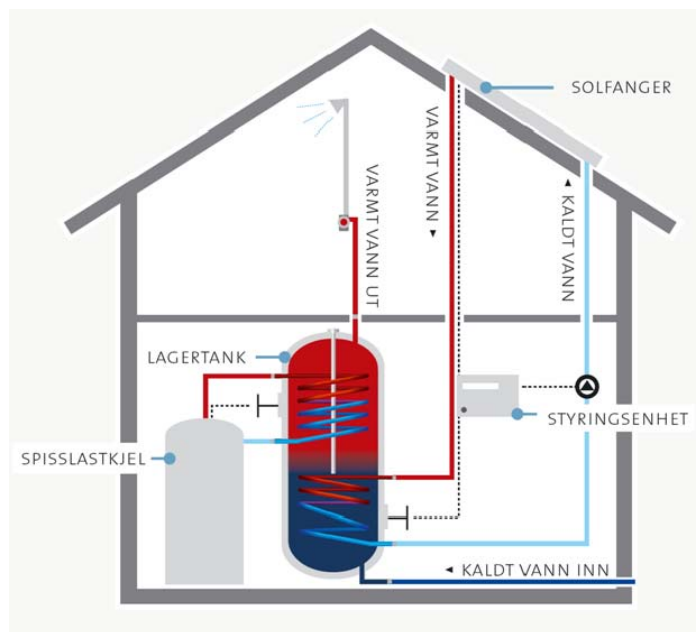
3.2. Solvarme

Solvarmeanlegg kan benyttes til produksjon av varmt tappevann og til romoppvarming i forskjellige typer bygg, for eksempel eneboliger, blokker, kontorbygg, sykehus og verkstedlokaler. Til romoppvarming benyttes vanligvis vannbårne anlegg som radiatorer og

gulvvarme. Solvarmeanlegg kan også benyttes til produksjon av prosessvann for industrielle prosesser.

Tabell 4: Komponenter i et solfangersystem.

Komponent	
Solfanger	Solfangeren omdanner solstrålingen til varme. Det finnes flere ulike typer solfangere, f.eks. plane solfangere, vakuumrørsolfangere, parabol-solfangere, luft-solfangere og trauformede solfangere. Den plane solfangeren er den som tradisjonelt har vært mest brukt i bygninger. Etter hvert har også vakuumrørsolfangere fått en større andel av markedet etter som prisen har sunket.
Varmelager	Et varmelager (akkumulator) er nødvendig for å ta vare på varmen i perioder hvor det ikke er solinnstråling, f.eks. om natten eller i overskyete perioder.
Distribusjonssystem	Distribusjonssystemet består av varmeavgivende flater (gulv-/veggvarme/radiatorer) rør, ventiler, ekspansjonskar og pumper som sørger for å bringe varmen fra solfanger til lager og forbrukssted.
Styringsautomatikk	I de fleste tilfeller er det nødvendig med et automatisk styringssystem som overvåker anlegget og sørger for optimalt energiutbytte. Styringssystemet kan f.eks. gi beskjed om at pumper skal slås av og på avhengig av temperatur og solinnstråling.



Figur 12: Prinsippskisse av et solvarmeanlegg til oppvarming av forbruksvann (ikke reelle forholdsmessige størrelser på tank, kjel, osv) [1].

Solfanger

Væskefylte solfangere

Den plane solfangeren består vanligvis av en tynn metallplate, absorbatoren, som leder varmen over i væskefylte rør. Solfangeren utføres gjerne med et dekklag for å øke effektiviteten.

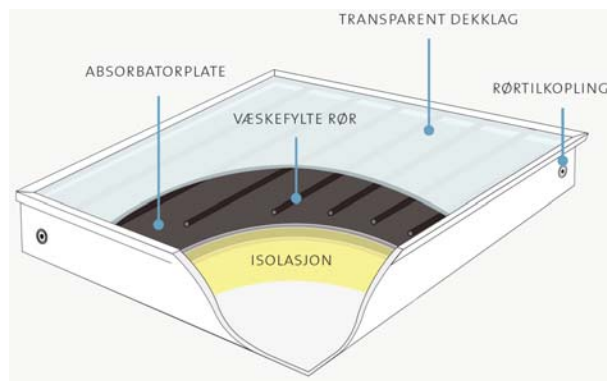
Vakuumrørsolfangere fungerer i prinsippet på samme måte. Her er absorbatoren plassert i et

glassrør med vakuum slik at varmetapet fra absorbatoren reduseres sammenlignet med plane solfangerer.

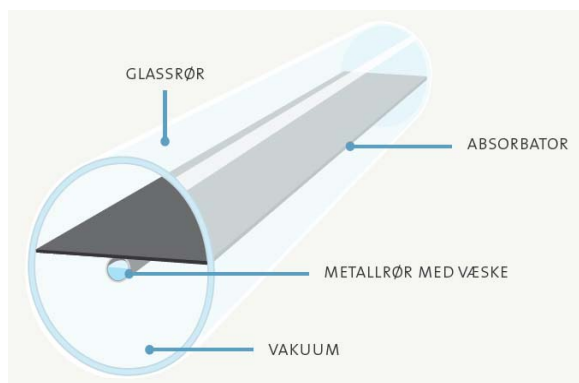
Solfangerens virkningsgrad er definert som forholdet mellom utnyttbar varmeproduksjon fra solfangeren og den mengde solstråling som treffer solfangeren. Solfangerens virkningsgrad reduseres ved økende absorbatortemperatur på grunn av økt varmetap til omgivelsene. Omtrent 20 % av solenergien som treffer solfangeren går vanligvis tapt gjennom refleksjon fra overflaten. For å oppnå høy virkningsgrad er man avhengig av lav inngangstemperatur til solfangeren, dekklag med høy soltransmittans, god isoleringsevne og absorbator med høy absorpsjon og lav emisjon.

Hvor stor andel av energibehovet som kan dekkes av solvarme, er avhengig av nødvendig temperaturnivå på transportmediet. Lavtemperaturreadiatorer og vannbåren gulvvarme gir bedre utnyttelse av solenergien enn tradisjonelle radiatorsystemer. Dekningsgraden vil dessuten avhenge av benyttet absorbatorareal i forhold til energibehovet samt orientering og vinkling av solfangeren.

Med klimaet i Norge og uten systemer for sesonglagring, er det hverken teknisk gjennomførbart eller økonomisk optimalt å dekke hele varmebehovet ved hjelp av solenergi. Systemer for kun oppvarming av tappevann dimensjoneres vanligvis slik at de kan dekke mellom 40 og 50 % av det årlige varmebehovet. For kombisystemer, dvs. romoppvarming og oppvarming av tappevann, kan solenergi typisk dekke 25-30 % av årlig energibehov.



Figur 13: Prinsipiell oppbygging av plan solfanger [1].



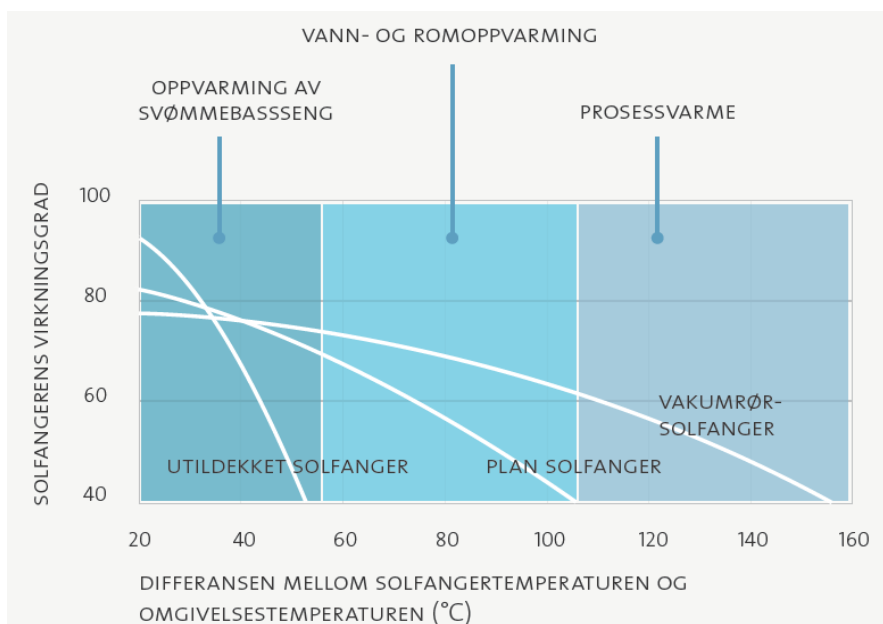
Figur 14: Snitt gjennom en vakuumrørsolfanger med direkte gjennomstrømning [1].

Fra figur 15 kan man se at plane solfangerer bør benyttes der man har behov for vann med temperaturnivå rundt 30-80 °C. Vakuumrør, som har lavere varmetap, egner seg godt hvor man har behov for vann med temperatur mellom 50 og 150 °C, f.eks. til varmtvannsberedning og prosessvarme eller i kalde klima.

I dag er forventet levetid på solvarmeanlegg 20 år, mens hjelpeutstyr som pumper, styring og tanker kan ha en levetid på rundt 10-20 år [16]. I Norge vil et godt dimensjonert system for bolig

kunne produsere 300-700 kWh per kvadratmeter solfangerareal i året [1]. Dette forutsetter imidlertid at all varme som produseres om sommeren kan benyttes. Dersom anlegget dimensjoneres for stort i forhold til energibehovet om sommeren, øker ikke bare investeringskostnader, men produsert energi per kvadratmeter solfangerareal reduseres siden ikke all varme kan benyttes.

Både vakuumrør og plane solfangere regnes i dag for å være kjent og utprøvd teknologi. Produktene er imidlertid fortsatt i utvikling og nye materialer og produksjonsprosesser tas i bruk. Spesielt for vakuumrørsolfangere har dette medført bedre kost/nytte forhold, noe som gjenspeiles i økte markedsandeler de siste årene. Foreløpig finnes det ikke systematiske måledata fra anlegg installert i Norge. Det finnes heller ikke en systematisk oversikt over driftserfaring for solvarmeanlegg, verken i Danmark eller Sverige.



Figur 15: Typiske virkningsgradkurver for ulike solfangere. Figuren viser også hvilke temperaturnivå som er typisk for ulike bruksområder [1].



Figur 16: Storøya grendesenter på Fornebu i Bærum består blant annet av barneskole, barnehage, familiesenter og flerbrukshall. Varmtvann til dusjene i flerbrukshallen skal



Figur 17: Plane solfangerpanel integrert i balkongrekkverk i Innsbruck, Østerrike [18].

varmes opp av plane solfangere [17].

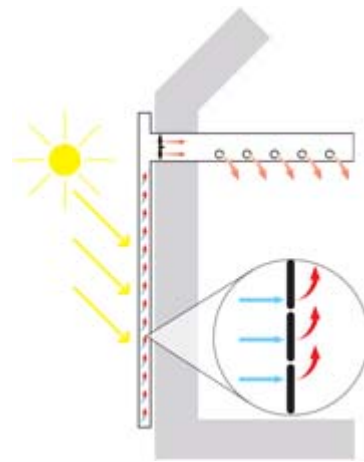
Luftsolfangere

Luft har lavere varmekapasitet enn vann og varmes derfor raskere opp. Man kan derfor oppnå tilstrekkelig temperaturnivå selv ved lav solinnstråling. I luftsolfangere er det luft som varmes opp før den normalt blir distribuert gjennom byggets ventilasjonsanlegg.

I Danmark har små, standardiserte luftsolfangere blitt benyttet til oppvarming og ventilasjon av sommerhus og hytter, disse drives av en vifte som får strøm fra en solcelle integrert i solfangeren. Den varme luften blåses direkte inn i sommerhuset uten noe form for ventilasjonssystem. Luftsolfangere kan f.eks. også benyttes til tørking av jordbruksprodukter. Et problem med luftsolfangere er det begrensede behovet for varm luft, spesielt om sommeren og at luftsolfangere som forvarmer ventilasjonsluft konkurrerer med varmegjenvinnere.



Figur 18: Luftsolfangere på en hytte i Telemark (www.hytteavisen.no).



Figur 19 Prinsippskisse for luftsolfanger [19].

Varmelager

Siden mengden tilgjengelig solenergi ikke nødvendigvis faller sammen med behovet for varme er vi avhengig av å lagre energien vi henter fra solen.

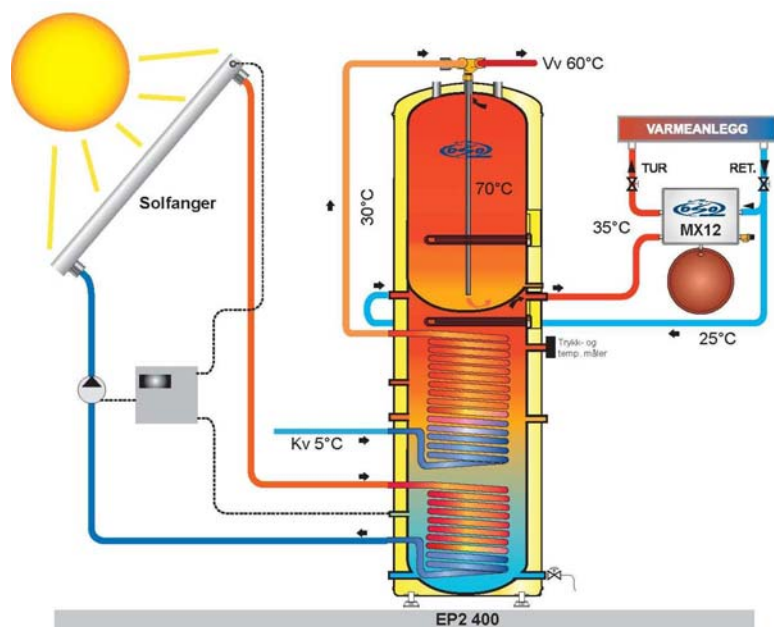
Korttidslagring

For bygninger hvor luft er varmbærende medium kan varmelagringen skje i bygningskroppen eller i volumer med stein, e.l. Sistnevnte lagre er ofte forbundet med høye kostnader og/eller begrenset lagringskapasitet, det er derfor mest vanlig å lagre varmen ved hjelp av væske.

Korttidslagring i bygninger skjer i varmtvannstanker med varmeveksler for tilkobling til solfangersystemet. I små enheter som eneboliger med kun tappevannsoppvarming er det vanlig

at varmelagringen skjer i selve tappevannet i tappevannstanken. Korttidslagring av varmtvann er en moden teknologi, men det er fortsatt rom for ytelsesforbedringer [20].

I større anlegg, som boligblokker, kontor og sykehjem, benyttes buffertanker til lagring av varmen fram til bruk. Det vil si at varmen først ledes til tappevannstanken når det er behov for det. Fjernvarmeanlegg med solfangere vil ha behov for lagring over flere døgn. Akershus Energi har under planlegging en solfangerpark på Lillestrøm der det er prosjektert et varmelager på 1200 m³ vann som skal knyttes til et fjernvarmeanlegg.



Figur 20: Prinsippskisse for korttidslagring i vanntank med tilkobling til solfanger [21].

Tabell 5: Forskjellige langtidslager som kan benyttes for solvarme [22].

Lagringsmetode	Kjennetegn
Nedgravde tanker i stål	Denne lagringstypen er foreløpig for dyr til sesonglagring, men kan bli interessant ved stigende energipriser og behov for større fleksibilitet ved produksjon av elektrisitet og varme.
Dammer	Det er behov for videre forsknings- og utviklingsarbeid på tetting, prisreduksjon og temperaturobestandighet.
Tanker med grus og vann	Erfaringene fra Danmark er at denne typen lagring er dyrere enn bruk av ståltank. Lagertypen har treg opp- og utlading og det er vanskelig å oppnå temperatursjiktning.
Grunnvann / akvifer	For å kunne utnytte denne metoden er man avhengig av riktige geologiske forhold.
Jord- / borehullslager	Metoden gir stor frihet til å velge størrelsen på lageret. Jorden/bergets beskaffenhet påvirker varmelagringskapasiteten. Lagrene kan anvendes i forbindelse med varmepumper til kjøling om sommeren og oppvarming om vinteren.
Fjellhaller	Erfaring fra Sverige er at denne typen lagring er velfungerende, men kostbar. Den egner seg best for store anlegg i kombinasjon med fjernvarme.
Kjemisk	Det forskes på varmelagring ved hjelp av kjemiske prosesser, man håper på å utvikle sesonglagre som lagrer varmen så og si tapsfritt.

Langtidslagring /sesonglagring

Når solenergi skal lagres som varme spiller forholdet mellom lagerets energi-innhold og overflateareal inn. Det er først ved veldig store lagre at dette forholdet blir så lite at man kan lagre energien fra sommer til vinter.

Tabell 5 gir en oversikt over ulike typer langtidslager. I Danmark, Sverige og Tyskland er det bygget anlegg hvor noen av disse lagringsmetodene er utprøvd. Nær- og fjernvarmeanlegg med sol som en av kildene og langtid termisk lagring er fortsatt i utviklingsfasen.



Figur 21: Gruslager ved Marstal Fjernvarme [20].

Eksempler på anlegg

Aktive solvarmeanlegg kan dekke deler av oppvarmingsbehovet for ulike typer anvendelser. Et standard solvarmeanlegg for oppvarming av varmtvann i en enebolig består av 4-6 m² solfangere, ca 300-400 liters lagertank, sirkulasjonspumpe og automatikk.

En vanlig kombinasjon er å etablere et felles system for oppvarming av varmtvann og romoppvarming. Anleggene kalles derfor ofte kombianlegg. I slike anlegg varmeveksles det varme vannet i varmelageret (varmtvannstanken) mot et distribusjonsnett for vannbåren varme som står for romoppvarmingen.

Soloppvarming av svømmebasseng kan gi god energiøkonomi. I prinsippet kan en rekke typer solfangere benyttes. Siden nødvendig temperatur for oppvarming av svømmebasseng er lav, kan utildekkete solfangere benyttes. En solfanger på ca 50-70 % av bassengets areal anbefales, noe som vil bidra til å holde vanntemperaturen minst 3-4 °C høyere enn uten solfanger.

Høy- og korntørker basert på solvarme har hatt et visst gjennomslag i Norge. Uteluft trekkes da inn mellom yttertak og et undertak, opp til en samlekanal under mønet og ned til et rist-system under det høyet som skal tørkes. Det viktigste argumentet for bygging av slike anlegg er økt forkvalitet, og ikke nødvendigvis energisparing, da alternativet i de fleste tilfeller er kaldlufttørker.

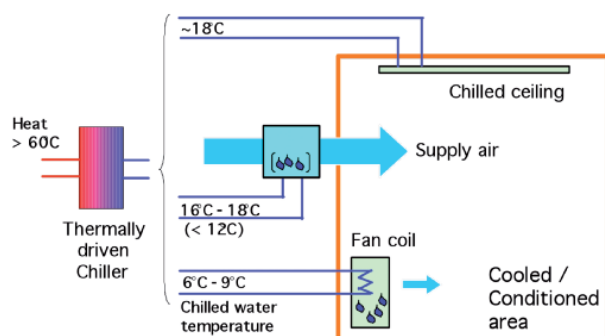
Når det gjelder høytemperatur prosessvarme, kjemiske prosesser og materialprosesser er det også et visst potensial for bruk av solvarme med bruk av avanserte solfangere. Solvarmeanlegg kan kobles til en varmepumpe for å få til systemer med både oppvarming og kjøling. Dette gjør det mulig å oppnå relativt høye temperaturer som kan benyttes i for eksempel industrielle prosesser.

Det er også mulig å bygge fjernvarmeanlegg basert på storskala solvarmeanlegg. I Europa er det bygget omlag 90 anlegg med tilknytning til fjernvarme, totalt ca. 210 MW_{th}. Et av verdens største anlegg er bygget på Ærø i Danmark, ca 13 MW_{th}. Slike anlegg kan også bygges i Norge, det planlegges blant annet et større anlegg på Lillestrøm.

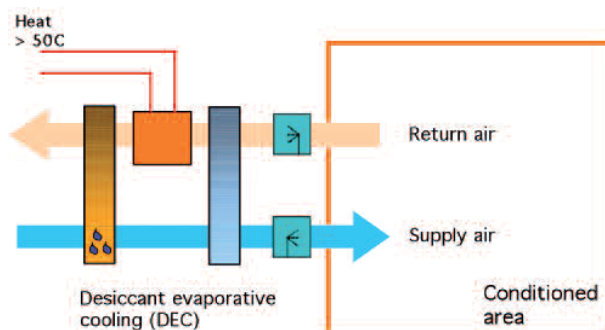
3.3. Solkjøling

Selv i Norges kalde klima har vi behov for kjøling. Spesielt i kontorbygg med store glassfasader og stort varmetilskudd fra datamaskiner utgjør kjøling en stor andel av energibehovet.

Ved å benytte solvarme til kjøling utnyttes solenergien på den tiden av året hvor vi har størst tilgang til den. Varmen fra sola kan benyttes til å drive kjøleprosessen. Solceller kan også brukes til å produsere el til drift av konvensjonelle kjølekompressorer, men i nord- og sentral-Europa vil dette være mer kostbart enn absorpsjonskjøling basert på varme. Kjølemediene som benyttes i konvensjonelle kjøleprosesser bidrar til å forsterke drivhuseffekten, mens det derimot benyttes vann som kjølemedium i varmedrevne kjøleprosesser.



Figur 22: Lukket prosess, SOLAIR, "Solar air-conditioning", www.solair-project.eu

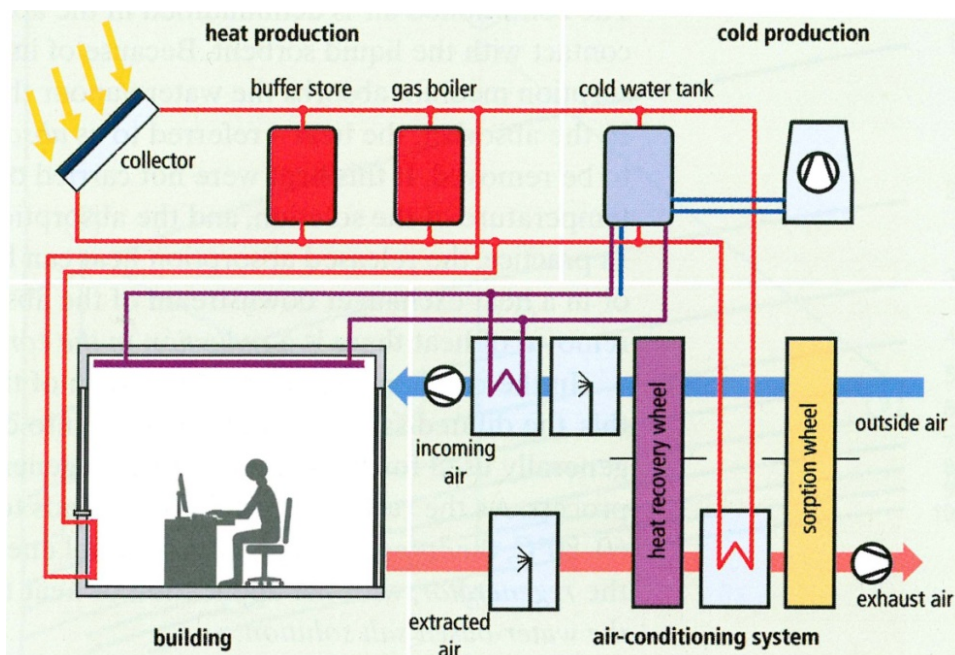


Figur 23: Åpen prosess, SOLAIR, "Solar air-conditioning", www.solair-project.eu

Prosess og fremgangsmåte for kjøling kan variere og den mest vanlige er absorpsjonskjøling. Man kan også benytte adsorpsjonskjøling eller det som på engelsk kalles Desiccant cooling. De to første er lukkede prosesser hvor kjølemediet ikke er i kontakt med omgivelsene, mens den siste er en åpen prosess hvor kjølemediet (vann) kommer i direkte kontakt med luften som skal kjøles. I de lukkede prosessene produseres kaldt vann som sirkuleres i f.eks. kjøletak eller kjølebatteri for ventilasjonsluft.

Absorpsjonskjøling er i prinsippet samme prosess som når man svetter. Når vannet i svetten fordampes og absorberes i luften blir varme transportert bort fra kroppen. Mennesker må drikke for å erstatte svetten som fordampes, mens i en absorpsjonskjøleprosess er dette en lukket sløyfe hvor kuldemediet kondenseres og fordampes om igjen og om igjen. Prosessen produserer kaldt vann som kan brukes i et kjøletak, i en varmeveksler i et klimaanlegg eller som i en frittstående fancoil. I Norge er absorpsjonskjøling vanligvis kjent gjennom gassdrevne kjøleskap i hytter og campingvogner. Se prinsippskisse figur 21.

En annen metode avkjøler og avfukter luften som skal benyttes i f.eks. et kontorlokale i en prosess hvor solvarme og vann benyttes i flere trinn for å oppnå ønsket lufttemperatur. Avluften (return air) kjøles ned med en fordampningsprosess og en roterende gjenvinner kjøler ned tilluften (supply air). Deretter varmes avluften opp med varme fra en solfanger, og den varme luften brukes i en hygroskopisk gjenvinner til å redusere fuktigheten i tilluften (supply air). Dermed blir det mindre energikrevende å redusere lufttemperaturen i neste trinn. Deretter kan tilluft eventuelt tilføres ny fuktighet etter behov, noe som reduserer lufttemperaturen ytterligere. Se prinsippskisse figur 22.



Figur 24: Prinsippskisse for solkjøling [23].

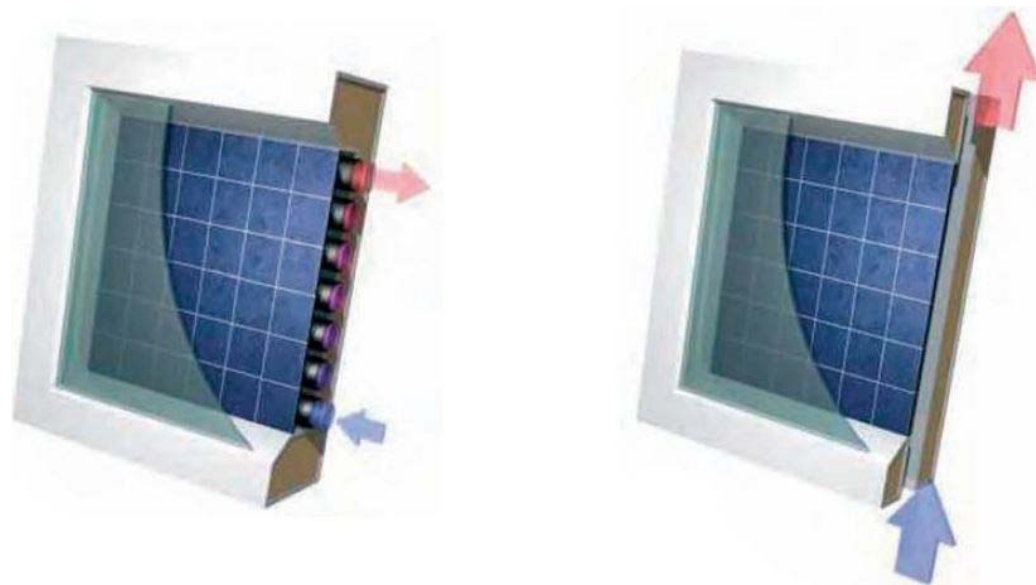
Solkjøling åpner et nytt marked for solfangere da de kan benyttes til både kjøling og oppvarming. Når solfangeren benyttes til både kjøling og oppvarming forbedres effektiviteten til anlegget. Både plane solfangere og vakuumrør kan benyttes.

Siden dette er en teknologi som er relativt ny har man lite praktisk erfaring. Mange av anleggene som er beskrevet i tilgjengelig litteratur er relativt nylig installert og det mangler dermed informasjon om driftserfaringer [24]. I anlegget som er vist i figur 24, benyttes solvarme til avfukting av tilført uteluft og dermed reduseres kjølebehovet. Deretter kjøles tilluften ytterligere ned med fordampningskjøling.

3.4. Kombinert varme og el-produksjon

Solcellemoduler genererer varme i tillegg til elektrisitet og andelen varme er større enn elektrisk energi. Når man samtidig vet at virkningsgraden til solceller går ned med økende temperatur, er det ønskelig å fjerne denne overskuddsvarmen. Ved å kombinere solceller og solfangere i et system kan man både produsere elektrisitet og varme (PV/T-system). Panelet bygges opp slik at væske eller luft sirkulerer bak solcellene. I tillegg til at man øker den totale energiproduksjonen pr. flateenhet avkjøler man solcellene.

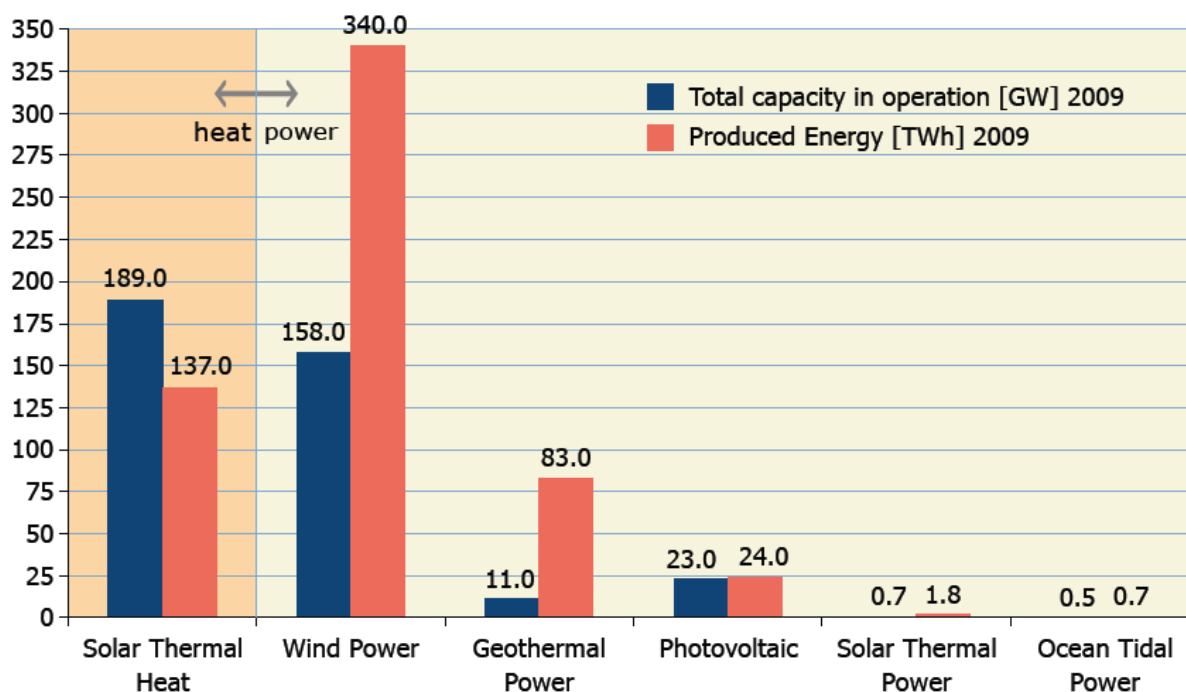
Slike kombinerte løsninger er spesielt godt egnet der hvor man har behov for både varme og elektrisitet og hvor det tilgjengelige arealet for installasjon av solenergianlegg er lite. Anlegget tar mindre plass og kan potensielt produseres og installeres rimeligere enn to separate anlegg hvilket medfører at tilbakebetalingstiden kan reduseres noe. Ulempen, som vi ser det, er knyttet til et mer komplekst system hvor evt. feil i ett system vil medføre konsekvenser også for den andre komponenten.



Figur 25: Prinsipløsning for væskebasert PV/T og luftbasert PV/T [25]

4. MARKEDSSTATUS

Utnyttelsen av solenergi, både solvarme og solstrøm, har vokst betydelig i de senere år. I følge IEA (International Energy Agency) er verdens utnyttelse av solenergi som vist i figur 26. Her kan vi se installert effekt og produsert energi for ulike fornybare energikilder i 2009.



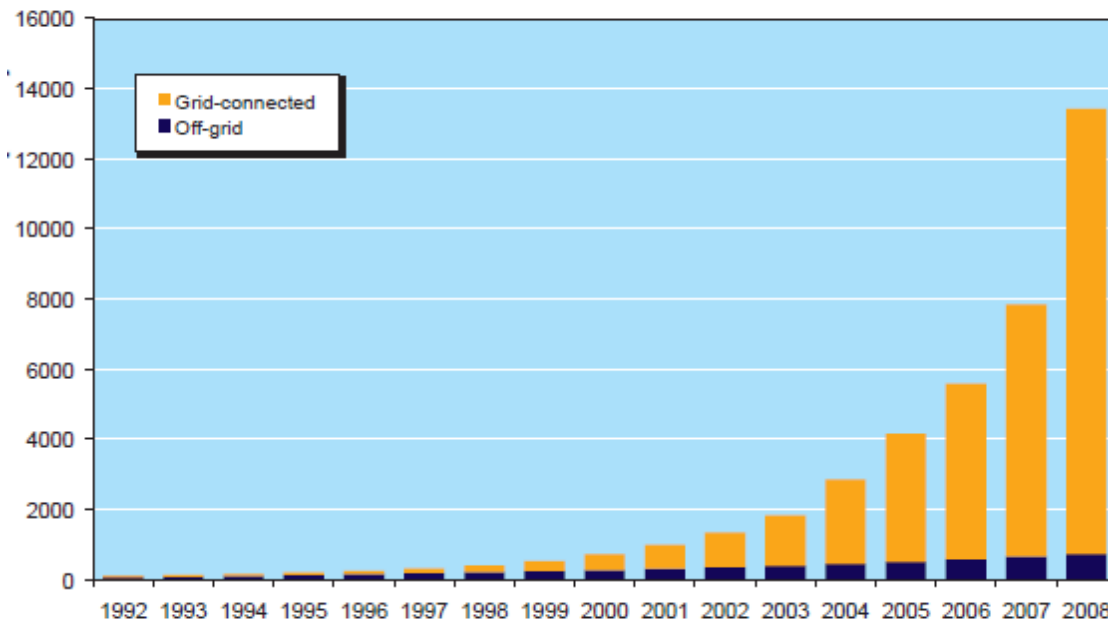
Figur 26: Oversikt over installert effekt i GW og produsert energi (TWh) i 2009 [26].

4.1. Solstrøm

Bruk av solceller internasjonalt

Det finnes mange kilder som forteller om veksten innenfor solcelleindustrien, og hvordan teknologien oppnår stadig større utbredelse. Photovoltaic Power Systems (PVPS) er navnet på et forskningssamarbeid innenfor IEA, her deltar 21 land, og man har også nært samarbeid med EU. Siden etableringen i 1993, har PVPS gitt ut årlige rapporter som beskriver markeds- og teknologiutvikling, kostnader, anvendelsesområder og lignende. Rapporten "Trends in photovoltaic applications 1992-2008" [27] er basert på nasjonale undersøkelser fra hver enkelt av deltakerlandene. Disse, inkludert det norske bidraget, kan lastes ned fra www.iea-pvps.org.

I medlemslandene ble om lag 5,6 GW_p med solcellekapasitet installert i 2008. Samlet kapasitet er etter dette 13,4 GW_p. Tyskland og Spania stod sammen for 75 % av veksten. Tyskland, Spania, Italia, Korea, Japan og USA stod for mer enn 96 % av veksten blant landene involvert i PVPS.



Figur 27: Samlet installert effekt i MW for nettilkoblede og frittstående solcelleinstallasjoner i de i landene som er medlem i IEA PVPS [27]

Japan og Tyskland har hatt en relativt jevn vekst de siste 8-10 år. Spania har satset betydelig de siste 3-4 år, fra 25 MW_p i 2005, til 2661 MW_p i 2008. Spania har med dette størst installert effekt pr innbygger (77,1 W_p). I årene 2005-2008 har veksten i USA økt fra 103 MW_p i 2005 til 338 MW_p i 2008.

Når det gjelder produksjon av solcellemoduler skjer det en betydelig vekst i land som ikke er medlem av IEA's PVPS-program. Man anslår at om lag 3 GW_p ble produsert utenom PVPS-landene i 2008. I rapporten anslås det at Kina alene står for et sted mellom 23 og 38 % av verdens solcelleproduksjon i 2008, og er med det verdens største produsentland. På de neste plassene kommer Tyskland og Japan, med Taiwan som nummer fire med en produksjon på nærmere 900 MW_p. Deretter følger USA og Filippinene.

Den kraftige veksten i produksjonen av solstrøm Tyskland og Spania skyldes for en stor del myndighetenes gunstige betingelser for innmating av solstrøm i nettet. Verdien av disse produksjonsavhengige tilskuddene (feed-in tariffene) vil sannsynligvis reduseres i fremtiden, i takt med utvikling av en moden solenergiindustri og fallende enhetskostnader for solceller. Frem til slutten av 90-tallet ble ca. 50 % av ny installert effekt bygd uten tilknytning elnettet, mens i dag er mer enn 90 % av ny installert effekt koblet til elnettet.

Bruk av solceller i Norge

Total kapasitet

Norge er nærmest for en stormakt å regne som aktør i den globale solcelleindustrien, men hjemmemarkedet er hovedsakelig små anlegg uten nettilknytning for hytte- og fritidmarkedet.

Salget av solcellemoduler har vært relativt stabilt i mange år. Ny kapasitet ser ut til å komme som utvidelser av eksisterende anlegg. Gamle anlegg opprettholder produksjonskapasiteten, og flere leverandører forteller om anlegg fra 1970-tallet som fremdeles fungerer bra. Årlig salg av solcelleinstallasjoner har vært anslått til 300-350 kW_p de siste årene.

Tabell 6: Anslått salg og total kapasitet i Norge

Anslått salg	Effekt [kW _p]
Årlig salg	300-350
Total kapasitet	7 000-9 000

Akkumulert salg siden 1992 kan gi et uttrykk for total kapasitet av solstrøm i Norge. Dette er anslått til å ligge rundt 8,7 MW_p. Ved dette tallet hefter imidlertid noe usikkerhet fordi man ikke vet hvor mye kapasitet som tas ut av drift hvert år. Ser man dette tallet for eksempel opp mot Norges totale vannkraftkapasitet på om lag 24 500 MW, betyr dette forholdsvis lite. En annen sammenligning kan være at den samlede norske solcellekapasiteten tilsvarer om lag det man får ut av et småkraftanlegg.

Fritidsbruk

I Norge anvendes solceller først og fremst til å dekke mindre elektrisitetsbehov der nettet av ulike årsaker ikke er noe alternativ. Det er først og fremst hytter, fritidshus og andre fritidsformål (båter, campingvogner og lignende) som er store brukere. Fritidsbruk står for om lag 80-90 % av markedet. Sannsynligvis er det levert over 100 000 anlegg der flesteparten fremdeles er i drift. De fleste anlegg er i området 80-120 W_p, for båter er 50 W_p en typisk anleggsstørrelse.

Ettersom norske fritidshus øker i størrelse og standard, øker også markedet for større og mer sammensatte installasjoner. I dag tilbys solcelleanlegg på 250-500 W_p, med store batteribanker, gjerne på 4000 Ah og i mange tilfeller i kombinasjon med dieselaggregat. Automatikken som følger med slike pakker, sørger for at dieselaggregatet kobles automatisk inn når lasten øker eller når batteribanken går tom for strøm. Innenfor visse grenser kan brukere av slike anlegg forholde seg som om de hadde nettilknytning.

Tabell 7: Eksempler på anlegg og kapasitet

Anleggstyper	Anslått antall	Typiske anleggsstørrelser [W _p]	Anslått total kapasitet [kW _p]
Hytter og fritidshus	100 000	80-120	7 000
Båter		50	
Kystverket	2 890	200	315

Profesjonelle brukere

Kystverket er den største norske enkeltbruker av frittstående solcellesystemer til drift av navigasjonslykter langs kysten. Kystverket har i drift om lag 2890 anlegg, med en samlet kapasitet på 315 kW_p. Selv nord for 70 grader nord drives fyrlykter med solceller. I slike anlegg benyttes en Ni-Cd batteribank som sikrer drift i vintermånedene, typisk opp til 120 dager uten opplading fra solcellene.

De minste anleggene består av enkeltmoduler på 36 W_p, de største inkluderer 88 moduler med samlet effekt på 4,4 kW_p. Et stort antall anlegg består av 3-4 moduler, hver på 60 W_p. Overgang til LED-teknologi vil kunne bidra til å redusere anleggsstørrelsene i fremtiden.

Et annet viktig marked innenfor profesjonelle brukere er telekommunikasjon og innen forsvaret. Bruken av solcellesystemer ser også ut til å øke i forbindelse med drift av værstasjoner, hydrologiske målestasjoner og lignende.

I tillegg kommer drift av teleinstallasjoner, meteorologiske - og hydrologiske målestasjoner og visse anvendelser innen forsvaret. Noen nettselskap har gjort forsøk med solcelleanlegg i kombinasjon med diesel- og gassdrevne aggregater der brukere befinner seg langt unna el-nettet.

Per i dag er det kun et fåtall større solcelleanlegg som er installert i eller på bygg i Norge. Tabell 8 viser en oversikt over noen eksisterende anlegg og anlegg som er under bygging/planlegging.

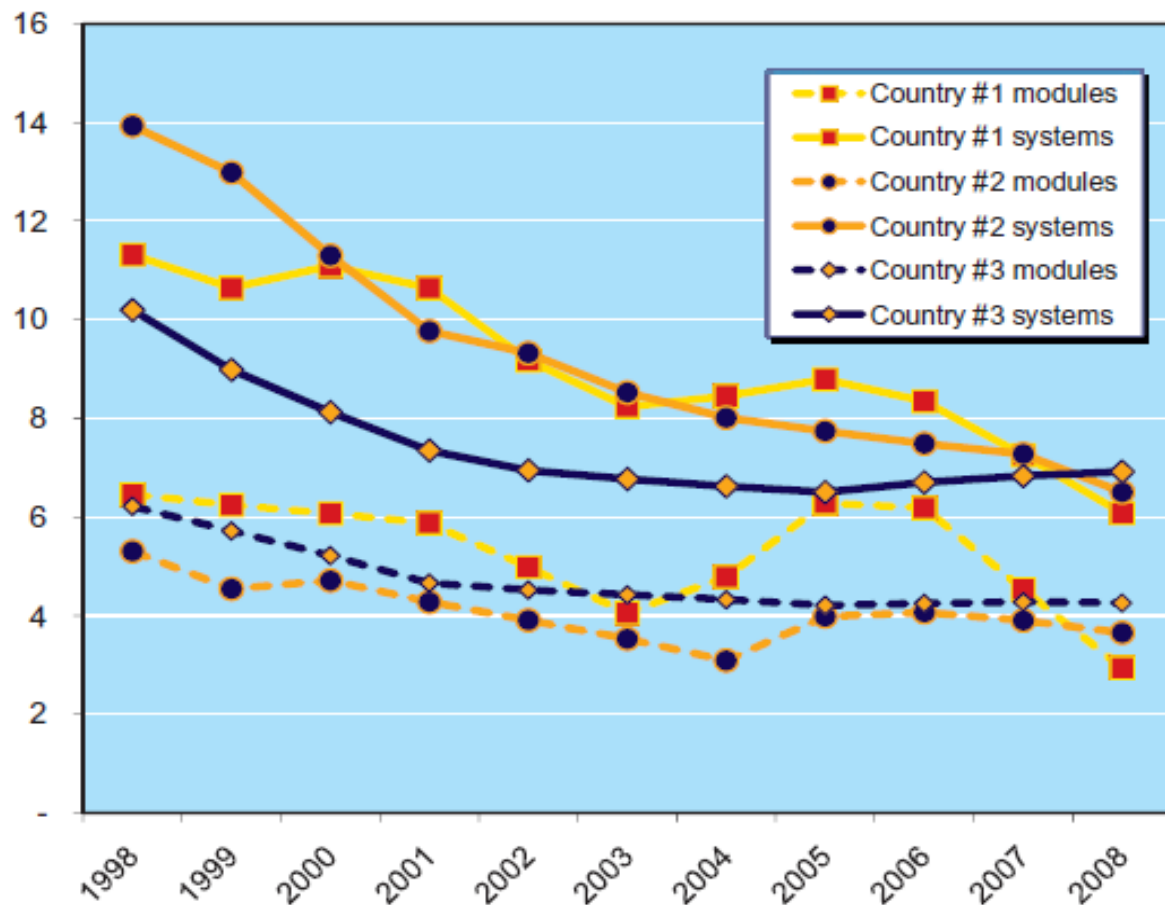
Tabell 8: Oversikt over større solcelleanlegg installert i eller på bygg i Norge.

Anlegg	kW_p	År
Bolig, Hamar	2,2	1993
Dobbelfasade NTNU, Trondheim	16	2000
Vest Agder klinikken, Kr. sand	5	2004
Forskningsparken CIENS, Oslo	16	2006
StatoilHydro, Herøya	4,8	2007
Operabygget, Oslo	35	2008
REC, Herøya	33	2009
Kulturhuset Oseana, Os	65	2010

Kostnader for solstrøm

Prisen på elektrisitet produsert fra solceller er kraftig redusert siden de første anleggene ble installert. Siden tidlig på 80-tallet har prisene på solcellemoduler falt jevnlig, om lag med en halvering hvert syvende år.

Sett i forhold til det samlede produksjonsvolum, har prisene sunket om lag 20 % for hver dobling av akkumulert volum [28]. Dette er et resultat av teknologisk utvikling og endringer i markedet. Man forventer at om få år vil prisen på solstrøm kunne konkurrere med konvensjonelle kraftproduksjonsmetoder i områder med høy solinnstråling og høye strømpriser.



Figur 28: Utvikling av pris (USD/Wp) for moduler og småskala solcellesystemer i utvalgte land innenfor IEA. Prisene er justert for inflasjon [27].

Tilkoblede og frittstående systemer

I følge en rapport fra IEA i 2009 [27], kostet de dyreste frittstående systemene (ikke tilknyttet nettet) omtrent det dobbelte av de rimeligste nettilknyttede. Dette skyldes at frittstående installasjoner ofte er mindre og trenger tilleggskomponenter, som for eksempel batterier.

Kostnader for solcelleanlegg varierer betydelig fra land til land. Årsakene til dette ligger bl.a. i systemstørrelser, beliggenhet, kundetype, osv. Ulike typer støtteordninger bidrar også til at prisen en bruker betaler, og som blir rapportert, ikke nødvendigvis reflekterer kostnadene for de totale installasjonene.

Tabell 9: Kostnader pr installert effekt (Euro/W_p) [29]

Kostnader pr installert effekt [Euro / W_p]	jun. 09	sep. 09	des. 09	mar. 10	jun. 10
Krystallinske solceller Europa	2,45	2,14	2,05	1,93	1,92
Krystallinske solceller Kina	2,03	1,74	1,62	1,50	1,59
Krystallinske solceller Japan	2,42	2,08	2,05	1,90	1,90
Tynnfilm CdS / CdTe	1,64	1,55	1,68	1,57	1,63
Tynnfilm a-Si / u-Si	1,89	1,60	1,46	1,36	1,32

I 2008 lå systemprisen for de minste, norske frittstående systemene (mindre enn 1 kW) mellom 125-180 NOK/W_p, mens for nettilknyttede solcellesystemene var prisen mellom 90-120 NOK/W_p [27]. For amerikanske solcellesystemer som ikke er tilknyttet nettet ligger prisene på 50-80 NOK/W_p, mens for nettilknyttede anlegg ligger de rapporterte prisene i området 35-45 NOK/W_p.

Prisutvikling

Nettstedet www.solarserver.de presenterer prisoversikter (grossistpriser) på solceller på månedsbasis. De skiller produktene inn i krystallinske celler levert fra produsenter i Europa, Kina eller Japan, og videre to kategorier tynnfilmceller. Fra tabell 9 kan man observere et tydelig prisfall på om lag 20-25 % det siste året.

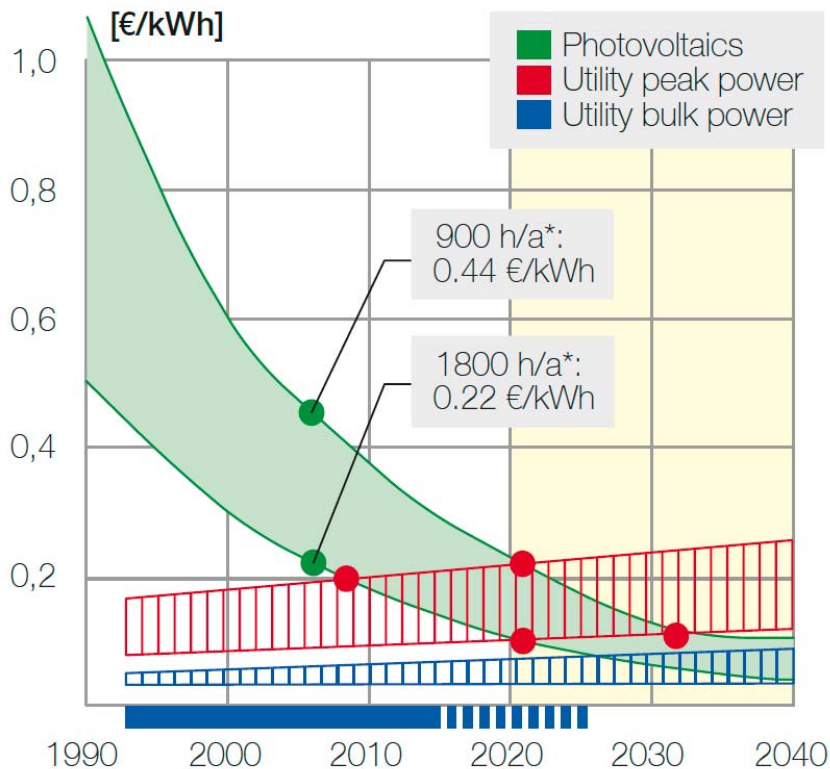
Dersom solcelleteknologien skal kunne bidra i energiforsyningen, vil et fortsatt prisfall være nødvendig. Prisfallet til nå kan i hvert fall delvis forklares med en stor overkapasitet på produksjonssiden, og en svakere markedsvekst enn forventet. Ser man på lønnsomheten hos leverandørene, for eksempel REC, har den falt dramatisk i tidsperioden 2009-2010. Reduserte enhetspriser vil sannsynligvis henge nært sammen med:

- forskning og utvikling knyttet til materialer, prosesser, virkningsgrad og lignende (fremstilling av silisium, tynnfilmteknologi, polymer- og nanoteknologi)
- økte produksjonsvolumer (skalafordeler)
- lavere installasjonskostnader

I solcelleindustrien benyttes ofte den engelske termen grid parity som indikator på solcelleteknologiens konkurranseevne. Grid parity, eller nettparitet, illustrerer hvordan kostnadene for solstrøm konkurrerer med kostnadene for el levert fra nettet. I korthet betyr dette kostnader for summen av el, nettkostnader og avgifter som forbruker må betale pr kWh levert.

Nettparitet kommer først der solenergiressursene er gunstige samtidig som at markedsprisene på el, inkludert nettleie og avgifter, er forholdsvis høy. Dette er tilfelle i sørlige deler av Italia og i visse deler av det sørvestlige USA. I følge EU-kommisjonens PV Technology Platform, ventes det at nettparitet vil bre seg nordover fra Middelhavsområdet til de mer nordlige deler av Europa i perioden 2015-2020.

Figur 29 viser en sammenligning mellom kostnader for solcellegenerert strøm mot markedspriser for konvensjonell elektrisitet. Vi ser at PV under gunstige solforhold allerede er konkurransedyktig i områdene med de høyeste markedsprisene.



*h/a: Hours of sun per annum
 900 h/a corresponds to northern countries of Europe
 1800 h/a corresponds to southern countries of Europe

Note: The blue band indicates that market support programmes will be necessary until about 2020 in some markets.

Figur 29: Kostnader for solcellegenerert strøm mot markedspriser for konvensjonell elektrisitet i EUR/kWh [30].

I Danmark rapporteres det om priser på solcellemoduler til 15 DKR/Wp, forutsatt at man kjøper et visst volum. Ved slike enhetspriser kan man komme ned i 26-30 DKR/Wp for hele solcelleanlegg. Det er viktig å være klar over at dette er prisnivå i markeder hvor solcelleanlegg bygges ut noenlunde jevnt, og hvor det er mange bransjeaktører som konkurrerer. Man kan dermed ikke sammenligne disse prisene med norske priser på solcelleanlegg som først og fremst tilbys hytte- og fritidsmarkedet.

En pris på 30 NOK/Wp kan tjene som et lavest mulig nivå det vil være mulig å komme, også i Norge. Energikostnadene kan da illustreres som i tabell 10 følger for et anlegg plassert i Sør-Norge.

Tabell 10: Energikostnadene for et anlegg plassert i Sør-Norge.

Investering	30000	kr/kW _p
Driftskostnad	0	kr
Avskrivningstid	15	år
Kalkulasjonsrente	0,07	-
Annuitetsfaktor	0,1	-
Årskostnad	3000	kr
Energiproduksjon	800-900	kWh/år
Energikostnad	3,33-3,75	kr/kWh

4.2. Solvarme

Bruk av solvarme internasjonalt

Ved utgangen av 2008 var verdens samlede installerte solvarmekapasitet anslått til 151,7 GW_{th}, tilsvarende om lag 217 millioner kvadratmeter solfanger areal. Kapasiteten fordeler seg som vist i tabell 11.

Tabell 11: Fordeling av verdens installerte solvarmekapasitet i GW_{th}[26].

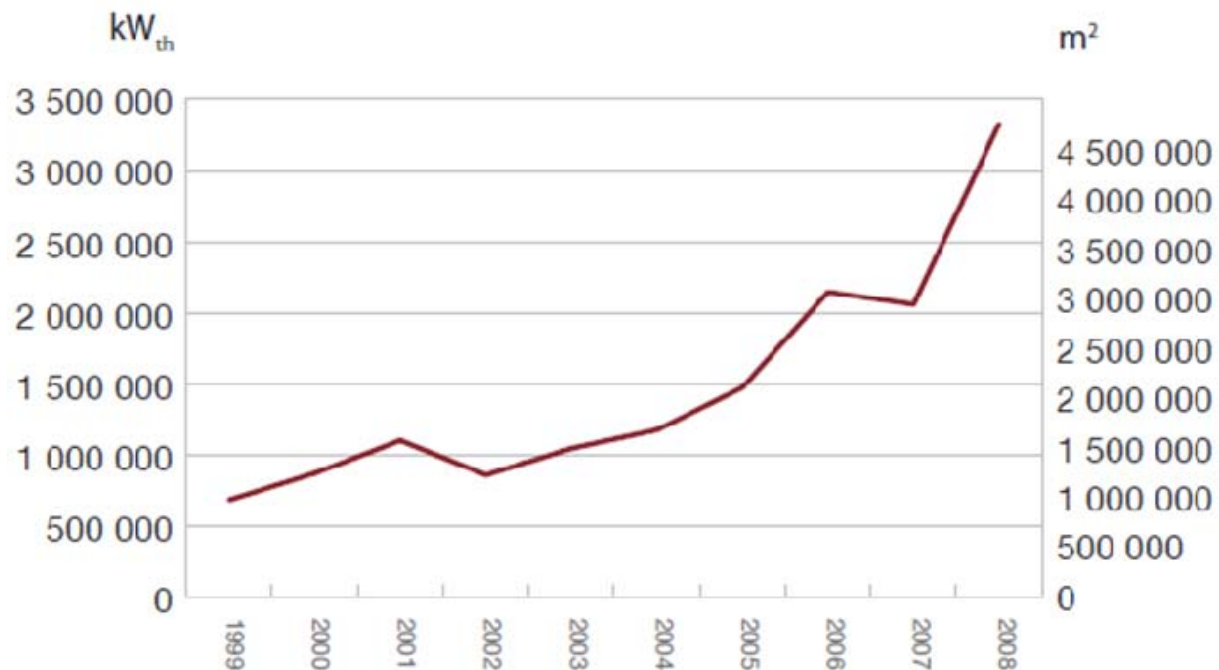
Type solfanger	Installert kapasitet [GW _{th}]
Plane solfangere og vakuumisolerte solfangere	131,8
Solfangere uten dekklag	18,9
Luftsolfangere	1,2

Hovedmarkedene er Kina (87,5 GW_{th}), Europa (28,5 GW_{th}) og USA /Canada (15,1 GW_{th}) som til sammen står for om lag 86 % av kapasiteten. På de neste plassene kommer Japan, Australia og New Zealand [26]. I følge European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF) vokste markedet for termisk sol i Europa med 60 % i 2008 [31]. Det tyske markedet fordoblet seg. I Østerrike var vekstraten 24 % med 29 kW_{th} per 1000 innbyggere, bare slått av Kypros med 61 kW_{th} per 1000 innbyggere.

Bruk av solvarme i Norge

I følge rapporten Solar Heat World Wide [26], står Norge oppført med 10,5 MW_{th}, tilsvarende om lag 15 000 m² solfanger areal. KanEnergi har tidligere kartlagt markedet for termisk solenergi for Enova, og kommet til om lag samme tall. Vi gjør imidlertid oppmerksom på at det solfangerarealet som faktisk er i bruk kan være noe lavere fordi en del installasjoner har vært pilot- og demonstrasjonsanlegg som gjerne har en kortere levetid enn 25 år, som er den oppgitte levetid IEA opererer med i sin statistikk.

Norske leverandører oppgir at det i 2008 ble montert om lag 1 400 m² solfangere, og om lag 2 000 m² i 2009.



Figur 30: Markedet for solvarmeanlegg (plane og vakuumisolerte solfangere) i EU 27 pluss Sveits [31]

Boliger

De fleste solvarmeanlegg i Norge er installert i boliger. Et eksempel er Bjørnveien 119 i Oslo, hvor det er bygget åtte boliger med plane solfangere på fasaden (se figur 31). Solfangerne har et areal på 95 m^2 og dekker 20-25 % av varmebehovet til oppvarming av varmtvann og romoppvarming. Når solenergien ikke strekker til benyttes en gasskjel. Forventet årlig ytelse for solfangerne er 250 kWh/m^2 og estimert kostnad for solenergien er ca 0,60 NOK/kWh.



Figur 31: Solfangere i Bjørnveien 119 i Oslo (bilder fra www.backe.no og www.aventa.no).

Et annet eksempel er Løvåshagen i Fyllingsdalen utenfor Bergen, hvor Norges første flerbolighus med passivhusstandard er bygget. Hver leilighet har et eget solvarmesystem som varmer opp tappevann, badegulv og radiatorvann som vist på figur 31. Det er benyttet vakuumrørsolfanger av typen Heat Pipe. Hver leilighet har 6 m² solfangerer på taket som er koblet til en 200 liters varmtvannstank på badet.

Årlig energibehov til romoppvarming er beregnet til 13 kWh/m² oppvarmet bruksareal. Tappevannsbehovet er beregnet til 30 kWh/m² oppvarmet bruksareal. Solvarmeanlegget dekker 50 % av varmtvannsbehovet og 15-20 % av behovet til romoppvarming. Når solfangerne ikke kan levere tilstrekkelig energi, dekkes resterende varmebehov av elektrisitet. Løvåshagen er pekt ut av Husbanken og Enova som et forbildeprosjekt. Dette innebærer finansiering av 90 % av fellesgjelden og 50 års nedbetalingstid.



Figur 32: Prinsippskisse av forenklet varmesystem med solfangerer for en leilighet i Løvåshagen, kilde: Gemini.



Figur 33: Bilde av solfangerne på Løvåshagen [6].

Fjernvarme

I Norge har nesten halvparten av fjernvarmeanleggene avfallsforbrenning som grunnlast [32]. Noen anlegg har også varmepumper som grunnlast. Akershus Energi vil i løp av 2011 ha ferdig en fjernvarmesentral på Lillestrøm som skal kombineres med aktiviteter innen forskning og utdanning. I tillegg til solvarme er planen at sentralen skal bl.a. benytte flis, avfall og varmepumper basert på kloakk. Anlegget skal forsyne om lag 15 000 abonnenter, og vil levere om lag 50 GWh årlig. Solvarmeanlegget vil bestå av et solfangerareal på 12 000 m², plassert i et område på 30 000 m². Det er anslått at solvarmeanlegget vil gi en årlig produksjon på mellom 3 og 4 000 MWh_{th}. Kostnader for det komplette solvarmeanlegget er estimert til rundt 25 millioner NOK. Med 20 000 m² solfangerareal ville man kunne dekke hele sommerlasten i Lillestrøm med solvarme. Solfangeranlegget vil være kombinert med et flisfyringsanlegg. Av denne grunnen regnes det som lite lønnsomt med sesonglagring av solvarme. Ihht aktuelle planer skal det installeres en akkumulatortank med et volum på 1200 m³. Kapasiteten vil kunne sikre varmforsyning i kortere perioder uten sol [33]. Forsøksanlegget skal vise at det er praktisk mulig med storskala solvarmeanlegg i tilknytning til fjernvarme under norske forhold.

Kombinerte løsninger med andre fornybare energikilder

For å kunne sikre varmebehovet over hele året må et solvarmeanlegg i de aller fleste tilfelle spille sammen med andre energibærere. Dersom anlegget skal basere seg på fornybar energi, er kombinasjoner med bioenergi, dvs. pellets, flis eller ved en vanlig kombinasjon. Som beskrevet over kan også kombinasjon med fjernvarme være mulig. Teknisk sett vil solvarmeanlegg i kombinasjon med elektrisitet være den enkleste og rimeligste løsningen. Likevel er elektrisitet ikke nødvendigvis utelukkende fornybart. Grønn byggallianse regner med 380 g CO₂/kWh_{el}. I forbindelse med planlegging av *Brøset - en klimanøytral bydel* benytter Trondheim kommune 210 g CO₂/kWh. Som følge av dette bør elektrisitet bare vurderes for bygg med meget lavt varmebehov, dvs. bygg oppført ihht. passivhusstandard eller energiklasse A eller evt. B

Utfordringene med solvarmeanlegg er ofte at det kommer som en tilleggskomponent i varmeanlegg som kunne dekket alle behov på egenhånd. Det ekstra investeringsbehovet som solvarmekomponenten skaper, må forsvares med verdien av innspart el, olje eller annen innkjøpt energi. Likevel bør det nevnes at installasjon av et solvarmeanlegg innebærer tilleggsgevinster som ofte ikke nevnes. For anlegg kombinert med pellets, gass- eller oljekjel vil solvarmeanlegg medføre at kjelen kan slås helt av i sommermånedene. Noe som medfører betydelig kortere årlig driftstid, økt årsvirkningsgrad for kjelen samt reduserte servicekostnader. Hvordan et solvarmeanlegg bidrar når det gjelder årskostnader for varmeoppdekning for en enebolig er diskutert i kapitlet om muligheter og barrierer.

Det økte investeringsbehovet er anskueliggjort i tabell 12. Utgangspunktet er en enebolig som allerede har et vannbåret distribusjonssystem for varme. Tallene vil kunne variere en del fra tilfelle til tilfelle valgt teknologi og størrelse, men tabellen gir en viss pekepinn for hva et typisk solvarmeanlegg kan medføre av økt investeringsbehov.

Tabell 12: Sjablongmessig investeringsbehov for ulike typer varmeanlegg for en enebolig med ca. 150 m² boareal uten og med solvarmeanlegg

Løsning	Uten solenergi [kr]	Inkludert solenergi [kr])
El + ved	95 000	175 000
Pelletskjel	155 000	215 000
Varmepumpe (vann/vann)	180 000	240 000

Det norske solvarmemarkedet

Per i dag finnes det et relativt bredt spekter av produkter som er tilgjengelig på det norske markedet. Mange bedrifter har sannsynligvis tatt solvarmeprodukter inn i sin produktportefølje i forventning om at markedet vil utvikle seg over tid. Likevel har utviklingen de siste årene gått vesentlig saktere enn mange har forventet.

I forhold til det mangfold av solfangere og systemer som tilbys, er dagens norske omsetning meget lav, og det er vanskelig å se hvordan bedriftene kan oppnå tifredsstillende dekningsbidrag. Dagens situasjon medfører relativ høye kostnader per installert anlegg og økt risiko for varierende kvalitet.

Flere bedrifter har gitt uttrykk for at det er stort behov for bedre informasjon og opplæring i hele kjeden, fra grossister til rørleggere og forbrukerne. Det er blitt nevnt at en del eldre

solvarmeanlegg har vært av dårlig kvalitet, noe som medførte at de planlagte spesifikasjonene ikke har blitt oppnådd. I noen sammenhenger oppleves dette som en ulempe i markedsføringen av nye solvarmeanlegg.

I forbindelse med rapportarbeidet har vi gjort telefonisk henvendelse til fem leverandører til det norske markedet. Vi har spurt om deres synspunkter når det gjelder mulighetene for å øke omsetningen av solenergianlegg. Tilbakemeldingene vi har fått er forholdsvis sammenfallende, og kan oppsummeres i det følgende:

- Det er nødvendig med bedre kunnskap både blant brukere / kjøpere av anlegg, så vel som hos leverandører og montører. Å integrere solvarme inn i både nye og eksisterende varmeanlegg, for eksempel med bioenergi, er forholdsvis krevende. Det er få fagpersoner som behersker dette fullt ut. Ofte er det behov for at grossister eller importørene bistår med detaljkunnskap når anlegg skal monteres og kjøres i gang. Det er derfor et behov for å styrke kunnskaper og erfaringsbase hos rørleggere og andre relevante fagfolk.
- Best økonomi oppnås i større anlegg for brukere med stort og jevnt behov for varme eller varmt tappevann. Helseinstitusjoner, sykehjem, idrettsanlegg, svømmehaller og hoteller er blant anvendelsesområdene som ansees for å være velegnet for utnyttelse av solvarme.
- Det er behov for noen gode referanseprosjekter/ forbildeprosjekter som kan demonstrere teknologien, og som kan være tilgjengelige for fagfolk så vel som publikum mer generelt. Vi trenger også å gjennomføre målinger for å verifisere/dokumentere hvordan anleggene fungerer i praksis.
- Enova bør finne frem til støtteordninger som bidrar til at leverandører tør å satse mer på å bygge seg opp. Stikkord som gunstige støttesatser og langsiktighet er viktige.
- Man bør undersøke hvordan markedet for varmvannsbereidere kan påvirkes slik at flere oppdager muligheten for å kjøpe bereidere tilpasset solvarme, også for eventuelt senere montasje av solvarme. Det er vanskelig for brukere å finne frem til slike, bl.a. fordi de fleste rørleggere tilbyr norske bereidere som enten ikke er tilpasset solvarme i utgangspunktet, eller der solvarmetilpasningen er for dårlig, særlig sett i forhold til bereidere fra for eksempel Sverige eller Danmark.

Støtteordninger

Oslo kommune har gjennom Enøketaten gitt støtte til to solvarmeprosjekter i 2008 og gitt tilsagn om støtte til 5 prosjekter i 2009. Enøketaten gir 1 kr/kWh årlig substituert energi som engangsstøtte. For et typisk anlegg på 7,5 m² og 400 kWh/år/m² produsert varme, gir dette ca. 3000 kr støtte.

I august 2008 inkluderte Enova solfangere i sin støtteordning for husholdninger. Dette betyr at Enova kan gi inntil 10 000 kr, eller maksimalt 20 % av investeringskostnadene i tilskudd. Utbetaling av tilskudd skjer etterskuddsvis etter at anlegget er installert, og det gis ikke tilskudd for anlegg som er påbegynt eller fullført ved innsending av søknad. Enova har utbetalt støtte til 20 husholdninger med søknad registrert i 2008, 26 husholdninger med søknad registrert i 2009 og per januar 2011 til 38 husholdninger med søknad registrert i 2010.

Brukere av solvarme

For vurdering av markedet for solvarme, bør kjøpers / investors perspektiv også belyses. Eiere av bolig eller næringsbygg, som nybygg eller rehabiliteringsprosjekter som ønsker å benytte seg av ny fornybar energi står overfor flere valgmuligheter, med ganske forskjellige egenskaper.

Vi forutsetter at bygget fra før har vannbåren varmedistribusjon egnet for å utnytte forholdsvis lave temperaturnivåer, eller at dette uansett er planlagt for nybygg. En variant vil også kunne være løsninger rettet mot oppvarming av tappevann alene. Utenom solvarme, er de mest aktuelle alternativene varmepumpe, pelletskjel eller vedkjel. I motsetning til solvarme, vil disse alternativene i prinsippet kunne dekke hele oppvarmingsbehovet. I praksis vil man likevel, i større eller mindre grad benytte elektrisitet til dekning av reservelast og spisslast. Varmepumper vil uansett innebære at el vil dekke om lag 25-35 % av varmebehovet.

Muligheter for å anvende de fornybare energiløsningene må vurderes konkret for hvert enkelt bygg eller byggeprosjekt. Varmepumper krever bl.a. at det finnes egnede energiresurser i omgivelsene. Pellets- og vedfyring krever lagerareal og tilstrekkelig adkomstmuligheter for brenselforsyning. Solenergi betinger at man har egnede tak, eller fasadearealer, og at solforholdene for øvrig er egnede, bl.a. uten mye skygge fra trær, andre bygg osv. For eksisterende bygg er det også viktig at de nye løsningene forholdsvis enkelt lar seg integrere med opprinnelig fyrrom og varmeanlegg for øvrig. Vår erfaring er at byggeiere ofte opplever at det i seg selv er krevende å vurdere disse aspektene, og komme frem til en robust konklusjon.

Kjøper / byggeiers motivasjon

Når en byggeier vurderer fornybare energiløsninger utenom elektrisitet, er miljøvennlighet en viktig motivasjon. Men i tillegg fordres det som regel også at kostnadene er rimelig konkurransedyktige. Her skjeler mange ofte til el og oljepriser på korte tidshorisonter. Noen legger også til grunn prisvekst på disse alternativene, og ønsker å sikre seg gjennom å satse på flere energibærere. Helt sentralt for alle er at man forventer et energianlegg som fungerer godt, og som ikke gir særskilt mye ”plunder og heft”.

Informasjon og beslutning om kjøp

Byggeier vil sjelden ha tilstrekkelige kunnskaper selv for å kunne bedømme hvilke(t) av alternativene som vil passe best. Han/hun vil derfor rådføre seg med ulike fagpersoner om alternativene. For en huseier vil det ofte handle om rørlegger og elektriker, samt en eller flere leverandører. Eiere av næringsbygg vil gjerne kontakte vvs-tekniske rådgivere, gjerne personer som har en eller annen tilknytning til bygget fra før, gjerne i forbindelse med oppføring og/eller drift. Man vil også benytte informasjonskilder som ”Enova svarer” eller ulike nettsider. Utover dette vil man kunne oppsøke mer spesialiserte rådgivere.

Vår erfaring er at byggeiere svært ofte støter på utfordringer når alternativene skal vurderes, og at situasjonen lett blir forvirrende. Varmepumpeløsninger tilbys i mange tilfelle rørleggere og andre lokale leverandører. Etter hvert som flere tusen varmepumpeanlegg er levert i de senere år, byr det sjelden på problemer å få vurdert dette som løsning. Langt mer utfordrende er det å få informasjon om, og vurderinger knyttet til, om solvarme, pellets-, eller vedkjel er anvendbare

løsninger. Dette skyldes først og fremst at floraen av lokale leverandører er liten, og at kunnskapen disse har ofte ikke er tilstrekkelig.

Det er verd å minne om at oppvarmingsløsning ofte bare er en del av et byggeprosjekt som i seg selv oppfattes å være komplisert. Byggeier / byggherre har begrensede ressurser til å orientere seg, og vil ofte søke etter løsninger som det er enkelt å forstå, og som ikke bidrar til å øke risikoen i prosjektet økonomisk eller på annen måte.

Økonomi

Sett i forhold til el-oppvarming, vil varmpumper, solenergi og bioenergi alltid kreve investeringer med tilhørende kapitalkostnader som utgjør en stor andel av årskostnadene i forhold til energikostnadene. Investeringen representerer i seg selv en likviditetsmessig ulempe. I tillegg representerer disse løsningene driftsrisiko og også markedsrisiko fordi kostnadene for eksempel for el og pellets kan utvikle seg på en annen måte enn det kjøper har forutsatt. Renterisiko knyttet til investeringslån representerer ytterligere risiko. Selv om energikostnadene for eksempel for el og solvarme skulle være like, vil el likevel ha en konkurransefordel fordi det ikke krever et særskilt investeringsbehov.

Tilbud

Når en har en formening om hvilke(n) løsning man kunne tenke seg, vil byggeier kunne henvende seg til ulike leverandører for å få tilbud. Vår erfaring er at slike tilbud ofte er skrevet slik at de er vanskelige å vurdere, og tar en rekke forbehold. Man vil for eksempel forutsette at byggeier selv koordinerer med andre fagpersoner eller leverandører for å få et anlegg på plass. Videre kan de ofte være noe ufullstendige og det kan være vanskelige å sammenligne dem. Vi har flere ganger sett eksempler der leverandører tilbyr komponenter, deler osv., men fordrer at kunden selv engasjerer fagfolk for å montere og igangkjøre varmeanlegg.

Risiko

En kjøper av varmeanlegg vil oppleve flere typer risiko. I forbindelse med innkjøp og montering, vil man kunne oppleve at anleggene blir dyrere enn forutsatt, bl.a. fordi byggetekniske utfordringer var større enn det man regnet med. Det er også ofte en utfordring at tidsskjema for leveransen sprekker. Videre vil man kunne oppleve risiko for at varmeanlegget ikke fungerer som forutsatt, for eksempel på grunn av lekkasjer, dårlig innregulering osv., men også det at anlegget ikke gir forventet energibidrag. Ikke sjelden vil driftsrisikoen være overlatt til kjøper, fordi tilbudene ikke inneholder ytelsesgarantier.

Innsats fra bruker / eier

De fleste byggeiere har erfaring med el- og oljefyrte anlegg som stort sett fungerer uten at man involverer seg driftsmessig i særlig grad. Varmepumpeløsninger og solvarmesystemer vil stort sett "gå av seg selv". Bioenergiløsninger vil derimot kreve jevn oppfølging og egeninnsats knyttet til tilførsel av brensel, feiing og askefjerning. Sett i forhold til el-oppvarming vil mange brukere kunne oppleve mer "plunder og heft" med de fornybare løsningene. Her vil imidlertid et godt innregulert solvarmeanlegg kunne hevde seg godt, fordi det bare i liten grad trenger løpende oppfølging og vedlikehold.

Oppsummering

Hva forteller disse faktorene om en forutsetning for en fremtidig markedsutvikling for solenergi?

- Brukeren trenger god informasjon om hvilke energiløsninger som finnes, og hva som best kan anvendes rent konkret. Siden det er mange som i det hele tatt ikke har kunnskap om mulighetene solenergi representerer, finnes det et stort informasjonsbehov. .
Leverandørene/montørene har fortsatt begrenset evne til å dekke dette behovet
- Behov for referanseanlegg. Særlig når det gjelder solvarme, bør potensielle brukere kunne få befare gode eksisterende anlegg, se hvordan de fungerer og få tilgang til dokumentasjon på energiproduksjon.
- De økonomiske aspektene må presenteres i en form som er anvendbar for brukeren, dvs som gjelder hans/hennes byggeprosjekt. Det er behov for "uavhengige" rådgivere som kan lage en kort mulighetsstudie.
- Kravene til brukers egeninnsats må komme klart frem.
- Tilbudene fra leverandørene bør være mest mulig komplette slik at for eksempel et solvarmeanlegg kan leveres samlet og garanteres av en aktør. Det er også viktig at tilbudene fra ulike leverandører er sammenlignbare. Her kreves tiltak for å heve leverandørenes kunnskap og vilje/evne til å markedsføre, og til slutt levere.
- Anleggene må holde hva de lover over levetiden, det bør gis funksjonsgarantier. I Sverige mottar man støtte til investeringer i solenergi, men det betinger at man velger godkjente produkter og leverandører. Dette kunne også være en ide vi kunne benytte i Norge.

Enova-undersøkelse

Ved utløpet av 2009, dvs. når støtteordningen hadde vært operativ i ca ett år, ble det utbetalt støtte til 29 prosjekter. Totalt er det registrert 306 søknader hvorav 29 anlegg fikk tilsagn og utbetalt støtte. Som andel av søknader i forbindelse med Enovas tilskudd til husholdningene, stod solfangere for bare 0,2 %.

I løpet av august 2010, gjennomførte Enova en undersøkelse blant mottakere av støtte til solfangere. Mottakerne er eiere av eneboliger. Av 44 mottakere, ga 30 svar. Undersøkelsen gir en del interessante holdepunkter:

- Det er primært der det finnes tak som vender mot syd at anleggene er montert.
- Kombinasjon av økonomi- og miljøtenkning motiverer frem anleggene.
- 83 % benytter varmen til både rom- og tappevannsoppvarming, 17 % kun til oppvarming av tappevann.
- 40 % bruker sol kombinert med el, 24 % sol kombinert med vedkjel og el.
- 24 av de 30 respondentene hadde anlegg med installert areal på mellom 4 og 12 kvadratmeter.
- 23 av de 30 respondentene hadde funnet leverandør via internett.
- 55 % mente de hadde problem med å finne leverandør.

- 15 % av respondentene opplevde leverandørens troverdighet som dårlig, 65 % oppfattet den som god. 55 % opplevde tilbudene som gode, og 14 % opplevde dem som dårlige.
- 27 % av respondentene monterte selv, 50 % monterte delvis selv, og 23 % fikk anlegget montert av leverandør.
- 60 % utfører service og vedlikehold selv, bare en hadde serviceavtale.
- 80 % av respondentene mener anleggene fungerer som forutsatt. Men 77 % har ikke målt eller registrert besparelsene solvarmeanlegget har gitt.
- 50 % av respondentene mener at Enova-støtten har vært utslagsgivende for kjøp av anlegg.
- Nye kjøpere av solvarmeanlegg rådes til å øke sine kunnskaper og interesse for temaet, og samtidig se til Sverige, Danmark og Tyskland for å finne bedre produktvalg og mer kompetente leverandører. Man oppfordres samtidig til å være kritisk til valg av leverandør.
- Respondentene råder leverandørene til å høyne sitt kompetansenivå, intensivere markedsføringen (bl.a. fortelle suksesshistorier), bidra til bedre veiledning for montering og installasjon og tilby drifts- og vedlikeholdsavtaler.

Noen forsiktige tolkninger fra undersøkelsen kan være bl.a. at:

- Tilskuddmottakerne er trolig relativt kompetente og samtidig idealistiske / entusiastiske, jf den høye andelen som har installert anlegg og utfører vedlikehold selv.
- Nesten hvert fjerde anlegg består av kombinasjonen sol/el/ved. Vedfyrte anlegg har som regel en forholdsvis stor akkumulatortank, godt egnet også for solvarme. Vi tror mange av disse anleggseierne ser på bidraget fra solvarme slik at de i de solrike månedene helt kan slippe å fyre; litt forenklet blir det ved i vinterhalvåret, og sol om sommeren. Det betyr "fri" fra relativt arbeidskrevende vedfyringsrutiner om sommeren for å dekke tappevannsbehov, uten at det samtidig betyr høyt strømforbruk.
- Enova-støtten har hatt stor betydning.
- Leverandørene oppleves som forholdsvis usynlige, med behov for å øke kompetansenivå.
- Dersom det regnes med 8 m² solfangerareal i gjennomsnitt per anlegg, ble det i perioden august 2008 til desember 2009, gitt Enova-støtte til installasjon av ca. 350 m² solfanger i husholdninger i Norge. I samme periode ble det ifølge opplysninger fra leverandørene solgt om lag 2600 m². Det er verdt å legge merke til at anlegg som har mottatt støtte fra Enovas husholdningstilbud utgjør bare 13-14 % av det samlede arealet for installerte solfangere i denne perioden. Solfanger til oppvarming av svømmebasseng inngår ikke i disse tallene.

Kostnader varme

Enova-undersøkelsen viser at det må påregnes en investeringskostnad på 11 kr/kWh produsert varme per år for et tappevannsanlegg og 15 kr/kWh for et anlegg som leverer til både varmt tappevann og romoppvarming.

Videre finner man at gjennomsnittsprisen for plane solfangere er ca. 2000 kr/m². Denne prisen er basert på 8 installerte anlegg. Mange leverandører tilbyr pakkepriser på komplette anlegg, dette er da standardanlegg som ikke nødvendigvis er optimalt tilpasset det gjeldende behovet. Basert på priser fra forskjellige leverandørers nettsider kan man finne at plane solfangere koster rundt 2000-3500 kr/m² [34, 35].

Enovas tall visere at gjennomsnittsprisen for vakuumrørsolfangere er ca. 3000 kr/m². Denne prisen er basert på 6 installerte anlegg. I følge oppgitte priser fra leverandører koster vakuumolfangere rundt 3200-3500 kr/m² [34, 36]. Dette er basert på solfangerareal, ikke absorbatorareal.

I Danmark har man undersøkt utviklingen av ytelse og pris for en av markedets mest solgte solfangere til boliger i perioden 1993-2007. På disse årene har ytelse/pris, det vil si ytelse pr investert krone steget 70 % [20].

I Enova-undersøkelsen kom det også fram at gjennomsnittsprisen for lagertanker er ca. 30 kr/liter. Denne prisen er basert på 9 installerte anlegg og inkluderer både rene tappevannsanlegg og anlegg for romoppvarming og tappevann.

4.3. Solkjøling

På global basis brukes vesentlig mer energi til kjøling enn til oppvarming. I utgangspunkt har anlegg til solkjøling den store fordel at solinnstråling og behov for kjøling er sammenfallende. Likevel finnes det per i dag relativ få installerte og dokumenterte anlegg. Mange av dagens anlegg er demonstrasjonsanlegg og kostnadstall fra disse vil ikke kunne benyttes som sammenligningsgrunnlag. Masseproduksjon av små og mellomstore kjølemaskiner beregnet for å benytte solvarme er i startfasen og man forventer en betydelig prisreduksjon i framtiden. I 2007 lå investeringskostnadene rundt 5-8.000 EUR/kW og det forventes at de synker til 3.000 EUR/kW i løpet av 2010 [37]. Det finnes ingen anlegg for solkjøling i Norge.

4.4. Kombinerte moduler for varme- og elproduksjon

Noen produsenter har utviklet kombinerte moduler som produser både varme og elektrisitet. Slike løsninger representerer foreløpig et nisjemarked og for at produktet skal bli mer tatt i bruk er man avhengig av blant annet [38]:

- Mer utvikling innen garantier, standardisering og sertifisering
- Opplæring av installatører
- Lavere pris
- Enklere tilkobling til oppvarmings- og elektrisk system
- Prefabrikkerte bygningselementer som tillater installasjon av kombinerte moduler

Man kan anta at kostnadene til et PV/T-system tilsvarer kostnadene til et solfangersystem pluss kostnadene til solceller (inkludert installasjon) minus kostnadene for sparte materialer i forbindelse med integrert produksjon/installasjon og reduserte installasjonskostnader [38].

Wiosun GmbH i Sarbrücken, Tyskland er et selskap som har utviklet og produserer kombinerte moduler. Under standardbetingelser leverer en PVT modul fra Wiosun $550 \text{ W}_{\text{th}}$ og mellom $170\text{--}185 \text{ W}_{\text{el}}$ per kvadratmeter [41]. Det finnes i dag ingen anlegg med PVT-solfangere i Norge.

5. Potensial for solenergi i Norge frem mot 2020

5.1. Eksisterende potensialstudier

Det er gjennomført to relativt omfattende studier av solenergipotensialet i Europa og andre land. Det ene studiet fokuserte på solceller [39], mens det andre fokuserte på solvarme [40].

IEA-studien tok for seg det teoretisk maksimale solcellepotesialet i 14 land, hvorav 10 i Europa. Både Danmark, Sverige, og Finland er inkludert. Solenergipotensialet er beregnet basert på tilgjengelig tak- og fasadeareal, samt soltilgang på disse arealene, og en forutsetning om 10% gjennomsnittlig virkningsgrad for solcellesystemene. Boks 1 gir en nærmere beskrivelse av beregningsmetodikken i studien. For Danmark ble potensialet beregnet til 10,9 TWh/år noe som tilsvarer 32% av landets totale elektrisitetsbehov. Dette tilsvarer et solcelleareal på 110 mill m². For Finland ble potensialet beregnet til 14,8 TWh/år tilsvarende 19,4% av elektrisitetsbruken og 160 mill m² solcelleareal. Potensialet for Sverige ble beregnet til 26,7 TWh/år tilsvarende 19,5 % av landets elektrisitetsbruk og et solcelleareal på 301 mill m².

Boks 1: Beregningsmetodikk og forutsetninger i studien "Potential for Building Integrated Photovoltaics" [39]

- Generelt er 60 % av alt takareal og 20 % av alt fasadeareal egnet til solceller når man tar hensyn til byggutformingen. Tilsvarende er tallene 55 % og 50 % når man ser på tilgjengelighet mhp solinnstråling.
- Studien definerer en utnyttelsesgrad: areal som er egnet både mhp stråling og bygningsutforming pr. grunnflateareal. For landene som er undersøkt er utnyttelsesgraden 0,4 for tak og 0,15 for fasader.
- I den vestre delen av Sentral-Europa er det totale bygningsarealet pr. person 45 m². Dette inkluderer bygg i bolig-, jordbruks-, industri-, nærings- og andre sektorer. Tar man hensyn til utnyttelsesgraden finnes det for hver innbygger 18 m² tak og 6,5 m² fasade som teoretisk sett kan benyttes til solceller.

Ved å koble dette tallet opp mot folketallet og solinnstrålingen i et land kan man finne det teoretiske potensialet for elektrisitet produsert i solceller.

Solvarmestudien [40] benytter seg av den samme metodikken som IEA-studien for beregning av tilgjengelig tak- og fasadeareal, men tar i tillegg hensyn til begrensende faktorer i forhold til ulike scenarier for utvikling av varmebehovet i bygninger og industri, konkurranseforhold i forhold til pris på fossil energi, mangel på kunnskap/utdannede montører, tilgang på komponenter og materialer, samt politiske målsetninger. Studien inkluderer Østerrike, Tyskland, Danmark, Spania og Polen. Konklusjonene trukket i studien er:

- Det største potensialet for bruk av solvarme er der hvor det er behov for varme med lav temperatur, som i boliger og næringsbygg (< 100 °C) og lavtemperatur industri (< 250 °C).

- Lavtemperaturbehovet i Europa utgjorde 34 % av hele energibehovet, henholdsvis 4,6 TWh og 13,6 TWh i 2006.
- Av det totale lavtemperaturbehovet ble 61 % benyttet i boliger, 19 % i næringsbygg og 20 % i lavtemperaturprosesser i industrien.
- Hvis solvarme skal bidra betydelig til varmebehovet i Europa må hovedfokuset være på bolig- og næringssektoren. Det må fokuseres både på romoppvarming og tappevannsoppvarming dersom solvarme skal kunne bidra til å nå målet om 20 % fornybar energi.
- Energilagringsskapasiteten/-godheten må utvikles for å øke andelen solenergi gjennom året.
- Det må utvikles nye materialer for masseproduksjon for at materialer ikke skal bli mangelvare.

Boks 2: Scenarier for solvarmepotensialet [40]

Potensialet for solvarme i 2020 beregnes ut fra tre ulike scenarioer; "Business as Usual" (BAU), "Advanced Market Deployment" (AMD) og "Full R&D and Policy Scenario (RDP).

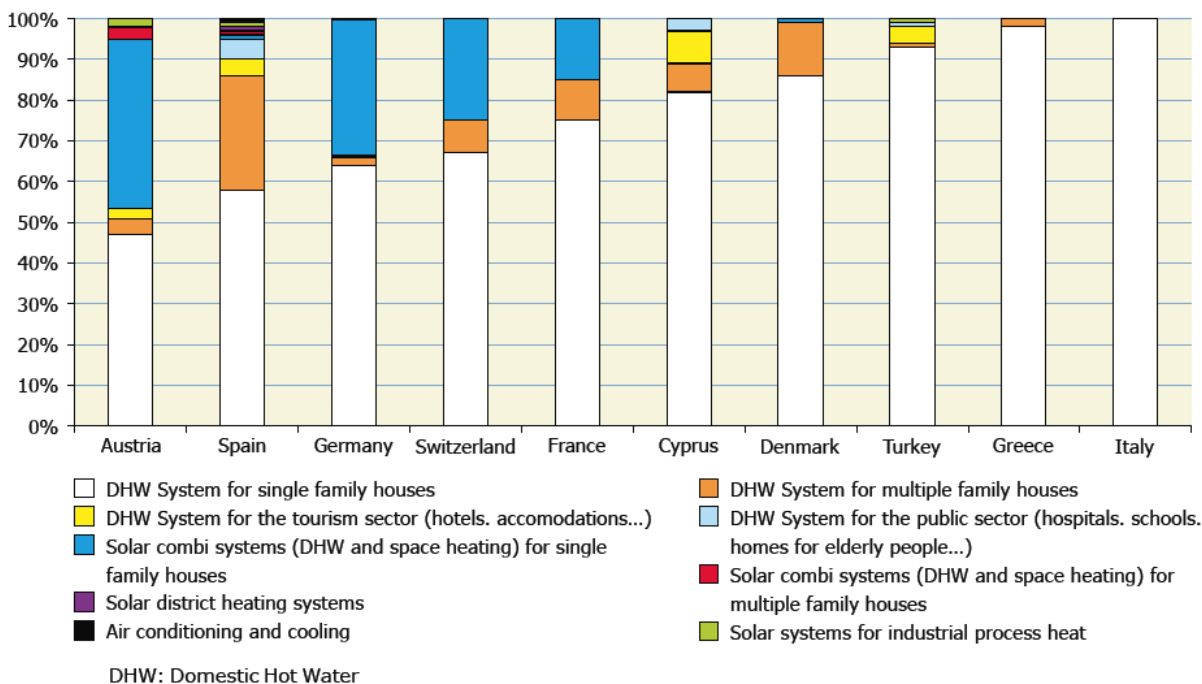
Varmebehovet er synkende fra BAU til RDP, mens støttenivået, forsknings- og utviklingsarbeidet og markedet er økende fra BAU til RDP.

Under BAU-scenarioet vil solvarme bidra til 0,8 % (38 TWh) av varmebehovet, mens bidraget vil være 3,6 % (155 TWh) i RDP-scenarioet. For å oppnå dette må markedet vokse 7 % årlig i BAU-scenarioet og 26 % årlig i RDP-scenarioet.

5.2. Potensial for utnyttelse av solenergi i bygninger

For beregning av solenergipotensialet i Norge har vi valgt å fokusere på bygningsintegreerte² anlegg, da vi tror at det største markedet ligger her. Denne antagelsen er basert på erfaringer fra solenergimarkedet i andre land, hvor bygningsintegreerte anlegg utgjør størstedelen av markedet, se Figur 34. Vi tror også at det er i dette markedet solenergisystemer vil være mest konkurransedyktige i Norge.

² Med bygningsintegreerte anlegg menes her anlegg hvor solfangere er plassert på selve bygningskroppen og leverer energi direkte til tilknyttede bygg.



Figur 34: Anvendelsesområder for solvarme for de ti europeiske land som har størst utbygd areal med solfangere (plane og vakuumrør) [26].

For å beregne potensialet for bygningsintegrerte anlegg har vi lagt følgende fremgangsmåte til grunn:

1) Beregning av det *tekniske potensialet* for solvarme og solceller.

Her tar vi utgangspunkt i tilgjengelig tak- og fasadeareal for installasjon av solpaneler, etter samme metodikk som er brukt i de 2 studiene referert over. Deretter ser vi på prognoser for nybygging og rehabilitering av bygninger og tilhørende prognoser for energibruk i disse byggene fram mot 2020. Prognosene for energibruk i norske bygninger knyttes opp mot en ambisiøs energieffektiviseringsstrategi som beskrevet i den nye rapporten fra KRD-utvalget [41]. Denne innebærer en betydelig reduksjon av oppvarmingsbehovet fram mot 2020, og er således en antagelse som er konservativ i forhold til mulig potensiale for utnyttelse av solenergi til oppvarmingsformål. Ut i fra dette antar vi at solvarmeanlegg vil kunne dekke 60% av tappevannsbehovet og 30% av romoppvarmingsbehovet i alle nybygg, samt for den andelen av rehabiliterte bygg med sentralvarmeanlegg. Med en forutsetning om at solvarmeanleggene i gjennomsnitt leverer 300 kWh/m²/år, vil man da kunne regne ut hvor mange kvadratmeter solfangerareal som er nødvendig for å dekke dette behovet. Det resterende tak- og fasadearealet er da teknisk sett tilgjengelig for installasjon av solceller.

2) Beregning av det *praktiske potensialet* for solvarme og solceller.

Dette er det potensialet som det vil være praktisk mulig å gjennomføre hvis man forutsetter at det er tilstrekkelig med kunnskap, teknologi og økonomiske rammebetingelser. Dette potensialet vil med andre ord være avhengig av en satsing både fra myndigheter og fra private aktører. Størrelsen på dette vil følgelig være vanskelig å forutsi, men vi kan anta at markedet i Norge vil kunne følge samme utviklingstrend som i andre europeiske land.

I de to neste avsnittene er det gitt en nærmere beskrivelse av potensialberegningene og resultatene av disse.

Boks 3: Utdrag fra KRDs energieffektiviseringsutvalg [41]

Revidert bygningsenergidirektiv krever «nesten nullenergibyg» i 2020. Det medfører en drastisk reduksjon av energibruk og økt bruk av lokale fornybare energikilder som eksempelvis solfangere og varmepumper. Omfanget og konsekvensene av dette er vanskelig å ta inn over seg, også politisk. Denne utfordrende realitetsforståelsen, kombinert med mangel på samfunnsøkonomiske modeller som kalkulerer de «nye» utfordringene som klimakrisen representerer, gjør det vanskelig å få politisk støtte til virkemidlene som må til, både økonomiske og regulatoriske. Det gjør det også vanskelig å utløse den graden av endring som er nødvendig hos hver enkelt byggeier. Det er ikke nok å skifte vinduer eller etterisolere loftet *hvis energibruken skal halveres.*»

EUs bygningsenergidirektiv vil være premissgivende for Norges politikk på området og arbeidsgruppen har sett på dette direktivet som en viktig premiss for innspill til handlingsplan i forhold til nybyggkrav. Arbeidsgruppen har tolket begrepet "nesten nullenergibyg" til å tilsvare et bygg på passivhusnivå. Det vil si et energinivå på 70-80 kWh/m² pr år i levert energi, der tilnærmet 100 % av varmebehovet er dekket av varmepumper, solfangere og lignende.

Det er realistisk å redusere dagens energibruk til drift av bygg fra 80 TWh pr. år til 70 TWh innen 2020 og til 40 TWh innen 2040. I den første 10-års-perioden må store deler av effektiviseringen gjøres i eksisterende bygningsmasse. Fram mot 2040 vil effekten av energinivået i nybygg slå kraftigere ut. Med dagens bygge- og riverate, vil 37 % av bygningsmassen i 2040 være oppført i perioden 2010-2040. For å nå et mål om halvering av levert energi til bygg i 2040, kreves suksessivt flere tiltak på lokal energiforsyning, slik at stadig mer av energibruken dekkes av varmepumper, solfangere, mikrovindmøller, solceller og lignende i eller nær bygget.

Teknisk potensial for solfangere

Ved å se på nybygg-, rehabiliterings-, enøk- og rivings-/saneringsraten vil man få et estimat over mengden bygningsmasse som det vil være naturlig å vurdere tiltak på med tanke på solenergi.

Tallene i tabellene nedenfor er de samme som er benyttet i Lavenergiutvalgets rapport;

”Energieffektivisering”, Prosjektrapport 40 fra SINTEF Byggforsk og i rapporten

”Energieffektivisering av bygg. En ambisiøs og realistisk plan mot 2040” fra KRD.

Tabell 13 Endringsraten i bygningsmassen.

	Prosentvis rate (ut fra 2010-tall)		Antall m ² bruksareal pr. år	
	Boliger	Yrkesbygg	Boliger	Yrkesbygg
Nybyggrate	1,33 %	1,94 %	2,91 mill m ²	2,46 mill m ²
Rehab-rate	1,5 %	1,5 %	3,28 mill m ²	1,91 mill m ²
Enøk-rate	2,0 %	2,0 %	4,37 mill m ²	2,54 mill m ²
Rivings- /saneringsrate	0,6 %	1,2 %	1,31 mill m ²	1,52 mill m ²

Basert på disse ratene vil ca. 13 % av bygningsmassen være nybygg (bygd etter 2010) ved inngangen til 2020, 13 % vil ha blitt rehabilitert og i 17 % av bygningsmassen vil det ha blitt utført enøk-tiltak. Samlet utgjør dette 157 millioner m² av totalt 368 millioner m².

For nybygg og rehabiliteringer er det forutsatt at andelen som bygges og rehabiliteres etter de forskjellige energistandardene blir som i etterfølgende tabell, avhengig av hvilket år arbeidet utføres. Dette er optimistiske, men nødvendige og realistiske tall dersom man skal klare målene om energieffektivisering som er satt i "Energieffektivisering av bygg. En ambisiøs og realistisk plan mot 2040" fra KRD.

Tabell 14 Endringsraten i bygningsmassen med hensyn på energistandard og byggeår.

	Nybygg				Rehabilitering			
	-2015 A/Passiv- hus	C/TEK10	2015-2020 A/Passiv- hus	C/TEK10	-2015 B/Lav- energi	D	2015-2020 B/Lav- energi	D
Boliger	15 %	85 %	75 %	25 %	15 %	85 %	75 %	25 %
Yrkesbygg	15 %	85 %	75 %	25 %	15 %	85 %	75 %	25 %

Ser man nærmere på disse tallene vil man ved inngangen til 2020 forvente at 48 % av nybyggene vil holde en energistandard tilsvarende energimerke A/Passivhus, mens de resterende vil holde energistandard C, tilsvarende dagens byggeforskrifter (TEK10). Tilsvarende forventer man at 48 % av byggene som rehabiliteres oppnår energistandard B/Lavenergibygg og de resterende rehabiliteres til energistandard D.

I potensialberegningene har vi kun tatt hensyn til nybygg og rehabiliterte bygg etter 2010. Det er ikke tatt hensyn til bygg hvor det kun utføres enøk-tiltak, da disse tiltakene gjerne er mindre tiltak hvor det anses som lite sannsynlig at installasjon av solvarmesystem vil finne sted. Ved nybygging og rehabilitering vil det være mer naturlig å vurdere solvarme, spesielt sett i lys av de nye byggeforskriftenes krav om at en stor andel av energibehovet ikke skal dekkes fossile brenslers eller direktevirkende elektrisitet.

Basert på endringsraten i tabell 14 over vil man ved inngangen til 2020 ha følgende energibehov til romoppvarming og tappevann i nybygg og rehabiliterte bygg, GWh/år:

Tabell 15 Varmebehov i nybygg og rehabiliterte bygg ved inngangen til 2020, GWh/år. Samlet utgjør dette 7,4 TWh/år.

	Nybygg				Rehabilitering			
	A/Passivhus	C/TEK10	B/Lavenergi	D	Romopp- varming	Tappe- vann	Romopp- varming	Tappe- vann
Boliger	218	218	748	362	438	453	1080	522
Yrkesbygg	221	147	939	160	391	114	1302	124

Dersom man antar at alle nybyggene får sentralvarme og at 11 % av boligene og 50 % av yrkesbyggene (basert på statistikk i SSB.no) som rehabiliteres har sentralvarme, er det disse byggene som utgjør det teoretiske potensialet for utnyttelse av solvarme. Det forutsettes at 60 % av tappevannsbehovet og 30 % romoppvarmingsbehovet dekkes av solvarme. Tabellen under viser det teoretiske potensialet for solvarme i Norge fram til 2020. Det er ikke tatt hensyn til enøk-tiltak.

Tabell 16 Teoretisk potensial for solvarme ved inngangen til 2020, GWh/år. Samlet utgjør dette 1,6 TWh/år.

	Nybygg				Rehabilitering			
	A/Passivhus	C/TEK10	B/Lavenergi	D	Romoppvarming	Tappevann	Romoppvarming	Tappevann
Boliger	65	131	224	217	14	30	36	34
Yrkesbygg	66	88	282	96	59	34	195	37

Med utgangspunkt i at en solfanger, i gjennomsnitt, for landet, leverer 300 kWh/m² i året vil man ha behov for 5,3 millioner m² solfanger for å dekke 1,6 TWh/år.

Hvis man tar utgangspunkt i funnene om utnyttelsesgrad fra studien “Potential for Building Integrated Photovoltaics” [39] vil man få et estimat over hvor stor del av arealet på bygningsmassen som kan egne seg til å plassere ut solceller eller solfangere. Studien definerte utnyttelsesgraden som areal egnet både mht stråling og bygningsutforming pr. grunnflateareal. For landene som er undersøkt er utnyttelsesgraden 0,4 for tak og 0,15 for fasader.

Ved inngangen til 2020 vil 95 millioner m² av bygningsmassen være nybygd og rehabilitert. Anslått grunnflate for disse byggene er 70 millioner m² [42]. Det vil si at for nybygg og rehabiliterte bygg i perioden 2010 til 2020 vil man ha 28 millioner m² tak og 10 millioner m² fasade tilgjengelig for plassering av solceller og solfangere. Teknisk sett, er det er tilstrekkelig tilgjengelig areal til 5,3 millioner m² solfangere.

Teknisk potensial for solceller

Med utgangspunkt i at vi ved inngangen til 2020 har 28 millioner m² tak og 10 millioner m² fasade tilgjengelig for plassering av solceller og solfangere på nybygg og rehabiliterte bygg, og samtidig et teknisk potensial for 5,3 millioner m² solfanger, vil vi teknisk sett ha 32,7 millioner m² tilgjengelig for solceller. Dersom et gjennomsnittlig solcellepanel i Norge leverer 100 kWh/m² i året vil det teknisk potensialet for solstrøm være 3,3 TWh/år. Dvs at vi kan dekke 75 % av elektrisitetsbehovet i nybygg og rehabiliterte bygg i 2020.

Basert på endringsraten i Tabell 14 vil man ved inngangen til 2020 ha dette elektrisitetsbehovet i nybygg og rehabiliterte bygg, GWh/år:

Tabell 17 Elektrisitetsbehov i nybygg og rehabiliterte bygg ved inngangen til 2010 (bygd/rehabilitert etter 2010), GWh/år. Samlet utgjør dette 4,4 TWh/år. Dette er energibehov som kun kan dekkes ved elektrisitet.

	Nybygg		Rehabilitering	
	A/Passivhus	C/TEK10	B/Lavenergi	D

Boliger	450	579	498	836
Yrkesbygg	489	619	449	478

Praktisk potensial for solfangere

Det praktiske potensialet vil være avhengig av tilgjengelighet, både på kompetanse og produkter, pris i konkurranse med andre energileverandører som for eksempel varmepumper og risikovillighet. Under risiko hører leverandører og installatørers vilje til å satse på et nytt produkt, kunders vurdering av framtidig utvikling på pris på alternative energikilder, kunders vurdering med hensyn til framtidig drift og vedlikehold. Man må også ta i betraktning hvordan forskriftenes krav til energifleksibilitet vil bli praktisert. Her vil alternative energipriser samt leverandører og installatørers kunnskaper spille en rolle for hvilke løsninger som blir valgt for å oppnå kravene. Det praktiske potensialet vil kunne påvirkes ved å øke informasjonen og kunnskapen både hos kundene og leverandører/installatører. Dersom man setter seg et målbart mål på antall m² installerte solfangere innen 2020 med tilhørende virkemidler for å oppnå målet vil man kunne styre det praktiske potensialet.

Det tekniske potensialet for solvarme i tilknytning til nybygg og rehabiliterte bygg (utført etter 2010) på 1,6 TWh/år tilsvarer 5,3 millioner m² solfangere. Ved vurdering av hvor mye av dette potensialet det er realistisk å få realisert, har vi hatt to utgangspunkt; 1) mulig utvikling i Norge basert på prognoser for nybygg- og rehabilitering samt utvikling av varmebehov og 2) mulig utvikling i Norge basert på realisert utvikling i andre land i Europa:

1) Mulig utvikling i Norge basert på prognoser for nybygg- og rehabilitering samt utvikling av varmebehov ved skjerping av byggeforskrifter

Vi tar utgangspunkt i prognosene for energibehov i nybygg og rehabilitering fra tabell 13 og 14. Vi mener det er realistisk å anta at 50 % av nybyggene som oppføres i perioden 2010-2020 utføres med sentralvarme og at 10% av disse byggene igjen vil få installert solvarmeanlegg. Tilsvarende mener vi at det er realistisk å anta at av de byggene som rehabiliteres i periode, vil 5% av de som allerede har sentralvarme få installert solvarmeanlegg. Det er videre realistisk å forutsette en dekningsgrad for disse anleggene på 25 % av det totale varmebehovet [43], og de vil da bidra med *totalt 53 GWh/år*. Dette utgjør drøyt 3 % av det teoretiske potensialet på 1,6 TWh/år, i nybygg og rehabiliterte bygg ved inngangen til 2020.

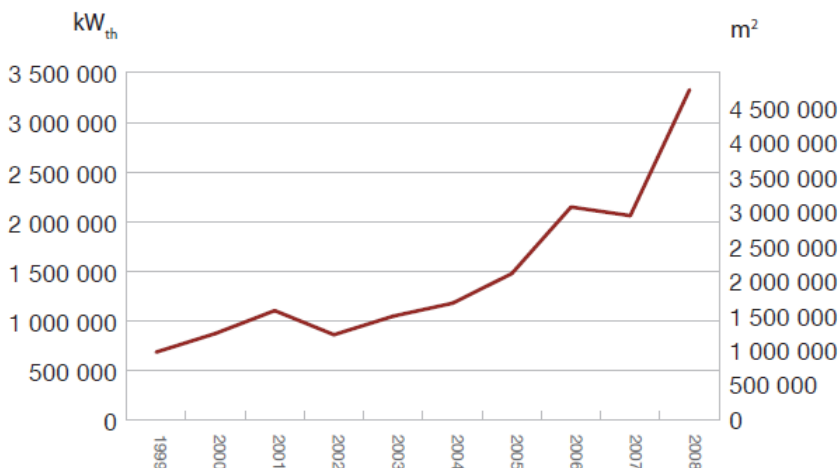
2) Mulig utvikling i Norge basert på realisert utvikling av solvarmemarked i andre land i Europa

I Norge var det i 2007 installert solvarmeanlegg tilsvarende totalt 9,9 MW [44]. Dette tilsvarer ca. 14.000 m². Til sammenligning var det installert 308 MW i Danmark og 232 MW i Sverige.

Den europeiske solfangerindustriens fellesorganisasjon, ESTIF, utgir hvert år en oversikt over utviklingen i solvarmemarkedet i flere land i Europa [45]. Oversikten fra 2009 viser markedsveksten i årene 1999 til 2008, dvs over en tiårsperiode, se figur 34 under. Utviklingskurven viser omtrent samme trend for alle de ulike landene, selv om startpunktet er forskjellig (kurven er noe brattere for land som er i starten av en markedsutvikling for solvarme).

For EU27 + Sveits økte installasjonsraten fra rundt 2 m² solfanger pr. 1000 innbyggere i 1999 til 7,5 m² solfanger pr. 1000 innbyggere i 2008. Installasjonsraten gikk noe ned igjen i 2009. I 2009 var det totalt installert drøyt 60 m² solfanger pr. 1000 innbyggere i dette området.

Solar thermal markets in EU27+ Switzerland (glazed collectors)



Figur 35. Utvikling av markedet for solfangere i Europa fra 1999 til 2008 [45].

Dersom vi i Norge klarer å få til en tilsvarende vekstrate på installasjon av solfangere i perioden 2010-2020 som man så i EU på 2000-tallet, vil vi ved inngangen til 2020 ha installert rundt 220 000 m² solfangere i Norge. Ved en leveranse på 300 kWh/m² utgjør denne installasjonen totalt 66 GWh. Ved sammenligning med verdiene i tabell 16, ser vi at disse 220 000 m² solfangere kan dekke 4 % av det teoretiske potensialet på 1,6 TWh/år, i nybygg og rehabiliterte bygg i perioden 2010-2020. Dette utgjør 45 m² solfanger pr. 1000 innbyggere i Norge ved inngangen til 2020.

Praktisk potensial for solceller

IEA anslår at solceller kan bidra med 2 % av global elektrisitetsproduksjon i 2020 [44]. Markedet for solceller, utenfor Norge, har økt med over 35 % årlig fra 1998 til 2007, i 2009 var det installert 22 GW og det forventes tilsvarende vekst i 2010.

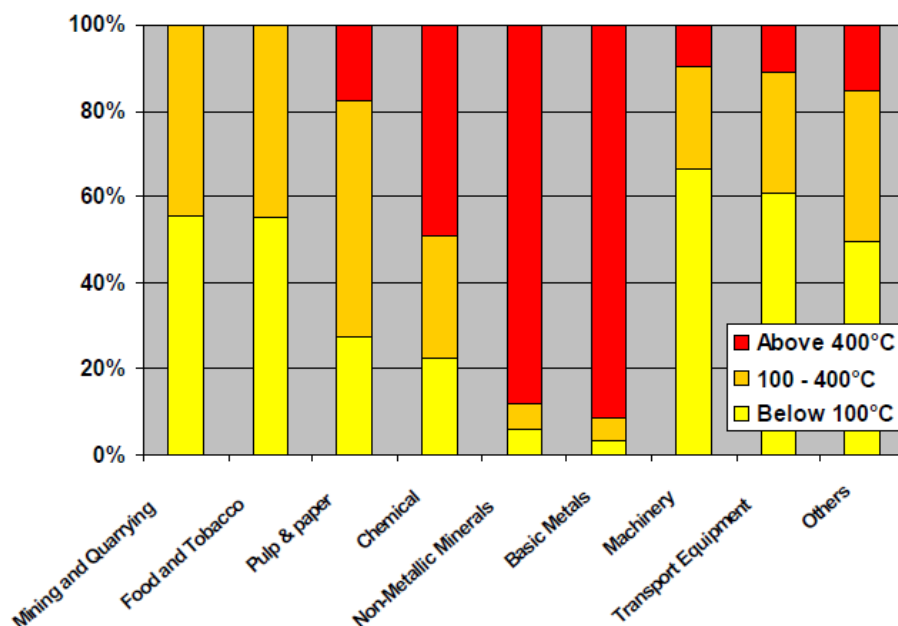
I Norge er det installert rundt 8 MW, og 93 % av dette er ikke tilknyttet nettet [44]. Det anses at markedet for solceller i Norge fortsatt vil være lite frem mot 2020. Hvis den politiske satsingen mot nullutslippsbygg fortsetter, samtidig som at man når målene om prisreduksjon, vil imidlertid solceller kunne spille en betydelig rolle i Norge frem mot 2050.

5.3. Potensial industrielle formål

I prinsippet kan solvarme også være aktuelt å benytte i forbindelse med produksjon av industriell prosessvarme i lavere til midlere temperaturområder. Både internasjonalt og i Norge brukes

solvarme bare i liten grad til produksjon av prosessvarme eller andre industrielle formål, ref figur 33 over. Vi ser blant annet at selv i Østerrike, der solvarme brukes relativt mye i forhold til mange andre land, utgjør anvendelse til industrielle formål bare 3-4 % av den samlede solvarmeproduksjonen.

En rapport utgitt fra IEA i 2008 gir et bilde av hvordan potensialet for industriell utnyttelse av solvarme kan utvikles i tiden fremover [2]. Rapporten identifiserer bl.a. de industrielle sektorene hvor solvarme er mest interessant. Videre slår den fast at det hittil i verden er ca. 90 anlegg som leverer solvarme til industrielle prosessformål, med en samlet kapasitet på rundt 25 MW_{th} (om lag 35 000 m² solfangerareal).

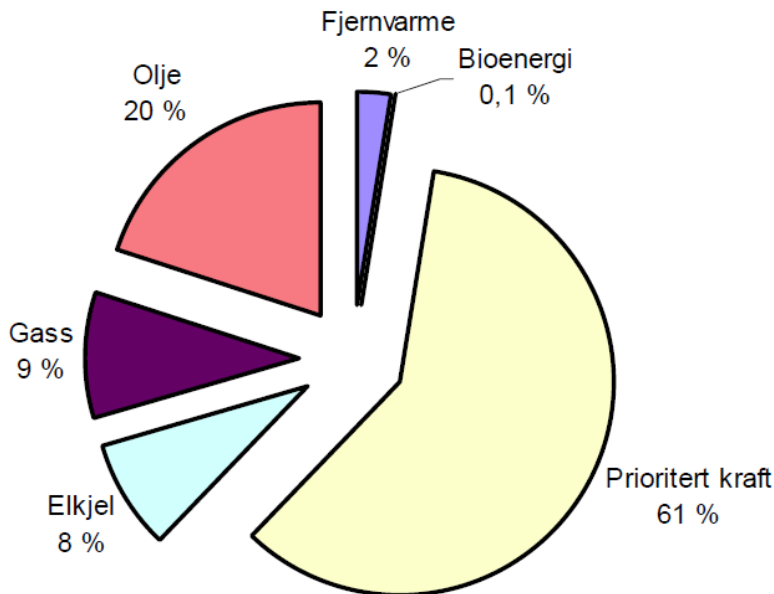


Figur 36: Varmebehov etter temperaturnivå og industrisektor. Data for 2003, 32 land: EU25 + Bulgaria, Romania, Tyrkia, Kroatia, Island, Norge and Sveits [46].

For å belyse industripotensialet for solvarme viser rapporten hvordan ulike bransjer anvender varme med ulike temperaturnivåer. Fra figur 36 ser vi bl.a. at bruk av lavtemperatur varme i bransjer som næringsmidler og treforedling er relativt stor. Norsk treforedling dekker store andeler av sine termiske energibehov internt, og vil neppe være aktuell som stor bruker av solvarme. Næringsmiddelindustrien derimot, har visse behov for lavtemperatur varme. Settefiskindustrien og vaskerier kan også være aktuelle brukere av solenergi.

I 2005 bestod næringsmiddelindustrien av om lag 2200 bedrifter, med nærmere 50 000 ansatte. Nær halvparten av bedriftene er små med under 5 ansatte. I 2006 utgjorde samlet bruk av el i denne næringen i underkant av 3 TWh, eller 5,6 % av industriens samlede kraftforbruk. I tillegg brukte næringsmiddelindustrien i ca 1,7 TWh fra andre energikilder (olje, gass, avfall, damp og fjernvarme). Næringsmiddelindustrien står for 5,4 % av energibruken i industri og bergverk. Til forskjell fra flere andre industrigrener som f.eks. treforedling, sildolje m.fl. betaler næringsmiddelaktørene høyere avgifter på energi. Dette kan muligens virke motiverende bl.a. for

satsning på solvarme. Fisk, kjøtt og meierier er de næringsgrupper som bruker mest energi, og disse tre bransjene står for mer enn halvparten av energibruken innenfor næringsmiddel-industrien.



Figur 37: Fordeling av energibærere i næringsmiddel- og settefiskindustrien (SSB 2005).

I vedlegget (avsnitt 9.2) er det beskrevet de mest aktuelle segmenter og formål som kan tenkes å benytte solvarme.

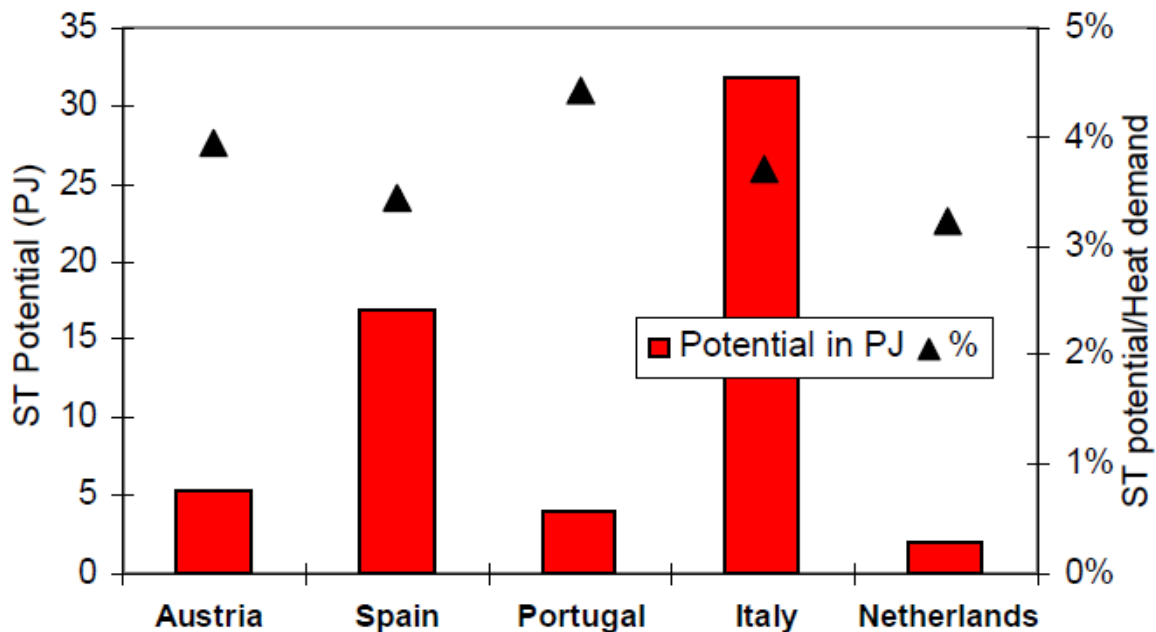
Tabell 17 gjengir hvordan energi benyttes i næringsmiddelindustrien. I noen bransjer er det mulig å peke på mer konkrete tall for lavtemperaturbehov. I sum er det identifisert om lag 365 GWh/år. I tillegg til dette kommer en andel av lavtemperaturbehovet i vaskeribransjen, dvs en andel av 150-200 GWh/år. Et grovt estimat av behovet for lavtemperatur prosessvarme i Norge kan på bakgrunn av dette ligge på om lag 500 GWh/år.

Tabell 17: Oversikt over total energibruk og behov for lavtemperaturvarme i næringsmiddel- og settefiskindustri [47].

Bransje	Total energibehov [GWh/år]	Lav-temperaturbehov [GWh/år]
Settefiskanlegg	165	20
Kjøtt- og kjøttvarer	625	180
Fisk- og fiskevarer	1100	
Konserv. frukt og grønt	225	
Prod. av oljer og fett	190	
Meierivarer og iskrem	500	100
Kornvarer, stivelse	110	
Fôrvarer	600	
Andre næringsmidler	600	
Drikkevarer	250	65
SUM	4365	365

IEA-rapporten "Potential for Solar Heat in Industrial Processes" [2] antyder hvilke andeler av industriens behov som kan dekkes med solvarme i noen utvalgte land. Anslagene ligger i intervallet 1-5 % av det samlede lavtemperaturbehovet. Man ser at solvarme kan ta relativt større andeler i middelhavslandet Italia enn det som er anslått for Østerrike og Nederland.

På bakgrunn av konklusjonene i rapporten peker mye på at 1 % markedsandel sannsynligvis vil være representativt som et industrielt solvarmepotensial for Norges del. Det vil i så fall være i størrelsesorden 5 GWh/år. Usikkerheten ved et slikt tall er imidlertid stort.



Figur 38: Solvarmepotensial i utvalgte Europeiske land [2].

Solvarme vil møte en del barrierer som muligens vil kunne redusere dette mer teoretiske potensialet. Barrierer som vil kunne redusere potensialet for solvarme i industrien er bl.a. at industrien prioriterer:

- Investeringer i nytt og mer effektivt produksjonsutstyr på generell basis
- Investeringer i enøktiltak (for eksempel varmegjenvinning) og andre fornybare løsninger
- Løsninger som har større forutsigbarhet og regularitet
- Solenergi, bare dersom klima, og produksjonsanleggenes beskaffenhet for øvrig tilsier det.

Utnyttelse av solvarme vil også kunne økes dersom:

- Industrien ønsker å eksponere miljøvennlighet
- Øker sitt miljøengasjement og er villige til å påta seg noe mer sammensatt energiforsyning

- Responderer på eventuelle større økninger i el- og oljepriser
- Kunnskap og motivasjon bygges opp i nøkkelbedrifter som eier mange produksjonsanlegg, eksempelvis Nortura og Tine Meierier.

6.MULIGHETER OG BARRIERER

6.1.Solvarme

Solvarmeteknologi og -løsninger hindres ofte av de samme barrierer som andre ”fornybare” teknologier, eller effektiviseringsteknologier. Fellestrekk for disse er ofte høyere investeringsbehov, større anleggskompleksitet i forhold til alternativer med elektrisitet eller olje, behov for samhandling mellom flere byggfag osv. Avsnittet nedenfor peker på barrierer og muligheter som gjelder mer spesifikt for solvarme.

Barrierer og muligheter henger i mange tilfeller sammen. For eksempel vil en svak tilbudsside henge sammen med tilsvarende svak etterspørselsside. Styrkes etterspørselssiden bl.a. ved at forbrukere tilbys informasjon og økonomisk støtte, vil tilbudssiden styrke seg etter hvert.

Barrierer

Leverandører av solvarmeprodukter

Norske leverandører av solvarmeanlegg er relativt små, har begrensede ressurser og har i noen tilfeller begrenset erfaring og kompetanse. Ofte skorter det på evnen til å tilby ferdig monterte anlegg med funksjons- og driftsgarantier.

Konservativ bygg og anleggsbransje

Solvarmeanlegg opplever motstand i andre deler av byggebransjen da nye produkter fortrenger tradisjonelle løsninger. Dette er et generelt problem knyttet til innføring av nye produkter, materialer, rutiner osv.

Manglende kompetanse hos fagrådgivere

Det mangler i dag kompetanse blant rådgivende ingeniører og det er behov for utvikling av verktøy og veiledninger .

Arkitekter trenger bedre kunnskap om solenergi, både mht. god design og gode energiløsninger. Det er en utfordring at markedet for solenergi i Norge er relativt nytt og umodent med tanke på kunnskapsnivå innen planlegging, prosjektering, montering og service/oppfølging. Det er stort behov for kompetanseheving og kvalitetssikring i alle ledd.

Manglende insentiver

Med unntak av noen kommunale ordninger, bl.a. i Oslo, er det først og fremst Enovas støtteordninger som gjelder for solenergi. Det finnes en ordning for solvarme alene, men ikke en ordning som tar høyde for anlegg som nyttiggjør seg av flere teknologier (kombinasjonsløsninger) slik som sol/pellets, eller sol/ved. Samtidig er man blitt klar over at solvarme i flere tilfeller føyes til allerede eksisterende varmeanlegg med bioenergi som basis.

Husholdninger, forbrukere, utbyggere, eiendomsforvaltere

En barriere for bruk av aktive solvarmesystemer, i Norge og i andre land, er mangel på kunnskap om solenergisystemer samt mangel på gode eksempler av installasjoner. Dette gjelder trolig både for det profesjonelle markedet (utbyggere/eiendomsutviklere/eiendomsforvaltere), så vel som for privatmarkedet (husholdningene/forbrukere generelt).

Man må klare å kommunisere at muligheten til å bruke solenergi i Norge, spesielt i de sør-østlige delene av landet, ligger på omtrent samme nivå som sentral-Europa.

Økt investeringsbehov og svak lønnsomhet

I de fleste tilfeller vil solvarmeanlegg normalt ikke kunne dekke hele boligens varmebehov. Solvarme vil derfor utgjøre et supplement til et varmeanlegg med kapasitet til å dekke hele byggets varmebehov alene. Investeringer til solvarmeanlegg kommer derfor i tillegg til investeringer i "basisanlegget". Skal solvarmeanlegget være lønnsomt, bør kostnadene i prinsippet være lavere pr kWh, enn det man må betale for brensel for å drive "basisanlegget" (marginalkostnader for drift av dette).

Nedenfor sammenlignes kostnader for ulike varmeløsninger i to aktuelle typer bygg. Det første tilfellet omfatter rehabilitering av varmeanlegget i en eldre enebolig. Det andre tilfellet er en ny enebolig i lavenergistandard. I begge tilfeller sammenlignes kostnader med og uten en solvarmekomponent.

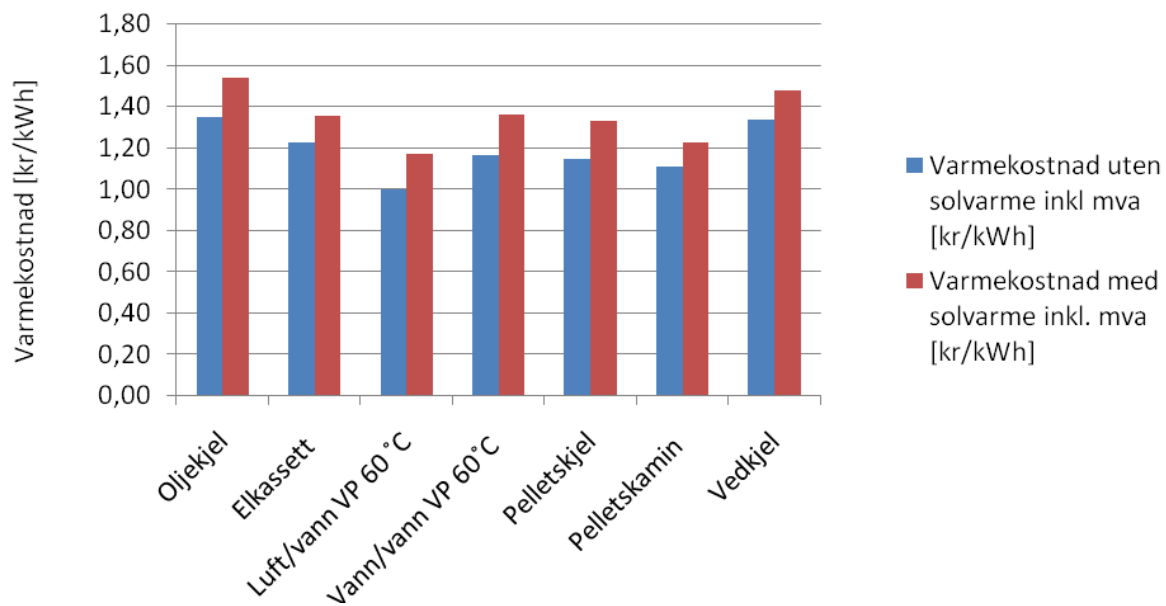
Hvor mye av oppvarmingsbehovet som kan dekkes med sol, vil være avhengig av mange faktorer, bl.a. valgt teknologi og dimensjonering av solfanger og akkumulatortank, boligens spesifikke oppvarmingsbehov og ikke minst det reelle bruksmønsteret. I det følgende er det lagt opp til at solvarmekomponenten kan dekke 50 % av varmtvannsbehovet og hhv. 8 % og 15% av romoppvarmingsbehovet for de to tilfellene. Investeringskostnader for solvarmeanlegg varierer mye, avhengig av leverandør og montasjekostnader. Det er regnet med 56 000 kr eks. mva. for et solvarmeanlegg bestående av 8 m² vakuumrørsolfanger, 750 liter akkumulatortank, styringssystem, montasjemateriell rørledninger etc. For montasjekostnader er det regnet med 15 000 kr eks. mva, hvilket bør oppfattes som forholdsvis rimelig. Kostnadsforutsetningene finnes i vedlegg (avsnitt 9.3).

Det er ikke tatt hensynt til offentlig støtte og andre verdier som f. eks. økt verdi ved salg.

I beregningene er det forutsatt at varmedistribusjon skal installeres uavhengig av valgt teknologi. Kostnadene for varmedistribusjon er derfor ikke tatt med i regnestykket. Som følge av lavere effektbehov for lavenergistandard, er investeringskostnadene for utstyr redusert noe i forhold til alternativet med bruk av solvarme i eksisterende eneboliger.

Når man kombinerer solenergi med andre løsninger, viser beregningene at varmekostnadene øker med i størrelsesorden 10-15 øre/kWh. Beregningene viser at solvarme er ulønnsomt å legge til som komponent i varmesystemet. Mest ugunstig er solvarme kombinert med luft/vann varmepumpe og oljekjel. Selv om den fortsatt er svak, er økonomien bedre når solvarme kombineres med el-kassett.

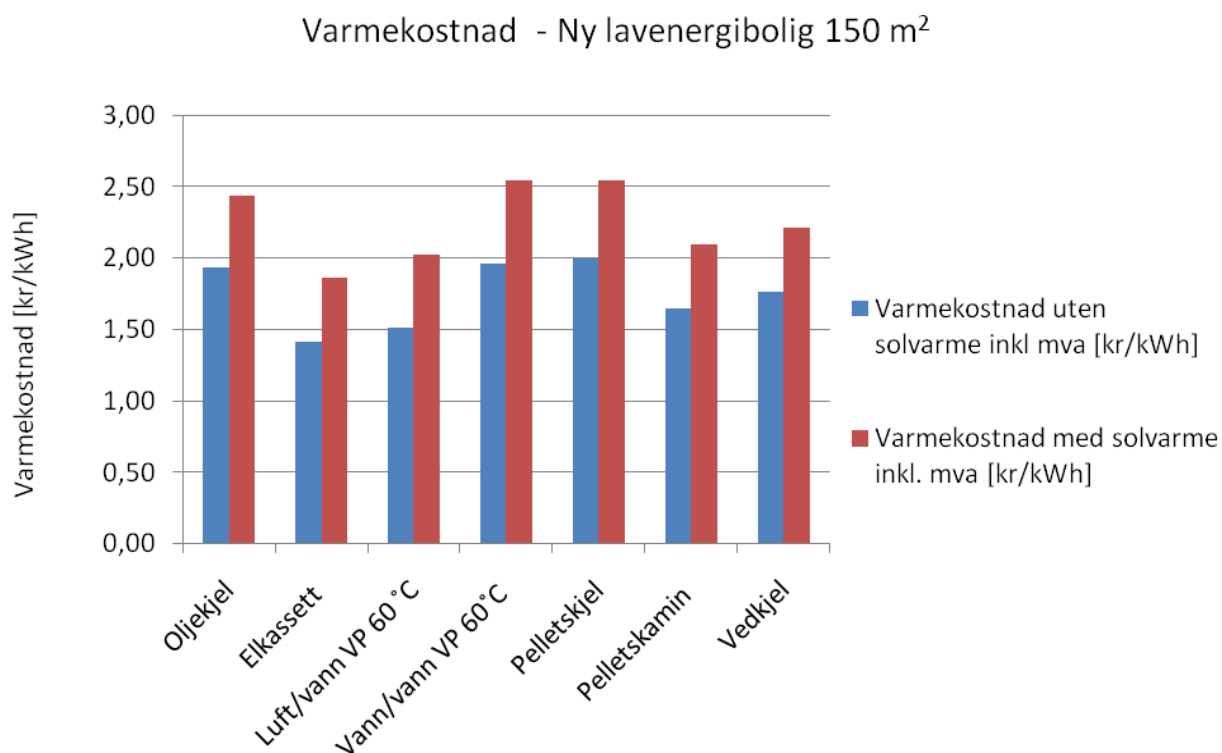
Varmekostnad - Rehabilitering eldre enebolig



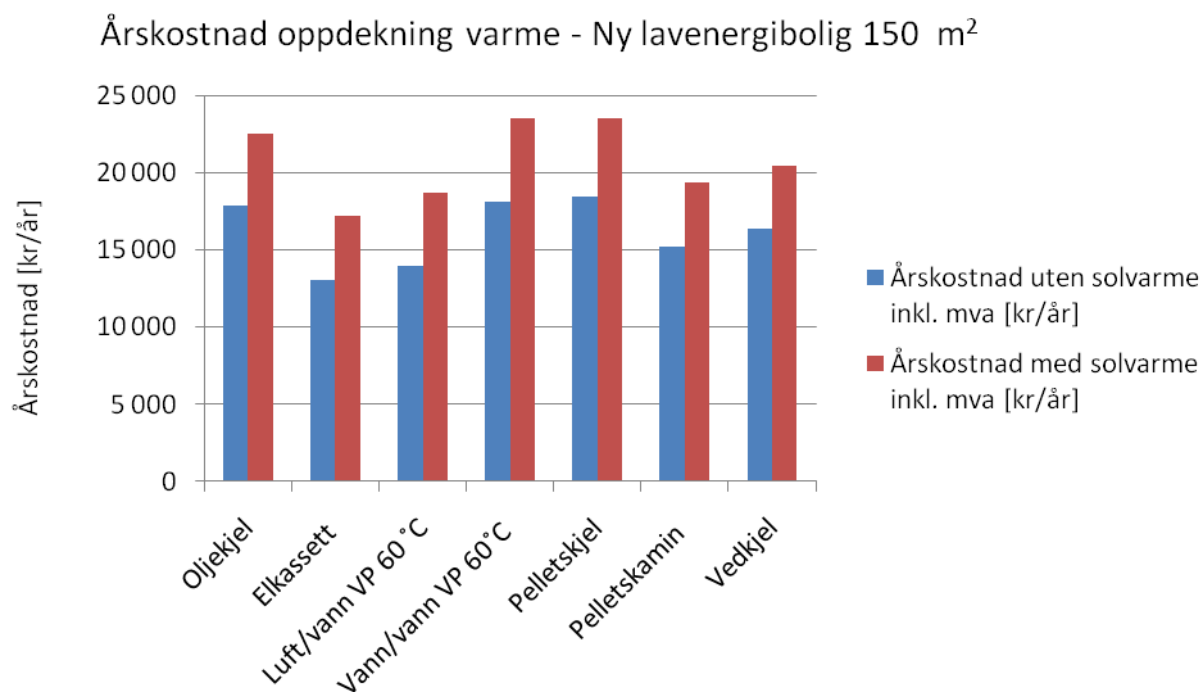
Figur 39: Solvarme som komponent i renovert varmeanlegg i eldre enebolig på 150 m².

For større boliger, flermannsboliger eller rekkehus med felles varmeproduksjon kan både solvarme og løsninger med høye kapitalkostnader komme bedre ut. Dette skyldes at investeringskostnader per installert kW reduseres for større anlegg, og at energibehovet øker slik at anleggene kapasitet kan utnyttes på bedre.

Dersom man ser på varme- og årskostnader for nye boliger med lavenergistandard, dvs. boliger med et energibehov på 95 kWh/m²/år, ser man at installasjon av solvarme resulterer i økte årskostnader for alle undersøkte alternativer. Selv om årskostnader for oppdekning av varmebehovet er betydelig lavere enn for case "rehabilitering eldre eneboliger", tyder beregningene på at lønnsomheten for solvarmeanlegg i lavenergiboliger er enda svakere enn for eksisterende boliger med energibehov på 200 kWh/m²/år. Dette skyldes hovedsakelig at økte kapitalkostnader for solvarmeanlegg må fordeles på færre kWh.

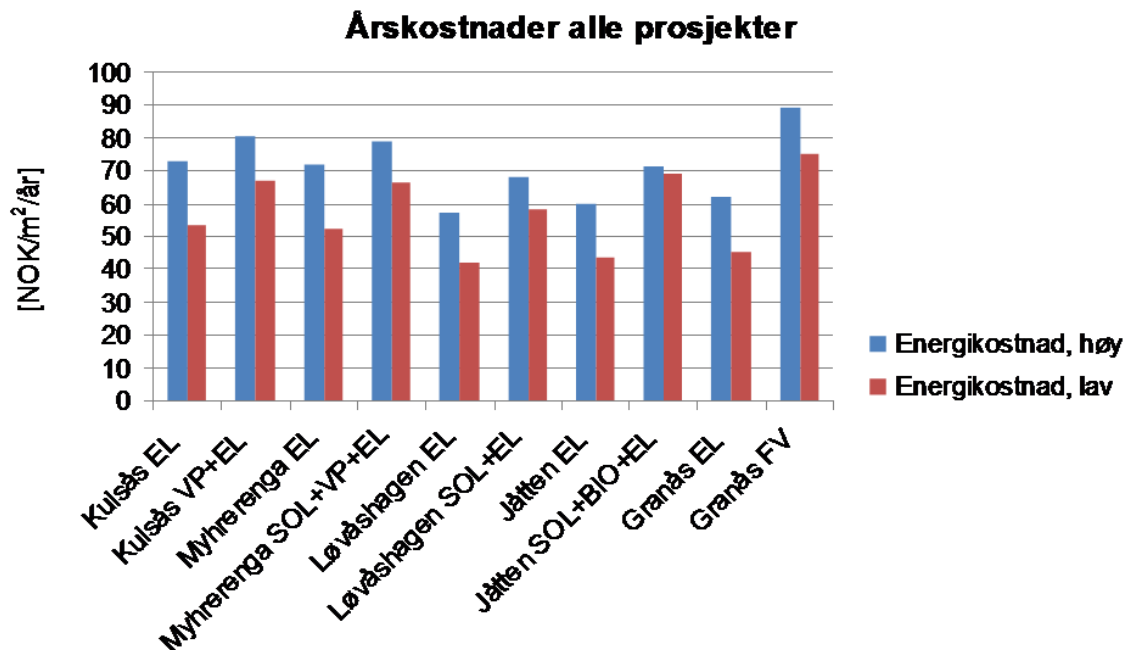


Figur 40: Ekvivalent varmekostnad varmebehov for en ny lavenergibolig på 150 m².



Figur 41: Årskostnad for oppdekning av varmebehov for en ny lavenergibolig på 150 m².

SINTEF Byggforsk har nylig gjennomført en studie av 5 utbyggingsprosjekter med lavenergi- og passivhus, hvor det bl.a. ble sett på årskostnader for ulike varmforsyningsløsninger [48]. Utbyggingsprosjektene størrelse varierte fra 13 (Kulsås i Trondheim) til 700 (Jåtten Øst i Stavanger) boenheter. Studien viser at solvarmesystemer ble valgt/anbefalt i 3 av de 5 prosjektene. I et av prosjektene (Løvåshagen i Bergen) ble det valgt en ren sol/el-løsning med separate systemer for hver leilighet, mens i de to andre prosjektene ble det valgt sentralvarmeløsning med kombinasjon av sol/varmepumpe/el (Myhrerenga, Skedsmo), og sol/bio/el (Jåtten, Stavanger).



Figur 42: Sammenligning av årskostnader for utvalgte varmforsyningsløsninger for alle prosjektene i case-studien [48].

Kostnadene er angitt pr. boenhet, og levetiden er satt til 20 år. Det er forutsatt 4 % kalkulasjonsrente for alle prosjektene. Det er benyttet to ulike verdier for el-pris og fjernvarmepris (energipris høy og lav): Elpris-høy = 120 øre/kWh, Elpris-lav = 85 øre/kWh, FV-høy = 100 øre/kWh, FV-lav = 70 øre/kWh.

Studien viste videre at:

- Årskostnadene domineres av kapitalkostnader for alle varmesystemene bortsett fra for dem med stort innslag av elektrisitet, der de variable kostnadene (el-kostnadene) dominerer. Varmesystemene basert på et stort innslag av elektrisitet har de laveste årskostnadene, hvis man forutsetter laveste energipris. Hvis man forutsetter høy energipris og lav kalkulasjonsrente, er det flere alternative varmesystemer som nesten kan konkurrere med direktevirkende el.
- Årskostnadene varierer fra 40 NOK/m²/år (Løvåshagen EL, lav energikostnad, 4 % kalkulasjonsrente) til 130 NOK/m²/år (Granås SOL+FV+EL, høy energikostnad, 7 % kalkulasjonsrente).

- Årskostnadene varierer med opptil 40-50 % avhengig av om man forutsetter lave eller høye energikostnader og kalkulasjonsrenter. Spesielt er årskostnadene svært følsomme for energipris.

Studien gir ikke grunnlag for å trekke noen generelle konklusjoner mht. hvilket varmesystem som er det mest lønnsomme, men systemer med solvarme ser ut til å være konkurransedyktige med andre alternative varmesystemer basert på varmepumper og fjernvarme. Biovarmeanlegg ser ut til å gi lavere årskostnader enn solvarme, varmepumpe- og fjernvarmeanlegg, men andre forhold har gjort at bio-alternativet har blitt valgt bort. Grunnen til dette kan være manglende tilgang på lagerplass, usikkerhet mht. brenselleveranse, etc.

Boks 4: Et illustrerende eksempel

En enebolig fra 1970-tallet varmes opp med direktevirkende el. Men varmvannsberederen er moden for utskiftning, og den lokale rørleggeren, som tilfeldigvis er solenergientusiast, foreslår en solvarmeløsning til forvarming av tappevann.

Husholdningen bruker ca 4500 kWh/år til tappevannsoppvarming, og rørleggeren anslår at om lag 2500 kWh kan dekkes med solenergi. Dette betyr i så fall besparelser på strømgningen tilsvarende 2000-2500 kr/år.

En ny varmtvannsbereder tilpasset solvarme, 6 m² solfangere, montasjearbeid, rørdeler og styring vil ligge på rundt 40-50 000 kr, noe som betyr en tilbakebetalingstid på mer enn 15 år.

En slik investering konkurrerer om husholdningens penger til ny sofa, sydentur og nedbetaling av lånet på den nye bilen. Dessuten vil rørapplegget i kjelleren stedvis være i veien, naboen mener solfangeren ikke passer på taket og blikkenslageren forteller om muligheter for lekkasje der rørene fra installasjonene på taket føres ned. Utover svak lønnsomhet, opplever dessverre mange en del tilleggsargumenter mot å installere solvarme. Det er kanskje årsaken til at vi anvender lite solvarme i Norge?

Muligheter

Markedsføring

Solenergi som oppvarmingsløsning kan markedsføres bedre bl.a. ved å vise frem praktiske eksempler, forbildeprosjekter, som kan dokumentere at byggene/anleggene fungerer. Dette krever mer måling, etterprøving og energioppfølging enn i dag.

Synlig PR-verdi for eier

Solvarmesystemer er synlige installasjoner i et bygg, og vil derfor gjerne foretrekkes av byggherrer som ønsker å vise sin miljøprofil.

Bruker/forbruker veiledning.

Husholdninger og andre som ønsker å undersøke alternativer til el og olje som oppvarmingsløsning, står overfor store utfordringer. Det bør utvikles informasjon om alle aktuelle teknologier og løsninger som bl.a. gjennom eksempler kan vise praktisk gjennomføring,

kostnader, vedlikeholdsbehov med mer. I dag er det meget krevende å orientere seg, og senere kvalifisere seg som kjøper.

Forbedrete støtteordninger

Det er behov for mer fleksible, ubyråkratiske, forutsigbare støtteordninger. I tillegg bør støtteordningene være markedsført på en mer synlig måte. Man bør vurdere om støtteordningene kan dekke en større andel av investeringene enn i dag. Flere leverandører peker på behov for økt støtteandel utover dagens nivåer.

Det finnes også barrierer knyttet til Enovas støttetilbud. Et eksempel er sol – pelletsløsninger, der en må søke om tilskudd med utgangspunkt i hver av energibærerne, og ikke i for en samlet løsning

I tillegg til styrking av leverandørenes kompetanse, har Norsk Solenergiforening tatt til orde for å øke støttesatsene til solenergi fra 20 % til 40 %, med gradvis avkorting etter en konkret modell. I dette ligger også et forslag om å heve maksimalbeløpet for solfangere fra kr 10 000 til kr 20 000. Det foreslås videre at ordningen gjøres rettighetsbasert fordi man mener at selve søknadsprosessen er en barriere.

Nye tekniske forskrifter

De tekniske forskriftene til Plan- og bygningsloven setter stadig strengere krav til energieffektivitet. Allerede nå signaliserer myndighetene krav om passivstandard for nye bygg i 2020, eller kanskje allerede i 2015. Forskriftene setter også krav til at en viss andel av energibehovet skal kunne dekkes med fornybar energi utenom el. Disse kravene vil kunne bidra til et økt marked for solenergiløsninger.

6.2. Solstrøm

Barrierer

Høye produksjonskostnader for elektrisitet fra solceller

Per i dag er produksjon av elektrisitet fra solceller vesentlig dyrere enn markedspris for el i Norge. Det eksisterer ikke støtteordninger, som f. eks. i Tyskland eller i Frankrike, som sikrer lønnsomheten for investorer/brukere.

Høy andel fornybar el

Norge har den høyeste andel fornybar elektrisitet i Europa. Motivasjonen for å innføre nye relativt kostbare former for ny elektrisetsproduksjon er derfor lavere.

Spisslast vs grunnlast

I Sør Europa og andre steder med gode solforhold og varmt klima, brukes el i høy grad til drift av kjøleanlegg. På slike steder er det ofte direkte sammenfall mellom elproduksjon fra solcelleanlegg og maksimalt el-behov i elnettet. I slike nett kan solcelleanlegg oppfattes som ”spisslastkraftverk”. Dette betyr at solcelle-strømmen ofte oppnår en høy verdi i disse områdene. I Norge er situasjonen en helt annen. Vårt behov for el er størst i vintermånedene når også

solressursene er lavest. Vel er markedsprisene på el også høyest i denne perioden, men det betyr uansett lite for solcelleanleggets konkurranseevne.

Toveis kommunikasjon

Innen 2020 bør en forvente at såkalt 2 veis kommunikasjon mellom el-distributør og forbruker i stor grad er utbygd. Det betyr at forbruket av el kan bli styrt ut fra prissvingninger over døgnet. Dette vil bl.a. kunne føre til at husholdninger og andre vil velge å varme forbruksvann om natten når strøm forventes å være forholdsvis rimelig. Lave strømpriser om natten vil bidra til å dempe presset i el-nettet i høylast perioder, og dermed gi en bedre utnyttelse av el-nettet og unngå investeringer i marginalkapasitet. Lave elpriser vil på denne måten kunne virke negativt inn på lønnsomheten for solenergialternativene (el og varme), så vel som andre fornybare løsninger.

Kompetanse og kapasitet på leverandørsiden

Som følge av lav etterspørsel er det få kompetente leverandører i det norske markedet. For nettilkoblede anlegg må det derfor regnes med betydelig høyere investeringskostnader per installert W_p enn i mer modne markeder.

Kompetanse på kjøpersiden

En byggherre som ønsker å installere et solcelleanlegg, og som er villig til å betale ekstra for det, har normalt ikke tilstrekkelige kunnskaper til å lage spesifikasjoner, og sammenligne tilbud. Dette kan medføre at motiverte kjøpere "gir opp" fordi hele ideen om solcelleanlegget blir for ressurskrevende, og kompliserer byggeprosessen i for stor grad.

Nettilkobling

Per i dag mangler enhetlige nasjonale rettingslinjer for tilkobling av solcelleanlegg til nettet. For mindre anlegg kan installasjonskostnader og årlige avgifter for ekstra energimåler representere større kostnader enn inntektene av el-leveransen.

Muligheter

Synlig PR-verdi for eier

Solcelleanlegg er synlige installasjoner i et bygg, og vil derfor gjerne foretrekkes av byggherrer/leieboere som ønsker å vise sin miljøprofil. Eksempelvis kan Os Kunst- og Kultursenter, OSEANA nevnes hvor det integreres et ca. 500 m² stort solcelleanlegg i sørfasaden.

Nye tekniske forskrifter/EU-direktiv

I det revidert bygningsenergidirektiv fra EU er det satt mål om at alle nye bygg skal være "nearly zero energy" innen 2020, og offentlige bygg innen 2017. Det er enda ikke spesifisert hva som ligger i begrepet, men det er sannsynlig at det etter hvert også vil komme krav mht. elektrisitetsbruk- og forsyning.

Ny design for bygningsintegrerte solcelle-anlegg

Etter hvert som det kommer nye solcellepaneler for bygningsintegrasjon åpner det seg muligheter for nye estetiske uttrykk. Dette kan medføre økt interesse blant arkitekter som lettere kan integrere solcelleanleggets utseende med estetisk krav til bygget.

Desentrale anlegg

Istedenfor installasjon av nye kraftledninger til avsidesliggende kunder, som iht. konsesjonsvilkår må forsynes med energi, kan det være interessant å bygge desentrale energiforsyningsanlegg bestående av f. eks. solcelleanlegg og strømaggregat.

6.3. utfordringer

En barriere for bruk av aktive solenergisystemer, er mangel på kunnskap om solenergisystemer samt mangel på informasjon om gode eksempler på installasjoner i bygninger.

Det finnes også barrierer knyttet til Enovas støttetilbud. Et eksempel er solvarme kombinert med pellets, der en må søke om tilskudd med utgangspunkt i hver av energibærerne, og ikke for en samlet løsning.

Til tross for at elektrisitet og olje har blitt dyrere i de senere år, er det fortsatt slik at solenergi bare unntaksvis er lønnsomt. I tillegg kommer at solenergianlegg øker kompleksiteten av energianlegget i for eksempel en bygning, og krever som regel spesialkompetanse knyttet til både planlegging og installasjon. Videre krever solenergianlegg forholdsvis store investeringer, og kan dermed bli en likviditetsmessig belastning for prosjekteier.

Kort oppsummert kan man si at rammebetingelsene i Norge ikke er gunstige nok til at byggherrer, huseiere og andre velger å satse på solenergi i noe større omfang.

7.OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler solenergi i form av solvarme og solstrøm. Teknologiene har likhetspunkter, men skiller seg likevel såpass mye, særlig med tanke på kostnader, at de er behandlet hver for seg.

Til tross for at det finnes egnede solenergiressurser i Norge, er utnyttelsen av disse fortsatt beskjedne. I Norge er det så langt installert kapasiteter på om lag 15 MW solvarme og 8 MW solceller. Produsert elektrisitet fra solcelleanlegg benyttes i hovedsak til dekning av el-spesifikke formål på hytter og lignende. Den totale ytelsen fra solvarmeanlegg og solceller innebærer svært beskjedne bidrag til vår samlede energiforsyning. Til sammenligning er installert kapasitet for vannkraft ca. 30 000 MW [44].

Solvarme kan utnyttes ved bruk av teknologi som er relativt moden, og i den senere tid har f.eks. solfangere basert på vakuumisolerte rør vunnet større markedsandeler.

Solceller er i ferd med å konkurrere på steder i verden der solressursene er svært gode og der samtidig strøm levert fra nettet er forholdsvis kostbar. Men primært er det gunstige rammebetingelser, som f. eks. i Tyskland, Spania og en rekke andre land som har bidratt til den sterke veksten i de senere år. Fortsatt teknologiutvikling og industrialisering vil bidra til fortsatt store reduksjoner i enhetskostnader.

Internasjonalt ligger kostnader for solstrøm i dag på 3,5 - 4 kr/kWh i sentral Europa. Erfaringsmessig ligger energikostnadene for solcelleanlegg i Norge godt over dette. Her er det imidlertid tale om et begrenset antall anlegg.

For solvarme vil kostnadene være avhengig av anleggsstørrelse og riktig dimensjonering. For anlegg som ikke har tilstrekkelig avsetning av produsert varme om sommeren vil varmekostnadene øke betydelig. For et typisk kombianlegg på 10-12 m² for en enebolig kan det regnes med ca. 70-120 øre/kWh_{th}. Det vil igjen henge noe sammen med hvordan man regner kostnadene for solkomponentene i de samlede kostnadene for et varmeanlegg, særlig vil dette avhenge av hvordan man regner kostnadene for varmelager og varmedistribusjon. Enhetskostnadene faller når anleggsstørrelsen øker. Gunstigst blir derfor kostnaden pr kWh hos brukere med stort varmekonsum i sommerhalvåret, slik som eksempelvis helseinstitusjoner, syke/aldrehjem, idrettsbygg, svømmehaller m.fl.

En viktig nisje for utnyttelse av solvarme vil være i kombinasjoner med bioenergi, spesielt i husholdninger som har ved- eller pelletsfyrte varmeanlegg fra før. Her vil anleggseierne verdsette å slippe å fyre store deler av sommerhalvåret.

Rapporten anslår teknisk/teoretisk og praktisk/realistisk potensial for utnyttelse av solenergi i Norge. Når det gjelder solvarme til oppvarmingsformål i bygg er det teknisk/teoretiske potensialet som kan oppnås innen 2020 anslått til 1,6 TWh/år. Det tilsvarer installasjon av 5,3 millioner m² solfangerareal på nybygg og bygg som likevel vil rehabiliteres i løpet av årene frem mot 2020.

Ved vurdering av hvor mye av dette potensialet det er realistisk å få realisert i forbindelse med nybygging og rehabilitering av bygg, har vi foretatt to ulike beregninger.

Den ene beregningen tar utgangspunkt i en forutsetning om at vi i Norge klarer å få til en tilsvarende vekstrate på installasjon av solfangere i perioden 2011-2020 som man så i EU på 2000-tallet. Da vil vi ved inngangen til 2020 kunna ha installert rundt 220 000 m² solfangere i Norge. Ved en leveranse på 300 kWh/m² utgjør denne installasjonen 66 GWh i 2020.

Den andre beregningen av det praktisk/realistiske potensialet tar vi utgangspunkt i en forutsetning om at en viss andel av alle nybygde og rehabiliterte bygg i perioden 2011-2020 får installert solvarmeanlegg, henholdsvis 5% av nybyggene og 5% av rehabiliterte bygg med sentralvarme. Videre er det forutsatt en gradvis reduksjon av varmebehovet i både nybygg og rehabiliterte bygg iht. en skjerping av byggeforskrifter. Med en forutsetning om at solvarmeanlegget vil dekke 25% av det gjenværende varmebehovet, kommer vi frem til et samlet potensial på *totalt 53 GWh/år* i 2020.

Det praktiske potensialet for bruk av solvarme til industrielle prosessformål er svært beskjedent, anslagsvis 5 GWh/år, men det finnes sannsynligvis noen nisjer innenfor næringsmiddelindustrien som kan være verdt en nærmere undersøkelse.

Når det gjelder solceller (solstrøm) er det teknisk/teoretiske potensialet anslått til om lag på 4,4 TWh/år i 2020. Dette handler først og fremst om solcelleanlegg som installeres i fasader og tak på nybygg og bygg som gjennomgår en større rehabilitering i perioden. Større solcellekraftverk som man her sett bygging av bl.a. i Tyskland, Spania og Italia, og som utelukkende leverer til nettet, vil neppe kunne konkurrere i det norske energimarkedet. Slike løsninger er derfor ikke tatt med i det teoretiske potensialet.

Først og fremst fordi solcelleanlegg innebærer forholdsvis store kostnader, er det praktiske potensialet for solstrøm svært begrenset frem mot 2020. Fortsatt teknologiutvikling og industrialisering vil imidlertid kunne føre til at teknologien vil være interessant i Norge frem mot 2050.

8.FORSLAG FOR VIDERE SATSNING

Støtteordninger

Støtteordningen til solenergi har i følge Enovas egen undersøkelse hatt utløsende effekt, og bidratt til bygging av nye solvarmeanlegg. Spørsmålet er om støtteordningen bør gjøres enda mer attraktiv i tråd med anbefaling til Norsk solenergiforening, samt utvides til å gjelde kombinasjonsløsninger og større anlegg.

Kunnskap og informasjon

Kunnskap om og interesse for solenergi må økes, både hos brukere, utstyrsleverandører, rådgivere/arkitekter og installatører. Her kan man spille på utvalgte målgrupper (kundegrupper), avgrensede geografiske områder hvor markedsbearbeiding kan konsentreres og samkjøre dette med en tilpasset støtteordning.

Tiltak rettet mot spesielle typer brukere. Best lønnsomhet får brukere som har jevnt og stort varmvannsbehov hele året. Aktuelle brukere vil da kunne være sykehus, helseinstitusjoner, sykehjem, idrettsarenaer, svømmehaller og delvis også hotell.

Forbilderegion(er) og forbildeprosjekter

Det bør satses på å utvikle, realisere og dokumentere gode forbildeprosjekter i sentrale regioner av landet. Området rundt Ytre Oslofjord (Østfold, Vestfold, delvis Telemark) har blant landets beste solforhold. Her er det også relativt stort markedsgrunnlag, egnet for rettede informasjons- og markeditiltak. En mulighet for bl.a. Enova er å utarbeide egne aktiviteter, rettet mot et slikt avgrenset geografisk markedsområde.

Sterke solenergi-klynger

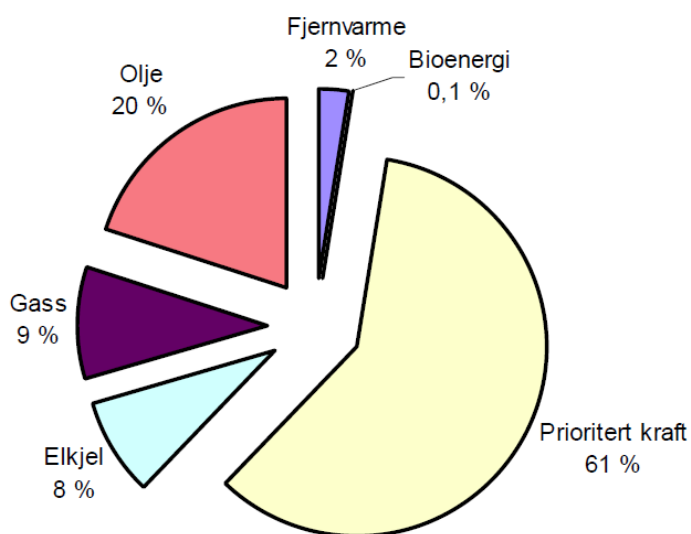
Utvikling av faglig sterke klynger av produktleverandører, installatører og kunnskapsaktører innenfor visse geografiske regioner. Tiltak som opplæring / oppfølging kan være aktuelle. Utfordringen er å skape et fagmiljø som utvikler både egen dynamikk, kompetanse og på sikt også konkurranse.

VEDLEGG

A. Norsk næringsmiddelindustri og lavtemperatur prosessvarme.

I 2005 bestod næringsmiddelindustrien av om lag 2200 bedrifter, med nærmere 50 000 ansatte. Nær halvparten av bedriftene er små med under 5 ansatte.

I 2006 utgjorde samlet bruk av el i denne næringen i underkant av 3 TWh, eller 5,6 % av industriens samlede kraftforbruk. I tillegg brukte næringsmiddelindustrien i ca 1,7 TWh andre energikilder (olje, gass, avfall, damp og fjernvarme). Næringsmiddelindustrien står for 5,4 % av energibruken i industri og bergverk. Til forskjell fra flere andre industrigrupper (treforedling mfl.) betaler næringsmiddelaktørene høyere avgifter på energi. Dette kan muligens virke motiverende bl.a. for satsning på solvarme. Fisk, kjøtt og meierier er de næringsgrupper som bruker mest energi, og disse tre bransjene står for mer enn halvparten av energibruken innenfor næringsmiddelindustrien.



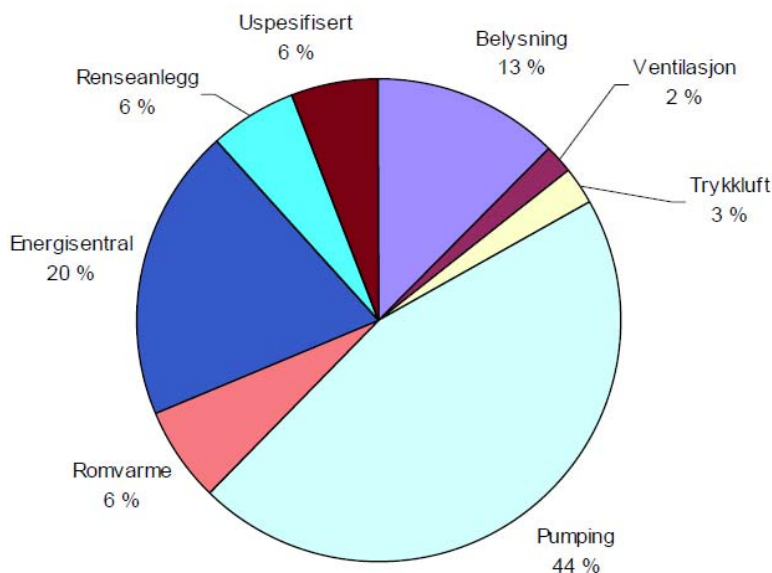
Fordeling av energibærere i næringsmiddel- og settefiskindustrien (SSB 2005).

Nedenfor er beskrevet de mest aktuelle segmenter og formål som kan tenkes å benytte solvarme. Kilde: Enova rapport 6/2007: "Energieffektivisering i næringsmiddelindustrien – en potensialstudie.

Settefiskanlegg

Settefiskproduksjon krever et årlig energiforbruk på om lag 160-170 GWh/år, hvorav prioritert kraft står for om lag 75 % av forbruket. Drift av pumper og oppvarming av vann står normalt for hovedandeler av forbruket. Yngelen i anleggene befinner seg i vann på 12-15 grader Celsius. I noen tilfeller tilføres friskt vann kontinuerlig, andre anleggstyper resirkulerer vannet.

Oppvarming av vann kan stå for i størrelsesorden 10-15 % av energiforbruket, dvs. 15-22 GWh/år.



Fordeling av energiforbruk ved et typisk settefiskanlegg uten egen oksygenproduksjon.

Kjøtt- og kjøttvareindustrien.

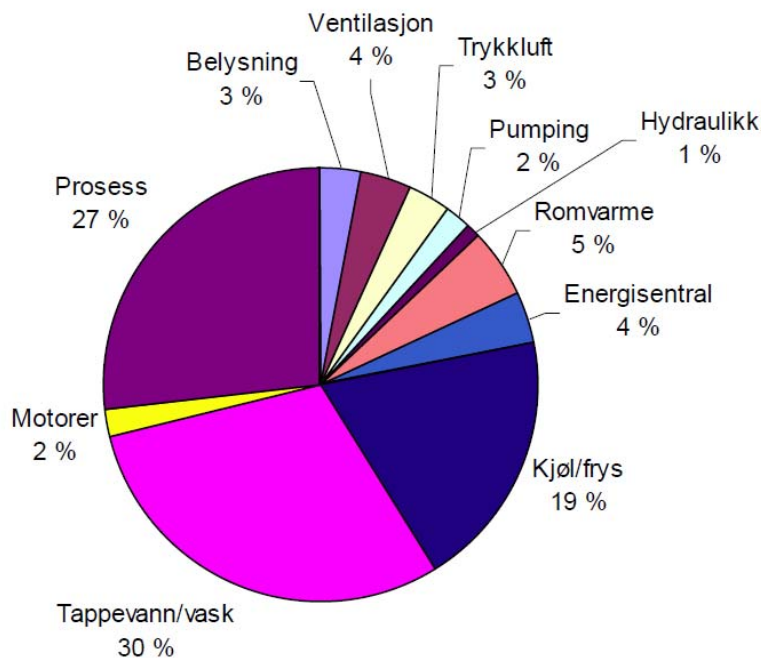
Energibruk til produksjon av kjøtt- og kjøttvarer har vært ca 600-650 GWh per år i de senere år. Elforbruket er ca 2/3 av total energibruk. Oppvarming av tappevann / vaskevann utgjør 30 % av energiforbruket, dvs. i størrelsesorden 180 GWh/år.

Fisk- og fiskevareindustrien

Samlet energibruk for bransjen i 2006 var 1 119 GWh, hvorav prioritert elektrisk kraft stod for 585 GWh eller 52 % av energibruken. Produksjonsbedrifter av fiskemel står for den største andel (ca 75 %) av termisk energibruk (olje og gass). Bransjen kjennetegnes av stort energiforbruk til koking, tørking og frysing. Varme trengs også her til tappevann / vaskevann, men størrelsesorden på dette volumet er uvisst.

Konservering av frukt og grønt

Energibruken til bearbeiding og konservering av frukt og grønt har vært ca 200-250 GWh /år de siste årene. Koking, kjøling, tørking og frysing står også her for store andeler av energibehovet. I tillegg til vasking av lokaler, fabrikkutstyr osv, trengs her også varmt vann til vasking av produkter, for eksempel grønnsaker, tidlig i bearbeidingsprosessene. Hvor mye energi man har behov for til tappevann er imidlertid uvisst.



Fordeling av energiforbruk i kjøtt- og kjøttvareindustrien.

Produksjon av oljer og fettstoffer

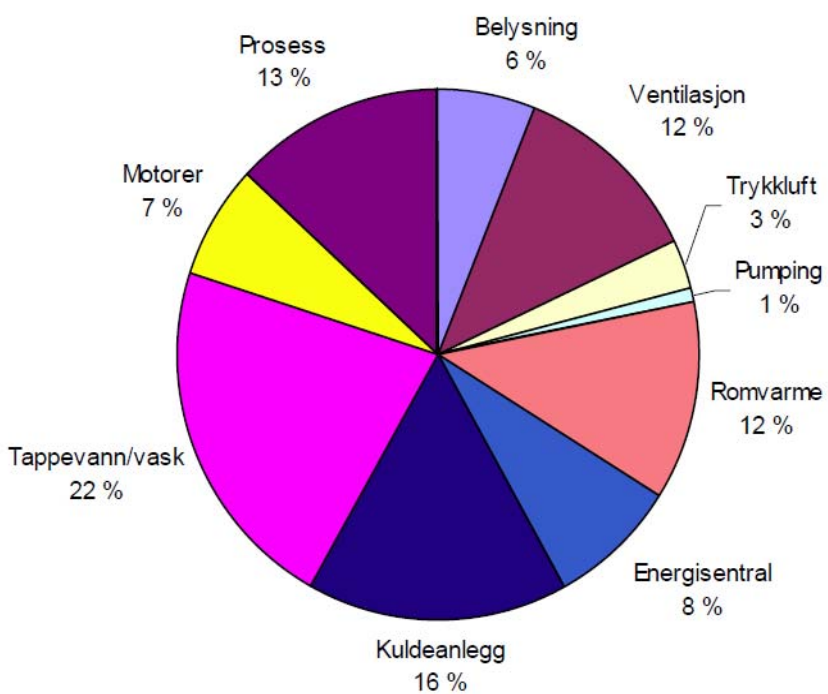
Til produksjon av vegetabiliske og animalske oljer og fettstoffer ble det i 2006 brukt 190 GWh, hvorav en fjerdedel dekkes med prioritert kraft. De store produksjonsenhetene i Fredrikstad benytter fjernvarme basert på avfallsforbrenning, og fjernvarme dekker om lag halvparten av energiforbruket i denne bransjen. Også her er vasking et viktig element i virksomheten, men igjen er energibehovet til dette uvisst.

Meierivarer og iskrem

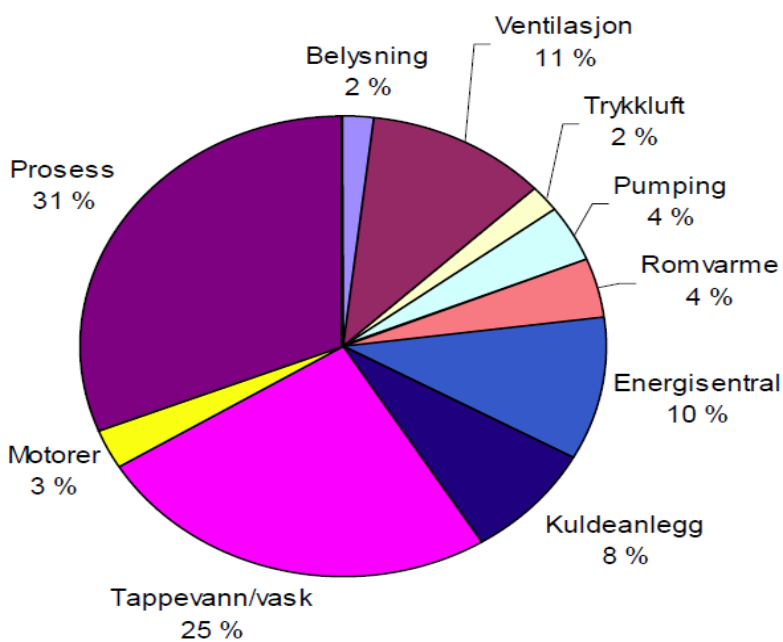
Energibruken i meieriindustrien lå i 2006 på om lag 500 GWh. Flere av de viktige prosessstrinnene i bransjen, i første rekke pasteurisering av melk til 72-72 grader Celsius krever varme. De viktigste varmebehovene er imidlertid knyttet til vasking og kjøleanlegg, se fordelingen i figuren under. Ut fra disse opplysningene å dømme, vil behovet for varmtvann under 100 grader Celsius representere et energibehov på i størrelsesorden 100 GWh/år, og med det være et område som solvarme bør kunne bidra til dekning av.

Kornvarer, stivelse og stivelsesprodukter

Energibruk til produksjon av kornvarer, stivelse og stivelsesprodukter lå i 2006 på 110 GWh, hvorav 2/3 ble dekket med elektrisitet. Om lag 7 % ble dekket med bioenergi, en del basert på forbrenning av kornavrens. En stor andel av energiforbruket går med til korntørking. I forbindelse med bearbeiding av poteter til potetmel og stivelsesprodukter er vasking en av delprosessene. Hvor mye energi som kreves til dette er imidlertid ukjent.



Fordeling av energiforbruk i meieri og iskrembransjen.



Fordeling av energiforbruk til produksjon av drikkevarer.

Fôrvarer

I forbindelse med fôrproduksjon brukte man i 2006 605 GWh, hvilket er en økning fra foregående år på 12 %. Energibruken var lavest i 2002 da det ble brukt 520 GWh. Omtrent halvparten av energibruken er prioritert kraft. Fra 1998 til 2006 er oljeforbruket betydelig redusert, mens gassforbruket har økt og utgjorde i 2006 ca 22 % av total energibruk.. I motsetning til for eksempel meierivirksomhet, later det til å være begrenset behov for lavtemperatur varme til andre formål enn vasking. Dette varmtvannsbehovet er imidlertid ukjent.

Andre næringsmidler, inkludert bakerier.

Annen næringsmiddelindustri, for eksempel kaffebrennerier og sjokoladeproduksjon, bruker ca 600 GWh energi per år. I de senere år har andelen olje falt mens gassforbruket har økt. Bakeriene bruker ca halvparten av energien i denne gruppen, nesten 2/3 av elforbruket, men bare ca 1/3 av forbruk av termisk energi. Varme til vaskeformål er også her det viktig, men behovet er ukjent.

Drikkevarer

Energibruk til produksjon av drikkevarer (malt, øl, mineralvann og sprit) ligger årlig på om lag 250 GWh. Av figuren under ser vi at vasking står for 25 % energiforbruket, eller i størrelsesorden 60-70 GWh/år.

Totalt energibehov og lavtemperatur energibehov etter bransje.

Bransje	[GWh/år]	Lav temp. behov [GWh/år]
Settefiskanlegg	165	20
Kjøtt- og kjøttvarer	625	180
Fisk- og fiskevarer	1 100	
Konserv. frukt og grønt	225	
Prod. av oljer og fett	190	
Meierivarer og iskrem	500	100
Kornvarer, stivelse	110	
Fôrvarer	600	
Andre næringsmidler	600	
Drikkevarer	250	65
Sum	4365	365

B. Økonomi varmeanlegg

Dette kapitlet gir en oppsummering av grunnlagsdata for beregningene i kapittel 6.1.

Forutsetninger

Energibehov:					
	Rehab enebolig			Nybygg lavenergi	
Boligareal	150 m2			150 m2	
Spesifikk energibehov	200 kW/m2/år			95 kW/m2/år	
Energibehov totalt	30000 kWh/år			14250 kWh/år	
Energi til oppvarming	20000 kWh/år			4250 kWh/år	
Energi til varmtvann	5000 kWh/år			5000 kWh/år	
Elspesifikk behov	5000 kWh/år			5000 kWh/år	
Kalkulasjonsrente	4 %			4 %	
Energipriser (eks. mva)					
	Energipris [øre/kWh]	Brennverdi		Pris eks. mva.	
Fyringsolje	60	10 kWh/liter		6,4 kr/liter	
Elektrisitet	80			0,8 kr/kWh	
Pellets (bulk, 3-5 tonn)	34	4,7 kWh/kg		1,6 kr/kg	
Pellets (småsekk, 3-5 tonn)	48	4,7 kWh/kg		2,24 kr/kg	
Ved	57	1400 kWh/lm3		800 kr/lm3	
Investering solvarmeanlegg (eks mva)	Rehab enebolig			Nybygg lavenergistandard	
Solfanger 1x4 m2 vakuumrør, pumper, styring, montasjemateriell		18000			
Solfanger 2x4 m2 vakuumrør, pumper, styring, montasjema	27000			27000	
Solfanger 3x4 m2 vakuumrør, pumper, styring, montasjemateriell		38000			
Merkostnad for 750 liter akkumulatortank	14000			14000	
Montasje	15000			15000	
SUM eks. mva	56000			56000	

Økonomi varmeanlegg - Rehabilitering eldre enebolig med solvarme og eksisterende varmedistribusjon

Energibehov totalt	30000 kWh/år						
Energi til oppvarming	20000 kWh/år						
Energi til varmtvann	5000 kWh/år						
Elspesifikk behov	5000 kWh/år						
Kalkulasjonsrente	4 %						
Oppdekningsgrad solvarme (8% oppvarming + 50% varmt vann):	16,4 %						
Tilleggsforbruk el (pumper, styring av solvarmeanlegg):	100 kWh/år	50W*2000 timer/år					
	Oljekjel	Elkasset	Luft/vann VP 60 °C	Vann/vann VP 60 °C	Pellets-kjel	Pellets-kamin	Vedkjel
Investering nytt utstyr [kr]	50 000	20 000	60 000	60 000	80 000	45 000	35 000
Energilager/tank[kr]	50 000	0	0	60 000	30 000	0	20 000
Arbeid installasjon [kr]	20 000	15 000	25 000	40 000	35 000	20 000	40 000
Utbedring/forsterking av elskapasitet/kurser [kr]	10 000	20 000	20 000	20 000	10 000	10 000	20 000
Tilleggsinvestering for utstyr knyttet til kombi solvarmeanlegg [kr]	56 000	56 000	56 000	56 000	56 000	56 000	56 000
Innstillinger solvarme [kr]	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000
Total investering [kr]	201 000	126 000	176 000	251 000	226 000	146 000	186 000
Teknisk økonomisk levetid [år]	20	20	20	20	20	20	20
Varmeoppdekning grunnlast [kWh/år]	20 900	20 900	15 900	18 400	20 900	20 900	10 900
Energioppdekning solvarmeanlegg [kWh/år]	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100	4 100
Virkningsgrad/varmefaktor	90 %	100 %	2,5	2,5	85 %	85 %	80 %
Energipris grunnlast [øre/kWh]	60	80	80	80	34	48	57
Energi-kostnader varme grunnlast [kr/år]	13 933	16 720	5 088	5 888	8 370	11 719	7 786
Energibehov reserve/spisslast/solvarmeanlegg (el) [kWh/år]	100	100	5 100	2 600	100	100	10 100
Energi-kostnader varme for reserve/spisslast/solvarmeanlegg [kr/år]	80	80	4 080	2 080	80	80	6 060
Anuitet	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074
Kapitalkostnader [kr/år]	14 790	9 271	12 950	18 469	16 629	10 743	13 686
Energi-kostnader [kr/år]	14 013	16 800	9 168	7 968	8 450	11 799	13 846
Driftskostnader [kr/år] (Tillegg solvarme kr 500)	2 000	1 000	1 300	800	1 500	2 000	2 000
Årskostnad med solvarme eks. mva [kr/år]	30 803	27 071	23 418	27 237	26 580	24 542	29 532
Varmekostnad med solvarme eks. mva [kr/kWh]	1,23	1,08	0,94	1,09	1,06	0,98	1,18
Årskostnad med solvarme inkl. mva [kr/år]	38 504	33 839	29 273	34 046	33 225	30 677	36 915
Varmekostnad med solvarme inkl. mva [kr/kWh]	1,54	1,35	1,17	1,36	1,33	1,23	1,48
Årskostnad uten solvarme inkl. mva [kr/år]	33 746	30 684	24 908	29 056	28 647	27 668	33 381
Årskostnad med solvarme inkl. mva [kr/år]	38 504	33 839	29 273	34 046	33 225	30 677	36 915
Differanse: [kr/år]	4 758	3 155	4 365	4 990	4 578	3 009	3 534
Varmekostnad uten solvarme inkl mva [kr/kWh]	1,35	1,23	1,00	1,16	1,15	1,11	1,34
Varmekostnad med solvarme inkl. mva [kr/kWh]	1,54	1,35	1,17	1,36	1,33	1,23	1,48
Differanse: [kr/kWh]	0,19	0,13	0,17	0,20	0,18	0,12	0,14
Årlig gevinst/tap [kr]	-4 758	-3 155	-4 365	-4 990	-4 578	-3 009	-3 534

Nybygg lavenergibolig med solvarme uten kostnader for varmedistribusjon

Energibehov totalt	14250 kWh/år						
Energi til oppvarming	4250 kWh/år						
Energi til varmtvann	5000 kWh/år						
Elspesifikk behov	5000 kWh/år						
Kalkulasjonsrente	4 %						
Oppdekningsgrad solvarme (15% oppvarming + 50% varmt vann):	33,9 %						
Tilleggsforbruk el (pumper, styring av solvarmeanlegg):	100 kWh/år	50W*2000 timer/år					
	Oljekjel	Elkassett	Luft/vann VP 60 °C	Vann/vann VP 60°C	Pelletsjkel	Pelletskamin	Vedkjel
Investering utstyr [kr]	40 000	20 000	55 000	50 000	70 000	45 000	30 000
Energilager/tank[kr]	30 000	0	0	50 000	25 000	0	0
Arbeid installasjon [kr]	20 000	15 000	20 000	40 000	35 000	20 000	40 000
Utbedring/forsterking av elskapasitet/kurser [kr]	0	0	0	0	0	0	0
Tilleggsinvestering for utstyr knyttet til kombi solvarmeanlegg [kr]	56 000	56 000	56 000	56 000	56 000	56 000	56 000
Innstellasjon solvarme [kr]	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000
Total investering [kr]	161 000	106 000	146 000	211 000	201 000	136 000	141 000
Teknisk økonomisk levetid [år]	20	20	20	20	20	20	20
Varmeroppeknning grunnlast [kWh/år]	6 113	6 113	4 263	5 188	6 113	6 113	2 413
Energioppeknning solvarmeanlegg [kWh/år]	3 138	3 138	3 138	3 138	3 138	3 138	3 138
Virkningsgrad/varmefaktor	90 %	100 %	2,5	2,5	85 %	85 %	80 %
Energipris grunnlast [øre/kWh]	60	80	80	80	34	48	57
Energikostnader varme grunnlast [kr/år]	4 075	4 890	1 364	1 660	2 448	3 427	1 723
Energibehov reserve/spisslast/solvarmeanlegg (el) [kWh/år]	100	100	1 950	1 025	100	100	3 800
Energikostnader varme for reserve/spisslast/solvarmeanlegg [kr/år]	80	80	1 560	820	80	80	2 280
Anuitet	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074
Kapitalkostnader [kr/år]	11 847	7 800	10 743	15 526	14 790	10 007	10 375
Energikostnader [kr/år]	4 155	4 970	2 924	2 480	2 528	3 507	4 003
Driftskostnader [kr/år] (Tillegg solvarme kr 500)	2 000	1 000	1 300	800	1 500	2 000	2 000
Årskostnad med solvarme eks mva [kr/år]	18 002	13 770	14 967	18 806	18 818	15 514	16 378
Varmekostnad med solvarme eks mva [kr/kWh]	1,95	1,49	1,62	2,03	2,03	1,68	1,77
Årskostnad med solvarme inkl. mva [kr/år]	22 502	17 212	18 709	23 507	23 522	19 393	20 473
Varmekostnad med solvarme inkl. mva [kr/kWh]	2,43	1,86	2,02	2,54	2,54	2,10	2,21
Årskostnad uten solvarme inkl. mva [kr/år]	17 861	13 094	13 958	18 132	18 463	15 238	16 344
Årskostnad med solvarme inkl. mva [kr/år]	22 502	17 212	18 709	23 507	23 522	19 393	20 473
Differanse: [kr/år]	-4 641	-4 118	-4 750	-5 375	-5 060	-4 155	-4 129
Varmekostnad uten solvarme inkl mva [kr/kWh]	1,93	1,42	1,51	1,96	2,00	1,65	1,77
Varmekostnad med solvarme inkl. mva [kr/kWh]	2,43	1,86	2,02	2,54	2,54	2,10	2,21
Differanse: [kr/kWh]	0,50	0,45	0,51	0,58	0,55	0,45	0,45
Årlig gevinst/tap [kr]	-4 641	-4 118	-4 750	-5 375	-5 060	-4 155	-4 129

KILDER

1. Andresen, I., *Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus. En introduksjon.* 2008, Sintef.
2. *Potential for Solar Heat in Industrial Processes*, in task 33. 2008, IEA-SHC.
3. *Solinnstråling over Norge* Norsk Solenergiforening.
4. *NS 3031, tabell 6.* 1987, Standard Norge.
5. Rindal, L.B. and F. Salvesen, *Solenergi for varmeformål - snart lønnsomt?* 2008, KanEnegi, NVE.
6. *Delrapport 1: Vurdering av framtidige kvotepriser. En rapport fra etatsgruppen Klimakur 2020.* 2009, NVE, OD, SFT, Statens Vegvesen, SSB.
7. *Overenskomst om prinsipper for videre utvikling av et felles marked for elsertifikater.* 2009, Regjeringen.
8. *Byggteknisk forskrift (TEK10).* 2010, Statens bygningstekniske etat.
9. *Markedspotensialet i bærekraftige boliger.* 2010, www.lavenergiboliger.no.
10. *EUR ACTIVE ROOFer Project.* 2008; Available from: <http://euractiveroofer.org/>.
11. *Photovoltaic Systems* 2006, Earthscan London.
12. *Solcellefasade på operaen.* 2008, NAL.
13. *Bruk av alternativ energi i småskala i Norge*, Power Controls AS.
14. *Building Integrated Photovoltaics: An emerging market.* 2010; Available from: <http://www.solarserver.com/solar-magazine/solar-report/solar-report/building-integrated-photovoltaics-an-emerging-market.html>.
15. *Inventering av framtidens el- og varmeproduksjonstekniker, Delrapport Energilagring*, in *rapport 08:83.* 2008, Elforsk Stockholm.
16. *Alt om solvarme.* Available from: <http://www.altomsolvarme.dk/>.
17. Schüco, *Green Technology for the Blue Planet.*
18. *Sun & WindEnergy.* 2009. p. 66-80.
19. *Leksikon > Luftsolfanger.* 2010; Available from: <http://www.dsbo.dk/Home/area1/Leksikon/Luftsolfanger/tabid/145/Default.aspx>.
20. *Solvarme – status og strategi.* 2007, Energistyrelsen/Energinet: København.
21. *Maxi Buffer 17RB.* 2010; Available from: http://oso.no/images/stories/oso-files/pdf/Spesifikk_Produktinformasjon/Produktark/Industriprodukter_indirekte_oppvarmet/OSO_Produktark_Maxi_Buffer_17RB.pdf.
22. Isaksson and Landfors, *Underlag för bedömning av fortsatta insatser inom det statliga FUD Solvärmeprogrammet.* 2004, K-Konsult Energi: Stockholm.
23. Earthscan, *Solar Thermal Systems.* 2007, James & James: London.
24. *Survey of Available Technical Solutions and Successful Running Systems*, in *EIE/06/034/SI2.446612.* 2009, SOLAIR
25. Affolter, P., et al., *PVROADMAP-A European guide for the development and market introduction of PV-Thermal technology.* 2008, ECN: Petten.
26. *Solar Heat World Wide.* 2010, IEA SHC
27. *Trends in Photovoltaic Applications. Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2008*, in *IEA-PVPS T1-18:2009.* 2009, IEA.
28. *Solceller: Dansk strategi for forskning, udvikling, demonstration og udbredelse.* 2010, Energistyrelsen m.fl.
29. *Online portal to Solar Energy.* 2010; Available from: <http://www.solarserver.com/>.
30. *Solar Generation V.* 2008, Greenpeace og European Photovoltaic Industry (EPIA).
31. *Solar Thermal Markets in Europe 2008.* 2009, European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF).

32. Bølling, J.K. *Fjernvarme i Norge, Status og utfordringer*. in *Energidagene*. 2009: NVE Seksjon for energikonsesjon.
33. *Akershus EnergiPark*. 2010; Available from: www.akershusenergi.no/pages/akershus-energi-varme, www.solenergi.no/gammel/Solenergidagen2009/Sagvik_Solenergidagen2009.pdf.
34. *Solkraft*. Available from: <http://www.solkraft.no/>.
35. *Solfanger*. Available from: <http://www.batec.dk/>.
36. *Varme- og Energiløsninger for fremtiden*. 2010; Available from: <http://www.solvarming.no/>.
37. *Solar air-conditioning*. Available from: www.solair-project.eu.
38. Haase, M., *State of the Art Review of Solar Energy Systems*. 2010, Zero Emission Buildings (NTNU og SINTEF).
39. *Potential for Building Integrated Photovoltaics*. 2002, International Energy Agency.
40. Weiss and Biermayr, *Potential of Solar Thermal in Europe*. 2009, European Solar Thermal Industry Federation and AEE Institute for Sustainable Technologies, Austria and Vienna University of Technology.
41. *Energieffektivisering av bygg. En ambisiøs og realistisk plan mot 2040*. 2010, Kommunal og regionaldepartementet.
42. Bloch, V.V.H., *Arealstatistikk fra GAB og FKB Bygg. Datagrunnlag og metode for produksjon av arealtall*. 2002, SSB
43. Andrén, L., *Solenergi. Praktiska tillämpingar i bebyggelse*. 2007, Svensk byggtjänst.
44. *fornybar.no*.
45. *Solar Thermal markets in Europe. Trends and Market Statistics 2008*. 2009, European Solar Thermal Industry Federation.
46. *The European Heat Market, Work Package 1, Final Report*, in *ECOHEATCOOL (IEE ALTENER Project)*. 2003, Euroheat & Power.
47. *Energieffektivisering i næringsmiddelindustrien – en potensialstudie*, in *rapport 6/2007*. 2007, Enova
48. Andresen, I., *Miljøvennlig varmforsyning til lavenergi- og passivhus. En casesstudie. Prosjektrapport 59*. 2010, SINTEF Byggeforsk.