

MARKEDSRAPPORT

Norsk solkraft 2022 – innenlands og eksport



SOL
ENERGI
KLYNGEN

Multiconsult

RAPPORT

OPPDRAG	Markedsrapport for Solenergiklyngen	DOKUMENTKODE	10227618-01-RISol-RAP 001
EMNE	Norsk solkraft 2022 – innenlands og eksport	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Solenergiklyngen	OPPDRAGSLEDER	Oda Andrea Hjelme
KONTAKTPERSON	Trine Kopstad Berentsen	UTARBEIDET AV	Oda Andrea Hjelme, Bjørn Thorud, Torje Evensen, Christian Gjæver Rendall, Øystein Holm, Hassan Gholami, Mette Kristine Kanestrøm, Trond Ivar Bøhn, Hilmar Øverås Dalen, Johannes Ryland Flesjø, Shreya Nagothu, Wolfgang Kappel, Maja Busch Sevaldsen, Trine Kopstad Berentsen, Lill-Torunn Kilde
		ANSVARLIG ENHET	10105030 Seksjon Sol og smart grid

Foto forside: ZEB bygget, Solcellespesialisten

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredje parter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.

SAMMENDRAG

Mengden solinnstråling som treffer Norge årlig er enorm og er langt større enn det totale energiforbruket og norsk eksport av olje og gass. Men i Norge bygges solkraft først og fremst på bygninger og derfor er det mer interessant å knytte en potensialstudie for solkraft i Norge opp mot bygningssektoren. Slike studier har vært gjennomført tidligere, men ikke med samme detaljeringsgrad som dette.

Hensikten med rapporten er å kartlegge potensialet for solkraft i Norge på bygg og noen andre områder hvor det allerede er gjort naturinngrep. Rapporten gjør også opp status på hvor mye av det totale potensialet som er utnyttet, samtidig som den peker på noen barrierer som kan forsinke utviklingen av solkraft i Norge. Rapporten presenterer også status på norsk eksport av solkraft med fokus på internasjonal aktivitet og aktuelle markeder for norske solenergiaktører samt EUs ambisjoner for solkraft.

Dagens anstrengte kraftsituasjon med tørke i Sør-Norge (og Europa) har vist sårbarheten med et vannkraftbasert kraftsystem. Lite regn blir imidlertid ofte fult av mye sol og solkraft vil kunne bidra positivt i samspill med andre fornybare energikilder som vann- og vindkraft. Fram mot 2030 vil den nordiske energisituasjonen bli strammere og i Norge er energibehovet og tilgjengelig produksjonskapasitet ujevnt fordelt over landet. Solkraften kan bidra med energi i en «vårknipe» med lite vann i magasinene, og i perioder med lite vindkraft, fordi vindkraft og solkraft sjeldent har maksimal produksjon samtidig.

Situasjonen i Norge i dag er slik at det er lav tetthet av solkraftanlegg og dermed relativt få utfordringer med kapasitet i kraftnettet. Med økende andel solkraft i energiforsyningen vil imidlertid utfordringene tilta. Noen av nett-utfordringene knyttet til høy grad av solkraftproduksjon kan imidlertid løses ved aktiv bruk og styring av vekselrettere.

I 2021 utgjorde årlig solkraftproduksjon en promille av Norges totale kraftproduksjon. Potensialet for solkraft er derimot stort. Resultater fra kartleggingen av det tekniske potensialet for solkraft på tilgjengelige tak og fasader i Norge anslår et potensial på ca. 87,1 GWp som tilsvarer en årlig kraftproduksjon på ca. 65,6 TWh/år. Det er høyest teknisk potensialet på Østlandet (NO1). Til sammenligning utgjør utbygd vannkraft og vindkraft henholdsvis 138,3 TWh/år og 15,8 TWh/år. Det er grunn til å tro at det i tillegg er betydelig potensial for å utnytte «grått land» eller «beslaglagt mark» (arealer som allerede er berørt av menneskelig aktivitet) til solkraftproduksjon. Resultater fra kartleggingen viser at det tekniske potensialet for solkraft på jordbruksareal som kan være ute av drift, parkeringsplasser og avsluttede deponier ligger på 144,1 GWp, som tilsvarer en årlig kraftproduksjon på ca. 133,3 TWh/år. Til sammen vil da teknisk potensial for solkraft på bygg og solkraft på beslaglagt mark utgjøre ca. 231,2 GWp og 199,0 TWh/år.

Teknisk potensial for solkraft på bygg i Norge er beregnet basert på tilgjengelig tak- og veggareal for solceller på bygg hvor det er gjort generelle betraktninger for hvor stor andel av tak og fasade som kan benyttes til solkraft. Det er videre gjort generiske beregninger av produksjonspotensial for de ulike prisområdene i Norge i henhold til lokale klimaforhold. Underlaget for beregningene er basert på kartdata hvor det er innhentet arealtall for samtlige bygninger i Norge og således utgjør grunnlaget den mest nøyaktige kartleggingen som er gjort i Norge hittil. Tidligere studier som har basert seg på databaser over «oppvarmet» areal, men denne kartleggingen inkluderer også bygg uten oppvarming som for eksempel garasjer.

EU har de to siste årene kommet med massive ambisjoner for utvikling av det Europeiske kraftsystemet mot 2050. Med lanseringen av «The European Green Deal» i slutten av 2019 som inkluderer dokumenter som EUs industristrategi, «Renovation wave», «Circular Economy Action Plan», «Farm to Fork» og en lang rekke flere, samt regelverkspakken "Fit for 55" som kom i juli 2021, satte EU opp tempoet i fornybaromstillingen i Europa, og 2022 skulle vise seg å øke det enda mer.

For Solkraftbransjen i Norge er det viktig at videre vekst bidrar med ny kraftproduksjon på en bærekraftig måte og at veksten skjer med god kvalitet. Samtidig er det i dagens anstrengte kraftsituasjon nødvendig å skaffe mye kraft på kort tid slik at kraftbalansen bedres og strømprisene holdes nede. Solenergiklyngen har,

basert på innspill fra sine egne medlemmer, konkludert med at manglende kunnskap og arbeidskraft i hele verdikjeden utgjør to av de viktigste hindrene mot videre vekst av norsk solkraftbransje. Det er ikke bare utfordringer hos leverandør og installatør, men i hele verdikjeden. En annen viktig flaskehals for raskere utbygging er hindringer i regelverket. Utviklingen av solkraft i Norge kunne hatt en annen hastighet dersom det ble stilt krav i regelverk som Byggteknisk forskrift (TEK) og Plan og bygningsloven (PBL) i henhold til overordnet målsetning fra blant annet EU. Bærekraftig vekst med god kvalitet kan sikres gjennom:

- Klimakrav og krav til solceller i regelverk som Byggteknisk forskrift (TEK) og Plan og bygningsloven (PBL) i henhold til overordnet målsetning fra blant annet EU.
- Delingsløsninger for solkraft som gjør det lønnsomt å bygge ut solkraft utover eget strømforbruk
- Det etableres en ordning for deling av strøm også i næringslivet (tilsv. Borettslag) slik at det kan etableres mikronett med lokal energiproduksjon og energilagring som muliggjør lokale energiløsninger
- Øke/fjerne grensen på 500 kWp for deling av solkraft i høringsnotatet fra RME og Skatteetaten.
- Grensen for plusskunde endres fra 100 kW til en individuell tilpassing hvor effektstørrelsen på hovedsikringen til bygget gjøres gjeldende.
- Økt og bedret utdanningstilbud for å øke kunnskapen om solkraft i hele verdikjeden. Hele verdikjeden trenger også økt tilgang på arbeidskraft. Solkraft må inn i læreplanen for yrkesfaglig utdanning i bygg- og elektrofag. Tilbudet for ingeniører må også utvides.
- Klare veiledere og prosesser for utviklere av storskala solkraft knyttet til blant annet konsesjonsprosessen og nettilknytning. Forenklede vilkår eller unntak for konsesjonsplikt for alle solcelleanlegg tilknyttet bygg.
- Det er også et ønske om at støtten fra Enova opprettholdes.

FORORD

Det er en tid for alt. Nå er det solkraftens tid. Både i verden og i Norge. Den store kraftkrisen går ikke over med det første, og vi behøver et paradigmeskifte. Ikke bare fordi planeten vår langsomt går til grunne, men nå begynner folk og bedrifter å kjenne kraftkrisen på kroppen. Og det ser ut til at det er det som må til for at endringer skjer. Globalt sett vokser solkraft og vindkraft mest av alle energiteknologier, og man er enige om at det er her kraften skal komme fra i fremtiden. For få år siden ble det billigere å bygge ut solkraft enn å få strøm fra de fossile kraftverkene.

Så hva med Norge? Strømkrisen har rammet Norge fordi vi er en del av et europeisk strømmarked. Strømprisen går i taket og det kommer radikale forslag som å bygge ut gasskraftverk og satse på kjernekraft. Eller hva med å kutte utelandskablene? Forslagene er mange. Det finnes en enklere måte å løse krisen på. Det er å bygge ut ny kraft og bruke den smart. Her er solkraft unik og den er her nå. Det er ingen annen kraftkilde som kan bygges ut så raskt. Det er gjort på uker og måneder, ikke år. Hvis vi vil.

Denne rapporten viser hvilket enormt potensial vi har for solkraft her i Norge. Den svarer også på hvilke tekniske og regulatoriske utfordringer som står i veien for å bygge ut mest mulig solkraft. Selv om markedet for solkraft i Norge vokser, så går det langt tregere enn det kunne ha gjort. Vi ligger for eksempel flere år etter svenskene. Mye handler om utdaterte regler som var laget for en annen tid. Den gang vannkraft var eneste kraftkilde og hadde monopol i Norge. Men det er nok ikke første gang teknologien løper foran reguleringene, og sikkert ikke siste. Det betyr at det mulig å gjøre noe med det. Vi må sørge for at det blir gunstigere å bygge ut mest mulig solkraft, og produsere mest mulig kilowatt timer fra sola. Overskuddet du får fra produksjonen må så kunne deles både innenfor og utenfor en eiendom. Dette vil også bidra til å redusere investeringer i nettet og bidra til mindre tap av strøm som ellers må fraktes langt. For å få dette til må myndighetene legge til rette gjennom å fjerne regulatoriske hindringer.

Denne rapporten svarer på et behov for å gi oppdatert kunnskap og informasjon om solkraftens potensial. Sist vi lagde en så omfattende rapport ble det pensum i skolen flere steder. Mangel på kunnskap om solkraft har vi definert som den viktigste flaskehalsen for vekst i solmarkedet i Norge. Finansiering gjennom prosjekter fra Viken Fylkeskommune, Oslo Kommune og klyngeprogrammet i regi av Innovasjon Norge har vært viktig. Jeg ønsker å anerkjenne det arbeidet som er gjort av teamet hos Multiconsult og i Solenergiklyngen med denne rapporten. Jeg ønsker også å anerkjenne det arbeidet som gjøres av våre partnere i Solenergiklyngen med å bygge opp en norsk solbransje og jobbe med kunnskap for at beslutningstagere og andre skal se mulighetene innenfor norsk solbransje både i Norge og internasjonalt.

God lesning folkens!



Trine Kopstad Berentsen,
adm. direktør, Solenergiklyngen

INNHOLDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	3
Forord	5
Forkortelser	8
Definisjoner	8
1 Innledning	9
1.1 Bakgrunn for rapporten	9
1.2 Potensialet for norsk solkraft	9
1.2.1 Norske solenergiressurser	9
1.2.2 Potensialet for norsk solkraft sett opp mot utbygd vann- og vindkraft	9
1.3 Rapportens oppbygning	10
2 Solkraftens plass i det norske energisystemet	11
2.1 Solkraftens bidrag til energibalansen	11
2.2 Integrasjon av solkraft i kraftnettet	13
3 Teknisk potensial for solkraft i Norge	15
3.1 Solkraft på bygg	15
3.1.1 Tak- og veggareal på bygg i Norge	15
3.1.2 Generiske beregninger av produksjonspotensial på tak og vegger	19
3.1.3 Produksjonspotensial i bygg	22
3.1.4 Usikkerhet	26
3.2 Solkraft på beslaglagt mark	26
3.2.1 Jordbruksareal som kan være ute av drift	27
3.2.2 Parkeringsområder	28
3.2.3 Avsluttede deponier	29
3.2.4 Generiske beregninger av produksjonspotensial på beslaglagt mark	29
3.2.5 Produksjonspotensial i beslaglagt mark	30
3.3 Samlet solkraftpotensial på bygg og beslaglagt mark	32
4 Solkraftbransjen i Norge fram til 2022	33
4.1 Markedsstatistikk	33
4.1.1 Fra kilowatt- til megawatt-klassen	33
4.1.2 Markedssegmenter	36
4.2 Solkraft som en del av strategien i norske bedrifter	38
5 EUs ambisjoner for solkraft	40
5.1 RePowerEU	40
5.2 EUs solstrategi	40
5.2.1 Arbeidsplasser og kompetansepartnerskap	41
5.2.2 Den industrielle verdikjeden skal hjem til Europa	41
5.3 Bærekraft	42
5.3.1 Økodesign og energimerking	42
5.3.2 Potensielt importforbud for produkter produsert gjennom tvangsarbeid	42
6 Norsk eksport av solkraft	43
6.1 Aktuelle markeder for norske solkraftaktører	43
6.1.1 Satsing på sol i EU	43
6.1.2 Andre markeder	44
6.2 Status på internasjonal aktivitet	44
6.3 Konkurransefortrinn for norske aktører	45
6.3.1 Prosessindustri	46
6.3.2 Norske solkraftaktører	47
7 Fremtidig utvikling av solkraft i Norge	49
7.1 Potensiell installasjon på nybygg og bygg med totalrehabilitering	49
7.2 Scenarier for fremtidig utvikling	50
7.2.1 Scenario 1 – Norsk vekst i solkraft tilsvarende vekst i andre land	50
7.2.2 Scenario 2 – Reguleringer med krav om solceller på nybygg og totalrehabiliteringer	51
7.2.3 Scenario 3 – 100 prosent årlig vekst frem til det tekniske potensialet er nådd	51
7.2.4 Scenario 4 – Tyskland sin målsetning i Norge	52

7.2.5	Scenario 5 – Gradvis avtagende årlig vekst fra 50 prosent de første årene.....	53
8	Barrierer mot utvikling i norsk solkraft.....	55
8.1	Kompetanse og ferdigheter	55
8.2	Lønnsomhet i prosjekter	55
8.2.1	Innkjøpspris og kraftpris	56
8.2.2	Elavgift og delingsløsninger	56
8.3	Regelverk	57
8.3.1	Byggteknisk forskrift (TEK)	58
8.3.2	Plan og bygningsloven (PBL)	58
8.3.3	EUs regelverk	59
8.3.4	Energiloven	59
8.4	Behandling av ny storskala solkraft	61
8.4.1	Konsesjonsprosessen	61
8.4.2	Nettilknytning	62
9	Oppsummering	63
10	Referanser	65

FORKORTELSER

PV	Photovoltaic
kWp	Kilowatt peak
MWp	Megawatt peak (= 1 000 kWp)
GWp	Gigawatt peak (= 1 000 MWp = 1 000 000 kWp)
kWh	kilowatttime
GWh	Gigawatttime (= 1000 000 kWh)
TWh	Terrawatttime (= 1000 GWh = 1 000 000 000 kWh)

DEFINISJONER

Merkeeffekt, kWp (kilowatt peak)

Ettersom kraftproduksjonen for en solcelle varierer med innstrålt solenergi, temperatur og strålingsspektrum, har man definert en standard målemetode for effekten til solceller. Betegnelsen kWp er altså et mål på solcellepanelets ytelse under STC (standard testbetingelser). Et anlegg som leverer 20 kW under STC har en installert effekt på 20 kWp.

Spesifikk ytelse, kWh/kWp/år

Angir strømproduksjonen (kWh) uavhengig av merkeeffekten til solcelleanlegget. I Stavangerregionen vil verdiene for spesifikk ytelse for aktuelle flater ligge i området 650-1000 kWh/kWp/år, avhengig av lokalisering og design. Spesifikk ytelse er analogt med begrepet «driftstimer» som brukes innenfor blant annet vindkraft og vannkraft (total årsproduksjon dividert på effekt).

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for rapporten

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag av Solenergiklyngen. Hensikten med rapporten er å kartlegge potensialet for solkraft i Norge på bygg og noen andre områder hvor det allerede er gjort naturinngrep. Rapporten gjør også opp status på hvor mye av det totale potensialet som er utnyttet, samtidig som den peker på noen barrierer som kan forsinke utviklingen av solkraft i Norge. Rapporten presenterer også status på norsk eksport av solkraft med fokus på internasjonal aktivitet og aktuelle markeder for norske solenergiaktører, samt EUs ambisjoner for solkraft.

Når Energimeldingen ble votert i Stortinget 10. juni 2022 ble det gitt ordre til Stortinget om å blant annet gjennomgå regelverk og begrensninger for solkraftutbygging og kartlegge potensialet for solenergiproduksjon på landbruksareal og eksisterende infrastruktur, som for eksempel parkeringsplasser. Dette viser at Stortinget anerkjenner at solkraft kan bidra positivt inn i det norske energisystemet.

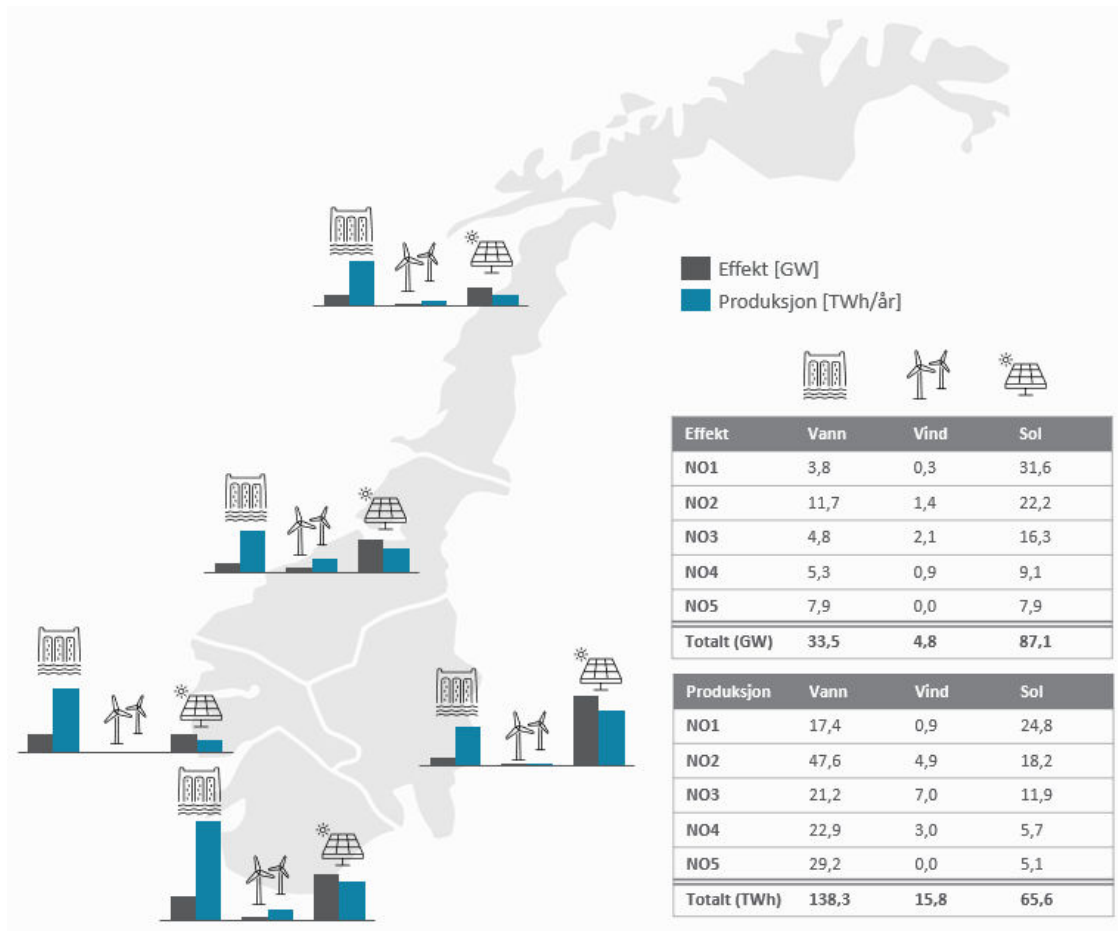
1.2 Potensialet for norsk solkraft

1.2.1 Norske solenergiressurser

Solinnstrålingen i Norge er bedre enn mange tror. Grovt estimert er solinnstrålingen på en horisontal flate om lag 600-1000 kWh/m²/år, med høyest solinnstråling på Sør- og Østlandet. Det jobbes nå med å forbedre datakvaliteten som viser solinnstrålingen i Norge. Solressursverdiene som blant annet benyttes til å bestemme produksjonspotensialet for solkraft i Norge er upresise fordi Norge ligger langt nord hvor målinger utført med geostasjonære satellitter blir mindre nøyaktige. I forskningsprosjektet SUNPOINT utvikles bedre datagrunnlag, verktøy og analyser for evaluering av norske solressurser og vil tilrettelegge for mer presise og tilgjengelige energiberegninger for solkraft i Norge [1]. Prosjektet vil trolig konkludere neste år (2023). Selv om solinnstrålingen er varierende i Norge, er det ikke det som påvirker lønnsomheten mest – det er kraftprisen.

1.2.2 Potensialet for norsk solkraft sett opp mot utbygd vann- og vindkraft

Utbygd solkraft i Norge i dag utgjør bare en liten del av kraftproduksjonen i Norge. I 2021 utgjorde årlig solkraftproduksjon en promille av Norges totale kraftproduksjon [2]. Potensialet for solkraft er derimot stort. Resultater fra kartleggingen av det tekniske potensialet for solkraft på bygg (tak og fasader) i hele Norges bygningsmasse anslår et potensial på 87,1 GWp som tilsvarer en årlig kraftproduksjon på ca. 65,6 TWh. Til sammenligning utgjør utbygd vannkraft og vindkraft henholdsvis 138,3 TWh/år og 15,8 TWh/år [3] [4]. Utbygd vannkraft og vindkraft er sammenlignet med tekniske potensial for solkraft i Norges bygningsmasse per prisområde i Figur 1.



Figur 1: Utbygd vannkraft og vindkraft (per juni 2022 [4] [3]) og teknisk potensial for solkraft på bygg (tak og fasade) per prisområde. Østlandet (NO1), Sørlandet (NO2), Midt-Norge (NO3), Nord-Norge (NO4), Vestlandet (NO5).

1.3 Rapportens oppbygning

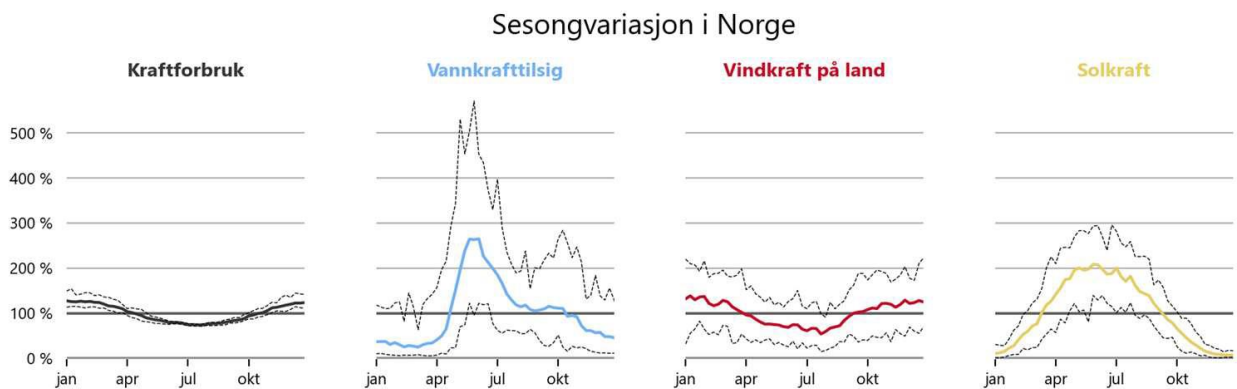
Solkraftens bidrag til energibalansen og integrasjon av solkraft i det norske kraftsystemet presenteres i kapittel 2. Kapittel 3 beskriver metoden som er benyttet til å kartlegge det tekniske potensialet for solkraft i bygningsmassen og resultatet av kartleggingen. I kapittel 3 presenteres også potensialet for solkraft på beslaglagt mark. Markedsstatistikk for solkraft fram til 2022 presenteres i kapittel 0. Kapittel 5 oppsummerer EUs ambisjoner for solkraft og kapittel 6 beskriver potensielle markeder, status på internasjonal aktivitet og konkurransefortrinn for norske aktører utenfor Norge. Teorier om framtidig utvikling av solkraft i Norge diskuteres i kapittel 7 og kapittel 8 peker på noen barrierer som kan forsinke utviklingen av norsk solkraft.

2 Solkraftens plass i det norske energisystemet

Noen sentrale årsaker til at det er attraktivt for aktører å satse på solkraft i Norge er overgangen til det grønne skiftet, elektrifisering med økt kraftbehov, forbedret teknologi og reduserte kostnader for solcelleanlegg samt høyere og mer varierte kraftpriser. Disse faktorene danner bakteppet for ønsket om å kartlegge potensialet for solkraft i Norge. Forskningsmiljøene, systemoperatørene og andre har fokus på å undersøke mulighetsrommet som ligger i samspillet mellom solkraft og andre energikilder, og hvordan kraftnettet bør driftes og planlegges med en økende andel uregulerbar kraftproduksjon.

2.1 Solkraftens bidrag til energibalansen

Solkraft er en variabel energikilde hvor energiproduksjonen er avhengig av solinnstrålingen. Solceller kan derfor ikke produsere høyere effekt enn solinnstrålingen tillater, men derimot kan effekten reguleres ned dersom det er nødvendig. Produksjonsegenskapene til solkraftanlegg har derfor flere likhetstrekk med elvekraftverk og vindkraftverk. Det er derfor nødvendig å se på samspillet mellom solkraft og andre energikilder for å sikre effekt- og energibalansen. Sesongprofiler relativt til gjennomsnittet for forbruk, vanntilslig, vindkraft og solkraft i perioden 1979-2019 er vist i Figur 2. De striplede linjene viser historisk maks- og minimumsnivå. I en «vårknipe» som kjennetegnes av lave temperatur på våren som gir sen snøsmelting står man i fare for å ha lite vann i magasinene. I denne perioden vil solkraft kunne bidra positivt til energibalansen.

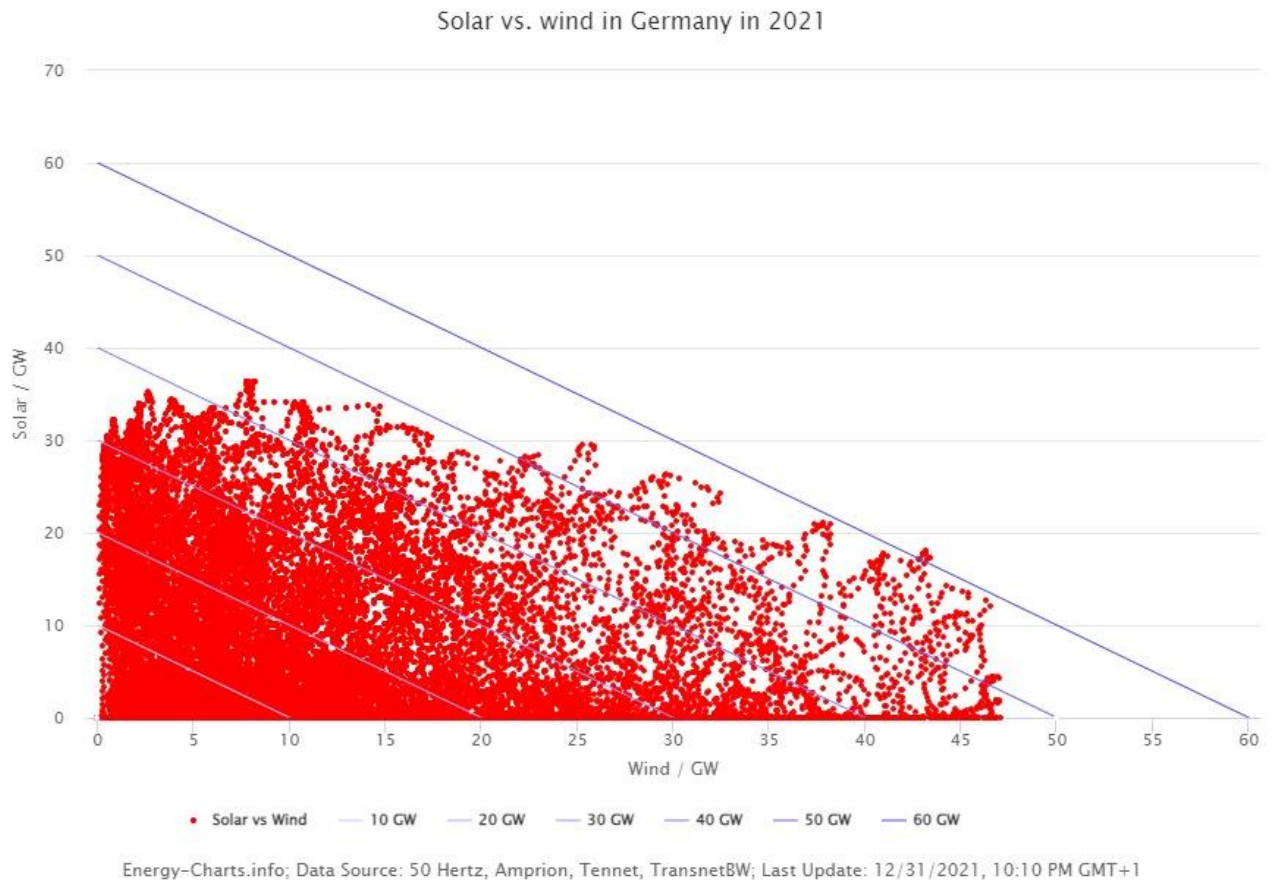


Figur 2: Sesongprofiler for forbruk, tilslig, vindkraft og solkraft i forhold til gjennomsnittet samt observert historisk maks- og minimumsnivå i perioden 1979-2019. De striplede linjene viser historisk maks- og minimumsnivå i samme periode [5].

Solkraft kan også bidra positivt i samspillet med vindkraft. Vindkraften har typisk en produksjonsprofil med høyere produksjon i vinterhalvåret enn i sommerhalvåret, mens solenergiproduksjonen er høyest i sommerhalvåret. I perioder der samme værtype preger store deler av Nord-Europa vil vindfattige perioder typisk føre til høyere etterspørsel etter annen type kraftproduksjon som solkraft [5]. Høytrykk gir lite nedbør og lite eller ingen vind samt mindre skyer og dermed høyere solkraftproduksjon. På den måten kan solkraft bidra positivt i samspill med vindkraft.

Samspillet mellom sol- og vindkraft er ikke kartlagt for Norge, men for Tyskland kan man hente frem figuren som er vist nedenfor via «Energy-Charts» [6]. I figuren er total sol- og vindkraftproduksjon for hele Tyskland plottet for hvert 15ende minutt gjennom et helt år. Hvert punkt representerer hhv solkraftproduksjon (y-aksen) og vindkraftproduksjon (x-aksen). I figuren ser man at det er høy tetthet

blant målepunktene tettere mot y-aksen og dette illustrerer at det ofte er mye solkraft når det er lite vindkraft. Det er videre høy tetthet langs med x-aksen (lite solkraft) og dette viser at det ofte er mye vind når det er lite solkraft. Figuren viser også at sol- og vindkraft sjelden har høy kraftproduksjon samtidig. Selv om figuren viser forholdene for Tyskland kan man anta at de samme premissene vil gjelde for Norge.



Figur 3: Samlet sol- og vindkraftproduksjon i Tyskland for hvert 15. minutt i 2021. Hvert punkt representerer aktuell solkraftproduksjon (y-aksen) og vindkraftproduksjon (x-aksen). Som det fremgår av figuren er det ofte mye solkraft når det er lite vind og motsatt. [6]

Solkraft bidrar lite til å dekke effekttoppene på vinteren, men vil likevel ha et positivt bidrag i flere tilfeller. De kaldeste dagene sammenfaller ofte med mindre tilsig av vann og vind enn gjennomsnittet mens det er mer sol enn normalen på disse dagene. Solcelleanlegg montert på fasader vil bidra til mer produksjon om vinteren fordi solen står lavere i tillegg til at refleksjon fra snøen kan utnyttes bedre.

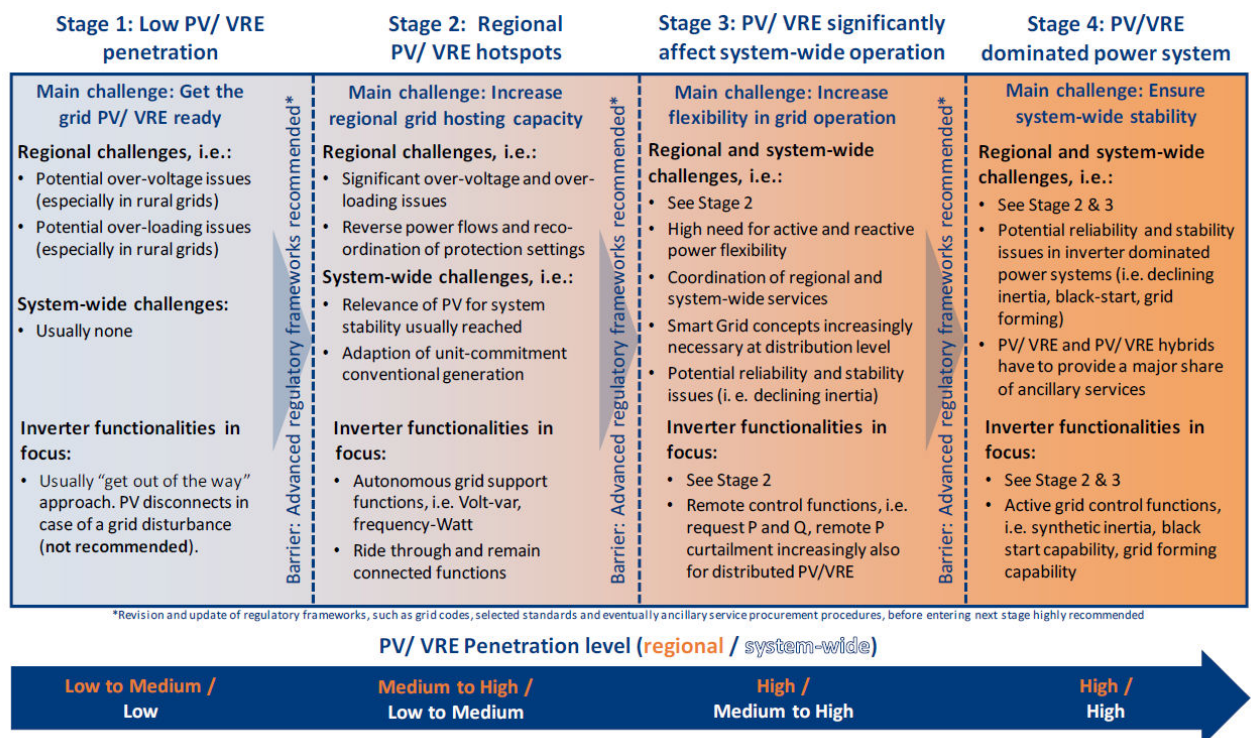
Fram mot 2030 vil den nordiske effekt-situasjonen bli strammere. Effektbehovet og tilgjengelig produksjonskapasitet er ujevnt fordelt over landet. NO1 og delvis NO3 kjennetegnes av lav tilgjengelig produksjonseffekt, mens områdene NO4, NO5 og NO2 vil ha nok produksjonseffekt til å dekke effektbehovet framover. [5] Figur 1 viser at det tekniske potensialet for solkraft i bygningsmassen i NO1 og NO3 er stort. Dette vil kunne bidra positivt til disse områdene med lav tilgjengelig produksjonseffekt.

Forskningsmiljøene har jobbet med energisystemer i mange år og jobber kontinuerlig med mulighetsrommet som ligger i samspillet mellom sol, vann, vind, forbruk og andre kilder. Sol og vind vil med årene ta over mer og mer av kraftproduksjonen og systemoperatørene jobber kontinuerlig med å drifte, bygge og planlegge kraftnettet mot en slik overgang.

2.2 Integrasjon av solkraft i kraftnettet

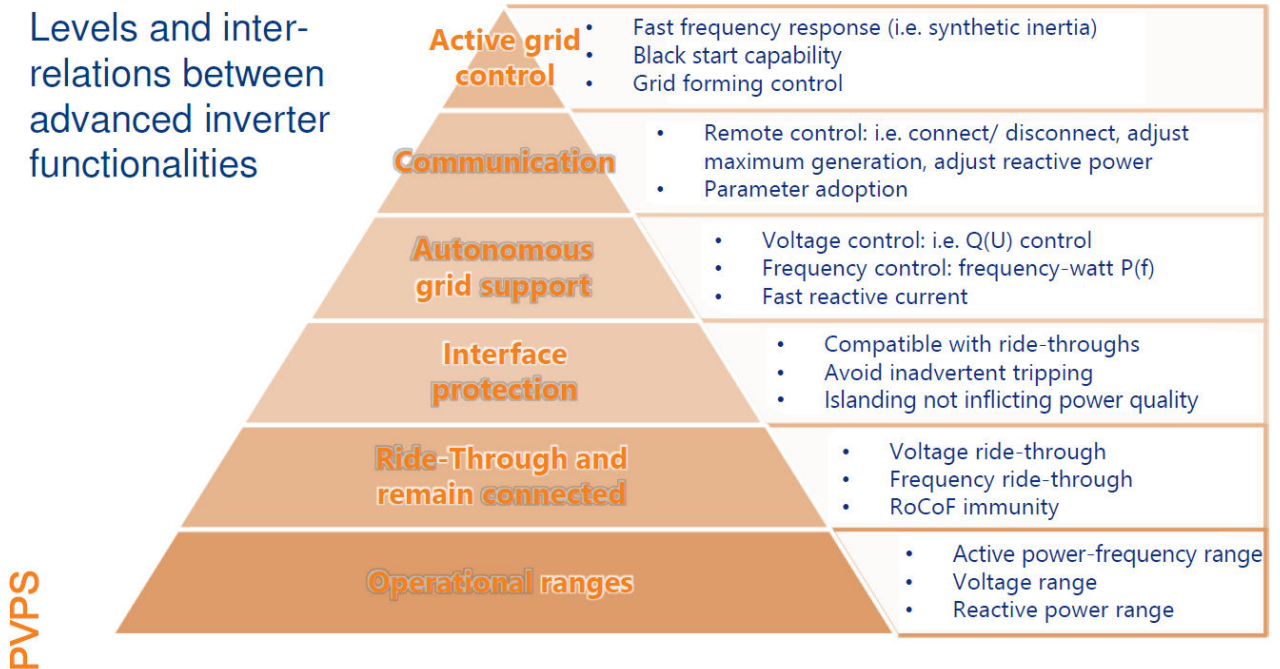
En økende andel solkraft i energisystemet kan gi kapasitetsproblemer i kraftnettet, dersom den lokale kraftproduksjonen i større grad overstiger det lokale forbruket. Dette gjelder i hovedsak områder med høy tetthet av solcelleanlegg eller store solkraftanlegg. Mindre solcelleanlegg med hoveddelen av den årlig produserte elektrisiteten bak måleren og mellomstore solcelleanlegg der maksimal solstrømproduksjon sammenfaller med strømforbruket vil i de fleste tilfeller ikke bidra til kapasitetsproblematikk. I tilfeller der maksimalt forbruk sammenfaller med solstrømproduksjonen kan solkraft bidra til å redusere effektbehovet og eventuelt utsette behovet for lokal kapasitetsforsterkning i nettet.

Situasjonen i Norge i dag er slik at det er lav tetthet av solkraftanlegg og dermed relativt få utfordringer med kapasitet i nettet. Med økende andel solkraft i energiforsyningen vil imidlertid utfordringene tilta. Denne rapporten presenterer et teknisk potensial for solenergiproduksjon uten sidestykke for bygningsmonterte solcellesystemer. Utbygges store deler av potensialet i samme område vil det skape en forsterkende effekt av overproduksjon som spesielt på sommeren vil mates ut på nettet. Figur 4 nedenfor viser hvordan IEA-PVPS Task 14 har valgt å klassifisere ulike tetthetsgrader av solkraft i kraftnettet samt hvilke utfordringer som er knyttet til de ulike stadiene. [7]



Figur 4: Klassifisering av ulike stadier av solkraftutbredelse samt hvilke tekniske utfordringer som er knyttet til hvert stadium i henhold til IEA PVPS Task 14. [7]

Noen av nett-utfordringene knyttet til høy grad av solkraftproduksjon kan imidlertid løses ved aktiv bruk og styring av vekselretterne tilknyttet solkraftanlegget. De aktuelle funksjonalitetene er vist i figuren nedenfor som er hentet fra rapporten «PV as an ancillary service provider» hvor løsninger og eksempler er diskutert i mer detalj [7].



Figur 5: Tekniske funksjoner ved solcelleveksettere som kan lette integreringen av solkraft i kraftsystemet. [7]

For storskala solkraft kan kapasitet i kraftnettet og avstand til nærmeste tilkoblingspunkt være en utfordring. Dersom potensialet for storskala solkraft skal utnyttes til det fulle vil en generell planlegging for distribuert kraftproduksjon med nødvendige kapasitetsforbedringer i nettet være nødvendig.

3 Teknisk potensial for solkraft i Norge

En viktig fordel for solkraft er at solcelleanlegg kan installeres nesten over alt. Solkraftproduksjonen avhenger av lyseksponeringen. Mengden solinnstråling som treffer Norge årlig er vesentlig høyere enn det totale energiforbruket og derfor er det mest interessant å vurdere potensialet for solkraft knyttet til arealene som vurderes som egnet for solkraft.

I dag domineres markedet av solcelleanlegg på bygg, men solceller kan også installeres på bakken, i støyskjermer langs vei og bane, over parkeringsplasser eller kombineres med jordbruk. Denne rapporten ser nærmere på det totale tekniske potensialet som er knyttet til hhv solceller på bygg og på annen beslaglagt mark. Merk at det potensialet for solkraft som presenteres her er det tekniske potensialet. Det er ikke gjort vurderinger av om det er økonomisk realiserbart å realisere hele potensialet, men en slik vurdering vil også være avhengig av utvikling av kostnader for systemkomponenter, installasjon og strømpriser. Med synkende priser for solcelleanlegg og/eller stigende priser for elektrisitet vil økonomisk realiserbart potensiale øke.

3.1 Solkraft på bygg

Teknisk potensial for solkraft på bygg i Norge er estimert basert på beregnet tilgjengelig tak- og veggareal for solceller per bygg og generiske beregninger av produksjonspotensial for de ulike prisområdene i Norge. Underlaget for beregningene er basert på kartdata hvor det er innhentet arealtall for samtlige bygninger i Norge og således utgjør grunnlaget den mest nøyaktige kartleggingen som er gjort i Norge hittil.

3.1.1 Tak- og veggareal på bygg i Norge

Beregning av tilgjengelig tak- og veggareal

Tilgjengelig takareal er beregnet ved å benytte fotavtrykket til alle bygg i Norge som grunnlag. Det antas at fotavtrykket til et bygg er representativt for byggets totale takareal. Beregningen av fotavtrykket til bygninger i Norge er samlet inn via geografiske kartdata med programvaren ArcGIS Pro. Datasett med Matrikkel Byggflate i FGD-format (filformat man lagrer GIS-data i) består av byggflater (fotavtrykk) av alle bygg i Norge og fra dette har man hentet ut «shape length» som er bygningens omkrets. Hver bygning har et sett med attributtverdier som presentert i **Feil! Fant ikke referanse kilden.** [8].

Tabell 1: Relevante attributtverdier med beskrivelse i Matrikkel Byggflate.

Navn	Beskrivelse
Bebygd areal [m ²]	Bebygd areal er arealet av 'fotavtrykket' til hele bygningen. Matrikkelens opplysning brukes der den finnes. Arealet hentes fra andre (Geodata)-kilder der det mangler i Matrikkelen.
Bygningstypekode / Bygningsgruppe (Tosiffernivå)	Kodeverdi for bygningstype. Denne koden forteller om det er et skolebygg, privatbolig, etc.
Antall etasjer	Angir antall etasjer i bygget

Standarden for bygningstype/Matrikkelen [9] viser inndeling av bygninger med bygningstypekode og bygningstypenavn etter bygningenes funksjon. Denne inndelingen har blitt koblet til byggflatene ved bruk av bygningstypekodene som koblingsnøkkel. Det vil si at hver byggflate er tilegnet et bygningstypenavn etter standard for bygningstype/Matrikkelen.

Byggflater og veggareal for alle byggtyper i Norge er fordelt på prisområdene. Det samlede bebygde arealet (fotavtrykket) og det samlede antall etasjer per bygningstype fremkommer av tabellene. Antall bygninger per bygningstype fremkommer også, slik at det er mulig å regne ut gjennomsnittsverdier. Dvs. fra av dette utledes per byggtipe gjennomsnittlig fotavtrykk, antall etasjer og omkrets.

Totalt tak- og veggareal

Tabell 2 nedenfor viser det totale fotavtrykket samt veggareal for bygg i Norge fordelt på de ulike bygningstypene. I de videre beregningene er dette igjen fordelt per prisområde. Det er benyttet enkelte geometriske data fra bygningsmodellene for bygningskategorier som ligger til grunn for energirammekrav i TEK17; etasjehøyde, andel vindusareal, takvinkel og lengde/bredde-forhold, for å beregne arealer til vegger, flate tak og skråtak.

Tabell 2: Det totale fotavtrykket og veggareal for bygg i Norge fordelt på ulike bygningstyper/bygningsgrupper).

Byggtype	Bygningskode	Fotavtrykk [m ²]	Antall bygg	Veggareal [m ²]
Enebolig	11	172 355 113	1 169 830	338 185 777
Tomannsbolig	12	20 224 195	170 618	42 861 465
Rekkehus, kjedehus, andre småhus	13	21 424 951	172 724	38 345 353
Store boligbygg	14	18 827 313	41 745	35 317 727
Bygning for bofellesskap	15	2 389 811	5 315	2 466 974
Fritidsbolig	16	43 854 895	458 017	57 190 368
Koie, seterhus og lignende	17	2 147 128	40 400	1 288 644
Garasje og uthus til bolig	18	64 540 906	1 284 358	76 837 787
Annen boligbygning	19	1 256 839	7 342	1 295 720
Industribygning	21	31 792 078	37 142	6 473 491
Lagerbygning	23	19 242 891	39 449	4 097 390
Fiskeri- og landbruksbygning	24	74 743 120	440 886	11 903 242
Kontorbygning	31	10 358 594	15 209	6 942 261
Forretningsbygning	32	19 394 789	21 969	8 564 574

Messe- og kongressbygning	33	164 096	106	130 893
Ekspedisjonsbygning, terminal	41	1 936 317	2 133	1 285 828
Garasje- og hangarbygning	43	1 807 268	2 871	1 575 054
Veg- og trafikktilsynsbygning	44	318 520	1 149	322 934
Hotellbygning	51	1 774 521	2 209	1 388 470
Bygning for overnatting	52	2 205 414	23 061	1 393 540
Restaurantbygning	53	1 326 675	4 846	844 630
Skolebygning	61	13 344 404	17 230	5 272 057
Universitet- og høyskolebygning	62	1 239 696	931	649 526
Museums- og biblioteksbygning	64	1 029 172	5 160	366 152
Idrettsbygning	65	5 420 213	8 632	4 075 762
Kulturhus	66	2 422 805	7 038	1 072 832
Bygning for religiøse aktiviteter	67	1 897 589	6 959	783 542
Sykehus	71	1 019 497	480	635 981
Sykehjem	72	3 683 192	3 517	2 022 942
Primærhelsebygning	73	826 880	1 509	481 370
Beredskapsbygning	82	419 364	860	160 303
SUM		543 388 246	3 993 695	654 232 591

Antakelser

Tak- og fasadeareal som kan utnyttes til solkraft vil i praksis være begrenset av en rekke bygningstekniske faktorer. Mange eneboliger har for eksempel piper, takstiger, takvinder og områder som ofte ligger i skyggen. Likeledes har mange næringsbygg utstyr som vifter, kjøleanlegg, osv. på takene sine. Tilgjengelig areal for solkraftproduksjon er derfor i praksis en god del mindre enn de totale arealene. Ideelt sett burde man derfor ha estimert det totale solkraftpotensialet i Norge ved å vurdere teknisk potensiale for hvert enkelt bygg, men med utgangspunkt i en bygningsmasse på ca. 4 millioner bygg vil dette være en for omfattende beregningsoppgave for rammen til dette prosjektet.

Det er derfor gjort en del forenklinger og antagelser basert på Multiconsults erfaringer for omregning fra totalt tak- og fasadeareal til areal tilgjengelig for solkraft. Disse antagelsene og forenklingene er listet opp nedenfor.

Takhelning og orientering:

- Småhus (enebolig, tomannsbolig, fritidsbolig, garasje etc.) antas å ha skråtak med 25 graders helning i gjennomsnitt.
- For boligblokker antas 50 % med skråtak og 50 % med flatt tak.
- Næringsbygg antas å ha flatt tak.
- Samlet areal for skråtak fordeler seg likt på hver av himmelretningene (gjennomsnitt).

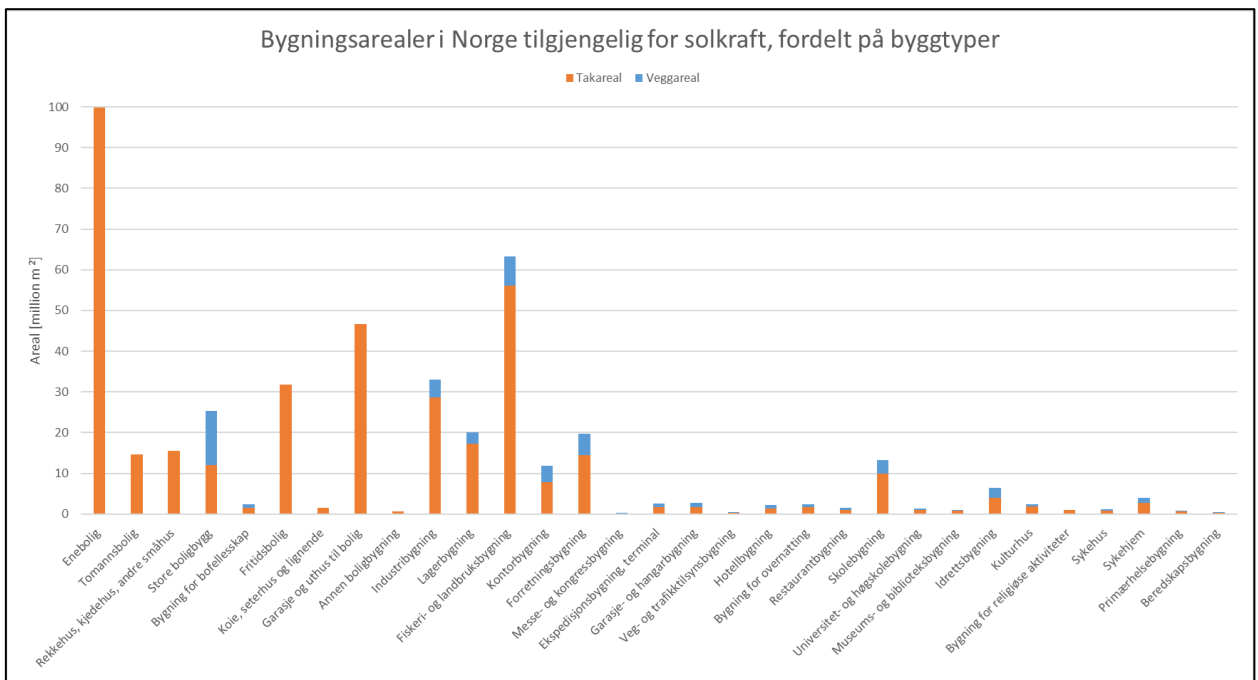
Takutnyttelse:

- Skråtak mot nord utnyttes ikke til solceller.
- Det antas at 30 % av skråtak ikke kan utnyttes grunnet pipe, luftkanaler/hetter, takstige, snøfangere og små/ukurante takflater (valmet tak etc).
- For flatt tak antas 50 % til østvendte og 50 % til vestvendte solceller montert i 10 graders vinkel.
- For flatt tak antas det at 25 % ikke kan utnyttes grunnet avstander til gesims, luftkanaler/hetter, takvinduer, samt tekniske installasjoner som ventilasjonsanlegg, evt. tørrkjølere mm, bortsett fra for industri/lager/ekspedisjonsbygning/hangar hvor det antas at kun 10 % ikke kan utnyttes.
- Det er ikke tatt høyde for eventuelle begrensninger i takenes bæreevne når potensialet er estimert. Begrensning i bæreevne vil kunne redusere mulig utnyttelsesgrad, men potensialet kan likevel realiseres dersom det benyttes solceller med snøsmeltefunksjon slik at taket kan ryddes (smeltes) mer eller mindre automatisk.

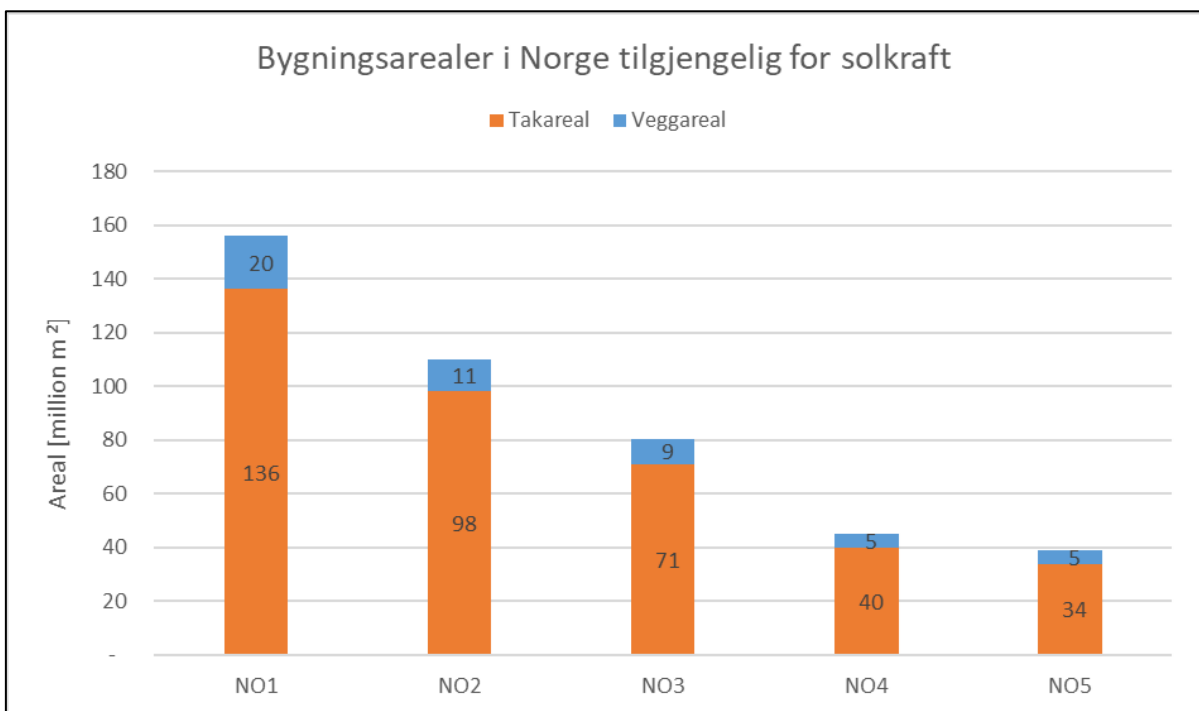
Veggareal:

- Samlet veggareal fordeler seg likt på hver av himmelretningene (gjennomsnitt).
- Veggareal mot nord utnyttes ikke til solceller.
- Veggareal på småhus utnyttes ikke til solceller.
- For boligblokker antas det at 50 % av veggarealet ikke kan utnyttes grunnet balkonger, omrammeringer vinduer, solskjermingsløsninger, evt. små/ukurante arealer.
- For de fleste næringsbygg antas det at 20 % av veggarealet ikke kan utnyttes grunnet omrammeringer av vinduer, solskjermingsløsninger, firmalogoer/reklame, tekniske installasjoner eller små/ukurante arealer.
- For industri/lager/ekspedisjonsbygning/hangar antas det at kun 10 % ikke kan utnyttes.
- Det er ikke tatt høyde for eventuelle begrensninger i veggens bæreevne når potensialet er estimert. Begrensning i bæreevne vil kunne redusere mulig utnyttelsesgrad.

Ut fra datasettet fra matrikkelen og de bearbeidinger som er beskrevet ovenfor, blir tilgjengelig areal for solceller fordelt på byggtyper som vist i Figur 6 og vist per prisområde i Figur 7.



Figur 6: Summerte tilgjengelige arealer til solceller på bygg i Norge fordelt på bygningskategorier.



Figur 7: Summerte tilgjengelige arealer til solceller på bygg i Norge fordelt på prisområder.

3.1.2 Generiske beregninger av produksjonspotensial på tak og vegger

Simulering i PVsyst

Spesifikk solstrømproduksjon per prisområde er beregnet ved bruk av simuleringstøysystemet PVsyst for en utvalgt lokasjon per prisområde. Lokasjonen er valgt basert på høy befolkningstetthet eller middellavstand mellom befolkningstette områder for å oppnå en referansesimulering per prisområde.

For hver lokasjon er det innhentet klimadata fra databasen Meteonorm 8.0 som tjener som grunnlag for simuleringene. Klimadataene for hvert prisområde er antatt å være representative hele prisområdet for solceller på bygg ettersom det er rimelig å anta at flest solcelleanlegg vil bli bygget i områder med høyest befolkningstetthet.

Simuleringene er utført for solcelleanlegg på vegger, flate tak og skråtak med et utvalg av helninger og orienteringer som vist i **Feil! Fant ikke referanseikilden..** Solcellepanelene følger veggens og takenes helning og orientering bortsett fra for flate tak der panelene er plassert i en øst-vest konfigurasjon med en helning på 10 grader. I simuleringene er det benyttet solcellepaneler (72 celler) fra REC med en effekt per panel på 405 Wp og en modulvirkningsgrad på 20,2 %. Ved beregning av solstrømproduksjon er verdier for albedo (refleksjon) i henhold til Multiconsults beste praksis (Tabell 4) og tap grunnet skitt og snø i henhold til NS3031-2016 (Tabell 5). For fasade er tap grunnet skitt og snø satt til 3 %.

Tabell 3: Utvalgte helninger og orienteringer for solcelleanlegg på vegger, flate tak og skråtak som er benyttet ved simuleringer i PVsyst. Orientering på 0 grader er mot sør, -90 grader er mot øst og +90 grader er mot vest i PVsyst.

Areal	Helning [grader]	Orientering [grader]
Sørvendt fasade	90	0
Østvendt fasade	90	-90
Vestvendt fasade	90	90
Flatt tak	10	-90, +90
Skråtak mot sør	25	0
Skråtak mot øst	25	-90
Skråtak mot vest	25	90

Tabell 4: Albedo/refleksjon brukt i PVsyst-simuleringene i henhold til Multiconsults beste praksis.

Måned	NO1 Oslo	NO2 Bortelid	NO3 Trondheim	NO4 Narvik	NO5 Bergen
Januar	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Februar	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Mars	0,7	0,6	0,8	0,8	0,7
April	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4
Mai	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Juni	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Juli	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
August	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

September	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Oktober	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
November	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Desember	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6

Tabell 5: Tap grunnet skitt/snø brukt i PVsyst-simuleringene i henhold til NS3031-2016 angitt i prosent. For fasade er tap grunnet skitt/snø satt til 3 %.

Måned	NO1 Oslo		NO2 Bortelid		NO3 Trondheim		NO4 Narvik		NO5 Bergen	
	10°	25°	10°	25°	10°	25°	10°	25°	10°	25°
Januar	60	20	45	30	60	20	75	25	15	5
Februar	75	25	75	50	75	25	75	25	30	10
Mars	60	20	45	30	45	15	75	25	15	5
April	2	2	2	2	8	3	75	25	2	2
Mai	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Juni	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Juli	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
August	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
September	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Oktober	2	2	2	2	2	2	30	10	2	2
November	15	5	2	2	15	5	45	15	2	2
Desember	45	15	38	25	53	18	60	20	23	8

Produksjonspotensial

Resulterende årlig energiproduksjon og spesifikk ytelse per prisområde er vist i **Feil! Fant ikke referanse-kilden.** og **Feil! Fant ikke referanse-kilden.**. Spesifikk ytelse angir strømproduksjonen (kWh) uavhengig av merkeeffekten til solcelleanlegget. Spesifikk ytelse er delvis analogt med begrepet «driftstimer» som brukes innenfor blant annet vindkraft og vannkraft (total årsproduksjon dividert på effekt).

Tabell 6: Årlig energiproduksjon (kWh/m²) per prisområde for vegger og tak med utvalgte helninger og orienteringer.

	NO1 Oslo [kWh/m ²]	NO2 Bortelid [kWh/m ²]	NO3 Trondheim [kWh/m ²]	NO4 Narvik [kWh/m ²]	NO5 Bergen [kWh/m ²]
Sørvendt fasade	169	177	162	158	123
Østvendt fasade	125	130	115	117	95
Vestvendt fasade	126	131	115	117	97
Flatt tak	150	159	140	108	129
Skråtak mot sør	195	200	185	159	154
Skråtak mot øst	158	161	147	127	128
Skråtak mot vest	157	162	147	126	129

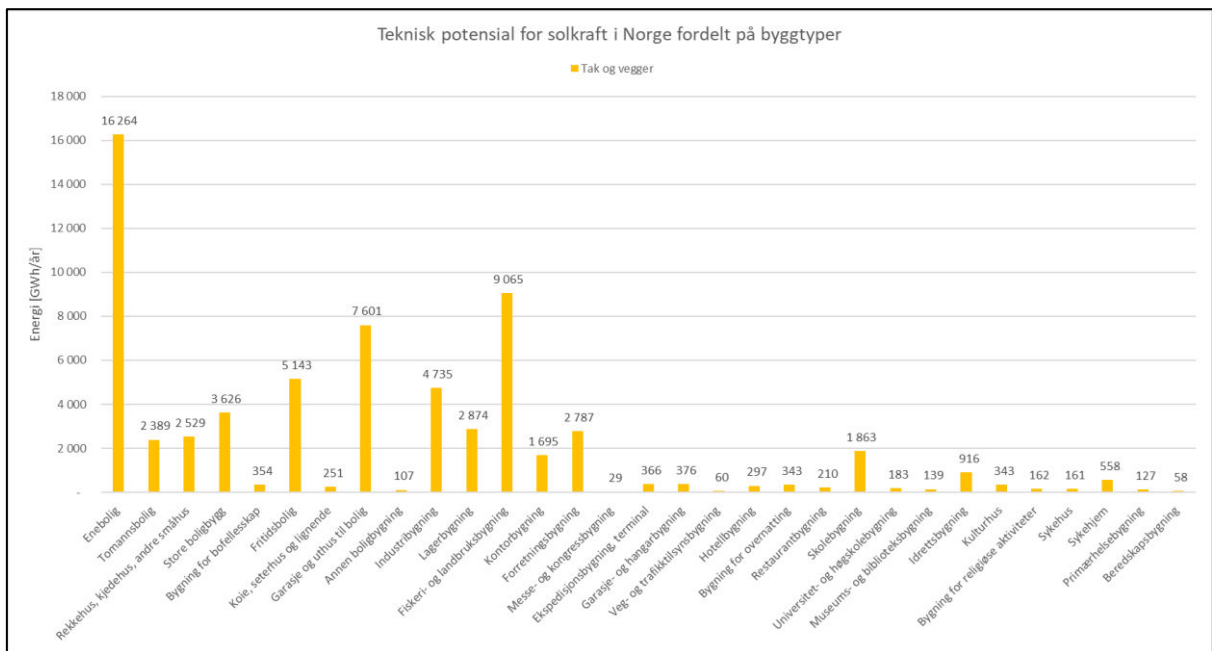
Tabell 7: Spesifikk ytelse (kWh/kWp) per prisområde for vegger og tak med utvalgte helninger og orienteringer.

	NO1 Oslo [kWh/kWp]	NO2 Bortelid [kWh/kWp]	NO3 Trondheim [kWh/kWp]	NO4 Narvik [kWh/kWp]	NO5 Bergen [kWh/kWp]
Sørvendt fasade	836	873	799	780	608
Østvendt fasade	619	640	569	579	471
Vestvendt fasade	621	648	568	577	478
Flatt tak	742	787	691	533	635
Skråtak mot sør	965	990	915	784	761
Skråtak mot øst	779	797	727	629	634
Skråtak mot vest	777	800	724	621	637

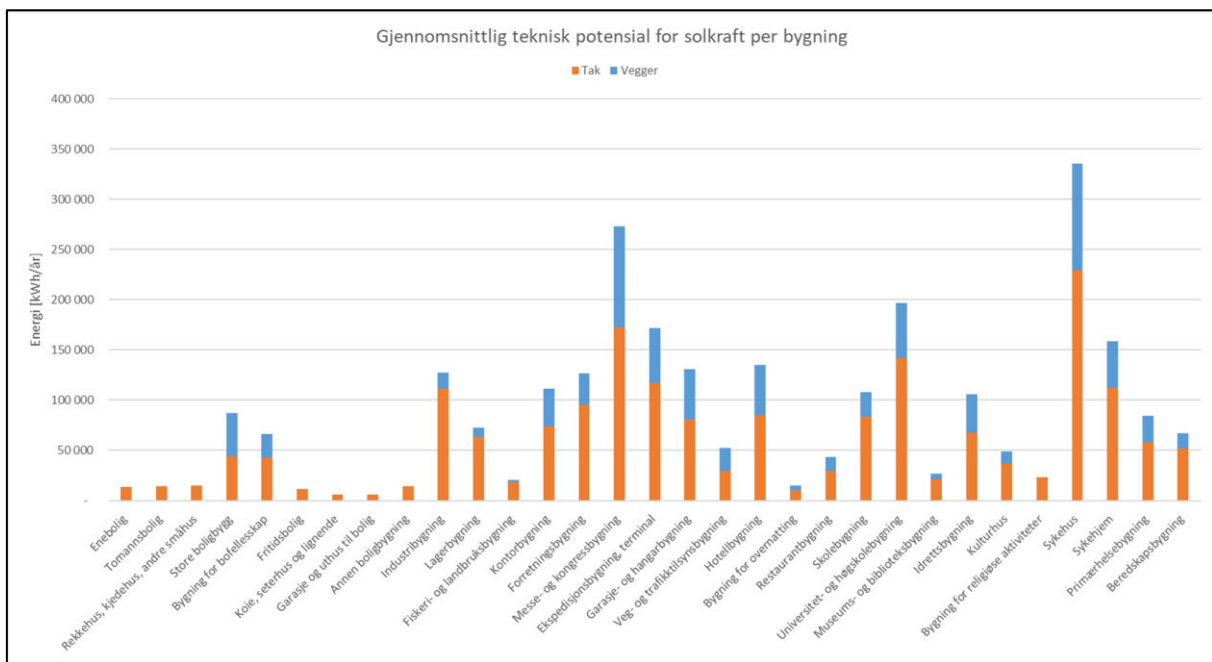
3.1.3 Produksjonspotensial i bygg

Produksjonspotensial per bygningstype

Samlet teknisk produksjonspotensial fås ved å multiplisere de tilgjengelige arealene på bygg med spesifikk solstrømproduksjon. Potensialet er vist fordelt på bygningstyper i Figur 8 og gjennomsnitt per bygning i Figur 9. Figur 8 viser at det tekniske potensialet er størst i bygningskategorien eneboliger. Tabell 8 angir potensial på bygg, summert og gjennomsnittlig.



Figur 8: Summert potensial for solkraft på bygg (vegg + tak) fordelt på bygningstype.



Figur 9: Gjennomsnittlig potensial for solkraft per bygningstype.

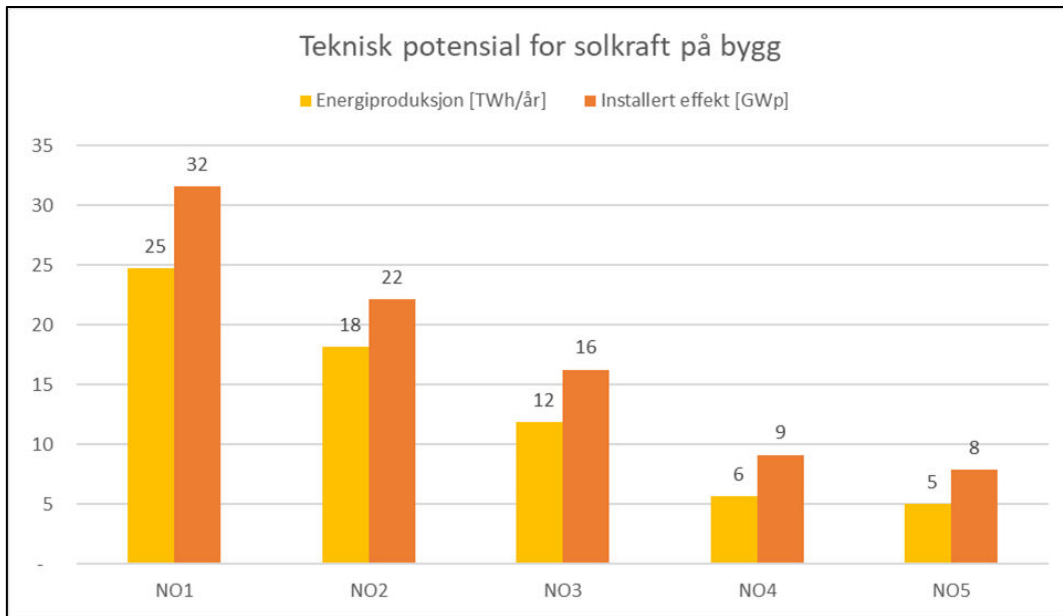
Byggetype	Totalt potensial solkraft			Gjennomsnitt per bygning		
	Energi [GWh/år]			Effekt [MWp]		
	Vegger	Tak	Sum	Vegger	Tak	Sum
Enebolig	-	16 264	16 264	-	20 200	20 200
Tomannsbolig	-	2 389	2 389	-	2 963	2 963
Rekkehus, kjedehus, andre småhus	-	2 529	2 529	-	3 139	3 139
Store boligbygg	1 789	1 837	3 626	2 681	2 428	5 109
Bygning for bollelskap	125	229	354	187	308	496
Fritidsbolig	-	5 143	5 143	-	6 425	6 425
Kole, seterhus og lignende	-	251	251	-	315	315
Garasje og uthus til bolig	-	7 601	7 601	-	9 456	9 456
Annen boligbygning	-	107	107	-	134	134
Industribygning	593	4 142	4 735	885	5 789	6 674
Lagerbygning	374	2 500	2 874	560	3 504	4 064
Fiskeri- og landbruksbygning	970	8 094	9 065	1 446	11 343	12 789
Kontorbygning	566	1 129	1 695	843	1 572	2 415
Forretningsbygning	695	2 092	2 787	1 040	2 943	3 984
Messe- og kongressbygning	11	18	29	16	25	41
Ekspedisjonsbygning, terminal	117	249	366	176	353	528
Garasje- og hangarbygning	144	232	376	215	329	544
Veg- og trafikktilsynsbygning	26	34	60	39	48	88
Hotellbygning	110	187	297	169	269	438
Bygning for overnatting	110	233	343	169	335	504
Restaurangbygning	68	142	210	103	201	304
Skolebygning	427	1 435	1 863	640	2 025	2 666
Universitet- og høgskolebygning	51	132	183	79	188	267
Museums- og biblioteksbygning	29	110	139	44	156	201
Ideetsbygning	331	585	916	495	823	1 318
Kulturhus	87	256	343	130	368	498
Bygning for religiøse aktiviteter	-	162	162	-	202	202
Sykehus	51	110	161	77	155	232
Sykehjem	163	395	558	246	559	805
Primærhelsetilbygg	39	88	127	58	125	184
Beredskapsbygning	13	45	58	19	64	83
SUM	6 990	58 723	65 612	10 319	76 744	87 063

Tabell 8: Solkraftpotensial på bygg, summert og gjennomsnittlig

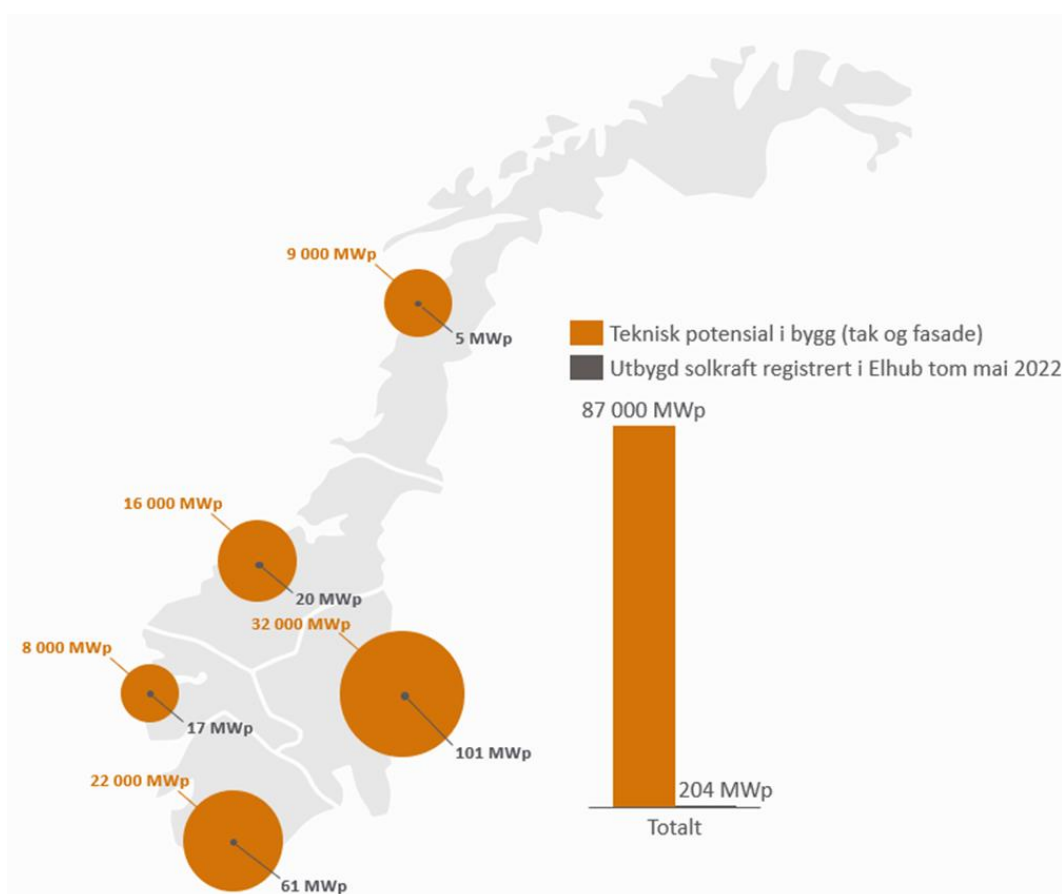
Produksjonspotensial per prisområde

Det tekniske potensialet er presentert per prisområde i **Feil! Fant ikke referanseilden..** Figur 11 viser det tekniske potensialet i sammenheng med utbygd solkraft registrert i Elhub tom mai 2022.

Det tekniske potensialet er ca. 87 GWp totalt i Norge med høyest teknisk potensial på Østlandet (NO1).



Figur 10: Sommert potensial for solkraft på bygg (vegg + tak) fordelt på prisområder. Østlandet (NO1), Sørlandet (NO2), Midt-Norge (NO3), Nord-Norge (NO4), Vestlandet (NO5).



Figur 11: Utbygd solkraft i Norge og teknisk potensial i den norske bygningsmassen. Østlandet (NO1), Sørlandet (NO2), Midt-Norge (NO3), Nord-Norge (NO4), Vestlandet (NO5).

3.1.4 Usikkerhet

I beregningene som er utført for å komme frem til Norges maksimale tekniske potensial som er presentert ovenfor er det flere usikkerhetsmomenter. For omregning fra tak- og fasadeareal er det gjort flere antagelser om hvor stor del av det totale arealet som i praksis kan utnyttes til solceller og disse antagelsene er i hovedsak basert på erfaring og bygningsmodeller som kan vise seg å avvike fra virkeligheten (se kapittel 3.1.1). Det er også viktig å merke seg at fokuset har vært på å bestemme maksimalt teknisk potensial, mens de fleste som installerer solceller ikke utnytter hele den tilgjengelige takflaten. I beregningene er det eksempelvis beregnet et maksimumspotensiale for eneboliger på totalt 20,2 GWp (16,2 TWh/år), og dette tilsvarer en gjennomsnittlig installert effekt på 17,3 kWp per enebolig. I realiteten dimensjoneres imidlertid de fleste solcelleanlegg på eneboliger i henhold til boligens energiforbruk og det medfører en lavere utnyttelsesgrad av takene. Hvis man antar at kategorien «0-20 kWp» i NVEs statistikk over plusskunder [10] representerer eneboliger får man en gjennomsnittlig anleggsstørrelse på ca. 8 kWp som i henhold til våre beregninger gir en utnyttelsesgrad på ca. 45 % i forhold til teknisk maksimumspotensiale. Det er rimelig å anta at vi vil finne lignende forhold for de andre bygningskategoriene.

I tillegg til det som er beskrevet ovenfor kan det være andre faktorer som medfører at det maksimale arealet tilgjengelig for solceller ikke utnyttes, slik at det realiserbare potensialet for solkraft i virkeligheten er mindre enn det som kommer frem av våre beregninger. I motsatt retning trekker imidlertid teknologiforbedringer og nybygg. I våre beregninger har vi lagt en modulvirkningsgrad på 20,2 % til grunn for beregningene, og det tekniske produksjonspotensialet vil naturligvis øke når virkningsgraden blir høyere. For solkraftbransjen er økt virkningsgrad en viktig faktor for å redusere systemkostnadene og det forventes at virkningsgraden vil fortsette å øke i årene fremover.

3.2 Solkraft på beslaglagt mark

Ny fornybar kraftproduksjon som sol-, vind- og vannkraft vil ofte legge beslag på naturressurser og arealer hvor det også finnes andre interesser enn kraftproduksjon. Ettersom solkraft i prinsippet er mindre stedsavhengig enn vind- og vannkraft er det derfor valgt å vurdere solkraftpotensialet på arealer som allerede er berørt av menneskelig aktivitet. Det trenger ikke å bety at det ikke vil oppstå arealkonflikter om denne typen arealer, men solkraftanlegg på denne typen arealer vil ikke legge beslag på uberørt natur. Eksempler på slike arealer er parkeringsplasser, vegkanter og jordbruksareal som kan være ute av drift. I denne rapporten er tilgjengelige jordbruksareal som kan være ute av drift, parkeringsplasser og avsluttede deponier kartlagt. I denne sammenhengen er «jordbruksarealer som kan være ute av drift»/ «nedlagt jordbruksareal» definert som jordbruksarealer der det ikke er utbetalt produksjonstilskudd foregående søknadsår.

I Norge finnes det eksempler på integrering av solceller i carportene på parkeringsplasser slik som på ASKO Vestby som vist i Figur 12. Per i dag finnes det ikke eksempler i Norge på solcelleanlegg montert på jordbruksarealer eller på avsluttende deponier. For et bakkemontert solkraftverk kan montagesystemet være helt fastmontert eller følge solens gang gjennom himmelen ved hjelp av bevegelige «tracking»-systemer som på ROAF miljøpark i Figur 13.



Figur 12: ASKO Bygg ØST i Vestby har tosidige solceller i carport tilkoblet elbilladere. [11]



Figur 13: ROAF miljøpark i Lillestrøm kommune har solcelleanlegg med trackere og tosidige solcellepaneler. [12]

3.2.1 Jordbruksareal som kan være ute av drift

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) har statistikk for jordbruksareal der det ikke er utbetalt produksjonstilskudd foregående søknadsår. Statistikken er på kommune- og fylkesnivå. Statistikken fra 2021 viser at det ikke er søkt om produksjonstilskudd på 1 511 km² av jordbruksarealet i Norge. Dette tilsvarer 13,3 % av Norges totale jordbruksareal (NIBIO). NIBIO omtaler statistikken som «Jordbruksareal som kan være ute av drift» [13]. Manglende søknad på produksjonstilskudd kan indikere at jordbruksarealet er ute av drift, men det behøver ikke å bety at det ikke vil bli tatt inn i drift igjen. Samtidig kan slike arealer være utsatt for gjengroing eller tilgjengelig for andre formål som eksempelvis solkraft. Vi har valgt å se nærmere på dette arealet da slike arealer kan være aktuelle for

solkraftproduksjon fordi jordbruksarealer ofte resulterer i enklere og billigere byggeprosesser for solkraftanlegg, samtidig som disse arealene kanskje ikke vil komme i konflikt med matproduksjon.

Beregningen av jordbruksareal som kan være ute av drift per prisområde er basert på NIBIOs statistikk på fylkesnivå. Et fylke er enten helt omsluttet av ett prisområde eller så overlapper fylket flere prisområder. Jordbruksareal som kan være ute av drift per prisområde er beregnet ved å aggregere statistikken fra fylkene innenfor hvert prisområde. Fylker som overlapper flere prisområder bidrar med en andel tilsvarende arealandelen til fylke. Følgende eksempler illustrerer fordelingen av jordbruksareal som kan være ute av drift per prisområde:

- Eksempel 1: Troms og Finnmark fylke er kun i prisområde NO4. Alt jordbruksareal som kan være ute av drift i Troms og Finnmark fylke inngår i prisområde NO4.
- Eksempel 2: Innlandet fylke har henholdsvis 80 % og 20 % av sitt totale fylkesareal i prisområde NO1 og prisområde NO3. 80 % av jordbruksareal som kan være ute av drift i Innlandet fordeles til NO1 og 20 % fordeles til NO3.

Beregnet jordbruksareal som kan være ute av drift per prisområde er gitt i Tabell 5. Størst andel av arealet er i Nord-Norge (NO4).

Tabell 9: Jordbruksareal som kan være ute av drift per prisområde. Østlandet (NO1), Sørlandet (NO2), Midt-Norge (NO3), Nord-Norge (NO4), Vestlandet (NO5).

	NO1 [m ²]	NO2 [m ²]	NO3 [m ²]	NO4 [m ²]	NO5 [m ²]
Jordbruksareal som kan være ute av drift	290 406 251	257 655 531	348 983 527	430 442 204	183 477 487

3.2.2 Parkeringsområder

Beregningen av arealet for parkeringsområder baserer seg på data fra FKB og «OpenStreetMap». FKB står for «Felles KartdataBase» og består av svært detaljerte kartdata som kartlegges av kommunene [14]. «OpenStreetMap» er et åpent kartgrunnlag som kartlegges gjennom «crowdsourcing» eller dugnadsarbeid. Det betyr at hvem som helst kan hjelpe til med å kartlegge områder og forbedre datainnholdet [15]. Både FKB og «OpenStreetMap» er relativt godt kartlagt og ble kombinert for å skape så godt datagrunnlag som mulig. Manuelle kontroller viste at det eksisterer parkeringsområder som ikke er tilgjengelig i datasettene. Likevel vil beregningene gi gode indikasjoner på hvor store arealer som er parkeringsområder.

Begrenset egenskapsinnhold i datagrunnlaget gjorde at det ikke var mulig å sortere ut gateparkering fra datamaterialet. Manuelle kontroller indikerer at gateparkering kun utgjør en liten del av datagrunnlaget og det er derfor ikke benyttet ressurser for å finne metoder for å ta ut dette fra grunnlaget. Det totale kartlagte arealet som er parkeringsområder er 44 537 643 m². Areal per prisområde er spesifisert i Tabell .

Tabell 10: Areal for parkeringsområder per prisområde. Østlandet (NO1), Sørlandet (NO2), Midt-Norge (NO3), Nord-Norge (NO4), Vestlandet (NO5).

	NO1 [m ²]	NO2 [m ²]	NO3 [m ²]	NO4 [m ²]	NO5 [m ²]
Parkeringsområder	17 671 066	11 255 570	7 125 624	5 187 091	3 298 292

3.2.3 Avsluttede deponier

Deponier er hentet ut fra Miljødirektoratets oversikt over forurenset grunn, hvor det var mulig å hente ut avsluttede deponier [16]. Undersøkelser av en del av de kartlagte deponiene viser at det forekommer deponier som i dag har fått andre arealformål, som utbygging av bolig, bygg og infrastruktur. Totalt utgjør avsluttede deponier 22 986 479 m². Arealet per prisområde er spesifisert i Tabell .

Tabell 11: Areal for avsluttede deponier per prisområde. Østlandet (NO1), Sørlandet (NO2), Midt-Norge (NO3), Nord-Norge (NO4), Vestlandet (NO5).

	NO1 [m ²]	NO2 [m ²]	NO3 [m ²]	NO4 [m ²]	NO5 [m ²]
Avsluttede deponier	11 665 361	6 165 970	1 276 355	3 030 461	848 332

3.2.4 Generiske beregninger av produksjonspotensial på beslaglagt mark

Simulering i PVsyst

Spesifikk solstrømproduksjon per prisområde er beregnet ved bruk av simuleringsverktøyet PVsyst for en utvalgt lokasjon per prisområde. Lokasjonen er valgt basert på høy befolkningstetthet eller middellavstand mellom befolkningstette områder for å oppnå en referansesimulering per prissone, slik som for bygg. For hver lokasjon er det innhentet klimadata fra databasen Meteororm 8.0 som tjener som grunnlag for simuleringene. Klimadataene for hvert prisområde er antatt å være representative hele prisområdet.

For arealet som benyttes til parkeringsplasser tjener er en solcellecarport som vist i Figur 12 som grunnlag for beregningene. For solcelleanlegg på carport er det benyttet tilsvarende parameter og teknologi som for flate tak med øst-vest-orienterte solceller med 10 graders helning som beskrevet i kapittel 3.1.2. Det antas at 50 % av tilgjengelig areal til parkeringsområder kan utnyttes med solceller og at 100 % av dette arealet dekkes med solceller. I denne antagelsen er det tatt hensyn til at adkomstveier ikke dekkes med solcellemoduler samt at radene med carporter ikke skal kaste skygge på hverandre.

For solcelleanlegg på bakke er det benyttet sørvendte tosidige solceller med 25 graders helning. I simuleringene for bakkemontert solcelleanlegg er det benyttet solcellepaneler (72 celler) fra JA Solar med en effekt per panel på 540 Wp og en modulvirkningsgrad på 20,9 %. Det antas at 100 % av landarealet kan brukes til solcelleparker og at ca. 45 % av tilgjengelig landareal dekkes med solceller. Årsaken til at man ikke benytter 100 % av grunnflaten til solceller er at sørvendte solcellemoduler i rekker gjerne vil kaste skygge på hverandre, og det er derfor nødvendig å ha en viss avstand mellom modulradene.

Produksjonspotensial

Årlig energiproduksjon og spesifikk ytelse per prisområde for carport og bakkemontert solkraft er vist i Tabell og Tabell . For carport angir energiproduksjonen per kvadratmeter årlig energiproduksjon per kvadratmeter solcellepanel. For bakkemontert solcellepark angir energiproduksjonen per kvadratmeter årlig energiproduksjon per kvadratmeter tilgjengelig landareal. Merk at for NO4 er den spesifikke ytelsen høyere for Narvik enn for Bergen. Dette skyldes at Bergen har flere dager med skydekke enn Narvik. Ved flere klare dager i Narvik økes den totale ytelsen til solcelleanlegget på grunn av refleksjon av sollys fra bakken mot baksiden av de tosidige solcellepanelene.

Tabell 12: Årlig energiproduksjon (kWh/m²) per prisområde for carport og bakkemontert solkraft. Merk at arealreferansen for carport gjelder takareal for carporten, mens det for bakkemontert solkraftverk er beregnet kraftproduksjon per tomteareal.

	NO1 Oslo [kWh/m ²]	NO2 Bortelid [kWh/m ²]	NO3 Trondheim [kWh/m ²]	NO4 Narvik [kWh/m ²]	NO5 Bergen [kWh/m ²]
Carport mot øst/vest	150	159	140	108	129
Bakkemontert mot sør	94	94	88	75	74

Tabell 13: Spesifikk ytelse (kWh/kWp) per prisområde for carport og bakkemontert solkraft.

	NO1 Oslo [kWh/kWp]	NO2 Bortelid [kWh/kWp]	NO3 Trondheim [kWh/kWp]	NO4 Narvik [kWh/kWp]	NO5 Bergen [kWh/kWp]
Tak øst/vest	742	787	691	533	635
Bakkemontert mot sør	1 019	1 073	962	822	801

3.2.5 Produksjonspotensial i beslaglagt mark

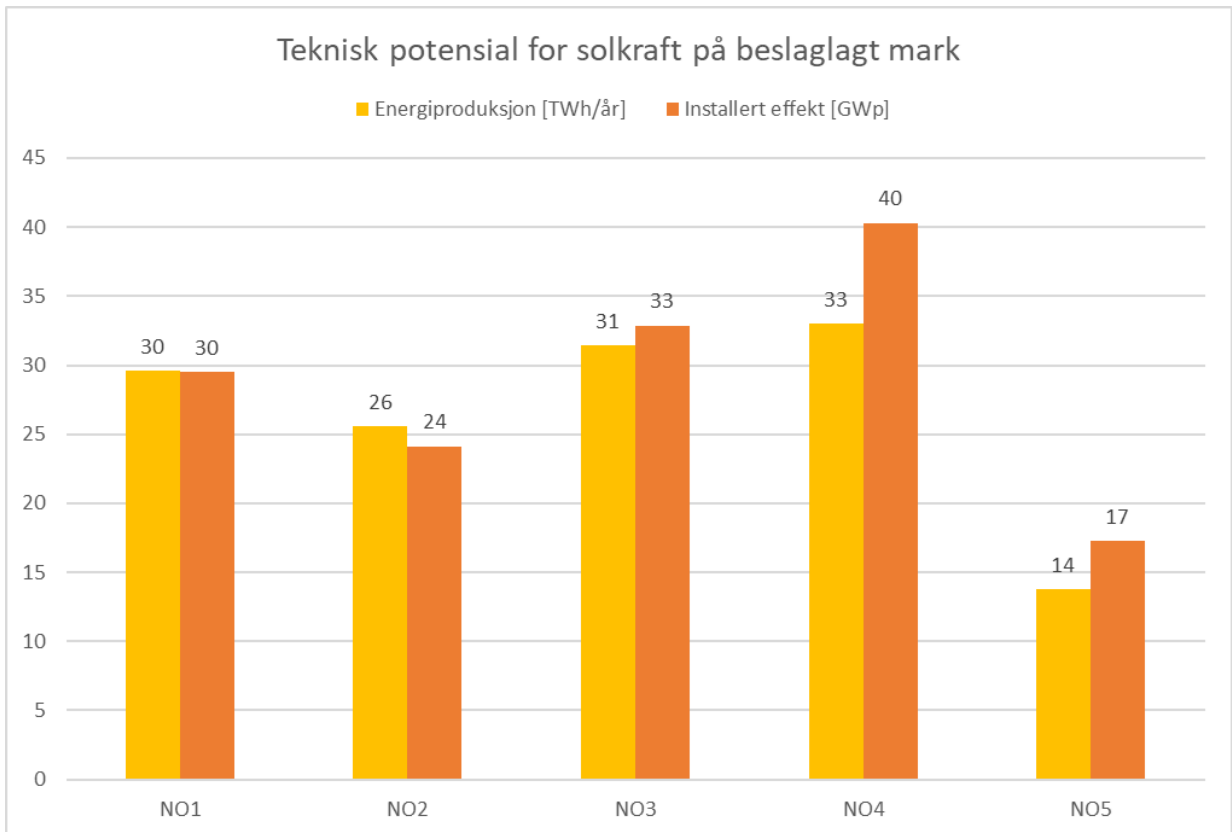
Samlet produksjonspotensial i beslaglagt mark fås ved å multiplisere de tilgjengelige arealene med spesifikk solstrømproduksjon. Potensialet er gitt i effekt i Tabell og i årlig energiproduksjon i Tabell . Det totale potensialet per prisområde er fremstilt i Figur 14.

Tabell 14: Samlet potensial for installert solkraft for jordbruksarealer som kan være ute av drift, parkeringsområder og avsluttede deponier fordelt per prisområde.

	NO1 Oslo [GWp]	NO2 Bortelid [GWp]	NO3 Trondheim [GWp]	NO4 Narvik [GWp]	NO5 Bergen [GWp]	Totalt i Norge [GWp]
Jordbruksareal som kan være ute av drift	26,7	22,5	32,0	39,5	16,8	137,5
Parkeringsområder	1,8	1,1	0,7	0,5	0,3	4,5
Avsluttede deponier	1,1	0,5	0,1	0,3	0,1	2,1
SUM	29,5	24,1	32,9	40,3	17,3	144,1

Tabell 15: Samlet produksjonspotensial for jordbruksarealer som kan være ute av drift, parkeringsområder og avsluttede deponier fordelt per prisområde.

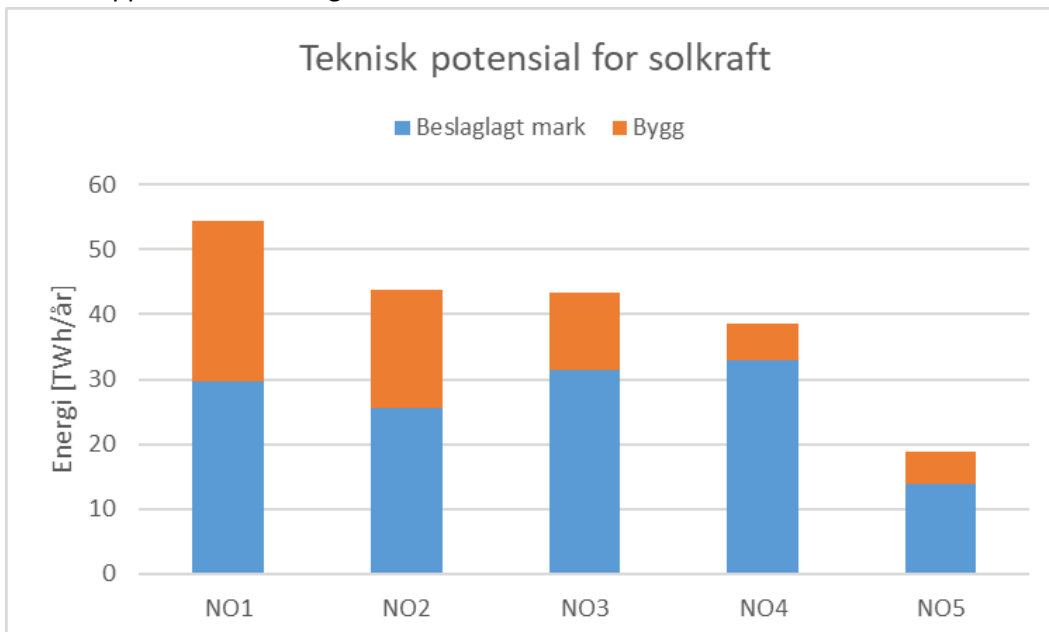
	NO1 Oslo [TWh/år]	NO2 Bortelid [TWh/år]	NO3 Trondheim [TWh/år]	NO4 Narvik [TWh/år]	NO5 Bergen [TWh/år]	Totalt i Norge [TWh/år]
Jordbruksareal som kan være ute av drift	27,18	24,10	30,82	32,48	13,49	128
Parkeringsområder	1,33	0,90	0,50	0,28	0,21	3
Avsluttede deponier	1,09	0,58	0,11	0,23	0,06	2
SUM	29,6	25,6	31,4	33,0	13,8	133,3



Figur 14: Samlet produksjonspotensial for jordbruksarealer som kan være ute av drift, parkeringsområder og avsluttede deponier fordelt per prisområde.

3.3 Samlet solkraftpotensial på bygg og beslaglagt mark

Samlet potensial for utbygging av solkraft på bygg (tak og vegger) og beslaglagt mark som er kartlagt i denne rapporten er vist i Figur 15.



Figur 15: Samlet produksjonspotensial for solkraft på bygg (vegg og tak) og beslaglagt mark (jordbruksarealer som kan være ute av drift, parkeringsområder og avsluttede deponier) fordelt per prisområde.

4 Solkraftbransjen i Norge fram til 2022

Solkraft utgjør fortsatt en liten del av kraftproduksjonen i Norge. Markedet har hatt en betydelig vekst fra 2015 og det forventes en ytterligere vekst i årene framover. Dette kapitlet presenterer markedsstatistikk for utbygd solkraft i Norge fra 2005 til 2022. Det stilles nå krav til at alle solcelleanlegg skal registreres i Elhub noe som bidrar til å bedre kvaliteten på markedsstatistikken.

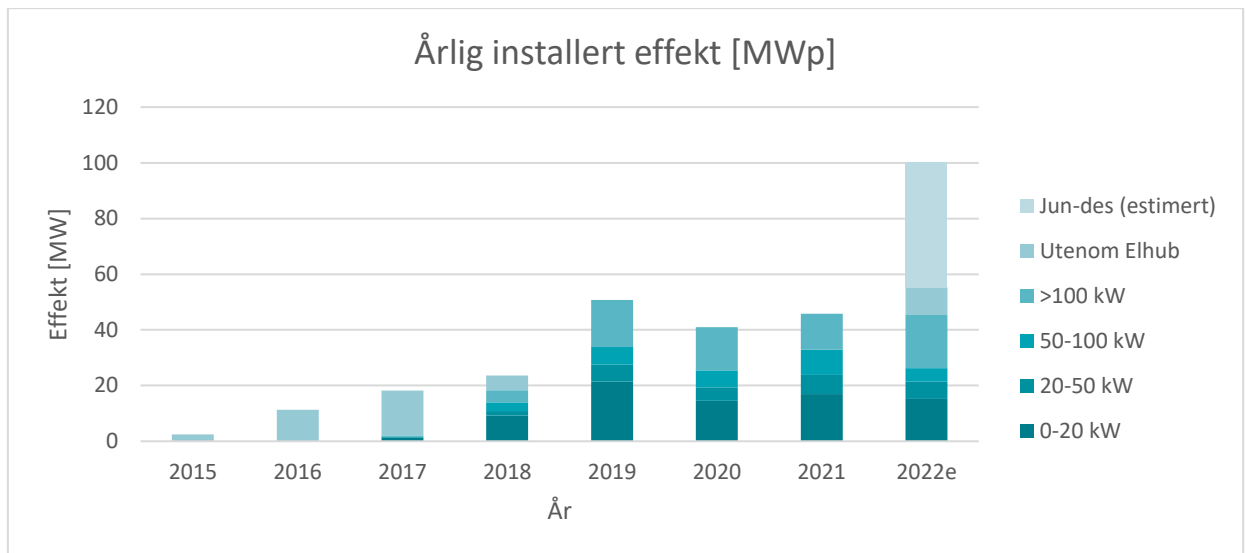
4.1 Markedsstatistikk

4.1.1 Fra kilowatt- til megawatt-klassen

Solceller ble før 2013 mest benyttet til å dekke strømbehov uten tilgang til strøm fra kraftnettet, hovedsakelig til fritidshytter og til strømforsyning til fyrlykter, teleinstallasjoner, turishytter og lignende. Dette markedet var tilnærmet konstant og besto av små anlegg målt i installert effekt, med samlet årlig installert effekt under 0,5 MW/år som vist i **Feil! Fant ikke referanseilden..**

Figur 16: Solcellemarkedet i Norge 2005-2014 [17].

Fram til 2013, da Norges største anlegg var på 70 kW (Statsbyggs Campus Evenstad), ble markedet målt i kilowatt, mens fra og med 2014 ble utviklingen preget av at flere større anlegg ble bygget på nærings- og industrietak, f.eks Powerhouse Kjørbo, Asko Vestby m.fl. noe som markerer milepælen da det norske markedet gikk over til å bli målt i MW ('Megawatt-klassen'). **Feil! Fant ikke referanseilden..** illustrerer markedsutviklingen 2015-2022e med data for inneværende år til og med mai måned basert på Elhubdata. Figuren har ellers blitt utvidet med tilleggsdata for i årene uten Elhub-data, og et skjønnsmessig tillegg inneværende år for anlegg som ikke er registrert i Elhub.

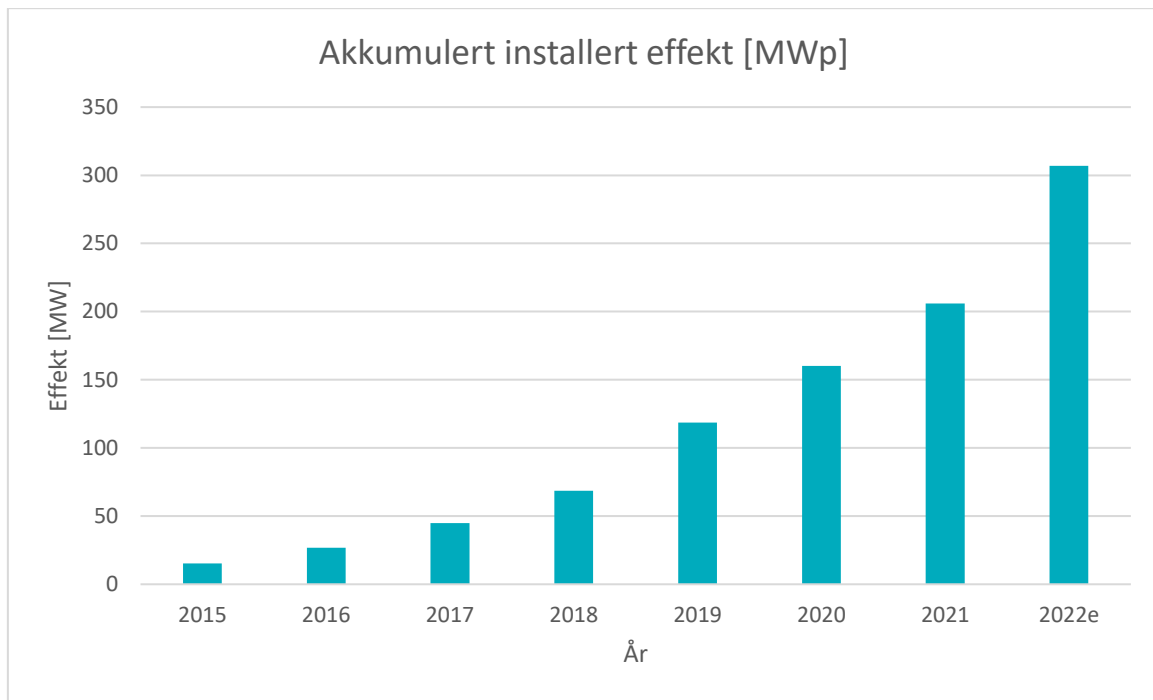


Figur 17: Årlig installert merkeeffekt for solcelleanlegg fordelt på solcelleanleggenes størrelse. [10] For inneværende år (2022e) er det grovt anslått at det vil installeres 45 MW i perioden fra juni til desember.

Feil! Fant ikke referanseilden. viser en tydelig 'Covid-effekt' med lavere markedsvolum i årene 2020 og 2021 i forhold til 2019 (før covid) og 2022 (etter covid). I skrivende stund oppleves en del usikkerhet knyttet til knapphet på microchips, økte råvare- og sjøtransportpriser, energiknapphet som følge av krig i Ukraina, samt tørrår og ekstrempriser på strøm i Norge noe nye kraftkabler til utlandet også får noe av skylden for. Elhub ble satt i drift i februar 2019.

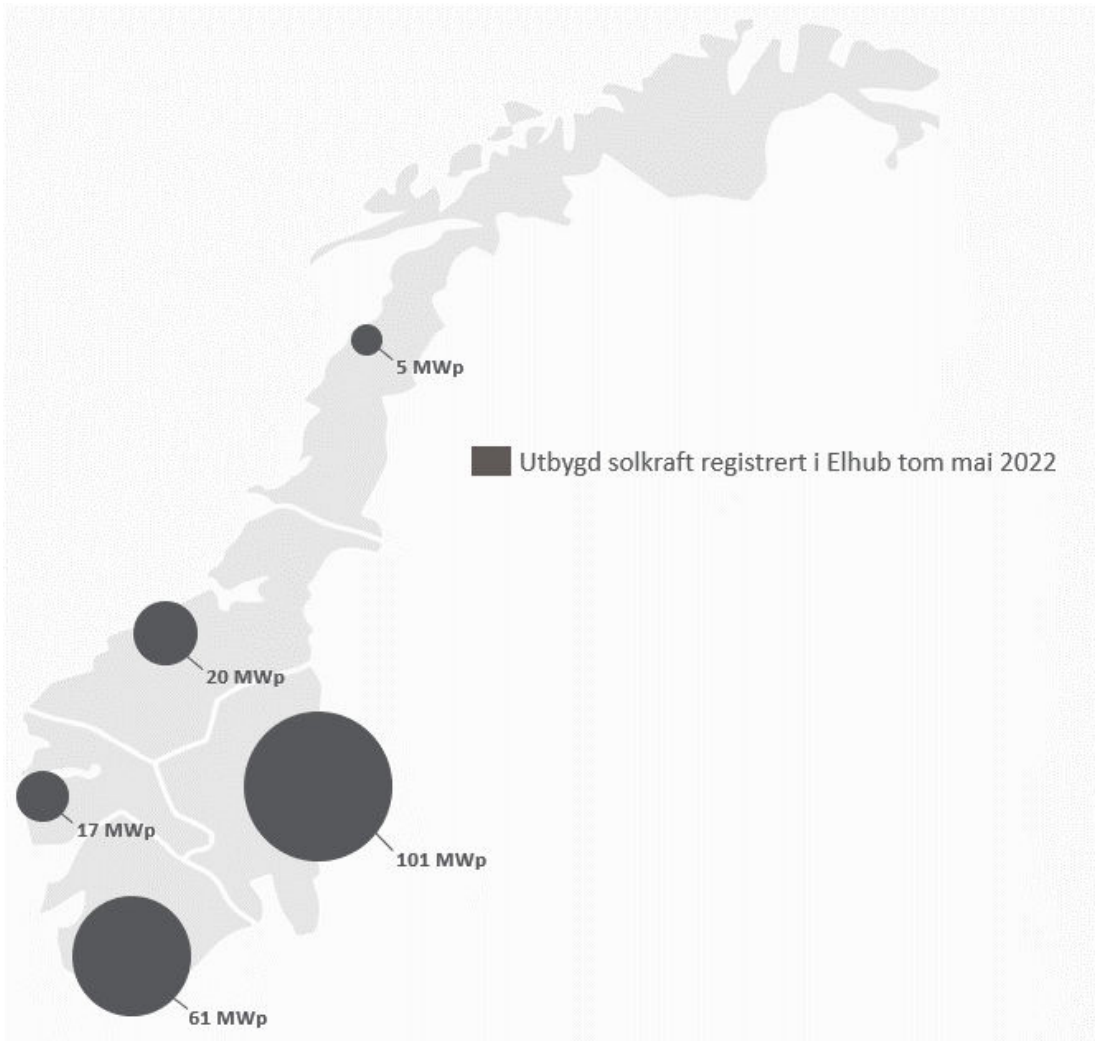
Markedet har vokst i gjennomsnitt 6,6 MW per år i perioden fra 2015 til og med mai i år. På tross av usikkerheten påpekt ovenfor er det grunn til å forvente at betydelig mer kapasitet installeres resten av inneværende år, noe som her er grovt anslått til 45 MW fra juni til desember. Dette gir grunn til å tro at markedet i 2022 kan nå 100 MW.

Kumulativt installert effekt med de nevnte forutsetningene er vist i **Feil! Fant ikke referanseilden.** Det planlegges nå flere store bakkemonterte solkraftverk mange steder i landet. Dette er anlegg i 10- og 100-MW klassen og det kan derfor forventes et nytt 'taktskifte' i utviklingen de neste årene som vil bringe også det norske markedet opp i 'GW-klassen'.



Figur 18: Akkumulert installert produksjonskapasitet per år. Figuren er basert på Elhubdata med tilleggsdata for årene uten Elhub-data [10]. For inneværende år (2022e) er det grovt anslått at det vil installeres 45 MW i perioden fra juni til desember.

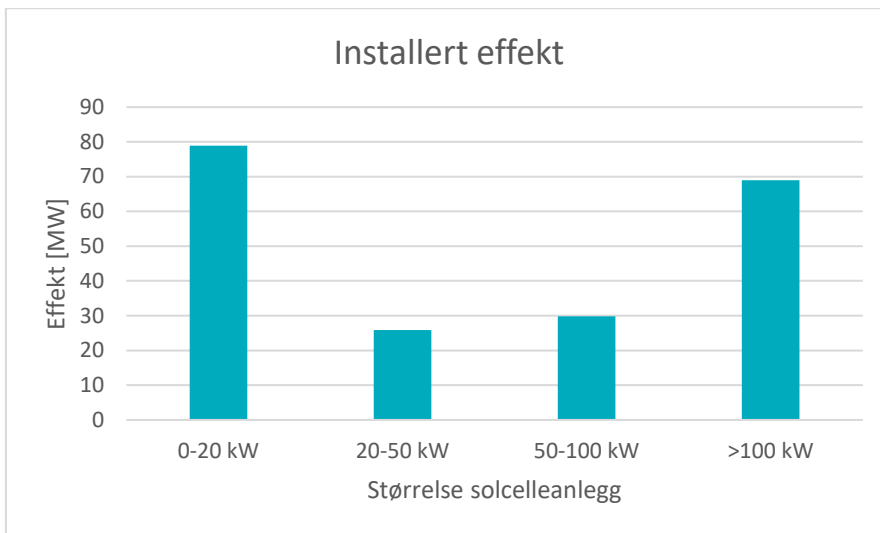
Datakvaliteten på Elhubdataene bærer preg av at systemene er nye og at ikke alt er på plass. Dette innebærer for eksempel at noen nettselskap registrerer AC-effekt og andre DC-effekt og at tidligere registrerte anlegg rettes litt underveis. I praksis utgjør dette en forskjell på ca. 20-30 %. I tillegg er det som nevnt noen år uten Elhub data. Akkumulert installert produksjonskapasitet tom mai 2022 som er registrert i Elhub er ca. 204 MWp som vist i **Feil! Fant ikke referanseilden.** Den største andelen av produksjonskapasiteten er lokalisert på Østlandet i NO1. For å ivareta en god oversikt over installert effekt fra solkraft i det norske kraftnettet foreslår Reguleringsmyndigheten for energi (RME) å pålegge nettselskapene å innhente informasjon om, og registrere installert effekt for alle anlegg som mater kraft inn på nettet i høringen med forslag om innføring av modell for deling av overskuddsproduksjon 5. juli 2022 [18]. Nettselskapene skal melde inn både merkeytelsen til anlegget (DC-verdi) og nominell effekt til vekselretter (AC-verdi).



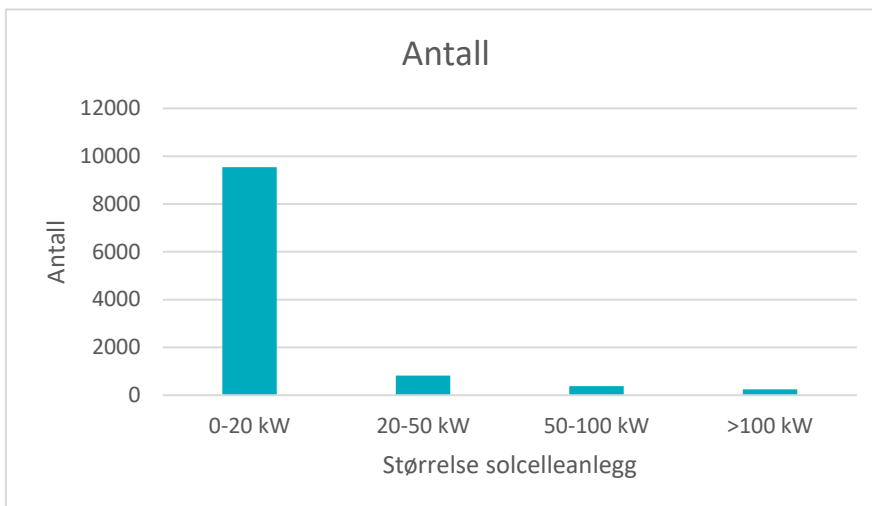
Figur 19: Utbygd solkraft per prisområde registrert i Elhub tom mai 2022 [10]. Østlandet (NO1), Sørlandet (NO2), Midt-Norge (NO3), Nord-Norge (NO4), Vestlandet (NO5).

4.1.2 Markedssegmenter

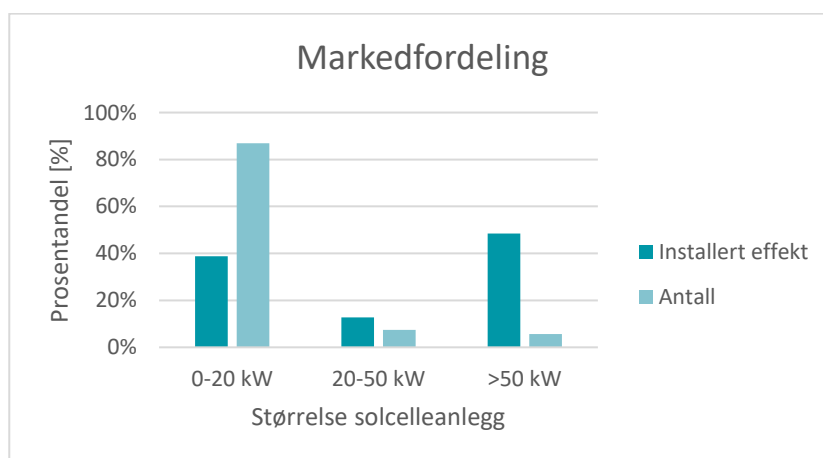
Foreløpige tallgrunnlag som NVE har høstet fra Elhub fordeler seg i forhold til effekt og antall anlegg som vist i **Feil! Fant ikke referanseilden.** og **Feil! Fant ikke referanseilden.**. Størst antall anlegg og høyest markedsvolum målt i effekt ligger innenfor anleggsstørrelsen 0-20 kW som domineres av private husholdninger ('enebolig-segmentet'). Anlegg fra 50 kWp og høyere utgjør ca. 50 % av markedsvolumet med 5 % av antallet anlegg jfr. **Feil! Fant ikke referanseilden.**



Figur 20: Foreløpig markedsvolum tom mai 2022 fordelt per effektklasse. [10]



Figur 21: Foreløpig markedsvolum tom mai 2022 fordelt på antallet per effektklasse. [10]



Figur 22: Markedsandeler per effektklasse. [10]

4.2 Solkraft som en del av strategien i norske bedrifter

I dag bygges det stadig flere solcelleanlegg på nærings- og industritak i megawatt-klassen. ASKO Norge og Rema 1000 er eksempler på norske bedrifter som har solkraft som en del av sin strategi mot en stadig mer bærekraftig drift.

ASKO Norge – «Vi skal produsere fornybar energi tilsvarende NorgesGruppens totale energibehov»

ASKO var tidlig ute med ønsket om å utnytte solens energi med solceller. I 2014 startet de utrulling av en pilot på ASKO Øst i Vestby, og sommeren 2017 var hele anlegget på ca. 4 MWp i driftsatt. Årsproduksjonen på ca. 3,2 GWh/år fra solcelleanlegget dekker i dag ca. 20 % av elektrisitetsforbruket på ASKO Vestby der elektrisitet til store kompressorer for kjøling i frys og kjøler står for store deler av forbruket. Produksjonsprofilen for solstrøm og forbruksprofilen til ASKO sammenfaller ekstremt bra med høyest forbruk når sola står høyest og det meste av solstrømproduksjonen bruker de lokalt. ASKO er fornøyd med installasjonen. Solcelleanlegget har nesten 100% oppetid, det er lavere driftskostnader enn anslått og de har hatt en hyggelig oppside med tanke på dagens høye strømpriser. [19]



Figur 23: ASKO Vestby. Foto: ASKO Bygg Vestby

Rema 1000 – «REMA 1000 skal være klimapositiv og fornybar i 2030»

Rema 1000 har en stor satsning på solenergi, energieffektivisering og bærekraftige løsninger. Solcelleanlegget på REMA Distribusjon Stavanger i Sandnes på 1 MWp som ble idriftsatt i 2018 og solcelleanlegget på REMA Distribusjon Østlandet i Ås på 2,5 MWp som ble idriftsatt i 2020 er en del av denne satsningen. Solstrømproduksjonen i byggene dekker om lag 20 % av strømforbruket i byggene, og det meste av produksjonen bruker de lokalt. Solcelleanleggene har vært så godt som vedlikeholdsfrie, solstrømproduksjonen er som forventet og de skal nå ha solceller på alle bygg. De har i år installert solceller på deres eksisterende lagerbygg i Trondheim og Bergen, og jobber med et nybygg i Narvik som blant annet skal ha solceller i fasaden for å utnytte den lave sola i nord. [20]



Figur 24: REMA Distribusjon Stavanger. Foto: Synnøve Gautesen
Figur 25: REMA Distribusjon Østlandet. Foto: Solcellespesialisten

5 EUs ambisjoner for solkraft

Det skjer mye innen solenergi i Europa. 2021 var et rekordår, og 2022 tegner til å bli enda bedre. Drivkraften bak den enorme akselereringen er EU, som satser massivt på sol, og som løfter solenergi opp som den største kilden til elektrisitet i EU innen 2030. For å komme dit kreves det mye både på policy, regelverk og produksjonssiden.

EU har de to siste årene kommet med massive ambisjoner for hvordan Europa skal se ut innen 2050. Med lanseringen av «The European Green Deal» i slutten av 2019 som inkluderer dokumenter som EUs industristrategi, «Renovation wave», «Circular Economy Action Plan», «Farm to Fork» og en lang rekke flere, samt regelverkspakken "Fit for 55" som kom i juli 2021 satte EU opp tempoet i fornybaromstillingen i Europa, og med RePowerEU i 2022 ble farten enda høyere. [21]

5.1 RePowerEU

Strømpriskrise og Russlands invasjon av Ukraina førte til en ny dimensjon i fornybaromstillingen. Europas energisikkerhet ble satt under press, og insentivene for å skru opp farten ytterligere ble et faktum. Resultatet av dette er RePowerEU som første gang ble publisert i mars 2022, etterfulgt av en mer detaljert plan i mai 2022. Med RePowerEU ligger det an til en ny æra for europeisk solbransje.

For solenergi har EU satt mål om 400 GWp innen 2025 og 750 GWp innen 2030. Det vil kreve en installasjonsrate på mellom 58-68 GW frem mot henholdsvis 2025 og 2030. For å få til dette kreves det betydelige endringer i både policy og regelverk, og et av de viktigste initiativene her er forslaget om å opprette såkalte «go-to-areas» for fornybar energi både til lands og til havs. Målet er at disse områdene skal bidra til at det går raskere å skalere opp fornybar energiproduksjon, og at selskaper som ønsker å bygge ut skal få raskere byggetillatelser. [22]

5.2 EUs solstrategi

Som en del av RePowerEU kom Europakommisjonen også med en egen solstrategi i mai 2022. Her presenteres rammeverket som trengs for å bygge ut sol i Europa i den farten det legges opp til i RePowerEU. Strategien har tre dimensjoner:

1. Tilrettelagt distribusjon av solenergi
2. Tilgang til bærekraftige solenergiprodukter
3. Et forsterket internasjonalt samarbeid innen solenergi

I tillegg presenteres en rekke flaggskipinitiativer som vil få stor innflytelse på solenergimarkedet om de blir godkjent av Europaparlamentet og Rådet.

I European Solar Rooftop Initiative foreslår Europakommisjonen et påbud om takmontert sol på alle nye næringsbygg og offentlige bygg med takflate over 250 kvadratmeter innen 2026, alle eksisterende næringsbygg og offentlige bygg innen 2027 og på alle nye boliger innen 2029. Disse tiltakene skal etter planen integreres som en del av en ny artikkel i bygningsenergidirektivet og vil sørge for at behandlingstid for byggetillatelsen for takmontert sol blir begrenset til maksimum tre måneder. Det pekes også mot EUs medlemsland for å etablere gode nasjonale støtteordninger som skal gi en maksimal tilbakebetalingstid for taksystemer, energilagringssystemer og varmpumper på ti år. Om dette går gjennom vil det ha stor påvirkning på et solenergimarked som allerede var i sterk vekst fra før. [23]

5.2.1 *Arbeidsplasser og kompetansepartnerskap*

I tillegg til målene om takmontert sol inkluderer også solstrategien et foreslått kompetansepartnerskap for landbasert energi. Solenergi har mange fordeler ved seg, det er en moden og veltestet teknologi, den kan ruller ut raskt og om den installeres på tak og fasader har den lav påvirkning på natur og miljø. Men en av de viktigste fordelene med solenergi er at den skaper mange lokale jobber. Ingen annen kraftteknologi er så jobbintensiv som solenergi, og det skapes mellom 2 til 6 ganger flere arbeidsplasser innen solenergi enn sammenlignbare teknologier i byggefasen. [24]

Solar Power Europe kom med en rapport i 2021 som anslo at det i 2030 ville være opp mot 1,1 millioner jobber i solenergibransjen i Europa [24]. Per i dag er mangel på kompetanse innen spesielt installasjon av paneler en av de største flaskehalsene for å rulle ut mer solenergi, og det foreslåtte kompetansepartnerskapet i EUs solstrategi skal adressere nettopp dette. [23]

5.2.2 *Den industrielle verdikjeden skal hjem til Europa*

Et annet viktig initiativ er EU Solar Industrial Alliance som skal gjenopprette innenlands produksjon av komponenter til solindustrien i Europa. Ytterligere detaljer omkring dette ventes fortsatt, men planen er at alliansen skal bygge på målet satt gjennom European Solar Initiative på 20 GW produksjonskapasitet innen 2025. Alliansen skal samle aktører langs hele verdikjeden for sol og støtte nye og mer effektive og bærekraftige teknologier, med sterke FoU koblinger. Disse koblingene vil også gå mot EUs finansieringsprogrammer som Horisont Europa, InvestEU, Innovasjonsfondet m.fl. som alle skal inkluderes i en ny mekanisme på EU nivå for å koordinere finansiering for økt produksjonskapasitet for solenergi i Europa. [23]

Per i dag produseres over 90 % av verdens solceller og moduler i Asia. I 2020 sto Europa for kun 0,4 % av markedet innen solceller og 3 % av markedet innen moduler. Tallene for silisiumproduksjon ligger rundt 11 % mens det for ingots og wafere er nede i 1 %. [25] Med den massive satsningen EU nå har på solenergi står i Europa i fare for å bytte en gassavhengighet av Russland med en råvare og hardware avhengighet av Kina. For å unngå dette har EU slått fast at den industrielle verdikjeden for solenergi skal hentes tilbake til Europa. EUs energikommisær Kadri Simpson uttalte i forbindelse med Solar Power Summit i Brussel, i mars 2022: «We need to bring manufacturing back to Europe and the European Commission is willing to do whatever it takes to make it happen». [26]

Det ligger noen klare strategiske fordeler i å reetablere energisikkerheten i Europa fremover med mindre avhengighet av import, og her er solenergi nøkkelen. Hjemmemarkedet for solenergi er allerede stort, og med målene i RePowerEU vil det kunne bli markant større i årene som kommer.

Europeisk solproduksjon er også mer bærekraftig enn den kinesiske. Europa har en grønnere energimix, hvor Kina hovedsakelig baserer sin industri på kull. Europa har også et større fokus på innovasjon og sirkularitet i industrien som gjør at europeiske produsenter etter hvert vil bli mer kostnadseffektive og sist, men ikke minst er Europa ledende innen forskning og innovasjon på området.

Det er også et klart potensiale for et europeisk konkurransefortrinn knyttet til de nye og mer innovative måtene å bygge ut solenergi på gjennom integrerte systemer. Både bygningsintegrert sol (BIPV), flytende sol (FPV) og solenergi i kombinasjon med landbruk (AgriPV) er på full fart inn i markedet og disse markedssegmentene vokser raskt. Disse systemene krever en større grad av tilpasning og vil på sikt kunne føre til et konkurransefortrinn for europeiske produsenter. [23]



Figur 25 Oljedirektoratet, Stavanger, er et godt eksempel på godt design med bruk av bygningsintegreerte solceller, BIPV. Dette er bygget av Solenergi FUSen.

5.3 Bærekraft

Europeisk produksjon av solenergikomponenter er mer bærekraftig enn i de fleste andre deler av verden, og bærekraftskriterier kan derfor bidra til et konkurransefortrinn for europeiske produsenter i et globalt marked.

5.3.1 Økodesign og energimerking

EU i ferd med å utforme et regelverk knyttet til økodesign og energimerking for å synliggjøre bærekraftsverdien i solenergiprodukter. Dette vil kunne bli en viktig del av pakken for å lykkes med å hente hjem hele den industrielle verdikjeden for sol til Europa. En tydelig «grønn etikett» på europeiske solcelleprodukter vil gi en mer miljø- og bærekraftsbevisst forbruker tilgang til viktig kunnskap som trengs for å ta en informert beslutning om sine innkjøp. [27]

5.3.2 Potensielt importforbud for produkter produsert gjennom tvangsarbeid

Bærekraftsbegrepet inkluderer også sosiale aspekter som arbeidstakerrettigheter. Også her vil europeisk produksjon kunne komme godt ut. Bekymringene etter rapporter om tvangsarbeid og menneskerettsbrudd i Xinjiang-provinsen i Kina spiller inn her, fordi dette er en region som produserer mye til den globale solindustrien, og informasjon om opprinnelse for komponenter er vanskelig å få tak i fra kinesiske aktører per i dag. [28]

For å adressere disse bekymringene har EU tidligere annonsert at de vurderer et forbud mot import av produkter produsert med tvangsarbeid, og de har kommet med flere policyforslag samt forslag til direktiver som skal adressere dette, blant annet en kommunikasjon om anstendig arbeid over hele verden [29] og «due diligence directive» [30]. For solindustrien vil dette kunne påvirke leverandørkjedene for kinesisk produserte paneler, spesielt på kort og mellomlang-sikt avhengig av hvordan regelverket og det potensielle importforbudet vil se ut. Det er forventet at det vil komme flere detaljer rundt dette i september 2022.

6 Norsk eksport av solkraft

Selv om det er forventet at det skal installeres mye sol på norske bygg og tomter i kommende år, kan det for mange norske solaktører være interessant å vende blikket utover. Størrelsen på markedene internasjonalt gjør potensialet betydelig, selv med små markedsandeler. Norske solaktører har flere konkurransefortrinn som gjør at de har muligheter for å ta markedsandeler som beskrives videre i dette kapitlet.

6.1 Aktuelle markeder for norske solkraftaktører

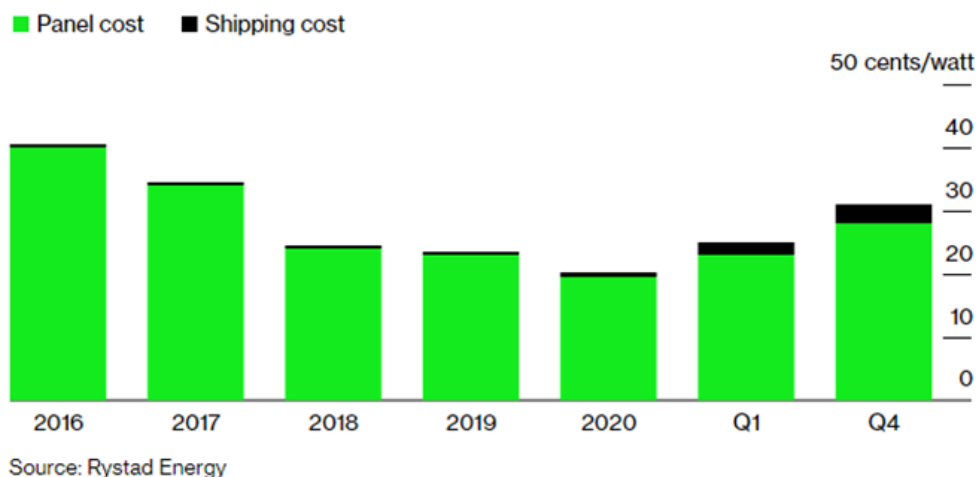
Flere markeder kan være attraktive avhengig av hvilken teknologi eller tjeneste et selskap satser på. Blant annet har man sett eksempler på at norske selskaper har vært involvert i utbygging av solparker i Afrika og Sør-Amerika, flytende sol-anlegg i Asia og installasjonstjenester for sol på bygninger i Europa.

6.1.1 Satsing på sol i EU

EU er spesielt et spennende marked for den energi-intensive delen av norsk solbransje. Med ambisjonene som er lagt frem i EUs solstrategi med å hente hjem den fulle industrielle verdikjeden til Europa ligger det noen muligheter for norske selskaper.

Som ett av de eneste landene i Europa med en eksisterende solindustri som eksporterer til et globalt marked har Norge en unik mulighet til å ta en ledende rolle. Vi produserer allerede verdens mest bærekraftige silisium til solceller, og ingots og wafere med verdens laveste karbonfotavtrykk. Etterspørselen etter disse produktene vil øke drastisk de nærmeste årene når EU henter hjem solindustrien, og her har Norge et klart konkurransefortrinn. Norsun og Norwegian Crystals er tilnærmet de eneste kommersielle waferprodusentene i Europa i dag, og Norsun har allerede annonsert ekspansjonsplaner i Årdal. Denne delen av solbransjen er allerede store eksportører, men vekstpotensialet sett i lys av RePowerEU er stort.

EUs solstrategi påpeker blant annet at EU er sårbar når det gjelder material- og komponentproduksjon, da man er avhengig av import fra Kina og at man derfor må iverksette tiltak for å øke motstandsdyktigheten når det gjelder tilgang på kritiske materialer (særlig silisium).



Figur 26: Utvikling i fraktkostnad og totalkostnad for solcellepaneler frem til Q4 2021. [31]

6.1.2 Andre markeder

Det er forventet at markedet for solkraft i Asia og Stillehavet («Asia Pacific») kan tredobles (sammenlignet med 2021) til 1500 GW installert kapasitet i 2030, drevet blant annet av politikk og reguleringer som tilrettelegger for investeringer i solkraft. Det er særlig i Kina og India at mye av veksten forventes. Blant de andre landene som det forventes at installerer mye solkraft er land i Sør-Øst-Asia som Japan, Sør-Korea og Vietnam samt Australia. I mange av disse markedene er tilgjengelig areal en utfordring og distribuert sol forventes derfor å utgjøre en stor del av ny installert kapasitet (over 60 prosent for de største 10 markedene i Asia og Stillehavet, ikke inkludert Kina). Flytende sol kan også ha en viktig rolle i disse markedene [32].

Norske aktører har allerede aktivitet i Sør-Amerika, og det forventes at denne regionen skal fortsette å vokse mye i de nærmeste årene. Brasil er et av markedene som forventes å vokse betydelig. Bare i 2021 ble det installert solceller med kapasitet på over 5 GW, slik at total installert kapasitet var 15 GW. I løpet av kommende år er det forventet at dette vil bli et av de ledende markedene for solkraft, med forventet installert kapasitet på over 50 GW innen 2026 [33].

IEA forventer at solkraft vil være den dominerende teknologien blant ny installert kapasitet i Afrika, og stå for 40 prosent mellom 2021 og 2030 (125 GW). Etterspørselen i Afrika er ventet å øke betydelig (med 75 prosent i 2030), og det er estimert at det fortsatt er 600 millioner mennesker uten tilgang til strøm [34]. Nettet er ofte ustabil i mange afrikanske land på grunn av mangel på vedlikehold og oppgradering, og mange personer bor i rurale strøk uten tilgang til nettet. Solkraft, som mange steder i Afrika har blitt den billigste teknologien, er derfor forventet å bli en viktig del av løsningen, både i form av storskala solparker og distribuerte løsninger. I tillegg er flere afrikanske land i gang med å liberalisere markeder og åpne opp og tilrettelegge for deltakelse fra private aktører, som gjør disse markedene mer attraktive. Det er eksempler på flere norske selskaper innen begge segmenter som har aktivitet i afrikanske land.

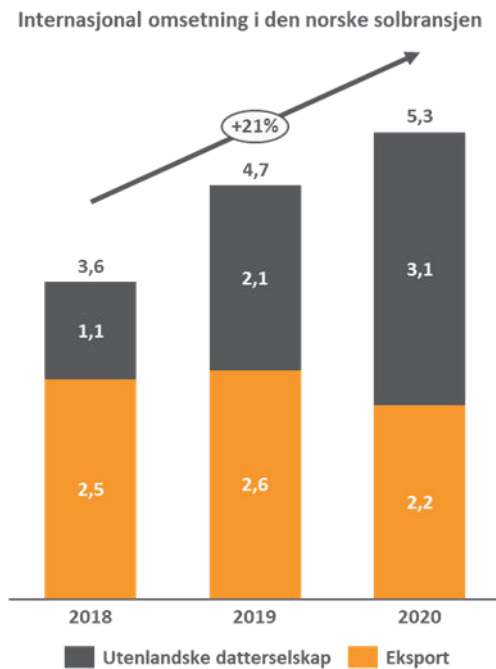
6.2 Status på internasjonal aktivitet

Solenergi¹ var den nest største sektoren (etter havvind) av fornybarsektorene i Norge, målt etter eksport- og utenlandsomsetning^{2,3} i 2020. Summen av eksport- og utenlandsomsetning var på 5,3 mrd. NOK (den nasjonale omsetningen var på 1,6 mrd. NOK), tilsvarende omtrent ti prosent av den totale omsetningen i den norske fornybarnæringen. Denne summen er voksende, og bare mellom 2018 og 2020 har den internasjonale omsetningen i den norske solbransjen vokst med 21 prosent årlig. I 2020 var omsetningen fra eksport 42 prosent (2,2 mrd. NOK) og omsetning i utenlandske datterselskap 58 % (3,1 mrd. NOK). [35]

¹ Disse tallene gjelder både solceller og andre solteknologier (f.eks. solvarme)

² Omsetning fra utenlandske datterselskap

³ Omsetning fra utstyrsleveranse, utbyggingstjenester, rådgivning og andre tjenester.



Figur 27: Internasjonal omsetning har vokst mellom 2018 og 2020. [36]

Blant de norske selskapene med internasjonal aktivitet er selskaper langs flere deler av verdikjeden representert, blant annet utviklere, material- og komponentleverandører og leverandører av annet utstyr og andre tjenester. Det er likevel en mindre andel av aktørene som står for det meste av inntekter internasjonalt.

Scatec var blant de ti største norske fornybarselskapene etter internasjonal omsetning på grunn av alle prosjektene som eies i utlandet. Blant de største norske internasjonale selskapene (enten gjennom eksport eller i utenlandske datterselskaper) innen sol finner man oppstrømsprodusenter som Norsun, REC Solar og Elkem, teknologi- og tjenesteutviklere som Ocean Sun, Otovo og Bright Products, og leverandører av diverse rådgivningstjenester.

Det var 2071 sysselsatte innen solenergi i Norge i 2020. Dersom man antar samme fordeling på sysselsatte som på type omsetning så er i underkant av 60 prosent, eller over 1100, av disse tilknyttet eksport. Det samles ikke inn tall for sysselsatte i utenlandske datterselskap. I veikartet for den norske solbransjen mot 2030 er det anslått at det vil være mellom 5000 og 10000 sysselsatte direkte innen solenergi, og at over halvparten av disse vil være knyttet til en eksportrettet solbransje. [35]

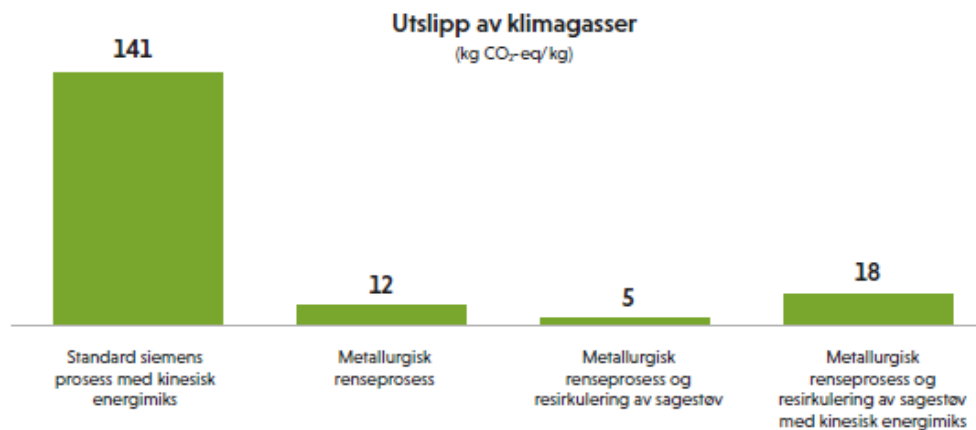
6.3 Konkurransefortrinn for norske aktører

Veikartet for solbransjen mot 2030 beskriver i detalj hvilke konkurransefortrinn norske selskaper har. Disse er oppsummert i dette delkapittelet. Innen prosjektutvikling og -utbygging (både av storskalaparker og på bygninger) kan norske selskaper ta med seg erfaring og kompetanse innen prosjektledelse av komplekse prosjekter, tilgang på kapital, (fornybare og i større grad elektrifiserte) energisystemer, utvikling av prosjekter internasjonalt, samt drift og vedlikehold. Fordi arbeidskraft er relativt dyrere har man også måttet utvikle mer teknologiske og automatiserte løsninger, i tillegg til at Norge allerede er et mer digitalisert samfunn. Det finnes flere eksempler på at det er software eller de digitale tjenestene som leveres som er tenkt som et av konkurransefortrinnene for norske løsninger, knyttet til overvåking og optimering av produksjon og forbruk, og drift og vedlikehold.

6.3.1 Prosessindustri

Den norske industrihistorien har lagt til rette for at det finnes en produksjon av materialer og komponenter som er kritiske for solceller, i hovedsak silisiumproduksjon. Det er ventet at monokrystallinske silisiumsolceller vil være den dominerende på markedet frem mot 2030 grunnet høy effektivitet og kvalitet. [35] Norske leverandører har utviklet høyteknologiske prosesser som er effektive og leverer høy kvalitet. Samspeilet med et sterkt kompetanse- og forskningsmiljø (som for eksempel forskningscenteret for solkraft, FME SUSOLTECH) på området har vært og vil være viktig for å kunne utvikle teknologi og løsninger som er effektive og bærekraftige.

I tillegg er et av fortrinnene at materialer og komponenter produseres med renere kraft enn mange andre steder i verden, mer energieffektivt og med bedre renseteknologi som resulterer i betydelig lavere utslipp i produksjonen, som illustrert i Figur 28. Et eksempel er REC Solar som har utviklet en ny teknologi som resirkulerer silisium sagspon som tidligere ikke har kunnet blitt brukt til solceller, hvilket antas å kunne redusere energiforbruket med 85 prosent og utslipp med rundt 95 prosent (dersom man antar norsk energimiks). [37] I markeder med stadig økende fokus og krav til utslipp, mer regulering og en mulig høyere CO₂-pris, vil norskproduserte materialer og komponenter ha et konkurransefortrinn. Økte fraktkostnader bidrar også til at produksjon som foregår nærmere markedene vil kunne være mer konkurransedyktig på pris.



Klimagassutslipp målt i CO₂-ekvivalenter per kg produsert solcellesilisium for ulike teknologier: Standard Siemens prosess med kinesisk energimiks vil gi et utslipp tilsvarende 141 kg CO₂ per kg produsert silisium. Slik solcellesilisium produseres av REC Solar i dag slippes det ut tilsvarende 12 kg CO₂ per kg produsert silisium. Når den nye fabrikk med resirkulering av sagespån står klar i januar 2021 vil utslippet reduseres til 5 kg CO₂ per kg produsert silisium. Den siste søylen viser tankeeksperimentet hvor REC sin prosess benyttes med kinesisk energimiks. Utslippet ville da vært på 18 kg CO₂ per kg produsert silisium.

Figur 28 Oversikt over utslipp av klimagasser fra ulike prosesser for produksjon av solcellesilisium. [35]

Tiden med betydelige kostnadsreduksjonene for solceller er muligens forbi (særlig i de kommende årene), men dersom norske selskaper kan fortsette å utvikle teknologi som kan forbedre kvalitet og redusere systemkostnader kan de bli svært attraktive i markedet. I veikartet mot 2030 estimeres det at denne delen av den norske solkraftindustrien skal vokse og kan stå for over fem mrd. NOK i eksportinntekter (opp fra rundt 2 mrd. NOK i 2020) og mellom 1000 og 2000 sysselsatte.

6.3.2 Norske solkraftaktører

Over Easy Solar

Hva: Vertikal solcelle som kan bli installert på tak med vektbegrensninger (som ikke kan installere standard solceller) eller på såkalte «grønne» tak (tak med vegetasjon).

Internasjonal aktivitet/ambisjoner: Er foreløpig i kommersialiseringsfase, men opplever internasjonal interesse for sine løsninger. Ser på Europa som hovedmarkedet.

Vi har ambisjoner om rask vekst i løpet av de kommende årene og løsningen vår er relevant langt ut over det norske markedet. Vi satser på Europa som hovedmarkedet vårt og er optimistiske om fremtidsutsiktene. EU har ambisiøse mål, og den nye REPowerEU-strategien styrker satsning på sol. Videre fokus er å få produktet ferdigkommersialisert og deretter bli konkurransedyktige på pris.

Vi er forbi fasen der vi har tilgang på offentlige tidligfasetilskudd i Norge og er derfor avhengig av prosjekter, tålmodige investorer og EU støtteordninger for å sikre finansiering av videre utvikling. Vi må også navigere regulatoriske prosesser, for eksempel har Tyskland veldig strenge krav til sertifisering. Sånn som den globale solcelleindustrien har utviklet seg de siste par årene ser man også for seg at mer av verdikjeden vår, som produksjon, vil være basert i Europa. – Tommy Engvik, Chief Business Development Manager

Ocean Sun

Hva: Flytende sol-teknologi hvor solceller installeres på en tynn hydroelastisk membran.

Internasjonal aktivitet/ambisjoner: Har installert prototyper i Asia (Singapore og Filipinene), samt et fullskala demonstrasjonsanlegg i partnerskap med Statkraft i Albania. Aktivitet innenfor områder der det er befolket (større byer og urbane områder), behov for kraft, lite tilgjengelig landareal og hvor det finnes muligheter for å koble til eksisterende nett. Asia er hovedmarkedet, men også Sør-Europa (blant annet Portugal, Spania og Hellas) og Sør-Amerika er interessant.

Flytende sol er det raskest voksende markedet innenfor sol på grunn av fordelene sammenliknet med landbaserte solkraftanlegg. Det skorter ikke på prosjekter, og heller ikke kapital, men det er utfordrende regulatorisk. Teknologien er fortsatt ny og derfor er ikke rammevilkår på plass i de fleste land, det gjør at prosesser tar lang tid. Siden industrien er ny tar det også tid å bygge opp referanser og vise til erfaring for at det skal være tillit til teknologien. Som norsk selskap har vi likevel en bra kredibilitet internasjonalt, siden vi baserer oss på ulik kompetanse fra andre næringer (maritimt, akvakultur, osv.) og partnerskap med andre norske aktører, som forskningsmiljøer i SINTEF og IFE, samt bedrifter som Scatec og Statkraft. – Alexander Telje, Chief Commercial Officer

Sunday Power

Hva: Bygger ut solcelleanlegg på store, flate bygningstak (lånt/leid) og selger strømmen til eiere/leietakere. Har utviklet en digital plattform som lar Sunday Power ta investeringen og tilby ulike løsninger til både byggeier og leietaker.

Internasjonal aktivitet/ambisjoner: Har hatt internasjonale ambisjoner fra starten av og ser særlig på Europa som interessant.

Vekstmulighetene i Norge begrenses av størrelsen. Vi tenker derfor ikke så mye på landegrenser, men hvordan vi kan skalere og få så mange paneler som mulig opp på tak. Vår ambisjon er å bli ledende innen vårt segment i alle markedene vi går inn i. REPowerEU-planen krever handling raskt, og dette

skaper etterspørsel etter gode grønne løsninger som kan løse kundens behov. Det vi differensierer oss på er å gjøre solceller på næringsbygg enkelt og lønnsomt for alle stakeholders, blant annet ved at vi gjennom software og kapital kan løse finansieringsproblemet mellom gårdeier og leietaker i bygget. Selv om ambisjonene er på plass, er det utfordringer innen reguleringer i de ulike landene/regionene og hvordan de lokale myndighetene enten begrenser eller insentiverer solutbygging. Dette er for eksempel knyttet til rammevilkår rundt overskuddsproduksjon som ikke gjør det lønnsomt å utnytte det fulle tekniske potensialet. Jonas Ibsen Brynildsrud, CEO & Co-founder

NorSun

Hva: Produserer monokrystallinske ingots og wafere som brukes i solceller.

Internasjonal aktivitet/ambisjoner: eksporterer til hele verden. Europa og USA forventes å bli viktige da disse markedene har store ambisjoner om sol og lokal produksjon.

I Norge produserer vi komponenter med høye miljø- og sosiale standarder. Det er et viktig konkurransefortrinn at vi har et særlig lavt CO2-fotavtrykk fordi vi har vannkraft som energikilde. Det blir stadig viktigere, bl.a. som en del av krav til ESG-rapportering. Ulempen med å produsere i Norge er at det er høye lønnskostnader, så en høy grad av automasjon er helt nødvendig. Det bør bygges opp hele verdikjeder mer lokalt, dvs. i Europa slik at vi reduserer avhengigheten til Kina. Vi har ambisjoner om å ekspandere, men for å kunne gjøre dette raskt nok er det behov for finansielle støtteordninger for både investering og drift, bl.a. en lånegaranti for å redusere risikoen ved ekspansjon. Rammebetingelser som støtter opp under våre konkurransefortrinn (særlig mht. miljø- og sosiale standarder) vil bidra til å støtte norske aktører med å lykkes. – Carsten Rohr, Chief Commercial Officer

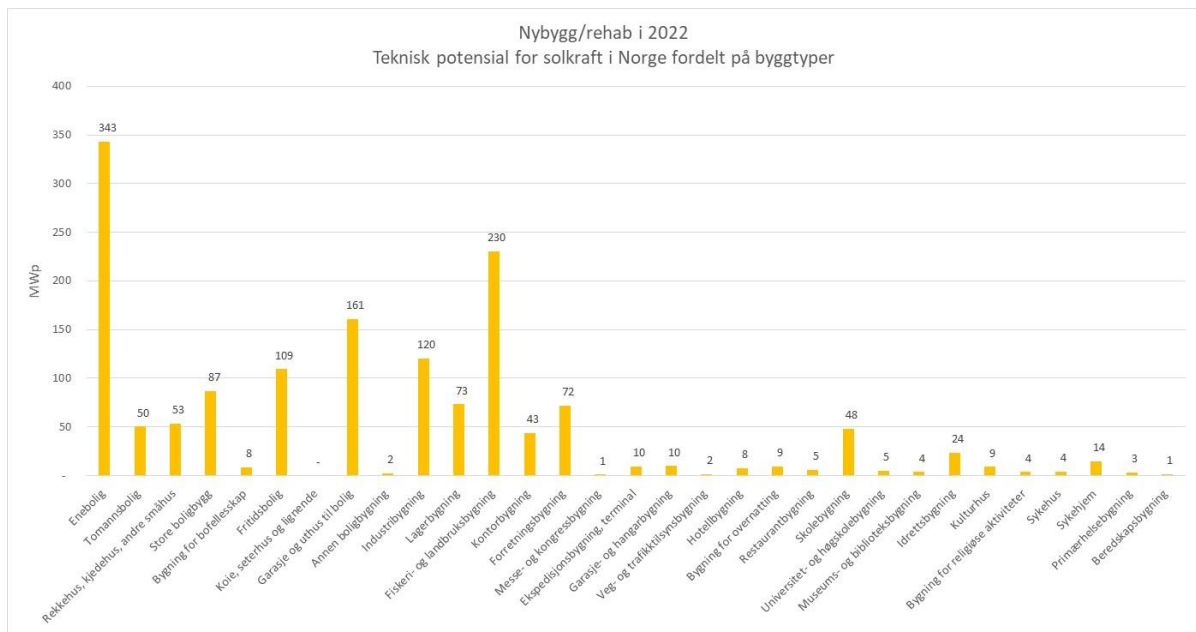
7 Fremtidig utvikling av solkraft i Norge

Utviklingen av solcellemarkedet i Norge fremover vil i hovedsak være knyttet til bygg og bakkemonterte solparker. Framskrivningen i denne rapporten er gjort for solcelleanlegg på bygg for ulike scenarier.

7.1 Potensiell installasjon på nybygg og bygg med totalrehabilitering

Nybygg samt de bygninger som gjennomgår totalrehabilitering omfattes av krav i gjeldende byggt teknisk forskrift (TEK), herunder energikrav. Det er knyttet forventninger til at fremtidige energikrav vil innbefatte installasjon av solceller for å kunne svare ut målsetning om nær nullenergibyg, og dermed forventes en kraftig økning i andelen nybygg og totalrehabilitering hvor det installeres solceller. Årlig nybyggrate er ca. 1,5 % og årlig riverate mellom 0,4-0,5 % [38]. Årlig rehabiliteringsrate er i underkant av 1 % for bolig og 1,5 % for næring, men kun ca. 20 % av disse gjennomfører samtidig energioppgradering [39]. På bakgrunn av dette antas det at kun den andelen som gjennomfører rehabilitering med energioppgradering er å regne som totalrehabilitering hvor energikrav i teknisk forskrift har måttet oppfylles. Det vil si at totalrehabiliteringsraten er ca. 0,2 % for bolig og 0,3 % for næring. Nybygg og totalrehabilitering utgjør med dette til sammen en bygningsmasse på ca. 68 000 bygg i 2022 og økende år for år.

Når de samme forutsetninger for tilgjengelig tak- og veggareal for solceller benyttes som beskrevet i kapittel 3.1.1, og de samme produksjonstall som beskrevet i kapittel 3.1.2, fås et samlet potensial for solkraft på tak og vegger på henholdsvis 1331 MWp og 183 MWp (i sum 1514 MWp) i 2022 og økende år for år. Hvordan dette potensialet fordeler seg på byggtyper er vist i Figur 29.



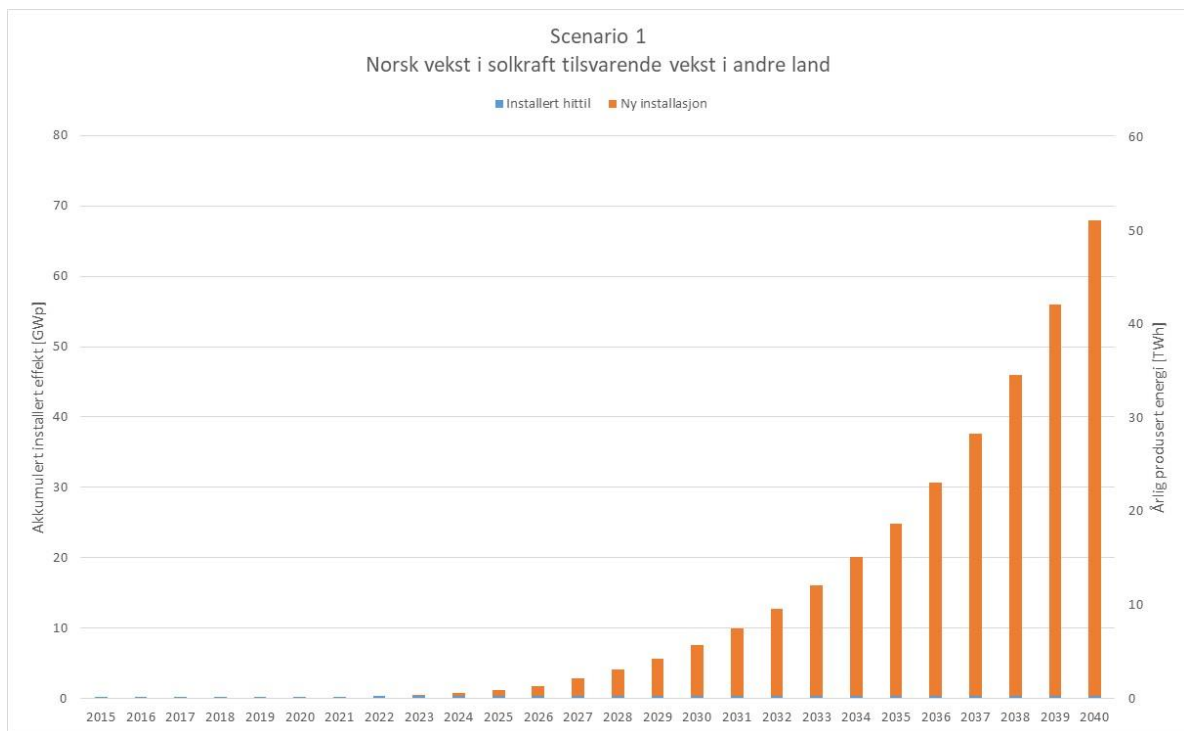
Figur 29: Potensial for solkraft (tak og vegger) fordelt på byggtyper, for summen av nybygg og totalrehabilitering i 2022.

7.2 Scenarioer for framtidig utvikling

Det er valgt å lage fem scenarioer for fremtidig vekst i det norske solcellemarkedet. Det er knyttet stor usikkerhet rundt utviklingen, spesielt i årene fra 2030. I scenarioene som presenteres er det valgt å se på hvordan utviklingen i Norge vil se ut dersom veksten speiler veksten i andre land, og spesifikt i nabolandet Sverige og i Tyskland som har store ambisjoner for landets vekst i fornybar energi. Det er også valgt å se på et scenario der det innføres reguleringer med krav om solcelleanlegg på nybygg og ved totalrehabiliteringer, samt et scenario som viser hvordan utviklingen vil se ut dersom vi fortsetter å ha 100 % årlig vekst frem til det tekniske potensialet på bygg er nådd, slik vi har sett i Norge i noen år.

7.2.1 Scenario 1 – Norsk vekst i solkraft tilsvarende vekst i andre land

Sverige ligger langt foran Norge i solkraftutbyggingen. Sverige har omtrent det samme klimaet og de samme solforholdene som Norge, men til forskjell fra Norge har svenskene satset mer på solkraft. Historiske tall for årlige installasjoner i Sverige tilsier at Norge ligger ca. 5 år bak Sverige [40]. I dette scenarioet antas det at årlig utbygd solkraft på bygg i Norge de fem neste årene (2023-2027) tilsvarer historisk årlig utbygd solkraft i Sverige (2016-2020). Dette tilsvarer en gjennomsnittlig vekst i årlige installasjoner på ca. 55 %. Videre antas 24 % årlig vekst i årene 2028-2030 og 20 % årlig vekst i årene 2031-2040. Denne årlige veksten er i samsvar med vekstraten nødvendig for å nå IEA sitt scenario med netto-null utslipp i 2050 («Net Zero Emissions by 2050 Scenario», NZE) [41]. Resulterende utvikling i norsk solkraft fram mot 2040 er vist i Figur 30.



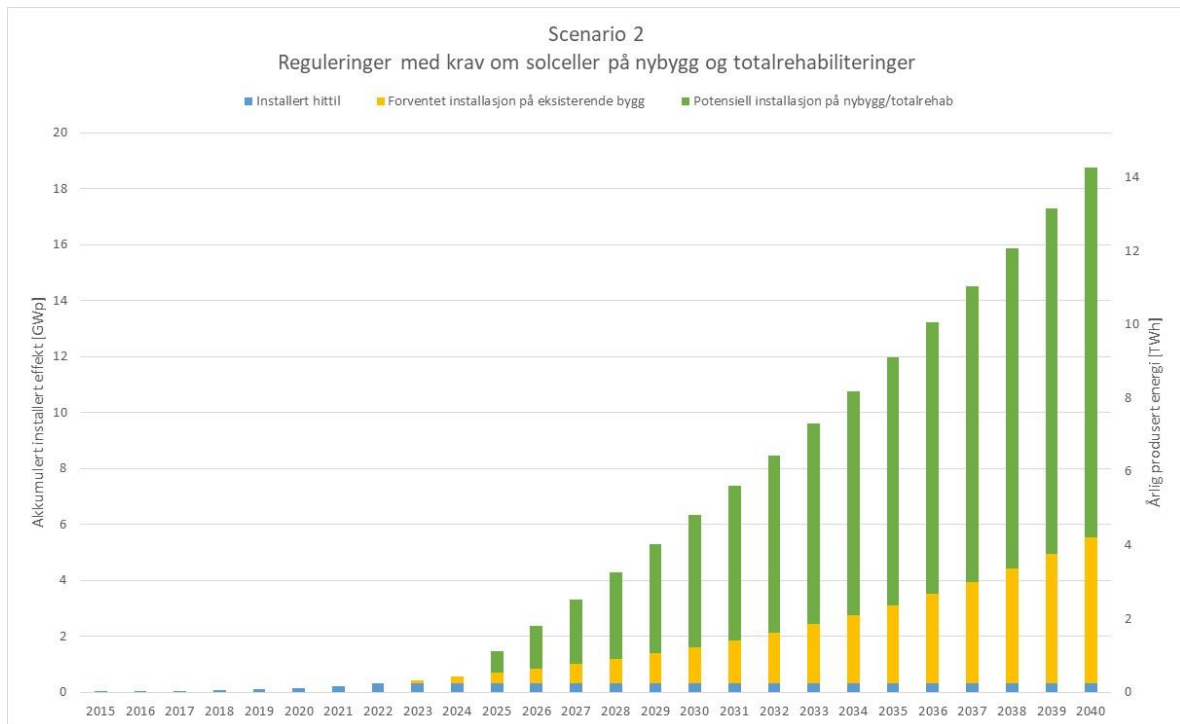
Figur 30: Scenario 1 – Norsk vekst i solkraft tilsvarende vekst i andre land. Figuren viser akkumulert installert effekt [GWp] (primærakse) og årlig energiproduksjon [TWh/år] (sekundærakse).

Figur 30 viser en stor og jevn vekst i utbygd solkraft på kort tid. Veksten på ca. 55 % de første årene er realisert i nabolandet Sverige. Det vil være realistisk med en større vekst de første årene og

deretter en lavere årlig vekst. Hovedutfordringen i årlig vekst er å ha tilstrekkelig med arbeidskraft til å gjennomføre utbyggingen.

7.2.2 Scenario 2 – Reguleringer med krav om solceller på nybygg og totalrehabiliteringer

Dersom det stilles klimakrav og krav til solceller i regelverk som Byggteknisk forskrift (TEK) og Plan og bygningsloven (PBL) i henhold til overordnet målsetning fra blant annet EU, kan en konsekvens være krav om solceller på nybygg og ved totalrehabiliteringer. I dette scenarioet antas det at 50 % av solkraftpotensialet i nybygg og bygg med totalrehabilitering utnyttes, og det antas at en slik regulering trer i krav fra 2025. I tillegg antas en årlig vekst i utbygd solkraft på eksisterende bygg på 10 % fra 2023. Resulterende utvikling i norsk solkraft fram mot 2040 er vist i Figur 31.



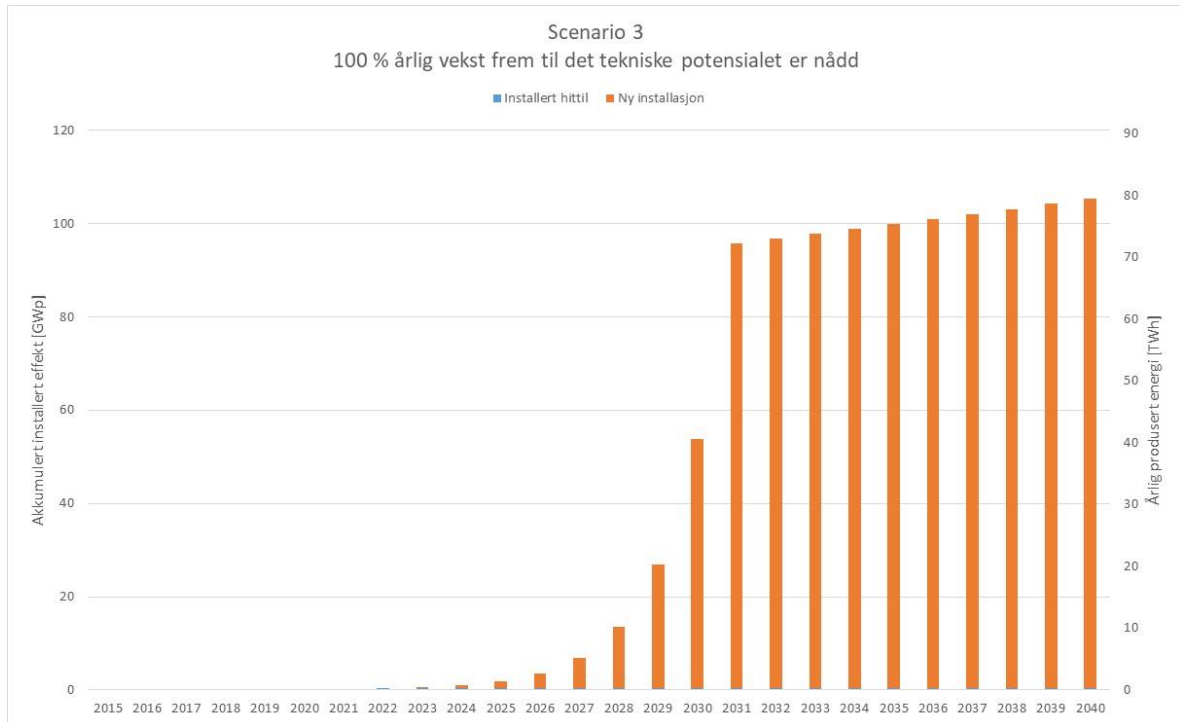
Figur 31: Scenario 2 – Reguleringer med krav om solceller på nybygg og totalrehabiliteringer. Figuren viser akkumulert installert effekt [GWp] (primærakse) og årlig energiproduksjon [TWh/år] (sekundærakse).

Som følge av innføring av reguleringen i 2025 oppnås et hopp i årlig vekst fra 2024 til 2025. I de påfølgende årene er den årlige veksten lav på 2-4 %. Scenarioet illustrerer at et grep som dette for å øke andelen fornybarproduksjon i form av solkraft vil fungere de første årene, men den årlige veksten går tregt i de videre årene. I dette scenarioet er det ikke tatt høyde for at det vil ta noe tid fra reguleringen blir gjeldende til solcelleanleggene og byggene er ferdig prosjektert og utbygd. Det er heller ikke tatt hensyn til en knapphet i markedet. Dette scenarioet viser på den andre siden behovet for arbeidskraft dersom en slik regulering trer inn.

7.2.3 Scenario 3 – 100 prosent årlig vekst frem til det tekniske potensialet er nådd

I Norge har vi hatt noen år med over 100 % årlig vekst. I dette scenarioet er det lagt til grunn 100 % årlig vekst frem til det tekniske potensialet er nådd. Dette tilsvarer det tekniske potensialet som er beregnet for bygningsmassen på 87 GWp i tillegg til utbygging av potensialet for solkraft på nybygg. En årlig vekst på 100 % vil ikke være realistisk i flere år framover, men viser hvordan et scenario som

utnytter alle tak og vegger i Norge til solceller vil kunne se ut. Scenarioet viser utbygging mot maksimalt teknisk potensialet, mens de fleste som installerer solceller ikke utnytter hele den tilgjengelige takflaten. Resulterende utvikling i norsk solkraft fram mot 2040 er vist i Figur 32.

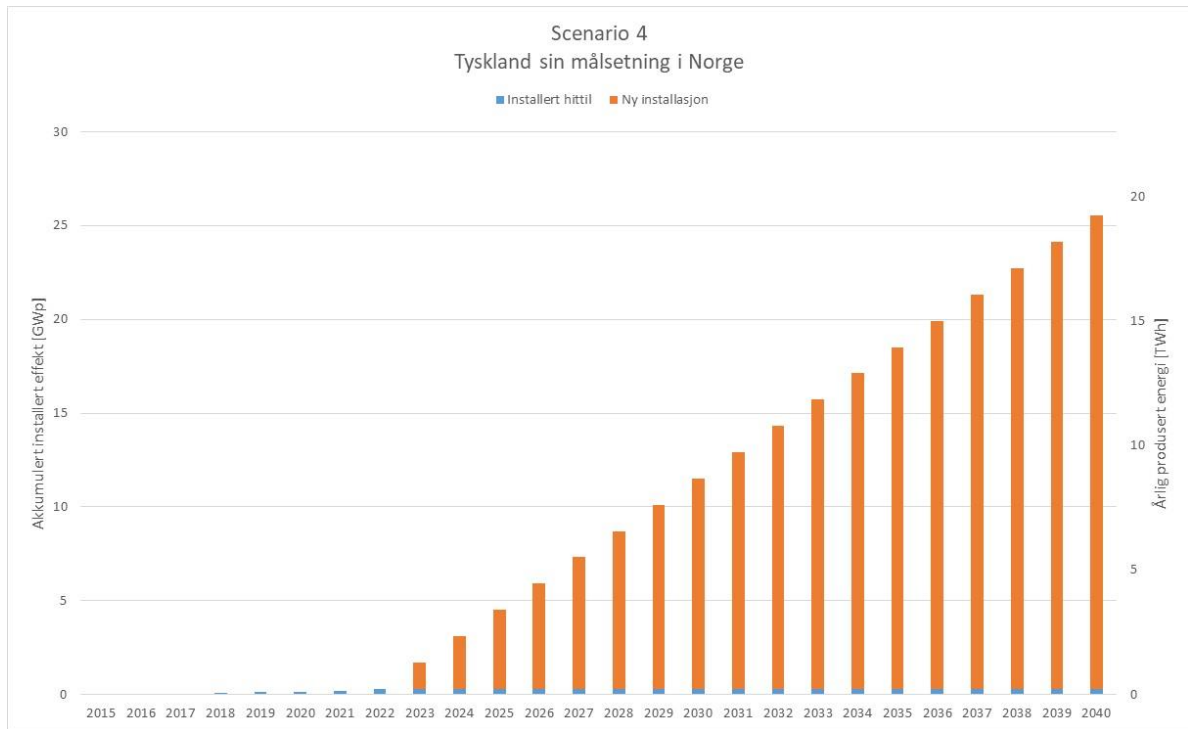


Figur 32: Scenario 3 – 100 % årlig vekst frem til det tekniske potensialet er nådd. Figuren viser akkumulert installert effekt [GWp] (primærakse) og årlig energiproduksjon [TWh/år] (sekundærakse).

7.2.4 Scenario 4 – Tyskland sin målsetning i Norge

Den tyske regjeringen har innført sin såkalte EEG-pakke («Renewable Energy Sources Act») for å legge til rette for raskere utbygging av sol- og vindkraft. De har satt høye mål for utbygging av solkraft med en årlig utbygging av solkraft på 22 GWp fra 2023 for å nå målet om akkumulert installert effekt på 215 GWp i Tyskland innen 2030 [42]. I dette scenarioet antas det at Tyskland sin målsetning fordelt per innbygger iverksettes i Norge. Det tilsvarer en årlig utbygging av solkraft på ca. 1,4 GWp⁴. Resulterende utvikling i norsk solkraft fram mot 2040 er vist i Figur 33. Figuren viser en ekstrem årlig prosentvis vekst som fra 2022 fra 2023, mens det i realiteten vil være en gradvis vekst til målsetningen om 1,4 GWp årlig vekst er realiserbart. Merk at akkumulert effekt i 2040 for dette scenarioet er i samme størrelsesorden som scenario 2 med reguleringer med krav om solceller på nybygg og totalrehabiliteringer.

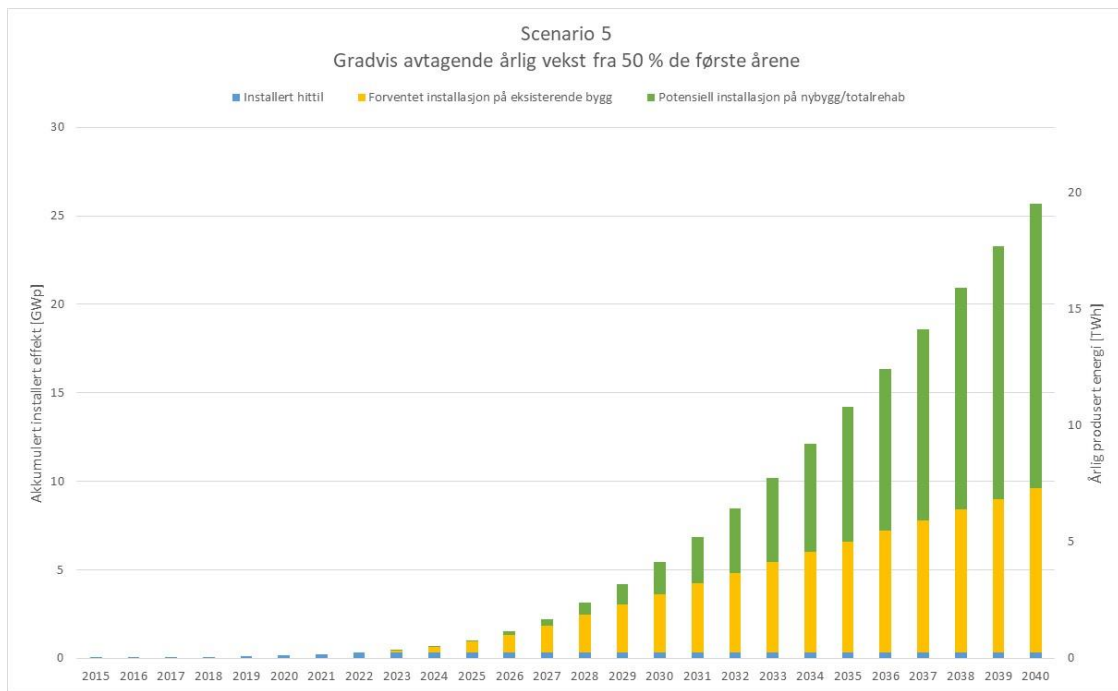
⁴ En årlig utbygging av solkraft i Norge på ca. 1,4 GWp er basert på et innbyggertall på 5,4 millioner i Norge og 83,3 millioner i Tyskland i 2022 [50].



Figur 33: Scenario 4 – Tyskland sin målsetning i Norge. Figuren viser akkumulert installert effekt [GWp] (primærakse) og årlig energiproduksjon [TWh/år] (sekundærakse).

7.2.5 Scenario 5 – Gradvis avtagende årlig vekst fra 50 prosent de første årene

Dette scenarioet viser hvordan en gradvis avtagende årlig vekst i solkraft fram mot 2040 kan se ut, vist i Figur 34. I scenarioet antas en årlig vekst på ca. 50 % de første årene før installasjonstakten gradvis avtar ned mot 1 % årlig vekst i 2040. I dette scenarioet øker andelen av nybygg og bygg med totalrehabilitering som installerer solceller gradvis opp til 100 % av teknisk potensial i 2040.



Figur 34: Scenario 5 – Gradvis avtagende årlig vekst fra 50 % de første årene. Figuren viser akkumulert installert effekt [GWp] (primærakse) og årlig energiproduksjon [TWh/år] (sekundærakse).

8 Barrierer mot utvikling i norsk solkraft

Som vist i kapittel 3 er potensialet for solkraft på bygg i Norge stort, og det er dermed klart at solkraft kan spille en viktig rolle i den norske kraftbalansen. I kapittel 2 er det videre gjort noen betraktninger om hvordan solkraft passer inn i det norske kraftsystemet, men her er det også nødvendig å opparbeide seg mer kunnskap og erfaring.

For Solkraftbransjen i Norge er det viktig at videre vekst bidrar med ny kraftproduksjon på en bærekraftig måte og at veksten skjer med god kvalitet. Samtidig er det i dagens anstrengte kraftsituasjon nødvendig å skaffe mye kraft på kort tid slik at kraftbalansen bedres og strømprisene holdes nede. Erfaring fra både Norge og andre land viser at solkraft kan vokse veldig raskt da det er en relativt enkel teknologi, og så lenge man installerer solkraft på bygg er det normalt ikke nødvendig å belaste konsesjonssystemet.

Solkraftanlegg på bygg omfattes i hovedregel av to lovverk: Plan- og Bygningsloven og Energiloven, og ingen av disse lovverkene er i dag tilpasset solkraftteknologien. Rask vekst og effektiv utnyttelse av bygninger for energiproduksjon møter derfor flere barrierer. Denne rapporten peker på *noen* av disse utfordringene og gir ideer og forslag til løsninger for videre diskusjon.

8.1 Kompetanse og ferdigheter

Utfordring: Mangel på kunnskap og fagfolk innen solenergi er en viktig flaksehals for vekst

Forslag til løsning: Solkraftfagene må inn i tverrfaglige læreplaner til tekniske fagskoler, videregående skole, høyskoler og universitet

Solenergiklyngen har, basert på innspill fra sine egne medlemmer, konkludert med at manglende kunnskap og arbeidskraft utgjør en av de viktigste hindrene mot videre vekst av norsk solkraftbransje. Det er ikke bare utfordringer hos leverandør og installatør, men i hele verdikjeden. Installasjon av solkraftanlegg på bygg er en tverrfaglig arbeidsoppgave hvor kompetanse om bygg og bygningskonstruksjoner samt elektriske installasjoner er nødvendig. For bygningsintegreerte installasjoner kan det også ofte være behov for spesialistkompetanse innen glass. Yrkesgruppene taktekker/tømrer, elektriker og glassmester utgjør et mulig rekrutteringsgrunnlag for installasjonselskaper, men de færreste innen disse yrkesgruppene har den solkraftfaglige kompetansen som trengs for å installere solcelleanlegg.

Det rekrutteres for fullt i hele verdikjeden, og bransjen står foran et enormt behov for kompetanseøkning fremover. Enkelte tekniske fagskoler og videregående skoler har inkludert solcelleinstallasjonen som en del av studiene og jobber videre med å utarbeide et fullverdig program i læringsplanen. Omfanget av undervisningstilbudet er imidlertid langt ifra godt nok og de fleste videregående utdanninger har ingen undervisningstilbud innen solkraftfagene. Etter- og videreutdanning utgjør derfor hovedtyngden av kurstilbudet hvor flere tilbyr kurs innen grunnleggende teori og viderekommende som også inkluderer praktiske kurs, som Nelfo, Solenergiklyngen, Solar, Glava Energy Center, etc.

8.2 Lønnsomhet i prosjekter

For noen prosjekter kan prosjektets lønnsomhet være en barriere, og for privatpersoner utgjør ENOVA-støtten et viktig bidrag for å bedre lønnsomheten. For større næringsbygg, borettslag og sameier utgjør imidlertid regelverket en større barriere, men lønnsomheten er relativt god uten støtte i sørlige deler av Norge.

8.2.1 Innkjøpspris og kraftpris

Utfordring: Høye investeringskostnader kan stoppe igangsetting av solenergiutbygging

Forslag til løsning: ENOVA-støtte er et viktig bidrag til lønnsomheten for installasjon av solceller på privatboliger. Det er spesielt viktig at denne støtten opprettholdes og er forutsigbar over i en lengre periode fremover, særlig fordi mange kjøpere nå venter lenge på ledig kapasitet til installasjon av solcelleanlegg.

Prisene for solcellesystemer (spesielt solcellepaneler) er nå, i midten av 2022, veldig varierende og det er en ventetid på flere måneder hos flere produsenter og leverandører. Det hjelper heller ikke at verdien av den norske krona er ekstremt fluktuerende. Dette er variabler som varierer fra dag til dag, og kan gi negativt utfall på kontraktssum på flere millioner kroner for større kontrakter. Selv om det er mulig å låse valuta på flere måter ved innkjøp, er det vanskelig å planlegge logistikk i byggeprosjektene når leveransene ikke kommer når de skal.

Selv om innkjøpspris og leveransetid er ustabil, har strømprisen, spesielt sør i landet, kompensert for dette i stor grad. Når strømprisen har vært 3-5 doblet i perioder på Øst- og Sørlandet, har dette resultert i en ekstrem forespørsel etter alternativ kraftproduksjon. Dette er naturlig, da strømpris over tid har en stor påvirkning på lønnsomheten av et solenergianlegg.

I tillegg til høy etterspørsel og lang leveringstid på solcelleanlegg oppleves investeringskostnaden for solcelleanlegg betydelig for privatpersoner. Det er derfor viktig at ENOVA-støtten er forutsigbar over tid. Det kan være fristende å kutte ENOVA-støtten når etterspørselen etter solcelleanlegg er høy, men erfaringer fra andre markeder viser at støtten må være forutsigbar. Dette vil unngå en uheldig «push-pull» effekt i markedet.

8.2.2 Elavgift og delingsløsninger

Utfordring: Et udatert regelverk for utbygging av solkraft på næringsbygg, boligblokker og borettslag gjør solkraftinstallasjoner ulønnsomme utover dimensjonering til eget forbruk. Resultatet er at det ikke bygges ut så mye kraft som Norge trenger og kun på deler av taket.

Forslag til løsning: Solkraft må, som for starten på elbil satsingen i Norge, gis 'urimelige fordeler'. Det må bli langt gunstigere å bygge ut mest mulig solkraft for så å produsere mest mulig kraft med muligheter for å dele kraften med nabobygg.

Næringsbygg, boligblokker og borettslag har i dag et stort potensial for solkraftinstallasjon.

Slik regelverket er utformet i dag må beboere i boligblokker og leilighetsbygg betale full nettleie for strøm produsert til eget forbruk. Slike bygg har ofte store tak og kan dra nytte av skalafordeler i bygging av solkraft. Denne bygningskategorien mottar ingen offentlig støtte i dag.

For næringsbygg er det mest lønnsomt å produsere kraft til eget forbruk, men mange næringsbygg har lavt kraftbehov i forhold til solkraftpotensialet på taket. Dette medfører ofte at større bygg kun utnytter en mindre del av taket til solkraftproduksjon. Figuren **Feil! Ugyldig selvreferanse for bokmerke.**nedenfor viser to eksempler på slike bygg hvor kun en liten del av taket er dekket av solceller.



Figur 3635: Luftfoto av to nærliggende næringsbygg hvor kun en liten del av takarealet utnyttes til solkraft. Dette som følge av at det i dag kun er lønnsomt å produsere kraft til eget forbruk. Kilde: kart.finn.no / Fusen.

Det forventes imidlertid at forslaget til endring av forskrift om deling av overskuddsproduksjon fra RME vil gjøre situasjonen noe bedre for små og mellomstore borettslag. Reguleringsmyndigheten for energi (RME) og Skatteetaten utformet et høringsnotat på oppdrag fra Olje- og energidepartementet og Finansdepartementet som ble sendt på høring 5. juli [18]. Forslaget er at i høringsdokumentet er det foreslått at produsenter av fornybar kraft kan dele produksjonen sin med øvrige nettkunder på samme eiendom (Gårdsnummer og bruksnummer). Dette vil typisk gjelde kunder i flermannsboliger eller boligblokker. Forslaget i høringen har en øvre grense der produksjonsanlegg med installert effekt opp til 500 kW kan deles mellom flere målepunkter innenfor samme eiendom, uavhengig av hvor mye installert effekt det er på eiendommen totalt. Forslaget om at det kun kan deles 500 kWp er veldig lite. Spesielt når dette gjelder næringsbygg og industrihaller med store flate tak.

Resultatet av en lite gjennomtenkt systemgrense er at det vil bygges ut mindre solkraft enn man kunne, og man tar ikke ut potensialet og muligheten for å bygge ut raskt og konfliktfri kraft som solkraft representerer.

8.3 Regelverk

Utviklingen av solkraft i Norge kunne hatt en annen hastighet dersom det ble stilt krav i regelverk som Byggeteknisk forskrift (TEK) og Plan og bygningsloven (PBL) i henhold til overordnet målsetning fra blant annet EU.

8.3.1 Byggeteknisk forskrift (TEK)

Utfordring: TEK mangler tilstrekkelig kriterier for premiering av solceller og har ikke strengere krav til klimautslipp eller energieffektivitet til tross for at Byggenæringen ønsker strengere krav.

Forslag til løsning: TEK bør følge EU-kravet (EPBD2) om «nesten nullenergibygge».

Gjennom de siste 10 årene har byggenæringen i stor grad gått foran og tatt initiativ til å redusere klimagassfotavtrykket i byggeprosjektene. Det kunne likevel gått mye fortere om myndighetene satte strengere krav til bærekraft. Nylige endringer i byggeteknisk forskrift (TEK17) representerer imidlertid ingen vesentlige innstramminger når det gjelder klimautslipp eller energieffektivitet. Dette til tross for at det er gjort utredninger for regjeringen som viser at de første ca. 20 % av mulig inntjening av klimagassutslipp er gratis, bare man stiller krav [43]. Byggenæringen er i stor grad samlet om at det trengs strengere krav, og at regjeringen i stor grad beveger seg med museskritt når det gjelder, og en nær samlet byggenæring er for slike klimakrav.

I gjeldende energiregler i TEK kan energirammekravet økes med inntil 10 kWh/m² oppvarmet BRA pr år, forutsatt at det på eiendommen produseres fornybar elektrisitet til bygningen på minst 20 kWh/m² oppvarmet BRA pr år. Dette er ikke tilstrekkelig for å premiere fornybar energi, og vil i liten grad føre til mer energieffektive bygg siden energirammen (på netto energibehov) altså økes.

Nylige endringer i TEK følger ikke opp EU-kravet (EPBD2) til såkalt «nesten nullenergibygge», ved at det ikke strammes inn på energibruken i bygget, samtidig som beregningspunktet for energibruk i bygg fortsatt er på «netto energibehov» og dermed ikke inkluderer virkningsgrader for energibruk i bygget eller lokal energiproduksjon. Dette medfører at hverken varmepumper, solfangere eller solceller tilgodeses i energiberegningene for kontroll av energikrav i TEK. Dersom man ønsker å oppnå en høyere grad av energieffektivitet i nye og rehabiliterte bygg må beregningspunktet for energibruk i bygg flyttes fra «netto energibehov» (dagens krav) til «levert energi». Samtidig må energikravene skjerpes slik at byggenes energibruk i praksis går ned mot «nesten nullenergibygge». En slik definisjon vil resultere i både redusert energibruk i bygg samtidig med økt kraftproduksjon nært forbruker.

8.3.2 Plan og bygningsloven (PBL)

Utfordring: Byggesøknad og håndtering av konstruksjonssikkerhet for solcelleinstallasjoner på tak kan være kostbart.

Forslag til løsning: Solceller på tak er unntatt søknadsplikt i alle kommuner inntil en viss størrelse, med noen unntak. Det utarbeides forenklede søknader for større bygg og en beste praksis.

Enkelte kommuner har i dag fritak for krav om byggesøknad for solcelleinstallasjoner på tak. Dette gjelder spesielt mindre solcelleinstallasjoner (under ca. 25 kWp). Det er derimot svært varierende praksis i kommunene, men felles er at større installasjoner på tak og fasade er søknadspliktig i henhold til Plan- og bygningsloven. Utarbeidelse av byggesøknad for solcelleinstallasjoner kan koste mellom 20 000 og 60 000 kr (eks. MVA), avhengig av byggets kompleksitet og i hvilken kommune det søkes. I tillegg vil det ofte være nødvendig at det tas ansvarsrett for aktuelle godkjenningssområder, hvor spesielt konstruksjonssikkerhet er fagområdet som påvirkes mest av solcelleinstallasjon på bygg.

Ofte når det skal installeres solcelleanlegg på tak av eksisterende næringsbygg, er ikke takets bæreevne nøyaktig kjent, da beregningsgrunnlag ikke alltid er del av dokumentasjonen på bygget.

Dette kan medføre at det må gjennomføres konstruksjonstekniske beregninger som kan resultere i større kostnader i prosjektet, og dermed skjer det ofte at prosjektet ikke kan gjennomføres.

Solceller på tak av en viss størrelse bør være unntatt søknadsplikt i alle kommuner, samt søknader for større bygg bør forenkles. Det bør også være mulig å etablere solcelleanlegg på eksisterende tak med ukjent bæreevne, så lenge det gjøres fornuftige avbøtende tiltak for å redusere tilkommende snølaste i driftsfasen av solcelleinstallasjonen.

8.3.3 EUs regelverk

Utfordring: Dersom Norge hadde innført EUs regelverk som er relevant for fornybaromstillingen så er det estimert at solceller i Norge i 2022 ville bidratt med en strømproduksjon på ca. 1 TWh. Til sammenligning var produksjon fra solceller i 2021 på 0,15 TWh [44].

Forslag til løsning: Norge bør se til Europa og ha et fokus på å innføre viktige deler av EUs regelverk som er relevant for fornybaromstillingen.

Norge har enda ikke innført viktige deler av EUs regelverk som er relevant for fornybaromstillingen henholdsvis fornybardirektivet («Renewable Energy Directive», energieffektiviseringsdirektivet («Energy Efficiency Directive») og bygningsenergidirektivet («Energy Performance in Buildings Directive»). Norge har for eksempel enda ikke innført endringene i fornybardirektivet fra 2018, mens EU har implementert flere store endringer her de siste årene, inkludert for å omfatte «Fit for 55» i 2021 og ytterligere med REPowerEU i 2022. Dersom EUs bygningsdirektiv ble innført tidligere kunne det vært installert mye mer solkraft i Norge i dag.

På oppdrag fra Lyse Energi AS gjorde Multiconsult en potensialstudie for solceller i Norge i januar 2015 [44]. I denne analysen ble det gjort framskrivninger for framtidig utbygging av solkraft, der scenarioet som baserte seg på implementering av EU's bygningsdirektiv resulterte i et estimat på 1 TWh strømproduksjon i 2022.

Et annet argument for å implementere EU direktivene er å unngå at norske aktører sakter akterut. Man må teste ut og verifisere teknologier og løsninger i hjemmemarkedet for så å eksportere. EU reguleringene gir forretningsmuligheter for norske aktører i det europeiske markedet med like rammebetingelser.

8.3.4 Energiloven

Utfordring: Regelverk knyttet til energiloven fungerer godt for konsumenter av strøm, men slår uheldig ut for produsenter av strøm, spesielt for større næringsaktører og kommuner. Dette kan medføre at utbygging av solcelleanlegg og smarte energistyringssystemer blir ulønnsomme.

Forslag til løsning: Det kan ta lang tid å endre på alle regelverk knyttet til energiloven, men en løsning kan være å utvikle et midlertidig regelverk for å kun håndtere dagens utfordringer

Konsesjon

De aller fleste solkraftanlegg som har blitt bygget frem til nå har inngått i ordningen for såkalte «plusskunder», og de behøver ikke å søke konsesjon. Anlegg som eksporterer kraft med en effekt på over 100 kWh/h eller har en midlere årsproduksjon (beregnet gjennomsnittlig årlig produksjon) på over 1 GWh omfattes ikke av plusskundeordningen og må søke omsetningskonsesjon. Solkraftanlegg som faller utenfor plusskundeordningen har normalt en profesjonell eier, men denne eieren har normalt hjemmehørende i byggenæringen og ikke i kraftbransjen. Å sende søknad om konsesjon går

greit, men opplysninger om søknadsprosessen, hva det innebærer å ha konsesjon samt hvilke plikter og rettigheter som medfølger kunne med fordel vært bedre beskrevet på nettsidene til NVE.

Avregningspunkt

For store næringsbygg med stort energiforbruk er tilknyttingen til kraftnettet ofte fordelt på flere transformatorer og dermed tilkoblingspunkter. For hvert tilkoblingspunkt blir det gjort en avregning og til tross for at alle tilknytningspunktene har en og samme kunde mottar kunden en faktura og et abonnement for hver energimåler. Hvis samme kunde har et stort solcelleanlegg som er fysisk oppdelt slik at det mates kraft inn på hver strømmåler må denne kunden betale full nettleie samt avgifter på strøm som mates ut på nettet på en strømmåler, men som trekkes inn fra nettet på en annen strømmåler i samme bygg. En slik plusskunde vil med andre ord risikere å betale full nettleie og avgifter på strøm som produseres til eget forbruk til tross for at strømflyten i realiteten ikke krysser tomtegrensen. Denne praksisen innebærer en forskjellsbehandling av små og store produsenter av solkraft og den fører til økt kompleksitet i dimensjonering og bygging av store solkraftanlegg som igjen gir økte kostnader. I tillegg reduseres lønnsomheten i prosjektene som følge av redusert verdi av kraft produsert til eget forbruk.

Nettselskapene har i dag lov til å samle flere målepunkt tilhørende en og samme kunde slik at det avregnes for samlet netto kraftforbruk (såkalt samfakturering). Med en slik avregning vil krafteksport på et målepunkt kanselleres av import på et annet målepunkt slik at kunden faktureres kun for den belastningen som påføres kraftnettet på samme måte som en kunde som kun har ett tilknytningspunkt. En slik praksis vil føre til reduserte planleggings- og byggekostnader for solkraftanlegg slik at det blir mer attraktivt å utnytte store takflater på industribygg til kraftproduksjon.

Samfakturering, dvs. netto avregning for flere tilknytningspunkt for en og samme kunde, er videre en viktig forutsetning for effektiv utnyttelse av smart energistyring og utnyttelse av forbrukerfleksibilitet. Slike systemer kan brukes til å oppnå følgende formål:

- Økt egenforbruk av egenprodusert solkraft
- Redusert effektbelastning på kraftnettet
- Forbruksjustering i henhold til kraftpriser og nettkapasitet.

Verdien av smarte energistyringssystemer er normalt høyere for kunder med solkraftproduksjon enn for kunder som ikke har solkraftproduksjon, da solkraftproduksjonen styrker lønnsomheten for smart energistyring.

Ulik praksis for avregning og konsesjon

Gjennom plusskundeordningen blir tilknytningspunkt benyttet som avgrensning for ordningen ved at kunder som mater ut mer enn 100 kWh/h setter en begrensning for plusskunden. Kunder med høyere utmatet effekt enn denne grensen regnes ikke som plusskunder og det stilles krav om konsesjon.

Konsesjonsloven stiller samtidig krav om at kunder med midlere årsproduksjon på over 1 GWh må søke konsesjon, men her er beregningspunktet knyttet til organisasjonsnummer, dvs eierskapet og ikke tilknytningspunktet. Denne praksisen medfører at for eksempel en kommune med samme organisasjonsnummer registrert som eier av flere skoler og barnehager risikerer å bli konsesjonspliktig selv for veldig små solcelleanlegg. Dette til tross for at samtlige solcelleanlegg har

en langt lavere effekt enn plusskundegrensen på 100 kWh/h. Det samme vil gjelde for en industrikunde med flere målepunkt hvor solkraftproduksjonen fordeles på flere målepunkt. Selv om hvert målepunkt hver for seg har en lavere utmatingseffekt enn 100 kWh/h og lavere årsmiddelproduksjon enn 1 GWh vil anlegget.

For solkraftnæringen og eiere av solkraftverk kan det være svært vanskelig å forholde seg til dette regelverket da det ikke er helt entydig definert. En mulig forenkling kan være å samle beregningspunktet for konsesjonsplikt på følgende måte

- Beregningspunkt for begrensning av plusskundeordningen settes til målepunkt for nettilknytning.
- For kunder med flere tilknytningspunkt på samme bygg skal avregningspunktet gjelde for samtlige målere, dvs samfaktureres.

Med disse to endringene vil store solcelleanlegg fordelt på flere målere med samlet årsproduksjon på over 1 GWh forbli konsesjonspliktige, samtidig som man unngår at kunder med mange små bygg tilknyttet samme organisasjonsnummer forblir innenfor plusskundeordningen.



Figur 37: Foto: Solcellespesialisten, fra møbelfabrikken 'The Plus' på Magnor

8.4 Behandling av ny storskala solkraft

8.4.1 Konsesjonsprosessen

Utfordring: Storskala solkraftproduksjon vil være en viktig del av ny fornybar produksjon i Norge fremover. Konsesjonsprosessen kan bli en flaskehals for storskala solkraftutbygging.

Forslag til løsning: NVE og myndighetene bør stille klare krav med veiledere for konsesjonsprosessen for solkraft og NVE bør bygge opp tilstrekkelig kapasitet til håndtering av ny solkraft.

Alle kraftprodusenter over 1 GWh i midlere årsproduksjon og som skal selge kraft på nettet må ha omsetningskonsesjon. Anleggskonsesjon er nødvendig dersom utbygger eller det lokale nettselskapet må etablere høyspentanlegg (spenning over 1 kV) for å få kraften ut på nettet. NVE har tilgjengeliggjort opplysninger om konsesjonsprosessen på sine sider om konsesjonsbehandling av solkraft [45], men det kunne med fordel vært bedre beskrevet. NVE og myndighetene bør stille klare krav med veiledere for konsesjonsprosessen for solkraftverk.

For solkraftverk som krever konsesjon må det utarbeides en konsekvensutredning for relevante tema. Det er uklart om det også stilles krav til melding i forkant av konsekvensutredningen. Denne har som hensikt å varsle berørte parter tidlig slik at disse får anledning til å gi uttalelser eller innspill til hva konsekvensutredningen bør omfatte. I en veileder burde det presiseres hvilke tilfeller det er krav om melding.

Forbedret teknologi og reduserte kostnader gjør at produksjon av solenergi fra store anlegg i Norge vil vokse. For å hindre en flaskehals i NVE med treg behandling av konsesjonssøknader bør det gjøres forberedelser med å bygge opp et stort nok team til saksbehandling av nye solkraftverk.

8.4.2 *Nettilknytning*

Utfordring: Ny storskala solkraft kan enkelt bygges ut, spesielt på områder som er definert som «grått areal» for eksempel på eldre deponier, ved siden av flyplasser eller veier). Her kan nettilknytning og kapasitet i nettet være en utfordring og en flaskehals.

Forslag til løsning: Solkraft kan bygges ut raskt, bidra til å bedre kraftbalansen og bør prioriteres i køen av nettilknytningssøknader hos netteiere. Det bør også tilgjengeliggjøres informasjon om områder med ledig kapasitet som kan reserveres av prosjektutvikler. Kostnad for utbygging av nett bør håndteres på en samfunnsøkonomisk måte og ikke bli en ny barriere for utvikling av storskala sol.

Kraftnettet i Norge har begrenset kapasitet for tilknytning av produksjon og forbruk. Dette er et mektig hinder å overkomme ved valg av område for storskala solkraft. Dersom lokal netteier ikke har tilgjengelig kapasitet eller sterkt nok nett kan det bli behov for ny nettutbygging. Dette vil typisk ta 2 år for distribusjonsnettet og 4-5 år for regional- og transmisjonsnett. Anleggsbidrag for hele eller deler av kostnadene for ny nettilknytning eller forsterkning kan resultere i høye merkostnader for solkraftparken. Resultatet kan være at det tar for lang tid før solkraften kan tilknyttes nettet eller at merkostnaden for anleggsbidraget gjør at prosjektet blir ulønnsomt. For å realisere potensialet for storskala solkraft i områder med begrenset tilknytningskapasitet bør solkraft prioriteres i køen med nettsøknader hos netteierne.

9 Oppsummering

Produksjon av solkraft skalerer med areal, slik at et større areal vil gi mer solkraftproduksjon enn et lite areal. Mengden solinnstråling som treffer Norge hvert år er langt mer enn det vi både trenger og det vi eksporterer, og derfor er det mest interessant å knytte potensialet for solkraft i Norge opp imot en bestemt type arealer.

Med utgangspunkt i ønsket om å bevare mest mulig natur, samtidig som det skal produseres mer elektrisk kraft har vi i denne studien valgt å fokusere potensialstudien på områder som er egnet for solkraftproduksjon og samtidig berørt av menneskelig aktivitet. I dag bygges nesten alle solkraftanlegg i Norge på bygg og derfor er hovedfokuset i kartleggingen på bygg. I tillegg er det kartlagt noen andre typer arealer som kan være aktuelle for solkraftproduksjon, som:

- Landbruksarealer som kan være tatt ut av drift
- Parkeringsplasser
- Sjøppeldeponier

Andre arealstyper som også kan være aktuelle for solkraftproduksjon, som for eksempel støyskjermer, veiskuldre, nedlagte grustak, forurenset grunn, m.v. er ikke inkludert i studien.

I motsetning til tidligere studier som har vurdert solkraftpotensialet med utgangspunkt i ENØK-databaser med «oppvarmet areal» har denne studien tatt utgangspunkt i et samlet kartmateriale for Norge. Kartleggingen har foregått etter følgende metode:

1. Innhenting av kartdata for samtlige bygg i Norge fordelt på 31 ulike bygningskategorier og videre fordelt etter prisområder for kraft.
2. Registrering av byggenes fotavtrykk, omkrets og etasjehøyde for beregning av
 - a. Totalt takareal
 - b. Totalt fasadeareal
3. Vurdering av hvor stor andel av tak og fasade som er egnet for installasjon av solceller. For eksempel er takareal med helning mot nord, piper, installasjoner på tak osv trukket fra. For fasader er arealer til vinduer balkonger o.l. fratrukket. I tillegg har fasademonterte solceller blitt vurdert som uegnet for flere bygningskategorier, som for eksempel eneboliger og hytter.
4. Vurdering av dominerende klima / solinnstråling for hvert prisområde basert høyeste tetthet av bygningsmasse med påfølgende solkraftproduksjonsberegninger med PVSyst for ulike orienteringer og takvinkler.
5. Beregning av effekt og produksjonspotensial for solkraft innenfor hvert prisområde basert på egnet areal og produksjonsanalyser for solkraft.
6. Fremgangsmåten for landbruksarealer som kan være ute av drift, parkeringsplasser og søppeldeponier følger samme metode som ovenfor, men her er det antatt at det bygges bakkemonterte solkraftverk / car-port-løsninger som kun dekker deler av arealet for at solcellene ikke skal skygge på hverandre.

Resultatet av analysen viser at det samlede potensialet for solkraft på bygg i Norge er 87,1 GWp og det tilsvarer en kraftproduksjon på 65,6 TWh/år. Potensialet for solkraft på «beslaglagt mark» er beregnet til å være 133,3 TWh/år med en produksjonskapasitet på 144,1 GWp. Det er viktig å merke seg at beregningene kun har vurdert det tekniske potensialet og at det ikke er gjort en vurdering av økonomisk realiserbart potensial. Økonomisk realiserbart potensial vil nødvendigvis være en funksjon av installasjonskostnader og strømpris, og etter som teknologien har vist en nedadgående trend over lang tid er det rimelig å anta økonomisk realiserbart potensial vil øke i tiden fremover. Dersom kategorien for eneboliger er representativ viser studien at gjennomsnittlig solkraftpotensial for en enebolig er på 17,2 kWp, mens NVE's statistikk hentet ut fra Elhub viser at gjennomsnittlig størrelse for solkraft på eneboliger er ca 8 kWp. Det betyr at frem til nå har ca 46% av potensialet blitt realisert innen denne kategorien. Frem til nå er det installert ca 205 MWp med solkraft i Norge og dette produserer ca 0,15 TWh, dvs en promille av det norske kraftforbruket.

I et værbasert kraftsystem slik som vi har i Norge vil en økt andel solkraft kunne bidra til redusert sårbarhet mot tørke og tomme vannmagasiner da det ofte er mye sol når det er lite regn og omvendt. Sol- og vindkraft er også som regel i motfase. Et kraftsystem basert på sol-, vind- og vannkraft antas derfor å være mer robust enn et system som kun er basert på vannkraft.

Solkraft er verdens raskest voksende teknologi for kraftproduksjon og EU har sterkt fokus på utnyttelse av denne teknologien. I den anledning har EU lansert flere initiativ for å få fart på utbyggingen av solkraft i EU, deriblant «Fit for 55» og «RePower EU». I bygningsdirektivet er det også foreslått at bygg skal holde en såkalt «nesten nullenergistandard», hvilket implisitt betyr at det blir obligatorisk med solkraft på alle bygg. I tillegg har EU lansert et initiativ for å tiltrekke seg en større andel av verdikjeden for solkraft for at man skal bli mindre avhengig av å importere systemkomponenter fra Kina.

Med utgangspunkt i et begrenset hjemmemarked utgjør internasjonal eksport av varer og tjenester en viktig del for den norske solkraftbransjen, og i 2020 var den norske solkraftnæringen den nest største næringen for fornybar eksport. En styrking av internasjonal eksport vil være viktig for den norske bransjen og med lave klimautslipp i komponentproduksjonen samt nærhet til det Europeiske markedet kan EU bli et viktig eksportmarked i tiden fremover.

Erfaring fra både Norge og andre land viser at solkraft kan vokse veldig raskt da det er en relativt enkel teknologi, og så lenge man installerer solkraft på bygg er det normalt ikke nødvendig å belaste konsesjonssystemet. Solenergi på bygg kan installeres uten mye konflikter, strømmen brukes der den produseres og vil på denne måten bidra til kraftbalansen sammen med vann og vindkraft. Så hvorfor bygges det ikke mer solkraft på bygg?

Solkraftanlegg på bygg omfattes i hovedregel av to lovverk: Plan- og Bygningsloven og Energiloven, og ingen av disse lovverkene er i dag tilpasset solkraftteknologien. Denne rapporten peker på noen barrierer for rask solkraftutbygging. Solkraftbransjen i Norge er opptatt at videre vekst bidrar med ny kraftproduksjon på en bærekraftig måte og at veksten skjer med god kvalitet, derfor er solkraftbransjen opptatt av å finne gode løsninger på dagens barrierer for solkraftutbygging.

10 Referanser

- [1] IFE, «Sunpoint,» [Internett]. Available: <https://ife.no/prosjekt/sunpoint/>. [Funnet 28 juni 2022].
- [2] NVE, «Solkraft,» [Internett]. Available: <https://www.nve.no/energi/energisystem/solkraft/>. [Funnet 20 Juli 2022].
- [3] NVE, «Vannkraftdatabase,» [Internett]. Available: <https://www.nve.no/energi/energisystem/vannkraft/vannkraftdatabase/>. [Funnet 30 juni 2022].
- [4] NVE, «Utbygde vindkraftverk,» [Internett]. Available: <https://www.nve.no/energi/energisystem/vindkraft/utbygde-vindkraftverk/>. [Funnet 30 juni 2022].
- [5] NVE, «Norsk og nordisk effektbalanse fram mot 2030,» 2022.
- [6] F. ISE, «Energy Charts,» 1 August 2022. [Internett]. Available: https://www.energy-charts.info/charts/power_scatter/chart.htm?l=en&c=DE&interval=year&year=2021&download-format=image%2Fjpeg. [Funnet 01 08 2022].
- [7] I. P. T. 14, «PV as ancillary service provider (REport IEA-PVPS14-14:2021),» IEA PVPS, 2021.
- [8] Geodata, «Eiendom / matrikkel - GeomapMatrikkel,» [Internett]. Available: <https://dokumentasjon.geodataonline.no/docs/Temakart/Eiendom>. [Funnet 27 mai 2022].
- [9] SSB, «Standard for bygningstype / Matrikkelen,» [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/klasse/klassifikasjoner/31>. [Funnet 9 mai 2022].
- [10] NVE, «Uttrekk fra Elhub tom mai 2022».
- [11] «Grønt kapplop: Dette er de reneste og skitneste solcellene,» Teknisk Ukeblad, [Internett]. Available: <https://www.tu.no/artikler/gront-kapplop-dette-er-de-reneste-og-skitneste-solcellene/363458>.
- [12] «Norges første bakkemonterte solcellepark gjør avfallsselskapet til pionerer på solstrøm,» Teknisk Ukeblad, [Internett]. Available: <https://www.tu.no/deltav/solceller/annonse-norges-forste-bakkemonterte-solcellepark-gjor-avfallsselskapet-til-pionerer-pa-solstrom/511236>.
- [13] NIBIO, «Jordbruksareal som kan være ute av drift,» [Internett]. Available: <https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/andre-kart/jordbruksareal-som-kan-vaere-ute-av-drift>. [Funnet 30 juni 2022].
- [14] «FKB-Veg,» Kartverket, [Internett]. Available: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/fkb-veg/4920b452-75cc-45f2-964c-3378204c3517>.
- [15] «OpenStreetMap,» [Internett]. Available: <https://www.openstreetmap.org/>. [Funnet 29 juni 2022].
- [16] «Forurenset grunn,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: <https://kartkatalog.miljodirektoratet.no/Dataset/Details/50>. [Funnet 1 juli 2022].
- [17] Multiconsult, «Pressemelding: Vendepunkt for solceller i Norge i 2014,» International Energy Agency (IEA) Photovoltaic Power Systems (PVPS), Task 1.
- [18] RME, «Høring - Forslag om innføring av modell for deling av overskudsproduksjon,» [Internett]. Available: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/regulering/regelverk-og-hoeringer/horinger/horinger-reguleringsmyndigheten-for-energi-rme/hoering-forslag-om-innfoering-av-modell-for-deling-av-overskudsproduksjon/>. [Funnet 06 juli 2022].
- [19] L. E. Olsen, Interviewee, *Daglig leder ASKO Bygg Vestby AS*. [Intervju]. 27 Juni 2022.
- [20] S. G. Berg, Interviewee, *Leder internkontroll og bærekraft REMA Distribusjon Norge AS*. [Intervju]. 27 Juni 2022.
- [21] EuropeanUnion, «A European Green Deal - Striving to be the first climate-neutral continent,» [Internett]. Available: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.
- [22] EuropeanUnion, «REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition,» [Internett]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3131.
- [23] EuropeanCommission, «COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS,» 2022.
- [24] SolarPowerEurope, «EU Solar Jobs Report,» 2021.

- [25] pvmagazine, «EU leading PV technology innovation, plans for 100GW solar manufacturing capacity by 2030,» [Internett]. Available: <https://www.pv-magazine.com/2022/02/24/eu-leading-pv-technology-innovation-plans-for-100gw-solar-manufacturing-capacity-by-2030/>.
- [26] EuropeanCommission, «Keynote Speech by Commissioner for Energy Kadri Simson at the Solar Power Summit,» [Internett]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/SPEECH_22_2405.
- [27] esmc, «EcoDesign & Energy labelling,» [Internett]. Available: <https://esmc.solar/ecodesign-and-energy-labelling/>.
- [28] EuropeanParliament, «Human rights breaches in China, Nicaragua and Georgia,» [Internett]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/press-room/20220531IPR31809/human-rights-breaches-in-china-nicaragua-and-georgia>.
- [29] EuropeanCommission, «Commission sets out strategy to promote decent work worldwide and prepares instrument for ban on forced labour products,» [Internett]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1187.
- [30] EuropeanCommission, «Just and sustainable economy: Commission lays down rules for companies to respect human rights and environment in global value chains,» [Internett]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1145.
- [31] Bloomberg, «Global Inflation Ends Era of Ever-Cheaper Clean Energy,» Bloomberg, [Internett]. Available: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-20/say-goodbye-to-clean-energy-s-era-of-constantly-falling-prices>. [Funnet 20 Januar 2022].
- [32] WoodMackenzie, «Asia Pacific solar PV capacity to triple to 1,500 GW by 2030,» [Internett]. Available: <https://www.woodmac.com/press-releases/asia-pacific-solar-pv-capacity-to-triple-to-1500-gw-by-2030/>.
- [33] pvmagazine, «Brazil to become major global solar market by 2026, says SolarPower Europe,» [Internett]. Available: <https://www.pv-magazine.com/2022/05/11/brazil-to-become-leading-global-solar-market-by-2026-says-solarpower-europe/>.
- [34] PVTech, «Solar PV leading capacity installs in Africa with 125GW by 2030 – IEA,» [Internett]. Available: <https://www.pv-tech.org/solar-pv-leading-capacity-installs-in-africa-with-125gw-by-2030-iea/>.
- [35] Solenergiklyngen, «Veikart for den norske solkraftbransjen mot 2030».
- [36] Multiconsult, «Kartlegging av den norskbaserte fornybarnæringen i 2020,» 2021.
- [37] UltraLowCarbonSolar, «Ultra Low-Carbon Solar,» 26 april 2021. [Internett]. Available: <https://ultralowcarbonsolar.org/blog/q-and-a-series-david-verdu-rec-group/>.
- [38] «I. Sartori,» *Dynamic building stock modelling: General algorithm and exemplification for Norway*, 2016.
- [39] N. H. Sandberg, «Mål om 10 TWh energisparing i bygningsmassen: Hvordan ligger vi an og hva er potensialet?,» 2022.
- [40] «Annual electricity generation from solar photovoltaic in Sweden from 2012 to 2021,» Statista, [Internett]. Available: <https://www.statista.com/statistics/497621/electricity-production-from-solar-in-sweden/>. [Funnet 4 August 2022].
- [41] «Solar PV, More efforts needed,» IEA, [Internett]. Available: <https://www.iea.org/reports/solar-pv>.
- [42] «Germany introduces new provisions to support solar, wind,» pvmagazine, [Internett]. Available: <https://www.pv-magazine.com/2022/04/06/germany-introduces-new-provisions-to-support-solar-wind/>.
- [43] DagensNæringsliv, «Innlegg: Byggebransjen er klar for fremtidens lavutslippsbygg – hvorfor henger byggforskriften etter?,» 02 oktober 2021. [Internett]. Available: <https://www.dn.no/innlegg/klima-og-miljo/bygg-og-anlegg/byggforskrifter/innlegg-byggebransjen-er-klar-for-fremtidens-lavutslippsbygg-hvorfor-henger-byggforskriften-etter/2-1-1073562>. [Funnet 27 juni 2022].
- [44] Multiconsult, «Potensialstudie for solceller i Norge,» 2015.
- [45] NVE, «Konsesjonsbehandling av solkraft,» [Internett]. Available: <https://www.nve.no/konsesjon/konsesjonsbehandling-av-solkraft/>. [Funnet 30 juni 2022].
- [46] Multiconsult, «Bakkemontert Solkraftverk i Norge – Prosess og beste praksis,» 2022.
- [47] Geodata, «Nedlastning av kartdata-produkter og programvare,» [Internett]. Available: <https://www.geodata.no/artikkel/nedlastning-av-kartdata-produkter..> [Funnet 2022 mai 27].

- [48] REPowerEU, «REPowerEU: affordable, secure and sustainable energy for Europe,» [Internett]. Available: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en.
- [49] EuropeanCouncil, «Fit for 55,» [Internett]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.
- [50] «2022 World Population by Country,» Worldpopulationreview, [Internett]. Available: <https://worldpopulationreview.com/>. [Funnet 11 August 2022].