

Statnett

Tilknytning av nye havvindområder til land

15. februar 2023



Forord

Regjeringen har varslet at det i 2023 skal utlyses og tildeles arealer for utbygging av til sammen 3 GW havvind i Sørlige Nordsjø II og Utsira Nord. Statnett har anbefalt tilknytning til kraftnettet på Sørlandet (Kvinesdal) og Haugalandet (Karmøy) for denne første utbyggingen. Dette notatet handler om hvilke områder på land som er aktuelle for tilknytning av framtidige havvindutbygginger.

OED har gitt NVE i oppdrag å identifisere nye områder for fornybar energiproduksjon til havs innen 30.april i 2023¹. Identifiserte areal skal legge til rette for minimum 30 GW havvind innen 2040. NVE skal i tillegg lage en tidsplan som muliggjør første tildeling av areal i 2025, samt foreslå strategisk konsekvensutredningsprogram for områdene. NVE skal foreslå områder som legger til rette for god sameksistens, lønnsom utbygging og som samtidig tar vare på viktige miljøverdier. De er bedt om å ta hensyn til hvor det er forventet økt kraftetterspørsel, nettkapasitet og behov for eventuelle tiltak i nettet på land.

Som innspill til sitt arbeid har NVE 19. september 2022 bedt Statnett om en overordnet vurdering av hvor i Norge det er gunstig og ikke gunstig å tilknytte havvind i et kraftsystemperspektiv. Statnett er bedt om å vurdere virkninger for kraftsystemet, herunder behov for nettforsterkninger og estimat for hvor mye produksjon det vil være mulig å tilknytte nettet på land på ulike tidspunkt. Vi har vurdert områder på land som er aktuelle for tildeling av havvindområder i 2025 og utover, og gir i tillegg en overordnet beskrivelse av hva som skal til for en storstilt utbygging opp mot 30 GW. Vi har ikke vurdert påvirkning på natur og miljø eller gjennomført samfunnsøkonomiske beregninger.

Denne rapporten er et steg frem mot å etablere en plan for nett til havs som kan legge til rette for opptil 30 GW havvind. Vi vil i løpet av 2023 utgi en delrapport om utvikling av nett til havs – som en del av vår Systemutviklingsplan. I det videre arbeidet vil vi inkludere flere vurderinger om hvordan et nett til havs bør utvikles, bl.a. kostnader for flytende og bunnfast havvind inkludert nettilknytning, hvordan kraftsystemet påvirkes av store mengder havvind, markedsdesign for havvind m.m.

Rapporten er skrevet av Agnes Nybø, Martine Winsnes og Amund Ljønes. I tillegg har en rekke personer bidratt på ulike måter.

Oslo, 15. februar 2023



Håkon Borgen

Konserndirektør Utvikling Hav



Gunnar Løvås

Konserndirektør Kraftsystem og Marked

¹ NVE.no: [Ny fornybar energiproduksjon til havs](#)

Sammendrag

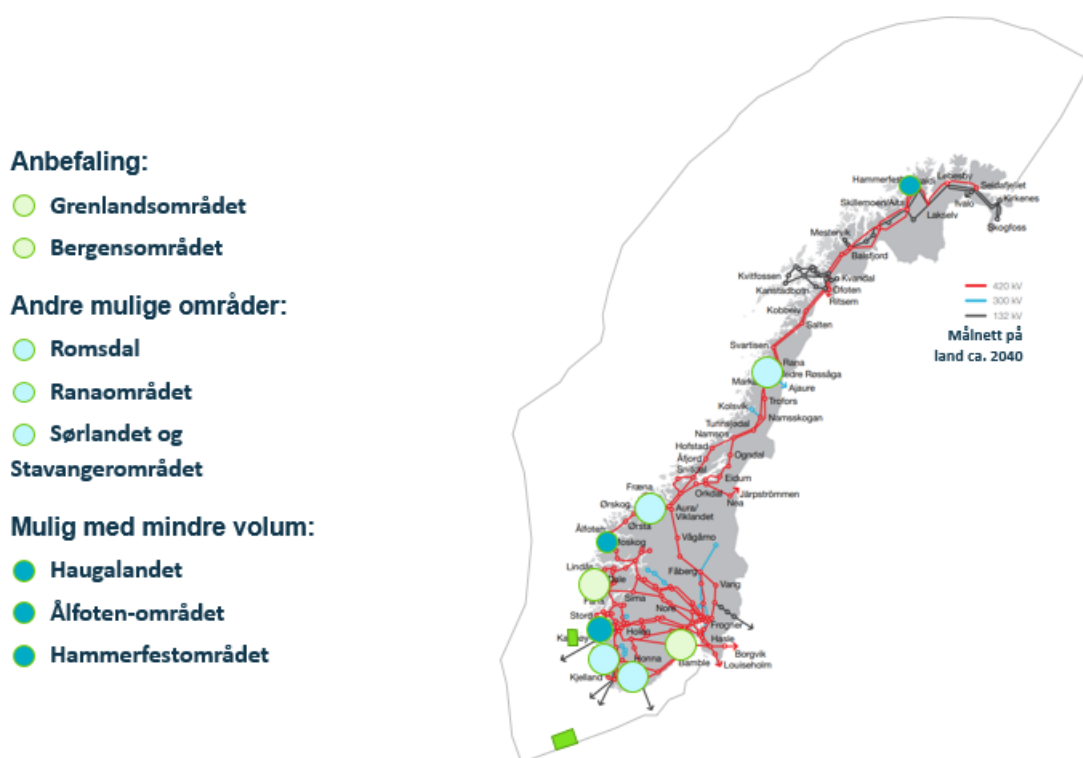
Omstillingen til nullutslipp og etablering av ny grønn industri vil føre til stor vekst i forbruket i Norge de neste årene. Uten vekst i ny produksjon gir dette negativ effekt- og energibalanse i løpet av få år. For at Norge skal nå sine utslippsmål og samtidig legge til rette for industrivekst, er det behov for mye økt kraftproduksjon i Norge. Her vil vannkraft, vindkraft på land og solkraft bidra, men for å kunne dekke behovet må vi ha mye havvind. Det er stort potensiale for bunnfast havvind i Sørlege Nordsjø og flytende havvind langs hele kysten.

I løpet av 2023 er det planlagt å utlyse og tildele havvindområder på Utsira Nord og Sørlege Nordsjø II på totalt 3 GW. Dette vil gi ca. 15 TWh/år ny kraftproduksjon. Statnett har anvist tilknytningspunkter for disse første havvindarealene til henholdsvis Haugalandet og Sørlandet. Regjeringen har skissert stegvise utlysninger av nye områder, der neste tildeling av områder vil skje i 2025.

I denne rapporten anbefaler Statnett hvor i kraftsystemet det er gunstig å knytte til havvind for utlysninger fra 2025 og de nærmeste etterfølgende årene. Videre beskriver vi muligheter og begrensninger for utlysning av havvindområder opp mot totalt 30 GW innen 2040.

For en tildeling i 2025 og utover er vår anbefaling at det åpnes havområder som muliggjør tilknytning til Bergen- og Grenlandsområdet. Dette er områder med størst kraftbehov og kapasitet i nettet.

Med god planlegging som gir samlokalisering av produksjon og forbruk og en fordeling av havvinden mot ulike steder i landet, kan et fremtidig kraftsystem håndtere store volum havvind. Andre gunstige områder for tilknytning av havvind er Romsdal, Rana og Sørlandet/Stavanger. I tillegg er det mulig å tilknytte mindre volum til Haugalandet, Åfoten- og Hammerfestområdet. På sikt kan flere områder egne seg, avhengig av hvor det kommer høy forbruksvekst.



Figur 11: Statnetts målnett i 2040 og gunstige tilknytningsområder for tildelinger i 2025 og utover.

Med god planlegging vil kraftnettet gi plass til store mengder havvind

Statnett er i ferd med å forsterke transmisjonsnettet fram mot et robust målnett til 2040 med høy kapasitet som legger til rette for elektrifisering, industrivekst og tilhørende produksjonsvekst. For å kunne tilknytte havvind i Norge er det avgjørende at transmisjonsnettet på land utvikles i takt med det som er beskrevet i Statnetts områdeplaner. Avhengig av volum og plassering av havvind, kan det bli nødvendig med ytterligere utbygging av nett på land.

Samlokalisering av havvind og forbruk i samme område og samspill med lokal vannkraft er viktig for å integrere store mengder havvind. Fra et kraftsystemperspektiv er det bra å spre tilknytningen av havvind til flere områder. Dette passer godt med at mange forbruksplaner er lokalisert langs hele kysten. Havvind som er spredt over et større område vil ha mindre samvariasjon, og dermed gi en mer stabil samlet havvindproduksjon. En spredt tilknytning demper overføringsbehovet, sikrer regional krafttilgang og gjør at vi kan knytte til mer havvind før det oppstår større flaskehals. Det kan også være rasjonelt og samordne planlagte offshore elektrifiseringsprosjekter med åpning av nye havvindområder.

For å kunne muliggjøre regjeringens ambisjon om utlysning av 30 GW havvind, er Statnetts strategi å forberede kraftsystemet for idriftsettelse av 15 GW havvind innen 2040. Vi må ta forbehold om hvor mye det er mulig å tilknytte på kort tid, og hvordan systemdriften påvirkes. Vi vil jobbe videre med dette blant annet gjennom *Analyse av transportkanaler* og *Systemutviklingsplan 2023*. God planlegging og koordinert utvikling av forbruk, produksjon, nett og systemvirkemidler vil være avgjørende for å lykkes.

Tilknytning av havvind flere steder langs kysten slik vi anbefaler, forutsetter utbygging av flytende havvind, og denne må derfor bli konkurransedyktig sammenlignet med alternativ kraftproduksjon. Vi vurderer at dette kan skje og at det er noe vi må planlegge for. Samtidig tar vi høyde for at flytende havvind forblir vedvarende dyrere enn bunnfast. Derfor bør det også åpnes tilstrekkelig volum for utbygging av både bunnfast og flytende havvind.

Utvidelse av Utsira Nord og Sørlig Nordsjø II

For havvind som tildeles i 2025 og utover er det aktuelt med utvidelser av de allerede åpnete områdene i Sørlike Nordsjø II og Utsira Nord, i tillegg til åpning av nye områder.

Ved en utvidelse av Utsira Nord, har Statnett vurdert at transmisjonsnettet på Haugalandet kan håndtere mer enn de første 1500 MW som lyses ut i 2023, gitt planlagte nettførsterkninger. Ved store nye volum er det naturlig å vurdere tilknytning mot områder lenger sør (mot Stavanger) eller nord (mot Bergen).

Statnett har anbefalt at første fase fra Sørlike Nordsjø II tilknyttes Sørlandet (Kvinesdal). Ved utbygging av flere faser i Sørlike Nordsjø II er det naturlig å vurdere tilknytning til andre stasjoner på Sørlandet, eller i Grenland. Stavanger-området er også mulig. En utvidelse av Sørlike Nordsjø II er godt egnet for å bli tilknyttet mot kontinentet, enten som hybride forbindelser mellom Norge og et annet land eller mot et fremtidig masket nett i Nordsjøen.

Tildeling av nye havområder fra 2025 og utover

Langs hele kysten finnes det områder med stort eksisterende kraftforbruk og forventet forbruksvekst som er godt egnet for tilknytning av havvind. Særlig Bergen og Grenland har stort kraftunderskudd i dag og planer om høy forbruksvekst. Økt produksjon inn til disse områdene vil være spesielt gunstig.

Andre gode områder for tilknytning av havvind er Romsdal og Rana-området. I Hammerfest og Ålfoten vil tilknytning av havvind være gunstig gitt samspill med forventet forbruk. I første omgang er det mest aktuelt med mindre volum her.

Tilknytning til disse områdene gir behov for åpning av nye havområder før en ny utlysning. På grunn av havdybden, vil dette i de fleste tilfellene være flytende havvind. Før åpning krever Havenergiloven at det

utføres strategiske konsekvensutredninger. For å muliggjøre tildeling av nye områder fra ca. år 2025 er det viktig at myndighetene starter opp slike strategiske konsekvensutredninger så raskt som mulig.

Etter utbygging av Sørlege Nordsjø II fase 1 og Utsira Nord, vil det være stor konsentrasjon av havvind og mellomlandsforbindelser tilknyttet i Rogaland og Sørlandet. Siden havvindproduksjonen ofte vil være korrelert med import på mellomlandsforbindelsene, vil dette tidvis gi høy flyt i nettet. Fra et kraftsystemperspektiv er det derfor gunstig å knytte de neste nye forbindelsene til andre steder i landet.

Tabell 1 under viser Statnetts anslag for volum havvind som kan knyttes til på ulike tidspunkt i ulike områder. Volumene oppgitt er foreløpige anslag basert på eksisterende analyser og kunnskap og kan ikke uten videre summeres. Det er avgjørende at transmisjonsnettet på land utvikles som beskrevet i Statnetts områdeplaner og at nødvendige tiltak innen systemdriften er implementert. Hvor mye havvind som kan knyttes til, vil påvirkes dersom det bygges mye annen kraftproduksjon i det aktuelle området.

Det forutsettes at vindkraften kan kobles til med systemvern (enten permanent eller inntil tilstrekkelig nettførsterkninger er gjennomført). I våre markedsanalyser benytter Statnett 1400 MW som en standard størrelse for en større havvindtilknytning.

Hybrider er mest aktuelt å knytte til mellom Stavanger og Grenland

På grunn av nærheten til våre naboland, er det først og fremst havområdene i Sørlege Nordsjø som er aktuelle for tilknytning mot utlandet. På grunn av avstanden til land, er slike hybride forbindelser mest aktuelt å tilknytte til Sør-Norge. Langs resten av den norske kysten er det først og fremst aktuelt med radiell tilknytning av havvind mot forbruksområder på land.

Potensialet for bunnfast havvind i Sørlege Nordsjø er stort. Bare i Sørlege Nordsjø II beregner vi at det er plass til ca. 9 GW havvind. Åpning av flere havområder i Sørlege Nordsjø gir mulighet for å bygge bunnfast havvind som både kan knyttes mot Norge og til andre land. Hybride forbindelser vil gi bedre utnyttelse av infrastrukturen, da de kan benyttes til handel mellom land når det ikke blåser. Det er en begrensning på hvor mye havvind det vil være mulig å knytte til Sør- og Østlandet – uavhengig av om dette gjøres med radielle eller hybride forbindelser. I Sørlege Nordsjø er det også aktuelt med radiell tilknytning til andre land, gitt at det er betalingsvilje for dette.

Videre utbygging av havvind mot 30 GW

For å kunne bygge ut havvind opp mot 30 GW i Norge vil det kreve ytterligere tiltak i kraftsystemet enn beskrevet over. Vi forventer at det vil føre til behov for utbygging av nett på land, et mer fleksibelt forbruk og endringer i systemdriftstiltak. 30 GW havvind tilsvarer ca. 150 TWh – nesten like mye som Norges eksisterende kraftproduksjon. En utbygging av et så stort volum må skje gradvis og i takt med behovet for ny kraft. Ny kraft må enten forbrukes i Norge eller eksporteres til andre land.

Vi vil trenge mye ny kunnskap om forbruksutviklingen og utviklingen av kraftsystemet før vi kan peke på hvordan et slikt volum kan bygges ut. Vi legger til grunn at *deler* av havvinden i et slikt høyscenario vil tilknyttes radielt til utlandet, uten tilknytning til det norske kraftnettet eller direkte mot fleksibelt forbruk – som f.eks. grønn hydrogenproduksjon.

Tabell 1: Anslag for volum havvind som kan knyttes til i ulike områder. Statnett legger til grunn at havområdene som utlyses i UN og SNII i 2023 tilknyttes til Haugalandet og Sørlandet (Kvinesdal). Tabellen viser ytterligere mulig tilknytningsvolum.

Område	Volum havvind som kan knyttes til, forutsatt idriftsettelse av planlagte nettiltak og nødvendige systemdriftstiltak
Bergensområdet*	1400 MW Gitt 420 kV Sogndal-Modalen-Kollsnes, inkl. Øygarden stasjon og kabelforsterkninger På sikt er større volum mulig, gitt 3. forbindelse til Kollsnes og 420 kV Sauda-Samnanger
Grenlandsområdet**	1400 MW
Sørlandet**	+ 1400 MW Dette kommer i tillegg til de første 1400 MW fra SNII som utlyses i 2023. Gitt Østre korridor 2 (Ny 420 kV kraftledning fra Sørlandet til Grenlandsområdet)
Stavangerområdet**	1400 MW* Vil kunne oppstå flaskehals inntil 420 kV Ertsmyra-Fagrafjell er ferdigstilt
Romsdalsområdet	1000-2000 MW Grovt anslag
Ranaområdet	Trolig mulig med mer enn 1400 MW , gitt målnett og forbruksvekst
Haugalandet*	+ 700 MW Dette kommer i tillegg til de første 1500 MW fra UN som utlyses i 2023. Grovt anslag gitt Blåfalli-Gismarvik. Ytterligere 500 MW , gitt Sauda-Samnanger
Ålfoten-området	500-700 MW grovt anslag, gitt forventet forbruksvekst Store volumer med havvind vil kunne møte begrensinger og gi utfordringer i kraftsystemet. Dette må analyseres nærmere.
Hammerfest-området	400-500 MW Grovt anslag, gitt forventet forbruksvekst og 420 kV Skaidi-Hammerfest

*Store volum havvind tilknyttet Vestlandet må analyseres samlet.

** Kraftsystemet på Sør- og Østlandet henger tett sammen, og tilknytning av havvind her må vurderes samlet. Forutsatt forventet forbruksvekst og planlagte nettforsterkninger er Statnetts foreløpige vurdering at 3 x 1400 MW havvind kan knyttes til Sør- og Østlandet (Fra Stavangerområdet til Østfold, inkludert første radial til Sørlandet) uten at dette vil generere vesentlige flaskehals. Det vil være gunstig å spre tilknytningen av havvind på flere områder og samlokalisere med forbruk. I Studien "Forbruk, havvind og nett på Sør og Østlandet" har vi analysert tilknytning i ulike områder og kombinasjoner av ulike lokasjoner for opptil 3 x 1400 MW (inkludert første radial fra Sørlege Nordsjø).

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	3
Innholdsfortegnelse	7
1 Innledning	8
1.1 Kriterier for identifisering av mulige tilknytningspunkter som er gunstige sett fra et kraftsystemperspektiv	8
1.2 Norge har stort behov for kraft for å gjennomføre det grønne skiftet	8
1.3 Videre analysebehov	9
1.4 Forutsetninger for tilknytning av store volum med havvind	9
2 Gunstige tilknytningspunkter for tildeling av havvind fra 2025 og utover	11
2.1 Bergensområdet: Stort kraftunderskudd og høy forbruksvekst	11
2.2 Grenlandsområdet: Stort kraftunderskudd og høy forbruksvekst	12
2.3 Østlandet: Stort kraftunderskudd og høy forbruksvekst	13
2.4 Sørlandet: Sterkt nett, høy forbruksvekst og nærhet til Sørlege Nordsjø	13
2.5 Stavangerområdet: Kraftunderskudd og forbruksvekst. Mulig med et mindre volum på kort sikt – stort potensial på lengre sikt	15
2.6 Romsdalsområdet: Høy forbruksvekst gir økende kraftunderskudd	15
2.7 Ranaområdet: Fleksibel produksjon og høy forbruksvekst	16
2.8 Haugalandet: Stort kraftunderskudd, høy forbruksvekst og nærhet til Utsira Nord	17
2.9 Ålfoten-området: Mulig, forutsatt samspill med nytt forbruk	18
2.10 Hammerfestområdet: Mulig, forutsatt samspill med nytt forbruk	18
3 Videre utbygging av havvind mot 30 GW	20
3.1 Etablering av ny industri i Norge	20
3.2 Eksport av kraft fra havvind	20
3.3 Stegvis utvikling mot et masket havnett	21
4 Tekniske løsninger påvirker hvor det er gunstig å knytte til havvind	22
4.1 AC nært land og HVDC lengre fra land	22
4.2 Vi forventer bunnfast havvind i Sørlege Nordsjø og flytende havvind langs kysten	23
4.3 Plassering av flytende havvindområder nærmere land kan bli avgjørende for å gjøre den konkurransedyktig med bunnfast havvind	24
4.4 Hybrid tilknytning gir samfunnsøkonomisk lønnsom kraftutveksling	25
5 Vedlegg	26
5.1 Utdrag av planlagte nettførsterkninger	26

1 Innledning

1.1 Kriterier for identifisering av mulige tilknytningspunkter som er gunstige sett fra et kraftsystemperspektiv

For å vurdere hvilke områder som er gunstige for tilknytning av havvind sett fra et kraftsystemperspektiv, har vi vurdert følgende kriterier:

- 1) Områder med eksisterende og forventet kraftbehov.
 - Regional balanse mellom forbruk og produksjon.
- 2) Områder hvor havvind kan tilknyttes til nettet forutsatt idriftsettelse av planlagte nettførsterkninger
 - Egnede stasjon i nettet med minst to 420 kV-ledninger. I områder med kun én 420 kV kan vi likevel finne egnede stasjoner, men da med en sterkere forutsetning om samlokalisering og samspill med større forbruk.
- 3) Spre tilknytning geografisk for å sikre en mer stabil samlet havvindproduksjon.
- 4) Nærhet til potensielle havområder.
 - Egnede for tilknytning radielt, mot offshore forbruk eller utveksling mot andre land.

Valg av hvilke havområder som skal åpnes bør gjøres ut fra en total samfunnsøkonomisk vurdering. Vi har ikke vurdert lønnsomheten eller nytten av tilknytning av havvind i Norge, hverken isolert for havvindutbyggingen eller samfunnet. En vurdering av samfunnsøkonomien vil bl.a. inneholde vurdering av kostnader for utbygging av bunnfast eller flytende havvind inkludert tilknytningskostnader og nettførsterkninger på land, samt nyttevirkningene av ny produksjon og eventuelt handelsinntekter. Bærekraft og andre ikke-quantifiserbare kostnader skal også vurderes.

NVE ser på egnethet og sameksistensutfordringer i havområdene, inkludert påvirkning på natur og miljø. Dette er *ikke* inkludert i Statnetts vurdering, som kun er gjort ut fra kraftsystemets perspektiv.

1.2 Norge har stort behov for kraft for å gjennomføre det grønne skiftet

Omstillingen til nullutslipp og etablering av ny grønn industri vil føre til stor vekst i forbruket i Norge de neste årene. Utstrakt elektrifisering vil alene gi anslagsvis 40-60 TWh økt kraftforbruk i Norge. I tillegg kommer kraftbehov fra ny industri². Den viktigste faktoren for hvor mye forbruket i Norge vokser fram til 2050, er tilgangen på store nok volumer ny produksjon til lave nok kostnader.

Høy forbruksvekst uten vekst i ny produksjon gir negativ effekt- og energibalanse i løpet av få år, og høyere kraftpriser i Norge enn i våre naboland. For at Norge skal kunne nå utslippsmålene og legge til rette for industrivekst er det behov for mye økt kraftproduksjon i Norge. Her vil vannkraft, vindkraft på land og solkraft bidra, men for å kunne dekke behovet må vi ha mye havvind.

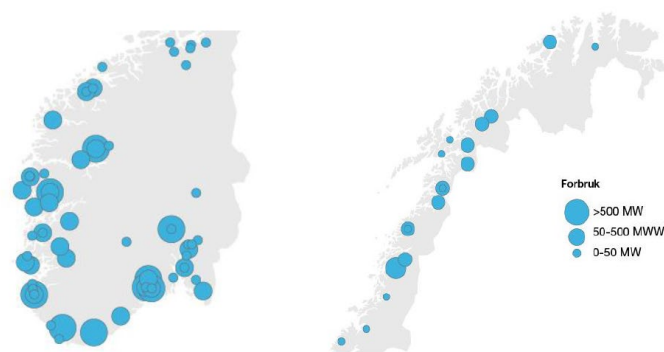
Selv om havvind kan bidra med mye av den nødvendige energien, har havvind og industriforbruk i dag svært ulik effektprofil. For å sikre nok effekt i vindstille perioder, er det behov for økt effekt fra vannkraftverkene og økt fleksibilitet fra forbruket³.

Statnett er i gang med å forsterke transmisjonsnettet frem mot et målnett på 420 kV. Investeringene er hovedsakelig drevet av forbruksvekst og fornyelsesbehov. Med målnettet som beskrevet i Statnetts Nettutviklingsplan fra 2021, får vi flere sterke nettområder med høy forbruksvekst som vil egne seg for tilknytning av større volum havvind. Statnetts områdeplaner skisserer trinnene frem til en realisering av målnettet⁴.

² Statnett, 2023: [Forbruksutvikling i Norge 2022-2050](#)

³ Statnett, 2022: [Utfordringer og løsninger knyttet til utviklingen av effektbehov i Norge og i Europa](#)

⁴ [Statnetts områdeplaner](#) på Statnett.no



Figur 2: Oversikt over lokalisering og volum på tilknytningssøknader mottatt av Statnett. De siste fire årene har Statnett mottatt søknader om 150-200 TWh kraftforbruk, og planene fordeler seg over hele landet. Mange av forespørselene er lokalisert langs kysten.

Samlokalisering av havvind og forbruk i samme område og samspill med lokal vannkraft er sentralt for å sikre god utnyttelse av kraftsystemet. Forbruksplanene er i stor grad spredt langs kysten og det er bra å spre tilknytningspunktene for havvind på flere av disse områdene. Dette vil dempe overføringsbehovet, sikre regional krafttilgang og gjøre at vi kan knytte til mer produksjon før det oppstår større flaskehals. Spredt tilknytning av mindre korrelert havvind gir også en mer stabil samlet havvindproduksjon.

I flere havområder kan det i være aktuelt å koble havvindparkene opp mot offshoreinstallasjoner. Dette er spesielt aktuelt for elektrifisering av petroleumsindustri. Det kan være rasjonelt å samordne planlagt elektrifisering av petroleum med åpning av nye havvindområder. På denne måten kan en legge til rette for at havvind bidrar med direkteforsyning av kraft til installasjonene offshore samtidig som infrastrukturen til land vil forsyne olje og gass-installasjonene når det ikke blåser. Produsert havvind som ikke benyttes offshore kan føres til land. I fremtiden kan det være aktuelt med offshore hydrogenproduksjon, havbruk o.l. Det er også mulig å koble sammen en eller flere havvindparker mot ulike tilknytningspunkter på land i lokale offshore nett, som kan ha en positiv nytte for flyten i nettet på land.

1.3 Videre analysebehov

Statnetts vurderinger av hva som er gunstige områder for tilknytning av havvind er basert på eksisterende analyser og kunnskap. Dagens kapasitet i nettet, Statnetts planer for forsterkninger og forventet utvikling i kraftforbruk og produksjon er lagt til grunn for vurderingene.

I denne rapporten vurderer vi områder hvor det hver for seg er mulig med tilknytning av havvind. Det kan likevel hende det er forhold i kraftsystemet som gjør at det ikke lar seg gjøre å tilknytte flere eller alle områdene samtidig. Kraftflyt og flaskehals ved flere større havvindtilknytninger over hele landet vil analyseres nærmere i Statnetts *Analyse av transportkanaler* i 2023.

Etter at NVE har identifisert konkrete havområder, legger vi til grunn at myndighetene vil konkludere med hvilke havområder som skal konsekvensutredes, størrelse og beliggenhet av disse, og en plan for fremtidige tildelinger. Basert på dette vil vi gjøre videre analyser for å konkludere på tilknytningspunkter og -løsninger. Avstand til land, arealbruk og mulige kabeltraséer vil påvirke hva som er gunstige tilknytningsløsninger og tilknytningspunkter. Tilgjengelig plass i eller i tilknytning til stasjon, mulighet for senere utvidelse, stabilitet og spenningskvalitet og utforming av systemvern er eksempler på forhold som vil kunne ha innvirkning på valg av stasjon og tilknytningsløsning.

1.4 Forutsetninger for tilknytning av store volum med havvind

Kraftsystemet på land og til havs må sees på som ett kraftsystem som planlegges og reguleres som en helhet. Hensynet til nøytralitet og likebehandling av aktører på land og til havs må ivaretas.

Det er behov for en balansert utvikling der produksjon, forbruk og nett utvikles koordinert. For å sikre en forsvarlig drift av kraftsystemet må nettet være tilstrekkelig forsterket i forkant av havvindtilknytning. En

mellomperiode der produksjonen er tilknyttet før nødvendige nettforsterkninger er ferdigstilt, vil kunne medføre at havvindproduksjonen må begrenses inntil nødvendig nettkapasitet er etablert.

En høyere andel uregulerbar kraftproduksjon vil utfordre effektbalansen og gi større og mer skiftende ubalanser i systemet. For å møte disse utfordringene vil det være nødvendig med økt fleksibilitet i kraftsystemet, gjennom blant annet forbruksfleksibilitet og økt effekt i eksisterende vannkraft. En stor del av den uregulerbare produksjonen vil komme fra havvind. Det er derfor nødvendig at havvind bidrar med fleksibilitet gjennom deltagelse i balansemarkedene.

Vi anser at det er mest aktuelt med utvikling av havvind i områdene som vil åpnes, men våre vurderinger om tilknytninger av fornybar energiproduksjon til havs er teknologinøytrale. Hvis det viser seg aktuelt å bygge ut offshore solkraft, bølgekraft eller fra andre energikilder kan det likevel ha en innvirkning på vurderingene ut fra forventet produksjonsprofil og korrelasjon med annen produksjon og forbruk. Utbygging av kraftproduksjon på land kan også knyttes til i de identifiserte områdene og dermed konkurrere om den samme kapasiteten i nettet. Etablering av ny produksjon på land kan derfor påvirke vurderingene av hvor mye havvind som kan tilknyttes nettet i ulike områder.

Kraftproduksjon til havs vil påvirke driftssikkerheten på land på lik linje med annen produksjon. Det er derfor avgjørende for systemansvarlig å ha tilstrekkelig myndighet og virkemidler overfor havvindprodusentene, på lik linje med produsenter på land. Gitt energilovens begrensede geografiske omfang, er det behov for hjemmel også utenfor grunnlinjen. Vi har beskrevet våre kommentarer til behov for regulering av nett til havs i brev til RME i oktober 2022⁵.

Drift av fremtidens kraftsystem krever en økt grad av automatisering. I Norden utvikles automatiserte løsninger gjennom et felles program, Nordic Balancing Model (NBM). En forutsetning for å håndtere perioder med høy andel uregulerbar kraftproduksjon, er at virkemidlene i NBM er utviklet i forkant og tilstrekkelige for å møte behovet.

Ny fornybar kraftproduksjon blir stort sett knyttet til nettet via kraftelektronikkomformere. Dette kan være omformere i den enkelte vindmølle og solcelleanlegg på land, eller omformeren i en likestrøms-overføring som kobler havvind til vekselstrømsnettet på land. Sett fra kraftsystemet vil kraftverk knyttet til via omformere ha andre egenskaper enn de tradisjonelle kraftverkene med synkrongeneratorer koblet direkte til nettet. Store mengder omformerbasert produksjon vil endre kraftsystemets systembærende egenskaper og kan gi utfordringer i driften av kraftsystemet. For tilknytningen av havvind, kan nettets styrke og nærheten til andre omformeranlegg, nye og eksisterende, ha betydning for plassering og utforming av anleggene. Likestrømanlegg har potensial til å bidra positivt til å opprettholde systembærende egenskaper, og det vil være behov for å stille krav til at anlegg kan levere dette. Statnett arbeider med disse spørsmålene for å sikre gode tilknytningsløsninger med hensyn til nett og systemdrift. Se for øvrig ENTSO-Es posisjonspapir på området⁶.

Dimensjonerende utfall

Dimensjonerende utfall av produksjon/import i det nordiske systemet er 1400 MW. Det innebærer at kraftsystemet er dimensjonert for å håndtere bortfall av opp til 1400 MW produksjon til enhver tid. 1400 MW er også grensen for hvor mye produksjon som kan kobles bort med systemvern for å håndtere feil i nettet der det ikke er redundant kapasitet (N-1).

Vi bruker derfor ofte 1400 MW for en større tilknytning av havvind.

Det er mulig å tilknytte vindparker med større maksimal produksjon enn 1400 MW. Dette kan oppnås ved å dele opp tilknytningen i flere uavhengige tilknytninger, eller ved å koble utfall av produksjon større enn 1400 MW til samtidig utkobling av forbruk, slik at netto effektbortfall blir maksimalt 1400 MW. En eventuell framtidig økning av dimensjonerende utfall i det nordiske kraftsystemet er noe de nordiske TSO-ene i tilfelle må vurdere og ta stilling til i felleskap.

⁵ [Brev til RME om regulering av nett til havs](#), oktober 2022

⁶ [ENTSO-E Position Paper on Stability Management in Power Electronics Dominated Systems](#), juni 2022

2 Gunstige tilknytningspunkter for tildeling av havvind fra 2025 og utover

For havvindområdene som lyses ut i 2023 har Statnett anbefalt en tilknytning av Sørliche Nordsjø II fase 1 til transmisjonsnettet på Sørlandet og at Utsira Nord knyttes til på Haugalandet⁷. Dette ligger til grunn i alle våre vurderinger i denne rapporten.

Havvindområder som tildeles i 2025 og utover vil idriftsettes i løpet av 2030-tallet parallelt med at Statnett bygger ut målnettet på land, slik vi beskriver i våre områdeplaner. Målnettet vil ha høy kapasitet som legger til rette for tilknytning av store mengder havvind og forbruksvekst. I dette kapitlet beskriver vi nærmere hvor i landet det er gunstige med tilknytning av havvind fra et kraftsystemperspektiv.

For tildelinger i 2025 og utover er det gunstig å fordele tilknytning av havvind mot særlig disse områdene:

Anbefaling:

- **Bergensområdet:** *Stort kraftunderskudd i dag, høy forbruksvekst*
- **Grenland og Østlandsområdet:** *Stort kraftunderskudd i dag, høy forbruksvekst*

Andre mulige områder:

- **Romsdal:** *Høy forbruksvekst gir økende kraftbehov i Midt-Norge.*
- **Ranaområdet:** *Høy forbruksvekst gir økende kraftbehov i Nordland.*
- **Sørlandet og Stavangerområdet:** *Sterkt nett, utvekslingsmuligheter og forbruksvekst*

Mulig med mindre volum:

- **Haugalandet:** *Aktuelt for ytterligere volum fra Utsira Nord.*
- **Ålfoten:** *Tilknytning av havvind vil være gunstig, forutsatt samspill med forventet forbruk. I første omgang er det mest aktuelt med mindre volum her*
- **Hammerfest:** *Tilknytning av havvind vil være gunstig, forutsatt samspill med forventet forbruk. I første omgang er det mest aktuelt med mindre volum her.*

For åpning av områder for utveksling med andre land, er det mest naturlig med tilknytning i Grenland, Sørlandet eller Stavanger-området.

Det er mindre gunstig med tilkobling i områder hvor større volum havvind vil gi behov for omfattende nettførsterkninger eller langtransport av kraft, det vil si store volum vindkraft langt unna forbruk. Hvor mye havvind som kan knyttes til i et område, vil påvirkes av om det bygges annen kraftproduksjon i det samme område.

2.1 Bergensområdet: Stort kraftunderskudd og høy forbruksvekst

Krafftlyten i området er preget av høy flyt øst-vest; fra vannkraftverkene i øst til forbrukstygndepunktene ved kysten. Mye av forbruksveksten, inkludert elektrifisering av petroleum, er lokalisert her. I tillegg til våre tiltak i nettet, er det stort behov for ny kraftproduksjon i området.

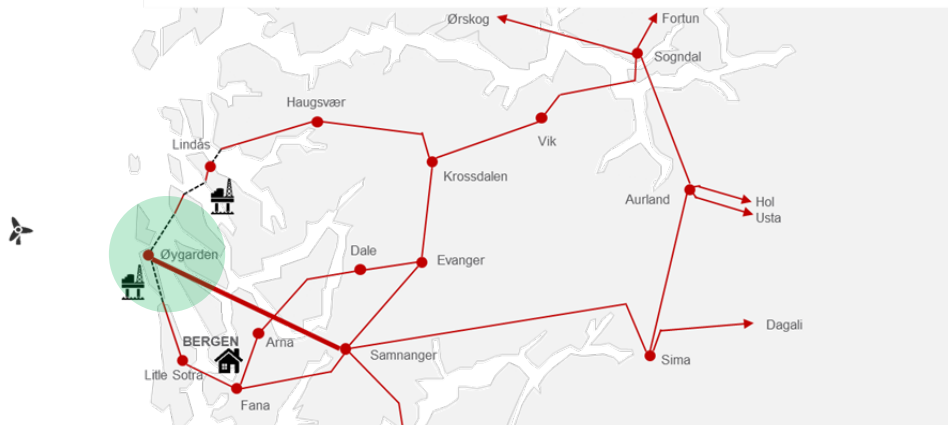
Ny vindkraftproduksjon i kombinasjon med forsterkning av nettet inn mot Bergen og omland, sammen med fleksibiliteten i eksisterende vannkraft og nytt forbruk, vil kunne tilrettelegge for økt forbruksvekst. Havvind gir spesielt et godt energibidrag vinterstid, når behovet er størst. Det er fortsatt behov for planlagte nettførsterkninger øst-vest siden kraftsystemet dimensjoneres for å håndtere perioder med lav vindkraftproduksjon.

Kollsnes er et område med høyt forbruk og høy forbruksvekst og er et godt egnet tilknytningspunkt for havvind. Equinor har lansert havvindplaner på 1000 MW i området (Trollvind) og Statnett har svart NVE at denne

⁷ Statnett, 2022: [Tilknytningspunkter på land for Sørliche Nordsjø II og Utsira Nord](#) og

havvinden kan knyttes til i Øygarden stasjon, gitt idriftsettelse av ny stasjon og 420 kV Sogndal-Kollsnes⁸. Vi vurderer at det kan være mulig å øke volum havvind til 1400 MW for tilknytning i området. I perioder med stort produksjonsoverskudd, vil det kunne oppstå flaskehalsar sørover (mellom Samnanger og Sauda).

Statnett planlegger en tredje forbindelse til Kollsnes, samt forsterkninger mellom Samnanger og Sauda. Når denne er idriftsatt kan større volum (>1400 MW) trolig knyttes til i området. For å avklare dette, må økte volum havvind tilknyttet i Bergen vurderes sammen med økt innmating langs resten av Vestlandskysten. Vi må blant annet klarlegge samlet innvirkning på kraftflyten i nettet mellom Sogndal og Sauda og eventuelt behov og nytte av ytterligere nettforsterkninger langs kysten.



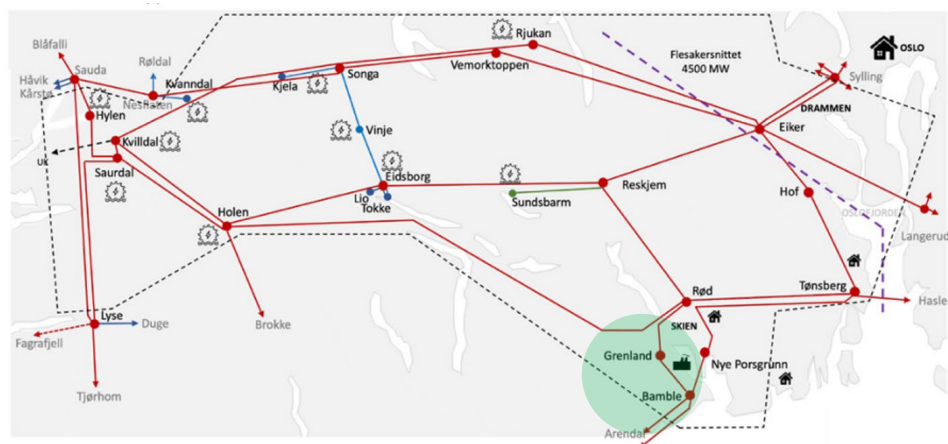
Figur 3: Målnett, Bergen og Omland. Gunstige områder for tilknytning av havvind er markert med grønt.

2.2 Grenlandsområdet: Stort kraftunderskudd og høy forbruksvekst

Grenland er et område med forventet høy forbruksvekst. Nesten halvparten av volumet handler om planer om å elektrifisere og redusere CO₂-utslipp ved eksisterende industribedrifter, mens resten handler om etablering av ny industri. Planene er konsentrert rundt Herøya, Rafnes og Frier Vest.

Tilknytning av havvind nær tunge forbrukspunkt vil være positivt for energibalansen i dette området. I Grenlandsområdet er flere stasjoner godt egnet for tilknytning.

Tilknytning av havvind inn til Grenlandsområdet vil være gunstig for kraftflyten og avlaste forbindelsene inn til området når det blåser og flyten går nordover fra Sørlandet mot Østlandet i Østre korridor. Når kraftflyten går sørover, vil innmating av havvind her kunne avlaste flaskehalsen over Flesakersnittet, men forsterke flaskehalsen videre sørover i Østre korridor.



Figur 4: Målnett, Telemark og Vestfold. Gunstige områder for tilknytning av havvind er markert med grønt.

⁸ Statnett 2022: Notat til NVE: 1 GW vindkraft med tilknytning Kollsnes/Øygarden

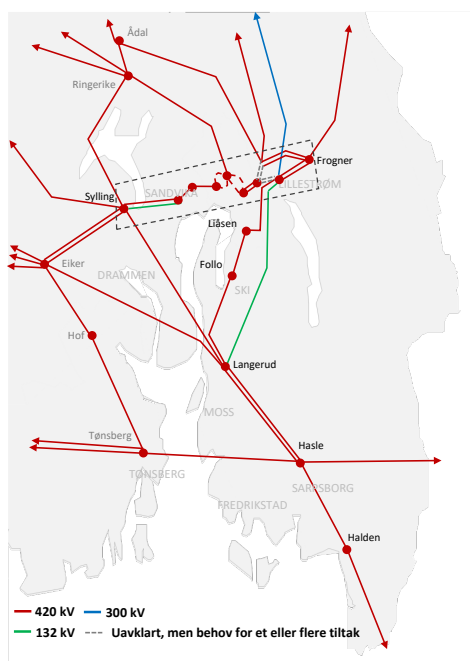
Det er mulig å knytte til en større havvindpark (1400 MW) uten større nettforsterkninger på land. Når planlagte forsterkninger mellom Sørlandet og Østlandet (primært Flesaker-Bamble og Østre korridor 2) er ferdig bygget og idriftsatt, kan trolig ytterligere volum knyttes til.

Kraftsystemet på Sør- og Østlandet henger tett sammen, og transmisjonsnettene gjennom Grenlandsområdet og Vestfold er en viktig transportkanal mellom prisområdene NO2 og NO1. Vurdering av volum havvind som totalt kan knyttes til på Sør- og Østlandet, samt vurdering av hva som er en god fordeling mellom ulike tilknytningspunkt, må vurderes samlet. I hvilken grad og hvor de store forbruksplanene realiseres, har stor betydning.

2.3 Østlandet: Stort kraftunderskudd og høy forbruksvekst

Østlandet er et område med stort kraftunderskudd, hvor det er mye alminnelig forbruk og lite produksjon. Det er derfor et stort behov for import av kraft til området hele året. Om vinteren er det lite ledig overføringskapasitet inn til området. Stor forbruksvekst kan gjøre området til et høyprisområde og gi økt sannsynlighet for effektknapphet i perioder med lave temperaturer og høyt forbruk.

Tilknytning av havvind nær tunge forbrukspunkt vil ha positiv effekt på energibalansen og bidra til å øke forsyningsikkerheten i området. Statnett oppgraderer transmisjonsnettene her, og på sikt kan flere stasjoner være aktuelle for tilknytning av havvind. Vi har foreløpig ikke vurdert konkrete tilknytningspunkter, men Østfold vil sannsynligvis være godt egnet.



Figur 5: Målnett, Oslo, Akershus og Østfold.

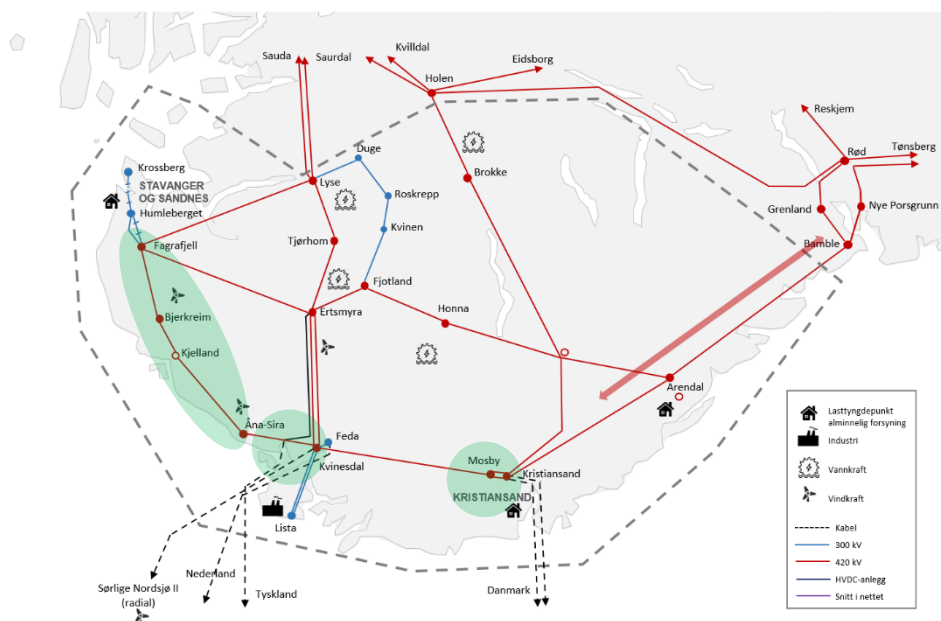
2.4 Sørlandet: Sterkt nett, høy forbruksvekst og nærhet til Sørlege Nordsjø

Et sterkt masket nett, utvekslingsmuligheter over mellomlandforbindelsene, nærhet til regulerbar vannkraft og forbruksvekst innebærer at Sørlandet er godt egnet for tilknytning av havvind. Transmisjonsnettene her ligger nær Sørlege Nordsjø II, slik at kabellengden blir kortere enn for alternativer lenger øst.

Statnett har i brev til OED anbefalt at Kvinesdal legges til grunn som primæralternativ for tilknytning av Sørlege Nordsjø II fase 1, med nye Mosby stasjon som sekundært alternativ. Gitt at Kvinesdal blir tilknytningspunktet for SNII fase 1 er Mosby aktuell som tilknytningspunkt for senere havvindutbygginger.

Forutsatt idriftsettelse av planlagte nettiltak mellom Sørlandet og Grenland (Østre korridor 2) og fra Grenland mot Stor-Oslo-området (Flesakersnittet), er Statnetts vurdering at totalt to større havvindparker (2 x 1400 MW)

kan knyttes til i Kvinesdal/Kristiansand-området uten at dette vil gi vesentlige flaskehals og utløse behov for ytterligere nettforsterkninger. Ved større volum, vil det det være gunstig at tilknytningen fordeles på stasjoner over et større område for å unngå flaskehals ved høy import og høy vindkraftproduksjon. Når transmisijsnettet på Sør- og Østlandet er oppgradert til 420 kV, finnes det gode tilknytningspunkt langs hele kysten fra Stavanger (Fagrafjell) til Østfold.



Figur 6: Målnett, Sør-Rogaland og Agder. Områdeplanen er under arbeid, og dette kan resulterer i justeringer av målnettet frem til planen vedtas og publiseres. Gunstige områder for tilknytning av havvind er markert med grønt. Statnett har anbefalt at første radial fra Sørliche Nordsjø II tilknyttes i Kvinesdal.

Forbruk, havvind og nett på Sør og Østlandet⁹ – hovedkonklusjoner fra områdestudien

- Statnett forventer og legger til grunn at det blir en betydelig vekst både innen industri og havvind i regionen: En tilnærmet doubling av dagens forbruk (3500-5000 MW) og tilknytning av 3000-4500 MW havvind fra Sørliche Nordsjø II i løpet av kommende 10-15 år.
- Industriforbruk på Sørlandet, i Telemark og på Østlandet, og havvind fra Sørliche Nordsjø, forsterker dagens flytmønster og gir større flaskehals begge veier mellom Sør- og Østlandet.
- For å kunne legge til rette for en realistisk vekst innen industriforbruk og havvind må vi forsterke nettet på hele strekningen fra Sørlandet til Østlandet:
 - Bygge ny ledning i Østre korridor (mellom Sørlandet og Grenlandsområdet)
 - Oppgradere 300 kV-nettet mellom Flesaker og Bamble til 420 kV
 - Oppgradere 300 kV-nettet østover fra Flesaker til Oslo og Østfold til 420 kV
- Det er mulig å koble til den første radialen med havvind til Sørlandet uten større nettiltak. Det vil imidlertid bli større prisforskjeller. Hvor store flaskehalsene blir vil avhenge av hvor forbruksveksten faktisk kommer. Med høy forbruksvekst på Østlandet må vi trolig flytte prisområdegrensen NO1/NO2. Det vil tidvis bli krevende systemdrift og behov for å redusere forbruk. Uansett er det bare kapasitet til deler av det planlagte forbruket og havvind før nye nettiltak er på plass.
- Tilkobling av havvind til Grenlandsområdet vil avlaste Grenlandssnittet. Hvis dette skjer med en hybrid, gir det importmuligheter når det er lite vindkraft.
- Statnett har startet arbeidet med en konseptvalg vurdering for Østre korridor 2. Våre anbefalinger legger til grunn at vi får konsesjon på en ny 420 kV-forbindelse.

⁹ Områdestudie: [Forbruk, havvind og nett på Sør- og Østlandet](#), desember 2022

2.5 Stavangerområdet: Kraftunderskudd og forbruksvekst. Mulig med et mindre volum på kort sikt – stort potensial på lengre sikt

Stavangerområdet er hovedtyngdepunktet for forbruk i Sør-Rogaland, mens vannkraftproduksjonen ligger inn i landet. Det er nesten 600 MW vindkraftproduksjon på land langs kysten (under Bjerkreim og Kjelland). Det er ytterligere produksjon under Åna-Sira. Samlet sett er det likevel underskudd på Nord-Jæren og et overføringsbehov fra indre til ytre strøk. Dette reduseres i perioder med høy vindkraftproduksjon på land. Det er høyt alminnelig vinterforbruk allerede i dag og store forbruksplaner langs hele kysten fra Stavangerområdet og sørover.

Det er gunstig med havvind inn til området, og flere stasjoner er aktuelle. Når 420 kV-ledningen Lyse-Fagrafjell står ferdig, vil innmating av havvind kunne avlaste transmisjonsnett, gi samlokasjon mellom forbruk og produksjon og reduserte overføringstap. Overordnede vurderinger tilsier at en større vindkraftpark (1400 MW) vil kunne tilknyttes, men at det oppstår flaskehals ved høyt produksjonsoverskudd.

For å legge til rette for økt forbruk i Stavangerområdet planlegger Statnett å bygge ny 420 kV-ledning fra Ertsmyra til Fagrafjell til erstatning for dagens 300 kV-ledning fra Tonstad til Stokkeland. Dette vil tilrettelegge for mer vindkraft. Videre planlegger Statnett å erstatte 300 kV-ledningen fra Kvinesdal via Åna-Sira, Kjelland og Bjerkreim til Stokkeland med ny ledning og stasjoner på 420 kV. Dette vil tilrettelegge for økt produksjon tilknyttet stasjonene langs kysten mellom Kvinesdal og Fagrafjell. Når disse forsterkningene er gjennomført, blir Stavangerområdet tettere knyttet mot Sørlandet og vurderingen av tilknytning av havvind til disse områdene blir relativt like (se Figur 6 for målnett for Sør-Rogaland og Agder).

Mengden havvind som er mulig etter hvert trinn i nettutbyggingen, avhenger av hvor mye forbruk som kommer i Sør-Rogaland. Et større volum av havvind tilknyttet transmisjonsnett i Sør-Norge kan utløse behov for transmisjonsnettforsterkninger i regionen.

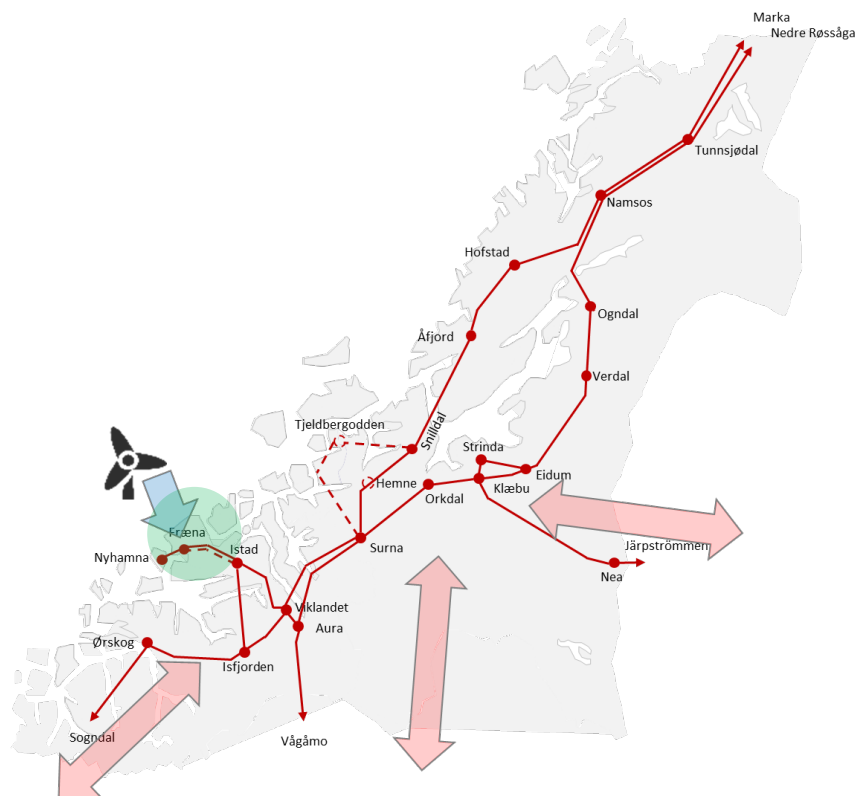
2.6 Romsdalsområdet: Høy forbruksvekst gir økende kraftunderskudd

Det er stor forbruksvekst i Midt-Norge, og energi- og effektbalansen er allerede negativ. Trondheimsregionen preges av prognosert stor økning i vanlig forbruk. I tillegg foreligger det konkrete planer om stort forbruk flere steder i regionen. De etablerte store industriknutepunktene i regionen har alle ambisjoner om å ta del i det grønne skiftet, og det foreligger store planer om datasentre, ny industri og offshore elektrifisering.

Det planlegges en omfattende utbygging av transmisjonsnett i regionen. Statnetts planer inkluderer etablering av en dobbel 420 kV-forbindelse gjennom størstedelen av regionen, samt dobbel 420 kV-forbindelse mot Molde-området (Istad). Transmisjonsnett i Midt-Norge vil dermed være tilrettelagt for stor kraftflyt i og gjennom regionen, og store variasjoner i kraftproduksjon og -forbruk.

Det er gunstig med tilknytning av havvind nær områder med høyt forbruk, forbruksvekst og regulerbar vannkraft. Fræna utpeker seg som en god lokasjon for innmating av stor havvindproduksjon, grunnet nærhet til stort forbruk, planer om økt forbruk, sterkt nett i området og nærhet til fleksibel vannkraft. Det vil være mulig å knytte til anslagsvis 1000-2000 MW havvind i Fræna stasjon.

For utbygging av større volum havvind enn dette, bør det flere tilknytningspunkter vurderes, og påvirkning på flyt i større del av transmisjonsnett (herunder gjennom Innlandet) må analyseres.



Figur 7: Målnett, Midt. Mulige nye forbindelser som ikke er utredet ennå, er angitt med brede piler. Gunstig område for tilknytning av havvind er markert med grønt.

2.7 Ranaområdet: Fleksibel produksjon og høy forbruksvekst

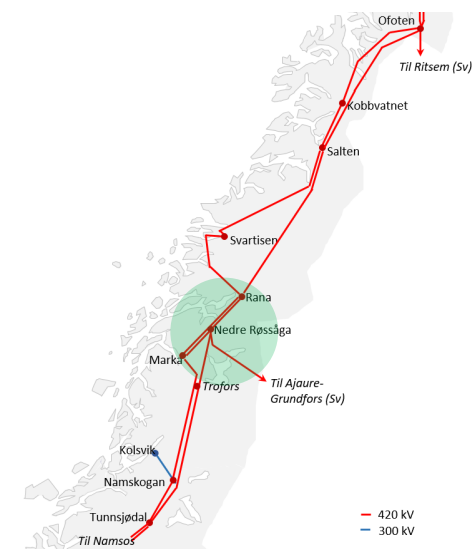
Det er planer om mye nytt industriforbruk i Nordland. Sammen med vanlig forbruksvekst og elektrifisering av transport, utgjør dette mer enn en firedobling av dagens forbruk. Forbruksvekst og vindkraftutbygging i Nord-Sverige påvirker kraftflyten og behov for produksjon og nettforsterkninger i Norge.

Stor forbruksøkning uten ny produksjon vil føre til en fundamental endring av kraftbalansen i området; fra stort kraftoverskudd til kraftunderskudd. Overføringskapasiteten inn til området (Ofoten og Nedre Røssåga) blir begrensende. Det er et potensial for samspill mellom industri, vindkraft og vannkraft forutsatt tilstrekkelig nettkapasitet og fleksibilitet i forbruket.

Viktige nettforsterkninger de nærmeste årene er å knytte stasjonene Rana, Nedre Røssåga og Marka tettere sammen med et dubler 420 kV-nett. I tillegg vurderer Statnett oppgradering av eksisterende ledning mot Sverige.

Området fra Mosjøen til Mo i Rana har mye kraftkrevende industri og regulerbar vannkraft. Vindkraft inn til dette området vil være gunstig sett i sammenheng med mye regulerbar kraftproduksjon og forventet forbruksøkning. Gitt målnettet, kan trolig mer enn 1400 MW knyttes til. Anslag for volum må verifiseres og vurderes sammen med forbruksvekst og planlagte nettforsterkninger.

Statnett planlegger å dublere 420 kV-ledningene nord-sør gjennom hele Nordland. I tillegg til Rana-området, finnes mulige tilknytningspunkt for havvind lenger nord som kan gi godt samspill med forbruk og regulerbar vannkraft, for eksempel Svartisen- og Saltenområdet.



Figur 8: Målnett, Nordland. Gunstig område for tilknytning av havvind er markert med grønt. Områdeplanen er under arbeid.

2.8 Haugalandet: Stort kraftunderskudd, høy forbruksvekst og nærhet til Utsira Nord

Haugalandet er et underskuddsområde med mye industri med høy brukstid. Det er store planer om økt industriforbruk som ikke kan tilknyttes uten ny ledning og stasjon. Vi planlegger derfor å bygge ny ledning mellom Blåfalli og Gismarvik. Kraftflyten inn til området begrenses av de tre transmisjonsnettledningene fra Blåfalli og Sauda (SKL-snittet).

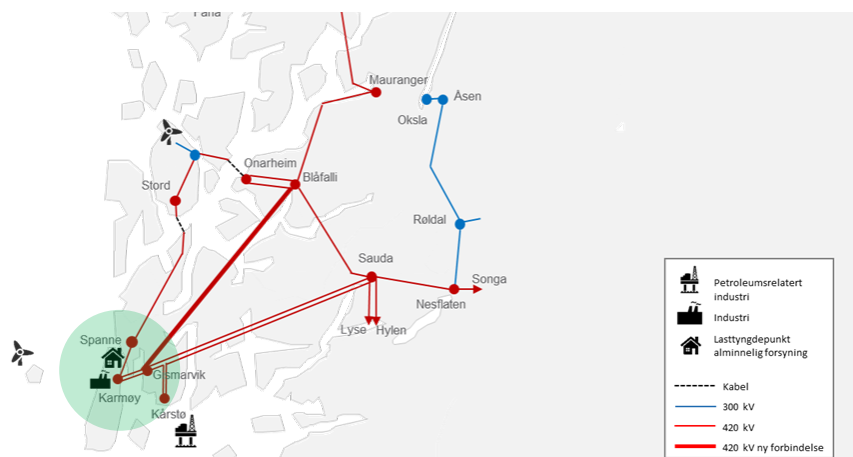
Tilknytning av havvind inn til området er positivt for energibalansen i området og gir også redusert overføringstap i transmisjonsnettet. Avhengig av forbruksutviklingen vil dagens stabile og høye flyt inn mot Haugalandet erstattes med hyppige og store variasjoner. I perioder vil havvinden gi lokalt produksjonsoverskudd – altså flyt ut fra Haugalandet.

Dagens transmisjonsnett sørvest på Haugalandet har god kapasitet til ny kraftproduksjon. 1500 MW offshore vindkraft fra Utsira Nord i første fase vil i stor grad absorberes av lokalt forbruk og avlaste transmisjonsnettet. Vi ser få utfordringer i dagens transmisjonsnett med tanke på kraftflyten østover ut av Haugalandet i perioder med høy vindkraftproduksjon.

Statnetts analyser i området har til nå har fokusert på 1500 MW havvind fra Utsira Nord, samt vurderinger av hvor mye mer havvind det kan være plass til på Haugalandet. Sistnevnte tilsier at det kan være plass til totalt ca. 2200 MW havvind i dagens nettstruktur med få eller ingen ytterligere netttiltak.

Gitt planlagte netttiltak for forbruk på Haugalandet, inklusiv forsterkning mellom Sauda og Samnanger, anslår vi at inntil 2700 MW havvind kan tilknyttes på Haugalandet – altså 1200 MW i tillegg til det volumet som utlyses i 2023. For å fastslå dette kreves videre analyser av eventuelle begrensninger i nettet utenfor Haugalandet, herunder vurdering av om mer havvind tilknyttet andre steder (utenfor Haugalandet) begrenser hvor mye som kan realiseres på Haugalandet, og motsatt.

Statnett har anbefalt at Utsira Nord knyttes til på Haugalandet. Flere stasjoner i området er aktuelle for tilknytning av havvind, inkludert Karmøy, Spanne og Gismarvik.

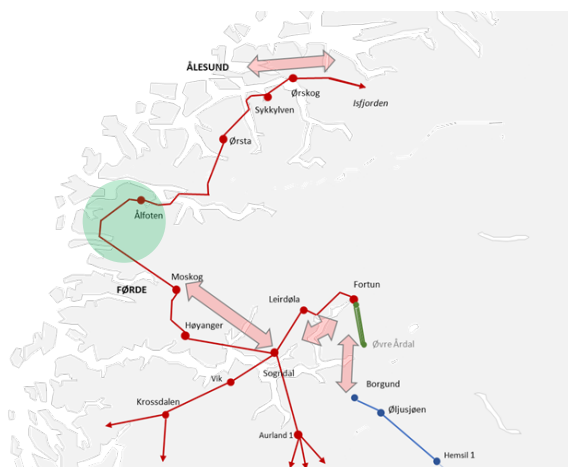


Figur 9: Målnett, Haugalandet. Gunstige områder for tilknytning av havvind er markert med grønt.

2.9 Ålfoten-området: Mulig, forutsatt samspill med nytt forbruk

Sogn til Sunnmøre er tradisjonelt et område med produksjonsoverskudd, inkludert en del uregulert småkraft. Det er flere store planer om økt forbruk knyttet til eksisterende industri, ny industri og elektrifisering av petroleum. Det er kun én gjennomgående 420 kV-forbindelse i området, fra Ørskog til Sogndal.

Ved høy forbruksvekst kan Ålfoten i Bremanger være et egnet tilknytningspunkt for havvind. Statnett har ikke gjennomført analyser av hvor mye vindkraft som kan tilknyttes i området, men et grovt anslag er at 500-700 MW kan håndteres uten større nettforsterkninger, gitt forventet forbruksvekst. Store volumer med havvind vil kunne møte begrensninger og gi utfordringer i kraftsystemet og må sees i sammenheng med forbruksutviklingen.



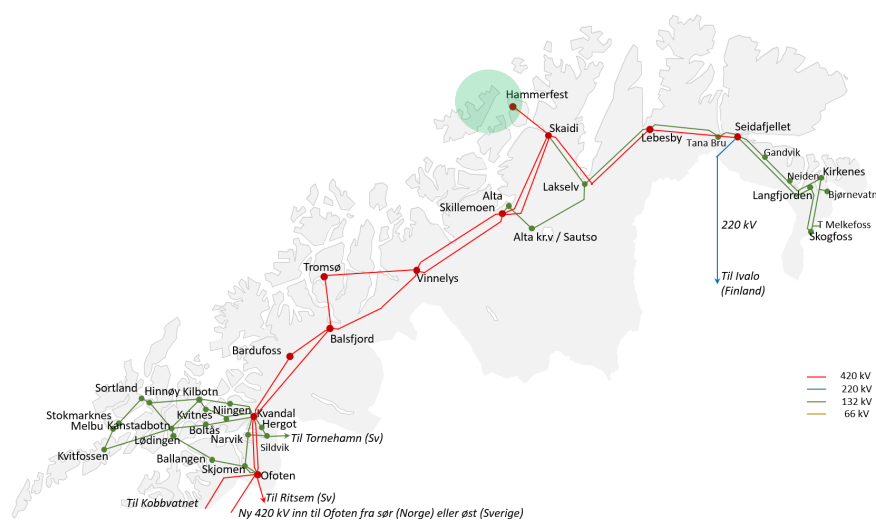
Figur 10: Målnett Sogn til Sunnmøre. Gunstig område for tilknytning av havvind er markert med grønt.

2.10 Hammerfestområdet: Mulig, forutsatt samspill med nytt forbruk

Det forventes stor forbruksvekst i Finnmark blant annet knyttet til elektrifisering av petroleum. Økt overføringskapasitet er nødvendig, og det er behov for ny produksjon i landsdelen. Stort overskudd vil gi nettoflyt sørover og skape flaskehalser ut av området og utfordringer i driften av nettet. Samspill mellom ny produksjon og nytt forbruk er derfor avgjørende.

Statnett planlegger å bygge en ny 420 kV-ledning fra Skaidi til Hammerfest, blant annet for å legge til rette for elektrifisering av LNG-anlegget på Melkøya og økt forbruksvekst rundt Hammerfest by. Når ledningen og det nye forbruket er etablert, vil det være gunstig å tilknytte havvind i området.

I områdeplan Nord har Statnett pekt på et mulig behov for en ny 420 kV-ledning mellom Balsfjord, Skillemoen og Skaidi, der et alternativ er å gå via Tromsø for å legge til rette for økt forbruk her. Dette kan i så fall muliggjøre tilknytning av havvind til Tromsø-området.



Figur 11: Målnett for transmisjonsnettet i område Nord. Gunstig område for tilknytning av havvind er markert med grønt.

3 Videre utbygging av havvind mot 30 GW

Regjeringen har ambisjon om utlysning av områder for 30 GW havvind innen 2040. De områder som lyses ut mot slutten av denne perioden vil kunne idriftsettes helt frem mot 2050. Statnetts strategi er å bygge ut målnettene som beskrevet i områdeplanene og forberede kraftsystemet for tilknytning av 15 GW havvind til Norge innen 2040.

Vi legger derfor til grunn at en videre utbygging av havvind opp mot 30 GW vil skje gradvis, i takt med forbruksutviklingen og fortsette frem mot 2050. Kraftproduksjonen kan bygges ut for å legge til rette for ny industri i Norge, eller for å eksportere overskuddet til andre land. Vi vil ha behov for ny kunnskap om forbruksutviklingen og utviklingen av kraftsystemet før vi kan peke på hvordan et slikt volum kan bygges ut. En så stor vekst i produksjon og forbruk vil endre kraftsystemet mye. Dette vil kreve mer fleksibilitet fra forbruk og vannkraft, utvikling av systemdriften og en ytterligere utbygging av nett på land.

3.1 Etablering av ny industri i Norge

Etterspørselen etter kraft til ny grønn industri vil være veldig høy på verdensbasis. Kostnadseffektiv tilgang på ny kraftproduksjon vil derfor bestemme hvor i verden forbruksøkningen kommer. Forutsatt at flytende havvind blir konkurransedyktig med annen ny produksjon, kan forbruksveksten bli veldig høy i Norge. Ved en slik ytterligere økning i produksjon og forbruk i Norge, vil det være avgjørende at ny havvindproduksjon samlokaliseres med forbruket, og at forbruket er tilstrekkelig fleksibilitet for å minimere behovet for nytt nett på land i Norge.

Områdene som er som er pekt ut som mulige områder for havvind som er planlagt utlyst i 2025, vil også være aktuelle for tilknytning av ytterligere volumer, avhengig av utviklingen i forbruket og annen produksjon i regionen. I tillegg kan flere områder være aktuelle for tilknytning.

Store konsentrasjoner av havvind i ett område kan utfordre stabiliteten i nettet. Årsaken er de elektriske egenskapene ved omformerbasert produksjon. Dette kan medføre at det etter hvert blir aktuelt å vurdere tilknytningspunkter lenger inn i landet enn punkter nær kysten. I tillegg vurderer vi andre tiltak for å sikre stabiliteten i nettet med større innslag av omformerbasert teknologi, som beskrevet tidligere.

Grønn hydrogenproduksjon er en av industriene som er aktuelle for etablering i Norge. Ved en helhetlig utbygging av havvind og grønn hydrogenproduksjon, kan dette bygges ut uten tilknytning til resten av kraftsystemet på land – såkalt off-grid.

3.2 Eksport av kraft fra havvind

I et scenario med 30 GW havvind er alternativet til å benytte kraften i Norge å eksportere den til andre land. Havvind har fundamentalt andre egenskaper og kostnader enn regulerbar vannkraft, noe som gjør at det samfunnsøkonomiske potensiale for storstilt eksport av havvind fra Norge trolig er begrenset. Det er i hovedsak fleksibiliteten i vannkraften som har gjort det gunstig å knytte Norge til Europa. Havvind er verken regulerbar eller har fordel av å være billigere enn kraften som bygges i Europa.

Havvind i Norge som er radielt koblet mot utlandet, uten forbindelse til Norge, vil kreve lange forbindelser mot forbruksområdene i Europa. Vinden i Nordsjøen har høy grad av korrelasjon, slik at det ofte vil blåse samtidig på norsk side av grensene og i våre naboland. Derfor legger vi til grunn at en slik utbygging først og fremst vil bli etterspurt hvis det er mangel på egnede havområder nærmere forbruksområdene i Europa. Alternativ kan det være interesse i Europa for å koble seg til havvind lengre nord i Norge, som er mindre korrelert med vinden i Nordsjøen. Men lange overføringsforbindelser vil gjøre dette veldig dyrt. Slike radielle forbindelser til utlandet vil ikke påvirke kraftsystemet i Norge på land.

3.3 Stegvis utvikling mot et masket havnett

Ved utbygging av havvind i Nordsjøen kan tilkobling av havvindparken til flere land være aktuelt. En hybridløsning skiller seg fra en radiell forbindelse ved at den fyller to funksjoner, den overfører kraftproduksjon til land og den kan benyttes til kraftutveksling når produksjonen fra havvinden er lav. Statnett ga våren 2022 ut en fagrapport om havvind i Sørlig Nordsjø II¹⁰ som diskuterte flere aspekter ved dette. En konklusjon var at hybrid tilkobling er samfunnsøkonomisk lønnsomt primært på grunn av at mulighetene for kraftutveksling mellom land gir bedre ressursutnyttelse. Ved at det går to forbindelser fra havvindparkene mot land gir også en redundans, slik at vindkraft ikke går til spille i perioder med feil og vedlikeholdsarbeid.

Når teknologien er moden, kan det på sikt utvikles et eller flere maskede nett mellom flere av landene i Nordsjøen. I et masket nett vil vindkraften være tilknyttet et nett som har landingspunkter i tre eller flere land.

¹⁰ [Fagrapport om havvind fra Sørlige Nordsjø II](#), 2022

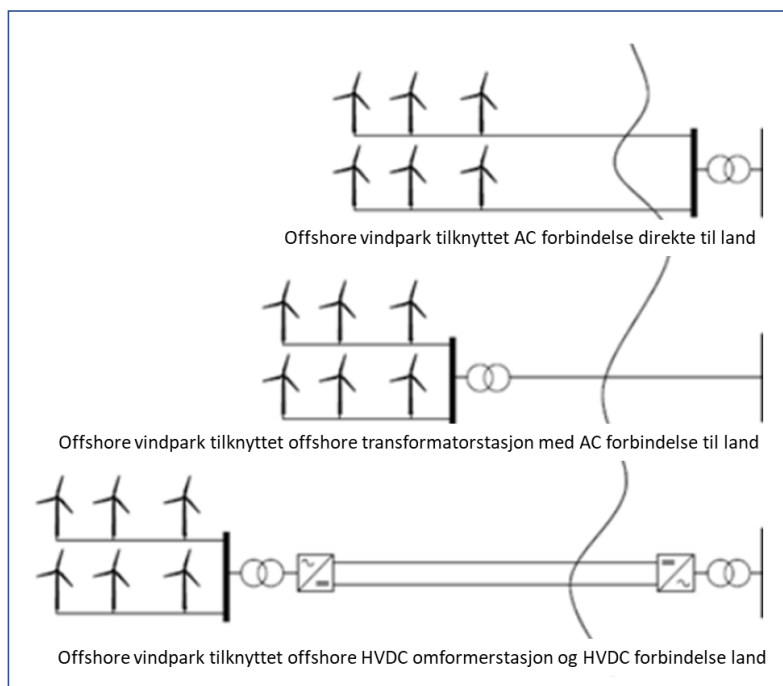
4 Tekniske løsninger påvirker hvor det er gunstig å knytte til havvind

Tilknytningsløsninger av havvind står for en stor del av kostnaden av å bygge ut havvind. Valg av tekniske løsninger, og hvor havvindparkene plasseres med tanke på havdybde og avstand fra land kan være avgjørende for om havvind kan bli konkurransedyktig med andre energiformer.

Utbygging av vannkraft, solkraft og vind på land er i dag billigere teknologier enn havvind, og med vesentlig lavere kostnader til nettilknytning. Selv om Statnett forventer utbygging av alle disse teknologiene i Norge, er det en begrensning i hvor det er mulig å bygge ut mer kraftproduksjon på land. Vi legger derfor til grunn at utbygging av havvind vil bli avgjørende i fremtidsscenarioer med stor økning i norsk kraftforbruk.

4.1 AC nært land og HVDC lengre fra land

Nett til havs kan bygges ut på ulike måter. Radialer knytter havvindparken direkte til kraftsystemet på land. Alternativt kan havvind knyttes til offshore forbruk, andre havvindparker eller andre land med et masket nett. Det er teknisk mulig å bygge ut et nett til havs stegvis, ved å gradvis bygge sammen infrastrukturen i takt med behovet, hvis det legges til rette for dette. Hvilke tekniske løsninger som bør velges må avgjøres for hver utbygging. Avstanden fra land, havdybden og behovet for å ha en offshore stasjon vil påvirke kostnadene og valg av teknologi for nettanleggene.



Figur 12: Havvind kan knyttes til land enten a) direkte fra turbinene til land, b) via en offshore transformatorstasjon, c) eller med konvertering til likestrøm (HVDC).

Radiell tilknytning av havvind har vært den mest brukte løsningen når andre land har bygget ut havvind. Regjeringen har lagt til grunn at de første utbyggingene på Utsira Nord (UN) og Sørliche Nordsjø II (SNII) skal bli bygget ut som radialer. Ved kort avstand kan havvindturbinene knyttes til nettet med flere parallelle vekselstrømkabler (AC) uten behov for en transformatorstasjon. I dag er standard spenningsnivå fra vindturbinene 66 kV, mens vi legger til grunn at standarden vil være 132 kV både for bunnfast og flytende havvind i 2030.

Ved økende avstand fra land vil kostnaden med mange 132 kV-kabler passere kostnaden ved å installere offshore transformering til høyere spenningsnivå (f.eks. 300 kV eller 420 kV) med færre kabler til land. Hvor stor avstanden fra land må være før transformering til høyere spenning blir kostnadseffektivt er avhengig av bl.a. havdybde og bunnforhold, overføringskapasitet, behov for reaktiv kompensering, tap og driftskostnader.

Mange bunnfaste havvindparker i Nordsjøen som ligger relativt nært land, er bygget ut med vekselstrømkabler, enten med eller uten transformering av spenningen med en offshore transformatorstasjon. Det er i dag knyttet spesiell usikkerhet til kostnaden for flytende transformatorplattformer og eventuelt muligheter for subsea transformering. Det er også naturlig å vurdere bunnfaste transformatorplattformer på større dybder enn bunnfaste turbiner.

En ulempe med overføring via vekselstrøm (AC) over lengre avstander er at det er behov for reaktiv kompensering i begge ender av kablet, og eventuelt også underveis. Kompenseringsbehovet kan medføre utfordringer i tilknytningspunktet, gitt at punktet har utstrakt reaktiv kompensering eller spennings sensitivt forbruk.

Overføring av kraft over likestrøm (HVDC) velges når transportavstanden er stor. HVDC gir mulighet til å overføre store mengder kraft med mindre tap enn ved AC og uten å produsere uønsket reaktiv effekt. På grunn av den store overføringsevnen, trengs det færre HVDC-kabler for å overføre den samme kraften som over AC. Dette gjør at kostnaden pr. km er lavere for HVDC enn for AC. Siden overføring over HVDC krever en kostbar konverterstasjon i hver ende av forbindelsen, er det likevel bare lønnsomt over lengre avstander. HVDC er samme teknologi som brukes i mellomlandsforbindelser, og til elektrifisering av offshoreforbruk langt fra land. Hybride forbindelser mellom ulike synkronområder må bygges med HVDC-teknologi. HVDC kan bygges med forskjellige spenningsnivåer, ofte på 320 kV og 525 kV.

Som Statnett beskrev i vårt Kunnskapsgrunnlag om fleksible løsninger for UN og SNII i november 2022¹¹, jobber TSOene rundt Nordsjøen for en felles standard for HVDC-tilknytninger av havvindparker på 525 kV. Utbygging på dette spenningsnivået blir derfor i praksis en forutsetning for sammenkobling av havvindparker mot andre land i Nordsjøen.

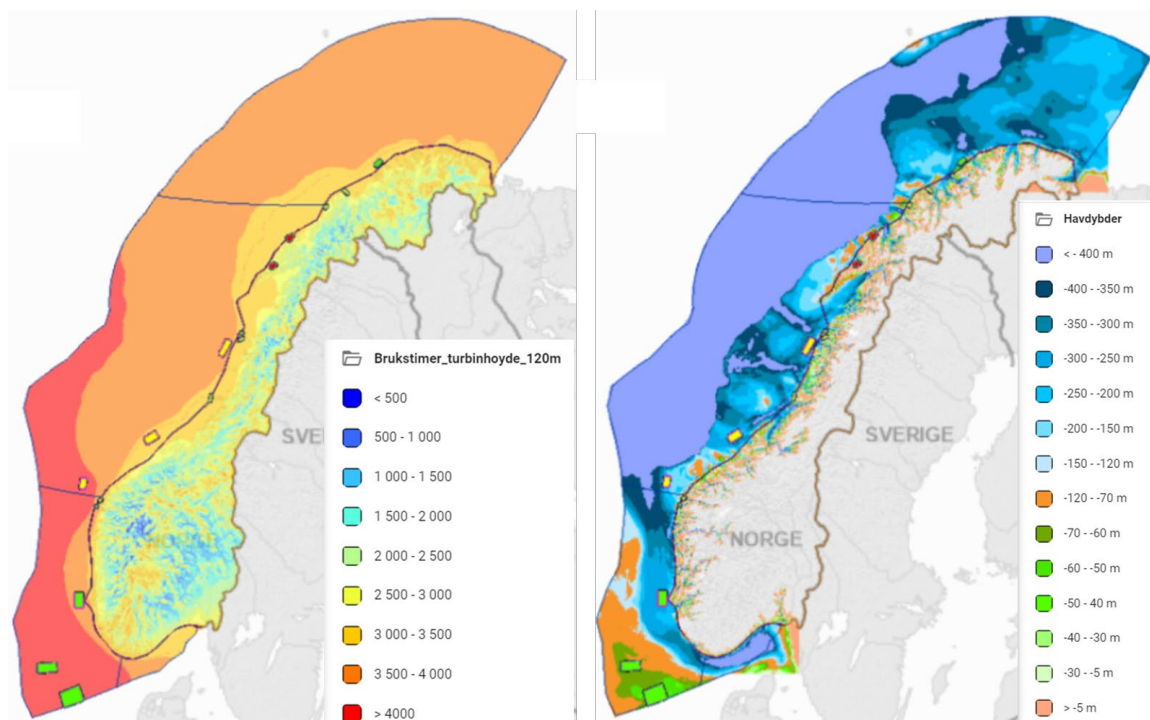
4.2 Vi forventer bunnfast havvind i Sørliche Nordsjø og flytende havvind langs kysten

Bunnfast havvind er i dag bygget ut til maksimalt rundt 60-70 meter dybde. Vi forventer utbygging på noe dypere vann i fremtiden (grønne og oransje områder til høyre i Figur 13). Områder med havdybde mellom ca. 100-300 meter er mest aktuelle for flytende havvind. Ved økende vandyp øker kompleksiteten og kostnadene, blant annet på grunn av utfordringer med forankringssystemer og kabelløsninger.

I norske havområder er bunnfast havvind stort sett kun aktuelt lengst sørvest i Nordsjøen. Andre mindre områder langs kysten med lav dybde har trolig for store interessekonflikter til å være aktuelle. Det finnes havområder langs hele kysten med potensial for flytende havvind – gitt at NVE identifiserer områder med akseptabelt nivå av interessekonflikter. Siden de bunnfaste områdene er langt fra land, antar vi at disse må tilknyttes med HVDC. Flytende havvindparker som befinner seg langt fra land vil være enda dyrere. Flytende havvind som bygges nærmere land har derimot potensial for rimeligere tilknytning via AC.

På grunn av nærheten til våre naboland, er det først og fremst havområdene i Sørliche Nordsjø som er aktuelle for tilknytning mot utlandet, og dermed også for hybride forbindelser. På grunn av avstanden til land, er hybride forbindelser derfor mest aktuelt å tilknytte til Sør-Norge. Langs resten av den norske kysten, er det først og fremst aktuelt med radiell tilknytning av havvind mot forbruksområder på land.

¹¹ [Kunnskapsgrunnlag for å vurdere teknisk tilretteleggelse for fleksible løsninger for fase 1 Sørliche Nordsjø II og Utsira Nord](#), november 2022



Figur 13: Kart over vindressurser målt i brukstimer (t.v) og havdybder (t.h) i Norges havområder. Havvindområdene som ble konsekvensutredet i 2010-2012 vises i begge kart. Kilde NVE.

4.3 Plassering av flytende havvindområder nærmere land kan bli avgjørende for å gjøre den konkurransedyktig med bunnfast havvind

Det er pr. 2022 installert omtrent 30 GW bunnfast havvind i Europa¹². Kostnadene for utbyggingene varierer bl.a. med vind- og bunnforhold, avstand fra land, risikopåslag i ulike markeder og arealkostnader. Den store utbyggingen har ført til at turbiner og installasjon har sett kraftig fallende kostnader de siste årene. Økt størrelse på turbinene er en av faktorene som har bidratt til kostnadseffektivitet. Siden de beste arealene blir bygget ut først, er trenden at havvind bygges stadig lengre fra land og på dypere vann. Likevel har kostnadsutviklingen ført til at noen havvindparker i Europa nå bygges uten subsidier. Et eksempel på dette er havvindparken Thor på 1 GW i Danmark, hvor RWE vant auksjonen i desember 2021 etter trekning mellom flere aktører¹³.

Flytende vindturbiner er fortsatt på et tidlig utviklingsstadium og er enda ikke blitt industrialisert i stor skala. Det er i dag bygget ca. 170 MW flytende havvind i Europa¹⁴. Verdens største flytende havvindpark ligger i Norge, heter Hywind Tampen og får total en kapasitet på 95 MW når de fire siste turbinene blir installert i 2023. Kostnaden for Hywind Tampen er oppgitt til 6,6 mrd. NOK, noe som gir en LCOE i størrelsesorden 90 €/MWh. LCOE er et mål på totalkostnaden over hele levetiden for energiproduksjonen. Flytende plattformer er moden teknologi i offshore-industrien. HVDC-stasjoner er derimot ennå ikke kvalifisert for å bli plassert på en flytende plattform, på grunn av blant annet hvordan HVDC-teknologien blir påvirket av bevegelser. Vi legger derfor til grunn at leverandørene vil trenge noe lengre tid på å kvalifisere løsninger for flytende HVDC-løsninger.

Det er ventet at kostnadene for flytende havvind kan reduseres betraktelig ettersom teknologien industrialiseres og det bygges ut større kvantum. Flytende havvindturbiner har stor fordel av standardisering og at det meste av monteringen kan foregå ved land før de slepes ut og forankres. Det er i dag vanskelig å forutsi hvor raskt og hvor mye kostnadene på flytende havvind vil reduseres.

Gjennom Statnetts arbeid med vår Langsiktig Markedsanalyse (LMA) som utgis i løpet av Q1 2023, har vi estimert basisantagelser for utvikling av LCOE i Europa for ulike fornybare teknologier. Vi antar her at

¹² BloombergNEF – H1 2022 Offshore Wind Market outlook

¹³ Nyhetssak på www.offshorewind.biz, 1. desember 2021

¹⁴ BloombergNEF – H1 2022 Offshore Wind Market outlook

kostnadene for fornybar kraftproduksjon vil fortsette å falle mot 2040. Flytende havvind vil nok ligge en del høyere enn bunnfast frem mot 2030, men på sikt antar vi at LCOE for flytende havvind kan nærme seg og bunnfast. De billigste flytende kan også bli billigere enn de dyreste bunnfaste. Gitt en slik utvikling, kan kostnad for tilknytningsløsning være det som avgjør hvilken teknologi og hvilke havområder som er mest samfunnsøkonomisk rasjonell å bygge ut.

For havvindparker hvor avstanden til nettilknytningspunkt er over ca. 100 km er det naturlig å vurdere HVDC som alternativ til AC, siden de høye terminalkostnadene med HVDC vil balanseres av lavere kostnad for kabelsystem og lavere tap ettersom avstanden øker. Optimal avstand for overgang mellom AC og HVDC avhenger av mange faktorer og muligheter for bunnfaste eller flytende stasjoner er en signifikant faktor.

Vi antar at en tilknytning fra en flytende AC-park uten transformering omtrent 50 km fra land vil være i størrelsesorden halv kostnad sammenlignet med tilknytning fra en bunnfast HVDC-park 200 km fra land. En slik kostnadsforskjell kan bidra med nesten 10 €/MWh i LCOE for havvindparken.

4.4 Hybrid tilknytning gir samfunnsøkonomisk lønnsom kraftutveksling

En hybrid tilknytning av havvind fra Sørliche Nordsjø II gir mulighet til å utnytte infrastrukturen til kraftutveksling når det ikke blåser for fullt og sende vindkraften til det markedet der den har høyest verdi. Siden infrastrukturen benyttes til flere formål og kostnadene kan deles med andre land, kan dette gi lavere tilknytningskostnad for havvindparker knyttet til hybride forbindelser. I Statnetts Fagrapport om havvind i Sørliche Nordsjø II fra 2022¹⁵ beskriver vi hvordan hybrider gir bedre ressursutnyttelse og samfunnsøkonomisk lønnsom kraftutveksling.

¹⁵ [Fagrapport om havvind fra Sørliche Nordsjø II](#), mars 2022

5 Vedlegg

5.1 Utdrag av planlagte nettførsterkninger

Tabellen viser forventet konsesjon og forventet dato for idriftsettelse for utvalgte prosjekter omtalt i denne rapporten. For mer informasjon om disse og andre planlagte nettførsterkninger, se Statnetts områdeplaner¹⁶. Områdeplan Nordland og Områdeplan Sør-Rogaland og Agder publiseres våren 2023.

Områdeplan: Bergensområdet og Haugalandet

Prosjekt	Forventet konsesjon	Forventet idriftsatt
Spenningsoppgradering Sogndal-Modalen -Kollsnes	2025	3-5 år etter konsesjon
Ny forbindelse mot Kollsnes	2028	3-5 år etter konsesjon
Spenningsoppgradering Sauda-Samnanger	2027	3-5 år etter konsesjon
Nettførsterkning Haugalandet: Blåfalli-Gismarvik	2023	4-5 år etter konsesjon

Områdeplan: Sør-Rogaland og Agder

Prosjekt	Forventet konsesjon	Forventet idriftsatt
Lyse-Fagrafjell, ny 420 kV-ledning og stasjon		2023
Østre korridor 2	KVU utarbeides	

Områdeplan: Telemark og Vestfold

Prosjekt	Forventet konsesjon	Forventet oppstart	Forventet idriftsatt
Flesaker- Bamble. Flere prosjekter:			
<ul style="list-style-type: none"> Flesaker (Eiker)-Hof-Tveiten (Tønsberg) Bamble-Porsgrunn-Tveiten og Porsgrunn ny stasjon Eiker ny stasjon Tønsberg ny stasjon 	2025 2026	2022 2023	3-5 år etter konsesjon 3-5 år etter konsesjon 4-5 år etter konsesjon 3-4 år etter konsesjon

Områdeplan: Nord

Prosjekt	Forventet konsesjon	Forventet idriftsatt
Skaidi-Hammerfest	2023	4-5 år etter konsesjon
Skaidi-Lebesby	2024	4-7 år etter konsesjon

¹⁶ [Statnetts områdeplaner](#) på Statnett.no