

RAPPORT

Tysvær vindpark

Måleprogram – spesielle støyeffekter

Kunde: Tysvær Vindpark AS

Sammendrag:

Tysvær kommune påla i september 2023 Tysvær Vindpark AS i å gjennomføre immisjonsmålinger for å avdekke eventuelle spesielle støyvirkninger ved vindkraftverket.

Hensikten med målingene har vært å undersøke om det er forstyrrende komponenter i støybildet som kan være til sjenanse for nærliggende boliger, ikke vurdering av støynivået fra turbinene mot grenseverdier i konsesjon.

Analyser av målingene viser at lyden fra vindkraftverket har komponenter med toner som periodevis er hørbare ved målepunktene. Lydfrekvensen til tonene er relatert til turbinenes turtall. Lydstyrken på tonene er relatert til produsert effekt og er sterkest ved full produksjon.

Bruk av verifiserte psykoakustiske evalueringsparametere ga dessverre ikke så tydelige svar som man i utgangspunktet håpet på. Dette kommer av at lyden fra vindkraftverket delvis maskeres og forstyrres av bakgrunnsstøy forårsaket av vindturbulens rundt mikrofonen og bygninger. I tillegg er variasjonene i lyden for uregelmessige og langsomme for å påvise modulasjon med analysemetodene. Utifra naboenes beskrivelse av lyden, samt lytting til våre egne opptak av perioder det er klager, er det dermed ikke sannsynlig at fenomenet amplitudemodulasjon forårsaker støyplagene ved Tysvær vindpark.

Sammenstilling av de tidspunkter da beboere har registrert sjenanse, stemmer godt med de tidspunktene vindparken har produsert for fullt med maksimalt turtall.

Basert på lydmålingene ved de tre målestasjonene, ser alle turbiner ut til å ha tilsvarende lydkarakter. Lignende lyder ble observert ved alle tre målestasjoner, til tross for stor geografisk spredning av målepunktene. Registrerte lyder og toner skyldes dermed ikke at det er én enkelt turbin med lyd som avviker fra de resterende, men at alle eller i alle fall majoriteten av turbinene har likeverdig lydavstråling.

Oppdragsnr:	11.0655,00
Rapportnr:	AKU - 06
Revisjon:	0
Revisjonsdato:	28. juni 2024
Oppdragsansvarlig:	Erling J. Andreassen
Utarbeidet av:	Kristian Andersson
Kontrollert av:	Erling J. Andreassen

Rev.	Utarbeidet		Kontrollert		Kommentar
	Nr:	Navn:	Dato (Egenkontroll)	Navn	Dato
0		EJA	28.06.2024	KA	28.06.2024

IT arkiv: AKU-06 R 11066500 Oppsummering av målinger.docx

Innhold:

1	Innledning.....	3
2	Måleopplegg.....	3
2.1	Metode.....	3
2.1.1	Vurdering av opplevd lyd og dens karakter.....	4
2.2	Valg av målepunkt.....	4
2.3	Måleutstyr.....	7
2.4	Driftsforhold.....	8
3	Resultat.....	8
3.1	Logging av opplevd lyd.....	8
3.2	Bakgrunnsstøy.....	9
3.3	Rentonebidrag etter IEC 61400-11	11
3.3.1	65 Hz	13
3.3.2	130 Hz	13
3.4	Vurdering av opplevd lyd og dens karakter	14
3.5	Modulasjon	15
3.6	Sammendrag drift og klager	15
3.7	Driftsdata og toner.....	16
4	Konklusjon og kommentarer	18

1 Innledning

Tysvær kommune påla i september 2023 Tysvær Vindpark AS i å gjennomføre immisjonsmålinger for å avdekke eventuelle spesielle støyvirkninger ved vindkraftverket.

Hensikten med målingene er å undersøke om det er forstyrrende komponenter i støybildet som kan være til sjenanse for nærliggende boliger, ikke vurdere støynivået fra turbinene mot grenseverdier i konsesjon.

Med bakgrunn i pålegget ble det i oktober 2023 utarbeidet et måleprogram som beskriver opplegg for målinger og analyse av resultatene. Selve målingene er utført ved tre lokasjoner, Hersdalen, Årvik og Hervik vinteren 2023 – 2024.

2 Måleopplegg

2.1 Metode

I henhold til T-1442 med veileder anbefales ikke immisjonsmålinger for å kontrollere konsesjonsvilkår, det vil si om lydnivået er over eller under grenseverdi. Immisjonsmålinger kan likevel benyttes til å dokumentere et øyeblikksbilde, noe som kan gi informasjon om det er spesielle støyvirkninger fra turbinene. Dersom det gjennomføres målinger anbefales det å benytte metode Elforsk 98:24 «Mätning av bullerimmission från vindkraftverk» (1998). Denne metoden er også anbefalt i Sverige og Finland for måling av støy fra vindkraftverk ved bebyggelse.

Måleprosedyren som er benyttet er basert på metoden beskrevet i Elforsk 98:24 som anbefalt i T-1442 med veileder.

Målingene er gjennomført som uovervåkede støymålinger med faste målestasjoner. Det har blitt målt i perioden desember 2023 – februar 2024.

Beboere i nærheten målestasjonene er blitt bedt om å loggføre tidspunkt når de opplever sjenanse i et eget skjema. Dette for å sikre at perioder med sjenerende støy blir analysert.

I tillegg til tilbakemeldinger fra berørte naboer, er også driftsdata fra vindkraftverket benyttet i analysen.

2.1.1 Vurdering av opplevd lyd og dens karakter

Prinsippene i Elforsk 98:24 er benyttet til å registrere lydtryksnivåene i målepunktene. Metoden angir også en prosedyre for å analysere eventuelle rentoner.

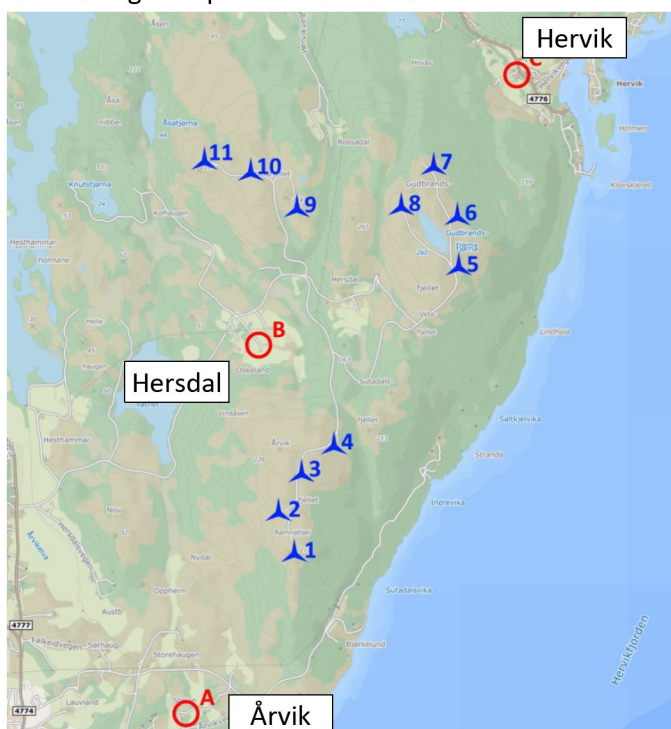
For å vurdere og analysere opplevd lyd og dens karakter, fins det flere forskjellige psykoakustiske parametre som kan benyttes som verktøy for å kvantifisere ulike lyder og lydfenomen. Dette er anerkjente parametre som for eksempel benyttes av produktutviklere i mange bransjer, blant annet i bilindustrien for å beskrive og sammenligne forskjellige lyder. For å vurdere lyden fra vindkraftverket ble det i måleprogrammet beskrevet følgende aktuelle parametre:

- **Loudness:** Tar hensyn til hørselens opplevelse av lydstyrke og følsomhet overfor visse frekvenser og mønster. Kan blant annet vise forandringer over tid og finne frekvenser som bidrar mest til opplevelsen av lyden.
- **Tonality/Prominence ratio:** Finne hørbare toner/frekvenser – tonale komponenter (rentoner) i lyden oppleves ofte som mer sjenerende
- **Tone to noise ratio:** For å validere/avklare hvor framtrædende tonen er mot bakgrunnslyd
- **Fluctuation strenth:** Langsomme variasjoner og lavfrekvente modulasjoner kan oppleves forstyrrende
- **Sharpness:** Lyd med i hovedsak høyfrekvent innhold oppleves som "skarpe" og "kvasse"
- **Roughness og fluctuation:** indikerer hvorvidt det forekommer amplitude- og frekvensmodulasjon i lyden

For disse parameterne finnes det ikke tydelige grenseverdier eller anbefalte intervaller som er utarbeidet med tanke på støy fra vindturbiner. I denne utredningen er de psykoakustiske parameterne derfor kun benyttet som indikatorer for å påvise eller avkrefte risiko for sjenanse.

2.2 Valg av målepunkt

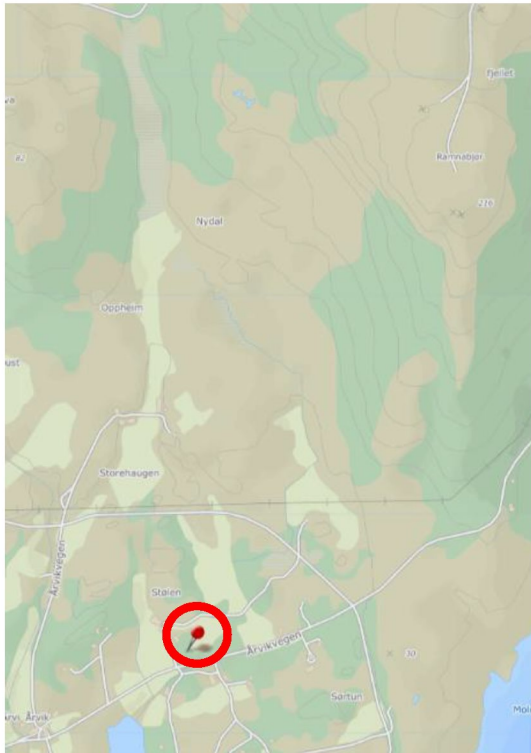
Målingene er gjennomført i tre punkt, Hersdalen, Årvik og Hervik. Figur 1 viser et oversiktskart der turbiner og målepunkt er markert.



Figur 1. Plassering av målestasjoner og vindturbiner. Kart er hentet fra kart.finn.no.

Posisjon A – Årvik

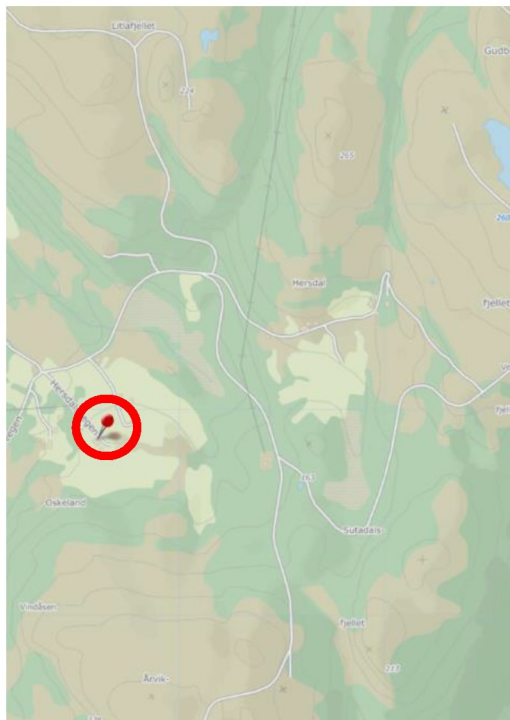
Plassering av mikrofon og målepunktet i Årvik er vist i Figur 2.



Figur 2: Plassering av målepunkt i Årvik. Kart til venstre, med markør, er hentet fra kart.finn.no.

Posisjon B – Hersdal

Plassering av mikrofon og målepunktet i Hersdal er vist i Figur 3. Vindturbiner i nord, sett fra boligen, er vist i Figur 4.



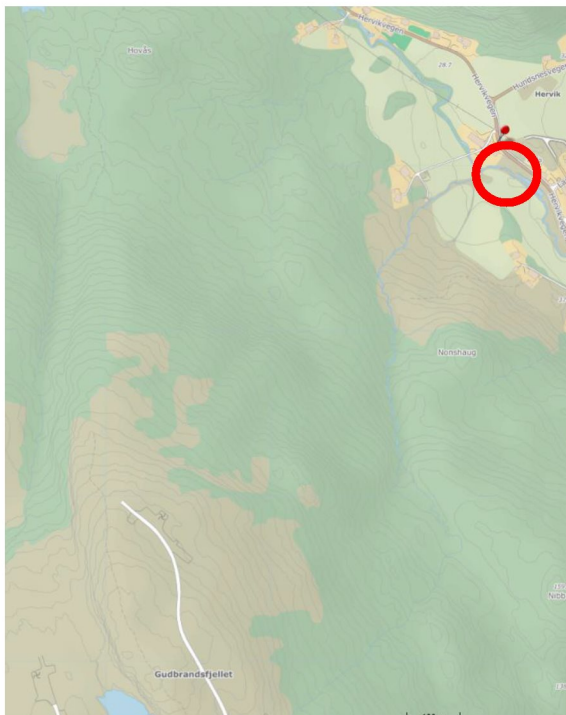
Figur 3: Plassering av målepunkt i Hersdal. Kart til venstre, med markør, er hentet fra kart.finn.no.



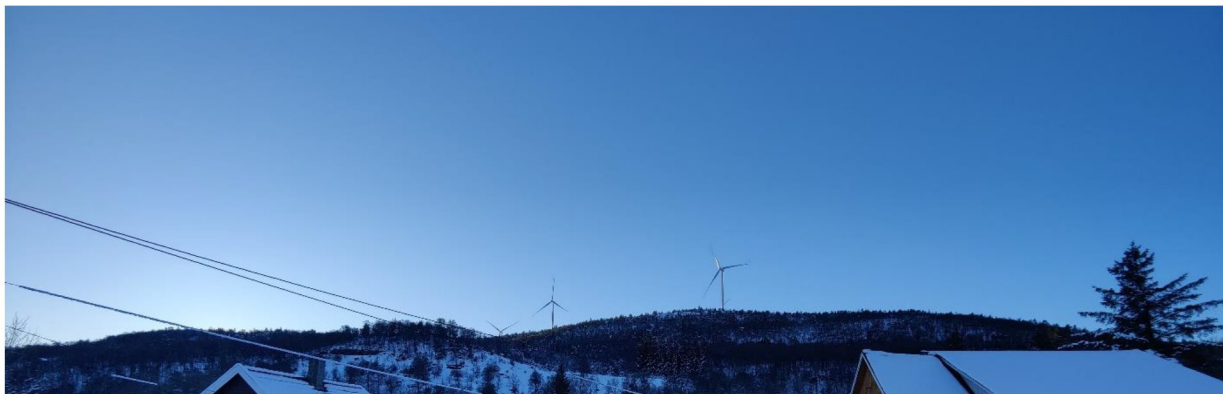
Figur 4: Vindturbiner i nord, sett fra målepunkt i Hersdal.

Posisjon C– Hervik

Plassering av mikrofون og målepunktet i Hersdal er vist i Figur 5. Vindturbiner i sør, sett fra målepunktet, er vist i Figur 6.



Figur 5: Plassering av målepunkt i Hervik. Kart til venstre, med markør, er hentet fra kart.finn.no.



Figur 6: Vindturbiner i sør, sett fra målepunkt i Hervik.

2.3 Måleutstyr

Det er benyttet følgende utstyr:

- Støyovervåkingsstasjon - Nor1545 koblet til skylagring NorCloud. Ved Årvik og Hersdal har stasjonen også vært tilknyttet en værstasjon av type Thies Clima Weather station

Disse er vist i bilder under:



Spesifikasjoner

- Klasse 1 lydnivåmåler – Nor145
- Registrerer L_{Aeq} , L_{AFmax} , frekvensdata, etc.
- Oppløsning er satt til sekundsverdi
- Kontinuerlig lydopptak
- Lagring både lokalt på måler (SD-kort) og skybasert
 - o Lydopptak lagres kun lokalt og lastes opp når man hører på disse
 - o Lydopptak slettes etter en gitt periode avhengig av hvor stort SD-kort som er benyttet på måleren
 - o Måling av lydnivå, L_{Aeq} etc lastes fortløpende opp i skyen og er tilgjengelig over tid.
- Måleresultater kan leses av i sanntid via skyløsning
- Målestasjonene kan fjernstyres og måleoppsett endres ved behov.

Været registreres hvert minutt

- Vindretning og -hastighet, nedbør etc.

2.4 Driftsforhold

Tysvær Vindpark har levert driftsdata for de 11 vindturbinene i anlegget for perioden 01.12.2023 til 29.02.2024. Driftsdataene inneholder informasjon om produsert effekt, turtall, vindstyrke, vindretning og temperatur og har en oppløsning på 10 minutt.

I løpet av måleperioden har vær, vind og produksjon variert. Maksimal effekt for turbinene er 4,3 MW, og i omtrent 32 % av tidsperioden desember til februar er det blitt produsert med full effekt (tilsvarende en effekt større enn 3,5 MW). Ved fire anledninger har det vært storm og vindhastigheter over 25 m/s. Vindturbinene er da blitt stoppet av sikkerhetsgrunner.

3 Resultat

Måledata fra perioden 08.12.2023 til 31.01.2024 i de tre måleposisjonene er blitt brukt, sammen med loggskjema for detaljert analyse.

3.1 Logging av opplevd lyd

Det er sendt ut loggskjema til 7 berørte boliger og én fritidsbolig i nærheten av målestasjonene. Hensikten med loggskjemaet var å kartlegge når beboere opplever sjenerende lyd fra vindkraftverket, samt hvordan de karakteriserer og beskriver lyden ved disse tilfellene. Figur 7 viser loggskjemaet.

Periodene med rapportert sjenanse er benyttet for å finne hvilke perioder lydbildet fra vindkraftverket som burde analyseres. Uten tilbakemeldinger fra naboene, hadde det blitt tilfeldig hvilke perioder som ble analysert, med tilhørende risiko for å utelate perioder med potensielt sjenerende lydbilde.

Dato	Lyd starter	Lyd slutter	Hvor plagsom er lyden?				Hvor merkes lyden (sett kryss)		Hvordan oppleves lyden (sett kryss)								Kommentar
	tt:mm	tt:mm	ikke	lite	mid- dels	mye	inne	ute	Pipende	Skarp / skrik- ende	Brummende (diesel- generator / traktor)	Buldrende / torden	Fly	Raskt varierende lyd	Langsamt varierende lyd	Kjennes i kroppen	

Figur 7: Overskrifter på kolonnene i loggskjemaet

Svarene som har kommet inn og som er blitt brukt i de analyserte periodene (desember/januar), er listet opp nedenfor:

- I perioden 08.12.2023 til 19.12.2023 er det benyttet resultater fra ett innkommet skjema.
- I perioden 21.12.2023 til 23.01.2024 er det benyttet resultater fra tre utfylte skjema (ett per målepunkt).

Registrerte perioder med sjenerende lyd varer typisk fra noen få timer til mer enn én dag. I skjemaene er dette kommentert som «mange timer», «kveld», «natt», «ut på dagen», «hele dagen/kvelden» m.m. Som oftest noteres kun en periode der det forekommer sjenerende lyd, uten spesifikt start- og sluttidspunkt. For analysens del hadde det siste vært mest hensiktsmessig for å kunne plukke ut konkrete tidsvinduer til vurdering.

Lyden er registrert som plagsom både innen- og utendørs. Opplevd plagsomhet registreres typisk som «middels» eller «mye plagsom». I skjemaene er det huket av tre perioder der lyden oppleves som «ikke plagsom».

I loggskjemaet er lyden som oftest markert som «brummende» eller «buldrende/torden» og i noen tilfeller «fly» samt «kjennes i kroppen». Kun i enkeltstående tilfeller er periodene markert som «rask varierende» eller «langsomt varierende».

I kommentarfelt er lyd og opplevelse beskrevet slik som følgende: «during (mekanisk)», «jevn», «jevn dur», «jevn flydur», «during mekanisk», «urolig», «uro», «sov dårlig». I noen enkelte tilfeller er beskrivelsen «svijsjelyd», «hodepine», «høy puls».

De registrerte periodene med sjenerende lyd, samt registrerte stilleperioder er benyttet til å analysere lydbildet.

Det samlede inntrykket av tilbakemeldingene kan tolkes til at lydbildet er lavfrekvent, muligens tonalt og i all hovedsak er en jevn lyd, kun med enkelte tilfeller av lyd med variasjoner.

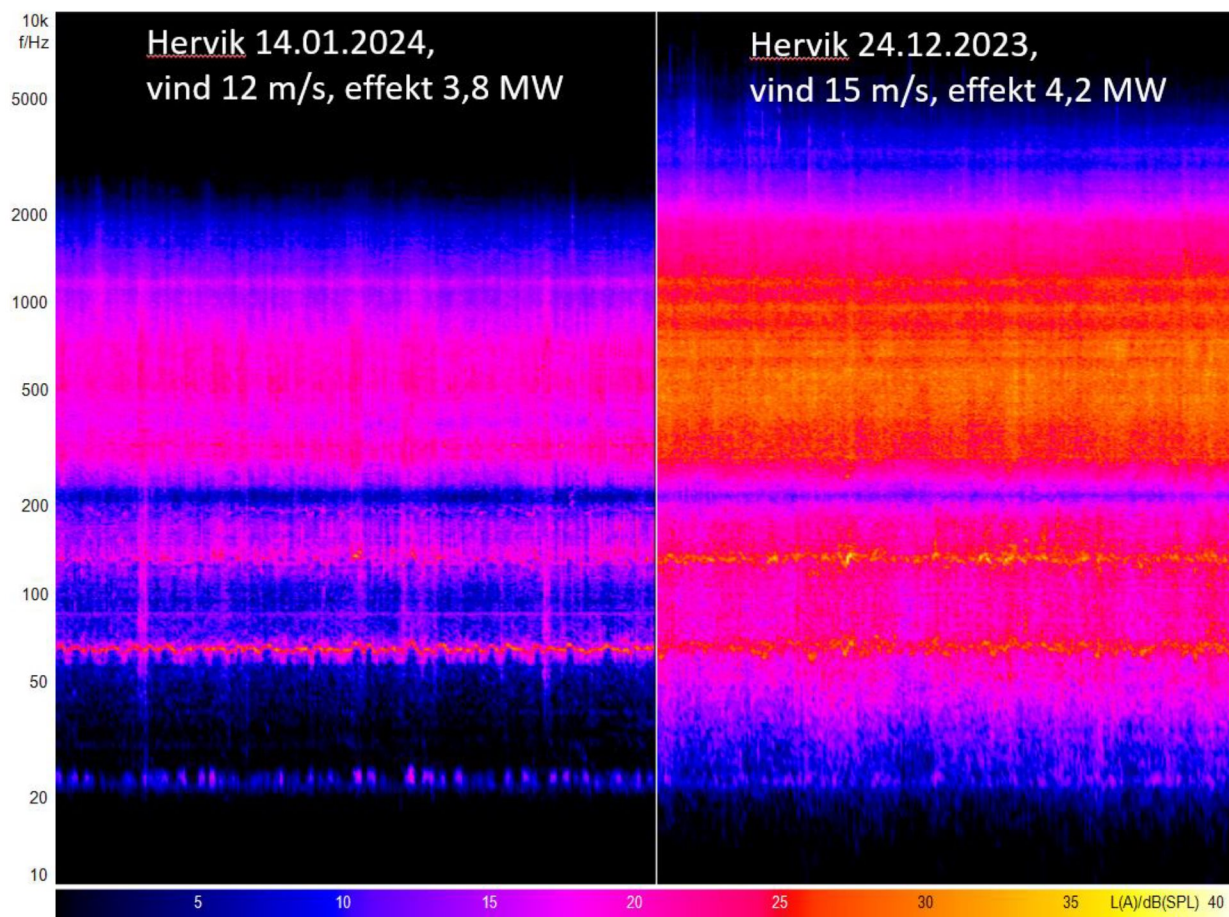
I alle mottatte skjema er det godt samsvar i beskrivelsen av den opplevde lyden, uavhengig av sted og person skjemaet kommer fra.

Skjemaer etter 23. januar er ikke vurdert i den detaljerte lydanalysen. Beskrivelsen av lydbildet i disse skjemaene er dog tilsvarende det som er beskrevet i perioden desember – januar, men uten avkrysninger for variasjon i lyden.

3.2 Bakgrunnsstøy

Måling av lyd påvirkes av bakgrunnslyd, det vil si andre lyder som også gir et bidrag til lydnivået som registreres og høres i målepunktet. Når en støykilde, i dette tilfellet vindkraftverket, befinner seg lang fra måleposisjonen, kan bakgrunnslyden ha stor påvirkning på lydnivået som måles, ettersom bakgrunnslyden da delvis kan overdøve lyden fra vindturbinene. Eksempler på bakgrunnslyd som delvis kan maskere lyden fra vindturbinene er aktiviteter fra mennesker og dyr nært målepunktet, fugler, fly- og bilpasseringer, lyd fra vindturbulens ved mikrofonen, vindturbulens ved bygninger samt i trær og busker og regn. I ett av målepunktene ble lydnivået i perioder påvirket av en bekk i nærheten.

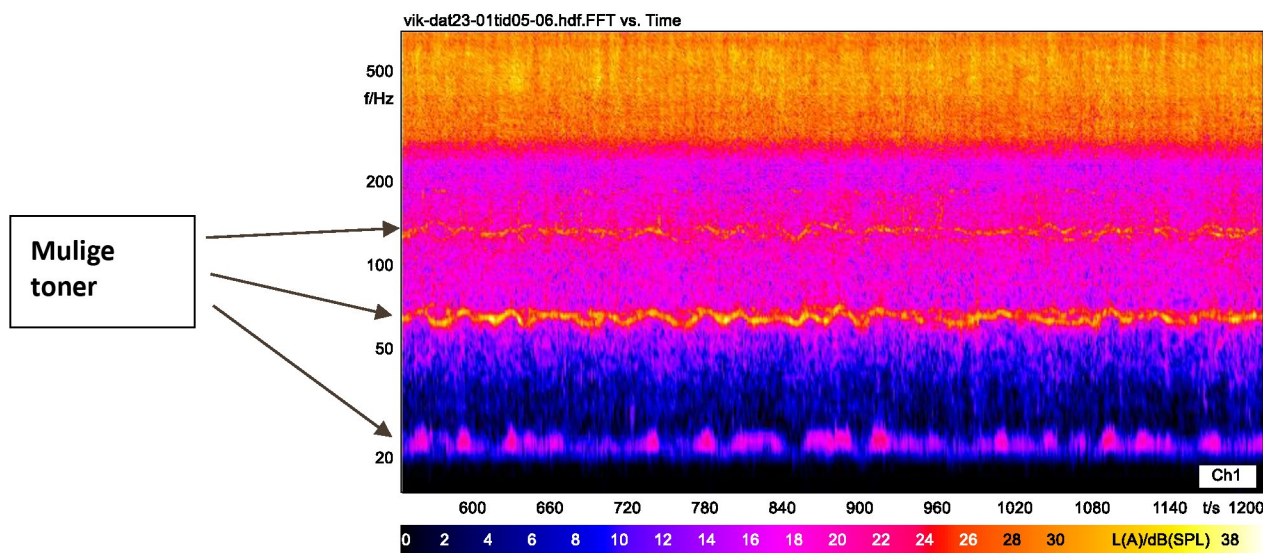
I Figur 8 vises to lyder som spektrogram. Disse illustrerer påvirkningen av bakgrunnsstøy fra vindturbulens rundt mikrofonen og bygninger. I det høyre bildet er vinden sterkere og det er høyere bakgrunnslyd enn i bildet til venstre. Dette vises ved at lydenergien i frekvensene mellom 300–2000 Hz er vesentlig sterkere. Også i området 50–200 Hz er lydenergien sterkere, noe som i stor grad maskerer lydbidraget fra vindturbinene.



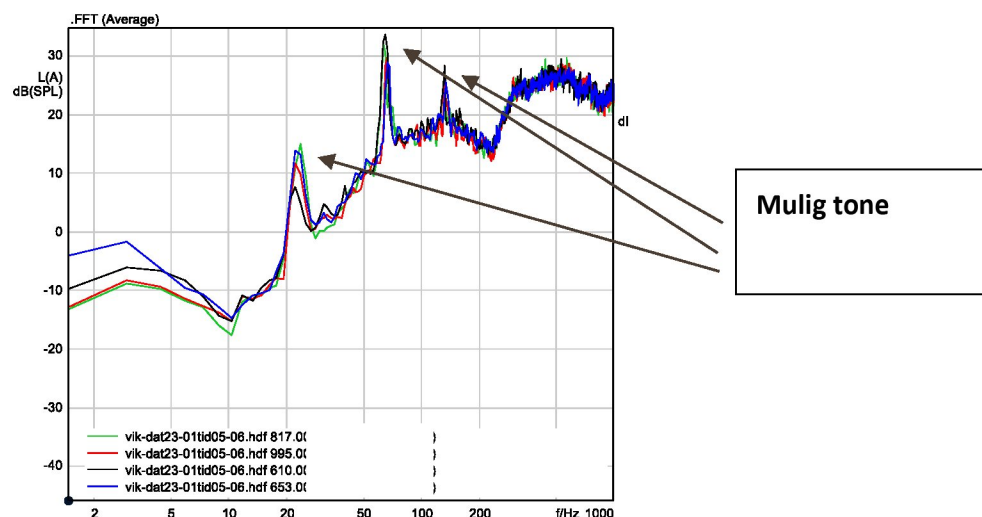
Figur 8. Sammenligning av lyd vist som spektrogram for to tilfeller med forskjellige nivåer av bakgrunnslyd fra vindturbulens. Figuren til venstre har lite bakgrunnslyd og figuren til høyre har mer vindgenerert bakgrunnslyd.

3.3 Rentonebidrag etter IEC 61400-11

Spektrogrammene fra de analyserte tidsperiodene med registrert sjenerende lyd viser at det kan være tonale komponenter i lyden. Det er derfor utført en analyse av tonene basert på metode gitt i IEC 61400-11. Analysen er gjort for et representativt tidsvindu ved Hervik 23.01.2024 kl. 05-06. Mulige rentoner i denne perioden er vurdert og vist i spektrum og spektrogram i Figur 9 og Figur 10. Disse mulige tonene er tilbakevendende i alle tre målepunktene hver gang det er registrert sjenanse hos naboene.



Figur 9. Spektrogram av lyd (periode omtrent 10 min, Hervik 23.01.2024 05:10-05:20) De tre mulige tonene har lysere farge (høyere nivå) enn områdene rundt.



Figur 10. Spektrum for det analyserte lydsignalet (fire perioder på 10 s hver. Utvalgt fra Hervik 23.01.2024 kl. 05:10-05:20).

Analysen av spektrum og spektrogram viser at det er mulige rentoner ved 23 Hz, 65 Hz og 130 Hz.

Ved bruk av standarden IEC 61400-11 er det enkelte begrensninger man må ta hensyn til:

- Målingene skal i utgangspunktet utføres på en gitt avstand nær turbinen (avhengig av høyde H og rotordiameter D, $R0=H+D/2$). For vindturbinene i Tysvær Vindpark tilsvarer dette en avstand på rundt 150 m. Målingene i dette måleprogrammet er imidlertid utført med en avstand på 1 km og mer til nærmeste turbin.
- Gitt at tonene skapes av turbiner i vindkraftverket, og at bakgrunnslyden kommer fra vind og andre lydkilder nær målepunktet, beregnes signal-støy-forholdet å være redusert med ca. 16 dB ved målinger i stor avstand sammenlignet med måling nær turbinene. Dette er basert på forutsetningen om at lydkilden kan ses som en punktkilde, noe som gir 6 dB reduksjon per doubling av avstand. Dette kan ha stor betydning for muligheten å detektere tonene.
- To av tonene (23 Hz og 64 Hz) hører til det samme kritiske båndet. Dette betyr at det ikke går an å skille disse og at de i analysen derfor påvirker hverandre.
- Tonene varierer noe i styrke og frekvens (se Figur 9).

På grunn av forholdene over, har analysen noen avvik fra IEC-standard med hensyn til måleposisjon og analysert tidsvindu. Siden hensikten har vært å vurdere om lyden generelt kan karakteriseres som tonal, ble de analyserte tidsvinduene valgt ut etter signalkvalitet, ikke produksjonsdata eller vindforhold (wind bins). Det er i stedet valgt ut et representativt tidsvindu med akseptabelt signal-støy-forhold fra ett av målepunktene for å kontrollere de mulige tonene. Valgt signal er Hervik, 23.1.2024 kl. 05-06. Målepunktet ved Hervik ligger rundt 1 km fra den nærmeste turbinen. Dette gir en antatt reduksjon av signal-støy-forholdet på minst 16 dB, gitt at bakgrunnsstøyen er omtrent lik ved begge målepunkter.

Selve analysen av de mulige rentonene er utført etter standarden.

For å påvise mulige toner, er analysen utført for fire tidsperioder i den valgte timen. Nedenfor vises resultat av analysen for de to potensielle tonene:

Analysen av tonen sentrert rundt 130 Hz gir en ΔL_a mellom -4,7 og -3,3 dB. Dette betyr at det ikke finnes toner som er detekterbare (≤ -3 dB) eller hørbare (> 0 dB) i dette frekvensområdet.

130 Hz kan dermed ikke karakteriseres som tone etter IEC 61400-11. I henhold til standarden er den likevel en mulig tone. Antageligvis ville tonen rundt 130 Hz vært mulig å detektere tydeligere dersom målepunktet hadde vært som beskrevet i standard, det vil si rundt 150 m fra vindturbin.

3.4 Vurdering av opplevd lyd og dens karakter

For å teste anvendeligheten til de psykoakustiske parameterne valgt ut i måleprogrammet, er det gjort analyser av stikkprøver tatt i tidsrom med klager og tydelig karakteristisk lydbilde. En generell begrensning for alle parameterne er at den karakteristiske lyden fra vindparken er forholdsvis lavfrekvent. De psykoakustiske vurderingsparameterne er først og fremst optimerte for andre typer støysjenanse og lyder med mindre lavfrekvent innhold.

Psykoakustiske modeller er bygget opp basert på menneskets hørsel. Frekvensoppløsningen til hørselen er merkbart lavere under 200 Hz. Det vil si at muligheten til å skille mellom forskjellige distinkte toner minsker vesentlig jo lavere ned i frekvens tonen er. Beregningsmodellene for de psykoakustiske parameterne benytter derfor ikke høy oppløsning på frekvenser under 200 Hz.

- **Loudness:**
Brukes for å analysere lydstyrken slik at den blir sammenlignbar med lytteropplevelsen. Beregningsmodeller for loudness skal ligne på menneskets hørsel og er dermed mindre følsom for lave frekvenser (under 200 Hz). Analyse av loudness i målingene fra Tysvær gav ikke andre svar enn det som kan utledes fra vanlig A- og C-veiing. Dette kommer av høy andel lavfrekvent lyd i målingene.
- **Tonality/Prominence ratio og Tone to noise ratio:** Disse parameterne er resultatene fra ulike metoder som benyttes for å skille hørbare toner fra bakgrunnsstøyen. I analysene fra Tysvær kunne ingen av disse parametre detektere en tydelig tonal opplevelse av lyden. Toner som ble påvist i spektrogram og i analyse etter IEC 61400-11, ligger for lavt i frekvens til å gi tydelig målbar tonalitet etter de psykoakustiske parameterne.
- **Fluctuation strength:** Denne parameteren beskrives opplevelsen av lavfrekvente modulasjoner mellom 0 og 20 Hz, og har størst følsomhet rundt 4 Hz. Analyse av fluctuation strength i målingene fra Tysvær gir resultat under 0,1 vacil. Det betyr at ingen lavfrekvent modulasjon kunde detekteres. Variasjonene i tonenes frekvens og styrke er for langsomme til å kvantifiseres.
- **Sharpness:** Sharpness måler andelen høyfrekvent lyd i et signal. Ettersom signalene fra Tysvær er dominert av lavfrekvent innhold, ble det ikke påvist sharpness fra vindturbinene.
- **Roughness:** Beskriver opplevelse av modulasjonen mellom 15 og 300 Hz, med en maksimal følsomhet rundt 70 Hz. Analyse av roughness ved Tysvær vindkraftverk gir lave nivå mellom 0,1 og 0,2 asper. Det vil si at den ikke kan detekteres etter metoden. Ingen betydelig fluktuasjon i frekvensområdet 15–300 Hz kunne dermed påvises.

Bruk av psykoakustiske parametre gav dessverre ikke forventede resultater og utbytte som håpt ved utarbeidelse av måleprogrammet. Dette kommer av karakteren til lyden fra vindturbinene og begrensninger i analysemetodikken som beskrevet innledningsvis i dette kapitlet.

3.5 Modulasjon

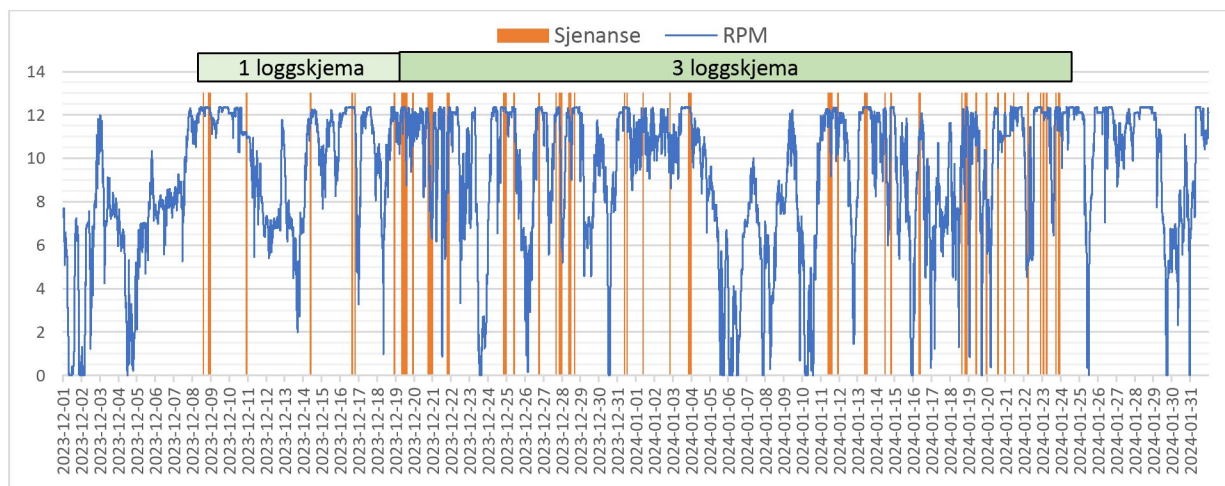
De psykoakustiske parameterne for opplevelse av modulert lyd «fluctuation strength» og «roughness» analyserer ikke alle typer modulasjoner, men fokuserer på noen enkelte hørselsinntrykk. Det er derfor undersøkt om modulasjoner kunne bli påvist med modulasjonsanalyse i analyseprogrammet Artemis fra HeadAcoustics. Programvaren kunde ikke detektere tydelige modulasjoner hverken i frekvens eller amplitude.

Observerte variasjoner i lydnivå og frekvens er langsomme og vilkårlige, og benyttede evalueringsmetoder har dermed ikke klart å kvantifisere variasjonen. Siden driften med produsert effekt, turtall og vingenes pitchvinkel stadig forandres og tilpasses vindforholdene, blir variasjonene i hovedsak vilkårlige. I tillegg er avstanden fra turbinene til målepunktene så stor at vinden også lager en variasjonseffekt gjennom luftbevegelser i vindkastene. I målepunktene ved boligene samvirker dessuten lyd fra flere turbiner slik at lydbidraget fra én enkelt turbin til dels blir maskert og summert med lyden fra andre turbiner i nærheten. Dette gjør at eventuelt repeterbar lyd fra én turbin blandes med lyden fra de andre turbinene og blir dermed utydeligere.

Berørte naboer beskriver støyen som en dur. Lyd fra «unaturlig» amplitudemodulasjon beskrives ofte som «thumb» på engelsk, og kan kanskje kalles et dunk eller et «mykt slag» på norsk. Utifra naboenes beskrivelse av lyden, samt lytting til våre egne opptak av perioder det er klager, er det ikke sannsynlig at fenomenet amplitudemodulasjon forårsaker støyyplagene ved Tysvær vindkraft.

3.6 Sammendrag drift og klager

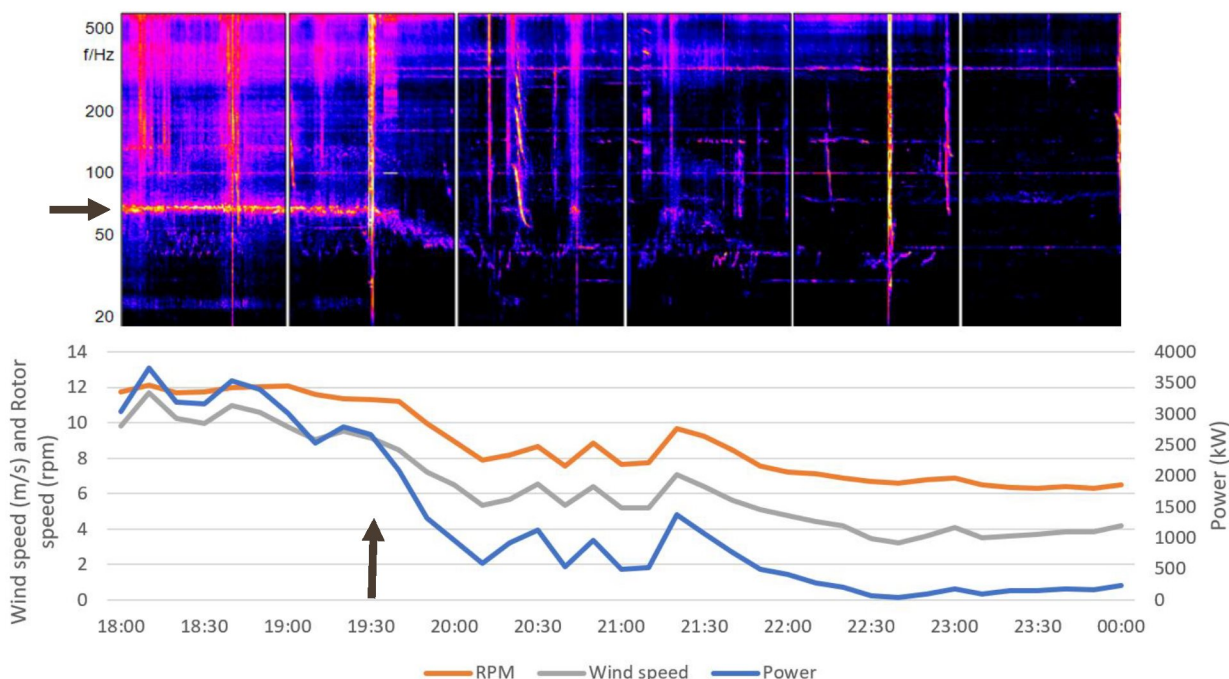
Figur 13 viser sammendrag av tilfeller hvor beboere har notert forstyrrelser, sammenholdt med driften av vindkraftverket. Fra figuren kan det leses at det registreres sjenanse regelmessig ved full drift og produksjon. For hver periode det har vært full drift mens naboer har logget, har det blitt registret sjenanse i loggskjemaet.



Figur 13. Sammendrag av tilfeller da beboere notert forstyrrelser sammenlignet med driften av vindparken.

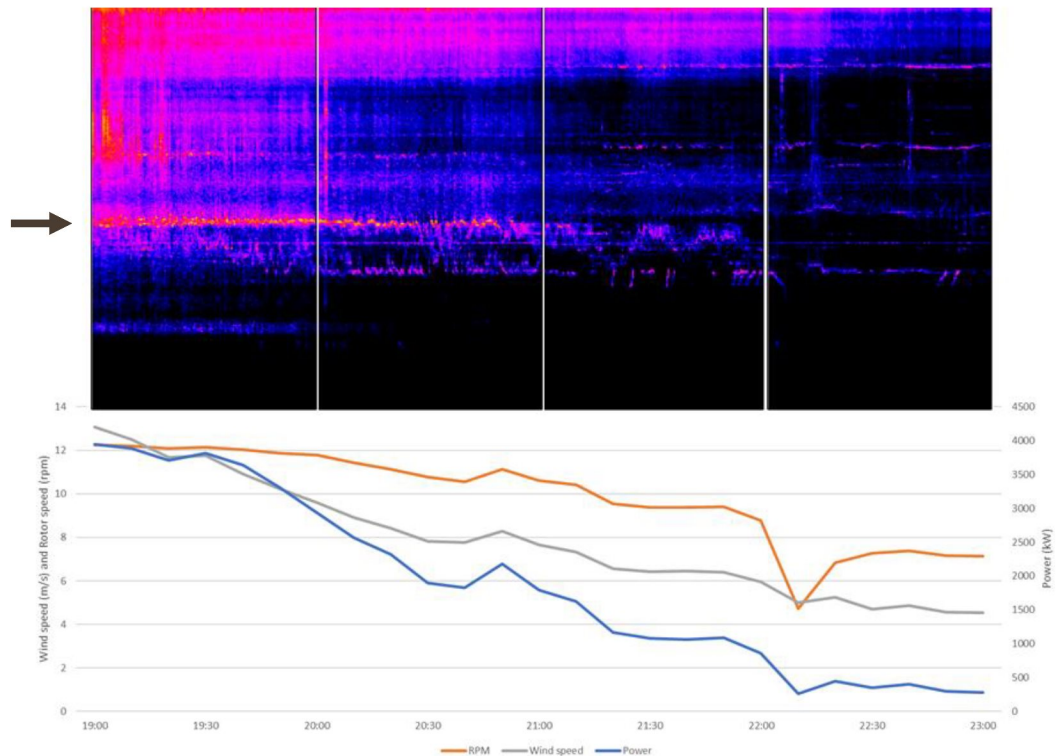
3.7 Driftsdata og toner

Gjennom analyse av tilfeller der vindhastighet, effekt og turtall endres, er det observert at tonene som er registret er avhengig av turtallet til turbinene. Figur 14 viser variasjonen av drift og lyd for seks timer. Mellom kl. 18:00-19:30 er turtallet (RPM) stabilt og en stabil tone med frekvensen 65 Hz er synlig som vannrett gul-rosa linje i spektrogrammet. Etter kl. 19:30 minsker vinden og turtallet går ned, med tilsvarende senkning av frekvensen på lyden.



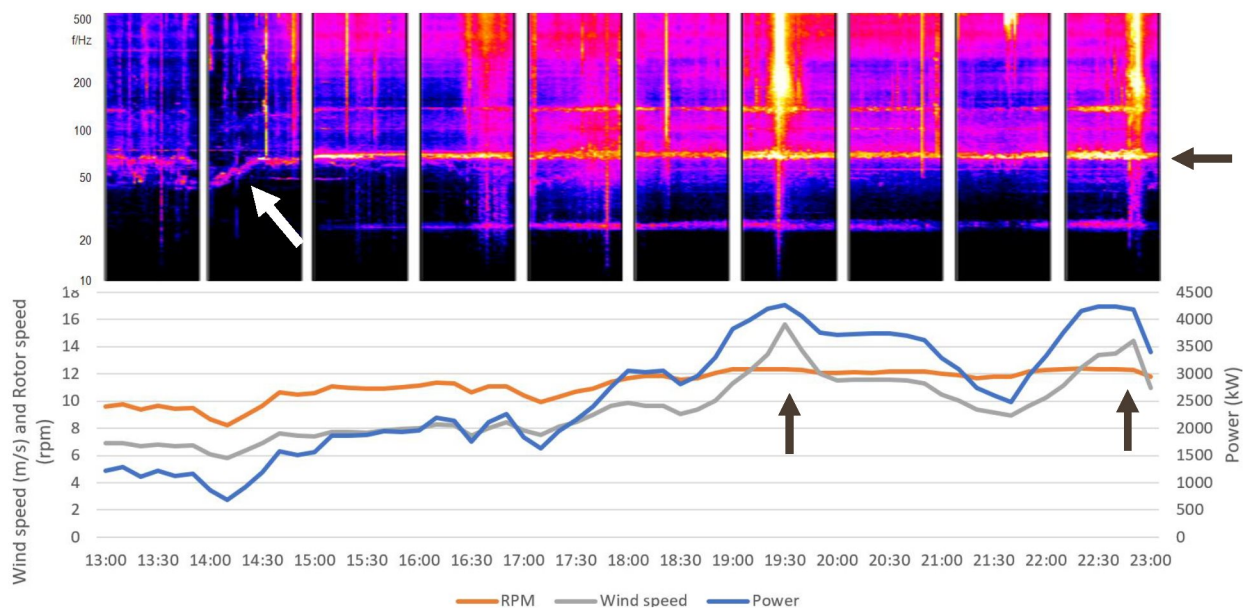
Figur 14. Sammenligning av driftsdata og lydspektrogram fra Hersdal 20.12.2023 kl. 18:00-00:00.

I Figur 15 vises tilsvarende resultater hvor vind og produksjon kontinuerlig minsker. Dette svekker lydstyrken til tonen rundt 65 Hz, og etter kl. 21 begynner denne å variere i frekvens når turtallet minsker.



Figur 15. Sammenligning av driftsdata og lydspektrogram fra Hersdal 16.12.2023 kl. 19:00-23:00.

Figur 16 viser hvordan lyden og produksjonen (RPM og Power) til vindparken endres når vinden tiltar. Kl. 14–15 sees det tydelig at frekvensen til tonen økes fra ca. 45 Hz til 65 Hz. Årsaken er sannsynligvis et stigende turtall (oransje linje). Lydstyrken til tonen stiger med vindstyrken (grå linje). Dette gjelder også for en svak tone ved 23 Hz. Kl. 19:20 og 22:50 er det to korte sterke vindøkninger som gir sterk bakgrunnsstøy i mikrofonen. Dette sees som loddrette gul/røde områder i spektrogrammene.



Figur 16. Sammenligning av driftsdata og lydspektrogram fra Hersdal 18.12.2023 kl. 13:00-23:00.

4 Konklusjon og kommentarer

Lyden fra vindkraftverket har komponenter med toner som periodevis er hørbare ved målepunktene. Lydfrekvensen til tonene er relatert til turtall til turbinene. Lydstyrken på tonene er relatert til produsert effekt og er sterkest ved full produksjon.

Bruk av verifiserte psykoakustiske evalueringsparametere ga dessverre ikke så tydelige svar som man i utgangspunktet håpet på. Dette kommer av at lyden fra vindkraftverket delvis maskeres og forstyrres av bakgrunnsstøy forårsaket av vindturbulens rundt mikrofonen og bygninger. I tillegg er variasjonene i lyden for uregelmessige og langsomme for å påvise modulasjon med analysemetodene. Utifra naboenes beskrivelse av lyden, samt lytting til våre egne opptak av perioder det er klager, er det dermed ikke sannsynlig at fenomenet amplitudemodulasjon forårsaker støyplagene ved Tysvær vindkraft.

Sammenstilling av de tidspunkter da beboere har registrert sjenanse, stemmer godt med de tidspunktene vindparken har produsert for fullt med maksimalt turtall.

Basert på lydmålingene ved de tre målestasjoner, ser alle turbiner ut til å ha lignende lyd karakter. Lignende lyder ble observert ved alle tre målestasjoner, til tross for stor geografisk spredning av målepunktene. Registrerte lyder og toner skyldes dermed ikke at det er én enkelt turbin med lyd som avviker fra de resterende, men at alle eller i alle fall majoriteten av turbinene har likeverdig lydavstråling.