

September 2025

Regionale føringer for sol- og vindkraft i Innlandet, teknologibeskrivelse

Vedlegg



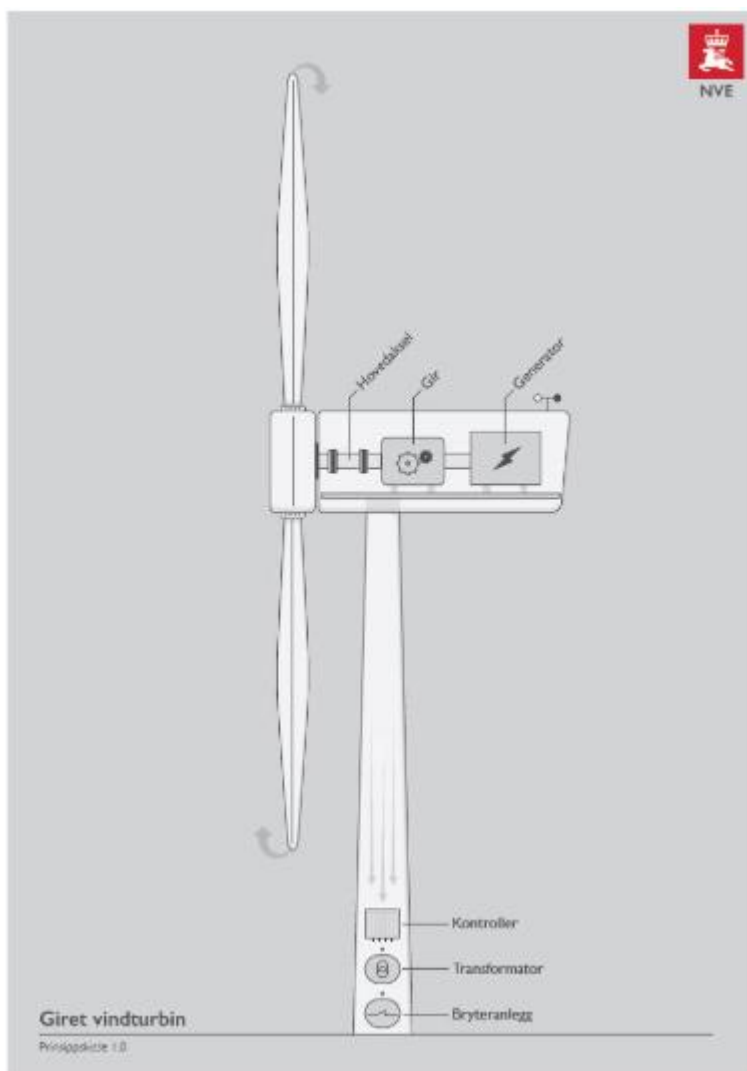
Innhold

1. Teknologibeskrivelse: Sol- og vindkraft.....	3
2. Beskrivelse av konsesjonsprosessen	10
3. Sol- og vindkraft i et systemperspektiv.....	12

1. Teknologibeskrivelse: Sol- og vindkraft

1.1. Vindkraft

En vindturbin produserer strøm ved å omdanne bevegelsesenergien i vinden til elektrisk energi. Det finnes flere typer vindturbiner. Den vanligste typen er horisontalakslede vindturbiner med tre rotorblader festet på en horisontal aksel. Det er i all hovedsak denne typen vindturbiner som er bygget i Norge. De viktigste komponentene i en vindturbin er vist i figuren under.



Vindturbiner genererer elektrisitet ved at vinden får rotorbladene til å dreie rundt. Omdreiningen i rotoren fører til omdreining i generatoren, slik at det dannes elektrisitet. Inne i turbinen har denne strømmen normalt et lavt spenningsnivå. Strømmen blir først ført gjennom en strømomformer for å sikre tilstrekkelig strømkvalitet, og deretter gjennom en

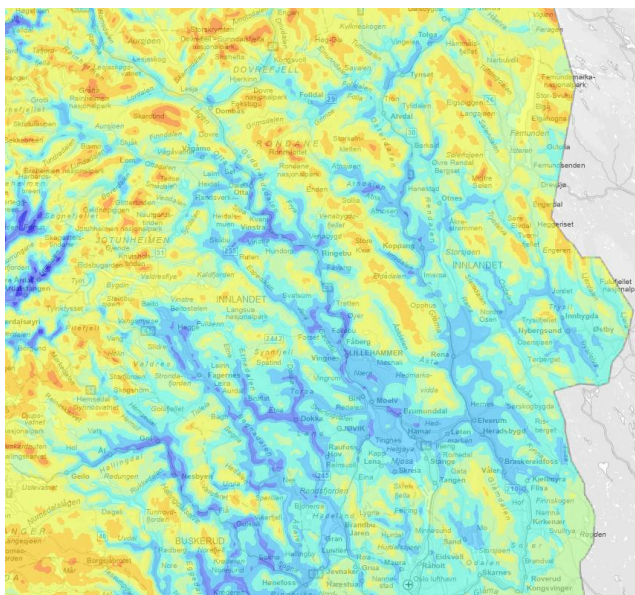
transformator for å ha samme spenningsnivå som kraftnettet den skal leveres til.

Vindturbiner er utstyrt med sikkerhetssystemer som brems til generatoren, lynavledningssystem og redningsutstyr. De har også et avansert kontrollsystem som gjør at driftspersonell kan overvåke og styre vindturbinen. For å få mest mulig strøm ut av vinden, blir generatorhuset og rotorbladene kontinuerlig regulert gjennom kontrollsystemet basert på faktisk vindretning og -hastighet.

En vindturbins effektkurve viser den teoretiske produksjonen ved forskjellige vindhastigheter. De fleste storskala vindturbiner begynner å produsere strøm ved en vindhastighet på rundt 3–4 m/s, og når maksimal effekt ved 11–15 m/s. Ved høyere vindhastigheter justeres bladvinklene automatisk, slik at de slipper mer vind forbi. Dermed unngås for stor belastning på vindturbinen, samtidig som produksjonen holdes konstant på maksimal effekt. Ved vindhastigheter over 25–28 m/s må de fleste vindturbiner stanses helt på grunn av for høy belastning på komponentene.

Vindturbinteknologien har utviklet seg raskt de siste årene. Både installert effekt, totalhøyde og lengde på rotorblader har økt. Ved å øke lengden på rotorbladene, kan vindturbinen fange mer vind og produsere mer kraft i perioder hvor det ikke er høy nok vindhastighet til at turbinen kan produsere på maksimal effekt. Installert effekt i en kraftgenerator avhenger i høy grad av hvor mye masse som dreier rundt, omdreiningshastigheten og viklingene i generatoren som lager de elektromagnetiske feltene. Ved å endre på noen av disse tre faktorene kan en vindturbin produsere mer kraft til tross for at den ikke fanger mer vind. Det er særlig i de periodene det blåser så mye at det produseres på maksimal effekt at dette kommer til nytte. Det er komplisert å øke den installerte effekten i en vindturbin uten at endringene medfører store utfordringer for transport, bygging og drift av vindturbinene. I tillegg har utvikling i avanserte styresystemer gjort at turbinene kan utnytte vinden og de klimatiske forholdene bedre. I dag ser vindkraftutbyggere på vindturbiner som er relativt høye gjerne 150-170 meter. Størrelsen begrenses av transportmuligheten av blant annet store rotorblader. Vindmøller til havs har ikke samme logistiske begrensninger og disse turbinene kan være vesentlig større enn på land.

Vindkraft plasseres gjerne på høyder og nær kysten hvor det er gode vindressurser. Kartet under viser vindressurser i Innlandet (120 meter over bakkenivået). Mørkere gulfarge indikerer gode vindressurser. Blå farge indikerer områder med dårlige vindforhold. (Kilde: NVE temakart)



Vindkraftverk krever arealer, både for selve turbinene, men også for veier og oppstillingsplasser. For å produsere 1 TWh fra vindkraft trengs typisk et planområde på 30-40 km². De fysiske inngrepene er vesentlige mindre og utgjør kun cirka 3,5 prosent av det totale planområdet (NVE, 2022). Dette medfører at store deler av området fortsatt kan brukes til andre formål som landbruk og friluftsliv. Vindkraft er dermed en ganske arealeffektiv produksjonsform hvis man bare ser på selve fotavtrykket til infrastrukturen. Samtidig berøres et vesentlig større planområde, som også påvirkes av utbyggingen.

Vindkraftverk og synlighet

Den visuelle opplevelsen av et vindkraftverk er individuell og kan oppfattes både positivt og negativt. For noen kan det være et positivt og synlig symbol på det grønne skiftet, mens andre kan vurdere det som et negativt visuelt inngrep. Erfaringer viser imidlertid at den totale vurderingen av vindturbinenes visuelle påvirkning ofte er negativ.

Skyggekast, som oppstår når et blad fra vindturbinen passerer foran solskiven, kan føre til pulserende skygger som enkelte oppfatter som sjenerende. Effekten avtar med avstand og er nesten umerkelig på avstander over 1000 meter. Skyggekast beregnes for bygninger inntil 1500 meter fra turbinene og vurderes i henhold til anbefalte grenseverdier i NVEs [veileder](#). NVE har også utviklet et eget [kunnskapsgrunnlag om virkninger av skyggekast](#) fra vindturbiner.

Av hensyn til luftfart skal vindturbiner høyere enn 60 meter merkes med fast eller blinkende lys, såkalte hinderlys. Merking og lyssetting av vindturbiner påvirker i stor grad de visuelle virkningene, og dette kan være særlig belastende i områder med lite bebyggelse eller aktivitet, hvor nattemørket ofte oppfattes som en positiv kvalitet. Det finnes systemer for behovsstyrt hinderlys, som aktiveres kun når luftfartøy nærmer seg vindkraftverket. Slike systemer er under testing i Norge, blant annet ved Raskiftet og Kjølberget vindkraftverk, og forventes å kunne tas i bruk fra 2026. Luftfartstilsynet har åpnet for godkjenning av slike

løsninger, men de er ennå ikke tilgjengelige for ordinær bruk. For mer informasjon om merkekrav og hinderlys, se [Luftfartstilsynets veiledning](#) og tema «Sivil Luftfart» i veilederen.

Fargen på vindturbinene i dagslys er vanligvis en lys gråfarge for å sikre både synlighet og minimal visuell påvirkning. I Norge er det ikke krav om fargemerking av turbinblader, men det kan bli stilt krav om at turbinbladene males sorte på tuppen for å redusere risikoen for fuglekollisjoner. Dette kan øke de visuelle virkningene fra vindkraftverket.

Vindkraftverk kan være visuelt dominerende, og virker særlig dominerende når flere anlegg er synlige i forskjellige himmelretninger. De viktigste faktorene som påvirker de visuelle virkningene er avstand, rotorens bevegelse, turbinens størrelse, antall turbiner, høyden på anlegget i terrenget, topografi, vegetasjon og værforhold. Antallet turbiner har større visuell betydning enn høyden på selve turbinene. En [rapport](#) fra Norconsult estimerer at store vindturbiner vil dominere synsfeltet på avstander inntil én kilometer, særlig i områder med liten topografisk variasjon og lite skjerming. Dette er også den grensen NVE benytter for å definere nærområdet til vindturbinen når det gjelder synlighet.

Selv om turbiner under gode lysforhold kan være synlige på avstander større enn 50 km, anses avstander opp til 30 km som relevante for visuell påvirkning. Den visuelle virkningen vil sjelden være merkbar på avstander over 15 km, med unntak av situasjoner med klar sikt til flere vindkraftverk som dekker store deler av synsfeltet, eller på ekstraordinært sårbare utsiktspunkter hvor fravær av naturinngrep er en viktig del av opplevelsen.

Vindkraftverkets utforming, plassering og størrelse er avgjørende for visuell påvirkning (NVE, 2022). God planlegging, inkludert vegtraseer og terrengbehandling, kan dempe både fysiske og visuelle inngrep. Skjøtsel av landskap som berøres kan også bidra til å redusere visuell påvirkning.

For skyggekast kan skyggekastkalendere utvikles for å forutsi når skyggekast inntreffer, og vindturbiner kan stoppes i slike perioder for å redusere virkningene. Automatiserte sensorer kan gjøre dette på forhåndsdefinerte tidspunkter ved klarvær, og dette er et kostnadseffektivt tiltak med små produksjonstap. Flere vindkraftverk i Norge benytter allerede slike systemer for å begrense skyggekast.

Støy fra vindkraftverk

Vindturbiner genererer støy, som kan være plagsom for naboer og de som oppholder seg nær vindkraftverket. Lydbildet er også en viktig kvalitet for et friluftslivsområde, og tilgang til stille områder er viktig for å redusere og forebygge fysiske og psykiske helseplager (NVE, 2022). Flere kommuner har derfor avsatt stille områder i sine kommuneplaner. Anbefalt støygrense for stille områder er L_{den} 40 dB, og støyberegninger viser at store områder utenfor vindkraftverkets planområder kan overskride denne grensen.

Den anbefalte grenseverdien for støy fra vindkraftverk er L_{den} 45 dB, og det er også grensen NVE benytter for å definere nærområdet til vindturbinen når det gjelder støy. Grensen oppstår normalt 600–800 meter fra vindturbiner. NVE anbefaler minimumsavstand på fire ganger

turbinens totalhøyde, eller minimum 800 meter fra støyfølsom bebyggelse. I industrielle områder kan en kortere avstand være nødvendig.

Denne grensen er strengere enn for veg, jernbane og industri, som skyldes at støy fra vindturbiner ofte oppleves som mer plagsom, blant annet fordi lyden varierer og kan være like høy om natten som om dagen. Støyopplevelsen påvirkes av flere faktorer, som vindretning, vindhastighet, avstand til turbinene, trykk- og temperaturforhold, vegetasjon og refleksjon fra bakken.

I henhold til norske retningslinjer skal vindkraftverk bygges og driftes slik at støyen ikke overskrider Lden 45 dB ved støyfølsom bebyggelse (NVE, 2022). Tidlig fokus på dette i planleggingen er viktig, da endringer etter bygging kan være kostbare og lite realistiske.

Ved planlegging skal grenseverdiene alltid overholdes, men i enkelte tilfeller kan mindre overskridelser tillates. Hvis støyvirkningene overskrider grenseverdiene for enkelte bygninger, bør avbøtende eller kompensierende tiltak vurderes. Eksempler på avbøtende tiltak inkluderer fasadeisolering, takoverbygg, støyreducerende teknologi på turbinblad og tårn, eller driftsregimer som reduserer støy, som stans av turbiner deler av døgnet. Kompenserende tiltak kan være tilrettelegging av uteareal på bygningens stille side.

1.2. Solkraft beskrivelse

Teksten under er hentet fra «Bakkmonteerte solkraftanlegg- Konsekvenser av utbygging på jord- og skogbruksarealer, rapport 21/2024- Landbruksdirektoratet

Ved bruk av solceller omdannes lysenergi til elektrisk strøm, når sollys stråler inn på solcellenes overflate. Solceller har i lang tid blitt benyttet som kraftforsyning til satellitter, romfartøy, fyr, fritidsboliger, fotoutstyr og liknende. Etter hvert har man også begynt å bruke solceller for å produsere strøm til generell kraftforsyning. Strømmen fra solceller er likestrøm. Ved hjelp av vekselrettere gjøres den om til vekselstrøm, transformeres til passende spenning og fases inn på strømmettet. Solkraft er en variabel energikilde, hvor energiproduksjonen er avhengig av den tilgjengelige solinnstrålingen på stedet. Solceller kan ikke produsere høyere effekt enn solinnstrålingen tillater, men effekten kan derimot reguleres ned dersom det er nødvendig. Produksjonsegenskapene til solkraftanlegg har på denne måten flere likhetstrekk med elvekraftverk og vindkraftverk. Solceller kan blant annet installeres på taket av bygninger, fasader eller på bakken.

Bakkmonteerte solkraftanlegg er frittstående solkraftanlegg som er festet i eller på bakken. Teknologiløsningene for bakkmonteerte solkraftverk har nokså lik utforming, selv om arealene kraftverkene står på er ulike. En fundamenteringsløsning festes i bakken med jordskruer eller pæler, i noen tilfeller med støpt fundament for økt stabilitet. Fundamentet kan også ligge oppå bakken som ballastert fundament, med for eksempel betongelementer eller jernbanesviller av betong. Fundamenteringen er avgjørende for solkraftanleggets stabilitet og levetid. Geotekniske undersøkelser må utføres for å klarlegge grunnforhold og jordsmonn på stedet. Resultatet av de geotekniske undersøkelsene er avgjørende for valg av fundamenteringsløsning for kraftverket, sammen med lastberegning med tanke på vindkast

og stabilitet i grunnen på det aktuelle stedet. Et montasjesystem («stativ») som bærer solcellepaneler monteres fast i fundamentet. Montasjesystem til bakkemonterte solkraftanlegg kan være fastmontert i en bestemt vinkel og himmelretning for optimal strømproduksjon ut fra anleggets geografiske beliggenhet. I Norge er typisk vinkling av fastmonterte solcellepaneler 30-40 grader i sørlig retning.

Noen bakkemonterte solkraftanlegg har også paneler som følger solas bevegelse over himmelen gjennom dagen, ved hjelp av såkalte trackingsystemer. Dette gir panelene lengre direkte soleksponering og dermed økt energiproduksjon sammenliknet med fastmonterte solcellemoduler. Det finnes også vertikalstilte paneler, som gir et redusert arealbeslag, men også lavere energiproduksjon.

I tillegg til at det finnes ulike montasjesystemer, kan man oppnå økt produksjon i norske solkraftanlegg ved å bruke tosidige solcellepaneler. Slike tosidige paneler produserer elektrisitet på fra direkte soleksponering forsiden og fra reflektert lys på baksiden. I Norge kan dette være fordelaktig med refleksjon fra snødekt mark.

Solkraftverk og synlighet

De visuelle virkningene av solkraftverk er generelt mer beskjedne enn for andre typer kraftverk, og avhenger av faktorer som avstand, anleggets størrelse, plassering og landskapets utforming, inkludert omkringliggende vegetasjon ([Multiconsult](#), 2022). Vegetasjon og terreng kan i noen tilfeller hindre innsyn til anlegget, slik at den visuelle påvirkningen begrenses til områdene nærmest anlegget.

Solblending, som oppstår når refleksjoner fra solcellemodulene treffer en observatør i en riktig vinkel, kan oppleves som visuelt sjenerende. Solcellemodulene er designet for å maksimere solinnstråling gjennom det beskyttende ytterglasset, men en del av innstrålingen vil reflekteres når sollyset ikke treffer modulen vinkelrett ([Konsekvensutredning Solgrid](#), 2021). Denne problemstillingen er først og fremst relevant for anlegg der solcellemodulene har en fast installasjonsvinkel. For anlegg der solcellepanelene følger solens gang gjennom dagen, såkalte tracking-systemer, vil refleksjonseffekten være mindre.

Plasseringen av solcellepanelene vil ha stor betydning for det visuelle uttrykket. I kupert terreng kan man vurdere å plassere fundamentene for solcellepanelene i forsenkninger. Justerbare stolper i et mer tilfeldig eller organisk mønster kan danne reisverk for et mer systematisert grid på selve panelene ([Multiconsult](#), 2022). God planlegging, inkludert veitraseer og terrengbehandling, kan dempe både fysiske og visuelle inngrep, og skjøtsel av landskap som berøres kan også bidra til å redusere visuell påvirkning.

Støy fra solkraftverk

I anleggsfasen kan det forekomme støy i forbindelse med etableringen av kraftverket. Denne støyen vil imidlertid være midlertidig og avhenge av hvilke aktiviteter som pågår på anleggsområdet. Et solcelleanlegg vil også gi støy i driftsfasen, noe som kan påvirke både dyr- og mennesker. Den genereres blant annet støy fra transformatorstasjoner, invertere og vifter. Det er mulig å redusere støyen, blant annet ved å sette opp støyskjermer.

Agrivoltaisk solkraftanlegg

Solkraftanlegg i kombinasjon med jordbruksdrift benevnes på ulike måter. På engelsk er agrivoltaics, agrovoltaics, agrisolar eller agri-PV (fra agri-photovoltaics) vanlige benevnelser, som kan forsvares til agrivoltaiske anlegg. Et agrivoltaisk anlegg kan kort beskrives som et bakkemontert solkraftanlegg der det samtidig foregår jordbruksproduksjon på det samme arealet. Noen bruker også begrepet «soldeling» om agrivoltaiske anlegg.

Fra andre land finnes flere eksempler på ulike samdriftsformer, der solcellepanelenes type og høyde over bakkenivå tilpasses etter jordbruksproduksjonen. Slik kombinasjonsdrift gir i teorien mulighet for parallell jordbruksdrift og energiproduksjon, med sikte på å øke verdien av et landbruksområde. Avstanden mellom radene i solkraftanlegget må være tilstrekkelig bred til å opprettholde normal drift av jordbruksarealet, både med tanke på manuelt og maskinelt arbeid i jordbruksproduksjonen. Det er imidlertid grunn til å påpeke at feltforsøkene er gjort i land med andre klimatiske forhold, hvor solinnstrålingen er større. Det mangler forskning på agrivoltaiske anlegg under norske forhold. Ifølge Solenergiklyngen egner sau og høns seg best til landbruksdrift med beitedyr i kombinasjon med solkraftanlegg. Større dyr, som hest og kyr, kan ødelegge festesystemene som solcellemodulene er montert på (eller annen infrastruktur innenfor anlegget), mens griser og geiter kan skade strømkablene på bakken.

Det anslås at solenergiparker vil kreve et spesifikt areal på 15,7 km² per TWh (THEMA, 2024). Til sammenligning dekker tettstedet Hamar, slik det er definert av SSB, et areal på 14,2 km². Dette utgjør omtrent halvparten av planområdet for vindkraft, men et vesentlig større arealinngrep enn det direkte arealbruken er for vindkraft (areal som er gravd, planert for fundamenter, veier og tekniske anlegg.)

2. Beskrivelse av konsesjonsprosessen

Kraftutbygging har konsekvenser for mennesker og miljø. Derfor må utbygging av kraftverk følge nasjonale regler og krav, for å sikre at kunnskap om konsekvensene innhentes og dokumenteres, og at det er en demokratisk prosess der berørte parter får anledning til å si sin mening. For å sikre at kraftutbygging følger norske lover og regler må man i Norge få konsesjon fra myndighetene, dvs. tillatelse, for å bygge og drifte kraftverk av en viss størrelse (10 MW for solkraftverk og 1 MW/består av mer enn fem møller for vindkraftverk). For å få konsesjon må utbygger gjennom en offentlig godkjenningssprosess *-konsesjonsbehandling*. Når en aktør søker om konsesjon for å bygge og drifte for eksempel et vindkraftverk er det krav til hvilke utredninger som må gjøres.

I løpet av konsesjonsbehandlingen skal altså konsekvensene av kraftprosjektet kartlegges og beskrives i en konsesjonssøknad utarbeidet av utbyggeren. For sol- og vindkraft er det NVE som behandler søknadene. NVE kan altså avslå en søknad om konsesjon, dersom de vurderer at de negative konsekvensene er for store (ikke veies opp av de positive konsekvensene). I praksis betyr det at NVE kan avslå en søknad hvis tiltaket for eksempel vil føre til ødeleggelse av leveområdene til en rødlistet art. Den demokratiske prosessen sikres gjennom høringsrunder, hvor alle relevante interesser kan gi sine innspill til tiltaket. NVE skal hensynta innspillene i sitt vedtak. Dersom NVE avslår konsesjonssøknaden, kan utbygger klage. Dersom NVE opprettholder sitt avslag sendes den videre til Energidepartementet, som fatter endelig vedtak.

Konsesjonsprosessen skal altså sikre at motstridende interesser blir hørt, og at ingen kraftutbygging skal skje uten at de negative konsekvensene er kartlagt og det er gjort avveininger mot nyttevirkningene.

Det er ulike konsesjonsprosesser for ulike typer kraftproduksjon. Innlandet Fylkeskommune har en egen [veileder for økt fornybar energiproduksjon](#), hvor konsesjonsprosessene for vind og sol er beskrevet.

Vindkraft

I juli 2023 ble prosessen endret for konsesjon og regulering av vindkraft på land i Norge. Endringen betyr i hovedsak at NVE ikke kan gi konsesjon etter energiloven før det foreligger en formell planavklaring fra kommunen etter Plan- og bygningsloven (områderegulering).

Utbygging av vindkraft vil etter det nye regelverket kreve både en planprosess (kommunen er ansvarlig) og en konsesjonsprosess (NVE er ansvarlig). Disse to prosessene kan i utgangspunktet gjennomføres separat, men det oppfordres til en samordnet prosess. Kommunen er ansvarlig for gjennomføring av planprosessen og vedtar eller forkaster plan for regulering av et område. NVE er ansvarlig for konsesjonsprosessen etter Energiloven og gir endelig konsesjon for tiltaket. Det nye er at NVE ikke vil kunne gi konsesjon for kraftverket

før kommunen har vedtatt en plan for arealet. Hvis kommunen ikke fatter et planvedtak, vil det ikke bli gitt konsesjon.

Solkraft

Energidepartementet har vedtatt endringer i energilovforskriften for solkraft, som trer i kraft 1. juli 2025. Endringene innebærer at solkraftanlegg under 10 MW ikke lenger vil kreve konsesjonsbehandling.

Slike anlegg må fortsatt godkjennes av kommunen etter plan- og bygningsloven. I henhold til § 12-1 kreves reguleringsplan for disse, på samme måte som for andre større bygge- og anleggstiltak, samt tiltak som kan ha vesentlige virkninger for miljø og samfunn.

Solkraftprosjekter over 10 MW vil fortsatt være konsesjonspliktige etter energiloven og behandles av NVE. For disse anleggene stilles det imidlertid ikke krav om områdereguleringsplanbehandling etter plan- og bygningsloven ([Regjeringen](#), 2025).

3. Sol- og vindkraft i et systemperspektiv

Over femti prosent av kraftproduksjonen i Innlandet kommer fra vannkraft med lav/ingen reguleringsevne og vindkraft, noe som gir en mer væravhengig kraftproduksjon enn ellers i landet. På tross av en forventet positiv kraftbalanse på årsbasis i Innlandet, kan regionen som følge av produksjonsmiksen oppleve perioder med stort behov for import av kraft (særlig om vinteren).

Økt produksjon av sol- og vindkraft i Innlandet vil øke andelen uregulerbar kraftproduksjon i systemet, ettersom produksjonen fra disse energikildene avhenger av værforholdene og ikke tilbyr lagringsmuligheter for energi. Dette innebærer at kraftproduksjonen vil bli mer variabel, både i kortere tidsperioder og over sesonger. Både sol- og vindkraft bidrar med effekt, men ikke garantert effekt til enhver tid i motsetning til for eksempel regulerbar vannkraft. Selv om utbygging av sol- og vindkraft vil gi en bedre kraftbalanse på årsbasis, kan det dermed også føre til perioder med enten store overskudd eller underskudd av kraft, altså en strammere effektbalanse i regionen.

Solkraft og vindkraft har ulike produksjonsprofiler gjennom året. Brukstiden for vindkraft, beregnet som historisk produksjon delt på installert effekt, varierer avhengig av lokale vindforhold og dimensjoneringen av vindparken. I Norge ligger brukstiden for vindkraft mellom 2 000 og 4 500 timer per år, noe som tilsvarer en kapasitetsfaktor på mellom 23 og 51 prosent (LO og NHO, 2023). Vindkraftverk i Norge har også en tydelig sesongvariasjon i produksjonen, med lavere produksjon i sommermånedene enn om vinteren. For eksempel har vindkraftverk i Norge produsert mellom 9–11 GWh fra oktober til mars, mens produksjonen har vært mellom 5–7 GWh i perioden april–september (NVE, 2025).

I Innlandet har solkraft en gjennomsnittlig brukstid på 734 timer per år, som gir en kapasitetsfaktor på 8,4 % (NVE, 2025). Dette er betydelig lavere enn for vindkraft, og innebærer lavere energiproduksjon per installert kapasitet. Solkraftproduksjonen varierer sterkt, avhengig av vær, sesong og tid på dagen. Produksjonen er høyest om sommeren, på dagtid og når solen skinner, og bidrar lite ved topplastene om vinteren (Statnett, 2024). For eksempel produserte solkraft i Innlandet omtrent 10 GWh i sommermånedene juni–august 2024, mot kun 1–2 GWh i vintermånedene november–februar (NVE, 2025). Tilknytning av solkraft kan derfor føre til store effektvariasjoner i nettet.

En sammenligning av sol- og vindkraft viser at vindkraft generelt har høyere produksjon per installert kapasitetsenhet og produserer i større grad i perioder hvor kraftforbruket er høyt. Begge teknologiene er væravhengige og reagerer på momentane endringer i værforholdene, men responshastigheten varierer (NVE, 2024). Solkraft kan oppleve et raskt og markant fall i produksjonen ved skydekke, mens et vindkraftanlegg responderer langsommere på endringer i vinden. Sol- og vindkraft har komplementære produksjonsmønstre, noe som gir mulighet for en mer balansert kraftproduksjon over året dersom teknologiene kombineres.

Samtidig er produksjonen fra vannkraft med lav reguleringssevne høy i perioder med stort tilsig, særlig ved snøsmelting i april og mai, samt under nedbørsrike perioder på høsten – tidspunkter hvor kraftforbruket typisk er lavere. Solkraftproduksjonen faller i stor grad sammen med disse periodene, og en betydelig utbygging av solkraft kan derfor øke risikoen for overproduksjon i perioder med allerede høy vannkraftproduksjon. På bakgrunn av dette konkluderer Statnett med at planene om ny produksjon i Innlandet som foreligger har lavt bidrag i timene med høyes forbruk (Statnett, 2023).

Med dagens rammebetingelser tar prosessen for utbygging av ny kraftproduksjon relativt lang tid, mye på grunn av lange konsesjonsprosesser. Intervjuer med norske kraftprodusenter indikerer at den gjennomsnittlige ledetiden for landbasert vindkraftutbygging er mellom 7 og 9 år, hvorav selve byggefasen typisk utgjør omtrent to år, mens utredning og konsesjonsbehandling står for det resterende. For storskala solkraftprosjekter er erfaringsgrunnlaget mer begrenset, men tilgjengelige data tilsier en samlet ledetid på 6 til 9 år, med en byggefase av tilsvarende varighet som for vindkraft. Dette innebærer at kraftproduksjon som besluttes etablert i dag i liten grad vil bidra til økt energitilførsel før om flere år.

Konsekvenser for kraftnett og annen infrastruktur

Økt andel fornybar kraftproduksjon fra ikke-regulerbare kilder som sol og vind, kombinert med økende strømforbruk og høyere etterspørsel etter effekt, stiller nye krav til både drift og investeringer i strømmettet. Behovet for økt nettkapasitet blir stadig mer presserende. Samtidig vil en høyere andel uregulerbar kraftproduksjon gjøre det mer krevende å opprettholde effektbalansen i systemet. Effektbalansen innebærer at det til enhver tid må være tilstrekkelig kraftproduksjon tilgjengelig for å dekke forbruket, også i perioder uten sol eller vind. Raskere og hyppigere variasjoner i kraftproduksjonen gjør det generelt mer utfordrende å opprettholde en stabil balanse mellom produksjon og forbruk.

Strømmettet i Norge er delt inn i tre nivåer: transmisjonsnett, regionalnett og distribusjonsnett. Hvilket nivå et anlegg knyttes til, avhenger blant annet av størrelsen og plasseringen av anlegget, samt lokale nettforhold. Mange solkraftanlegg vil være så små at de knyttes til distribusjonsnettet, og de aller minste, som solcelleanlegg på taket til vanlige boliger, vil tilknyttes lavspentnettet. Det er kun veldig store anlegg som knyttes direkte til sentralnettet, og Statnett oppgir at det hovedsakelig er anlegg på rundt 300 MW og oppover som er aktuelle for slik tilknytning. Uansett hvilket nettnivå produksjonen kobles til, er det viktig at overliggende strømmett også har tilstrekkelig kapasitet.

Ifølge Statnett er det i Innlandet betydelig flere henvendelser om tilknytning av ny kraftproduksjon enn det som er driftsmessig forsvarlig med dagens nettkapasitet (Statnett, 2024). I tillegg til begrensninger i sentralnettet, finnes det flere transmisjonsstasjoner i Innlandet med begrenset kapasitet til å ta imot ytterligere produksjon, samt begrensninger i regionalnettet. Statnett vurderer derfor at det ikke er tilgjengelig kapasitet til alle planer om nytt større forbruk eller produksjon på ordinære vilkår i dagens nett. Det vil være behov for økt transformeringskapasitet, samt fornyelse og oppgradering av ledningsnettet i regionen for å håndtere økt produksjon. Statnett og Elvia har anslått at kapasiteten i dagens nett for

nye solkraftverk, kombinert med igangsatte nettförsterkningstiltak, er på rundt 200 MW. Dette volumet er allerede reservert eller er i ferd med å bli reservert.

Utbygging av nytt nett er en tidkrevende prosess, som involverer både utredning, konsesjonsbehandling og selve byggetiden. Ifølge intervjuer med norske nettselskap tar utbygging av transmisjonsnett 8-15 år, med en byggetid på cirka 3 år. For regionalnett er ledetiden 5-12 år, og byggetiden er rundt 2 år. Utbygging av distribusjonsnett tar 1-5 år, med en byggetid på omtrent 1 år. For å øke kraftproduksjonen i Innlandet vil det være nødvendig å kombinere nettutbygging med løsninger som støtter systemdriften. Et eksempel på dette er fleksibilitetsløsninger, som bidrar til å redusere effekttopper ved å tilpasse produksjon, energilagring og/eller forbruk etter tilgjengelig kapasitet i nettet. Slike fleksibilitetsløsninger kan bidra både til å frigjøre nettkapasitet, og til mer effektiv utnyttelse av eksisterende nett.

I en region med begrenset regulerbar kraft vil fleksibiliteten på produksjonssiden i stor grad være avhengig av lagringssystemer som batterier, som lagrer overskuddskraft til senere bruk. Forbrukerfleksibilitet, der forbrukere justerer sitt forbruk til tider med lavere etterspørsel, kan også bidra til å balansere produksjon og forbruk. Eksempler på slike løsninger er smarte varmtvannsberedere og elbilladere, som automatisk flytter forbruket til perioder med lavere etterspørsel.