

Vastaanottaja
Exilion Tuuli Ky

Asiakirjatyyppi
Mittausraportti, versio 3

Päivämäärä
4.6.2025

Viite
1510085018

MITTAUSRAPORTTI

TUULIVOIMALAN MELUMITTAUS 5.2.2025 JA 2.5.2025, LATAMÄKI, LUHANKA



Päivämäärä **4.6.2025**
Laatija **Timo Karppinen**
Tarkastaja **Jari Hosiokangas**

Raportti tuulivoimalan melumittauksista Luhangan Latamäessä. Raportin versio 2 päivitetty 2.5.2025 mittauksen tuloksilla. Version 3 kappaleeseen 4 on lisätty kooste tuloksista.

Viite **1510085018**

1. JOHDANTO

Tehtävänä oli mitata Luhangalla sijaitsevan Latamäen tuulivoima-alueen aiheuttamaa käytönai-
kaista melua sille altistuvien kiinteistöjen läheisyydessä.

Työssä tehtiin tuulivoimalamelun mittauksia kolmessa pisteessä, altistuvien kiinteistöjen pihalla tai
välittömässä läheisyydessä. Mittauspisteet MP1-MP3 on esitetty kartalla kuvassa 1.1 ja taulukossa
1.1. Mittaukset suoritettiin Ympäristöministeriön ohjeen 4/2014 mukaan (menettelyllä "A"), jossa
on esitetty mm. mittaolosuhteita koskevat vaatimukset.

Ensimmäisessä mittauspisteessä (5.2.2025 MP1, Päivärinne) mittaukset saatiin tehtyä ohjeen mu-
kaisissa olosuhteissa. Mittausten aikana noin klo 8 jälkeen voimaloiden siivissä ilmeni jäätämistä,
jolloin voimaloiden tuottama teho alkoi olennaisesti vähentyä nimellistehosta. Tämän vuoksi toi-
sessa mittauspisteessä (MP 2, Yski) mittaus onnistui keskiäänitason ja pienitaajuisuuden osalta,
mutta kapeakaistaisuutta, iskumaisuutta ja amplitudimodulaatiota ei saatu mitattua ohjeen vaati-
missa oloissa. Kolmannella mittauspaikalla (MP 3, Kyrö) ei saatu mitattua mitään mittausohjeen
mukaisissa oloissa. Lapoja jäätävästä olosuhteesta saatiin varmistus vasta mittausten jälkeen, kun
voimaloiden toimintaa kuvaavia tiedostoja käsiteltiin. Mittauksia täydennettiin MP 2 (Yski) ja MP 3
(Kyrö) osalta 2.5.2025 mittauksissa, joissa olosuhteet olivat mittausohjeen mukaiset eikä jäätä-
mistä havaittu.

Taulukko 1.1. Mittauspisteiden sijainti

Mittauspiste	Osoite	Kiinteistö	Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta
MP1 Päivärinne	Papinmäentie 80	435-402-4-651	960 m
MP2 Yski	Myllymäentie 80	35-402-4-346	1 000 m
MP3 Kyrö	Lempääntie 910	435-402-4-140	1 900 m



Kuva 1.1. Mittauspisteet 1-3 kartalla

2. VALTIONEUVOSTON ASETUS TUULIVOIMALOIDEN ULKOMELUTASON OHJEARVOISTA

Valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 (voimaantulopäivä 1.9.2015) on annettu tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot. Ohjearvot on annettu absoluuttisina lukuarvoina, joissa ei huomioida taustamelua. Asetusta sovelletaan maankäyttö- ja rakennusalan mukaisessa maankäytön ja rakentamisen suunnittelussa, lupamenettelyissä ja valvonnassa sekä ympäristönsuojelulain mukaisessa lupamenettelyssä ja valvonnassa.

Tuulivoimalan toiminnasta aiheutuvan melupäästön takuuarvon perusteella määritelty laskennallinen melutaso ja valvonnan yhteydessä mitattu melutaso eivät saa ulkona ylittää melulle altistuvalla alueella melun A-taajuuspainotetun keskiäänitason (ekvivalenttitason L_{Aeq}) ohjearvoja taulukossa 2.1 esitetyn mukaisesti.

Taulukko 2.1. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot

	Ulkomelutason L_{Aeq} päivällä klo 7-22	Ulkomelutason L_{Aeq} yöllä klo 22-7
Pysyvä asetus	45 dB	40 dB
Loma-asutus	45 dB	40 dB
Hoitolaitokset	45 dB	40 dB
Oppilaitokset	45 dB	-
Virkistysalueet	45 dB	-
Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa suunniteltaessa ja järjestettäessä sekä tällaista toimintaa harjoitettaessa huomioon otettavista sisämelutasoista säädetään terveydensuojelulaissa (763/1994) ja sen nojalla annetuissa säännöksissä.

Valvonnan yhteydessä saatuu mittaustulokseen tehdään 5 dB lisäys, mikäli tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista altistuvalla alueella.

3. MITTAUKSET

3.1 Mittauspaikat ja -ajankohdat sekä säähavainnot

Mittaukset suoritettiin taulukon 3.1 mukaisesti. Mittauspisteen sijainti on merkitty kartalle kuvassa 1.1 ja esitetty valokuvin (Liitteet 1-4). Myös mittausten aikaiset säähavainnot on esitetty tulosliitteissä 1-4.

Taulukko 3.1. Mittauspisteiden sijaintitiedot ja mittausajankohdat

Mittauspiste	Osoite ja kiint. tunnus	Pvm. ja aika	Lähin tuulivoimala ja etäisyys
1, Päivärinne	Papinmäentie 80 435-402-4-651	5.2.2025 4:00-5:00	T2, 960 m
2, Yski	Myllymäentie 80 35-402-4-346	5.2.2025 7:00-8:00 2.5.2025 13:40-14:15	T3, 1 000 m
3, Kyrö	Lempäantie 910 435-402-4-140	5.2.2025 11:00-14:00 2.5.2025 9:45-12:30	T3, 1 900 m

3.2 Mittauslaitteet

Mittauksessa käytettiin tarkkuusluokan 1 vaatimukset täyttävää Norsonic 150-tarkkuusäänitaso-mittaria (RA-NOR-052, akkreditoitu kalibrointi: 15.10.2024, Akukon Oy, Helsinki).

Mikrofoni oli varustettu sekä primäärisellä että sekundäärisellä tuulisuojalla, jossa oli standardin DIN/EN 61400-11 mukainen aluslevy (Sinus GFM 920.1).

Äänitasomittari kalibroitiin 5.2.2025 ennen ja jälkeen mittauksen Rion NC 74-vakioäänilähteellä (RA-NOR-001, akkreditoitu kalibrointi: 21.1.2025, Akukon Oy, Helsinki), joka antaa 94 dB vakio-äänitason 1000 Hz taajuudella. Kalibrointitulosten ero ennen mittauksia (93,7 dB) ja mittauksen jälkeen (93,8 dB) tehtynä ei ylittänyt 0,2 dB.

Toisella mittauskäynnillä käytettiin Norsonic 1251-kalibraattoria (RA-NOR-037, akkreditoitu kalibrointi: 6.6.2024, Akukon Oy, Helsinki), joka antaa 114 dB äänitason 1000 Hz taajuudella. Kalibrointitulosten ero ennen mittauksia (114,0 dB) ja mittauksen jälkeen (114,1 dB) ei ylittänyt 0,2 dB. Tuulen nopeus mittauspaikalla mitattiin yhden minuutin keskiarvoina Davis Vantage pro 2 sääasemalla. Mittauspaikan tuulianturi oli mastossaan 8m korkeudella. Tuulennopeustieto korjattiin vastaamaan mittausohjeen mukaista 10m korkeutta (kertoimella 1,07, joka saatiin mitausohjeen esittämällä tavalla (2014a, kaava 5.3.1, maan pinnan karheusvakiolla 0,3). Sääaseman kellonaika synkronoitiin äänitasomittarin aikaan mittauksen alussa. Äänitasomittarin kello oli synkronoitu time.is palvelun kanssa ennen mittauksia.

Mittaukset tehtiin valvottuna. Mittauksessa tallennettiin 1 sekunnin ekvivalenttimelutasoja mittarin muistiin. Lisäksi tehtiin mittauksia äänen kapeakaistaisuuden, impulssimaisuuden ja amplitudidimodulaation havaitsemiseksi. Mittaustyö kussakin mittauspaikassa kesti noin 2-3 tuntia.

3.3 Mittausohjeen mukainen menetelmä

Mittauksissa noudatettiin Ympäristöhallinnon ohjeen 4/2014 kuvaamaa menettelyä A, jossa tuulivoimalat pysäytettiin vähintään 30 minuutin ajaksi, jolloin saatiin mitattua arvio taustamelutasolle mittauspisteessä.

Ote Ympäristöhallinnon ohjeesta 4/2014:

5.6.1

Menettely A

Tuulivoimalan toimiessa keskiäänitaso L_{AeqT} ja tuulen nopeus mitataan samanaikaisesti mitauspisteen kohdalla ja näiden keskiarvot määritetään samalle ajalle. Kunkin erillisen mittauksen suositeltava mittausaika T on 1 minuutti. Erillisiä mittauksia tulee olla vähintään 10 ja kokonaismittausajan tulee olla vähintään 30 minuuttia.

Taustamelutaso mitataan tuulivoimalan ollessa pysäytettynä ennen tuulivoimalan melutason mittaamista tai heti melutason mittaamisen jälkeen. Taustamelun mittauksien aikana mitataan samanaikaisesti myös tuulen nopeus mittauspaikalla vastaavalla tavalla kuin tuulivoimalan melutasoa mitattaessa.

Mikäli tuulen nopeudelle on asetettu tavoitearvo, vähintään kolme mitaustulosta tulee olla lukuvarvon yläpuolella ja kolme alapuolella siten että suurin poikkeama tavoitearvosta on ± 2 m/s.

Tuulen nopeuden tavoitearvo, jolla Vestas V112-3.0 voimalat saavuttivat nimellistehonsa, oli n. 11,5-12 m/s nasellin kohdalla ($h=140$ m), jota vastaa tuulen nopeus n. 7 m/s ($h=10$ m). Enimmäismelupäästönsä voimalat saavuttavat myös noin 7 m/s ($h=10$ m) tuulen nopeudella.

Voimalan toimintaa kuvaavat tiedot: sähköteho, tuulen nopeus nasellin korkeudella, tuulen suunta, nasellin suunta, nasellin eranto tuulen suuntaan nähden, tallennettiin tilaajan toimesta.

Koosteet voimaloiden tiedoista, mittauspaikan sääolosuhteista ja valokuvat mittauspaikoilta on esitetty tulosliitteissä 1-4.

3.4 Keskiäänitasojen laskenta

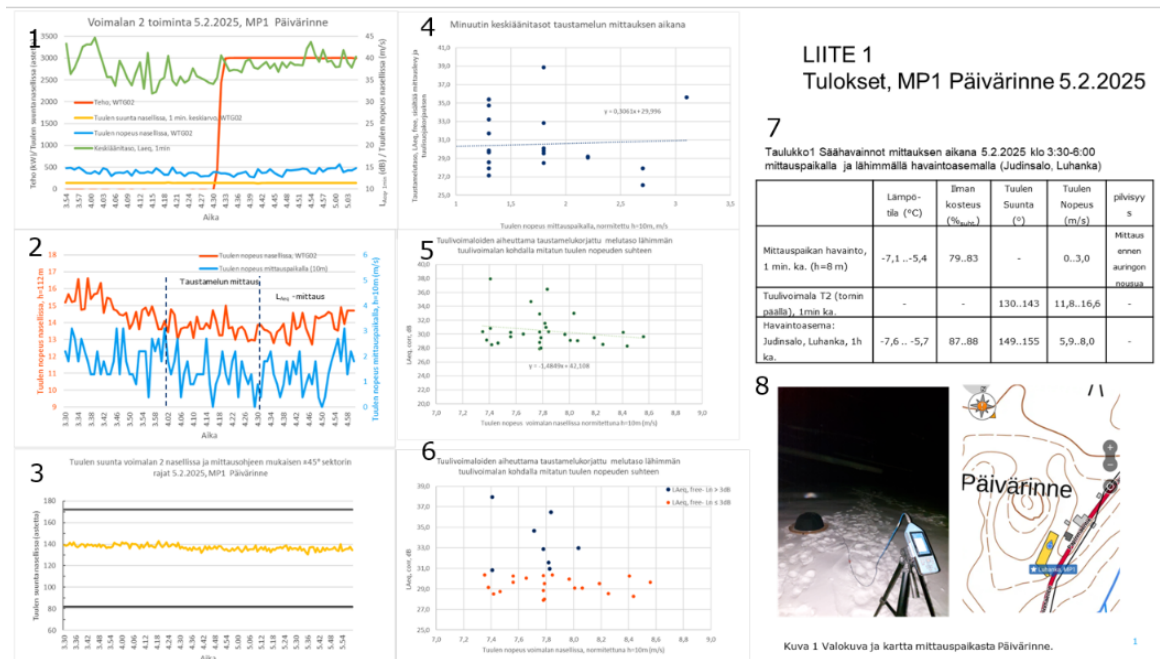
- Keskiäänitasoista poistettiin häiriöäänet, esim. mittaaajan ja ohittavien kulkuneuvojen äänet.
- Ympäristöministeriön ohjeen 4/2014 mukaisesti mittauslevyltä mitatuista tuloksista vähennettiin -6 dB levyheijastuksen vuoksi. Tuloksiin korjattiin sekundäärituulisuojan aiheuttama vaimennus +0,2 dB. Lisäksi tehtiin mittausohjeen mukaiset taustamelukorjaukset seuraavasti:
- Laskettiin ääniasojen minuutin (energia)keskiarvot
- Mittauspaikan tuulen nopeuslukemat ($h=8\text{m}$) korjattiin 10m tasoon kertoimella 1,07
- Taustamelun, L_n , minuutin keskiarvot järjestettiin mittauspaikan tuulen nopeuden minuutin keskiarvojen mukaan
 - Taustamelutason pistejoukkoon sovitettiin regressiosuora, jonka yhtälöä käytetään taustamelutason laskemiseen seuraavassa vaiheessa
- Voimaloiden toiminnan aikaisesta äänitasosta, L_{Aeq} , saadaan korjattu äänitaso, $L_{Aeq, corr}$, vähentämällä taustamelu. Voimaloiden toiminnan aikainen taustamelu saadaan laskettua, sijoittamalla mittauspaikan tuulen nopeuslukema taustamelutason regressiosuoran yhtälöön (Voimaloiden toiminnan aikainen taustamelu on mittauspaikan tuulen nopeuden funktio)
- Taustamelukorjatut minuutin keskiäänitasot ($L_{Aeq, corr, 1min}$) esitettiin nasellin tuulen nopeuden suhteen
- Tuulen nopeusarvot muutetaan laskennallisesti tuulivoimalan nasellin arvoista vastaamaan tuulen nopeutta 10 metrin korkeudella maanpinnasta mittausohjeen (2014a) mukaisesti. Maanpinnan karheutena käytettiin lukuarvoa 0,3 (lähellä täysikasvuisia puita, kasvillisuutta ja rakennuksia)
- Sovituspuorien perusteella määritettiin taustamelukorjatut tuulivoimaloiden aiheuttamat melutasot tavoitetuulennopeudella 12 m/s nasellin kohdalla (n. 7 m/s, $h = 10\text{ m}$).
- Tulokset edustavat mittausjakson aikaisten sääolosuhteiden mukaista tilannetta

Liitteiden 1-4 sisältämät tuloskuvat on esitelty kuvassa 3.4:

Kohta 1: Mittausten aikainen lähimmän voimalan tehon tuotto (oranssi kuvaaja), tuulen nopeus lähimmän voimalan nasellissa (sininen kuvaaja) ja minuutin keskiäänitaso (vihreä kuvaaja)

Kohta 2: Tuulen nopeuden minuuttikeskiarvot voimaloiden nasellien kohdalla (oranssi-) ja mittauspaikalla (sininen kuvaaja). Pystyviivat osoittavat mittausjaksojen vaiheet: keskiäänitason mittaus -> taustamelutason mittaus

Kohta 3: Tuulen suunta lähimmän voimalan nasellin kohdalla, sekä mittausohjeen mukaiset rajat (tummanharmaat viivat vaakatasossa), joiden välissä tuulen suunnan (yleensä lähimmältä turbiinilta) tulisi pysyä mittausten aikana.



Kuva 3.4 Tulosten tulkinta (liitteet 1-4)

Kohta 4: Taustamelun mittauksen aikana tallennetut minuutin A-painotetut keskiäänitasot, L_n (voimalat pysäytettynä) esitettynä mittauspaikan 10m korkeutta vastaavien tuulen nopeuslukemien suhteen. Pisteisiin sovitettuna suoran yhtälön avulla määritetään voimaloiden käynnin aikainen laskennallinen taustamelutaso, joka vähennetään voimaloiden toiminnan aikana mitatuista keskiäänitasoista (kohta 5).

Kohta 5: Tuulivoimaloiden toiminnan aikaiset taustamelukorjatut keskiäänitasot, $L_{Aeq,corr}$, esitettynä tuulivoimaloiden naselliin kohdalla mitatun tuulen nopeuden suhteen, joka on laskennallisesti korjattu vastaamaan tuulen nopeutta 10m korkeudella. Kuvaajassa on esitetty oranssilla mittaus tulokset, joissa kokonaisäänitaso $L_{Aeq,free}$ on ylittänyt taustamelutason L_n yli 3 dB:llä. Vihreällä esitetyissä mittaus tuloksissa kokonaisäänitaso ja taustamelutason ero on ollut 0 – 3 dB. Havainnot, joissa laskennallinen taustäänitaso on ylittänyt mitatun kokonaisäänitaso, on poistettu käsittelystä.

Kohta 6: Kohdan 5. tiedoista muodostettiin havaintojen ja tuulen nopeuden välinen regressiosuora, jonka yhtälön avulla voidaan laskea voimaloiden aiheuttama taustamelukorjattu äänitaso eri tuulen nopeuksilla. Voimaloiden tuulen nopeuden tavoitearvolla (7 m/s, 10 metrin korkeudella) tuottaman melun vertailuarvo luetaan sovitussuoralta, kohdasta 7 m/s.

Kohta 7: Kooste säähavainnoista

Kohta 8: Valokuva ja kartta mittauspaikasta

3.5 Pienitaajuinen melu

Pienitaajuisista melua mitattiin 20-200 Hz taajuusvälillä 1/3 -oktaavikaistoin (1). Liitteissä 5 - 7 on esitetty taajuuskorjaamaton ekvivalentti äänitaso, L_{eq} , jonka arvoista on vähennetty mittauslevyn aiheuttaman kokonaisheijastuksen vaatima -6 dB korjaus. Tuulisuojan vaikutus on korjattu (+0,2 dB) terssitaajuudella 200 Hz, tätä pienemmillä taajuuksilla tuulisuojan vaimentava vaikutus ei ole merkittävä.

3.6 Melun kapeakaistaisuus

Melun kapeakaistaisuutta tutkittiin standardiin ISO 61400 perustuvan ohjeistuksen mukaan (1). Fourier-spektrit (FFT) tallennettiin 10 sekunnin mittaisina. Tallennuksista valittiin tavoitetuulen nopeuden (12 m/s) läheltä olevia tallenteita (Liitteet 5-7) joiden taajuussisältöä tutkittiin.

3.7 Melun impulssimaisuus

Melun impulssimaisuutta tutkittiin 60 sekunnin mittaisista tallenteista, jotka oli kerätty 10 ms näytteenottotaajuudella. Tallenteen signaalille ei tehty mittausslevy-, taustamelu-, eikä tuulisuoja-korjauksia.

Tallenteista etsittiin impulssimaisia melutapahtumia laskennallisesti NT ACOU 121-menetelmällä, joka on kuvattu viitteessä (3). Mittausdatasta määriteltiin äänitason nousunopeus (onset rate) ja äänitasoero (level difference) ja mikäli standardissa määritetty nousunopeuden kynnysarvo ylittyi (10 dB/s), ylittyi myös impulssin huomattavuus (Predicted Prominence, P).

Huomattavuuden perusteella laskettiin äänitasoon tarvittaessa tehtävä korjaustermi Ki. Ympäristöministeriön ohjeen 4/2014 mukaisesti melu on impulssimaista, jos arvioitu korjaus Ki on suurempi kuin 3 dB. Laskennallisesti impulssimaisiksi tulkittiin äänitapahtumat, joiden $P > 6,6$ ja $K_i \geq 3$ dB. Mittausjakson aikana melun luonnetta arvioitiin myös aistinvaraisesti.

3.8 Melun merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)

Melun merkityksellistä sykintää etsittiin tallenteista, joissa näytteenottotaajuus oli 125 ms ja mitausten kesto 1 minuutti (Liitteet 5-7). Mittausohje määrittelee melun merkityksellisesti sykkiväksi, kun siinä on havaittavissa vähintään 20% modulaatioaste, jolloin amplitudin vaihtelua (modulaatiosyvyys) on yli 3 dB. Sykintä tulee havaita 0,5-30 Hz vaihtelutaajuudella. Minuutin kestoisia äänitason tallenteita kerättiin vähintään 5 kpl kustakin mittauspaikasta. Mittausjakson aikana melun sykintää arvioitiin myös aistinvaraisesti.

4. TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Latamäen tuulivoimalan aiheuttaman melutason mittaustulos alitti valtioneuvoston asetuksessa 1107/2015 annetun tuulivoimaloiden ulkomelutason yöajan ohjearvon kaikissa kolmessa mittauspisteessä. Mitatun melun pienitaajuinen osuus (20-200 Hz) ei ylittänyt pienitaajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason toimenpiderajaa [2].

4.1 Mittauspaikka 1, Päivärinne 5.2.2025

- Taustamelukorjattu tuulivoimalan aiheuttama melutaso tuulen nopeuden tavoitearvolla 7 m/s (10 m korkeudella) oli 32 dB. Tulos alittaa ohjearvon.

Taulukko 4.2. Korjattu ekvivalentti A-äänitaso ($L_{Aeq, corr.}$).

Tuulennopeus 10m kork., (m/s)	Mittausjakson $L_{Aeq, corr}$ (dB)	Huom.
6	33	Olosuhde mittausohjeen mukainen koko mittausjakson ajan
7	32	
8	30	

- Pienitaajuinen melutaso (ulkona) alitti Sosiaali- ja terveysministeriön ns. asumisterveysasetuksessa asettamat pienitaajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason toimenpiderajat nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa. Tulos on laskettu 30 min keskiäänitason mittauksen perusteella (Liite 5).
- Tutkituista signaalinäytteistä ei löydetty havaittavaa kapeakaistaista. Kuulohavaintojen perusteella melu ei ollut kapeakaistaista (Liite 5).
- Yhden minuutin tallenteissa ei havaittu iskumaisia tapahtumia, eikä mittausjakson aikainen melu ollut kuulohavaintojenkaan perusteella iskumaista (Liite 5).

- Ääninäytteistä ei havaittu syvyydeltään yli 3 dB amplitudimodulaatiota. Kuulohavaintojen perusteella melu ei ollut sykkivää (Liite 5).

4.2 Mittauspaikka 2, Yski 5.2.2025

- Taustamelukorjattu tuulivoimalan aiheuttama melutaso tuulen nopeuden tavoitearvolla 7 m/s (10 m korkeudella) oli 34 dB. Tulos alittaa ohjearvon.

Taulukko 4.2. Korjattu ekvivalentti A-äänitaso ($L_{Aeq, corr.}$), mitattu 5.2.2025.

Tuulennopeus 10m kork., (m/s)	Mittausjakson $L_{Aeq, corr}$ (dB)	Huom.
6	35	Olosuhde 5.2.2025 mittausohjeen mukainen vain keskiäänitason ja pienitaajuisuuden mittausten osalta
7	34	
8	33	

- Pienitaajuinen melutaso (ulkona) alitti Sosiaali- ja terveysministeriön ns. asumisterveysasetuksessa asettamat pienitaajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason toimenpiderajat nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa. Tulos on laskettu 30 min keskiäänitason mittauksen perusteella (Liite 6).

4.3 Mittauspaikka 2, Yski 2.5.2025

- 2.5.2025 mitatuista signaalinäytteissä ei havaittu tuulivoimaloiden aiheuttaman melun kapeakaistaisuutta. Kuulohavaintojen perusteella melu ei ollut kapeakaistaista (Liite 6).
- Yhden minuutin tallenteissa (2.5.2025) havaittiin joitain iskumaisia tapahtumia, mutta koko mittausjakson aikainen melu ei ollut iskumaista (Liite 6). Kuulohavaintojen perusteella melu ei ollut iskumaista
- Ääninäytteistä (2.5.2025) ei havaittu syvyydeltään yli 3 dB amplitudimodulaatiota. Kuulohavaintojen perusteella melu ei ollut sykkivää (Liite 6).

4.4 Mittauspaikka 3, Kyrö 5.2.2025

- Mittausten aikana voimalat eivät toimineet nimellistehollaan, jolloin ympäristöministeriön mittausohjeen mukaista mittausolosuhdetta ei saavutettu.

4.5 Mittauspaikka 3, Kyrö 2.5.2025

- Taustamelukorjattu tuulivoimalan aiheuttama melutaso tuulen nopeuden tavoitearvolla 7 m/s (10 m korkeudella) oli 35 dB. Tulos alittaa ohjearvon.

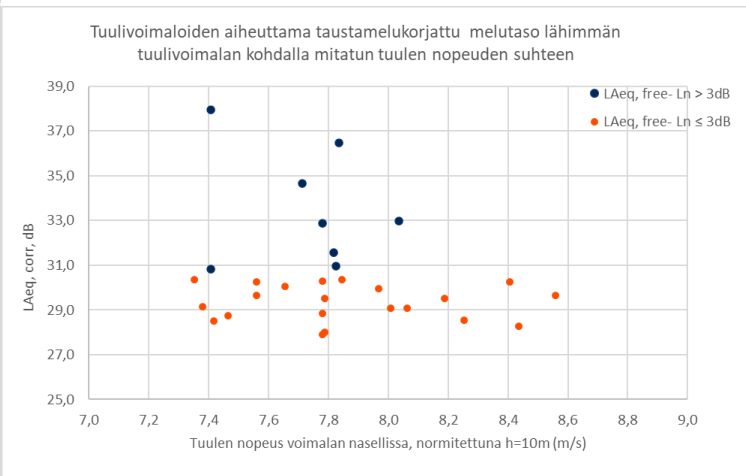
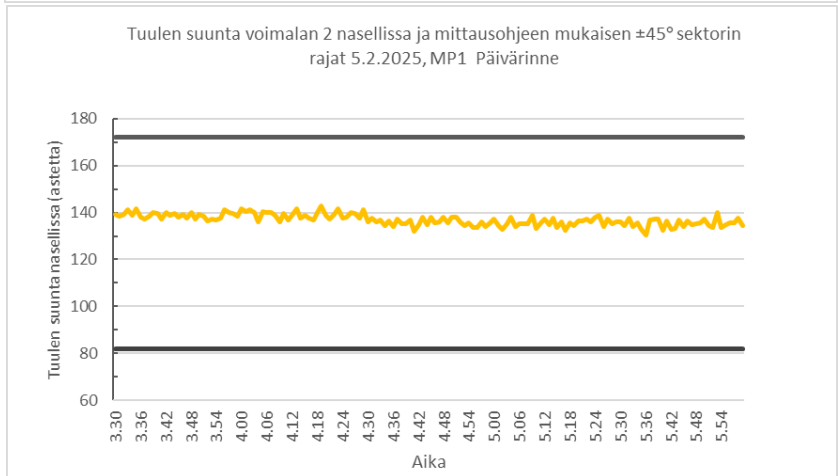
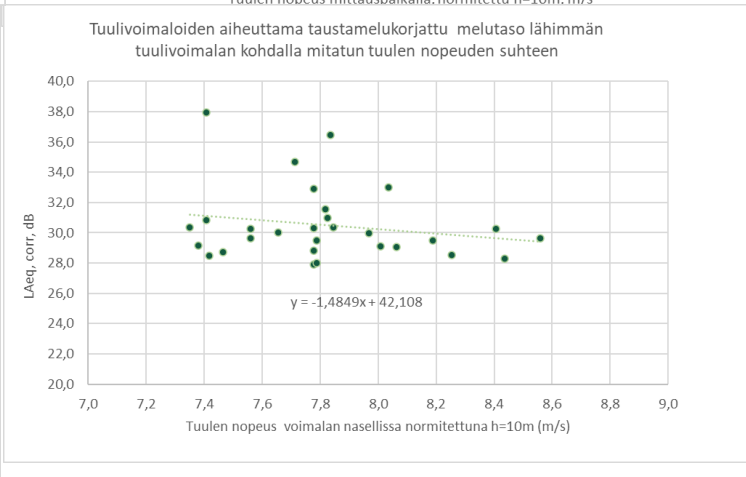
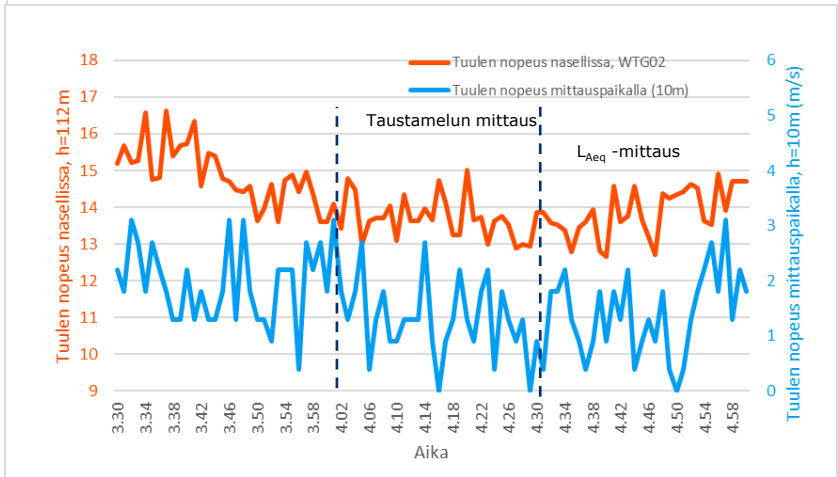
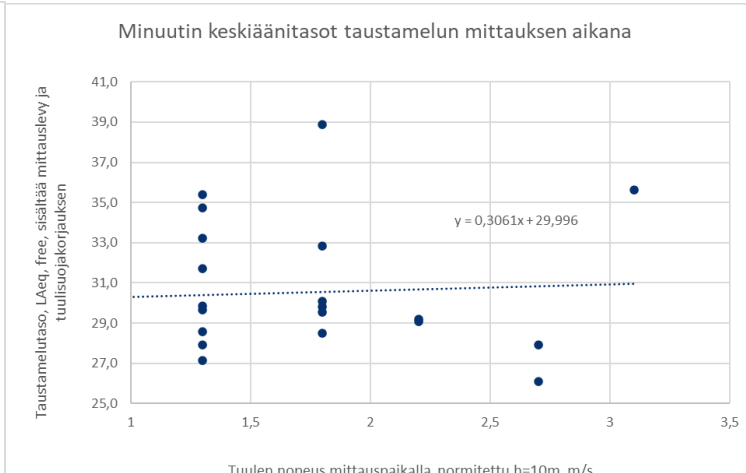
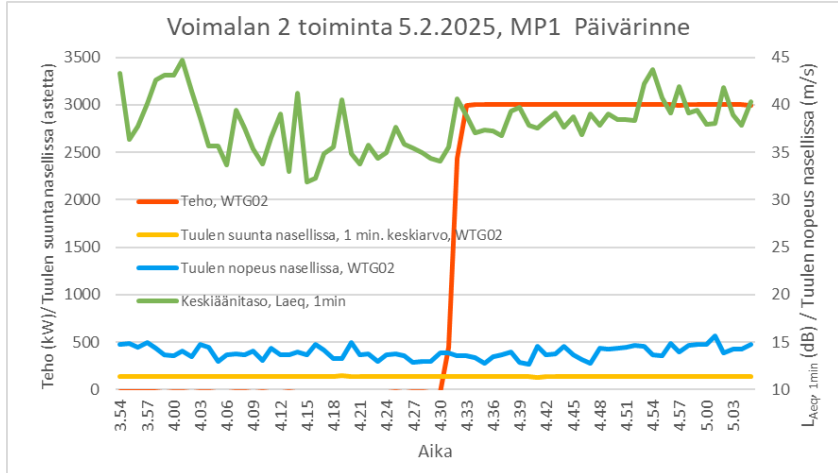
Taulukko 4.4. Korjattu ekvivalentti A-äänitaso ($L_{Aeq, corr.}$).

Tuulennopeus 10m kork., (m/s)	Mittausjakson $L_{Aeq, corr}$ (dB)	Huom.
6	33	Olosuhde mittausohjeen mukainen
7	35	
8	37	

- Pienitaajuinen melutaso (ulkona) alitti Sosiaali- ja terveysministeriön ns. asumisterveysasetuksessa asettamat pienitaajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason toimenpiderajat nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa. Tulos on laskettu 30 min keskiäänitason mittauksen perusteella (Liite 7).
- 2.5.2025 mitatuista signaalinäytteistä ei löydetty tuulivoimaloiden aiheuttaman melun kapeakaistaisuutta. Kuulohavaintojen perusteella melu ei ollut kapeakaistaista (Liite 7).
- Yhden minuutin tallenteissa (2.5.2025 mitatuista) havaittiin joitakin iskumaisia tapahtumia, mutta koko mittausjakson aikainen melu ei ollut iskumaista (Liite 7). Kuulohavaintojen perusteella melun ei havaittu olevan iskumaista.
- Yhdessä ääninäytteessä (2.5.2025) havaittiin hetkellinen syvyydeltään yli 3 dB amplitudi-modulaatiota. Koko mittausjakson melu ei ollut amplitudimoduloitunutta, eikä melu ollut sykkivää kuulohavaintojenkaan perusteella (Liite 7).

VIITTEET

- Tuulivoimaloiden melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa. (YMPÄRISTÖ-HALLINNON OHJEITA 4 | 2014).
- Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, 8/2016, Valvira. (Asumisterveysasetus § 11-13).
- Prominence of impulsive sounds and for adjustment of L_{Aeq} . 2002 May. (NORDTEST Method). Report No.: NT ACOU 112.

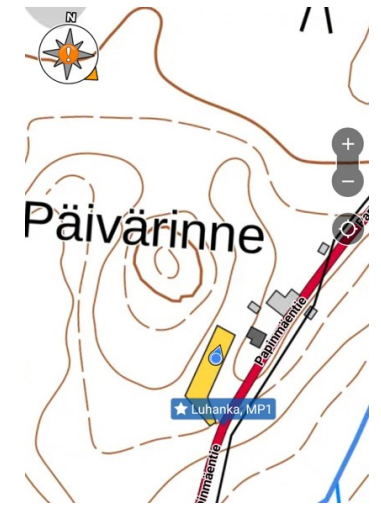


LIITE 1

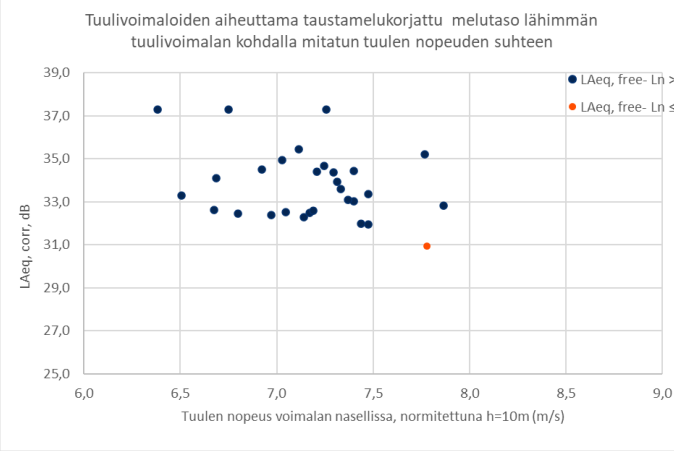
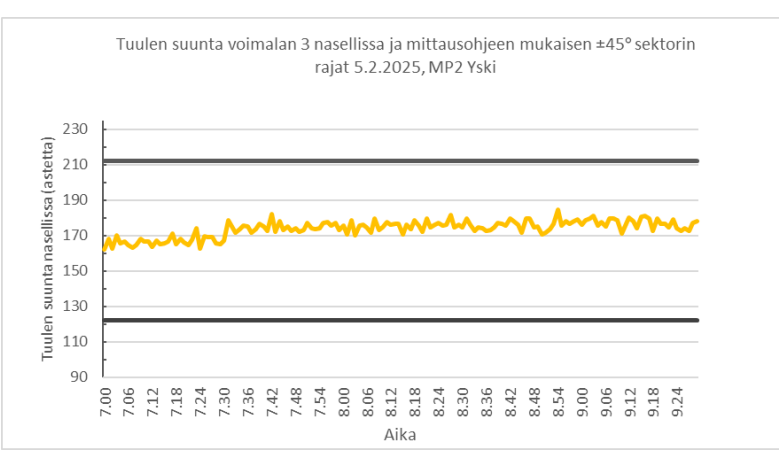
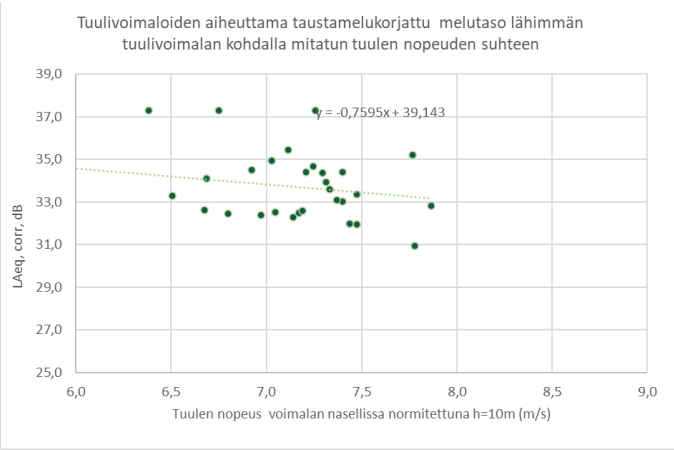
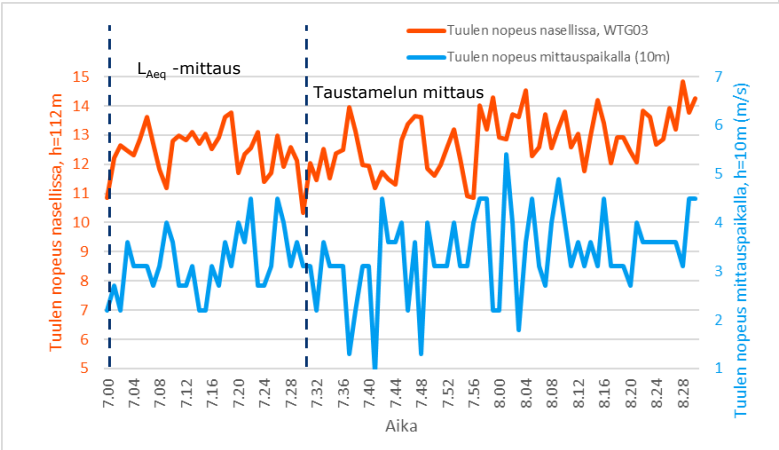
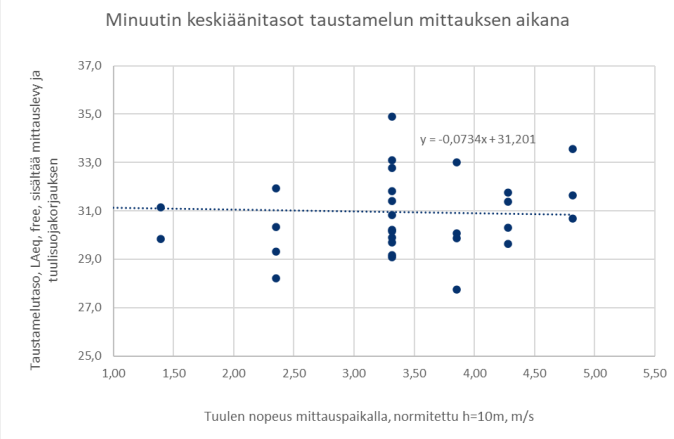
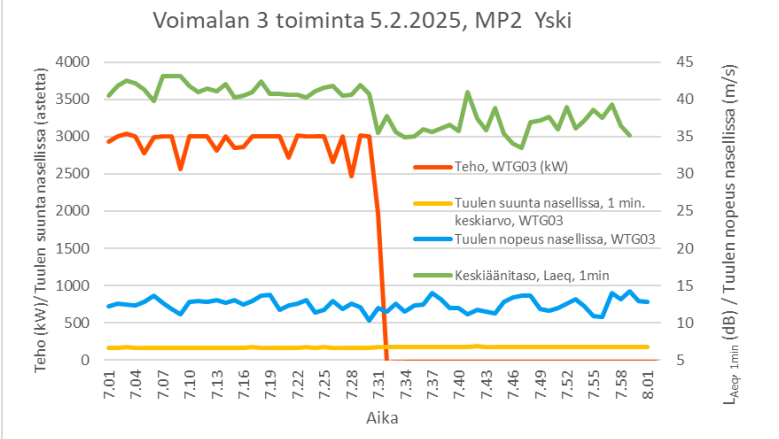
Tulokset, MP1 Päivärinne 5.2.2025

Taulukko1 Säähavainnot mittauksen aikana 5.2.2025 klo 4:00-6:00 mittaustaikalla ja lähimmällä havaintoasemalla (Judinsalo, Luhanka)

	Lämpötila (°C)	Ilman kosteus (% _{suht})	Tuulen Suunta (°)	Tuulen Nopeus (m/s)	pilvisyydet
Mittauspaikan havainto, 1 min. ka. (h=8 m)	-7,1 ..-5,4	79..83	-	0..3,0	Mittaus ennen auringon nousua
Tuulivoimala T2 (tornin päällä), 1min ka.	-	-	130..143	11,8..16,6	-
Havaintoasema: Judinsalo, Luhanka, 1h ka.	-7,6 .. -5,7	87..88	149..155	5,9..8,0	-



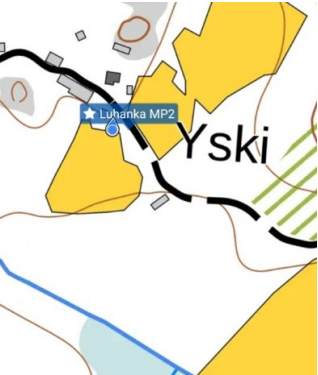
Kuva 1 Valokuva ja kartta mittaustaikasta Päivärinne.



LIITE 2 Tulokset, MP2 Yski 5.2.2025

Taulukko1 Säähavainnot mittauksen aikana 5.2.2025 klo 7:00-8:00 mittauspaiella ja lähimmällä havaintoasemalla

	Lämpö-tila (°C)	Ilman kosteus (% _{suht.})	Tuulen Suunta (°)	Tuulen Nopeus (m/s)	Pilvisyy s
Mittauspaikan havainto, 1 min. ka. (h=8 m)	-5,1 ..-4,7	79..84	-	0,9..4,5	Mittaus yli 1h ennen auringon nousua
Tuulivoimala T3 (tornin päällä), 1min ka.	-	-	162..182	10,3..14,3	-
Havaintoasema: Judinsalo (Luhanka), 1h ka.	-4,3..-5,0	88..89	154..155	7,5..8,1	-



Kuva 1 Kartta ja valokuva mittauspaiasta Yski.

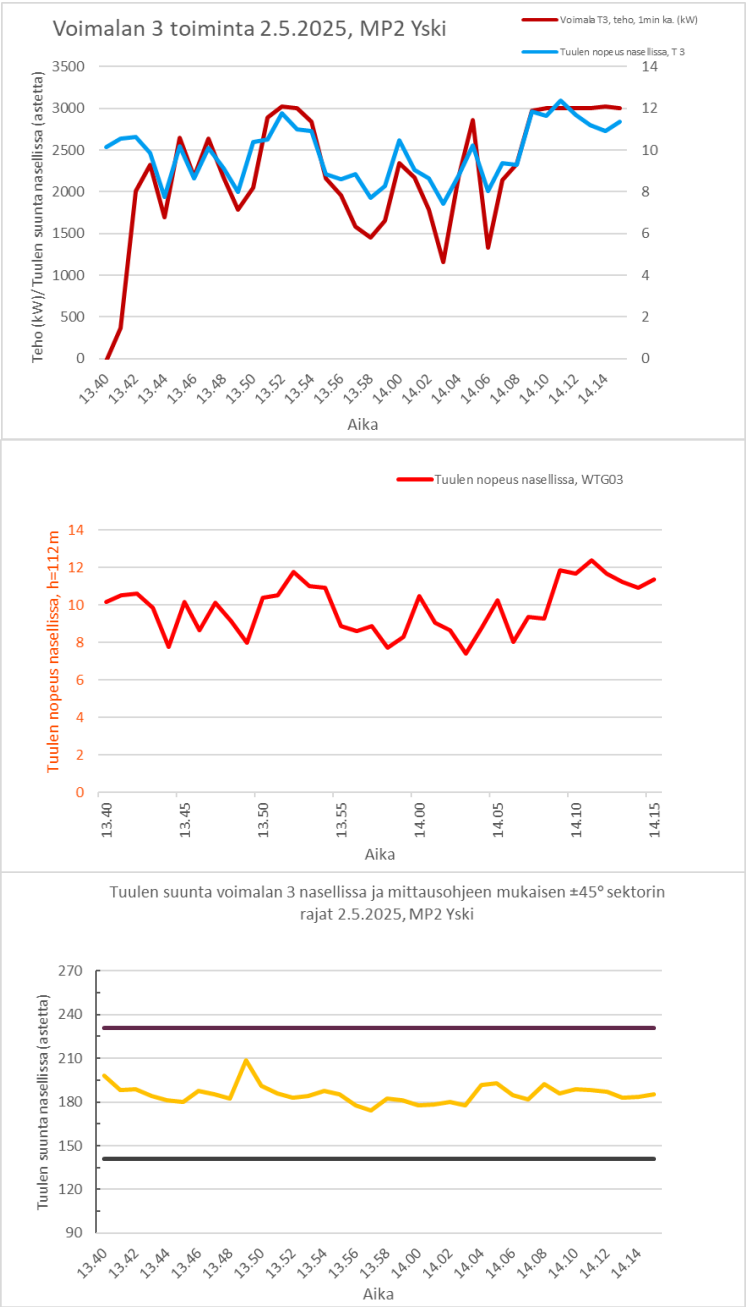
LIITE 3

Mittausolosuhteet

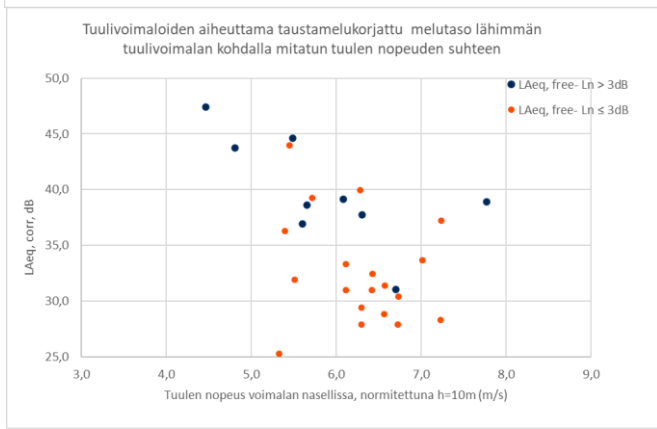
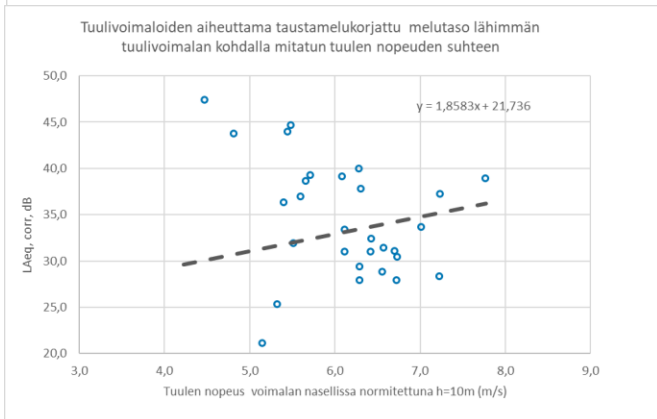
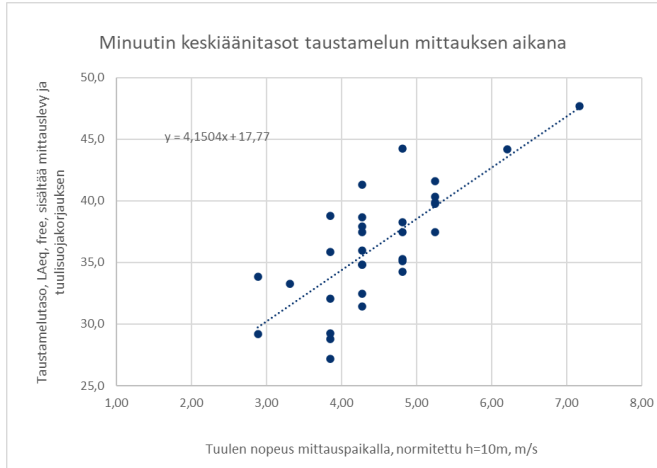
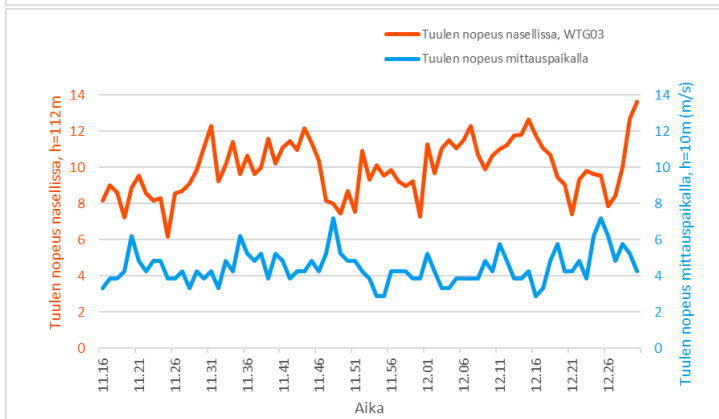
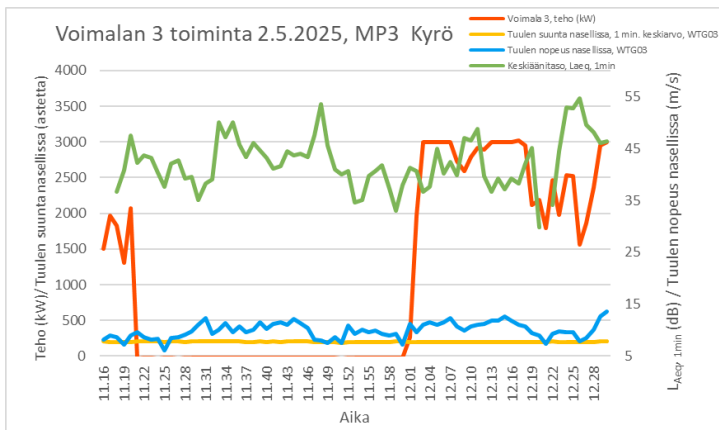
MP2 Yski, 2.5.2025

Taulukko1 Säähavainnot mittauksen aikana 2.5.2025 klo 13:40-14:15 mittauspaikalla ja lähimmällä havaintoasemalla (Judinsalo, Luhanka)

	Lämpö- tila (°C)	Ilman kosteus (% _{suht.})	Tuulen Suunta (°)	Tuulen Nopeus (m/s)	pilvisyy s
Mittauspaikan havainto	13	-	180	6-8	4/8
Tuulivoimala T3 (tornin päällä), 1min ka.	-	-	174..207	7,4..12,4	-
Havaintoasema: Judinsalo, Luhanka, 1h ka. Klo 14:00	9,5	68	162	9,1	-



Kuva 1 Valokuva mittauspaikasta Yski.



LIITE 4

Tulokset, MP3 Kyrö 2.5.2025

Taulukko1 Säähavainnot mittauksen aikana 2.5.2025 klo 9:45-12:30 mittauspaiikalla ja lähimmällä havaintoasemalla (Judinsalo, Luhanka)

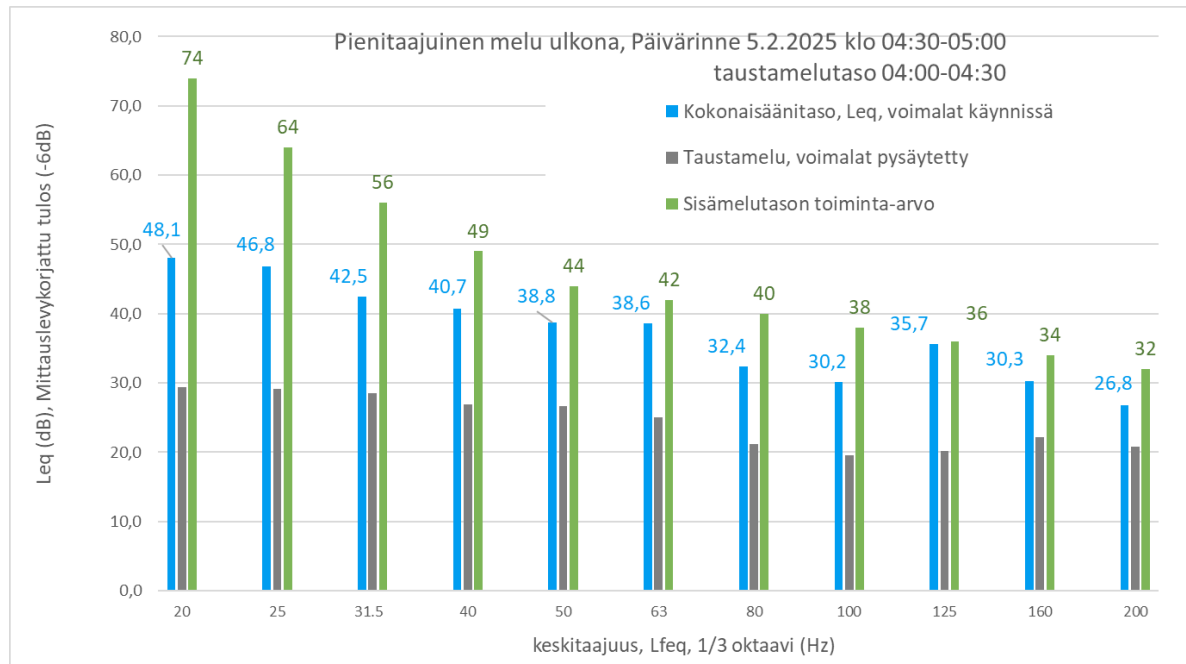
	Lämpö-tila (°C)	Ilman kosteus (% _{suht})	Tuulen Suunta (°)	Tuulen Nopeus (m/s)	pilvisyy s
Mittauspaikan havainto	10,6-13,1-13	63,3-81,4	180	3-7	4/8
Tuulivoimala T3 (tornin päällä), 1min ka.	-	-	185..215	6,0..13,8	-
Havaintoasema: Judinsalo, Luhanka, 1h ka. Klo 14:00	5,9-8,1	63,3-81,4	161,1-163,7	9,1	-



Kuva 1 Valokuva mittauspaiikasta Kyrö.

Liite 5, Tulokset MP1 Päivärinne: Pienitaajuinen melu, kapeakaistaisuus, iskumaisuus ja amplitudimodulaatio

1. Pienitaajuinen melu (L_{eq})



Kuva 1.1: Pienitaajuinen melu (taajuuskorjaamaton ekvivalenttiäänitaso, L_{eq} , taajuudet 20-200Hz), Päivärinne 5.2.2025 klo 04:30-05:00.

2. Melun kapeakaistaisuus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman melun tonaalisuus määritettiin klo 05:34-05:39 tallennetuista mittaustiedostoista. Tutkituista näytteistä ei löytynyt kapeakaistaisuutta. Kuulohavaintojen perusteella tuulivoimaloiden ääni ei ollut kapeakaistaista.

Taulukko 2.1 Mittaustiedostot, joita tutkittiin melun kapeakaistaisuuden toteamiseksi

Tiedoston tunnus	Tuulennopeuden 1 min. ka. (m/s)	Aloitusaika
21 2025-02-05 05-34-58	12,0	5.2.2025 5:34
22 2025-02-05 05-36-16	14,5	5.2.2025 5:36
23 2025-02-05 05-37-19	13,9	5.2.2025 5:37
24 2025-02-05 05-38-24	13,5	5.2.2025 5:38
25 2025-02-05 05-39-29	13,2	5.2.2025 5:34

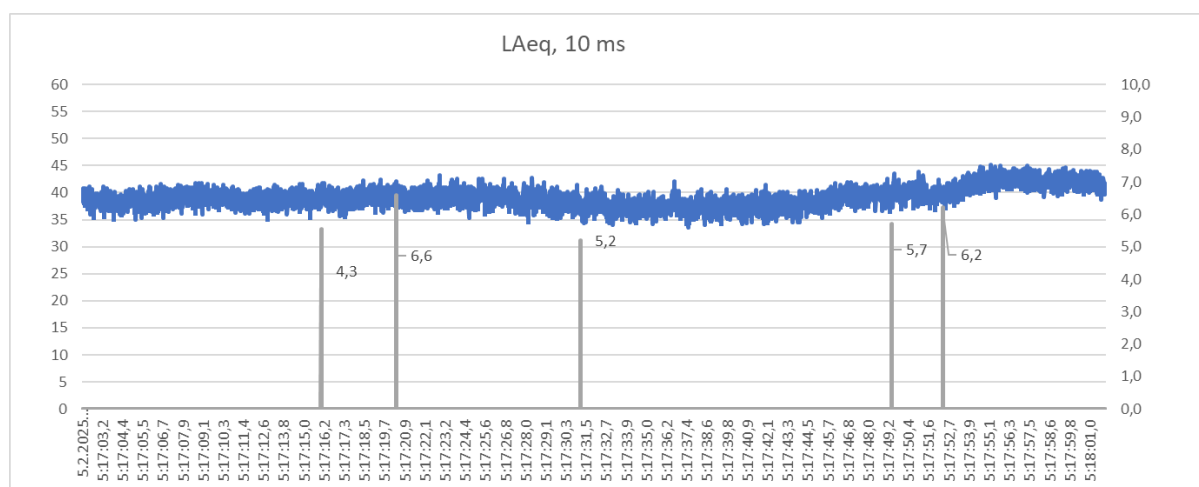
3. Melun impulssimaisuus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman melun impulssimaisuus määritettiin 5.2.2025 klo 05:17-05:22 tallennetuista mittaustiedostoista. Mittausjakson aikana melun luonnetta arvioitiin myös aistinvaraisesti.

Tiedostojen tunnukset ja tallennusten ajankohdat on esitetty taulukossa 3.1. Mittauksen aikana tuulen nopeus oli voimalan nasellin kohdalla 14,3–15,5 m/s.

Taulukko 3.1 Tiedostot, joita tutkittiin melun iskumaisuuden toteamiseksi, sekä havaittujen impulssimaisten melutapahtumien määrä

Tiedoston tunnus	Aloitusaika	Impulssimaisia tapahtumia (kpl)
9	5.2.2025 05:17:01	0
10	5.2.2025 05:18:09	0
11	5.2.2025 05:19:54	0
12	5.2.2025 05:21:00	0
13	5.2.2025 05:22:04	0



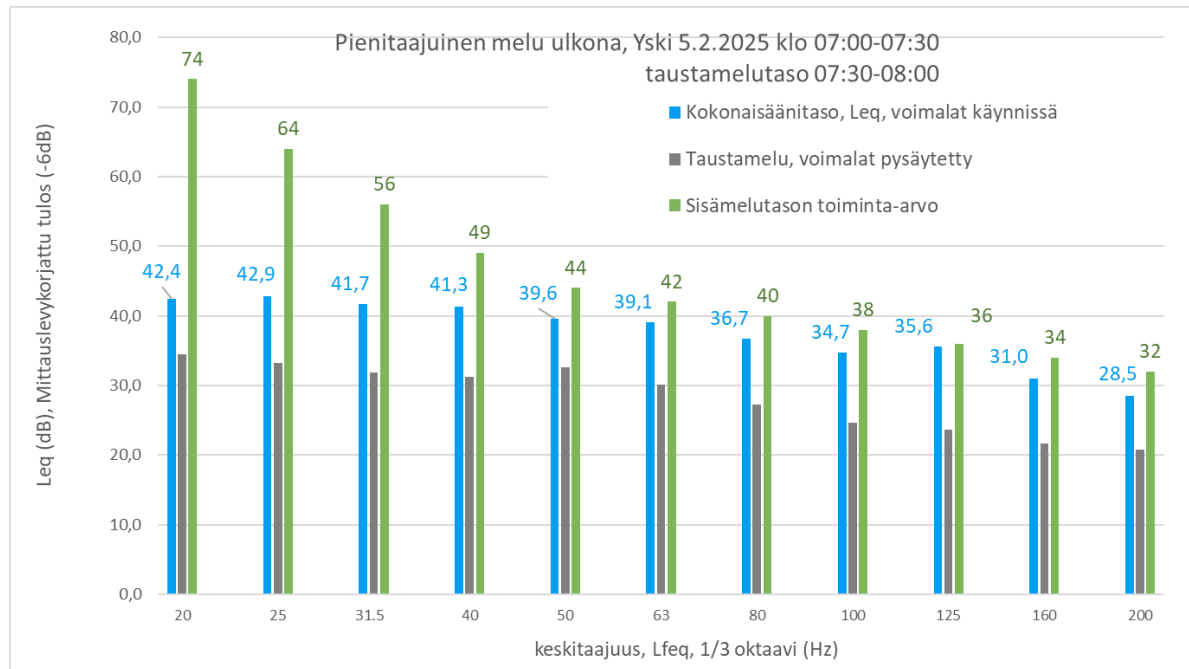
Kuva 3.1 Tallenteen 9 kuvaaja (sininen) ja iskumaisuutta kuvaava kerroin P ajan suhteen (harmaa). Tapahtuma on iskumainen, jos kerroin P > 6,6 dB. Iskumaisia tapahtumia havaitaan 0 kpl. Tallenteen signaalille ei ole tehty mittauslevy-, taustamelu-, eikä tuulisuojakorjauksia.

4. Melun merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio)

Melun merkityksellistä sykintää etsittiin 125 ms keskiäänitason tallenteista, joissa mittausjakso kesti minuutin. Mittausohje määrittelee melun merkityksellisesti sykkiväksi, kun siinä on havaittavissa vähintään 20% modulaatioaste, jolloin amplitudin vaihtelua (modulaatiosyvyys) on yli 3 dB. Sykintä tulee havaita 0,5-30 Hz vaihtelutaajuudella. Äänitallenteita kerättiin klo 05:26-05:32 (5 kpl, tiedostot 16-20). Tuulen nopeus nasellien korkeudella oli tuolloin 14,0-15,0 m/s. Mittausjakson aikana melun sykintää arvioitiin myös aistinvaraisesti. Tuulivoimaloiden tuottamassa äänessä ei havaittu amplitudimodulaatiota mittausten aikana.

Liite 6, Tulokset MP2 Yski: Pienitaajuinen melu, kapeakaistaisuus, iskumaisuus ja amplitudimodulaatio

1. Pienitaajuinen melu (L_{eq}), 1. mittauskäynti 5.2.2025



Kuva 1: Pienitaajuinen melu (taajuuskorjaamaton ekvivalenttiäänitaso, L_{eq} , taajuuudet 20-200Hz), Yski 5.2.2025 klo 7:00-7:30.

2. Melun kapeakaistaisuus 2.5.2025 (2. mittauskäynti)

Tuulivoimaloiden aiheuttaman melun tonaalisuus määritettiin 5.2.2025 klo 13:41-13:50 tallennetuista mittaustiedostoista. Tutkituista näytteistä ei löytynyt tuulivoimaloiden melun kapeakaistaisuutta. Tiedostoissa 33 ja 37 havaittiin viitteitä 4-5 kHz taajuuksien korostumista, mutta niiden todettiin aiheutuneen lintujen äänistä. Kuulohavaintojen perusteella tuulivoimaloiden ääni ei ollut kapeakaistaista.

Taulukko 2.1 Mittaustiedostot, joita tutkittiin melun kapeakaistaisuuden toteamiseksi

Tiedoston tunnus	Tuulenoisuuden 1 min. ka. (m/s)	Aloitusaika
33 2025-05-02 13-41-36	12	2.5.2025 13:41
35 2025-05-02 13-44-59	13	2.5.2025 13:44
37 2025-05-02 13-47-57	13	2.5.2025 13:47
38 2025-05-02 13-49-08	13	2.5.2025 13:49
39 2025-05-02 13-50-22	13	2.5.2025 13:50

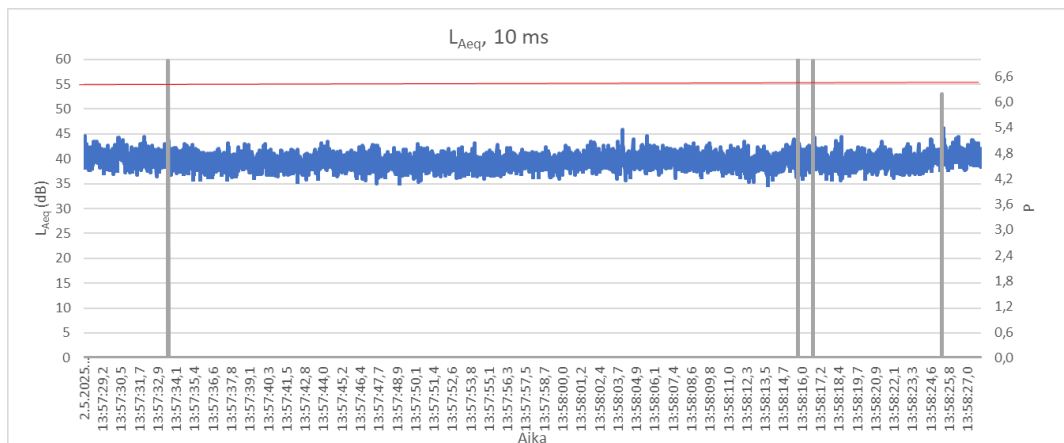
3. Melun impulssimaisuus 2.5.2025 (2. mittauskäynti)

Tuulivoimaloiden aiheuttaman melun impulssimaisuus määritettiin 2.5.2025 klo 13:55-14:00 tallennetuista mittautiedostoista. Mittausjakson aikana melun luonnetta arvioitiin myös aistinvaraisesti.

Tiedostojen tunnukset ja tallennusten ajankohdat on esitetty taulukossa 3.1. Mittauksen aikana tuulen nopeus oli lähimmän voimalan nasellin kohdalla 7,7–10,5 m/s.

Taulukko 3.1 Tiedostot, joita tutkittiin melun iskumaisuuden toteamiseksi, sekä havaittujen impulssimaisten melutapahtumien määrä

Tiedoston tunnus	Aloitusaika	Impulssimaisia tapahtumia (kpl)
42	2.5.2025 13:55:02	0
43	2.5.2025 13:56:12	0
44	2.5.2025 13:56:28	3
46	2.5.2025 13:59:47	0
47	2.5.2025 14:00:53	2



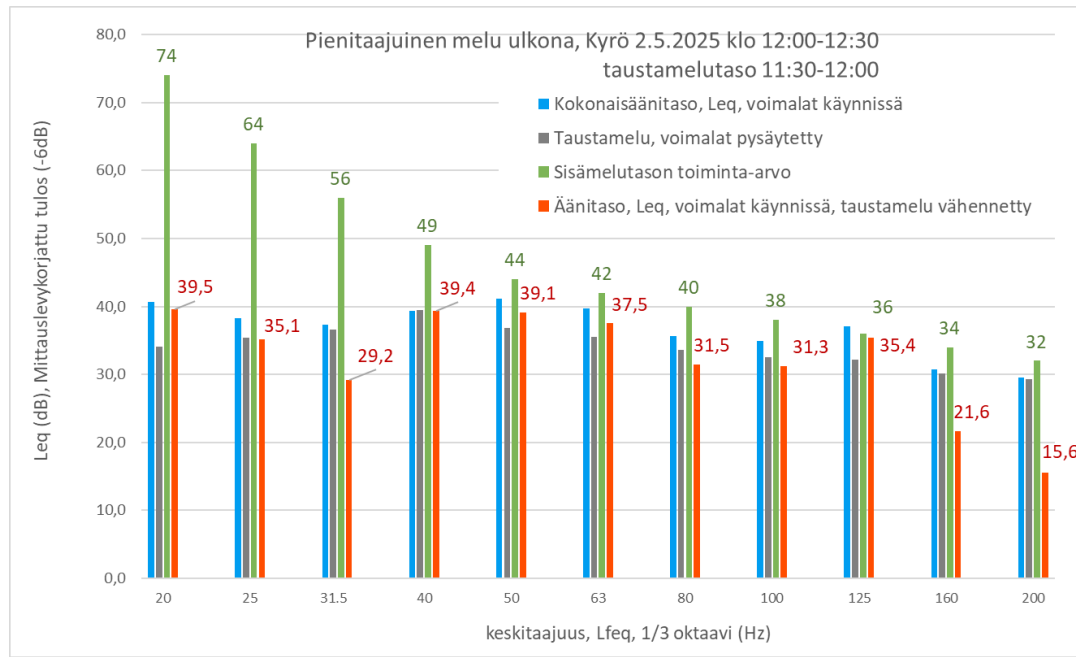
Kuva 3.1 Tallenteen 44 kuvaaja (sininen) ja iskumaisuutta kuvaava kerroin P ajan suhteen (harmaa). Tapahtuma on iskumainen, jos kerroin $P > 6,6$ dB. Iskumaisia tapahtumia ($P > 6,6$ dB) havaitaan 3 kpl. Tallenteen signaalille ei ole tehty mittauslevy-, taustamelu-, eikä tuulisuojakorjauksia.

4. Melun merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio), 2.5.2025 (2. mittauskäynti)

Melun merkityksellistä sykintää etsittiin 125 ms keskiäänitason tallenteista, joissa mittausjakso kesti minuutin. Mittausohje määrittelee melun merkityksellisesti sykkiväksi, kun siinä on havaittavissa vähintään 20% modulaatioaste, jolloin amplitudin vaihtelua (modulaatiosyvyys) on yli 3 dB. Sykintä tulee havaita 0,5-30 Hz vaihtelutaajuudella. Äänitallenteita kerättiin 2.5.2025 klo 14:03-14:09 (6 kpl, tiedostot 49-54). Tuulen nopeus lähimmän voimalan (WTG 03) nasellin korkeudella oli tuolloin 7,4-11,9 m/s. Mittausjakson aikana melun sykintää arvioitiin myös aistinvaraisesti. Tuulivoimaloiden tuottamassa äänessä ei havaittu syvyydeltään yli 3dB amplitudimodulaatiota mittauksen aikana.

Liite 7, Tulokset MP3 Kyrö: Pienitaajuinen melu, kapeakaistaisuus, iskumaisuus ja amplitudimodulaatio

1. Pienitaajuinen melu (L_{eq})



Kuva 1.1: Pienitaajuinen melu (taajuuskorjaamaton ekvivalenttiäänitaso, L_{eq} , taajuudet 20-200Hz), Kyrö 2.5.2025 klo 11:30-12:30. Taustamelutaso ylitti melutason voimaloiden käydessä 40 Hz terssitaajuudella, joten sitä ei ole vähennetty äänitasosta ko. 40 Hz taajuuskaistalla.

2. Melun kapeakaistaisuus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman melun tonaalisuus määritettiin klo 09:48-09:54 tallennetuista mittaustiedostoista. Tutkituista näytteistä 8 ja 10 löytyi kapeakaistaisuutta 4-5 kHz taajuuksilla, mutta niiden todettiin aiheutuneen lintujen äänistä. Tallenteista ei löytynyt tuulivoimaloiden aiheuttamaa kapeakaistaisuutta. Kuulohavaintojen perusteella tuulivoimaloiden ääni ei ollut kapeakaistaista.

Taulukko 2.1 Mittaustiedostot, joita tutkittiin melun kapeakaistaisuuden toteamiseksi

Tiedoston tunnus	Tuulennopeuden 1 min. ka. (m/s)	Aloitusaika
8 2025-05-02 09-48-55	8	2.5.2025 9:48
9 2025-05-02 09-50-02	11	2.5.2025 9:50
10 2025-05-02 09-51-10	11	2.5.2025 9:51
11 2025-05-02 09-52-51	11	2.5.2025 9:52
12 2025-05-02 09-54-07	11	2.5.2025 9:54

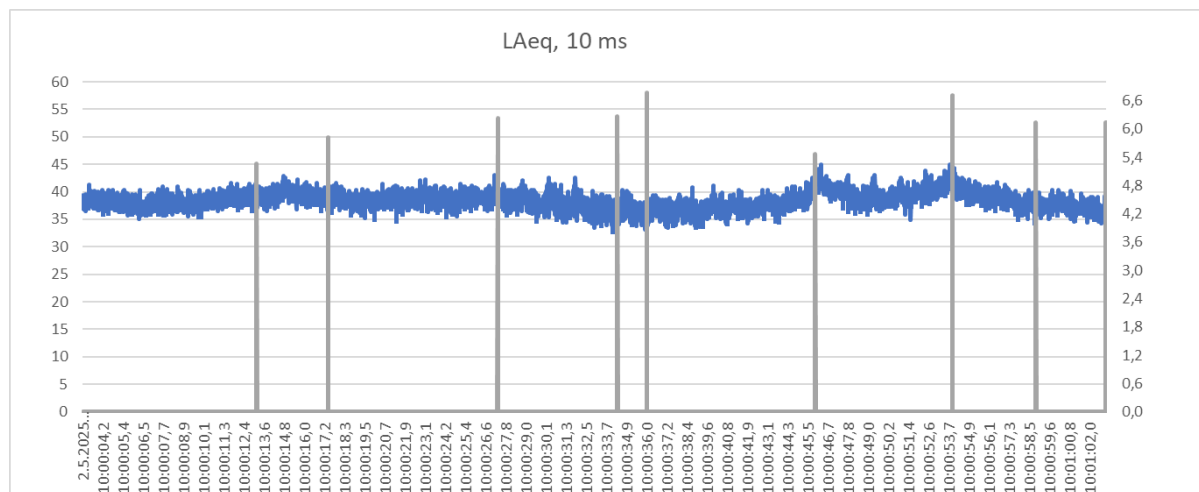
3. Melun impulssimaisuus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman melun impulssimaisuus määritettiin 2.5.2025 klo 10:03-10:14 tallennetuista mittaustiedoista. Mittausjakson aikana melun luonnetta arvioitiin myös aistinvaraisesti.

Tiedostojen tunnukset ja tallennusten ajankohdat on esitetty taulukossa 3.1. Mittauksen aikana tuulen nopeus oli voimalan nasellin kohdalla 9,0–12,0 m/s. Yhden minuutin tallenteissa havaittiin joitakin iskumaisia tapahtumia, mutta 2.5.2025 mittausjakson aikainen melu ollut kokonaisuudessaan iskumaista (Liite 7). Kuulohavaintojen perusteella melun ei havaittu olevan iskumaista.

Taulukko 3.1 Tiedostot, joita tutkittiin melun iskumaisuuden toteamiseksi, sekä havaittujen impulssimaisten melutapahtumien määrä

Tiedoston tunnus	Aloitusaika	Impulssimaisia tapahtumia (kpl)
16	2.5.2025 10:00:03	2
17	5.2.2025 10:02:01	0
19	2.5.2025 10:10:01	1
21	2.5.2025 10:12:11	0
23	2.5.2025 10:14:29	0



Kuva 3.1 Tallenteen 16 kuvaaja (sininen) ja iskumaisuutta kuvaava kerroin P ajan suhteen (harmaa). Tapahtuma on iskumainen, jos kerroin $P > 6,6$ dB. Iskumaisia tapahtumia havaitaan 2 kpl. Tallenteen signaalille ei ole tehty mittausselvitys-, taustamelu-, eikä tuulisuojakorjauksia.

4. Melun merkityksellinen sykintä (amplitudimodulaatio) 5.2.2025

Melun merkityksellistä sykintää etsittiin 125 ms keskiäänitason tallenteista, joissa mittausjakso kesti minuutin. Mittausohje määrittelee melun merkityksellisesti sykkiväksi, kun siinä on havaittavissa vähintään 20% modulaatioaste, jolloin amplitudin vaihtelua (modulaatiosyvyys) on yli 3 dB. Sykintä tulee havaita 0,5-30 Hz vaihtelutaajuudella. Äänitallenteita kerättiin klo 10:17-10:24 (6 kpl, tiedostot 25-30). Tuulen nopeus nasellin korkeudella oli tuolloin 8,0-11,6 m/s. Tallenteessa 29 havaittiin hetkellisesti syvyydeltään noin 4 dB amplitudimodulaatio, joka myös kuului mittaustaikalle. Muissa tallenteissa modulaatiota ei havaittu. Koko mittausjakson aikana melun sykintää arvioitiin myös aistinvaraisesti. Koko mittausjakso huomioituna, tuulivoimaloiden tuottama ääni ei ollut merkityksellisesti sykkivää.