



Norwegian
Meteorological
Institute

METreport

No. 02/2025
ISSN 2387-4201
Radar

Strategisk konsekvensutredning for havvind, Fagutredning for virkninger på radar

Delrapport 2.1 – vurdering av Vestavind A, Vestavind C, Vestavind D og
Vestavind E

Laila Fodnes Sidselrud og Werner Eriksen

Classification: open



Title Strategisk konsekvensutredning for havvind, Fagutredning for virkninger på radar, Delrapport 2 – vurdering av Vestavind A, Vestavind C, Vestavind D og Vestavind E	Date 14.02.2024
Section Avdeling for observasjonskvalitet og databehandling	Report no. No. 02/2025
Author(s) Laila Fodnes Sidselrud og Werner Eriksen	Classification ● Free ○ Restricted
Client(s) NVE	Client's reference
Abstract Energidepartementet har gitt NVE 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. Dette er del 2.1 som omfatter Vestavind A, Vestavind C, Vestavind D og Vestavind E. 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

2

**Meteorologisk
institutt**
Meteorological
Institute
Org.no 971274042
post@met.no

Oslo
P.O. Box 43
Blindern
0313 Oslo,
Norway
T. +47 22 96 30
00

Bergen
Allégaten 70
5007 Bergen,
Norway
T. +47 55 23 66
00

Tromsø
P.O. Box 6314,
Langnes
9293 Tromsø,
Norway
T. +47 77 62 13
00

www.met.no

Table of contents

Vurdering av Vestavind A	7
Sammendrag	7
Værradar	7
Identifiserte verdier	7
Verdi og påvirkning	8
Konsekvenser	8
Kunnskapsmangler for Vestavind A	10
Havstrømradar	11
Identifiserte verdier	11
Verdi og påvirkning	11
Konsekvenser	12
Kunnskapsmangler for Vestavind A	13
Vurdering av Vestavind C	14
Sammendrag	14
Værradar	15
Identifiserte verdier	15
Verdi og påvirkning	16
Konsekvenser	16
Kunnskapsmangler for Vestavind C	18
Havstrømradar	20
Identifiserte verdier	20
Verdi og påvirkning	20
Konsekvenser	21
Kunnskapsmangler for Vestavind C	23
Vurdering av Vestavind D	24
Sammendrag	24
Værradar	25
Identifiserte verdier	25
Værrvarsling	25
Verdi og påvirkning	26
Konsekvenser	27
Kunnskapsmangler for Vestavind D	30
Havstrømradar	32

Identifiserte verdier	32
Verdi og påvirkning	32
Konsekvenser	33
Kunnskapsmangler for Vestavind D	34
Vurdering av Vestavind E	35
Sammendrag	35
Værradar	35
Identifiserte verdier	35
Verdi og påvirkning	36
Konsekvenser	37
Kunnskapsmangler for Vestavind E	39
Havstrømradar	41
Identifiserte verdier	41
Verdi og påvirkning	41
Konsekvenser	42
Kunnskapsmangler for Vestavind E	43
Havvindutbygging og påvirkning av lokalklima, sirkulasjon og værvarsling	44
Sammendrag	44
Vindturbiner og atmosfærisk sirkulasjon	44
Lynaktivitet i et område med havvind	44
Endringer i lokalklima	44
Værvarsling i områder med storstilt havvindutbygging	45

**Meteorologisk
institutt**
Meteorological
Institute
Org.no 971274042
post@met.no

Oslo
P.O. Box 43
Blindern
0313 Oslo,
Norway
T. +47 22 96 30
00

Bergen
Allégaten 70
5007 Bergen,
Norway
T. +47 55 23 66
00

Tromsø
P.O. Box 6314,
Langnes
9293 Tromsø,
Norway
T. +47 77 62 13
00

www.met.no

Vurdering av Vestavind A

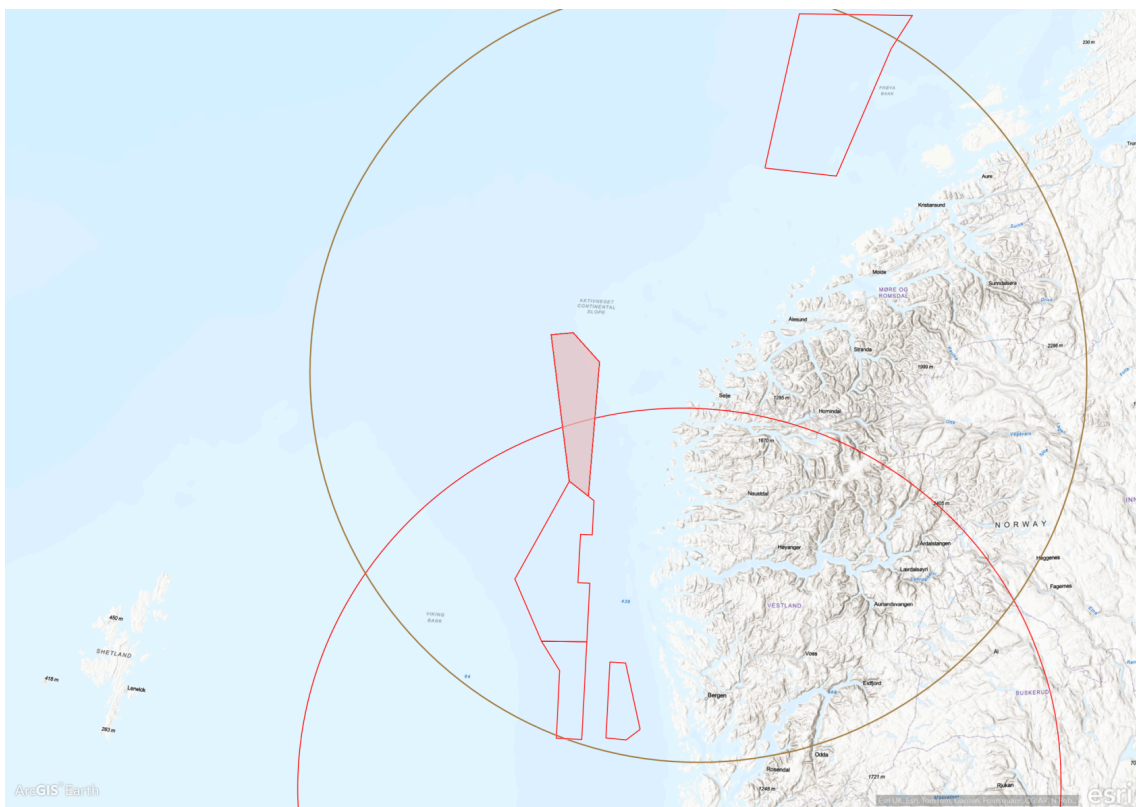
Sammendrag

Stad værradar dekker Vestavind A. Vi er usikre, men mistenker at vi ofte vil se forstyrrelser i radardataene hvis Vestavind A bygges ut. En utbygging vil enkelte steder påvirke varslingshorisonten for det radarbaserte nedbørvarslet. Florø og Måløy er steder som vil ikke lenger få tilgang til 90 minutters radarbasert værvarsel hvis Vestavind A bygges ut.

Værradar

Identifiserte verdier

Hele området dekkes av værradaren på Stad. Den sørligste delen dekkes også av Bømlo værradar. Se oversikt i figur 1



Figur 1: Viser Vestavind A sammen med dekningsområdet for Stad værradar (gult) og dekningsområde for Bømlo værradar (rødt).

Verdi og påvirkning

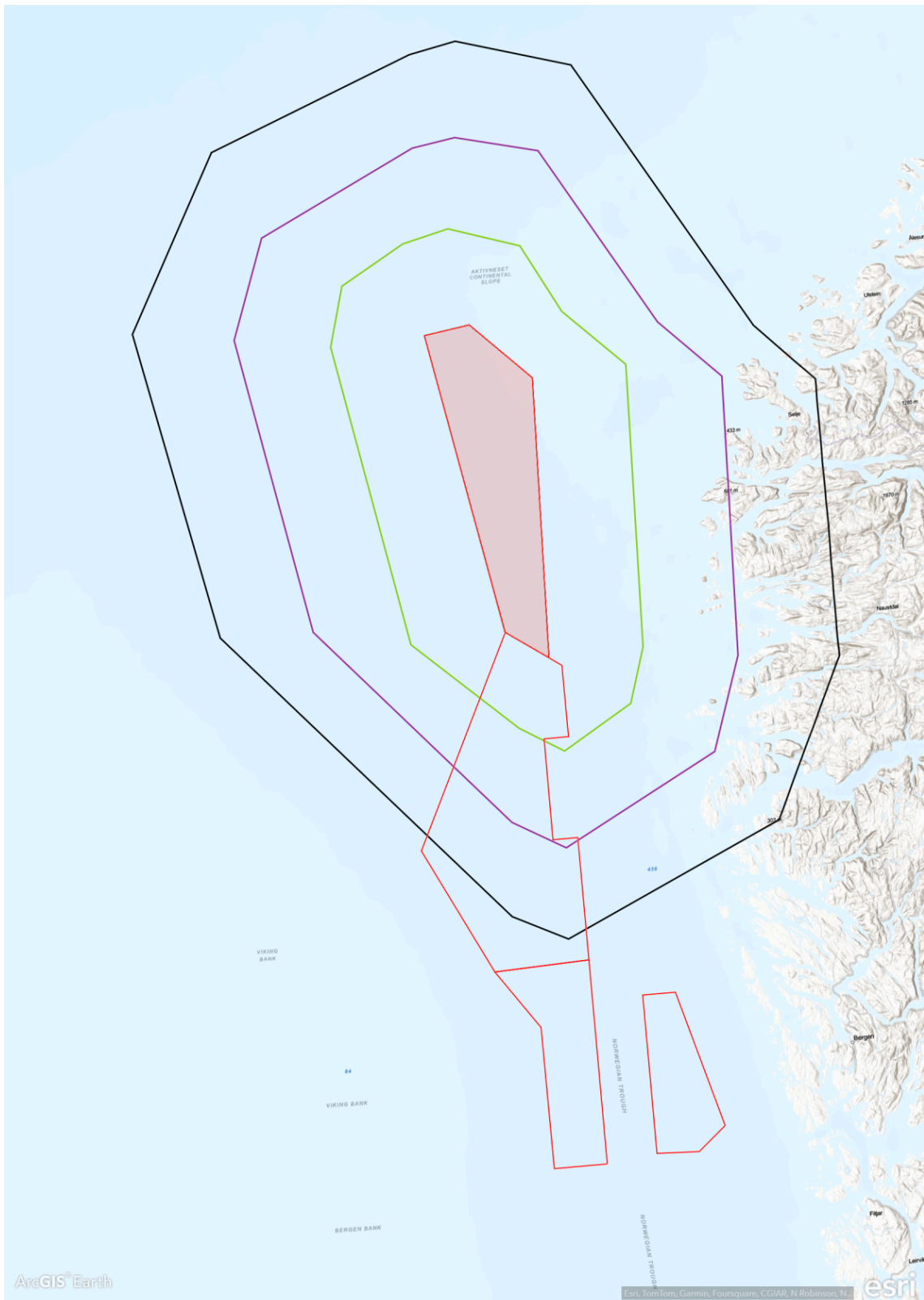
Vi mener vindturbinene i Vestavind A ofte vil gi forstyrrelser i værradardata. Påvirkningen vurderes til å være alvorlig. Verdien av forstyrrelser settes til -4.

Konsekvenser

Forstyrrelser i værradardata

En vindkraftutbygging vil trolig medføre forstyrrelser i værradardata, som uten avbøtende tiltak vil påvirke produkter fra Meteorologisk institutt.

Meteorologisk institutt produserer radarbasert nedbørvarsling 90 minutter fram i tid. Forstyrrelsene i radardata vil påvirke dette varslet. Figur 2 viser tre avgrensninger rundt Vestavind A for varslingshorisont på 30, 60 og 90 minutter. Det betyr at innenfor grønn linje kan det lages et nedbørvarsel fra radardata som er kortere enn 30 minutter, mens utenfor svart linje, påvirkes ikke det radargenererte varslet av en havvind utbygging i Vestavind A. Ved beregning av varslingshorisontene er en hastighet på 30 knop, altså 55.6 km/t lagt til grunn. Hvis Vestavind A bygges ut mister blant annet Måløy og Florø det radarbaserte 90 minutters nedbørvarselet.



Figur 2: viser varslingshorisont på 30- (grønt), 60- (lilla) og 90 minutter (svart). For områder utenfor svart linje, blir ikke 90 minutters varsel påvirket av utbyggingen. For området innenfor svart kurve, vil varslet reduseres.

En utbygging av Vestavind A vil ikke påvirke bruk av fjerntrend for Bergen lufthavn Flesland eller Trondheim lufthavn, Værnes.

Kunnskapsmangler for Vestavind 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 ingen erfaring med denne størrelsen på anleggene, og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene. Nylige forsøk med maskinlæring viser lovende resultater i å fjerne forstyrrelser fra mindre vindparker, men det er ingen erfaring med hvordan dette arter seg i radarbaserte prognoser.

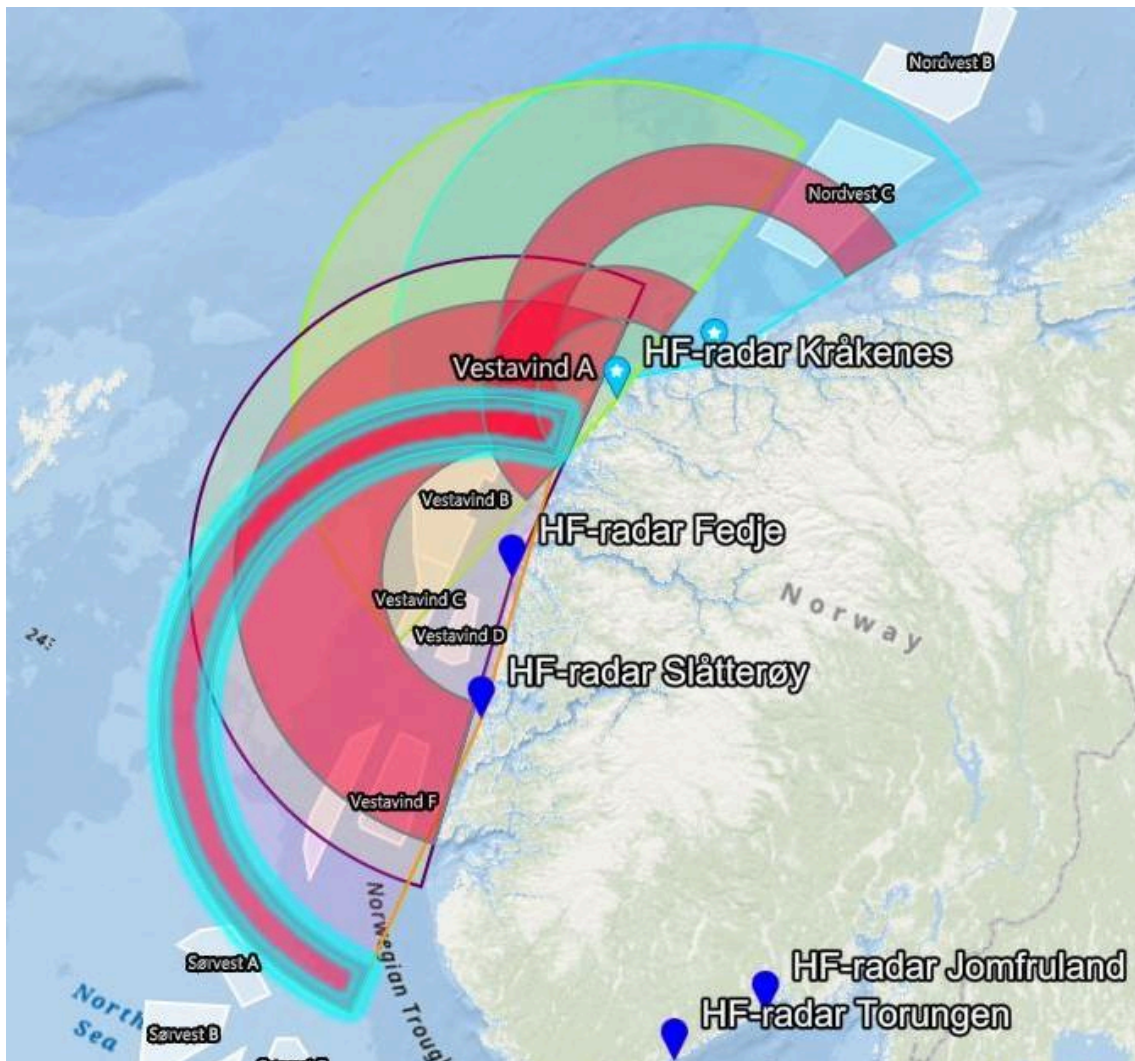
Havstrømradar

Identifiserte verdier

Det foreslåtte området Vestavind A ligger i dekningsområdet til HF-radarene på Alnes, Kråkerøy, Fedje og Slåtterøy. Se figur 3 for oversikt.

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Vestavind A området vil kunne forstyrre havstrømradarene på Alnes, Kråkenes, Slåtterøy og Fedje på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Se figur 3 som viser hvilke havområder Vestavind A vil kunne ødelegge radielle HF-radardata for.



Figur 3: Røde halvsirkeler viser arealet hvor påvirkning fra vindturbiner i Vestavind A vil kunne ødelegge radielle HF-radar data.

Konsekvenser

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

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 Vestavind A for havstrømradata er Alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Vestavind 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 nordøst av HF-radaren på Alnes være et tiltak. Denne må da plasseres slik at den ikke blir forstyrret av vindturbiner i Vestavind A-området. Denne vil kunne kompensere for bortfall av radardata nord for Vestavind A området. MET må kompenseres for kostnadene for installasjon og drift av en slik radar.

- Strømningsmålere plassert og driftet av operatørene i havvind-parkene er også et avbøtende tiltak. Disse kan måle havstrømmer i punkter i parken og overføre dataene i sanntid. Vi foreslår 6 strømningsmålere plassert i Vestavind 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 Vestavind A

Forstyrrelser på HF-radar pga havindturbiner 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 hvor 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 Vestavind C

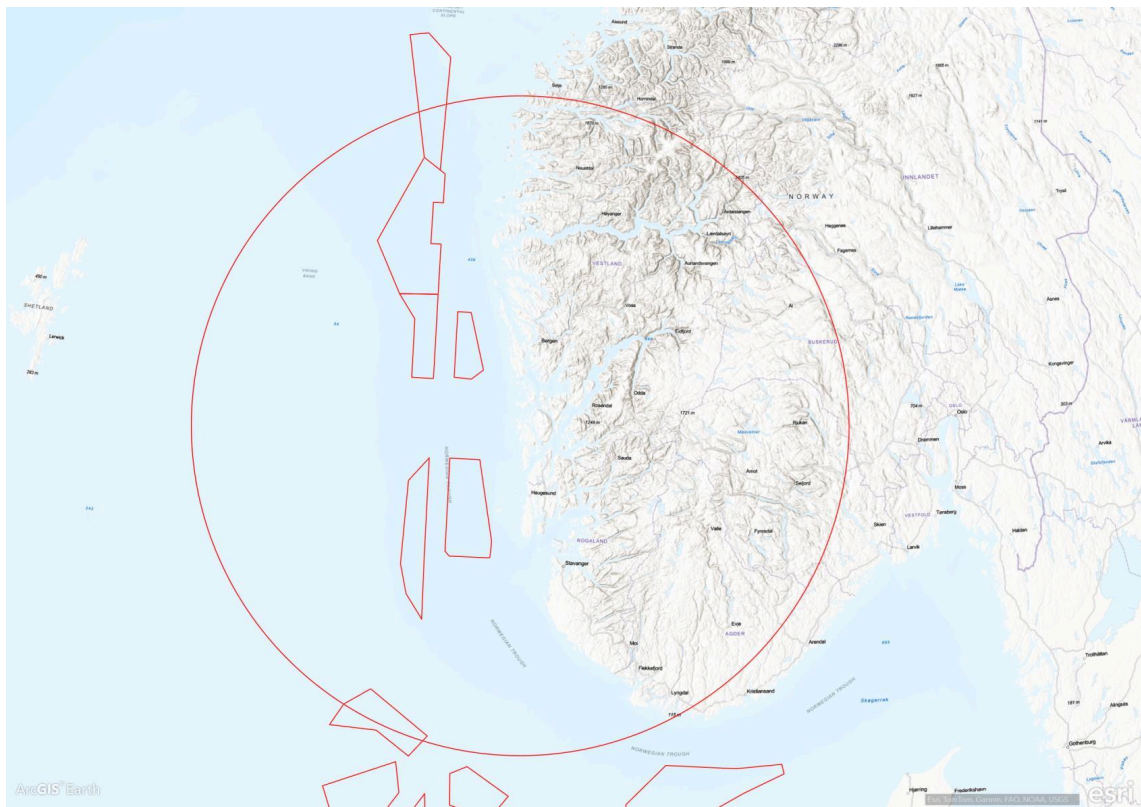
Sammendrag

Bømlo værradar dekker Vestavind C, og en utbygging av Vestavind C med standardturbiner vil forstyrre værradar signalene fra Bømlo værradar. En utbygging vil gi forstyrrelser i radarsignalene innenfor 2 timer fra Bergen lufthavn Flesland og vil påvirke muligheten til å utstede fjerntrend. En utbygging vil også enkelte steder påvirke varslingshorisonten for det radarbaserte nedbørvarslet. Steder som Bergen, Bergen lufthavn-Flesland, Sotra og Askøy vil ikke lenger få tilgang til 90 minutters radarbasert værvarsel.

Værradar

Identifiserte verdier

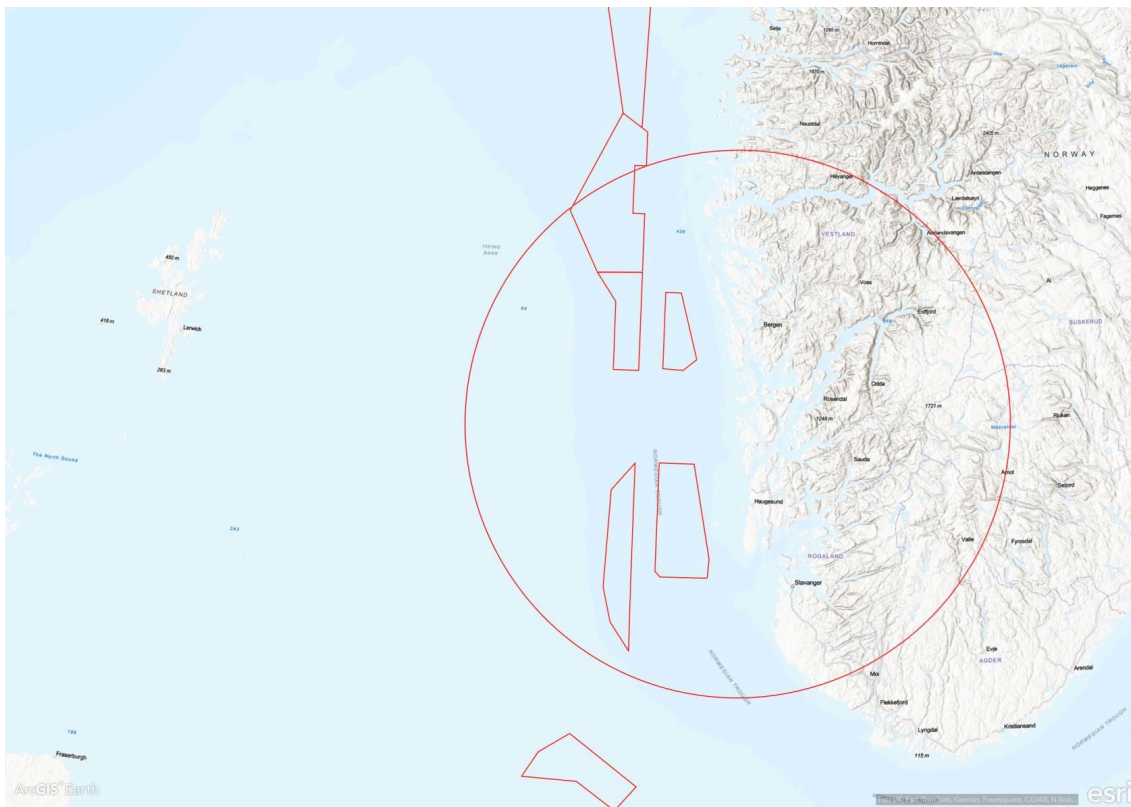
Hele området dekkes av værradaren på Bømlo. Se oversikt i figur 4



Figur 4. Viser dekkningsområdet til Bømlo værradar

Verdi og påvirkning

Vindturbinene i Vestavind C, vil gi forstyrrelser i værradardata. Påvirkningen vurderes til å være alvorlig. Verdien av forstyrrelser settes til -4.



Figur 5 Viser avgrensningen rundt Bømlo værradar hvor vindturbiner i den aktuelle størrelsen vil forårsake forstyrrelser i værradar data.

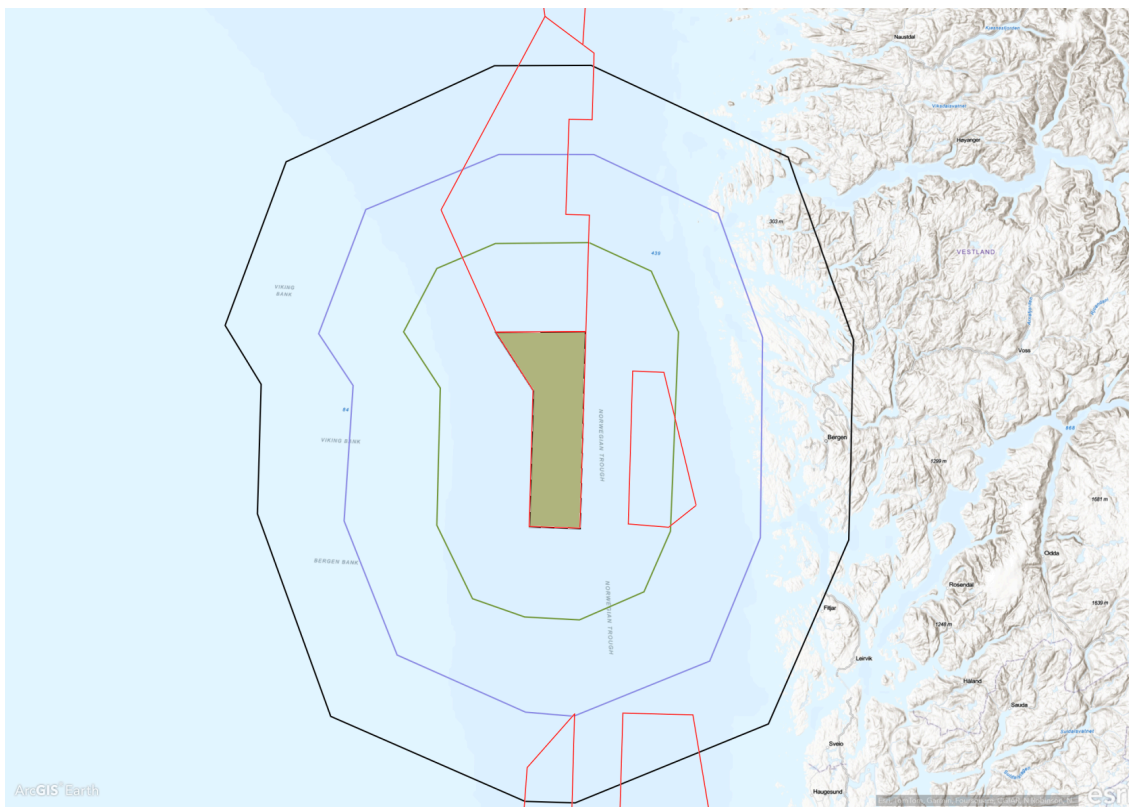
Konsekvenser

Forstyrrelser i værradardata

En vindkraftutbygging vil medføre forstyrrelser i værradardata, som uten avbøtende tiltak vil påvirke produkter fra meteorologisk institutt. Figur 5 viser området hvor vi forventer forstyrrelser i værradardata fra Bømlo værradar gitt standard signalavbøying.

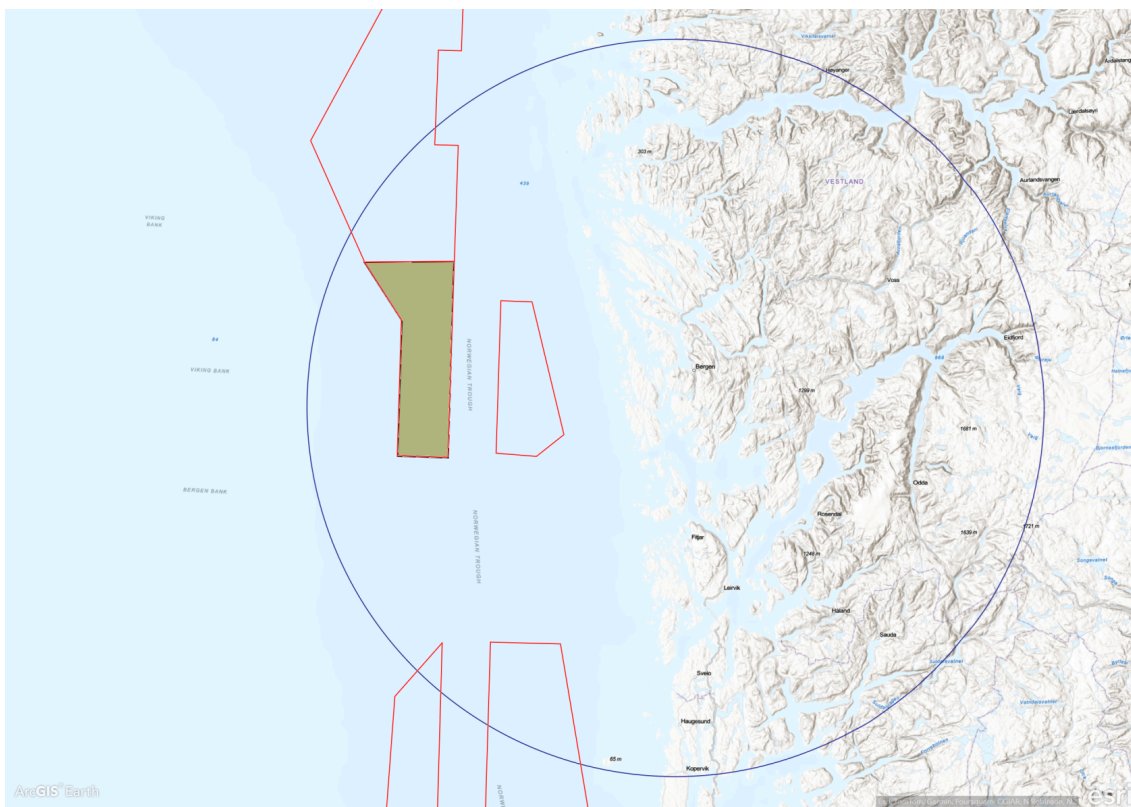
Meteorologisk institutt produserer radarbasert nedbørvarsling 90 minutter fram i tid. Forstyrrelsene i radardata vil påvirke dette varslet. Figur 3 viser tre avgrensninger rundt

Vestavind C for varslingshorisont på 30, 60 og 90 minutter. Det betyr at innenfor grønn linje kan det lages et nedbørvarsel fra radardata som er kortere enn 30 minutter, mens utenfor svart linje, påvirkes ikke det radargennererte varslene av en utbygging i Vestavind C. Ved beregning av varslingshorisontene er en hastighet av værsystemene på 30 knop, altså 55.6 km/t lagt til grunn. Bergen er innenfor avgrensningen, og hvis Vestavind C bygges ut vil ikke Bergen lenger få et radarbassett 90 minutters nedbørvarsel.



Figur 6: viser varslingshorisont på 30-60 og 90 minutter. For områder utenfor svart linje, blir ikke 90 minutters varsel påvirket av utbyggingen. For områder innenfor farge 3 vil varslene reduseres.

Meteorologisk institutt utsteder et værvarsel for de neste 120 minuttene for enkelte flyplasser. Varslet kalles TREND og Luftfarstilsynet bestemmer hvilke flyplasser det skal utstedes TREND for. Bergen lufthavn Flesland er en lufthavn det utstedes TREND for. Dette gjøres av personell ved Vêrvarslinga på Vestlandet som en fjerntrend. Fjerntrend krever gode radardata, og som vist i figur 7 vil en utbygging av Vestavind C gi forstyrrelser i værradar data.



Figur 7: Den blå ringen gir et område rundt Flesland hvor værssystemene er innenfor 120 minutter fra flyplassen når vi legger til grunn en forflyttningshastighet på 30 knop (55.6 km/t) Vestavind C (markert i gult) er innenfor området hvor vi er sikre på at værradar data fra Bømlo værradar vil bli forstyrret. En utbygging av Vestavind C vil påvirke grunnlaget for fjerntrend.

Kunnskapsmangler for Vestavind 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 ingen erfaring med denne størrelsen på anleggene, og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene. Nylige forsøk med maskinlæring viser lovende resultater i å fjerne forstyrrelser fra mindre vindparker, men det er ingen erfaring med hvordan dette arter seg i radarbaserte prognoser.

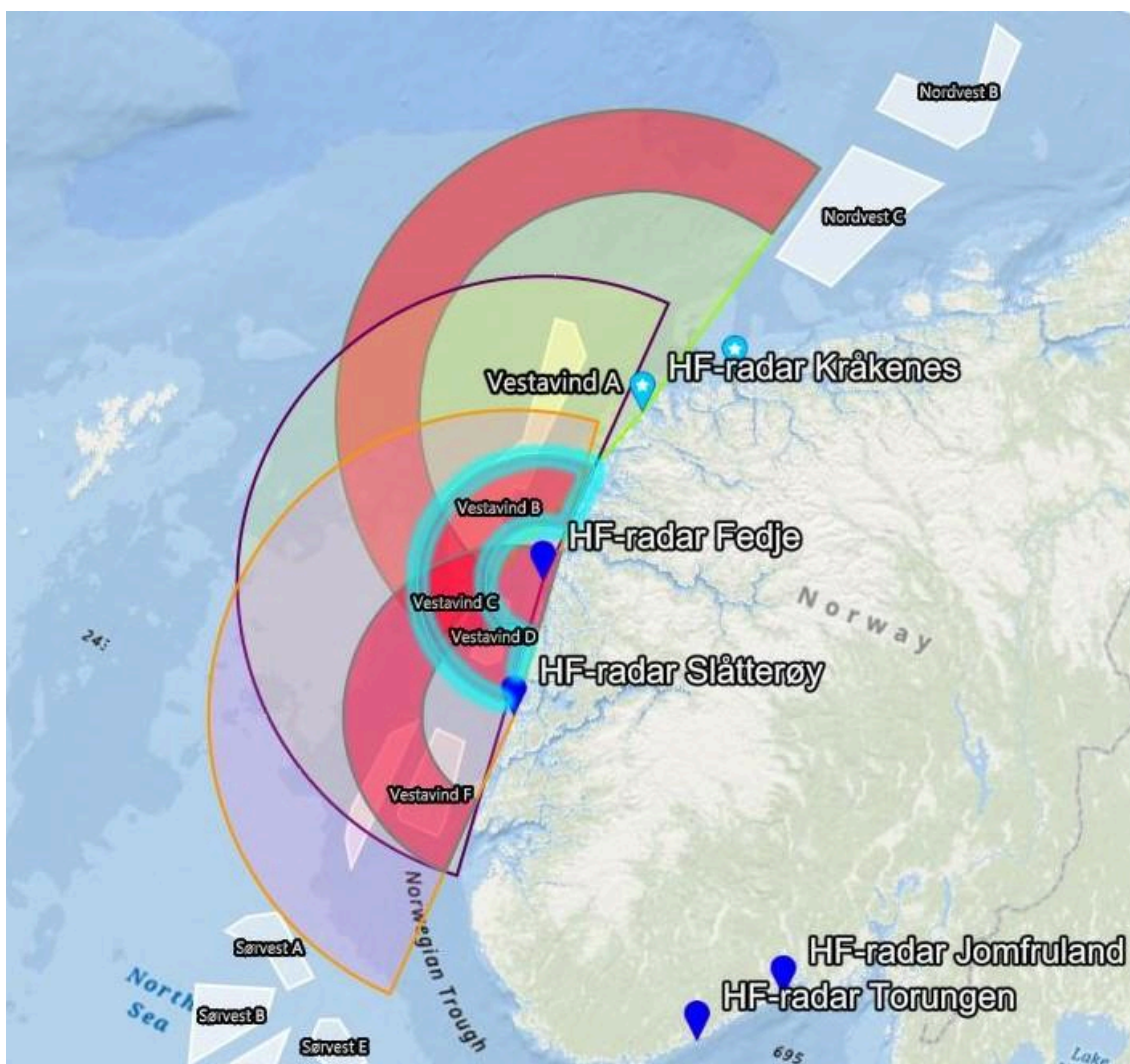
Havstrømradar

Identifiserte verdier

Det foreslåtte området Vestavind C ligger i dekningsområdet til HF-radarene på Kråkerøy, Fedje og Slåtterøy. Se figur 8 for oversikt.

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Vestavind C området vil kunne forstyrre havstrømradarene på Kråkenes, Slåtterøy og Fedje på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Se figur 8 som viser hvilke havområder Vestavind C vil kunne ødelegge radielle HF-radardata for.



Figur 8: Røde halvsirkeler viser arealet hvor påvirkning fra vindturbiner i Vestavind C vil kunne ødelegge radielle HF-radar data.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på havvindradarer fra vindturbiner i området Vestavind 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 Vestavind C og radius fra Vestavind C til de respektive radarene. Dette arealet er altså vesentlig større enn området for Vestavind 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 Vestavind C for havstrømrادarene er Alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Vestavind 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 nordøst av HF-radaren på Alnes være et tiltak. Denne må da plasseres slik at den ikke blir forstyrret av vindturbiner i Vestavind C-området. Denne vil kunne kompensere for bortfall av radardata nord for Vestavind C- området. MET må kompenseres for kostnadene for installasjon og drift av en slik radar.
- Strømningsmålere plassert og driftet av operatørene i havvind-parkene er også et avbøtende tiltak. Disse kan måle havstrømmer i punkter i parken og overføre dataene i sanntid. Vi foreslår 6 strømningsmålere plassert i Vestavind 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 Vestavind 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 Vestavind D

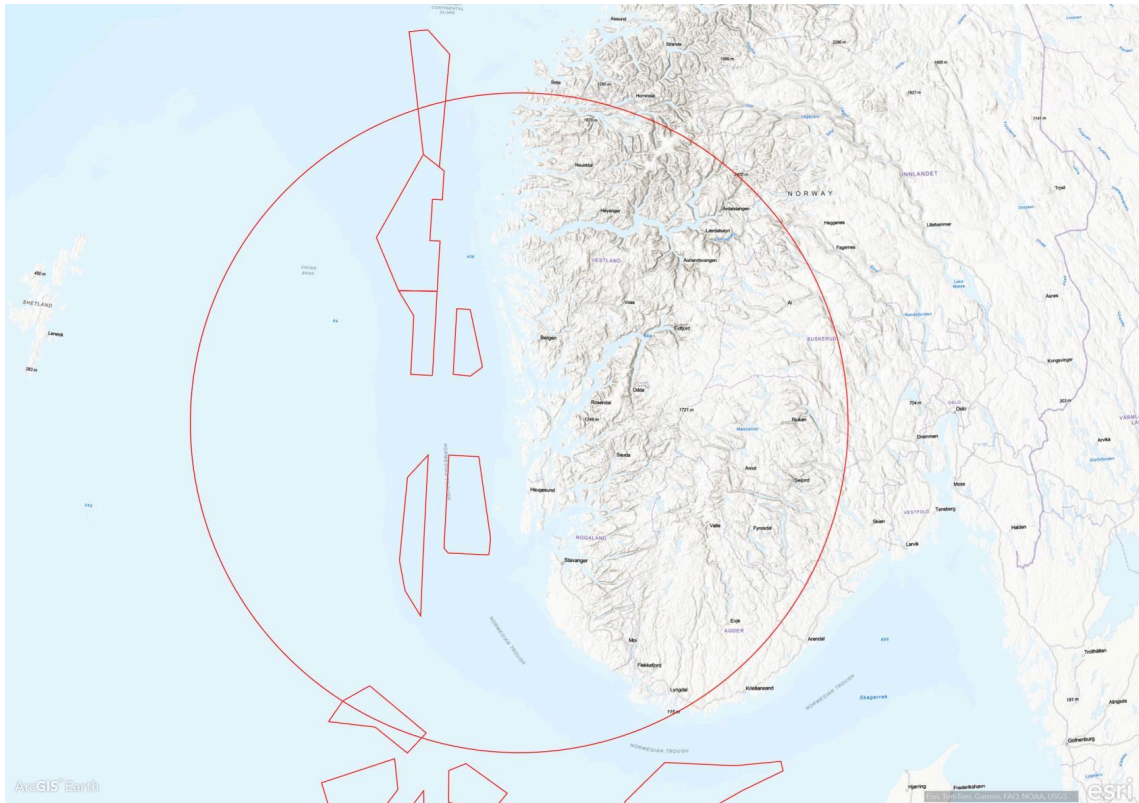
Sammendrag

Vestavind D ligger i dekningsområdet til Bømlo værradar og en utbygging av standard turbiner i området vil gi forstyrrelser, og i sørlige deler blir det blokkeringer og svekkelse av radar signalene mot nord vest for radaren. Forstyrrelser og svekkelser av radarsignalet vil påvirke varslingshorisont for automatisk genererte nedbørvarsel fra værradar. Vestavind D ligger også innenfor 120 minutters avstand fra Bergen lufthavn, Flesland. En utbygging vil svekke radar dekkningen, og kan derfor ha betydning for muligheten til å utstede TREND varsel fra andre arbeidssteder enn den aktuelle flyplassen (fjerntrend).

Værradar

Identifiserte verdier

Hele området dekkes av værradaren på Bømlo. Se oversikt i figur 9

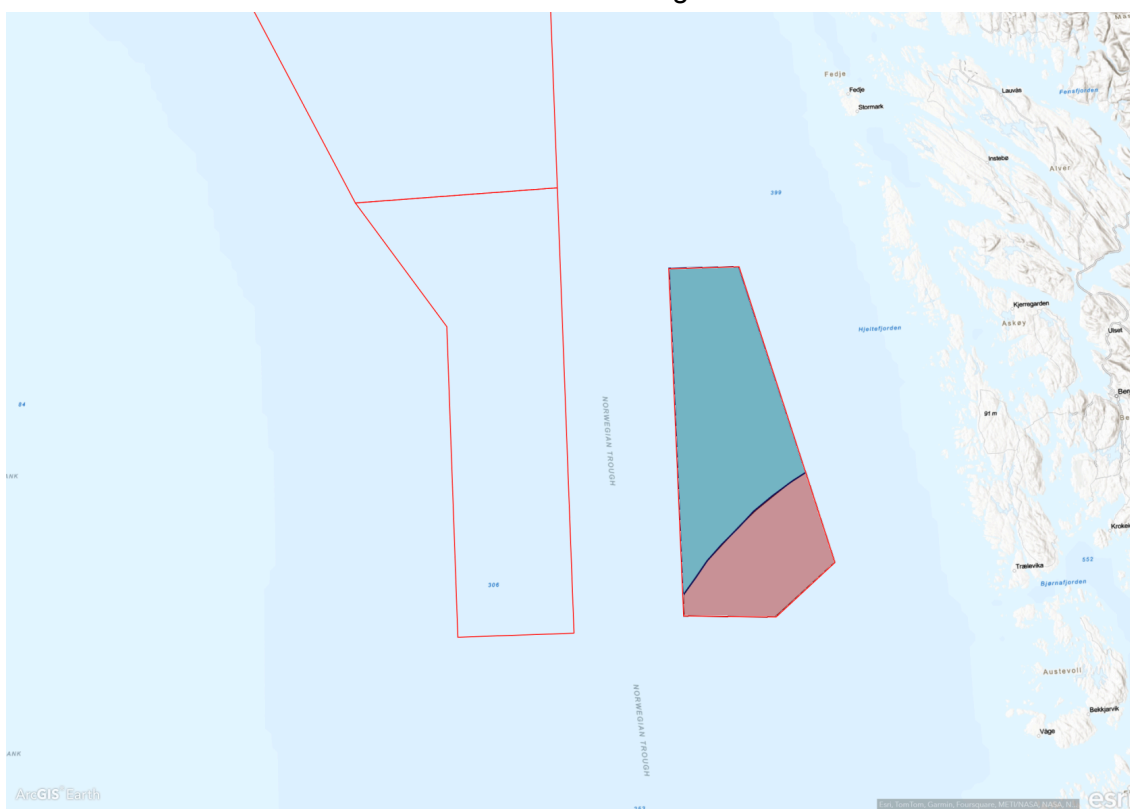


Figur 9. Viser dekningsområdet til Bømlo værradar

Verdi og påvirkning

Vindturbinene i Vestavind D, vil gi både blokkeringer og forstyrrelser i værradardata. En blokkering er en svært alvorlig forstyrrelse. Værradarsignalet svekkes også etter vindparken og dette svekker radarens evne til å se nedbør som er på vei inn mot Vestlandet. Verdien av blokkering settes til -5.

For områder der det kun er forstyrrelser og ikke blokkeringer ser vi fortsatt at en utbygging vil påvirke værradar dataene negativt. Værradar er en viktig del av publikumsprodukter og flyværværvarsling. Raske værsystemer vil bruke mindre enn 2 timer fra vestavind D og inn til Bergen lufthavn, Flesland. Dette vil gå ut over sanntidsvarslet (TREND) ved Bergen lufthavn, Flesland. Verdi for forstyrrelser fra Vestavind D settes derfor til -4 i de områdene hvor det ikke er blokkeringer.



Figur 10: Viser Vestavind D. Områder med verdi - 5 er tegnet inn i rødt, mens områder med verdi -4 er tegnet med blått.

Konsekvenser

**Meteorologisk
institutt**
Meteorological
Institute
Org.no 971274042
post@met.no

Oslo
P.O. Box 43
Blindern
0313 Oslo,
Norway
T. +47 22 96 30
00

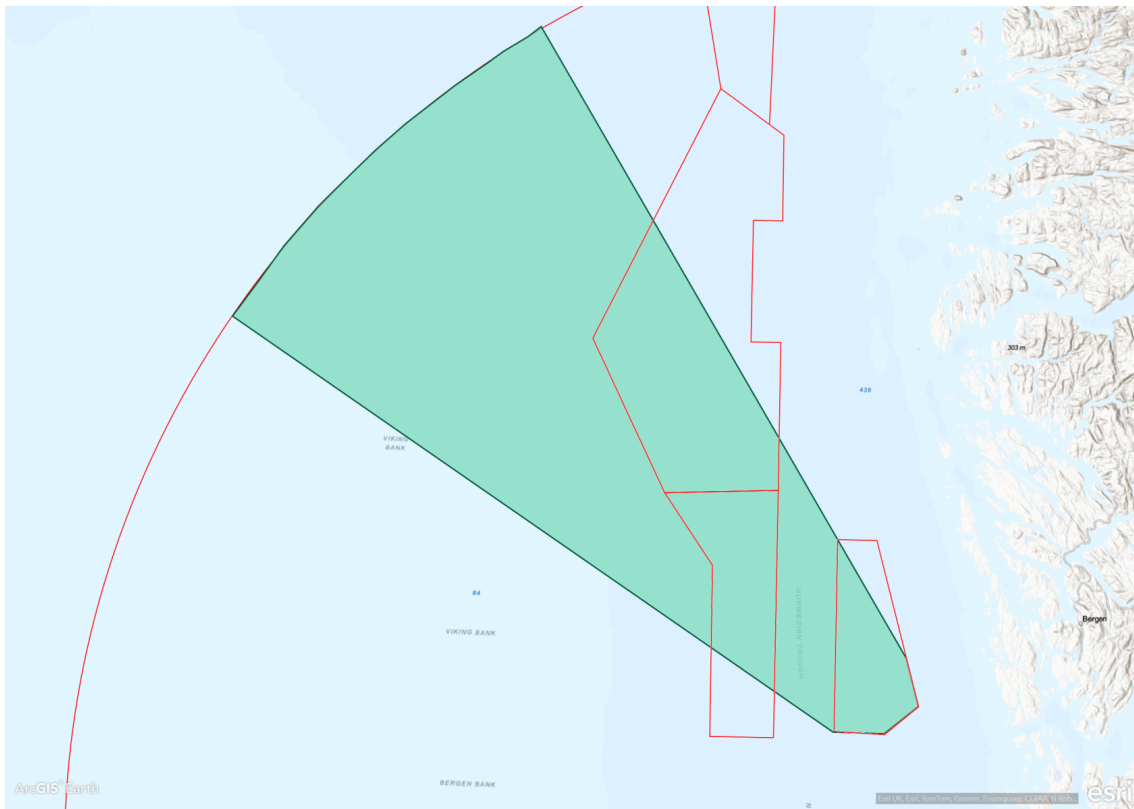
Bergen
Allégaten 70
5007 Bergen,
Norway
T. +47 55 23 66
00

Tromsø
P.O. Box 6314,
Langnes
9293 Tromsø,
Norway
T. +47 77 62 13
00

www.met.no

Forstyrrelser og blokkeringer i værradardata

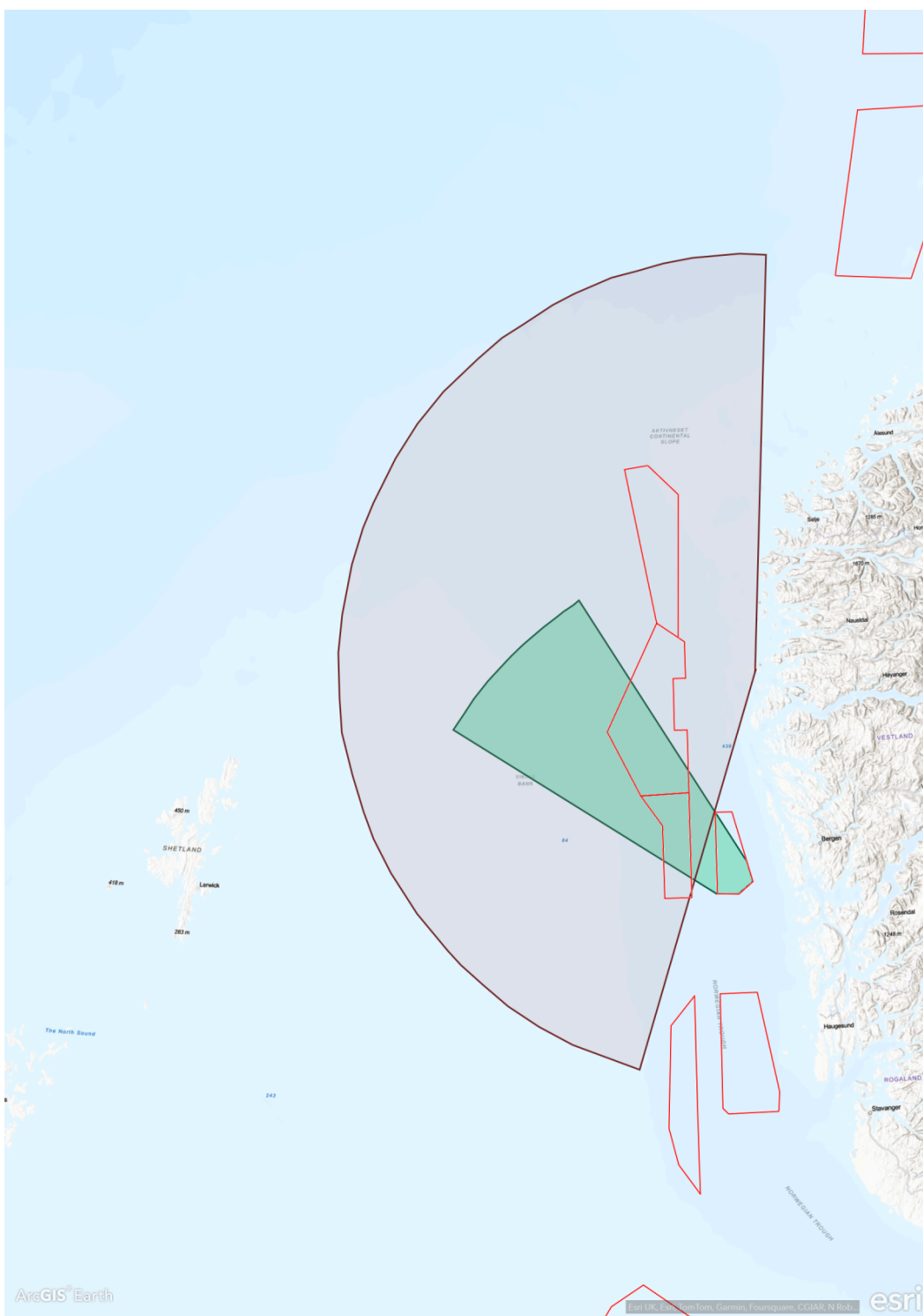
En vindkraftutbygging med standardturbinder vil medføre både blokkeringer og forstyrrelser i værradar data.



Figur 11 viser delen av Vestavind D hvor en utbygging med standardturbin vil gi en blokkering i radardata fra Bømlo værradar samt området hvor radarsignalene svekkes. Det grønne området viser hvor en utbygging med standardturbiner vil svekke radar signalet.

Dette området er innenfor dekningsområdet til Stad værradar. Samtidig er dette et område med mye helikoptertrafikk. Vi vil derfor anbefale en tilleggssradar nord for vestavind B som avbøtende tiltak.

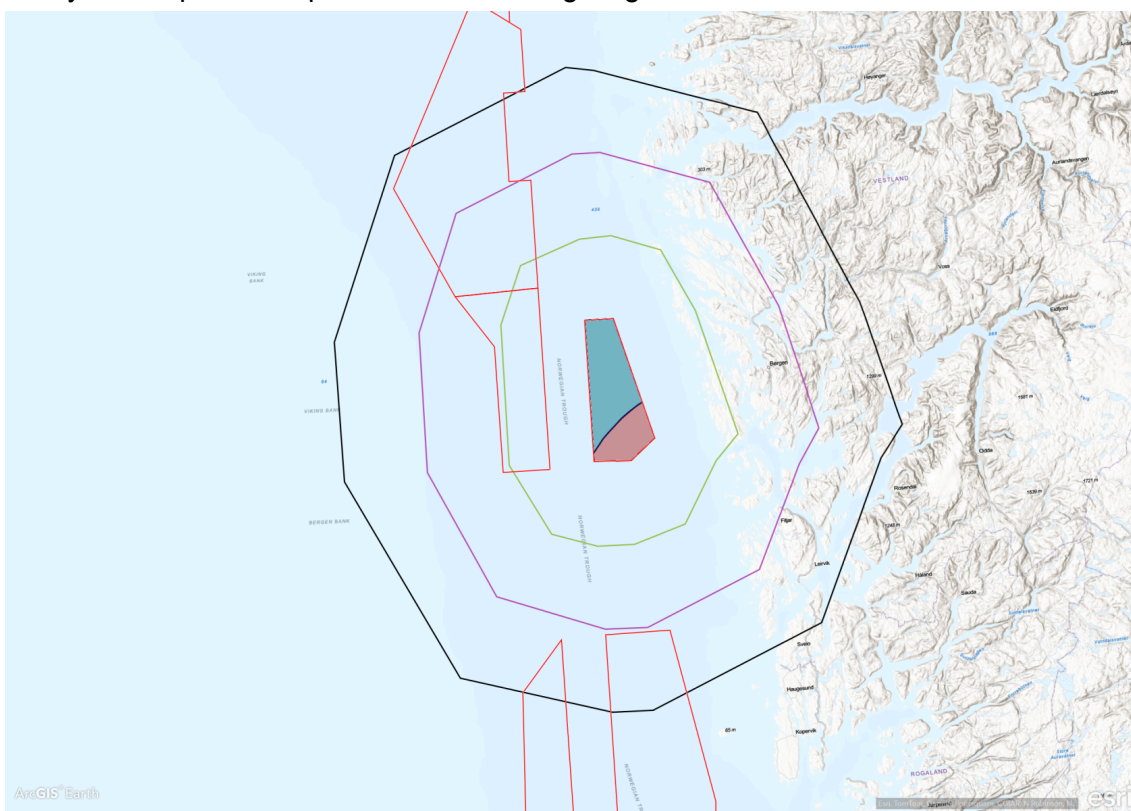
I figur 12 vises bidraget fra en tilleggssradar plassert nord for Vestavind D. Denne plasseringen av tilleggssradar forutsetter at Vestavind A, B og C ikke bygges ut.



Figur 12. Viser sektor med svekket radar signal (grønt) tegnet inn sammen med bidrag fra en tilleggsradar. (c-bånd)

Hvis vi går ut fra at vindturbinene bygges lavere, slik at ingen turbindeler kommer inn i værradarens hovedlobe, så vil det kun bli forstyrrelser fra en utbygging av vestavind D. Men forstyrrelser av værradar signalet vil også påvirke MET sine produkter.

Meteorologisk institutt produserer radarbasert nedbørvarsling 90 minutter fram i tid. Forstyrrelsene i radardata vil påvirke dette varslet. Figur 13 viser tre avgrensninger rundt Vestavind D for varslingshorisont på 30, 60 og 90 minutter. Det betyr at innenfor grønn sirkel kan det lages et nedbørvarsel fra radardata som er kortere enn 30 minutter, mens utenfor sort sirkel påvirkes ikke det radargenererte varslet av en utbygging i Vestavind D. Ved beregning av varslingshorisontene er en hastighet av værsystemer på 30 knop, altså 55,6 km/t lagt til grunn.

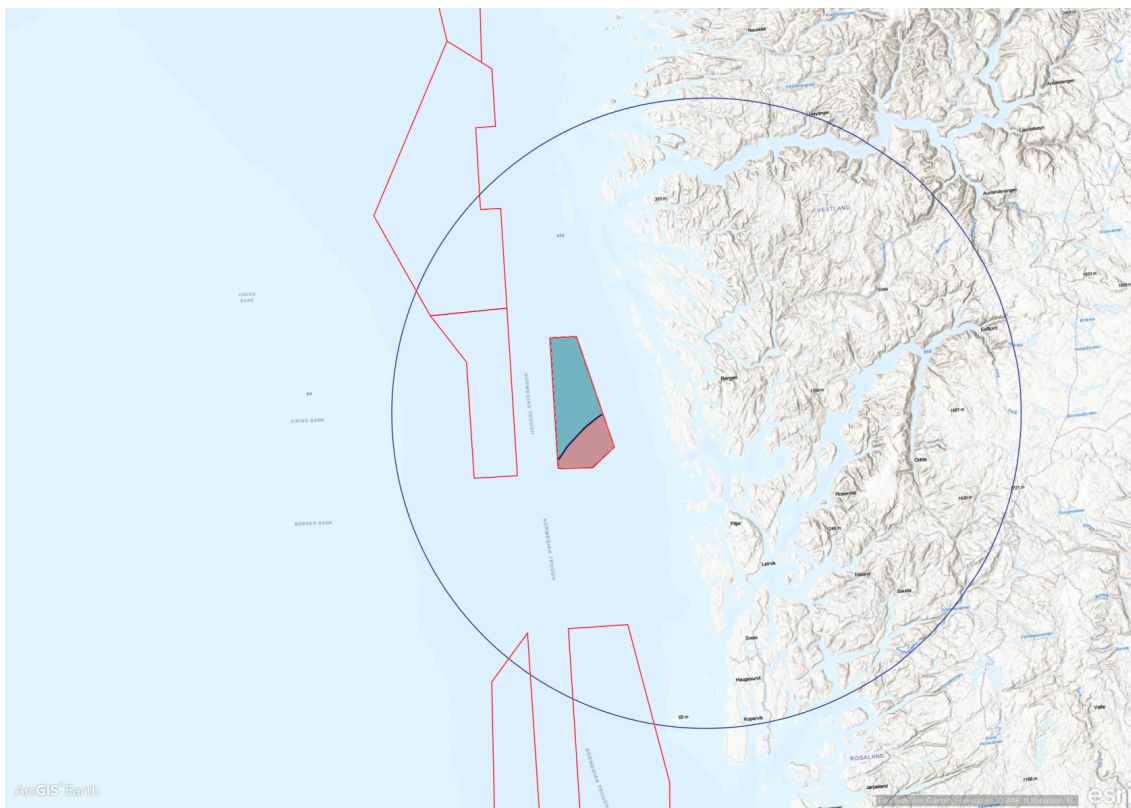


Figur 13: viser varslingshorisont på 30-60 og 90 minutter. For områder utenfor sort kurve, blir ikke 90 minutters varsel påvirket av utbyggingen. For områder innenfor sort kurve, vil tidshorisonten til nedbørvarslet reduseres.

Vi kan se at lengden av det radar genererte nedbørvarslet vil reduseres for Bergen, men også for områder som Sotra, Gulen og Bømlo.

Meteorologisk institutt utsteder et værvarsel for de neste 120 minuttene for enkelte flyplasser. Varslet kalles TREND og Luftfarstilsynet bestemmer hvilke flyplasser det skal utstedes TREND. Bergen lufthavn Flesland er en lufthavn det utstedes TREND. Dette gjøres av personell ved værvarslinga på Vestlandet som en fjernstrend.

Fjernerntrend krever gode radardata, og som vist i figur 14 vil en utbygging av Vestavind D gi forstyrrelser og blokkeringer i værradar data.



Figur 14: Den blå ringen gir et område rundt Flesland hvor værssystemene er innenfor 120 minutter fra flyplassen når vi legger til grunn en forflyttingshastighet av værssystemet på 30 knop (55.6 km/t) Vestavind D er innenfor området hvor vi er sikre på at værradar data fra Bømlo værradar vil bli forstyrret, og en utbygging med standardturbin vil i deler av området gi blokkeringer av signalet.

Kunnskapsmangler for Vestavind 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 ingen erfaring med denne størrelsen på anleggene, og vi har

heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene. Nylige forsøk med maskinlæring viser lovende resultater i å fjerne forstyrrelser fra mindre vindparker, men det er ingen erfaring med hvordan dette arter seg i radarbaserte prognoser.

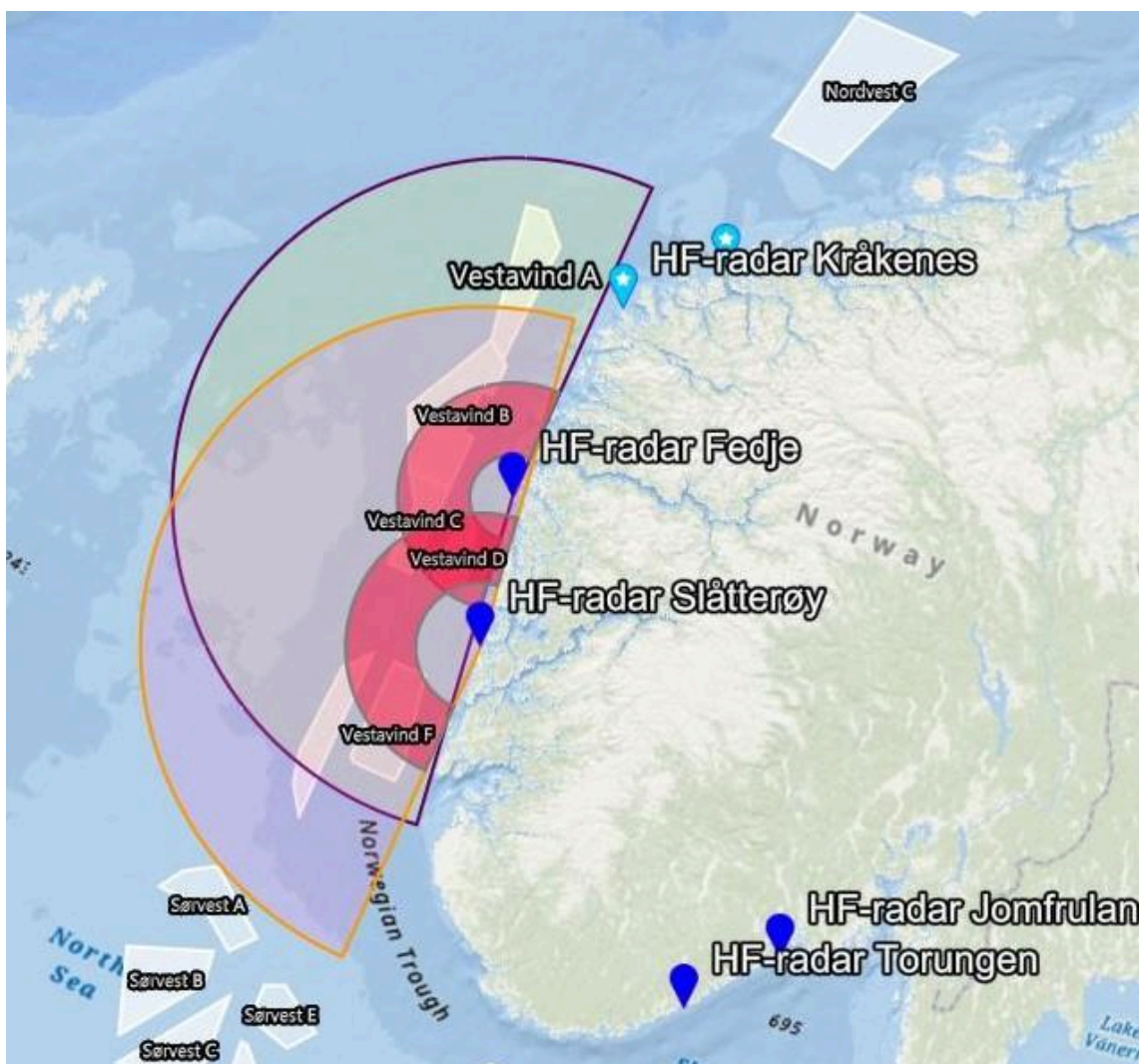
Havstrømradar

Identifiserte verdier

Det foreslåtte området Vestavind D ligger i dekningsområdet til HF-radarene på Kråkerøy, Fedje og Slåtterøy. Se figur 15 for oversikt.

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Vestavind D området vil kunne forstyrre havstrømradarene på Fedje og Slåtterøy på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Se figur 15 som viser hvilke havområder Vestavind D vil kunne ødelegge radielle HF-radardata for.



Figur 15: Røde halvsirkeler viser arealet hvor påvirkning fra vindturbiner i Vestavind D vil kunne ødelegge radielle HF-radar data.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på havvindradarer fra vindturbiner i området Vestavind D er at det blir betydelig mindre radielle hastighetsmålinger tilgjengelig. Arealet som går tapt fra hver HF-radar tilsvarer halvsirkler med bredde som størrelsen på Vestavind D og radius fra Vestavind D til de respektive radarene. Dette er et areal som er vesentlig større enn området Vestavind 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 Vestavind D for havstrømrادarene er Alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Vestavind 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 rett øst av Vestavind D være et tiltak. Denne vil kunne kompensere for bortfall av radardata nord og sør for Vestavind D- området. MET må kompenseres for kostnadene for installasjon og drift av en slik radar.
- Strømningsmålere plassert og driftet av operatørene i havvind-parkene er også et avbøtende tiltak. Disse kan måle havstrømmer i punkter i parken og overføre dataene i sanntid. Vi foreslår 6 strømningsmålere plassert i Vestavind 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 Vestavind 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.

Vurdering av Vestavind E

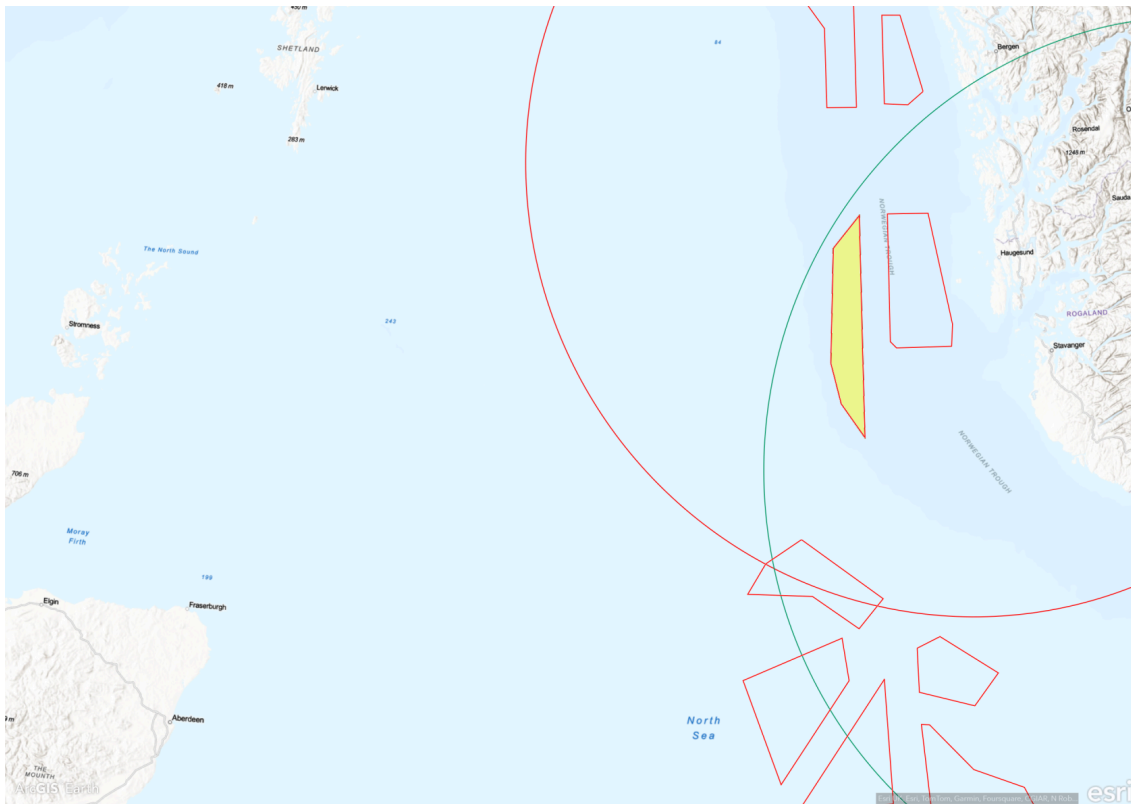
Sammendrag

Bømlo værradar dekker Vestavind E, og en utbygging av Vestavind E med standardturbiner vil forstyrre værradar signalene fra Bømlo værradar. En utbygging vil gi forstyrrelser i radarsignalene, slik at vi i nordvestlig retning ikke kan registrere værsystemer som ligger inntil 2 timer fra Bergen lufthavn Flesland og Stavanger lufthavn Sola. Dette vil påvirke muligheten til å utstede fjerntrend for begge flyplassene. En utbygging vil også enkelte steder påvirke varslingshorisonten for det radarbaserte nedbørvarslet. Områder som ikke lenger får tilgang til 90 minutters radarbasert værvarsel er Karmøy og sørlige deler av Bømlo.

Værradar

Identifiserte verdier

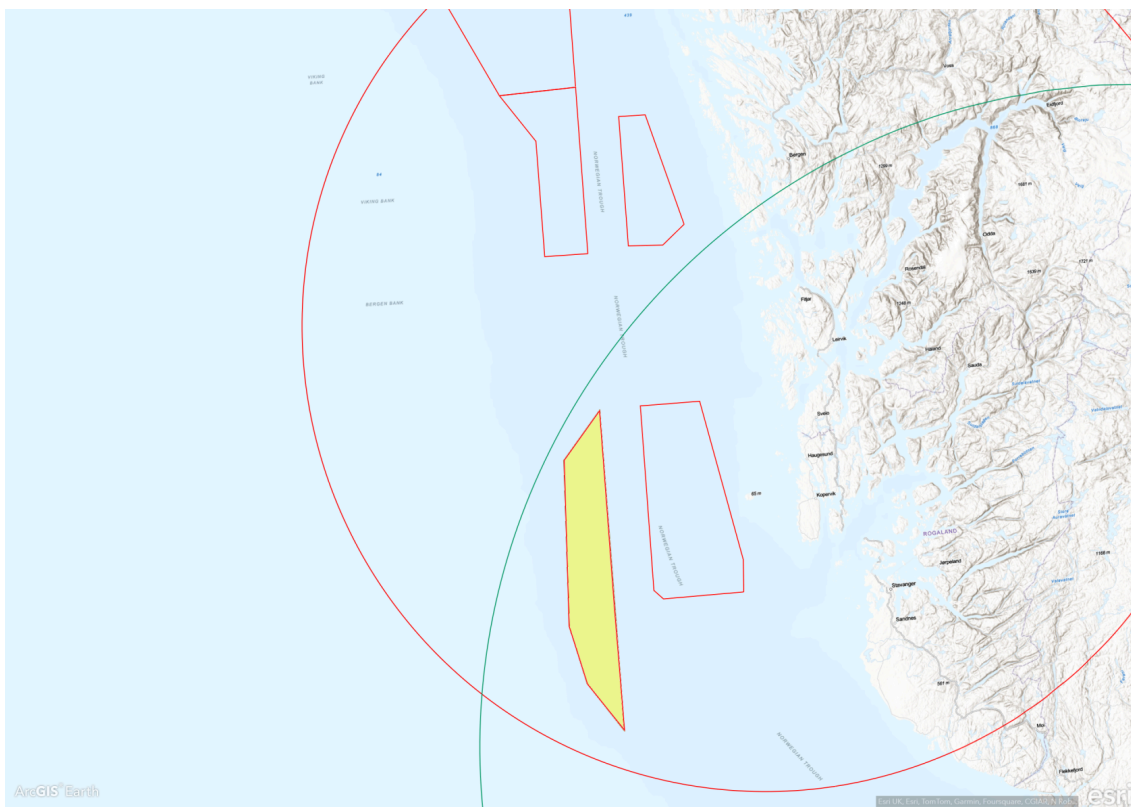
Hele området dekkes av værradaren på Bømlo og Hægebostad værradar. Se oversikt i figur 16.



Figur 16: Viser Vestavind E sammen med dekningsområde for Hægebostad og Bømlo værradarer

Verdi og påvirkning

Vindturbinene i Vestavind E, vil gi forstyrrelser i værradardata. Påvirkningen vurderes til å være alvorlig. Verdien av forstyrrelser settes til -4. Vestavind E dekkes også av Hægebostad værradar, men ligger langt ut i dekningsområdet til denne radaren. Radarsignalene fra Hægebostad vil ikke fange opp nedbør fra lave skyer i dette området.



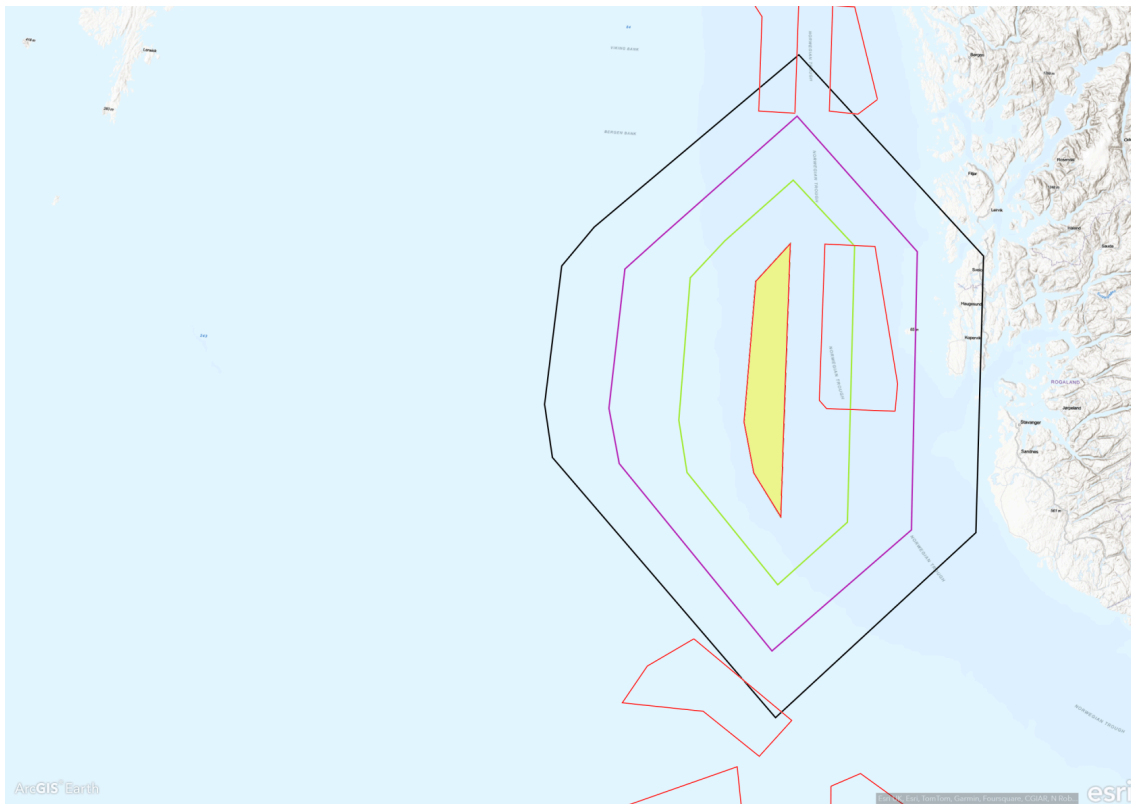
Figur 17 viser avgrensningen rundt Bømlo værradar hvor vindturbiner i den aktuelle størrelsen vil forårsake forstyrrelser i værradar data (rød ring). Blå ring angir dekningsområdet til Hægebostad værradar.

Konsekvenser

Forstyrrelser i værradardata

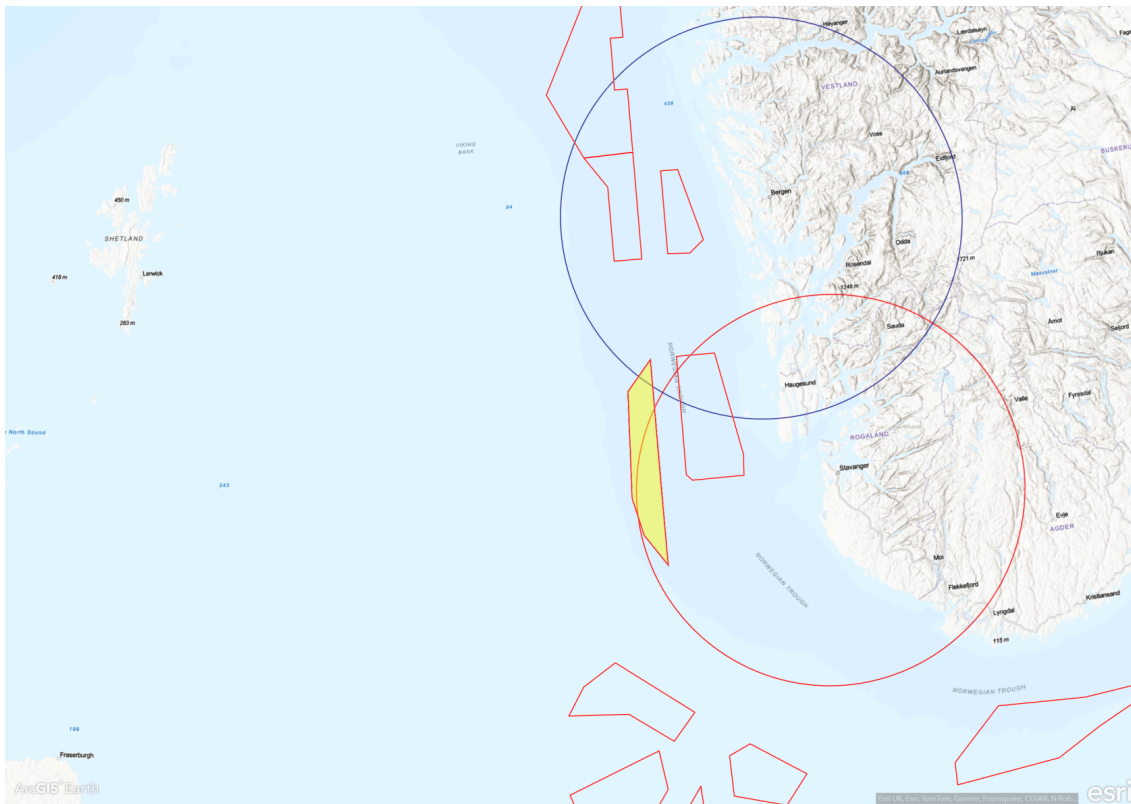
En vindkraftutbygging vil medføre forstyrrelser i værradardata, som uten avbøtende tiltak vil påvirke produkter fra meteorologisk institutt. Figur 17 viser området hvor vi forventer forstyrrelser i værradardata fra Bømlo værradar gitt standard signalavbøying.

Meteorologisk institutt produserer radarbasert nedbørvarsling 90 minutter fram i tid. Forstyrrelsene i radardata vil påvirke dette varslet. Figur 18 viser tre avgrensninger rundt Vestavind E for varslingshorisont på 30, 60 og 90 minutter. Det betyr at innenfor grønn linje kan det lages et nedbørvarsel fra radardata som er kortere enn 30 minutter, mens utenfor svart linje, påvirkes ikke det radargenererte varslet av en utbygging i Vestavind E. Ved beregning av varslingshorisontene er en hastighet av værsystemene på 30 knop, altså 55.6 km/t lagt til grunn. Hvis Vestavind E bygges ut, vil ikke Karmøy og sørlige deler av Bømlo få et radarbasert 90 minutters nedbørvarsel.



Figur 18: viser varslingshorisont på 30,60 og 90 minutter. For områder utenfor svart linje, blir ikke 90 minutters varsel påvirket av utbyggingen. For området innenfor svart kurve, vil varslert reduseres.

Meteorologisk institutt utsteder et værvarsel for de neste 120 minuttene for enkelte flyplasser. Varslet kalles TREND og Luftfarstilsynet bestemmer hvilke flyplasser som skal ha TREND varsel. Bergen lufthavn Flesland og Stavanger lufthavn Sola er lufthavner det utstedes trend for. Dette gjøres av personell ved værvarslinga på Vestlandet som en fjernstrend. Fjerntrend krever gode radardata, og som vist i figur 19 vil en utbygging av Vestavind E gi forstyrrelser i værradar data både for Bergen lufthavn Flesland og Stavanger lufthavn Sola.



Figur 19: Den blå ringen gir et område rundt Flesland hvor værssystemene er innenfor 120 minutter fra flyplassen når vi legger til grunn en forflyttingshastighet på 30 knop (55.6 km/t), mens den røde ringen viser tilsvarende for Stavanger lufthavn Sola. Vestavind E (markert i gult), er innenfor området hvor vi er sikre på at værradar data fra Bømlo værradar vil bli forstyrret. En utbygging av Vestavind E vil påvirke grunnlaget for fjærtrend.

I utredning av Vestavind F, er det introdusert et avbøtende tiltak for svekkede radarsignaler med en ekstra værradar. Dette tiltaket forutsetter at sørligste del av Vestavind E ikke bygges ut på en slik måte at signalene fra en eventuell tilleggsradar svekkes.

Kunnskapsmangler for Vestavind E

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 minimum 10 km mellom vindparkene. Vi har ingen erfaring med denne størrelsen på anleggene, og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene. Nylige forsøk med maskinlæring viser lovende

resultater i å fjerne forstyrrelser fra mindre vindparker, men det er ingen erfaring med hvordan dette arter seg i radarbaserte prognoser.

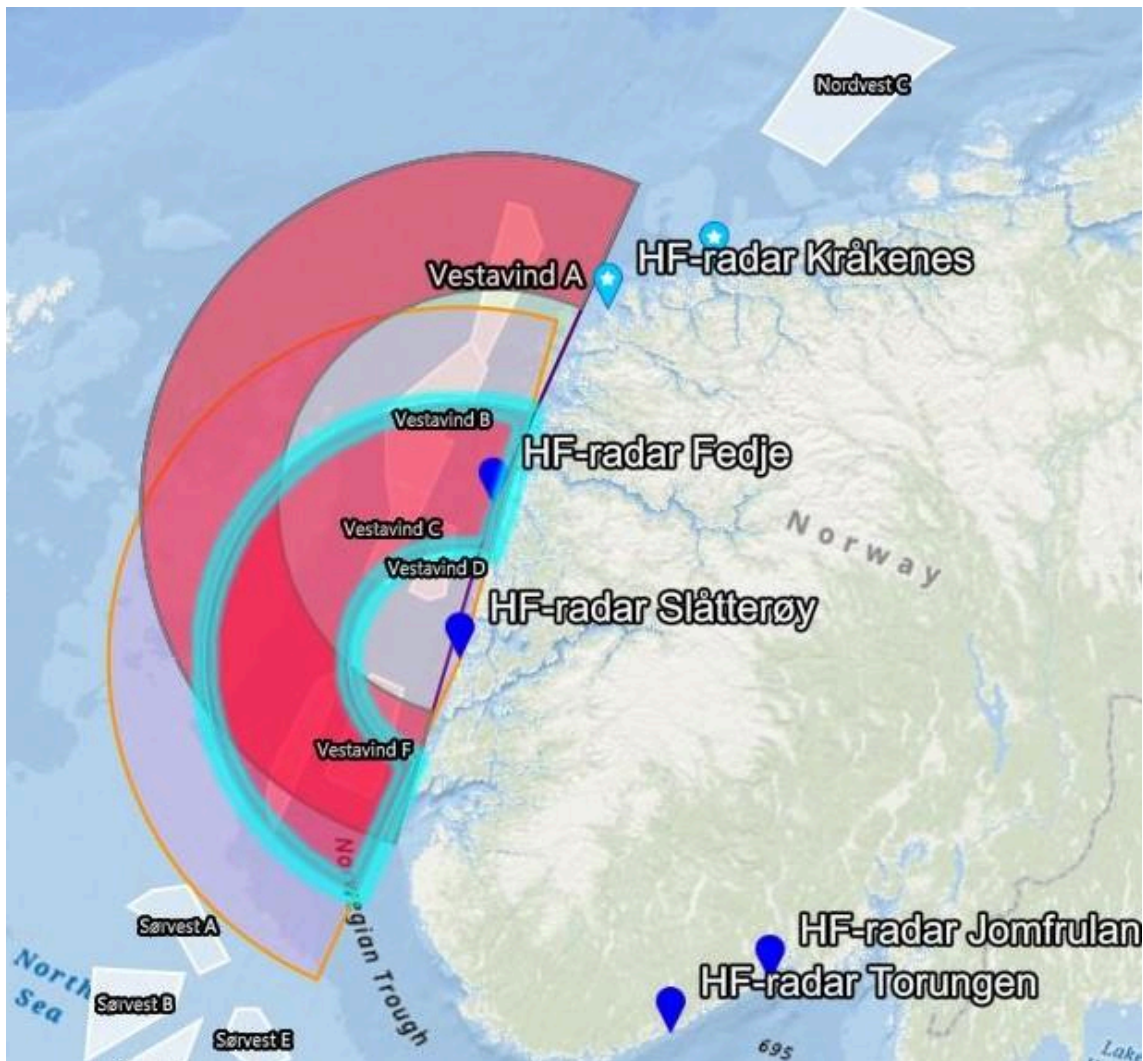
Havstrømradar

Identifiserte verdier

Det foreslåtte området Vestavind E ligger i dekningsområdet til HF-radarene på Fedje og Slåtterøy. Se figur 20 for oversikt.

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Vestavind E området vil kunne forstyrre havstrømradarene på Fedje og Slåtterøy på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Se figur 20 som viser hvilke havområder Vestavind E vil kunne ødelegge radielle HF-radardata for.



Figur 20: Røde halvsirkeler viser arealet hvor påvirkning fra vindturbiner i Vestavind E vil kunne ødelegge radielle HF-radar data.

Konsekvenser

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

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 Vestavind E for havstrømradata er Alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Vestavind E 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 mellom Fedje og Kråkenes være et tiltak. Denne vil kunne kompensere for bortfall av radardata nord for Vestavind E- 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 Vestavind 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 Vestavind E

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 kapittelet 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 karakteristikken til de aktuelle vindparkene. Hvordan andre parametre 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 skyklima og tåkeklima 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 taes høyde for.

For manuell værvarsling kreves en periode for å lære seg hvordan vindparkene påvirker værsystemene. Som nevnt tidligere, finnes det litteratur om vindparks 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.



Norwegian
Meteorological
Institute

METreport

No. 3/2025
ISSN 2387-4201
Radar

Strategisk konsekvensutredning for havvind, Fagutredning for virkninger på radar

Delrapport 2.2 – vurdering av Sønnavind A, Sørvest A, Sørvest B, Sørvest
C, Sørvest D og Sørvest E

Laila Fodnes Sidselrud og Werner Eriksen

Classification: open



Title Strategisk konsekvensutredning for havvind, Fagutredning for virkninger på radar, Delrapport 2.2 – vurdering av Sønnavind A, Sørvest A, Sørvest B, Sørvest C, Sørvest D, Sørvest E	Date 14.02.2025
Section Avdeling for observasjonskvalitet og databehandling	Report no. No. 3/2025
Author(s) Laila Fodnes Sidselrud og Werner Eriksen	Classification ● Free ○ Restricted
Client(s) NVE	Client's reference
Abstract Energidepartementet har gitt NVE 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. Dette er del 2.2 som omfatter Sønnavind A, Sørvest A, Sørvest B, Sørvest C, Sørvest D og Sørvest E. 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

Kort informasjon om metodegrunnlag og verdier for værradar	6
Oversikt	6
Vurdering av Sønnavind A	7
Sammendrag	7
Værradar	8
Identifiserte verdier	8
Verdi og påvirkning	8
Konsekvenser	9
Kunnskapsmangler for Sønnavind A	10
Havstrømradar	12
Identifiserte verdier	12
Verdi og påvirkning	12
Konsekvenser	13
Kunnskapsmangler for Sønnavind A	14
Vurdering av Sørvest A	15
Sammendrag	15
Værradar	16
Identifiserte verdier	16
Verdi og påvirkning	16
Konsekvenser	17
Kunnskapsmangler for Sørvest A	17
Havstrømradar	19
Identifiserte verdier	19
Verdi og påvirkning	19
Konsekvenser	20
Kunnskapsmangler for Sørvest A	21
Vurdering av Sørvest B	22
Sammendrag	22

Værradar	22
Identifiserte verdier	22
Verdi og påvirkning	23
Konsekvenser	23
Kunnskapsmangler for Sørvest B	24
Havstrømradar	25
Identifiserte verdier	25
Verdi og påvirkning	25
Konsekvenser	26
Kunnskapsmangler for Sørvest B	27
Vurdering av Sørvest C	28
Sammendrag	28
Værradar	28
Identifiserte verdier	28
Verdi og påvirkning	29
Konsekvenser	29
Kunnskapsmangler for Sørvest C	30
Havstrømradar	31
Identifiserte verdier	31
Verdi og påvirkning	32
Konsekvenser	32
Kunnskapsmangler for Sørvest C	33
Vurdering av Sørvest D	34
Sammendrag	34
Værradar	34
Identifiserte verdier	34
Verdi og påvirkning	35
Konsekvenser	35
Kunnskapsmangler for Sørvest D	35
Havstrømradar	37
Identifiserte verdier	37
Verdi og påvirkning	37
Konsekvenser	37
Vurdering av Sørvest E	39
Sammendrag	39
Værradar	39
Identifiserte verdier	39

Verdi og påvirkning	40
Konsekvenser	40
Kunnskapsmangler for Sørvest E	40
Havstrømradar	42
Identifiserte verdier	42
Verdi og påvirkning	42
Konsekvenser	43
Kunnskapsmangler for Sørvest E	44
Havvindutbygging og påvirkning av lokalklima, sirkulasjon og værvarsling	45
Sammendrag	45
Atmosfærisk sirkulasjon og lokalklima	45
Lynaktivitet i et område med havvind	45
Værvarsling i områder med storstilt havvindutbygging	46

Kort informasjon om metodegrunnlag og verdier for værradar

Oversikt

Metodegrunnlaget for rapporten er beskrevet i delrapport 1 under kunnskapsgrunnlag og metode. Vi oppgir verdier for de ulike utbyggingsområdene fra +5 svært store positive konsekvenser til -5 svært store negative konsekvenser. Vi har overveiende brukt verdiene på følgende måte:

-5 : Områder der hovedradarsignalet blokkeres av en standard turbin. Dette skaper svekkelser i signalene også lenger fra radaren enn selve turbinene.

-4: Områder der en åpningsvinkel på 2° vil la signaler treffe turbinene. Her vil radaren konstant oppleve forstyrrelser

-3: Områder som ligger innenfor radiohorisont. Det er her fri sikt mellom radar og turbin.

Radarproduktene vil oppleve forstyrrelser store deler av tiden.

-1: Områder innenfor radarens dekningsområde. Radarprodukter kan i noen tilfeller oppleve forstyrrelser.

0: områder utenfor radarens dekningsområde. En utbygging vil trolig ikke ha konsekvenser for radarproduktene.

Vi viser varslingshorisont for områder der en utbygging vil påvirke nåværende automatiserte radarprodukter på land. Det er mulig vi i framtiden kan få automatiserte radarprodukter også i havområdene, og disse vil da kunne påvirkes.

Vurdering av Sønnavind A

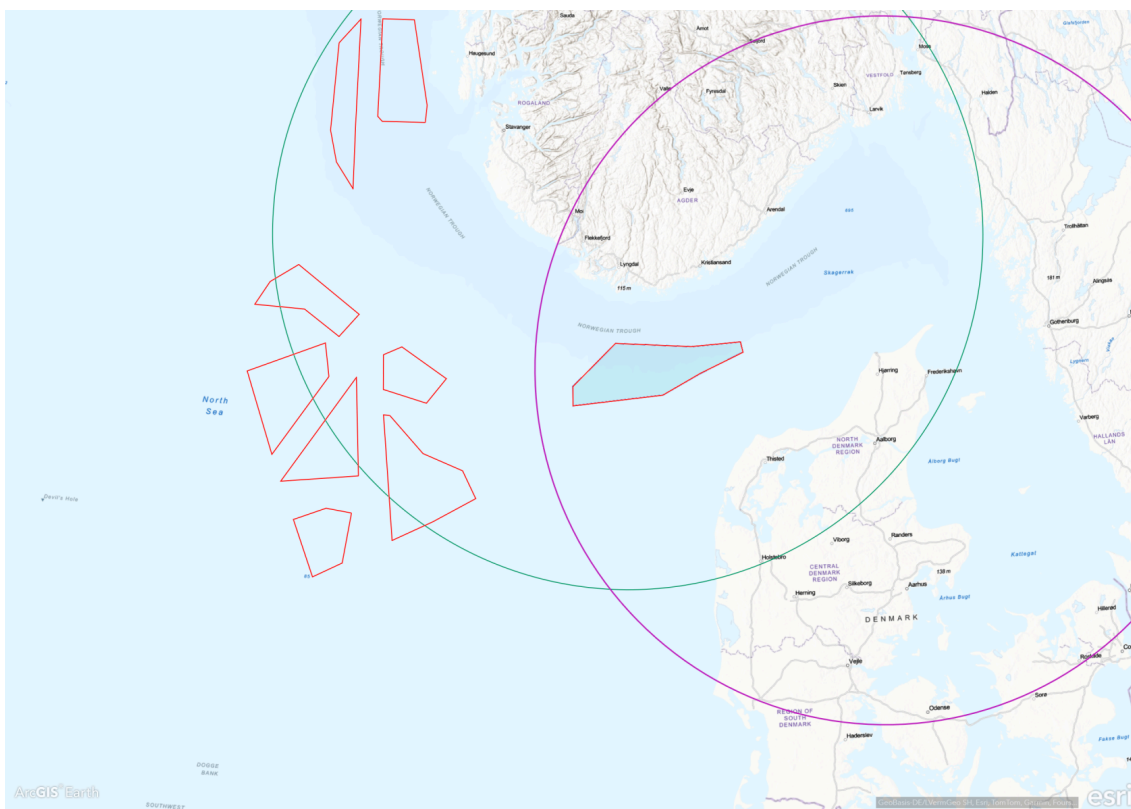
Sammendrag

Sønnavind A ligger innenfor radarhorisont til Hægebostad værradar. Dette betyr at det er stor sannsynlighet for at parken store deler av tiden vil gi forstyrrelser i værradardata fra Hægebostad værradar. Deler av parken ligger innenfor området der vi er sikre på at parken vil gi forstyrrelser i radardata fra Sindal værradar i Danmark. En utbygging av Sønnavind A vil føre til at deler av Sørlandet og Rogaland ikke lenger kan få 90 minutters nedbørvarsel. Dette omfatter steder som Kristiansand, Mandal og Arendal. Ingen flyplasser med TREND varsel vil bli påvirket av en utbygging av Sønnavind A

Værradar

Identifiserte verdier

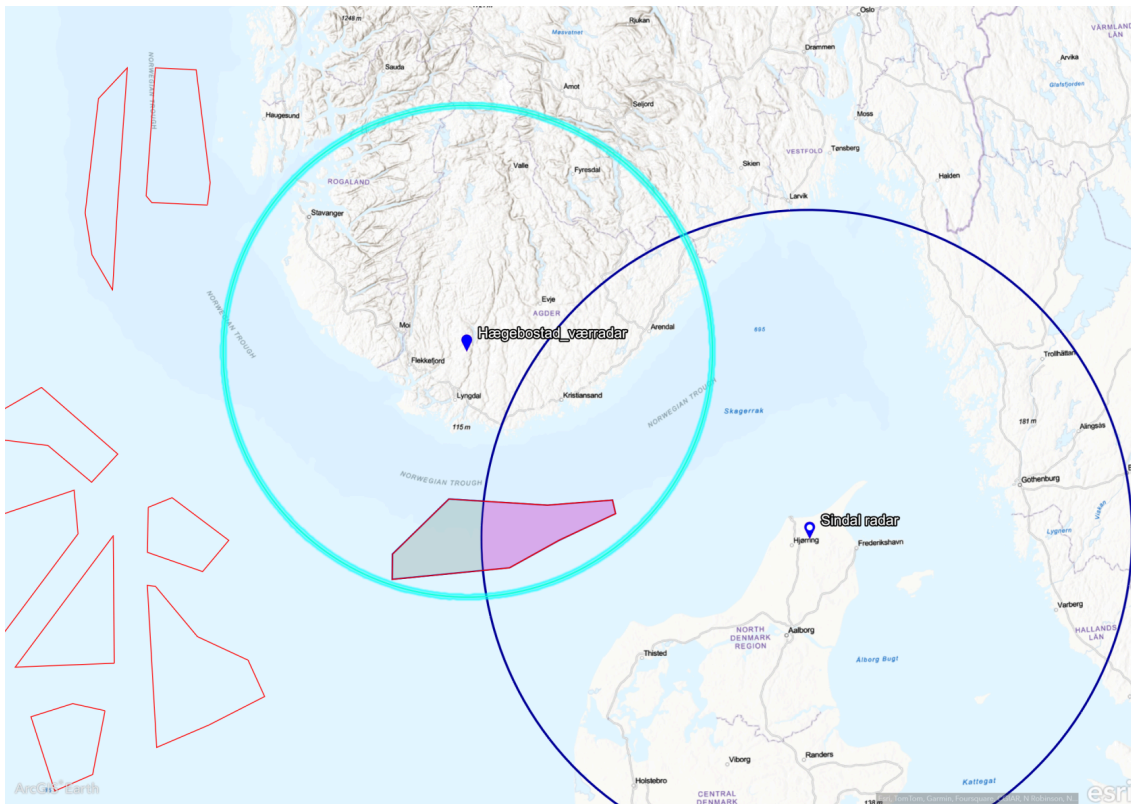
Hele området dekkes av værradarene på Hægebostad og i Sindal. Se oversikt i figur 1



Figur 1: Viser Sønnavind A sammen med dekningsområdet for Hægebostad værradar (grønt) og dekningsområde for Sindalværradar (fiolett). Radius på dekningsområdet er 240 km.

Verdi og påvirkning

Turbinene i Sønnavind A vil gi forstyrrelser i radardata fra Sindal værradar, se figur 2. (Blå kurve). Området er begrenset av en åpningsvinkel på 2° i radarens antenne. Verdien av denne delen av området er satt til -4. Siden området er innenfor radiohorisonten fra Hægebostad værradar, vil vi anta at turbinene vil gi forstyrrelser store deler av tiden i radardata også fra denne værradaren. Påvirkningen for den vestlige delen av parken settes til -3.



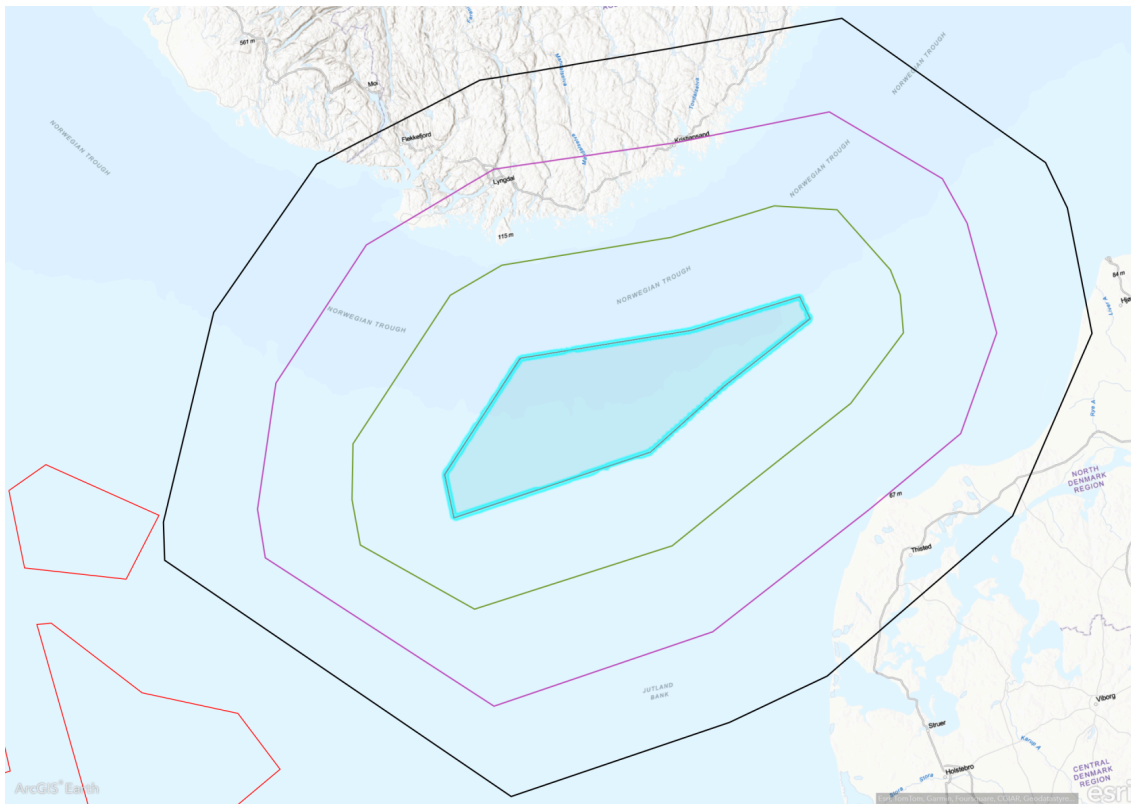
Figur 2: Viser verdier for Sørnavind A. Mørk blå sirkel markerer avgrensningen for beregnet område med clutter i værradar data fra Sørnavind værradar. Lysere blå sirkel markerer radiohorisont for Hægebostad værradar. Vi har i beregningene gått ut fra en total turbinhøyde på 308 m.

Konsekvenser

Forstyrrelser i værradardata

En vindkraftutbygging vil trolig medføre forstyrrelser i værradardata, som uten avbøtende tiltak vil påvirke produkter fra meteorologisk institutt.

Meteorologisk institutt produserer radarbasert nedbørvarsling 90 minutter fram i tid. Forstyrrelsene i radardata vil påvirke dette varslat. Figur 3 viser tre avgrensninger rundt Sørnavind A for varslingshorisont på 30, 60 og 90 minutter. Det betyr at innenfor grønn linje kan det lages et nedbørvarsel fra radardata som er kortere enn 30 minutter, mens utenfor svart linje, påvirkes ikke det radargenererte varslat av en havvind utbygging i Sørnavind A. Ved beregning av varslingshorisontene er en hastighet på 30 knop, altså 55.6 km/t lagt til grunn. Hvis Sørnavind A bygges ut vil blant annet Kristiansand, Mandal og Arendal ikke lenger få et radarbasert 90 minutters nedbørvarsel.



Figur 3: viser varslingshorisont på 30- (grønt), 60- (lilla) og 90 minutter (svart). For områder utenfor svart linje, blir ikke 90 minutters varsel påvirket av utbyggingen. For området innenfor svart kurve, vil varslet reduseres.

En utbygging av Sønnavind A vil ikke påvirke dagens bruk av fjerntrend i Norge.

En utbygging vil gi mindre radardata som kan assimileres inn i værvarslingsmodellene. Forstyrrelsene i radarbildene kan føre til usikkerhet hos både meteorologer og allmennheten. Hvis forstyrrelsene fjernes fra radarbildene, men ikke erstatningsverdiene klarer å gjenskape nedbørverdiene radaren burde ha målt, så kan dette også gi en usikkerhet.

Kunnskapsmangler for Sønnavind A

-Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

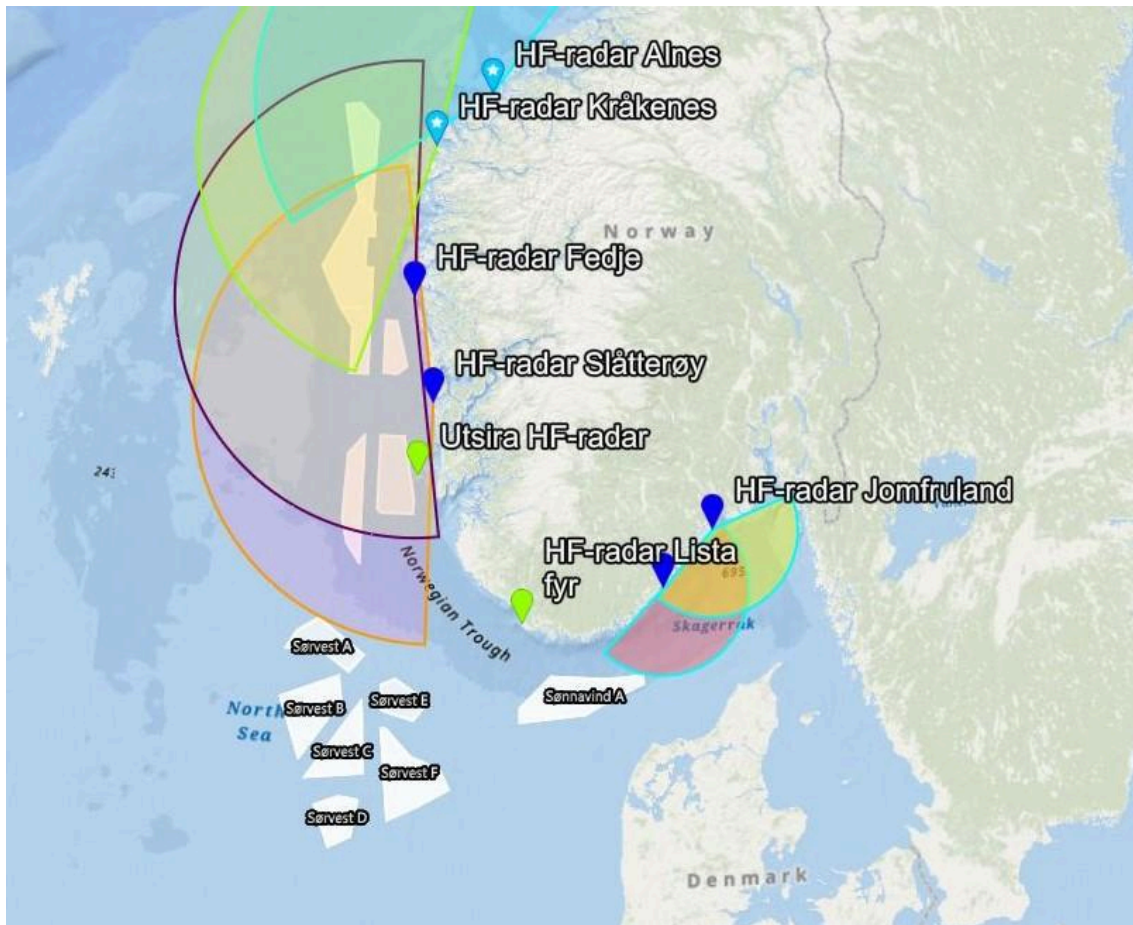
Det finnes i dag ingen meteorologisk erfaring med utbygging av vindparker av dette omfanget og størrelse og turbiner av denne størrelsen. Det finnes anbefalinger om at vindparker ikke skal være større enn 10 km², med en avstand på 10 km mellom vindparkene. Vi har i Norge ingen erfaring med anlegg på størrelse med Sønnavind 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 de radarbaserte prognoser.

Havstrømradar

Identifiserte verdier

Hele det foreslåtte området Sønnavind A ligger utenfor dekningsområdet til HF-radarene som MET har i drift i dag. Se figur 4 for oversikt. Men området ligger innenfor fremtidige HF-radarer på sørvest-kysten av Norge og vestkysten av Danmark.



Figur 4: Plassering av Sønnavind A i HF-radarenes dekningsområde

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Sønnavind A området vil kunne forstyrre fremtidige Havstrømradarer på sørvestkysten av Norge og vestkysten av Danmark på en slik måte at en stor del av radial-dataene blir ødelagt. Plassering av nye HF-radarer fra

tilskudd fra Energidepartementet må tilpasses slik at de får best mulig effekt som avbøtende tiltak.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på Havvindradarer fra vindturbiner i området Sønnavind 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 Sønnavind A og radius fra Sønnavind A til de respektive radarene. Dette arealet er vesentlig større enn området Sønnavind 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 Sønnavind A for havstrømradata er Alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Sønnavind 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.
- 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 Sønnavind 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 Sønnavind 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 Sørvest A

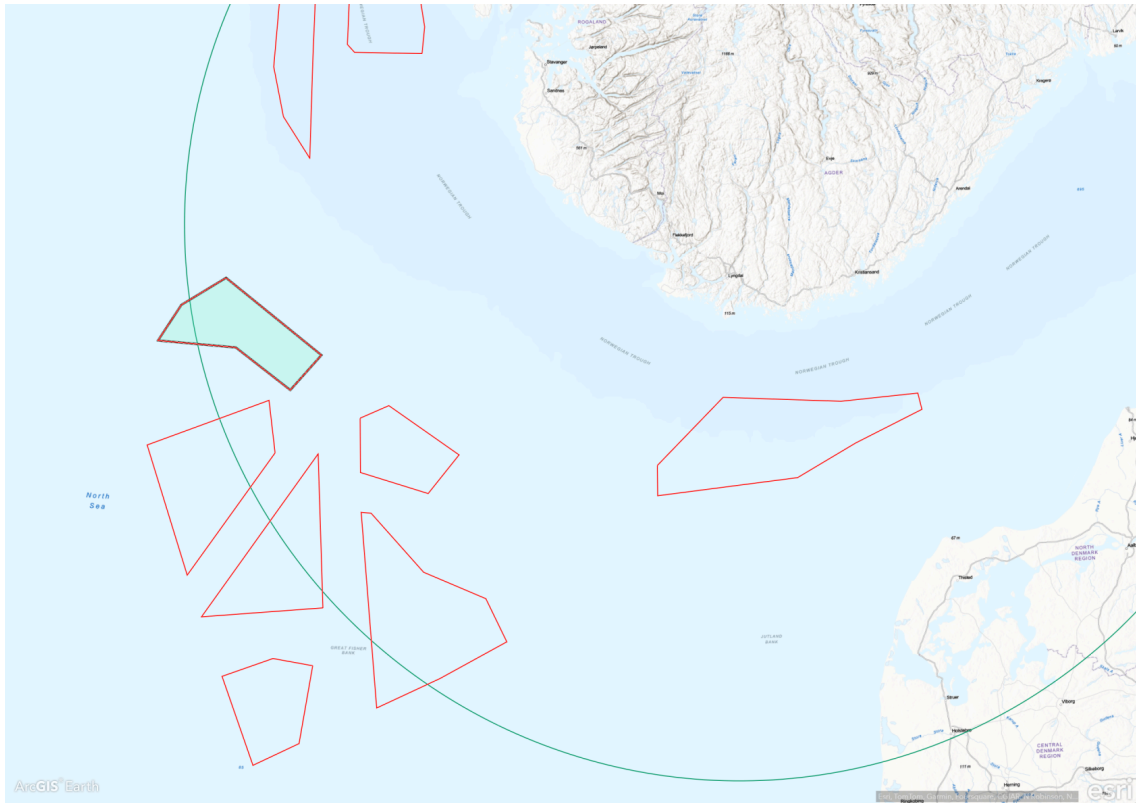
Sammendrag

Deler av Sørvest A ligger innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Avstanden til radaren er så stor at vi er usikre på hvor stor del av tiden den vil gi forstyrrelser i radardataene. Det vil ikke bli forstyrrelser i den delen av radardataene som ligger utenfor radarens dekningsområde.

Værradar

Identifiserte verdier

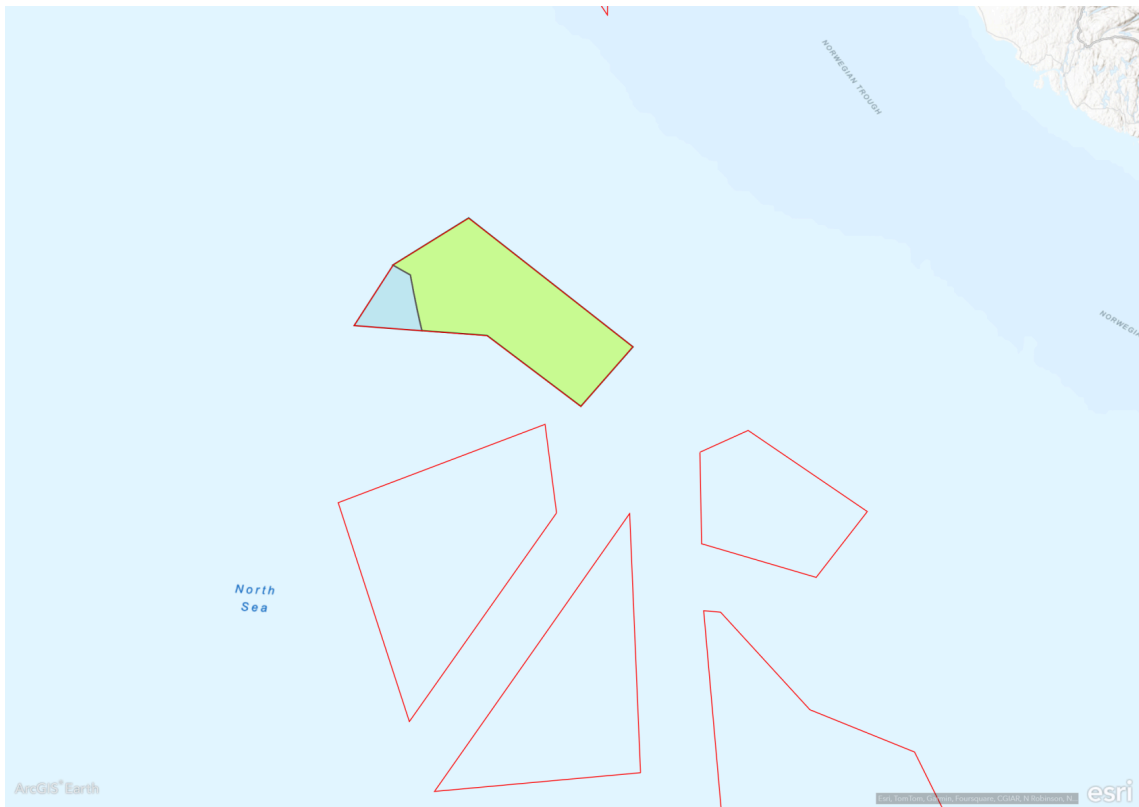
Deler av området er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Se oversikt i figur 5



Figur 5: Viser Sørvest A sammen med dekningsområdet for Hægebostad værradar (grønt). Radius på dekningsområdet er 240km.

Verdi og påvirkning

Deler av Sørvest A er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Disse delene av Sørvest A gis verdi -1. Områder som ikke er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar settes til 0.



Figur 6: Viser verdier for Sørvest A. Grønt er verdi -1 mens blått er verdi 0

Konsekvenser

Forstyrrelser i værradardata

Vi er usikre på om en vindkraftutbygging vil gi forstyrrelser innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar i deler av tiden.

Kunnskapsmangler for Sørvest 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, i de tilfellene de gir forstyrrelser av en viss styrke, 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 Sørvest A, og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene hvis det skulle vise seg at Sørvest A gir forstyrrelser i radar dataene.

**Meteorologisk
institutt**
Meteorological
Institute
Org.no 971274042
post@met.no

Oslo
P.O. Box 43
Blindern
0313 Oslo,
Norway
T. +47 22 96 30
00

Bergen
Allégaten 70
5007 Bergen,
Norway
T. +47 55 23 66
00

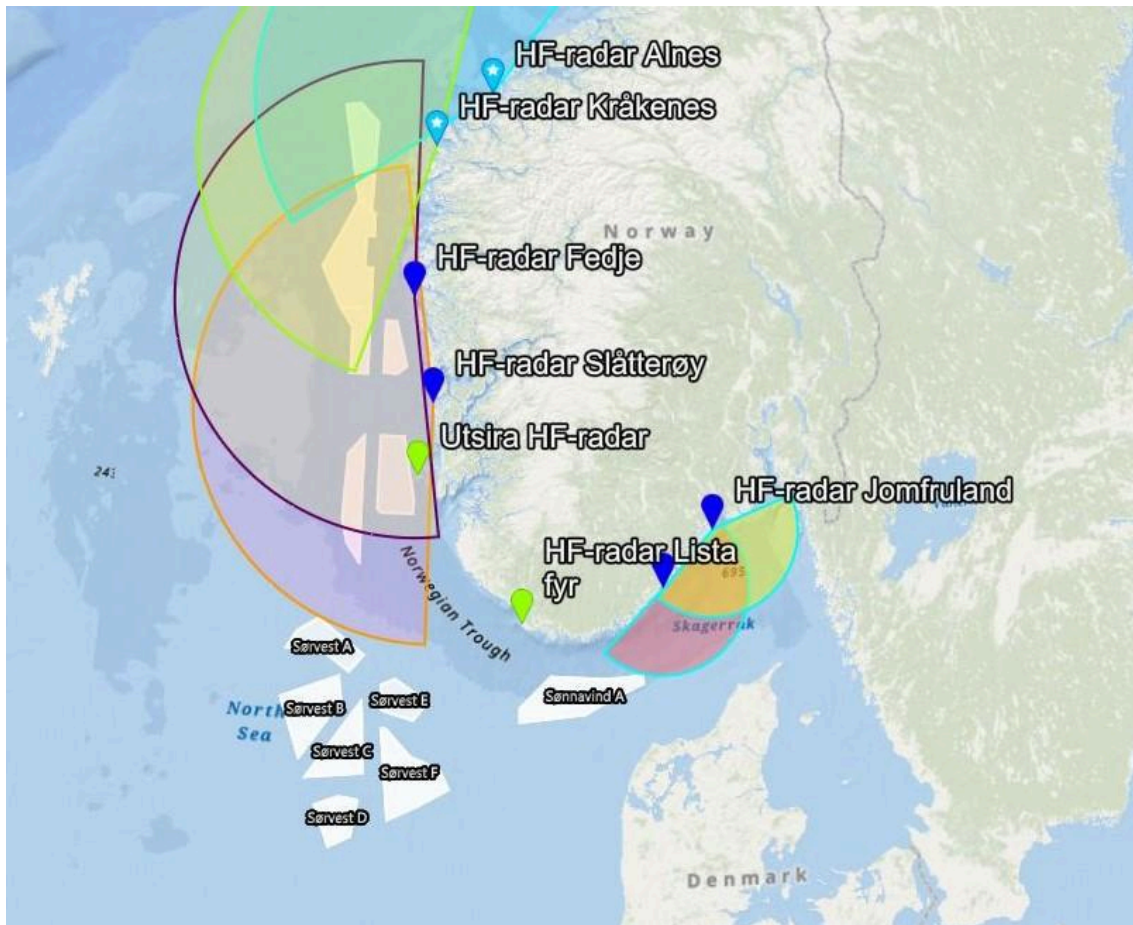
Tromsø
P.O. Box 6314,
Langnes
9293 Tromsø,
Norway
T. +47 77 62 13
00

www.met.no

Havstrømradar

Identifiserte verdier

Hele det foreslåtte området Sørvest A ligger utenfor dekningsområdet til HF-radarene som MET har i drift i dag. Se figur 7 for oversikt. Men området ligger innenfor fremtidige HF-radarer på sørvest-kysten av Norge.



Figur 7: Plassering av Sørvest A i HF-radarenes dekningsområde

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Sørvest A området vil kunne forstyrre fremtidige Havstrømradarer på sørvestkysten av Norge på en slik måte at en stor del av radial-dataene blir ødelagt. Plassering av nye HF-radarer fra tilskudd fra Energidepartementet må tilpasses slik at de får best mulig effekt som avbøtende tiltak.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på Havvindradarer fra vindturbiner i området Sørvest 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 Sørvest A og radius fra Sørvest A til de respektive radarene. Dette arealet er vesentlig større enn området Sørvest 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 Sørvest A for havstrømrådarene er Alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Sørvest A på havstrømrådarene 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.
- 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 Sørvest 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 Sørvest 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 Sørvest B

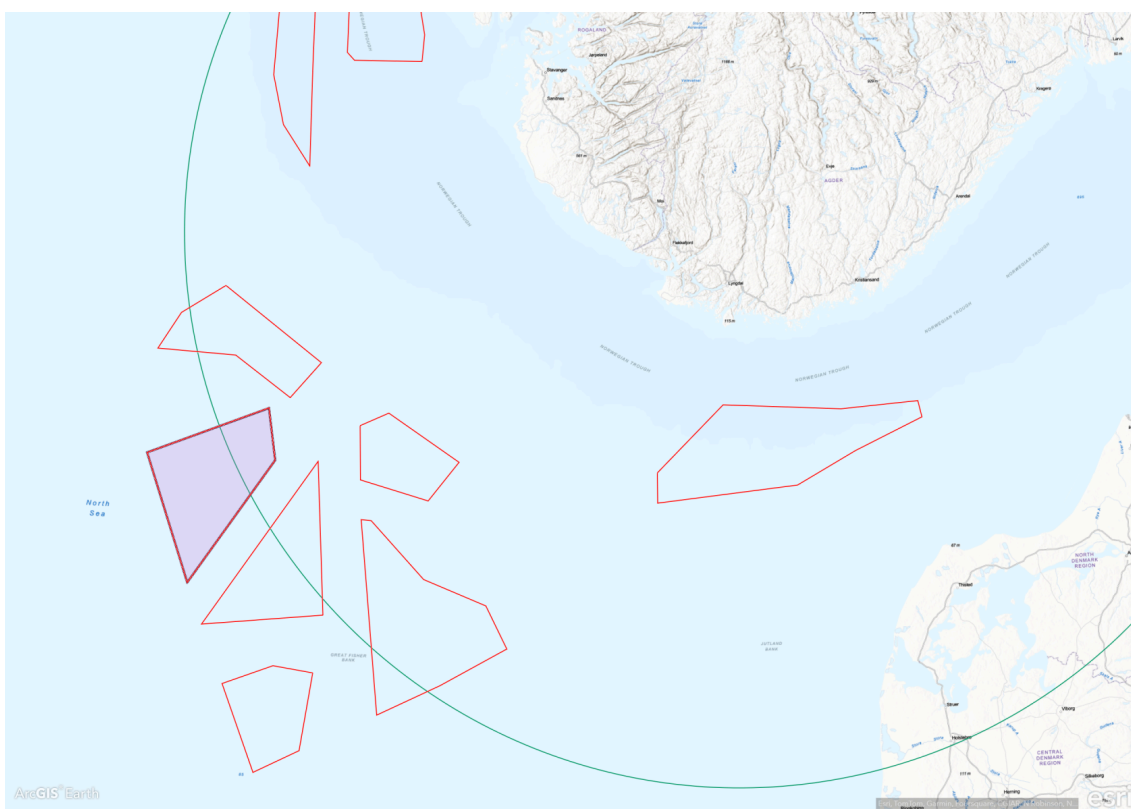
Sammendrag

Sørvest B ligger delvis innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Vi er usikker på hvor ofte vi vil oppleve forstyrrelser i radardataene innenfor dekningsområdet, og hvor sterke forstyrrelsene vil bli. Vi forventer ikke forstyrrelser i områdene utenfor radarens dekningsområde.

Værradar

Identifiserte verdier

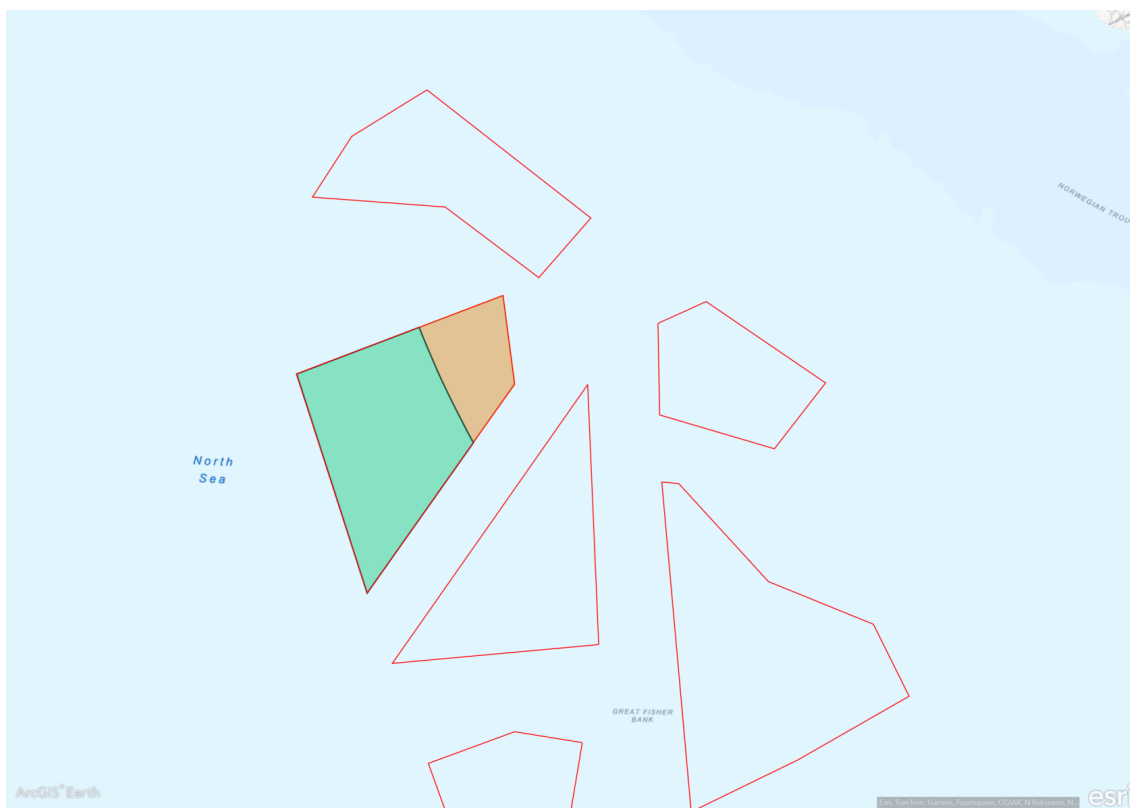
Deler av området er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Se oversikt i figur 8



Figur 8: Viser Sørvest B sammen med dekningsområdet for Hægebostad værradar (grønt). Radius for dekningsområdet er 240km

Verdi og påvirkning

Deler av Sørvest B er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Disse delene av Sørvest B gis verdi -1. Områder som ikke er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar settes til 0.



Figur 9: Viser verdier for Sørvest B. Orange er verdi -1 mens grønt er verdi 0.

Konsekvenser

Forstyrrelser i værradardata

Vi er usikre på om en vindkraftutbygging vil gi forstyrrelser innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar i deler av tiden.

Kunnskapsmangler for Sørvest B

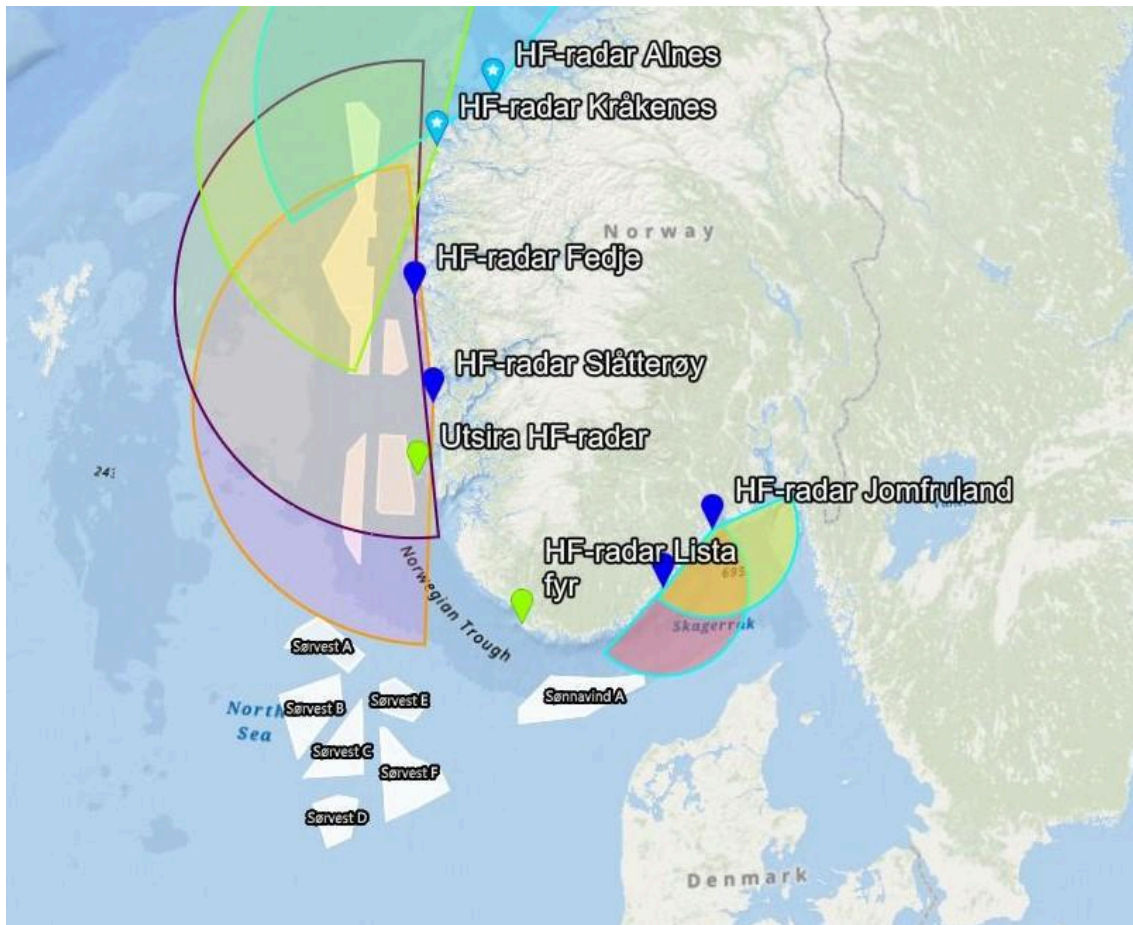
-Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

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 Sørvest B og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene hvis det skulle vise seg at vi opplever forstyrrelser.

Havstrømradar

Identifiserte verdier

Hele det foreslåtte området Sørvest B ligger utenfor dekningsområdet til HF-radarene som MET har i drift i dag. Se figur 10 for oversikt. Men store deler av området ligger innenfor fremtidige HF-radarer på sørvest-kysten av Norge.



Figur 10: Plassering av Sørvest B i HF-radarenes dekningsområde

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Sørvest B området vil kunne forstyrre fremtidige Havstrømradarer på sørvestkysten av Norge på en slik måte at en stor del av radial-dataene blir ødelagt. Plassering av nye HF-radarer fra tilskudd fra Energidepartementet må tilpasses slik at de får best mulig effekt som avbøtende tiltak.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på Havvindradarer fra vindturbiner i området Sørvest 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 Sørvest B og radius fra Sørvest B til de respektive radarene. Dette arealet er vesentlig større enn området Sørvest 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 Sørvest B for havstrømrådarene er Alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Sørvest B på havstrømrådarene 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.
- 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 Sørvest 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 Sørvest 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 Sørvest C

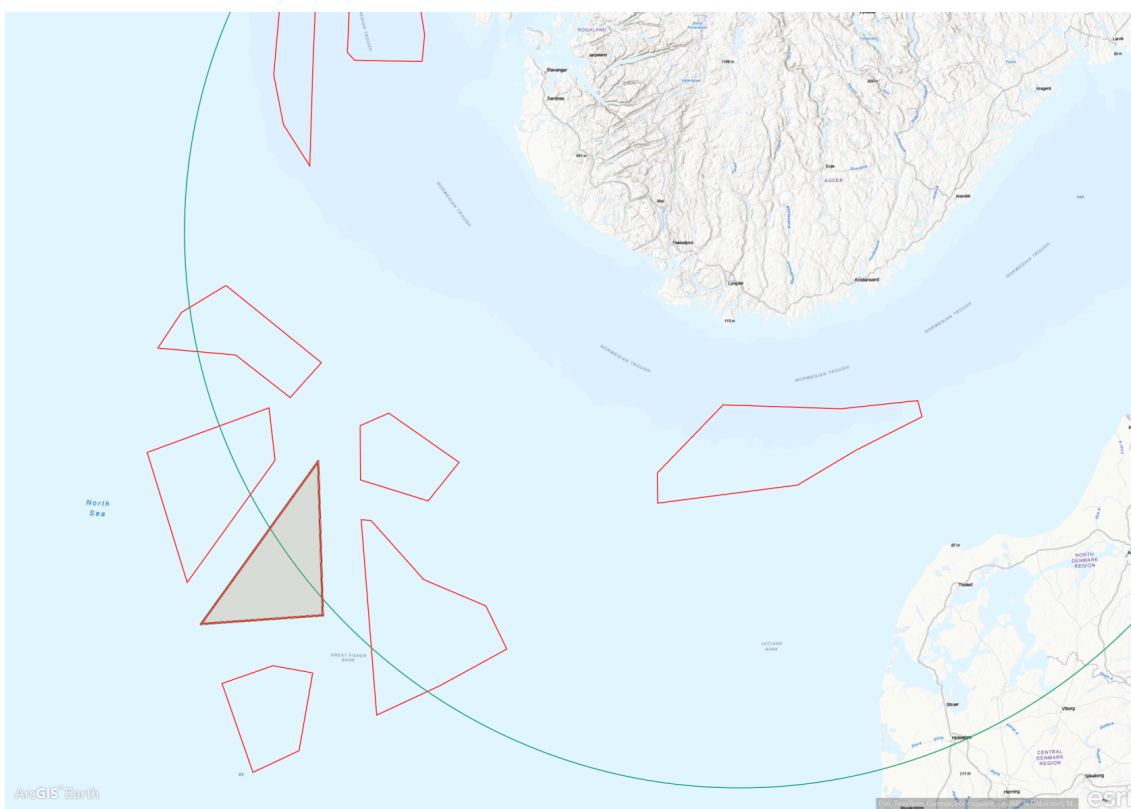
Sammendrag

Sørvest C ligger delvis innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Vi er usikre på hvor ofte vi vil oppleve forstyrrelser i radardataene innenfor dekningsområdet, og hvor sterke forstyrrelsene vil bli. Vi forventer ikke forstyrrelser i området utenfor radarens dekningsområde.

Værradar

Identifiserte verdier

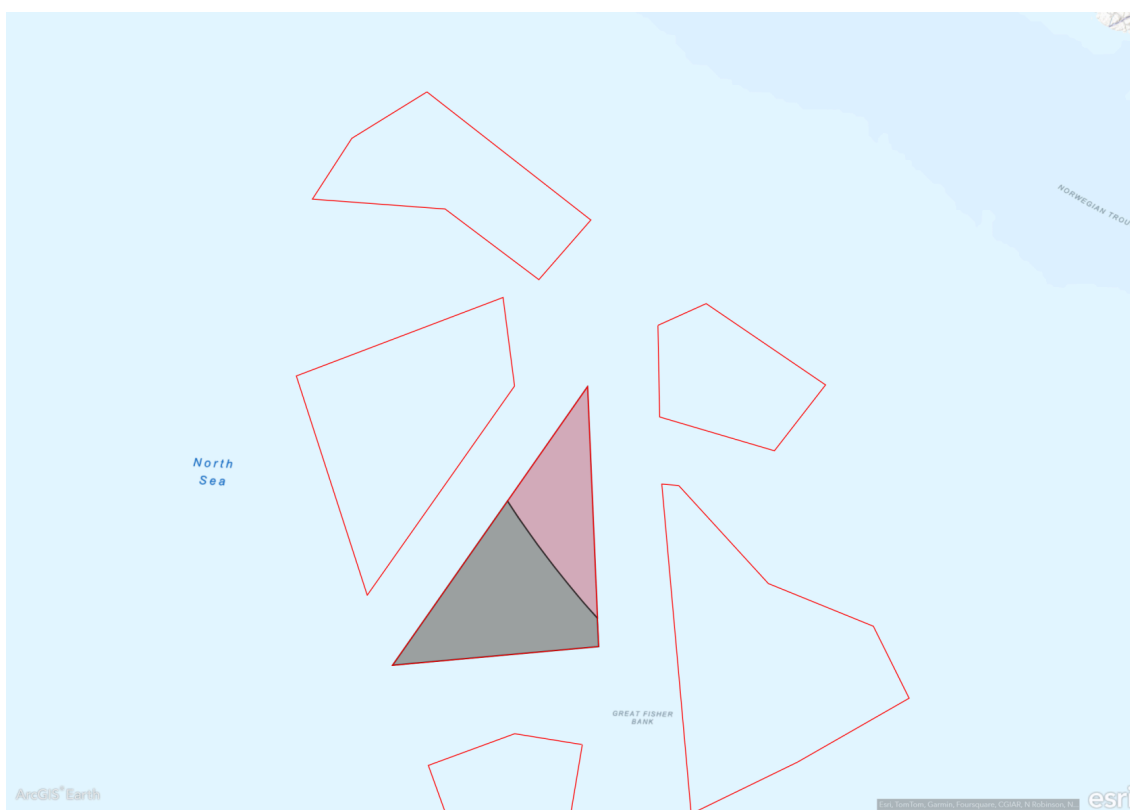
Deler av området er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Se oversikt i figur 11



Figur 11: Viser Sørvest C sammen med dekningsområdet for Hægebostad værradar (grønt). Dekningsradius for værradaren er 240km.

Verdi og påvirkning

Deler av Sørvest A er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Disse delene av Sørvest A gis verdi -1. Områder som ikke er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar settes til 0.



Figur 12: Viser verdier for Sørvest A. Rosa er verdi -1 mens grått er verdi 0

Konsekvenser

Forstyrrelser i værradardata

Vi er usikre på om en vindkraftutbygging vil gi forstyrrelser innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar i deler av tiden.

Kunnskapsmangler for Sørvest C

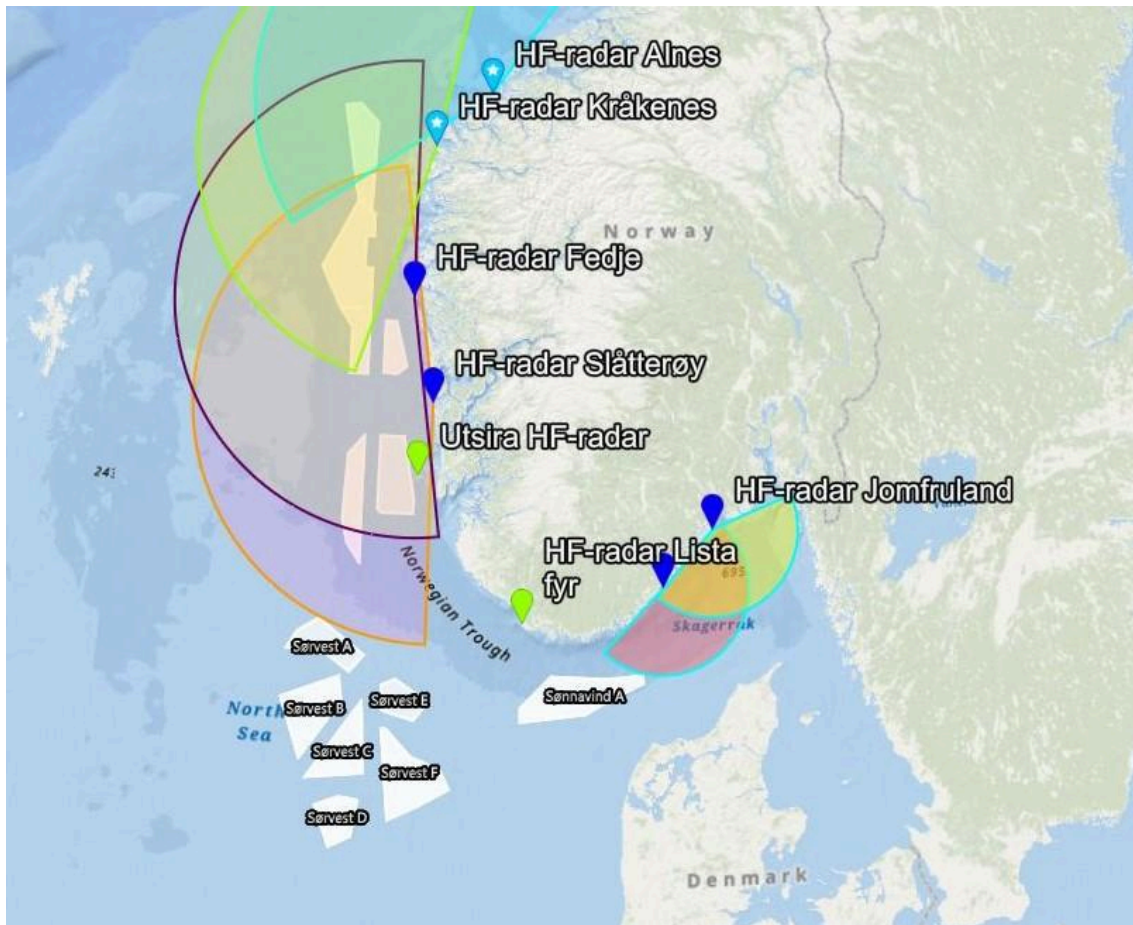
-Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

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 Sørvest C og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene hvis det skulle vise seg at vi opplever forstyrrelser.

Havstrømradar

Identifiserte verdier

Hele det foreslåtte området Sørvest C ligger utenfor dekningsområdet til HF-radarene som MET har i drift i dag. Se figur 13 for oversikt. Men store deler av området ligger innenfor fremtidige HF-radarer på sørvest-kysten av Norge.



Figur 13: Plassering av Sørvest C i HF-radarenes dekningsområde

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Sørvest C området vil kunne forstyrre fremtidige Havstrømradarer på sørvestkysten av Norge på en slik måte at en stor del av radial-dataene blir ødelagt. Plassering av nye HF-radarer fra tilskudd fra Energidepartementet må tilpasses slik at de får best mulig effekt som avbøtende tiltak.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på Havvindradarer fra vindturbiner i området Sørvest 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 Sørvest C og radius fra Sørvest C til de respektive radarene. Dette arealet er vesentlig større enn området Sørvest 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 Sørvest C for havstrømradarene er Alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Sørvest C på havstrømradarene 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.
- 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 Sørvest 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 Sørvest 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 Sørvest D

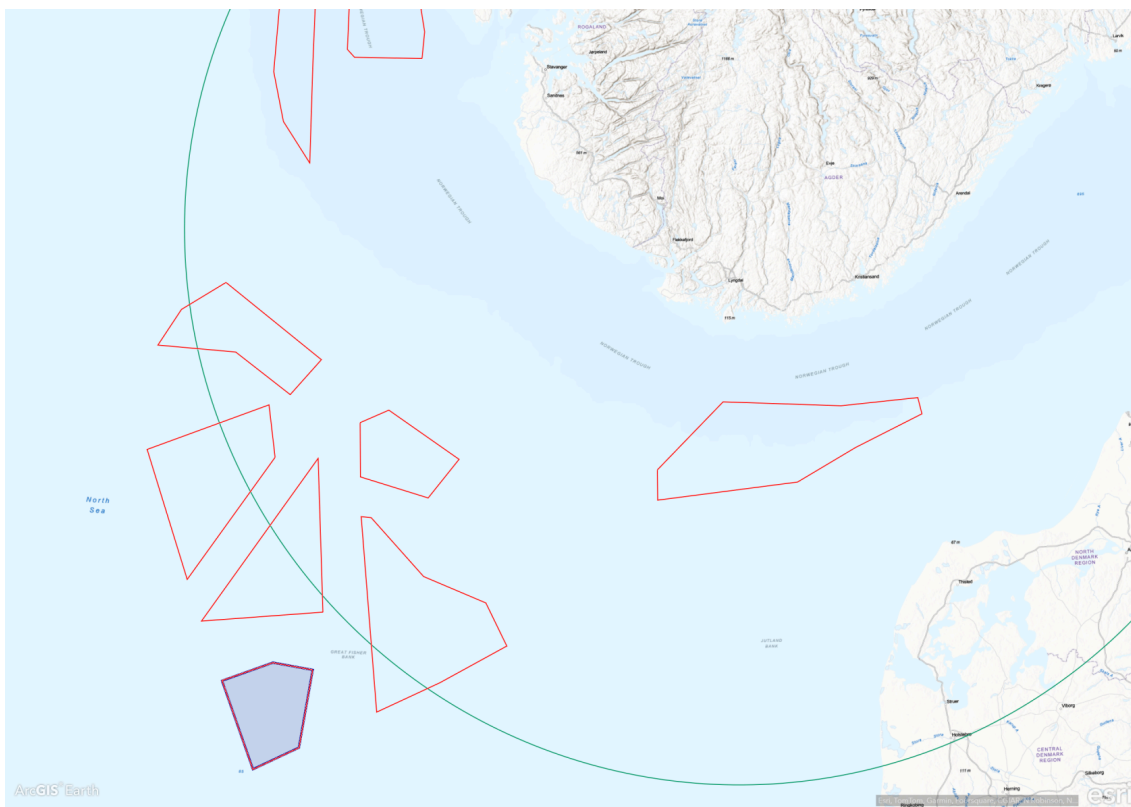
Sammendrag

Sørvest D ligger utenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Vi forventer ingen konsekvenser for værradar data, og verdi settes til 0.

Værradar

Identifiserte verdier

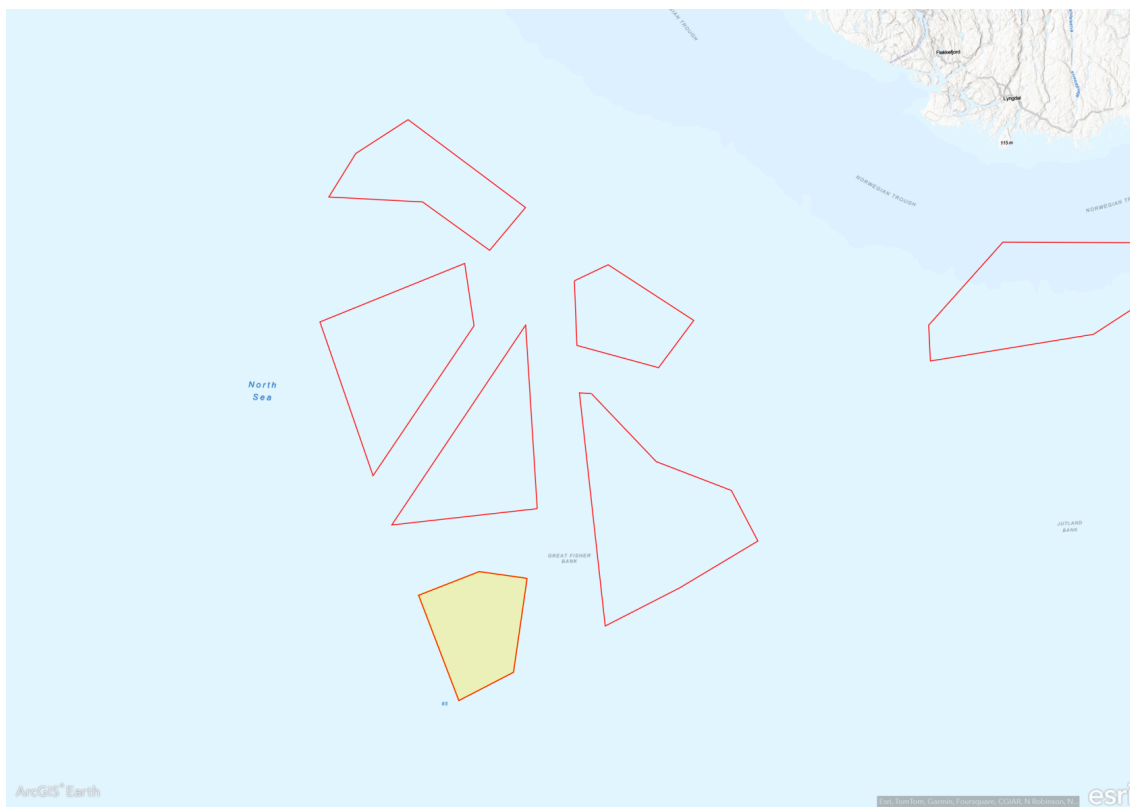
Hele området ligger utenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Se oversikt i figur 14



Figur 14: Viser Sørvest D sammen med dekningsområdet for Hægebostad værradar (grønt). Dekkningsradius for Hægebostad værradar er 240km.

Verdi og påvirkning

Verdien av Sørvest D settes til 0.



Figur 15: Sørvest D i gult. Verdien er 0.

Konsekvenser

Forstyrrelser i værradardata

Vi forventer ingen konsekvenser for værradar data ved utbygging av sørvest D

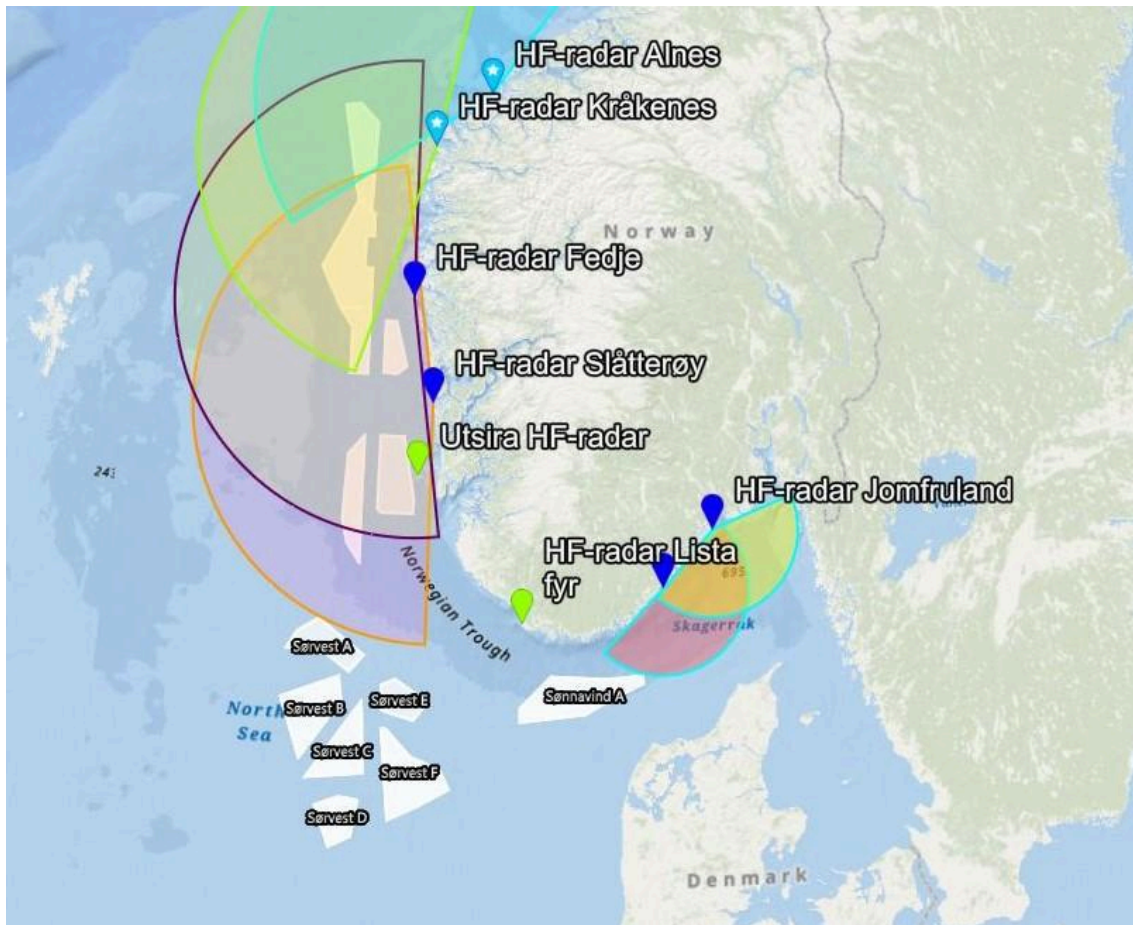
Kunnskapsmangler for Sørvest D

En utbygging av Sørvest D vil i utgangspunktet ikke gi noen konsekvenser for værradar data. Større vindparker kan imidlertid redusere vinden i områder bak vindparken, noe som igjen kan påvirke andre utbyggingsområder.

Havstrømradar

Identifiserte verdier

Hele det foreslåtte området Sørvest D ligger utenfor dekningsområdet til HF-radarene som MET har i drift i dag. Se figur 16 for oversikt. Avstanden fra land til Sørvest D er også større enn rekkevidden til dagens HF-radarer.



Figur 16: Plassering av Sørvest D i HF-radarenes dekningsområde

Verdi og påvirkning

Vindturbiner i Sørvest D vil ikke påvirke HF-radarer.

Konsekvenser

Vi vurderer at det ikke har noen konsekvenser for HF-radar med full utbygging av Sørvest D, Kode 0.

**Meteorologisk
institutt**
Meteorological
Institute
Org.no 971274042
post@met.no

Oslo
P.O. Box 43
Blindern
0313 Oslo,
Norway
T. +47 22 96 30
00

Bergen
Allégaten 70
5007 Bergen,
Norway
T. +47 55 23 66
00

Tromsø
P.O. Box 6314,
Langnes
9293 Tromsø,
Norway
T. +47 77 62 13
00

www.met.no

Vurdering av Sørvest E

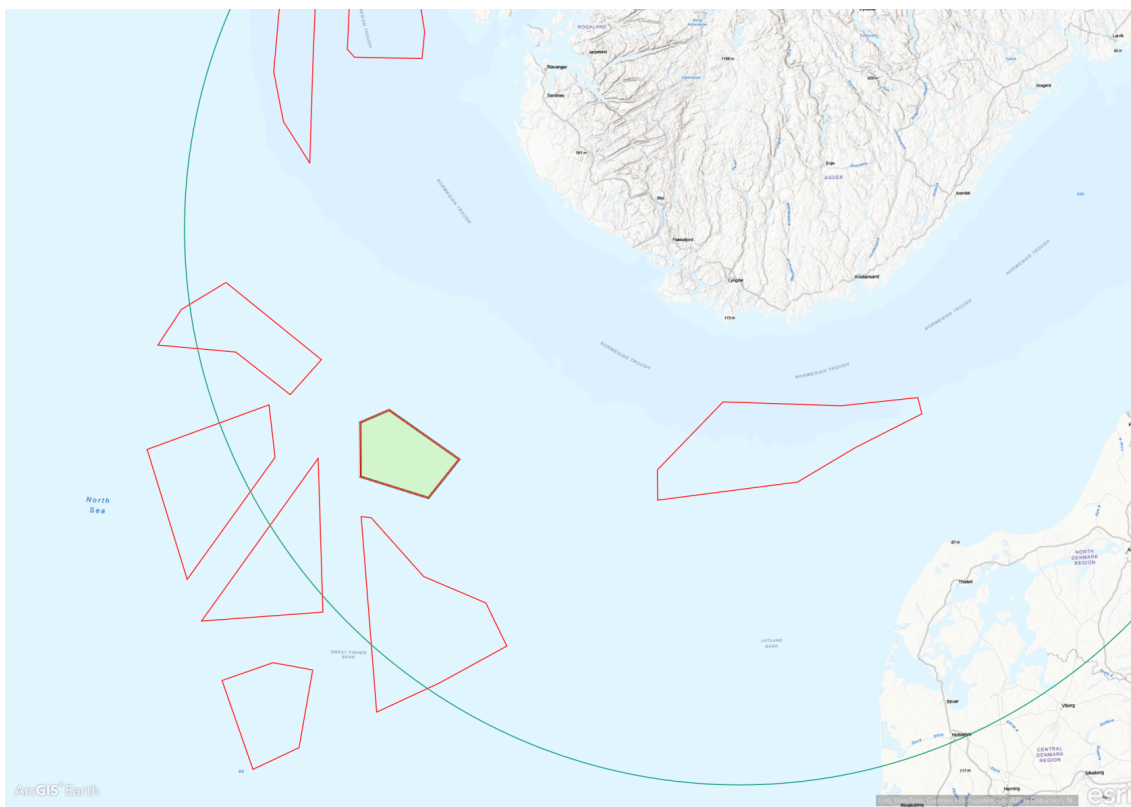
Sammendrag

Sørvest E ligger innenfor dekningsradius til Hægebostad værradar. Verdi settes til -1.
Vi er usikre på om en utbygging i perioder vil gi forstyrrelser i værradardataene.

Værradar

Identifiserte verdier

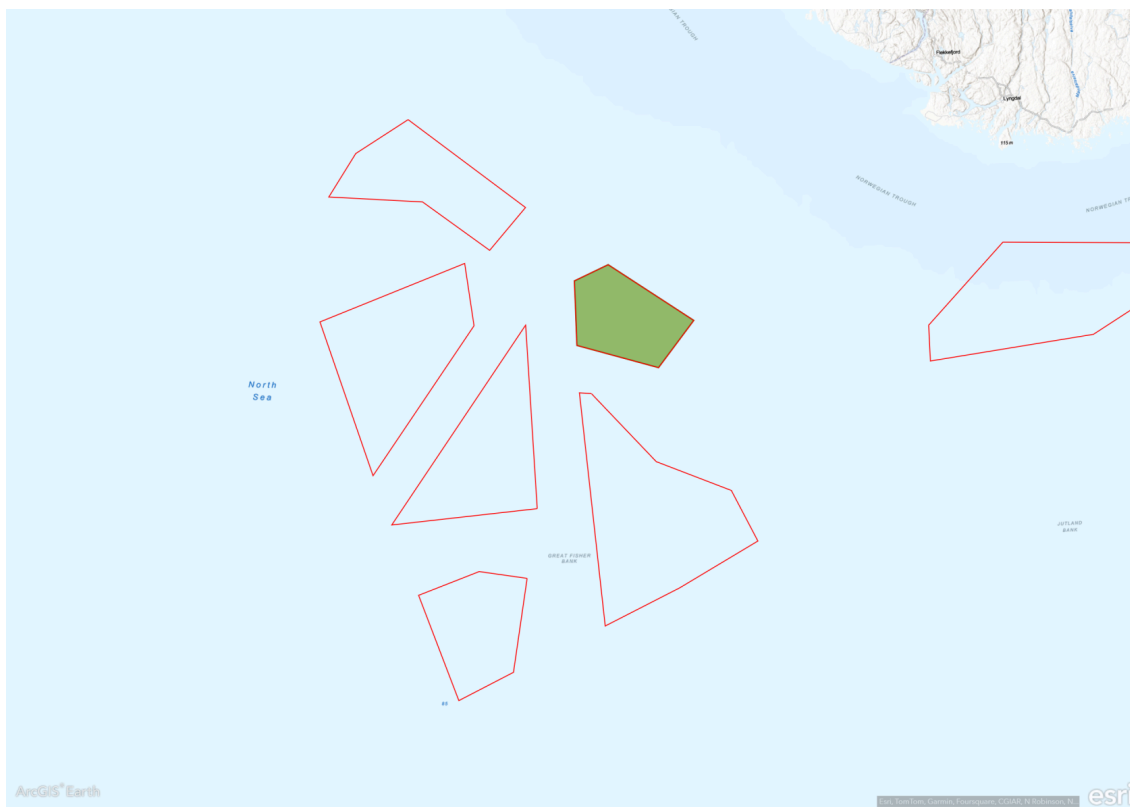
Hele området er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar. Se oversikt i figur 17



Figur 17: Viser Sørvest E sammen med dekningsområdet for Hægebostad værradar (grønt). Radius for dekningsområdet er 240km.

Verdi og påvirkning

Sørvest E er innenfor dekningsområdet til Hægebostad værradar og gis verdi -1.



Figur 18: Viser verdier for Sørvest E. Grønt område har verdi -1.

Konsekvenser

Forstyrrelser i værradardata

Vi er usikre på om en vindkraftutbygging vil gi forstyrrelser i deler av tiden, samt hvor sterke forstyrrelsene vil være.

Kunnskapsmangler for Sørvest E

-Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

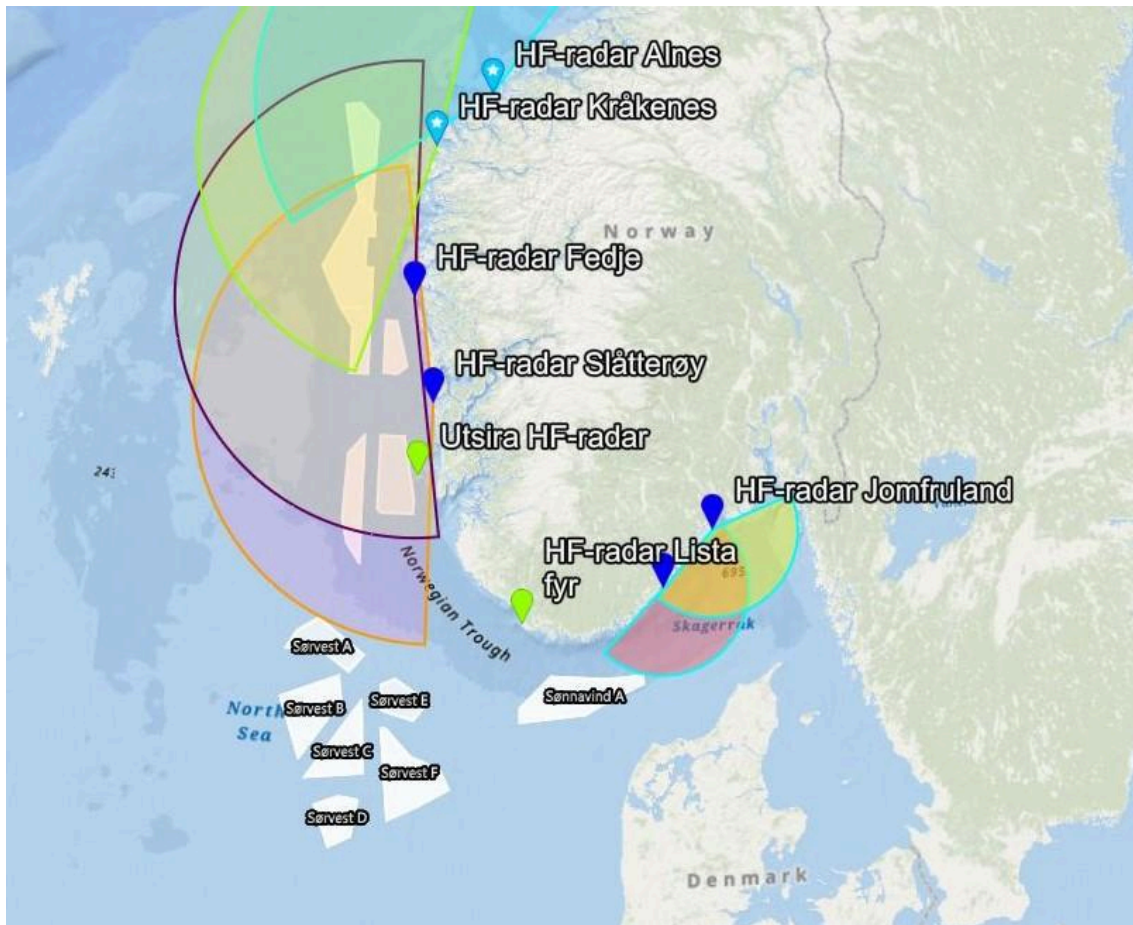
Det finnes i dag ingen meteorologisk erfaring med utbygging av vindparker av dette omfanget og størrelse og turbiner av denne størrelsen. Det finnes anbefalinger om at vindparker ikke skal være større enn 10 km², med en avstand på 10 km mellom

vindparkene. Vi har i Norge ingen erfaring med anlegg på størrelse med Sørvest E, og vi har heller ikke algoritmer klare for å bruke observasjoner fra andre instrumenter som en erstatning for radardataene hvis det skulle vise seg at vindparken vil forstyrre radardataene.

Havstrømradar

Identifiserte verdier

Hele det foreslåtte området Sørvest E ligger utenfor dekningsområdet til HF-radarene som MET har i drift i dag. Se figur 19 for oversikt. Men området ligger innenfor fremtidige HF-radarer på sørvest-kysten av Norge.



Figur 19: Plassering av Sørvest E i HF-radarenes dekningsområde

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Sørvest E området vil kunne forstyrre fremtidige Havstrømradarer på sørvestkysten av Norge på en slik måte at en stor del av

radial-dataene blir ødelagt. Plassering av nye HF-radarer fra tilskudd fra Energidepartementet må tilpasses slik at de får best mulig effekt som avbøtende tiltak.

Konsekvenser

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

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 Sørvest E for havstrømradataene er Alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Sørvest E på havstrømradataene 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.
- 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 Sørvest E 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 Sørvest E

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 taes høyde for.

For manuell værvarsling kreves en periode for å lære seg hvordan vindparkene påvirker værsystemene. Som nevnt tidligere, finnes det litteratur om vindparks 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.



Norwegian
Meteorological
Institute

METreport

No. 4/2025
ISSN 2387-4201
Radar

Strategisk konsekvensutredning for havvind, Fagutredning for virkninger på radar

Delrapport 2.3 – vurdering av Nordvest A, Nordvest B og Nordvest C

Laila Fodnes Sidselrud og Werner Eriksen

Classification: open



Title Strategisk konsekvensutredning for havvind, Fagutredning for virkninger på radar, Delrapport 2.3 – vurdering av Nordvest A, Nordvest B og Nordvest C	Date 17.03.2025
Section Avdeling for observasjonskvalitet og databehandling	Report no. No. 4/2025
Author(s) Laila Fodnes Sidselrud og Werner Eriksen	Classification ● Free ○ Restricted
Client(s) NVE	Client's reference
Abstract Energidepartementet har gitt NVE 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 og 2.2 er levert, og disse omfatter resten av Vestavind, Sønnavind og Sørvest områder. Dette er del 2.3 som omfatter Nordvest A, Nordvest B og Nordvest C. 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

Kort informasjon om metodegrunnlag og verdier for værradar	5
Vurdering av Nordvest A	5
Sammendrag	6
Værradar	7
Identifiserte verdier	7
Verdi og påvirkning	7
Konsekvenser	9
Kunnskapsmangler for Nordvest A	10
Havstrømradar	11
Identifiserte verdier	11
Verdi og påvirkning	12
Konsekvenser	12
Kunnskapsmangler for Nordvest A	13
Vurdering av Nordvest B	14
Sammendrag	14
Værradar	14
Identifiserte verdier	14
Verdi og påvirkning	15
Konsekvenser	15
Kunnskapsmangler for Nordvest B	16
Havstrømradar	17
Identifiserte verdier	17
Verdi og påvirkning	18
Konsekvenser	18
Kunnskapsmangler for Nordvest B	19
Vurdering av Nordvest C	20
Sammendrag	20
Værradar	20

Identifiserte verdier	20
Verdi og påvirkning	21
Konsekvenser	21
Kunnskapsmangler for Nordvest C	22
Havstrømradar	23
Identifiserte verdier	23
Verdi og påvirkning	24
Konsekvenser	24
Kunnskapsmangler for Nordvest C	25
Havvindutbygging og påvirkning av lokalklima, sirkulasjon og værvarsling	26
Sammendrag	26
Atmosfærisk sirkulasjon og lokalklima	26
Lynaktivitet i et område med havvind	26
Værvarsling i områder med storstilt havvindutbygging	27

Kort informasjon om metodegrunnlag og verdier for værradar

Oversikt

Metodegrunnlaget for rapporten er beskrevet i delrapport 1 under kunnskapsgrunnlag og metode. Vi oppgir verdier for de ulike utbyggingsområdene fra +5 svært store positive konsekvenser til -5 svært store negative konsekvenser. Vi har overveiende brukt verdiene på følgende måte:

- -5 : Områder der hovedradarsignalet blokkeres av en standard turbin. Dette skaper svekkelser i signalene også lenger fra radaren enn selve turbinene.
- -4: Områder der en åpningsvinkel på 2° vil la signaler treffe turbinene. Her vil radaren konstant oppleve forstyrrelser
- -3: Områder som ligger innenfor radiohorisont. Det er her fri sikt mellom radar og turbin. Radarproduktene vil oppleve forstyrrelser store deler av tiden.
- -1: Områder innenfor radarens dekningsområde. Radarprodukter kan i noen tilfeller oppleve forstyrrelser.
- 0: områder utenfor radarens dekningsområde. En utbygging vil trolig ikke ha konsekvenser for radarproduktene.

Vi viser varslingshorisont for områder der en utbygging vil påvirke nåværende automatiserte radarprodukter på land. Det er mulig vi i framtiden kan få automatiserte radarprodukter også i havområdene, og disse vil da kunne påvirkes.

Vurdering av Nordvest A

Sammendrag

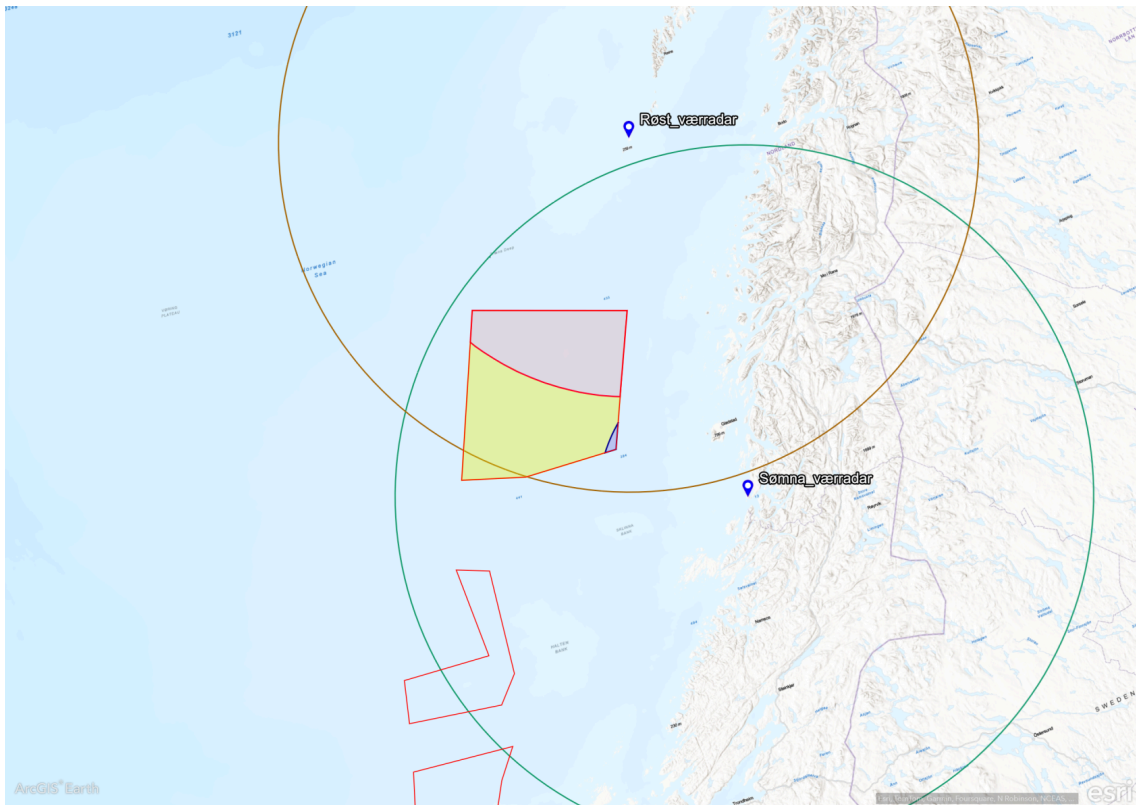
Nordvest A ligger innenfor dekningsområdet til værradarene på Røst og i Sømna. Utbyggingsområdet er delt inn i tre verdikategorier. Vi har et område i nord hvor vi vet det vil bli konstante forstyrrelser. Her er verdien satt til -4. Det er et område i sørøst hvor det trolig blir forstyrrelser det meste av tiden. Her er verdien satt til -3. I resten av området er verdien satt til -1. En utbygging vil gi forstyrrelser i radardata, men ingen blokkeringer. Ved en utbygging av hele området vil Vega, Dønna og deler av Sandnessjøen ikke lenger få 90 minutters radarbasert nedbørvarsel.

Hele det foreslåtte området Nordvest A ligger utenfor dekningsområdet til HF-radarene som MET har i drift i dag, men området ligger innenfor fremtidige HF-radarer på kysten av Nordland. Interferens fra vindturbiner i Nordvest A-området vil kunne forstyrre fremtidige havstrømradarer på kysten av Nordland på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Vi vurderer at konsekvensen av full utbygging av Nordvest A for havstrømradarene er alvorlig, kode -4.

Værradar

Identifiserte verdier

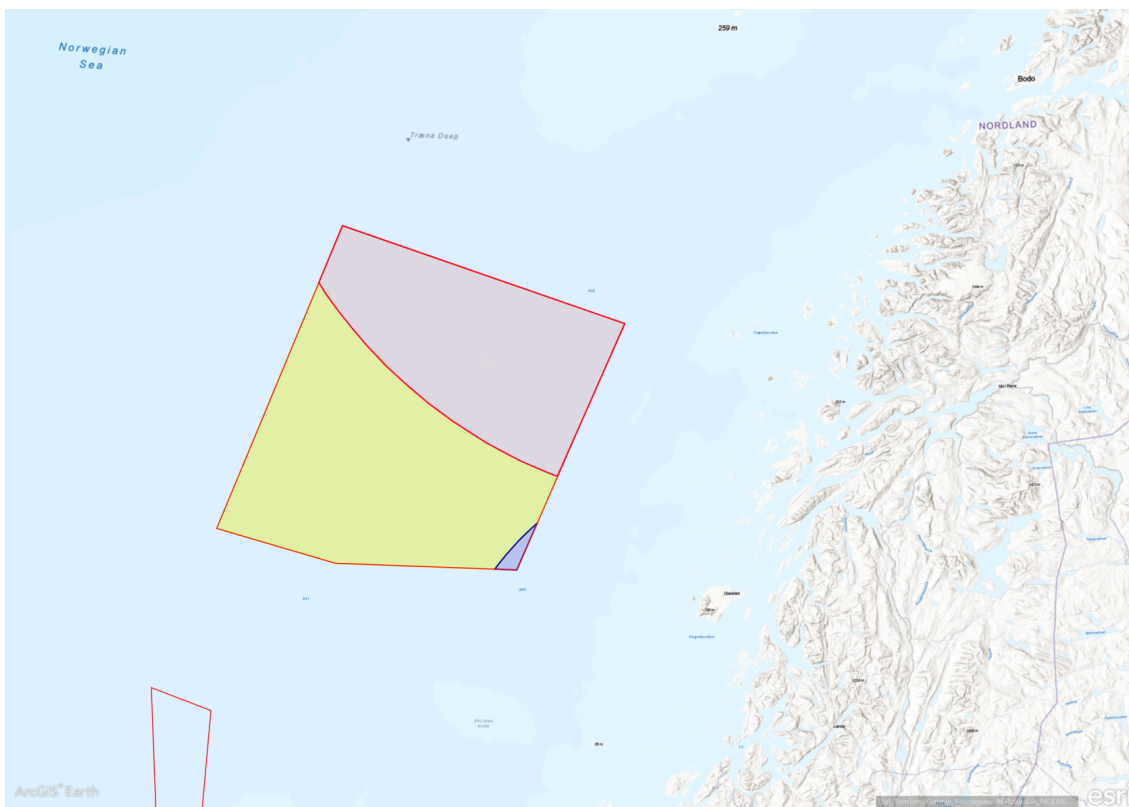
Utbyggingsområdet Nordvest A dekkes av værradarene på i Sømna og på Røst som vist i figur 1.



Figur 1. Viser Nordvest A som markert område med markert radardekkning fra Røst værradar og sømna værradar. Værradarene har den dekkningsradius på 240km.

Verdi og påvirkning

Nordvest A er et stort område, og vi forventer ulik påvirkning av værradardataene i ulike deler av området. Figur 2 viser disse ulike delene definert med farger, og jeg vil i fortsettelsen vise til disse fargene.



Figur 2. Verdi av ulike deler av Nordvest A. Rosa område har verdi -4, fiolett område har verdi -3 og gult område har verdi -1. Størrelsen av de ulike områdene er beregnet ut fra en standard turbin.

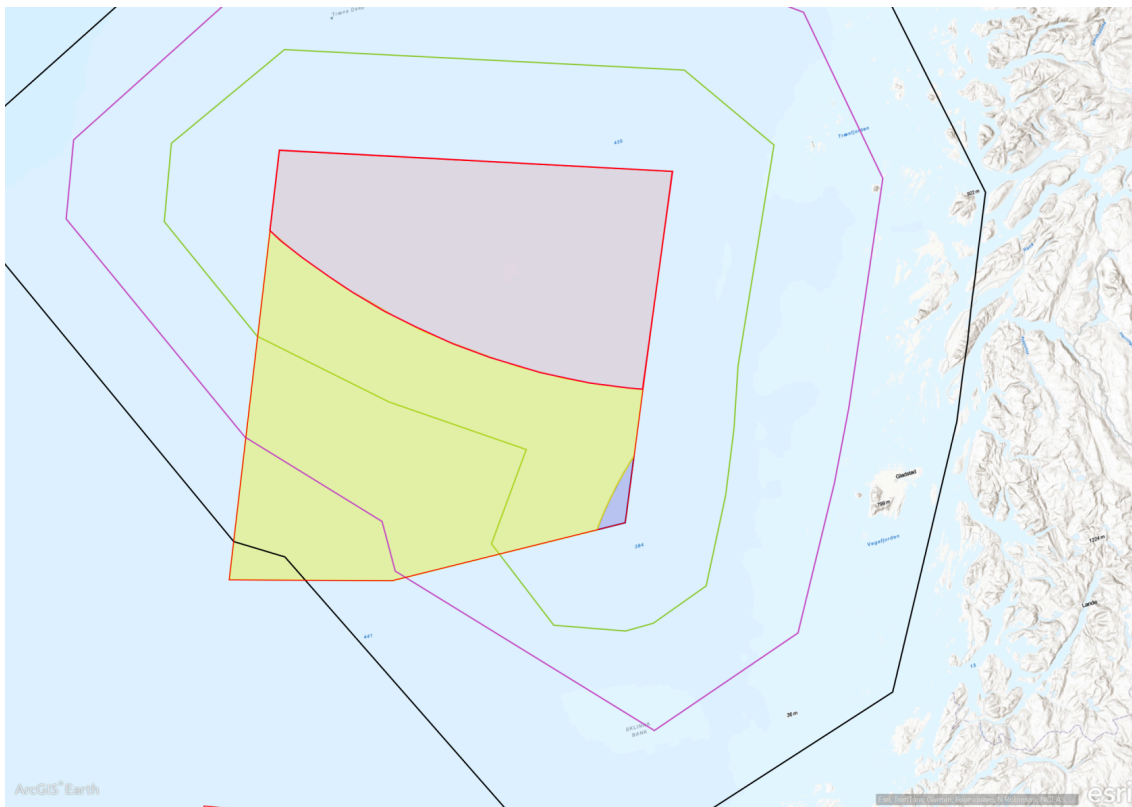
Det rosa området i nord har verdi -4. Dette er fordi vi er sikre på at vi innenfor dette området vil ha konstante forstyrrelser i værradardata. Forstyrrelsene kommer i værradardata fra Røst værradar. Denne radaren står lavt, og vil derfor ha radarsignaler i lavere høyde enn radaren i Sømna. I radardataene fra Røst værradar er det to terrengblokkeringer sørover. Disse stammer fra Nonstuva på Vedøya 205m og Storfjellet på øya Storfjellet 259m. Disse toppene er imidlertid lavere enn total turbinhøyde på 308 meter. Dermed vil vindturbiner forstyrre høyere elevasjoner av radardata, også der det er terrengblokkeringer av de laveste radarelevasjonene. Avgrensningen av området med verdi -4 er gitt med en antenneåpningsvinkel på 2°.

I det sørøstlige hjørnet av Nordvest A finner vi et lite område markert med fiolett. Dette området har verdi -3 siden det er innenfor radarhorisonten til Sømna værradar. Vi forventer derfor forstyrrelser i dette området store deler av tiden.

Resten av Nordvest A er markert i gult og har verdi -1. Området ligger innenfor dekningsområdene til Røst og/eller Sømna værradar og kan derfor få forstyrrelser, men vi tror ikke forstyrrelsene kommer i stort omfang.

Konsekvenser

Forstyrrelser i radardataene kan føre til forvirring hos brukerne av radardata siden en vindpark kan se ut som et nedbørområde. Forstyrrelsene vil også påvirke produksjonen av automatiske radarprognoser. Vi sender ut et nåvarsel på nedbør 90 minutter fram i tid, og dette produktet baserer seg på radarobservasjoner. Figur 3 viser varslingshorisonten for de områdene hvor vi forventer omfattende forstyrrelser i radardata.



Figur 3. Varslingshorisont for områder i Nordvest A hvor vi forventer at det automatiske nedbørvarslet påvirkes av en vindkraftutbygging med standardturbin på 308 m. Grønn linje indikerer 30 minutters varslingshorisont, fiolett linje indikerer 60 min varslingshorisont og sort linje indikerer 90 min varslingshorisont

Ved en utbygging av rosa og fiolett markerte områder i Nordvest A, vil steder som Vega, Dønna og deler av Sandnessjøen ikke lenger få 90 minutters nedbørvarsel.

Kunnskapsmangler for Nordvest A

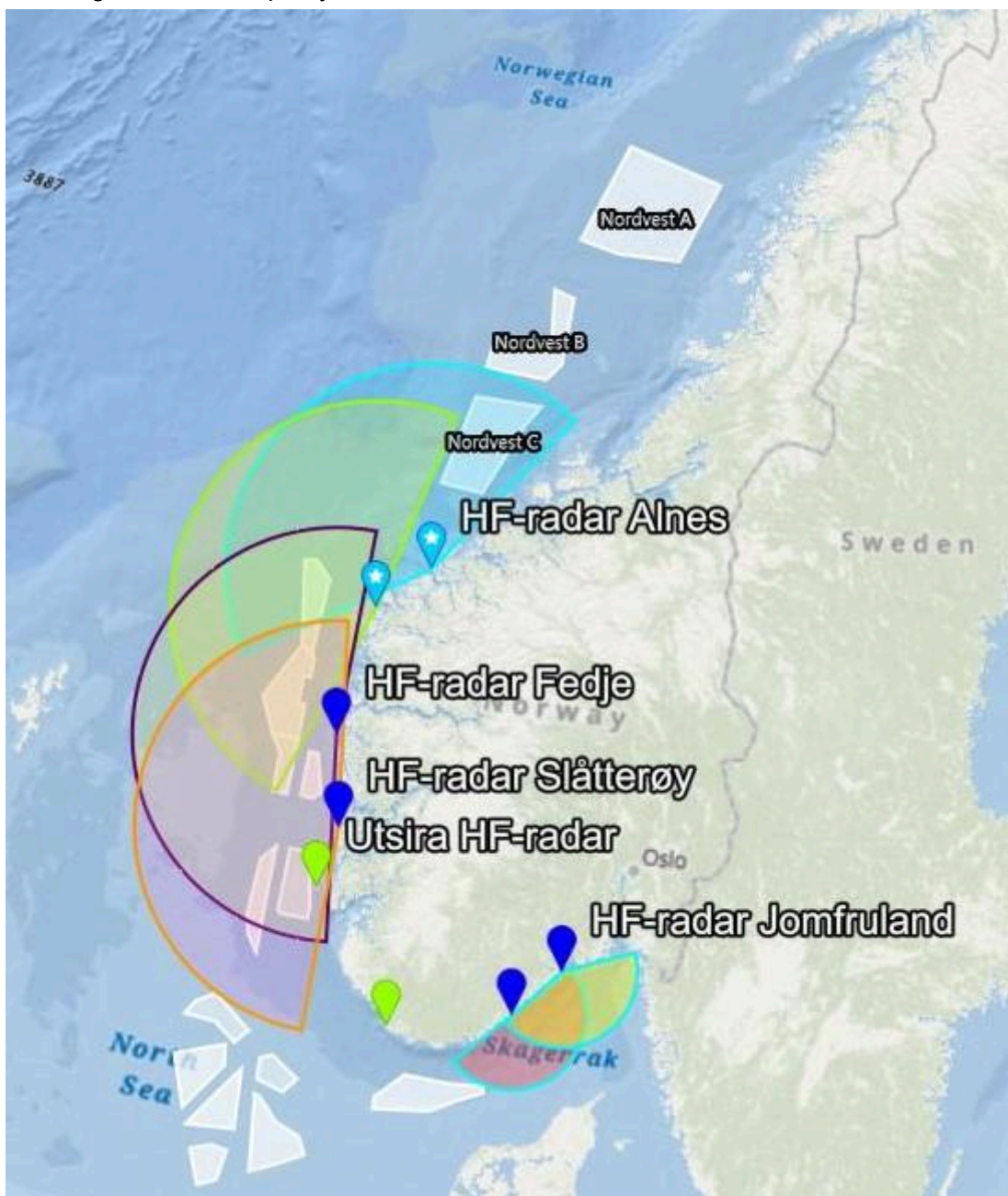
Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

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 Nordvest 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 lovende 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 Nordvest A ligger utenfor dekningsområdet til HF-radarene som MET har i drift i dag. Se figur 4 for oversikt. Men området ligger innenfor fremtidige HF-radarer på kysten av Nordland.



Figur 4: Plassering av Nordvest A i HF-radarenes dekningsområde

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Nordvest A-området vil kunne forstyrre fremtidige havstrømradarer på kysten av Nordland på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt.

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på havvindradarer fra vindturbiner i området Nordvest 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 Nordvest A og radius fra Nordvest A til de respektive radarene. Dette arealet er vesentlig større enn området Nordvest 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 Nordvest A for havstrømradarene er alvorlig, kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Nordvest A på havstrømradarene 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.
- 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 Nordvest 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 Nordvest 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 Nordvest B

Sammendrag

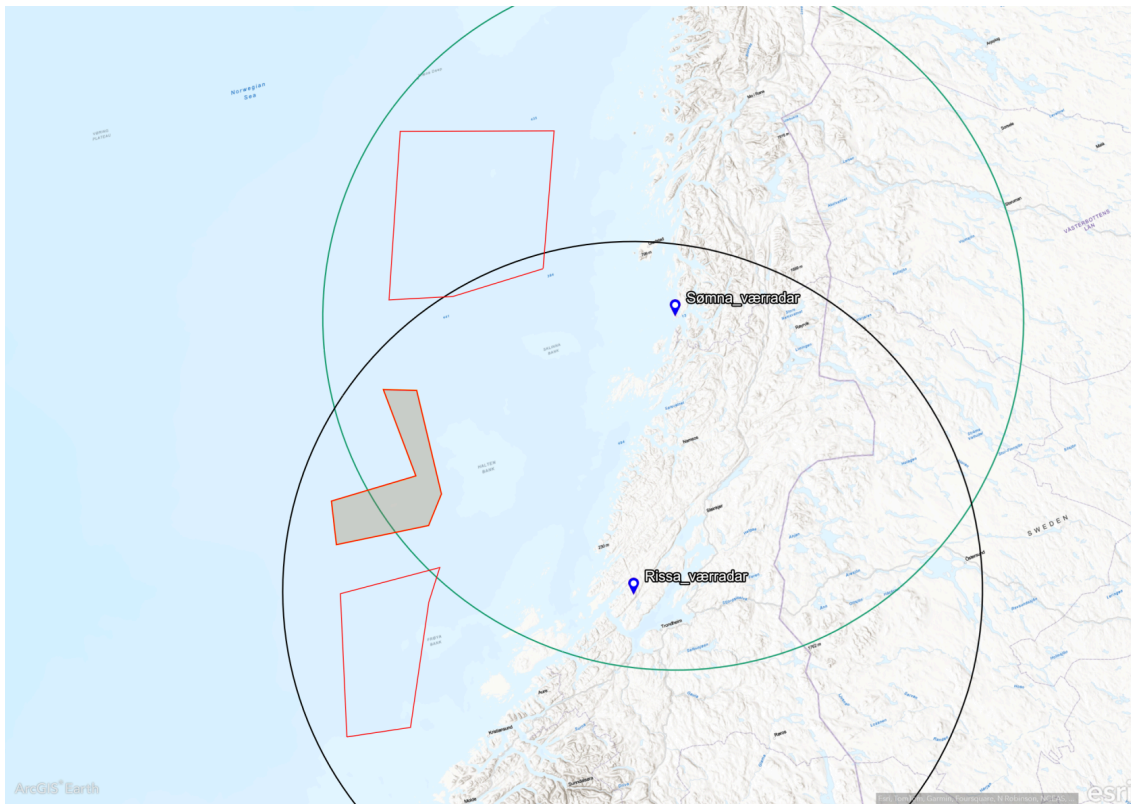
Nordvest B ligger innenfor dekningsområdet til værradarene i Rissa og Sømna, men ut fra avstand og radarhøyde tror vi ikke vi vil oppleve konstante forstyrrelser i værradar data ved en utbygging med standard turbin. Forstyrrelser vil imidlertid fra tid til annen forekomme. Vi er usikre på hvor ofte. Verdien settes til -1.

Hele det foreslåtte området Nordvest B ligger utenfor dekningsområdet til HF-radarene som MET har i drift i dag, men området ligger innenfor fremtidige HF-radarer på kysten av Nordland. Interferens fra vindturbiner i Nordvest B-området vil kunne forstyrre fremtidige havstrømradarer på kysten av Nordland på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Vi vurderer at konsekvensen av full utbygging av Nordvest B for havstrømradarene er alvorlig, kode -4.

Værradar

Identifiserte verdier

Nordvest B ligger innenfor dekningsområdet til værradarene på i Rissa og Sømna. Se figur 5.



Figur 5 viser utbyggingsområdet Nordvest B markert med fyll, sammen med dekningsområdet til værradarene i Rissa og Sømna. Dekningsområdet til radarene er 240km.

Verdi og påvirkning

Nordvest B ligger innenfor dekningsområdet til værradarene på i Rissa og Sømna, men avstanden gjør at vi mener de ikke vil gi en konstant forstyrrelse i radardataene. Vi tror det vil komme forstyrrelser fra en utbygging, men er usikker på hvor mange dager i året forstyrrelsene vil opptre. Verdien av Nordvest B settes derfor til -1.

Konsekvenser

En utbygging av Nordvest B 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. Hvis det skulle vise seg at forstyrrelsene har et større omfang enn det vi her har antatt, så vil det bli nødvendig å fjerne ett område som er noe større enn vindparken fra værradardataene, og dette kan påvirke muligheten for å gi 90 minutters nedbørvarsel enkelte steder på kysten.

Kunnskapsmangler for Nordvest B

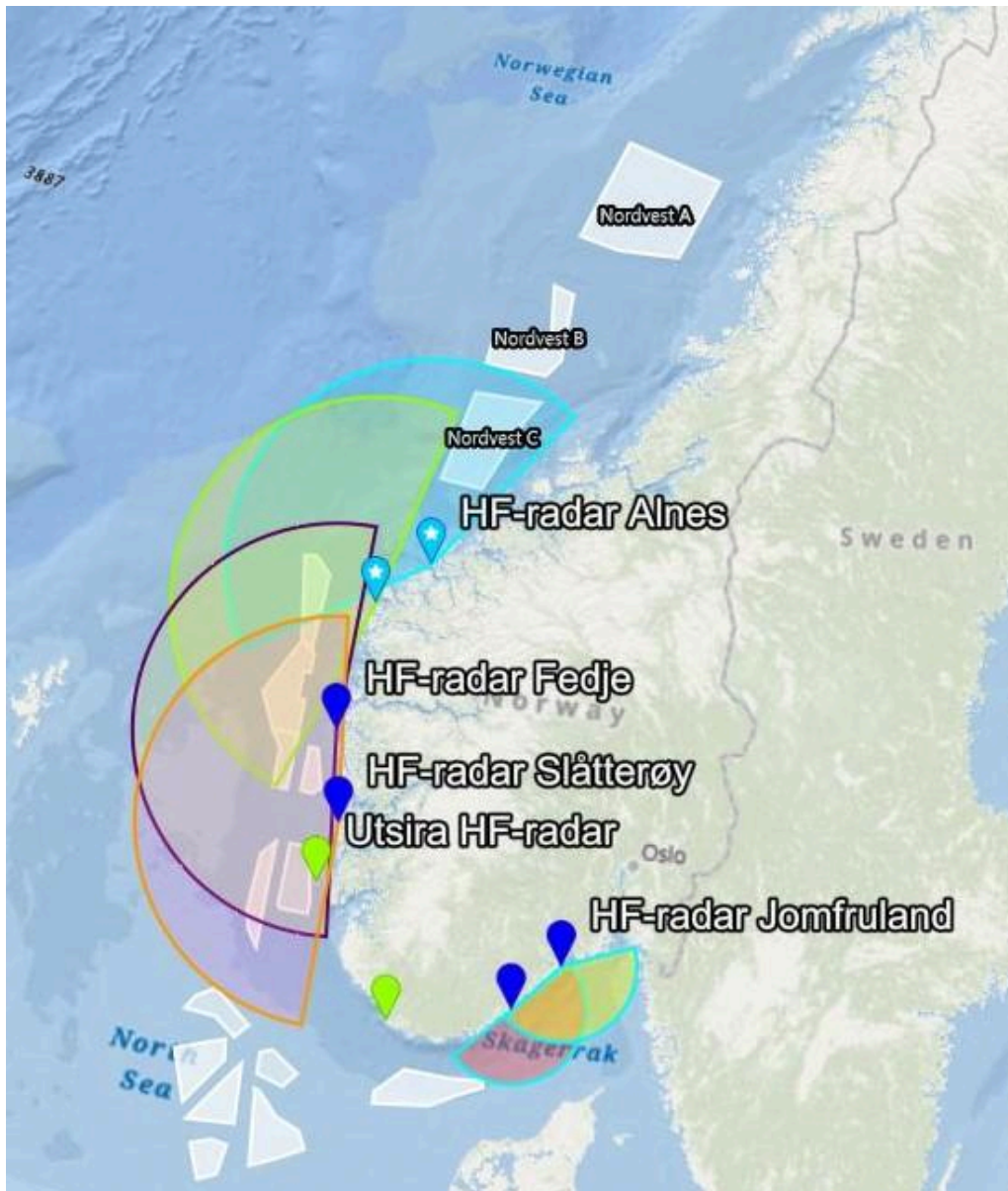
Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

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 Nordvest 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 lovende 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 Nordvest B ligger utenfor dekningsområdet til HF-radarene som MET har i drift i dag. Se figur 6 for oversikt. Men store deler av området ligger innenfor fremtidige HF-radarer på kysten av Nordland..



Figur 6: Plassering av Nordvest B i HF-radarenes dekningsområde

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Nordvest B området vil kunne forstyrre fremtidige havstrømradarer på kysten av Nordland på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt..

Konsekvenser

Konsekvensene av forstyrrelser på havvindradarer fra vindturbiner i området Nordvest 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 Nordvest B og radius fra Nordvest B til de respektive radarene. Dette arealet er vesentlig større enn området Nordvest 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 Nordvest B for havstrømradarene er alvorlig, kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Sørvest B på havstrømradarene 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.
- Strømningsmålere plassert og driftet av operatørene i havvindparkene er også et avbøtende tiltak. Disse kan måle havstrømmer i punkter i parken og overføre

18

dataene i sanntid. Vi foreslår 6 strømningsmålere plassert i Nordvest 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 Nordvest 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 Nordvest C

Sammendrag

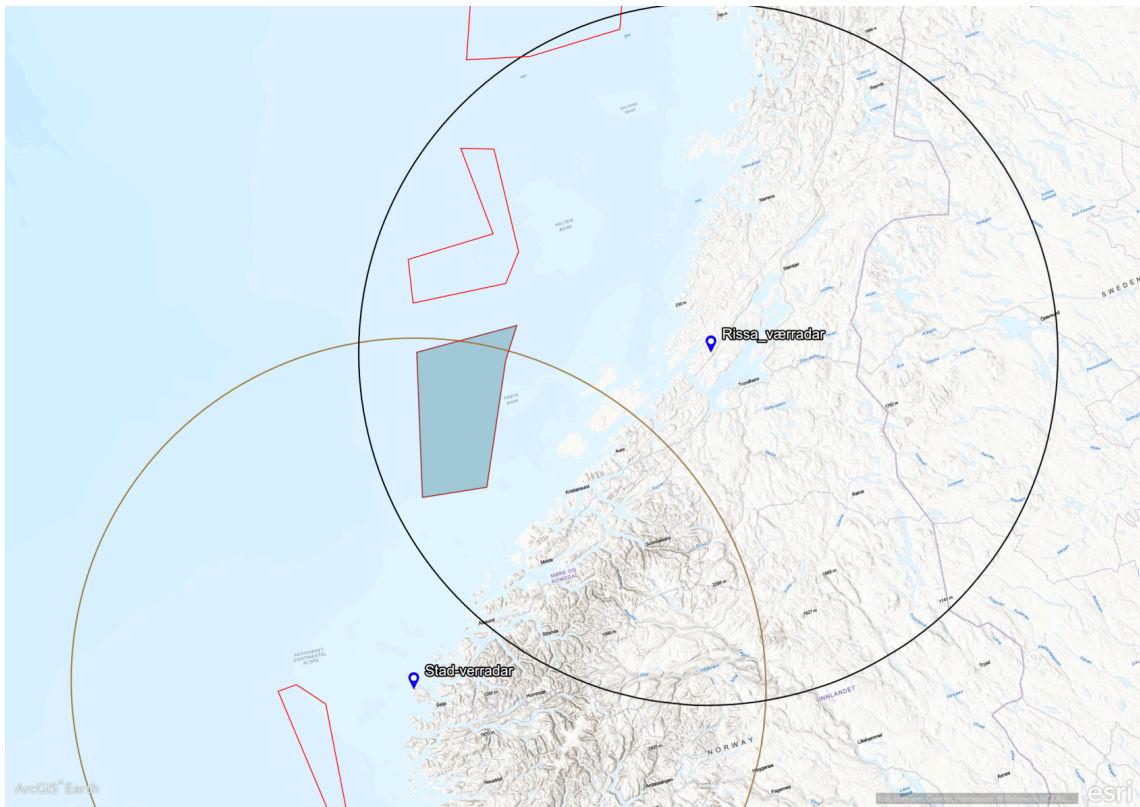
Nordvest C ligger innenfor dekningsområdet til værradarene på Stad og i Rissa, men ut fra avstand og radarhøyde tror vi ikke vi vil oppleve konstante forstyrrelser i værradar data ved en utbygging med standard turbin. Forstyrrelser vil imidlertid fra tid til annen forekomme. Vi er usikre på hvor ofte. Verdien settes til -1

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

Værradar

Identifiserte verdier

Nordvest C ligger innenfor dekningsområdet til værradarene på Stad og Rissa. Se figur 7.



Figur 7 viser utbyggingsområdet Nordvest C i blått, sammen med dekningsområdet til værradarene på Stadt og Rissa. Dekningsområdet til radarene er 240km.

Verdi og påvirkning

Nordvest C ligger innenfor dekningsområdet til værradarene på Stadt og i Rissa, men avstanden gjør at vi mener de ikke vil gi en konstant forstyrrelse i radardataene. Vi tror det vil komme forstyrrelser fra en utbygging, men er usikker på hvor mange dager i året forstyrrelsene vil opptre. Verdien av Nordvest C settes derfor til -1.

Konsekvenser

En utbygging av Nordvest C 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. Hvis det skulle vise seg at forstyrrelsene har et større omfang enn det vi her har antatt, så vil det bli nødvendig å fjerne ett område som er noe større enn vindparken fra værradardataene, og dette kan påvirke muligheten for å gi 90 minutters nedbørvarsel enkelte steder på kysten.

Kunnskapsmangler for Nordvest C

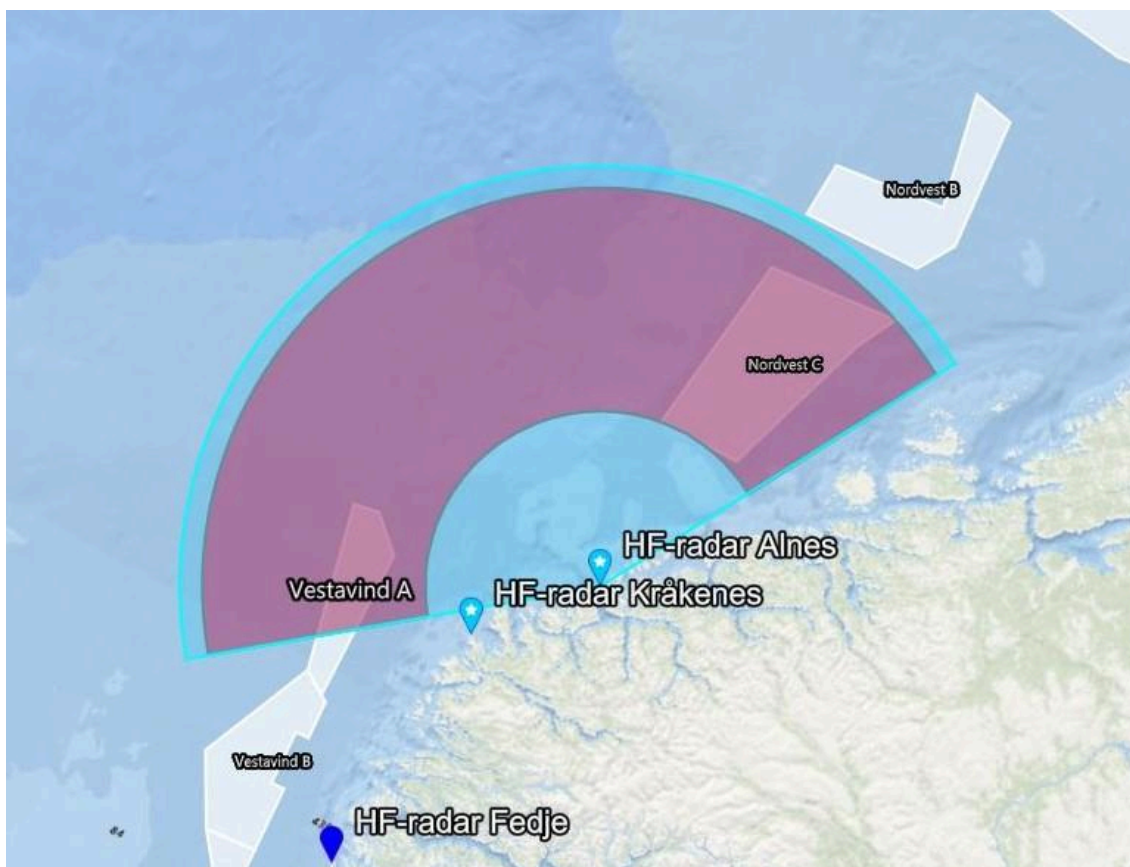
Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

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 Nordvest 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 lovende 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 Norvest C ligger innenfor dekningsområdet til HF-radar på Alnes. Se figur 8 for oversikt.



Figur 8: Rød halvsirkel viser arealet hvor påvirkning fra vindturbiner i Nordvest C vil kunne ødelegge radielle HF-radar data.

Verdi og påvirkning

Interferens fra vindturbiner i Nordvest C området vil kunne forstyrre Havstrømrادaren på Alnes på en slik måte at en stor del av radialdataene blir ødelagt. Se figur 8 som viser hvilke havområder Nordvest C vil kunne ødelegge radielle HF-radardata for.

Konsekvenser

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

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 Nordvest C for havstrømrادarene er alvorlig, kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Nordvest 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 rett øst av turbinene i Nordvest C være ett tiltak. Denne vil kunne kompensere for bortfall av radardata

øst og vest for Nordvest C- området. MET må kompenseres for kostnadene for installasjon og drift av en slik radar.

- Strømningsmålere plassert og driftet av operatørene i havvind-parkene er også et avbøtende tiltak. Disse kan måle havstrømmer i punkter i parken og overføre dataene i sanntid. Vi foreslår 6 strømningsmålere plassert i Nordvest C for å avhjelpe tap av strømningsdata i vindparken. Ettersom parken har direkte innvirkning på sirkulasjonen foreslår vi plasseringer 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 Nordvest 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.

Havvindutbygging og påvirkning av lokalklima, sirkulasjon og værvarsling

Sammendrag

Vi vil i dette kapittelet 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 annet er 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 skyklima og tåkeklima 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 vindparks 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.



Norwegian
Meteorological
Institute

METreport

No. 5/2025
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

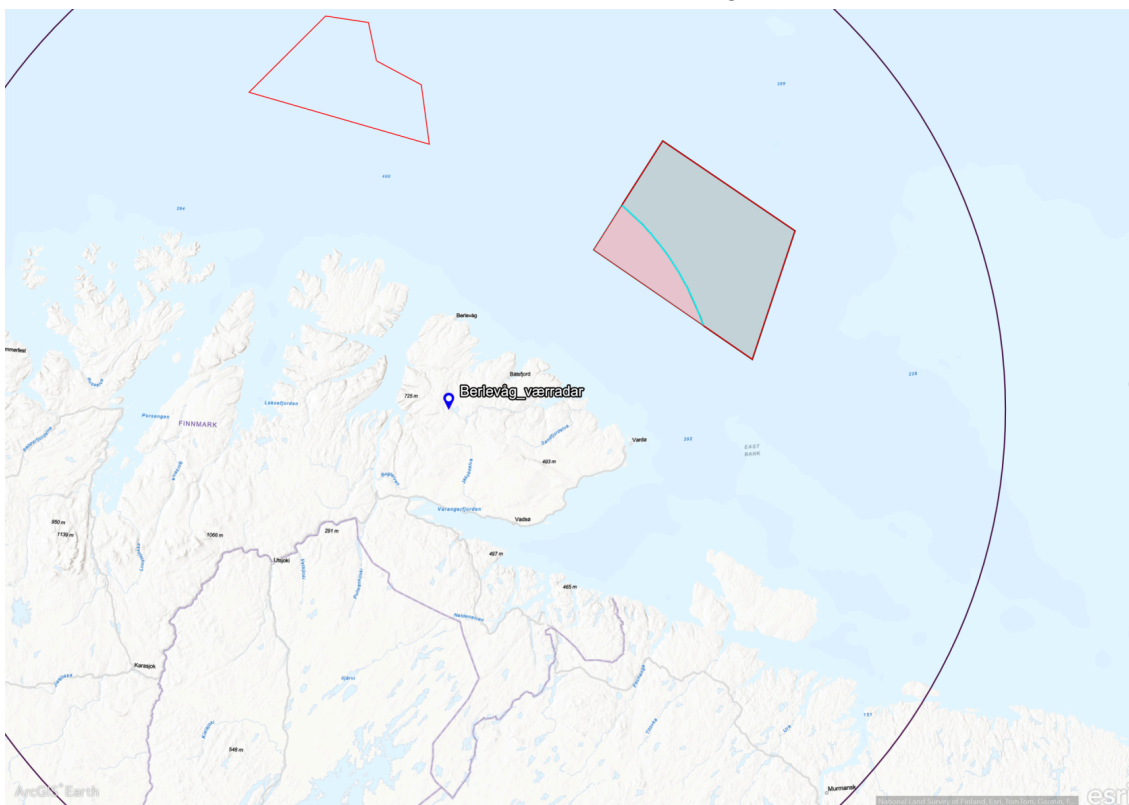
Nordavind A ligger innenfor dekningsområdet til Berlevåg værradar. En del i sørvest er innenfor radiohorisonten fra Berlevåg værradar, og vil ha hyppige forstyrrelser i værradar data og vi vurderer konsekvensene for værradar er nokså alvorlig, kode -3. Dette kan påvirke 90 minutters radargenerert nedbørvarsel, 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

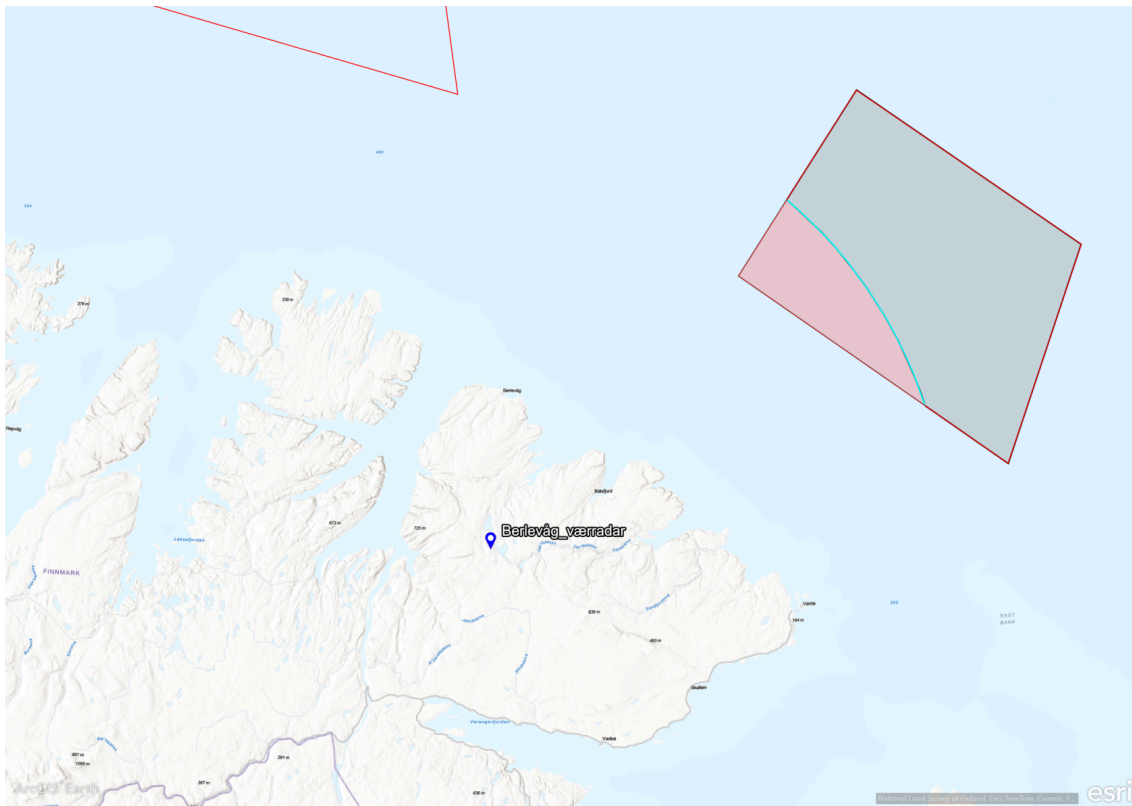


Figur 1 viser utbyggingsområdet Nordavind A. Områder innenfor radiohorisont til Berlevåg værradar er markert i rødt mens resten av området er markert i grått. Dekningsområdet til Berlevåg værradar er markert som en sirkel. Dekningsområdet er 240km.

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

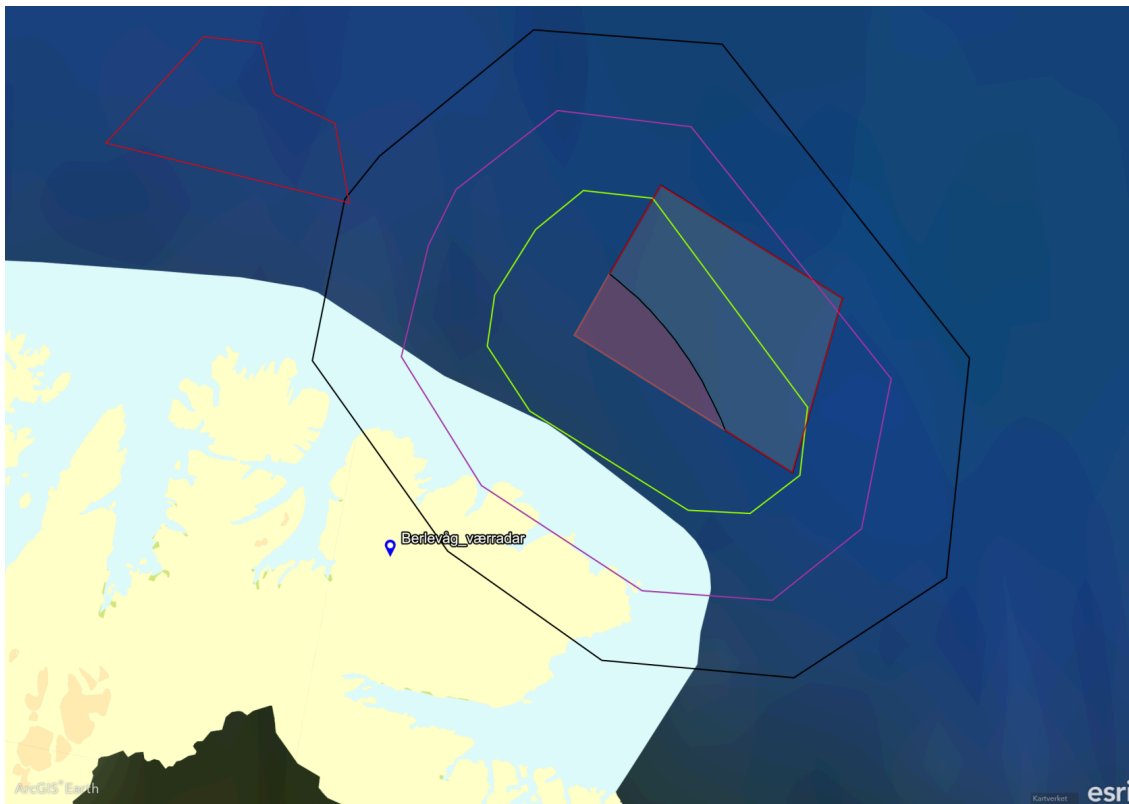
forstyrrelsene vil være til stede hele tiden. Verdien settes derfor til -1 Figur 2 viser verdiene som er tilordnet de ulike delene av av Nordavind A.



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

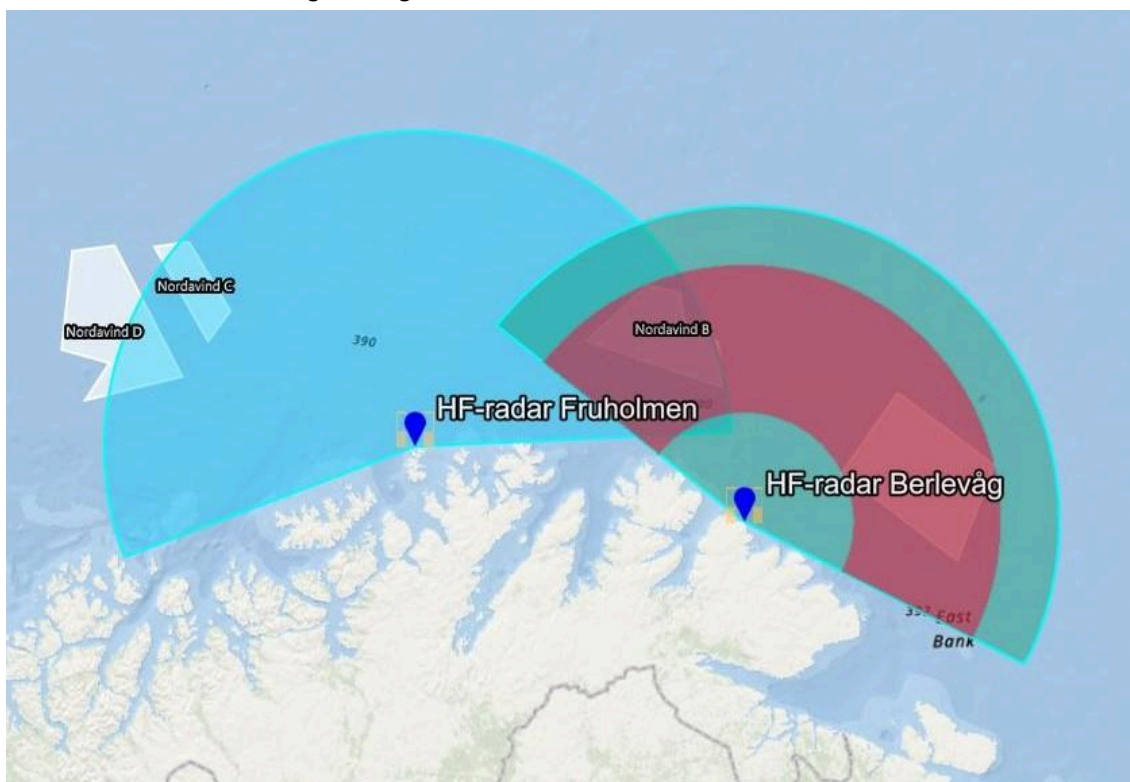
Det finnes i dag ingen meteorologisk erfaring med utbygging av vindparker av dette omfanget og størrelse og turbiner av denne størrelsen. Det finnes anbefalinger om at vindparker ikke skal være større enn 10 km², med en avstand på 10 km mellom

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 havstrømrådarene er alvorlig, Kode -4.

Kompenserende tiltak for å redusere konsekvensene av Nordvest A på havstrømrådarene 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

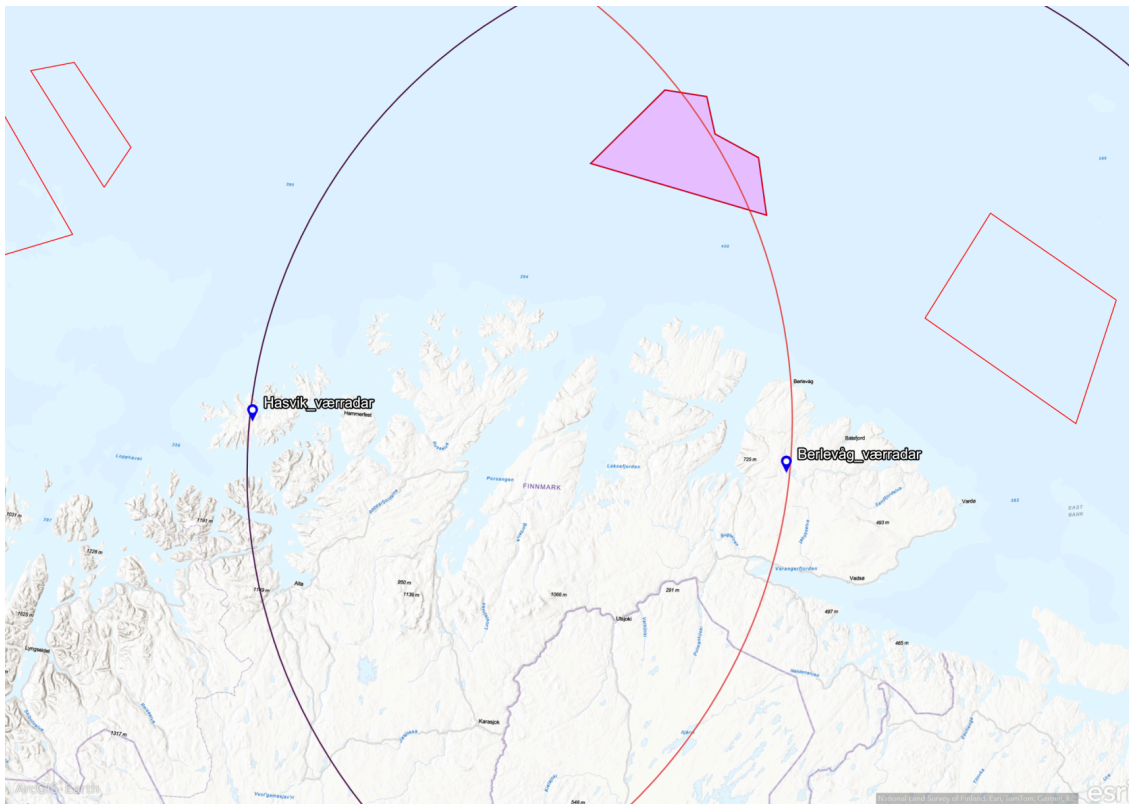
Nordavind B ligger innenfor dekningsområdet til Berlevåg værradar, men høyden av radarantenna samt avstanden fra radar til utbygningsområde gjør at vi ikke tror det blir hyppige forstyrrelser i værradar data fra en utbygging. Eventuelle forstyrrelser vil gjøre det vanskelig å overvåke polare lavtrykk 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

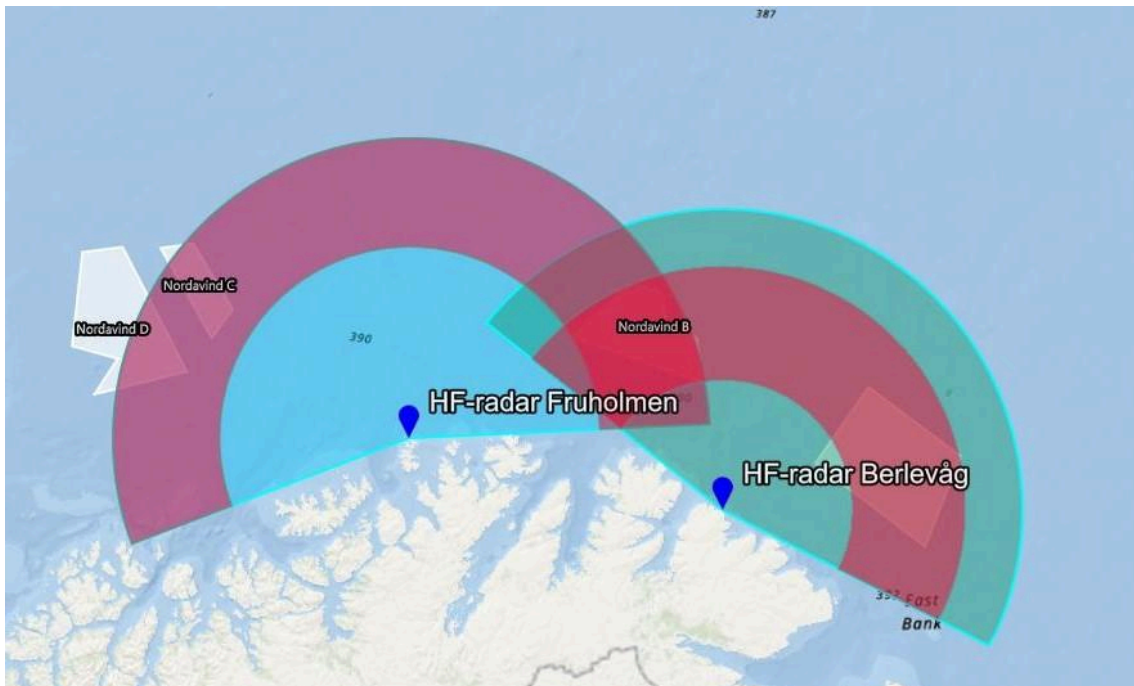
Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

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

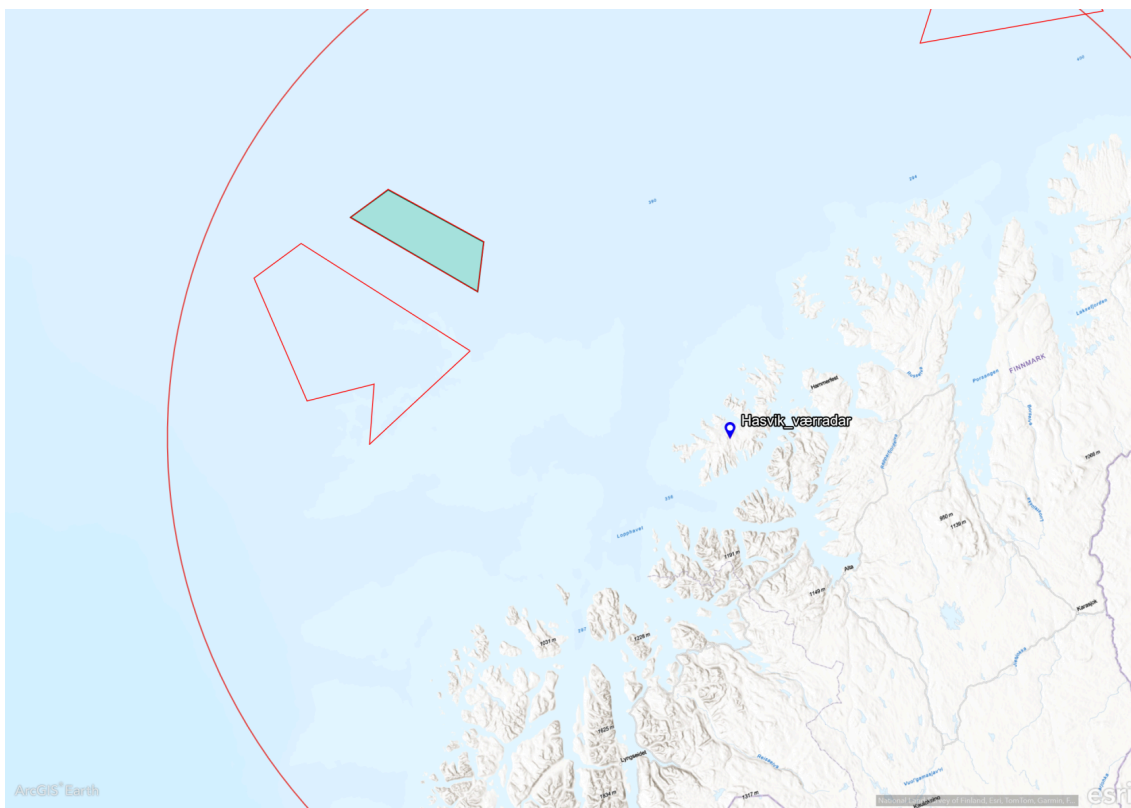
Nordavind C er innenfor dekningsområdet til Hasvik værradar. Hvis Nordavind C bygges ut vil vi forvente forstyrrelser i værradar data, men ikke kontinuerlig. Eventuelle forstyrrelser vil gjøre det vanskelig å overvåke polare lavtrykk innenfor Nordavind C. Verdi for værradar er satt til -1.

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

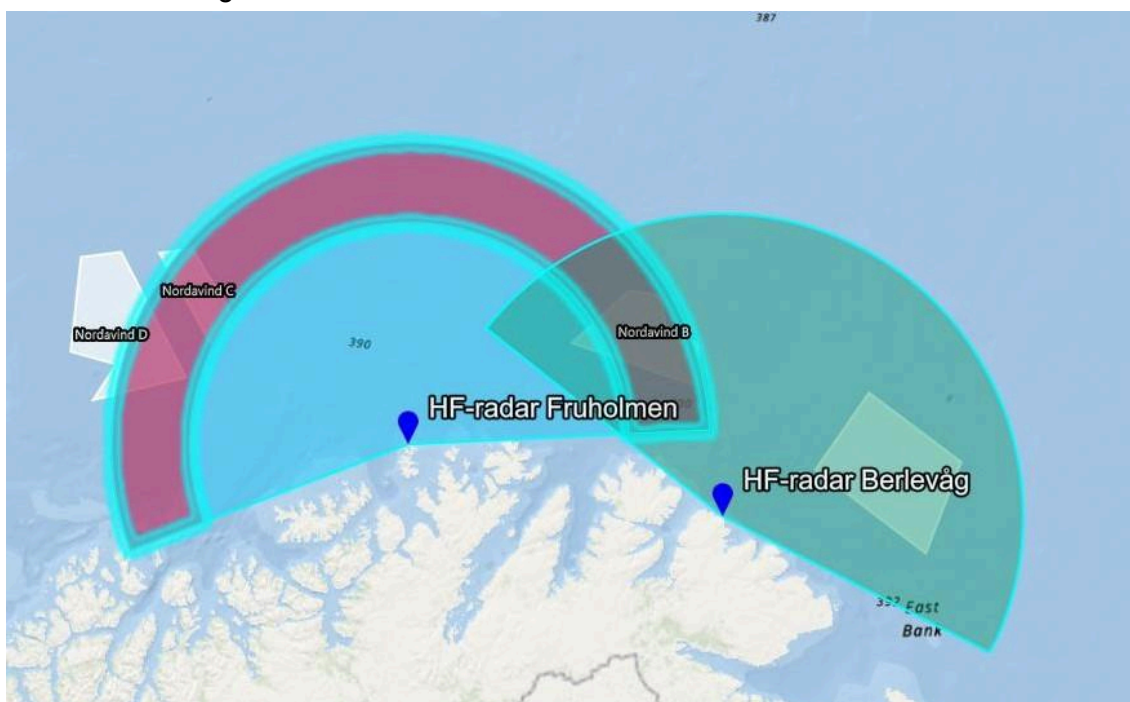
Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

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

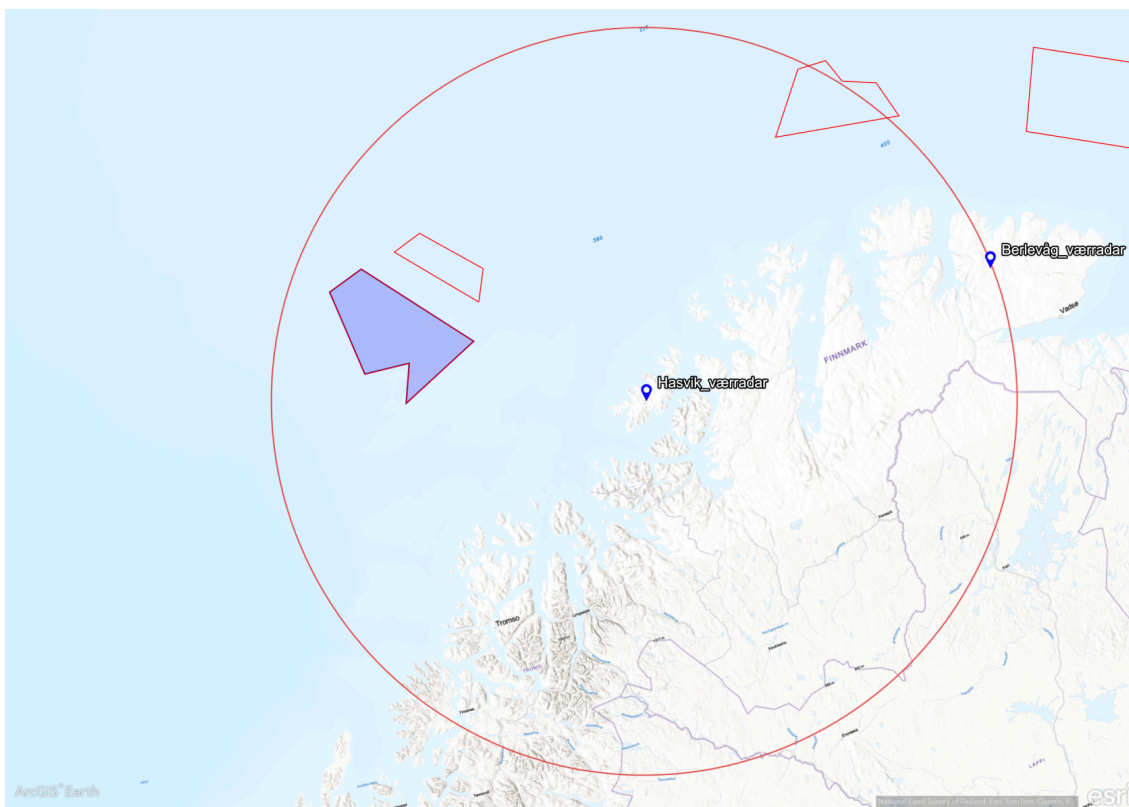
Nordavind D ligger innenfor dekningsområdet til Hasvik værradar. Vi kan forvente tilfeller av forstyrrelser i radarsignalene fra en eventuell vindkraftutbygging. Verdien for området settes for værradar til -1. Hvis forstyrrelser i radarsignalene sammenfaller med polare lavtrykk, kan det gå lengre tid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

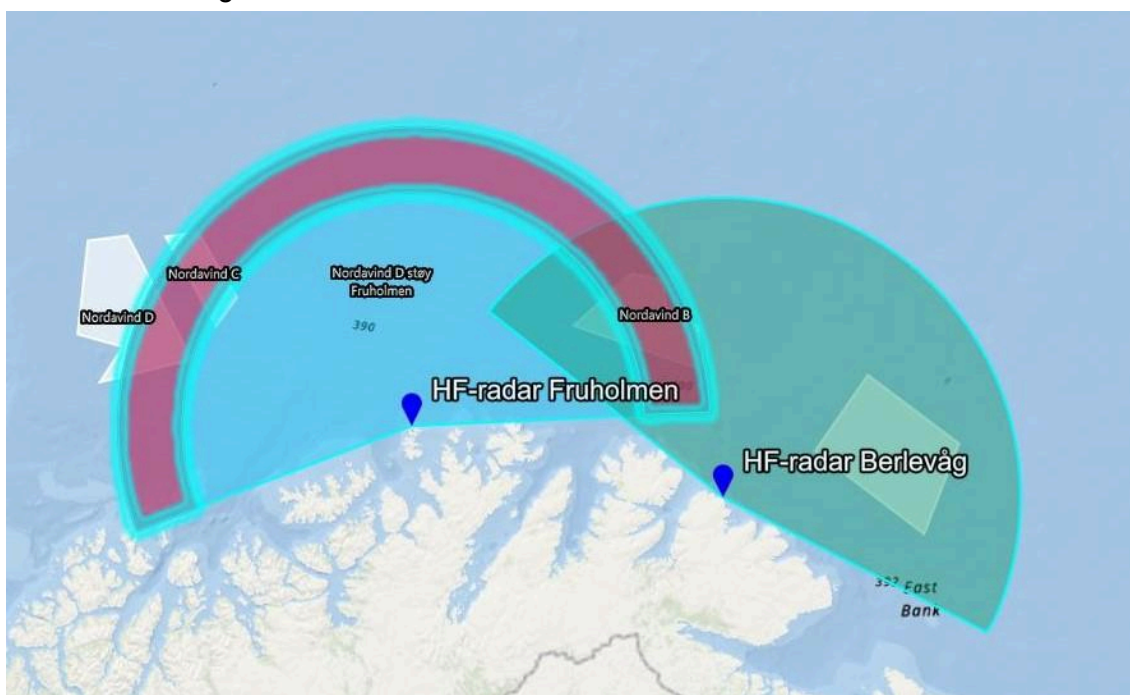
Turbinstørrelse og vindparkstørrelse

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 kapittelet 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 vindparkeres 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.