Notat

OPPDRAG	Moifjellet og Mellomstrand vindkraftverk	DOKUMENTKODE	10265688-01-RIA-NOT-001
EMNE	Spesielle støyvirkninger	TILGJENGELIGHET	
OPPDRAGSGIVER	Statkraft Vind DA	OPPDRAGSLEDER	Håvard Finanger
KONTAKTPERSON	Kristin Serck-Hanssen	UTARBEIDET AV	Tonje Fjellheim Dahl
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult Norge AS

SAMMENDRAG

Det er utført en vurdering av sannsynlighet for spesielle støyvirkninger rundt Moifjellet og Mellomstrand. Spesielle støyvirkninger er mekanismer og effekter på grunn av spesielle meteorologiske eller topografiske forhold som kan bidra til større støyplage enn det som vises av standard beregninger.

Det er vurdert at det er lite sannsynlig at det vil bli støyplage ved støyfølsom bebyggelse i området på grunn av normal amplitudemodulasjon, men at annen amplitudemodulasjon kan forekomme under enkelte forhold. Det vurderes som sannsynlig at det kan oppstå vindskygge i flere av områdene med støyfølsom bebyggelse rundt fjellet. Vindskygge gir ikke høyere støynivåer fra vindturbinene, men det kan likevel bidra til noe økt støyplage på grunn av lavere bakgrunnsstøynivåer.

1 Sannsynlighet for spesielle støyvirkninger

I utredningsprogrammet er det beskrevet at det skal vurderes sannsynlighet for «spesielle støyvirkninger». Dette er mekanismer og effekter, for eksempel på grunn av spesielle meteorologiske eller topografiske forhold, som kan bidra til større støyplage enn det som vises av beregningene som er utført med Nord2000-metoden.

Meventus AS og Sinus AS har utarbeidet en rapport [1] for NVE om støy fra vindkraftverk i typisk norsk terreng, med fjell, knauser og daler. Rapporten konkluderer med at det er grunnlag for å tro at støysjenansen kan være større i vindkraftverk med komplekst terreng (slik som ved Mellomstrand og Moifjellet), enn ved vindkraftverk lokalisert i flatere landskap.

1.1 Normal amplitudemodulasjon

Lyden fra hver enkelt vindturbin har en normal amplitudemodulasjon (NAM), eller svingninger i lydtrykket, som kan høres som en «svisje-lyd». Dette skyldes at lyden fra hvert rotorblad varierer i styrke avhengig av hvor det befinner seg i omløpet, i tillegg til at lyden fra de tre rotorbladene interfererer. Hvis 2 – 3 turbiner har samme hastighet og går i fase, vil effekten forsterkes. Støybidrag fra flere turbiner vil som regel medføre en utjevning og maskering av modulasjonen da turbinene i praksis aldri vil være helt synkrone.

01	12.08.2026	Oppdatert etter kommentarer fra Statkraft	Tonje Fjellheim Dahl	Håvard Finanger	Håvard Finanger
00	06.08.2026	Vurdering av spesielle støyvirkninger	Tonje Fjellheim Dahl	Jan Potac	Håvard Finanger
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

NAM er en effekt man først og fremst merker nært vindturbinene, inntil 500-600 m avstand. Målinger fra en svensk undersøkelse viser at amplitudemodulasjon oppstod i 30 % av tiden i 400 m avstand og 18 % i 1 km avstand [1].

For Moifjellet og Mellomstrand vindkraftverk er det en avstand på over 800 meter mellom turbiner og støyfølsom bebyggelse. Det vurderes derfor som lite sannsynlig at NAM vil bli en stor utfordring for støyfølsom bebyggelse rundt anlegget.

1.2 Annen amplitudemodulasjon

Amplitudemodulasjon kan også oppstå av andre effekter, og kalles da annen amplitudemodulasjon (OAM). Ved uheldige kombinasjoner av vindens innfallsvinkel mot rotorbladene, vindskjær[1] og turbulens vil man kunne få en situasjon med en kraftig amplitudemodulert lyd. OAM merkes gjerne ved større avstander (> 500 m), har større modulasjonsdybde[2], er skiftet mot lavere frekvenser og kan oppleves som mer plagsomt, men opptrer sjeldnere enn normal amplitudemodulasjon [2].

De nøyaktige mekanismene som utløser OAM er bare delvis forklart i vitenskapelig litteratur [3]. Slike forhold vil heller ikke kunne bli avdekket med de beregningsmetodene som brukes i dag. Det er derfor ikke mulig å forutse forekomst, frekvens eller varighet av OAM. Det er likevel gjort en overordnet vurdering av sannsynlighet for at OAM kan oppstå ved Mellomstrand og Moifjellet, basert på eksisterende litteratur om temaet og topografien i området.

Enkelte studier (blant annet Fischer mfl. sin artikkel [4], basert på målinger fra en fullskala vindturbin) peker på at OAM oppstår i sammenheng med høyt vindskjær. Høyt vindskjær (stor forskjell i romlige vindhastigheter) kan gi transient stall i en del av syklusen til turbinene. Transient stall betyr at vinden midlertidig slipper tak i rotorbladet, som gir en trykkforskjell som skaper en støypuls. I flatt terreng vil man som regel få OAM på nattestid, på grunn av at man da har mest stabile forhold med høyt vindskjær. Det er da lave vindhastigheter ved bakken, og en rask økning i hastigheter oppover i høyden.

I fjellområder, som på Moifjellet, vil man ha mindre stabile meteorologiske forhold på natt, og det er derfor mindre sannsynlig at man vil oppleve langvarig OAM på nattestid. Det er likevel muligheter for å få OAM på grunn av andre effekter. Siden turbinene på Moifjellet og Mellomstrand skal plasseres oppe på fjell, vil topografien presse og akselerere vinden over kanten av fjellet. Dette kan skape noe mer kaotiske vindstrømmer og turbulens enn ved helt flatt landskap. Ulendt terreng oppe på fjellet ved turbinene kan også gi opphav til OAM. I rapporten fra Meventus og Sinus [1] beskrives det at i mer komplekst terreng, kan terrenget skape lokale romlige strukturer i vinden. Hvis terrenget skaper sterke vindgradienter og strømningstrukturer som rotorbladene møter for hver omdreining, kan man få transient stall og en periodisk amplitudemodulert lyd (OAM). Dette kan oppstå når som helst i døgnet. Hvis vinden er svært kaotisk og turbulent vil man få mer tilfeldig modulasjon.

Det planlegges med noe større vindturbiner på Moifjellet enn det som brukes i de eksisterende vindparkene i området. Større rotordiameter gir større vertikal utstrekning og kan dermed øke

[1] Vindskjær er forskjell i vindstyrke og/eller vindretning mellom to punkter i atmosfæren. Som regel vil vindskjær oppstå som følge av lave hastigheter ved bakkenivå og økende hastigheter med høyde over bakken.

[2] Modulasjonsdybden er forskjellen i lydtrykk mellom svisj og pausen imellom svisjene. Stor modulasjonsdybde gir tydeligere svisjelyd.

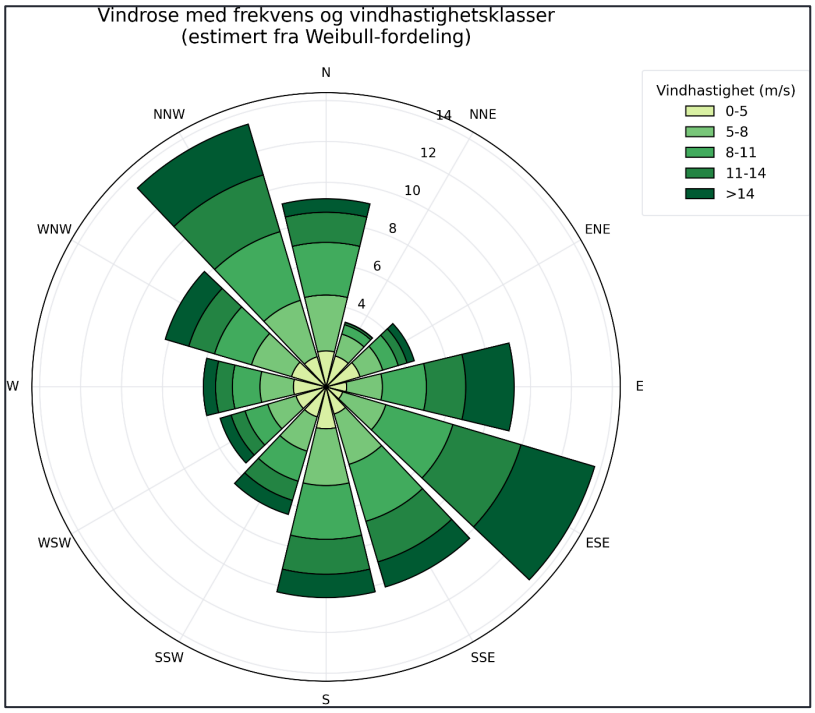
eksponeringen for vindskjær. Dette er en mulig risikofaktor for OAM, men det er ikke funnet forskning som dokumenterer at større turbiner generelt gir mer OAM.

Totalt vurderes det at forholdene på Moifjellet og Mellomstrand kan være til stede for at OAM kan oppstå sporadisk. Dagens kunnskap og beregningsmetoder gir imidlertid ikke grunnlag for å kvantifisere sannsynlighet, frekvens eller varighet.

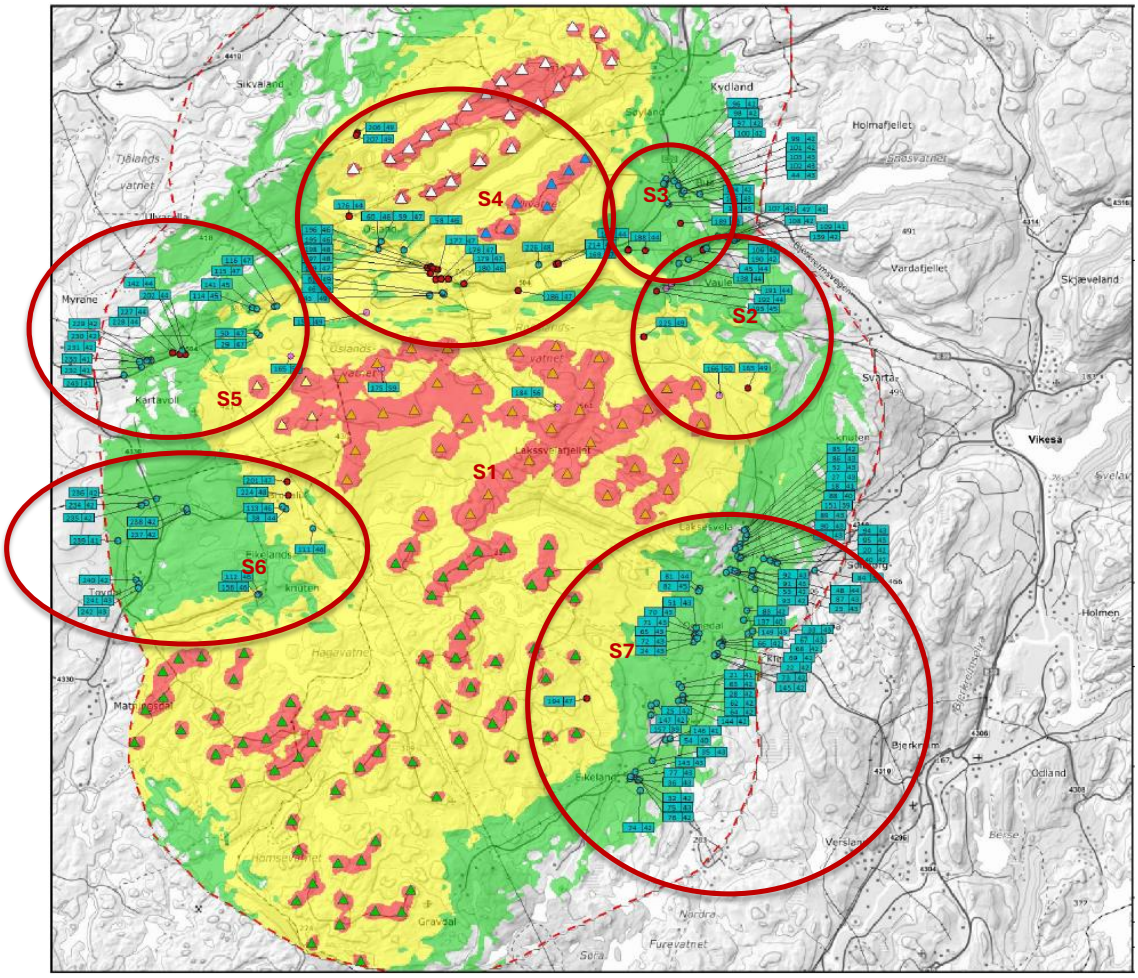
1.3 Vindskygge

På Moifjellet og Mellomstrand vindkraftverk vil turbinene bli plassert oppe på fjell, mens det meste av den støyfølsomme bebyggelsen ligger nede i dalene rundt fjellet. Bebyggelsen vil da ofte ligge i le for vinden selv om det blåser ved turbinene på fjellet. Når vinden har retning fra turbiner mot støyfølsom bebyggelse, samtidig som bebyggelsen ligger i le for vinden, vil bebyggelsen ligge i såkalt vindskygge fra turbinene. Man vil da kunne høre støy fra vindturbinene bedre, siden lyden ikke blir maskert av normal bakgrunnsstøy fra vind. Dette er spesielt aktuelt i området rundt Moifjellet siden det er få andre støykilder i området som gir bakgrunnsstøy.

Det er utført en overordnet vurdering av vindskygge ved støyfølsom bebyggelse rundt Moifjellet og Mellomstrand. Vurderingen er basert på en vindrose mottatt fra Statkraft, vist i Figur 1, og overordnede vurderinger av topografien i området fra kart. Vurderingene er utført for de forskjellige delområdene som er vurdert i konsekvensvurderingen for støy, vist i Figur 2.



Figur 1: Vindrose med sannsynlighetsfordeling av vind på Moifjellet med forskjellige hastigheter og retninger. Vindrosen viser at mest dominerende retninger er vind fra nord-nordvest og øst-sørøst.



Figur 2: Inndeling av støyfølsomme bygninger i delområder i utredningsområdet (Kartet viser beregning G01-3). Kilde (kart): Akustikkonsultens rapport 10-22255-G01 Noise calculation wind farm Mellomstrand 260130.

Vindrosen viser at de to mest dominerende vindretningene er nord-nordvest (NNW) og øst-sørøst (ESE).

- Ved vind fra NNW vil trolig deler av område S7 ligge i vindskygge, samtidig som det ligger utsatt til for støy fra vindturbinene.
- Ved vind fra ESE vil trolig deler av områdene S4, S5 og S6 ligge i vindskygge, samtidig som de ligger utsatt til for støy fra vindturbinene.

Det forventes at det i hvert delområde vil være store lokale forskjeller i grad av vindskygge på grunn av lokale forskjeller i topografi. Terrengbratthet vil også spille en betydelig rolle for hvor stor grad både vind og lyd fra turbinene vil nå bebyggelsen.

Vindskygge gir ikke høyere støynivåer fra vindturbinene, men det kan likevel bidra til noe økt støyplage på grunn av lavere bakgrunnsstøynivåer. For Mellomstrand og Moifjellet vurderes det som sannsynlig at vindskygge vil forekomme i flere av områdene med støyfølsom bebyggelse rundt fjellet.

Referanser

[1] Meventus AS og Sinus AS, «Støyutbredelse ved vindkraftverk med 'typisk norsk' topografi», mar. 2017.
[2] SINTEF, «Prosjektrapport - Støy fra vindturbiner», 2022:00176, feb. 2022.
[3] Gjestland T. et al., «Vindturbinstøy i forbindelse med søvn og hvile». SINTEF, 12. desember 2024.
[4] A. Fischer, Madsen, Kragh, og Bertagnolio, «Analyses of the Mechanisms of Amplitude Modulation of Aero-Acoustic Wind Turbine Sound», *Proc. Eur. Wind Energy Assoc. Conf. Exhib.*, 2014.