



TUULIWATTI OY

Pori Peitto tuulivoimapuisto – melumallinnukset ja tulosten vertailu

Yhteenveto

Pöyry Finland Oy mallinsi Porin Peittoon tuulivoimapuiston melun leviämisen kahdella ohjeistetulla menettelyllä. Taajuuskohtainen vertailu mittaustuloksiin osoitti varsin selkeän yhtenevyyden ja pääsääntöisesti mallinnustulokset olivat mittaustuloksia hieman konservatiivisempia.. Tuloksia tarkasteltiin ilman häiritsevyysskorjauksia ja keskimääräinen ero (mallinnustulos – mittaustulos) oli Nord2000 ja ISO 9613-2 menetelmällä noin +1 dB. Siten referenssituulennonopeuden mukainen äänitehotaso 108,6 dB(A) antaisi vertailun perusteella tarkimman tuloksen. Mallinnukset näyttäisivät yliestimoivan matalia ja aliestimoivan ylätaajuuksia. Todennäköinen syy on mittauksiin vaikuttava puustohumina, jonka vaikutus taajuuskohtaisiin tuloksiin on merkittävä etenkin ylätaajuuksilla.

Copyright © Pöyry Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

RAPORTTI

St1 Oy / TuuliWatti Oy
Jari Suominen
Purotie 1/PL 100
00381 Helsinki

Päiväys 14.4.2015

Viite 16X199888.10.Q860-003
Sivu 2 (8)
Yhteyshlö Carlo Di Napoli
Teollisuusmeluselvitykset
Puh. 040 5857 674
S-posti: carlo.dinapoli@poyry.com

Sisältö

Yhteenveto

1	YLEISTÄ	3
2	MALLINNUSMENETELMÄT	3
2.1	Algoritmit	3
2.1.1	Nord2000	3
2.1.2	ISO 9613-2	3
2.2	Kansallinen ohje	3
2.3	Käytetyt laskentaparametrit	3
3	MALLINNUSTULOKSET JA VERTAILU MITTAUSTULOSSIIN	4
3.1	Voimaloiden äänitehotaso	4
3.2	Immissiopisteet	5
3.3	Vertailu mittaustuloksiin taajuuskohtaisesti	6
4	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	7
	VIITTEET	8

Liitteet

Liite 1	Tulosvertailukuvaajat, Nord2000 mallinnus ja mittaustulokset
Liite 2	Tulosvertailukuvaajat, ISO 9613-2 mallinnus ja mittaustulokset
Liite 3	Melumallinnuskuvaaja, Nord2000, lähtöäänitasolla LWA = 109.5 dB
Liite 4	Melumallinnuskuvaaja, ISO 9613-2, lähtöäänitasolla LWA = 109.5 dB

Jakelu

(.pdf)	Tuuliwatti Oy
(1)	Pöyry/arkisto

1 YLEISTÄ

Pöyry Finland Oy mallinsi Porin Peittoon tuulivoimapuiston melun leviämistä kahdella eri menetelmällä. Toimeksianto liittyy Peittoon puiston laajaan meluselvitykseen (Pöyryn raportit 16X199888.10.Q860-001, -002 ja -,004). Pöyryltä meluselvityshankkeesta vastasi DI Carlo Di Napoli ja mallinnoista DI Panu Lehto. Tässä raportissa esitetään melun leviämislaskennan tulokset sekä vertailu mittauksiin kokonaistasolla sekä taajuuskaistoittain.

2 MALLINNUSMENETELMÄT

2.1 Algoritmit

2.1.1 Nord2000

Nord2000 mallinnusalgoritmi on pohjoismaissa kehitetty melun leviämislaskentalogiikka, joka perustuu puhtaasti analyttiseen menetelmään ilman empiirisiä korjauksia. Menetelmän avulla lasketaan melun leviäminen 1/3 oktaaveittain erilaisista melulähteistä. Mallinnus ottaa huomioon myös säätilan vaikutukset kahdella eri menettelyllä riippuen siitä, mitä lasketaan. Peittoon mallinnuksessa on hyödynnetty säätilan huomioimista ilman tilastollisia vakioita. Nord2000 algoritmin parametrisointeja on ohjeistettu kansallisessa tuulivoimamelua koskevassa ohjeessa YM OH 2/2014 [1].

2.1.2 ISO 9613-2

Standardoitu ISO 9613-2 melun leviämislaskennan algoritmi perustuu semi-empiriseen menetelmään, jolla melun leviäminen voidaan laskea eri etäisyyksillä. Mallinnuslogiikka on edelleen maailmalla käytetyin menettely sen nopeuden ja yksikertaisuuden vuoksi. Mallille on suoritettu useita kansainvälisiä validointimittauksia, joissa on havaittu mallinnoksen toimivan hyvin tietyin reunaehdoin. ISO 9613-2 algoritmin parametrisointeja on niin ikään ohjeistettu kansallisessa tuulivoimamelua koskevassa ohjeessa YM OH 2/2014 [1].

2.2 Kansallinen ohje

Ympäristöministeriö julkaisi vuonna 2014 tuulivoimalaitosten melumallinnusten uudet ohjeet [1] hankkeen eri lupavaiheisiin sisältäen ohjeita mm. äänipäästöarvoista sekä laskentalogiikan parametrisoinneista. Ohjeistuksen keskeinen tarkoitus on tuottaa yhtenäisiä mallinnustuloksia, jotka kuvaisivat melun leviämistä mahdollisimman oikein. Lähtökohtana on nk. ylärajamallinnus (LAeq), jonka avulla saadaan laskettua tilanne täyden äänipäästön (äänitehon) aikana kaikkiin suuntiin. Laskentaohje ei ohjeista hetkellistason maksimien tai minimien laskentaan, vaan tulos kuvaa esim. tunnin keskiäänitasoa hyvällä tarkkuudella.

2.3 Käytetyt laskentaparametrit

Laskentaparametrit ovat yhdenmukaiset ohjeen YM OH 2/2014 kanssa. Alla olevassa taulukossa on esitetty parametrit yksityiskohtaisesti.

Taulukko 1. Melumallinnuksen laskentaparametrit

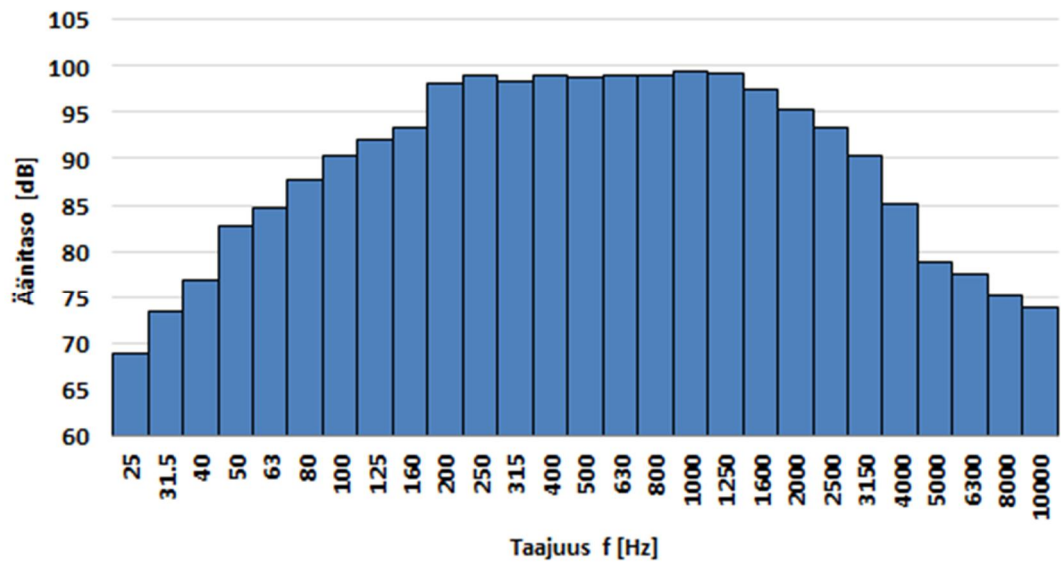
Lähtötieto	Parametrit
Mallinnuslogiikka	Ylärajatarkastelu (YM OH2/2014, kpl 4.1 ja 4.2)
Mallinnusalgoritmit	ISO 9613-2 ja Nord2000
Sääolosuhteet	Ilman lämpötila 15 °C, ilmanpaine 101,325 kPa, ilman suhteellinen kosteus 70 prosenttia
Lämpötilaprofiili	Pystysuuntainen lämpötilamuutos: 0.1 K/1m (vain Nord2000)
Turbulenssi C_w^2 ja C_t^2	0 (vain Nord2000)
Maaston kumpuilevuus	Tarkistus tehty, ei tarvitse huomioida
Korkeuskäyrien resoluutio	0.5 m laskennassa
Laskentaverkko	Laskentapiste viisi kertaa viiden metrin välein laskentaverkolla 4 metrin (ISO 9613-2) / 2 metrin (Nord2000) korkeudella seuraten maanpintaa
Maanpinnan akustinen kovuus	Nord2000: Maa-alueet D (akustisesti puolikova), vesialueet, tienpinnat ja laajat kallioalueet H (akustisesti kova) ISO 9613-2, kaikki maa-alueet $G=0.4$, vesialueet $G=0$

3 MALLINNUSTULOKSET JA VERTAILU MITTAUSTULOKSIIN

Alla on esitetty melumallinnuksentulokset, jotka perustuvat yllä esitetyn laskentalogiikan mukaiseen tulokseen kappaleessa 3.1. kuvatulla äänipäästöarvolla. Mallinnuskartat on esitetty tätä yksityiskohtaisemmin liitteissä 3-4.

3.1 Voimaloiden äänitehotaso

Tuulivoimaloiden emissiotasona on käytetty Pöyryn mittauksissa saatuja taajuuksia korjattuna voimalatoimittajan (Gamesa) arvioimaan äänitehotason tunnusarvoon LWAd (109.5 dB(A)) 1/3 oktaavin tarkkuudella taajuusvälillä 25Hz – 10 kHz. WT2 emissiomittauksen maksimitulos oli 109,1 dB(A), jolloin marginaalia olisi 0,4 dB. Emissiomittauksen referenssitulos (referenssituulisuudella 8 m/s 10 m korkeudella) oli 108,6 dB(A) eli mallinnuksen lähtökohta on noin +1 dB tätä korkeampi.



Kuva 1. Mallissa hyödynnetyn tuulivoimaloiden äänitehotason 1/3 oktaavitason taajuusjakauma

3.2

Immissiopisteet

Alla olevassa taulukossa on esitetty mitattujen kohteiden mallinnustulokset käyttäen voimaloiden äänitehotasoa kohdasta 3.1. Tässä vertailutaulukossa ei ole käytetty erillisiä häiritsevyysskorjauksia. Nord2000 laskennassa on käytetty 1/3 oktaavikaistan taajuuksia (25 Hz – 10 kHz) ja ISO 9613-2 laskennassa oktaavikaistoja (63 Hz – 8 kHz). Mallinnusparametrit noudattavat YM OH 2/2014 mukaista ohjeistusta.

Taulukko 2. Vertailutaulukko, mallinnusten ja mittausten LAeq kokonaistulokset, dB(A)

Laskentapiste	Nord2000	ISO 9613-2	Mittaustulos	Erotus (mallinnus-mittaus) N2k / ISO 9613-2
Porin Saaristotie 862	46	45	44	+2 / +1
Isokorventie 246	43	43	42	+1 / +1
Koskikalliontie 40	43	43	43	0 / 0
Kellahden Rantatie 40	44 / 41*	46	44*	0 / +2
Keskimäärin				+0.8 dB / +1.0 dB

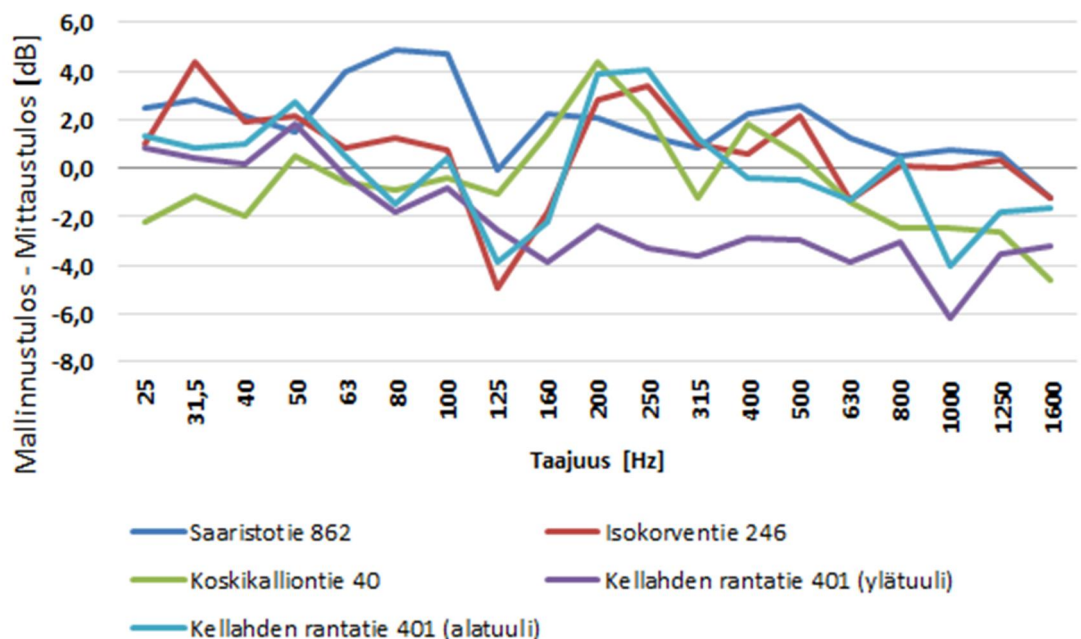
(* = Ylätuulen tulos)

Vertailu osoittaa, että erot ovat pääsääntöisesti positiivisia ja että YM OH 2/2014 mukaisesti ohjeistettu mallinnus antaa suuremman tuloksen kuin mittaus. Keskimäärin erot ovat noin +1 dB eli kaikkein tarkimman tuloksen voisi saada, jos käytettäisiin äänitehotasoa 108.5 dB(A). Se vastaa yhden voimalan mitattua äänitehotasoa referenssituulenopeudessa 12 m/s napakorkeudella 140 m. Tyypillisesti

mallinnuksissa on kuitenkin jonkin verran varmuusmarginaalia, joka selkeästi kuvastuu tuloksissa. Mallin Nord2000 mukainen ylätuulen tulos on kuitenkin 3 dB alhaisempi kuin vastaava mittaustulos, joka osaltaan viittaa siihen, että ylätuulen mallinnustuloksia tulkittaessa epävarmuus on normaalia suurempi.

3.3 Vertailu mittaustuloksiin taajuuskohtaisesti

Vertailu on tehty mallinnustulosten ja taustamelukorjattujen mittaustulosten (LAeq) välillä myös taajuuskohtaisesti. Yksityiskohtaiset vertailut on esitetty kuvin liitteissä 1-2. Alla olevassa kuvassa on esitetty numeeriset vertailutulokset *Nord2000 osalta*. Positiivinen luku tarkoittaa sitä, että mallinnustulos on ko. taajuuden kohdalla suurempi kuin mitattu arvo. Tuloksia ei ole kokonaistulosten perusteella tasattu, vaan ne edustavat toisistaan riippumattomia tuloksia.



Kuva 2. Tulovertilukuvaaja, missä käyrä = mallinnustulos – mittaustulos.

Kuvaajan perusteella on laskettu ensin keskimääräinen mallinnustuloksen ja -tuloksen ero kussakin immissiopisteessä ja sen jälkeen näiden keskiarvo.

Taulukko 3. Nord2000 laskennan ja mittausten eroja eri taajuuksilla 25-2500 Hz referenssituulisuudella 8 m/s 10 m korkeudella. Positiivinen tulos ilmoittaa sen, että mallinnustulos lähtöäänitasolla 109,5 dB(A) on suurempi kuin mittaustulos ko. taajuudella.

Laskentapiste	Suurin ero [dB]	Pienin ero [dB]	Erotus keskimäärin [dB]
Porin Saaristotie 862	+4.9 dB (80 Hz)	-5.5 dB (2500 Hz)	+1.3 dB
Isokorventie 246	+4.4 dB (31.5 Hz)	-5.2 dB (2500 Hz)	+0.3 dB
Koskikalliontie 40	+4.4 dB (200 Hz)	-9.2 dB (2500 Hz)	-1.3 dB
Kellahden Rantatie 40*	+1.8 dB (50Hz)	-10.1 dB (2500 Hz)	-2.8 dB
Kellahden Rantatie 40	+4.0 dB (250 Hz)	-9.0 dB (2500 Hz)	-0.8 dB
Erotusten keskiarvo (Kellahden rantatien osalta ylätuulen mallinnus- ja mittaustilanne)			-0.6 dB
Erotusten keskiarvo (Kellahden rantatien osalta alatuulen mallinnus- ja ylätuulen mittaustilanne)			-0.1 dB

* = tulos ylätuulen mallinnustilanteessa

Taajuuskohtainen vertailun mukaan Nord2000 mallinnus äänitehotason tunnusarvoa käyttämällä antaa keskimäärin suurempia tuloksia alhaisilla, taajuuksilla (missä voimalan meluvaikutus on suurimmillaan), kun taas korkeilla taajuuksilla mallinnus hieman aliestimoi tuloksia. Ero saattaa johtua etenkin taustamelun (puustohuminan tuottaman taustamelun tyypillinen taajuus on välillä 2000 – 3500 Hz), vaikutuksesta tuloksiin, vaikka sitä on pyritty poistamaan tuloksista taajuustarkastelun avulla (kokonaistulos – taustamelu). Kellahden rantatien 401 mittausta oli ylätuulen puolen mittausta, joiden mallinnus on yleisesti haastavampaa. Tilanne on siksi mallinnettu myös alatuulen tilanteena, joka on ohjeen YM OH 2/2014 lähtökohta.

4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Pöyry Finland Oy mallinsi Porin Peittoon tuulivoimapuiston melun leviämisen kahdella ohjeistetulla menettelyllä. Taajuuskohtainen vertailu mittaustuloksiin osoitti varsin selkeän yhtenevyyden ja pääsääntöisesti mallinnustulokset olivat mittaustuloksia hieman konservatiivisempia.. Tuloksia tarkasteltiin ilman häiritsevyyskorjauksia ja keskimääräinen ero (mallinnustulos – mittaustulos) oli Nord2000 ja ISO 9613-2 menetelmällä noin +1 dB. Siten referenssituulennopeuden mukainen äänitehotaso 108,5 dB(A) antaisi vertailun perusteella tarkimman tuloksen. Mallinnukset näyttäsivät yliestimoivan matalia ja aliestimoivan ylätaajuuksia. Todennäköinen syy on mittauksiin vaikuttava puustohumina, jonka vaikutus taajuuskohtaisiin tuloksiin on merkittävä etenkin ylätaajuuksilla.



Oili Tikka
Johtaja, Mittauspalvelut
Pöyry Finland Oy, Energia



Carlo Di Napoli
Johtava asiantuntija, Teollisuusmelu
Pöyry Finland Oy, Energia

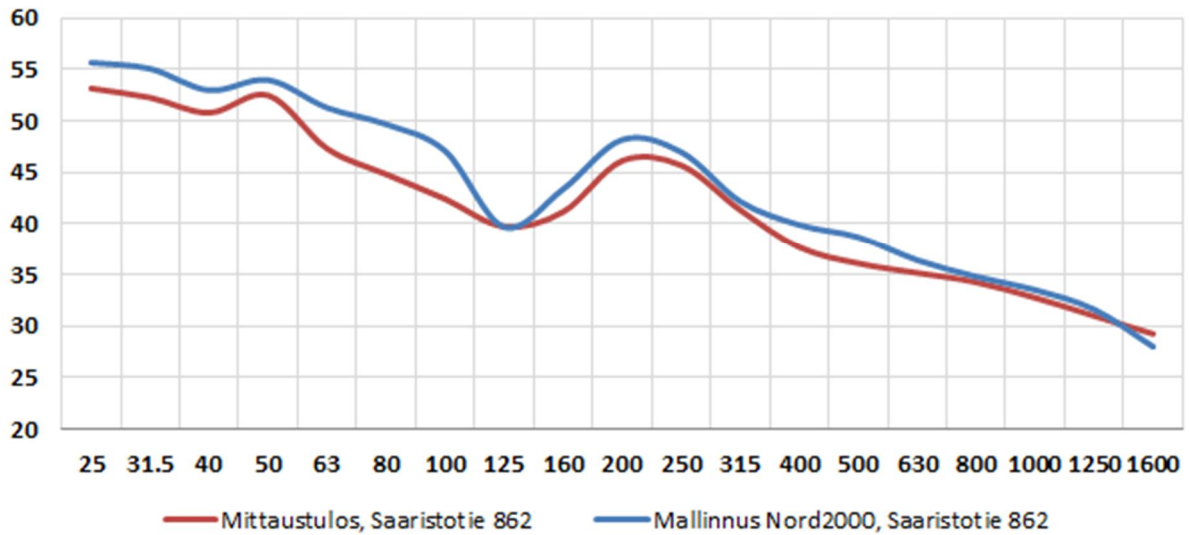
VIITTEET

- [1] YM OH 2/2014, Tuulivoimaloiden melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa. Ympäristöministeriö, Helsinki 2014
- [2] YM OH 3/2014, Tuulivoimaloiden melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa. Ympäristöministeriö, Helsinki 2014
- [3] YM OH 4/2014, Tuulivoimaloiden melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa. Ympäristöministeriö, Helsinki 2014

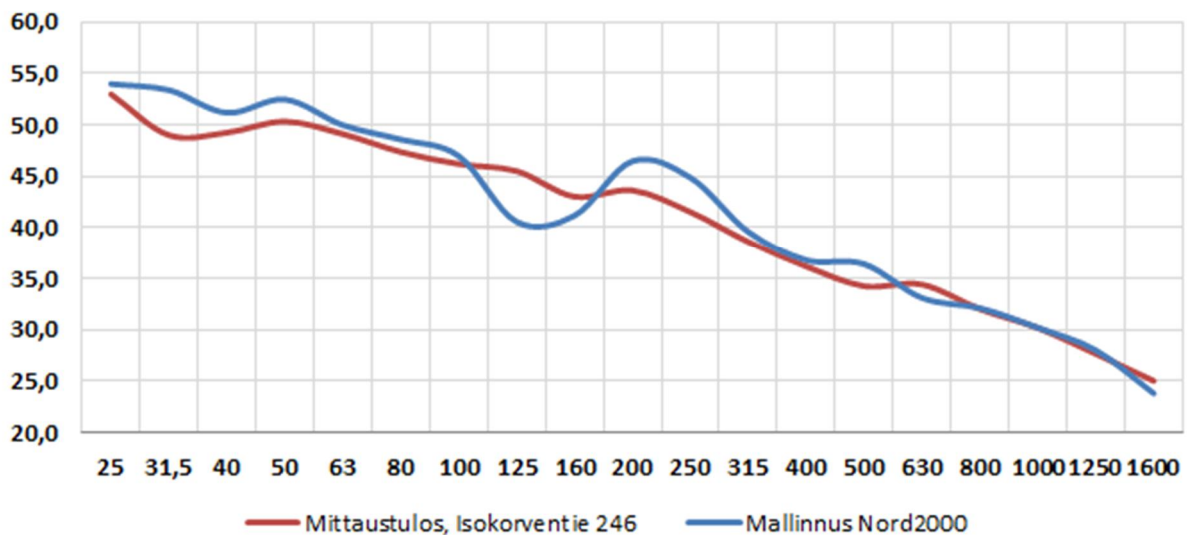
Liite 1. Tulosvertailukuvaajat, Nord2000 mallinnus ja mittaustulokset, 1/3 oktaavikaistat

X-akselilla taajuus [Hz] ja y-akselilla äänitaso [dB] (painottamaton, Z)

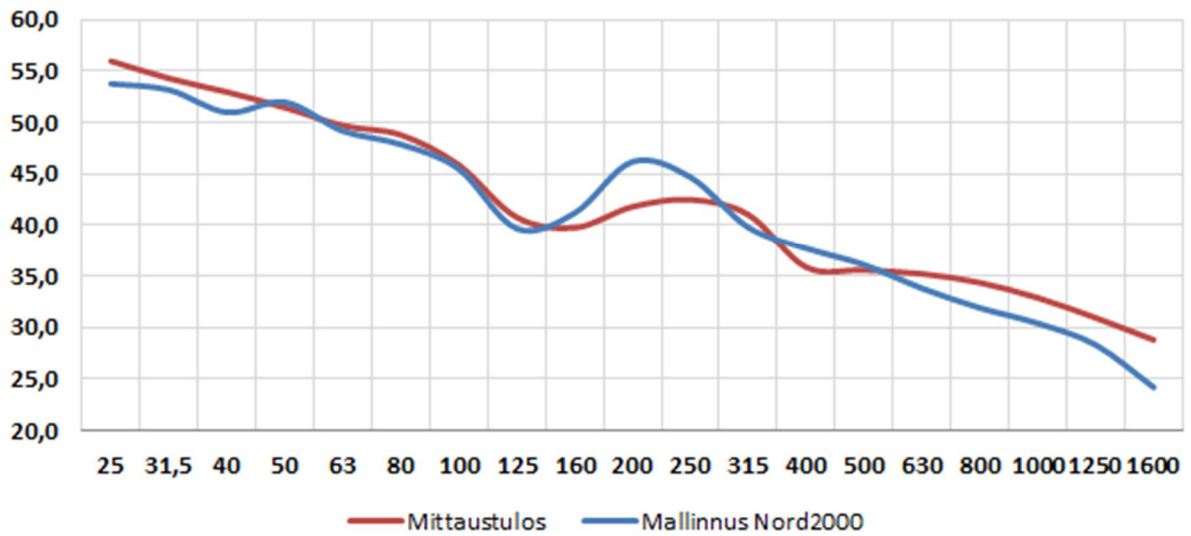
Vertailu, Porin Saaristotie 862, mallinnus Nord2000 vs. mittaustulos



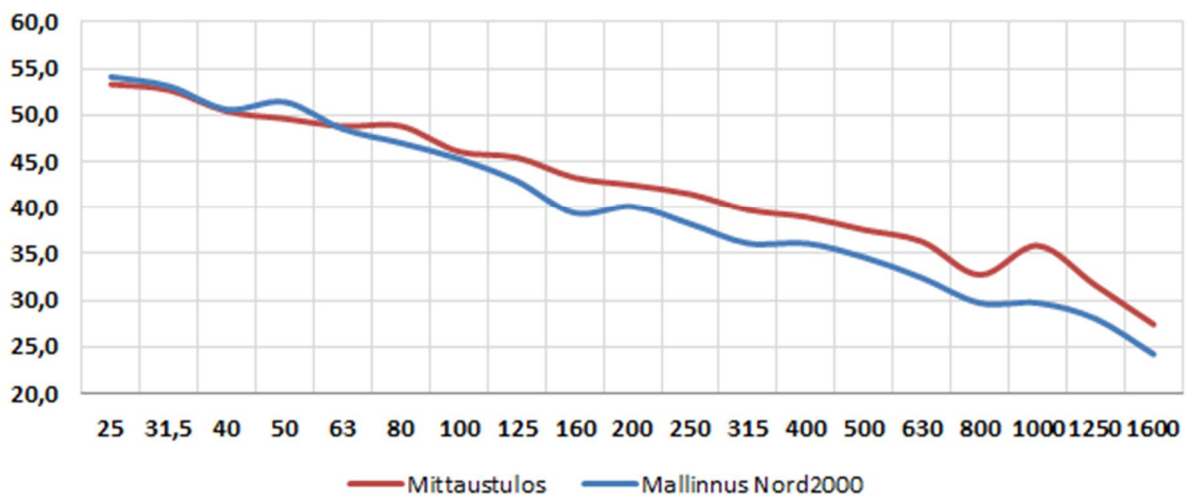
Vertailu, Isokorventie 246, mallinnus Nord2000 vs. mittaustulos

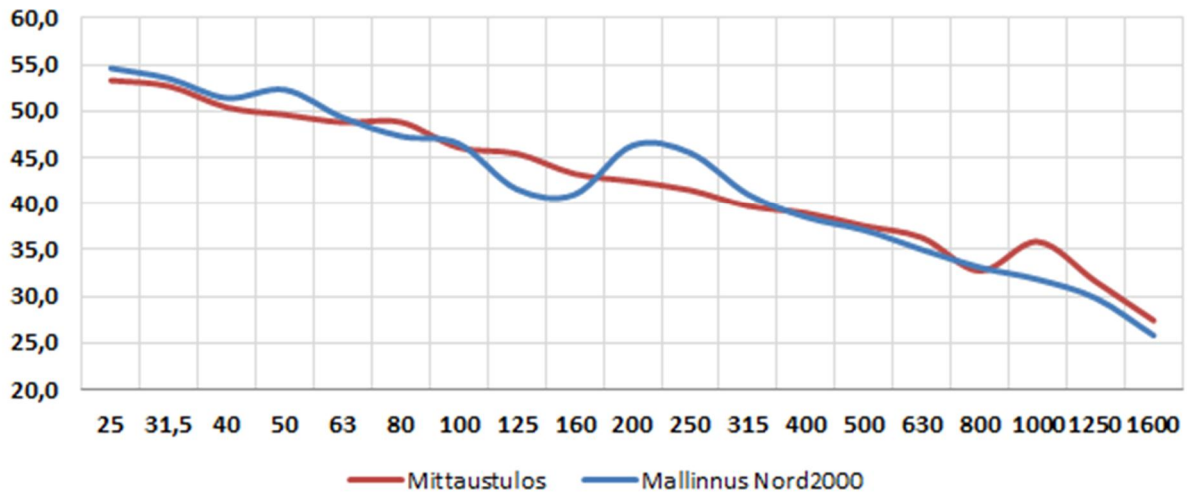


Vertailu Koskikalliontie 40, mallinnus Nord2000 vs. mittaustulos



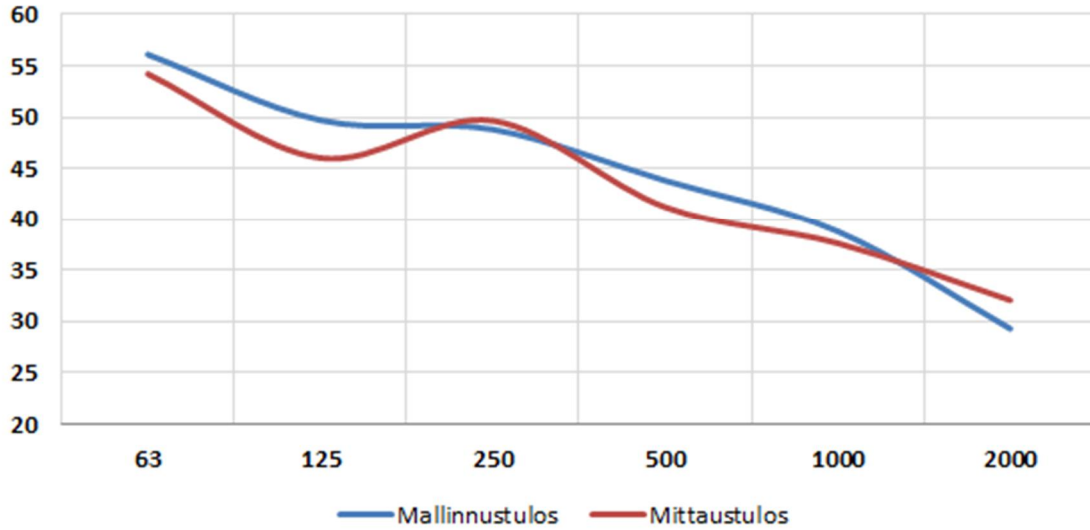
**Vertailu Kellahden rantatie 401, mallinnus Nord2000 vs. mittaustulos
 Ylätuulen mittaus (ja mallinnus)**



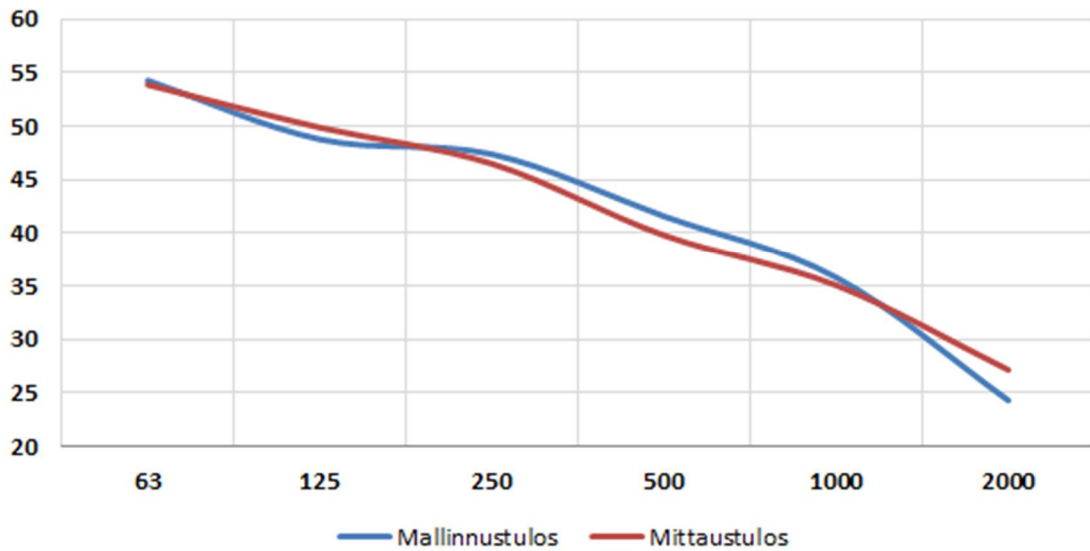
Vertailu Kellahden rantatie 401, mallinnus Nord2000 vs. mittaustulos
Ylätuulen mittaus ja alatuulen mallinnus

Liite 2. Tulosvertailukuvaajat, ISO 9613-2 mallinnus ja mittaustulokset, oktaavikaistat

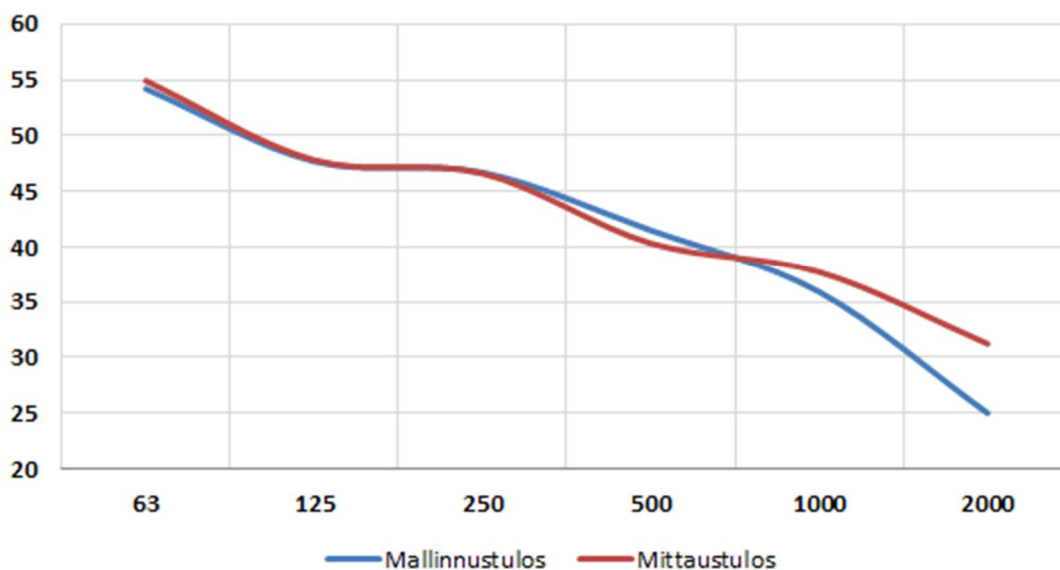
Vertailu, Porin Saaristotie 862, mallinnus ISO 9613-2 vs. mittaustulos



Vertailu, Isokorventie 246, mallinnus ISO 9613-2 vs. mittaustulos



Vertailu, Koskikalliontie 40, mallinnus ISO 9613-2 vs. mittaustulos



Vertailu, Kellahden Rantatie 401, mallinnus ISO 9613-2 vs. mittaustulos

