

< 2°C

TEMANOTAT

Solenergi mot 2050

Begrensninger og muligheter

Redaksjon:

Anders Bjartnes (ansvarlig redaktør)

Lars Ursin (redaktør)

Lars-Henrik Paarup Michelsen

Håvar Skaugen

Ansvarlig utgiver:

Norsk klimastiftelse

Design | **Haltenbanken**

Illustrasjoner | **Jørgen Håland/JHaland.com**

Forsidebilde:

Solceller på flyteelementer på et utjevning-
magasin nær Walden i delstaten Colorado i
USA.

Foto | **Dennis Schroeder / NREL**

Lisens | **CC-BY-NC-ND**

Bidragstere:

Jenny Chase | sjefsanalytiker, solenergi,

Bloomberg New Energy Finance

Hassan Gholami | PhD research fellow ved

Institutt for sikkerhet, økonomi og planlegging,

Universitetet i Stavanger

Jarand Hole | overingeniør, NVE

Marisa Di Sabatino Lundberg | professor ved

Institutt for materialteknologi, NTNU

Erik Stensrud Marstein | faggrupeleder solpark

/ forsknings sjef, IFE

Turid Reenaas | professor ved Institutt for fysikk,

NTNU

Josefine Selj | faggrupeleder flytende solkraft,

IFE

Steve Vøller | førsteamanuensis ved Institutt

for elkraftteknikk / leder for NTNU Energi Team

Sol, NTNU

Takk til:

Martin Møller Greve | førsteamanuensis ved

Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i

Bergen

Innhold

3 | Innledning

4 | Ekspertintervjuet: Derfor er sol «kongen av energikildene»

Teknologi

6 | Slik virker en solcelle

8 | Tredje generasjon solceller: Mer effektive, men foreløpig dyrere

10 | Noe for Norge: Bygningsintegreert sol

11 | Flytende sol: Fordeler og ulemper

Marked

12 | Ekspertintervjuet: – En brutal industri

14 | Hvor stort kan sol bli?

15 | Sol i Norge: Hva kan vi vente?

16 | Sol blir aldri nok alene

18 | Kina dominerer industrien

Politikk

20 | Vi trenger massive mengder solkraft

22 | Kilder



Norsk klimastiftelse
NORWEGIAN CLIMATE FOUNDATION

Innledning

Det er mer enn nok solenergi tilgjengelig til å dekke hele verdens energibehov. Men solen blir aldri svaret alene.

Solenergi har hatt en eventyrlig vekst de siste årene. Det installeres stadig mer solkapasitet – med sterkt fallende kostnader som den viktigste driveren.

I mange markeder gir solenergi nå den billigste formen for elektrisitet. Det kommer godt med – for i fremtiden må enda mer av strømmen komme fra solcellepaneler. I Det Internasjonale Energibyrådet (IEA) sitt veikart mot netto null klimagassutslipp innen 2050, økes den årlige solkraftutbygging til 630 GW innen 2030. Det er fire ganger mer enn det som ble bygget ut i rekordåret 2020. I 2050 vil solen levere en tredel av all produsert elektrisitet på jorden.



Ikke bare solceller

Solenergi er ikke bare solcellepaneler, selv om de utgjør det største bidraget globalt uansett hvordan man måler. Derfor kommer også dette notatet til først og fremst å ta for seg solcellebasert solenergi, eller PV.

Men det går altså an å også utnytte varmen fra solen direkte, for eksempel gjennom såkalte solfangere. Termiske solkraftverk, eller konsentrert solkraft (CSP, Concentrated Solar Power) består typisk av flere speil som styrer solstråler mot et tårn, der varmen brukes til å lage elektrisk strøm, oftest via en damp turbin.

Den største årlige energiproduksjonen fra CSP skjer i Spania, der 1,9 prosent av krafttetterspørselen på fastlandet i 2020 ble dekket av termisk solkraft.

Solenergi blir neppe noen gang størst i Norge, men også her vil solenergien spille en viktigere rolle fremover.

For i et land som dekker nesten hele sitt kraftbehov med vannkraft, som har Europas beste vindressurser, som huser det nordligste punktet i fastlands-Europa, har solenergi før vært en løsning for dem med særegne behov eller spesielle interesser.

Det har endret seg ettersom solenergi har rast i pris. Det blir stadig flere solanlegg i Norge. Både større og mindre, også i nord, og til og med på Svalbard.

Med dette notatet vil vi se nærmere på hva solenergi er, hvordan solcellepaneler virker, hvilken vei teknologiutviklingen går, og hva slags nye typer anlegg vi kan vente oss å se mer av fremover. Vi vil også forsøke å gi et nøkternt bilde av fremtidsutsiktene for solenergien både i Norge og globalt.

Dette er vårt femte temanotat totalt, og fjerde i 2021. Hensikten med disse notatene er ikke å svare på alle spørsmål du måtte ha om temaet vi tar opp. Det er kanskje heller å gi deg nok kunnskap til å stille de rette spørsmålene.

Lars-Henrik Paarup Michelsen
Daglig leder, Norsk klimastiftelse

Lars Holger Ursin
Redaktør, <2°C

Ekspertintervjuet: Derfor er sol «kongen av energikildene»

Solenergi vil bli størst i en fossilfri verden, ifølge førsteamanuensis Steve Vøller, leder for NTNU Energi Team Sol. Men hvorfor tror han det?

Steve Vøller: – Solenergi er i seg selv en enkel teknologi. Det er ingen bevegelige deler, det er enkle systemer. Du trenger bare solcellepaneler, litt kabler, og litt kraftelektronikk for å styre det. Det fungerer i utvklingsland og I-land, i storbyen og i grisgrendte strøk.

I tillegg gir det mye energi for pengene, spesielt store anlegg. De har lang forventet levetid, minst 30 år, og krever lite vedlikehold. Derfor kalles sol kongen av energikildene. Solen skinner verden over, solenergi fungerer i alle slags el-nett, og det kan også fungere *off-grid*, altså i frittstående løsninger.

<2°C: – *Men kostnadsfallet har jo også vært dramatisk de siste årene, hva er grunnen til det?*

– Det henger litt sammen med det forrige svaret: Det har å gjøre med etterspørselen og tilbudet. Når etterspørselen øker, kommer det til nye aktører som produserer. Konkurransen øker, og da øker kunnskapen om hvordan produsere solceller bedre og billigere.

Historisk begynte jo dette først som en dyr teknologi som kun ble brukt på satellitter. Men fordi vedlikeholdet var så billig og enkelt, kom det i bruk på øyløsninger og siden i *off-grid*-løsninger også på fastlandet. I Norge fikk vi solcellepaneler først og fremst på hytter.

Nå er det blitt teknologi for folk flest. Ikke minst har det med det grønne skiftet å gjøre. Tenk på Tyskland, som startet sitt fornybarprogram i 2000, det bidro til å øke produksjonen og få kostnadene ned. Og så kom selvsagt Kina, som nå er verdensmester i installasjon av solkraft.

– *Hvor venter vi at solenergi vil være i en nullutslipps-verden? Hvor stor markedsandel vil solen ta?*

– Det er vanskelig å spå nøyaktig, men sol vil garantert kapre førsteplassen. Vi ser det for eksempel på installasjoner de siste årene – sol tar i økende grad over for vind, og sol- og vindkraft kombinert er i ferd med å bli større enn vannkraft globalt. Halvparten av

all ny installert fornybar energi i fjor var solenergi. Det unike med sol i forhold til alle andre energikilder er at den kan brukes overalt der solen skinner, fordi teknologien er så enkel.

– *Men sol er variabel kraft, og variasjonen er stor både gjennom døgnet og årstidene. Hvordan håndtere masse mer av det?*

– Sol vil alltid være en del av energimiksen, og vi kan balansere med andre fornybare kilder som vind og vann. Dersom det ikke er nok, kan vi ha balansekraftverk som utnytter for eksempel biobrensel eller hydrogen. Batterilagre vil også bli større og billigere, og vi kan benytte oss av sesongvarmelagre i mye større grad. Og så kan vi bruke smartteknologi – tilpasse forbruket til produksjonen, installere et batteri i huset, eller bare bruke elbilbatteriet som energilager.

Dette er et overkommelig problem med tilgjengelig teknologi. Det med at sol er variabel kraft er ikke et holdbart motargument lenger. Vi har mange andre energikilder og lagringsmåter vi kan kombinere i et mer fleksibelt system enn vi har i dag.

Les hele intervjuet med Steve Vøller på tograder.no

«Det med at sol er variabel kraft er ikke et holdbart motargument lenger.»



Discovery Solar Energy Center er en ny 74,5 MW solpark nær Kennedy Space Center i Florida. Halvparten av all installert ny energi i verden i 2020 var solkraft.

FOTO: NASA
.....



En kort ordliste

Energy payback time: Hvor lang tid du må bruke solcellen for å lage så mye strøm som gikk med i produksjonen av den samme solcellen. Strengt tatt ikke bare et begrep for solkraft, men noe du kan støte på også i omtalen av andre energiinstallasjoner.

Ingots: Staver av silikonkrystaller. Dette er det viktigste råmaterialet i solcelleproduksjonen. Ingots deles videre i blokker, som til slutt skjæres i skiver, *wafers*.

LCOE: Energikostnad over levetiden (Levelized Cost of Energy). Litt forenklet: Samlet el-produksjon et anlegg har gjennom hele levetiden delt på samlede kostnader gjennom levetiden. Altså det billigste strømmen kan selges for slik at anlegget går i null.

PV: Står for *photovoltaic*, engelsk for fotovoltaisk, som er navnet på effekten hvor et materiale konverterer lys til elektrisitet.

Wafer: Skive av en silikonblokk. Det er slike skiver som utgjør selve kjernen i solcellen.

Silicon: Det engelske navnet på grunnstoffet silisium. Med en «e» på slutten får du det engelske ordet for silikon, *silicone*, men det brukes som regel til helt andre ting enn solceller (selv om også det, forvirrende nok, inneholder silisium).

Slik virker en solcelle

Noen stoffer kan lede strøm bedre når de får solstråler på seg. Solceller utnytter seg av dette til å lage energi.

Dette kalles den «fotovoltaiske effekten», på engelsk «photovoltaic effect». Det er dette som er grunnen til at solceller ofte bare omtales som PV. Men hvordan skjer det egentlig?

– En solcelle består først og fremst av en halvleder. Halvledere er materialer som normalt leder strøm dårlig, men som under bestemte forutsetninger kan lede strøm bedre, forklarer professor Marisa Di Sabatino Lundberg ved NTNU.

Et atom består av en positivt ladet kjerne, og negativt ladete elektroner som svirrer rundt kjernen. Halvledere består av flere atomer og hvert atom er da påvirket av sine naboatomer.

– Dette er sentralt for at det dannes bånd av energi, som elektronene befinner seg i, forklarer Di Sabatino Lundberg.

Alle materialer har slike bånd: ledningsbånd og valensbånd. I valensbåndet er elektronene bundet til atomkjernen, i ledningsbåndet kan de bevege seg friere, og dermed også lede strøm. I metaller, som er gode ledere, ligger disse båndene veldig nært hverandre, noen ganger kan de til og med overlappe. I isolatorer og halvledere er det avstand mellom dem, og de ytterste elektronene befinner seg normalt i valensbåndet. Skal de overkomme avstanden til ledningsbåndet, trengs energi.

– Tilføres nok energi, kan elektronene «hoppe opp» fra valensbåndet til ledningsbåndet. Da leder stoffet strøm. Samtidig dannes det et «hull» der elektronet pleide å være. Derfor, hver gang et elektron beveger seg fra valensbåndet til ledningsbåndet, får vi et såkalt «elektron-hull-par».

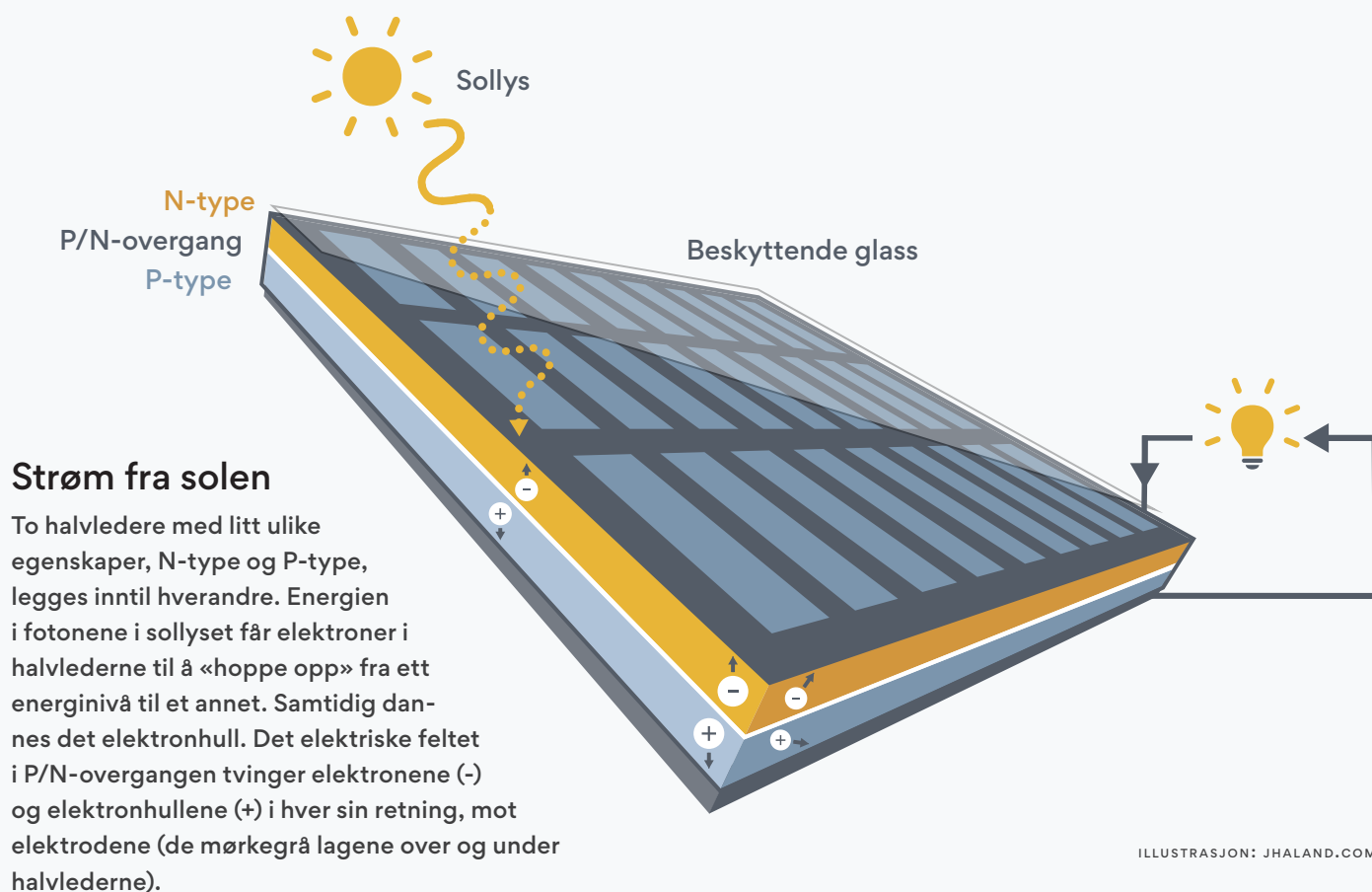
Silisium er en slik halvleder, og det mest brukte materialet i solceller i dag. I utgangspunktet leder silisium strøm dårlig. Men dersom vi «doper»

silisiumet med et annet grunnstoff, som fosfor, økes ledningsevnen. Fosforet gjør nemlig at det kreves mindre energi for elektroner til å hoppe til ledningsbåndet.

Solceller består av minst to slike lag med halvledere, som er «dopet» med andre stoffer, som gir halvlederen ulike egenskaper. For eksempel kan silisium tilsettes bor, som gjør at man får elektronhull uten å ha elektroner til å fylle dem.

– Trikset er å legge disse to halvlederne sammen. På den ene siden har du da silisium/fosfor. Det kaller vi N-type, det negative laget, og der har vi mer elektroner. På den andre siden har du silisium/bor. Det kaller vi P-type, det positive laget, og der har vi mer frie hull. Overgangen mellom halvlederne kalles en P/N-overgang. Der dannes et elektrisk felt som hindrer elektronene og hullene å gå mot hverandre, sier Di Sabatino Lundberg.

Veldig forenklet: Tilføres sollys, lages det elektrisitet i form av bevegelse av elektroner og hull. Det elektriske feltet som dannes i P/N-overgangen tvinger dem til å gå til hver sin side. De dras da mot kontaktene i det strømførende lagene som ligger på motsatt side av P/N-overgangen. Dermed får man elektrisk strøm.



Mono-, multi- eller polykrystallinsk?

Hvordan krystallene er satt sammen er viktig i produksjonen av silisiumsolceller. Her skiller vi mellom to typer: *Monokrystallinske* og *multikrystallinske* solceller.

Monokrystallinsk silisium lages ved at du dypper en kime i smeltet silisium, og så vil det kondensere i det mønsteret som kimen du har. Resultatet blir silisiumkrystaller som står velordnet på rekke og rad.

En enklere og rimeligere metode kalles *rettet størkning*. Da lempes man kimer og silisium oppi en smeltedigel, varmer, og lar det kjøle fra bunnen av. Da får du flere krystaller som vokser samtidig, men i ulike hastigheter og litt tilfeldig orientert. Råvaren du da får kalles *polykrystallinsk* silisium. Støper du ingots (barrer) og wafere av slike silisiumbarrer, kan de brukes i solceller som da kalles *multikrystallinske*.

Tredje generasjon solceller: Mer effektive, men foreløpig dyrere

Både første og andre generasjons solceller har begrenset evne til å utnytte solens energi. De mest effektive cellene i tredje generasjon eksisterer fortsatt kun på tegnebrettet.

Effektiviteten til solceller regnes ut fra hvor mye av energien som treffer solcellen den klarer å konvertere til strøm. Første og andre generasjons solceller har en teoretisk maksimal effektivitet på rundt 33 prosent. De beste – og dyreste – som er laget, har vært på rundt 29 prosent. Det du får tak i på markedet, har rundt 20 prosent effektivitet.

For å utnytte enda mer av solenergien, forskes det nå på å finne solceller som kan høste energi fra lys de tradisjonelle solcellene ikke utnytter.

– Det er i hovedsak to forskjellige spor man har fulgt. Begge handler om å fange opp mer energi fra solspekteret enn det de gamle gjør, sier professor Turid Reenaas ved NTNU.

Det første sporet handler om å få absorbert mer lys. Som du kan lese mer om på side 6–7, består lys av fotoner i et bredt spekter av bølgelengder. En solcelle virker grovt forenklet ved at sollys i bestemte bølgelengder absorberes og blir til strøm. Hvilken del av spekteret som absorberes, bestemmes av materialet som brukes i solcellen.

– Spenningen solcellen kan levere er begrenset av hvilke fotoner som kan absorberes, og dess-

verre reduseres spenningen i vanlige solceller om man velger materialer som absorberer et bredere spektrum av fotoner. Man kan ikke få mye strøm og mye spenning samtidig med dagens teknologi, sier Reenaas.

Tandemceller

I såkalte tandemceller legger man derfor to eller flere celler av ulike materialer oppå hverandre. Totalmengden strøm blir større, fordi mindre av sollyset tapes til varme og en større del blir absorbert. Den teoretiske makseffekten på en slik celle med fem ulike materialer er 57 prosent, forklarer Reenaas:

– Det høyeste man har klart å oppnå eksperimentelt under normal belysning er ca. 39 prosent. Men da snakker vi om en kjempekompleks tandemcelle som består av mer enn 20 ulike lag, til skyhøy kostnad, sier hun. Enklere varianter av slike er tilgjengelig på markedet i dag. De kan ha over 30 prosent effektivitet. Men det koster, og de brukes derfor stort sett til satellitter, der effekt per vekt enhet er viktigst. Men det er et race for å lage tandemceller som er billigere og mer effektive, sier Reenaas.

Første, andre og tredje generasjon

Første generasjons solceller er tradisjonelle solceller basert på silisium, enten mono- eller multikrystallinske. Disse representerer det store flertallet av solceller som selges i dag.

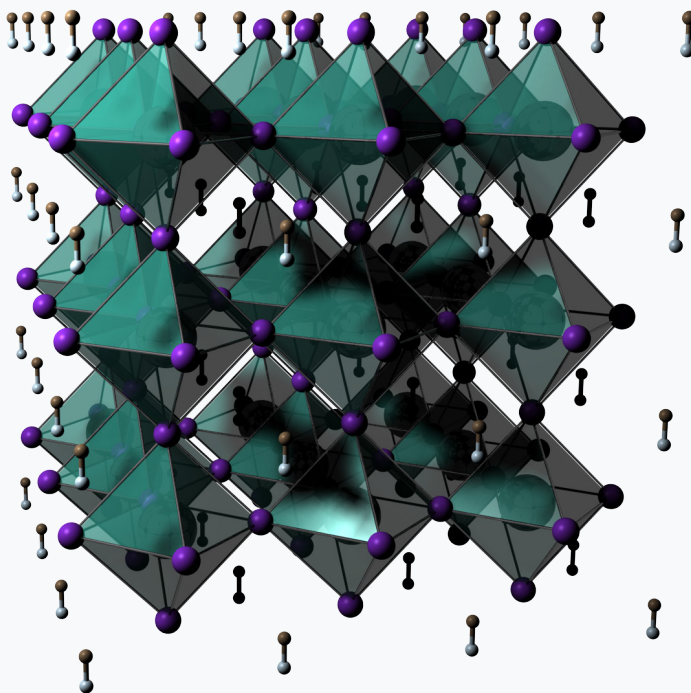
Andre generasjons solceller handler om å gjøre selve cellen tynnere. Med tynnfilmdeponering brukes mindre råvarer per areal. Samtidig blir effek-

tiviteten lavere, fordi materialene blir dårligere til å transportere all strøm som genereres av lyset ut av cellene. Her bruker man stort sett andre halvledere enn silisium.

Tredje generasjon handler om å gjøre solcellene mer effektive.

Perovskitter

Mineralet perovskitt, eller kalsiumtitanat, har en spesiell krystallstruktur, og andre mineraler med samme struktur kalles *perovskitter*. Mange av disse kan fremstilles industrielt med nokså enkle innsatsmidler. De har samtidig fotovoltaiske egenskaper som gjør dem spesielt egnet i solceller. Det er samme effektivitetsgrense for perovskittceller som for silisium i første og andregenerasjonsceller, men det er stor interesse for å bruke perovskitter som bestanddel i tandem- og mellombåndsolceller, der de kan øke effektiviteten relativt rimelig. Problemet med perovskittceller har først og fremst vært at de har hatt begrenset holdbarhet, og de har derfor ikke blitt noen kommersiell suksess ennå.



ILLUSTRASJON
OREGON STATE UNIVERSITY
LISENS CC-BY-SA

Mellombåndceller

På NTNU forsker de på et alternativ til tandemceller – såkalte mellombåndceller. De utnytter en ny type materialer som kan utnytte flere bølgelengder samtidig.

– Da kan man få mer strøm og mer spenning samtidig, som i tandemceller, men med et mye enklere celledesign som består av færre lag enn tandemceller. Færre lag betyr at cellene kan bli billigere. Forskere i Spania har demonstrert konseptet med dyre materialer – og det er et viktig første steg, sier Reenaas.

Det andre sporet handler om å utnytte overskuddsenergien fra lyset som har større fotonenergi enn det de andre solcellene kan utnytte.

– Mye av energien til fotonene med høyest energi blir ikke utnyttet. Overskuddsenergien blir til høy fart på elektronene rett etter at lyset er absorbert. Om man klarer å lage raske nok prosesser, kan over-

skuddsenergien høstes rett etter absorpsjonen av lys, sier Reenaas.

Men det er en utfordring: Elektronene mister overskuddsenergien svært hurtig. De kolliderer nemlig raskt med mange andre elektroner og atomer i solcellen, og mister litt energi i hver kollisjon. I stedet for å generere spenning og strøm, fører «småkollisjonene» bare til at cellen varmes opp.

Løser man det, har også slike celler en teoretisk effektivitet på 60 prosent eller høyere.

– Men eksperimentelt er man langt unna denne teoretiske grensen, enda lenger enn man er for tandem- og mellombåndceller, sier Reenaas.

Bygningsintegring: Ideelt for Norge?

I Norge står solen relativt lavt på horisonten og det er fare for snødekke i vinterhalvåret. Det skaper problemer for takmonterte solcellepaneler. Men hva om du hadde kledd bygninger med dem i stedet?

Bygningsintegring – Building integrated PV, eller BIPV – handler ikke om å henge solcellepaneler på veggen, men om å bygge den ytre kledningen på et bygg i materialer som også kan produsere energi fra solen. Enten det er som takstein eller kledning.

– Du erstatter glass, tre eller stein du ellers ville brukt med BIPV, forklarer forsker Hassan Gholami ved Universitetet i Stavanger.

Han forklarer at sørvendte vegger i Oslo har et energipotensial fra solen som er bare 10 prosent lavere enn du får i Berlin.

– Faktisk er BIPV som kledning ideelt i Norge, spesielt i urbane områder, fordi solen står lavt på himmelen gjennom store deler av året. Og mens snø kan utgjøre utfordringer på takmonterte solcellepaneler, er veggen normalt ikke dekket av snø. Faktisk kan vi ha nytte av refleksjon fra snødekte overflater, forklarer Gholami.

En utfordring kan være at BIPV-kledning koster dobbelt så mye som alternativ kledning i liknende materialer – der solceller ikke er bygget inn.

– Men i motsetning til dem, genererer BIPV-kledning penger. Selv med den begrensede støtten tilgjengelig fra ENOVA, vil du ha tjent inn merkostnaden på 20 år. Deretter vil kledningen din gi deg inntekt, sier Gholami.

EUs miljødirektiv for bygg

Analytikere som Jenny Chase (s. 12–13) er skeptiske til bygningsintegring fordi kostnadene er relativt høye i forhold til andre teknologier. Men EUs nye direktiv om endringer i bygningsenergidirektivet kan endre alle slike regnestykker.

– Det krever at nye bygg blir nesten nullutslippsbygg. Det betyr i praksis at bygget må bruke borti-

mot null energi, eller at det produserer energi for å kompensere for eget bruk, sier UiS-forsker Hassan Gholami. Og får støtte fra Erik Stensrud Marstein fra IFE:

– Krav om nullutslippsbygg vil nesten automatisk medføre enorm etterspørsel etter solcelleanlegg i bygg. Dette vil igjen helt klart bidra til å gjøre bygningsintegrert sol til en stor greie, sier han.

Fasaden på Oseana, kulturhuset i Os i Bjørnafjorden kommune, er dekket av 540 kvadratmeter bygningsintegreerte solcelleplater.

FOTO: TOVE HEGGØ

LISENS: CC-BY-SA





Flytende solcellepaneler på et utjevningmagasin i Walden i delstaten Colorado i USA.

FOTO: DENNIS SCHROEDER/NREL

LISENS: CC-BY-NC-ND

Solkraft på vannet

Solkraft krever areal. 71 prosent av jordens overflate er dekket av vann. Og det er flere andre grunner til å la solcellene flyte, men det er også utfordringer.

Flytende solenergi har riktignok et bedre utgangspunkt enn flytende vindkraft, forteller Josefine Helene Selj ved Institutt for Energiteknikk (IFE).

– Flytende vind krever mye teknologiutvikling som er fordyrende i forhold til landbasert vind, sier Selj.

Kostnadsbildet er også et helt annet: Energikostnaden over levetiden (også kjent som LCOE) på flytende sol ventes snart å være på linje med landbasert sol – som jo er den billigste kraftformen tilgjengelig i dag.

Utfordringen med flytende sol, er at det stilles høyere krav til sammenkoblinger, vedlikehold og værbestandighet enn installasjoner på land – avhengig av hvor panelene ligger. Derfor opereres det med tre ulike markeder: Ferskvann, på hav men innaskjærs eller tett på land *near-shore* eller *inshore* – og til slutt langt til havs, altså *offshore*.

Av de 2 GW flytende sol som allerede er bygget ut, er det ferskvannsanleggene som dominerer. Det er også på ferskvann det største potensialet er

på kort sikt – USAs fornybarinstitutt NREL anslår at 10 000 TWh globalt kan produseres på slike anlegg hvis alle tilgjengelige magasiner ved vannkraftverk ble utnyttet. Det tilsvarer nær halvparten av all solkraft IEA sier må bygges innen 2050 for å nå halvannengradersmålet.

Fordelen med sol på vannkraftmagasiner er at man har kabler og el-nett tilgjengelig. I tillegg kan man utnytte synergieffekter: Dersom det er lite nedbør og sterk sol som truer vannkraftproduksjonen, kan man skru igjen kranen på vannkraften og bruke solenergi i stedet. Om etterspørselen er lav når solen står på, kan man bruke overskuddsenergi til å pumpe vann tilbake i magasinet. I tillegg kan effekten på solcellene forsterkes fordi de kjøles av vannet, fordi varme gjør solceller mindre effektive. Det har også blitt påstått at store flytende solanlegg kan gi mindre fordampning på magasinet.

– Men her er det tydelig at flytende sol er ungt og umodent, for dette vet vi veldig lite om, sier Selj.

Ekspertintervjuet: – En brutal industri

– Dette er en bransje der det bys veldig aggressivt i auksjonene, og der enkelte aktører opptrer – hva skal vi si – i overkant optimistisk. Det kan jo i verste fall føre til at prosjektene aldri blir realisert, sier solanalytiker Jenny Chase.

Chase er den fremste solanalytikeren hos Bloomberg New Energy Finance. Hun forteller om en bransje som setter stadig nye rekorder. Ikke at vi helt skal stole på alle rekordene – som den siste fra Saudi Arabia, der vinneren forpliktet seg til å levere strøm til 10 dollar per MWh.

Jenny Chase: – Det er to typer priser vi ser på disse auksjonsmarkedene. Noen, som den i Saudi Arabia, tror jeg bare er resultatet av en lite transparent prosess som skal skape overskrifter. Jeg tror ikke den reflekterer hva som faktisk vil bli betalt for strømmen som produseres.

Jeg tror vi de neste par årene vil se auksjonsprisene flate ut, kanskje stige litt. Sol vil fortsatt være den billigste energikilden, og om vi ser prisene stige til 30–35 USD/MWh vil ikke det forandre mye.

<2°C: – *2020 var jo et rart år på mange måter, men hvordan synes du det gikk med solutbyggingen?*

– Fint! Vi fikk litt panikk i andre kvartal, og nedjusterte prognosene. Men med unntak av India og noen utviklingsland, hadde pandemien nesten ingen effekt på resten av verden. Så vi måtte til slutt skru prognosene opp igjen. I 2021 tror vi 185 GW vil bli installert, altså enda høyere enn fjorårets 143 GW. Det store usikkerhetsmomentet er India, men vi tror Kina, EU og til dels USA vil dra på.

– *Man sier jo ofte at storskalaanlegg er mer lønnsomme enn små, takmonterte anlegg. Under vurderer man da den faktiske kostnaden – både økonomisk og politisk – ved å legge beslag på svære landområder?*

– Det kommer jo helt an på hvor du er. Bor du i

Australia, tror jeg ikke du bryr deg så veldig om noen store anlegg i ørkenen. Ironisk nok er takmontert sol blitt kjempepopulært i Australia. Og jeg har stor sans for påbudet California har innført om å montere solanlegg på nybygg. Det finnes knapt noen bedre tid å montere sol på enn når man likevel har arbeidsfolk på taket. Ingen synes det er noen god idé å bygge ned natur for å anlegge solparker.

Men hvis man setter seg ned og regner på mengden areal som må avsettes til sol for å nå klimamålene, tror jeg mange vil bli overrasket. Det er ikke så mye som folk skal ha det til.

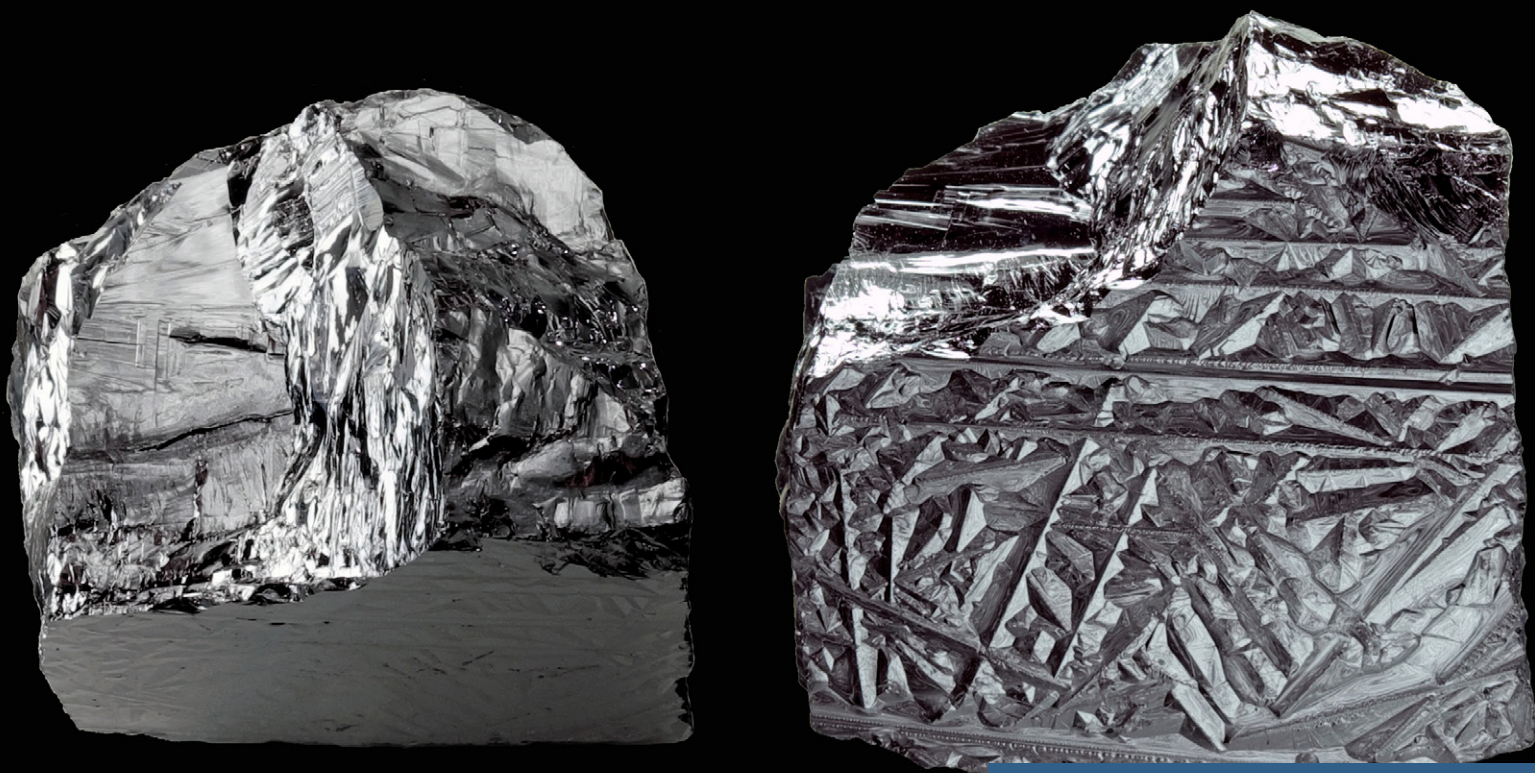
– *Er solenergi noe for alle land? Også Norge?*

– For å si det sånn: Jeg er solanalytiker, og hadde jeg vært Norge, ville jeg satset vesentlig mer på offshore vind enn sol. Jeg sier ikke at det ikke vil være nyttig å legge solceller på norske tak. Sol i kombinasjon med andre energikilder, som vann- og vindkraft, er fint, siden solen gjerne skinner når det er tørt og vindstille. Så vi skal ikke glemme sol heller.

– *Men er det nisjemarkeder der vi kan vente å se vekst i Norge? Bygningsintegrering? Flytende sol?*

– Bygningsintegrering er i bunn og grunn mest hype. Produktene holder rett og slett ikke mål. Jeg ønsker alle som satser på bygningsintegrering lykke til, men jeg ser ikke at det er grunn til å betale ekstra for bygningsmaterialer fordi de produserer litt energi. Det er en grunn til at man selger solceller i kjempeskala til store anlegg.

– *Men i et land som Norge, der solen står lavt, får du vel så mye ut av effekten av veggmontert sol*



Silisium er grunnstoffet som er hyppigst brukt i solceller i dag.

FOTO: TH. VOEKLER

LISENS: CC-BY-SA

som av paneler på tak – og du risikerer ikke at de er dekket av snø halve vinteren.

– Jeg ser den, men samtidig: Kan du ikke bare henge noen solceller på veggen, da? Bygningsintegrering krever lang tilbakebetalingstid. Folk investerer i solceller dersom de vinner igjen investeringssummen i løpet av 8–9 år. Tar det lenger tid enn det, må du gjøre noen antakelser om strømpriser, funksjonsdyktighet, at vedlikehold ikke koster noe. Hvis det da tar 20 år før du har fått igjen innsatsen, er det ikke en investering – da er det et personlig prosjekt.

– *Flytende sol, da?*

– Hvis du har et visst volum av vann for hånden, og du ønsker solenergi, kan du montere panelet ditt på noe som flyter. Jeg bare skjønner ikke hvorfor man skal gjøre en sånn stor greie av det? Det er jo bare det det er. Solcellepaneler på flytende greier.

«For å si det sånn: Jeg er solanalytiker, og hadde jeg vært Norge, ville jeg satset vesentlig mer på offshore vind enn sol.»

Hvor stort kan sol bli?

Bortsett fra landbasert vindkraft er solkraft den billigste energiformen tilgjengelig, og er energiformen som vokser raskest. Og det skal bli større: BloombergNEF (BNEF) tror sol vil utgjøre 23 prosent av el-miksen globalt i 2050.

Det internasjonale fornybareenergibyrådet IRENA tror dessuten kostnadene bare vil fortsette å falle for sol, og at det kan være den billigste energiformen i 2030. IRENA spår at LCOE for solkraft vil nå et snitt på 0,040 dollar/kWh i 2030 (0,33 NOK/kWh), på høyde med eller lavere enn LCOE for landbasert vind, og lavere enn alle tilgjengelige fossile alternativer. Både BNEF og IRENA tror bidragene fra vind og sol blir omtrent like store, men størst sysselsettingseffekt for sol. Forskningsjef Erik Stensrud Marstein ved IFE tror sol blir størst, men tør ikke spå når det skjer:

– Solkraft har hvert eneste år siden 2016 stått for den største andelen av ny kraftutbygging i verden. Dette kommer til å fortsette: prisene fortsetter å sette nye rekorder, solkraft er ekstremt billig i mange markeder. Flere tror at solkraft vil stå for den største andelen av all kraftproduksjon i verden allerede i løpet av de neste 15 årene. Da kommer også utfordringene, men samtidig innovasjonene og de nye arbeidsplassene.

IRENA spår også at sol vil dominere innen fornybarjobber i 2050. Ifølge Marstein bidrar nettopp

sysselsettingseffekten også til veksten:

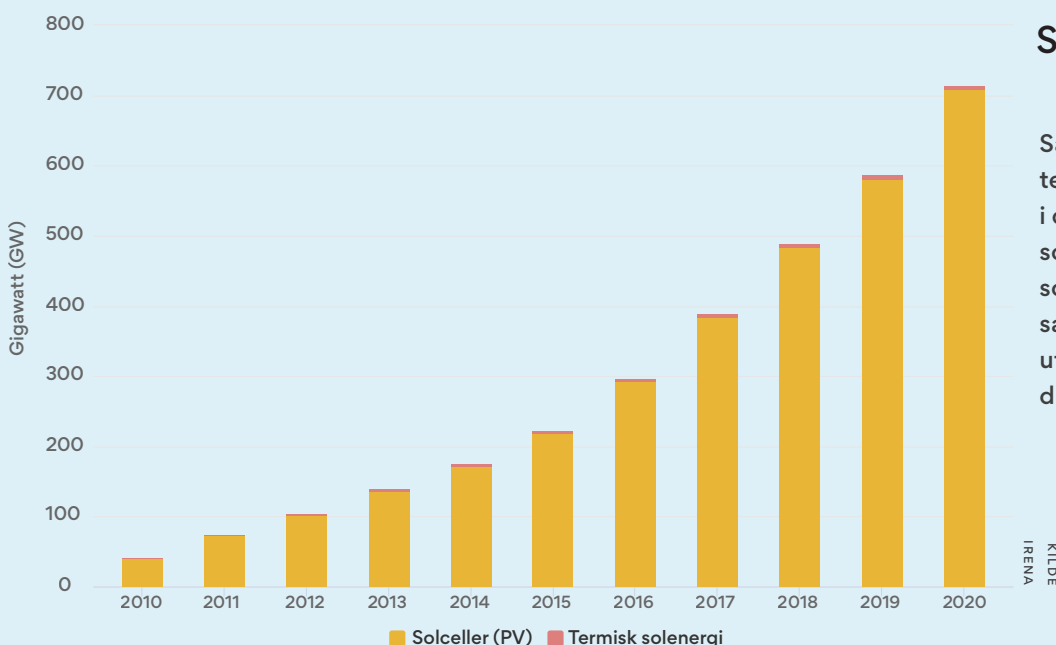
– Spesielt i den tredjedelen av kapasiteten som består av mindre anlegg er det rom for mye lokal sysselsetting. Du trenger ikke doktorgrad for å sette det opp, mange gode håndverkere ønsker å bidra. Dette er et marked som vokser veldig fort.

Til tross for veksten investeres det fortsatt for lite i sol til at de mest ambisiøse klimamålene nås.

– Det er noe med usikkerheten enkelte investorer synes er ukomfortabelt. Usikkerhet i både markeds-situasjon, reguleringer, produktenes ytelse over lang levetid og ressursgrunnlag er samlet ukomfortabelt for investorer, sier Marstein.

Det kan være spesielt utfordrende for investorer som ikke kjenner bransjen, eller er vant med risikobildet fra fossil energi.

– Samtidig kan jo viktige faktorer som oljeprisen fluktuere dramatisk. I sum er det derfor kanskje ikke så stor forskjell – for oljen er usikkerheten i pris over tid, for sol handler det om produksjon over tid. Og: Vi begynner å få god kontroll på nivået på den usikkerheten, sier Marstein.



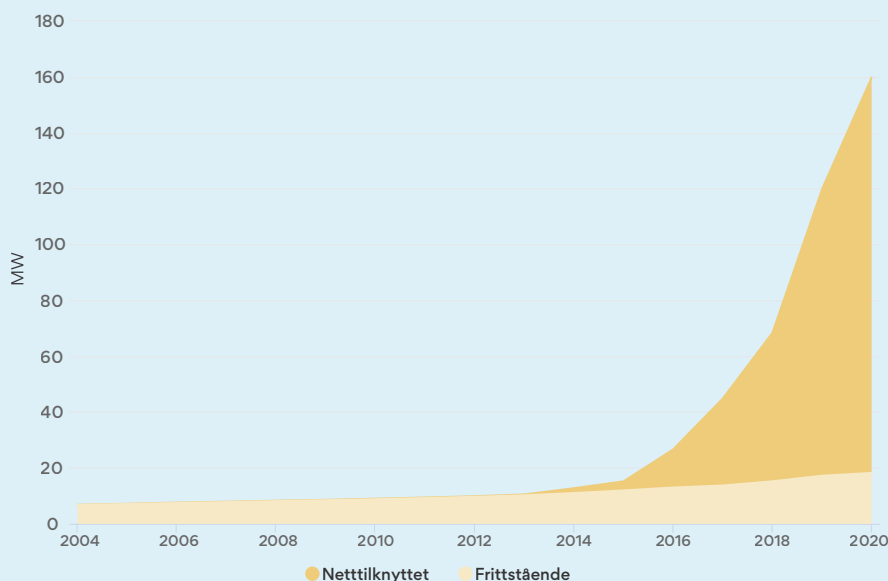
Solenergi i kraftig vekst

Samlet installert solenergikapasitet i gigawatt, 2010–2020. Det er i denne perioden kostnadene for solcellepaneler har rast. Termisk solenergi har også vokst noe i samme periode, men kostnadsutviklingen har vært langt mindre dramatisk.

Utviklingen av solkraft i Norge: Fra hytter til industribygg

Samlet installert kapasitet på solcelleanlegg i Norge, 2004–2020. Mens frittstående anlegg var normen inntil for ti år siden, har anlegg med nettilknytning vokst kraftig spesielt de siste fem årene. Merk at solkraftutbygging internasjonalt måles i GW, i Norge måles den i MW. (1 GW = 1000 MW)

KILDER
NVE, MULTICONSULT, SSB OG ELHUB



Sol i Norge: Hva har vi i vente?

Ingen tror sol blir størst i Norge, men både bransjen, forskere og analytikere tror det kan bli en viktig kraftkilde.

Solen står lavere på himmelen i Norge enn i land der solenergi allerede er mer utbredt. Vi kan dekke så å si hele kraftbehovet vårt i dag med vannkraft, og vi har noen av verdens beste vindressurser. Men økende behov for elektrisk kraft og stadig billigere solcelleteknologi gjør det lønnsomt med solkraft selv i Norge. NVE anslår i sin langsiktige kraftmarkedsanalyse at solkraft vil stå for 7 TWh i Norge i 2040. Eller 3,8 prosent av total el-produksjon.

– Vi i bransjen tror kanskje det er konservativt. Samtidig er det veldig store tall i forhold til der vi er i dag. På lang sikt er det godt mulig at om lag 10 prosent av kraftmiksen i Norge vil være sol, sier Erik Stensrud Marstein fra IFE.

Jenny Chase fra BloombergNEF mener også at 7 TWh i 2040 høres lavt ut:

– Tenk på Tyskland – de er på 9 prosent allerede nå. Sveits satser på 40 prosent innen 2050 – det er ambisiøst, men hvorfor ikke?

Overingeniør Jarand Hole i NVE forklarer at hele hensikten med kraftmarkedsanalysen er å være konservativ. Hadde modellen bare tatt hensyn til kostnadsutviklingen, ville den gitt mye mer solkraft i miksen i 2040. Men mye er fortsatt usikkert på andre områder:

– Areal og prioritering av arealbruk er jo noe som vil sette grenser for solkraft i Norge. En annen ting vi kan trekke frem som kan bremse utviklingen, er kannibaliseringseffekten, sier han.

Det er den effekten som slår til når det er samtidighet i kraftproduksjonen – når flere solcelleanlegg, spesielt i samme landsdel, produserer mye samtidig, nok til å dekke forbruket når solen står på. Da går prisene i gulvet, ingen får særlig betalt for kraften, alle «spiser opp» hverandres marked.

– Akkurat hvor disse knekkpunktene går vil vi se litt nærmere på i tiden fremover, men det er allerede tatt hensyn til i framskrivingene våre, sier Hole.

Sol blir aldri nok alene

Solenergi er variabel kraft. Den bør kombineres både med annen kraftproduksjon og lagring hvis vi skal utnytte den best mulig.

– Solenergi kommer litt som den fulle fetteren på fest: full av energi, men tilsynelatende litt upålitelig, sier forskningssjef og faggrupeleder solpark ved IFE, Erik Stensrud Marstein.

– Men her må vi jo huske på at sol aldri skal være alene i kraftmiksen. Vi må tenke slik at sol møter vind møter vann møter hydrogen, og så kombinerer vi det på en smart måte så det fungerer minst like bra som dagens system, sier han.

– Det er med sol som med mange andre energikilder – der du har stort potensial for produksjon, er gjerne ikke der du har høyest befolkningstetthet. Og sol har den kinkige egenskapen at midt på dagen, når produksjonen når toppen, er gjerne ikke etterspørselen den største, sier solanalytiker Jenny Chase.

Den mest åpenbare løsningen på dette problemet

er å lagre overskuddet når etterspørselen er lav, og den mest åpenbare lagringsteknologien er batterier, sier Chase:

– Bruk batterier til å jevne ut toppene og gjøre produsenten i stand til å levere jevnt selv når produksjonen dabbet av.

IRENA legger vekt på at investeringer i lagringsmetoder må opp for å øke andelen fornybar variabel kraft i energisystemet. Og batteriprisene har rast de siste årene, og investeringer i større batterilagringsprosjekter øker, ifølge BNEF. Mer bruk av batterier også i husholdninger, enten integrert i små solcelleanlegg eller i elbiler som er koblet på nettet og fungerer som mellomlager, kan løse mange fremtidige problemer knyttet til både distribusjon og variabilitet i kraftforsyningen. Men dette er systemer som fortsatt er i startgropen.

Solen går ned over en solpark nær Grand Valley State University i delstaten Michigan i USA. En utfordring med solenergi er at produksjonstakten som regel er heller dårlig synkronisert med kraftetterspørselen.

FOTO: CONSUMERS ENERGY

LISENS: CC-BY-NC-ND





– Først og fremst fordi batterier er skikkelig dyre. Og det krever nokså avanserte styringssystemer for å optimalisere funksjonen i nettverket, sier Jenny Chase fra BNEF. Erik Stensrud Marstein fra IFE mener utrulling av solenergi i seg selv kan bidra til å løse utfordringer knyttet til distribusjon og nettverk.

– I et solkraftverk har vi styringssystemer og komponenter som gjør det mulig å stabilisere effekt, spenning og frekvens, og morgendagens systemer kommer til å bli stadig bedre til dette. I Norge har vi erfaringer med flere anlegg der store bygg har fått inn store batteripakker. Vindanlegg tilbyr mange av de samme smarte tjenestene til nettet, og vind og sol utfyller jo hverandre ellers også, sier Marstein.

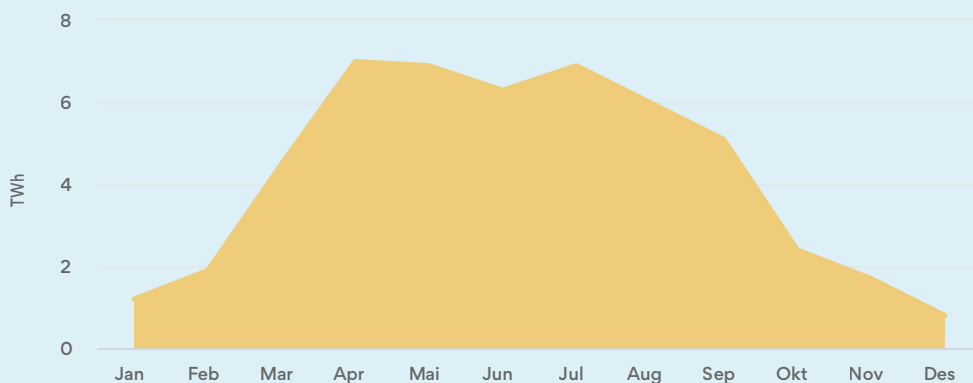
Jenny Chase er imidlertid klar på at det er grenser for mye solkraft man kan ha i systemet:

– Alt dette er selvsagt utfordringer som kan løses, men konklusjonen må bli at sol er en stor del av løsningen. Det blir aldri løsningen på alt.



Westmill Solar Farm ligger i Oxfordshire i England. I bakgrunnen ser vi Westmill Wind Farm. Vind- og solparken er lokalt eid av det samme kooperativet. Sol- og vindkraft utfyller hverandre ofte bra: Når det ikke blåser, skinner gjerne solen, og omvendt.

FOTO: RICHARD PEATE
LISENS: CC-BY-NC-ND



Stor årtidsvariasjon

Månedlig solkraftproduksjon i Tyskland i 2020, målt i TWh.

Det er ikke bare døgnvariasjonene som er utfordrende for solkraften. Derfor må sol kombineres med energilagring og andre kraftkilder.

KILDE
UMWELTBUNDESAMT.DE

Kina dominerer industrien

Verdens solcelleindustri er i realiteten avhengig av kinesisk industri. Det er utfordrende på mange plan.

– 80 prosent av verdens polysilisium produseres i Kina, etter det kommer Tyskland og Sør-Korea. Det meste av wafere og ingots, altså silisiumbarrer, produseres også i Kina. Det skaper utfordringer for oss andre, sier solanalytiker i Bloomberg New Energy Finance, Jenny Chase.

Innenfor polykrystallinsk wafer-og ingot-produksjonen er Kinas dominans voldsom: Henholdsvis 97 og 95 prosent, ifølge Bernreuter Research. Av verdens ti største solenergiselskaper er åtte kinesiske, ifølge Forbes Magazine. Mye av grunnen til den kinesiske dominansen er det gigantiske hjemmemarkedet, som har vokst kollosalt de siste ti årene.

Det får mange i den europeiske solbransjen til å advare mot for sterk kinesisk dominans, og stimulere til økt produksjon blant annet i Europa. Også EUs selvforsyningsstrategi er et ledd i dette.

I USA ble det innført toll på solcelleteknologi fra hele verden under Trump-administrasjonen, noe

som har økt amerikansk solindustris konkurranse-dyktighet på hjemmemarkedet, men samtidig har også prisene der økt.

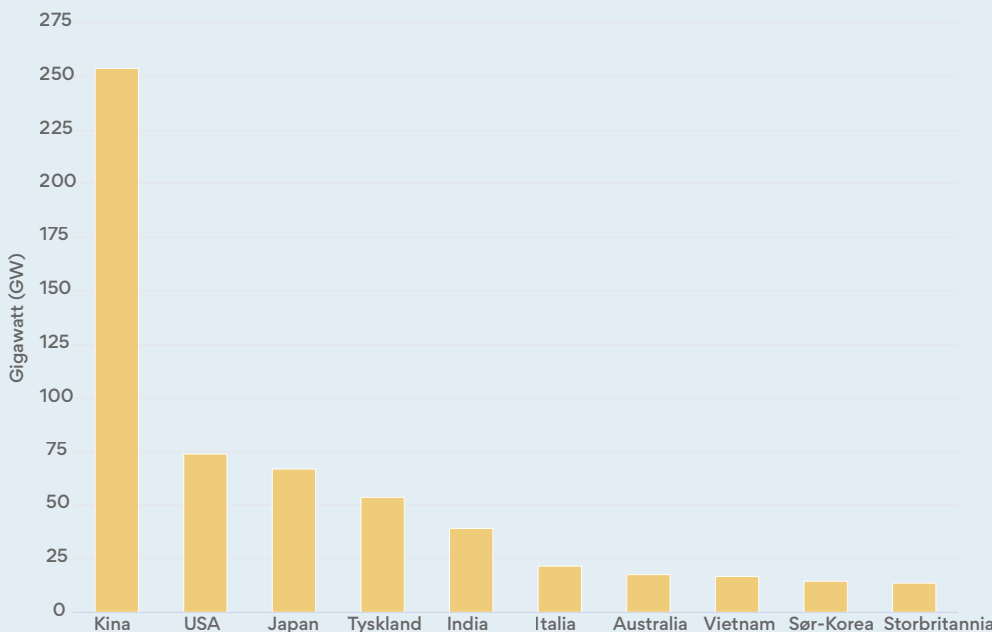
Chase fra BNEF er skeptisk til å innføre liknende tiltak i Europa.

– Klart vi kan vedta all verdens nåløyer som bare utvalgte land vil klare å komme gjennom. Om slike handelsbarrierer hjelper å gjennomføre energioms-tillingen, derimot, er vel heller tvilsomt, sier hun.

Chase påpeker, som erfaringene fra USA viser, at det er et langt skritt fra å være konkurransedyktig hjemme – med handelsbarrierer – til å kunne utfor-dre kineserne på bortebane.

– Dette er en brutalt konkurransepreget bransje der mange virksomheter allerede taper penger. Får man produksjonen opp i skala i EU, kan man selvsagt på sikt matche prisen til konkurrentene. Men det vil være en ekstremt smertefull prosess å komme dit.

Kina har verdens største solmarked



De ti landene med høyest installert solcellekapasitet (oppgitt i megawatt). Tall for 2020.

I 2015 passerte Kina Tyskland, og for hvert år som har gått har Kina rykket fra konkurrentene. Kina har i dag mer enn tre ganger så mye installert kapasitet som USA, og omtrent like mye som alle de fem neste landene på listen har til sammen.

KILDE
IRENA



En arbeider på en solcelle-fabrikk i Zeijhiang-provinsen i Kina. Kina dominerer både råvareproduksjonen og selve solcelleindustrien, og har også kontroll på sitt eget hjemmemarked – det soleklart største enkeltmarkedet i verden.

FOTO: REUTERS / NTB

Det er imidlertid ikke bare strategiske og økonomiske hensyn som taler for å temme Kinas dominans. Store deler av Kinas polysilisiumproduksjon er konsentrert i ett område: Xinjiang-provinsen i nordvest. Der holder den muslimske uigur-minoriteten til. Flere menneskerettighetsgrupper, blant annet Amnesty International, hevder at minoriteten utsettes for grov forfølgelse og undertrykkelse. Det er også blitt hevdet at det foregår tvangsarbeid på fabrikker som produserer nettopp innsatsmidler til solindustrien. Kinesiske myndigheter blåneker for dette, de nekter imidlertid også uavhengige parter å få innsyn i arbeidsforholdene på disse fabrikkene. Det skaper også et moralsk dilemma for mange.

– I Xinjiang produseres snaut halvparten av verdens polysilisium, mens EU og USA står for omtrent en fjerdedel av etterspørselen. Klart vi kunne styrt utenom produkter fra akkurat den delen av Kina, i alle fall hvis Kina hadde hatt forståelse for det. Det har de ikke. Et annet problem er at mange av solcelleprodusentene må kjøpe silisium på spot-markedet for å få nok. Der får man ikke nødvendigvis vite så mye om opphavet, sier Jenny Chase.

«Klart vi kunne styrt utenom produkter fra akkurat den delen av Kina, i alle fall hvis Kina hadde hatt forståelse for det. Det har de ikke.»

Vi trenger massive mengder solkraft

IEAs nye veikart til netto null utslipp i 2050 endrer rammene også for fornybar industri fremover. I Net Zero Emissions-scenariotet (NZE) kreves det enormt med ny fornybar energi. Den største økningen er innen solenergi.

I NZE skal solenergi levere 23 000 TWh årlig i 2050, tilsvarende snaut 45 prosent av el-miksen globalt.

Det innebærer at installert kapasitet av solkraft må øke med 630 GW hvert år. Og ikke alt skal i parker: Antallet takmonterte anlegg – smått og stort, verden over – øker i scenariotet fra 25 millioner i 2020 via 100 millioner i 2030 til 240 millioner i 2050.

Det er utfordrende bare å forestille seg hva det innebærer i praksis. I rekordåret 2020 ble det installert 143 GW verden over. I 2030 må det installeres fire ganger så mye. Total installert kapasitet for solkraft skal opp fra 737 GW ved utgangen av 2020 via 4 956 GW i 2030 til 14 458 GW i 2050.

Til sammenlikning har Det internasjonale byrået for fornybar energi (IRENA) operert med et ambisiøst

klimascenariotet, REMAP, som skal sikre at den globale oppvarmingen holder seg godt under to grader. Også i det scenariet skal solkraft stå for den største økningen, men der er det «bare» snakk om 8 519 GW i 2050.

BloombergNEF, i sin *New Energy Outlook*, anslår på sin side at solenergi vil stå for 7749 GW av den globale energimiksen i 2050.

IEA-veikartet er nettopp et veikart, ikke en framskrivning. Det er en praktisk beskrivelse av hvordan verdens styresmakter og markedsaktører må opptre dersom de mest ambisiøse klimamålene skal nås. Derfor gir den også en håndfull praktiske politiske råd. Mange av dem er mer generelle, men spesielt tre av dem er relevante for solutbyggingen fremover:

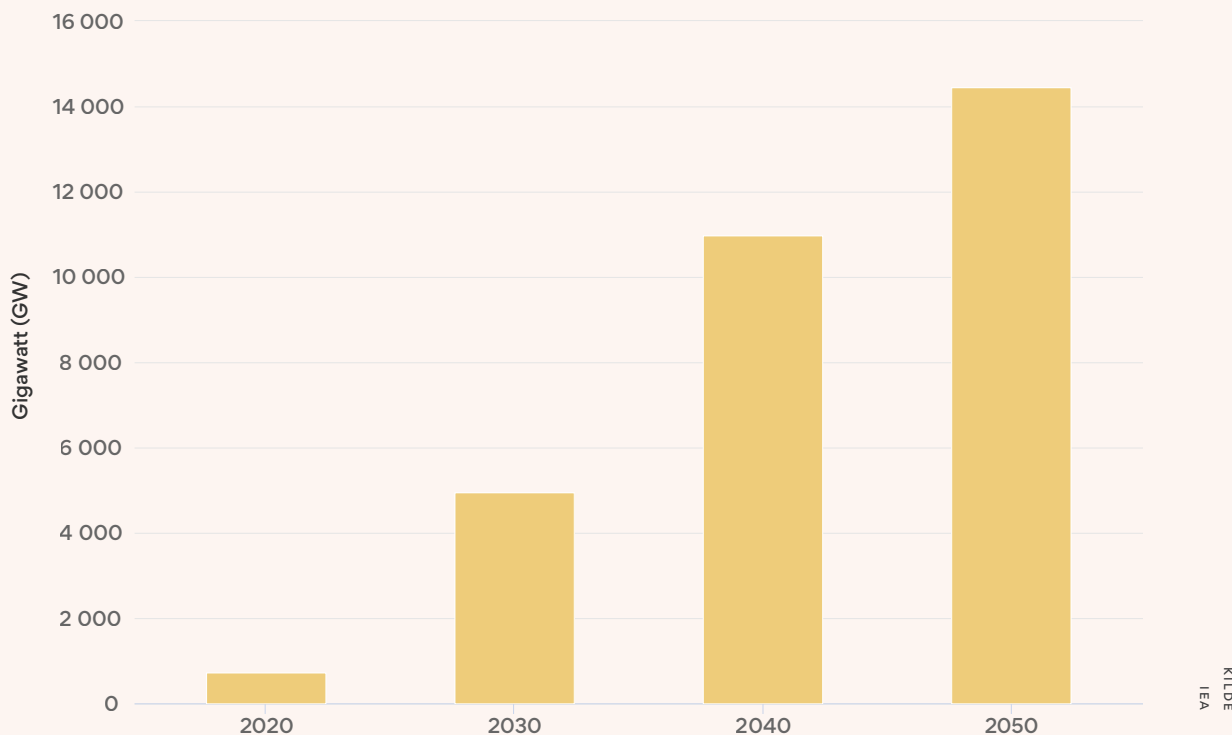
Montering av solceller på taket av Palexpo-kongressenteret i Genève i Sveits. 25 millioner små og store tak verden over har solceller i dag. Antallet må nesten tidobles innen 2050, mener IEA.

FOTO: DENIS BALIBOUSE / REUTERS / NTB



Klimamålene krever store mengder ny solkraft

IEAs analyse av behov for fremtidig solenergi (PV) i en verden som lykkes med å begrense den globale oppvarmingen til 1,5 grader. Stolpene viser installert kapasitet totalt i verden for hvert tiår fra 2020 i GW.



1. Gjøre 2020-tallet til et tiår med massiv økning av ren energi. Vi har teknologien, det vi trenger er effektiv politikk. Dette innebærer både positive og negative insentiver, og planlegging og oppgradering av nødvendig infrastruktur. «Regulatoriske hindere» har gått igjen når vi har snakket med kilder i solbransjen i forbindelse med dette notatet, og en kartlegging av slike kan være nyttig. Samtidig må man bruke lærdommen fra konfliktene rundt landbasert vindkraft konstruktivt så man unngår tilsvarende med en økning av solenergi.

2. Legge til rette for en historisk økning i investeringer i ren energi. Selv om offentlige midler vil være en viktig driver, spesielt i utviklingsland, vil privat kapital være avgjørende og stå for meste parten av finansieringen av Det grønne skiftet. Her er det rom for politikk – spesielt med tanke på å redusere finansiell risiko. Ikke helt ulikt logikken bak mange av de finansielle mekanismene som i

dag driver investeringer i olje- og gassvirksomhet, uten at IEA nevner dette. I Veikartet for den norske solbransjen trekkes også finansiering frem som en hovedutfordring.

3. Håndtere nye utfordringer for forsyningsikkerhet umiddelbart. Dette innebærer blant annet å ta tak i utfordringer knyttet til kritisk infrastruktur for å sørge for en robust og pålitelig energiforsyning. Norge har en stor fordel i den høye andelen vannkraft, men kannibaliseringseffekten som Jarand Hole fra NVE nevner på side 15 bør tas tak i.

– Her kan blant annet fremvoksende markeder for kapasitet og nett-tjenester, i tillegg til de velkjente kraftmarkedene få en svært viktig rolle, sier Erik Stensrud Marstein fra IFE.

Kilder

EKSTERNE ARTIKLER OG RAPPORTER:

Bhattacharya, S., & John, S. (2019). Beyond 30% conversion efficiency in silicon solar cells: a numerical demonstration. *Scientific reports*, 9(1), 1-15.

BloombergNEF (2020). New Energy Outlook 2020 - Executive Summary. Bloomberg Finance L.P., New York

FME SUSOLTECH og Solenergiklyngen (2020). Veikart for den norske solkraftbransjen mot 2030.

IEA (2020): Energy Technology Perspectives 2020. IEA, Paris.

IEA (2021). Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector. IEA, Paris.

IEA (2020). World Energy Investment 2020, IEA. Paris.

IPCC (2018). Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. In Press.

IRENA (2019). Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IRENA (2019). Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition). International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IRENA (2020). Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IRENA (2021). World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Lee, N., Grunwald, U., Rosenlieb, E., Mirlitz, H., Aznar, A., Spencer, R., & Cox, S. (2020). Hybrid floating solar photovoltaics-hydropower systems: Benefits and global assessment of technical potential. *Renewable Energy*, 162, 1415-1427.

Red Eléctrica de España (2021). Avance del Informe del sistema eléctrico español 2020. Red Eléctrica de España, Alcobendas.

Schileo, G., & Grancini, G. (2020). Halide perovskites: current issues and new strategies to push material and device stability. *Journal of Physics: Energy*, 2(2), 021005.

Thronsen, W., Rosenberg, E., Skjølsvold, T. M., Sørheim, R., & Kari Aamodt Espegren. (2019). Solskinnlandet Norge: en reise mot 2050. FME CenSES, Trondheim.

NETTSIDER:

National Renewable Energy Laboratory. (n.d.). Best Research-Cell Efficiency Chart. NREL. Besøkt 22.05.2021, <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>

INTERVJUER PÅ TOGRADER.NO:

Ursin, Lars: Ekspertintervjuet: Steve Vøller. Publisert 27.05.2021 på <https://energiogklima.no/?p=65812>

Ursin, Lars: Ekspertintervjuet: Jenny Chase. Publiseres 03.06.2021 på <https://energiogklima.no/?p=65814>

Ursin, Lars: Ekspertintervjuet: Erik Stensrud Marstein. Publiseres 04.06.2021 på <https://energiogklima.no/?p=65816>

Ursin, Lars: Ekspertintervjuet: Turid Reenaas. Publiseres 07.06.2021 på <https://energiogklima.no/?p=65818>

Ursin, Lars: Ekspertintervjuet: Marisa Di Sabatino Lundberg. Publiseres 08.06.2021 på <https://energiogklima.no/?p=65820>

Ursin, Lars: Ekspertintervjuet: Hassan Gholami. Publiseres 14.06.2021 på <https://energiogklima.no/?p=65822>

Ursin, Lars: Ekspertintervjuet: Josefine Helene Selj. Publiseres 15.06.2021 på <https://energiogklima.no/?p=65824>

Ursin, Lars: Ekspertintervjuet: Jarand Hole. Publiseres 21.06.2021 på <https://energiogklima.no/?p=65826>

*Merk at publiseringsdatoene på flere av ekspertintervjuene er endret siden publiseringen av første utgave av notatet, 27.05.2021.

Vi støtter
klimaformidlingsprosjektet

<2°C

ENOVA

 fortum


pwc

 Statkraft

UM
OE

KLIMAVITENSKAP
OG ENERGIOMSTILLING

<2°C

Togradersprosjektet formidler kunnskap om klimaproblem og -løsninger.

Prosjektet er et samarbeid mellom Norsk klimastiftelse,
Bjerknessenteret for klimaforskning, NHH,
Universitetet i Bergen og Universitetet i Stavanger.



Norsk klimastiftelse
NORWEGIAN CLIMATE FOUNDATION

BJERKNES CENTRE
For Climate Research



NHH 



UNIVERSITETET I BERGEN



Universitetet
i Stavanger