



### 3 RAIDELIIKENTEEN AIHEUTTAMA RUNKOMELU JA TÄRINÄ

#### 3.1 Ilmiöt ja kytkeytyminen

Raideliikenteen tuottama värähtelyheräte kytkeytyy radan perustusten kautta maa- ja kallioperään, josta värähtely etenee edelleen rakennuksien perustuksiin ja rakennuksiin. Ihmisen havaitsemasta maaperän kautta siirtyvästä värähtelystä käytetään kahta eri nimitystä. Kuultavissa olevaa värähtelyä kutsutaan runkomeluksi, ja muussa tapauksessa se luokitellaan tärinäksi.

Tärinä ilmenee tyypillisesti taajuuksilla, jotka eivät ole kuultavissa. Pienitaajuisesta värähtelystä aiheutuva tärinä etenee pehmeissä maalajeissa tehokkaasti, mutta vaimenee kitkamailla melko nopeasti. Runkomelulle ominaiset kuuloalueelle sijoittuvat (yli 20 Hz) taajuudet etenevät kalliiossa sekä myös kitkamaalajeissa tehokkaasti. Runkomelun kytkeytyminen rakennusrunkoon tapahtuu tyypillisimmin rakennuksen perustusten kautta pystysuuntaisena värähtelynä. Rataa lähellä olevilla alueilla runkomeluberäte voi kytkeytyä rakennukseen myös poikittaissuunnassa radan ja rakennuksen väliin jäävän jäykän pintakerroksen välityksellä.

#### 3.2 Tärinän tavoitearvot

Tärinän arviointi perustuu Ympäristöministeriön ohjearvoihin [YM2017, YM2018] sekä VTT:n esittämiin asuinviihtyvyyteen perustuviin suosituksiin liikennetärinän tavoitearvoiksi [Talja2004, Talja2008, Talja2011]. Värähtelyn tavoitearvot ilmoitetaan  $W_m$ -painotetun värähtelynopeuden enimmäisarvoina  $v_{w,95}$ , joita rakennuksen rakenteissa esiintyvä liikenteen ohiajoista aiheutuva värähtelynopeus ei saa säännöllisesti ylittää [Talja2011].

Uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa on suosituksena, että asuintiloissa esiintyvä värähtely jää alle 0,3 mm/s, jolloin keskimäärin vain 15 % asukkaista pitää värähtelyä häiritsevänä. Hyvät asuinolosuhteet saavutetaan värähtelyn jäädessä alle 0,1 mm/s, jolloin ihmiset eivät yleensä havaitse tärinää. Oppilaitoksissa ja päiväkodeissa on suositeltavaa käyttää asuintilojen suositusarvoa. Toimistoissa ja liiketiloissa värähtelynopeuden ylärajan suositusarvona käytetään 0,6 mm/s.

#### 3.3 Runkomelun tavoitearvot

Kohteen asuintiloissa tulee huomioida Ympäristöministeriön esittämät runkomelun ohjearvot [YM2017, YM2018]. Avoradoilta asuin- ja majoitustiloihin kantautuvan raideliikenteen runkomelutason  $L_{pm}$  ei tule ylittää 35 dB. Opetus-, kokoontumis- ja neuvottelutiloissa runkomelun suositusarvo on 35 dB. Toimisto- ja liiketilojen osalta runkomelun suositusarvo on 45 dB.

### 4 LÄHTÖTIEDOT

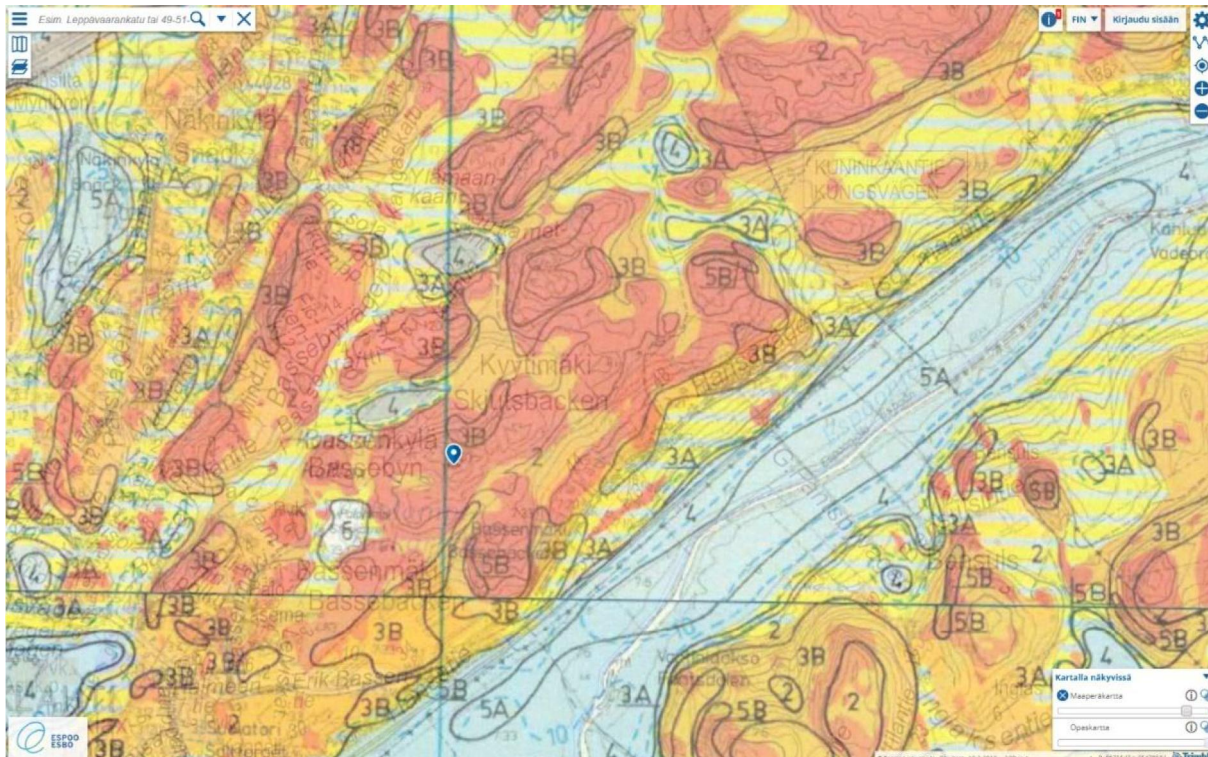
Raideliikenteen aiheuttamaa tärinää ja runkomelua on arvioitu perustuen tilaajalta saatuihin suunnitelmiin kohteeseen tulevien rakennusten sijoittelusta, käyttötarkoituksista sekä alueelta käytettävissä oleviin maaperätietoihin.

Tarkastelussa on hyödynnetty myös laajoihin mittauksiin perustuvia runkomelun leviämisen arviointimenetelmiä.

#### 4.1 Maaperätiedot

Selvityksen tekohetkellä tarkastelualueelta ei ollut vielä saatavissa yksityiskohtaisia pohjatutkimuksia eikä perustamistapalausuntoja. Espoon kaupungin karttapalvelun maaperäkartassa rakennettava tarkastelualue on pääosin kallioaluetta sekä moreenia.

Rantaradan sekä radan kaakkoispuolelle jäävän alueen maaperä on savimaata. Tarkastelualueen kohdalla rata on hyvin todennäköisesti perustettu paaluttamalla.



Kuva 1. Tarkastelualueen maaperäkartta [Espoo2019].

## 5 MITTAUKSET

### 5.1 Mittausajankohta

Värähtelymittaukset tehtiin kohteessa keskiviikkona 10.7.2019. Lähi- ja kaukoliikenteen junien ohiajoja mitattiin kello 10-16 välisenä aikana.

Mittauksen kesto valittiin raideliikenteen tiheyden mukaan niin, että mittaustulokset muodostavat tämän tarkastelun kannalta edustavan otoksen ohiajavasta lähi- ja kaukojuna liikenteestä.

Mittauksista vastasivat DI Mats Heikkinen, TkT Jukka Pätynen ja tekn. yo. Henri Olander.

### 5.2 Mittauspisteet

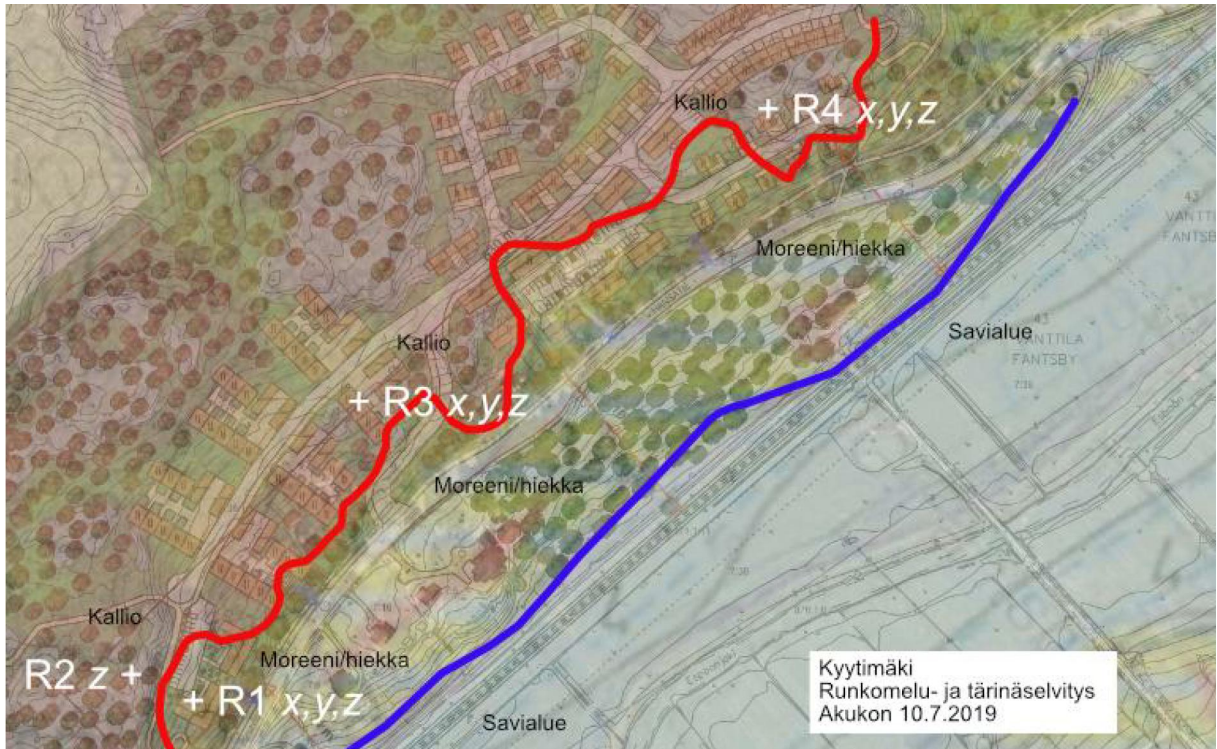
Värähtelymittaukset tehtiin tulevien uudisrakennusten lähiympäristössä neljässä tarkastelupisteessä, joista kolme edusti kallioaluetta ja yksi moreenimaata. Maaperässä esiintyvää värinää ja runkomeluherätettä mitattiin pisteissä R1, R3 ja R4 käyttäen kolmea kiihtyvyyssanturia (mittaussuunnat x, y, z). Mittauspisteessä R2 mitattiin värähtelyn z-komponenttia.

Mittauspisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 2. Liitteessä A on mittauspisteiden valokuvat.

Mittauspisteiden R1, R2, R3 ja R4 etäisyydet lähimmästä raiteesta olivat noin 85 m, 110 m, 120 m ja 124 m. Anturien ja niiden mittaamien värähtelykomponenttien suunnat on merkitty seuraavasti:

- x on radan suuntainen vaakakomponentti
- y on radan suhteen kohtisuora vaakakomponentti
- z on pystysuuntainen komponentti

Mittauslaitteiston tiedot on eritelty liitteessä B.



Kuva 2. Mittauspisteet R1...R4, kohdealueen rakennusten suunnitellut sijainnit sekä maaperätyyppien arvioidut rajat.

### 5.3 Mitatut ohiajojat

Kohteen mittausajankohtaan sisältyi 64 edustavaa junan ohiajoa, joista 10 oli kaukoliikenteen junia. Tarkempaan analyysiin valittiin jokaisessa tarkastelupisteessä mitatut 15 värähtelyherätteeltään merkittävintä ohiajoa.

Analyysiin sisällytettyjen merkittävimpien ohiajojen ajankohdat sekä liikennöinnin taustatiedot on listattu mittauspistekohtaisesti liitteen B kuvaajissa.

### 5.4 Mittaustulokset

Mittauspisteissä R1...R4 maa- ja kallioperästä mitatut runkomeluhäätteen tasot on esitetty liitteen B1.3 kuvaajassa. Kuvaajaan on eritelty junakohtaisten ohiajojen vaihtelu sekä näistä laskettu 95 % fraktiili. Tulokset edustavat värähtelynä maanpinnassa esiintyviä nopeustasoja dB re. 50 nm/s.

Runkomeluhäätteen spektrit on esitetty mittauspistekohtaisesti liitteen B1.4 kuvaajissa.

Maan pinnasta mitatut tärinäarvot on esitetty liitteen B1.5 kuvaajassa. Kuvaajaan on eritelty junakohtaisten ohiajojen vaihtelu sekä tuloksista VTT:n ohjeiden mukaisesti lasketut  $W_m$ -painotetun tärinän tilastolliset vertailuluvut.

Tärinäspektrit on esitetty mittauspistekohtaisesti liitteen B1.6 kuvaajissa. Kuvaajiin on merkitty myös VTT:n ohjeistuksen mukaisesti tulosten perusteella lasketut resonanssispektrit, joiden avulla tulevien rakennusten tärinän arviointiin liittyvä rakenteiden resonanssitarkastelu on tehty.

## 6 RAIDELIIKENTEEN TÄRINÄVAIKUTUSTEN TARKASTELU

Mittaustulokset osoittavat, että junaliikenne ei aiheuta asuinrakentamisen suositusarvot ylittäviä tärinähaittoja tarkastelualueelle sijoittuville asuinrakennuksille. Uudisrakennusten alueella mitatuille tärinäspektreille tehdyn rakennusten resonanssitarkastelun perusteella tärinähaittoja ei ole oletettavissa myöskään rakennusrunkojen tai välipohjien rakenteellisten resonanssien vaikutuksesta.

Kallioalueilla raideliikenteen pienitaajuinen tärinä jää erittäin pieneksi, ja on selvästi alle ihmisen havaintokynnyksen. Korkeimmat pienitaajuisten tärinän tasot havaittiin mittauspisteessä R3. Tällöinkin terssispektripohjaisen resonanssitarkastelun perusteella korkeimmat enimmäisarvot jäivät noin kymmenesosaan tärinän raja-arvosta 0,3 mm/s.

## 7 RAIDELIIKENTEEN RUNKOMELUVAIKUTUSTEN TARKASTELU

Runkomeluvaikutusten arviointi perustuu maaperästä mitatusta värähtelystä analysoituihin tuloksiin.

Kallioon kiinnitetyissä mittauspisteissä R2...R4 runkomelun herätetasot olivat hyvin matalia. Lähimmäs rataa moreenimaahan sijoittuvassa mittauspisteessä R1 junien ohitukset olivat värähtelyspektreissä selvästi havaittavissa taustakohinan yläpuolella. Laajakaistaisessa A-painotettujen värähtelynopeuden enimmäistasojen tarkastelussa mittausjakson 97,5 % fraktiilit on esitetty taulukossa 1.

Mittauspisteiden kohdalla rakennusten alimmissa kerroksissa arvioidut runkomelutasot perustuvat aikaisempien mittausten yhteydessä vastaavalla maaperällä todettuihin runkomelun herätetason ja runkomelun muunnoksiin.

*Taulukko 1. Runkomelun herätetasot sekä arvioidut runkomelutasot. Pisteessä R1 arvioidut runkomelutasot perustuvat lähimmän kallioalueen R2 ja pisteiden R1 ja R2 väliseen etäisyyteen.*

Mittauspiste	suunta	alusta	Runkomelun herätetaso	Arvioitu runkomelutaso
			$L_{vAS,max97,5}$ [dB]	$L_{pAS}$ [dB]
R1	x	maaruuvi	26	
	y	maaruuvi	25	
	z	maaruuvi	11	noin 25 dB*
R2	z	kallio	4	22 dB
R3	x	kallio	2	
	y	kallio	3	
	z	kallio	-3	15...21 dB
R4	x	kallio	1	
	y	kallio	3	
	z	kallio	1	19...21 dB

\* Pisteessä R1 kiihtyvyyssanturit asennettiin maaruuvin avulla moreenimaahan. Vapaassa maaperässä esiintyvään värähtelyyn vaikuttaa osaltaan myös junaliikenteen aiheuttaman ilmäänen kytkeytyminen pintamaahan, ja tämä kasvattaa mitattuja runkomelun herätetasoja. Rakennusten tapauksessa tämä kytkeytymisilmiö ei kuitenkaan ole merkittävä, joten tulokset eivät tältä osin johda runkomelun torjuntatarpeeseen.

## 8 KAUPUNKIRADAN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

Kaavoitusalueen läheisyyteen olemassa olevan rantaradan yhteyteen on suunniteltu kaupunkiradan rakentamista [Väylä2019]. Hanke koostuu nykyisten raiteiden eteläpuolelle rakennettavasta kahdesta lisäraiteesta. Kaksi pohjoisinta, eli olemassa olevat raiteet keskitetään nopeamman lähiliikenteen ja kaukoliikenteen käyttöön, ja uudet raiteet tarkoitetaan tiheälle kaupunkijunaliikenteelle.

Liikennemäärien kasvulla ei ole merkitystä tärinän tai runkomelun kannalta, koska niiden tarkastelusuureet koskevat yksittäisen ohiajon aiheuttamaa suurinta arvoa.

Kasvava liikennekapasiteetti saattaa kuitenkin aiheuttaa tilanteita, joissa useita junia ohittaa kohdealueen samanaikaisesti. Kaksi samanlaista värähtelylähdettä samalla etäisyydellä voi nostaa laskennallista runkomelun herätetasoa enintään 3 dB. Nykytilanteessa arvioitujen runkomelutasojen (taulukko 1) perusteella junaliikenne ei tule ylittämään asuinrakennusten runkomelun ohjearvoa myöskään kaupunkiradan valmistuttua.

Arvio perustuu siihen oletukseen, että kaupunkirata tullaan tarkastelualueella perustamaan samoilla periaatteilla kuin nykyinen rantarata. Kaupunkiradan yleissuunnitelman [Väylä2011] mukaan kaupunkirata (kmv 22+530...23.390) perustetaan paalulaatalle. Mikäli kaupunkirata perustetaan alueella siten, että raideliikenteen tuottama runkomeluhäiriö kytkeytyy radan perustuksista kallioon selvästi voimakkaammin kuin nykyisen radan tapauksessa, rakennuksissa havaitut runkomelutasot voivat jonkin verran nousta yllä esitetyistä arvioista. Riski asuntojen 35 dB runkomelun ohjearvon ylittymisestä on kuitenkin edelleen pieni.

## 9 YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET

Kyytimäen alueelta tehdyn mittaus selvityksen perusteella todetaan, että rantaradan ja suunnitellun kaupunkiradan junaliikenne ei aiheuta tärinä- tai runkomeluhaittoja alueelle suunnitelluissa asuinrakennuksissa.

Jukka Pätynen, TKT  
akustikko

Timo Peltonen, DI, FISE PV (akustiikka)  
akustikko

## VIITTEET

- [Talja2004] Talja A. Suositus liikennetärinän mittaamista ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Espoo, 2004.
- [Talja2008] Talja A., ym. Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi. VTT Tiedotteita 2425. Espoo 2008.
- [Talja2011] Talja A. Ohjeita liikennetärinän arviointiin. VTT Tiedotteita 2569. Espoo, 2011.
- [Talja2009] Talja A, Saarinen A. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. Esiselvitys. VTT Tiedotteita 2468. Espoo, 2009.
- [Espoo2019] Espoon kaupungin karttapalvelu, kiinteistö- ja maaperäkartat. <http://kartat.espool.fi>, 1.6.2019
- [Väylä2011] Espoo-Kauklahti -kaupunkirata, yleissuunnitelma 2011. Liikennevirasto, 30.8.2019.
- [Väylä2019] Väylävirasto. Espoo-rata Leppävaara-Kauklahti. <https://vayla.fi/espoonkaupunkirata>, 21.8.2019
- [Digitraffic] Traffic Management Finland. Digitraffic -verkkorajapinta, <http://rata.digitraffic.fi>, 10.7.2019.
- [YM2017] Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017.
- [YM2018] Ääniympäristö, Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä, Ympäristöministeriö 2018

**LIITTEET**

Liite A. Valokuvia mittauspisteitä

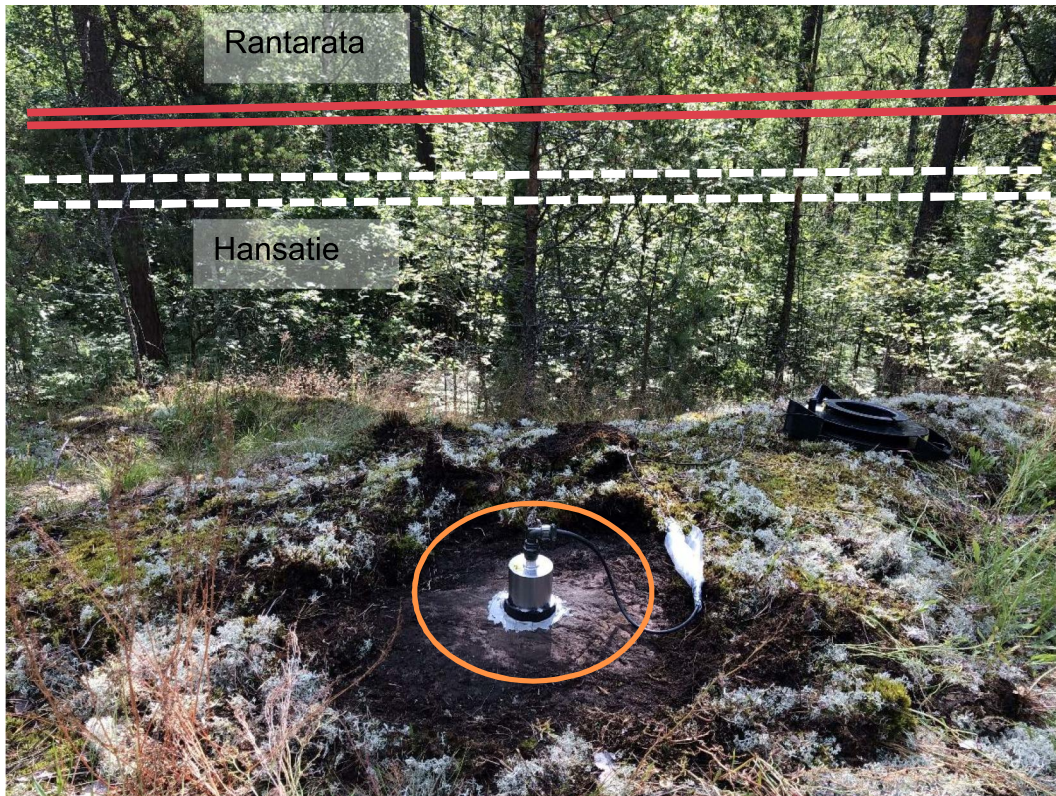
Liite B. Mittausraportti

## LIITE A: VALOKUVIA MITTAUSPISTEISTÄ



Kuva A1. Mittauspiste R1. Sijainti Hansatien ja Rantaradan suhteen on havainnollistettu kuvassa.

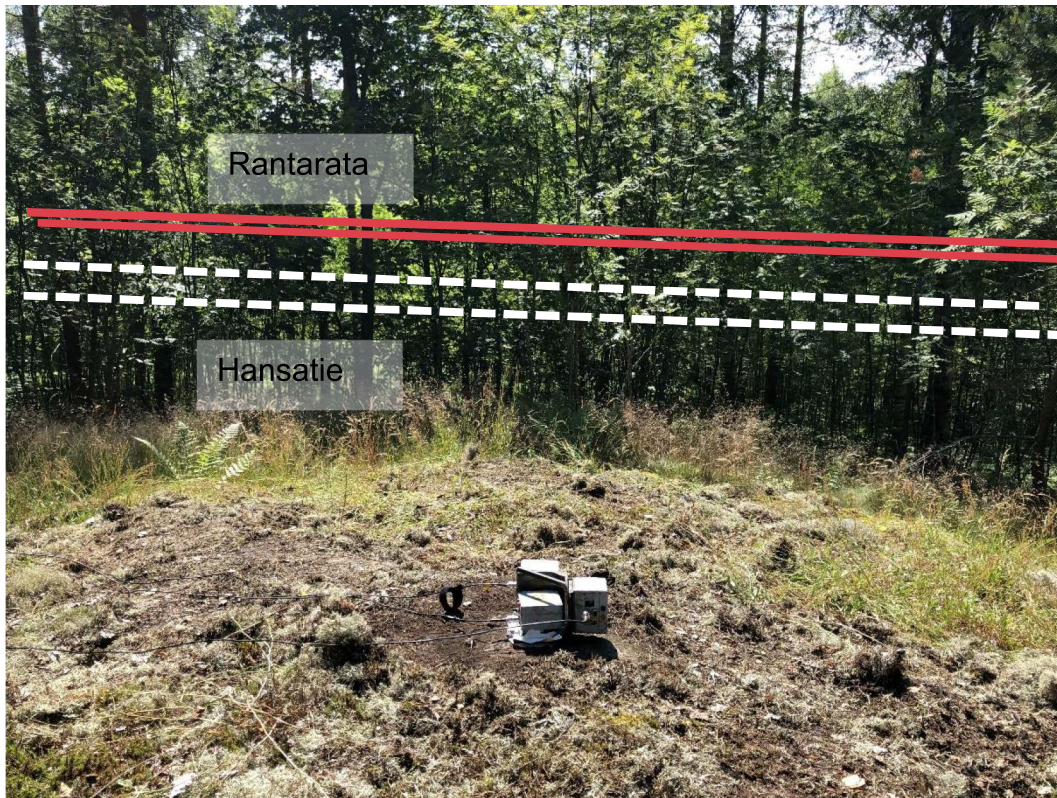




Kuva A2. Mittauspiste R2. Sijainti Hansatien ja Rantaradan suhteen on havainnollistettu kuvassa.



Kuva A3. Mittauspiste R3. Hansatie näkyy kuvassa taustalla.



Kuva A4. Mittauspiste R4. Sijainti Hansatien ja Rantaradan suhteen on havainnollistettu kuvassa.

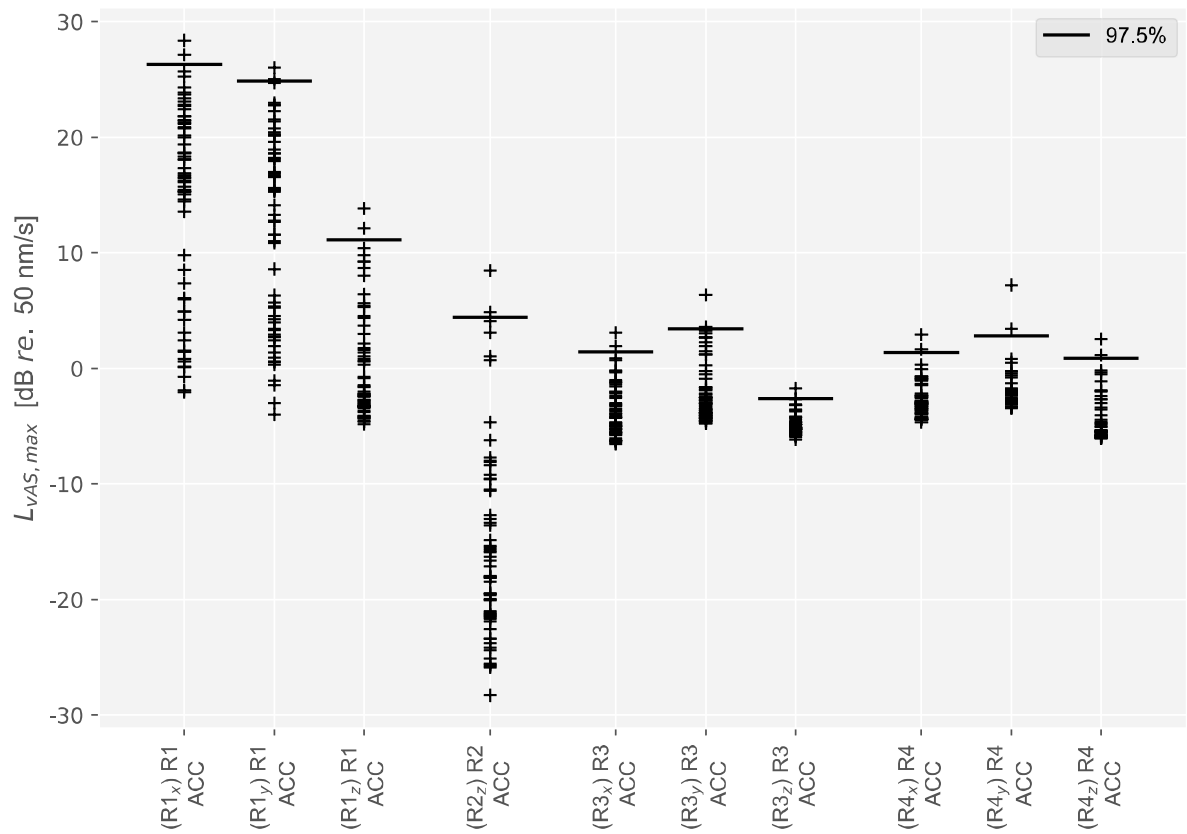
**B1 LIITE B: MITTAUSRAPORTTI****B1.1 Mittalaitteet***Taulukko 1. Mittalaitteet ja analyysiohjelmisto*

laite	tyyppi
kiihtyvyyssanturit	Bruel & Kjaer 4370
kiihtyvyyssanturit	Wilcoxon Research WR731A
digitaalitallennin	Rion DA-21
analyysiohjelmisto	Python 3.7

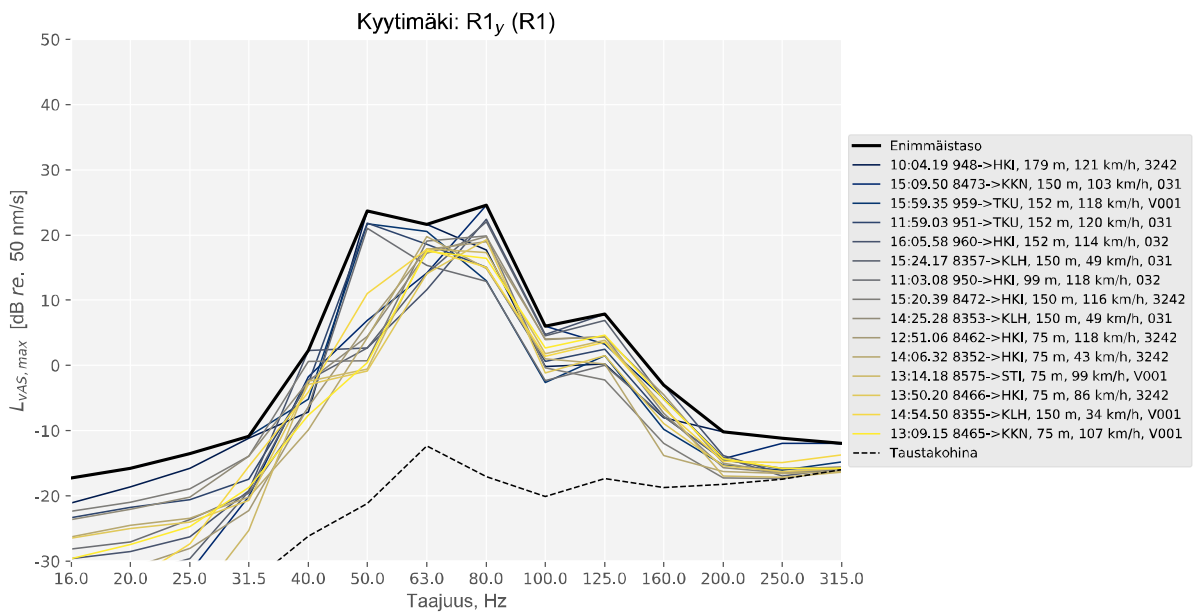
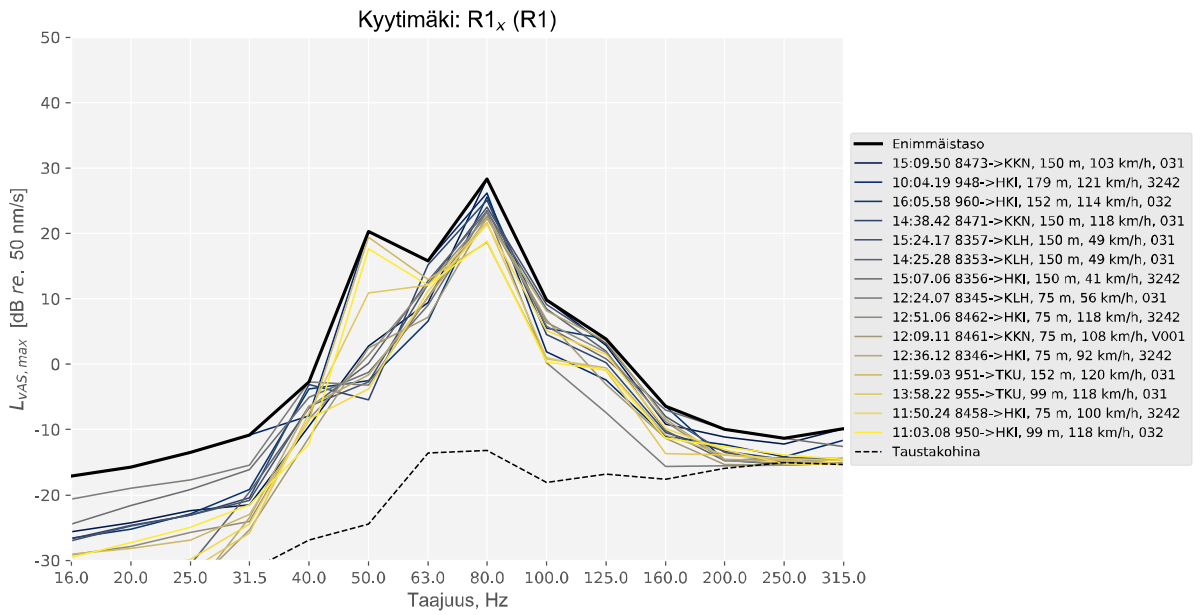
**B1.2 Mittauspisteet***Taulukko 2. Mittauspisteet, anturien suunnat ja kiinnitystapa*

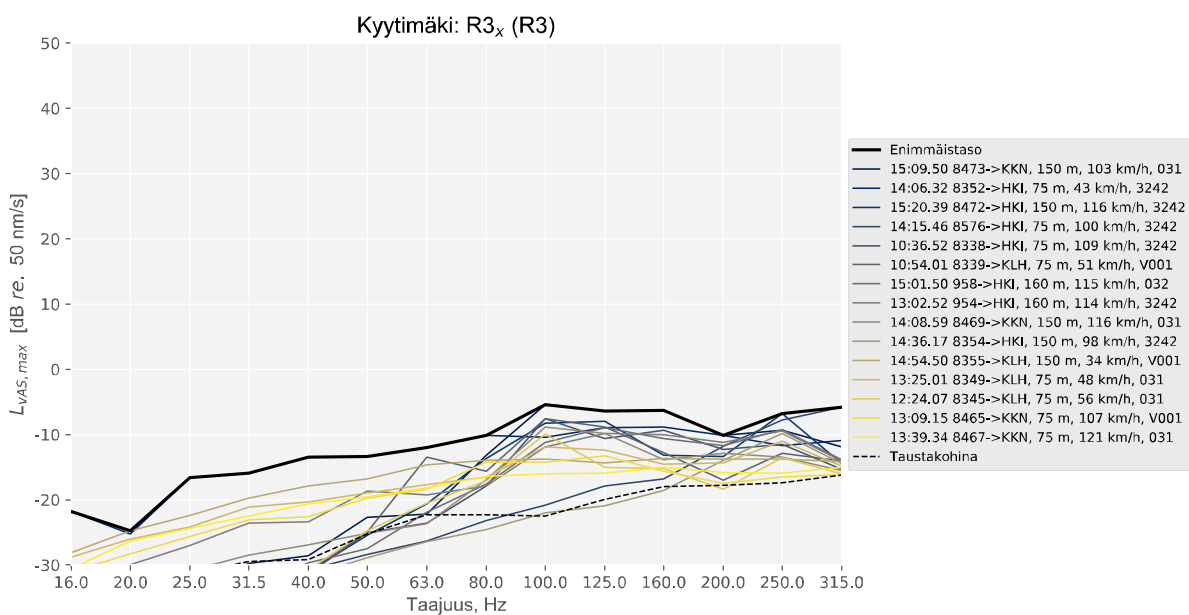
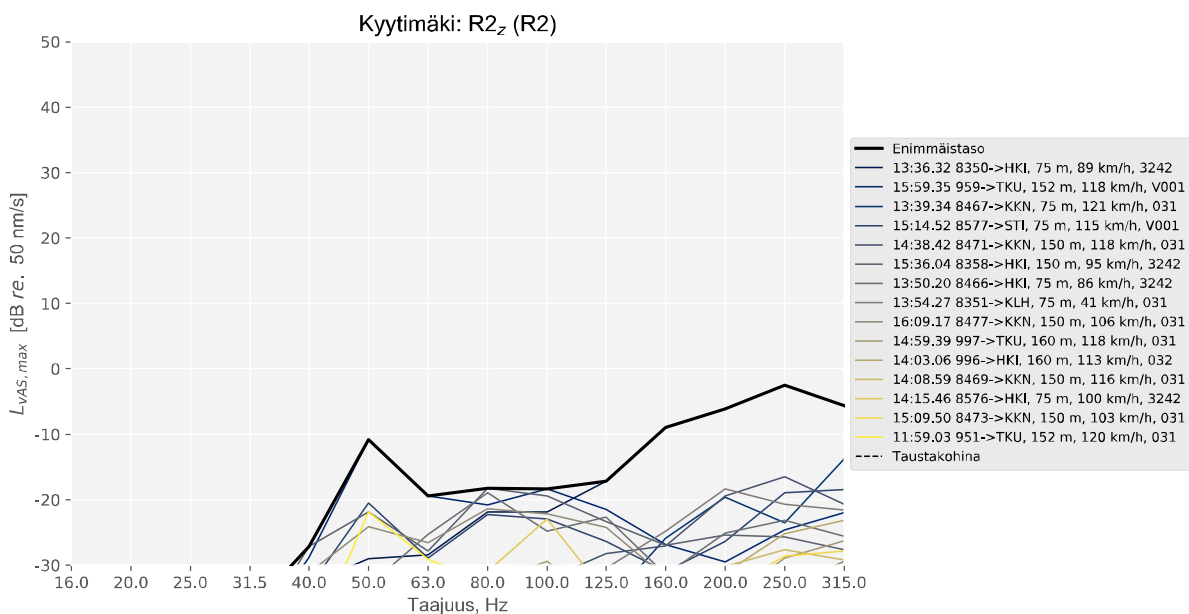
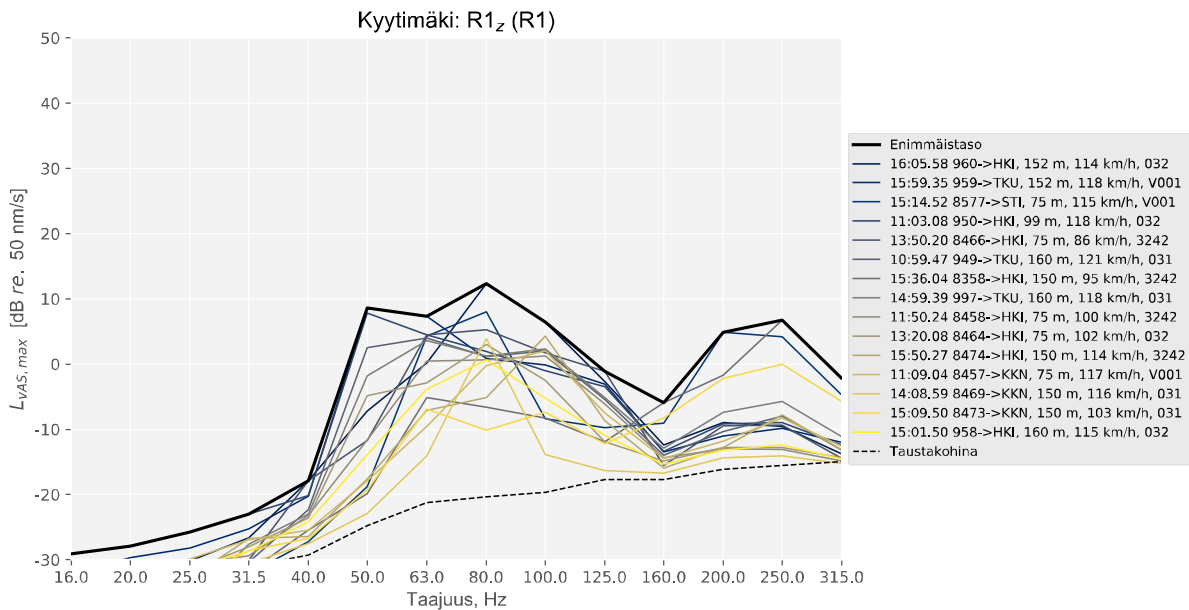
nimi	suure	sijainti	kiinnitys	alusta	sensori	tallennin
$R_{1x}$	$a_x$	R1	liimattu	maaruuvi	Bruel & Kjaer 4370	Rion DA-21 #3 ch1
$R_{1y}$	$a_y$	R1	liimattu	maaruuvi	Bruel & Kjaer 4370	Rion DA-21 #3 ch2
$R_{1z}$	$a_z$	R1	liimattu	maaruuvi	Bruel & Kjaer 4370	Rion DA-21 #3 ch3
$R_{2z}$	$a_z$	R2	liimattu	kallio	Wilcoxon Research WR731A	Rion DA-21 #3 ch4
$R_{3x}$	$a_x$	R3	liimattu	kallio	Bruel & Kjaer 4370	Rion DA-21 #4 ch1
$R_{3y}$	$a_y$	R3	liimattu	kallio	Bruel & Kjaer 4370	Rion DA-21 #4 ch2
$R_{3z}$	$a_z$	R3	liimattu	kallio	Bruel & Kjaer 4370	Rion DA-21 #4 ch3
$R_{4x}$	$a_x$	R4	liimattu	kallio	Bruel & Kjaer 4370	Rion DA-21 #5 ch1
$R_{4y}$	$a_y$	R4	liimattu	kallio	Bruel & Kjaer 4370	Rion DA-21 #5 ch2
$R_{4z}$	$a_z$	R4	liimattu	kallio	Bruel & Kjaer 4370	Rion DA-21 #5 ch3

**B1.3 Runkomeluhuherätetasot  $L_{vASmax}$**

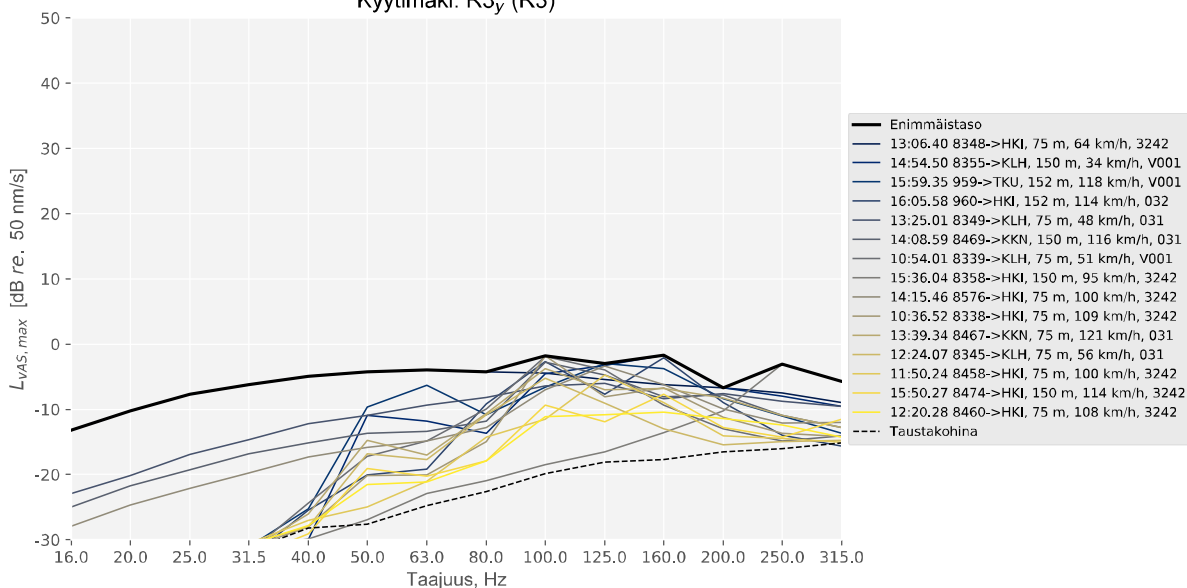


**B1.4 Runkomeluberätetasojen terssispektrit**

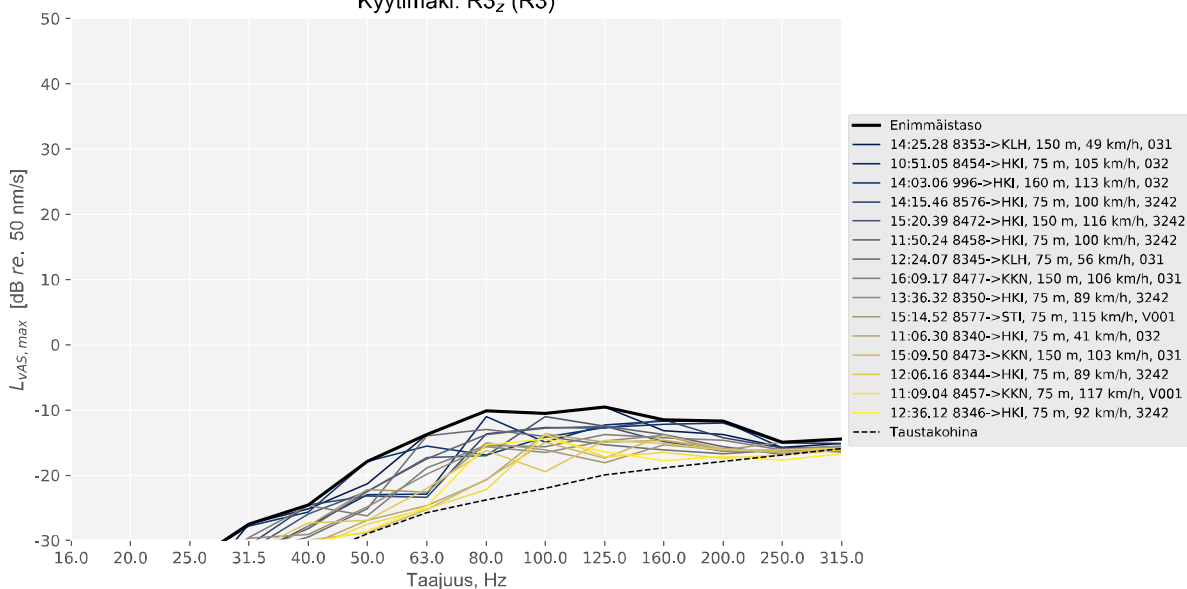




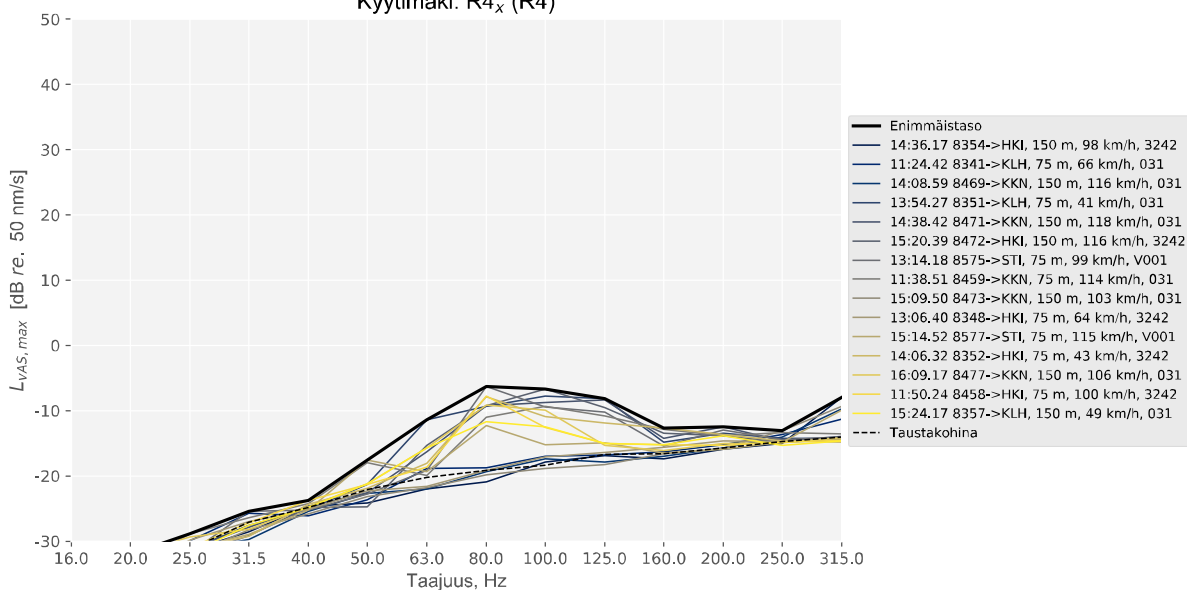
Kyytimäki: R3<sub>y</sub> (R3)



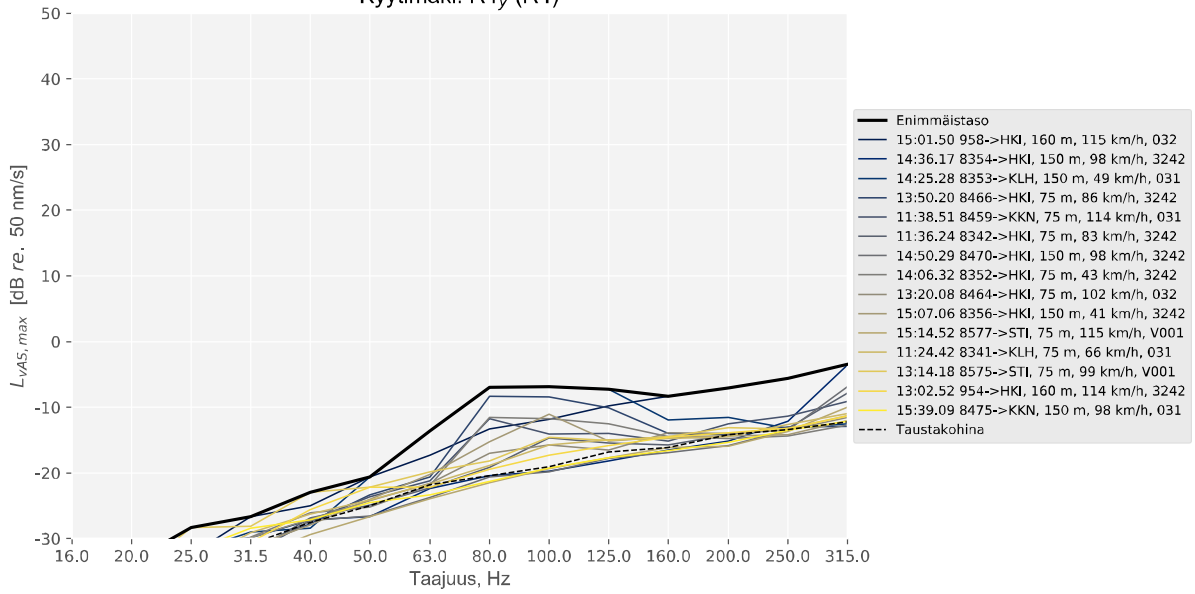
Kyytimäki: R3<sub>z</sub> (R3)



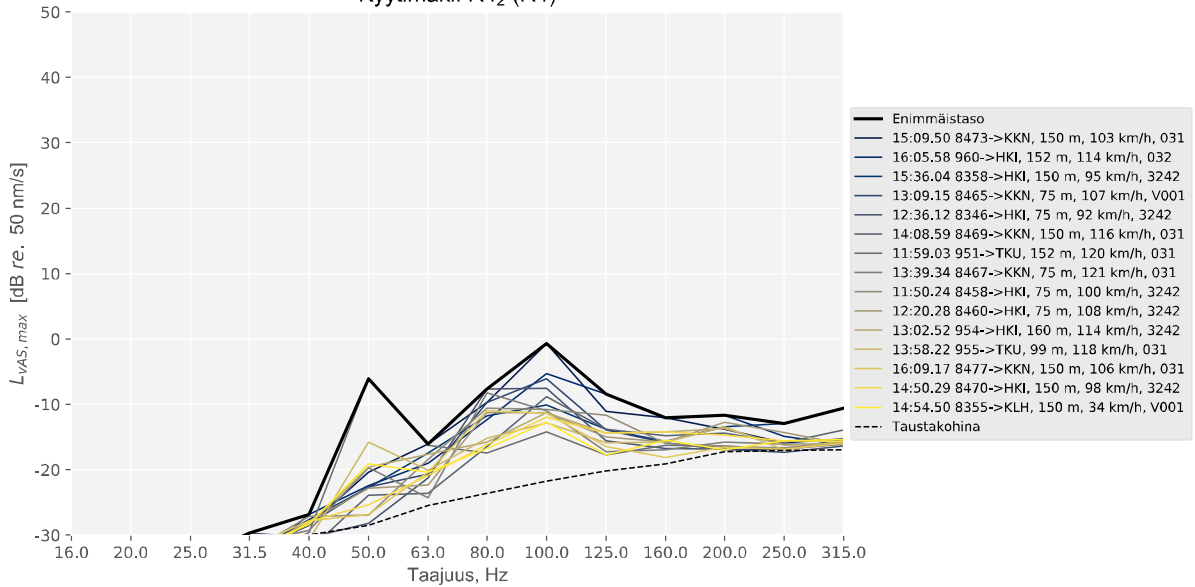
Kyytimäki: R4<sub>x</sub> (R4)



Kyytimäki: R4<sub>y</sub> (R4)

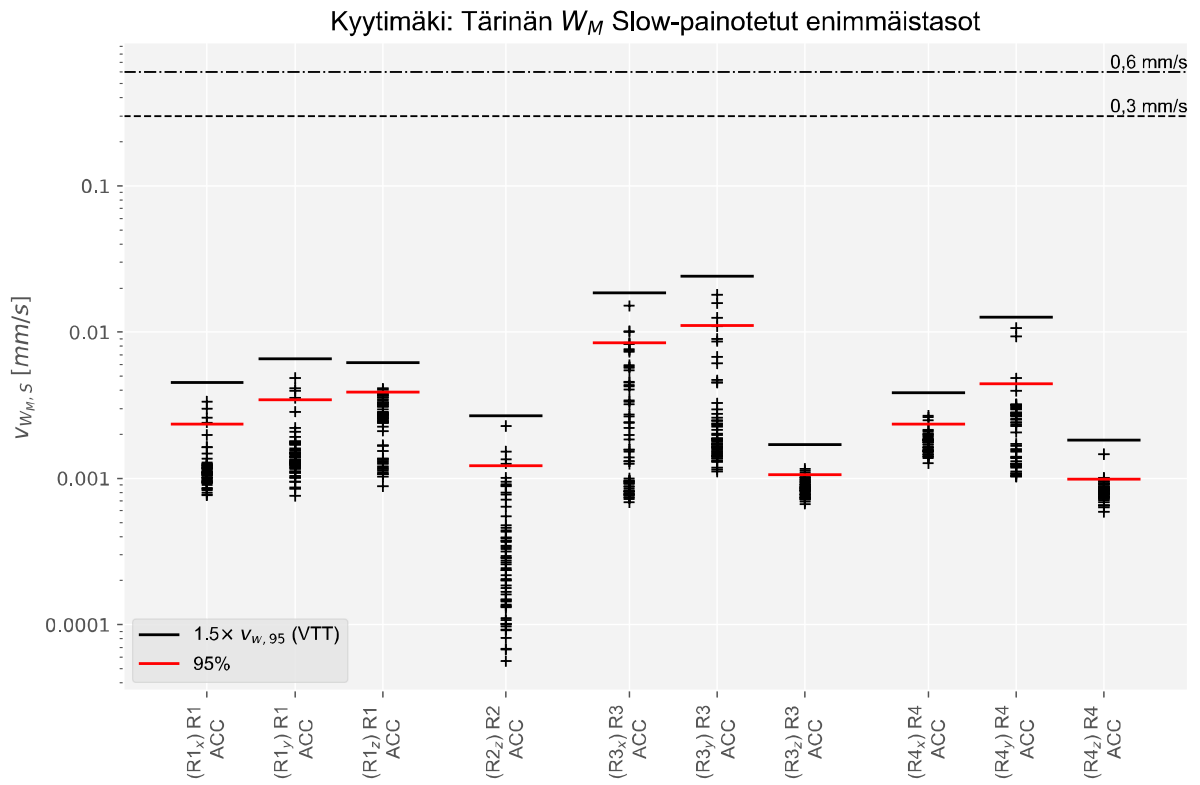


Kyytimäki: R4<sub>z</sub> (R4)





**B1.5 Tärinätasot**  $v_{W_m Smax}$



**B1.6 Värinätaidojen terassispektrit ja resonanssitarkastelu**

