



**RAPPORT**  
**Solcellesystemer og sol i systemet**

Multiconsult og Asplan Viak  
På oppdrag fra Solenergiklyngen  
Mars 2018

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult og Asplan Viak på oppdrag fra Solenergiklyngen. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult og Asplan Viak har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult og Asplan Viak skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult, Asplan Viak og Solenergiklyngen eller eventuell annen opphavsrettshaver.

OPPDRAG	<b>Kartlegging og strategisk satsing for Solenergiklyngen</b>	DOKUMENTKODE	10200404-1080-RAP-001
EMNE	Rapport: Solcellesystemer og sol i systemet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Solenergiklyngen</b>	OPPDRAGSLEDER	Håkon Person, Multiconsult
KONTAKTPERSON	Trine Kopstad Berentsen, Solenergiklyngen	UTARBEIDET AV	Multiconsult og Asplan Viak

## FORORD

«Solcellesystemer og sol i systemet» gir en oppdatert situasjonsbeskrivelse av solbransjen i Norge. Rapporten er bestilt av Solenergiklyngen for å bidra til å knuse myter og tette kunnskapshull i forhold til hva solenergi kan gjøre for norsk næringsliv.

**Pilene peker oppover** for solenergibransjen. Vi opplever en vekst i både i antallet leverandører og hvor mye solenergi som installeres. Det er stor interesse for solenergi hos byggeiere. Den største veksten og lønnsomheten er på næringsbygg. Her har særlig større byggeiere som Oslo kommune og Asko banet vei for andre.

**Nye folk på banen.** Aktørbildet er i endring og bransjen er blitt mer spesialisert. Det dukker opp nye solrelaterte selskaper hver uke, noe som betyr at 'kaken blir større'. De nye aktørene utfordrer og snur opp ned på forretningsmodellene. Vi ønsker dem velkommen.

**Umoden eller moden?** Solenergibransjen tar store skritt fra år til år. Man tar ansvar for å jobbe med felles normer og regler for å få på plass «best practice». Det er viktig med trygge prosjekter som tar alt fra elsikkerhet til HMS på alvor. Samtidig har vi en vei å gå for å øke kunnskapen, særlig hos innkjøpere, politikere og byråkrater.

**Skjær i sjøen?** Det finnes en rekke utfordringer og myter å knekke. «100 kW- grensen» som begrenser hvor mye strøm man kan selge til nettet, er på listetoppen over utfordringer som spilles inn til oss i klyngesekretariatet. Av myter er denne på topp; 'Trenger man solstrøm i Norge – vi har jo vannkraft' Svaret er enkelt. Folk vil ha solstrøm fordi det er grønt og smart.

**Ambisjonen** er at solstrøm er en del av den norske kraftmiksen fremover, i god harmoni med norsk vannkraft. Vi har en fantastisk solindustri og en rekke leverandører av teknologi, råvarer og tjenester på det internasjonale markedet. Men det er faktisk også slik at for å være god internasjonalt må man ha et hjemmemarked. Solenergi kommer også til å bli en viktig brikke i fremtidens miljøeffektive bygg. Stadig strengere byggetekniske krav er en sterk driver for veksten sammen med økt fokus på klimafotavtrykk.

**Dette er den nye oljen.** Resultatene fra rapporten understøtter bransjens ambisjon om å skape et nytt fundament for norsk næringsliv, og skape nye grønne arbeidsplasser etter en oljesmurt tidsalder. Sol vil spille en viktig rolle i kompaniskap med andre fornybare energikilder.

## Solcellesystemer og sol i systemet

---

### Kartlegging og strategisk satsing for Solenergiklyngen

**... og for oss som leste Energimeldingen da den ble lansert i fjor og ble svært skuffet – fortvil ikke!** Vi håper at denne rapporten kan rette opp inntrykket om at solenergi er for spesielt interesserte. Solenergi er derimot en stor mulighet for norsk næring, klima, industri og eksport. Solenergi må heretter bli tatt med når energiløsninger diskuteres.

Til slutt ønsker jeg å anerkjenne arbeidet som er gjort. Multiconsult har gjort en omfattende jobb med å samle denne informasjonen i samarbeid med Asplan Viak. Otovo, Energi Norge med flere har gitt gode innspill.

God lesning, folkens!

Trine Kopstad Berentsen, daglig leder Solenergiklyngen  
16. mars 2018



## SAMMENDRAG

Solenergi er i skrivende stund den raskest voksende energikilden i verden, når det kommer til installert kapasitet. Det er også den fornybare energikilden som det ble investert mest i globalt i 2017, tett etterfulgt av vindkraft. 2017 har vært et rekordår for solkraft globalt med 99 GWp installert effekt, tilsvarende 26 % vekst fra året før [6]. Det vil si at 40 000 solcellepaneler ble installert i timen, og akkumulert installert effekt nådde 400 GWp. I 2016 ble det installert 75 GWp med solcellekapasitet, tilsvarende en 50 % vekst fra året før. Til sammenligning var det ved utgangen

av 2016 installert en total produksjonskapasitet på 31,5 GW i norsk vannkraft. Blant driverne for veksten er fallende kostnader, kritiske støttemekanismer og økende strømpriser.

Fra å være drevet fra Tyskland og andre europeiske land, har veksten de siste årene kommet fra land som USA, Kina og India. Solkraft satte rekorder flere steder i verden i 2016, hvor bud på solauksjoner for sol var nede på 0,03 USD/kWh – halvparten av gjennomsnittlig kostnad for kullkraft globalt. Også i 2017 ble det satt nye rekorder, hvor bud på solauksjoner var nede på rekordlave 1,79 US cents/kWh, for et 300 MW prosjekt i Saudi Arabia. De globale gjennomsnittsprisene for solkraft har blitt redusert med 62 % siden 2009, og forventes å ta igjen kullkraft ilt det neste tiåret, ifølge Bloomberg New Energy Finance.

*«De globale gjennomsnittsprisene for solkraft har blitt redusert med 62 % siden 2009, og forventes å ta igjen kullkraft ilt det neste tiåret, ifølge Bloomberg New Energy Finance»*

Digitaliseringen av kraftbransjen globalt åpner dører for nye aktører, nye kommunikasjonsformer, nye forretningsmodeller og nye styringssystemer basert på prediksjoner, for å nevne noe. Vi ser en utvikling der solceller i mindre grad selges som en enkeltkomponent, men som del av et større økosystem. Markedsutviklingen viser en trend der solkraft skaper et marked for lagring og smart effektstyring, som igjen skaper et marked for nye forretningsmodeller innen energisektoren.

#### FAKTA:

- Installert effekt for solcellepaneler oppgis med måleenhet Wp, i stedet for W som er det vanlige målet på elektrisk effekt. Elektrisk energiproduksjon fra et solcellepanel varierer med solforhold og temperatur. Å benytte Wp tillater en entydig sammenligning av solcelleprodukter på markedet, og angir produksjon ved «standard testbetingelser», som er definert som 1000 W/m<sup>2</sup> solinnstråling, lysspektrum AM 1,5 og 25 °C.  
1 GWp = 10<sup>3</sup> MWp = 10<sup>6</sup> kWp = 10<sup>9</sup> Wp

Det norske hjemmemarkedet for solkraft er fortsatt i en relativt tidlig fase, men man ser økt etterspørsel fra både næringssegmentet og privatmarkedet. I følge innrapporterte tall til Solenergiklyngen for 2017 ble det installert 18 MWp i 2017, som resulterte i at Norge ved utgangen av året hadde ca. 45 MWp kapasitet i solkraft installert. Veksten i installert kapasitet i solkraft var på 59 % fra rekordåret 2016 [1]. Veksten i installert kapasitet solkraft var på 366 % fra 2015 til 2016, noe som gjør en ytterligere vekst i 2017 på 59 % imponerende. Veksten er til tross for lave kraftpriser og svake støttemekanismer for solkraft. Den kraftige veksten de siste årene kan begrunnes med økt modenhet i markedet og teknologiutvikling, som har gitt betydelige kostnadsreduksjoner. En viktig driver for veksten i segmentet næringsbygg har vært avklaringer rundt plusskundeordningen, el-sertifikater, fallende priser, samt økt interesse og bevissthet rundt samfunnsansvar og miljø. I privatmarkedet er det også flere drivere, blant dem økning i generell teknologiinteresse, egenproduksjon av kraft til elbil, økt uavhengighet fra kraftselskaper, miljø, gode erfaringer med solenergi og reduserte utgifter. Eksempler på lønnsomhetsvurderinger for sol for privathusholdning og næringsbygg er gjort ved hjelp av nåverdimetoden, og viser at en internrente på over 5 % kan oppnås i både privatsegmentet og næringssegmentet med dagens prisnivå og tariffstrukturer, når forventet økning i strømpris og nettleie mot 2040 legges til grunn.

Det norske markedet er i endring på mange fronter. Fremtidige energikrav til bygninger forventes å bli en spesielt stor positiv driver for det norske solmarkedet. Nye effekttariffer og en dreining i fokus på

*«Den norske solnæringen har stort potensiale, både globalt og nasjonalt, og det er ventet at solkraft er i startgroppen av sterk og langvarig vekst.»*

støtteordninger vil endre rammebetingelsene til markedet, og promotere nye løsninger som baserer seg på effekt- (kW), klima- og områdetankegang fremfor energi (kWh) og enkeltbygg-tankegang. For privatmarkedet vil overgangen til effekttariffer på den andre siden true lønnsomheten for enøk-tiltak generelt og solceller spesielt, når disse tiltakene ikke senker det maksimale strømuttaket fra nettet i perioder med effekttariffering.

Digitaliseringen har åpnet dører for nye kommunikasjonsløsninger, nye forretningsmodeller og nye styringssystemer med lengre tidshorisonter i planleggingen også i Norge. Markedet for solenergi er tett koblet til markedet for smart-grid, smarte styringssystemer, energilagring og elbiler. Flere av løsningene utvikles av norske selskaper, først og fremst via innovasjonsprosjekter som ennå ikke er rullet ut i markedet. Utviklingen ledes av bedrifter som er fremoverlente, setter seg egne mål, og driver innovasjonsprosjekter. Dette gir seg utslag i flere nyetablerte selskaper og etablering av nye forretningsområder i etablerte selskaper. I det gryende markedet for flytende solkraft har for det eksempel vist seg at kompetanse fra norsk maritim sektor kan være en fordel. Disse selskapene ventes å få en sterk posisjon etter hvert om de nye markedene vokser i volum.

Norge har flere konkurransefortrinn som komponent og teknologileverandør i det internasjonale markedet. I produksjonsleddet har Norge klart å hevde seg i sterk konkurranse med internasjonale konkurrenter innen solar grade silisium og wafere fra blant annet Kina. Blant årsaker til dette er billig og fornybar kraft, høy grad av automatisering, den norske modellen og markedets vilje til å premiere produkter med lave CO<sub>2</sub>-utslipp. Nedstrøms, nær kunden, har også norske selskaper begynt å hevde seg med en god utnyttelse av programvare og innsikt i fremtidens energimarkeder.

#### FAKTA:

- Installert effekt i Norge i utgangen av 2017 var 45 MWp, iht. oppgitte data fra leverandør. Dersom standardmoduler forutsettes, tilsvarer dette 280 000 m<sup>2</sup>, eller 39 fotballbaner, dekket av solcellepaneler.

Den norske solnæringen har stort potensiale, både globalt og nasjonalt, og det er ventet at solkraft er i startgroppen av sterk og langvarig vekst. Barrierene for å bygge ut solkraft er generelt på vei nedover. Strømpriser og nettleie er forventet å stige frem mot 2040, som er positivt for økonomien i egenprodusert energi. Flere scenarier er utarbeidet for veksten i solinstallasjoner i Norge frem mot 2030, selv om dette er svært vanskelig å anslå. Scenariene varierte fra 3 000 MWp til 6 000 MWp installert solkraft i 2030, som tilsvarer en produksjon på 2,3-4,8 TWh. Potensiale for utbygging av solenergi i Norge er langt større. Dersom alle tak i den forventete bygningsmassen i Norge i 2030 dekkes av solceller, tilsvarer dette ca. 19 TWh årlig produksjon, eller ca. 16 % av Norges samlede elektrisitetsforbruk i 2014.

Generelt forventes Norge å styrke sin posisjon i det globale markedet i flere segmenter. Allerede i dag finnes det flere norske selskaper som utvikler både stor- og småskala solkraftverk internasjonalt, og metallurgisk industri har vist før at de evner å holde følge i hard konkurranse og prispress i det internasjonale markedet. Ettersom eksponentiell vekst forventes i mange år fremover i de fleste områder i verden, danner dette en betydelig markedsmulighet for norske selskaper. Konkurransen er imidlertid utrolig tøff og det er helt essensielt at den norske solenergi-bransjen gjennom fortsatt forskning, utvikling og kompetansebygging klarer å opprettholde og å styrke de konkurransefordelene den allerede har.

### INNHALDSFORTEGNELSE

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>Liste over figurer</b> .....	<b>8</b>
<b>Liste over tabeller</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>11</b>
1.1 Studiens ambisjon og rolle.....	11
1.2 Solenergiklyngens mandat.....	12
1.3 Faglig introduksjon av distribuert produksjon, lagring og energistyring.....	12
1.3.1 Generelt om distribuert produksjon og lagring .....	12
1.3.2 Integrasjon av større mengder distribuert produksjon i kraftnettet .....	13
<b>2 Studiets omfang</b> .....	<b>15</b>
2.1 Avgrensninger .....	15
2.2 Metode datainnsamling.....	15
2.3 Verdikjede med tilhørende aktører .....	15
<b>3 Markedet for sol globalt</b> .....	<b>17</b>
3.1 Installert kapasitet og vekst .....	17
3.2 Investering .....	19
3.3 Sysselsetting .....	20
3.4 Kostnadsutvikling.....	20
3.5 Markedsutvikling og drivere .....	22
<b>4 Solnæringen i Norge</b> .....	<b>31</b>
4.1 Installert kapasitet .....	31
4.2 Prisutvikling og lønnsomhet.....	33
4.2.1 Prisutvikling solcelleinstallasjoner .....	33
4.2.2 Lønnsomhet .....	34
4.3 Markedet i Norge: Sysselsetting og omsetning.....	38
4.4 Prosessmetoder og innovasjoner i metallurgisk industri.....	41
4.5 Konkurransefortrinn og utfordringer .....	42
4.5.1 Konkurransefortrinn, metallurgisk industri.....	43
4.5.2 Konkurransefortrinn, nedstrøms industri .....	44
4.5.3 Utfordringer for den norske solnæringen.....	44
4.6 Forskning og innovasjonsprosjekter innen sol og smartgrid.....	45
4.6.1 Nasjonal strategi for forskning i energisektoren.....	45
4.6.2 Forsknings- og innovasjonsaktiviteter.....	46
4.7 Støtteordninger .....	49
4.7.1 Nasjonale støtteprogrammer .....	49
4.7.2 Regionale støtteprogrammer.....	49
4.8 Dagens og fremtidige energikrav til bygninger – Fra TEK 10 til TEK 30.....	50
4.8.1 Historisk utvikling og mulige fremtidige energikrav.....	50
4.8.2 EUs bygningsenergidirektiv (2010/31/EU) og veien til plusshus og klimanøytralitet .....	51
4.9 Markedsutvikling og drivere .....	52
<b>5 Potensial for solnæringen – muligheter og utfordringer</b> .....	<b>59</b>
5.1 Potensiell solproduksjon på norske tak og fasader.....	59
5.2 Barrierer.....	61
5.3 Prisutvikling innen strømkostnad og elsertifikater .....	64
5.3.1 Forventet utvikling i strømpriser, og nettleie og tariffer .....	64
5.3.2 Utvikling i pris på el-sertifikater .....	66
5.4 Norge: Prognoser for solnæring i Norge, forklart ut fra trendene og komparative analyser.....	66
5.4.1 Scenario 1 – Estimat for vekst drevet av markedet .....	67
5.4.2 Scenario 2 – Estimat for vekst drevet av krav i byggeforskrifter.....	70
5.4.3 Kommentarer til Scenario 1 og 2 .....	71
5.5 Global vekst og aktualitet for Norge .....	72
5.5.1 Hvor vil markedene fortsette å vokse .....	72
5.5.2 Hvilke markeder og områder i verdikjeden er aktuelle for Norge. ....	73
<b>6 Konkluderende betraktninger</b> .....	<b>76</b>
<b>Vedlegg A</b> .....	<b>79</b>
<b>Bibliografi</b> .....	<b>81</b>

### LISTE OVER FIGURER

Figur 1: De tre stadiene for utbyggingsnivå av solceller i kraftnettet, klassifisert av IEA PVPS Task 14 .....	14
Figur 2: Verdikjede for solenergiindustrien, med vekt på kjerneproduktene til den norske solnæringen .....	16
Figur 3: Akkumulert global solcellekapasitet og årlig ny installert kapasitet, 2006-2016 [7] .....	17
Figur 4: Akkumulert solcellekapasitet, fordelt på land [7] .....	18
Figur 5: Historisk utvikling av solcellemarkedet vs projeksjonene til IEA WEO.....	19
Figur 6: Investeringer, milliarder USD i solkraft i 2016 [7]. .....	19
Figur 7: Fordelingen av global sysselsetting i solkraft, 2016 [7].....	20
Figur 8: Global prisutvikling for solcellemoduler, 2009-2016 [17] .....	21
Figur 9: Utvikling i global vektet gjennomsnittlig systemkostnad for storskala solkraft, 2009-2025 [19] ....	22
Figur 10: Bildeutsnitt Brooklyn Microgrid, som skaper lokale markedsplasser for distribuert solenergi.....	26
Figur 11: Prediksjon fra IRENA for global vekst i installert batterikapasitet frem mot 2030 .....	28
Figur 12: Solenergi som døråpner til nye markeder for andre aktører.....	30
Figur 13: Nøkkeltall for den norske solnæringen i 2017 .....	31
Figur 14: Utviklingen i installert solkapasitet i Norge 2012-2017 [1] .....	31
Figur 15: Innrapportert vekst for installert solkapasitet i forskjellige markedssegmenter i 2016.....	32
Figur 16: Prisutvikling for solkraftsystemer i Norge, snittverdier [1], [31] .....	33
Figur 17: Eksempel på beregning av installasjonskostnad for solcelleanlegg på privathus.....	36
Figur 18: Årlige gjennomsnittlige kontantstrømmer og total netto total kontantstrøm over anleggets levetid vist for gjennomsnittlig flatt tak på næringsbygg i Norge. ....	37
Figur 19: Sysselsetting i noen segmenter i solnæringen iht. den norske rapporten til IEA PVPS .....	39
Figur 20: Omsetning i det norske solmarkedet i 2016, eksport ikke medtatt.....	39
Figur 21: Utenlandsomsetning i fornybarsektoren i millioner kroner, for norske selskaper i 2016 [39].....	40
Figur 22: Si-sentrifugereaktoren som er utviklet i kollaborasjon mellom IFE og Dynatec AS. Foto:IFE.....	42
Figur 23: Oversikt, organisering av forskning innen energisektoren under Olje- og Energidepartementet. ....	45
Figur 24: Utvikling energibehov for kontorbygg -fra TEK97 til TEK17, og videre skissering av nær null energibyg (nZEB/FutureBuilt) til Plusshus – basert på TEK17. ....	51
Figur 25: Eksempelbilde: Oversikt over naboer som hhv. ønsker å kjøpe og selge solstrøm .....	54
Figur 26: Teoretisk potensial solkraftfordelt på eksisterende, nybygg og rehab.....	60
Figur 27: Teoretisk potensial solkraft fordelt på bygningsdeler [1]. .....	60
Figur 28: Barrierer i det norske solenergi markedet, iht. undersøkelse fra 2014.....	61
Figur 29: Sammenligning av solforhold for et antall norske og internasjonale byer [12].....	61
Figur 30: Arkitektonisk uttrykk for solcellefasaden på Brynseng skole.....	62
Figur 31: Statnett: Langsiktig markedsanalyse over spotpris i Norden og Europa 2016–2040 .....	65
Figur 32: NVE – Kraftmarkedsanalyse utvikling i spotpriser 2017-2030 .....	65
Figur 33: Historisk elsertifikatpris 2014-2017 [104]. .....	66
Figur 34: Sammenligning av årlig installert kapasitet og vekst i Norge og Sverige siden 2011.....	67
Figur 35: Årlig installert effekt solceller frem til 2030, forutsatt 40 % vekst til 2022 og 30 % til 2030 .....	69
Figur 36: Årlig energiproduksjon fra solkraft, forutsatt 40 % vekst til 2022 og 30 % vekst til 2030 .....	69
Figur 37: Årlig installert kapasitet solceller frem mot 2030, forutsatt iverksatt EUs bygningsdirektiv EPDB70	
Figur 38: Årlig energiproduksjon fra solkraft, forutsatt iverksatt EUs bygningsdirektiv EPDB.....	71
Figur 39: Prognose av verdens elektrisitetsforsyning basert på energikilde frem mot 2050 .....	72
Figur 40: Prognose: Andel solkraft i elektrisitetsmiksen per global region frem mot 2050.....	73
Figur 41: Norfunds investering per området 2010, 2015 og 2020 [113].....	74
Figur 42: Norfunds forventet vekst i fornybar effekt 2016 - 2020 [113].....	74
Figur 43: Predikasjon av utvikling i pris og ytelse for et utvalg Li-ion batteriteknologier 2016 vs 2030.....	79
Figur 45: Andel "soft costs" av de totale kostnadene for solcelleanlegg i USA, perioden 2010-2017 [33] ..	80



**LISTE OVER TABELLER**

Tabell 1: Myter om lønnsomhet i solenergi, samt riktig bruk av input fra en leverandørs perspektiv..... 35  
Tabell 2: m<sup>2</sup> BRA i norsk bygningsmasse per 2014 ..... 59



## 1 INTRODUKSJON

### 1.1 Studiens ambisjon og rolle

Det meste av aktiviteten i den norske solnæringen er knyttet til endene av verdikjeden. Det vil si enten oppstrøms innen råvarer og systemkomponenter, eller nedstrøms innen bygging av solcellesystemer. De nasjonale og internasjonale trendene har dermed ulike innvirkninger og relevans for de forskjellige typer bedrifter i den norske solnæringen. Noen norske bedrifter har klart å kapitalisere på de internasjonale omveltningene, mens andre har ikke hatt mulighet til å nyttiggjøre seg forandringene. Rapporten ønsker å bidra til å støtte strategiske beslutninger for norske bedrifter som virker både nasjonalt og internasjonalt, men rapporten har også til hensikt å bidra til økt kompetanse om solenergi innen det offentlige og det øvrige næringsliv. Dette gjøres ved å synliggjøre den store utviklingen i sol både i Norge og internasjonalt, markedsutvikling som har relevans for det norske markedet, samt drøfte prognoser frem mot 2030.

Grunnet oppgavens store omfang av tema, er det lagt vekt på å lage en overordnet oversikt over status, trender og prognoser i markedet. For dyptgående undersøkelser under hvert enkelt tema, henvises det til rapportens kildehenvisninger og andre studier.

Rapportens navn «Solcellesystemer og sol i systemet» er ikke tilfeldig valgt. Vi ser en endring i markedet der sol i større grad ses på en brikke i et større system, fremfor som en enkeltinstallasjon. Et eksempel er at flere store solcelleprosjekter internasjonalt setter krav til batterier / balansekraft for å ivareta strømkvalitet i nettet. Begreper som lokale markedsplasser for energi, smarte energistyringssystemer for husholdninger og næringsbygg, nullutslippsområder og grønne nabolag står alle for helhetlig prosjektutvikling der sol ses mer på som en ingrediens i systemet enn som en enkeltinstallasjon, og der helhetlig planlegging må til for å skape de beste løsningene. Vi kaller slike systemer «Sol i systemet», og en konsekvens av utviklingen er at mange flere aktører enn før har en interesse av at solenergibransjen lykkes og dermed danner nye drivere i markedet.

Den første delen av rapporten ser på status og utvikling i det globale solmarkedet, hvilket blant annet gir en indikasjon om hvilke trender som har fått fotfeste. Det ses også kort på Norges posisjon i markedet.

Studiets hovedtyngde er på status og utvikling i det norske solcellemarkedet, som danner den andre hoveddelen av rapporten. Den raske utviklingen i det norske markedet de siste årene har skapt et ønske om en oppdatert oversikt over nåværende status og markedsutvikling. Blant temaer som drøftes er konkurransefortrinn og utfordringer i den norske solnæringen, lønnsomhet, forsknings- og innovasjonsaktiviteter, dagens og fremtidige energikrav til bygninger, og markedsutvikling og drivere. Selv om hovedfokus er på nett-tilknyttede solcelleanlegg og «sol i systemet», er det også viet plass til status og markedsutvikling innen metallurgisk industri.

Den tredje delen av rapporten fokuserer på prognoser for Norsk solcellebransje. Prognosene rapporteres med hensyn til hva som skjer nasjonalt og hva som kan forventes, med hensyn til internasjonale trender. Muligheter og risikoer for bedrifter med virksomhet ved de ulike delene av verdikjeden til solenergi blir diskutert.

### 1.2 Solenergiklyngens mandat

Solenergiklyngen er en nasjonal næringsklynge for solenerginæringen i Norge, som jobber mot det norske og det internasjonale markedet. Klyngen bygger på nettverket som ble etablert i 2013. Arbeidet utføres under visjonen «En sterk norsk solenerginæring og leverandørindustri skal være markedsvinnere nasjonalt og internasjonalt» [2]. Hovedmålet er at arbeidet skal øke verdiskaping blant bedriftene i Solenergiklyngen nasjonalt og internasjonalt, gjennom forpliktende samarbeid om forskning og innovasjon, kompetansebygging, posisjonering og internasjonalisering. Rapporten bidrar til dette målet bl.a. ved å:

- Styrke markedskompetansen hos bedriftene og det norske markedets kunnskap om solenergi
- Rapporten er skrevet i samarbeid mellom Multiconsult og Asplan Viak, med Multiconsult som hovedbidragsyter. Flere andre av klyngens medlemmer har lest gjennom rapporten for tilbakemelding. Studiet bidrar dermed til klyngens ånd om å styrke samhandlingen mellom klyngens aktører for økt tillit.
- Studiet setter fokus på markedsstyrt innovasjon idet norske og globale trender blir diskutert

### 1.3 Faglig introduksjon av distribuert produksjon, lagring og energistyring

Delkapitlet forklarer prinsipiell teori og problemstillinger fra plusskunde og netteiers perspektiv. Det gir en rask og grunnleggende innføring innen produksjon, lagring og eksport av solstrøm.

#### 1.3.1 Generelt om distribuert produksjon og lagring

Et solcelleanlegg montert på yrkesbygg eller bolighus vil sannsynligvis i perioder ha høyere produksjon enn hva som forbrukes. Dette misforholdet i strømproduksjon og strømforbruk må balanseres, eller man må nedstrupe produksjonen elektronisk.

#### Eksport til kraftnettet og plusskundeordningen

I henhold til gjeldende regelverk, skal alle kraftprodusenter uavhengig av størrelse inngå såkalt balanseavtale med Statnett for å kunne selge sin kraft. Dette gjør det vanskelig for folk som primært er strømkunder å eksportere strøm ut på nettet. For at regelverket ikke skal være til hinder for innmating av overskuddsproduksjon til nettet, har NVE gitt en generell dispensasjon som forenkler håndteringen av overskuddskraft fra sluttbrukere som oppfyller visse kriterier. Denne dispensasjonen kalles plusskundeordningen. Etter den nye definisjonen, som trådte i kraft 1. januar 2017, er en plusskunde:

*«Sluttbruker med forbruk og produksjon bak tilknytningspunkt, hvor innmatet effekt i tilknytningspunktet ikke på noe tidspunkt overstiger 100 kW. En plusskunde kan ikke ha konsesjonspliktig anlegg bak eget tilknytningspunkt eller omsetning bak tilknytningspunktet som krever omsetningskonsesjon»* [3].

Det er ikke nødvendig for plusskunden å ha tilgang til engrosmarkedet for elkraft. Derfor må det ikke inngås noen direkte eller indirekte balanseavtale med Statnett.

#### Energilagring og kombinasjon av lagring og eksport

I mange tilfeller der bruk av solceller er aktuelt, er energilagring også et tema. For anlegg som ikke er knyttet til strømmettet, er årsaken åpenbar. Når innstrålingen er høy og forbruket er lavt, vil det produseres mer energi enn hva som forbrukes. Samtidig vil det som regel være behov for energi også når solen ikke skinner. Det kan argumenteres for at den mest kostnadseffektive løsningen for energilagring fra solcelleanlegg i størrelse noen få kWp til noen hundre kWp installert effekt, er batterier.

Ved å knytte anlegget til strømmettet, faller noe av begrunnelsen for å ha et energilager bort. Strømmettet vil da kunne levere energien som trengs når solen ikke skinner. Samtidig kan nettet i prinsippet ta imot overskuddet når det produseres mer enn hva som forbrukes. Det kan like vel være interessant å se på

hvilke premisser lokale lagringsmuligheter legger for dimensjonerings- og driftsstrategien for et nettilknyttet solcelleanlegg. For anleggets eier er motivasjonen å unngå strøminnkjøp fra nettet ved å lagre overskuddet til senere bruk. For netteieren medfører lokal lagring at svært kostbare nettutbygginger potensielt kan unngås.

#### Fleksible sluttbrukere

Generelt betegner begrepet sluttbrukerfleksibilitet at det finnes mekanismer som påvirker sluttbruker av elektrisitet til å endre sitt forbruk av energi for en viss periode. Dette kan skape flere gevinster fra et netteierperspektiv, og gevinsten kan også fordeles på kundene. Eksempelvis vil det være enklere og billigere og drive nettet, og investeringer kan unngås dersom forbrukere nedjusterer sitt forbruk når nettet har effekttopper og nærmer seg sin maksimale kapasitet. Dersom en sluttbruker kan flytte energiforbruket sitt til timer med egenprodusert solenergi, øker også verdien på den egenproduserte solkraften. Uavhengig av om boligen produserer strøm eller ikke, vil styringssystemer for elforbruk i bygget være en forutsetning for god sluttbrukerfleksibilitet. Ved å kunne regulere tidspunktet på fleksible laster som varmtvannsbereder, oppvaskmaskin, vaskemaskin og lading av elbil, samt behovsstyre belysning og ventilasjon, kan effekttopper unngås ved jevnere fordeling av lasten. En måte å påvirke sluttbrukers forbruk av strøm er ved prissignaler, som gjør det dyrere å kjøpe strøm i timer med høyt behov i nettet. På denne måten reflekteres kostnaden av å drive nettet i kostnaden med å kjøpe strøm.

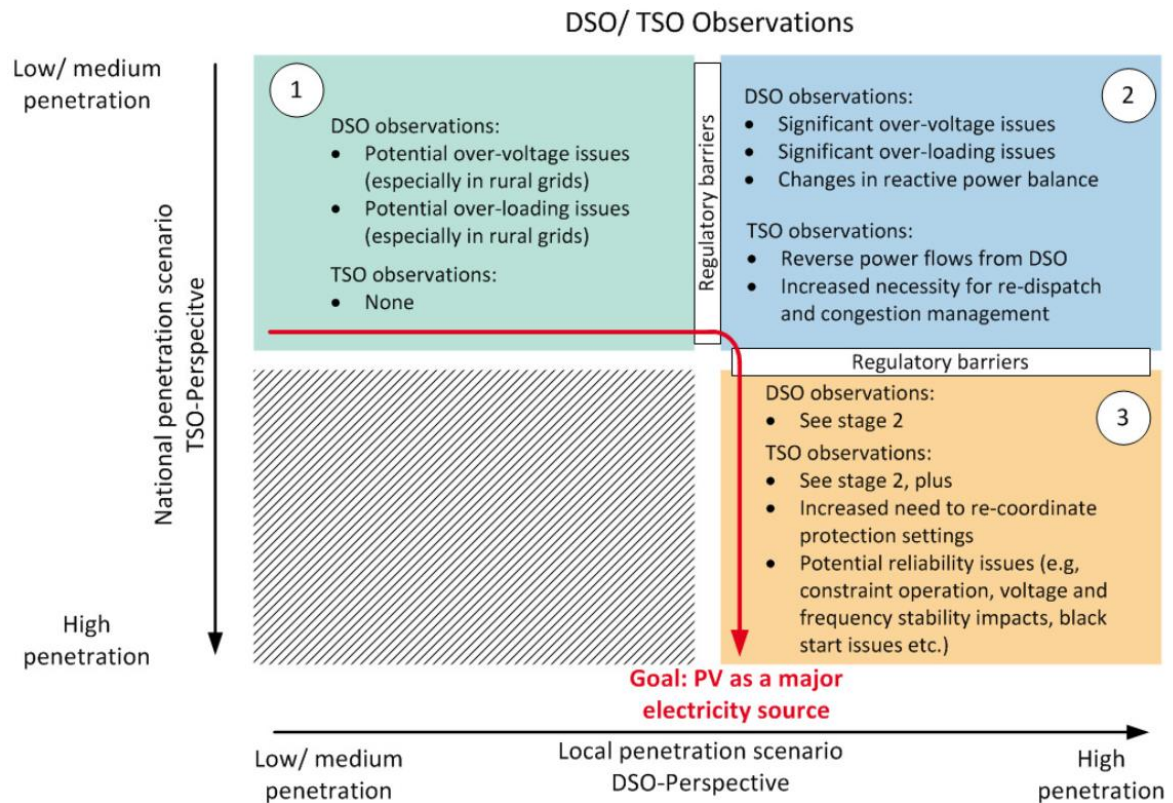
#### FAKTA:

Innen 1. januar 2019 skal alle strømkunder i Norge ha fått såkalt smarte strømmålere. Disse inngår i det som kalles avanserte måle- og styringssystemer (AMS) og skal gi bruker bedre informasjon om strømforbruket, mer nøyaktig avregning og legge til rette for automatisk styring av forbruket. Utrulling av AMS betyr i så måte både å tilrettelegge for laststyring hos sluttbruker og for at flere får den nødvendige infrastrukturen for å bli plusskunder.

### 1.3.2 Integrasjon av større mengder distribuert produksjon i kraftnettet

Å integrere større mengder strømproduksjon fra solceller lokalt i strømnettet er ikke nødvendigvis uten utfordringer. I dager er problemstillingen av teoretisk art i Norge, men når man i fremtiden vil bygge stadig flere plusshus og nullutslippsbygg, kan disse utfordringene også materialisere seg her. Det har i flere land som har kommet lenger enn Norge i utbygging av solenergi, vært jobbet systematisk med belysning av problemstillinger og tekniske løsninger til disse, for å tillate høy grad av solkraft i nettet. I Norge vil integrasjon av høyere andel solkraft være lettere enn i mange andre land, grunnet den store andelen vannkraft som er enkel og rask og regulere.

IEA PVPS Task 14 arbeider med problemstillinger knyttet til de utfordringene som evt. kan oppstå ved høy andel solkraft i nettet. Figur 1 viser en oversikt fra perspektivet til distribusjonsselskapene fra en av deres publikasjoner [4]. I norsk kontekst vil dette være perspektivene til hhv. den lokale netteier og sentralnettet (Statnett). Nivåene er delt inn i tre trinn, etter hvor stor andel solceller utgjør i elektrisitetmiksen i det lokale nettet og sentralnettet.



Figur 1: De tre stadiene for utbyggingsnivå av solceller i kraftnettet, klassifisert av IEA PVPS Task 14

Som figuren over viser vil en lav utbyggingsgrad kunne merkes først av det lokale nettselskapet og det er typisk utfordringer med overspenning og overbelastning som merkes. I norsk sammenheng er utfordringen først og fremst når et småkraftverk skal knyttes til ytterst på svake nett i distriktene, i motsetning til tilknytning i relativt sterke distribusjonsnett i mer urbane områder på Sør- og Østlandet.

I sentralnettet vil man ikke kunne observere noen effekt. Ved en større utbygging (Trinn 2) vil disse problemene kunne bli enda større, samtidig som man i sentralnettet kan observere at kraften i noen tilfeller flyter fra lavspent til høyspent. Ved en meget høy utbyggingsgrad av solkraft forsterkes utfordringene i distribusjonsnettet, mens man i sentralnettet kan få problemer med forsynings sikkerheten. Widén trekker fram følgende hovedutfordringer som har oppstått i Tyskland som følge av høy utbyggingstakt [5]:

- Oppgradering og utbygging av distribusjonsnettet har blitt nødvendig.
- Aktiv og reaktiv effekt matet ut av vekselretterene må kontrolleres.
- Frekvensstabiliteten vanskeligere å opprettholde med store mengder uregulerbar kraft.

I rapporten fra IEA-PVPS Task 14 drøftes disse utfordringene samtidig som det foreslås flere løsninger, og interesserte lesere oppfordres til å lese denne rapporten samt de øvrige rapportene denne Tasken har publisert.

### FAKTA:

Vekselretteren utgjør hjertet i et solcellesystem, og omformer elektrisitet fra solcellepanelet fra likestrøm (DC) til vekselstrøm (AC). I tillegg har den en rekke andre funksjoner, som å optimere kraftproduksjon, ivareta nettets krav til spennings- og frekvenskvalitet på strøm, monitorering og feildeteksjon av anlegget, og å bryte strømmen ved feil i nettet. I tillegg fungerer vekselretteren som kommunikasjonsenhet mot energistyring- og visualisering. Den kan også generere reaktiv effekt for å støtte nettet, også når sola ikke skinner.

## 2 STUDIETS OMFANG

### 2.1 Avgrensninger

For å begrense rapportens omfang, er det gjort noen avgrensninger for å spisse rapporten mot det som er mest interessant for Solenergiklyngens medlemmer og i tråd med rapportens mål.

Den norske solnæringen og virksomheten i Norge er i fokus. Det er derfor ikke lagt vekt på norske selskaper som opererer internasjonalt. Global statistikk og markedsutvikling er først og fremst presentert for å vurdere hvilke trender som kan få rotfeste i det norske markedet.

I markedssegmenter er det valgt å fokusere på nett-tilknyttede solcelleanlegg, som står for brorparten av installasjonene i dag og berører de fleste medlemmene i solenergiklyngen. Grunnet oppgavens omfang ble det valgt å ikke inkludere off-grid systemer eller solvarme, verken nasjonalt eller internasjonalt.

Målgruppa er bedrifter som virker nasjonalt og internasjonalt, og som vurderer å inkludere sol i sin portefølje. Det må antas at flere av disse firmaene har lite eller begrenset erfaring med sol og fagtermer som brukes. Språket er forsøkt lagt opp med hensyn på disse, for å kunne favne et bredest mulig publikum blant målgruppa. Rapportens ambisjon er å danne et overordnet bilde av utviklingen i markedet uten å gå for mye i detaljene. Dette vil bidra til å gi forenklet innsikt til bedrifter som vurderer å inkludere sol i sin portefølje, eller utvide sin solportefølje.

### 2.2 Metode datainnsamling

I flere av de innovative prosjekter som involverer sol der forfatterne jobber som rådgivere, er det et ønske fra kunden å selv styre offentliggjøring av informasjon fra prosjektene. Vi har derfor tatt et valg om å presentere informasjon som allerede er offentlig tilgjengelig i denne rapporten.

- I statistisk grunnlag er det benyttet årlige rapporter publisert fra aktører som IEA PVPS, Bloomberg New Energy Finance, IRENA og REN 21. I sin natur utgis disse rapportene en stund etter at et år er fullført, som gjør at data fra disse kildene stort sett utgjør 2016-tall. Når det gjelder markedsutvikling, har vi forsøkt å benytte så ferske kilder som mulig, for å kunne presentere flest mulig av de fremtidsrettede markedsutviklingene. Her er kilder som Accenture, McKinsey, Forbes m.m. benyttet, som skriver om markedsutvikling med jevne mellomrom.
- I prognosene har vi gjengitt data fra analyser som allerede er utført i felter som er spesielt relevante for solnæringen, inkludert forventet utvikling i strømpriser, nettleie, tariffier og el-sertifikater.
- Der vi mener eksterne kilder dekker temaene på en ufullstendig måte, har vi benyttet kunnskapen og erfaringen vi selv sitter på.

### 2.3 Verdikjede med tilhørende aktører

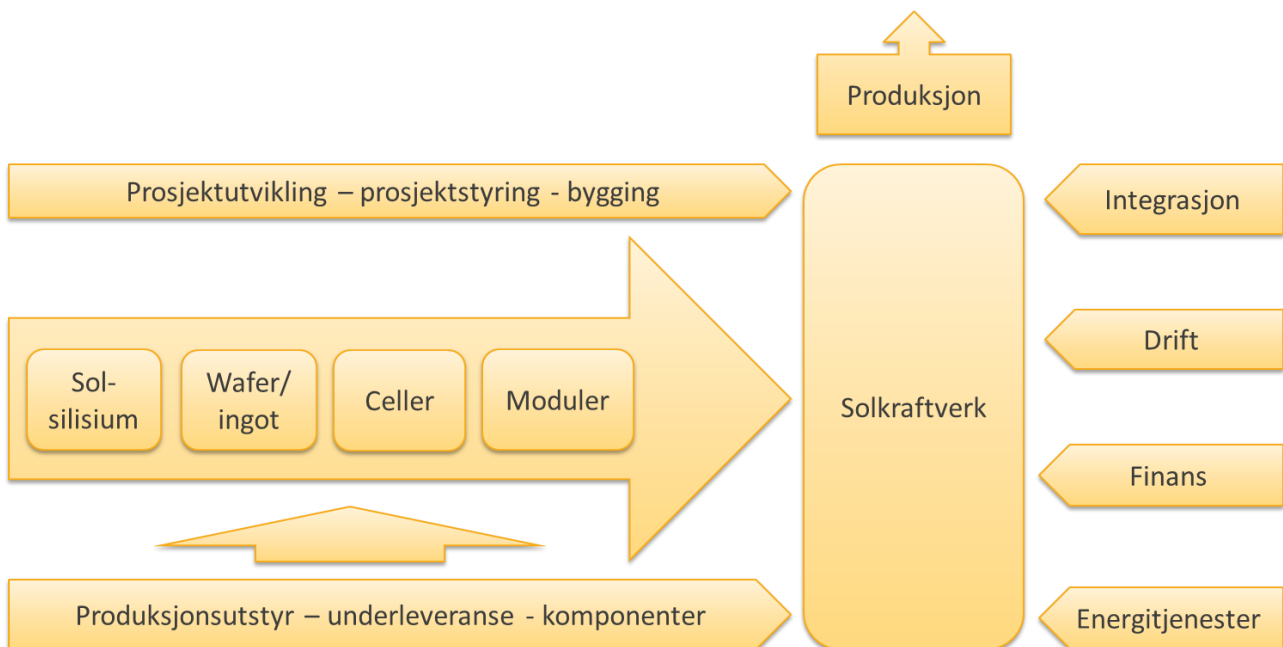
En oversikt over verdikjeden for den norske solcellebransjen er vist i Figur 2. Verdikjeden i den norske solcellebransjen er delt mellom materialprodusenter og selskaper som er involvert i solenergi prosjekter fra prosjektutviklingsfasen til nøkkelferdige anlegg. Verdikjedens avslutning er de nyttiggjorte kWh-ene på utsiden av solenergileveransens grensesnitt. De ulike aktørene som inngår i verdikjeden inkluderer følgende:

- Materialprodusenter. Materialprodusentene produserer råvarer og interimprodukter som rent silisium og wafere som inngår i produksjon av solcellemoduler.
- Prosjektutviklere. Omfatter de som jobber med utvikling og planlegging av prosjekter enten i egne prosjektutviklingsselskap eller som en del av et kraftselskap.

## Solcellesystemer og sol i systemet

### Kartlegging og strategisk satsing for Solenergiklyngen

- Leverandør av utstyr og system. I byggingen av solcellesystemer i Norge er ofte leverandøren en totalleverandør som detaljprosjekterer, leverer utstyr og system via sine underleverandører, monterer og installerer via partnere innen bygg og elektro, og leverer nøkkelferdige anlegg, inkl. serviceavtaler for drift og vedlikehold. I dette studiet vil derfor leverandørrollen inkludere entreprenørrollen og rollen som leverandør av drifts- og vedlikeholdstjenester.
- Rådgivere (teknisk, økonomi/finans, miljø og juridisk). Omfatter aktører som jobber med kartlegging, utredning og analyser i alle fasene av et prosjekt.
- Finansielle institusjoner. Omfatter egenkapital-, låne- og garantiinstitusjoner.
- FoU-institusjoner. Omfatter forskningsentre som universiteter, høyskoler og forskningsinstitutter.
- Bransje- og nettverksorganisasjoner. De aktørene som organiserer selskaper i solenerginæringen. Det finnes også flere norske selskaper som opererer internasjonalt, gjennom investorrelaterte aktiviteter, produksjon og salg av moduler, kjøp og drift av solparker, produktutvikling m.m.



Figur 2: Verdikjede for solenergiindustrien, med vekt på kjerneproduktene til den norske solnæringen

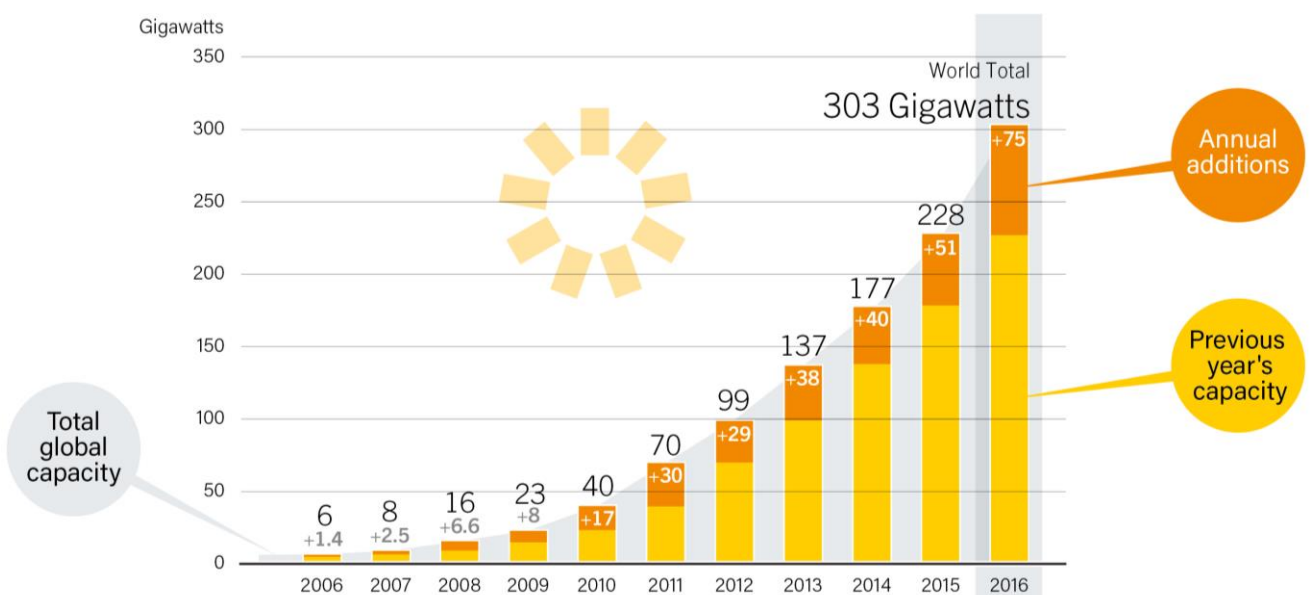


### 3 MARKEDET FOR SOL GLOBALT

#### 3.1 Installert kapasitet og vekst

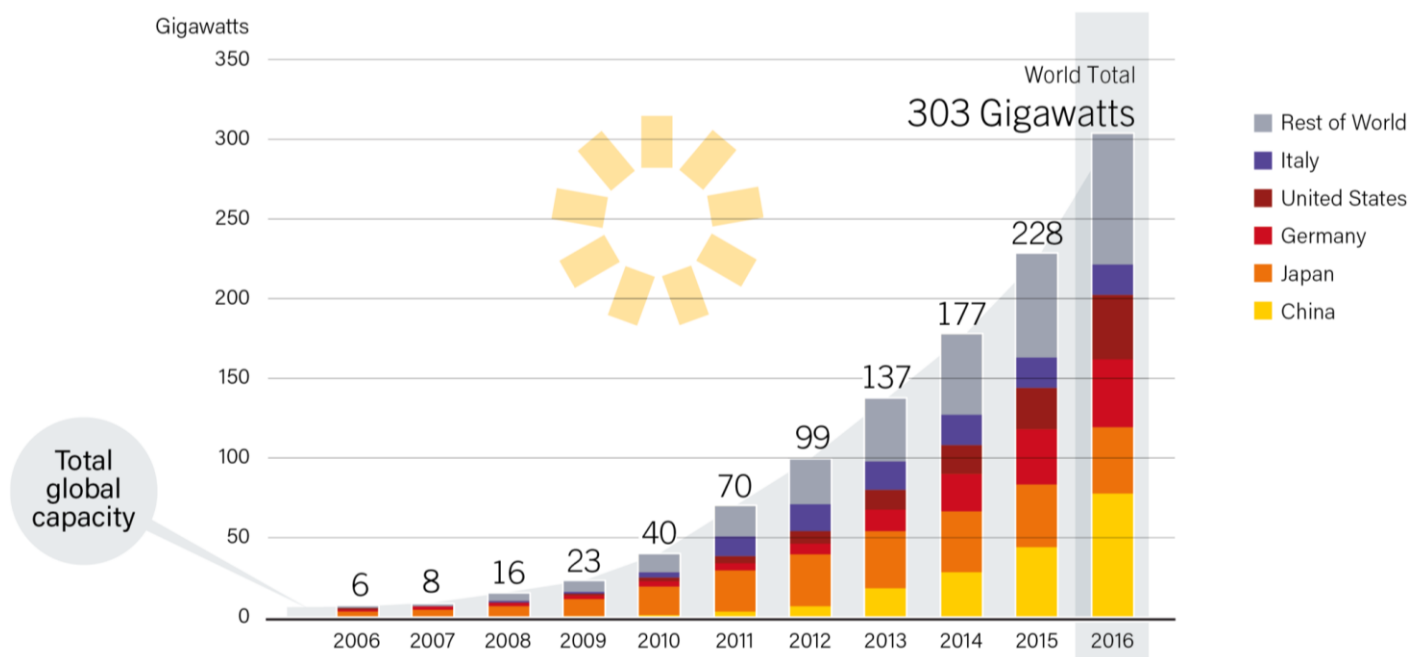
2017 har vært et rekordår for solkraft globalt med 99 GWp installert effekt, tilsvarende 26 % vekst fra året før [6]. Det vil si at 40 000 solcellepaneler ble installert i timen, og akkumulert installert effekt nådde 400 GWp [7]. I 2016 ble det installert 75 GWp med solcellekapasitet, tilsvarende en 50 % vekst fra året før [8]. Til sammenligning var det ved utgangen av 2016 installert en total produksjonskapasitet på 31,5 GW i norsk vannkraft [9]. I 2016 ble en barriere brutt da solenergi for første gang vokste raskere enn alle andre energikilder, inkludert kull [8]. Kraft produsert fra solceller utgjorde i 2016 1,5 % på globalt nivå, opp fra 1,2 % fra 2015 [7], [10]. Ved utgangen av 2017 antas tallet å ligge nærmere 2,0 %.

«2017 har vært et rekordår for solkraft globalt med 99 GWp installert effekt, tilsvarende 26 % vekst fra året før. Det vil si at 40 000 solcellepaneler ble installert i timen»



Figur 3: Akkumulert global solcellekapasitet og årlig ny installert kapasitet, 2006-2016 [7]

De siste ti årene har verden sett en formidabel økning i solkraft, langt over det som var forventet. Den gjennomsnittlige vekstraten globalt i installert kapasitet har vært 41 % [11]. Blant driverne for veksten er fallende kostnader, kritiske støttemekanismer og økende strømpriser [12]. Fra å være drevet fra Tyskland og andre europeiske land, har veksten de siste årene kommet fra land som USA, Kina og India. Nær halvparten av den nye kapasiteten i sol globalt i 2016 kom fra Kina [8], med en rekordinvestering som tilsvarte 45 % økning i kinesisk kapasitet [7].

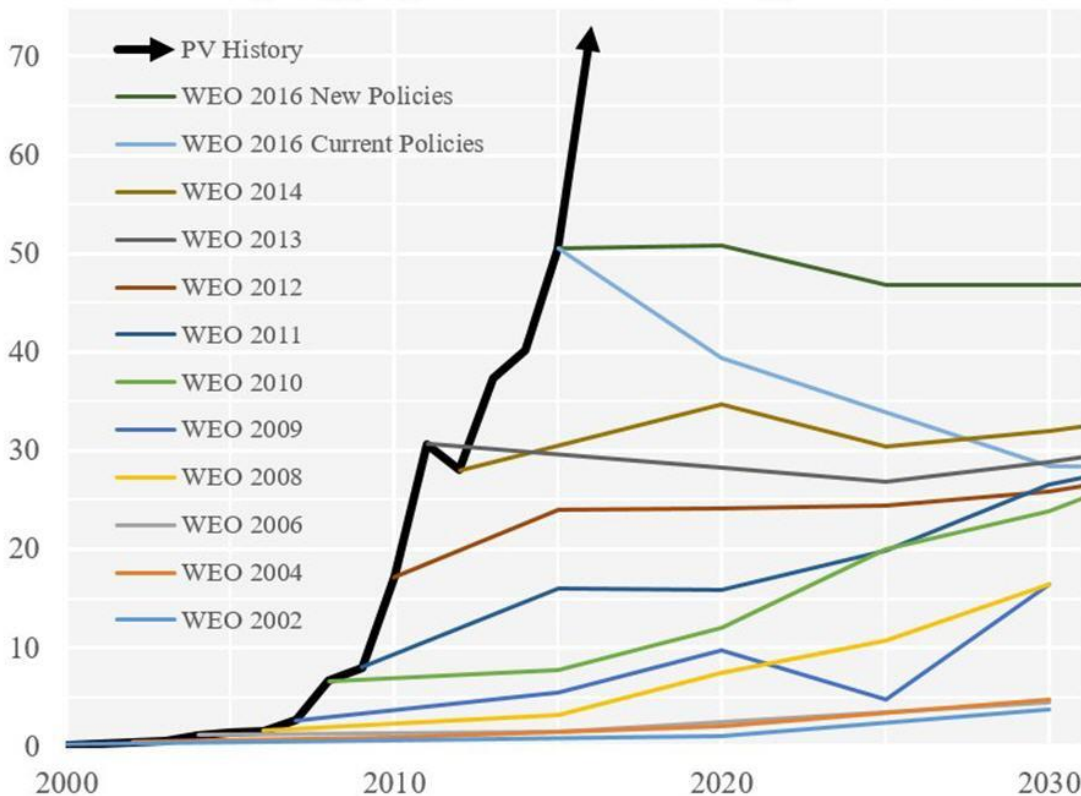


Figur 4: Akkumulert solcellekapasitet, fordelt på land [7]

Veksten blir større hvert år enn antatt, og IEA har oppjustert anslagene sine for de neste årene med en tredjedel, sammenlignet med fjoråret. Det antas at sol står for den største veksten i fornybar energi de neste fem årene, langt foran vind og vannkraft. Kritikerne mener at prognosene for solenergi som IEA presenterer i sin rapport «World Energy Outlook» konsekvent har undervurdert den forventede veksten i sol. De fortsetter å gjøre det for de kommende årene, ved at de legger til grunn det laveste scenarioet, som faktisk tilsvarer en nedgang i installerte solcellepaneler frem til 2022 [13]. Det poengteres at kritikken gjelder IEA's prognoser i publikasjonen World Energy Outlook, og ikke IEA PVPS sine publikasjoner. Sistnevnte utføres av andre personer i IEA-nettverket. IEAs prognoser siden 2002 er vist i Figur 5.

«Kritikerne mener at prognosene for solenergi som IEA presenterer i sin rapport «World Energy Outlook» konsekvent har undervurdert den forventede veksten i sol»

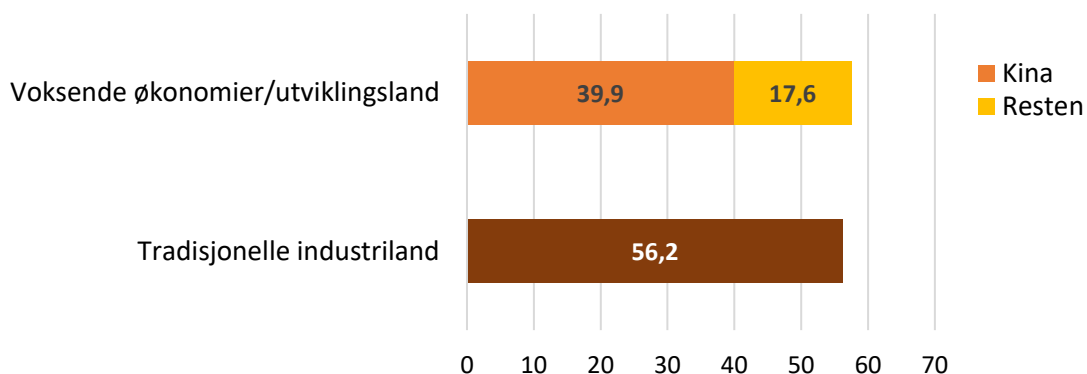
## Annual PV additions: historic data vs IEA WEO predictions In GW of added capacity per year - sources World Energy Outlook and PVMA



Figur 5: Historisk utvikling av solcellemarkedet vs projeksjonene til IEA WEO

### 3.2 Investering

I følge tall fra REN21, sto solkraft for nesten halvparten (47 %) av investeringen i fornybar energi på verdensbasis i 2016 [7]. Dermed er solkraft den fornybare energikilden som det investeres mest i, tett etterfulgt av vindkraft. Totalt ble det investert nærmere 114 milliarder USD i solkraft i 2016, en nedgang på 34 % fra 2015. Samtidig har vi sett at installert kapasitet har vokst med 50 %, muliggjort av den signifikante kostnadsreduksjonen som gir betydelig mye mer solkraft for pengene enn kun ett år tidligere. Figur 6 viser at halvparten av investeringen i sol i 2016 kom fra industriland, mens den andre halvparten kom fra voksende økonomier/utviklingsland. Kina alene sto for 35 % av investeringen i solkraft i 2016. [7]



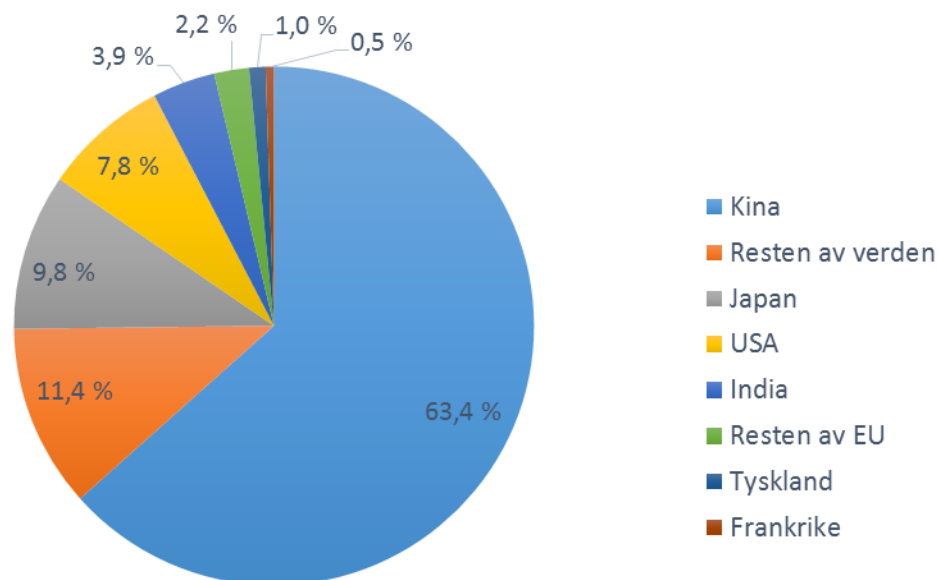
Figur 6: Investeringer, milliarder USD i solkraft i 2016 [7].

### 3.3 Sysselsetting

REN21 Global Status Report for 2017 [7] har også sett på sysselsetting i de fornybare næringene. Det estimeres at nær 3,1 millioner personer var sysselsatt i elektrisk solkraft globalt i 2016. Dette er en vekst på 12 % fra 2015 og mer enn en dobling siden 2012. Dermed utgjør sysselsettingen i solcellekraft 32 % av alle jobbene innenfor fornybar energi globalt (inkludert jobber i vannkraft, små- og storskala) [7].

I følge NY Times var det 242.000 arbeidsplasser i solkraft i USA i 2016, omtrent 80.000 flere enn det er i kullkraft [14]. USA så en vekst på 17 % fra 2015 i solkraftjobber. Størsteparten, rundt 63 % av jobbene innen solkraft finnes i Kina, som så en vekst på 19 % i 2016, hovedsakelig innenfor konstruksjon og installasjon. Også i India hadde man en kraftig vekst i sysselsetting innen solkraft med 24 %, mens land som Japan og EU har sett en nedgang grunnet at markedet krymper og produksjon flytter til andre land i Asia [7].

«I følge NY Times var det 242.000 arbeidsplasser i solkraft i USA i 2016, omtrent 80.000 flere enn det er i kullkraft»



Figur 7: Fordelingen av global sysselsetting i solkraft, 2016 [7]

### 3.4 Kostnadsutvikling

Mye av grunnen til den kraftige veksten i sol er signifikante reduksjoner i kostnader for solkraft, kombinert med økt virkningsgrad [11]. Solkraft satte rekorder flere steder i verden i 2016, hvor kostnad for sol var nede på 3 US cents/kWh – halvparten av gjennomsnittlig kostnad for kullkraft globalt [15]. Også i 2017 ble det satt nye rekorder, hvor bud på solauksjoner var nede på rekordlave 1,79 US cents/kWh, for et 300 MW prosjekt i Saudi Arabia [16]. De globale gjennomsnittsprisene for solkraft har blitt redusert med 62 % siden 2009, og forventes å ta igjen kullkraft innen ti år, ifølge Bloomberg New Energy Finance [15].

Kostnadsreduksjon skyldes reduksjon i alle deler av verdikjeden, men det mest signifikante bidraget kommer fra

kostnadsreduksjoner i solcellemodulene [15]. I følge International Renewable Energy Agency (IRENA), har man siden 2009 sett en 80 % kostnadsreduksjon i for solcellemodulen [17], som Figur 8 viser.

«Solkraft satte rekorder flere steder i verden i 2016, hvor kostnad for sol var nede på 0,03 USD/kWh – halvparten av gjennomsnittlig kostnad for kullkraft globalt»

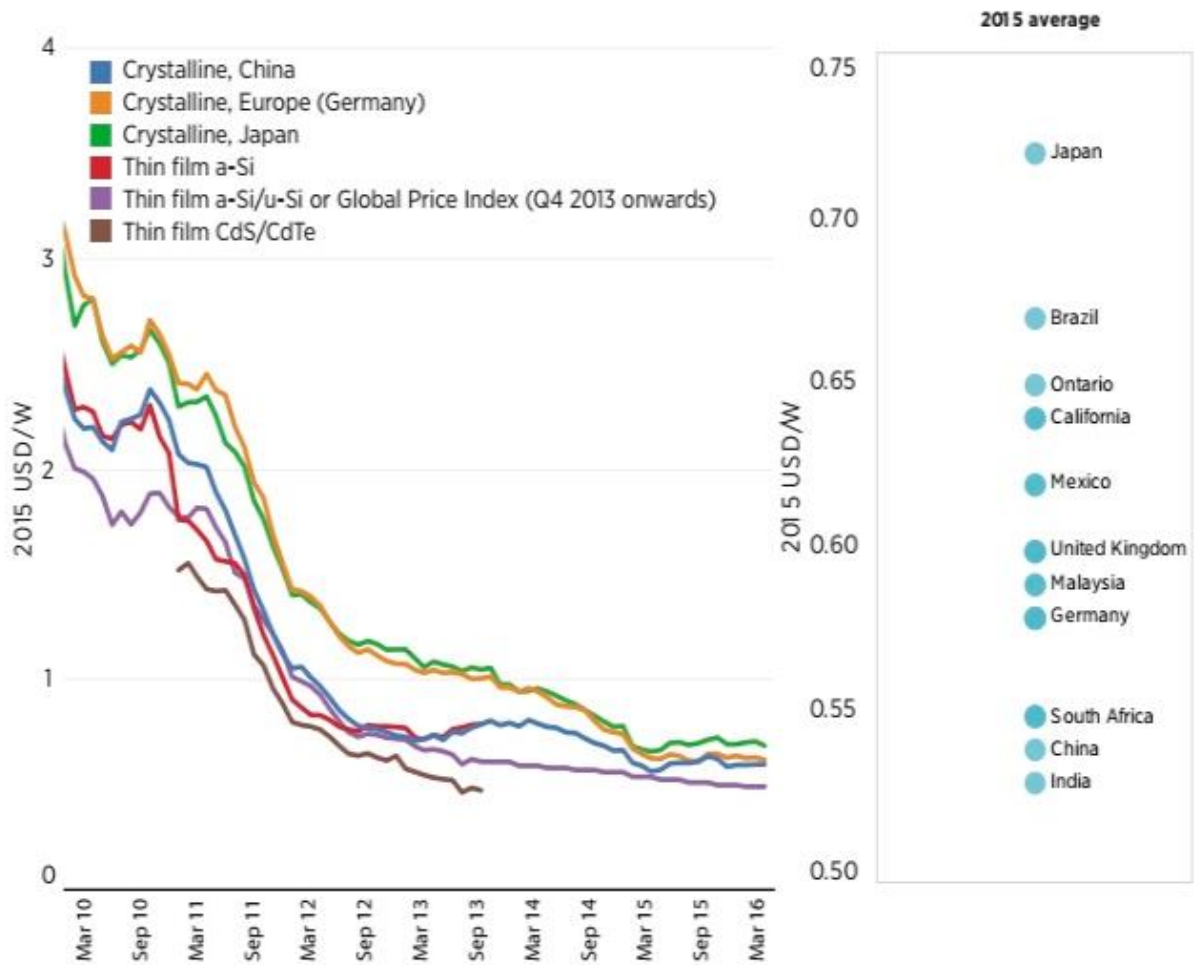
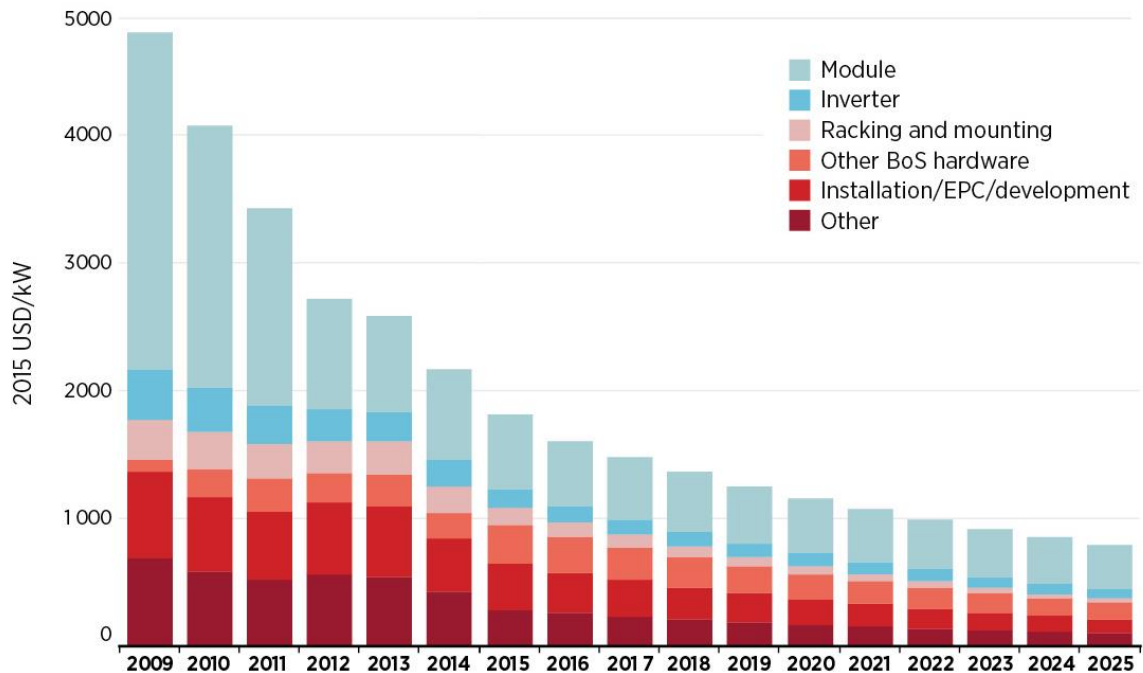


Chart source: IRENA. Data source: GlobalData, 2014; pvXchange, 2016; Photon Consulting, 2016.

Figur 8: Global prisutvikling for solcellemoduler, 2009-2016 [17]

Figur 9 viser utvikling i den globale systemkostnaden for storskala solkraft, fordelt på de forskjellige kostnadsdriverne. Mens kostnadene for moduler har vært avgjørende i den historiske systemkostnadsutviklingen, tror IRENA at det er såkalte Balance of System-kostnader, eller «BoS-kostnader», som vil være viktig for fremtidig systemkostnadsreduksjon. BoS omfatter alle systemkomponenter som i tillegg til PV-moduler er nødvendige for å realisere komplette solkraftanlegg, for eksempel vekselrettere, kabler, monteringsystemer osv. Det bemerkes også at økt virkningsgrad på modulene også vil redusere de relative kostnadene for BoS. Frem mot 2025 forventer IRENA 57 % reduksjon i systemkostnader, sammenlignet med 2015-nivå [18].



Figur 9: Utvikling i global vektet gjennomsnittlig systemkostnad for storskala solkraft, 2009-2025 [19]

### 3.5 Markedsutvikling og drivere

Delkapitlet presenterer flere trender i markedsutviklingen som er observert i det globale solcellemarkedet. Fokus er på fremtidsrettet perspektiv, og utviklinger som er spesielt relevant for den norske solnæringen.

#### Flere drivere enn før - (Helt) nye aktører på banen

Størrelsen på markedet innen solkraft har nå vokst til en slik størrelse at det er interessant for stadig flere bedrifter som tidligere ikke har drevet med sol. I tillegg til et stort antall oppstartsselskaper, er det flere av tradisjonelle industriaktører, samt noen av de største globale selskapene, som posisjonerer seg for å finne markedsandeler [11]. Under er noen grupper av markedsaktører presentert for å gi et bilde av utviklingen:

«Størrelsen på markedet innen solkraft har vokst til en slik størrelse at det er interessant for stadig flere bedrifter som tidligere ikke har drevet med sol»

- **Kraftselskaper utvikler solparker og tilbyr stadig flere tjenester innen solkraft til sine kunder.** Den ledende globale prosjektutvikleren av sol i dag er det italienske kraftselskapet Enel. Deres avdeling for utvikling av fornybar energi installerte 763 MWp solkraft i 2016, og annonserte i Mars at de skal bygge en 754 MWp solpark i Mexico som skal stå ferdig i 2018. Det ble også funnet verdige å stå på Forbes topp 50-liste over «companies that change the world.» [20]. Andre kraftselskaper som satser på global utbygging av sol er den tyske netteieren RWE og den franske kraftselskapet Engie, som gjennom oppkjøp av prosjektutviklere for solparker er i ferd med å ta en rask og sterk posisjon i markedet [21].
- **Olje- og energiselskaper inkluderer igjen sol i sin portefølje.** Det er for mange kjent at det franske Oljeselskapet Total har satset sterkt på sol de siste årene, et eksempel på dette er oppkjøpet av aksjemajoriteten i SunPower i 2012 [22]. Flere olje- og energiselskaper melder nå sin satsing på sol. Det italienske selskapet Eni annonserte i 2016 at de skal bygge ut solkraft i Algerie,

og Shell har nylig etablert en enhet som skal jobbe med utvikling av solkraft. Det ventes at flere og flere selskaper vil henge seg på denne utviklingen i årene fremover [21].

- **Bilprodusenter selger solkraft**, med Tesla som det kanskje mest typiske eksempelet. Ved oppkjøpet av SolarCity i 2016 ble plutselig en bilprodusent eieren av det ledende solinstallatørselskapet i USA. Tesla leverer også som kjent stasjonære batterier for husholdninger kalt Powerwall. Daimler, som bl.a. produserer Mercedes-bilene, har også lansert stasjonære batteripakker for husholdninger. Den kinesiske batterileverandøren BYD har en sterk posisjon innen elektriske busser, men produserer også solcellemoduler og stasjonære batterier. I April 2017 åpnet de en 200 MW solpark i Brasil [21]. Nissan har også meldt at de ønsker å selge komplette energipakker, mel elbil, solceller, smart energistyring og husholdningsbatteri.
- **Solceller begynner å bli hyllevare, og i flere supermarkeder kan en nå kjøpe solcellemoduler.** IKEA lanserte har i flere år tilbudt solcellemoduler i sine britiske, nederlandske og sveitsiske varehus, og i 2016 utvidet de tilbudet til å inkludere flere land [21]. IKEA selger ikke selve varene selv, men markedsfører PV ved partnerskap med PV-leverandører som får plass i varehusene til å markedsføre solenergi.
- **Digitaliseringen gjør at nye IT-baserte selskaper kjemper om markedsandeler med de tradisjonelle industrielle aktørene.** Tradisjonelle industriaktører som ABB, GE og Schneider Electric satser sterkt på å utvikle produkter og tjenester i det voksende marked for smart / digital energistyring i hjem, i mikrogrid og ved sentral drift av nettet. Det samme markedssegmentet er også teknologisk tilgjengelig for flere IT-selskaper, som kjemper om markedsandeler og tilbyr nye typer løsninger. Huawei er eksempel på et stort IT-selskap som har utviklet vekselrettere og satser på drift og vedlikehold av solcelleparker. Google utvikler solparker, som er i tråd med deres satsing om å dekke deres energibehov med 100 % fornybar energiforsyning. De har lansert simuleringssystemer for solkraft og eier et selskap for smarte strømmålere, og det ventes at de tar en posisjon i smarthus-teknologi som inkluderer solkraft [21]. Apple, som også har signert RE100 for å binde seg til 100 % selvforsyning av fornybar energi, søkte i 2016 om omsetningskonsesjon for kraft i USA, via selskapet Apple Energy. Det spekuleres i om de kommer til å lansere salg av kraft via App Store eller iTunes [23].  
Koblingen mot smarte effektstyringsystemer for husholdningssegmentet gjør at flere og flere typer selskaper har interesse av at solbransjen lykkes. Etersom solceller er integrert i energisystemet, er det mange som har interesse av økt integrering av solkraft og smarte energistyringsystemer, eksempelvis produsenter av hvitevarer som kommuniserer med smarthusløsninger. «I praksis betyr dette at aktører som Miele, Bosch, Vaillant, Tesla og Google bidrar til å markedsføre solceller i tillegg til de aktørene som i dag utelukkende leverer solcelleanlegg.» [11]
- **Det er en sterk kobling mellom solceller og elbiler.** Norsk elbilforening utførte en undersøkelse i 2016, der 34 % av de spurte oppga seg som «enig eller veldig enig i at de vurderer å installere solceller på taket» [24]. Solceller danner også en mulighet for mersalg blant elbilprodusenter. I Tyskland får du tilbud om å kjøpe solceller når du kjøper elbil, dersom du ikke har elbil fra før [11].

---

*«Google utvikler solparker, som er i tråd med deres satsing om å dekke deres energibehov med 100 % fornybar energiforsyning. De har lansert simuleringssystemer for solkraft og eier et selskap for smarte strømmålere, og det ventes at de tar en posisjon i smarthus-teknologi som inkluderer solkraft»*

---

#### Plusskunder og nye forretningsmodeller

Det er en økende trend spesielt i europeiske land at plusskunder ønsker å delta i nye forretningsmodeller for å øke verdien på sin solcelleinstallasjon og sitt tekniske anlegg. Blant prinsipielle modeller er:

- Deletjenester for strøm.
- Aggregatorløsninger

Deletjenester for strøm kan utføres på flere måter. Noen forretningsmodeller kobler sammen forbrukere fysisk bak et felles målepunkt mot nett, slik som «Mieterstrom» i Tyskland. På denne måten kan solkraft kjøpes og selges blant forbrukere bak den felles måleren, for å øke egenkonsumeringsgraden, noe som gir verdi så lenge kostnaden for å kjøpe strøm er større enn prisen en får for å selge til nettet [21].

Andre forretningsmodeller tillater deletjenester for strøm for folk som ikke er fysisk koblet til samme nett/område, gjennom deltakelse i såkalte virtual power plants (VPPs). Et eksempel på dette er den tyske batterileverandøren Sonnen som har lansert «SonnenCommunity», der medlemmer av nettverket kan dele strøm gratis til hverandre. Ordningen finansieres som en abonnentskost, samt at kundene betaler for transportleddet [11].

Markeder for deletjenester av strøm er svært påvirkelig av tariffstrukturer og hvordan kjøp og salg av elektrisitet i nettet skattlegges, noe som gjør det viktig med et tydelig og forutsigbart rammeverk fra myndighetene. Rammeverk fra myndigheter kan både fremme og begrense mulighetene og økonomien i slike forretningsmuligheter.

Blant driverne for aktive plusskunder i nettet er [21]:

- Teknologi for fleksibelt forbruk, solkraft og lagring er blitt mye billigere.
- Netteier har behov for / kan dra nytte av lokal fleksibilitet.
- Økt konkurranse i tjenester mot strømkunder.

---

*«Markeder for deletjenester av strøm er svært påvirkelig av tariffstrukturer og hvordan kjøp og salg av elektrisitet i nettet skattlegges, noe som gjør det viktig med et tydelig og forutsigbart rammeverk fra myndighetene»*

---

Solar Power Europe, som representerer flere hundre medlemsbedrifter fordelt på hele verdikjeden for solkraft, spår følgende utvikling de neste 5 år [21]:

- Egenkonsumering vil bli smartere. Vi får smart effektstyring som både kan optimere energiforbruket innad i bygget, og som kan bidra med tilleggstjenester mot nettet.
- Skiller mellom de ulike fagfeltene brytes ned, og vi får flere tjenesteleverandører som tilbyr sømløs integrasjon mellom solcelleinstallasjon, lagring og byggautomasjon. Standardiserte grensesnitt og åpne protokoller vil også hjelpe her.
- Netteiere/ regionale strømselskaper vil tilby nye og kombinerte tjenester og forretningsmodeller til plusskunder, inkludert finansielle støtteordninger for å muliggjøre installasjoner.
- Strukturer for nettleie, skatter og avgifter vil endre seg mot tariffen som er mer basert på effekt og mindre på energi. Effekttariffene skaper nye markeder som med inntjeningsmuligheter for plusskunder og er samtidig i netteiers interesse. Det vil imidlertid kunne bli mindre lønnsomt å ha elbil og solceller dersom disse ikke styres smart.



#### Støtteordningene er i endring

Globalt fortsetter nasjonale produksjonsmål å være den fremste pådriveren for installert solkraft, 176 land hadde i 2016 nasjonale mål vedrørende fornybar energi. Selv om innmatingstariffer i dag er hovedverktøyet for å implementere nasjonale mål, så er tilbudskonkurranser/auksjoner i ferd med å ta over denne rollen i stadig flere land. Dette gjelder spesielt for større anlegg. Innmatingstariffene reduseres i flere land etter hvert som solceller blir mer og mer lønnsomme [7].

En trend er at støttesystemene nå i økende grad bidrar til å forbedre strømkvalitet, og ikke bare økt strømproduksjon. Et eksempel er økt fokus på støtteordninger for lagring hos myndigheter og regulatorer i stadig flere land. New York satte et mål om 100 MWh lagringskapasitet i sitt nett innen 2020. India lanserte i 2016 en tilbudskonkurranse for 300 MWp solkraft, der lagring for å balansere kraften skulle inkluderes i tilbudet. Sverige har lansert støtteordninger for investeringer lagring og smart grid på totalt 60 M SEK per år fra 2016 [7, 10].

#### Distributed Ledger Technology (DLT) og kryptovaluta

Måten vi utfører transaksjoner på er i ferd med å endre seg. Ved hjelp av DLT-teknologi, der Blockchain er et eksempel, kan IoT-data og andre digitale data inkluderes i den globale økonomien, ved at transaksjoner utføres sikkert, digitalt og uten å gå via et fordyrende mellomledd som eksempelvis en bank [25]. Det er et viktig prinsipielt skille mellom DLT og kryptovaluta. DLT er forenklet sagt en fellesnevner for den underliggende plattformen for overføring av kryptovaluta, eksempel på dette er Blockchain og IOTA. Kryptovaluta er «myntenheten» som overføres ved transaksjoner. Et eksempel på kryptovaluta er Bitcoin. Accenture lister opp følgende fordeler ved kryptovaluta foran den konvensjonelle valutaformene [26]:

- Transaksjoner overføres momentant. Momentan tilgang på valuta gir momentan tilgang på likviditet.
- Marginalkostnaden ved å overføre kryptovaluta er tilnærmet 0.
- Transaksjonene er fullt sporbare, dersom kryptovalutaen er designet for det
- Bankene trenger ikke lengre å lagre store økonomiske reserver, og dermed binde valuta
- Kryptovaluta kutter ledd og kostnader, og er således en mer kostnadseffektiv måte å drive bank/transaksjoner.

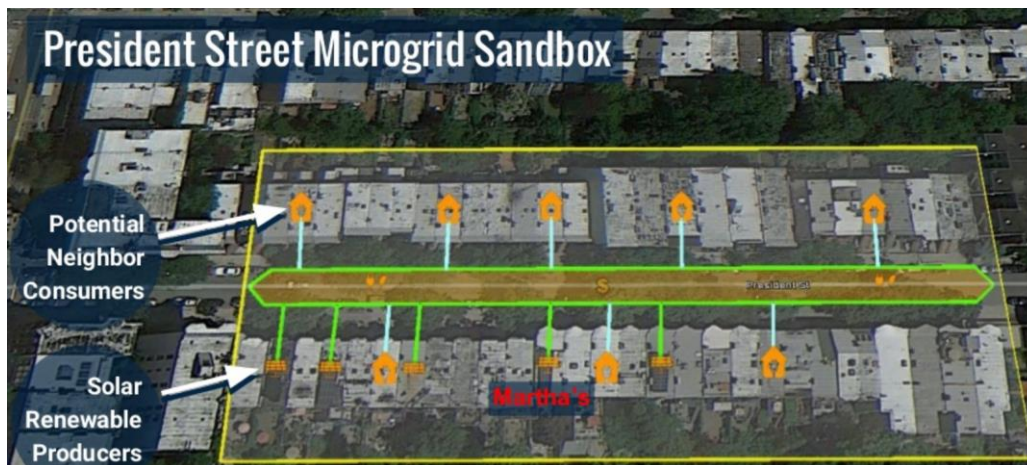
Det er også flere utfordringer knyttet til innføring av kryptovaluta. En graverende utfordring med Bitcoin, som kanskje er den mest kjente kryptovalutaen, er at måten den er designet på krever stadig økende mengder datakraft å generere Bitcoins, som igjen er koblet opp mot et svært stort energiforbruk. Et estimat på energiforbruket i 2017 forbundet med Bitcoin er 29 TWh, tilsvarende 0,13 % av verdens energiforbruk [27]. Det er et tydelig behov for nye og energieffektive teknologier for generering av kryptovaluta, og noe det antakelig jobbes svært mye med.

Fordelene med kryptovaluta gjør at Accenture tror at ikke bare private nettverk og selskaper vil lansere kryptovaluta, men at dette også gjelder de store bankene, som de mener er best egnet til å koble kryptovaluta til konvensjonellvaluta og ta rollen som tillitsbærer og håndtere de nødvendige juridiske og økonomiske rammevilkårene. Flere banker og sentralbanker er i ferd med å utvikle prototyper på digital valuta, inkludert den Kanadiske, Japanske og Sveriges sentralbank [28].

Distributed Ledger Technology (DLT) har flere relevante bruksområder i mikrogrid og lokale markedsplasser for energi. DLT-teknologien muliggjør kostnadseffektiv overføring av strøm og tilhørende betaling mellom desentraliserte aktører, som eksempelvis en el-bil og en ladestasjon, eller en

DLT-teknologi kan bli en stor og disruptiv kraft i det globale strømmettet, og bli en stor bidragsyter til EUs mål om å modernisere måten strømmarkedet er satt opp på. Et mulig bruksområde er å være den informasjonsmessige infrastrukturen i lokale markedsplasser for energi som igjen gir grunnlag for transaksjoner via smarte kontrakter. Når DLT-teknologi kombineres med smarte strømmålere og batterier, åpnes muligheter for fri deltakelse i strømmarkedet for sluttbrukere. Via DLT-teknologi kan kundene få informasjon om kostnader og forbruk, delta aktivt som fleksible forbrukere og småkraftprodusenter via smarte og online kontrakter, og gi økt valgfrihet i hvem en ønsker å handle med, som igjen gir grunnlag for nye forretningsmodeller. Eksempelvis kan en kWh produsert energi tenkes og enten forbrukes selv, selges til et strømselskap, selges til en lokal rutebuss som kobler seg til gateladeren din eller selges til høyest byder i DLT-nettverket etter prinsippet til aksjemarkedet.

solcelleinstallasjon mot en kjøper. På samme måte som den bokfører en transaksjon med en monetær verdi, kan den bokføre en mengde kWh ved kommunikasjon med en smart strømmåler. Ved bruk av såkalt smarte kontrakter vil databasen danne basis for automatiske energioverføringer og transaksjoner [29].



Figur 10: Bildeutsnitt Brooklyn Microgrid, som skaper lokale markedsplasser for distribuert solenergi

I April 2017 ble Blockchain for første gang brukt for handel av elektrisitet i Brooklyn Mikrogrid, gjennom et samarbeid med LO3 Energy og Siemens. På denne måten kan naboer som er med i nettverket kjøpe og selge kraft av/til hverandre. En flott tanke med dette, er at det er sannsynlig at de samme elektronene som produseres på naboens tak, finner veien til ditt TV-apparat, ettersom strømmen velger minste motstands vei. I tilfellet Brooklyn Microgrid ble ikke kryptovaluta benyttet som myntenhet for overføring, selv om rammeverket i prinsippet var til stede.

#### Økt bruk av elektriske batterier i stasjonære applikasjoner

Batterier har en sentral rolle i å muliggjøre et elektrisitetsnett basert på fornybare energikilder som sol. Globalt er det sterk vekst i installert elektrisk batterikapasitet, et eksempel er Lyon Group som i Mars 2017 annonserte at de skulle bygge den største kombinerte sol-batteri-parken i verden, med en 330 MW solpark kombinert med 100 MW / 400 MWh batteri i Sør-Australia [21].

Ettersom denne rapporten først og fremst retter seg mot den norske solnæringen, fokuseres det på distribuert installert batterikapasitet i nettet og på forbrukssiden av måleren. Grafene som presenteres representerer disse. Den store majoriteten (96 %) av elektrisk lagringskapasitet ligger i dag i pumpekraftverk, men da den er på produksjonssiden i sentralnettet diskuteres ikke den her. Det som heller ikke er inkludert i statistikken er mobile elektriske batterier, som de i elektriske busser og biler. IRENA forventer at den mobile batterikapasiteten vil overstige behovet for stasjonær batterikapasitet frem til 2030, noe som også underbygger det store potensialet i å la disse installasjonene utføre stasjonære batteritjenester når bussene og bilene står parkert, gjennom såkalte Vehicle to Grid (V2G) – operasjoner.

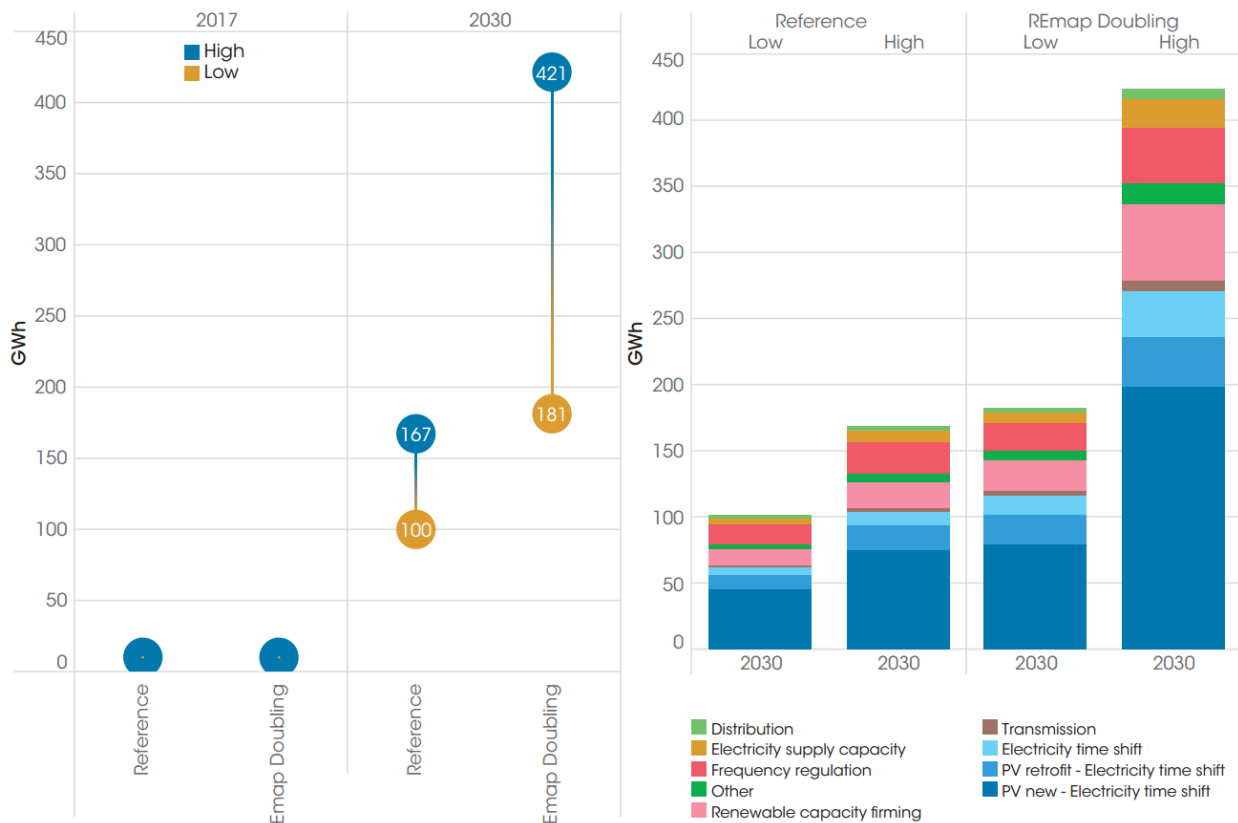
#### FAKTA:

Et batteri tilfører bare verdi til et energisystem når det styres smart, dvs. lader og utlader når det gagnar systemet. Batteriet utgjør en fleksibilitet som kan utnyttes i et smart effektstyringssystem til å lade solkraft ved overproduksjon, kutte effekttopper trukket fra nettet og flytte på netto strømforbruk fra timer med høy strømpris til timer med lav strømpris. Deres to hovedoppgaver i et nett-perspektiv er å balansere variabel produksjon av fornybare energikilder, samt støtte strømkvaliteten i nettet ved lokal spennings- og frekvensregulering. I land med stor grad av varierende strømproduksjon fra kilder som sol og vind, muliggjør batterier enda større integrasjon av fornybar kraft i strømmettet. Virkningsgraden for hele ladesyklusen er over 90 % for de mest effektive teknologiene.

Kostnader på batterier har hatt en sterk reduksjon de siste år, og spås videre sterk reduksjon det neste tiåret. IRENA har laget forventet prisutvikling på et utvalg teknologier innen Li-ion batterier fra 2016 til 2030, som viser en forventet gjennomsnittlig prisnedgang på mellom 54 og 61 % for de ulike teknologiene. Som Figur 43 i Vedlegg A viser er prisnedgangen forventet å skje parallelt med økt virkningsgrad og levetid [30]. Statistikk over Li-ion-batterier er her vist som et eksempel, da det er denne batteriteknologien som i disse dager nyter størst oppmerksomhet. Andre stasjonære batteriteknologier kan også benyttes, som flowbatterier og høy-temperatur batterier som NiCd, for å nevne noen.

Framskrivninger for installert batterikapasitet som følge av kostnadsreduksjoner og forbedret teknologisk ytelse varierer, og presenteres best gjennom ulike scenarier. Figur 11 viser en framskriving fra IRENA for vekst i installert batterikapasitet frem mot 2030, fordelt på hovedbruksområder. Prognosen er gitt ut hva to hovedscenarier: At fornybarandelen i elektrisitetsmiksen beholdes på 2014-nivå frem til 2030, eller at den doubles. For hvert av disse scenarioene er det estimert et forventet maks- og minimumsnivå på veksten, hovedsakelig grunnet usikkerhet i hvordan kundene vil ønske å dimensjonere sine batteriinstallasjoner. De forventer at balansering av egenprodusert solkraft på forbrukssiden av energimåleren vil være hovedbruksområdet til elektriske batterier frem til 2030, fulgt av frekvensregulering i nettet.

*«IRENA har laget forventet prisutvikling på et utvalg teknologier innen Li-ion batterier fra 2016 til 2030, som viser en forventet gjennomsnittlig prisnedgang på mellom 54 og 61 % for de ulike batteriteknologiene.»*



Figur 11: Prediksjon fra IRENA for global vekst i installert batterikapasitet frem mot 2030

Det er mange forretningsmodeller for kombinasjonen sol og lagring. Vekstnivået vil således ikke bare avhenge av kostnader, men hvorvidt kravene og rammebetingelsene fra myndighetene tilpasses batteriets unike rolle i energisystemet, og således promoterer at batteriene kan tilføre sine styrker til energisystemet [21].

#### Smart monitorering og prediksjon gjør planlegging enklere

Smart monitorering og -prediksjon er blant muliggjøringsteknologiene som gjør at fornybare elektrisitetsskilder som sol kan inngå i kraftmarkeder og andre aspekter ved elektrisitmiksen som krever planlegging over tid.

Datakraft er blitt dramatisk billigere de siste årene, som gjør at datakrevende teknologier som maskinlæring vinner store markedsandeler i mange bransjer. Maskinlæringen er en av teknologiene som kan brukes til både å forutsi produksjon av sol, tilgjengelig fleksibilitet og forbruk og dermed kan styringsplaner lages som utnytter ressursene optimalt, og besparelser kan oppnås. Dette prinsippet vil øke verdien for sol både i smarte hus, mikrogrids og drift av regionalnettet, for å nevne noe. Etter hvert som teknologien lærer og predikerer stadig bedre, kan fluktuerende energikilder som sol og vind i stadig større grad inngå i kraftmarkeder og planlegging av drift i kraftnettet, både stor og liten skala [21].

#### Smarte energistyringsystemer m/lagring.

Smarte energistyringsystemer er et samlebegrep, som typisk inkluderer en produksjonsenhet, enheter for fleksibilitet, laster og en «hjerne» med styringsalgoritmer som utnytter innhentede data for å gjøre fortløpende vurdering av hvordan energiflyten bør styres for å oppnå et bestemt mål. Begrepet smart brukes ofte ukritisk, men kan bety at systemet bruker prognoser, dataanalyse eller optimeringsalgoritmer for å oppnå bedre resultater enn det som oppnås ved tradisjonelle og forhåndsprogrammerte algoritmer der systemet ikke lærer underveis. Smarte energistyringsystemer er aktuelt for alle delene av

kraftsystemet, men vi velger her å fokusere på smarte energistyringssystemer på forbrukssiden ettersom distribuert solenergi er i fokus.

Innen feltet smart effektstyring på forbrukssiden kan mye sies, men vi vil her nøye oss med å nevne nyheter fra Intersolar 2017 i München, der den globale solbransjen viser frem sine siste nyheter [1]. Smarte energistyringssystemer for husholdninger var en gjenganger blant mange utstillere, med SMAs Sunny Home Energy Manager 2.0 og Solaredge sin Home Energy Management Suite som eksempler. Ettersom husholdninger er et «standardisert produkt» som ofte inneholder de samme typer tekniske komponenter og laster, er dette en

potensiell hylleware med et stort marked.

Det ble også lansert smarte energistyringssystemer for bruk i næringsbygg, der bl.a. SMA og ABB presenterte nyutviklede løsninger.

---

*«Vi ser en utvikling der solceller i mindre grad selges som en enkeltkomponent, men som del av en større pakke»*

---

Med smarte energistyringssystemer kan lastprofil og produksjonsprofil endres ved behov så langt den innlagte fleksibiliteten tillater det. Dette gir mulighet for økt egenforbruk av solstrøm og sparte energikostnader ved at effekttopper kuttes og forbruk forflyttes til tider når strømmen er billigere. Lønnsomheten i smarte energistyringssystemer vil avhenge av en rekke faktorer, bl.a. hvordan de nye effekttariffene som er ute til høring kommer til å se ut. I senere arbeider vil det være svært aktuelt å ta med lønnsomhetsberegninger for smarte energistyringssystemer.

### Oppsummering

Flere av de utvalgte overskriftene for globale trender er direkte koblet til den pågående digitaliseringen av kraftbransjen og mulighetene det gir. Digitaliseringen åpner dører for nye aktører, nye kommunikasjonsformer, nye

---

*«Markedsutviklingen viser en trend der solkraft skaper et marked for lagring og smart effektstyring, som igjen skaper et marked for nye forretningsmodeller»*

---

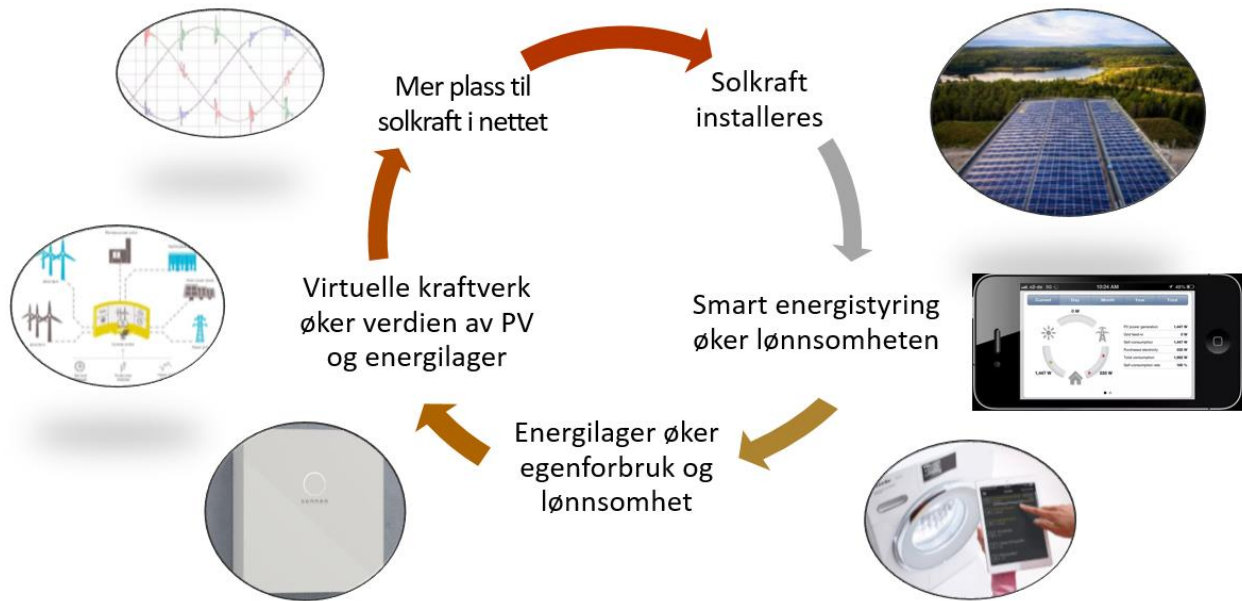
forretningsmodeller og nye styringssystemer med lengre tidshorisont i planleggingen, for å nevne noe.

Vi ser en utvikling der solceller i mindre grad selges som en enkeltkomponent, men som del av en større pakke, det være seg et smart effektstyringssystem for husholdninger, et mikrogrid eller kontrakter med sol og batterier for nasjonal elektrisitetsproduksjon.

Markedsutviklingen viser en trend der solkraft skaper et marked for lagring og smart effektstyring, som igjen skaper et marked for nye forretningsmodeller. De nye produktene og teknologiene som ankommer markedet, muliggjør enda større andel solkraft i nettet. Denne selvforsterkende effekten er som prinsipp vist i Figur 12. Jo flere aktører som deltar i økosystemet der sol er en del av systemet, jo flere drivere får en for at solenergibransjen lykkes, som bidrar til momentet i videre markedsutvikling.

## Solcellesystemer og sol i systemet

### Kartlegging og strategisk satsing for Solenergiklyngen



Figur 12: Solenergi som døråpner til nye markeder for andre aktører

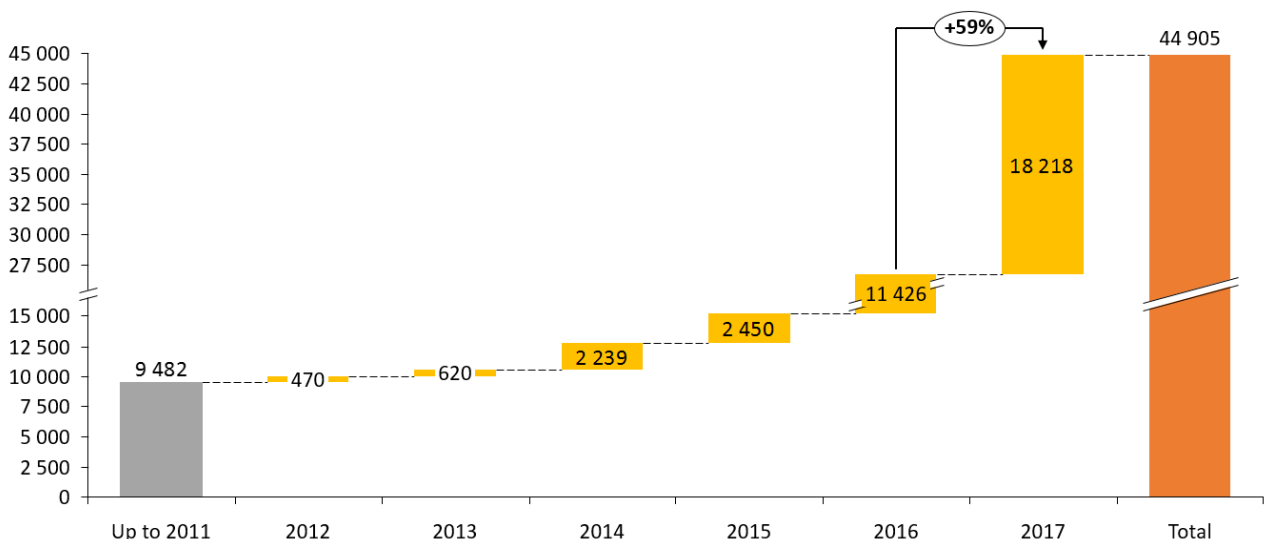
## 4 SOLNÆRINGEN I NORGE



Figur 13: Nøkkeltall for den norske solnæringen i 2017

### 4.1 Installert kapasitet

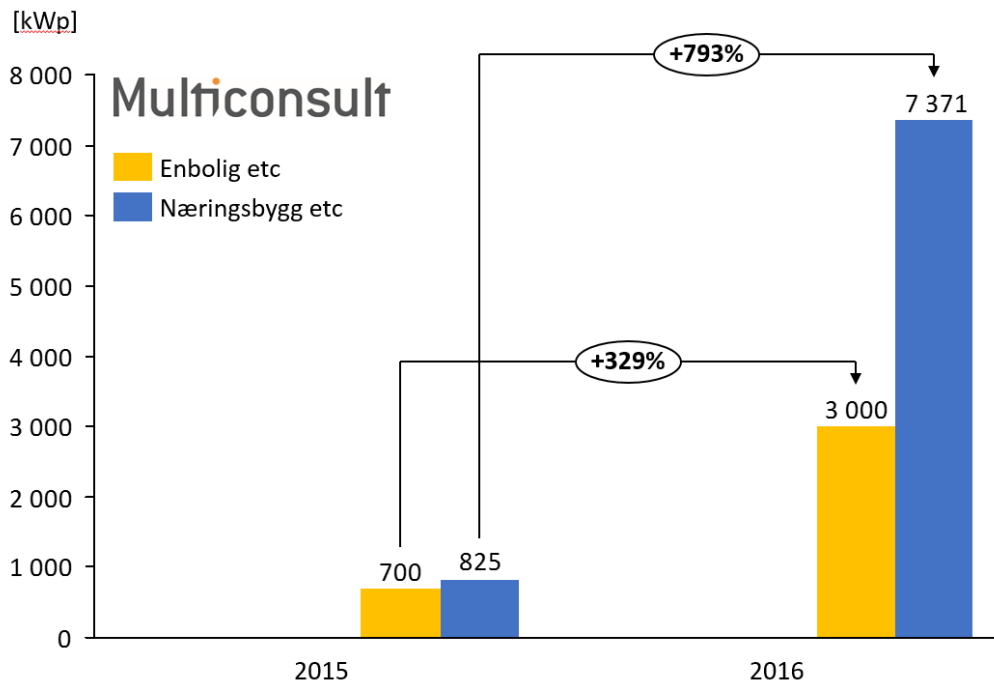
Installert kapasitet for sol har hatt en kraftig vekst i det norske solkraftmarkedet de siste årene, noe Figur 14 viser. I følge innrapporterte tall til Solenergiklyngen for 2017, ble det installert 18 MWp i 2017, som resulterte i at Norge ved utgangen av året hadde ca. 45 MWp kapasitet i solkraft installert. Veksten i installert kapasitet i solkraft var på 59 % fra rekordåret 2016 [1]. Veksten i installert kapasitet solkraft var på 366 % fra 2015 til 2016, noe som gjør en ytterligere vekst i 2017 på 59 % imponerende. Veksten er til tross for lave kraftpriser og svake støttemekanismer for solkraft. Hjemmemarkedet for solkraft er fortsatt i en relativt tidlig fase, men man ser økt etterspørsel fra både næringssegmentet og privatmarkedet.



Figur 14: Utviklingen i installert solkapasitet i Norge 2012-2017 [1]

Det bemerkes at ettersom det på nåværende tidspunkt ikke foreligger obligatorisk registrering av solcelleanlegg, og tallene baserer seg på tall rapportert inn av leverandørene, ligger det en viss usikkerhet i hvor mye solceller som faktisk har blitt installert, spesielt i markedet for privathusholdninger.

Tallene som ble rapportert inn av leverandørene i 2017 ble ikke oppdelt i næringssegment, og tall fra 2016 benyttes for å gi et bilde på utviklingen. I 2016 kom veksten først og fremst fra næringsbyggsegmentet, med en imponerende åttedobling fra 2015-tall som vist i figuren under. Iht. innrapporterte tall så også privatbolig-segmentet en tredobling fra 2015 [31].



Figur 15: Innrapportert vekst for installert solkapasitet i forskjellige markedssegmenter i 2016

Den sterke veksten de siste årene er grunnet både teknologiutvikling (som har gitt kraftige kostnadsreduksjoner) og nye forretningsmodeller. Økt interesse og bevissthet rundt samfunnsansvar og miljø har også gjort sol mer attraktivt, spesielt i næringsbyggsegmentet [11].

Til tross for sterk vekst, ligger Norge fortsatt langt bak Sverige og Danmark i installert effekt. Det ble installert hhv. 60 MW og 70 MW i disse to landene i 2016. Norge er i en unik posisjon pga. vannkraften, som gjør at vi allerede har 95-98 % fornybar kraft i strømmettet. Dette er i motsetning til Sverige (flere kjernekraftverk) og Danmark (kullkraft om vinteren). En viktig driver for veksten i segmentet næringsbygg er avklaringer rundt plusskunder knyttet til el-sertifikatordningen. Stortinget gjorde det klart på slutten av

En studie utført hos Universitet i Oslo har identifisert følgende drivende faktorer for det private boligmarkedet [11]:

- Økning i generell teknologiinteresse
- Egenproduksjon av kraft til elbil
- Økt uavhengighet fra kraftselskapene
- Miljø
- Positiv erfaring med solceller på hytta
- Reduserte utgifter

Det private markedet har også sett større konkurranse blant tilbyderne og nye forretningsmodeller som gjør solkraft mer attraktivt og tilgjengelig, bl.a. leasing-ordninger.

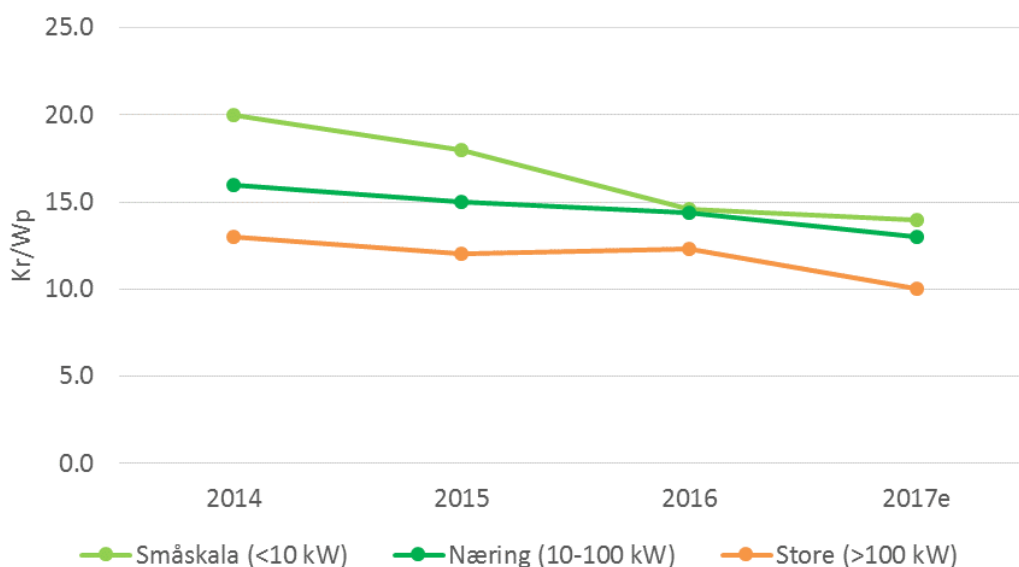


2015 at hele strømproduksjonen fra solcelleanlegg skal ha rett til å tildeles el-sertifikater [32], noe som utløste større investeringsvilje. En annen driver er de stadig fallende installasjonskostnadene for solceller, som også gir tro på at veksten i markedet vil fortsette [11].

## 4.2 Prisutvikling og lønnsomhet

### 4.2.1 Prisutvikling solcelleinstallasjoner

Det foreligger ikke innrapporterte kostnadstall for solinstallasjoner i det norske markedet fra 2017. Prisutviklingen er her beskrevet ut fra innrapporterte tall til IEA PVPS til og med 2016, samt er det tillagt et estimat for 2017 på bakgrunn av Multiconsults markedsinnsikt [31]. Prisutviklingen er presentert som gjennomsnittstall i markedet, og er grafisk fremstilt i Figur 16. Kostnaden beregnes per Wp, som utgjør enheten for installert kapasitet for solceller.



Figur 16: Prisutvikling for solkraftsystemer i Norge, snittverdier [1], [31]

I tråd med historisk utvikling observeres det også i 2017 en kostnadsreduksjon for systeminstallasjoner i Norge. For små anlegg, typisk takanlegg på opp til ca 60 m<sup>2</sup> på privathus, ligger systemprisen på rundt 14 kr/Wp. For anlegg på medium størrelse tak på næringsbygg ligger markedsprisen rundt 13 kr/Wp. For de store anleggene er prisen lavere, og gjennomsnittlig markedspris er her estimert til 10 kr/Wp. Det største solcelleanlegget som er bygget i Norge er på ASKO Vestby på 3700 kWp, som tilsvarer ca 20 000 m<sup>2</sup> solcellepaneler. Norske solinstallasjoner er generelt tilkoblet et bygg på en eller annen måte, det finnes ikke egne solparker kun for å innmate til nettet.

Generelt gjelder det at anleggene blir billigere per installert effekt jo større de bygges.

Kostnadsreduseringen er også størst for de største anleggene. Det har sin årsak i at hardware systemkomponenter som solcellemoduler og vekselrettere opplever en årlig prisreduksjon på rundt 10 %, som gir større utslag i de store anleggene ettersom hardware utgjør en større del av totalkostnaden.

Systemprisene forventes ikke å falle nevneverdig for privatkunder i 2018. Av systemprisen utgjør hardware som paneler og inverter stadig mindre av totalen, noe som medfører at lokale

«Systemprisene forventes ikke å falle nevneverdig for privatkunder i 2018»

logistikk-, arbeids- og salgskostnader andelsmessig utgjør stadig mer. Når hardwaren blir billigere, motvirkes det av lønns- og prisstigning på de lokalproduserte varer og tjenester. Denne utviklingen har

man sett i USA og andre mer modne solcellemarkeder over tid, der andre kostnader enn hardware nå typisk utgjør to tredjedeler av systemkostnaden. Denne trenden er vist i Figur 45 i Vedlegg A [33]. I Norge kan dette få store utslag fordi lønnskostnadene er vesentlig høyere enn i mange andre land. En svekket kronkurs bidrar også til å utligne prisfallet på solcellepaneler og invertere. På den andre siden har vi hittil hatt små volumer, så med økt konkurranse og tilstrekkelig antall (standardiserte) installasjoner, vil det antakelig fortsatt være et potensiale for billigere installasjoner.

#### 4.2.2 Lønnsomhet

Solcelleinvesteringer varer over mange tiår, og det er en rekke usikkerheter knyttet til beregninger av lønnsomhet. Disse bør vurderes i hvert enkelt prosjekt.

Generelt kan man si at alle trender som går i retning av høyere kostnad på strøm vil være gunstig for en solcelleinvestering. Eksempler på dette kan være nødvendige utbedringer og utvidelse av strømnettet som gjør at norske forbrukere mest sannsynlig kan forvente høyere nettleie i de kommende årene [34]. Det er viktig å sammenligne alternativkostnader til sluttbruker, en pris på produsert solenergi gir lite informasjon om lønnsomhet ettersom det ikke er el-spot markedet solenergi i Norge konkurrerer i. I tilknytning til bygg vil det også være mulige besparelser knyttet til erstatning av andre byggematerialer for BIPV (Building Integrated PV / Bygningsintegreerte solceller), eller mindre omfattende energiltak for pålagte eller valgte tekniske forskrifter.

Lønnsomhetsberegninger for solceller trenger stadig oppdateringer, ettersom prisene på anleggene svinger med reduksjon i hardware-kostnader, valutaendringer og lønns- og prisvekst i samfunnet.

Støtteordningene i Norge må antas å ikke vare evig. Enova-støtten har eksistert i to år, og antas å være langvarig, mens kommunale og fylkeskommunale ordninger har kommet og gått.

Faktisk produksjon vil også variere basert på geografi, klima og andre forhold og gi mer eller mindre lønnsomhet enn antatt i et generelt tilfelle.

Forutsetninger om parameterne i lønnsomhetsvurderingen bør også reflektere type kunde og mål for investeringen. Privatkunder og bedrifter, men også kunder innenfor samme segment, vil ha ulike finansieringskostnader, avkastningskrav og investeringshorisont. Det poengteres også at miljømål vil ha en verdi som ikke alltid kan tallfestes i en lønnsomhetsvurdering.

#### Tidligere studier

Til tross for en nedadgående prisutvikling, har ikke solkraft generelt blitt ansett som veldig lønnsomt i Norge. Et studie av THEMA Consulting i 2015 oppga at det lenge til solkraft vil bli lønnsomt i Norge, og de forventet derfor ikke at det vil bli bygd ut betydelige mengder solkraft i Norge, med mindre det skjer en endring i politisk tilrettelegging og støttemekanismer [35]. De vurderte Levelized Cost of Electricity (LCOE) og sammenliknet forventet utvikling av denne med forventet utvikling i kraftprisene (spot og sluttbruker). LCOE beregner totale levetidskostnader fordelt på total forventet energiproduksjon, og muliggjør sammenlikning med andre teknologier for energi/kraftproduksjon. Analysen viste at kostnadene for solceller vil ligge godt over nivået for spot-priser i kraftmarkedet frem mot 2030, men muligens nærme seg sluttbrukerprisene etter 2025. Accenture og WWF leverte en rapport om det norske solkraftmarkedet i April 2016, der en analyse på lønnsomheten for solceller i form av tilbakebetalingstid ble utført. Der ble det anslått det at med Enovatilskudd til solceller, vil et solsystem på 1-6 kW ha en tilbakebetalingstid på hhv. 22-30 år [12]. Siden forventet levetid på slike anlegg basert på produksjonsgaranti typisk er på 25 år, vil en del av disse systemene ikke ha lønnet seg innenfor denne tiden.

Videre presenteres noen folkelige misoppfatninger om lønnsomheten til solenergi, samt korreksjoner til disse sett fra et leverandørperspektiv, før eksempel på nåverdiberegninger for privathusholdninger og næringsbygg presenteres.

#### Misoppfatninger om lønnsomheten til solenergi fra et leverandørperspektiv

Det er mange formeninger om lønnsomheten til sol, som ikke nødvendigvis har faktabasert rot i virkeligheten. Videre presenteres og besvares noen «myter» om sol, basert på typiske spørsmål og oppfatninger fra potensielle kunder som en leverandør har erfart:

Tabell 1: Myter om lønnsomhet i solenergi, samt riktig bruk av input fra en leverandørs perspektiv

Tema	Vanligste misoppfatninger	Årsak til misoppfatning	Riktig bruk av input
Investering / kostnad med solcelleanlegget	Solceller er dyrt	Bruker gammel prisinformasjon	Kun bindene priser gitt av leverandør er relevant.
		Bruker historiske gjennomsnittspriser (fra rapporter etc) Er ikke kjent med støtteordninger	Enova-støtten gis alle privathusholdninger. FoU- og pilotprosjekt-støtte kan innvilges på næringsbygg
Verdien av strøm	Man sparer ikke nok	Sammenligner kun med spotpris	Strømkostnaden består av spotpris på strøm, nettleie, elavgift og moms
		Tar ikke med prisstigning på strøm gjennom anleggets levetid Undervurderer anleggets totale produksjon over levetiden	Strømkostnadene har steget mer enn øvrig prisstigning siden 1980 og forventes å stige i tiårene som kommer Solcelleanlegg har lang levetid og lav degradering/slitasje
Verdien av strømsalg	Man taper på å ikke bruke strømmen selv	Er ikke kjent med plusskundeordningen. Er ikke kjent med at markedsprisene for plusstrøm er høye	Kunder kan få betalt det samme eller mer for å selge strøm til sin strømlleverandør som de sparer på å erstatte forbruk
Finansiering og tilbakebetaling	Det er for lang tilbakebetalingstid	Man bruker "tilbakebetalingstid" i stedet for avkastning på investeringen (internrente) eller nåverdi	Lønnsomhets-betraktningen bør basere seg på verdien av en kontantstrøm som består av initiell investering, verdien av strøm og strømsalg over levetiden
		Man vurderer ikke tilbakebetalings-tiden opp mot den lange levetiden	Normalt er avkastningen på et solcelleanlegg på et bolighus på Østlandet 5-8 prosent per år

Fra 2011 til 2016 er systemprisene vesentlig redusert og er nå kommet ned på internasjonalt konkurransedyktige nivåer. I denne perioden har norsk solcellebransje bygget opp et volum på import og logistikk som gir tilstrekkelige stordriftsfordeler til å kunne delta i det internasjonale grossistmarkedet, og nyvinninger innen salgseffektivitet, som solkart.no og automatiske prisberegnerne, har redusert en del av

salgskostnadene. Dermed er solcelleanlegg blitt forholdsvis rimelige, selv om de ikke forventes å ha samme prisutvikling i årene som kommer.

#### Lønnsomhet solcelleanlegg for privatboliger – eksempel på beregning

Følgende eksempel fra en leverandør tar for seg lønnsomheten for sluttkunde for et anlegg av typisk størrelse på enebolig, gjennom en nåverdiberegning. Ettersom solceller har en kostnadsprofil der alle kostnader kommer ved installasjon (med unntak av ett forventet bytte av vekselretter i anleggets levetid) og en inntektsprofil som er jevn og en funksjon av energiproduksjon og strømpris, er lønnsomheten i solceller avhengig av hvilken finansiering som ligger til grunn. Beregning av installasjonskostnader for solcelleanlegg, som input til nåverdiberegning, er vist i Figur 17 med følgende forutsetninger:

- Taket er et typisk lite hjemmeanlegg eller garasjeanlegg på 3,2 kWp (12 paneler), produksjon på 880 kWh/kWp (typisk for nær sydvendte skråtak) og medtatt degradering i ytelse over levetiden
- Strømverdi inkludert mva. på 97 øre kilowattimen i år (SSB 2017-03) og en samlet økning av strømutgifter per kWh på 3 % (så vidt over Norges banks mål om inflasjon på 2,5 %)
- Diskonteringsrate for nåverdi satt til 1,93 %, kapitalkostnad (2,5 %) etter skattefradrag (23 %)
- Forventet levetid på 30 år
- 100 % egenforbruk, eller en avtale på salg av overskudd som tilsvarer sluttkundens strømpris

<b>Anlegg</b>	
Kvadratmeter tak	22
Sikkerhetssoner / ikke tilgjengelig areal	10%
Netto tilgjengelig	19.8
Antall paneler	12
Wp per panel	265
Wp per anlegg	3,086
Kost per Watt ink moms	18.13
Nåverdi av ustyrbytte og vedlikehold	6,000.00
<b>Kostnader</b>	
Brutto kostnad for anlegget ink MVA	61,942.28
Subsidier (Enova eller annet)	13,858
	-
<b>Nettoinvestering</b>	<b>48,084</b>

Figur 17: Eksempel på beregning av installasjonskostnad for solcelleanlegg på privathus

Internrenten på en slik investering vil være på **5,44 %**, en avkastning som er vesentlig bedre enn bankrente, og den netto nåverdien av investeringen er **43 127** kroner.

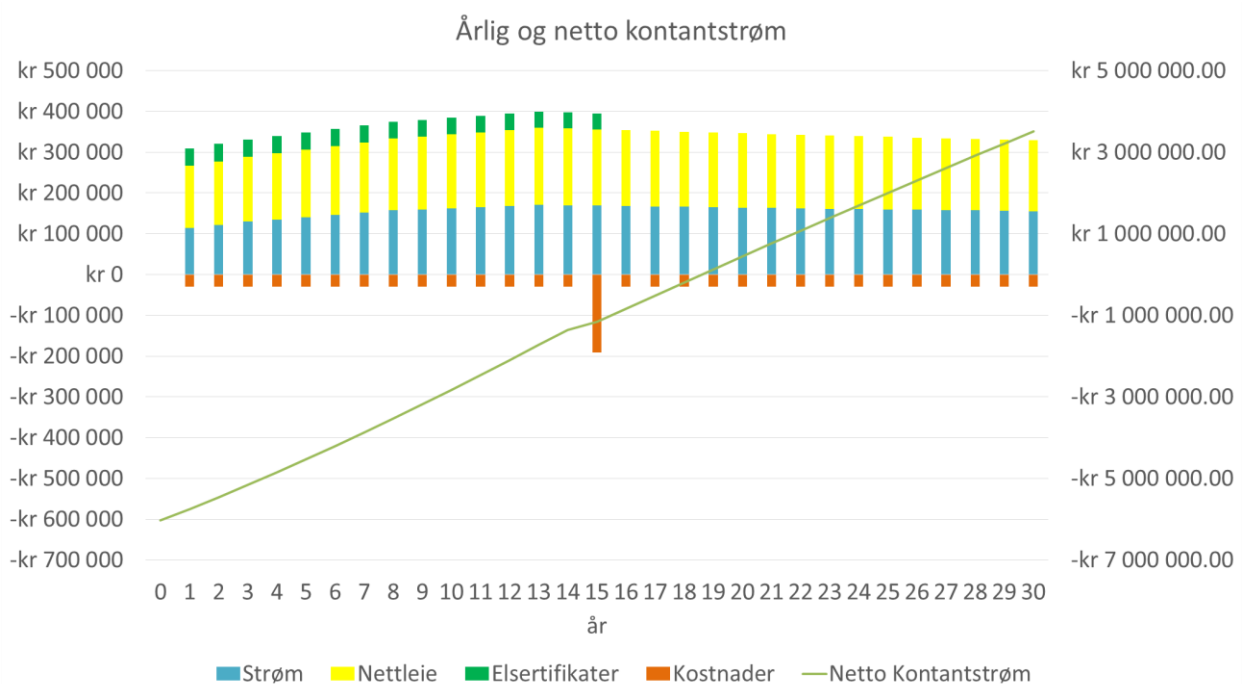
Eksempelet over illustrerer også svakheten med å benytte seg av tilbakebetalingstid som et kriterium for beslutning. Fordi anlegget gjerne har en levetid på 25-30 år, vil en **tilbakebetalingstid på 19 år** (som i eksempelet) innebære en stor positiv nåverdi, selv om 19 år i og for seg høres høyt ut.

#### Lønnsomhet solcelleanlegg for næringsbygg – eksempel på beregning

Et solcelleanlegg montert på et større flatt tak på næringsbygg vil kunne forvente lavere prisnivå på grunn av volumfordeler. Det er i utgangspunktet ikke støtteberettiget fra Enova men kan få elsertifikater på produksjonen. Beregning av installasjonskostnader for solcelleanlegg, som input til nåverdiberegning, er vist i Figur 18 med følgende forutsetninger:

- 500 kWp anlegg på flatt tak
- 850 kWh/kWp årlig produksjon. Representativt for anlegg i sør og øst Norge. Sydvendt installasjon på skråtak vil kunne ha en produksjon på over 1000 kWh/kWp i noen områder
- 12 kr/Wp systemkostnad
- 0,5 % årlig degradering av produksjon
- 0,5 % av systemkostnad i drift og vedlikeholdskostnad
- Bytte av vekselretter halvveis i anleggets levetid
- Spotpris 25 øre med gjennomsnittlig årlig økning fra prognosene fremlagt i Kapittel 0. Gjennomsnittlig årlig økning i spotpris over normal prisvekst frem til 2040: 1,8 %
- Nettleie 35 øre/kWh næringskunde inkludert avgifter. Forventet økning basert på planlagte investeringer i nettet 2017-2040: 2,8 %, 2020-2025: 2,45 %, 2025-2030: 1,9 %, 2030-2040: 0 % (ingen tilgjengelig prognoser for 2030-2040). Besparelser i effektleddet av nettleie vil variere basert på avregningen til nettselskapet og byggets forbruksmønster, men i noen tilfeller vil et solcelleanlegg kunne gi vesentlige tilleggsbesparelser på redusert effektuttak.
- 100 % egenforbruk, eller en avtale på salg av overskudd som tilsvarer sluttkundens strømpris
- Elsertifikater i 15 år (10 øre i 2017 med ingen økning utover standard prisvekst)

Figur 18 viser årlige gjennomsnittlige besparelser og kostnader netto total kontantstrøm for flatt tak på næringsbygg i Norge.



Figur 18: Årlige gjennomsnittlige kontantstrømmer og total netto total kontantstrøm over anleggets levetid vist for gjennomsnittlig flatt tak på næringsbygg i Norge.

De årlige kontantstrømmene er angitt i kolonner og vist på primæraksen, og total netto total kontantstrøm over anleggets levetid er vist som en linje mot sekundæraksen. Figuren viser hvordan den årlige besparelsen ved egenprodusert solstrøm inkluderer strømkostnad, nettleie og bidrag fra el-sertifikater. Kostnadene er anslåtte drift- og vedlikeholdskostnader. Et bytte av vekselretter er forutsatt midt i anleggets levetid, som forklarer den økte kostnadsposten dette året. Nedbetalingstid: Med forutsetningene nevnt over gir kontantstrømmen en positiv nåverdi i år **18** med diskontering satt til inflasjon på 2,5 %.

Internrente: Med samme forutsetninger vil dette anlegget ha en internrente over solcellepanelenes garanterte levetid på 25 år på **4,8 %**. Etter 25 år er det fleste solceller garantert til å ha minimum 80 % av opprinnelig ytelse. Med en tidshorisont på 30 år øker internrenten til **5,8 %**.

#### **Økonomiske konsekvenser av innføring av effekttariffer i privatmarkedet**

Som det fremgår over er verdien på strøm kjøpt fra nettet, og måten strømreregningen er bygd opp, en sentral driver for lønnsomheten for enøktiltak og solceller. Ettersom NVE foreslår å legge om nettleien fra energibaserte til effektbaserte tariffer, endres rammebetingelsene i markedet, noe som påvirker lønnsomheten til solcelleinstallasjoner.

I dag består kostnaden på strøm kjøpt fra nettet av:

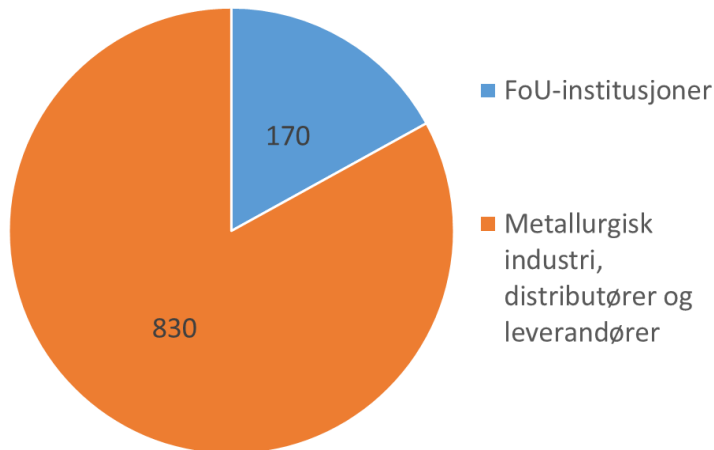
- Spotpris på strøm pluss påslag per kWh fra strømleverandøren, typisk rundt 30 øre totalt
- Nettleie fra nettleverandøren, som er delt opp i:
  - Et energiledd, normalt rundt 20-30 øre per kilowattime
  - Et fastledd, normalt 600-6000 kroner per år, 0 øre per kilowattime
  - Et effektledd, normalt ikke benyttet av strømselskapene overfor privatkunder (men benyttes i industri og overfor næringskunder), 0 øre per kilowattime
- Elavgift (16,83 øre) og merverdiavgift på strømprisen og nettleien, samlet rundt 30 øre per kilowattime

Oversikten viser at å kjøpe strøm inkl. nettleie, skatter og avgifter koster rundt 80-100 øre/kWh [36]. Når solcelleanlegget produserer mer energi enn du forbruker, mottas spotprisen på strøm som er rundt 30 % av den totale kostnaden med å kjøpe strøm. Ettersom kjøpsprisen på strøm inkluderer nettleie, skatter og avgifter, og salgsprisen ikke gjør det, har sluttbrukeren et økonomisk insentiv for å bruke strømmen sin selv, noe som gir bedre økonomi i anleggene.

NVE har vinteren 2017/18 sendt ut et høringsdokument om omlegging av nettleien fra 1.1.2021. Forslaget går ut på å redusere energileddet i nettleien med fem sjettedeler, og gå over til mer effektbasert tariffing. Enøk-tiltak som bidrar til å redusere husholdningenes energiforbruk, men ikke kutter effekttopper, slik som solceller, kommer spesielt dårlig ut, ettersom energileddet i nettleien er lavere, og dermed blir besparelsen ved egenforbruk av strøm fra solcellepanelene lavere.

### **4.3 Markedet i Norge: Sysselsetting og omsetning**

Det foreligger ikke markedstall for sysselsetting i solnæringen fra 2017. For å gi et inntrykk av omfanget, er tall for sysselsetting og omsetning hentet fra den norske rapporten til IEA PVPS for 2016 [31]. Figur 19 viser sysselsettingen for sol innen FoU-institusjoner, samt innen sektorene metallurgisk industri, distributører og leverandører.

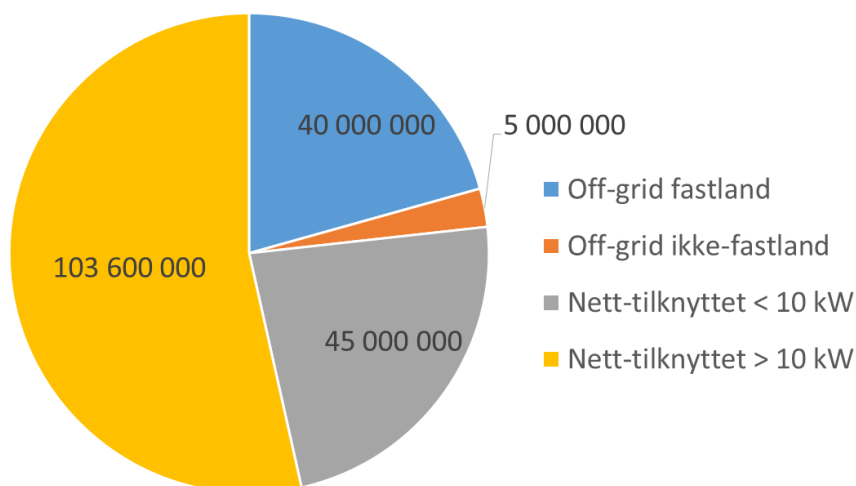


Figur 19: Sysselsetting i noen segmenter i solnæringen iht. den norske rapporten til IEA PVPS

I henhold til Figur 19 har den norske solnæringen passert 1000 arbeidsplasser. De tilsvarende postene for 2015 var 165 for FoU-institusjoner og 800 for metallurgisk industri, distributører og leverandører, som gjør at en kan argumentere for 4 % vekst i sysselsettingen i perioden 2015-2016 [37]. Hovedandelen av de sysselsatte er i næringssegmentet metallisk industri.

Distributører/leverandører av solcelleinstallasjoner i Norge har fortsatt få ansatte sammenlignet med metallisk industri, men regnes å være i merkbart vekst, underbygget av stor volumvekst i installert kapasitet i 2016 og 2017. En annen indikator er at antall firma som driver med sol er i signifikant vekst. Basert på tall fra bransjeregistre i, Partnere i Solenergiklyngen, Norsk Solenergiforening, samt andre firmaer kjenner til som har sol som en del av sin portefølje, teller antall bedrifter ca 60 leverandører, 15 rådgivere, 10 FoU-institusjoner, 7 finansinstitusjoner, 9 juridiske rådgivere, samt et antall regionale strømselskaper, arkitekter, prosjektutviklere, analyseselskaper, offentlige institusjoner og andre aktører. Flere firma har startet opp i 2016 og 2017, og mangfoldet i bransjen kan etter hvert sies å være til stede både i antall firma og type firma.

Det virkelige tallet på antall sysselsatte i hele solnæringen er høyere enn figuren indikerer, bl.a. ettersom ansatte innen sektorene finans, legal, netteiere, rådgivere og analyseselskaper ikke er medtatt i statistikken. Statistikken inkluderer imidlertid sektorene med høyest antall sysselsatte i solnæringen.



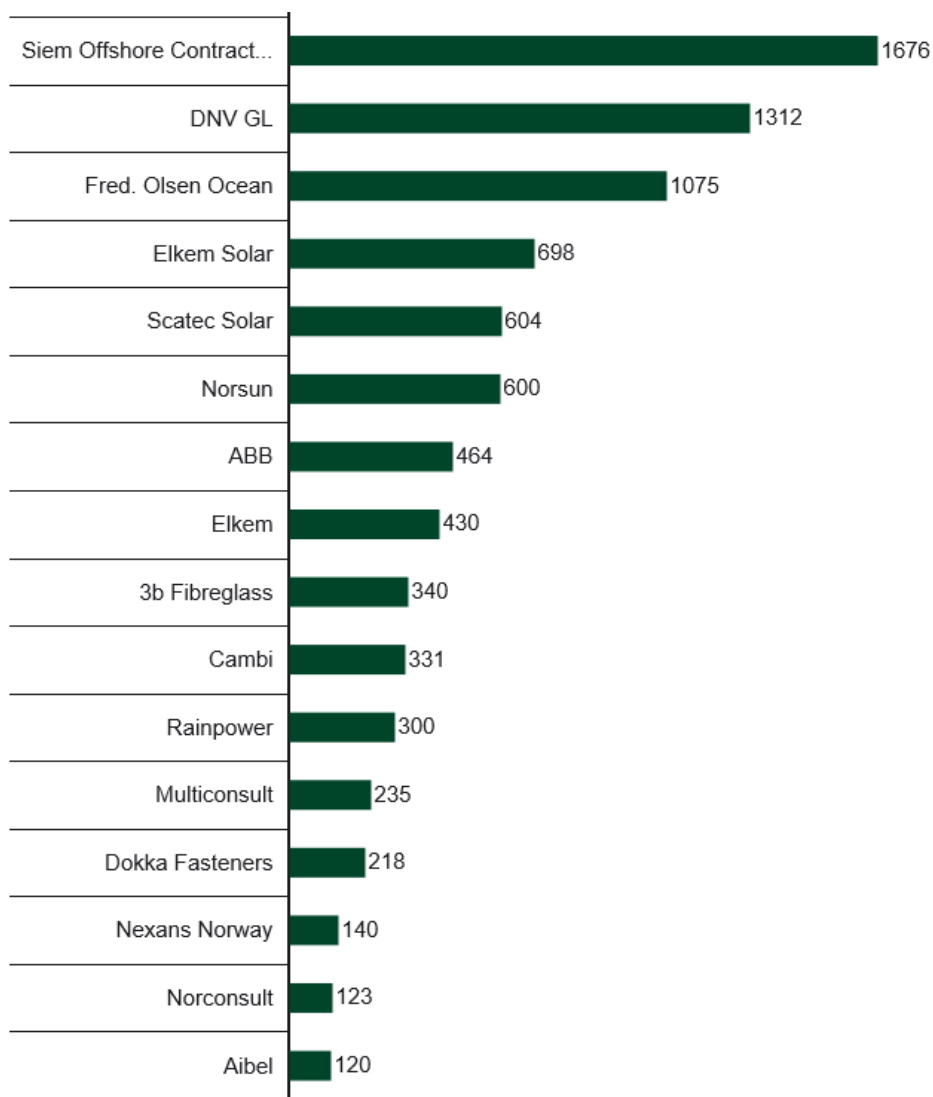
Figur 20: Omsetning i det norske solmarkedet i 2016, eksport ikke medtatt

Omsetningstall for solnæringen i Norge i 2016 ble basert på pris- og markedsinformasjon hentet inn fra leverandørene. Omsetning innen eksport, som står for brorparten av den totale omsetningen til solnæringen, er ikke medtatt her. Total innenlands omsetning i perioden er iht. figur 193 600 000 kr, noe som er en sterk økning fra 102 700 000 kr i 2015 [37]. Årsaken til veksten er en sterk økning i installasjoner i privathusholdninger og næringsbygg, som beskrevet i Kapittel 4.1. Off-grid installasjoner hadde negativ vekst i samme periode.

Ikke alle er klar over hvor sterkt solnæringen står i Norges samlede fornybareksport. I 2016 hadde norske

solenergibedrifter en internasjonal omsetning av utstyr og tjenester på rundt 3 milliarder NOK [38]. Elkem Solar er nummer fire av de største norske eksportørene innen fornybar energi i 2016, med Scatec Solar og Norsun rett bak. Ettersom investeringer i sol har gått ned på verdensbasis, mens norske bedrifters internasjonale omsetning har holdt seg stabil fra 2015 til 2016, har norske solbedrifter vunnet markedsandeler globalt. I produksjonsleddet har Norge klart å hevde seg i sterk konkurranse med internasjonale konkurrenter fra blant annet Kina. Basert på tall fra den norske rapporten til IEA PVPS virket produksjonen og dermed eksportnivået å ligge på omtrent samme nivå i 2016 som i 2015.

*«Ikke alle er klar over hvor sterkt solnæringen står i Norges samlede fornybareksport. I 2016 hadde norske solenergibedrifter en internasjonal omsetning av utstyr og tjenester på rundt 3 milliarder NOK»*



Figur 21: Utenlandsomsetning i fornybarektoren i millioner kroner, for norske selskaper i 2016 [39]



#### 4.4 Prosessmetoder og innovasjoner i metallurgisk industri

For metallurgisk industri er det forsøkt å gi et innblikk i prosessmetoder og innovasjoner som bidrar til å gjøre industrien konkurransedyktig i tøff internasjonal konkurranse. Informasjon er hentet fra industrien selv via intervjuer og publikasjoner, og må kunne anses som en subjektiv presentasjon av fakta. Norsk silisiumproduksjon bygger på en lang tradisjon av innovasjonsevne innenfor den metallurgiske industrien, som har bidratt til å føre industrien til der den er i dag. Noen fremmedord må påregnes i det innovasjonsaktiviteter i metallurgisk industri beskrives, likevel gjøres dette for å gi et inntrykk av noen av styrkene i norsk industri innen produksjon av solcellematerialer.

Elkem er eksempel på en norsk bedrift som bygger sin næringsvirksomhet på ingeniørfaglig innovasjon. Elkem er en av verdens største produsenter av ferrosilisium og hadde en omsetning på 7 milliarder kroner i 2016. Selskapet ble grunnlagt i

---

*«Høykvalitets silisium fra Elkem Solar er viktig for å gjøre solceller mer konkurransedyktige, og er et godt eksempel på at norsk prosessindustri kan være ledende i et internasjonalt marked»*

---

1904, og fikk sitt internasjonale gjennombrudd med utviklingen av Söderberg elektroden», en elektrode som mates kontinuerlig inn i reduksjonsovn, alt ettersom elektroden forbrukes. Denne innovasjonen muliggjorde kontinuerlig drift av reduksjonsovner, og oppfinnelsen brukes i omtrent 75 % av verdens elektrisk drevne smelteverk den dag i dag. I 2004 ble Elkem Solar etablert. Elkem Solar, med driftsinntekter på 0.75 milliarder i 2016, bygger på en egenutviklet produksjonsrute for silisium til solceller (SG-Si) «Solar grade Si» (SG-Si) er benevnelse for silisium av tilstrekkelig høy renhet til å brukes til produksjon av solceller. I følge Elkem selv produseres deres metode med 75 % lavere energiforbruk, sammenlignet med etablerte metoder hos konkurrentene. Elkem Solar mottok Næringslivets klimapris i Oktober 2017 for dette arbeidet. Juryens begrunnelse var følgende: «Metoden gir lavere klimagassutslipp, mindre energiforbruk og økt kostnadseffektivitet. Gjennom satsing på innovasjon, langsiktig eierskap og sterkt fokus på reduksjon i utslipp av klimagasser og energiforbruk er Elkem Solar en driver for det grønne skiftet. Høykvalitets silisium fra Elkem Solar er viktig for å gjøre solceller mer konkurransedyktige, og er et godt eksempel på at norsk prosessindustri kan være ledende i et internasjonalt marked» [40].

Et annet norsk firma som jobber med en ny og innovativ prosess for å produsere høyrent silisium for bruk i solceller og elektronikk, er Dynatec. De to konvensjonelle metodene som brukes internasjonalt er Siemens-reaktoren og fluidized bed (FBR). Siemens prosessen er en velkjent teknologi som har eksistert siden 60-tallet, mens FBR for produksjon av SG-Si er utviklet i løpet av de siste ti år. Dynatec-

---

*«Dynatec-reaktoren, som er en ny norsk patentert metode, har demonstrert at silisium kan gro 40 ganger raskere enn Siemens-reaktoren, og med et lavere energiforbruk enn FBR samtidig som stabil kvalitet opprettholdes (...) Dynatec har dermed en teknologi som potensielt kan gjøre produksjon av silisium mye billigere»*

---

reaktoren, som er en ny norsk patentert metode, har demonstrert at silisium kan gro 40 ganger raskere enn Siemens-reaktoren, og med et lavere energiforbruk enn FBR samtidig som stabil kvalitet opprettholdes. Ved å bruke sentrifugering kan en oppnå betydelig høyere vekstrate, høyere utbytte av prosessgass og mye lavere energibruk, sammenlignet med Siemens reaktoren. Dynatec har dermed en teknologi som potensielt kan gjøre produksjon av silisium mye billigere. Arbeidet med Dynatec-reaktoren støttes av EnergiX-programmet i Norges forskningsråd. Norske Dynatec har demonstrert konseptet i to testreaktorer. Den tredje reaktoren er en kommersiell demonstrasjon [41] [42].



Figur 22: Si-sentrifugereaktoren som er utviklet i kollaborasjon mellom IFE og Dynatec AS. Foto:IFE

Steuler Solar er en del av den tyske Steuler-Gruppen, men deres datterselskap Steuler Solar Technology AS holder til i Norge. De utvikler også et produkt for fremstilling av SG-Si som potensielt kan omvelte Si-industrien. Steuler Solar har klart å utvikle digler av silisiumnitrid hvilket muliggjør kontinuerlig trekking av monokrystallinsk silisium som lager store besparelser i produksjonsprosessen. Selskapets teknologi gjør også at silisiumen kan produseres uten oksygenforurensning, som øker virkningsgraden med 5 til 10 % på det ferdige solcelleproduktet. Neste steg er å bygge fabrikk for å sette i gang industriell produksjon [43].

I tillegg til den etablert industrien, som allerede nå gjør avtrykk på den internasjonale markedet, og/eller kan forventes bidra til en ny æra, finnes det flere mindre bedrifter som springer ut av grunnforskning med fokus på applikasjoner. Satsingen på nye materialer og metoder for bruk i solceller som sort silisium, tunnelingskontakter, perovskittsolceller, heterojunction solceller med flere lag solcellematerialer oppå hverandre, mm. har vist seg å være svært treffsikkert for å underbygge fremtidige innovasjoner. Samtidig som teknologier modnes har fokus flyttet til energisystemer, for å spisse norsk kompetansen på områder som ligger nærmere eksisterende næringsvirksomheter. Det pågår også FoU-aktivitet i samarbeid mellom forskningsmiljøer, næringsliv og akademia, dette beskrives nærmere i Kapittel 4.6.2.

#### 4.5 Konkurransefortrinn og utfordringer

Norge har lang industrierfaring som de norske solbedriftene kan bygge på. Med kompetanse fra næringer som vannkraft, petroleum og innenfor material- og prosesseteknologi, har Norge et godt utgangspunkt for å lykkes i solbransjen. Den norske solkraftnæringen har aktører langs hele verdikjeden, fra produksjon av materialer og selve solcellene, til de som selger og installerer solceller på norske tak, til de som bygger solparker og opererer i andre nisjer globalt [44].

*«Med kompetanse fra næringer som vannkraft, petroleum og innenfor material- og prosesseteknologi, har Norge et godt utgangspunkt for å lykkes i solbransjen»*

#### 4.5.1 Konkurransefortrinn, metallurgisk industri

Det er en utfordring å vite om trendene/utviklingen i metallurgisk industri da dette til dels er forretningshemmeligheter. Noe informasjon om tidligere og pågående innovasjoner i bransjen ble beskrevet i Kapittel 4.4.

Norge har flere konkurransefortrinn som gjøre det mulig å konkurrere i det internasjonale markedet. For det første har Norge naturlige fordeler i billig og fornybar kraft. Produksjon av silisium krever mye strøm, samt vann til kjøling. Begge deler finnes altså i store mengder og til lav kostnad. Det er økt etterspørsel etter produkter med lavt CO<sub>2</sub>-utslipp og energibruk, og Elkem Solar, Norwegian Crystals og Norsun bygger sine merkevarer med lavt karbonavtrykk fra norsk vannkraft. De industrielle prosessene er også høyteknologiske, noe Norge har god forutsetning for å lykkes med pga. satsning på forskning og utdanning, og som har stort potensial for automatisering. Lav andel arbeidsinnsats kombinert med høy grad av automatisering resulterer i høy effektivitet og lavere kostnader. Den norske modellen for drift, hvor det er flat struktur og kort vei mellom gulvet og ledelsen, har også blitt trukket frem som en grunn til at norske selskaper kan endre seg raskt og drive innovasjon og utvikling [45].

Kina dominerer det globale markedet for silisiumproduksjon med en markedsandel på 65 %, men norsk silisiumproduksjon har en imponerende markedsandel som viser at det er konkurransedyktig på det internasjonale markedet. På andre, tredje og fjerde plass kommer Russland, USA og Norge med henholdsvis 10, 6 og 5 % av global årlig produksjon. Det bemerkes at hovedandelen av silisiumproduksjon går til andre produkter enn solceller, som sement, porselen, glass, mm, men andelen silisiumproduksjon gir likevel et bilde av hvordan Norges silisiumproduksjon ligger an i det globale markedet. Det er også interessant at USGS rapporterer om global tilbakegang i silisiumproduksjon i 2016, men at Norsk industri, som eneste land i verden, melder om økt produksjon.

Norske selskaper som har internasjonale markeder hevder seg også godt og tar markedsandeler, som tidligere nevnt. Dette har ført til både flere selskaper og flere arbeidsplasser innen sol. Elkem Solar startet høsten 2016 opp igjen en fabrikk på Herøya som ble nedlagt av REC noen år tidligere, med omkring 70 arbeidsplasser. Dette markerer et skifte fra de siste årene, spesielt mellom 2011 og 2014, hvor de fleste norske og europeiske leverandører måtte legge ned på grunn av den sterke konkurransen fra spesielt Asia. Det viser seg at norske selskaper likevel har konkurransefortrinn som gjør at de kan hevde seg globalt. I et stadig voksende globalt solmarked, er det unødvendig å si at potensialet enormt for norsk metallurgisk industri, så lenge konkurransedyktighet opprettholdes.

#### FAKTA:

Jordskorpen av hele 28 %<sub>vekt</sub> av grunnstoffet Si [38]. Det er kun oksygen det er mer av. Silisium forekommer i kjemisk forening med andre grunnstoffer, hvorav kvarts, den nest vanligst mineralet i jordskorpen, er råstoffet til silisiumfremstilling. Det er dermed rikelige tilganger på råstoff til flere titalls års forbruk [39], og solcelleindustrien kommer med høy sannsynlighet til å bygge videre på silisiumteknologien i mange år.

« USGS rapporterer om global tilbakegang i silisiumproduksjon i 2016, men at Norsk industri, som eneste land i verden, melder om økt produksjon »

#### 4.5.2 Konkurransefortrinn, nedstrøms industri

Nedstrøms, nær kunden, har også norske selskaper begynt å hevde seg med en god utnyttelse av programvare og innsikt i fremtidens energimarkeder. For i tillegg til erfaringene norsk solenergi kan ta med seg fra industri og materialteknologi, har også det moderne norske markedet skapt grobunn for innovative aktører som posisjonerer seg for eksport av tjenester innenfor solenergi og relaterte teknologier. Noen eksempler trekkes frem:

---

*«i tillegg til erfaringene norsk solenergi kan ta med seg fra industri og materialteknologi, har også det moderne norske markedet skapt grobunn for innovative aktører som posisjonerer seg for eksport av tjenester innenfor solenergi og relaterte teknologier»*

---

- *Aggregator:* Agder Energi-konsernet har de siste årene drevet oppkjøp i Norge, Sverige og Tyskland gjennom sin venture-arm målrettet mot utnyttelse av demand-response markedet og fremtidens last- og kapasitetsstyring. Statkraft har også tatt posisjoner som er relatert til dette.
- *Netteier-tjenester:* eSmart-systems og Kongsberg Digital bruker store datamengder og analyse for å analysere hvordan blant annet solenergi samspiller med nettet for øvrig og planlegge vedlikehold.
- *Digitalisert verdikjede:* Otovo målretter seg mot å utnytte algoritmer for å selge og planlegge solcelleinstallasjoner helt digitalt. Det norske markedet, med lave strømpriser og høye arbeidskostnader tvinger frem aktører med høy grad av automatisering, og som er konkurransedyktige i de naboland-markedene de sikter seg inn mot å konkurrere i.
- *Smarthus og solenergi:* Flere smarthjemaktører i Norge driver også eksport av løsninger knyttet til å integrere solenergi med andre tjenester i hjemmet.

Mulighetene ligger i nisjene i verdikjeden der norske bedrifter kan bruke konkurransefortrinnene til å la ledende posisjoner. Det finnes flere eksempler på hvordan norske bedrifter har forbedret prosesser og teknologier som passer inn i eksisterende verdikjeder, noe som er viktig for å skape etterspørsel [44].

#### 4.5.3 Utfordringer for den norske solnæringen

Det globale overskuddet av produksjonskapasitet har ført til enormt prispress, som de siste årene har gjort det vanskelig for norske bedrifter å konkurrere med for eksempel det asiatiske markedet.

I en rapport utarbeidet av Multiconsult, på oppdrag for Energi21 [46], er det identifisert en rekke utfordringer for norske solbedrifter. For det første blir mangel på tilgang til risikovillig kapital og kompetente investorer trukket frem som et hinder av teknologibedriftene. Investorene på sin side mener at de ikke finner gode nok investeringsobjekter, det finnes ikke gode nok exit-muligheter og man ender opp med å bli brent.

Tett sammenfallende med begrenset tilgang til risikovillig kapital og gode investeringsprosjekter, er mangel på et godt hjemmemarkedet for produktutvikling og demonstrasjon av produktet eller tjenesten. Fordi det norske markedet er begrenset i volum er det utfordrende å klare å verifisere ny teknologi. Her kreves det politisk tilrettelegging for å klare en vellykket kommersialisering hjemme eller internasjonalt.

---

*«Det globale overskuddet av produksjonskapasitet har ført til et enormt prispress, som de siste årene har gjort det vanskelig for norske bedrifter å konkurrere med for eksempel det asiatiske markedet»*

---

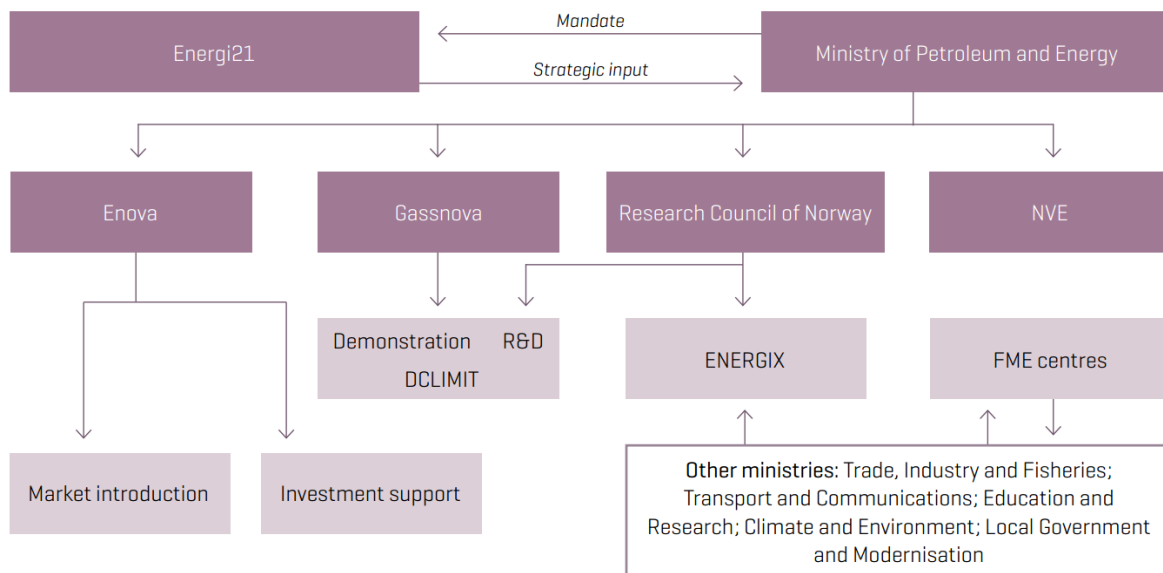
Det er de siste årene også blitt betydelig mye mer forskning innenfor solkraft i Norge, men rapporten belyser også at forskningen ikke er tilstrekkelig markedsorientert. Det er lite kontakt med kunder i

forskningsstadiet, som fører til at teknologi og produkter som skal kommersialiseres ikke er godt nok tilpasset faktisk markedsetterspørsmål.

## 4.6 Forskning og innovasjonsprosjekter innen sol og smartgrid

### 4.6.1 Nasjonal strategi for forskning i energisektoren

Energi21 er Olje og Energidepartementet strategiske rådgiver for forskning, utvikling og demonstrasjoner i energisektoren. Visjonen for Energi21 er «Norge – en klimavennlig energinasjon og en internasjonal leverandør av energi, kraft, teknologi og kunnskap. De leverte i 2014 en rapport der sol ble sett på som et av 6 hovedsatsingsområder for energisektoren i Norge fremover, sammen med energieffektivisering, vannkraft, fleksible energisystemer, offshore vindkraft og CO<sub>2</sub>-fangst. De 6 hovedområdene er ansett som områder der Norge nyter konkurransefortrinn basert på ressurstilgang, høye teknologiske kompetanse og industriell erfaring. Av de 6 hovedområdene ble det spesielt lagt vekt på vannkraft og fleksible energisystemer [47].



Figur 23: Oversikt, organisering av forskning innen energisektoren under Olje- og Energidepartementet

Blant driverne for myndighetens interesse er:

- Klimaendringer
- Forsyningsikkerhet
- Oppnå markedsandeler innen fornybare energikilder
- Utnytte og utvikle Norges teknologi og kunnskap, basert på vår industrielle erfaring

#### FAKTA:

I Januar 2018 ble det besluttet at Enova legges under klima- og miljødepartementet, som ledes av Ola Elvestuen (V). Endringene trer i kraft rundt sommeren 2018 [130]. For bransjen gir dette håp for at virkemidlene brukes bedre og mindre konservativt.

Det ble i 2014-rapporten foreslått sterk økning i tildelte midler for forskning, utvikling og demonstrasjonsprosjekter i de 6 hovedområdene. Blant de avgjørende tiltakene for å lykkes ble følgende nevnt:

- Styrke innovasjon og fornybarandel i energisektoren
- Øke bidraget fra næringsliv i forskning og innovasjon

- Tilrettelegge for norsk deltakelse i internasjonale forskningsprosjekter, eksempelvis EU
- Utvikle dynamiske forskningsgrupper og en sterk base for kunnskap og teknologi.

#### 4.6.2 Forsknings- og innovasjonsaktiviteter

Videre presenteres kort noen ulike sentere og klynger som jobber for å fremme forskning og innovasjon i den norske solnæringen.

#### **FME-sentre – forskingssentre for miljøvennlig energi.**

Forskningsentrene for fornybar energi (FME) er finansiert av forskningsrådet [48]. Sentrene som er relevant for solnæringen presenteres nedenfor.

#### **FME Cineldi**

FME Cineldi er laget med en ambisjon om å muliggjøre en kostnadseffektiv utvikling i fremtidens fleksible og robuste nett. Smartgrid-teknologien som benyttes skal bidra til et mer bærekraftig nett som kan ta økt andel elektrisitet fra fornybare og varierende energikilder som sol og vind. Det skal også være en muliggjørere for elektrifisering av transportsektoren. Tidsperspektivet er å utvikle løsninger passende for strømnettet i 2030-2040. Målet er at resultatet fra perioden skal bli retningslinjer og anbefalinger for utviklingen av fremtidens smarte nett. Senteret er tildelt 160 MNOK, over prosjektperioden 2016-2024.

#### **FME Research Centre for Sustainable Solar Cell Technology**

FME Research Centre for Sustainable Solar Cell Technology er en videreføring av FME Research Centre for Solar Cell Technology, der prosjektperioden endte i 2017. Senteret skal bidra til forskning på nye produksjonsprosesser for ytterligere kostnadsreduksjoner og økt virkningsgrad for silisiummaterialer. Senteret vil demonstrere sine resultater ved monitorering av solcellesystemer, det vil også legges vekt på det økologiske fotavtrykket i silisiumproduksjonen. Senteret er tildelt 120 MNOK, over prosjektperioden 2017-2025.

#### **FME ZEN**

Bærekraftig områdeutvikling er et satsningsområde. Det viser blant annet Enovas nye støtteordning for konseptutredninger av energi på områdenivå og senest nyheten fra Norges forskningsråd om etableringen av The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities/Forskningscenter for nullutslippsområder i smarte byer (FME ZEN) i Trondheim. Forskningscenteret knyttet til NTNU/Sintef skal utvikle løsninger for framtidens bygninger og byområder – løsninger som bidrar til at nullutslippssamfunnet kan realiseres.

Skal en bygge klimanøytrale steder og områder er utfordringen større – i alle fall hvis det er flere byggeiere og kryssende interesser. Plassering av bolig, næring, skole, idrett, mm i forhold til knutepunkter og offentlig transport i tillegg til tilrettelegging for gang og sykkel, vil i denne sammenhengen være avgjørende. En nøktern ressursbruk kombinert med lave klimagassutslipp, må være et mål under planlegging av steder, byer, bygg og infrastruktur – ikke minst når dette viser seg å være økonomisk fordelaktig.

Gjennom ZEN signaliserer Forskningsrådet og 35 samarbeidspartnere en tydelig satsing på nullutslippssamfunnet. Rammen for senteret er 380 millioner kroner fordelt over 8 år. Forskningsrådet finansierer halvparten av budsjettet, partnerne den andre halvdelen med egne penger og egeninnsats. Dette er et tydelig budsjett til forskning og innovasjon; til kraftfull innsats hos den enkelte industripartner og offentlig partner slik at resultater utvikles og implementeres i den enkelte organisasjon og i fellesskapet.

ZEN-visjonen er "bærekraftige områder med null utslipp av klimagasser". For å oppnå dette vil prosjektet:

- Utvikle verktøy for prosjektering og planlegging av nullutslippsområder
- Skape nye forretningsmodeller, roller og tjenester som bidrar til fleksibilitet ved overgang til nullutslippssamfunnet
- Utvikle kostnad- og ressurseffektive bygninger med miljøvennlige materialer, teknologier, og konstruksjonssystemer
- Utvikle teknologier og verktøy for prosjektering og drift av energifleksible områder
- Utvikle verktøy for optimalisering av lokale energisystemer og deres interaksjon med overordnet energisystem
- Utvikle sju nullutslippsområder som skal fungere som innovasjonsarena og utprøvningsområde for teknologiene og løsningene som utvikles i senteret

De syv områdene er lokalisert ulike steder i Norge, og omfatter både nye og eksisterende områder som skal oppgraderes og videreutvikles. Områdene finnes i Oslo, Bergen, Trondheim, Bodø, Steinkjer, Elverum og på Evenstad.

At solceller vil spille en viktig rolle i dette er hevet over tvil, etter som forskningen i ZEB-senteret har vist at solceller har en sentral rolle i nullutslippsbygg. Med større mengder fornybar kraft som kan eksporteres i perioder, kan man se på bydeler som kraftverk, eller i hvert fall delvis selvforsynte områder. Dette krever imidlertid at kraftnettet må tåle variasjoner fra å levere all effekt til byen til å motta store mengder strøm tilbake. På sikt vil det bli integrert større mengder kraft fra solceller i det norske distribusjonsnettet. AMS vil da være en viktig del av infrastrukturen som gjør dette mulig.

#### FoU innen akademia og forskningsstasjoner

Forskningsrådet støttet FoU-prosjekter innen solenergi med 107 MNOK i 2016. De fleste av disse midlene ble delt ut til forskning i oppstrøms verdikjede fra silisiumproduksjon til forskning på selve solcellene. I tillegg har Enova gitt støtte til flere innovasjonsprosjekter i metallurgisk industri for solceller [49]. Det er seks hovedgrupper innen akademia og forskningssentre som forsker på solceller [31]:

- **Institutt for Energiteknologi (IFE):** IFE fokuserer på produksjon av polysilisium, solcelledesign, produksjon og undersøkelser av effekten materialkvalitet har på solcellers ytelse. De har et eget solcellelaboratorium med produksjonslinje for silisiumbaserte solceller. De har også andre laboratorier, eksempelvis for produksjon av polysilisium.
- **Universitetet i Oslo (UiO).** Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet har et senter for materialvitenskap og nanoteknologi, med aktiviteter innen materialvitenskap, mikro- og nanoteknologi hvor solceller er en del av porteføljen.
- **NTNU:** NTNU fokuserer på produksjon av silisium for solceller, og neste generasjons solcelleteknologi. De var aktive i FME ZEB-programmet som var aktivt til 2016, og fortsetter sitt engasjement i oppfølgeren FME ZEN.
- **SINTEF Trondheim and Oslo:** Fokuserer på produksjon av rå silisium, raffinering, krystallisering, saging og karakterisering av materialer.
- **Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU):** Fokuserer på fundamentale materialstudier for solcellematerialer og evaluering av solcellers ytelse i nordlige breddegrader.

- **Universitetet i Agder (UiA):** Forsking på rå-silisium sammen med Elkem Solar. De har satt opp en lab hvor ulike fornybare energikilder kan demonstreres, inkludert solceller, solfangere, varmepumper og varmelager.
- **The Northern Research Institute (Norut)** i Narvik har en forskningsgruppe innen solceller basert på silisium, og tester solcellers ytelse under arktiske forhold.

#### BIPV Norge.

Prosjektet "Bygningsintegreerte solceller for Norge" (BIPV Norge) er et samarbeid mellom forskningspartnerne SINTEF, NTNU, IFE og Teknova, samt næringslivspartnerne Statsbygg, Glass og fasadeforeningen, Omsorgsbygg, Backegruppen, Rambøll, Asplan Viak, NorDan, Isola, Getek Solar og FUSen. Fra 2017 er også Undervisningsbygg kommet inn som en ny partner i prosjektet. Prosjektet er støttet av Norges Forskningsråd.

Hovedmålet med prosjektet BIPV Norge er å identifisere og utvikle robuste BIPV løsninger for Norge og å framskaffe en vitenskapelig basert kunnskapsbase for framtidige utviklinger av nye materialer, komponenter og løsninger som kan skreddersys for det norske klimaet og solinnstrålingsbetingelsene.

Per november 2017 har prosjektet resultert i 15 vitenskapelige artikler, i tillegg til en rekke konferansepresentasjoner og populærvitenskapelige artikler. Informasjon om disse kan finnes på prosjektets hjemmeside på [www.bipvno.no](http://www.bipvno.no). Under punkt WP1 finnes bl.a. en liste med beskrivelsen av flere BAPV og BIPV prosjekter i Norge.

#### FAKTA:

Bygningsintegreerte solceller, såkalte bygningsintegreerte fotovoltaiske (BIPV) systemer, representerer en av de lovende løsningene for framtidens bygg. BIPV-systemene erstatter den ytre delen av bygningskroppens værbeskyttelse, og fungerer både som en klimaskjerm og strømgenerator som utnytter solstrålingen. Dermed kan BIPV føre til besparelser i både materialer og arbeidskraft, i tillegg til elektrisitetsbesparelsene.

#### Kommersielle FoU-klynger for smart grid og smart city.

Det observeres også i markedet at næringsliv, akademia, grundere og offentlige aktører som kommuner går sammen om å skape gode og helhetlige løsninger for markedssegmenter som smarte byer, smart grid o.l. Eksempel på disse er Smart city Stavanger, NCE smart og Smartgridsenteret. Foruten informasjonsdeling og annet type samarbeid, går disse kommersielle klyngene sammen om innovasjonsprosjekter som settes ut i praksis i begrensede områder som en bydel. Noen av disse er eksternt finansiert via midler fra EUs forsknings- og innovasjonsprosjekt Horizon 2020, som er verdens største i sitt slag med et budsjett på 77 mrd Euro i perioden 2014-2020 [50] .

#### Solenergiklyngen

Solenergiklyngen har som mål å bidra til økt verdiskapning gjennom samarbeid. Dette skal blant annet oppnås gjennom økt innovasjonsevne hos bedriftene. Klyngen har som mål å bygge bro mellom FoU miljøer og bedriften. Solenergiklyngen har 12 FOU-partnere og har blant annet ansatt en kompetansemegler for å sørge for at flere bedrifter bruker de mulighetene som ligger i virkemidlene hos blant annet Innovasjon Norge og Norges Forskningsråd. Solenergiklyngen har også selv en ramme å disponere for FoU- forprosjekter.



#### Glava Energy Center – en testbed også for norsk solnæring

Glava Energy Center ligger utenfor Arvika i Värmland i Sverige og fungerer som en testbed for både norsk og svensk solenergimiljø. Her lå den gamle REC fabrikken og mye kunnskap er igjen. Det svensk- norske partnerskapet er i stor grad finansiert av interregional-prosjektet ecoINSIDE, som også har bidratt med støtte til oppbygning av testparken. Den nasjonale Solenergiklyngen spinner også ut fra dette prosjektet. I dag finansieres en rekke innovasjonsprosjekter i Glava Energy Center, og det er kort vei fra ide til at en prototype bygges og testes i living lab med teknologi innenfor solenergi og energisystemer.

#### 4.7 Støtteordninger

Det finnes ulike ordninger for finansieringsstøtte for solcelleanlegg i Norge. Norsk Solenergiforening har etablert en fullstendig og oppdatert oversikt [51]. Foreningen mener at støtteordningene til Enova bør utvides til å være utløsende for næringsbygg, borrettslag og sameie, i tillegg til dagens støtte til boliger [52]. Historisk utvikling i installert effekt i Norge og internasjonalt har i tillegg vist at usikkerhet i vilkårene og kommende endringer i rammebetingelser gjør potensielle solcellekunder avventende og gir store svingninger i markedet.

##### 4.7.1 Nasjonale støtteprogrammer

###### Enova

Støtteordningen fra Enova gis som investeringsstøtte for å implementere solceller i boliger [53].

Ordningen gir inntil 35 % av totalkostnad inkl. mva. og beregnes slik:

10 000 kr + 1 250 kr per kWp opptil 15 kWp (Maksimum 28 750 kr)

For næringsbygg finnes det ingen rettighetsbasert støtteordning fra Enova men innovative prosjekter med solcelleanlegg kan støttes under programmene for bygg, blant annet: «Kommersiell utprøving av innovativ byggteknologi», og «Introduksjon av ny teknologi i bygg og områder» [54]. I de fleste prosjekter vil et innovativt prosjekt få innvilget opptil 50 % av merkostnaden. Det gis også støtte for utredninger av energiltak.

###### Elsertifikatordningen

Elsertifikatordningen er en felles norsk-svensk støtteordning for å bidra til økt produksjon av fornybar kraft. Målet for Norge er 13,2 TWh i 2020 [55]. Markedet for elsertifikater dannes ved at kraftleverandører er pålagt å dekke en andel av sin strøm med kjøp av elsertifikater. Sluttbrukere finansierer ordningen gjennom et påslag i strømregningen. I 2016 utgjorde det cirka 2,2 øre/kWh for sluttbrukere [56].

Solcelleanlegg kan motta elsertifikater for hele kraftproduksjonen, inkludert den kraften som går til eget forbruk. For å delta i ordningen er det et registreringsgebyr på 15 000 kr for anlegg under 100 kW, og 30 000 kr for anlegg større enn 100 kW i tillegg til kostnader knyttet til måling og rapportering av produksjon. Dermed er det kun større anlegg av kommersiell eller industriell skala som i praksis vil dra nytte av ordningen. Ordningen gjelder for fornybar elektrisitetsproduksjon bygd ut innen utgangen av 2021 [57]. Ettersom grønne elsertifikater gis for maksimum 15 års produksjon, vil støtte kunne mottas frem til 2035.

##### 4.7.2 Regionale støtteprogrammer

###### Oslo kommune

Oslo kommune innførte en støtteordning på 4 millioner kroner for solcelleanlegg i 2015 som først ga 40 %, så 30 % støtte for privatpersoner. Ordningen har vært utvidet flere ganger men ble avviklet september 2017. I alt har det blitt innvilget 12 millioner kroner i støtte til 243 anlegg [58].

#### Vestfold Fylkeskomme

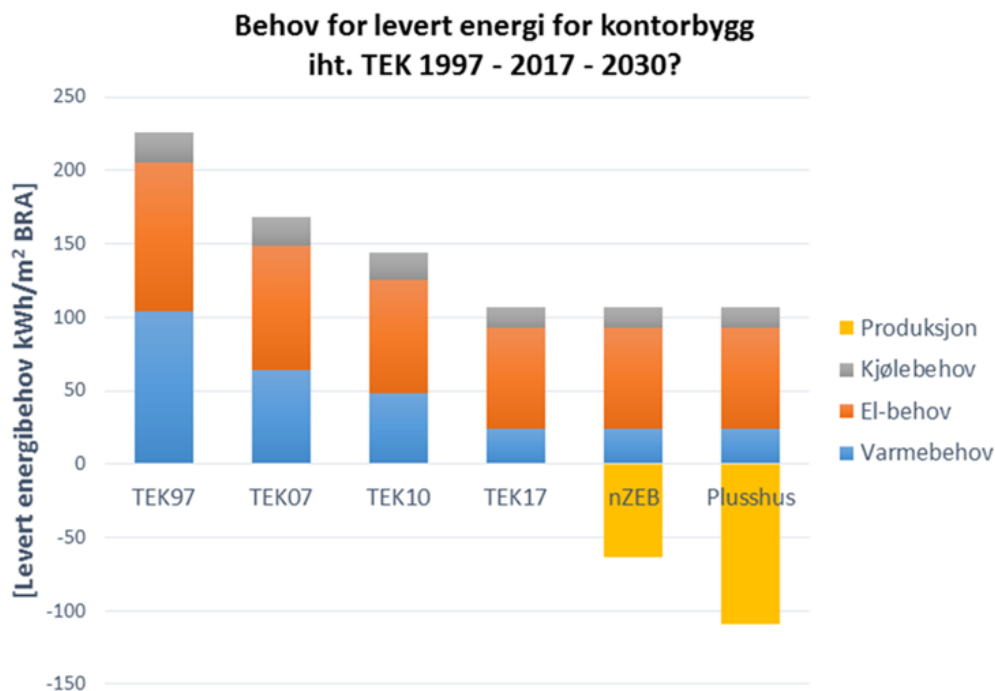
Vestfold fylkeskommune har i 2017 bevilget 1 million kroner til tiltak som sparer energi, eller produserer fornybar energi [59]. Ordningen gir inntil 50 000 kroner til privatpersoner og 100 000 kroner til bedrifter. Tilskuddet er begrenset til 50 % av totalkostnaden. Søknadsfristen utløp i September 2017. En leverandør mener ordningen har vært kraftig underfinansiert, med fem ganger flere søknader enn søknadspotten er dimensjonert for. Av samme grunn mener de det er usikkert i hvilken grad støtteordningen har bidratt til utvikling av solcellemarkedet i Vestfold ettersom de søkerne som ikke har mottatt støtte gjerne har utsatt sine prosjekter i påvente av en avklaring om ordningen.

## 4.8 Dagens og fremtidige energikrav til bygninger – Fra TEK 10 til TEK 30

### 4.8.1 Historisk utvikling og mulige fremtidige energikrav

Mens tidligere Byggetekniske forskrifter (TEK) har hatt økende fokus på reduksjon av termiske energibehov og bedre klimaskall (TEK97 – TEK17), dreier nå fokuset på det totale behovet for levert energi. Blant annet ved «nær Null Energi Bygg» (nZEB) eller plusshus, vil en i økende grad være avhengig av lokal, fornybar energiproduksjon for å kunne møte energikravene.

Det forventes at Byggetekniske forskrifter mot 2030, som følge av EU's bygningsdirektiv (EPBD) [60], vil adaptere nZEB eller Plusshus nivå inn i kommende revisjoner av TEK som vist i . Dette vil medføre økt behov for lokalprodusert elektrisitet. Med dagens teknologitrender er det sannsynlig at dette vil hovedsakelig skje ved hjelp av solceller.



Figur 24: Utvikling energibehov for kontorbygg -fra TEK97 til TEK17, og videre skissering av nær null energibygg (nZEB/FutureBuilt) til Plusshus – basert på TEK17

#### FAKTA:

Som et eksempel på insentiv for økt bruk av solceller i TEK17 tillates en økning av netto energibehov på 10 kWh/m<sup>2</sup> BRA/år, forutsatt fornybar elproduksjon fra bygningen på minst 20 kWh/m<sup>2</sup> pr år oppvarmet BRA. Dette betyr at installasjon av solceller gir et bidrag til å oppfylle teknisk forskrift, og dermed gir større fleksibilitet for utbyggere i hvordan teknisk forskrift kan oppnås, samt at solceller utgjør en mulighet der alternative tiltak er fordyrende. Dette insentivet stimulerer allerede i dag til økt installasjon av lokale solcelleanlegg.

#### 4.8.2 EUs bygningsenergidirektiv (2010/31/EU) og veien til plusshus og klimanøytralitet

EUs bygningsenergidirektiv krever nesten-nullenergibygg (nZEB) innen utgang av 2020 i alle medlemsland. Erfaring med tilsvarende prosesser tyder på at det er sannsynlig at direktivet vil bli implementert også i norsk lov. Energikravene vil i så fall gjelde for alle nybygg og omfattende rehabiliteringer. I praksis betyr dette at det skal utarbeides en norsk definisjon av nZEB. I Norge brukes i dag gjerne Future Built sine kriterier for nZEB [61] for byggeprosjekter med høyere energi- og miljøambisjoner enn minstekravene iht. TEK 17. Likevel, per i dag er beregningsmetodikken for nesten-nullenergi som er i tråd med bygningsenergidirektivet ikke endelig definert, og det gjenstår derfor betydelig usikkerhet knyttet til konsekvensene. Energi Norge peker på at bygningsenergidirektivet gir store nasjonale frihetsgrader for å definere nesten nullenergibygg, noe som gir Norge muligheten til å sette dette kravet ut fra hvordan det norske energisystemet er bygd opp og hvilke utfordringer vi i Norge står ovenfor [62]. Det som er nevnt er at direktivet skal gi «kostnadsoptimale» krav til energiytelsen og at energiforbruk skal oppgis i «Primærenergi», der sistnevnte gir rom for tolkning og politisk påvirkning. Hver enkelt type energiforsyning vil bli koblet med en primærenergifaktor, og vekten av disse i forskriften vil ha stor innflytelse på hvilke løsninger som blir valgt i praksis. Byggene skal ellers være energieffektive og i stor grad være forsynt med fornybar energi.

#### INNSPILL:

Når byggforskrifter og andre forskrifter vedrørende energi utformes, er definisjonsmakt av stor betydning. Olje- og energidepartementet inviterte November 2017 til høring vedrørende energimerkeordningen for bygninger. Et av forslagene var å endre systemgrensen fra «levert energi» til «netto energibehov» der sistnevnte ikke tar med virkningsgrad og systemtap i energiforsyningen. Et av motivene bak forslaget er å promotere kollektive energiforsyningsløsninger som fjernvarme, som i dag velges bort i flere tilfeller for å oppnå høy energiklasse [131]. Dersom forslaget vedtas, vil ikke solceller, varmepumper og andre energiforsyningsteknologier som reduserer byggets behov for å kjøpe kraft ha påvirkning på energimerkeordningen, noe som vil være uheldig for bl.a. solnæringen. Solenergiforeningen er blant flere kunnskapsaktører som er i gang med å motargumentere forslaget ved å belyse uheldige konsekvenser.

Uansett hvordan disse kravene oppnås, enten gjennom bedre klimaskallet, smarte styringssystemer, eller solcelleanlegg, vil det innebære at klimagassutslipp knyttet til materialbruk vil veie tyngre. Klimagassutslippene til materialer oppstår hovedsakelig i år 0, dvs. under oppføring. Det å redusere klimagassutslippene i dag og ikke litt etter litt, kan vise seg avgjørende. Når én av begrunnelsene for EUs bygningsenergidirektiv er klimatrusselen, virker det logisk at også klimagassutslippene til materialer blir regulert i forskrift om noen år. Derfor bør vi begynne å snakke om klimanøytrale bygg og ikke bare plussenergihus.

Det å ha en tydelig bestilling fra byggeier/utvikler er avgjørende. Kjepphester og tradisjonell tankegang må legges til side, og de gode løsningene utvikles i samspill mellom byggherre, rådgiver og arkitekt.

I dag ser vi flere eksempler på plussenergihus hvor energibehovet reduseres til et minimum ved å bygge relativt kompakt med et klimaskall som er meget godt isolert, minimale luftlekkasjer og meget god dagslystilgang. Det gjenstående energibehovet veies opp med lokal, fornybar energi for å gå i pluss.

Et alternativ for å holde kostnadene nede, er å utforme de tekniske installasjonene (som ventilasjon, varme og kjøling) så forenklet og bygningsintegreerte som mulig. På den måten flyttes investeringskostnadene over til klimaskall og energiforsyning, og byggets totale investeringskostnader kan være tilnærmet som for dagens konvensjonelle bygg.

Energiberegninger, inneklimasimuleringer, dagslyssimuleringer, kuldebroberegninger, kretsløpsanalyser (LCA) og livsløpskostnader (LCC) gjøres parallelt og fortløpende i prosjektet. På den måten kan man korrigere kursen ift. miljømål, byggbarhet og økonomi.

Har man klimanøytralitet/nullutslippshus som mål, regnes all energibruk, produksjon og transport av materialer samt selve byggearbeidene om til klimagassutslipp. Mye av metodikken vil være den samme som ved planlegging og prosjektering av plussenergihus. Men her må materialvalgene og byggeprosessen planlegges og gjennomføres med vektlegging av klimagassutslippene. I denne sammenheng er også klimagassutslipp fra solceller et viktig og avgjørende tema. Uansett må summen av klimagassutslipp til produksjon og transport av materialer, drift av bygget over levetiden og til byggearbeidene veies opp med lokal, fornybar energi. Det er blitt bygd flere pilotprosjekter i Norge som allerede i dag oppfyller kravene til plussenergihus, inklusiv klimagassregnskap for grå energi, dvs. klimagassutslipp knyttet til materialbruk. Eksempler er Multikomforthus i Larvik, nytt administrasjons- og undervisningsbygg på Campus Evenstad, Powerhouse Kjørbo i Bærum, Living Lab ved NTNU i Trondheim m.m. Med unntak av administrasjonsbygget i Evenstad har alle plussenergihus blitt utstyrt med et solcelleanlegg til el-produksjon.

#### 4.9 Markedsutvikling og drivere

Noe av det som skjer innen utvikling og fremtidsplaner i solnæringen i Norge er ennå ikke ferdig utviklet/offisielt, og noe informasjon om innovative prosjekter er også taushetsbelagt. Kapitlet omhandler offentliggjort informasjon som viser fremtidsrelaterte trender i den norske solnæringen.

#### **Felles infrastruktur for informasjon etableres, som nye forretningsmodeller for solkraft, smart energistyring og lagring kan bygges på.**

- **AMS-målere, som installerer i alle norske husholdninger innen 2019**, bidrar til å senke terskelen for å installere solkraft og smarte energisystemer for husholdninger. NVE er opptatt av å legge til rette for at sluttkunden kan utnytte det store handlingsrommet som AMS-utrulling gir til sluttbrukerne. I skrivende stund er dette arbeidet på innovasjonsprosjektstadiet. Eksempel på gevinster som ønskes er [63]:
  - Bevisste forbrukere av strøm, ved at kunder får visualiseringsløsninger for sitt elektrisitetsforbruk i sanntid, for eksempel ved applikasjoner på mobil/nettbrett.
  - Forbrukerfleksibilitet, ved å forske på hva som kan motivere sluttkunder til å variere sitt forbruk når det er i nettets interesse.
  - I tillegg vil informasjonsmessig infrastruktur være på plass, som smarte energistyrings- og visualiseringssystemer kan bygges på for å tilby tjenester mot sluttbrukerne.

- **Elhub danner felles datahub for elektrisitetsnettet i Norge.** Elhub er under utvikling, med mål om å bli en datahub som skal omfatte alle strømdata i hele Norge. Ideen er å effektivisere dataoverføring- og tilgang ved at all informasjon rapporteres og lagres til et felles nav mellom aktørene. Blant målsettingene til prosjektet er å «tilrettelegge for en leverandørsentrisk markedsmodell og utnytte det teknologiske potensialet som ligger i AMS i forhold til smarte løsninger og tjenester for både nettselskaper, leverandører og sluttbrukere» [64].
  - Når data fra de smarte strømmålerne samles et felles sted med time-for-time målinger for forbruk og produksjon, forenkles en rekke forretningsmodeller ettersom den informasjonsmessige infrastrukturen for kjøp og salg av strøm allerede hovedsakelig er etablert. Et eksempel på en forenkling for sluttbrukermarkedet som er at NVE planlegger å la boligselskaper bli plusskunder. Boligselskapets produksjon blir fellesavregnet og fordelt på alle sluttbrukere av elektrisitet i boligselskapet, som gjør at hver enkelt beboer får fordelene med å være plusskunde. Dette blir implementert i Elhub-løsningen, som i skrivende stund er planlagt iverksatt innen oktober 2018 [65], [66].

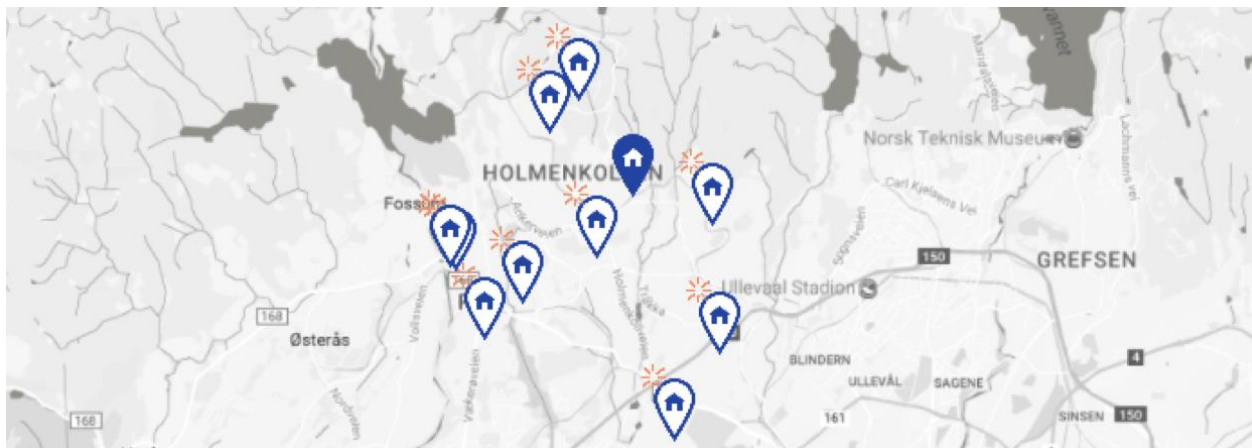
I Kapittel 3.5 vedrørende global markedsutvikling ble DLT-teknologi, der Blockchain er et eksempel, vurdert som en teknologi som åpner muligheter for lokale markedsplasser for energi. I Norge vil vi via Elhub kunne få dekket noe av det samme behovet basert på markedsdesign og mer basale teknologivalg. DLT er viktigst i land der sentrale data ikke er tilgjengelige og/eller det ikke skjer åpen handel med strøm. Norge har med plusskundeordningen, et liberalisert strømmarked og funksjonelt skille mellom nettselskaper og strømselskaper lagt opp til at all informasjon om produksjon og forbruk skal deles mellom markedsaktørene.

Et eksempel på en tjeneste som vil benytte Elhub for lokale markedsplasser for energi er det norske energiselskapet Otovos «Nabostrøm», der en kombinasjon av opprinnelsesgarantier, plusskundeordningen og Elhub/strømforbruksregisteret benyttes for å visualisere samhandel mellom kunder som har solceller på taket med kunder som ønsker garantert kortreist grønn strøm. Otovo kjøper overskuddskraft av solcelleeiere som produserer mer enn de forbruker og selger opprinnelsesgarantert kortreist strøm til de kundene som ikke kan ha solceller på taket selv. Et eksempelbilde av kjøpere

og selgere av kraft i et begrenset område er vist i Figur 25. Avregning og måling skjer gjennom kundens inverter, strømmåleren og automatisk avlesning fra

*«Et steg på veien for full implementering av lokal samhandel vil være nettleiefritak for kostnader knyttet til sentralnettet når naboer handler seg imellom»*

nettselskapene. I følge Otovo selger over 500 solcellekunder strømmen sin på denne måten i Norge i dag. Når Elhub lanseres vil Otovo kunne gi spesifikk informasjon til deltakerne i nettverket om hvem de kjøper fra og selger til i nabolaget. I følge dem vil et steg på veien for full implementering av lokal samhandel være nettleiefritak for kostnader knyttet til sentralnettet når naboer handler seg imellom.



Figur 25: Eksempelbilde: Oversikt over naboer som hhv. ønsker å kjøpe og selge solstrøm

#### Økt fokus på Smart energistyring m/ lagring

Selv om markedet innen smart effektstyring- og lagring fortsatt er i oppstartfasen i Norge, pågår det flere lovende demonstrasjonsprosjekter som kan sette standarden for videre, fullskala løsninger. En hoveddriver er statlige støtteordninger for å bryte vei mot lavutslippssamfunnet og for å promotere et fleksibelt nett som er i stand til å interagere med distribuerte energiresurser.

- **Via Smartgridsenteret demonstreres pilotprosjekter for smartgrid-teknologi** i stor skala er igangsatt gjennom mange pilotprosjekter i Norge via Smartgridsenteret [67]. Tanken er at prosjekter som angir beste praksis og tilfredsstillende resultater skal være retningsgivende i hvordan smartgrid utvikles i Norge i fremtiden. Utvikling av smartgrid vil bidra til en trend innen økt interaksjon med distribuerte energiresurser i nettet, der solkraft ventes å ha en sentral rolle.
- **Demonstrasjonsprosjekter er under oppføring for lokale markedsplasser for energi.** Lokale markedsplasser for kjøp og salg av energi er et område det er stor interesse for, fra mange forskjellige stakeholdere. Via programmet EMPOWER som ligger under EUs FoU-satsing Horizon 2020, har det norske selskapet eSmart Systems utviklet en plattform for kjøp og salg av energi / fleksibilitet mellom forbrukere som skal demonstreres høsten 2017 på Hvaler i Østfold. Systemet er laget for å være integrerbart med sluttbrukernes AMS-målere og nettets SCADA-system, som styrer og overvåker i kraftnettet [68] [69].
- **Enova lanserte i høsten 2017 et støtteprogram for «Introduksjon av ny teknologi i bygg og områder»** [70], der målet er å realisere prosjekter med helhetstenking der bygget samspiller med det lokale transport- og energisystemet. Enova løfter opp viktigheten av lokalt forbruk og større energiutvikling mellom bygg for å avlaste energisystemet, promotere fleksibilitet, og bane vei for lavutslippssamfunnet [71].
- **NVE ønsker å promotere markedsmekanismer for sluttbrukerfleksibilitet**, i tråd med deres ambisjon om å la kundene dra nytte av handlingsrommet som oppstår ved utrulling av AMS [63]. Et av punktene som trekkes frem er etablering av markeder som gir riktig verdi på fleksibilitet i distribusjonsnettet, både fra fleksibelt forbruk, lagringselementer og fleksibel produksjon, sammenlignet med alternativet som ofte er å øke kapasiteten i nettet. Der marginalkostnaden for utbygging av nett er større enn marginalkostnaden for å løse utfordringer med fleksibilitet i distribusjonsnettet, bør det siste velges ut fra samfunnsøkonomisk lønnsomhet. THEMA consulting group har laget en utredning på viktige forhold som må ivaretas ved utvikling av et marked for fleksibilitet, som det henvises til for videre lesning [72].

- **Mikrogrid er utført i Norge som demonstrasjonsprosjekt**, og selv om det foreløpig er koblet mot FoU/Innovasjonsprosjekter testes det i full skala i begrensede områder. I definisjonen fra U.S Department of Energy og CIGRÈ ligger det at et mikrogrid er et sammenkoblede laster og distribuerte energiresurser med et klart definert grensesnitt, som opptrer som én enhet sett fra nettet. Et mikrogrid kan både opptre uavhengig av nettet ved å kjøre i øydrift, samt driftes tilkoblet strømmettet. I begrepet distribuerte energiresurser ligger både produksjonseenheter for strøm, lagringseenheter og fleksible laster [73] Smart Energi Hvaler hevder å ha det første demonstrasjonsprosjektet i Norge som kan gå i fullskala øydrift, gjennom energiparken på Sandbakken miljøstasjon som åpnet i 2017. Anlegget vil sammen med de omkringliggende bygningene kunne gå i øydrift i et halvt år, fra høst til vår [74].
- **Næringsbygg installerer ikke bare solceller i økende grad, men interessen for smart styring og lagring er økende.** Enovas årsrapport fra 2016 viser en oversikt over prosjekter som har fått støtte til innovative prosjekter innen ny energi- og klimateknologi fra 2012-2016, der flere av prosjektene innebærer sol i kombinasjon med innovative lagringsløsninger [49]. Eksempel er ASKO Midt-Norge, som i 2016 fikk etablert støtte til etablering av solcelleanlegg med hydrogenproduksjon til bruk i sin tungtransport. Enova har oppgitt at de fleste av nybyggsøknadene de nå mottar inkluderer solenergi i forbindelse med en lagringsløsning [75].

*«Enova har oppgitt at de fleste av nybyggsøknadene de nå mottar inkluderer solenergi i forbindelse med en lagringsløsning»*
- **Markedet for smarte energistyringssystemer i husholdninger er i ferd med å modnes, og har forankring blant fremoverlente netteiere.** Enovas pilotprosjekt «Smarte målere – smarte forbrukere» er en storsatsing for å undersøke forbrukerfleksibilitet hos sluttbrukere ved studie av 25 000 husstander. Støtten er på totalt 59,7 millioner fordelt på sju pilotprosjekter, der aktørene er Eidsiva, Fjordkraft, Fredrikstad Energi, Glitre Energi, Lyse, NTE Marked og Ringeriks-kraft.
  - Som nevnt under globale trender er det mange markedsaktører som tilbyr smarte energistyringssystemer for husholdninger. Utrullingen av AMS gir anledning til å lansere produkter som er tilpasset det norske markedet, noe som utnyttes av flere av deltakerne i Enovas pilotprosjekt. Felles for kundene som deltar i prosjektet er at de får innsikt og bevisstgjøring i sitt strømforbruk, og det undersøkes hvordan ulike kommunikasjons- og visualiseringsløsninger kan påvirke kundes bruksmønster. Mange kunder får også testet ut smart energistyring basert på sensorer og styringsalgoritmer, der solcelleanlegg og elbil kan inkluderes i systemene [76].

Den brede forankringen og teknologiske modenheten som er i ferd med å oppstå innen lokale markedsplasser for kjøp og salg av energi, gjør at vi tror at lokale markedsplasser for energi kommer til å bli et voksende marked fremover, og at regelverket tilpasses for å enklere realisere og promotere slike løsninger.

#### Nye aktører i solnæringen

- **Regionale strømselskaper lanserer solprodukter og servicetjenester innen solkraft.** I tråd med den globale trenden om at strømselskaper tar markedsposisjon innen salg og rådgivning av solprodukter, har flere regionale strømselskaper i Norge lansert program for solenergi de siste årene. Den geografiske spredningen på disse selskapene gjør at det ikke kun er snakk om et områdefenomen. Eksempel på regionale strømselskaper som tilbyr solpakker til sine kunder i dag er Lyse (Rogaland), LOS (Agder), Stange Energi (Hedmark), Eidsiva (Hedmark) Trønderenergi og

NTE (Trøndelag) og Fredrikstad Energi (Østfold) [77], [78], [79], [80].

Disse selskapene har alle gjort sine markedsaktiviteter på sol med partnere som er etablerte aktører på solcellemarkedet:

- LOS og Stange Energi: Otovo
  - Lyse: FUSen
  - Trønderenergi, Eidsiva og Fredrikstad Energi: Solcellespesialisten
- **Det har blitt startet flere oppstartsselskaper innen solenergi det siste året**, i tråd med at markedet har hatt en sterk oppsving de siste årene. Flere selskaper har også tilført sol som en del av sin portefølje. Statoil er et eksempel på et selskap som har engasjert seg i solkraft og skal utvikle et prosjekt sammen med Scatec Solar [81], [82]. De nye aktørene øker konkurransen og tilfører nye produkter i markedet.
  - **Elkjøp har begynt å tilby solmoduler i samarbeid med Otovo**, etter at de oppdaget at tusenvis av mennesker hadde søkt på ordet «solceller» i deres nettbutikk [83]. At solceller selges i fysiske butikker er en bemerkelsesverdig utvikling i det norske solmarkedet, og i tråd med globale trender.
  - **Større boligutbyggere trer inn i solmarkedet**: AF Gruppen har etablert Sol-Energi AS som et datterselskap, mens OBOS, Selvaag har investert i Otovo. Større nabolagsutbygginger med solceller på alle husene begynner å bli vanligere.
  - **Støtteordningene fokuserer mer på kW og CO<sub>2</sub>-utslipp**, der fokuset tidligere først og fremst har vært på kWh [84]. Støtteordninger som fokuserer på kW handler om å kutte dimensjonerende effektbehov, ettersom disse er kostnadsdrivende for nettet. Dette er en utvikling som promoterer bruk av solceller og smart energistyring. Solceller, fordi CO<sub>2</sub>-utslippet forbundet med produksjon er mye lavere enn CO<sub>2</sub>-utslippene som spares ved egenprodusert kraft over anleggets levetid, og dermed vil solceller medføre en netto reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp. Smart effektstyring fordi dette kan flytte energiforbruket fra timer med høyt forbruk til timer med lavt forbruk, og dermed kan effekttopper kuttes.
  - **Systemgrensen utvides for solcelleprosjekter**. Støtteordningene fokuserer mer på grønne områder, på samspill mellom bygg, lokale transportsystem og energisystem [70]. Denne utviklingen gir muligheter for mer lønnsom utbygging av solceller, og større grad av egenkonsumering av solkraft.

#### Effekttariffene er i endring

NVE sendte November 2017 ut forslag på endring i kontroll av nettvirksomhet på høring. Bakgrunn at NVE mener at nettleien i større grad bør gjenspeile hvordan kostnadene i nettet oppstår, noe som vil styrke forsyningssikkerheten ettersom kunder forventes å justere sitt maksforbruk. Det er presentert flere prinsipielle alternativer, der de følgende tre er ansett som aktuelle:

- Målt effekt, der effektledet avregnes etter toppplasttiden i en bestemt periode. Det kan eksempelvis være per år, måned eller døgn
- Abonnert effekt, som ligner løsningene vi i dag finner i mobilabonnementer og internettabonnementer
- Time of Use, som innebærer høyere pris i timer med forventet høyt forbruk. Eksempelvis kan det være høy pris mellom kl.06-20 og lav pris resten av døgnet.



Blant de tre aktuelle alternativene, foreslår NVE at effekttariffer utformes som et abonnement hvor prisen avhenger av hvor mye strøm kunden vil bruke i løpet av én time [85]. NVE tar sikte ny tariffmodell skal innføres fra 1. januar 2021.

Effekttariffer vil kunne føre til redusert lønnsomhet for solceller og elbiler. Solceller fordi egenforbruk av solstrøm vil få redusert verdi når energiledet i nettleien reduseres, og det ikke kan forutsettes at sola skinner når effektforbruket er på det høyeste. Elbil fordi disse er effektkrevende laster og dermed vil bli dyrere å lade ved tariffing basert på effekt. Smart effektstyring og husholdningsbatterier kan bidra til å bedre lønnsomheten der solceller og elbil er en del av energimiksen, ved justering av forbrukskurven så at effekttopper reduseres.

#### Plusskunder og nye forretningsmodeller

Et eksempel på nye forretningsmodeller i den norske solnæringen, er solcelleleverandører som ser på seg selv som et kraftselskap og dermed representerer noe unikt i bransjen: Energiselskap med langsiktige strømvavtaler. Under utviklingen av solenergibransjen i USA vokste det frem sluttkundeselskaper som løste flere av kundenes utfordringer med å bli solcelleeiere enn kun installasjonsbiten. Selskapene SunRun og SolarCity har størst markedandeler i det amerikanske markedet, og er bygget på at de tilbød leasing gjennom en strømkjøpsavtale (PPA) i tillegg til å gjennomføre installasjon. I Norge er Simply Solar eksempel på et firma som latt seg inspirere av dette.

#### Energiklassifisering og miljøambisjoner for bygg har vært og vil fortsette å være den viktigste pådriveren for utbygging av solceller i Norge.

Som tidligere drøftet i lønnsomhetskapitlet: Når et bygg skal løftes til en bestemt energiklassifisering, fremstår ofte solceller som et kostnadseffektivt alternativ. I denne konteksten er ikke alternativkosten LCOE for strøm trukket fra nettet, men andre metoder for å løfte bygningers energiklasse/sertifisering, samt alternativkost for andre fasadematerialer [11].

#### Flere og flere virksomheter setter miljømål som går ut over byggeforskriftene, og er dermed pådriver for utviklingen [11], [31]

Noen utvalgte eksempel er trukket frem:

- **ASKO er en del av Norgesgruppen, og var den største utbyggeren av solceller i Norge i 2016.** De har et langsiktig mål om å bli klimanøytral, noe de definerer som å «kun bruke fornybar energi og være netto selvforsynt med den, eliminere klimagassutslipp og maksimal gjenvinning/gjenbruk av avfall» [86]. Konsernet har pålagt seg selv å betale et beløp tilsvarende sine utslipp via et miljøfond frem til de når sine utslippsmål. Deres tankemåte kan gjengis gjennom følgende styrevedtak: «Styret er enig i at Norgesgruppen ASA ikke kan legge de samme avkastningskrav til grunn for miljøinvesteringer som øvrige investeringer fordi nytteeffekten miljømessig kan være vesentlig større enn den bedriftsøkonomiske avkastningen som måles» [87].
- **Powerhouse-alliansen**, bestående av Skanska, Asplan Viak, Snøhetta, Sapa, Entra og Zero står sammen om å bygge plusshus i Norge, inspirert av å bidra til å løse globale energi- og klimautfordringer. Prosjekter som er under oppfølging er Drøbak Montessori ungdomsskole, Powerhouse Brattørkaia og Powerhouse Telemark. Alliansen er interessert i å komme i kontakt med alle som er interessert i plusshus, både av leietakere, byggherrer, rådgivere, entreprenører, arkitekter, leverandører m.m. [88]. I samtlige av powerhouseprosjektene benyttes solceller [11].
- **Eiendomsselskapet Entra** har en tydelig miljøprofil og er opptatt av koblingen mellom miljø og lønnsomhet. De hevder at sine siste 4 miljøprosjekter Powerhouse Kjørbo, Fredrik Selmers vei 4, Papribredden 2 og Brattørkaia 15 har gitt merverdier for leietakere på 80 millioner kroner. De oppgir at merverdien er regnet som leiekostnad sammenlignet med referansebygg, og fratrukket merkostnader til rehabilitering og Enova-støtte. De mener at når det er først når miljø integreres

inn i forretningsstrategien at slike resultater kan oppnås, og at gode resultater fordrer nye måter å jobbe på [89], [90].

#### Oppsummerende betraktninger

Markedet er i endring. Nye effekttariffer og en dreining i fokus på støtteordninger vil endre rammebetingelsene til markedet, og promotere nye løsninger som baserer seg på kW, CO<sub>2</sub> og område-tankegang fremfor kWh og enkeltbygg-tankegang. De felles infrastrukturene for kommunikasjon som ligger i Elhub og AMS senker terskelen for å implementere nye forretningsmodeller som er i tråd med endringene i rammebetingelsene i markedet.

Flere av trendene vi ser globalt, er i ferd med å få rotfeste i Norge. Det er flere eksempler på at norske selskaper er raske til å ta til seg ny tankegang og tilpasse seg nye

trender. Digitaliseringen har åpnet dører for nye kommunikasjonsløsninger, nye forretningsmodeller og nye styringssystemer med lengre tidshorisonter i planleggingen også i Norge. Flere av løsningene utvikles av norske selskaper, først og fremst via innovasjonsprosjekter som ennå ikke er rullet ut i markedet. Det blir svært spennende å se hvordan løsningene mottas i markedet, og hvor sterke løsningene kommer til å stå i internasjonal konkurranse og i det globale markedet.

Interesse fra sentrale samfunnsaktører som NVE, netteiere og Enova, samt samfunnsøkonomisk utvikling av nettet skaper en driver for smart energistyring i distribusjonsnettet i Norge. I smarte energistyringssystemer i distribusjonsnettet spiller ofte solkraft en svært viktig rolle, og i mange tilfeller fungerer solceller som en døråpner for smarte energistyringssystemer.

Solkraft har størst verdi for eieren dersom solkraften kan gå til eget forbruk og etter som smarte energistyringssystemer bidrar til økt egenforbruk, bidrar disse systemene også til økt verdi for solcelleanlegget. Smarte energistyringssystemer er videre en viktig

forutsetning for å hente ut effektiviseringspotensialet i drift av kraftnettet. De gjør det ikke kun mulig å styre effekt- og energiforbruket, men de kan også agere basert på nettselskapenes behov. Som nevnt tidligere kan vekselretterne i solkraftsystemer bidra med tjenester til nettet også når sola ikke skinner, og smarte energistyringssystemer vil kunne gjøre det mulig for nettselskapene å kjøpe denne tjenesten. Slik kan man oppnå besparelser i nettet og for Norges del kan det estimerte investeringsbehovet for kraftnettet reduseres. Et godt eksempel på dette er selskapet Sonnen som allerede i dag selger nettjenester i Tyskland ved å styre sine kunders laster og batterier, men på en slik måte at kundene ikke merker det. Slike tjenester eksisterer ikke i Norge i dag, men det vil være regulators rolle å legge til rette for at dette blir mulig. AMS kan være et viktig instrument for å utløse et slikt potensiale, men det er ikke hele løsningen. Uten en helhetlig tankegang og hensyntaking til teknologipotensialet som ligger i solkraft og smarte løsninger vil man ikke kunne redusere investeringsbehovet i nettet som de neste årene er estimert til 140 milliarder.

Fremtidige energikrav til bygninger forventes å bli en spesielt stor driver for det norske solmarkedet. Utviklingen ledes av bedrifter som er fremoverlente, setter seg egne mål, driver innovasjonsprosjekter og dermed driver utviklingen. Disse ventes å få en sterk posisjon etter hvert om de nye markedene vokser i volum.

---

*«Markedet er i endring. Nye effekttariffer og en dreining i fokus på støtteordninger vil endre rammebetingelsene til markedet, og promotere nye løsninger som baserer seg på kW, CO<sub>2</sub> og område-tankegang fremfor kWh og enkeltbygg-tankegang»*

---

---

*«Utviklingen ledes av bedrifter som er fremoverlente, setter seg egne mål, driver innovasjonsprosjekter og dermed driver utviklingen. Disse ventes å få en sterk posisjon etter hvert om de nye markedene vokser i volum»*

---

## 5 POTENSIAL FOR SOLNÆRINGEN – MULIGHETER OG UTFORDRINGER

Etter at rapporten til nå har sett på nåværende status i det norske og internasjonale solmarkedet, løfter Kapittel 5 blikket og diskuterer prognoser for fremtidig utvikling i det norske solmarkedet. I Kapittel 5.1 ses det på det teoretiske potensiale for solutbygging i Norge, som danner en ramme for videre utvikling: Hvor mye kan produseres dersom alle tilgjengelige tak og fasader dekkes med solpaneler? Videre ses det i Kapittel 5.2 på utvalgte barrierer i markedet for å bygge ut solceller og deres nylige historiske utvikling, for å synliggjøre utviklingen i markedet. I kombinasjon med Kapittel 5.3 som omhandler forventet utvikling i strømkostnad, nettleie og el-sertifikater, og 4.8 som omhandler dagens og fremtidige energikrav til bygninger, er grunnlag lagt for å kunne si noe om forventet fremtidig utbygging av solkraft i Norge i Kapittel 5.4. Prognosen er basert på et par utvalgte scenarier. Kapitlet avslutter med å se på prognoser for vekst i det globale solmarkedet, og det drøftes hvilke markeder og områder i verdikjeden som kan være aktuelle for Norge.

### 5.1 Potensiell solproduksjon på norske tak og fasader

Det forventes at solceller i overskuelig fremtid vil være direkte koblet til bygg/forbrugssted for å øke lønnsomhet, og dermed danner tilgjengelige tak- og fasader i bygningsmassen basis for potensialberegningene. Statistiske data over bruksareal fra 2014 fordelt på de forskjellige bygningskategoriene er vist i Tabell 2 [91], [92], [93], [94], [95].

Bygningskategorier	2014
Småhus	223 478 674
Boligblokker	45 572 044
Barnehage	3 158 854
Kontorbygning	29 074 108
Skolebygning	14 660 575
Universitet/høgskole	3 478 405
Sykehus	4 945 991
Sykehjem	5 427 478
Hotellbygning	5 946 532
Idrettsbygning	2 417 635
Forretningsbygning	33 063 100
Kulturbygning	3 017 023
Lettindustri/verksted	10 101 559
<b>SUM</b>	<b>384 341 978</b>

Tabell 2: m<sup>2</sup> BRA i norsk bygningsmasse per 2014

Basert på tallene i denne statistikken kan det relativt enkelt gjøres overslag over hvor stort areal som er tilgjengelig for solceller, følgende forutsetninger er gjort:

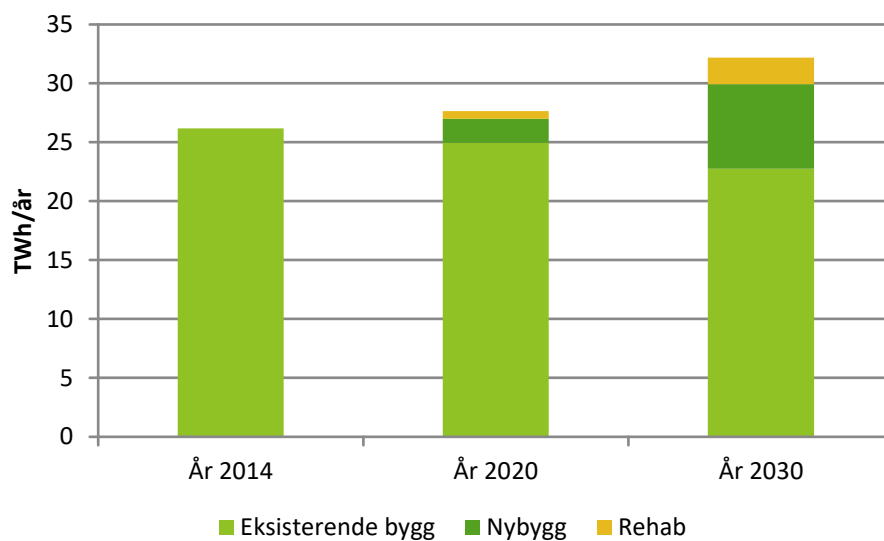
- For omregning fra BRA til tilgjengelig takareal og fasadeareal ble det brukt de samme bygningsmodellene som ligger til grunn for energikrav i byggt teknisk forskrift [96].
- For bygg med skråtak er det antatt at kun 50 % av takarealet er egnet for solceller, mens det for større bygg med flate tak er det antatt en dekningsgrad på 75 %.
- For maksimal utnyttelse av solceller på et bygg er det antatt at 75 % av fasadearealet kan utnyttes til solceller, etter at areal til vinduer er trukket fra.

## Solcellesystemer og sol i systemet

### Kartlegging og strategisk satsing for Solenergiklyngen

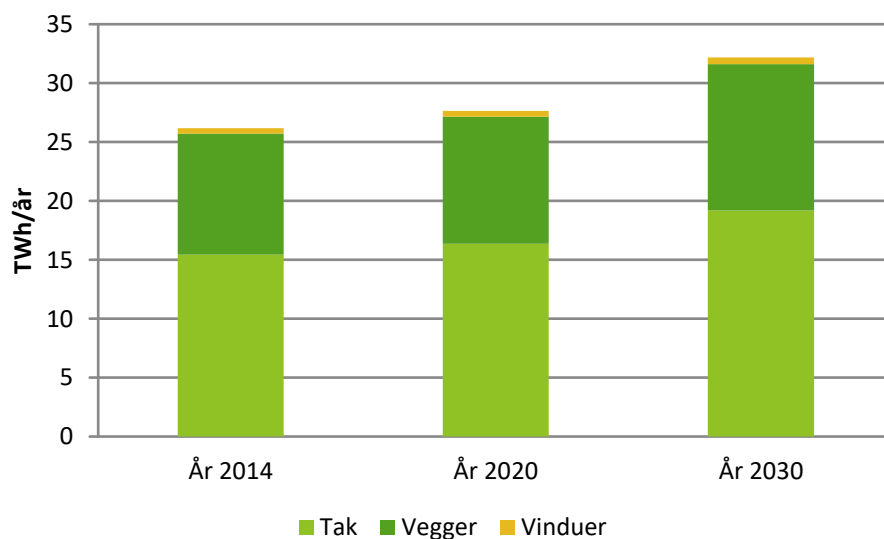
- Det er forenklet forutsatt at øst- og vestfasader vil ha en produksjon på 50 kWh/m<sup>2</sup>/år, sørfasaden 100 kWh/m<sup>2</sup>/år, mens et takmontert anlegg er forutsatt med årlig produksjon på ca. 150 kWh/m<sup>2</sup> solcellemodul.
- For projeksjon av teoretisk potensiale frem mot 2030, er nybygingsratene og riveratene hentet fra Potensial- og barrierestudiene for Enova [97], [98].

Våre beregninger viser et samlet potensial i eksisterende bolig- og næringsbygg på ca. 26 TWh. Fra 2014 til 2020 er potensialet knyttet til nybygg ventet å øke med 1,5 TWh, og videre fra 2021-2030 ytterligere 4,5 TWh. Totalt estimert teoretisk potensial for årlig strømproduksjon i bolig- og næringsbygg i 2030 er dermed 32 TWh. Resultatet er presentert i Figur 26 [1]. Rivning og rehabilitering gjør at andelen for «Eksisterende bygg» synker, men nybygg gir en netto vekst i perioden.



Figur 26: Teoretisk potensial solkraftfordelt på eksisterende, nybygg og rehab.

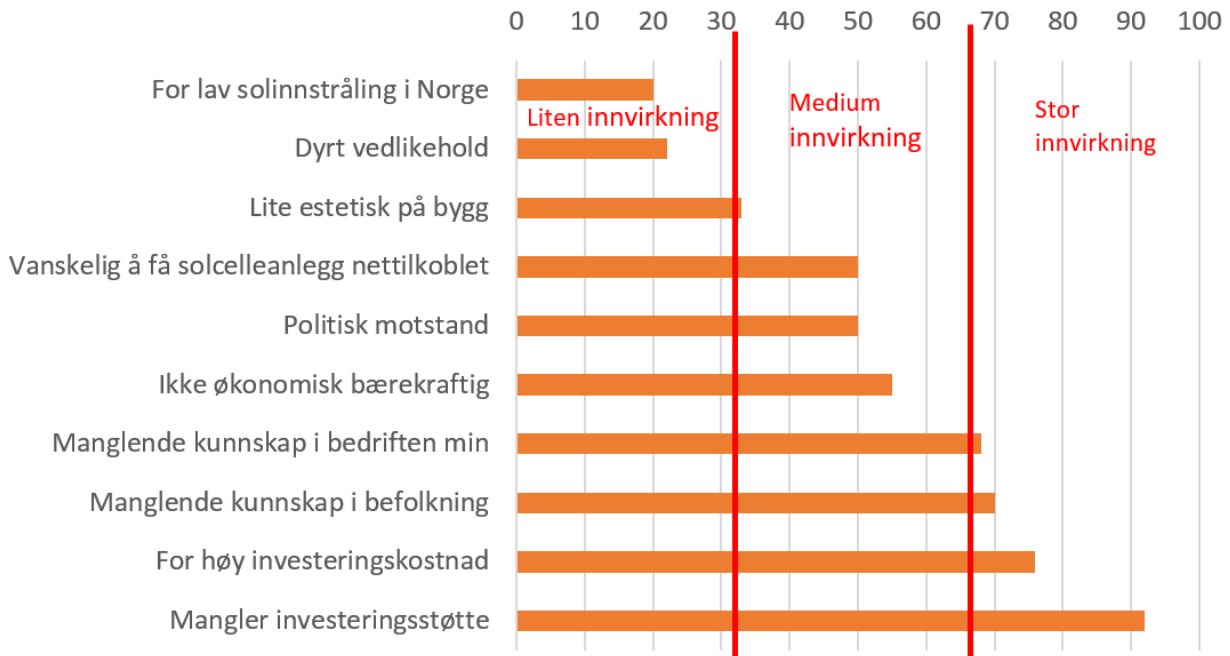
I våre beregninger er det lagt til grunn at både tak og fasade utnyttes til solenergi. Figur 27 viser hvordan kraftproduksjonen fordeles mellom tak og fasade. Her har vi også tatt med vinduer, men det utgjør en relativt liten andel. Tak utgjør det største potensialet, og dersom utbyggingen begrenser seg til tak vil potensialet utgjøre ca 16 TWh i 2020 og omtrent 19 TWh i 2030.



Figur 27: Teoretisk potensial solkraft fordelt på bygningsdeler [1].

## 5.2 Barrierer

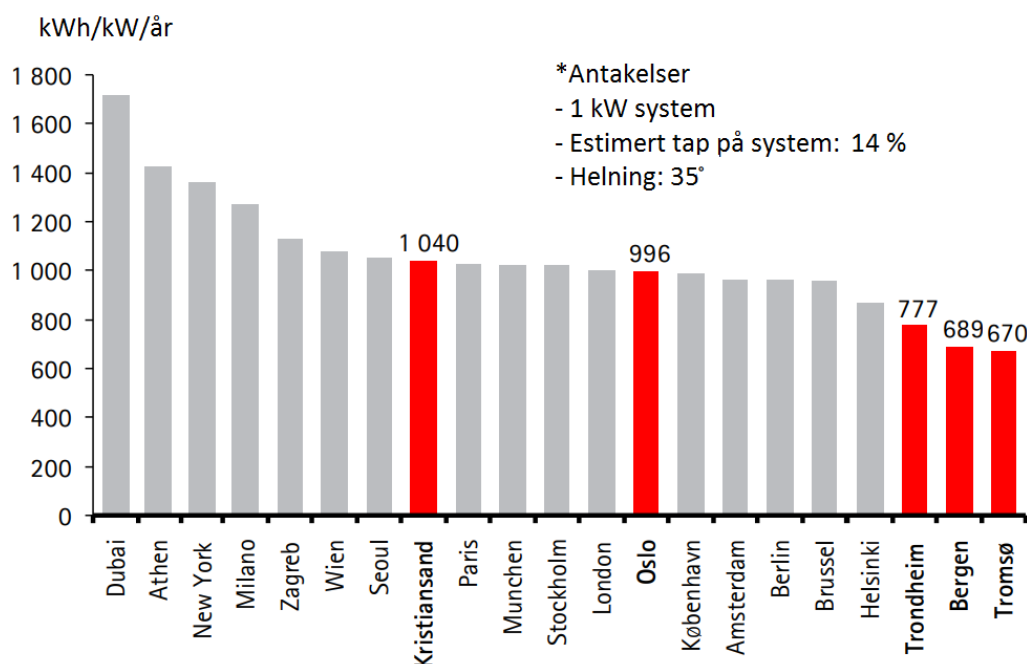
Et studie utført av Multiconsult/Solenergiklyngen i 2014 tok for seg barrierene i det norske solenergimarkedet [99]. Et representativt utvalg av de største aktørene i bygg- og eiendomsbransjen ble intervjuet for å høre hva som var de største barrierene for å bygge solceller fra deres perspektiv. Med basis i denne figuren diskuteres den nåværende status for hver av de ti barrierene.



Figur 28: Barrierer i det norske solenergimarkedet, iht. undersøkelse fra 2014.

### 1. For lav solinnstråling til å utnytte solenergi i Norge på en økonomisk bærekraftig måte

Et generelt høynet kunnskapsnivå på sol har ført til mer bevissthet i markedet på at solressursen i Norge er enorm, selv om den relativt på verdensbasis er i det lavere sjiktet. Figur 29 viser en sammenligning av solforholdene i en rekke byer. Det bemerkes at Oslo har bedre årlige solforhold enn Berlin.



Figur 29: Sammenligning av solforhold for et antall norske og internasjonale byer [12]

STATUS BARRIERE: STABIL - LAV INNVIRKNING

### 2. Solcelleanlegg er dyrt i vedlikehold

Solcelleanlegg er unikt ved at det ikke er bevegelige deler i selve enheten som produserer strøm. Få bevegelige deler fører til mindre slitasje og derved mindre drifts- og vedlikeholdskostnader. Selv om vekslerretteren har antatt kortere levetid enn solcelleanlegget, og årlige inspeksjoner bør utføres, har ikke solenergi vedlikeholdskostnader som burde gjøre dem mindre attraktive enn andre energikilder. Vi kjenner ikke til aktører som oppgir drifts- og vedlikeholdskostnader som hovedgrunn til at de ikke ønsker å installere solceller.

STATUS BARRIERE: STABIL – LAV INNVIRKNING

### 3. Solcelleanlegg er lite estetisk og ser ikke bra ut på bygg

Det har pågått en stor utvikling i estetisk utvikling av solceller, og flere av modulene som finnes på markedet kan nå vurderes som like innbydende som andre ensfargede fasadeplater og takstein. Det er også kommet moduler som ved hjelp av optisk teknologi ser ut som taksten, og noen leverandører tilbyr solcellemoduler i flere farger.

Noen arkitekter vegrer seg mot å tegne solceller på byggene sine hvis det kommer i konflikt med deres arkitektoniske uttrykk. Det er også mange som ikke kjenner til det store utvalget estetiske solcellemoduler som finnes på markedet. Dette er i ferd med å endre seg gjennom en del signalbygg med solceller integrert, som Operaen i Oslo eller Snøhettas nye ferdighytte Gapahuk – som er designet for solcelletakstein fra Sunstyle [100]

STATUS BARRIERE: ØKT ANTALL LØSNINGER, MEN ANTAS Å HA MEDIUM INNVIRKNING SOM BARRIE



Figur 30: Arkitektonisk uttrykk for solcellefasaden på Brynseng skole

### 4. Det er vanskelig å få solcelleanlegg nett-tilkoblet grunnet motstand hos netteier

Plusskundeordningen har bidratt til en forenkling ved å gi plusskunder rett til å tilknytte seg det lokale nettet. Ved store solcelleinstallasjoner risikeres anleggsbidrag dersom det lokale nettet er svakt, som kan være en begrensning for utbygging av sol. Dette er normalt ikke aktuelt ved installasjoner under 100 kW.

STATUS BARRIERE: NEDADGÅENDE BARRIERE – LAV INNVIRKNING

### 5. Politisk motstand mot solceller i Norge

Den generelle politiske motstanden mot solceller virker å være nedadgående, samtidig kan reaksjonære krefter mobiliseres ettersom solkraft tar større deler av markedet og kommer i interessekonflikt med etablerte aktører. Det antas her at disse trendene utligner hverandre. Politisk motstand er en av

aspektene som kan ha store konsekvenser for utbygging av sol, men vi observerer ingen utbredt motstand hos partipolitikere i dag. Kunnskapsnivået på sol er etter vår mening for lavt i store deler av det politiske og regulatoriske landskapet. Når kunnskapen er lav og holdninger er konservative, vil dette likevel i praksis medføre motstand hos flere av disse aktørene.

STATUS BARRIERE: STABIL BARRIERE – MEDIUM INNVIRKNING

#### 6. Solcelleanlegg er ikke økonomisk bærekraftig i Norge

De til nå fallende prisene på solenergi og modningen i markedet de siste årene kombinert med populariteten i befolkning, media og netteiere, bidrar til at det økonomiske argumentet mot sol kommer sjeldnere til uttrykk enn før. For solkraft er det flere måter å tenke lønnsomhet på, dette er tidligere diskutert i Kapittel 4.2.2. Det er imidlertid viktig å merke seg at lønnsomhetsberegninger ved den tradisjonelle LCOE – metoden. (Levelized cost of Electricity) ofte ikke gir et riktig bilde av lønnsomheten for solcelleanlegg. LCOE gir en gjennomsnittspris og metoden er mye brukt for sammenligning mellom levetidskostnader for forskjellige energikilder. Med denne beregningsmetoden får man imidlertid ikke tatt hensyn til eventuelle besparelser som oppstår dersom effektbehovet reduseres. For store forbrukere av kraft beregnes nettleia basert på maksimalt effektforbruk, og reduksjon av effektforbruket kan gi vesentlige besparelser. Detaljerte beregninger basert på last- og produksjonsprofiler med reell solinnstråling og spotpriser viser seg ofte å gi lønnsomhet for solcelleprosjekter der en LCOE-beregning ikke gir lønnsomhet. Den detaljerte beregningsmetoden er imidlertid ikke spesielt utbredt.

Når det gjelder bygningsintegreerte solceller (BIPV) finner vi mange av de samme barrierene. Det er en utbredt forståelse i byggenæringen at BIPV er kostbart, men de færreste vet hva prisen er. I realiteten koster BIPV omtrent det samme som en del vanlige byggematerialer, som for eksempel teglstein, glassfasader, o.l. Dette samtidig som BIPV produserer kraft. Det har etter hvert blitt bygget noen bygg med BIPV i Norge som viser at BIPV ikke er så kostbart som folk tror, men at det derimot kan være lønnsomt.

Den finansielle barrieren spiller fortsatt en betydelig rolle i å begrense utbygging av solkraft i Norge, selv om den blir mindre for hvert år.

STATUS BARRIERE: NEDADGÅENDE BARRIERE, MEDIUM/HØY INNVIRKNING

#### 7. Manglende kunnskap om solenergi i bedriften vår

I denne forstand er «bedriften vår» forstått som bedrifter som vurderer å bygge ut sol, eller har et grensesnitt mot mulige solcelleprosjekter. Det antas at kunnskapen om solenergi i disse bedriftene er noe høyere enn i befolkningen for øvrig, og det henvises til begrunnelse under Barriere 8.

STATUS BARRIERE: NEDADGÅENDE BARRIERE – LITEN/MEDIUM INNVIRKNING

#### 8. Manglende kompetanse innen solenergi i Norge generelt

Kunnskapen om solenergi i Norge har vokst mye det siste året, godt hjulpet av media og fokus på det grønne skiftet. Noen netteiere som lanserer solprodukter har drevet gode og grundige kommunikasjonskampanjer mot privatkunder, som gjør at svar på de vanligste spørsmålene er enkelt tilgjengelig på nett. Strømlinjeformede «oppskrifter» viser privatkunder hvordan de kan gå frem fra A til Å for å installere solcellepaneler, inkludert hvordan de får støtte fra Enova. Tjenester som solkart.no har gjort det enkelt å finne enkle anslag på forventet produksjon og kostnad for solcelleanlegg. Blant en betydelig andel av befolkningen antas imidlertid kunnskapen om solenergi å være lav, noe som kan være en barriere mot å vurdere solenergi i sine prosjekter. Ulik praksis hos netteiere gjør også at tilbudt informasjon fra en netteier ikke nødvendigvis er direkte overførbart til kunder av andre netteiere i andre konsesjonsområder. Bransjen er heller ikke enige om en felles måte å regne lønnsomhet av solceller på.

STATUS BARRIERE: NEDADGÅENDE BARRIERE –MEDIUM INNVIRKNING

### 9. Solcelleanlegg har for høy investeringskostnad (for lang tilbakebetalingstid)

Solcelleanlegg har sunket svært mye i pris siden barriereundersøkelsen ble laget i 2014. De siste årene har markedet opplevd en god modningsprosess på disse områdene, og installasjonskostnaden ligger nå i flere tilfeller under Sverige. For anlegg i industriskala (over 500 kW) har vi sett tegn på at prisene begynner å nærme seg nivået i Tyskland. Tilbakebetalingstiden for solceller er nå i de fleste tilfeller lavere enn garantitiden på solcellemodulene. Flere andre investeringsmuligheter som aksjer o.l. gir imidlertid større og raskere forventet avkastning enn solceller, dersom målet utelukkende er å tjene penger. En kan samtidig argumentere med at solceller er en trygg investering, ettersom den kan ses på som en langsiktig fastprisavtale på strøm, som vil holde seg på samme nivå uavhengig av prisutviklingen i strømmarkedet de neste 25 årene.

STATUS BARRIERE: NEDADGÅENDE BARRIERE – MEDIUM/HØY INNVIRKNING

### 10. Mangler investeringsstøtte

Manglende investeringsstøtte ble fremstilt som hovedbarrieren mot solenergi blant de spurte i 2014, og antas å fortsatt være hovedbarrieren for utbygging av solenergi i Norge. Det er imidlertid flere og flere bedrifter som anser solenergi som en tilstrekkelig lønnsom investering uten krav til investeringsstøtte. For de største solcelleanleggene har også tilgangen til grønne sertifikater vist seg å være viktig. Barrieren anses derfor som svakt nedadgående, men det er knyttet en del usikkerhet til hvordan markedet vil reagere når de grønne sertifikatene opphører.

STATUS BARRIERE: NEDADGÅENDE BARRIERE – HØY INNVIRKNING

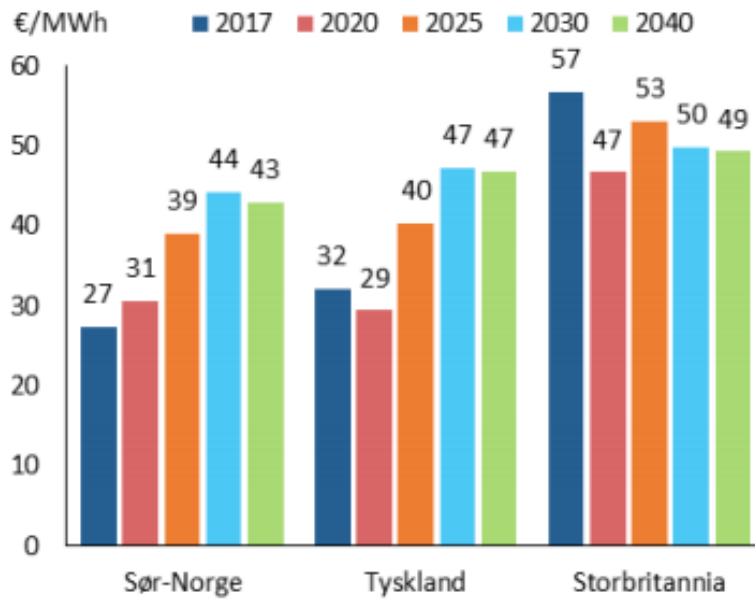
Ny barriere: For privatmarkedet vil en omlegging av energibaserte til effektbaserte tariffer kunne innebære redusert lønnsomhet i solcelleanlegg. En leverandør i kraftmarkedet tror en slik omlegging vil redusere innsparingen kunder får ved å gjennomføre enøk-tiltak som solceller, og forventes å kunne sette husholdningsmarkedet flere år tilbake. Denne effekten er nærmere beskrevet i Kapittel 4.2.2.

## 5.3 Prisutvikling innen strømkostnad og elsertifikater

### 5.3.1 Forventet utvikling i strømpriser, og nettleie og tariffer

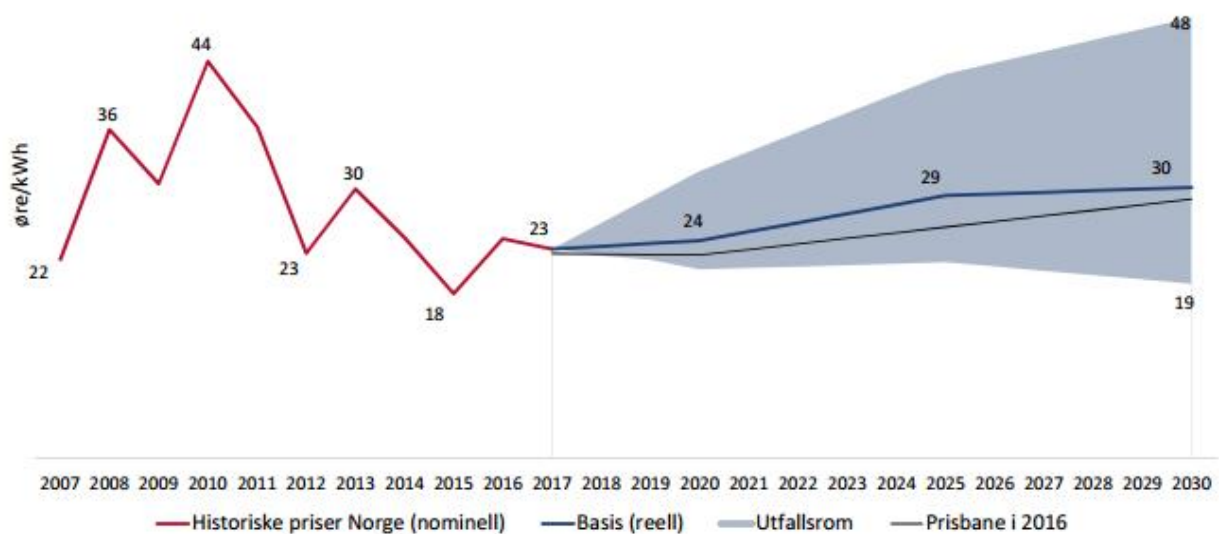
Spotprisprognosen fra 2016 i Figur 31 er basert på scenarioer Statnett har utarbeidet. Disse tar hensyn til bl.a. Brennstoffpriser, CO2 prising og andre miljømål, nedleggelse av kjernekraft og kullkraft og utviklingen av strømforbindelser mellom europeiske regioner. I snitt ventes det i denne prognosen at gjennomsnittlige spotpriser skal øke årlig med 1,6 % frem mot 2040 [101].





Figur 31: Statnett: Langsiktig markedsanalyse over spotpris i Norden og Europa 2016–2040

Det er også en mulighet for at norske spotpriser ikke øker i vesentlig grad som naturligvis vil påvirke lønnsomheten til et solcelleanlegg. I kraftmarkedsanalysen fra NVE fra Oktober 2017 er den reelle prisveksten tilnærmet flat mot 2030 [102]. I snitt viser prognosene at spotprisene sannsynligvis skal øke mer enn øvrig prisvekst. Dette vil slå positivt ut på nåverdien av en investering i et solcelleanlegg. Vurdering av lønnsomhet basert på dagens lave energipriser, eller i det hele tatt å basere en investeringsbeslutning på et enkelt år vil gi et urealistisk og etter all sannsynlighet et for lavt anslag av besparelser. I snitt ventes det i denne prognosen at gjennomsnittlige spotpriser skal øke med 0,8 % i året frem mot 2030.



Figur 32: NVE – Kraftmarkedsanalyse utvikling i spotpriser 2017-2030

Til tross for at det er stor usikkerhet og volatilitet i fremtidens kraftmarked vil et solcelleanlegg kunne redusere prisrisiko ved installasjon av solcelleanlegg. Ettersom tilnærmet hele kostnaden er ved

installasjon vil en sluttkunde låse en andel av sin energikostnad til en pris som man kan beregne med relativt høy nøyaktighet og liten årlig variasjon på grunn av stabil solinnstråling over tid.

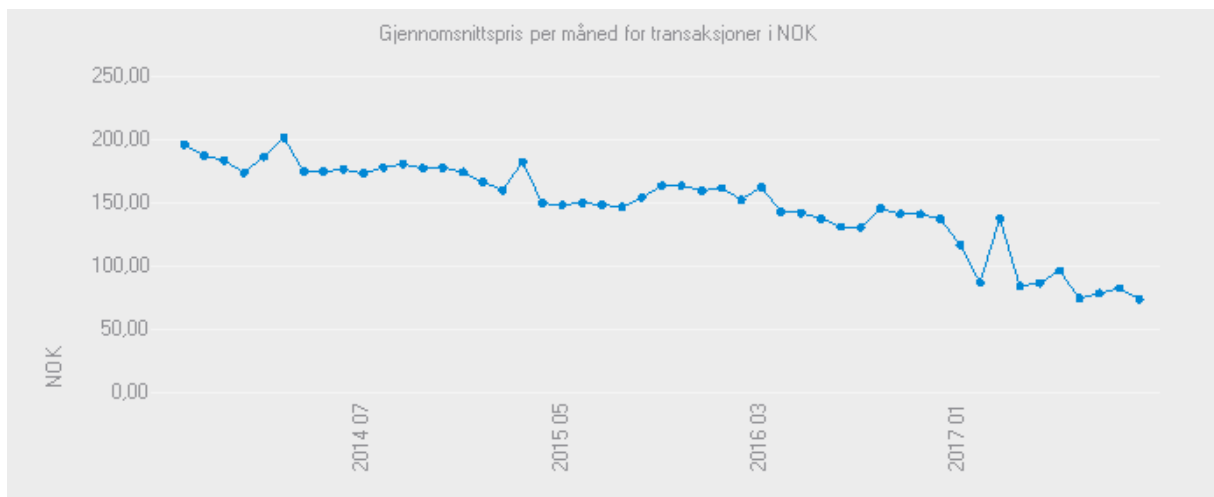
Det er i tillegg stor usikkerhet til nettleiepriser de neste årene. Det er planlagt betydelig investeringer for modernisering av nettinfrastruktur de neste årene. Siden investeringer i nettet finansieres av sluttbrukere vil dette medføre høyere nettleie.

Elavgift til sluttforbrukere har økt i hvert statsbudsjett siden avgiften ble innført og er i dag på 16,32 øre [103]. Økte elavgifter vil kunne oppmuntre til mer investeringer i produksjon av energi til eget forbruk. Det er krevende å lage prognoser på hva avgifter på strøm kommer til å være de neste 10 årene men det kan forventes at det blir brukt som et politisk verktøy for å fremme energitiltak og finansiere energirelaterte investeringer i større grad i fremtiden.

### 5.3.2 Utvikling i pris på el-sertifikater

Elsertifikater gir tilleggsinntekt for fornybar-energiproduksjon fra solceller.

Etter å ha ligget på over 15 øre/kWh de siste årene har elsertifikater i senere tid falt i verdi til under 10 øre/kWh. Utviklingen i sertifikatprisen er oppsummert i Figur 33.



Figur 33: Historisk elsertifikatpris 2014-2017 [104].

Etterhvert som ordningen avvikles og kvotene reduseres mot 2035 og fornybar energi blir konkurransedyktig uten støtte og mer utbredt i markedet er det forventet at langtidsprisen vil holde seg lav.

Det er kun et fåtall av solcelleanlegg installert i Norge per i dag som er registrert i elsertifikatordningen. Krav til dokumentasjon og registreringskostnad på 15 000 kr for anlegg under 100 kW og 30 000 kr for anlegg over 100 kW og opp til 5 MW gjør at det kun er større anlegg som har noe særlig å tjene på ordningen. Større anlegg vil i midlertid kunne få vesentlige tilleggsinntekter på produksjon over 15 år. For å kunne få 15 års støtte må et anlegg være driftssatt og registrert ila 2021 siden ordningen avvikles i 2035.

## 5.4 Norge: Prognoser for solnæring i Norge, forklart ut fra trendene og komparative analyser.

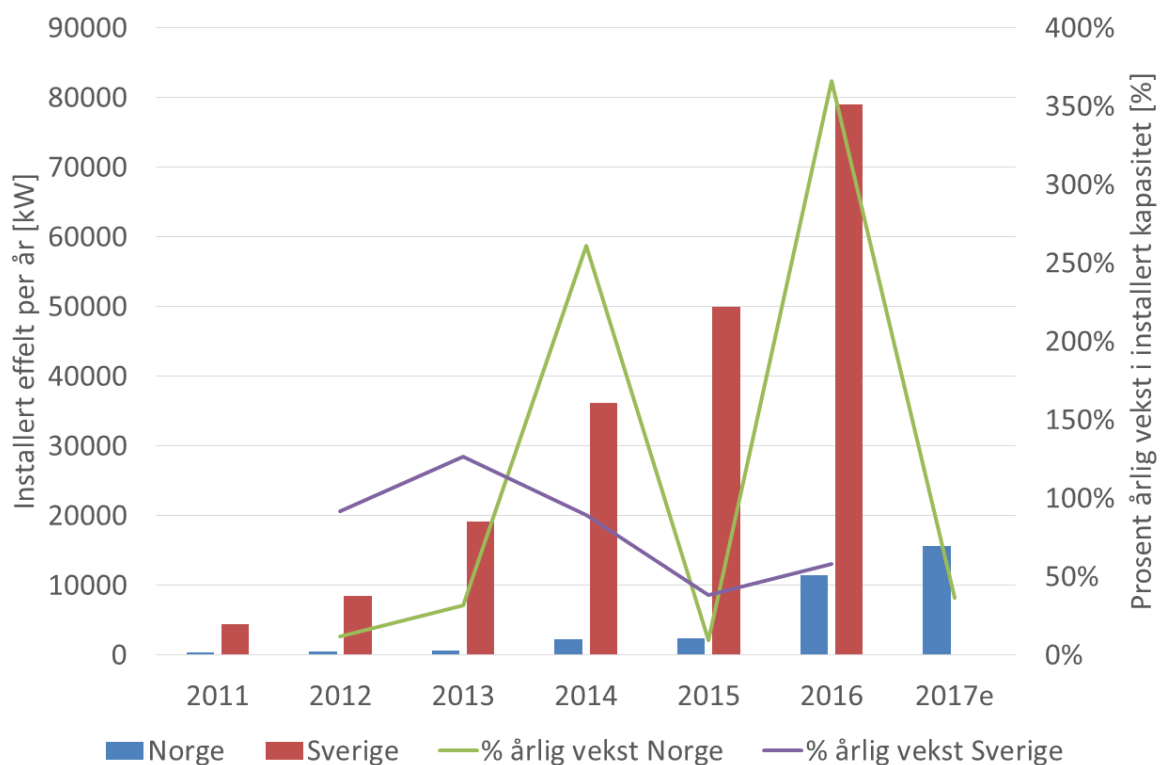
Det er flere usikkerheter knyttet til hvor rask vekst som forventes i det norske markedet fremover, men mange ting tyder på at solnæringen går en lys fremtid i møte. Studien har hatt et bredt omfang i tema, likevel er det gjort et forsøk på å få med seg hovedlinjene og bruke den til å si noe om forventet fremtidig utvikling. Potensial/prognose diskuteres ut fra to hovedscenarier.

- Scenario 1: Fornuftig vekst på linje med siste år i Norge, samt nylige erfaringer fra Sverige som er et naturlig land for sammenligning.
- Scenario 2: Nesten nullenergibygg i 2020 iht. EUs bygningsdirektiv.

#### 5.4.1 Scenario 1 – Estimat for vekst drevet av markedet

Scenario 1 er at markedet ikke drives av krav i byggeforskrifter, men at markedet selv sørger for vekst drevet av kunders ønske og gode og forutsigbare rammebetingelser. Å se i krystallkula for antatt videre vekst og i det norske markedet er en krevende oppgave og bygger på svært mange forutsetninger, både innen kunders videre ønsker, mål, krav og rammebetingelser fra myndigheter, internasjonal prisutvikling m.m.

Vi bruker Sverige som referanseland for Norge, som kan sies å være det landet som det mest sammenlignbart med det norske markedet. Sverige har hatt en jevn vekst i markedet preget av stort sett forutsigbare støtteordninger og rammebetingelser fra myndigheter. Et land som Danmark ses på som mindre naturlig å sammenligne seg med, ettersom reguleringer fra myndighetene har strupet det danske markedet siden 2012. I 2012 ble radikale støtteordninger innen solkraft innført, dette førte til en eksplosjon i markedet med 406 MW installert effekt [105]. Siden har det danske markedet hatt en nedadgående kurve. Som basis for innsikt i det svenske markedet for solenergi brukes IEA PVPS nasjonale rapport for Sverige [106]. På samme vis brukes den IEA PVPS nasjonale rapport for Norge som kilde for det norske markedet [31, 39, 45]. Figur 34 viser årlig installert effekt og vekst av solkraft i Norge og Sverige, 2011-2017.



Figur 34: Sammenligning av årlig installert kapasitet og vekst i Norge og Sverige siden 2011

Som Figur 34 viser, har Norge en lignende årlig markedsvekst som i Sverige opplevde for 3-5 år siden. Den prosentvise veksten er mye mer jevn i Sverige enn i Norge, som tyder på et mer modent marked som har nytt forutsigbare rammebetingelser over tid. Figur 44 i Vedlegg A viser akkumulert installert effekt og vekst per år i samme periode.

Følgende elementer danner likhetstrekk mellom det norske og svenske markedet, som grunnlag for sammenligning:

- Både det norske og svenske markedet styrkes av høy popularitet blant befolkningen, en økende interesse fra netteiere, og arbeid fra myndigheter med å forenkle regelverk for å kunne installere distribuert kraftproduksjon. Dette kommer i tillegg til den senkede barrieren ved direkte støtteordninger.
- Det norske og svenske markedet deler markedet for grønne el-sertifikater
- Den gjennomsnittlige norske og svenske kraftprisen har de siste årene ligget på et sammenlignbart nivå inkl. tariff, skatter og avgifter [107].
- Forretningsmodellene for solkraft de siste årene har hovedsakelig vært gjennom egenkonsumering av solstrøm i både det norske og svenske markedet, for å øke verdien på egenprodusert solenergi
- Den nøkkelferdige kostnaden for solcelleanlegg i Norge og Sverige er sammenlignbar

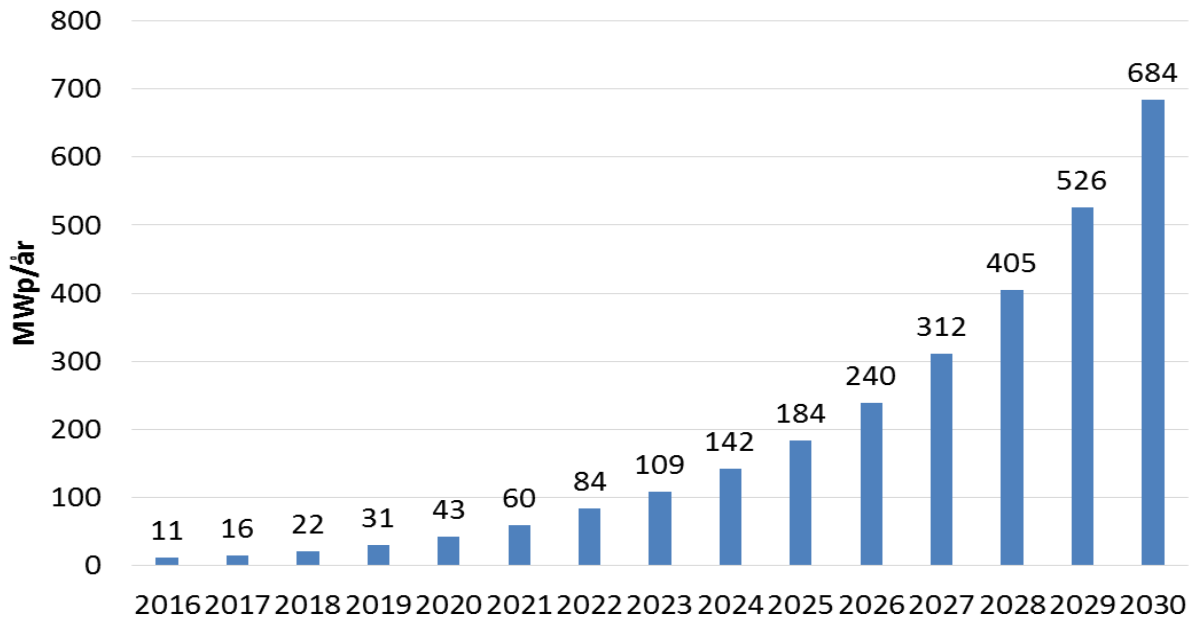
Blant avvikene mellom det norske og svenske markedet, er følgende punkter. Det kommenteres i hvert tilfelle om avviket vil tale for en raskere eller tregere vekst enn i det svenske markedet. Det bemerkes også at når begrepet fornybar elektrisetsproduksjon nevnes, inkluderer dette også andre fornybare energikilder som vann, vind og biomasse.

- Svenske myndigheter har et tydelig mål og nasjonal plan for utbygging av fornybar kraft, med mål om 100 % fornybar kraft innen 2040. Strategien har basis i et bredt politisk nedslagsfelt. Dette vil medføre utfasing av atomkraft, som står for 34 % av elektrisetsproduksjonen. I Norge har man allerede tilnærmet 100 % fornybar elektrisetsproduksjon, som ikke gir samme insentiv for myndighetene til økt solkraftutbygging. Ulikheten taler for størst vekst i Sverige
- Svenske myndigheter har bestemt seg for å utvide den grønne el-sertifikatordningen for installert fornybar kraft frem til 2030, for å legge til rette for ytterligere 18 TWh produksjon. Norske myndigheter beholder inntil videre sin originale avtale, som gir grønne el-sertifikater til fornybar elektrisetsproduksjon bygd ut innen utgangen av 2021 [57]. Ulikheten taler for størst vekst i Sverige.
- Svenske myndigheter har spesifikke og direkte støtteordninger på sol, både for husholdninger og for næringsbygg. Norge har kun direkte støtteordninger for sol for husholdninger via Enova, selv om enkelte kommuner har utvidede støtteprogrammer. Støtteordningene dobles nesten i perioden 2017-2019 i forhold til 2016-tall, der nesten 400 MSEK er satt av per år for å subsidiere solenergiinstallasjoner. Ulikheten taler for størst vekst i Sverige
- I følge Global EV Outlook 2017 var 29 % av nyregistrerte biler i Norge i 2016 elektriske, noe som er verdensrekord. Til sammenligning av 3,4 % av nyregistrerte biler i Sverige elektriske i samme periode [108]. Elektriske biler er som tidligere diskutert med på å skape et marked for solceller. Ulikheten taler for størst vekst i Norge.

Vi tror at solkraft vil få større vekst og utbygging i Sverige enn i Norge, men at Sverige likevel er et fornuftig land å sammenligne seg med. Figur 44 i Vedlegg A viser at den installert effekt i 2017 er ventet å overstige 2016-tall med ca 40 %. Samme figur viser at veksten i Sverige de siste to år er omtrent 50 % sammenlignet med året før. I prediksjonen mot 2030 estimerer vi at denne veksten kommer til å fortsette i samme spor frem til 2022. Fra 2022 vil det være vanskeligere å opprettholde tilsvarende vekst grunnet store volum tidligere år, og vi estimerer at veksten mot 2030 vil ligge videre på ca. 30 %. Dermed får vi følgende graf:

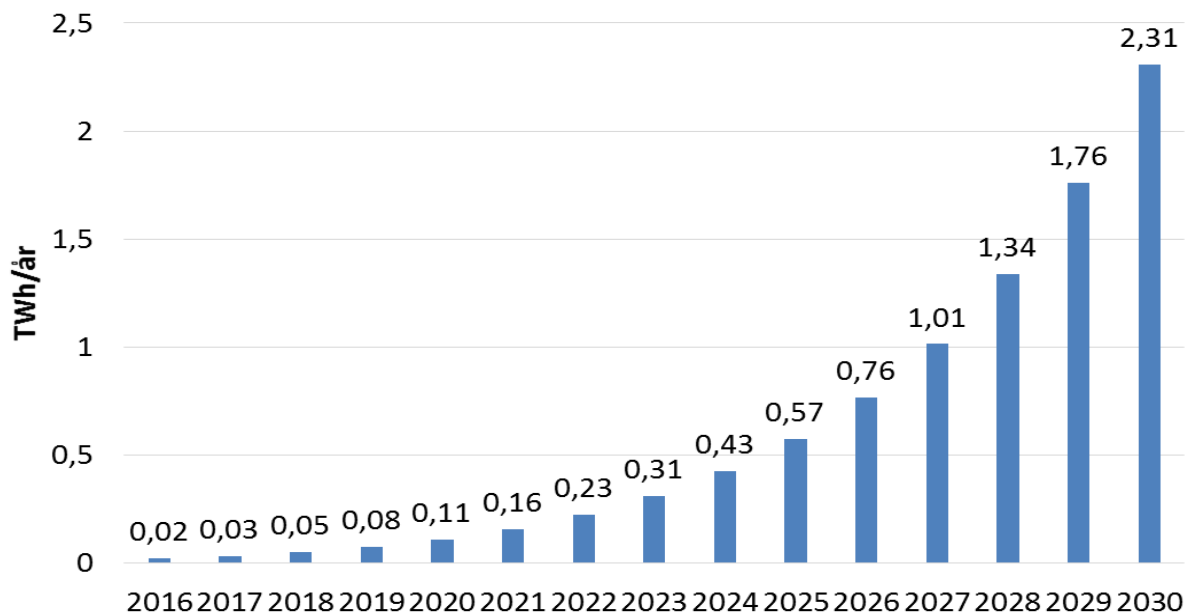
## Solcellesystemer og sol i systemet

Kartlegging og strategisk satsing for Solenergiklyngen



Figur 35: Årlig installert effekt solceller frem til 2030, forutsatt 40 % vekst til 2022 og 30 % til 2030

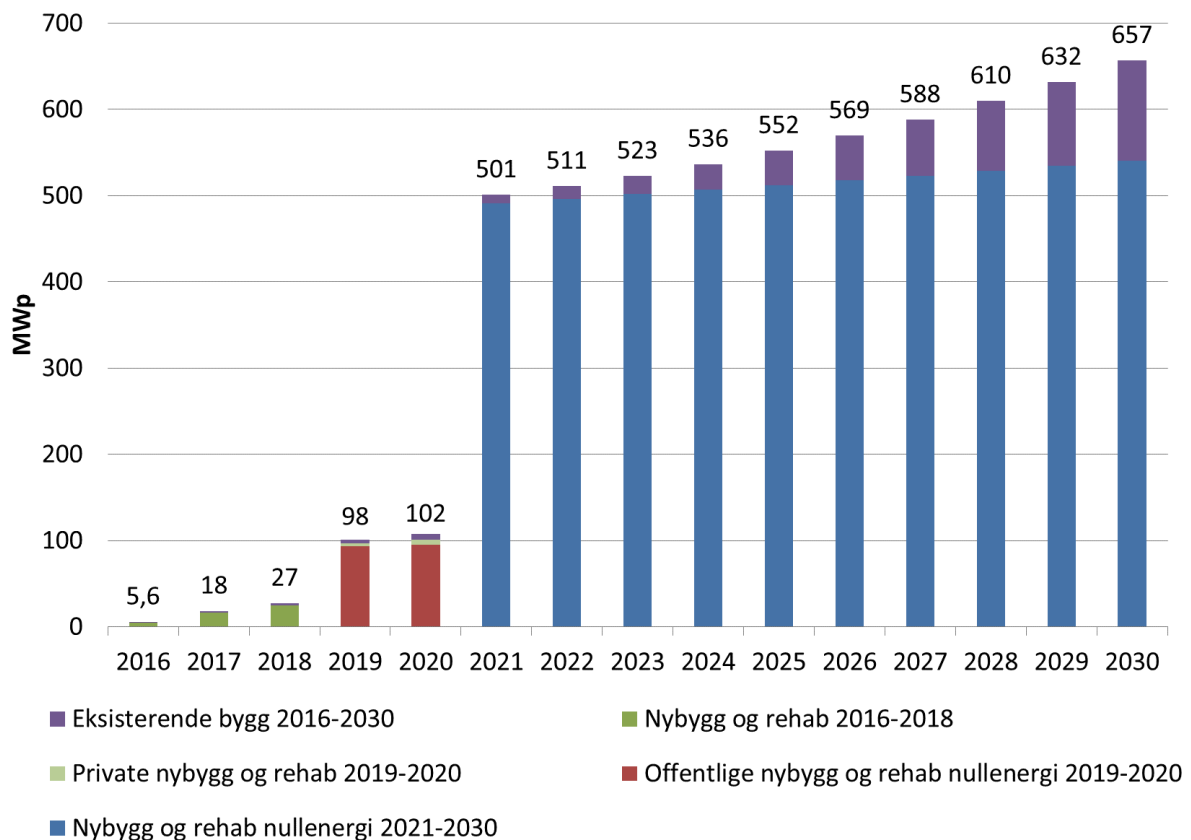
Dersom årlig installert kapasitet følger Figur 35, vil den årlige energiproduksjonen av solkraft følge Figur 36:



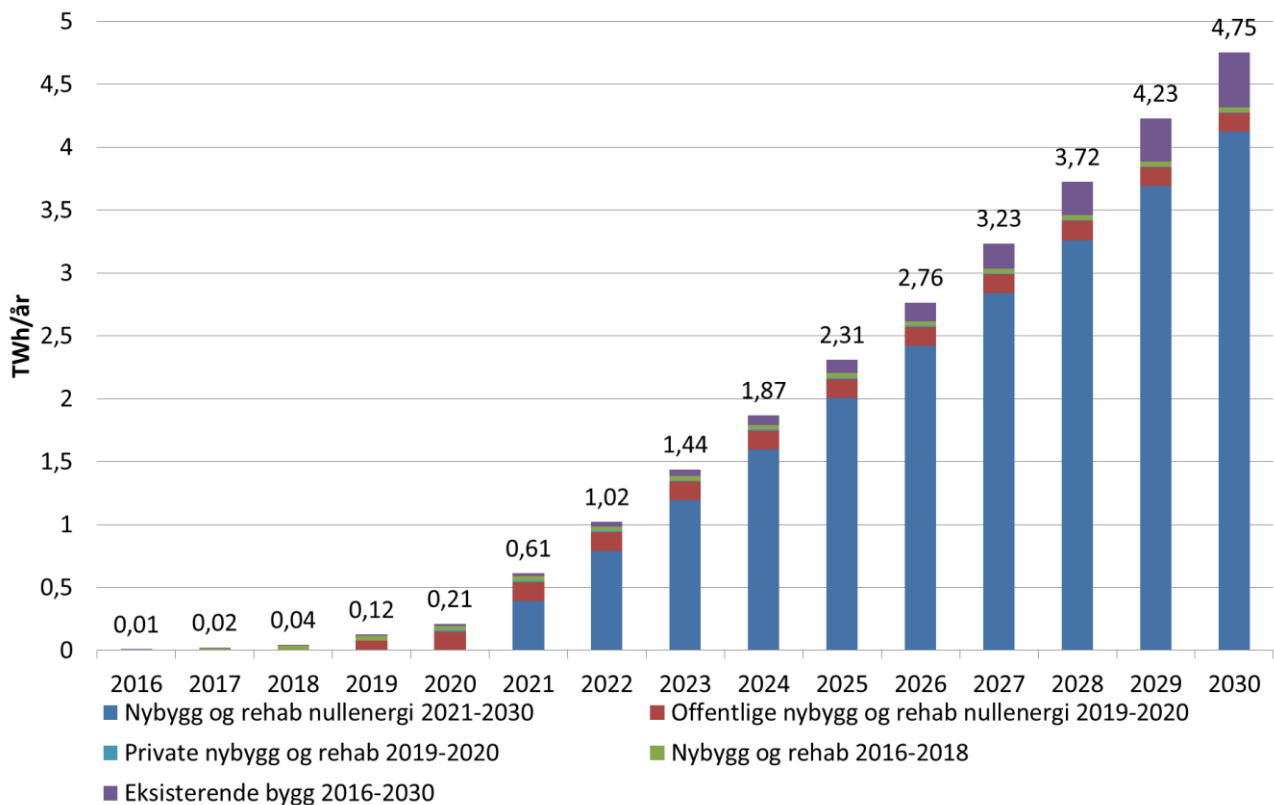
Figur 36: Årlig energiproduksjon fra solkraft, forutsatt 40 % vekst til 2022 og 30 % vekst til 2030

#### 5.4.2 Scenario 2 – Estimat for vekst drevet av krav i byggeforskrifter

Multiconsult gjennomførte i 2014 et studie som estimerte installert solkraft i Norge frem mot 2030 [1]. Som premisse ble EUs direktiv om «nesten nullenergibygg» i alle offentlige nybygg fra 2018, og resterende bygg fra 2020 lagt til grunn [109]. Med formuleringen «nesten nullenergi» gir direktivet rom for tolkning i forhold til implementeringen i de forskjellige EU-landene. I beregningene ble «pragmatisk tolkning» lagt til grunn, definert som at byggene holder passivhusstandard og at lokal energiproduksjon leveres fra solceller på taket. Nybyggings- og rehabiliteringsratene ble hentet fra Potensial- og barrierestudiene for Enova [91], [92]. Det ble også lagt til grunn et års tidsforsinkelse fra den nye ordningen trer i kraft til de første byggene står ferdige. Prognosen for installert solkraft per år, samt årlig produsert solenergi basert på den forutsatte måten å implementere EUs bygningsdirektiv er vist i Figur 37 og Figur 38.



Figur 37: Årlig installert kapasitet solceller frem mot 2030, forutsatt iverksatt EUs bygningsdirektiv EPDB



Figur 38: Årlig energiproduksjon fra solkraft, forutsatt iverksatt EUs bygningsdirektiv EPDB

#### 5.4.3 Kommentarer til Scenario 1 og 2

I Scenario 1 ble det beregnet 2,3 TWh/år solkraftproduksjon i 2030. At volumene tar seg opp når en nærmer seg 2030 ses på som realistisk, ettersom strømprisen er forventet å stige mot 2030, som vil gi solcelleanlegg enda kortere tilbakebetalingstid. Samtidig synker prisen for solcelleanlegg. 2,3 TWh tilsvarer ikke mer enn 1,6 % for fastland-Norges totale elektrisitetsforbruk i Norge i 2030 på 143 TWh, iht. NVEs prognose [110]. NVEs prognose gir at strømforbruket stiger med 13 TWh i Fastlands-Norge i perioden 2012-2030, noe som i Scenario 1 vil tilsvare at 18 % av det økte energibehovet dekkes av solenergi. 13 TWh er for øvrig også mål for installert ny fornybar elektrisitet i Norges andel av den grønne el-sertifikatordningen i hele perioden fra 2012-2020. Iht. beregningene for potensiell solproduksjon i Kapittel 5.1, vil Scenario 1 tilsvare at 12 % av tilgjengelige takflater i 2030 er dekket av solcellepaneler. Dersom vi også forutsetter at brorparten av de 2,3 TWh i 2030 egenkonsumeres/brukes lokalt, vil kapasitet frigis i nettet. Dette vil etter vår mening være gunstig og hjelpe Norge og dekke det økte forventede elektrisitetsforbruket i nasjonen, inkludert elektrifisering av næringer som norsk sokkel, skipsfart, transport og store datahaller. Et studie ved NTNU hvor solkraftens påvirkning på det norske kraftsystemet har blitt studert, viser dessuten at økt innslag av solkraft i Norge kan gi gode synergier for vannkraften, spesielt i henhold til reduserte flomtap [111]. Egenkonsumering vil også medføre at mindre solkraft tilføres nettet, som vil gi enklere regulering av strøm- og spenningskvalitet i kraftnettet.

Dersom «myndighetskrav» legges til grunn iht. Scenario 2, får installert effekt et kraftig hopp når EU-direktivet trer i kraft. Etter at kravene settes i verk, følger installert solkraft den svake veksten i antall nybygg- og rehabiliteringsprosjekter. Scenarioet gir 4,8 TWh solkraftproduksjon i 2030, som er over dobbelt så høyt som resultatet i Scenario 1. Fortsatt vil solkraft utgjøre en beskjeden andel av den norske elektrisitetsmiksen. I dette scenarioet antas en pragmatisk overgangsordning, da det antas at solcelleleverandører kan være utsatt for kapasitetsutfordringer i overgangsfasene. Studiet ble utført i 2017, og i etterpåklokskapsens lys er det tydelig at EU sitt bygningsdirektiv ikke vil trå i kraft innen

tidsfristen, ettersom det ikke i skrivende stund er bestemt av norske myndigheter hvordan direktivet skal tolkes. I praksis vil dermed kurven måtte forskyves mot høyre. Likevel gir kurven innsikt i hva som kan bli konsekvensen dersom «nesten nullenergi» blir basis for byggeforskrifter i Norge, gitt at forutsetningene som ligger til grunn for beregningene er riktige.

Antakelig vil utviklingen frem mot 2030 inneholde elementer fra både markedsstyrt vekst og vekst der myndighetskrav er drivere. Hvor stor veksten blir er fortsatt svært usikkert, og vil påvirke utviklingen av både eksisterende faktorer, og nyvinninger som vil oppstå i prognoseperioden. Likevel mener vi det er sannsynlig at solenergibransjen går gode tider i møte fremover.

For større installasjoner vil fallende priser på solenergi og lagring gjør at nye markeder åpnes opp der solenergi vurderes som attraktivt. I tillegg vil digitaliseringen som pågår av kraftbransjen gjøre at mange nye drivere er kommet på banen som har interesse i at solenergibransjen lykkes. Det har over lengre tid vært jobbet målrettet med å senke barrierene for å installere solenergi, og den politiske vinden og satsingen på FoU og innovasjon kan tyde på at rammeverkene for solenergi i sum kommer til å være som i dag eller bedre i lang tid fremover.

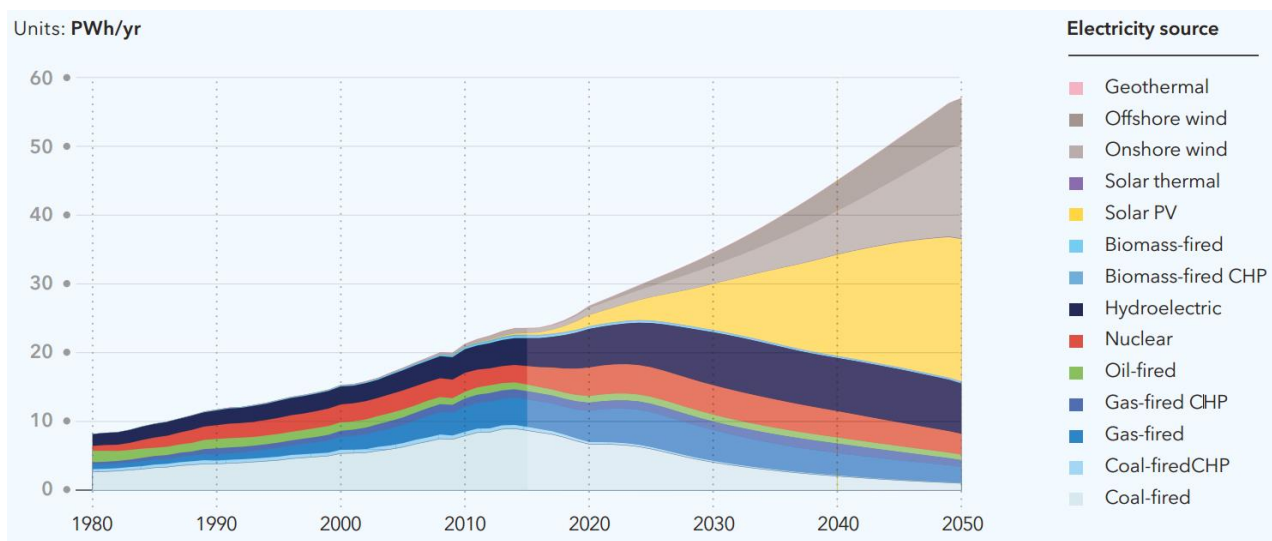
Myndighetskrav har en svært stor potensiell påvirkningskraft for bransjen, og det er viktig med et godt samarbeid og proaktive løsninger med berørte parter, som sikrer at solkraft kan vokse samtidig som strømkvalitet i nettet, bærekraftig samfunnsøkonomisk utvikling og forsyningsikkerhet ivaretas på best mulig måte. Det forventes at omlegging til effektbaserte tariffer vil fungere dempende på privatmarkedets bidrag til veksten, men det er vanskelig å si hvor mye.

Flere firmaer i den norske solnæringen tenker internasjonalt, og det er viktig å kunne bruke hjemmemarkedet som basis for å senere ta ut løsninger internasjonalt. En må derfor også se på vekst av fornybarnæringen i Norge som en investering i Norges fremtidige fornybareksport.

## 5.5 Global vekst og aktualitet for Norge

### 5.5.1 Hvor vil markedene fortsette å vokse

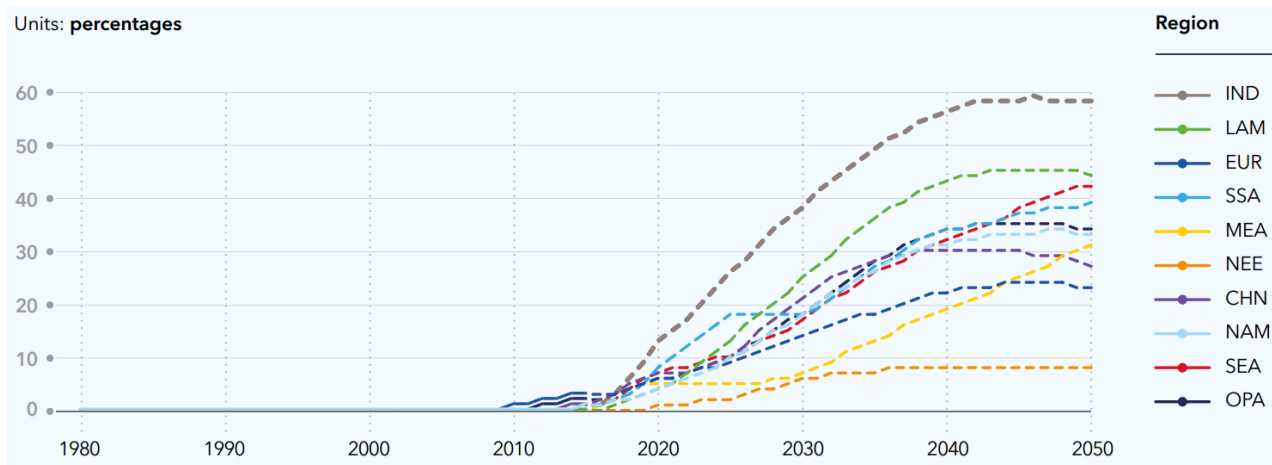
For å få en forenklet oversikt over hvor markedet for sol kommer til å vokse fremover, har vi benyttet DNV GLs Energy Transition Outlook 2017 [112]. Figur 39 viser en prediksjon av verdens elektrisitetsforsyning per kilde frem mot 2050. Det er tydelig at verdens solkraftinstallasjon bare så vidt er i startgropa, og at eksponentiell vekst forventes i mange år fremover.



Figur 39: Prognose av verdens elektrisitetsforsyning basert på energikilde frem mot 2050



Mye kan sies om hvilke regioner hvor solkraft vil ha en spesiell stor vekst fremover. Figur 40 viser DNV GLs prognose på andelen sol i kraftmiksen frem mot 2050, basert på en oppdeling av verden i 10 regioner.



Figur 40: Prognose: Andel solkraft i elektrisitetsmiksen per global region frem mot 2050

Regionenes navn er som følger:

IND = INDIA	LAM = Latin Amerika	EUR = Europa
SSA = Afrika sør for Sahara	MEA = Midtøsten og Nord-Afrika	NEE = Eurasia Nordøst
CHN = Kina	NAM = Nord-Amerika	SEA = Sørøst-Asia eks. Kina
OPA = Oseania		

Kurven viser at solkraft ventes å ha stor vekst i nær sagt alle verdens regioner. Veksten er i startfasen, og det ventes at den vil akselerere frem mot 2030 ettersom solkraft utkonkurrerer stadig flere energikilder på pris. Spesielt stor vil veksten bli i utviklingsland. India forventes å bli regionen med størst andel solkraft i elektrisitetsmiksen.

Det henvises til Kapittel 3.5 for å et fremtidsrettet blick på markedsutvikling på teknologiske områder, som vil ha generell relevans for regionene, spesielt på kort sikt.

### 5.5.2 Hvilke markeder og områder i verdikjeden er aktuelle for Norge.

Generelt forventes Norge å styrke sin posisjon i det globale markedet. Allerede i dag finnes det flere norske selskaper som utvikler storskala solkraftverk i verden. Scatec Solars suksess med å utvikle solkraftprosjekter i fremvoksende markeder over hele verden er et godt eksempel. På samme måte som norske olje- og energiselskaper har hatt en

internasjonal posisjon innen olje og gass, ser vi muligheter for at de kan ta en internasjonal posisjon innen solenergi.

Eksempelvis, i Oktober 2017 har Statoil bestemt seg å bli med 50 % i en JV med

Scatec Solar i Brazil for utvikling av

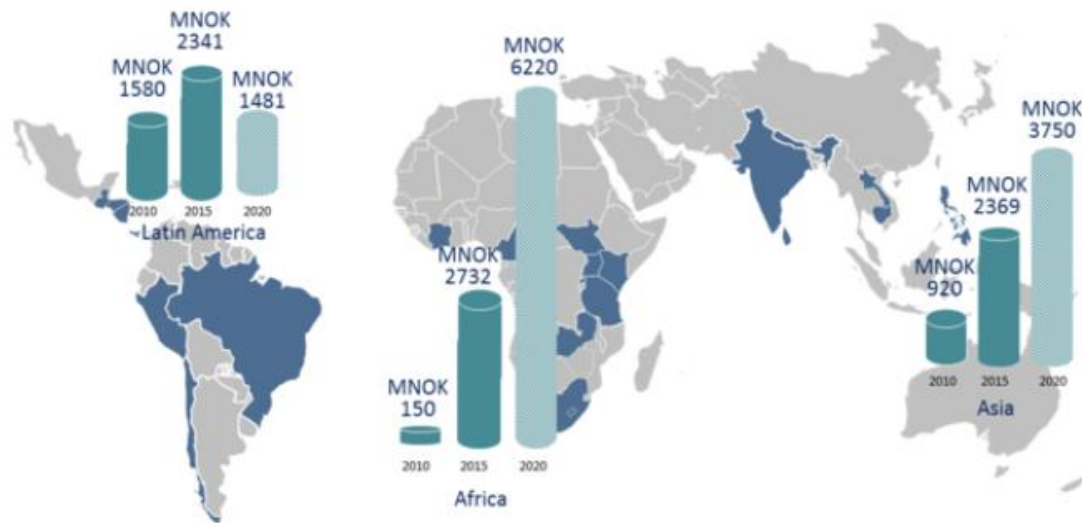
storskala solkraftverk. Selskapet har allerede investert på 40 % av egenkapital i et 162 MW

solenergi prosjekt i landet. Investeringsmuligheter er store for olje og gass selskaper som ønsker å bidra på det grønne skiftet eller diversifisere sine aktiviteter, også på andre deler av verden som Afrika sør for Sahara og Asia.

«Investeringsmuligheter er store for olje og gass selskaper som ønsker å bidra på det grønne skiftet eller diversifisere sine aktiviteter, også på andre deler av verden som Afrika sør for Sahara og Asia»

## Solcellesystemer og sol i systemet

### Kartlegging og strategisk satsing for Solenergiklyngen

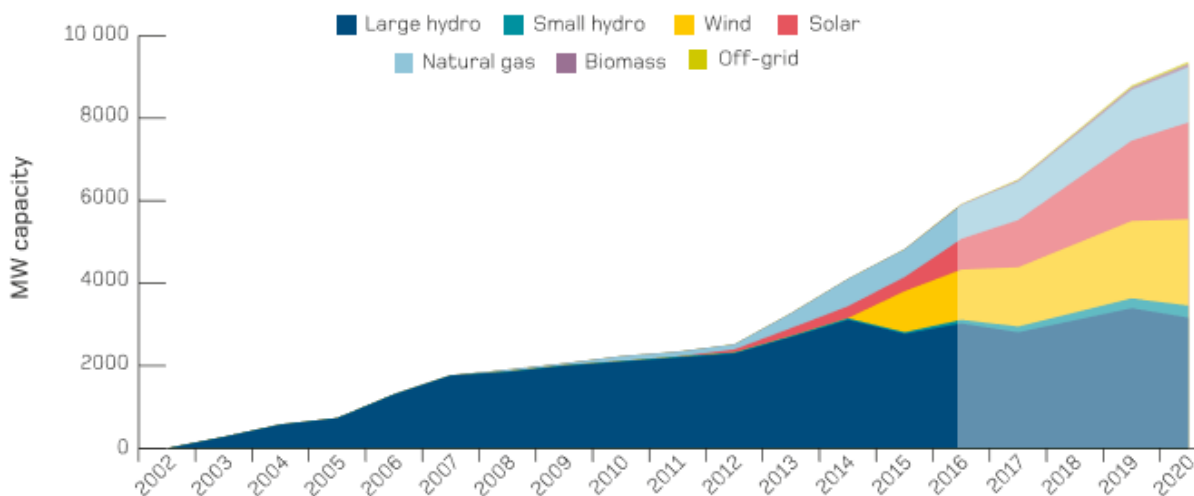


Figur 41: Norfunds investering per området 2010, 2015 og 2020 [113].

For norske nedstrøms aktører innen solenergi, aggregering og lagring vil avanserte elmarkeder som de europeiske, nordamerikanske og enkelte asiatiske markeder være de mest attraktive. Statkraft har gjennom sin venture-arm investert i Zolar, et selskap som selger solceller på nett. Et annet eksempel er at Otopo konkurrerer i samme kategori i Sverige og er på vei inn i flere europeiske land.

Norske selskaper bidrar også til å tilby elektrisitet til de som enda ikke har slik tilgang. Kube og SunErgy utvikler for eksempel mikrogridsystemer til flyktingeleirer og fjerntliggende landsbyer, mens Bright Products og Brighterlite leverer såkalte pico-systemer som sørger for lys og lading av mobiltelefoner der hvor kundene har lavt forbruk.

Solkraft har vist seg å være den aller mest kostnadseffektive teknologien når det gjelder elektrifisering og man kan forvente god vekst innen dette markedet fremover. I 2016 var investeringene i solenergi globalt på 113,7 milliarder USD [7], allerede på samme nivå som vindenergi. Norfund (Norwegian Investment Fund for Developing Countries), for eksempel, har samarbeidet flere år allerede med Scatec Solar og ser for seg større investeringer i solenergi i fremtiden.



Figur 42: Norfunds forventet vekst i fornybar effekt 2016 - 2020 [113].

Norske vannkraftselskaper har også skaffet seg en internasjonal posisjon i fornybar strøm (Asia, Latin Amerika, Afrika). På grunn av solkrafts prisutvikling og kompleksitet av vannkraftprosjektene (miljømessige og sosiale krav, konstruksjonstid, osv.), ser flere nøye på utvikling av solbransjen og mulighet til kombinasjon av energikilder. I tillegg til den raske utviklingen av flytende solkraftteknologi, som passer spesielt bra med vannkraft (montering på reservoar og hybride vann/sol prosjekter). Nettverk og forståelse av det globale energimarkedet er et markedsfortrinn som skaper muligheter. Noen av de store norske konsulentene har tilbudt

energirelaterte tjenester i de samme geografiske områdene for flere år og er godt posisjonert for å støtte markedet (norske og internasjonale aktører) med teknisk, økonomisk, miljømessig og juridisk rådgivning.

---

*«På grunn av solkrafts prisutvikling vannkraftprosjektene kompleksitet, ser flere norske vannkraftselskaper nøye på utvikling av solbransjen og mulighet til kombinasjon av energikilder»*

---

Den sterke koblingen mellom solceller og elbiler, samt Norges unike posisjon i elbilmarkedet, gjør Norge til et potensielt stort marked for smarte energistyringssystemer for husholdninger og næringsbygg som inkluderer solceller og elbiler. Det blir spennende å følge videre utvikling ved at norske netteiere og tjenesteleverandører utvikler løsninger for smarte energistyringssystemer, og om disse vil kunne utvikle seg til å bli konkurransedyktig internasjonalt.

Norge er også posisjonert i forsyning av flere forskjellige deler av solsystemet, med en sterk energieffektiv metallurgisk industri som for eksempel Elkem Solar som produserer superrent silisium til solcelleindustrien eller Norwegian Crystals med monokrystallinske wafere. Flere land som Japan eller Frankrike allerede setter krav i dokumentert CO<sub>2</sub>-avtrykket i de store offentlige anbud. Både effektive produksjonsprosesser og den norske energimiksen gjør produksjon i Norge konkurransedyktig i det globale markedet. Vi forventer sterkere miljøsertifisering og krav til produkter, spesielt på segmenter som BIPV i utviklede land.

### 6 KONKLUDERENDE BETRAKTNINGER

Både det globale og norske markedet for solenergi er i kraftig vekst, og mye tyder på at lyse tider for bransjen selv om markedet har flere elementer av usikkerhet.

- Globalt forventes markedet for solkraft å vokse kraftig. Drivere som fallende kostnader, kritiske støttemekanismer og økende strømpriser er med på å åpne stadig nye markeder der solenergi anses som attraktivt. I noen markeder er solenergi allerede billigere enn naturgass, kull og vannkraft og den globale gjennomsnittsprisen på solkraft forventes å ta igjen kullkraft over hele verden i løpet av det neste tiåret, ifølge Bloomberg New Energy Finance. Også i 2017 ble det satt nye rekorder, hvor bud på solauksjoner var nede på rekordlave 1,79 US cents/kWh. Tyngdepunktet i markedet går mot land som USA, Kina og India.
- Det norske hjemmemarkedet for solkraft er fortsatt i en relativt tidlig fase, men man ser økt etterspørsel fra både nærings- og boligsegmentet. Veksten er til tross for lave kraftpriser og svake støttemekanismer for solkraft. 2017 har vært et rekordår for solkraft globalt med 99 GWp installert effekt, tilsvarende 26 % vekst fra året før. Den kraftige veksten de siste årene kan begrunnes med økt modenhet i markedet og teknologiutvikling, som har gitt betydelige kostnadsreduksjoner.
- Endring og vekst åpner for nye aktører. Digitaliseringen av kraftbransjen er gjeldende både globalt og i Norge. Det er flere eksempler på at norske bedrifter er raske til å ta til seg og utvikle ny teknologi via innovasjonsprosjekter, og flere av de presenterte globale trendene har allerede gjenklang i Norge. Ettersom vi har et liberalt strømmarked og i et globalt perspektiv et velutviklet nett og moden elbilpark, er mye tilrettelagt for å få erfaring i ny teknologi fra hjemmemarkedet og ta fremtredende posisjoner før en ev. velger å ta ut løsningene globalt.

---

*«Globalt forventes markedet for solkraft å vokse kraftig. Drivere som fallende kostnader, kritiske støttemekanismer og økende strømpriser er med på å åpne stadig nye markeder der solenergi anses som attraktivt. I noen markeder er solenergi allerede billigere enn naturgass, kull og vannkraft»*

---

Noen kortsiktige utfordringer er usikkerhet i hvordan det norske markedet vil respondere på endringene i rammebetingelser og markedsutvikling, og hvor prisnivået må ligge for at det brede markedet ønsker å installere solceller alene eller som sol i systemet. Noen eksempler på spørsmål som kan stilles:

- NVEs forslag om effekttariff basert på abonnert effekt vil gjøre det noe mindre lønnsomt å ha solceller og elbil som ikke styres smart, og det er ikke lenger gitt at kostnadsreduksjonene for solceller i privatusmarkedet vil fortsette som før. Hvordan vil privatmarkedet reagere på dette?
- Hvordan vil næringsmarkedet respondere på utfasingen av grønne elsertifikater i Norge?
- I hvor stor grad vil innovasjonsprosjektene som pågår innen forretningsmodeller, smart grid, smart bygg og smart by føre til modne produkter som rulles ut i markedet, og vil de oppleves attraktive for brede deler av det norske markedet?
- Vil effekttariffene/andre rammebetingelser og støtteordninger bli store nok og batterier billige nok til at forretningsmodeller for smart styring av sol og batterier blir lønnsomme innen 5 år?
- Fremtidige energikrav til bygninger har potensiale til å bli en spesielt stor driver for det norske solmarkedet, men hvordan vil «nesten nullenergi-bygg» defineres av norske myndigheter?
- Hvordan vil tilgangen til risikovillig kapital og kompetente investorer være fremover, og i hvor stor grad vil investorene finne det attraktivt å investere i solenergi?

- Vil politikere legge tilstrekkelig til rette for et godt hjemmemarkedet for produktutvikling og demonstrasjon av nye produkter og tjenester, for å klare en vellykket kommersialisering hjemme og internasjonalt?

Det er vanskelig å spå fremtiden for solenergibransjen i Norge. Selv om det i en periode med endring og markedsstyrt vekst naturlig nok er mange usikkerheter, er det flere poeng som skaper trygghet og taler for lyse tider for bransjen:

- Noen av de mer forutsigbare aktørene for det grønne skriftet antas å være offentlige bedrifter, foregangsbedrifter fra privatmarkedet og fremoverlente privatkunder, som angir et visst markedsvolum.
- Fallene komponentkostnader gjør at prisfall fortsatt er ventet i større anlegg, der monteringskostnadene utgjør en mindre andel av totalkostnaden.
- Utviklingen i bygningsintegreerte moduler (BIPV) og arbeidet som gjøres i BIPV Norge vil bidra til standardiserte produkter og mange gode lønnsomhetscaser for BIPV i Norge, der tilleggskostnaden for å velge sol fremfor andre fasadematerialer blir liten, null eller negativ. I tillegg kommer inntjeningen fra produsert solkraft.
- Av pågående og fremtidige innovasjonsprosjekter vil det sannsynligvis komme flere eksempler på nye, kule og brukervennlige teknologiske løsninger som mange kommer til å trykke til sitt bryst.
- Flere av driverne har usikker vekst, men likevel stabilitet. Selv om det er usikkert hvor strenge energikrav til bygg blir, vil sannsynligvis ikke energikravene bli mindre enn de har vært. Selv om det er usikkert hvorvidt eller hvor mye kostnader for privathus vil synke fremover, vil sannsynligvis ikke kostnadene gå opp, med en mulig unntak for svingninger i kronekursen. Selv om det er usikkert hvor mye strømprisene stiger fremover, er det lite trolig at de vil gå ned.
- Barrierene for å bygge ut sol har blitt generelt redusert siden 2014, inkludert flere viktige felt som kostnad, generell folkelig kompetanse og estetikk.
- Lønnsomhetscasen for sol har blitt betydelig styrket de siste årene. Eksempler på lønnsomhetsvurderinger for sol for privathusholdning og næringsbygg er gjort ved hjelp av nåverdimetoden, og viser at en internrente på over 5 % kan oppnås i både privatsegmentet og næringssegmentet med dagens prisnivå og tariffstrukturer, når forventet økning i strømpris og nettleie mot 2040 legges til grunn
- Med lokale markedsplasser for energi og smarte energistyringssystemer i bygg og områder blir solenergi del av et større system der flere aktører enn før har interesse av at solenergi lykkes. Markedsutviklingen viser en trend der solkraft skaper et marked for lagring og smart effektstyring, som igjen skaper et marked for nye forretningsmodeller.

---

*«Lønnsomhetscasen for sol har blitt betydelig styrket de siste årene. Eksempler på lønnsomhetsvurderinger for sol for privathusholdning og næringsbygg er gjort ved hjelp av nåverdimetoden, og viser at en internrente på over 5 % kan oppnås i både privatsegmentet og næringssegmentet med dagens prisnivå og tariffstrukturer»*

---

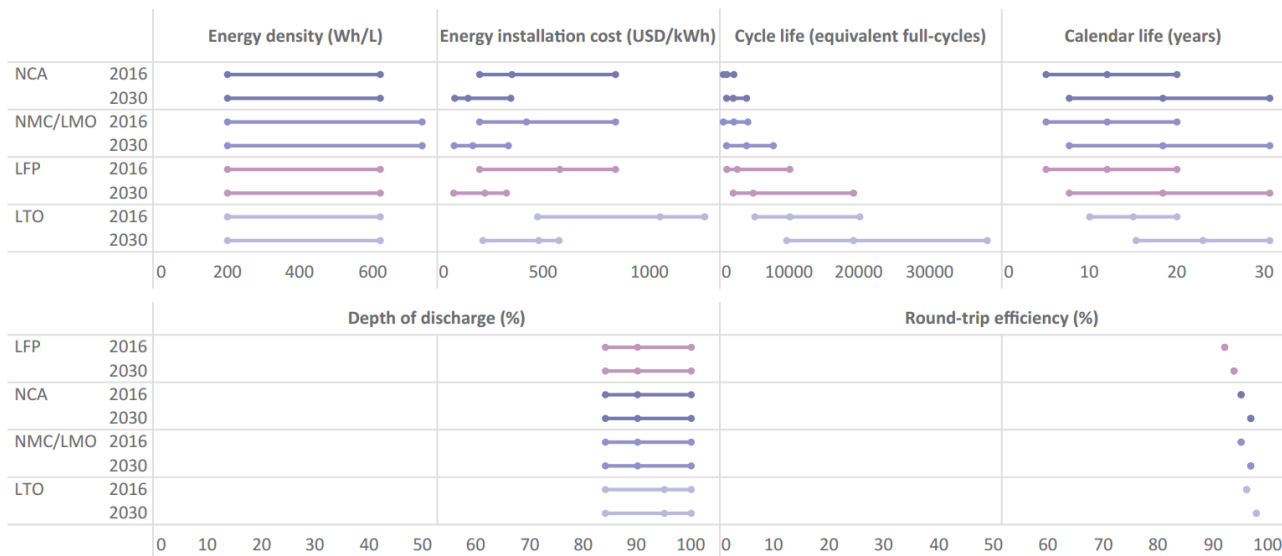
Alt i alt mener vi sannsynligheten er stor for at solmarkedet i Norge har gode tider foran seg. Våre presenterte prognoser varierte fra 3 000 MWp til 6 000 MWp installert solkraft i 2030, som tilsvarer en årlig produksjon på 2,3-4,8 TWh. Potensiale for utbygging av solenergi i Norge er langt større. Dersom alle tak i forventet bygningsmasse i 2030 dekkes av

solceller, tilsvarer dette ca. 19 TWh årlig produksjon. Denne produksjonskapasiteten kan bygges helt uten noen naturinngrep.

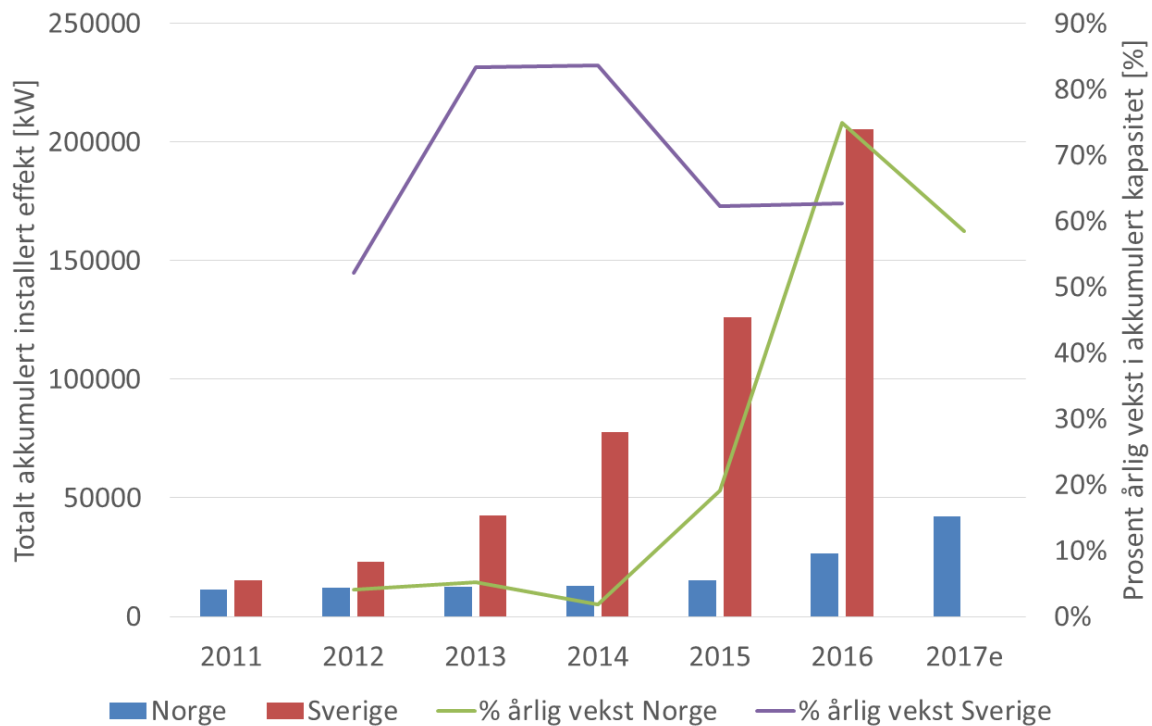
Generelt forventes Norge å styrke sin posisjon i det globale markedet i flere segmenter. Allerede i dag finnes det flere norske selskaper som utvikler både stor- og småskala solkraftverk internasjonalt, og metallurgisk industri har vist før at de evner å holde følge i hard konkurranse og prispress i det internasjonale markedet. Ettersom eksponentiell vekst forventes i mange år fremover i de fleste områder i verden, danner dette en betydelig markedsmulighet for norske selskaper. Konkurransen er imidlertid utrolig tøff og det er helt essensielt at den norske solenergibransjen gjennom fortsatt forskning, utvikling og kompetansebygging klarer å opprettholde og å styrke de konkurransefordelene den allerede har.

**VEDLEGG A**

Vedlegget viser figurer som er henvist til fra hoveddokumentet.



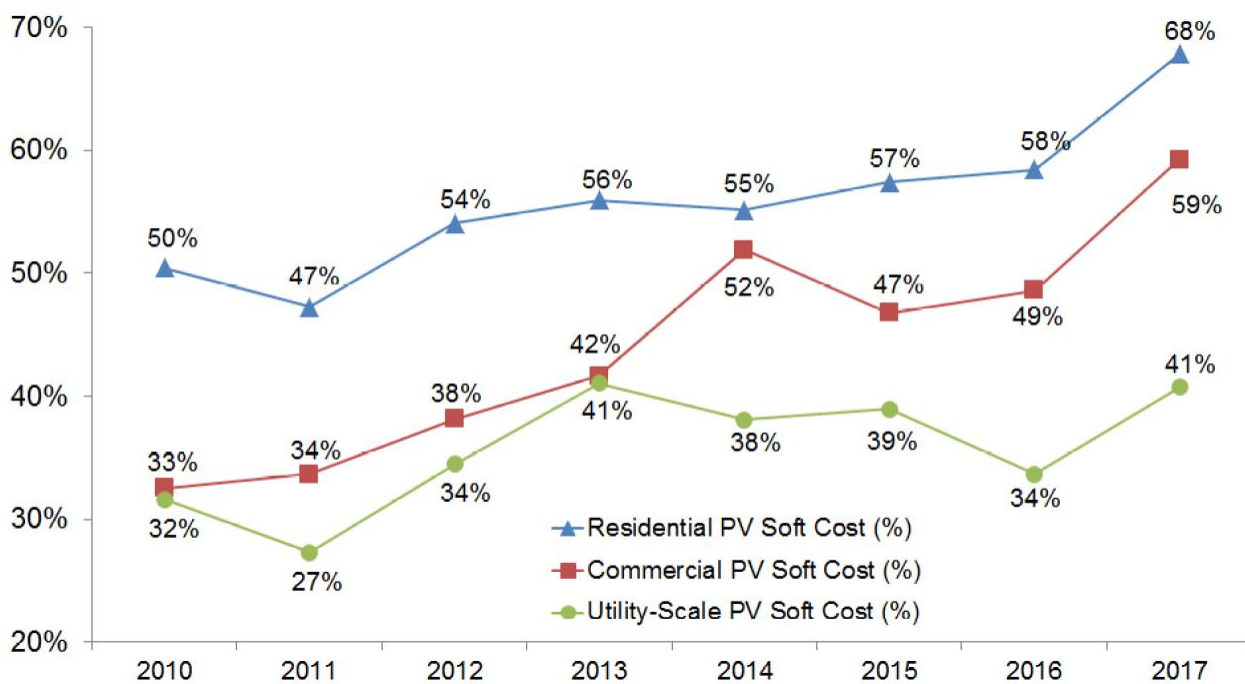
Figur 43: Predikasjon av utvikling i pris og ytelse for et utvalg Li-ion batteriteknologier 2016 vs 2030



Figur 44: Akkumulert installert effekt og vekst av solkraft i Norge og Sverige, 2011-2017

## Solcellesystemer og sol i systemet

Kartlegging og strategisk satsing for Solenergi klyngen



Figur 45: Andel "soft costs" av de totale kostnadene for solcelleanlegg i USA, perioden 2010-2017 [33]



### BIBLIOGRAFI

- [1] Multiconsult, Interviewee, [Intervju].
- [2] Solenergiklyngen, «Om Prosjektet,» 2017. [Internett]. Available: <http://solenergiklyngen.no/om-prosjektet/>. [Funnet 30 November 2017].
- [3] NVE, «Plusskunder,» 07 Desember 2017. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/nettjenester/nettleie/tariffer-for-produksjon/plusskunder/>. [Funnet 12 Desember 2017].
- [4] IEA PVPS Task 14, «Transition from Uni-Directional to Bi-Directional Distribution Grids,» 2014. [Internett]. Available: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=294>. [Funnet 15 Desember 2017].
- [5] J. Widen, «Operational Strategies for Battery Storage Systems in Low-voltage Distribution Grids to Limit the Feed-in Power of Roof-mounted Solar Power Systems.,» *Energy Procedia*, 46:114-123, 2014.
- [6] Grenntech Media, «10 Trends That Will Shape the Global Solar Market in 2018,» 31 Januar 2018. [Internett]. Available: [https://www.greentechmedia.com/articles/read/solar-trends-2018-gtm-research#gs.QmJ\\_IXE](https://www.greentechmedia.com/articles/read/solar-trends-2018-gtm-research#gs.QmJ_IXE). [Funnet 12 Februar 2018].
- [7] REN21, «Renewables 2017 Global Status report,» REN21 Secretariat, Paris, 2017.
- [8] IEA, «Renewables 2017,» Market Report Series, 4 October 2017. [Internett]. Available: <https://www.iea.org/renewables/>. [Funnet 28 November 2017].
- [9] Energifakta Norge, «Kraftproduksjon,» Olje- og energidepartementet, 09 September 2017. [Internett]. Available: <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftforsyningen/>. [Funnet 28 November 2017].
- [10] REN21, «Renewables 2016 Global Status Report,» REN21 Secretariat, Paris, 2016.
- [11] M. Bjørn Thorud, «Hva er det med distribuert solenergi,» *POF - Praktisk Økonomi og Finans*, Vol. %1 av %22016-3, pp. 297-313, 2016.
- [12] Accenture & WWF, «Mot lysere tider: Solkraft i Norge - Fremtidige muligheter for verdiskapning,» Oslo, 2016.
- [13] Dagens Næringsliv, «Slakter IEA-rapport,» 04 October 2017. [Internett]. Available: <https://www.dn.no/nyheter/2017/10/04/0900/Energi/slakter-iea-rapport>. [Funnet 15 November 2017].
- [14] New York Times, «Today's Energy Jobs Are in Solar, Not Coal,» 25 April 2017. [Internett]. Available: <https://www.nytimes.com/interactive/2017/04/25/climate/todays-energy-jobs-are-in-solar-not-coal.html>. [Funnet 03 November 2017].
- [15] Bloomberg (Bloomberg New Energy Finance), «Solar Could Beat Coal to Become the Cheapest Power on Earth,» 03 January 2017. [Internett]. Available: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-01-03/for-cheapest-power-on-earth-look-skyward-as-coal-falls-to-solar>. [Funnet 01 November 2017].
- [16] CleanTechnica, «"The Birth of a New Era in Solar PV" - Record Low Cost on Saudi Solar Project Bid,» 7 October 2017. [Internett]. Available: <https://cleantechnica.com/2017/10/07/the-birth-of-a-new-era-in-solar-pv-record-low-cost-on-saudi-solar-project-bid/>. [Funnet 29 November 2017].
- [17] New Energy update, «Dubai solar price drop points to EPC-driven markets,» 22 June 2016. [Internett]. Available: <http://analysis.newenergyupdate.com/pv-insider/dubai-solar-price-drop-points-epc-driven-markets>. [Funnet 29 November 2017].
- [18] PV-Tech, «Balance of system costs key to further solar system cost reductions says IRENA study,» 15 June 2016. [Internett]. Available: <https://www.pv-tech.org/news/balance-of-system-costs-key-to-further-solar-system-cost-reductions-says-ir>. [Funnet 29 November 2017].

- [19] IRENA, «Dramatic Price Drops For Solar & Wind Electricity Set To Continue,» 15 June 2016. [Internett]. Available: <http://www.irena.org/newsroom/articles/2016/Jun/Dramatic-Price-Drops-For-Solar--Wind-Electricity-Set-To-Continue>. [Funnet 27 November 2017].
- [20] Fortune, «Change the world,» 2017. [Internett]. Available: <http://fortune.com/change-the-world/list/>. [Funnet 14 November 2017].
- [21] Solar Power Europe, «Global Market Outlook For Solar Power 2017-2021,» 2017. [Internett]. Available: <http://www.solarpowereurope.org/reports/global-market-outlook-2017/>. [Funnet 10 October 2017].
- [22] Forbes, 23 Desember 2011. [Internett]. Available: <https://www.forbes.com/sites/marketnewsvideo/2011/12/23/sunpower-to-acquire-total-solar-unit-total-buys-sunpower-shares/#7960e4866e28>. [Funnet 4 Desember 2017].
- [23] Forbes, «Why Apple Energy is a wake-up call for business,» 16 June 2016. [Internett]. Available: <https://www.forbes.com/forbes/welcome/?toURL=https://www.forbes.com/sites/energysource/2016/06/16/why-apple-energy-is-a-wake-up-call-for-businesses/&refURL=https://www.bing.com/&referrer=https://www.bing.com/>. [Funnet 14 November 2017].
- [24] Teknisk Ukeblad, «Elbileiere vil gjerne ha solceller på taket,» 23 Juli 2016. [Internett]. Available: <https://www.tu.no/artikler/elbileiere-vil-gjerne-ha-solceller-pa-hustaket/349653>. [Funnet 14 November 2017].
- [25] McKinsey, «Getting serious about blockchain,» May 2017. [Internett]. Available: <https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/getting-serious-about-blockchain>. [Funnet 01 November 2017].
- [26] Accenture, «The (R)Evolution of Money - Blockchain empowered digital currencies,» 2017. [Internett]. Available: [https://www.accenture.com/t20171106T103306Z\\_\\_w\\_/no-en/\\_acnmedia/PDF-63/Accenture-Evolution-Money-Blockchain-Digital-Currencies.pdf#zoom=50](https://www.accenture.com/t20171106T103306Z__w_/no-en/_acnmedia/PDF-63/Accenture-Evolution-Money-Blockchain-Digital-Currencies.pdf#zoom=50). [Funnet 01 November 2017].
- [27] Power Compare, «Bitcoin Mining Now Consuming More Electricity Than 159 Countries Including Ireland & Most Countries In Africa,» 2017. [Internett]. Available: <https://powercompare.co.uk/bitcoin/>. [Funnet 2 Desember 2017].
- [28] E24, «Japan lanserer digital valuta for å beskytte seg mot Jack Mas Alipay,» 26 September 2017. [Internett]. Available: <http://e24.no/boers-og-finans/digital-valuta/japan-lanserer-digital-valuta-for-aa-beskytte-seg-mot-jack-mas-alipay/24149892>. [Funnet 11 November 2017].
- [29] Forbes, «Bracing For Blockchain: Distributed Ledgers Poised To Drive Adoption Of Distributed Generation,» 27 Juni 2016. [Internett]. Available: <https://www.forbes.com/sites/williampentland/2016/06/27/bracing-for-blockchain-distributed-ledgers-poised-to-drive-adoption-of-distributed-generation/2/#c3f9e0212cf9>. [Funnet 01 November 2017].
- [30] IRENA, «Electricity Storage and Renewables: Cost and Markets to 2030,» October 2017. [Internett]. Available: <http://www.irena.org/publications/2017/Oct/Electricity-storage-and-renewables-costs-and-markets>. [Funnet 10 November 2017].
- [31] IEA PVPS, «National Survey Report of PV Power Applications in Norway,» 11 Desember 2016. [Internett]. Available: <http://iea-pvps.org/index.php?id=3>. [Funnet Desember 2016].
- [32] Ø. I. P. T. 1. r. Holm, «Markedsutviklingen solceller i Norge 2016 – kommentarer,» 2017. [Internett]. Available: <http://www.multiconsult.no/assets/Kommentarer-til-Markedsutviklingen-2016.pdf>. [Funnet 6 September 2017].
- [33] NREL, «U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017,» 2017. [Internett]. Available: <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/68925.pdf>. [Funnet 8 Desember 2017].

- [34] dinside.no, «Kraftige kaffemaskiner kan øke nettleien din,» 19 September 2017. [Internett]. Available: <http://www.dinside.no/okonomi/kraftige-kaffemaskiner-kan-oke-nettleien-din/68705845>. [Funnet 30 November 2017].
- [35] THEMA Consulting Group, «TCG Insight 3-2015: The Sun has to rise for many more years before PV becomes competitive in Norway,» 2015. [Internett]. Available: <http://www.thema.no/wp-content/uploads/2015/02/TCG-Insight-2015-3-PV-Outlook-Nordics.pdf>. [Funnet 30 November 2017].
- [36] Statistisk sentralbyrå, «Høyere strømpriser for husholdningene,» 24 November 2017. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/hoyere-strompriser-for-husholdningene--330787>. [Funnet 12 Februar 2018].
- [37] IEA PVPS, «National Survey Report of PV Power Applications in Norway 2015,» [Internett]. Available: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=93>. [Funnet 2 Desember 2017].
- [38] Teknisk Ukeblad, «Fornybareksporten øker - men veksttakten må opp,» 19 October 2017. [Internett]. Available: <https://www.tu.no/artikler/fornybareksporten-oket-men-veksttakten-ma-opp/410120>. [Funnet 04 November 2017].
- [39] Teknisk Ukeblad, «Norsk fornybareksport øker, mens markedet synker – her er de ti største selskapene,» 19 Oktober 2017. [Internett]. Available: <https://www.tu.no/artikler/de-norske-eksportorene-vinner-markedsandeler/409458>. [Funnet 02 Desember 2017].
- [40] NHO, «Elkem Solar fikk Næringslivets klimapris 2017,» 31 Oktober 2017. [Internett]. Available: <https://www.nho.no/Politikk-og-analyse/Energi-og-klima/elkem-solar-fikk-naringslivets-klimapris-2017/>. [Funnet 13 Februar 2018].
- [41] IFE - Institutt for energiteknikk, 03 Oktober 2016. [Internett]. Available: <https://www.ife.no/no/ife/avdelinger/solenergi/prosjekter/dynatec-lav-energi-produksjonsreaktor-for-silisium>. [Funnet November 2017].
- [42] Tungt.no, «Dynatec Engineering med banebrytende metode!,» 07 April 2017. [Internett]. Available: <http://www.tungt.no/maskinregisteret/dynatec-engineering-med-banebrytende-metode-2015636>. [Funnet 13 Februar 2018].
- [43] Steuler Solar, «Ny generasjon digler gir solcellene økt strømutbytte,» 04 Juni 2015. [Internett]. Available: <https://www.heroya-industripark.no/aktuelt/Ny-generasjon-digler-gir-solceller-med-oekt-stroemutbytte>. [Funnet 12 Februar 2018].
- [44] Institutt for energiteknikk, «Norske markedsmuligheter i de globale, fornybare verdikjedene,» IFE, Kjeller, 2016.
- [45] Teknisk Ukeblad, «Norsk fornybareksport øker, mens markedet synker - her er de ti største selskapene,» 19 October 2017. [Internett]. Available: <https://www.tu.no/artikler/de-norske-eksportorene-vinner-markedsandeler/409458>. [Funnet 30 October 2017].
- [46] Multiconsult; Analyse&Strategi, «Fra forskningsresultat til marked,» Energi21, Oslo, 2016.
- [47] Energi 21, «Strategy 2014 - National strategy for research, development, demonstration and commercialisation of new energy technology,» Energi 21, 2014.
- [48] Forskningsrådet, «Om forskningsentre for miljøvennlig energi,» 10 10 2017. [Internett]. Available: [https://www.forskningsradet.no/prognett-energiserter/Om\\_sentrene/1222932140880](https://www.forskningsradet.no/prognett-energiserter/Om_sentrene/1222932140880). [Funnet 25 10 2017].
- [49] Enova, «Enovas Årsrapport 2016,» [Internett]. Available: <https://www.enova.no/om-enova/om-organisasjonen/publikasjoner/>. [Funnet 14 November 2017].
- [50] EU, «Horizon 2020 - The EU Framework Programme for Research and Innovation,» 2017. [Internett]. Available: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>. [Funnet 12 Desember 2017].
- [51] Norsk solenergiforening, «Om solenergi: Støtteordninger,» [Internett]. Available: <https://www.solenergi.no/sttteordninger>. [Funnet 10 Desember 2017].

- [52] Norsk solenergiforening, «Hva mener vi,» [Internett]. Available: <https://www.solenergi.no/hva-mener-vi>. [Funnet 10 Desember 2017].
- [53] ENOVA, [Internett]. Available: <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/solenergi/el-produksjon/>.
- [54] Enova. [Internett]. Available: <https://www.enova.no/bedrift/bygg-og-eiendom/>.
- [55] Regjeeringen, «Elsertifikatordningen,» 27 Juni 2017. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/fornybar-energi/elsertifikater1/id517462/>. [Funnet 10 Desember 2017].
- [56] NVE, «Elsertifikater,» 5 Desember 2017. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/energiforsyning-og-konsesjon/elsertifikater/>. [Funnet 10 Desember 2017].
- [57] Regjeringen, «Enighet om svensk utvidelse av elsertifikatsystemet,» 19 April 2017. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/enighet-om-svensk-utvidelse-av-elsertifikatsystemet/id2549653/>. [Funnet 30 November 2017].
- [58] A. Borgersrud. [Internett]. Available: <http://www.dagsavisen.no/oslo/na-er-det-slutt-pa-oslo-stotte-til-solcellepaneler-1.1063402>.
- [59] Vestfold fylkeskommune, «Tilskuddsordning for klimatiltak,» 1 September 2017. [Internett]. Available: <https://www.vfk.no/Aktuelt/Tilskuddsordning-for-klimatiltak/>. [Funnet 10 Desember 2017].
- [60] EU, «Energy: Buildings,» [Internett]. Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>. [Funnet 20 Desember 2017].
- [61] FutureBuilt, «<https://www.futurebuilt.no/content/download/5859/55357>,» [Internett].
- [62] d. f. e. i. E. N. Sigrid Hjørnegård, Interviewee, *Mailkorrespondanse*. [Intervju]. 28 Februar 2018.
- [63] NVE, 04 May 2017. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/sluttbrukermarkedet/ny-teknologi-og-forbrukerfleksibilitet/>. [Funnet 15 November 2017].
- [64] Elhub, «Om Elhub,» 2017. [Internett]. Available: <http://elhub.no/nb/om-elhub>. [Funnet 20 Oktober 2017].
- [65] Elhub, 29 09 2017. [Internett]. Available: <http://elhub.no/nb/nyheter/oppdatert-plan-og-lansering-for-elhub>. [Funnet 25 10 2017].
- [66] NVE, «Enklere å produsere strøm selv,» 04 05 2017. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-elmarkedstilsyn/enklere-a-produsere-strom-selv/>. [Funnet 27 10 2017].
- [67] The Norwegian Smartgrid Centre, [Internett]. Available: [http://smartgrids.no/demo\\_norge/](http://smartgrids.no/demo_norge/). [Funnet 14 November 2017].
- [68] eSmart Systems, «Empower 2015-2017,» [Internett]. Available: <https://www.esmartsystems.com/references/projects/empower/>. [Funnet 15 November 2017].
- [69] «EMPOWER Project reaches important milestone,» 3 Juli 2017. [Internett]. Available: <https://www.esmartsystems.com/newsroom/empower-project-reaches-important-milestone/>. [Funnet 15 November 2017].
- [70] Enova, «Bygg og Eiendom: Introduksjon av ny teknologi i bygg og områder,» [Internett]. Available: <https://www.enova.no/bedrift/bygg-og-eiendom/introduksjon-av-ny-teknologi-i-bygg-og-omrader/>. [Funnet 15 November 2017].
- [71] Enova, «Samspill for grønn områdeutvikling,» [Internett]. Available: <https://www.enova.no/bedrift/bygg-og-eiendom/tema/samspill-for-gronn-omradeutvikling/>. [Funnet 15 November 2017].
- [72] THEMA Consulting Group, 2016. [Internett]. Available: [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016\\_38.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_38.pdf). [Funnet 15 November 2017].

- [73] U.S Department of Energy, «Microgrid Definitions,» [Internett]. Available: <https://building-microgrid.lbl.gov/microgrid-definitions>. [Funnet 14 November 2017].
- [74] Smart Innovation Norway, «Åpnet Norges første og eneste mikromarked,» 6 September 2017. [Internett]. Available: <http://smartinnovationnorway.no/forskning/apnet-europas-forste-mikrogrid/>. [Funnet 1 Oktober 2017].
- [75] E. v. M. Fosbakken, Interviewee, [Intervju]. 14 November 2017.
- [76] Enova, «Pilotene – disse går foran,» [Internett]. Available: <https://www.enova.no/privat/smartestrommalere-ams/pilotene--disse-gar-foran/>. [Funnet 15 November 2017].
- [77] Lyse, «Det har aldri vært enklere å produsere sin egen strøm,» 2017. [Internett]. Available: <https://sol.lyse.no/>. [Funnet 14 November 2017].
- [78] LOS, «Los lanserer sol i samarbeid med Otovo,» 2017. [Internett]. Available: <https://www.los.no/om-los/nyheter-fra-los/los-lanserer-sol-i-samarbeid-med-otovo/>. [Funnet 14 November 2017].
- [79] Trønderenergi, «Bli din egen strømprodusent.,» 2017. [Internett]. Available: <https://tronderenergi.no/sol>. [Funnet 14 November 2017].
- [80] Smart Energi, «Smart Energi - Hjem,» 2017. [Internett]. Available: <https://www.smartenergi.com/>. [Funnet 14 November 2017].
- [81] E24, «Statoil kaster seg på solbølgen,» 4 Oktober 2017. [Internett]. Available: <http://e24.no/energi/statoil/statoil-kaster-seg-paa-solboelgen-skal-bygge-solkraftanlegg-i-brasil-med-scatec-solar/24155527>. [Funnet 15 November 2017].
- [82] Scatec Solar, «Scatec Solar and Statoil to establish partnership in Brazil,» 4 Oktober 2017. [Internett]. Available: <http://www.scatecsolar.com/Investor/Stock-exchange-notices/Scatec-Solar-and-Statoil-to-establish-partnership-in-Brazil>. [Funnet 20 Desember 2017].
- [83] Elkjøp, «Otovo og Elkjøp skal selge solceller i butikk,» [Internett]. Available: <http://www.bygg.no/article/1326317>. [Funnet 15 November 2017].
- [84] Enova, «Energisystem,» [Internett]. Available: <https://www.enova.no/bedrift/energisystem/>. [Funnet 15 November 2017].
- [85] NVE, «Høring - forslag til endringer i forskrift om kontroll av nettvirksomhet,» 30 November 2017. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/om-nve/regelverk/lov-og-forskriftsendringer-pa-horing-ikke-konsesjonssaker/horing-forslag-til-endringer-i-forskrift-om-kontroll-av-nettvirksomhet-tariffer/>. [Funnet 4 Desember 2017].
- [86] Norgesgruppen, «NORGESGRUPPEN SKAL BLI KLIMANØYTRAL,» [Internett]. Available: <http://www.norgesgruppen.no/presse/artiklar/miljoansvar/innovativ-miljosatsing/>. [Funnet 15 November 2017].
- [87] Norgesgruppen, [Internett]. Available: <https://www.losenergy.com/globalassets/los-energy2/kundeseminar/161122.-energy-day/2.-los-energy-day---fra-konsument-til-prosument---asko-ved-andre-tangerud.pdf>. [Funnet 15 November 2017].
- [88] Powerhouse, [Internett]. Available: <http://www.powerhouse.no/om/>. [Funnet 15 November 2017].
- [89] Entra, «Om Entra: Miljø,» [Internett]. Available: <https://entra.no/about/article/miljo/14>. [Funnet 15 November 2017].
- [90] Entra, «Grønt lønnsomt for Entra,» 07 Februar 2014. [Internett]. Available: <http://www.bygg.no/article/1183431>. [Funnet 15 November 2017].
- [91] Prognosesenteret for Enova, «Potensial- og barrierestudien Boligbygg,» 2011.
- [92] Multiconsult for Enova, «Potensial- og barrierestudien Næringsbygg,» 2011.
- [93] Thema Consulting for NVE, «Analyse av energibruk i kontorbygg,» 2013.
- [94] Multiconsult for NVE, «Analyse av energibruk i forretningsbygg,» 2013.

- [95] Multiconsult for NVE , «Analyse av energibruk i undervisningsbygg,» 2014.
- [96] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, «Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift),» 2010. [Internett].
- [97] Enova, «Potensial- og barrierestudie - Energieffektivisering av norske boliger,» Enova, 2012.
- [98] Enova, «Potensial- og barrierestudie - Energieffektivisering i norske yrkesbygg,» Enova, 2012.
- [99] Solenergiklyngen / Multiconsult, «Markedsundersøkelse: Barrierer og muligheter innen byggsektoren for å ta i bruk solenergi i Norge,» Kunnskapsbyen Lillestrøm / OREEC - Solenergiklyngen, Lillestrøm, 2014.
- [100] DN, «Snøhetta-hytte til 1,3 mill.,» 12 Oktober 2017. [Internett]. Available: <https://www.dn.no/d2/2017/10/12/1505/Arkitektur/snohetta-hytte-til-13-mill.> [Funnet 11 Desember 2017].
- [101] Statnett, «Langsiktig markedsanalyse,» Oktober 2016. [Internett]. Available: <http://www.statnett.no/Global/Dokumenter/Nyheter%20-%20vedlegg/Nyheter%202016/Langsiktig%20markedsanalyse%20Norden%20og%20Europa%2016%e2%80%932040.pdf>. [Funnet Desember 2017].
- [102] NVE, «Kraftmarkedsanalyse 2017 - 2030,» Oktober 2017. [Internett]. Available: [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017\\_79.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017_79.pdf). [Funnet Desember 2018].
- [103] EnergiNorge, «Økte elavgift i statsbudsjettet for 2016,» 26 November 2015. [Internett]. Available: <http://energinorge.nsp01cp.nhosp.no/energi-og-klima/oekt-elavgift-i-statsbudsjettet-for-2016-article10998-437.html>. [Funnet 11 Desember 2017].
- [104] Statnett, «Norwegian Energy Certificate System,» [Internett]. Available: <http://necs.statnett.no/WebPartPages/AveragePricePage.aspx>. [Funnet Desember 2017].
- [105] IEA PVPS and PA Energy, «<http://www.iea-pvps.org/index.php?id=146>,» 27 September 2016. [Internett]. Available: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=146>. [Funnet 30 November 2017].
- [106] IEA PVPS og Swedish Energy Agency, «National Survey Report of PV Power Applications in Sweden,» 2016. [Internett]. Available: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=146>. [Funnet 30 November 2017].
- [107] Eurostat , «Energy Price Statistics,» July 2016. [Internett]. Available: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy\\_price\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_price_statistics). [Funnet 30 November 2017].
- [108] IEA, «Global EV Outlook 2017,» 2017. [Internett]. Available: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf>. [Funnet 30 November 2017].
- [109] Regjeringen, «Bygningsenergidirektivet (recast),» 30 April 2015. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2009/mars/bygningsenergidirektivet-recast/id2434671/>. [Funnet 30 November 2017].
- [110] NVE, «Elektrisitetsforbruk i Norge frem mot 2030,» 8 Juni 2016. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/energibruk-og-effektivisering/energibruk-i-norge/elektrisitetsbruk-i-norge-mot-2030/>. [Funnet 30 November 2017].
- [111] K. B. L. e. al., «Large scale introduction of Zero Energy Buildings in the Nordic Power System,» 13th European Energy Market Conference, EEM 2016. Porto, Portugal, 2016. [Internett]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/304022500\\_Large\\_scale\\_introduction\\_of\\_Zero\\_Energy\\_Buildings\\_in\\_the\\_Nordic\\_Power\\_System](https://www.researchgate.net/publication/304022500_Large_scale_introduction_of_Zero_Energy_Buildings_in_the_Nordic_Power_System).
- [112] DNV GL, «Energy transition outlook 2017 - A global and regional forecast of the energy transition to 2050,» DNV GL, 2017.



Denne rapporten er utarbeidet for Arena Solenergiklyngen.

Arena Solenergiklyngen består av 60 partnere fra den norske solenergibransjen og 9 forsknings-og utdanningsinstitusjoner. Klyngen jobber for å skape bedre samarbeid mellom næringsliv, forskning og offentlige institusjoner.

Målet er å skape økt innovasjon, økt kompetanse, og flere grønne arbeidsplasser.

Solenergiklyngen bidrar til at norsk solenergibransje lykkes i markeder over hele verden.

Arena Solenergiklyngen har som mål å få status som Norwegian Centre of Expertise (NCE) for å jobbe målrettet mot verdiskapning gjennom samarbeid på lengre sikt

[www.solenergiklyngen.no](http://www.solenergiklyngen.no)

[www.facebook.com/solenergiklyngen](https://www.facebook.com/solenergiklyngen)

Forsidefoto: Kristin Svorte



Støttet av/supported by Norwegian Innovation Cluster  
[www.innovationcluster.no](http://www.innovationcluster.no)

**Interreg**  
Sverige-Norge

Europeiska regionala utvecklingsfonden



EUROPEISKA UNIONEN



**Multiconsult**