

Tuulivoimaloiden näkyminen ja melu

Sysmän Rekolanmäen tuulivoima-alue, Sysmä 11.3.2015

Mauno Aho



Näkyvyysarvioinneista

- FCG tekemä havainnekuva ja toteutunut, kumpi on kumpi?

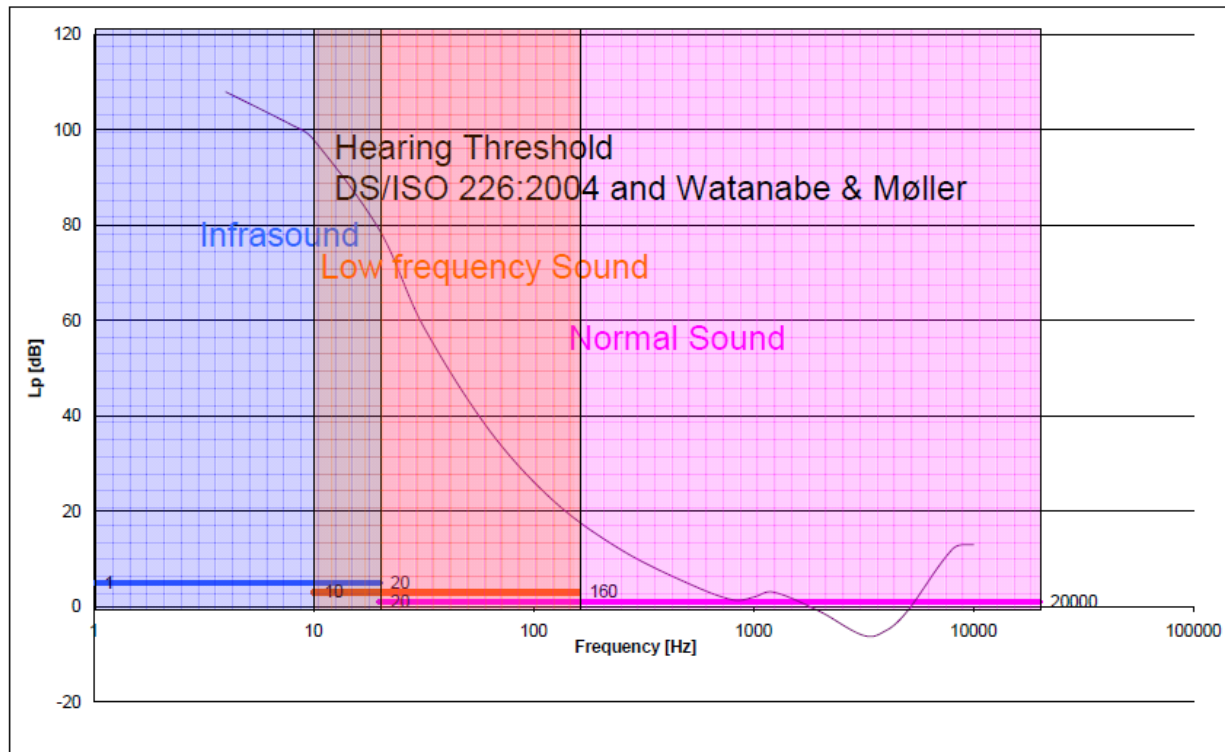


Ääni ja melu

- Ei-toivottu ääni on melua
 - Melulla on negatiivisia terveysvaikutuksia
 - Yhden musiikki voi olla toiselle vakava haitta
- Ilmassa etenevä ääni
 - Hyvin pientä paineenvaihtelua:
 - referenssitaso 0 dB = 20 μ Pa
 - ilmanpaine 1 bar on noin 100 kPa = 1000hPa=1000mbar
 - desibeliasteikko on logaritminen:
 - 20 dB = 100-kertainen teho, 10-kertainen paine
 - 94 dB vastaa 1Pa=0,01mbar
 - 134 dB vastaa 100 Pa = 1 hPa = 1 mbar
 - Vertailun vuoksi: uniapnean hoidossa käytettävä CPAP-laite puhalttaa potilaan nenään ilmaa noin 600-1400 Pa paineella.

Äänen aistiminen

- 0 dB on keskimääräisen kuulokynnyksen tasoa taajuudella 1 kHz = 1000 Hz = 1000 värähdystä sekunnissa
- Korvan herkkyys riippuu äänen taajuudesta:

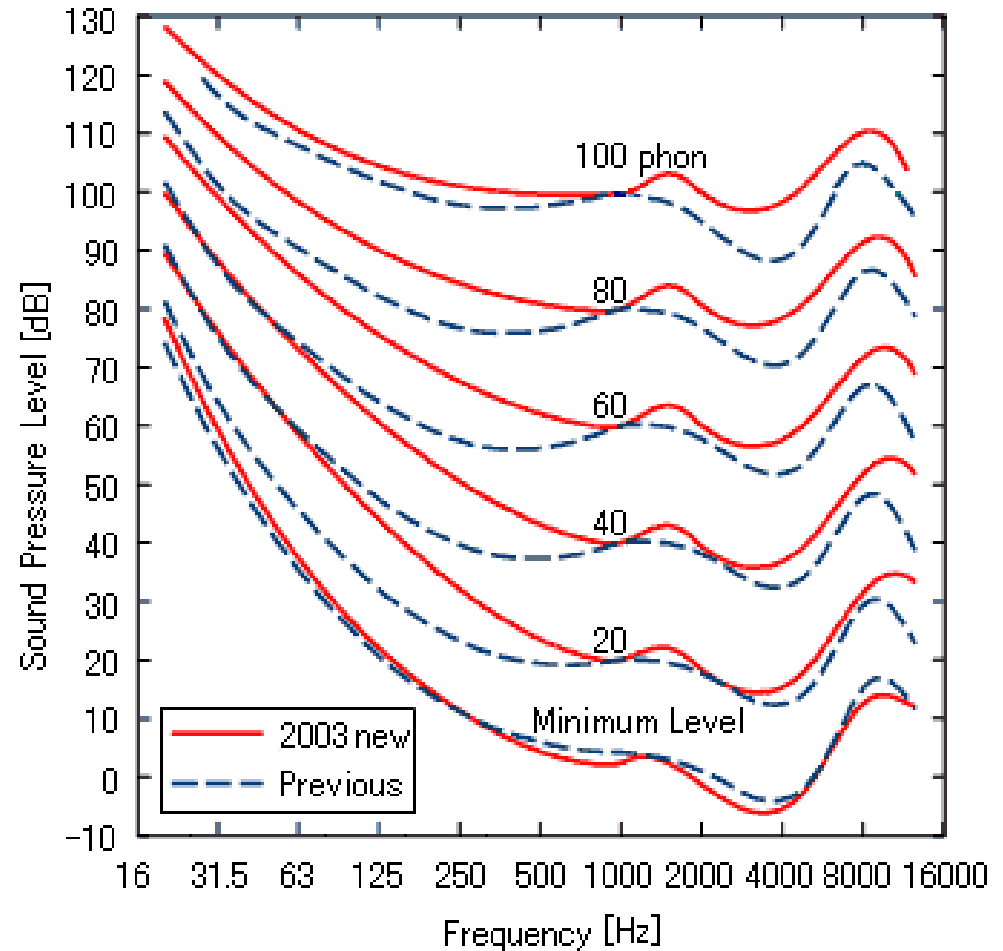


Grafiikka: Delta Acoustics: Low Frequency Noise from Large Wind Turbines AV1272/10, tilaaja Tanskan energiavirasto

Taajuuspainotus

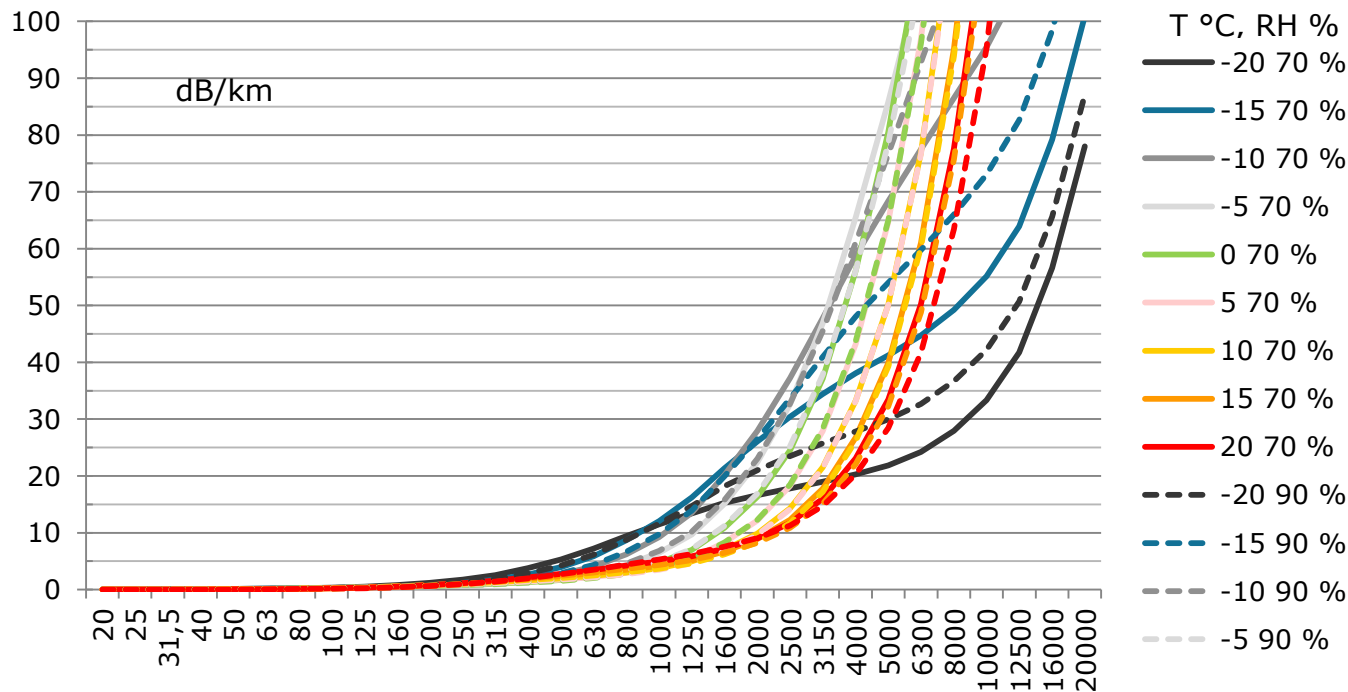
- A-taajuuspainotus tasapainottaa saman voimakkuuksiksi aistitut äänet taajuudesta riippumatta
 - Yli 60 dB äänitasoilla se vähättelee matalia ääniä.
 - Alle 60 dB äänitasoilla se liioittelee matalia ääniä!

Grafiikka: Vakioäänekkyyskäyrästä ISO226:2003, sengpielaudio.com



Äänen eteneminen ilmassa

- Geometrinen vaimennus:
 - Äänilähteen teho jakaantuu pistelähteellä pallon pinta-alalle.
 - Vaimennus on siten 6dB etäisyyden kaksinkertaistuess.
- Ilman absorptio:



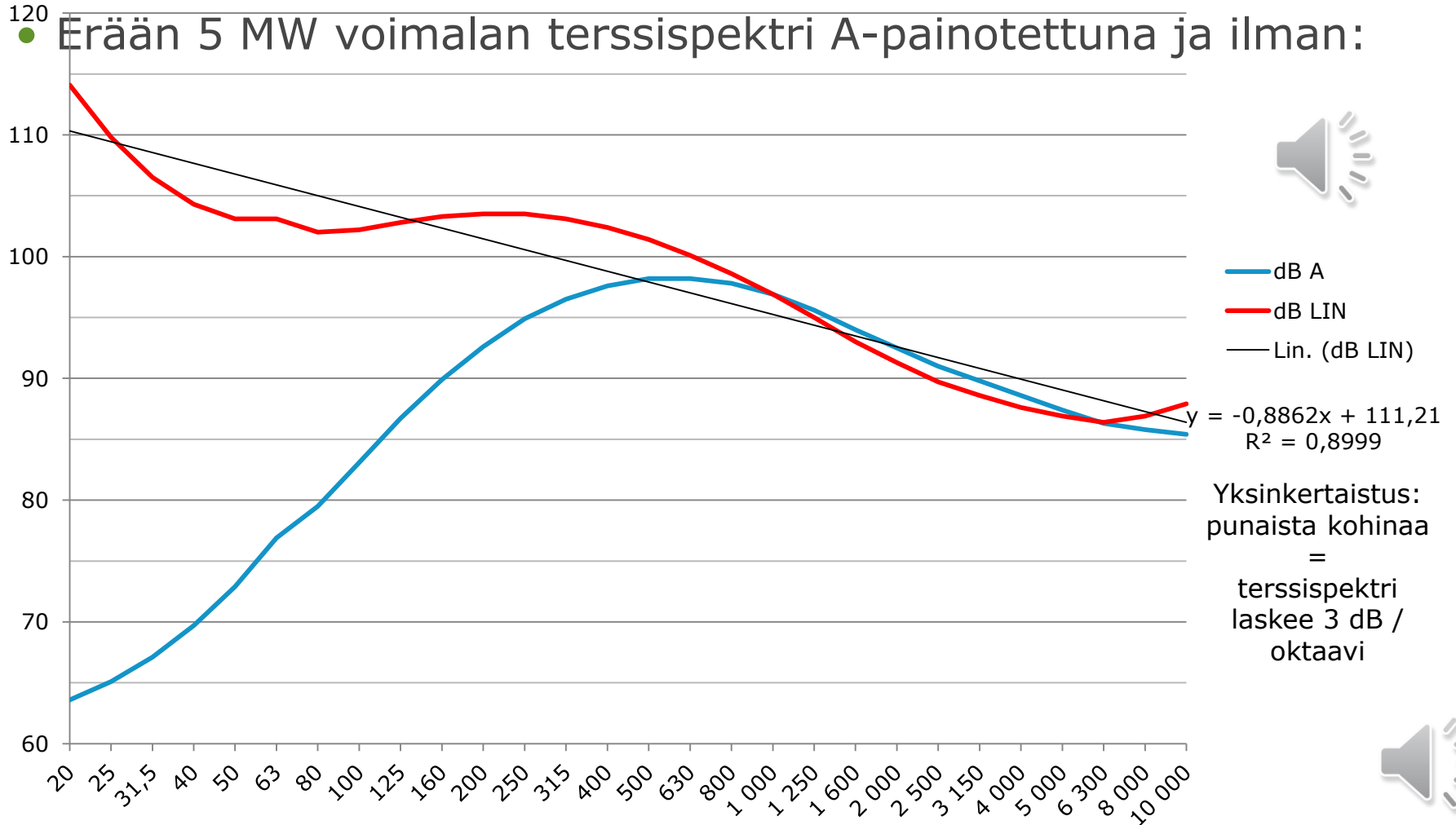
Maakerroin

- Tyyni vedenpinta, kallio ym kovat pinnat heijastavat ääntä
 - Voi enimmillään (täysi heijastus) vahvistaa ääntä 6 dB
- Pelto- ja metsämaa akustisesti pehmeitä, silti vahvistusta matalilla äänillä, keskitaajuuksilla vaimennusta
- Maakertoimen vaikutus ei oikein ISO9613-2 mukaisissa laskelmissa, jos äänilähde korkealla.
 - Ympäristöministeriön ohjeessa 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen tämä on huomioitu muuttamalla maakerrointa ja laskentakorkeutta.

Sään vaikutus

- Äänen etenemisnopeus ilmassa on:
 - +0 °C 332m/s
 - +20 °C 343 m/s
- Laskentamallit (IOS9613-2 ja Nord2000) olettavat äänen etenemiselle olevan aina suotuisat olosuhteet:
 - kevyt myötätuuli tai lämpötilainversio
 - äänen nopeus korkeammalla hieman suurempi
 - äänisäde kaartaa maata kohti
 - ääni voi kulkea maastoesteiden yli
- Sääkertoimella voidaan vain alentaa laskettuja melutasoja
 - vastatuuli vaimentaa voimakkaasti
 - Sääkerroin on käytössä NORD2000 laskentamallissa, jota käytetään silloin, jos tuulivoimalamelun mallinnustulos ISO9613-2 mallilla on aiheuttanut ympäristöluvan tarpeen.

Tuulivoimalamelun piirteitä



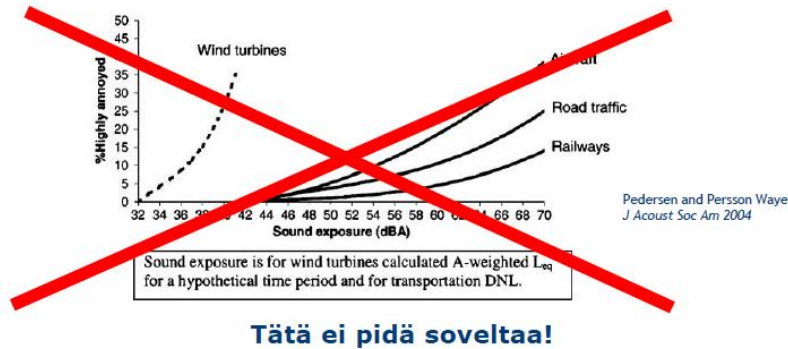
Häiritsevyystekijöitä

- Impulssimaisuus, iskumaisuus
 - kolahdukset, äkilliset vaihtelut
 - ei yleensä tuulivoimalamelussa
 - iskumaisuus vähenee etäisyyden kasvaessa (kaiut, taustaääni)
- Amplitudimodulaatio, sykintä
 - jaksoittain nopeasti voimistuva ja vaimeneva ääni
 - tuulivoimalan melu voi ajoittain olla sykkivää
 - useasta lähteestä tulevat äänet pienentävät vaikutusta etäällä
- Kapeakaistaisuus, tonaalisuus, äänestäisyys
 - tietyn osan resonanssi voi synnyttää
 - voimalasuunnittelussa pyritään yleensä estämään, koska voi olla toiminnalle haitallista
- Sanktio 5 dB nykyisissä ohjearvoissa
 - +5 dB, jos iskumaista ja/tai kapeakaistaista

Työterveyslaitoksen tutkimus

- Valtteri Hongisto: Tuulivoimalamelun terveysvaikutukset, Työterveyslaitos 2014
 - Käsitellään tutkimusten luotettavuutta
 - Johtopäätöksiä

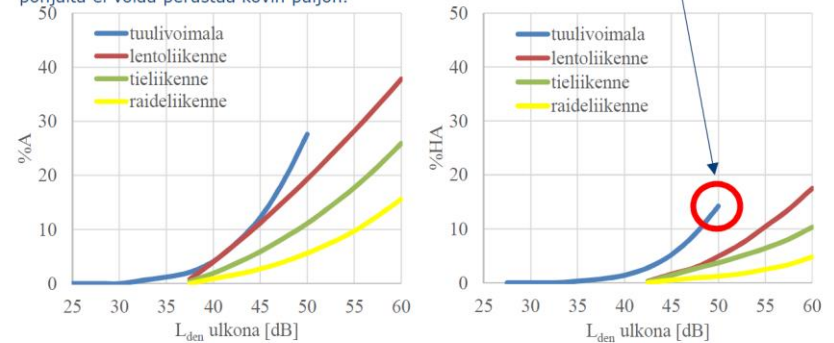
Ensimmäinen äänitaso-häiritsevyyss-relaatio



- Liikennemelujen häiritsevyyss koskee asunnon sisäpuolella koettua melua, TV:n melu koskee pihamaalla koettua melua: julkisivurakenteen äänieristys 15-30 dB jätetty huomioimatta
- Meluluvut L_{Aeq} ja L_{den} eivät vertailukelpoisia.

Kolmas äänitaso-häiritsevyyss-relaatio

Aineistossa 65 hlää alueella >45 dB. Heistä 67 % jätettiin pois taloudellisen hyödyn vuoksi. Jäljelle jäi 21 henkilöä. Heistä 15 % kokee häiritsevyyttä eli 3 henkilöä. Sen pohjalta ei voida perustaa kovin paljon.



%A Melun häiritseväksi kokeneet

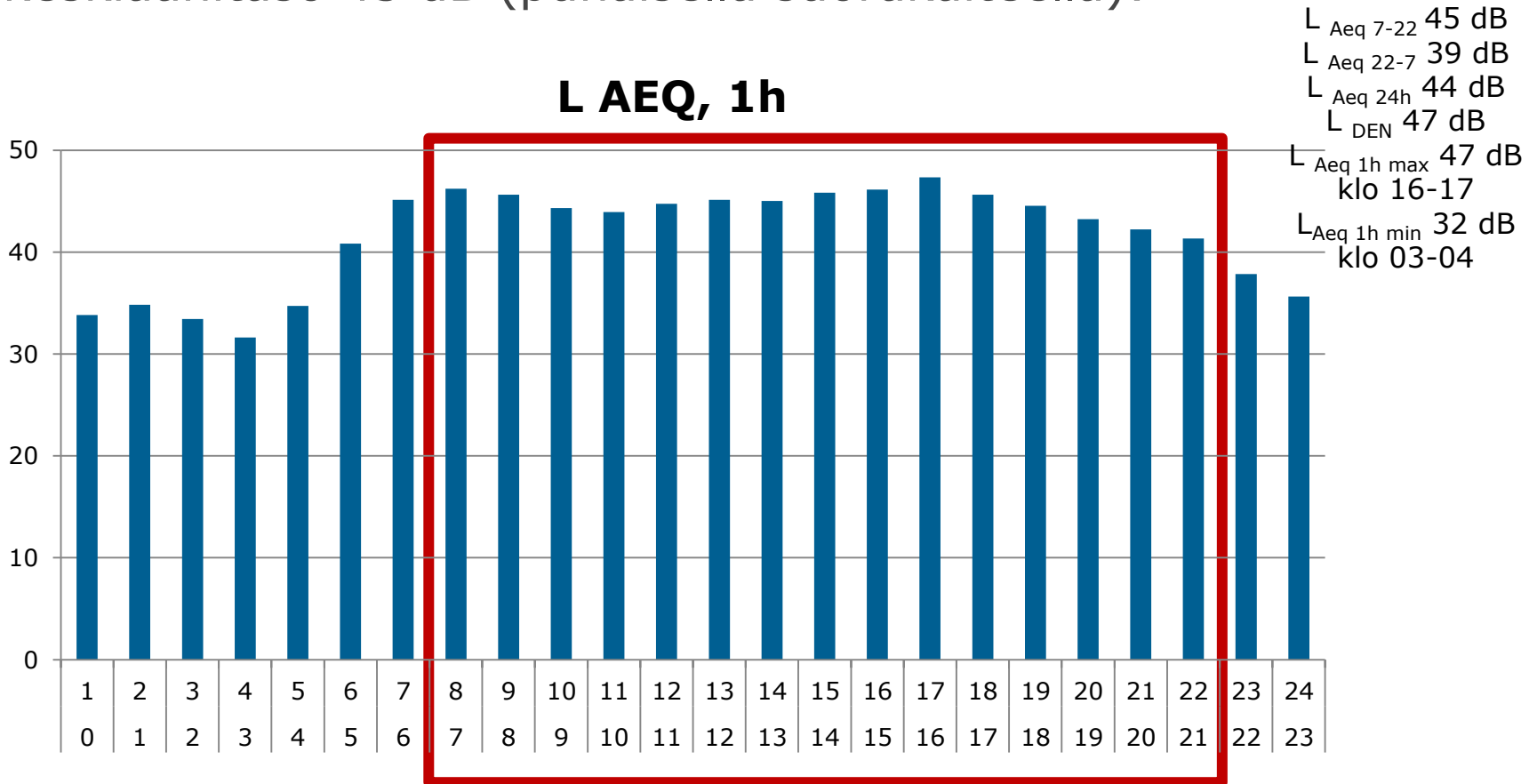
%HA Melun erittäin häiritseväksi kokeneet

Van den Berg (2008): $L_{den} = L_{Aeq} + 5$ dB tuulivoimalle

Janssen et al. (2011) *J Acoust Soc Am*

Vertaaminen tieliikennemeluun

- Erään moottoritien melu tunnin keskiäänitasoina, päiväajan keskiäänitaso 45 dB (punaisella suorakaiteella):



Infraääni

- Alle 20 Hz taajuinen värähtely
- Leviää usein myös maan välityksellä (tärinä)
- On tutkimuksia, joissa on todettu infraäänien aiheuttavan terveyshaittoja
- Luonnon infraäänilähteitä:
 - tuuli, aallot, kosket
 - maanjäristykset, tulivuorenpurkaukset
- Erään 3 MW tuulivoimalan painottamattomat äänitehotasot (L_W) tersseillä 6,3... 20 Hz 122 ... 112 dB
 - Yksinkertainen laskuesimerkki 6,3 Hz 200m etäisyydellä:
 - $L_{200m} = L_W - 11 - 20 \cdot \lg(200/1) + \Delta L_G = 122 - 11 - 46 + 6 = 71 \text{ dB}$
 - "Jopa alle 20 dB alle havaitsemiskynnyksen (104 dB) voi vaikuttaa haitallisesti". m.o.t.

Viranomaisohjeistus

- Vnp 993/1992 ympäristömelun ohjeistot
 - melun ohjeistot, L_{Aeq} eli keskiäänitasot
 - pysyvä asutus, hoitolaitokset: päivällä 55 dB, yöllä 50 dB
 - vapaa-ajan asutus, leirintäalueet, luonnonsuojelualueet
 - päivällä 45 dB, yöllä 40 dB
 - oppilaitokset: päivällä 55 dB, yöllä ei ohjeistoa
 - KHO päätöksen mukaan ei sovelleta tuulivoimamelleille
- YM ohjeen 4/2012 Tuulivoimarakentamisen suunnittelu ehdottamat ohjeistot L_{Aeq} eli keskiäänitasot
 - pysyvä asutus päivällä 45 dB, yöllä 40 dB
 - vapaa-ajan asutus, leirintäalueet, luonnonsuojelualueet
 - päivällä 40 dB, yöllä 35 dB
- Sisällä Stm Asumisterveysohje 1/2003
 - päivällä 35 dB, yöllä 30 dB, musiikkimelu 25 dB
 - matalataajuisen melun ohjeistot taajuuksittain

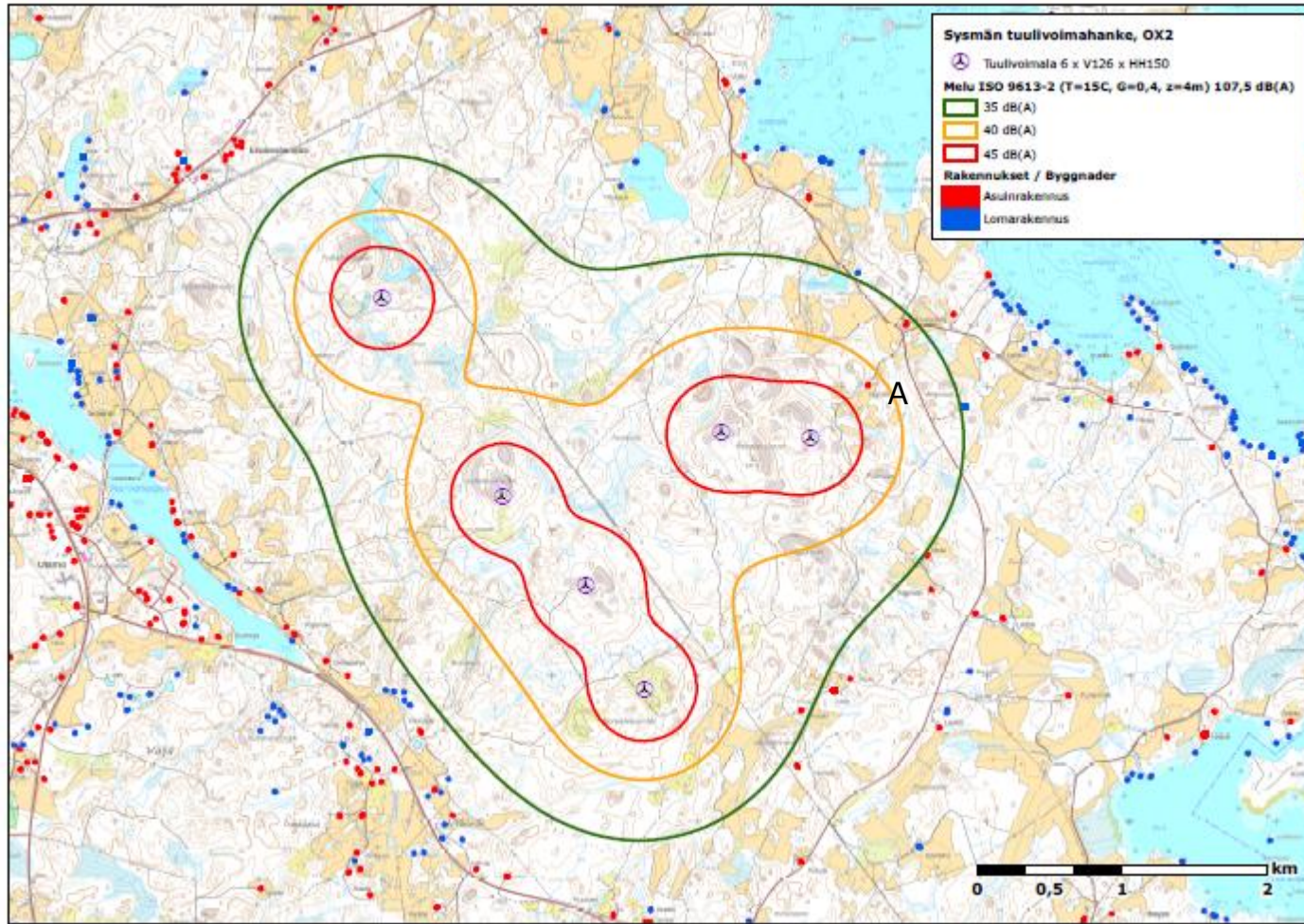
Melun arviointimenetelmät

- Tuulivoimamelun mallintaminen Ympäristöhallinnon ohje 2/2014
 - ISO9613-2 + parametrit
 - kaavoitus, YVA, rakennuslupa
 - NORD2000
 - ympäristölupa
 - Matalataajuisen melun mallinnusohje
- Melun mittaus altistuvassa kohteessa Ympäristöhallinnon ohje 4/2014
- Huomioitava kapeakaistaisuus, iskumaisuus ja sykintä
- Stm suosittelee 2 km suojaetäisyyttä, ellei meluselvityksiä ole
 - Se ei siis ole ehdoton vaatimus, kts. Ympäristö ja terveys -lehti 4/2014

Valmisteilla oleva viranomaisohjeistus

- Ympäristönsuojelulaki 527/2014 voimaan 1.9.2014
 - Asetusluonnos tuulivoimaloiden melun ohjearvoiksi, L_{Aeq} eli keskiäänitasot
 - pysyvä ja vapaa-ajan asutus, hoitolaitokset, leirintäalueet
 - päivällä 45 dB, yöllä 40 dB
 - oppilaitokset, virkistysalueet
 - päivällä 45 dB, yöllä ei ohjearvoa
 - kansallispuistot
 - päivällä 40 dB, yöllä ei ohjearvoa
 - Sykinnän 5 dB sanktio on harkinnassa
- Terveystoimintalain muutos valmisteilla
 - Asumisterveysasetus valmisteilla, edelleen luonnos:
 - samat matalataajuisen melun ohjearvot kuin Stm Asumisterveysohjeessa 1/2013
 - Uusi ohjearvo asuinhuoneissa tuulivoimamelulle 25 dB $L_{Aeq22-07}$, jos se on taustamelusta selvästi erotettavissa.

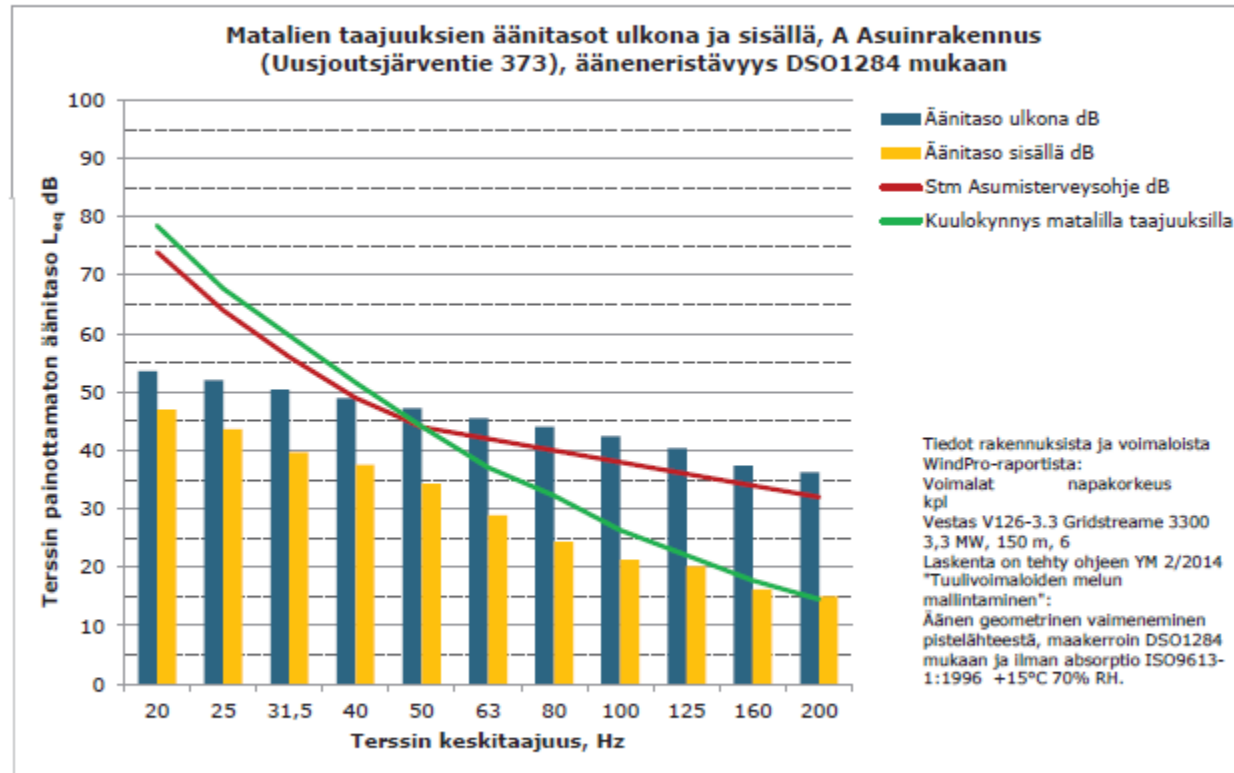
Rekolanmäki



Matalataajuinen melu

FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy

22.12.2014



Q:\Hki\P216\P21610_Tuulivoimahankkeiden_kaavoitus\Sysmä\Työaineisto\WindPro\Decibel\Matalataajuinen\Matalataajuinen_6xV126
 hh150.xlsm Laskenta

Kiitos!