



Norwegian
Meteorological
Institute

METreport

No. 17/2025
ISSN 2387-4201
Radar

Strategisk konsekvensutredning for havvind, Fagutredning for virkninger på radar

Delrapport 2.4 – vurdering av Nordavind A, Nordavind B, Nordavind C og
Nordavind D

Laila Fodnes Sidselrud og Werner Eriksen

Classification: open



Title Strategisk konsekvensutredning for havvind, Fagutredning for virkninger på radar, Delrapport 2.4 – vurdering av Nordavind A, Nordavind B, Nordavind C og Nordsavind D	Date 01.04.2025
Section Avdeling for observasjonskvalitet og databehandling	Report no. No. 5/2025
Author(s) Laila Fodnes Sidselrud og Werner Eriksen	Classification ● Free ○ Restricted
Client(s) NVE	Client's reference
Abstract NVE har i oppdrag å gjennomføre strategisk konsekvensutredning for 20 foreslåtte områder for havvind. Disse er delt inn i to utredningsprogrammer. Del 1 er levert og omfatter utredningsprogram for områdene Sørvest F, Vestavind B og Vestavind F, samt kunnskapsgrunnlag og beskrivelse av hvordan havvindutbygging påvirker lokalklima og værvarsling. Del 2.1, 2.2 og 2.3 er levert, disse omfatter resterende av Vestavind, Sønnavind og Sørvest områder samt Nordvest områdene. Dette er del 2.4 som omfatter Nordavind A, Nordavind B, Nordavind C og Nordavind D. MET har ansvar for å utføre vurderinger rundt konsekvensene av Havvind for værradar og havstrømradar (HF-radar)	
Keywords Havvind, værradar, havstrømradar	



Disiplinary signature



Responsible signature

Table of contents

Vurdering av Nordavind A	5
Sammendrag	5
Værradar	6
Identifiserte verdier	6
Verdi og påvirkning	6
Konsekvenser	6
Kunnskapsmangler for Nordavind A	6
Havstrømradar	7
Identifiserte verdier	7
Verdi og påvirkning	7
Konsekvenser	7
Kunnskapsmangler for Nordavind A	9
Vurdering av Nordavind B	10
Sammendrag	10
Værradar	10
Identifiserte verdier	10
Verdi og påvirkning	10
Konsekvenser	10
Kunnskapsmangler for Nordavind B	10
Havstrømradar	11
Identifiserte verdier	11
Verdi og påvirkning	11
Konsekvenser	11
Kunnskapsmangler for Nordavind B	13
Vurdering av Nordavind C	14
Sammendrag	14
Værradar	14
Identifiserte verdier	14

Verdi og påvirkning	14
Konsekvenser	14
Kunnskapsmangler for Nordavind C	15
Havstrømradar	16
Identifiserte verdier	16
Verdi og påvirkning	17
Konsekvenser	17
Kunnskapsmangler for Nordavind C	18
Vurdering av Nordavind D	19
Sammendrag	19
Værradar	19
Identifiserte verdier	19
Verdi og påvirkning	19
Konsekvenser	19
Kunnskapsmangler for Nordavind D	20
Havstrømradar	21
Identifiserte verdier	21
Verdi og påvirkning	22
Konsekvenser	22
Kunnskapsmangler for Nordavind D	23
Havvindutbygging og påvirkning av lokalklima, sirkulasjon og værvarsling	24
Sammendrag	24
Atmosfærisk sirkulasjon og lokalklima	24
Lynaktivitet i et område med havvind	24
Værvarsling i områder med storstilt havvindutbygging	25

Vurdering av Nordavind A

Sammendrag

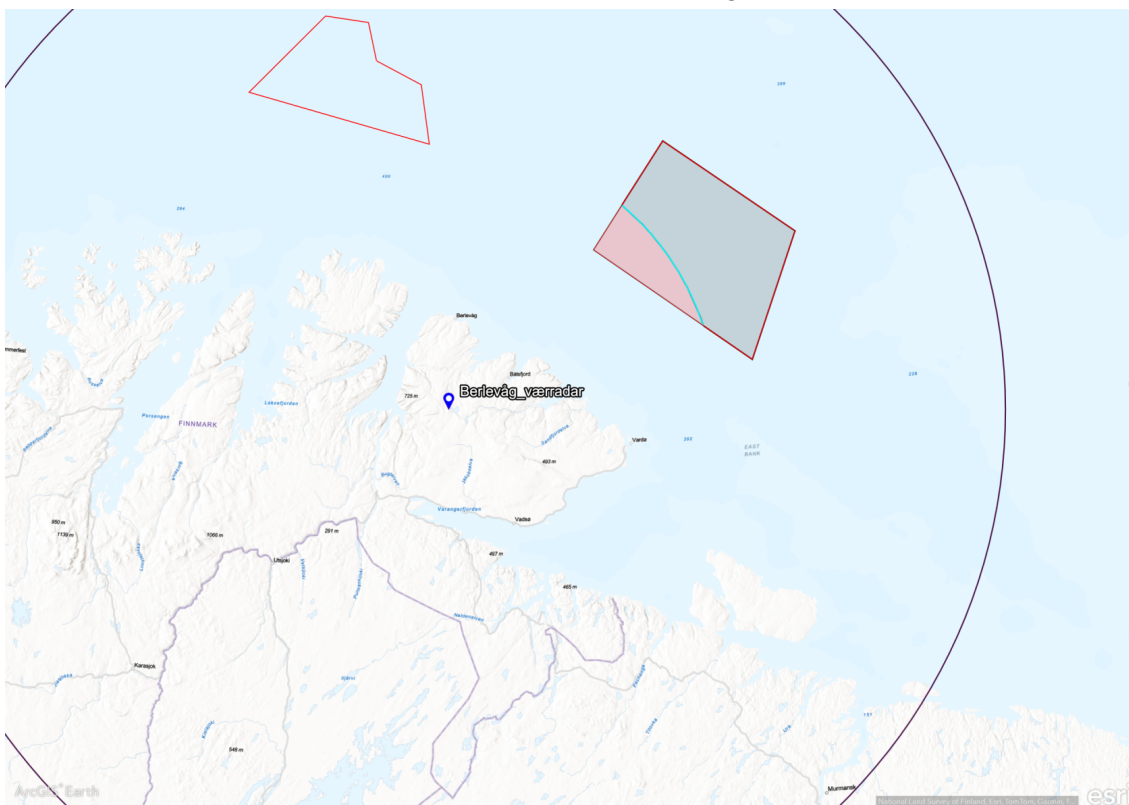
Nordavind A ligger innenfor dekningsområdet til Berlevåg værradar. En del i sørvest er innenfor radiohorisonten fra Berlevåg værradar, og vil ha hyppige forstyrrelser i værradar data og vi vurderer konsekvensene for værradar er nokså alvorlig, kode -3. Dette kan påvirke 90 minutters radargenerert nedbørvarsel, og steder som Berlevåg, Båtsfjord og Vardø vil ved en vindkraftutbygging ikke lenger få dette nedbørvarslet. I resten av Nordavind A kan det komme forstyrrelser i værradardata, selv om dette ikke er dagligdags. Konsekvensene settes til -1. Det er viktig å merke seg at polare lavtrykk er hyppige i området, og det kan bli vanskelig å oppdage de polare lavtrykkene hvis det er forstyrrelser i radardataene. Det er ingen flyplasser med TREND varsel tilgrensende dette området.

Hele det foreslåtte området Nordavind A ligger i dekningsområdet til HF-radar Berlevåg som MET har i drift i dag. Interferens fra vindturbiner i Nordavind A området vil kunne forstyrre HF-radar Berlevåg på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Vi vurderer at konsekvensen av full utbygging av Nordavind A for havstrømradataene er alvorlig, Kode -4.

Værradar

Identifiserte verdier

Nordavind A ligger innenfor dekningsområdet til Berlevåg værradar. Den sørvestlige delen av området er innenfor radiohorisonten til Berlevåg værradar

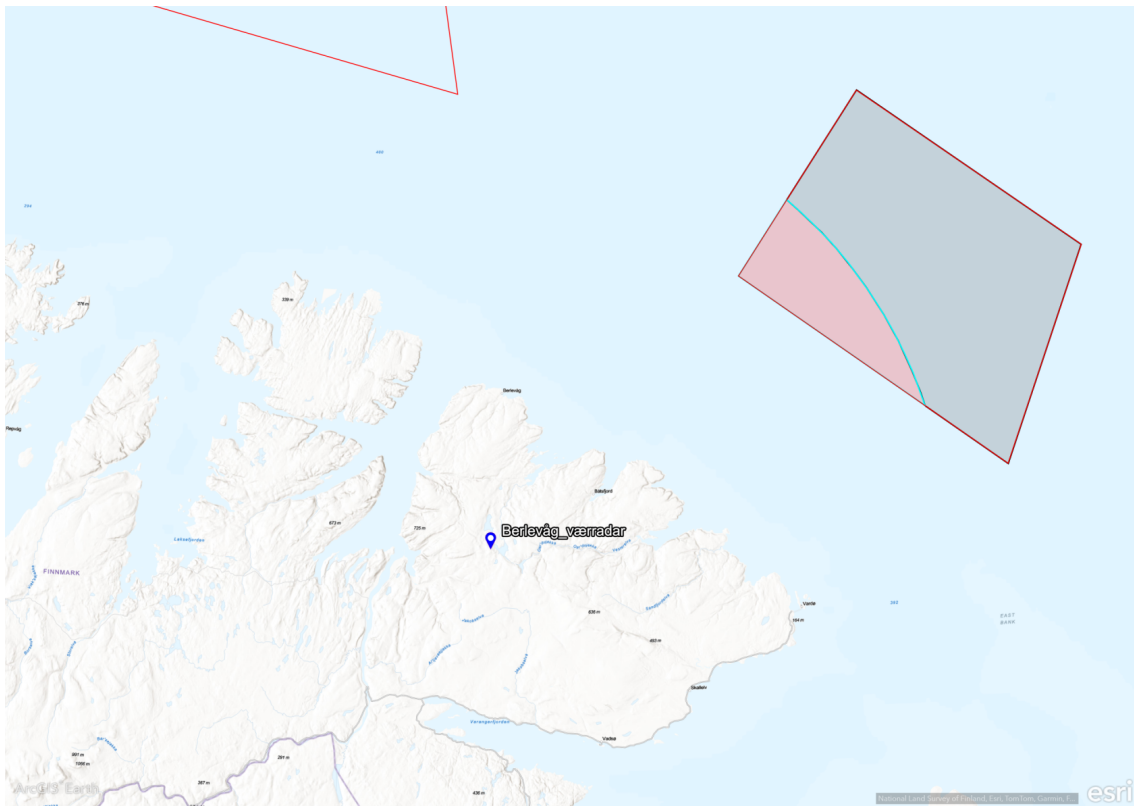


Figur 1 viser utbyggingsområdet Nordavind A. Områder innenfor radiohorisont til Berlevåg værradar er markert i rødt mens resten av området er markert i grått. Dekningsområdet til Berlevåg værradar er markert som en sirkel. Dekningsområdet er 240km.

Verdi og påvirkning

Nordavind A er innenfor dekningsområdet til Berlevåg værradar, samtidig som området i sørvest er innenfor radiohorisonten til Berlevåg værradar. Her kan vi forvente hyppige forstyrrelser i værradar data og verdien settes til -3. I resten av området og vi kan ikke utelukke forstyrrelser i værradar data fra en vindkraftutbygging. Vi tror imidlertid ikke at

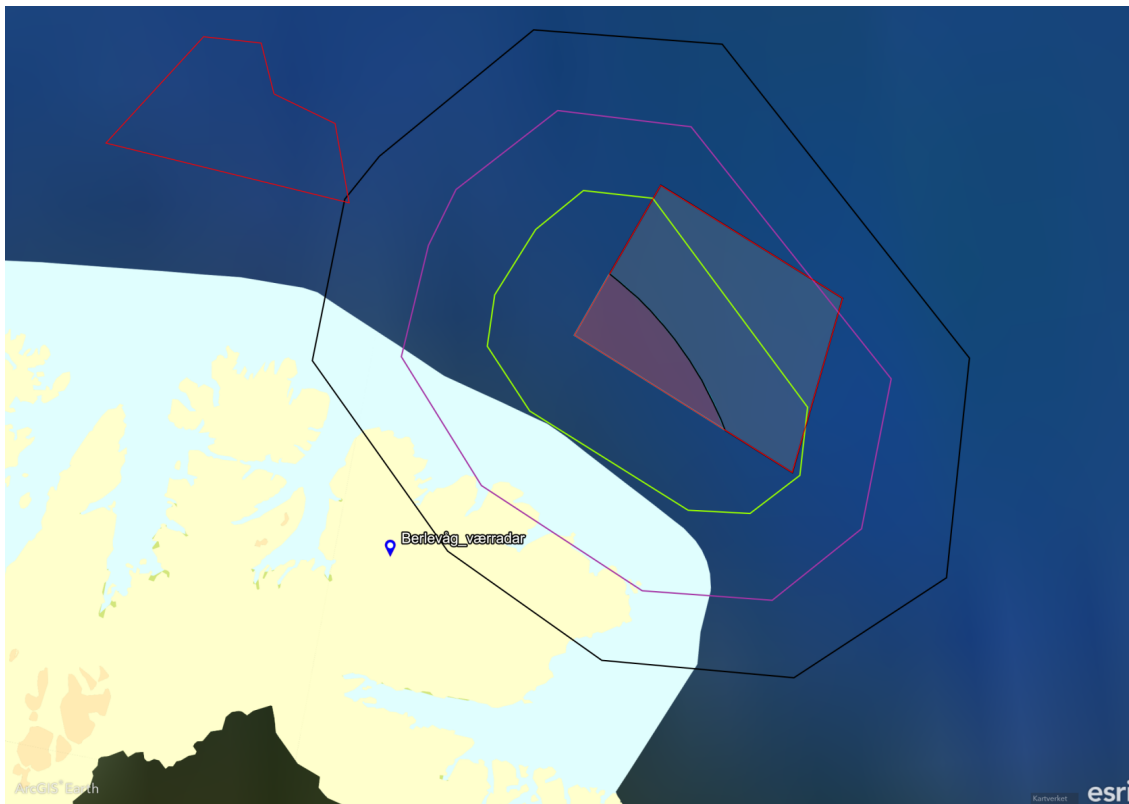
forstyrrelsene vil være til stede hele tiden. Verdien settes derfor til -1 Figur 2 viser verdiene som er tilordnet de ulike delene av av Nordavind A.



Figur 2: Viser verdier i Nordavind A. Rosa område har verdi -3, mens grått område har verdi -1.

Konsekvenser

En utbygging av Nordavind A vil gi hyppige forstyrrelser i området med verdi -3 (rosa område). Dette er noe vi må ta hensyn til når det lages 90 minutters nedbørvarsel basert på værradar data. I figur 3 viser vi varslingshorisont på 30 minutter (grønt), 60 minutter (lilla) og 90 minutter (sort) for værsystemer fra området markert i rosa. Vi har her gått ut fra raske værsystemer med hastighet på 30 knop (55.6 km/t).



Figur 3 viser varslingshorisont for området med verdi -3 (rosa) i Nordavind A. De ulike kurvene indikerer ulike varslingshorisont: grønt er 30 minutter, lilla er 60 minutter og sort er 90 minutter. Områder innenfor grønn sirkel vil ved en vindkraftutbygging få et radarbasert nedbørvarsel som er kortere enn 30 minutter, mens for områder utenfor sort kurve ikke vil påvirkes av en eventuell vindkraftutbygging i Nordavind A.

Ved en utbygging av Nordavind A vil forstyrrelser i radardata gjøre at steder som Berlevåg, Båtsfjord og Vardø ikke lenger får 90-minutters radargenerert nedbørvarsel.

Også i det grå området vil en utbygging i perioder gi forstyrrelser i værradarmålinger. Vi vet ikke hvor lange perioder dette vil dreie seg om. Hvis det samtidig med forstyrrelsene oppstår eller kommer polare lavtrykk inn i området, så vil det bli vanskelig for meteorologene å oppdage eller følge det polare lavtrykket inni Nordavind A.

Kunnskapsmangler for Nordavind A

Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

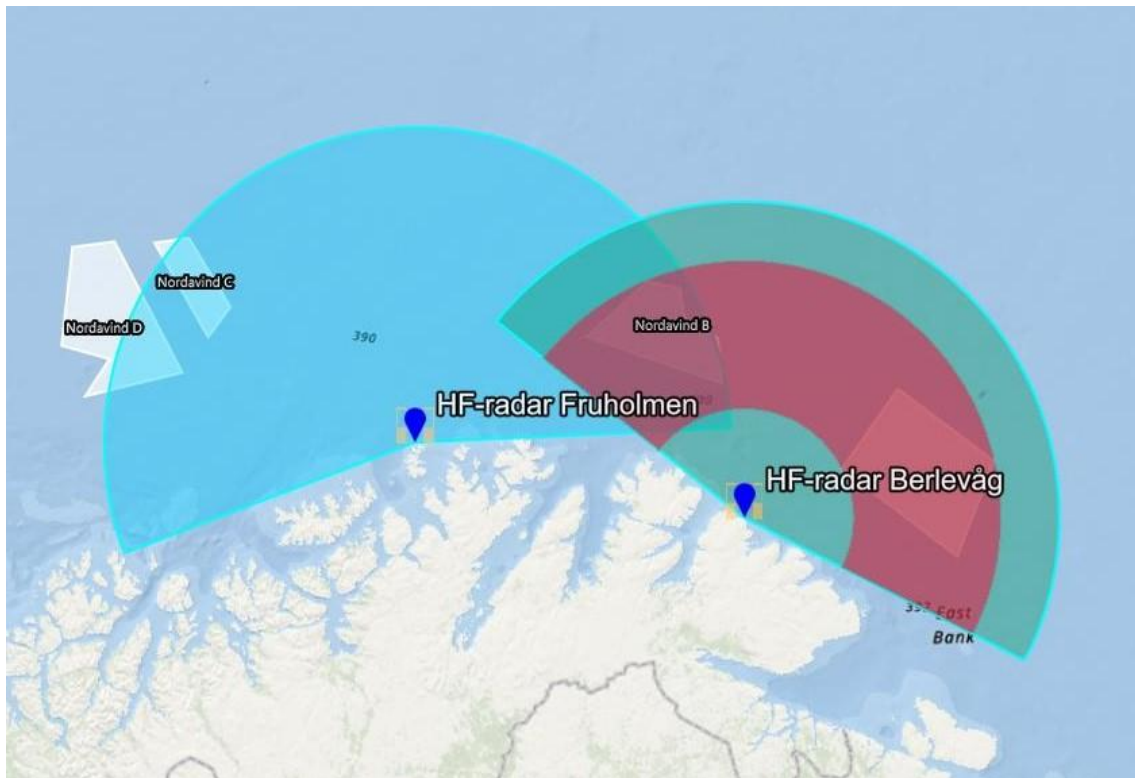
Det finnes i dag ingen meteorologisk erfaring med utbygging av vindparker av dette omfanget og størrelse og turbiner av denne størrelsen. Det finnes anbefalinger om at vindparker ikke skal være større enn 10 km², med en avstand på 10 km mellom

vindparkene. Vi har i Norge ingen erfaring med anlegg på størrelse med Nordavind A, og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene. Nylige forsøk med maskinlæring viser låvende resultater i å fjerne forstyrrelser fra mindre vindparker, men vi kan ikke se en tilsvarende forbedring for større vindparker. Det er heller ingen erfaring med hvordan maskinlæring vil påvirke radarbaserte prognoser.

Havstrømradar

Identifiserte verdier

Hele det foreslåtte området Nordavind A ligger i dekningsområdet til HF-radar Berlevåg som MET har i drift i dag. Se figur 4 for oversikt.



Figur 4: Plassering av Nordavind A i HF-radarenes dekningsområde. Rød halvsirkel viser havområdet hvor vindturbiner i Nordavind A kan gi støy for HF-radar Berlevåg.

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Nordavind A området vil kunne forstyrre HF-radar Berlevåg på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Se figur 4 som viser hvilke havområder Nordavind A vil kunne ødelegge radielle HF-radardata for.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på havvindradarer fra vindturbiner i området Nordavind A er at det blir betydelig mindre radielle hastighetsmålinger tilgjengelig. Arealet som går

tapt fra hver HF-radar tilsvarer halvsirkler med bredde som størrelsen på Nordavind A og radius fra Noravind A til de respektive radarene. Dette arealet er vesentlig større enn området Noravind A.

Radielle havstrømhastigheter assimileres i dag inn i de numeriske havmodellene, og mindre data gir dårligere kvalitet på varslene. Vi vurderer at konsekvensen av full utbygging av Nordavind A for havstrømradata er alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Nordvest A på havstrømradata er:

- å øke sweep rate på radaren. Dette øker den spektrale båndbredden for radaren, og kan gjøre at forstyrrelsen fra en vindturbin bare havner i en avstandscelle (range bin) fra radaren i motsetning til 3-5 avstandsceller. Ulempen med dette er at HF-radar har et begrenset frekvensspektrum hvor de har tillatelse til å sende. Når flere HF-radarer skal opereres i samme geografiske område blir det utfordrende å sette opp tidsstyringen mellom radarene.
- Flagging av forstyrrelsene fra vindturbiner er et annet tiltak. Hvis rotasjonshastigheten til vindturbinene er kjent, kan man beregne hvor i spektrumet forstyrrelsene vil komme, og fjerne data i dette området. Dette krever utvikling av ny programvare for HF-radarene, og at rotasjonshastigheten til vindturbinene er tilgjengelig i sanntid. Dette kan brukes til å fjerne data med feil, men det blir et havområde uten data. MET må få kompensert kostnadene for ny programvare til HF-radarene.
- Siden forstyrrelser fra vindturbiner er avhengig av avstanden mellom HF-radar og vindturbinene så kan det å installere en ny HF-radar vest av turbinene i Nordavind A., omtrent midt mellom HF-radar Berlevåg og HF-radar Fruholmen. Denne vil kunne kompensere for bortfall av radardata vest for Nordavind A-området. MET må kompenseres for kostnadene for installasjon og drift av en slik radar.
- Strømningsmålere plassert og driftet av operatørene i havvindparkene er også et avbøtende tiltak. Disse kan måle havstrømmer i punkter i parken og overføre dataene i sanntid. Vi foreslår 6 strømningsmålere plassert i Noravind A for å avhjelpe tap av strømningsdata i vindparken. Ettersom parken har direkte innvirkning på sirkulasjonen foreslår vi plasseringer i senter, på fire kanter, samt nedstrøms av dominerende vindretning et stykke utenfor parken. Slike målinger vil også ha stor nytteverdi for utvikling av metodikk for å fjerne feil i HF-radarmålingene grunnet vindturbinene.

Kunnskapsmangler for Nordavind A

Forstyrrelser på HF-radar pga vindturbiner til havs er en forholdsvis ny problemstilling, og det foregår internasjonal forskning på hvordan man skal løse dette. Det er fortsatt mye uavklart, og det er lite erfaringsdata, spesielt fra vindparker i den størrelsen og plassering offshore som vi vurderer nå.

Det er foreslått flere tiltak som kan redusere påvirkningen fra vindturbiner på HF-radar, men det er viktig å merke at der det er interferens mellom en HF-radar og en vindturbin er radardataene tapt. Ett enkelt tiltak vil sannsynligvis ikke være tilstrekkelig.

Flere av de foreslåtte tiltakene krever utvikling og testing av ny programvare for HF-radarene, og det er i dag ukjent hva kostnadene for dette blir for MET og når slik programvare vil være tilgjengelig.

Vurdering av Nordavind B

Sammendrag

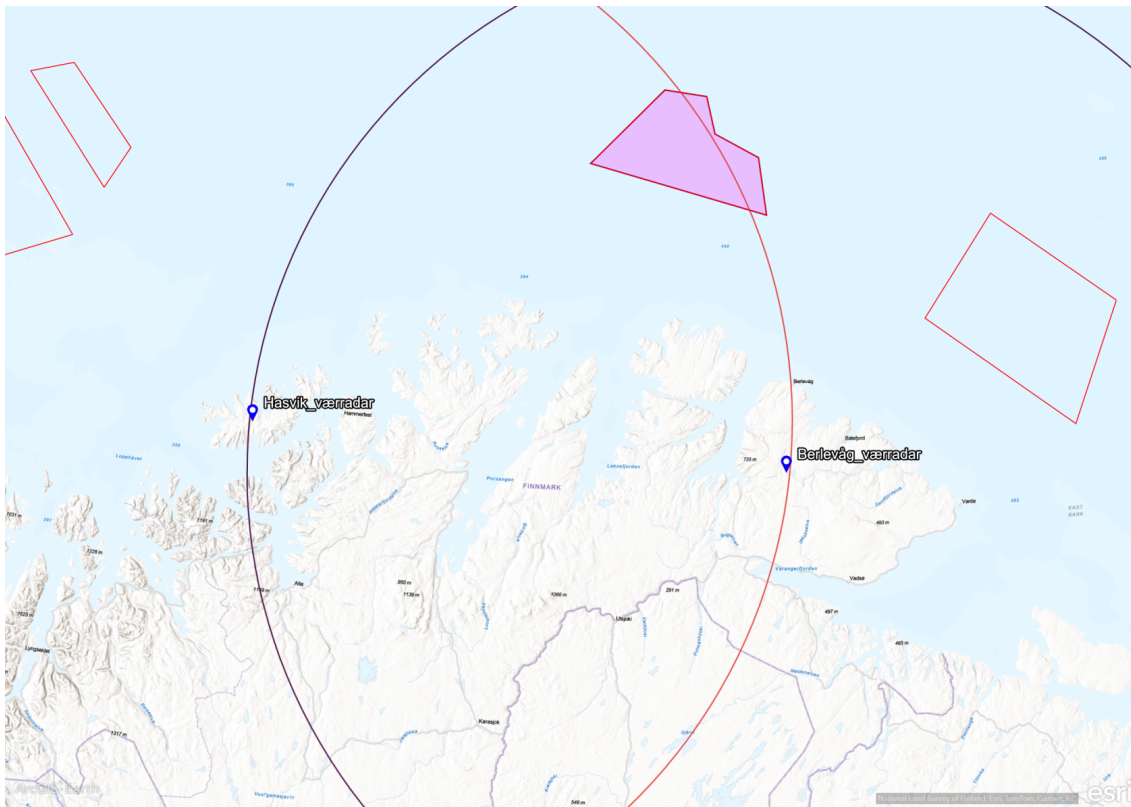
Nordavind B ligger innenfor dekningsområdet til Berlevåg værradar, men høyden av radarantenna samt avstanden fra radar til utbygningsområde gjør at vi ikke tror det blir hyppige forstyrrelser i værradar data fra en utbygging. Eventuelle forstyrrelser vil gjøre det vanskelig å overvåke polare lavtrykk innenfor Nordavind B. Hvis forstyrrelsene blir mer omfattende enn hva vi tror i dag, kan det bli vanskelig å gi 90 minutters radarbassett nedbørsvarsel lengst nord på Nordkinn og lengst nord på Magerøya.

Hele det foreslåtte området Nordavind B ligger innenfor dekningsområdene til HF-radar Berlevåg og Fruholmen. Interferens fra vindturbiner i Nordavind B området vil kunne forstyrre HF-radar Berlevåg og HF-radar Fruholmen på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Vi vurderer at konsekvensen av full utbygging av Nordavind B for havstrømradataene er alvorlig, Kode -4.

Værradar

Identifiserte verdier

Nordavind B ligger innenfor dekningsområdet til Berlevåg værradar. Den vestligste delen av Nordavind B ligger også innenfor dekningsområdet til Hasvik værradar.



Figur 5 viser utbyggingsområdet Nordavind B i rosa, sammen med dekningsområdet til værradarene i Berlevåg og Hasvik. Dekningsområdet er 240km.

Verdi og påvirkning

Nordavind B er innenfor dekningsområdet til Berlevåg værradar og delvis innenfor dekningsområdet til Hasvik værradar. Vi kan ikke utelukke forstyrrelser i værradar data fra vindkraftutbygging. Vi tror imidlertid ikke at forstyrrelsene vil være til stede hele tiden. Verdien settes derfor til -1

Konsekvenser

En utbygging av Nordavind B vil i perioder gi forstyrrelser i værradarmålinger. Vi vet ikke hvor lange perioder dette vil dreie seg om. Hvis det samtidig med forstyrrelsene oppstår eller kommer polare lavtrykk inn i området, så vil det bli vanskelig for meteorologene å oppdage eller følge det polare lavtrykket inni Nordavind B. Hvis det skulle vise seg at utbyggen av Nordavind B ofte gir forstyrrelser i værradardataene, vil dette kunne gå ut over muligheten for å lage 90 minutters radarbassert nedbørvarsel for de ytterste områdene nord på Nordkinhalvøya og Magerøya, deriblant Nordkapp.

Kunnskapsmangler for Nordavind B

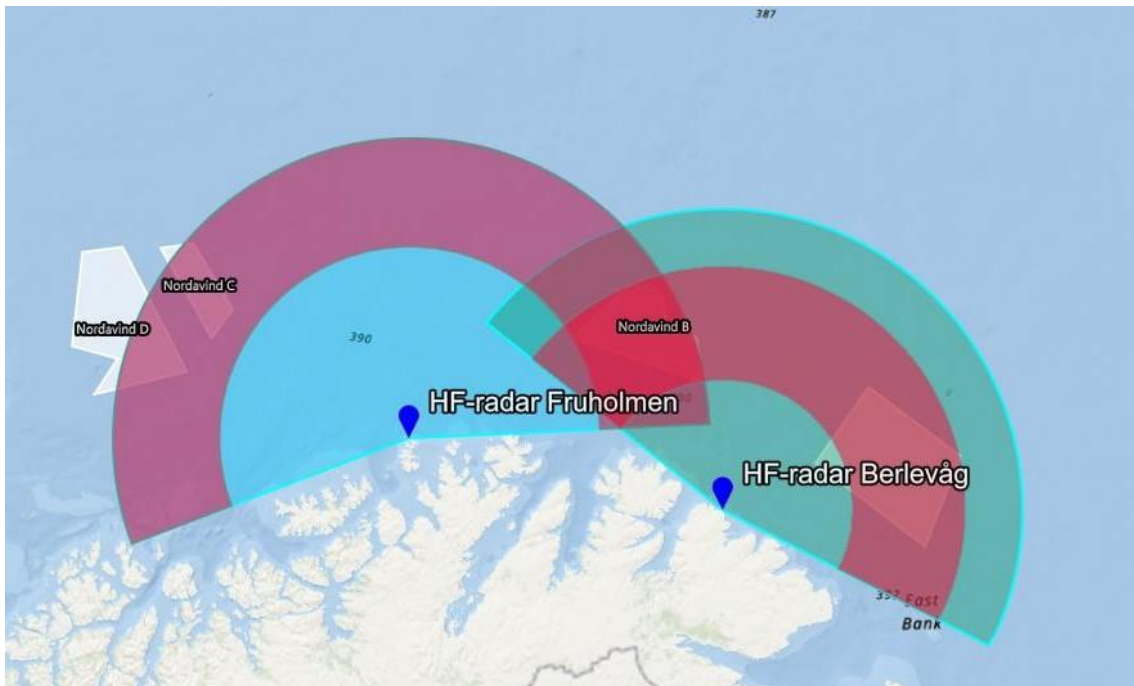
Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

Det finnes i dag ingen meteorologisk erfaring med utbygging av vindparker av dette omfanget og størrelse og turbiner av denne størrelsen. Det finnes anbefalinger om at vindparker ikke skal være større enn 10 km², med en avstand på 10 km mellom vindparkene. Vi har i Norge ingen erfaring med anlegg på størrelse med Nordavind B, og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene. Nylige forsøk med maskinlæring viser låvende resultater i å fjerne forstyrrelser fra mindre vindparker, men vi kan ikke se en tilsvarende forbedring for større vindparker. Det er heller ingen erfaring med hvordan maskinlæring vil påvirke radarbaserte prognoser.

Havstrømradar

Identifiserte verdier

Hele det foreslåtte området Nordavind B ligger innenfor dekningsområdene til HF-radar Berlevåg og Fruholmen. Se figur 6 for oversikt.



Figur 6: Plassering av Nordavind B i HF-radarenes dekningsområde. Røde halvsirkler viser havområdene som vindturbiner i Nordavind B kan ødelegge radiale HF-radar-data for.

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Nordavind B området vil kunne forstyrre HF-radar Berlevåg og HF-radar Fruholmen på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Se figur 6 som viser hvilke havområder Nordavind B vil kunne ødelegge radiale HF-radardata for.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på havvindradarer fra vindturbiner i området Nordavind B er at det blir betydelig mindre radielle hastighetsmålinger tilgjengelig. Arealet som går tapt fra hver HF-radar tilsvarer halvsirkler med bredde som størrelsen på Nordavind B og radius fra Nordavind B til de respektive radarene. Dette arealet er vesentlig større enn området Nordavind B.

Radielle havstrømhastigheter assimileres i dag inn i de numeriske havmodellene, og mindre data gir dårligere kvalitet på varslene. Vi vurderer at konsekvensen av full utbygging av Nordavind B for havstrømradata er alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Nordavind B på havstrømradata er:

- å øke sweep rate på radaren. Dette øker den spektrale båndbredden for radaren, og kan gjøre at forstyrrelsen fra en vindturbin bare havner i en avstandscelle (range bin) fra radaren i motsetning til 3-5 avstandsceller. Ulempen med dette er at HF-radar har et begrenset frekvensspektrum hvor de har tillatelse til å sende. Når flere HF-radarer skal opereres i samme geografiske område blir det utfordrende å sette opp tidsstyringen mellom radarene.
- Flagging av forstyrrelsene fra vindturbiner er et annet tiltak. Hvis rotasjonshastigheten til vindturbinene er kjent, kan man beregne hvor i spektrumet forstyrrelsene vil komme, og fjerne data i dette området. Dette krever utvikling av ny programvare for HF-radarene, og at rotasjonshastigheten til vindturbinene er tilgjengelig i sanntid. Dette kan brukes til å fjerne data med feil, men det blir et havområde uten data. MET må få kompensert kostnadene for ny programvare til HF-radarene.
- Siden forstyrrelser fra vindturbiner er avhengig av avstanden mellom HF-radar og vindturbinene så kan det å installere en ny HF-radar ca 220 km vest av turbinene i Nordavind B og en 220 km øst være et tiltak. Disse vil kunne kompensere for bortfall av radardata vest og øst for Nordavind B-området. MET må kompenseres for kostnadene for installasjon og drift av slike radarer.
- Strømningsmålere plassert og driftet av operatørene i havvindparkene er også et avbøtende tiltak. Disse kan måle havstrømmer i punkter i parken og overføre dataene i sanntid. Vi foreslår 6 strømningsmålere plassert i Nordavind B for å avhjelpe tap av strømningsdata i vindparken. Ettersom parken har direkte innvirkning på sirkulasjonen foreslår vi plasseringer i senter, på fire kanter, samt nedstrøms av dominerende vindretning et stykke utenfor parken. Slike målinger vil også ha stor nytteverdi for utvikling av metodikk for å fjerne feil i HF-radarmålingene grunnet vindturbinene.

Kunnskapsmangler for Nordavind B

Forstyrrelser på HF-radar pga vindturbiner til havs er en forholdsvis ny problemstilling, og det foregår internasjonal forskning på hvordan man skal løse dette. Det er fortsatt mye uavklart, og det er lite erfaringsdata, spesielt fra vindparker i den størrelsen og plassering offshore som vi vurderer nå.

Det er foreslått flere tiltak som kan redusere påvirkningen fra vindturbiner på HF-radar, men det er viktig å merke at der det er interferens mellom en HF-radar og en vindturbin er radardataene tapt. Ett enkelt tiltak vil sannsynligvis ikke være tilstrekkelig.

Flere av de foreslåtte tiltakene krever utvikling og testing av ny programvare for HF-radarene, og det er i dag ukjent hva kostnadene for dette blir for MET og når slik programvare vil være tilgjengelig.

Vurdering av Nordavind C

Sammendrag

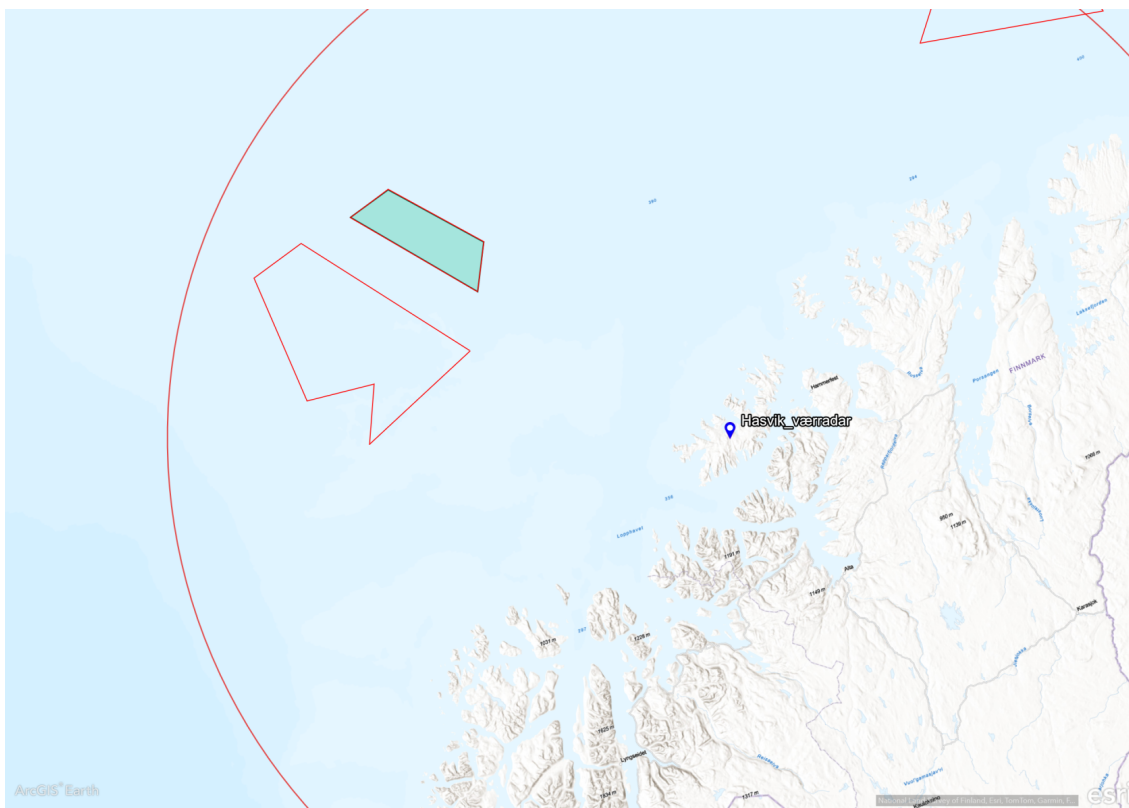
Nordavind C er innenfor dekningsområdet til Hasvik værradar. Hvis Nordavind C bygges ut vil vi forvente forstyrrelser i værradar data, men ikke kontinuerlig. Eventuelle forstyrrelser vil gjøre det vanskelig å overvåke polare lavtrykk innenfor Nordavind C. Verdi for værradar er satt til -1.

Store deler av det foreslåtte området Nordavind C ligger i dekningsområdet til HF-radar Fruholmen. Interferens fra vindturbiner i Nordavind C området vil kunne forstyrre Havstrømrادaren på Fruholmen på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Vi vurderer at konsekvensen av full utbygging av Nordavind C for havstrømrادarene er alvorlig, Kode -4.

Værradar

Identifiserte verdier

Nordavind C ligger innenfor dekningsområdet til Hasvik værradar, vist i figur 7.



Figur 7 viser utbyggingsområdet Nordavind C markert i turkis, sammen med dekningsområdet til Hasvik værradar. Dekningsområdet er 240km.

Verdi og påvirkning

Nordavind C er innenfor dekkningsområdet til Hasvik værradar, og vi kan ikke utelukke forstyrrelser i værradar data fra en vindkraftutbygging. Vi tror imidlertid ikke at forstyrrelsene vil være til stede hele tiden. Verdien settes derfor til -1

Konsekvenser

En utbygging av Nordavind C vil i perioder gi forstyrrelser i værradar målinger. Vi vet ikke hvor lange perioder dette vil dreie seg om. Hvis det samtidig med forstyrrelsene oppstår eller kommer polare lavtrykk inn i området, så vil det bli vanskelig for meteorologene å oppdage eller følge det polare lavtrykket inni Nordavind C.

Kunnskapsmangler for Nordavind C

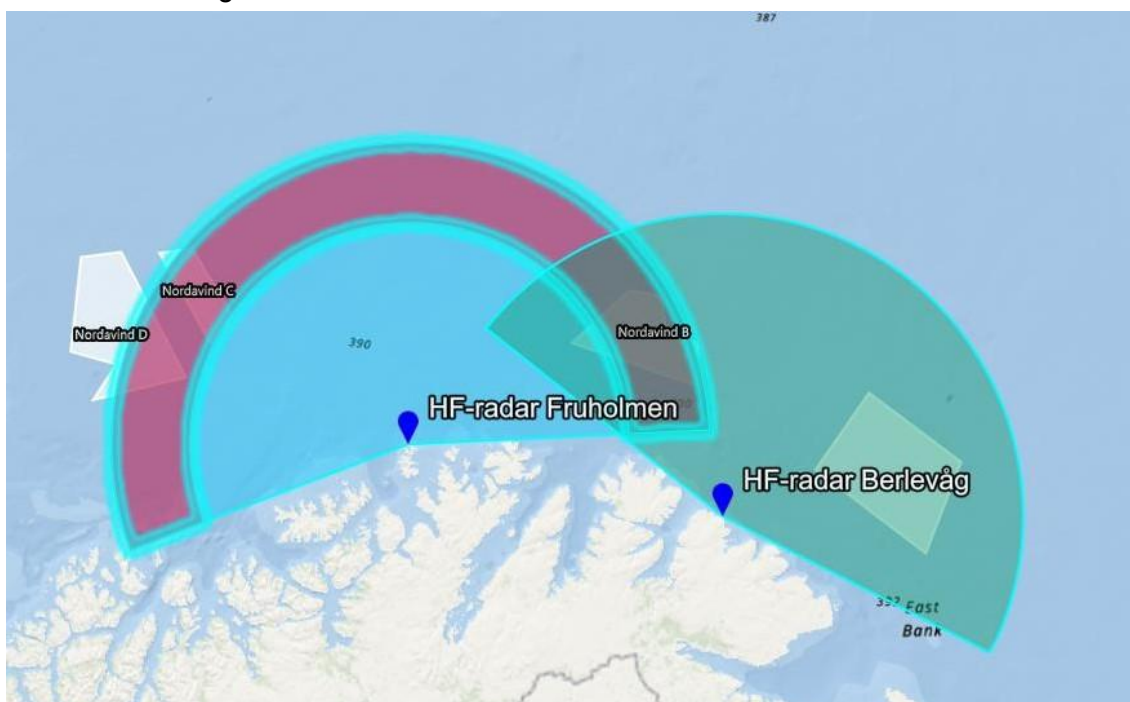
Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

Det finnes i dag ingen meteorologisk erfaring med utbygging av vindparker av dette omfanget og størrelse og turbiner av denne størrelsen. Det finnes anbefalinger om at vindparker ikke skal være større enn 10 km², med en avstand på 10 km mellom vindparkene. Vi har i Norge ingen erfaring med anlegg på størrelse med Nordavind C, og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene. Nylige forsøk med maskinlæring viser låvende resultater i å fjerne forstyrrelser fra mindre vindparker, men vi kan ikke se en tilsvarende forbedring for større vindparker. Det er heller ingen erfaring med hvordan maskinlæring vil påvirke radarbaserte prognoser.

Havstrømradar

Identifiserte verdier

Store deler av det foreslåtte området Nordavind C ligger i dekningsområdet til HF-radar Fruholmen. Se figur 8 for oversikt.



Figur 8: Plassering av Nordavind C i HF-radarenes dekningsområde. Rød halvsirkel viser havområdene som vindturbiner i Nordavind C kan ødelegge radielle HF-radar-data for.

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Nordavind C området vil kunne forstyrre Havstrømrادaren på Fruholmen på en slik måte at en stor del av radial-dataene blir ødelagt. Se figur 9 som viser hvilke havområder Nordavind C vil kunne ødelegge radielle HF-radardata for.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på Havvindradar fra vindturbiner i området Nordavind C er at det blir betydelig mindre radielle hastighetsmålinger tilgjengelig. Arealet som går tapt fra hver HF-radar tilsvarer halvsirkler med bredde som størrelsen på Nordavind C og radius fra Nordavind C til de respektive radarene. Dette arealet er vesentlig større enn området Nordavind C.

Radielle havstrømhastigheter assimileres i dag inn i de numeriske havmodellene, og mindre data gir dårligere kvalitet på varslene. Vi vurderer at konsekvensen av full utbygging av Nordavind C for havstrømrادarene er Alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Nordavind C på havstrømrادarene er:

- å øke sweep rate på radaren. Dette øker den spektrale båndbredden for radaren, og kan gjøre at forstyrrelsen fra en vindturbin bare havner i en avstandscelle (range bin) fra radaren i motsetning til 3-5 avstandsceller. Ulempen med dette er at HF-radar har et begrenset frekvensspektrum hvor de har tillatelse til å sende. Når flere HF-radarer skal opereres i samme geografiske område blir det utfordrende å sette opp tidsstyringen mellom radarene.
- Flagging av forstyrrelsene fra vindturbiner er et annet tiltak. Hvis rotasjonshastigheten til vindturbinene er kjent, kan man beregne hvor i spektrumet forstyrrelsene vil komme, og fjerne data i dette området. Dette krever utvikling av ny programvare for HF-radarene, og at rotasjonshastigheten til vindturbinene er tilgjengelig i sanntid. Dette kan brukes til å fjerne data med feil, men det blir et havområde uten data. MET må få kompensert kostnadene for ny programvare til HF-radarene.
- Siden forstyrrelser fra vindturbiner er avhengig av avstanden mellom HF-radar og vindturbinene så kan det å installere en ny HF-radar ca 220 km vest og en 220 km øst av turbinene i Nordavind C være et tiltak. Disse vil kunne kompensere for bortfall av radardata vest og øst for Nordavind C-området. MET må kompenseres for kostnadene for installasjon og drift av slike radarer.

- Strømningsmålere plassert og driftet av operatørene i havvindparkene er også et avbøtende tiltak. Disse kan måle havstrømmer i punkter i parken og overføre dataene i sanntid. Vi foreslår 6 strømningsmålere plassert i Noravind C for å avhjelpe tap av strømningsdata i vindparken. Ettersom parken har direkte innvirkning på sirkulasjonen foreslår vi plasseringer i senter, på fire kanter, samt nedstrøms av dominerende vindretning et stykke utenfor parken. Slike målinger vil også ha stor nytteverdi for utvikling av metodikk for å fjerne feil i HF-radarmålingene grunnet vindturbinene.

Kunnskapsmangler for Nordavind C

Forstyrrelser på HF-radar pga vindturbiner til havs er en forholdsvis ny problemstilling, og det foregår internasjonal forskning på hvordan man skal løse dette. Det er fortsatt mye uavklart, og det er lite erfaringsdata, spesielt fra vindparker i den størrelsen og plassering offshore som vi vurderer nå.

Det er foreslått flere tiltak som kan redusere påvirkningen fra vindturbiner på HF-radar, men det er viktig å merke at der det er interferens mellom en HF-radar og en vindturbin er radardataene tapt. Ett enkelt tiltak vil sannsynligvis ikke være tilstrekkelig.

Flere av de foreslåtte tiltakene krever utvikling og testing av ny programvare for HF-radarene, og det er i dag ukjent hva kostnadene for dette blir for MET og når slik programvare vil være tilgjengelig.

Vurdering av Nordavind D

Sammendrag

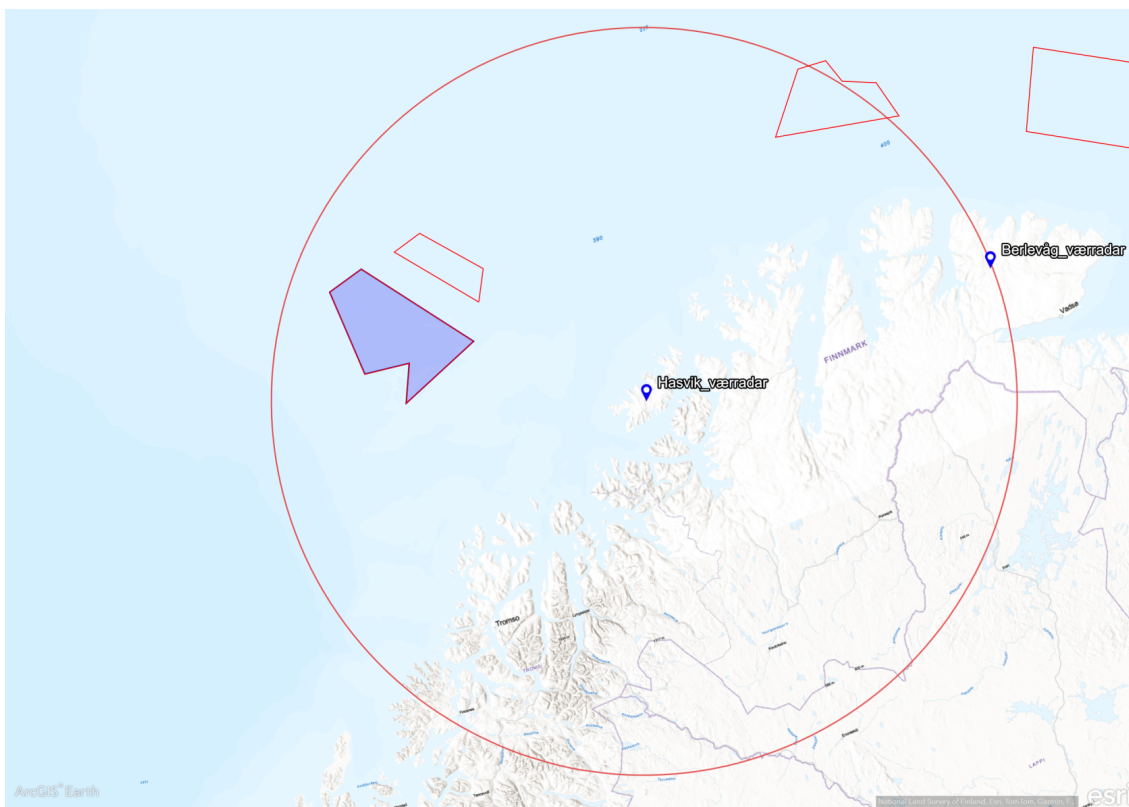
Nordavind D ligger innenfor dekningsområdet til Hasvik værradar. Vi kan forvente tilfeller av forstyrrelser i radarsignalene fra en eventuell vindkraftutbygging. Verdien for området settes for værradar til -1. Hvis forstyrrelser i radarsignalene sammenfaller med polare lavtrykk, kan det gå lengre tid før polare lavtrykk oppdages.

Det sørøstlige området av Nordavind D ligger i dekningsområdet til HF-radar Fruholmen. Interferens fra vindturbiner i Nordavind D området vil kunne forstyrre Havstrømrادaren på Fruholmen på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Vi vurderer at konsekvensen av full utbygging av det sørøstlige området av Nordavind D for havstrømrادarene er alvorlig, Kode -4.

Værradar

Identifiserte verdier

Nordavind D ligger innenfor dekningsområdet til Hasvik værradar.



Figur 9 viser utbyggingsområdet Nordvest C i blått, sammen med dekningsområdet til Hasvik værradar. Dekningsområdet er 240km.

Verdi og påvirkning

Nordavind D ligger innenfor dekningsområdet til Hasvik værradar, men avstanden mellom radaren og vindparken samt høyden av radar antenna gjør at vi ikke forventer konstante forstyrrelser ved en utbygging av vindparken. Vi kan imidlertid få forstyrrelser fra en vindpark, men vi er usikre på hvor mange dager i året en utbygging vil gi forstyrrelser. Nordavind D vil derfor få verdi -1.

Konsekvenser

En utbygging av Nordavind D med standardturbiner kan i perioder gi forstyrrelser i værradar data, og når forstyrrelsene er der vil dette gå ut over hvordan værradardataene kan brukes. Forstyrrelser fra vindparker vil for radaren se ut som nedbør. Dette kan gi en forvirring for brukere av værradar data, og det vil gi feil i nedbørvarsler som er produsert automatisk fra værradar data. Nordavind D ligger i et område hvor det vinterstid er aktivitet med polare lavtrykk. Vi kan risikere at

forstyrrelser fra en vindkraftutbygging gjør at meteorologen oppdager polare lavtrykk på et senere tidspunkt enn de gjør i dag.

Kunnskapsmangler for Nordavind D

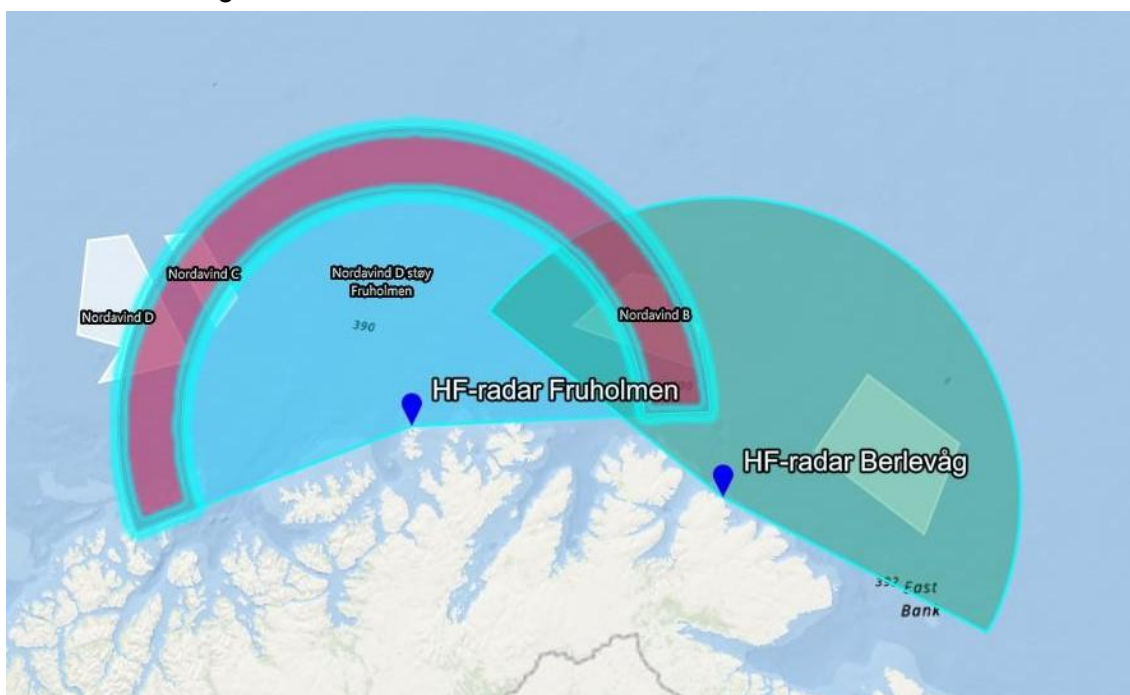
Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

Det finnes i dag ingen meteorologisk erfaring med utbygging av vindparker av dette omfanget og størrelse og turbiner av denne størrelsen. Det finnes anbefalinger om at vindparker ikke skal være større enn 10 km², med en avstand på 10 km mellom vindparkene. Vi har i Norge ingen erfaring med anlegg på størrelse med Nordavind D, og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene. Nylige forsøk med maskinlæring viser låvende resultater i å fjerne forstyrrelser fra mindre vindparker, men vi kan ikke se en tilsvarende forbedring for større vindparker. Det er heller ingen erfaring med hvordan maskinlæring vil påvirke radarbaserte prognoser.

Havstrømradar

Identifiserte verdier

Det sørøstlige området av Nordavind D ligger i dekningsområdet til HF-radar Fruholmen. Se figur 10 for oversikt.



Figur 10: Plassering av Nordavind D i HF-radarenes dekningsområde. Rød halvsirkel viser havområdene som vindturbiner i Nordavind D kan ødelegge radielle HF-radar-data for.

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Nordavind D området vil kunne forstyrre Havstrømrادaren på Fruholmen på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Se figur 11 som viser hvilke havområder Nordavind D hvor vil kunne ødelegge radielle HF-radardata.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på havvindradar fra vindturbiner i området Nordavind D som overlapper med dekningsområdet til HF-radar Fruholmen er at det blir betydelig mindre radielle hastighetsmålinger tilgjengelig. Arealet som går tapt fra hver HF-radar tilsvarer halvsirkler med bredde som størrelsen på Nordavind D og radius fra Nordavind D til de respektive radarene. Dette arealet er vesentlig større enn området Nordavind D.

Radielle havstrømhastigheter assimileres i dag inn i de numeriske havmodellene, og mindre data gir dårligere kvalitet på varslene. Vi vurderer at konsekvensen av full utbygging av det sørøstlige området av Nordavind D for havstrømrادarene er alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Nordavind D på havstrømrادarene er:

- å øke sweep rate på radaren. Dette øker den spektrale båndbredden for radaren, og kan gjøre at forstyrrelsen fra en vindturbin bare havner i en avstandscelle (range bin) fra radaren i motsetning til 3-5 avstandsceller. Ulempen med dette er at HF-radar har et begrenset frekvensspektrum hvor de har tillatelse til å sende. Når flere HF-radarer skal opereres i samme geografiske område blir det utfordrende å sette opp tidsstyringen mellom radarene.
- Flagging av forstyrrelsene fra vindturbiner er et annet tiltak. Hvis rotasjonshastigheten til vindturbinene er kjent, kan man beregne hvor i spektrumet forstyrrelsene vil komme, og fjerne data i dette området. Dette krever utvikling av ny programvare for HF-radarene, og at rotasjonshastigheten til vindturbinene er tilgjengelig i sanntid. Dette kan brukes til å fjerne data med feil, men det blir et havområde uten data. MET må få kompensert kostnadene for ny programvare til HF-radarene.
- Siden forstyrrelser fra vindturbiner er avhengig av avstanden mellom HF-radar og vindturbinene så kan det å installere en ny HF-radar ca 220 km vest og en ca 220 km øst av turbinene i Nordavind D være et tiltak. Disse vil kunne kompensere for bortfall av radardata vest for Nordavind D-området. MET må kompenseres for kostnadene for installasjon og drift av slike radarer.

- Strømningsmålere plassert og driftet av operatørene i havvindparkene er også et avbøtende tiltak. Disse kan måle havstrømmer i punkter i parken og overføre dataene i sanntid. Vi foreslår 6 strømningsmålere plassert i Noravind D for å avhjelpe tap av strømningsdata i vindparken. Ettersom parken har direkte innvirkning på sirkulasjonen foreslår vi plasseringer i senter, på fire kanter, samt nedstrøms av dominerende vindretning et stykke utenfor parken. Slike målinger vil også ha stor nytteverdi for utvikling av metodikk for å fjerne feil i HF-radarmålingene grunnet vindturbinene.

Kunnskapsmangler for Nordavind D

Forstyrrelser på HF-radar pga vindturbiner til havs er en forholdsvis ny problemstilling, og det foregår internasjonal forskning på hvordan man skal løse dette. Det er fortsatt mye uavklart, og det er lite erfaringsdata, spesielt fra vindparker i den størrelsen og plassering offshore som vi vurderer nå.

Det er foreslått flere tiltak som kan redusere påvirkningen fra vindturbiner på HF-radar, men det er viktig å merke at der det er interferens mellom en HF-radar og en vindturbin er radardataene tapt. Ett enkelt tiltak vil sannsynligvis ikke være tilstrekkelig.

Flere av de foreslåtte tiltakene krever utvikling og testing av ny programvare for HF-radarene, og det er i dag ukjent hva kostnadene for dette blir for MET og når slik programvare vil være tilgjengelig.

Havvindutbygging og påvirkning av lokalklima, sirkulasjon og værvarsling

Sammendrag

Vi vil i dette kapitlet komme inn på noen usikkerheter som knytter seg til en storstilt havvindutbygging. Dette vil dreie seg om aspekter som ikke knytter seg til sameksistens mellom radar og vindturbiner, men som likevel kan være viktige å nevne siden det fører med seg en usikkerhet. Vi har i dag stort sett usikkerheter vi vil nevne.

Atmosfærisk sirkulasjon og lokalklima

Det er knyttet noen overordnede kunnskapsmangler til en havvindutbygging av den størrelsen vi her snakker om. Det er godt dokumentert at vindfeltet blir påvirket av vindparker lokalt, mens det er knyttet usikkerhet til effekten lengre nedstrøms. Kvantifiseringen av påvirkningene er usikre da de blant avhengig av beliggenheten og karakteristikkene til de aktuelle vindparkene. Hvordan andre parametere blir påvirket av vindparker er mindre studert. Dette er et eksempel på en artikkel som beskriver hvordan vind kan dempes mange kilometer nedstrøms for en vindpark.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X2300430X?via%3Dihub>)

Det finnes artikler som viser en økning i lavt skydekke over en havvindpark.
(<https://www.nature.com/articles/s41598-022-22868-9>). Omfanget i endring av skyklimate og tåkeklimate i de aktuelle områdene bør kartlegges før vindparkene blir utbygd.

Lynaktivitet i et område med havvind

Vi vet at vindparker på land kan øke forekomsten av lyn.
(<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2013JD020225> samt at vi ser indikasjoner på dette fra klimatologier av lynobservasjoner ved Meteorologisk Institutt)
Vi kan ikke være sikre, men vil anta at det samme skjer over hav. Siden de elektrisk aktive delene av skyene generelt er lavere om vinteren, vil problemstillingen øke vinterstid.

Værvarsling i områder med storstilt havvindutbygging

Flere deler av værvarselproduksjonen er automatisert, og det må gjøres et arbeid for å tilpasse denne varselproduksjonen en situasjon med store havvindparker. Det er her viktig at det er åpenhet om statiske parametre som turbinhøyde, rotorstørrelse og plassering, men også produksjonsparametre som rotasjonshastighet slik at dette kan inkluderes i værvarslingsmodeller. Vi kan også se for oss scenarier der en økt mengde gode observasjoner fra vindturbinparker vil forbedre værvarslene. Hvis store arealer bygges ut med vindkraft, vil det være behov for å beskrive effekten av vindparkene i de numeriske værvarslingsmodellene. Dette er kostnader det bør tas høyde for.

For manuell værvarsling kreves en periode for å lære seg hvordan vindparkene påvirker værsystemene. Som nevnt tidligere, finnes det litteratur om vindparkers påvirkning av vind lokalt og i noe avstand fra vindparken. Hvis alle aktuelle områder bygges ut vil det imidlertid dreie seg om langt større arealer enn hva artiklene har tatt høyde for. Det er også en usikkerhet knyttet til hvordan havvindparkene vil påvirke siktparametre og høyden av laveste skynivå.