

TUULIVOIMALAMELU

Tuulivoimalatilaisuus

12.9.2013 Kemiönsaari

Denis Siponen

Teknologian tutkimuskeskus VTT

Aiheita

- Nykyiset melun ohjearvot
- Tuulivoimalamelu ja sen erityispiirteet
- Tuulivoimalamelun leviäminen ympäristöön
- Tuulivoimalamelun häiritsevyys ja terveydelliset vaikutukset

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista (993/1992)

	Melun A-painotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso), L_{Aeq} enintään	
	Päivällä klo 7-22	Yöllä klo 22-7
Ulkona		
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	45-50 dB ^{1) 2)}
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ³⁾
Sisällä		
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneet	45 dB	-

¹⁾ Uusilla alueilla melutason yöohjearvo on 45 dB.

²⁾ Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa.

³⁾ Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

- Jos melu on luonteeltaan iskumaista tai kapeakaistaista, mittaus- tai laskentatulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista ohjearvoon
- Ohjearvot ja häiritsevyysskorjaus *ei* sovellettavissa tuulivoimalamelulle
- Ympäristönsuojelulain uudistuksen yhteydessä tavoitteena on laatia myös ohjearvot/raja-arvot tuulivoimaloille

Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita

- Ympäristöministeriö julkaisi 2012 tuulivoimarakentamisen suunnitteluun oppaan (Ympäristöministeriö. Helsinki 2012. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4 | 2012. 92 s.)
- Kesällä 2013 loppuneessa yhteisrahoitteisessa ”TUULIVOIMALAMELU”-projektissa laadittiin tekninen ohjeistus tuulivoimaloiden melumallinnukseen, melun mittaamiseen ja määrittämiseen sekä tuulivoimaloiden melun häiritsevyyden arviointiin
- Projektissa ehdotetaan mallinnusmenettelyksi kaksivaiheista melumallinnusta:
 - Kaavoitus-, YVA- ja rakennuslupavaiheen melumallinnus ISO 90613-2 menetelmän mukaan (Vaihe 1)
 - Tarkempi Nord2000 -menetelmän mukainen melumallinnus ympäristölupaharkinnan pohjaksi (Vaihe 2)
- Ympäristöministeriö on ilmoittanut valmistelevänsä näiden ehdotusten pohjalta varsinaisen viranomaisohjeistuksen

Ympäristöministeriön raportteja 19 | 2011

Tuulivoimarakentamisen suunnittelu - Työryhmän ehdotus tuulivoimarakentamisen kaavoitusta, vaikutusten arviointia ja lupamenettelyjä koskevaksi ohjeistukseksi

■ Ulkomelutaso:

Kappale 3.2: Tuulivoimalan tuottama ääni:

*Suunnitteluun suositellaan käytettäväksi ennen näiden ohjearvojen antamista A-taajuuspainotettua keskiäänitasoa L_{Aeq} , jonka määrittämä äänenpainetaso ei saisi ylittää päiväajan (klo 7–22) 45 dB ja yöajan (klo 22–7) suunnitteluohjearvoa **40 dB** melulle häiriintyvässä kohteessa. Näitä kohteita ovat alueet, jotka on määritetty nykyisessä valtioneuvoston päätöksessä melutason ohjearvoista. Virkistysalueilla, joissa yövytään väliaikaisesti, tulisi suunnitteluohjearvona käyttää keskiäänitasoa L_{Aeq} 35 dB. Lukuarvo on tutkimuksissa pidetty raja-arvona melun univaikutusten syntymiseen. Mikäli tuulivoimalan äänen spektri sisältää melulle häiriintyvässä kohteessa tonaalisia tai kapeakaistaisia taajuuskomponentteja tai ääni on impulssimaista tai selvästi amplitudimoduloitua (äänen voimakkuus vaihtelee ajallisesti), lisätään laskenta- tai mittaustulokseen 5 dB ennen suunnitteluohjearvoon vertaamista.*

Ympäristöministeriön raportteja 19 | 2011

Tuulivoimarakentamisen suunnittelu - Työryhmän ehdotus tuulivoimarakentamisen kaavoitusta, vaikutusten arviointia ja lupamenettelyjä koskevaksi ohjeistukseksi

■ Sisämelutaso:

Kappale 3.2: Tuulivoimalan tuottama ääni:

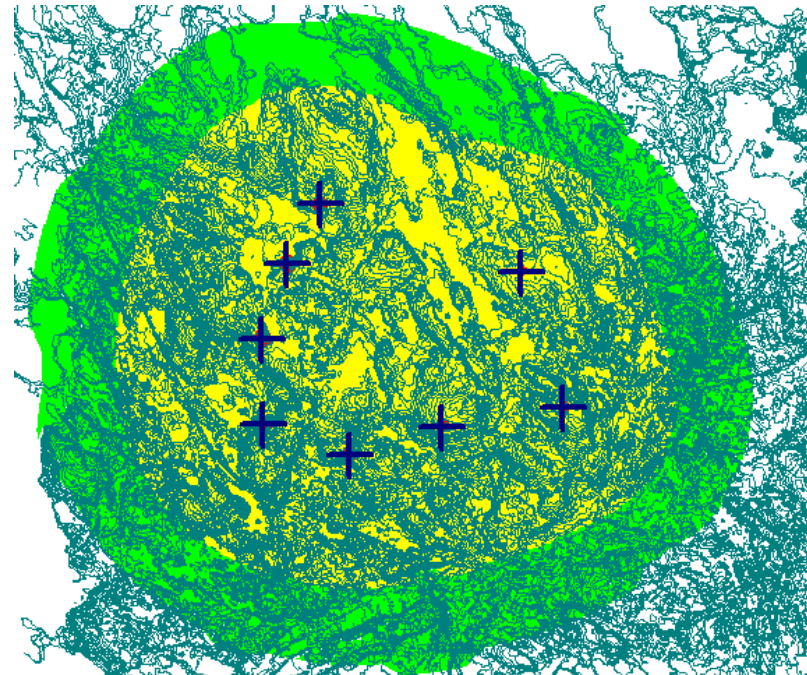
Pienitaajuisten melun osalta asuntojen sisätiloissa käytetään lisäksi seuraavia terssikaistoittain (kuten asumisterveysohjeessa) määritettyjä taajuuspainottamattomia tunnin keskiäänitasoon $L_{eq,1h}$ perustuvia suunnitteluohjearvoja. Esimerkiksi keskitaajuudeltaan 40 Hz:n melulle sallitaan 49 dB ja keskitaajuudeltaan 100 Hz:n melulle 38 dB. Nämä arvot ovat yö ajalle (22-07), päiväajalle sallitaan 5 dB suuremmat arvot.

Terssikaistan keskitaajuus/Hz	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
$L_{eq,1h}/dB$	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34

Nämä suunnitteluohjearvot perustuvat muiden maiden kokemukseen tuulivoimaloiden tuottaman äänen häiriövaikutuksesta ja muissa maissa käytössä oleviin tuulivoimalamelulle annettuihin ohjearvoihin.

Melumallinnusesimerkki

- 8 kpl 3MW Vestas V112 –tuulivoimaloita. Napakorkeus 140m, roottorin halkaisija 56m, laskenta oktaavikaistoittain
 - Laskettu ”TUULIVOIMALAMELU” –projektissa laadittujen mallinnuksen ohjeistuksen parametreilla
-
- 40 dB:n rajavyöhyke n. 650 m:n päässä lähimmästä tuulivoimalasta, (keskimäärin n. 800 m:n päässä)
 - **Jos** +5 dB häiritsevyyskorjauksella raja olisi n. 1100 m:n päässä lähimmästä tuulivoimalasta, (keskimäärin n. 1270 m:n päässä)



Tuulivoimalamelun erityispiirteet

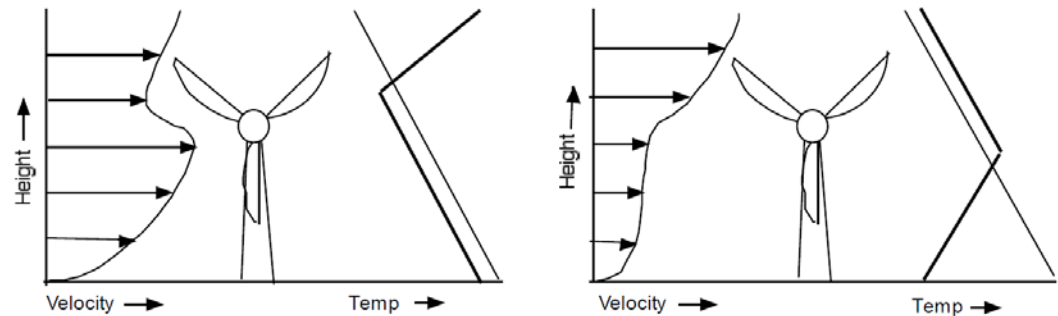
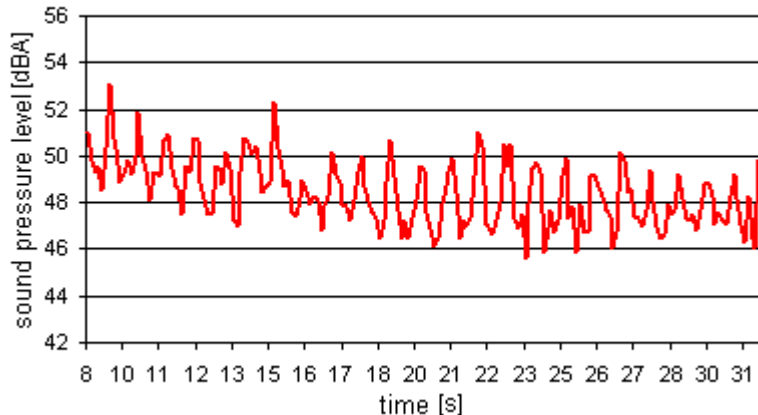
- Häiritsevyyden kannalta merkittävimmät tuulivoimalan erityispiirteet ovat amplitudimodulaatio ja pientaajuinen melu
- Tuulivoimalamelua kuvataan yleensä kansanomaisin termein: ”suhahdus”, ”jyskytys” tai ”matalataajuinen humina”
- Nämä melun kuvaukset johtuvat tuulivoimalamelun taajuudellisesta ja ajallisesta luonteesta
 - Ei verrattavissa muihin melunlähteisiin



Amplitudimodulaatio

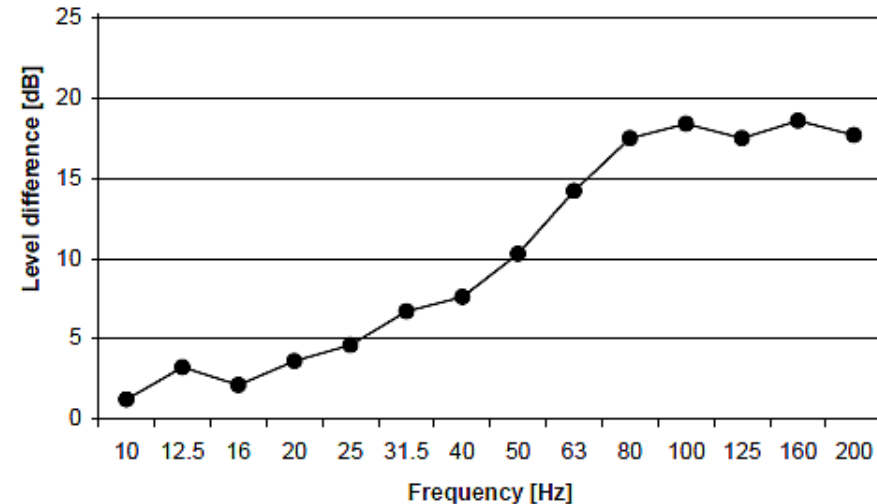
- Häiritsevyyden kannalta merkittävin tuulivoimalamelun erityispiirre
- Usean osatekijän yhteisvaikutus
 - Lavan kohtauskulman vaihtelu (turbulenssi, tuuliprofiili, suunta)
 - Usean tuulivoimalan yhteisvaikutus
- Voimakkaimmillaan inversio –säeolossa (suuri tuuligradietti, maanpinnalla ei peittoääniä kuten esim. lehtien havinaa)
- Tuulivoimalakoon kasvaessa on odotettavissa myös amplitudimodulaation voimistumista

1MW Bonus wind turbine



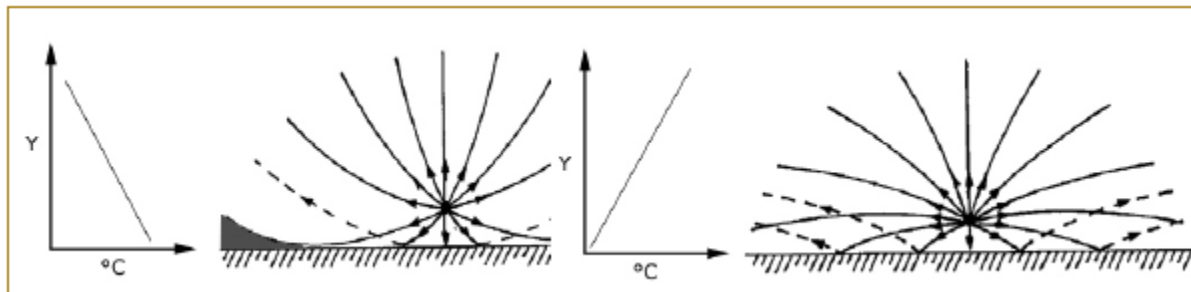
Pientaajuinen melu

- Tuulivoimalamelun oletetaan olevan pientaajuista, jos $L_{p,C} - L_{p,A} > 20$ dB (IEC 61400-11 ed.2.1)
 - Ruotsi: $L_{p,C} - L_{p,A} > 15$ dB
- Pientaajuisen tuulivoimalamelun häiritsevyys sisätiloissa johtuu useasta osatekijästä:
 - 1) Ilmakehän absorptio
 - 2) Asuintalojen ulkoseinien äänieristys
 - 3) Huonemoodit
 - 4) Pientaajuisen melun amplitudimodulaatio



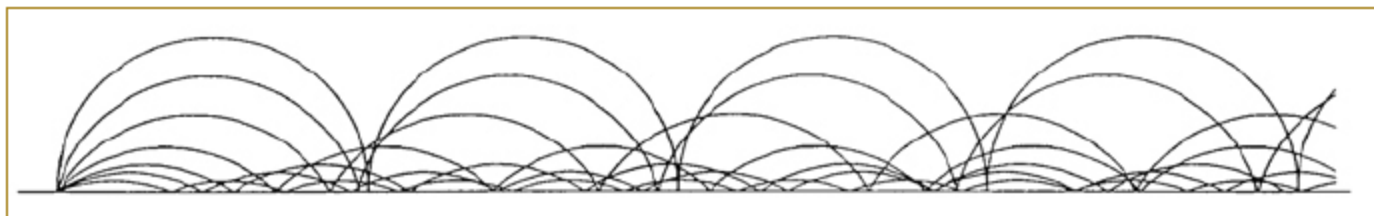
Tuulivoimalamelun leviäminen ympäristöön

- Melun leviäminen on sidoksissa alailmakehän senhetkisen tilaan tuulisuuden, lämpötilan ja sen pystyjakauman sekä ilmakerroksen termisen stabiilisuuden suhteen
- Melun vaimeneminen koostuu geometrisesta etäisyysvaimentumisesta, ääniaallon heijastumista eri objekteista tai maanpinnasta, sekä ilman omasta kyvystä absorboida ääntä
- Tuulivoimalamelun etenemisen kannalta merkittävin muutos on lämpötilan ja tuulennopeuden pystyprofiilin muutokset eri säätilojen ja vuorokaudenaikojen mukaan



Tuulivoimalamelun leviäminen ympäristöön

- Maanpinta vaikuttaa äänen etenemiseen joko vahvistavasti tai vaimentavasti. Vaikutuksen laatu on voimakkaasti riippuvainen maanpinnan muodosta, säätilasta sekä maanpinnan absorptiokyvystä äänilähteen ja tarkastelupisteen välillä
 - Vahvistava vaikutus: Kallioinen, jäinen tai muutoin kova maakerros, Veden pinta
- Kovan maanpinnan ja lämpötilainversion yhteisvaikutuksesta johtuen etäisyysvaimeneminen on siis pahimmillaan vain n. 3dB normaalin n. 6dB:n sijaan.



Tuulivoimalamelun häiritsevyys

- Tuulivoimalamelulla on todettu olevan yhteys tiettyihin terveydellisiin haittoihin [3,4] kuten unettomuuteen, nukahtamisongelmiin sekä kohonneeseen verenpaineeseen
- Amplitudimoduloidun melun on kuuntelukokeiden perusteella todettu olevan tavallista melua häiritsevämpää [5]
- Suurin tuulivoimalamelun häiritsevyyteen vaikuttava tekijä on melun temporaalinen ja spektraalinen luonne. Tämän takia se on kuultavissa jopa silloin, kun taustamelu on tuulivoimalamelua voimakkaampaa. [6,7]
- Uusimpien tutkimusten ja mittausten perusteella näyttäisi siltä, että amplitudimodulaatio ulottuu hyvin pienille taajuuksille [6]. Tämä selittäisi useita häiritsevyyteen ja terveydellisiin haittoihin liittyviä seikkoja.

Referenssit

1. William, K.G. & Palmer P. A New Explanation for Wind Turbine Whoosh – Wind Shear, Third International Meeting on Wind Turbine Noise, proceedings. Aalborg, 2009
2. IEC 61400-11, Wind turbine generator systems – Part 11 ed. 2.1: Acoustic noise measurement techniques, 2006
3. Kampermann, G. & James, R., Guidelines for Selecting Wind Turbine Sites, Sound and vibration. July 2009
4. Punch, J. et. al. Wind-Turbine Noise, What Audiologists Should Know. Audiology Today, Jul-aug 2010.
5. Lee, S. et. al. An estimation method of the amplitude modulation in wind turbine noise for community response assessment, Third International Meeting on Wind Turbine Noise, proceedings. Aalborg, 2009.
6. Howe Gastmeier Chapnik Ltd. Evinromental Noise Assessment Pubnico Point Wind Farm, Nova Scotia, Contract NRCAN-06-00046, August 2006
7. Bolin, K. & Nilsson, M. Investigating the audibility of wind turbines in the presence of vegetation noise, Second International Meeting on Wind Turbine Noise, proceedings. Lyon, 2007.