A-INSINÖÖRIT

Lentorata

ITÄRATA

Tärinä- ja runkomelumallinnuksen lähtötietomittaukset

Lentorata ja Itärata

15–1006.1

16.12.2024

Tärinä- ja runkomelumallinnuksen lähtötietomittaukset

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto 3
1.1 Tilaajat 3
1.2 Tekijä 3
1.3 Mittausten tarkoitus 3
2 Mittausmenetelmät 4
2.1 Herätetasot 5
2.2 Kallioperän värähtelyvaimennus 5
2.3 Sepelinalusmattojen vaimennuskyky 5
3 Mittauskohteet 5
3.1 Kehärata, Vantaa 5
3.2 Oikorata, Mäntsälä 7
3.3 Haukkamäen tunneli, Salo 8
3.4 Lavianmäen tunneli, Salo 8
3.5 Savion tunneli, Vantaa 10
4 Johtopäätökset 14
LIITTEET 15

1 Johdanto

1.1 Tilaajat

Lentorata Oy
Lentäjäntie 3
01530 Vantaa

Siru Koski
siru.koski@lentorata.fi

Itärata Oy
Lönnrotinkatu 5
00120 Helsinki

Minna Weurlander
minna.weurlander@itarata.fi

1.2 Tekijä

A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Bertel Jungin aukio 9, 02600 Espoo
puh. 0207 911 888

DI Timo Huhtala
timo.huhtala@ains.fi

DI Benjamin Oksanen
benjamin.oksanen@ains.fi

TkT Sakari Tervo
sakari.tervo@ains.fi

TkT Juho Liski
juho.liski@ains.fi

1.3 Mittausten tarkoitus

Mittaustuloksia käytetään lähtötietoina Lentoradan ja Itäradan tärinä- ja runkomeluselvitysten mallinnuksessa. Molemmissa hankkeissa ratatunneleissa kulkevan

junaliikenteen aiheuttama runkomelu voi vaikuttaa merkittävästi rakennusten ääniolosuhteisiin. Peruskallioon tehdyssä tunnelissa kulkevan junaliikenteen aiheuttama tärinä ei vaikuta rakennusten olosuhteisiin tai rakenteiden vaurioitumiseen. Avorataosuuksilla tai maaperäisessä tunnelissa tärinällä voi olla rakennusten olosuhteisiin vaikutusta, mutta rakenteiden vaurioituminen on erittäin harvinaista ja epätodennäköistä.

Mittauksien tavoitteena on tarkemmin määrittää suomalaisen junakaluston herätetasoja erityisesti kallioon louhituissa ratatunneleissa sekä määrittää kallioperän värähtelyn vaimentumisominaisuuksia. Mittauksissa pyrittiin mittamaan liikennöintinopeudeltaan korkeimpia tunneliosuuksia. Tarkemmilla lähtötiedoilla mallinnustulokset ja vaikutusten arviointi ovat luotettavampia sekä mahdolliset runkomelun torjuntatoimet voidaan mitoittaa paremmin. Tarkempi mitoitus on näin ollen riskien hallinnan kannalta oleellista.

Herätetasojen ja kallion vaimentumisominaisuuksien lisäksi tässä työssä mitattiin Suomen rataverkolle värähtelyä alueilla, joihin on asennettu sepelinalusmattoja. Sepelinalusmattojen pääasiallinen tarkoitus näillä alueilla on vaimentaa radasta aiheutuvaa värähtelyä rakennuksiin päin, erityisesti runkomelua. Näillä alueille määritettiin sepelinalusmatoilla saavutettu runkomeluvaimennus eli rakenteen lisäyshäviö (*eng. Insertion loss*).

Ratarakenteeseen asennettavat sepelinalusmatot ovat runkomelun torjuntakeinoista käytetyimpiä. Suomessa on tyypillisesti käytössä asennustapa, jossa vaimennusmateriaali on väli- ja eristyskerrosten alla. Mittaustuloksia tällä tavalla asennetuilla sepelinalusmatoilla saavutettavasta vaimennuksesta ei kuitenkaan ole saatavilla.

2 Mittausmenetelmät

Mittauksia toteutettiin rataverkolla liikennöivällä kalustolla. Värähtelytasoja mitattiin kiihtyvyysantureilla, joita asennettiin radan rakenneosiin, tunneliseiniin sekä kauemmas radasta tai tunnelista maaperään ja kallioperään. Lisäksi radoilta mitattiin impulssivasaralla ratarakenteen mobiliteetteja.

2.1 Herätetasot

Junakaluston herätetasot mitattiin avoradoilla noin 15 m etäisyydeltä kalliosta tai maaperästä. Yleisesti käytössä oleva etäisyys herätetasolle on 10 m … 15 m, jossa värähtelyominaisuudet ovat maaperän tai kallioperän kannalta muodostuneet edustaviksi. Tunneleissa herätetaso mitattiin tunneliseinästä. Lisäksi tunneleissa mitattiin kiskon ja/tai pölkyn värähtelytasoja, joiden perusteella voidaan myös arvioida herätetason suuruutta.

2.2 Kallioperän värähtelyvaimennus

Kallioperän värähtelyvaimennuksen ja tunnelivarjostuksen määrittämistä varten värähtelyä mitattiin myös ratatunneleiden päältä ratalinjaukseen nähden kohtisuoralla mittauslinjalla.

2.3 Sepelinalusmattojen vaimennuskyky

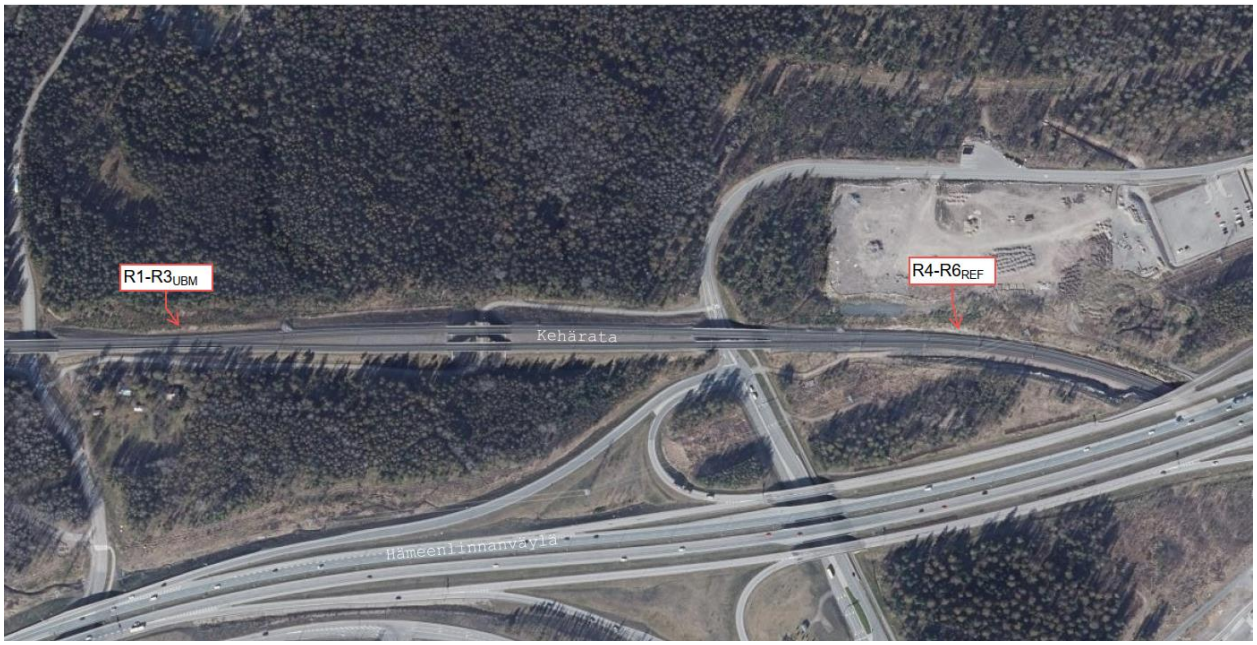
Sepelinalusmattojen vaikutusta värähtelyn voimakkuuteen arvioitiin mittaamalla lisäyshäviö. Lisäyshäviö kuvaa kuinka paljon värähtely kullakin taajuudella vaimenee, kun ratarakenteeseen lisätään jokin joustava tai vaimentava rakenne, tässä tapauksessa sepelinalusmatto. Lisäyshäviö laskettiin vertaamalla referenssikohdasta mitattua värähtelytasoa sepelinalusmaton kohdalta mitattuun värähtelytasoon. Tämä tieto on olennainen, kun arvioidaan soveltuvia vaimennusratkaisuja eri vaimennustavoitetasojen osalta.

3 Mittauskohteet

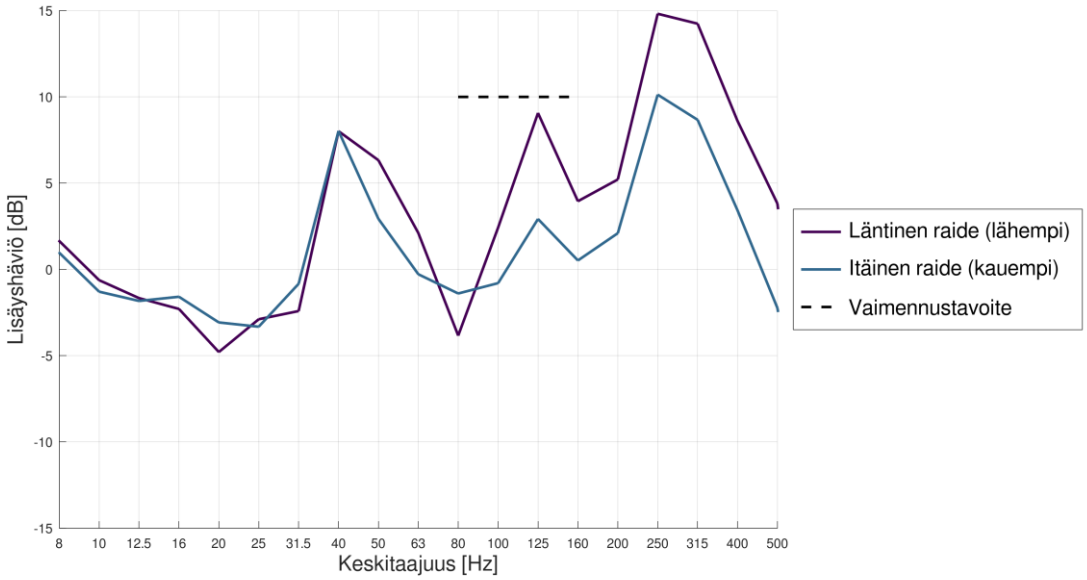
3.1 Kehärata, Vantaa

Kehäradalla Vantaan Petaksessa mitattiin värähtelytasoja kallioperässä. Kehäradan runkomeluselvitysten mukaan ratakilometreillä n.16+800…16+950 on asennettu runkomelueristys kallioleikkauksen kohdalle. Vastaavan kaltainen kallioleikkaus ilman runkomelueristystä on pohjoisempana ratakilometrin 17+700 kohdalla. Tutkittavassa kohdassa runkomelueristys on toteutettu kivivillapohjaisella sepelinalusmatolla, joka on

asennettu yhdistetyn väli- ja eristyskerroksen alle. Värähtelytasoja mitattiin kalliosta noin 13 m etäisyydellä lähemmästä raiteesta edellä mainituista kahdesta sijainnista. Mittauspaikat on esitetty kuvassa 1 ja tulokset on esitetty liitteen 1 mittausraportissa. Tuloksista johdettu lisäyshäviö on esitetty kuvassa 2. Kuvassa on esitetty tulos molempien raiteiden osalta sekä projektin suunnittelukriteerinä käytetty 10 dB vaimennus terssikaistoilla 80…160 Hz.



Kuva 1. Mittauspisteet kehäradalla Vantaan Petaksessa.

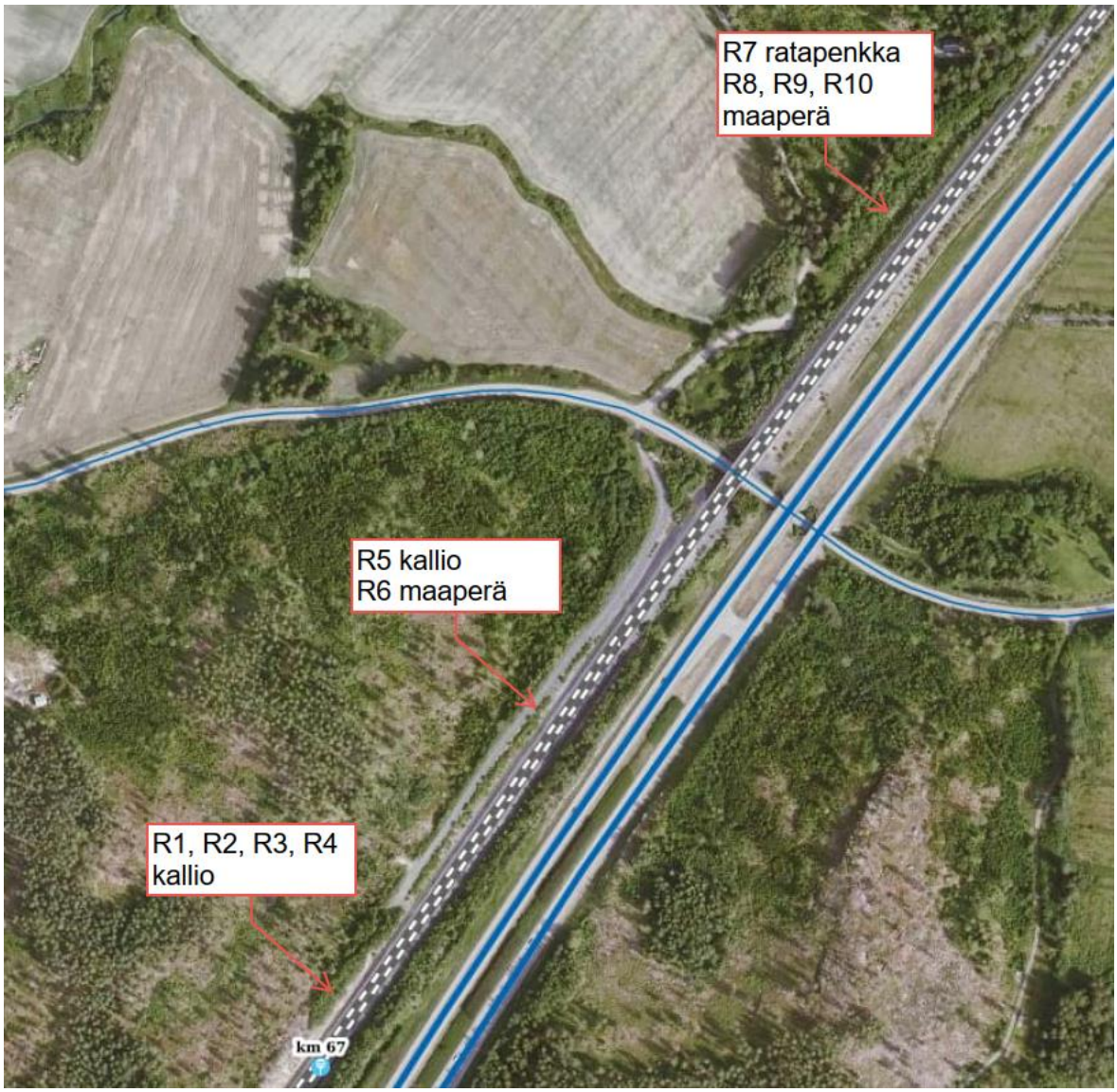


Kuva 2. Kehäradalla määritetty runkomelueristyksen lisäyshäviö.

3.2 Oikorata, Mäntsälä

Oikoradalla mitattiin värähtelytasoja kallioperässä sekä maaperässä. Oikoradalla mittauspaikan kohdalla matkustajajunien suurin sallittu nopeus on 200 km/h IC-junalla ja 220 km/h Pendolino-junalla.

Mittauksissa junien nopeus oli noin 200 km/h IC-junilla ja noin 215 km/h Pendolino-junilla. Junien ohituksia analysoitiin 134 kpl. Mittauspisteet on esitetty kuvassa 3 ja mittaustulokset on esitetty liitteen 2 mittausraportissa.



Kuva 3. Mittauspisteet Oikoradalla.

3.3 Haukkamäen tunneli, Salo

Haukkamäen tunnelissa mitattiin IC- ja Pendolino-kaluston herätetasoja tunnelissa sekä niiden aiheuttamia värähtelytasoja kallioperässä tunnelin päällä. Mittauspisteet on esitetty kuvassa 4.

Mittauksissa junien nopeus oli keskimäärin noin 135 km/h. Junien ohituksia analysoitiin 56 kpl. Mittaustulokset on esitetty liitteen 3 mittausraportissa.

Kuva 4. Mittauspisteet Haukkamäen tunnelissa.

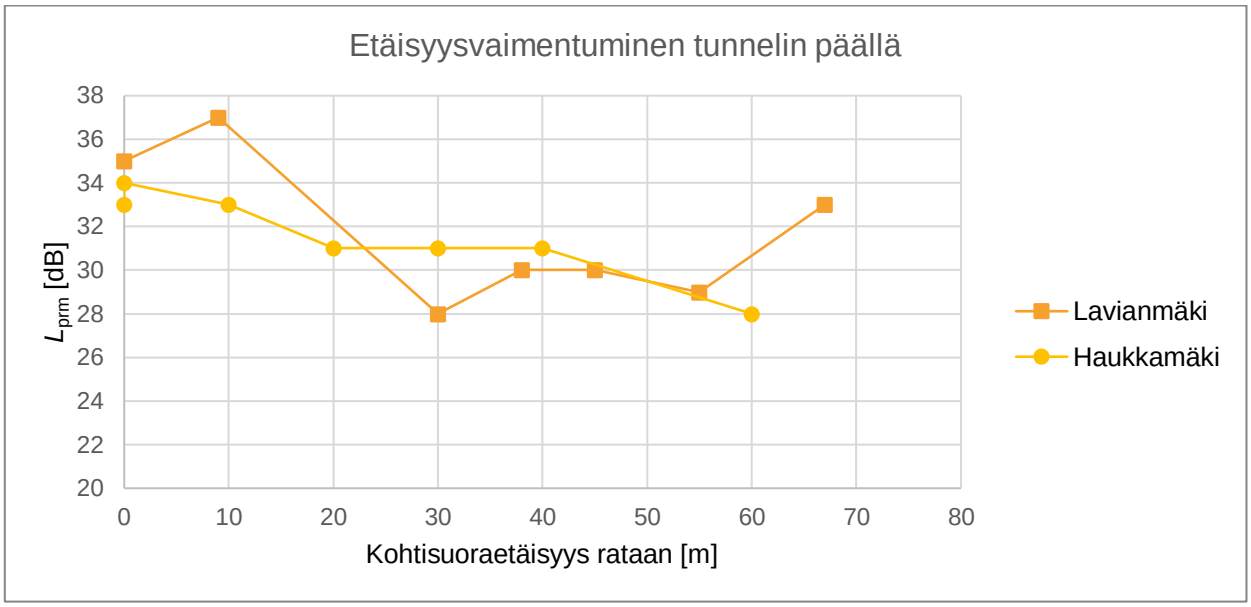
3.4 Lavianmäen tunneli, Salo

Lavianmäen tunnelissa mitattiin IC- ja Pendolino-kaluston herätetasoja tunnelissa sekä niiden aiheuttamia värähtelytasoja kallioperässä tunnelin päällä. Mittauksissa junien

nopeus oli keskimäärin noin 130 km/h. Junien ohituksia analysoitiin 63 kpl. Mittaustulokset on esitetty liitteen 4 mittausraportissa. Mittauspisteet on esitetty kuvassa 5.

Kuva 5. Mittauspisteen Lavianmäellä

Kuvassa 6 on esitetty Lavianmäen sekä Haukkamäen tunneleissa tunnelin päällä mitatut värähtelytasot eri etäisyyksillä tunnelin keskilinjasta.



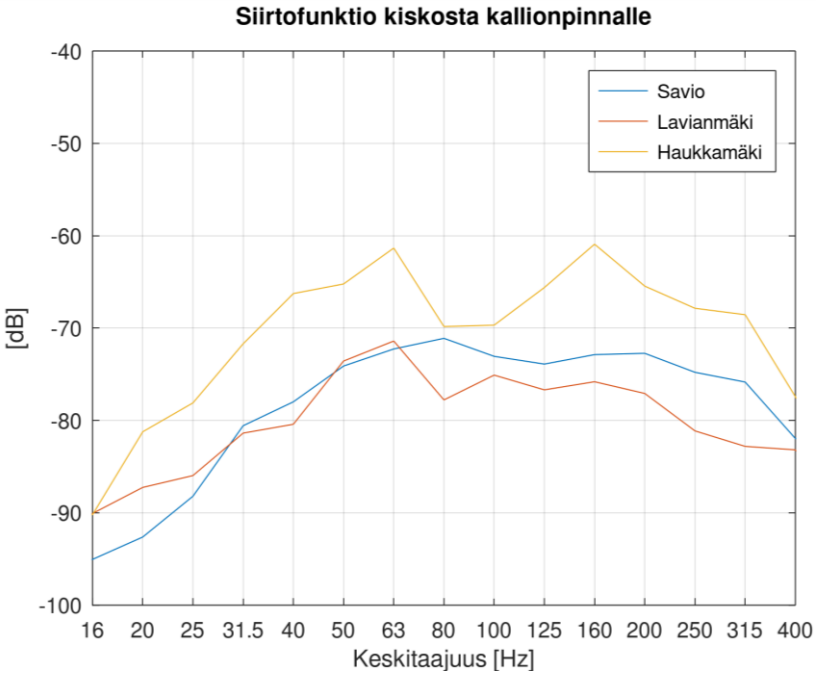
Kuva 6. Lavianmäen ja Haukkamäen tunneleiden päältä mitatut runkomelutasot kohtisuoran etäisyyden suhteen.

3.5 Savion tunneli, Vantaa

Savion tunnelissa Vuosaaren satamaradalla mitattiin värähtelytasoja tunnelissa kolmen eri ratarakenteen osalta. Mittauksista analysoitiin mittausjakson aikana radalla kulkeneet 37 tavarajunaa ja 14 veturia. Mittaustulokset on esitetty liitteen 5 mittausraportissa. Runkomeluvaimennuksen lisäyshäviön määrittämisessä vaimentamaton ratarakenne toimi referenssinä, ja lisäksi mitattiin kaksi ratarakennetta, joissa on sepelinalusmatot. Sepelinalusmattojen suunniteltu runkomelunvaimennus on 15 dB ja 18 dB. Kuvassa 7 on esitetty 15 dB ja 18 dB vaimennusalueille määritetyt lisäyshäviöt. Kuvassa on esitetty mittaustulos sekä tulos, jossa on korjattu tunnelissa havaittuja resonansseja, jotka arvion mukaan johtuvat ratarakenteen alla ja vieressä kulkevista palovesi- ja salaojaputkista.

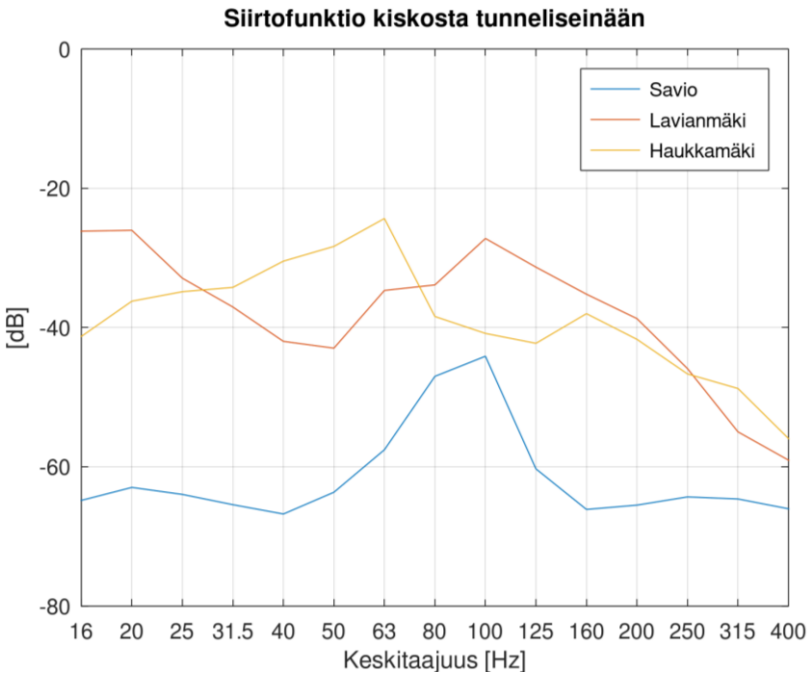
Kuva 7. Savion tunnelissa mitatut runkomeluvaimennuksen lisäyshäviöt

Tunnelin herätetasojen mittauksen lisäksi mitattiin Kuninkaanmäessä värähtelytasoja kalliosta maanpinnalla. Kuninkaanmäen mittauspisteen kohdalla tunneli on noin 60 m syvyydessä eikä ratarakenteessa ole runkomeluvaimennusta. Kuvassa 8 on esitetty tunnelissa referenssikohdalla mitatun kiskon värähtelytason ja Kuninkaanmäessä kalliosta mitatun värähtelytason erotuksena määritetty värähtelyn siirtofunktio. Kuvassa 8 on esitetty vastaavat tulokset myös Lavianmäen ja Haukkamäen tunneleista, joiden ratarakenteissa ei ole sepelinalusmattoja. Haukkamäen ja Lavianmäen tunneleissa kohtisuora etäisyys kallionpinnalle radan kohdalla on noin 30 metriä ja Savion tunnelissa 60 metriä.

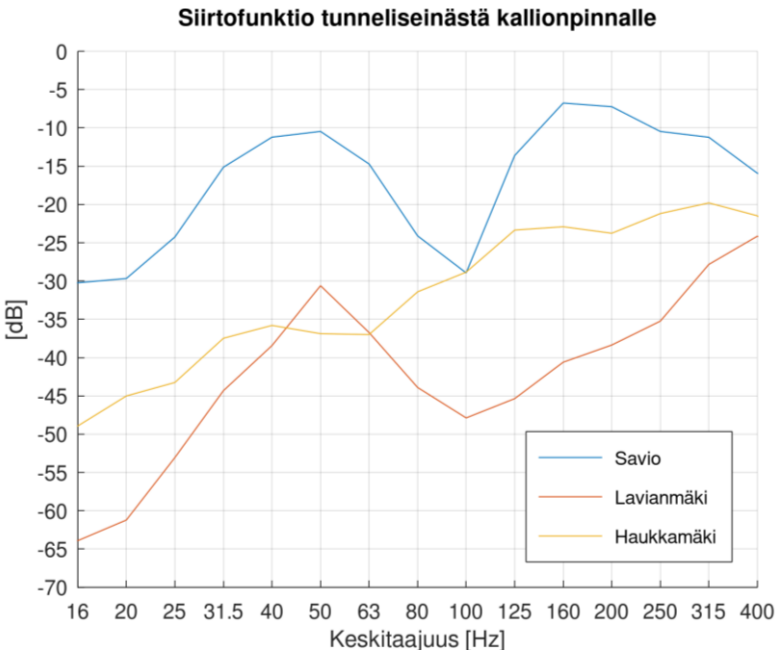


Kuva 8. Värähtelyn siirtofunktio kiskosta kallionpinnalle.

Kuvassa 9 on esitetty kiskosta tunnelin seinän mittauspisteisiin määritetty värähtelyn siirtofunktio Savion, Lavianmäen ja Haukkamäen tunneleissa. Kuvassa 10 on esitetty tunneliseinästä kallionpinnalle määritetty värähtely siirtofunktio Savion, Lavianmäen ja Haukkamäen tunneleissa.



Kuva 9. Värähtelyn siirtofunktio kiskosta tunneliseinään.



Kuva 10. Siirtofunktio tunneliseinästä kallionpinnalle.

4 Johtopäätökset

Oikoradalla mitattiin suomalaisen junakaluston suurimmat sallitut nopeudet IC- ja Pendolino-junille. Itärata-hankkeessa tarkasteltavia, jopa 300 km/h kulkevia suurnopeusjunia varten määritetään herätespektrit näiden ja aiemmin tehtyjen mittausten perusteella. Junan nopeuden vaikutusta sen aiheuttamaan värähtelyyn voidaan arvioida esimerkiksi mallilla, jossa arvioidaan kiskon ja junan pyörän karheuksien ja resonanssien vaikutusta junan nopeuden suhteen taajuuskaistoittain, tai empiirisellä mallilla laajakaistaisista värähtelytasoista.

Mitattujen tunnelien osalta kalliovaimennuksessa havaittiin eroja Salossa sijaitsevien Lavianmäen ja Haukkamäen sekä Savion tunnelien välillä. Savion tunnelissa värähtely vaimenee kiskosta tunneliseinään enemmän kuin kahdessa muussa tunnelissa. Tämä voi johtua sekä eroista ratarakenteissa että Salon tunneleiden rikkoutuneemmasta kiviaineksesta ja ruiskubetonoinneista tunnelin pinnoilla, jolloin tunneliseinä värähtelee enemmän. Tunneliseinästä kallionpinnalle värähtely vaimenee Salon tunneleissa huomattavasti Savion tunnelia enemmän, mikä osaltaan voi selittyä tunnelien rakenteilla ja mahdollisilla kallion halkeamilla ja osaltaan sillä, että tunneliseinästä mitattu taso on em. syistä voimakas. Toisaalta ratarakenne vaikuttaa myös värähtelyn voimakkuuteen eikä Salon tunnelien ratarakenteet ole tarkasti tiedossa.

Savion tunneli on modernimpi ja sijaitsee lähellä häiriintyviä kohteita, jolloin käytetyt louhintamenetelmät voivat olla sellaisia, että kallioperään ei synny yhtä paljon halkeamia. Savion tunneli vastaa paremmin tunnelia, jollaisia nykyisinkin suunniteltaisiin, minkä vuoksi Savion tunnelin ominaisuudet toimivat paremmin lähtötietoina Lentoradan ja Itäradan runkomeluselvityksessä.

Salon tunnelien päällä mitattujen ratalinjaan nähden kohtisuorien mittauslinjojen tulosten perusteella tunnelin aiheuttama tunnelivarjostus vaikuttaa värähtelyn etenemiseen ja voimakkuuteen kallioperässä tunnelin päällä. Ratalinjalta kohtisuoraan poispäin siirryttäessä värähtely vaimenee vähemmän kuin tavanomaiset laskentamallit olettavat. Mittaustulos varmentaa mallinnuksessa ja kirjallisuuden perusteella tehtyjä havaintoja ilmiöstä.

Sepelinalusmatoilla saavutettava lisäyshäviö eli runkomelun vaimennus jää tässä mitatuissa kohteissa tavoitevaimennuksistaan. Kaikissa kohteissa lisäyshäviössä havaitaan heikennys 60…100 Hz taajuusalueella. Ilmiötä voi selittää Suomen radoilla tyypillisesti käytetty sepelinalusmaton asennustapa, jossa vaimennusmateriaali asennetaan yhdistetyn väli- ja eristyskerroksen alle eikä suoraan sepelikerroksen alle. Asennustavassa ratarakenteen eri kerrosten aiheuttamat resonanssit toimivat epäedullisesti runkomeluvaimennuksen kannalta. Sepelikerroksen alle asennettujen vaimennusmateriaalien toimivuudesta löytyy maailmalta jonkin verran näyttöä, eikä niissä tuloksissa ole havaittu yhtä voimakasta heikennystä ratarakenteen resonansseilla.

LIITTEET

1. Mittausraportti, Kehärata (8 s.)
2. Mittausraportti, Oikorata (16 s.)
3. Mittausraportti, Haukkamäki (12 s.)
4. Mittausraportti, Lavianmäki (11 s.)
5. Mittausraportti, Savio (11 s.)

A-INSINÖÖRIT

FINAS
Finnish Accreditation Service
T299 (EN ISO/IEC 17025)

MITTAUSRAPORTTI

Runkomelu mitattiin standardin ISO 14837-1 & VTT 2468 mukaisesti

1 Projektitiedot

Tilaaja	Lentorata Oy & Itärata Oy	Tekijä	A-Insinöörit Suunnittelu Oy Bertel Jungin aukio 9 02600 Espoo
Projektinumero	15-1006	Mittauspäivät	5.9.2024
Kohde	Kehärata	Mittaajat	Benjamin Oksanen
Kohteen osoite	Petaksenpolku, Vantaa	Tarkastaja	Sakari Tervo
		Päivämäärä	22.11.2024

1.1 Epävarmuus

Raportoitu laajennettu mittausepävarmuus perustuu normaaliin epävarmuuteen, joka on kerrottu kertoimella $k = 2$, joka vastaa noin 95 % todennäköisyyttä. Mittausepävarmuus on arvioitu EA-4/02 ohjeen mukaisesti ja se ottaa huomioon olosuhteista ja mittalaitteista johtuvat epävarmuudet.

1.2 Sääolosuhteet

Suure	Keskiarvo	Pienin	Suurin
Lämpötila	19° C	11° C	27° C
Routa	- cm	-	-

Lähde: FMI Helsinki-Vantaa

2 Mittalaitteet

Mittauspiste	Laite	Tyyppi	Sarjanumero	Kalibrointi	Asennustapa
R1z, R2z, R3z, R3x	datatallennin	RION-DA21	500753	21.04.2023	
R4z, R5x, R5z, R6z	datatallennin	RION-DA21	500765	21.04.2023	
R1z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22223	21.03.2024	kallio
R2z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22062	06.03.2024	kallio
R3z	kiihtyvyysanturi	WR 786A	109373	07.03.2024	kallio
R3x	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20004	06.03.2024	kallio
R4z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20099	21.03.2024	kallio
R5x	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22222	06.03.2024	kallio
R5z	kiihtyvyysanturi	WR 786A	109369	07.03.2024	kallio
R6z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22221	06.03.2024	kallio

z: pystysuunta, x: vaakasuunta, y: pituussuunta
A: Liimaus, B: Ruuvi

Kuva 1: Mittauspisteet ilmakuvassa/kartalla.

2.1 Mitatut liikennetapahtumat

Liikennetietojen lähde Fintraffic / Digitraffic, CC 4.0 BY

Junatyyppi	raide 551 [kpl]	raide 552 [kpl]
HL	24	24

HL: Lähijuna, IC: InterCity-juna, S: Pendolino, T: Tavarajuna

3 Mittauspisteet

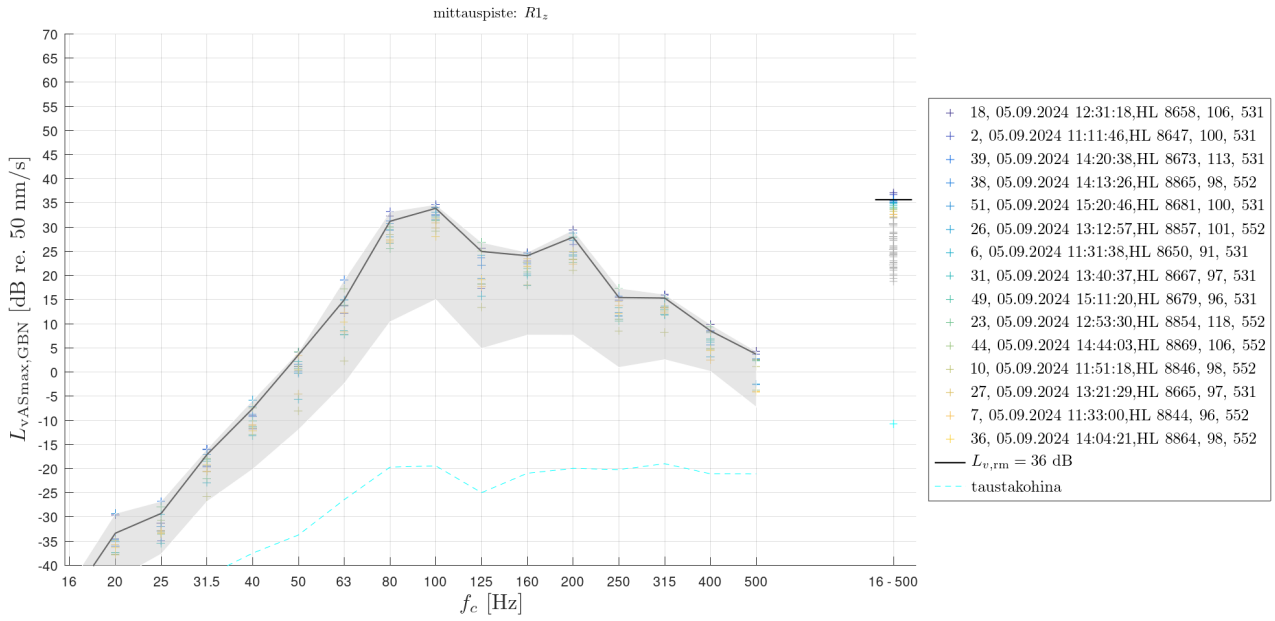
Mitattu suure	Mittauspiste	Suunta	Asennus	GPSy	GPSx	Huomioita
kiihtyvyys	R1ubm	z	ankkuri	60.3032990	24.8417554	
kiihtyvyys	R2ubm	z	ankkuri	60.3032990	24.8417554	
kiihtyvyys	R3ubm	z	ankkuri	60.3032990	24.8417554	
kiihtyvyys	R3ubm	z	ankkuri	60.3032990	24.8417554	
kiihtyvyys	R4ref	z	ankkuri	60.3095779	24.8413247	
kiihtyvyys	R5ref	z	ankkuri	60.3095779	24.8413247	
kiihtyvyys	R5ref	z	ankkuri	60.3095779	24.8413247	
kiihtyvyys	R6ref	z	ankkuri	60.3095779	24.8413247	

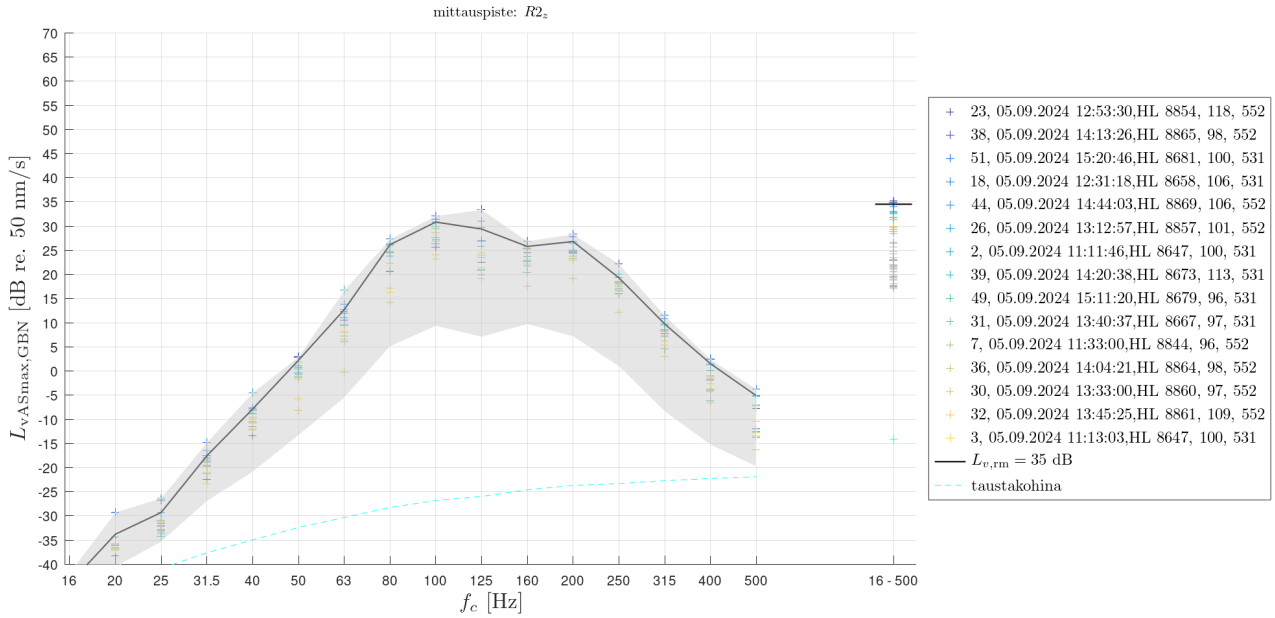
4 Mittaustulokset

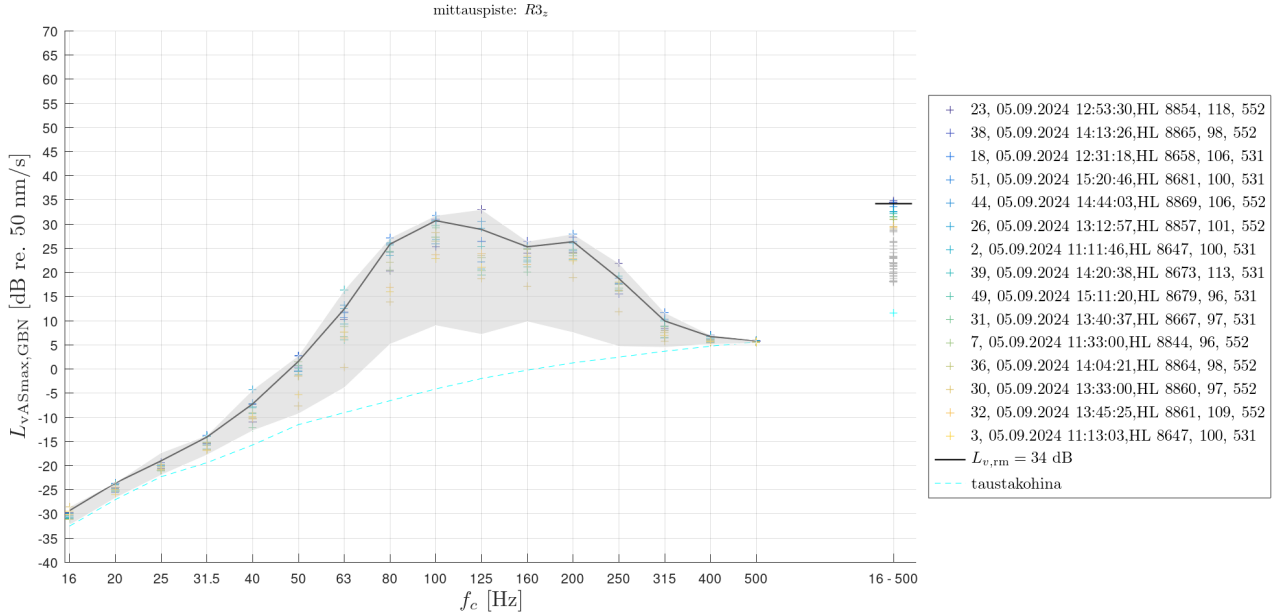
Piste	Etäisyys [m]	Suunta	$L_{v,rm}$ [dB]	C_{b1} [dB]	C_{b2} [dB]	$L_{p,rm}$ [dB]	max($L_{p,rm}(f_c)$)/f_c	Ohjearvo [dB]
R1	13	z	36	0	15	51	49 dB / 100.00 Hz	0
R2	13	z	35	0	15	50	46 dB / 100.00 Hz	0
R3	13	z	34	0	15	49	46 dB / 100.00 Hz	0
R3	13	x	31	0	15	46	44 dB / 100.00 Hz	0
R4	13	z	38	0	15	53	49 dB / 251.19 Hz	0
R5	13	x	29	0	15	44	42 dB / 79.43 Hz	0
R5	13	z	35	0	15	50	47 dB / 199.53 Hz	0
R6	13	z	40	0	15	55	54 dB / 100.00 Hz	0

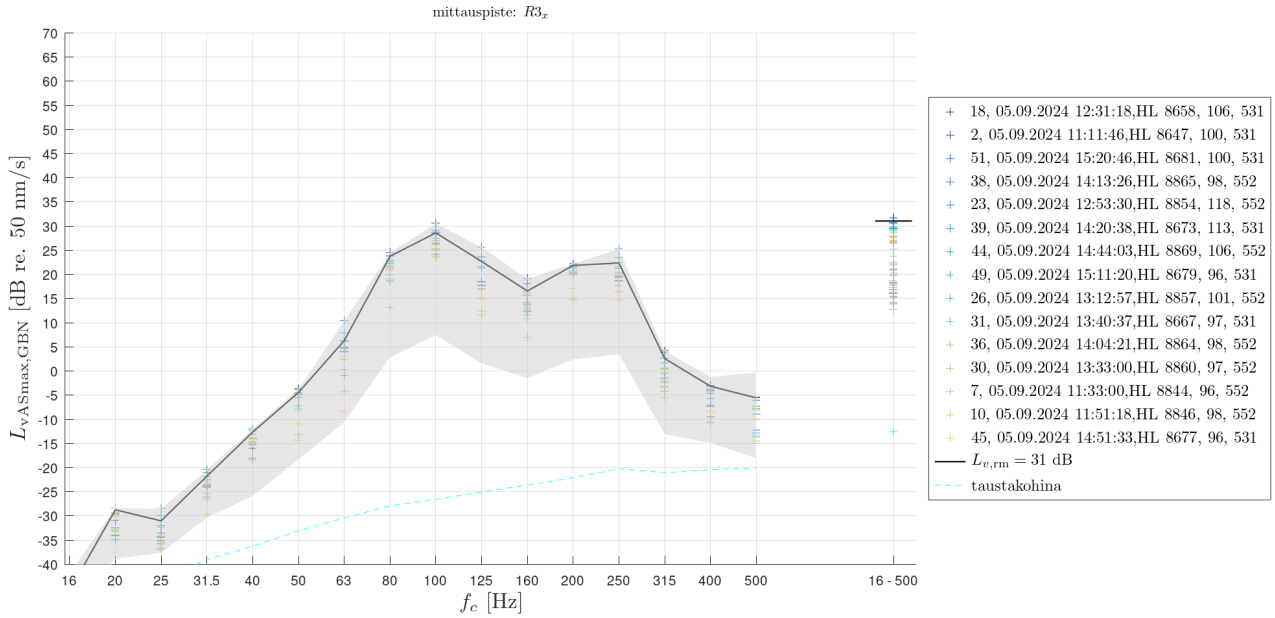
$L_{p,rm} = L_{v,rm} + C_{b1} + C_{b2}$
$L_{p,rm}$: Runkomelutaso
$L_{v,rm}$: Runkomelun herätetaso
$C_{b,1}$: Maaperästä rakennusrunkoon kytkeytyminen
$C_{b,2}$: Värähtelystä ilmaääneksi kytkeytyminen
Etäisyys: etäisyys lähimmästä raiteesta

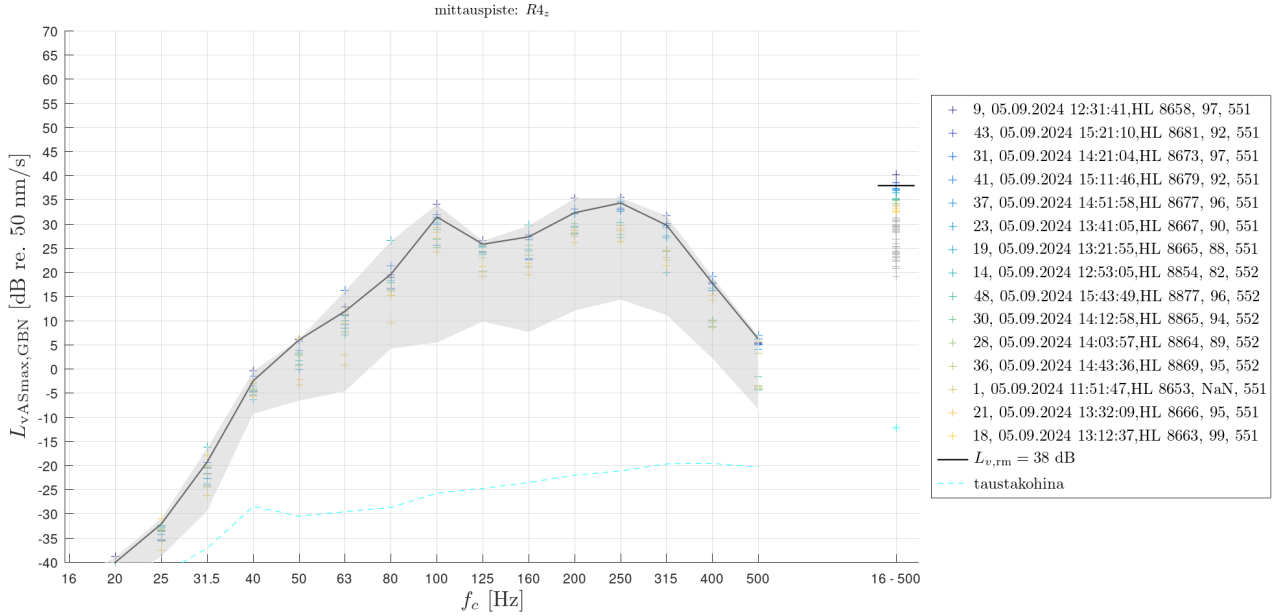
4.1 $Lv_{\mathrm{ASmax,GBN}}$

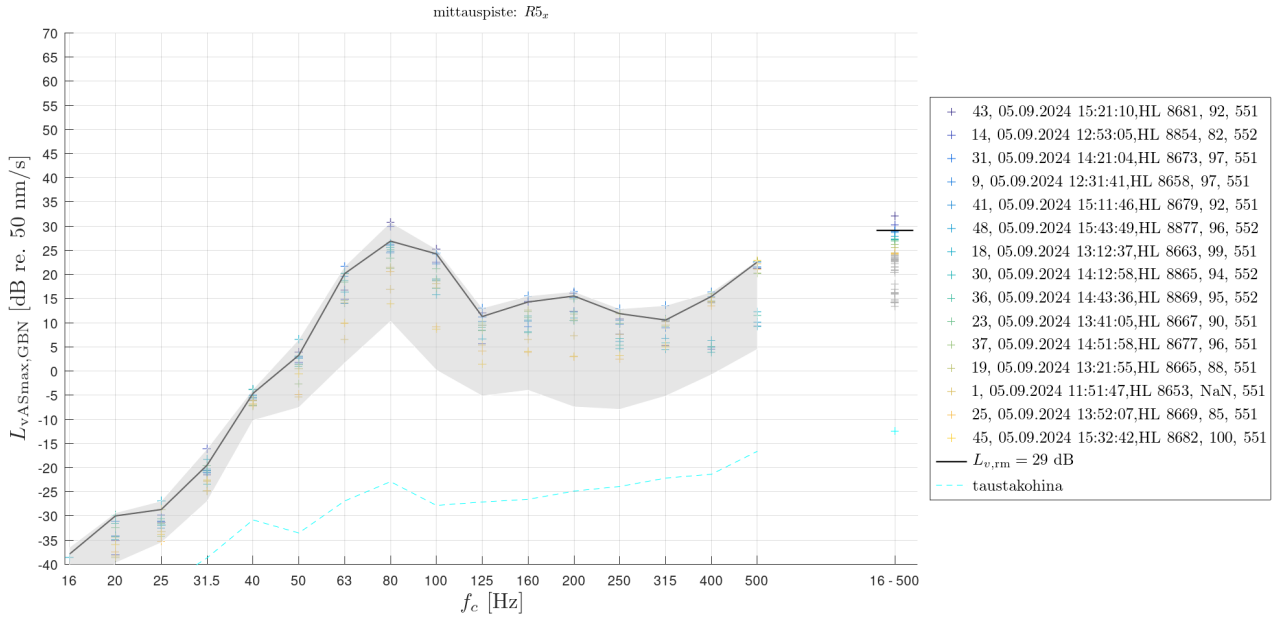


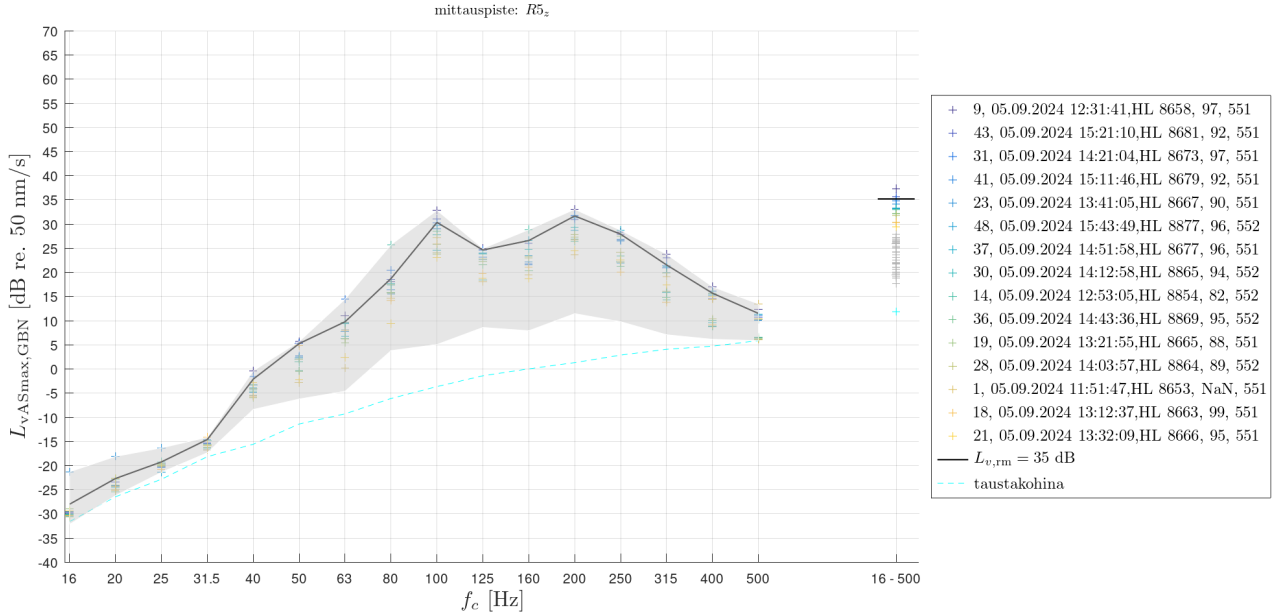

mittauspiste: $R2_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
23, 05.09.2024 12:53:30,HL 8854, 118, 552
38, 05.09.2024 14:13:26,HL 8865, 98, 552
51, 05.09.2024 15:20:46,HL 8681, 100, 531
18, 05.09.2024 12:31:18,HL 8658, 106, 531
44, 05.09.2024 14:44:03,HL 8869, 106, 552
26, 05.09.2024 13:12:57,HL 8857, 101, 552
2, 05.09.2024 11:11:46,HL 8647, 100, 531
39, 05.09.2024 14:20:38,HL 8673, 113, 531
49, 05.09.2024 15:11:20,HL 8679, 96, 531
31, 05.09.2024 13:40:37,HL 8667, 97, 531
7, 05.09.2024 11:33:00,HL 8844, 96, 552
36, 05.09.2024 14:04:21,HL 8864, 98, 552
30, 05.09.2024 13:33:00,HL 8860, 97, 552
32, 05.09.2024 13:45:25,HL 8861, 109, 552
3, 05.09.2024 11:13:03,HL 8647, 100, 531
$L_{v,\mathrm{rm}} = 35$ dB
taustakohina

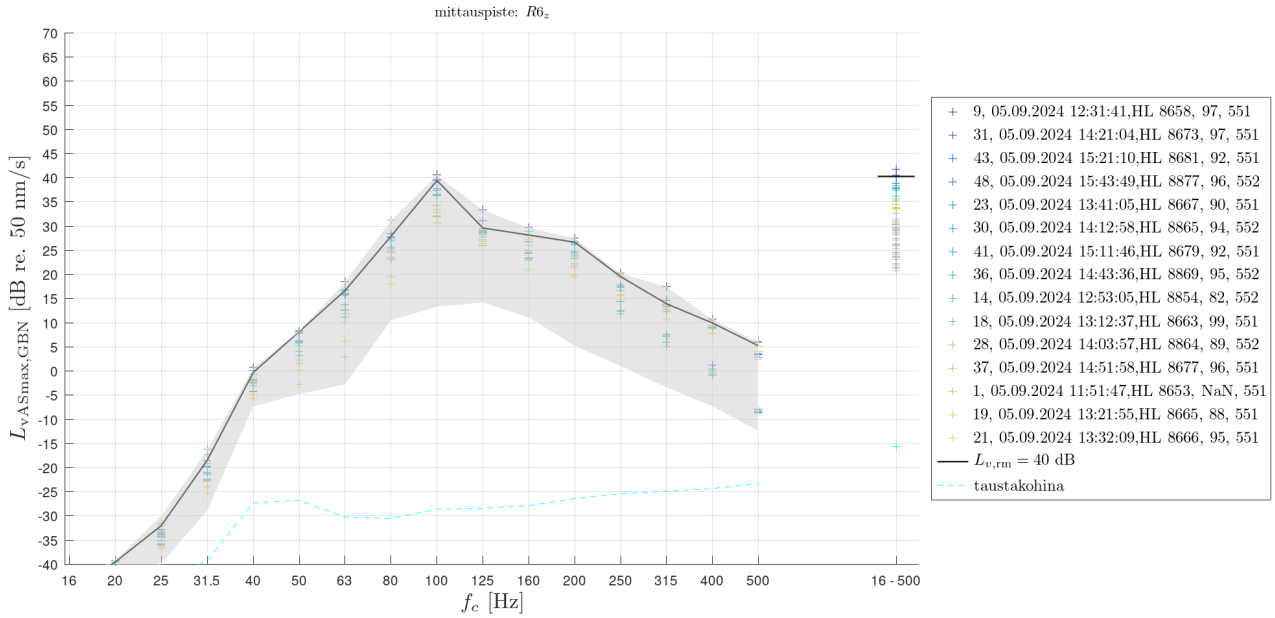

mittauspiste: $R3_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
23, 05.09.2024 12:53:30,HL 8854, 118, 552
38, 05.09.2024 14:13:26,HL 8865, 98, 552
18, 05.09.2024 12:31:18,HL 8658, 106, 531
51, 05.09.2024 15:20:46,HL 8681, 100, 531
44, 05.09.2024 14:44:03,HL 8869, 106, 552
26, 05.09.2024 13:12:57,HL 8857, 101, 552
2, 05.09.2024 11:11:46,HL 8647, 100, 531
39, 05.09.2024 14:20:38,HL 8673, 113, 531
49, 05.09.2024 15:11:20,HL 8679, 96, 531
31, 05.09.2024 13:40:37,HL 8667, 97, 531
7, 05.09.2024 11:33:00,HL 8844, 96, 552
36, 05.09.2024 14:04:21,HL 8864, 98, 552
30, 05.09.2024 13:33:00,HL 8860, 97, 552
32, 05.09.2024 13:45:25,HL 8861, 109, 552
3, 05.09.2024 11:13:03,HL 8647, 100, 531
$L_{v,\mathrm{rm}} = 34$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R3_x$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
18, 05.09.2024 12:31:18,HL 8658, 106, 531
2, 05.09.2024 11:11:46,HL 8647, 100, 531
51, 05.09.2024 15:20:46,HL 8681, 100, 531
38, 05.09.2024 14:13:26,HL 8865, 98, 552
23, 05.09.2024 12:53:30,HL 8854, 118, 552
39, 05.09.2024 14:20:38,HL 8673, 113, 531
44, 05.09.2024 14:44:03,HL 8869, 106, 552
49, 05.09.2024 15:11:20,HL 8679, 96, 531
26, 05.09.2024 13:12:57,HL 8857, 101, 552
31, 05.09.2024 13:40:37,HL 8667, 97, 531
36, 05.09.2024 14:04:21,HL 8864, 98, 552
30, 05.09.2024 13:33:00,HL 8860, 97, 552
7, 05.09.2024 11:33:00,HL 8844, 96, 552
10, 05.09.2024 11:51:18,HL 8846, 98, 552
45, 05.09.2024 14:51:33,HL 8677, 96, 531
$L_{v,\mathrm{rm}} = 31$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R4_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
9, 05.09.2024 12:31:41,HL 8658, 97, 551
43, 05.09.2024 15:21:10,HL 8681, 92, 551
31, 05.09.2024 14:21:04,HL 8673, 97, 551
41, 05.09.2024 15:11:46,HL 8679, 92, 551
37, 05.09.2024 14:51:58,HL 8677, 96, 551
23, 05.09.2024 13:41:05,HL 8667, 90, 551
19, 05.09.2024 13:21:55,HL 8665, 88, 551
14, 05.09.2024 12:53:05,HL 8854, 82, 552
48, 05.09.2024 15:43:49,HL 8877, 96, 552
30, 05.09.2024 14:12:58,HL 8865, 94, 552
28, 05.09.2024 14:03:57,HL 8864, 89, 552
36, 05.09.2024 14:43:36,HL 8869, 95, 552
1, 05.09.2024 11:51:47,HL 8653, NaN, 551
21, 05.09.2024 13:32:09,HL 8666, 95, 551
18, 05.09.2024 13:12:37,HL 8663, 99, 551
$L_{v,\mathrm{rm}} = 38$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R5_x$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
43, 05.09.2024 15:21:10,HL 8681, 92, 551
14, 05.09.2024 12:53:05,HL 8854, 82, 552
31, 05.09.2024 14:21:04,HL 8673, 97, 551
9, 05.09.2024 12:31:41,HL 8658, 97, 551
41, 05.09.2024 15:11:46,HL 8679, 92, 551
48, 05.09.2024 15:43:49,HL 8877, 96, 552
18, 05.09.2024 13:12:37,HL 8663, 99, 551
30, 05.09.2024 14:12:58,HL 8865, 94, 552
36, 05.09.2024 14:43:36,HL 8869, 95, 552
23, 05.09.2024 13:41:05,HL 8667, 90, 551
37, 05.09.2024 14:51:58,HL 8677, 96, 551
19, 05.09.2024 13:21:55,HL 8665, 88, 551
1, 05.09.2024 11:51:47,HL 8653, NaN, 551
25, 05.09.2024 13:52:07,HL 8669, 85, 551
45, 05.09.2024 15:32:42,HL 8682, 100, 551
$L_{v,\mathrm{rm}} = 29$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R5_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
9, 05.09.2024 12:31:41,HL 8658, 97, 551
43, 05.09.2024 15:21:10,HL 8681, 92, 551
31, 05.09.2024 14:21:04,HL 8673, 97, 551
41, 05.09.2024 15:11:46,HL 8679, 92, 551
23, 05.09.2024 13:41:05,HL 8667, 90, 551
48, 05.09.2024 15:43:49,HL 8877, 96, 552
37, 05.09.2024 14:51:58,HL 8677, 96, 551
30, 05.09.2024 14:12:58,HL 8865, 94, 552
14, 05.09.2024 12:53:05,HL 8854, 82, 552
36, 05.09.2024 14:43:36,HL 8869, 95, 552
19, 05.09.2024 13:21:55,HL 8665, 88, 551
28, 05.09.2024 14:03:57,HL 8864, 89, 552
1, 05.09.2024 11:51:47,HL 8653, NaN, 551
18, 05.09.2024 13:12:37,HL 8663, 99, 551
21, 05.09.2024 13:32:09,HL 8666, 95, 551
$L_{v,\mathrm{rm}} = 35$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R6_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
9, 05.09.2024 12:31:41,HL 8658, 97, 551
31, 05.09.2024 14:21:04,HL 8673, 97, 551
43, 05.09.2024 15:21:10,HL 8681, 92, 551
48, 05.09.2024 15:43:49,HL 8877, 96, 552
23, 05.09.2024 13:41:05,HL 8667, 90, 551
30, 05.09.2024 14:12:58,HL 8865, 94, 552
41, 05.09.2024 15:11:46,HL 8679, 92, 551
36, 05.09.2024 14:43:36,HL 8869, 95, 552
14, 05.09.2024 12:53:05,HL 8854, 82, 552
18, 05.09.2024 13:12:37,HL 8663, 99, 551
28, 05.09.2024 14:03:57,HL 8864, 89, 552
37, 05.09.2024 14:51:58,HL 8677, 96, 551
1, 05.09.2024 11:51:47,HL 8653, NaN, 551
19, 05.09.2024 13:21:55,HL 8665, 88, 551
21, 05.09.2024 13:32:09,HL 8666, 95, 551
$L_{v,\mathrm{rm}} = 40$ dB
taustakohina

4.2 Kuvia mittauksista

Kuva 2: Kuva mittausalueesta sepelinalusmaton kohdalta.

Kuva 3: Anturien kiinnitys kallioon.

A-INSINÖÖRIT

FINAS
Finnish Accreditation Service
T299 (EN ISO/IEC 17025)

MITTAUSRAPORTTI

Runkomelu mitattiin standardien ISO 14837-1 & VTT 2468 mukaisesti
Tärinä mitattiin standardien ISO 8041 & VTT 2425 mukaisesti

1 Projektitiedot

Tilaaja	Lentorata Oy & Itärata Oy	Tekijä	A-Insinöörit Suunnittelu Oy Bertel Jungin aukio 9 02600 Espoo
Projektinumero	15-1006	Mittauspäivät	10.-12.9.2024
Kohde	Oikorata	Mittaajat	Benjamin Oksanen & Juho Liski
Kohteen osoite	Savikontie, Mäntsälä	Tarkastaja	Sakari Tervo
		Päivämäärä	22.11.2024

1.1 Epävarmuus

Raportoitu laajennettu mittausepävarmuus perustuu normaaliin epävarmuuteen, joka on kerrottu kertoimella $k = 2$, joka vastaa noin 95 % todennäköisyyttä. Mittausepävarmuus on arvioitu EA-4/02 ohjeen mukaisesti ja se ottaa huomioon olosuhteista ja mittalaitteista johtuvat epävarmuudet.

1.2 Sääolosuhteet

Suure	Keskiarvo	Pienin	Suurin
Lämpötila	16° C	11° C	23° C
Routa	0 cm	-	-

Lähde: FMI Mäntsälä Hirvihaara

2 Mittalaitteet

Mittauspiste	Laite	Tyyppi	Sarjanumero	Kalibrointi
R1z, R2z, R3y, R4z	datatallennin	RION DA21	500753	21.4.2023
R5z, R6z	datatallennin	RION DA21	500765	21.4.2023
R7z, R8z, R9z, R10z	datatallennin	RION DA21	1120979	21.4.2023
R1z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22221	6.3.2024
R2z	kiihtyvyysanturi	WR 786A	109369	7.3.2024
R3y	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22222	6.3.2024
R4z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20099	21.3.2024
R5z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22220	6.3.2024
R6z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22223	21.3.2024
R7z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22062	6.3.2024
R8z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20005	21.3.2024
R9z	kiihtyvyysanturi	WR 786A	109373	7.3.2024
R10z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20004	6.3.2024

z: pystysuunta, x: vaakasuunta, y: pituussuunta

Liikennetietojen lähde Fintraffic / Digitraffic, CC 4.0 BY

	N	v, k.a. [km/h]
IC	42	198
HL	75	158
S	10	215
T	6	70
VET	1	

HL: Lähijuna, IC: InterCity-juna, S: Pendolino, T: Tavarajuna, VET: Veturi

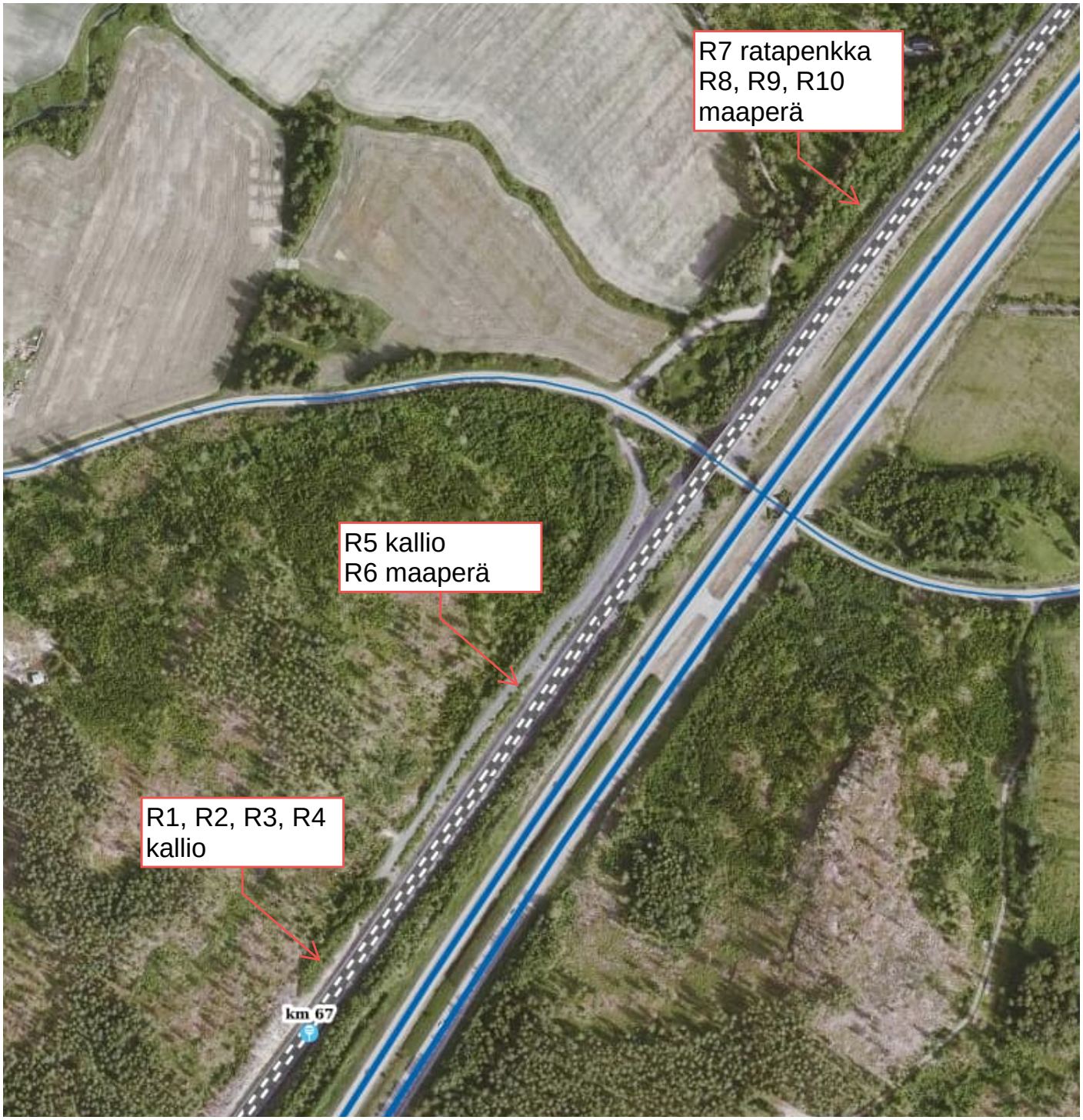
3 Mittauspisteet

Mitattu suure	Mittauspiste	Suunta	Asennus	GPSy	GPSx	Huomioita
kiihtyvyys	R1	z	ankkuri	60.6992840	25.4020792	
kiihtyvyys	R2	z	ankkuri	60.6992840	25.4020792	
kiihtyvyys	R3	y	ankkuri	60.6992840	25.4020792	
kiihtyvyys	R4	z	ankkuri	60.6992840	25.4020792	
kiihtyvyys	R5	z	ankkuri	60.7012706	25.4047885	
kiihtyvyys	R6	z	ankkuri	60.7012706	25.4047885	
kiihtyvyys	R7	z	maapiikki	60.7038799	25.4083145	
kiihtyvyys	R8	z	maapiikki	60.7038799	25.4083145	
kiihtyvyys	R9	z	maapiikki	60.7038799	25.4083145	
kiihtyvyys	R10	z	maapiikki	60.7038799	25.4083145	

4 Mittaustulokset

Piste	Etäisyys [m]	Suunta	$L_{v,rm}$ [dB]	C_{b1} [dB]	C_{b2} [dB]	$L_{p,rm}$ [dB]	max($L_{p,rm}(f_c)$)/f_c	Ohjearvo [dB]
R1	13	z	31	0	15	46	44 dB / 79.43 Hz	-
R2	13	z	31	0	15	46	43 dB / 79.43 Hz	-
R3	13	y	31	0	15	46	43 dB / 125.89 Hz	-
R4	13	z	31	0	15	46	41 dB / 79.43 Hz	-
R5	13	z	31	0	15	46	44 dB / 79.43 Hz	-
R6	15	z	47	0	15	62	61 dB / 79.43 Hz	-
R7	5	z	52	0	15	67	64 dB / 63.10 Hz	-
R8	15	z	41	0	15	56	54 dB / 100.00 Hz	-
R9	15	z	38	0	15	53	51 dB / 79.43 Hz	-
R10	15	z	33	0	15	48	46 dB / 63.10 Hz	-

$L_{p,rm} = L_{v,rm} + C_{b1} + C_{b2}$
$L_{p,rm}$: Runkomelutaso
$L_{v,rm}$: Runkomelun herätetaso
$C_{b,1}$: Maaperästä rakennusrunkoon kytkeytyminen
$C_{b,2}$: Värähtelystä ilmaääneksi kytkeytyminen
Etäisyys: vaakasuuntainen etäisyys rataan [m]

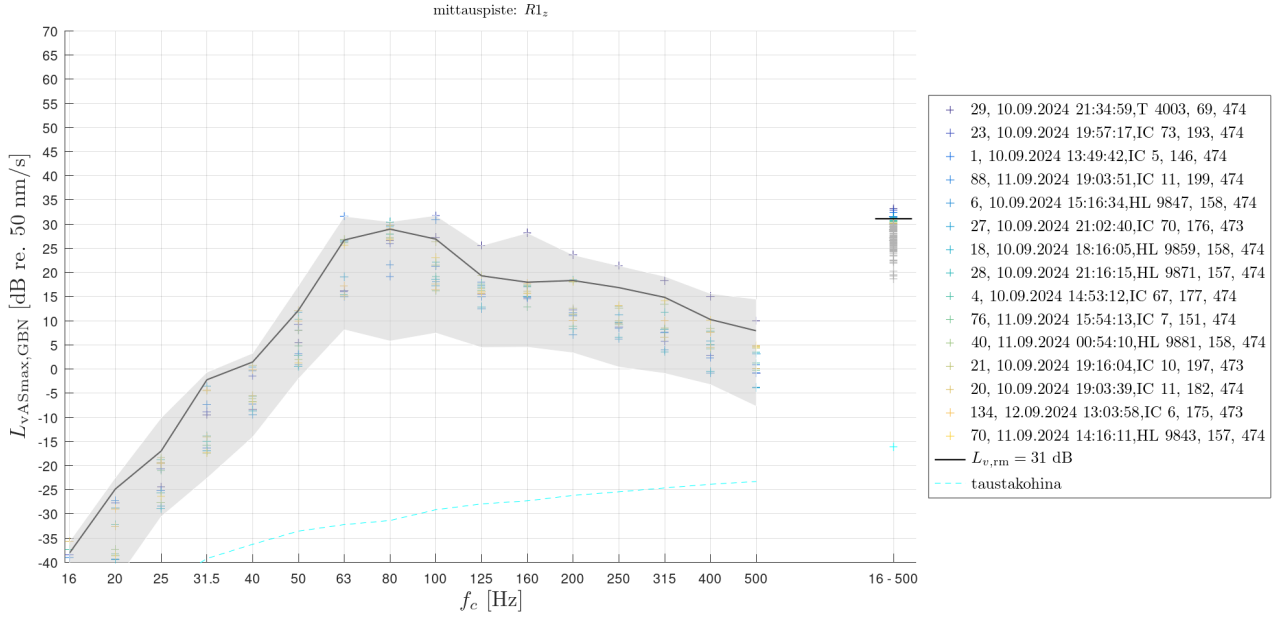


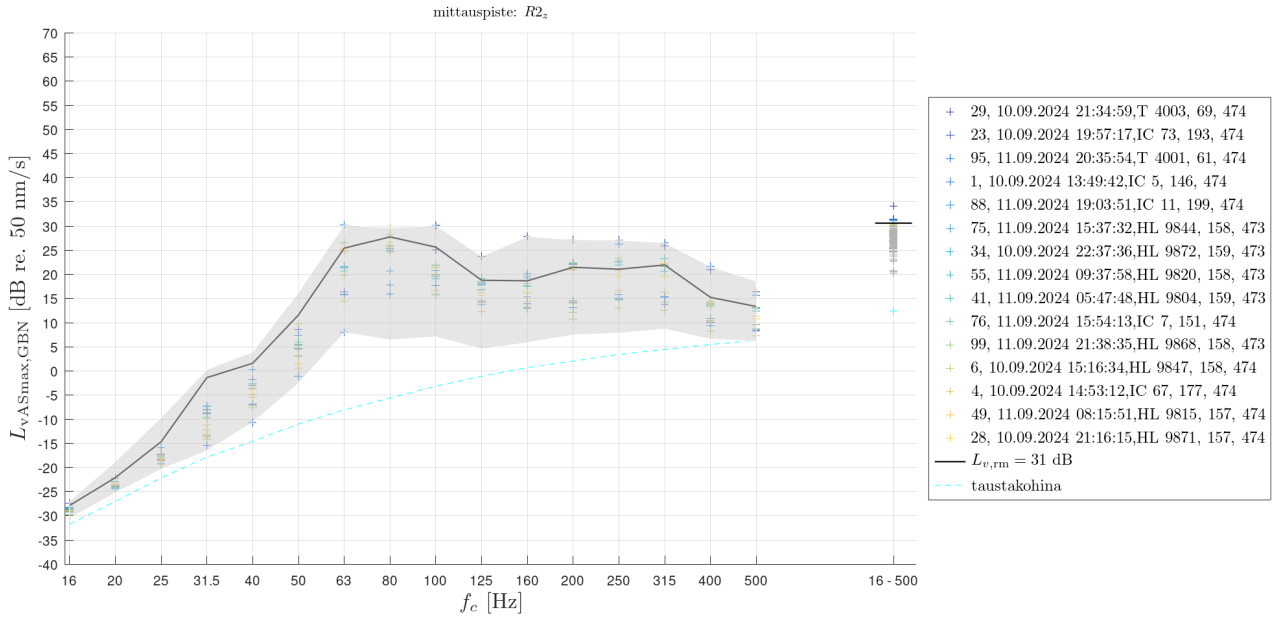
Kuva 1: Mittauspisteet ilmakuvassa.

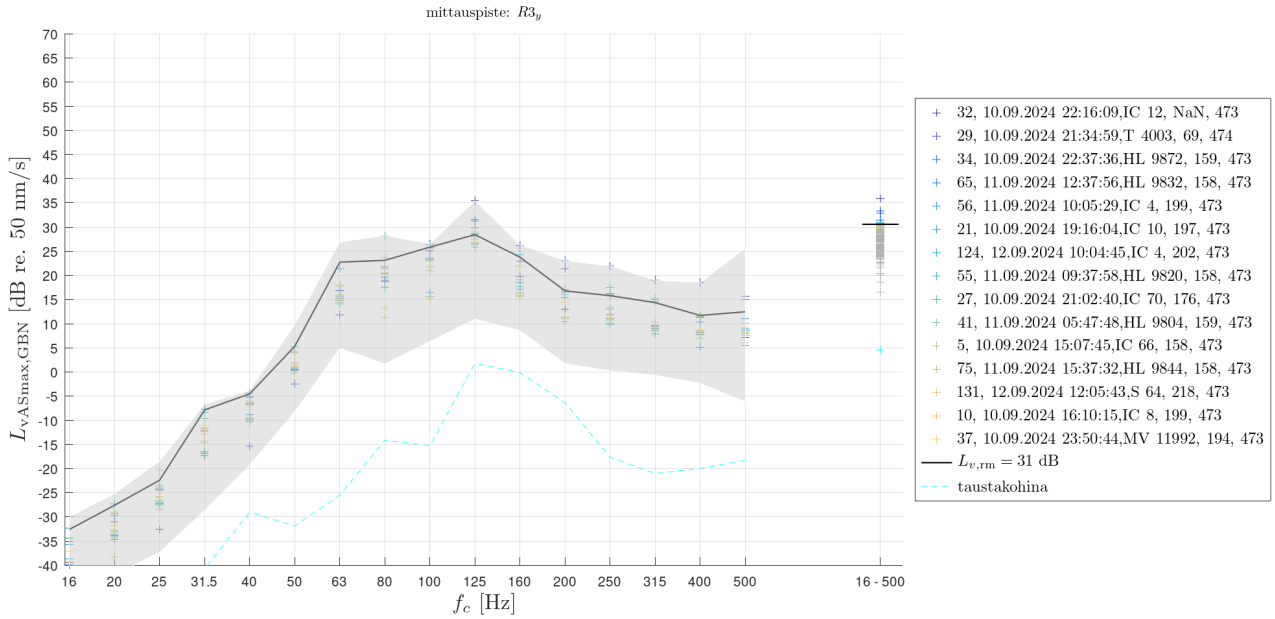
Piste	Etäisyys [m]	Suunta	$v_{w,95}^{maa}$, [mm/s]	$v_{w,95}^{per}$, [mm/s]	v_{w1} [mm/s]	max$(v_{w2}(f_c))/f_c$	Ohjearvo [mm/s]
R1	13	z	0.02	-	-	0.02 mm/s / 79.43 Hz	-
R2	13	z	0.02	-	-	0.02 mm/s / 63.10 Hz	-
R3	13	y	0.02	-	-	0.01 mm/s / 63.10 Hz	-
R4	13	z	0.02	-	-	0.02 mm/s / 63.10 Hz	-
R5	13	z	0.03	-	-	0.02 mm/s / 79.43 Hz	-
R6	15	z	0.17	-	-	0.14 mm/s / 79.43 Hz	-
R7	5	z	0.51	-	-	0.33 mm/s / 63.10 Hz	-
R8	15	z	0.25	-	-	0.18 mm/s / 19.95 Hz	-
R9	15	z	0.22	-	-	0.15 mm/s / 19.95 Hz	-
R10	15	z	0.30	-	-	0.23 mm/s / 15.85 Hz	-

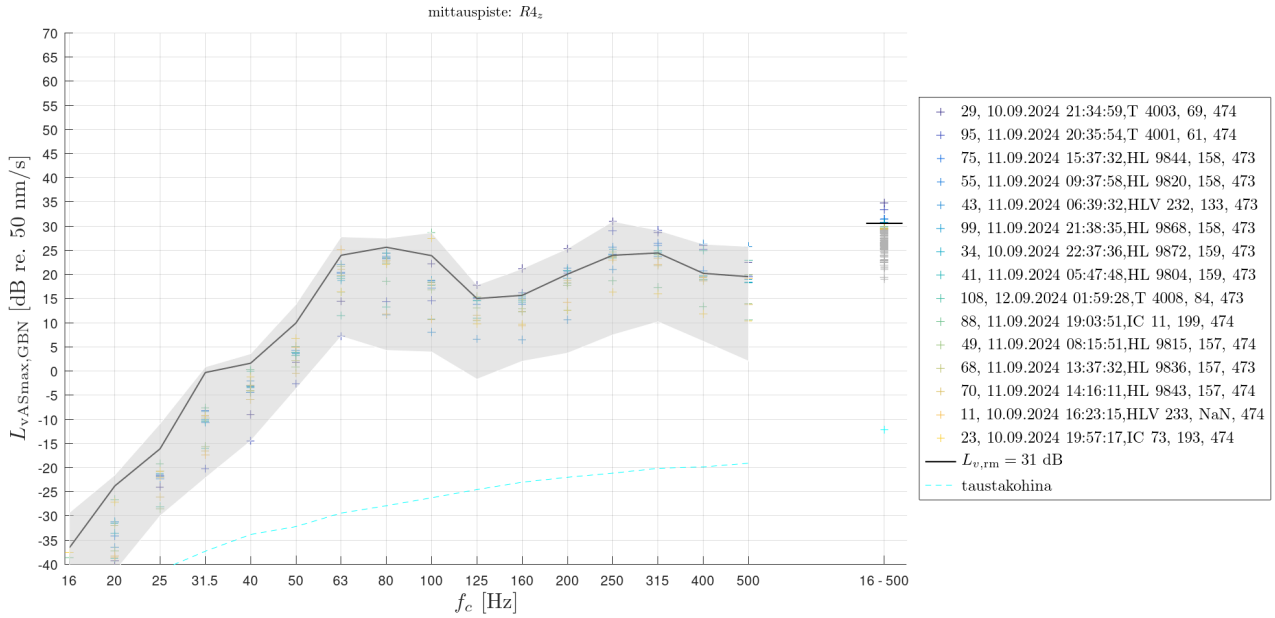
$v_{w,95}^{maa}$: tärinä maaperästä mitattuna
$v_{w,95}^{per}$: tärinä perustuksista mitattuna tai arvioituna
v_{w1}: laajakaistainen tärinä rakennuksessa
v_{w2}: terssikaistainen tärinä rakennuksessa
Etäisyys: vaakasuuntainen etäisyys rataan [m]

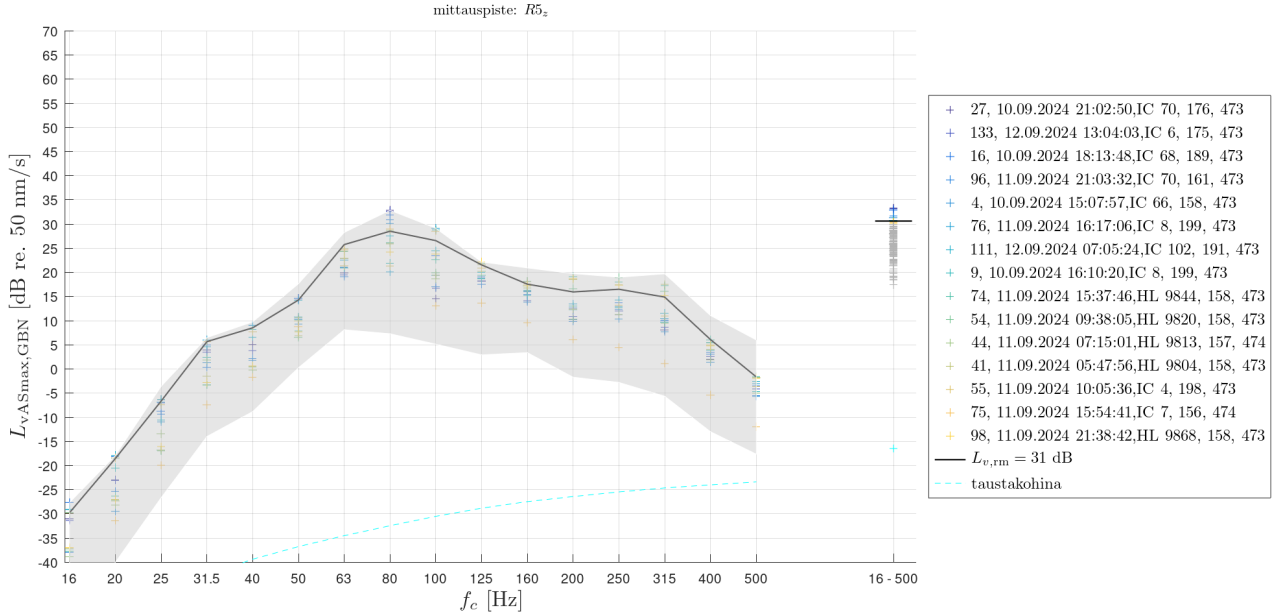
4.1 $Lv_{\text{ASmax,GBN}}$

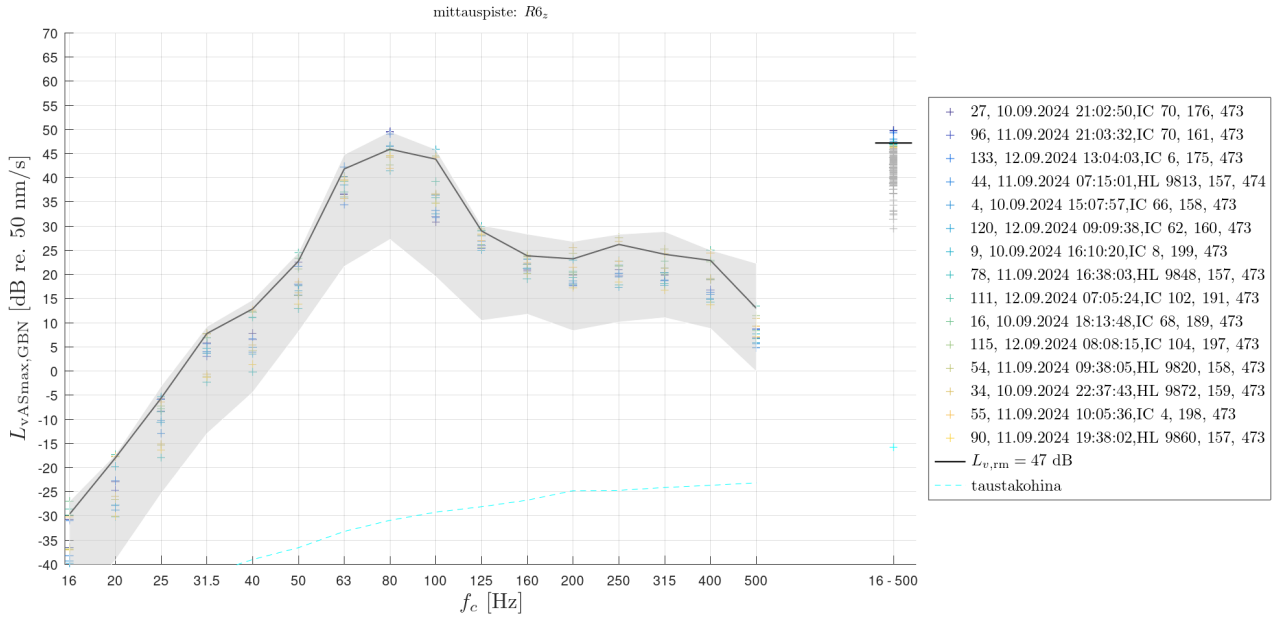


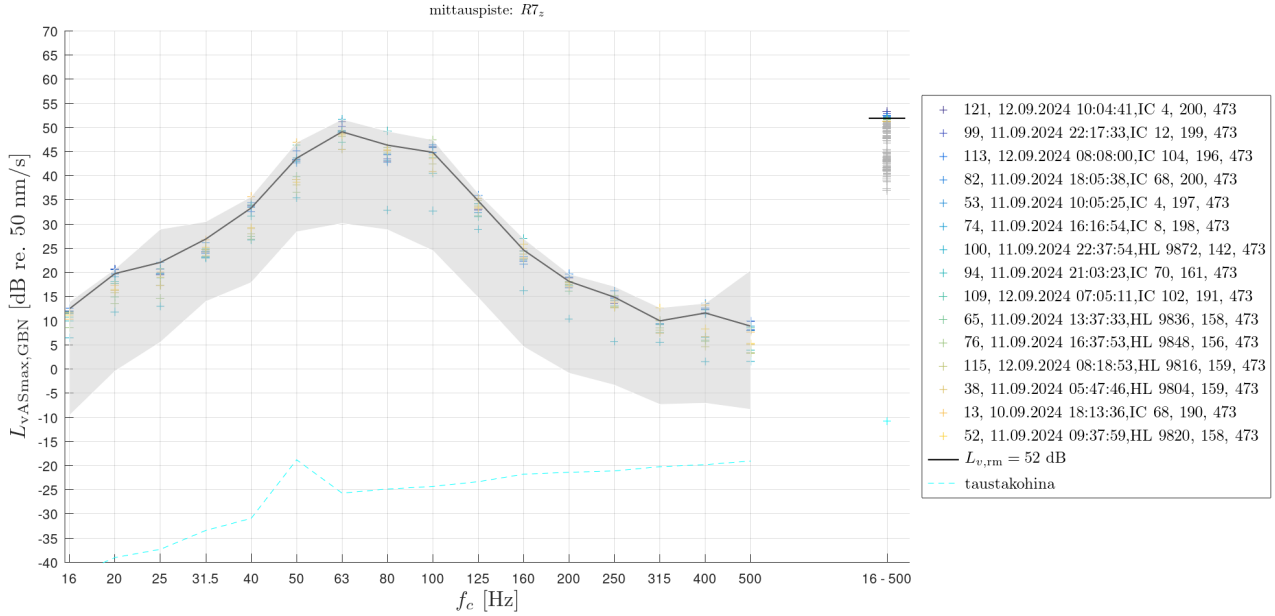

mittauspiste: $R2_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
29, 10.09.2024 21:34:59,T 4003, 69, 474
23, 10.09.2024 19:57:17,IC 73, 193, 474
95, 11.09.2024 20:35:54,T 4001, 61, 474
1, 10.09.2024 13:49:42,IC 5, 146, 474
88, 11.09.2024 19:03:51,IC 11, 199, 474
75, 11.09.2024 15:37:32,HL 9844, 158, 473
34, 10.09.2024 22:37:36,HL 9872, 159, 473
55, 11.09.2024 09:37:58,HL 9820, 158, 473
41, 11.09.2024 05:47:48,HL 9804, 159, 473
76, 11.09.2024 15:54:13,IC 7, 151, 474
99, 11.09.2024 21:38:35,HL 9868, 158, 473
6, 10.09.2024 15:16:34,HL 9847, 158, 474
4, 10.09.2024 14:53:12,IC 67, 177, 474
49, 11.09.2024 08:15:51,HL 9815, 157, 474
28, 10.09.2024 21:16:15,HL 9871, 157, 474
$L_{v,rm} = 31$ dB
taustakohina

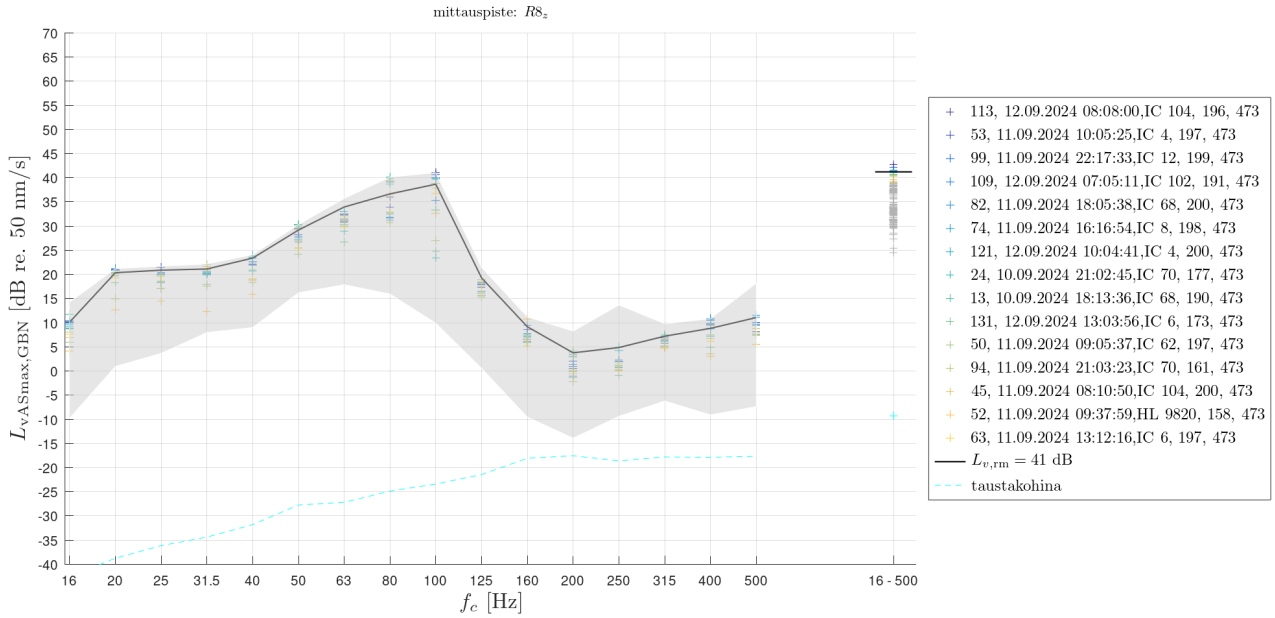

mittauspiste: $R3_y$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
32, 10.09.2024 22:16:09,IC 12, NaN, 473
29, 10.09.2024 21:34:59,T 4003, 69, 474
34, 10.09.2024 22:37:36,HL 9872, 159, 473
65, 11.09.2024 12:37:56,HL 9832, 158, 473
56, 11.09.2024 10:05:29,IC 4, 199, 473
21, 10.09.2024 19:16:04,IC 10, 197, 473
124, 12.09.2024 10:04:45,IC 4, 202, 473
55, 11.09.2024 09:37:58,HL 9820, 158, 473
27, 10.09.2024 21:02:40,IC 70, 176, 473
41, 11.09.2024 05:47:48,HL 9804, 159, 473
5, 10.09.2024 15:07:45,IC 66, 158, 473
75, 11.09.2024 15:37:32,HL 9844, 158, 473
131, 12.09.2024 12:05:43,S 64, 218, 473
10, 10.09.2024 16:10:15,IC 8, 199, 473
37, 10.09.2024 23:50:44,MV 11992, 194, 473
$L_{v,rm} = 31$ dB
taustakohina

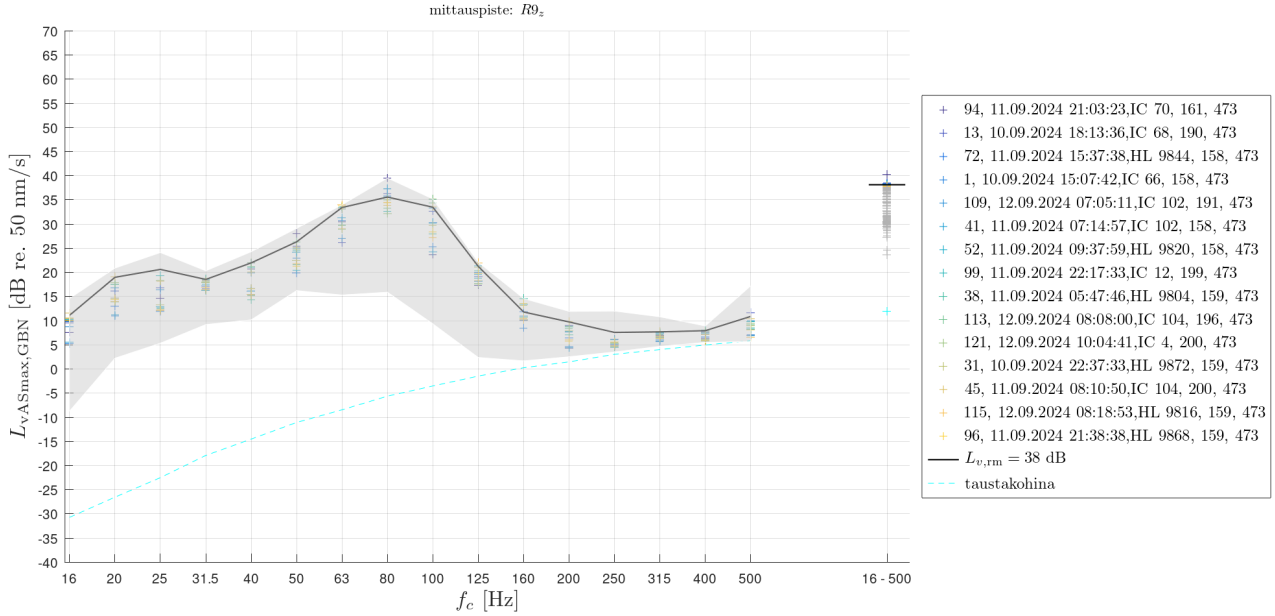

mittauspiste: $R4_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
29, 10.09.2024 21:34:59,T 4003, 69, 474
95, 11.09.2024 20:35:54,T 4001, 61, 474
75, 11.09.2024 15:37:32,HL 9844, 158, 473
55, 11.09.2024 09:37:58,HL 9820, 158, 473
43, 11.09.2024 06:39:32,HLV 232, 133, 473
99, 11.09.2024 21:38:35,HL 9868, 158, 473
34, 10.09.2024 22:37:36,HL 9872, 159, 473
41, 11.09.2024 05:47:48,HL 9804, 159, 473
108, 12.09.2024 01:59:28,T 4008, 84, 473
88, 11.09.2024 19:03:51,IC 11, 199, 474
49, 11.09.2024 08:15:51,HL 9815, 157, 474
68, 11.09.2024 13:37:32,HL 9836, 157, 473
70, 11.09.2024 14:16:11,HL 9843, 157, 474
11, 10.09.2024 16:23:15,HLV 233, NaN, 474
23, 10.09.2024 19:57:17,IC 73, 193, 474
$L_{v,\mathrm{rm}} = 31$ dB
taustakohina

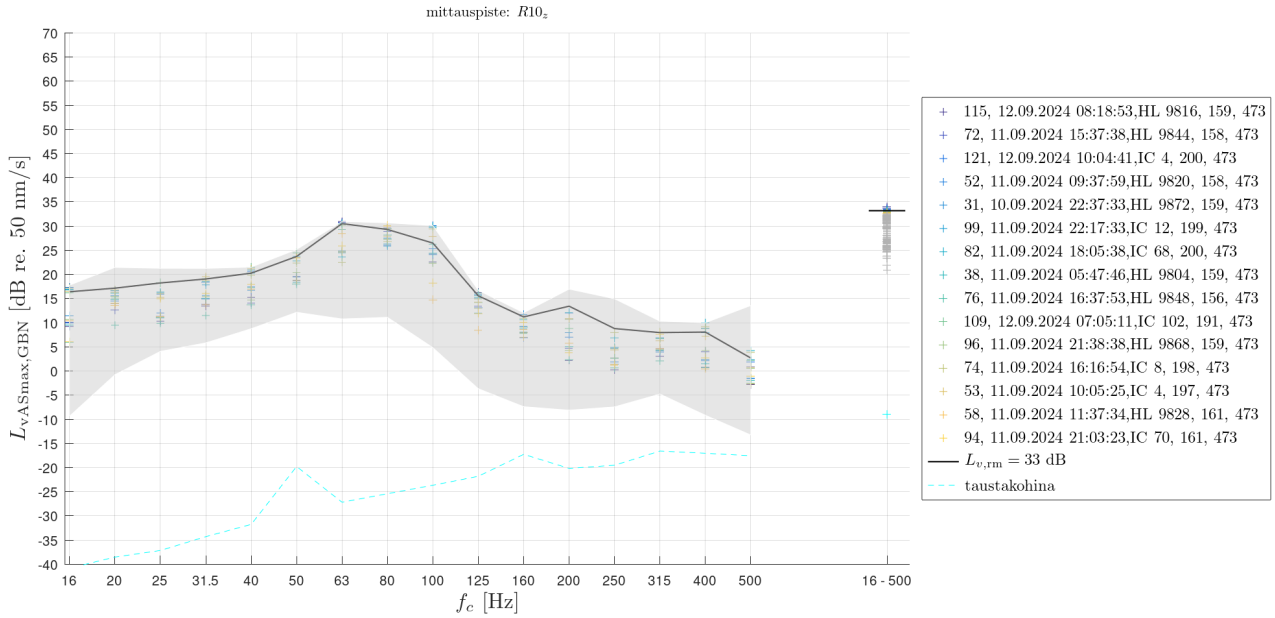

mittauspiste: $R5_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
27, 10.09.2024 21:02:50,IC 70, 176, 473
133, 12.09.2024 13:04:03,IC 6, 175, 473
16, 10.09.2024 18:13:48,IC 68, 189, 473
96, 11.09.2024 21:03:32,IC 70, 161, 473
4, 10.09.2024 15:07:57,IC 66, 158, 473
76, 11.09.2024 16:17:06,IC 8, 199, 473
111, 12.09.2024 07:05:24,IC 102, 191, 473
9, 10.09.2024 16:10:20,IC 8, 199, 473
74, 11.09.2024 15:37:46,HL 9844, 158, 473
54, 11.09.2024 09:38:05,HL 9820, 158, 473
44, 11.09.2024 07:15:01,HL 9813, 157, 474
41, 11.09.2024 05:47:56,HL 9804, 158, 473
55, 11.09.2024 10:05:36,IC 4, 198, 473
75, 11.09.2024 15:54:41,IC 7, 156, 474
98, 11.09.2024 21:38:42,HL 9868, 158, 473
$L_{v,\mathrm{rm}} = 31$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R6_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
27, 10.09.2024 21:02:50,IC 70, 176, 473
96, 11.09.2024 21:03:32,IC 70, 161, 473
133, 12.09.2024 13:04:03,IC 6, 175, 473
44, 11.09.2024 07:15:01,HL 9813, 157, 474
4, 10.09.2024 15:07:57,IC 66, 158, 473
120, 12.09.2024 09:09:38,IC 62, 160, 473
9, 10.09.2024 16:10:20,IC 8, 199, 473
78, 11.09.2024 16:38:03,HL 9848, 157, 473
111, 12.09.2024 07:05:24,IC 102, 191, 473
16, 10.09.2024 18:13:48,IC 68, 189, 473
115, 12.09.2024 08:08:15,IC 104, 197, 473
54, 11.09.2024 09:38:05,HL 9820, 158, 473
34, 10.09.2024 22:37:43,HL 9872, 159, 473
55, 11.09.2024 10:05:36,IC 4, 198, 473
90, 11.09.2024 19:38:02,HL 9860, 157, 473
$L_{v,\mathrm{rm}} = 47$ dB
taustakohina

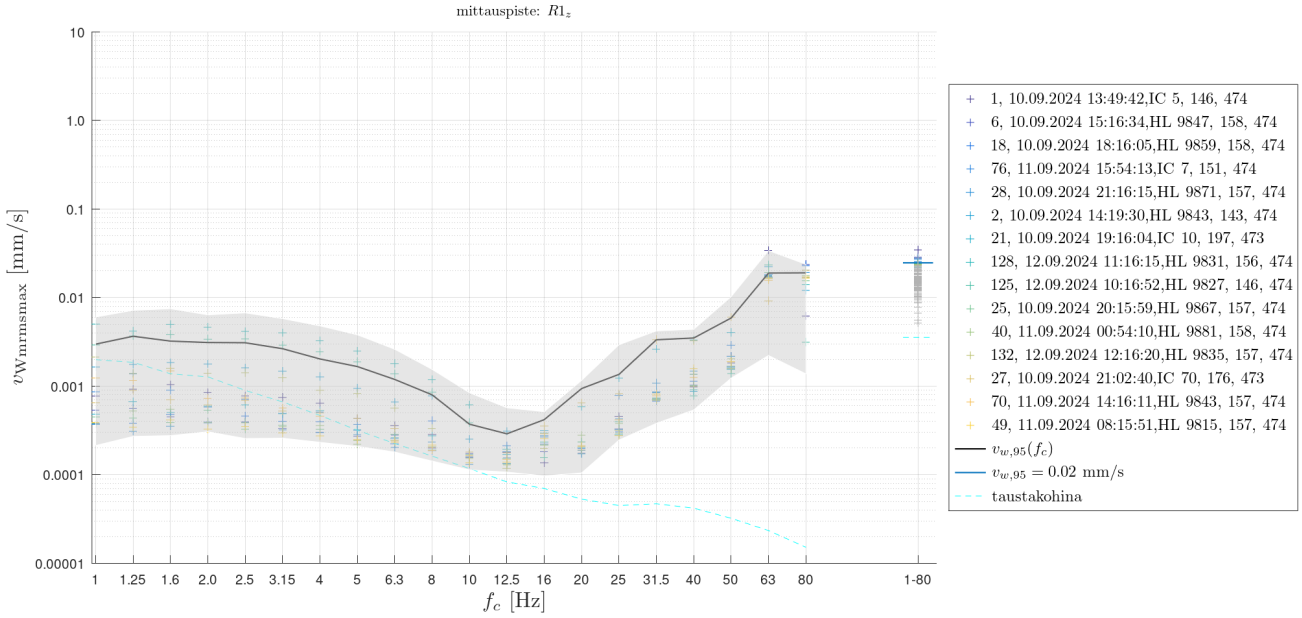

mittauspiste: $R7_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
121, 12.09.2024 10:04:41,IC 4, 200, 473
99, 11.09.2024 22:17:33,IC 12, 199, 473
113, 12.09.2024 08:08:00,IC 104, 196, 473
82, 11.09.2024 18:05:38,IC 68, 200, 473
53, 11.09.2024 10:05:25,IC 4, 197, 473
74, 11.09.2024 16:16:54,IC 8, 198, 473
100, 11.09.2024 22:37:54,HL 9872, 142, 473
94, 11.09.2024 21:03:23,IC 70, 161, 473
109, 12.09.2024 07:05:11,IC 102, 191, 473
65, 11.09.2024 13:37:33,HL 9836, 158, 473
76, 11.09.2024 16:37:53,HL 9848, 156, 473
115, 12.09.2024 08:18:53,HL 9816, 159, 473
38, 11.09.2024 05:47:46,HL 9804, 159, 473
13, 10.09.2024 18:13:36,IC 68, 190, 473
52, 11.09.2024 09:37:59,HL 9820, 158, 473
$L_{v,\mathrm{rm}} = 52$ dB
taustakohina

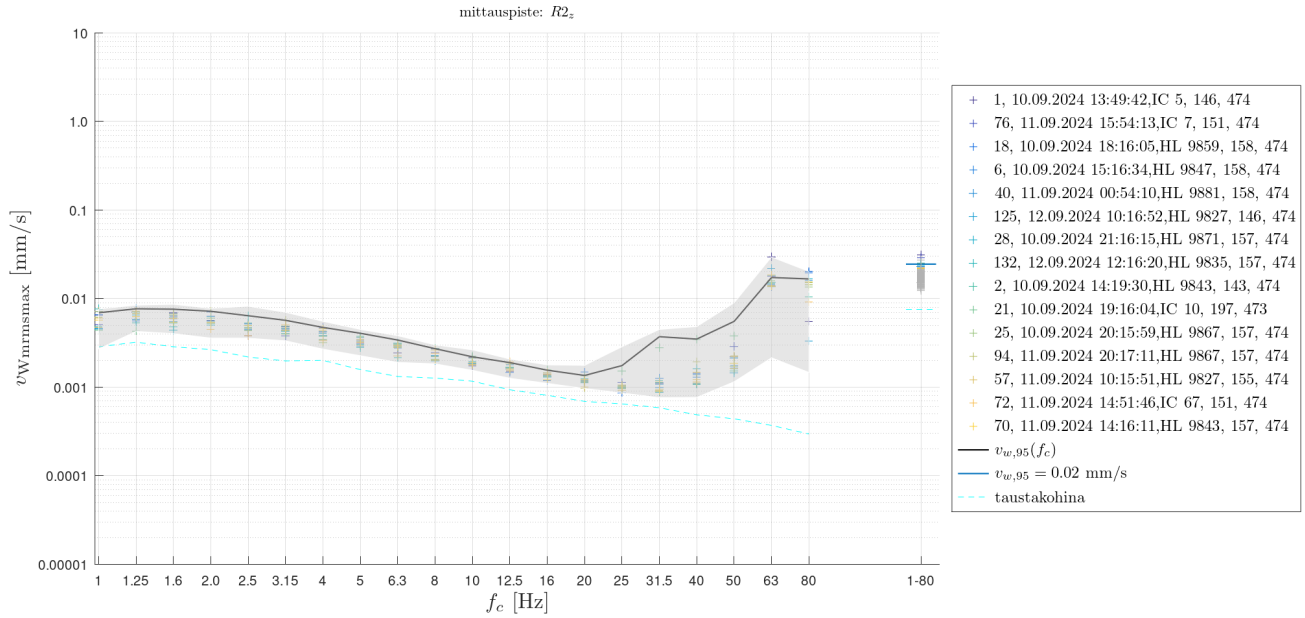

mittauspiste: $R8_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
113, 12.09.2024 08:08:00,IC 104, 196, 473
53, 11.09.2024 10:05:25,IC 4, 197, 473
99, 11.09.2024 22:17:33,IC 12, 199, 473
109, 12.09.2024 07:05:11,IC 102, 191, 473
82, 11.09.2024 18:05:38,IC 68, 200, 473
74, 11.09.2024 16:16:54,IC 8, 198, 473
121, 12.09.2024 10:04:41,IC 4, 200, 473
24, 10.09.2024 21:02:45,IC 70, 177, 473
13, 10.09.2024 18:13:36,IC 68, 190, 473
131, 12.09.2024 13:03:56,IC 6, 173, 473
50, 11.09.2024 09:05:37,IC 62, 197, 473
94, 11.09.2024 21:03:23,IC 70, 161, 473
45, 11.09.2024 08:10:50,IC 104, 200, 473
52, 11.09.2024 09:37:59,HL 9820, 158, 473
63, 11.09.2024 13:12:16,IC 6, 197, 473
$L_{v,rm} = 41$ dB
taustakohina

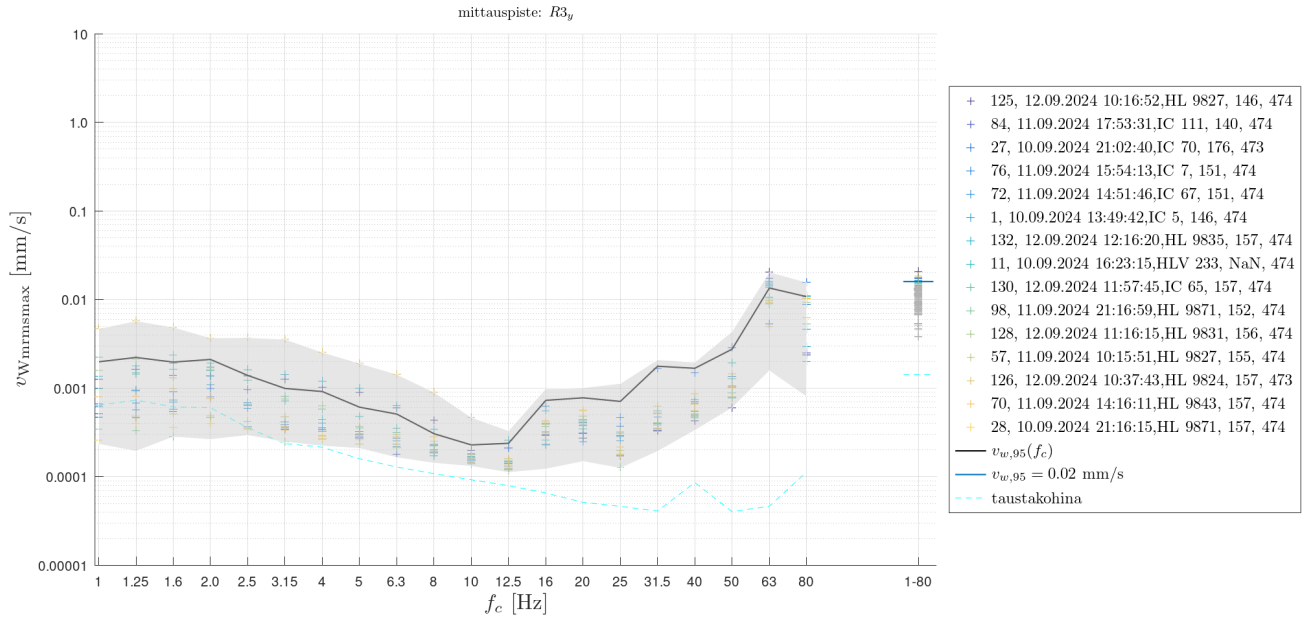

mittauspiste: $R9_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
94, 11.09.2024 21:03:23,IC 70, 161, 473
13, 10.09.2024 18:13:36,IC 68, 190, 473
72, 11.09.2024 15:37:38,HL 9844, 158, 473
1, 10.09.2024 15:07:42,IC 66, 158, 473
109, 12.09.2024 07:05:11,IC 102, 191, 473
41, 11.09.2024 07:14:57,IC 102, 158, 473
52, 11.09.2024 09:37:59,HL 9820, 158, 473
99, 11.09.2024 22:17:33,IC 12, 199, 473
38, 11.09.2024 05:47:46,HL 9804, 159, 473
113, 12.09.2024 08:08:00,IC 104, 196, 473
121, 12.09.2024 10:04:41,IC 4, 200, 473
31, 10.09.2024 22:37:33,HL 9872, 159, 473
45, 11.09.2024 08:10:50,IC 104, 200, 473
115, 12.09.2024 08:18:53,HL 9816, 159, 473
96, 11.09.2024 21:38:38,HL 9868, 159, 473
$L_{v,rm} = 38$ dB
taustakohina

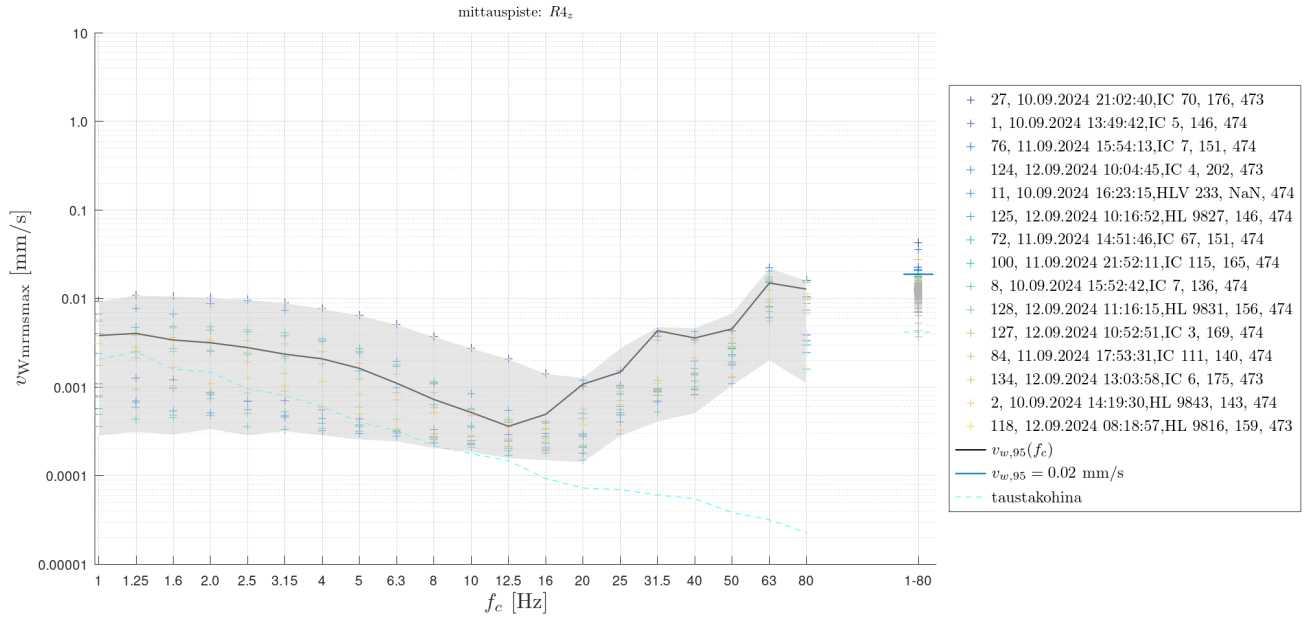


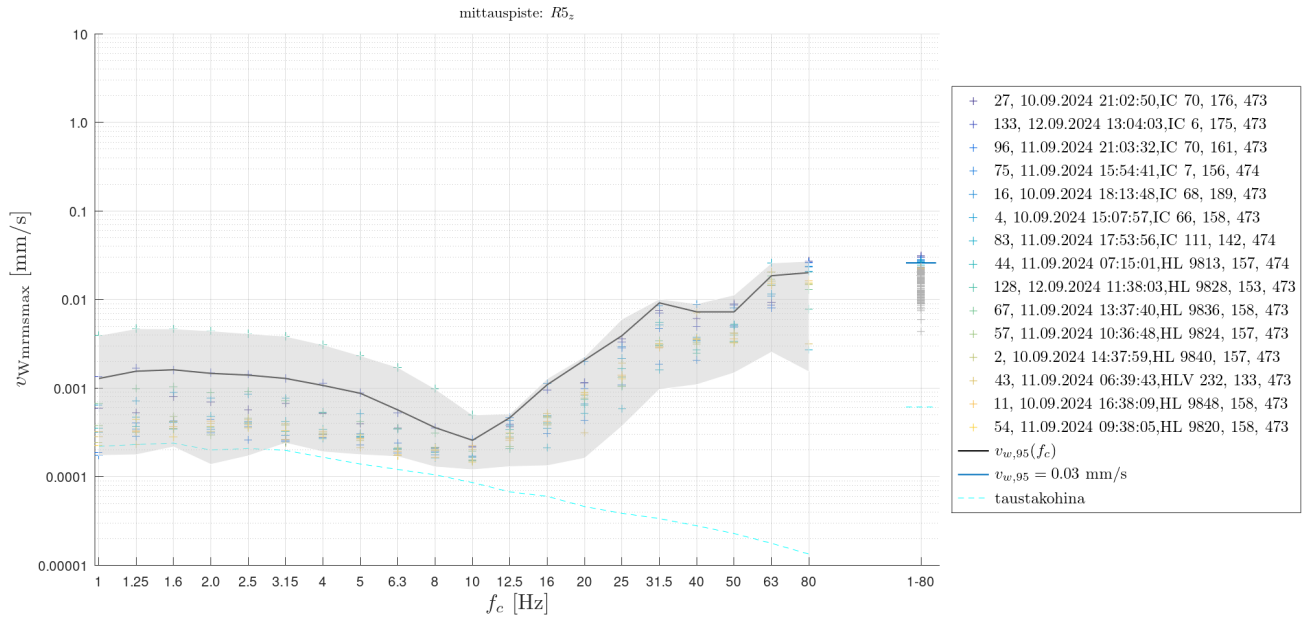
4.2 $v_{Wmrmsmax}$

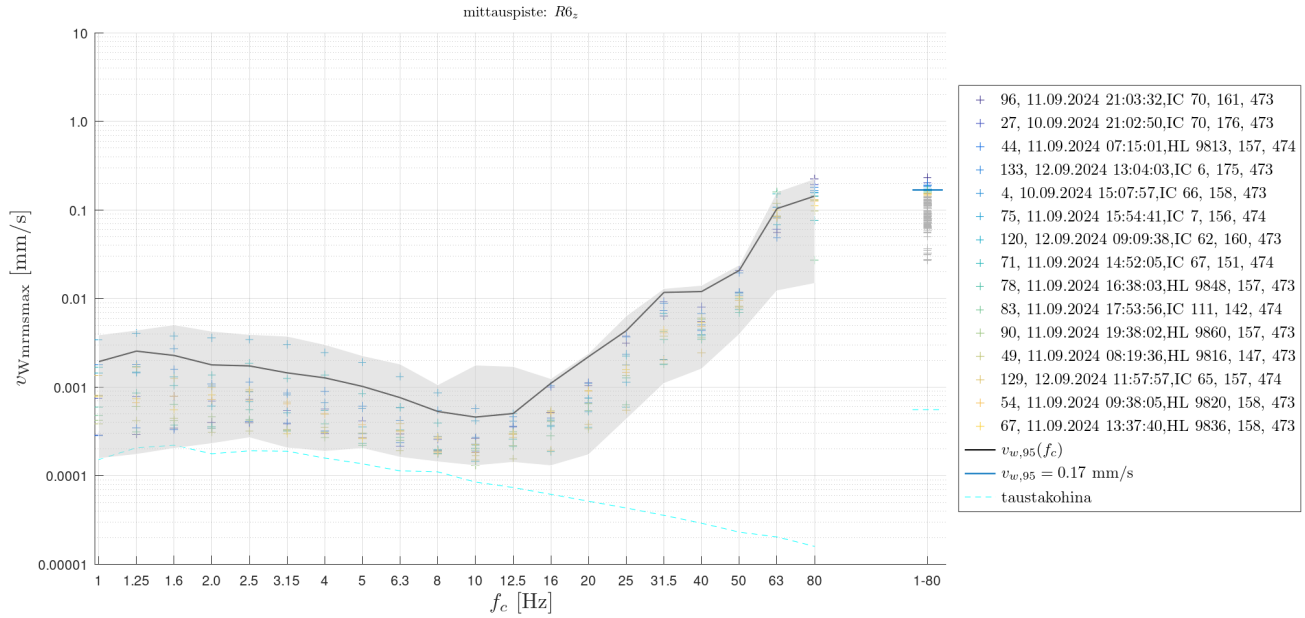


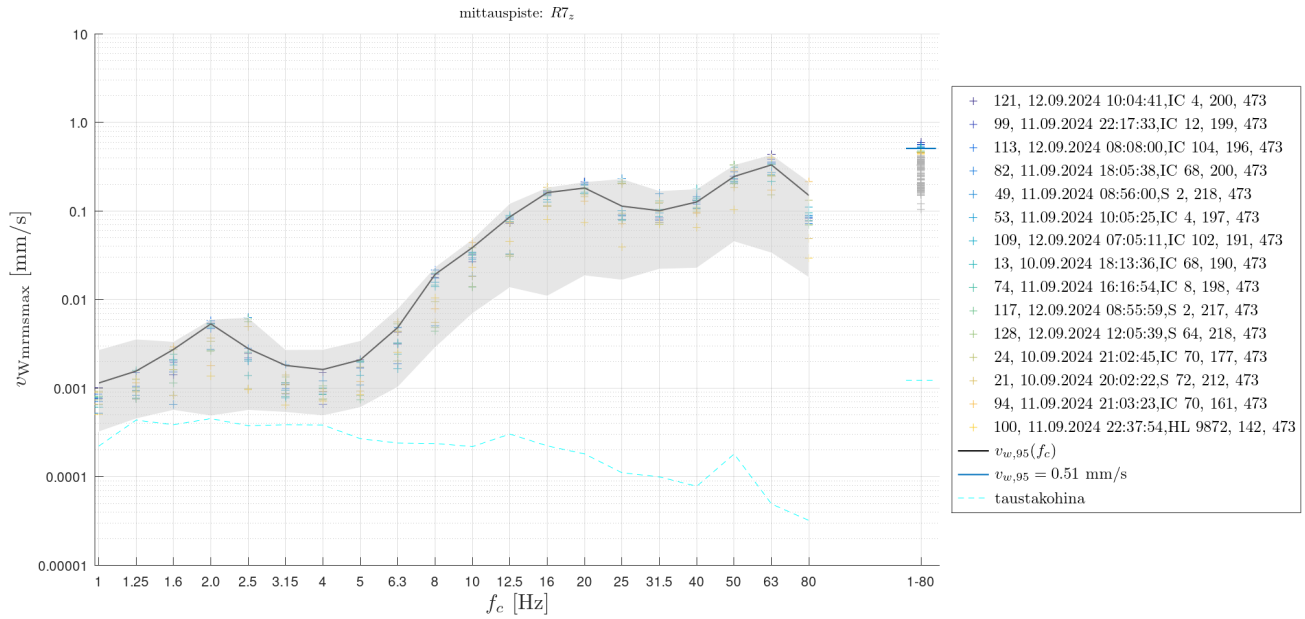

mittauspiste: $R2_z$
$v_{Wmrmsmax}$ [mm/s]
10
1.0
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
1 1.25 1.6 2.0 2.5 3.15 4 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 31.5 40 50 63 80 1-80
f_c [Hz]
1, 10.09.2024 13:49:42,IC 5, 146, 474
76, 11.09.2024 15:54:13,IC 7, 151, 474
18, 10.09.2024 18:16:05,HL 9859, 158, 474
6, 10.09.2024 15:16:34,HL 9847, 158, 474
40, 11.09.2024 00:54:10,HL 9881, 158, 474
125, 12.09.2024 10:16:52,HL 9827, 146, 474
28, 10.09.2024 21:16:15,HL 9871, 157, 474
132, 12.09.2024 12:16:20,HL 9835, 157, 474
2, 10.09.2024 14:19:30,HL 9843, 143, 474
21, 10.09.2024 19:16:04,IC 10, 197, 473
25, 10.09.2024 20:15:59,HL 9867, 157, 474
94, 11.09.2024 20:17:11,HL 9867, 157, 474
57, 11.09.2024 10:15:51,HL 9827, 155, 474
72, 11.09.2024 14:51:46,IC 67, 151, 474
70, 11.09.2024 14:16:11,HL 9843, 157, 474
$v_{w,95}(f_c)$
$v_{w,95} = 0.02$ mm/s
taustakohina

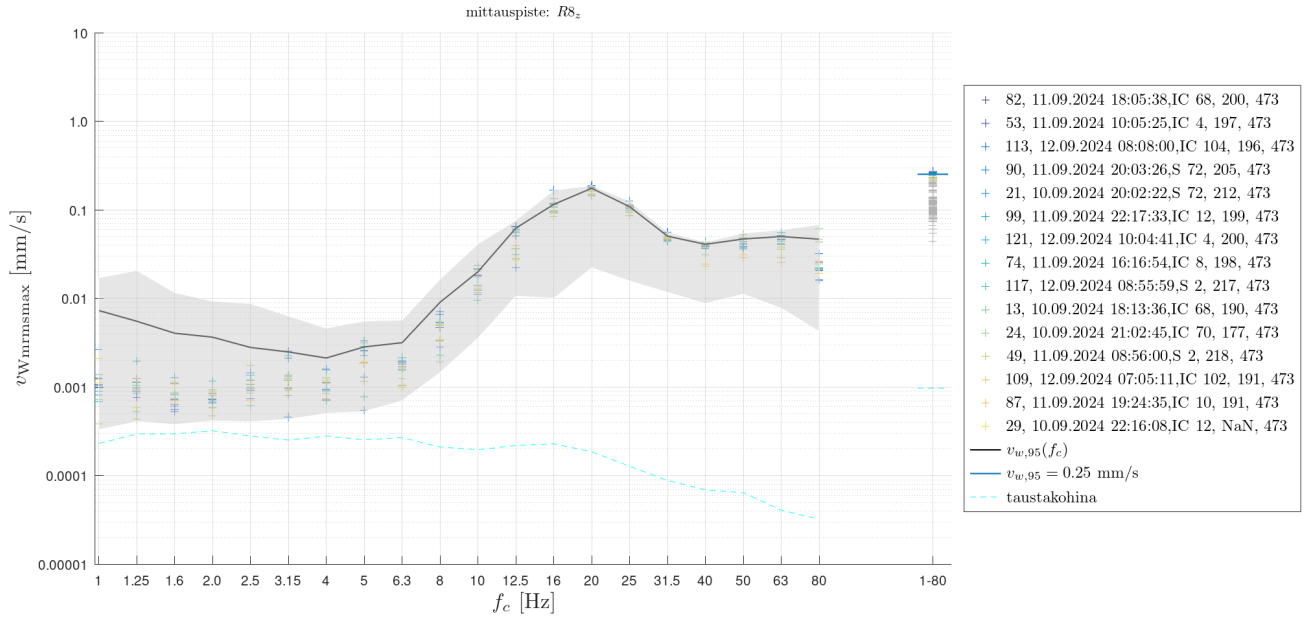

mittauspiste: $R3_y$
$v_{Wmrmsmax}$ [mm/s]
10
1.0
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
1 1.25 1.6 2.0 2.5 3.15 4 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 31.5 40 50 63 80 1-80
f_c [Hz]
125, 12.09.2024 10:16:52,HL 9827, 146, 474
84, 11.09.2024 17:53:31,IC 111, 140, 474
27, 10.09.2024 21:02:40,IC 70, 176, 473
76, 11.09.2024 15:54:13,IC 7, 151, 474
72, 11.09.2024 14:51:46,IC 67, 151, 474
1, 10.09.2024 13:49:42,IC 5, 146, 474
132, 12.09.2024 12:16:20,HL 9835, 157, 474
11, 10.09.2024 16:23:15,HLV 233, NaN, 474
130, 12.09.2024 11:57:45,IC 65, 157, 474
98, 11.09.2024 21:16:59,HL 9871, 152, 474
128, 12.09.2024 11:16:15,HL 9831, 156, 474
57, 11.09.2024 10:15:51,HL 9827, 155, 474
126, 12.09.2024 10:37:43,HL 9824, 157, 473
70, 11.09.2024 14:16:11,HL 9843, 157, 474
28, 10.09.2024 21:16:15,HL 9871, 157, 474
$v_{w,95}(f_c)$
$v_{w,95} = 0.02$ mm/s
taustakohina

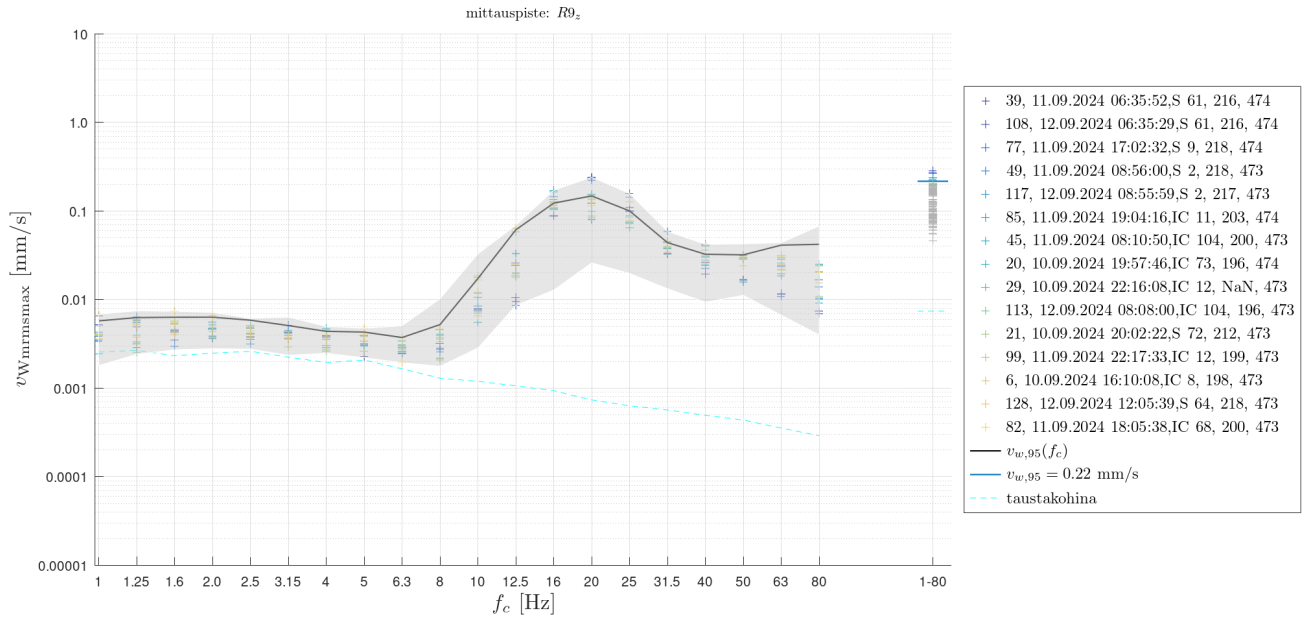

mittauspiste: $R4_z$
$v_{Wmrmsmax}$ [mm/s]
10
1.0
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
1 1.25 1.6 2.0 2.5 3.15 4 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 31.5 40 50 63 80 1-80
f_c [Hz]
27, 10.09.2024 21:02:40,IC 70, 176, 473
1, 10.09.2024 13:49:42,IC 5, 146, 474
76, 11.09.2024 15:54:13,IC 7, 151, 474
124, 12.09.2024 10:04:45,IC 4, 202, 473
11, 10.09.2024 16:23:15,HLV 233, NaN, 474
125, 12.09.2024 10:16:52,HL 9827, 146, 474
72, 11.09.2024 14:51:46,IC 67, 151, 474
100, 11.09.2024 21:52:11,IC 115, 165, 474
8, 10.09.2024 15:52:42,IC 7, 136, 474
128, 12.09.2024 11:16:15,HL 9831, 156, 474
127, 12.09.2024 10:52:51,IC 3, 169, 474
84, 11.09.2024 17:53:31,IC 111, 140, 474
134, 12.09.2024 13:03:58,IC 6, 175, 473
2, 10.09.2024 14:19:30,HL 9843, 143, 474
118, 12.09.2024 08:18:57,HL 9816, 159, 473
$v_{w,95}(f_c)$
$v_{w,95} = 0.02$ mm/s
taustakohina

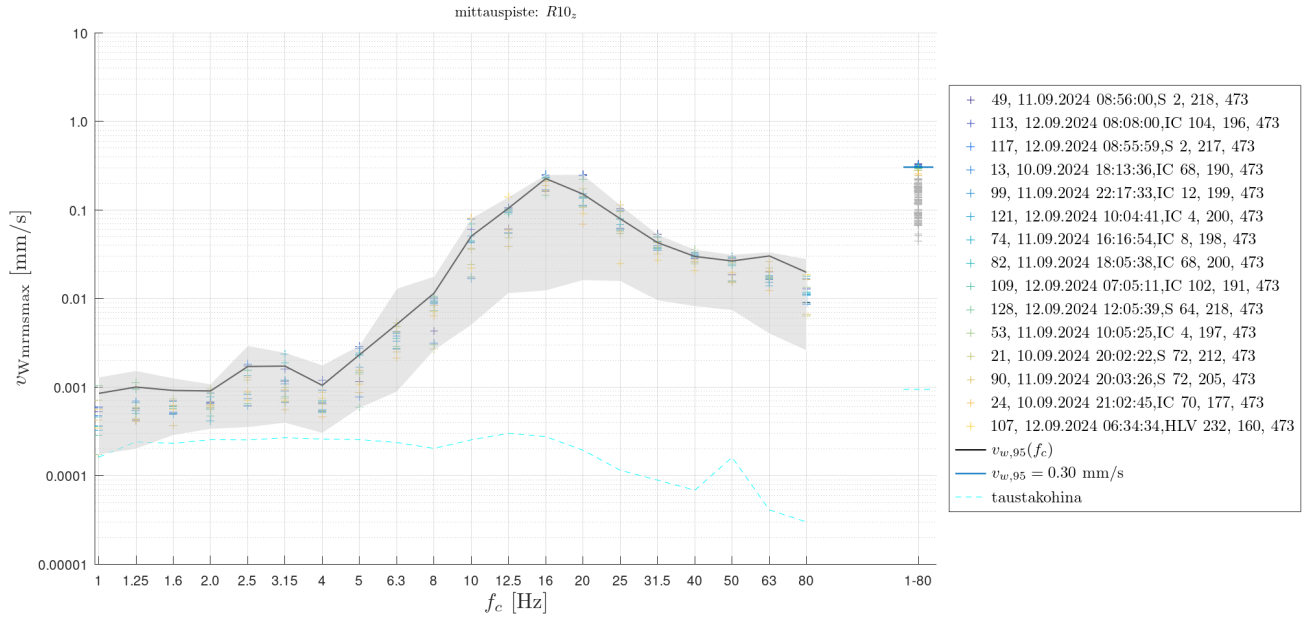

mittauspiste: $R5_z$
$v_{Wmrmsmax}$ [mm/s]
10
1.0
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
1 1.25 1.6 2.0 2.5 3.15 4 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 31.5 40 50 63 80 1-80
f_c [Hz]
27, 10.09.2024 21:02:50,IC 70, 176, 473
133, 12.09.2024 13:04:03,IC 6, 175, 473
96, 11.09.2024 21:03:32,IC 70, 161, 473
75, 11.09.2024 15:54:41,IC 7, 156, 474
16, 10.09.2024 18:13:48,IC 68, 189, 473
4, 10.09.2024 15:07:57,IC 66, 158, 473
83, 11.09.2024 17:53:56,IC 111, 142, 474
44, 11.09.2024 07:15:01,HL 9813, 157, 474
128, 12.09.2024 11:38:03,HL 9828, 153, 473
67, 11.09.2024 13:37:40,HL 9836, 158, 473
57, 11.09.2024 10:36:48,HL 9824, 157, 473
2, 10.09.2024 14:37:59,HL 9840, 157, 473
43, 11.09.2024 06:39:43,HLV 232, 133, 473
11, 10.09.2024 16:38:09,HL 9848, 158, 473
54, 11.09.2024 09:38:05,HL 9820, 158, 473
$v_{w,95}(f_c)$
$v_{w,95} = 0.03$ mm/s
taustakohina


mittauspiste: $R6_z$
$v_{Wmrmsmax}$ [mm/s]
10
1.0
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
1 1.25 1.6 2.0 2.5 3.15 4 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 31.5 40 50 63 80 1-80
f_c [Hz]
96, 11.09.2024 21:03:32,IC 70, 161, 473
27, 10.09.2024 21:02:50,IC 70, 176, 473
44, 11.09.2024 07:15:01,HL 9813, 157, 474
133, 12.09.2024 13:04:03,IC 6, 175, 473
4, 10.09.2024 15:07:57,IC 66, 158, 473
75, 11.09.2024 15:54:41,IC 7, 156, 474
120, 12.09.2024 09:09:38,IC 62, 160, 473
71, 11.09.2024 14:52:05,IC 67, 151, 474
78, 11.09.2024 16:38:03,HL 9848, 157, 473
83, 11.09.2024 17:53:56,IC 111, 142, 474
90, 11.09.2024 19:38:02,HL 9860, 157, 473
49, 11.09.2024 08:19:36,HL 9816, 147, 473
129, 12.09.2024 11:57:57,IC 65, 157, 474
54, 11.09.2024 09:38:05,HL 9820, 158, 473
67, 11.09.2024 13:37:40,HL 9836, 158, 473
$v_{w,95}(f_c)$
$v_{w,95} = 0.17$ mm/s
taustakohina


mittauspiste: $R7_z$
$v_{Wmrmsmax}$ [mm/s]
10
1.0
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
1 1.25 1.6 2.0 2.5 3.15 4 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 31.5 40 50 63 80 1-80
f_c [Hz]
121, 12.09.2024 10:04:41,IC 4, 200, 473
99, 11.09.2024 22:17:33,IC 12, 199, 473
113, 12.09.2024 08:08:00,IC 104, 196, 473
82, 11.09.2024 18:05:38,IC 68, 200, 473
49, 11.09.2024 08:56:00,S 2, 218, 473
53, 11.09.2024 10:05:25,IC 4, 197, 473
109, 12.09.2024 07:05:11,IC 102, 191, 473
13, 10.09.2024 18:13:36,IC 68, 190, 473
74, 11.09.2024 16:16:54,IC 8, 198, 473
117, 12.09.2024 08:55:59,S 2, 217, 473
128, 12.09.2024 12:05:39,S 64, 218, 473
24, 10.09.2024 21:02:45,IC 70, 177, 473
21, 10.09.2024 20:02:22,S 72, 212, 473
94, 11.09.2024 21:03:23,IC 70, 161, 473
100, 11.09.2024 22:37:54,HL 9872, 142, 473
$v_{w,95}(f_c)$
$v_{w,95} = 0.51$ mm/s
taustakohina


mittauspiste: $R8_z$
$v_{Wmrmsmax}$ [mm/s]
10
1.0
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
1 1.25 1.6 2.0 2.5 3.15 4 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 31.5 40 50 63 80 1-80
f_c [Hz]
82, 11.09.2024 18:05:38,IC 68, 200, 473
53, 11.09.2024 10:05:25,IC 4, 197, 473
113, 12.09.2024 08:08:00,IC 104, 196, 473
90, 11.09.2024 20:03:26,S 72, 205, 473
21, 10.09.2024 20:02:22,S 72, 212, 473
99, 11.09.2024 22:17:33,IC 12, 199, 473
121, 12.09.2024 10:04:41,IC 4, 200, 473
74, 11.09.2024 16:16:54,IC 8, 198, 473
117, 12.09.2024 08:55:59,S 2, 217, 473
13, 10.09.2024 18:13:36,IC 68, 190, 473
24, 10.09.2024 21:02:45,IC 70, 177, 473
49, 11.09.2024 08:56:00,S 2, 218, 473
109, 12.09.2024 07:05:11,IC 102, 191, 473
87, 11.09.2024 19:24:35,IC 10, 191, 473
29, 10.09.2024 22:16:08,IC 12, NaN, 473
$v_{w,95}(f_c)$
$v_{w,95} = 0.25$ mm/s
taustakohina


mittauspiste: $R9_z$
$v_{Wmrmsmax}$ [mm/s]
10
1.0
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
1 1.25 1.6 2.0 2.5 3.15 4 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 31.5 40 50 63 80 1-80
f_c [Hz]
39, 11.09.2024 06:35:52,S 61, 216, 474
108, 12.09.2024 06:35:29,S 61, 216, 474
77, 11.09.2024 17:02:32,S 9, 218, 474
49, 11.09.2024 08:56:00,S 2, 218, 473
117, 12.09.2024 08:55:59,S 2, 217, 473
85, 11.09.2024 19:04:16,IC 11, 203, 474
45, 11.09.2024 08:10:50,IC 104, 200, 473
20, 10.09.2024 19:57:46,IC 73, 196, 474
29, 10.09.2024 22:16:08,IC 12, NaN, 473
113, 12.09.2024 08:08:00,IC 104, 196, 473
21, 10.09.2024 20:02:22,S 72, 212, 473
99, 11.09.2024 22:17:33,IC 12, 199, 473
6, 10.09.2024 16:10:08,IC 8, 198, 473
128, 12.09.2024 12:05:39,S 64, 218, 473
82, 11.09.2024 18:05:38,IC 68, 200, 473
$v_{w,95}(f_c)$
$v_{w,95} = 0.22$ mm/s
taustakohina


mittauspiste: $R10_z$
$v_{Wmrmsmax}$ [mm/s]
10
1.0
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
1 1.25 1.6 2.0 2.5 3.15 4 5 6.3 8 10 12.5 16 20 25 31.5 40 50 63 80 1-80
f_c [Hz]
49, 11.09.2024 08:56:00,S 2, 218, 473
113, 12.09.2024 08:08:00,IC 104, 196, 473
117, 12.09.2024 08:55:59,S 2, 217, 473
13, 10.09.2024 18:13:36,IC 68, 190, 473
99, 11.09.2024 22:17:33,IC 12, 199, 473
121, 12.09.2024 10:04:41,IC 4, 200, 473
74, 11.09.2024 16:16:54,IC 8, 198, 473
82, 11.09.2024 18:05:38,IC 68, 200, 473
109, 12.09.2024 07:05:11,IC 102, 191, 473
128, 12.09.2024 12:05:39,S 64, 218, 473
53, 11.09.2024 10:05:25,IC 4, 197, 473
21, 10.09.2024 20:02:22,S 72, 212, 473
90, 11.09.2024 20:03:26,S 72, 205, 473
24, 10.09.2024 21:02:45,IC 70, 177, 473
107, 12.09.2024 06:34:34,HLV 232, 160, 473
$v_{w,95}(f_c)$
$v_{w,95} = 0.30$ mm/s
taustakohina

4.3 Kuvia mittauksista

Kuva 2: Anturien kiinnitys kallioon

Kuva 3: Mittausalue kallioleikkauksessa

Kuva 4: Anturin kiinnitys kallioon

Kuva 5: Anturien kiinnitys maapiikillä maaperään

A-INSINÖÖRIT

FINAS
Finnish Accreditation Service
T299 (EN ISO/IEC 17025)

MITTAUSRAPORTTI

Runkomelu mitattiin standardin ISO 14837-1 & VTT 2468 mukaisesti

1 Projektitiedot

Tilaaja	Lentorata Oy ja Itärata Oy	Tekijä	A-Insinöörit Suunnittelu Oy Bertel Jungin aukio 9 02600 Espoo
Projektinumero	15-1006	Mittauspäivät	7.10.-9.10.2024
Kohde	Haukkamäen tunneli	Mittaajat	Sakari Tervo, Juho Liski ja Benjamin Oksanen
Kohteen osoite	Koskenkartanontie, Salo	Tarkastaja	Timo Huhtala
		Päivämäärä	22.11.2024

1.1 Epävarmuus

Raportoitu laajennettu mittausepävarmuus perustuu normaaliin epävarmuuteen, joka on kerrottu kertoimella $k = 2$, joka vastaa noin 95 % todennäköisyyttä. Mittausepävarmuus on arvioitu EA-4/02 ohjeen mukaisesti ja se ottaa huomioon olosuhteista ja mittalaitteista johtuvat epävarmuudet.

1.2 Sääolosuhteet

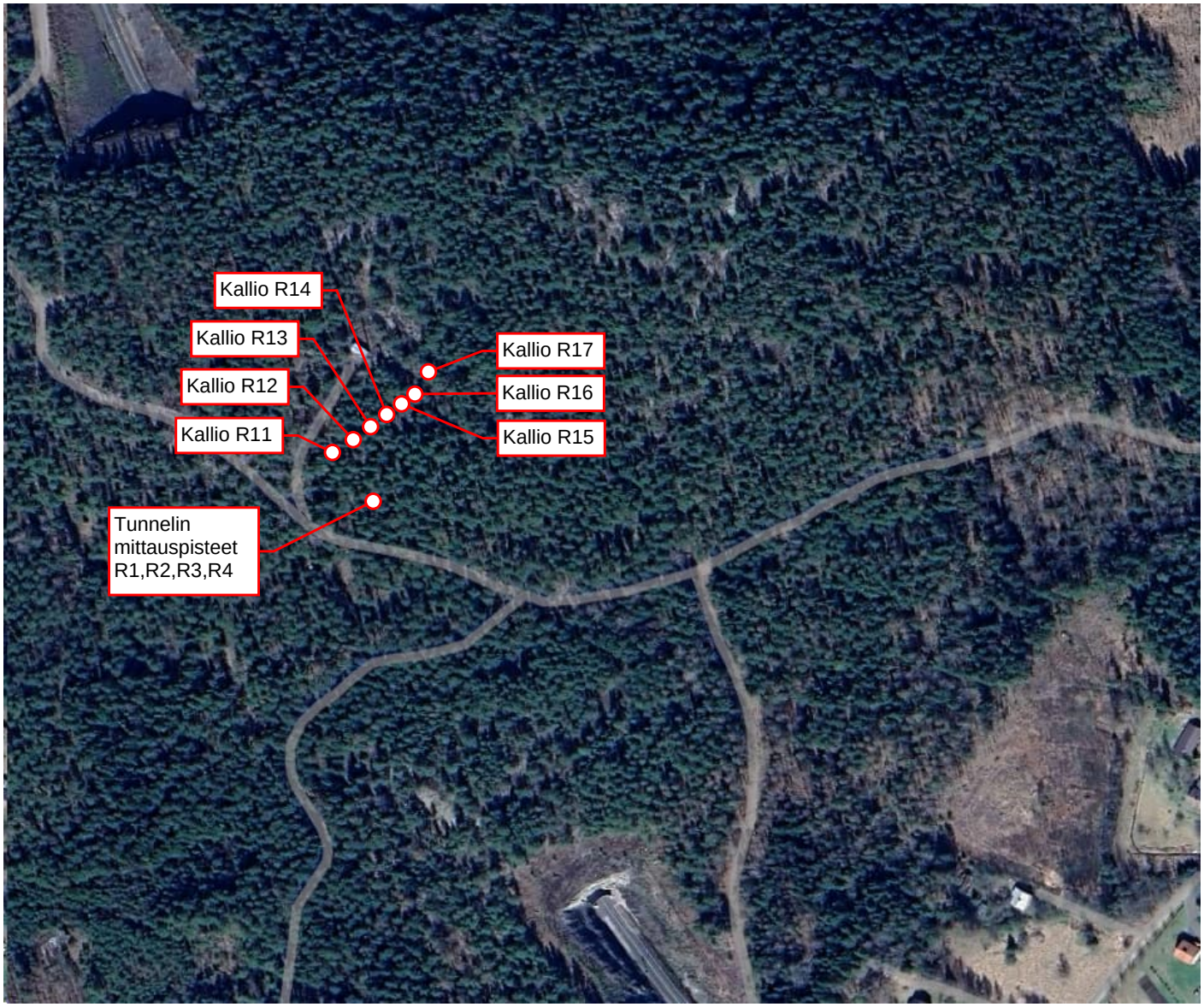
Suure	Keskiarvo	Pienin	Suurin
Lämpötila	9° C	5° C	13° C
Routa	- cm	-	-

Lähde: FMI Salo-Kärkkä

2 Mittalaitteet

Mittauspiste	Laite	Tyyppi	Sarjanro	Kalibrointi	Asennus/Paikka
R1z, R2z, R3x, R4z	datatallennin	RION-DA21	500753	21.04.2023	tunneli
R11z, R12z, R13z, R14z	datatallennin	RION-DA21	500765	21.04.2023	kallio
R15z, R16z, R17z	datatallennin	RION-DA21	1120979	21.04.2023	kallio
R1z	kiihtyvyysanturi	WR 732A	2592	07.03.2024	C/kisko
R2z	kiihtyvyysanturi	WR 732A	2594	07.03.2024	A/pölkky
R3x	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20005	21.03.2024	B/tunneli
R4z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20004	06.03.2024	B/tunneli
R11z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22062	06.03.2024	B/kallio
R12z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22220	06.03.2024	B/kallio
R13z	kiihtyvyysanturi	WR 793L	11353	17.09.2024	B/kallio
R14z	kiihtyvyysanturi	WR 786A	109369	07.03.2024	B/kallio
R15z	kiihtyvyysanturi	WR 786A	109373	07.03.2024	B/kallio
R16z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22222	06.03.2024	B/kallio
R17z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22223	21.03.2024	B/kallio

z: pystysuunta, x: vaakasuunta, y: pituussuunta
A: Liimaus, B: Ruuvi, C: magneetti



Kuva 1: Mittauspisteet ilmakuvassa/kartalla.

2.1 Mitatut liikennetapahtumat

Liikennetietojen lähde Fintraffic / Digitraffic, CC 4.0 BY

	N	L, k.a. [m]	v, k.a. [km/h]
IC	41	145	133
MV	1	144	114
S	14	156	134

IC: InterCity-juna, S: Pendolino, MV: IC-junan siirto

3 Mittauspisteet

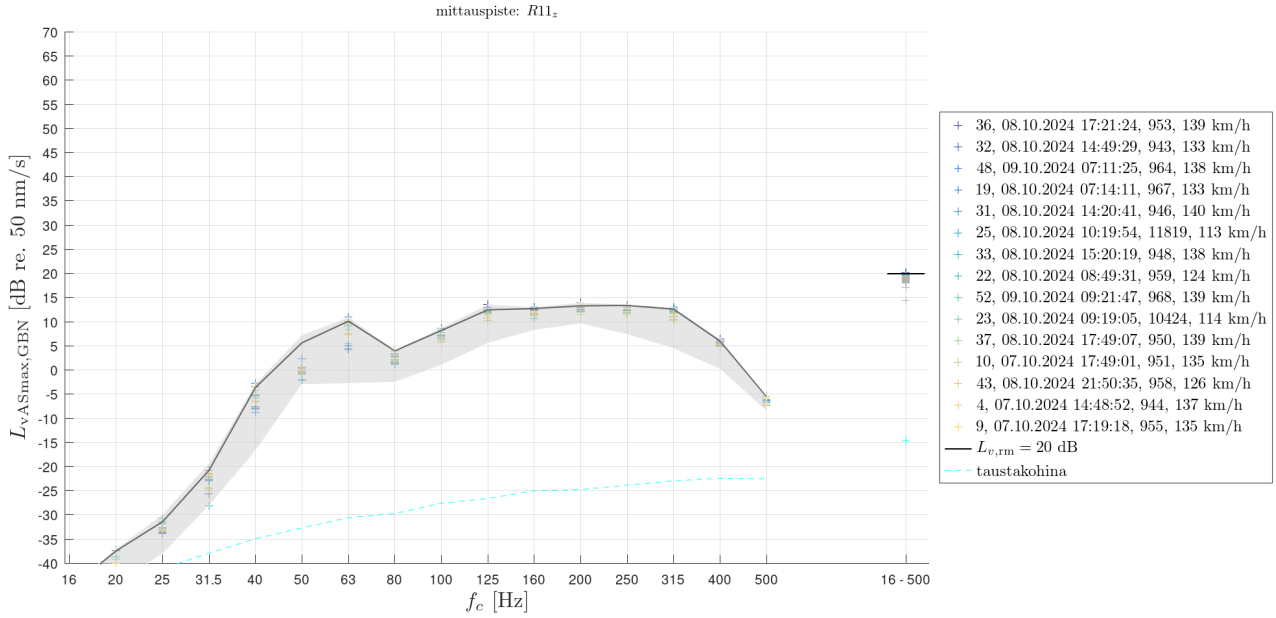
Mitattu suure	Mittauspiste	Suunta	Asennus	GPSy	GPSx	Paikka
kiihtyvyys	R1	z	ankkuri	60.1779371	23.2692776	kisko
kiihtyvyys	R2	z	ankkuri	60.1779371	23.2692776	pölkky
kiihtyvyys	R3	x	ankkuri	60.1779371	23.2692776	tunneli
kiihtyvyys	R4	z	ankkuri	60.1779371	23.2692776	tunneli
kiihtyvyys	R11	z	ankkuri	60.1779371	23.2692776	kallio
kiihtyvyys	R12	z	ankkuri	60.1779371	23.2692776	kallio
kiihtyvyys	R13	z	ankkuri	60.1779371	23.2692776	kallio
kiihtyvyys	R14	z	ankkuri	60.1779371	23.2692776	kallio
kiihtyvyys	R15	z	ankkuri	60.1779371	23.2692776	kallio
kiihtyvyys	R16	z	ankkuri	60.1779371	23.2692776	kallio
kiihtyvyys	R17	z	ankkuri	60.1779371	23.2692776	kallio

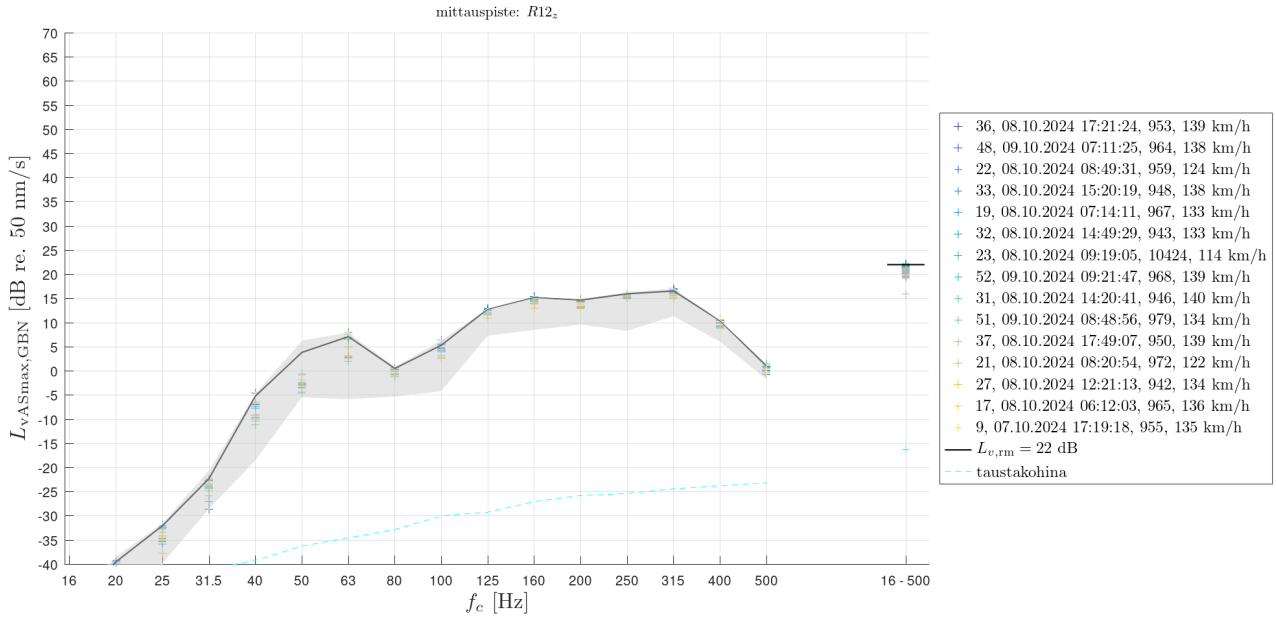
4 Mittaustulokset

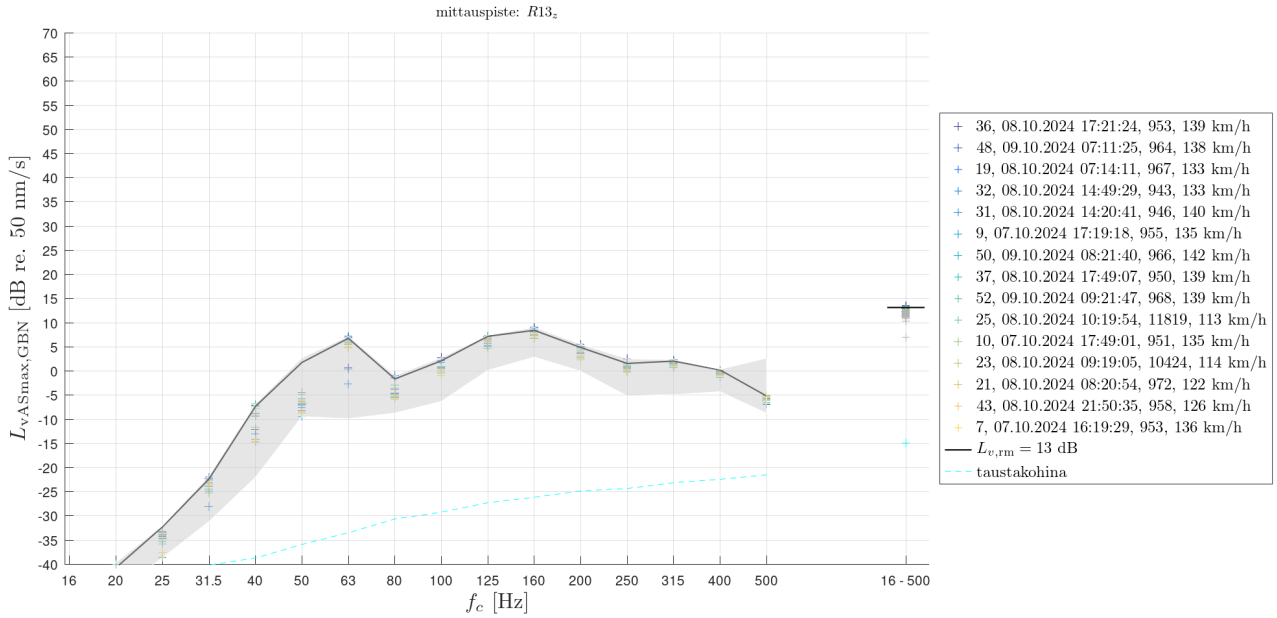
Piste	Kuvaus	Suunta	$L_{v,rm}$ [dB]	C_{b1} [dB]	C_{b2} [dB]	$L_{p,rm}$ [dB]	max($L_{p,rm}(f_c)$)/f_c	Ohjearvo [dB]
R11	-	z	20	0	15	35	28 dB / 251.19 Hz	30/35
R12	-	z	22	0	15	37	32 dB / 316.23 Hz	30/35
R13	-	z	13	0	15	28	23 dB / 158.49 Hz	30/35
R14	-	z	15	0	15	30	23 dB / 63.10 Hz	30/35
R16	-	z	14	0	15	29	24 dB / 158.49 Hz	30/35
R17	-	z	18	0	15	33	29 dB / 158.49 Hz	30/35
R15	-	z	15	0	15	30	22 dB / 199.53 Hz	30/35
R18	-	z	14	0	15	29	22 dB / 501.19 Hz	30/35
R1	-	z	95	0	15	110	107 dB / 501.19 Hz	30/35
R2	-	z	87	0	15	102	98 dB / 501.19 Hz	30/35
R3	-	x	46	0	15	61	58 dB / 63.10 Hz	30/35
R4	-	z	55	0	15	70	69 dB / 125.89 Hz	30/35

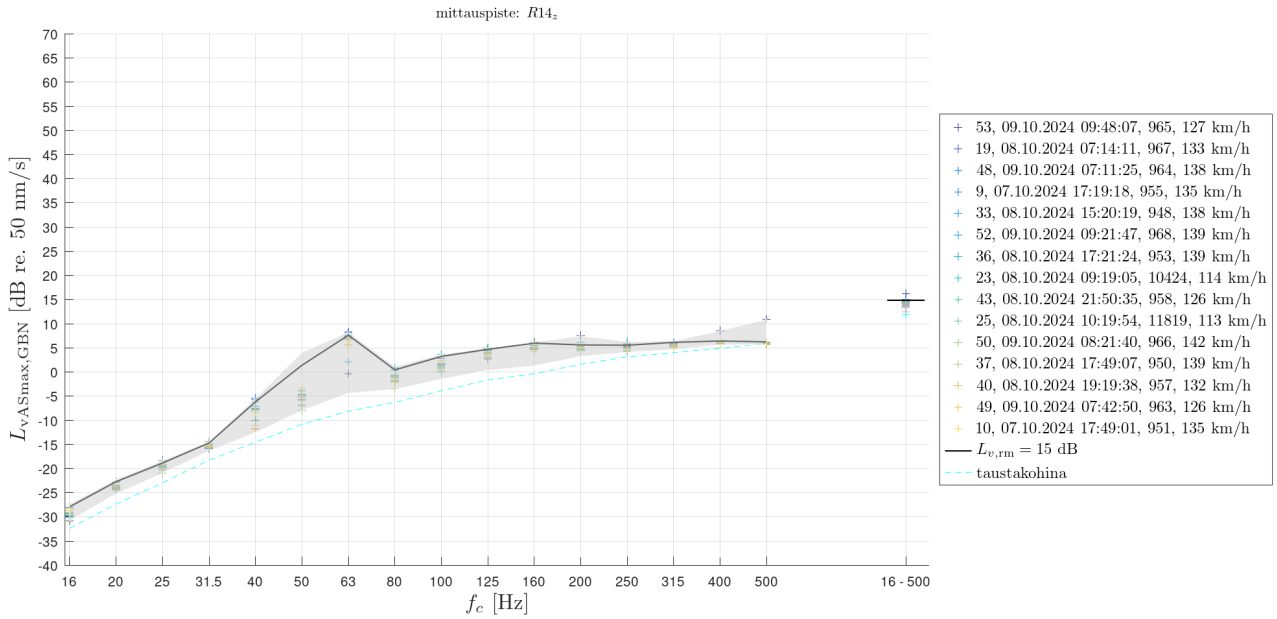
$L_{p,rm} = L_{v,rm} + C_{b1} + C_{b2}$
$L_{p,rm}$: Runkomelutaso
$L_{v,rm}$: Runkomelun herätetaso
C_{b1}: Maaperästä rakennusrunkoon kytkeytyminen
C_{b2}: Värähtelystä ilmaääneksi kytkeytyminen
Etäisyys: vaakasuuntainen etäisyys rataan [m]

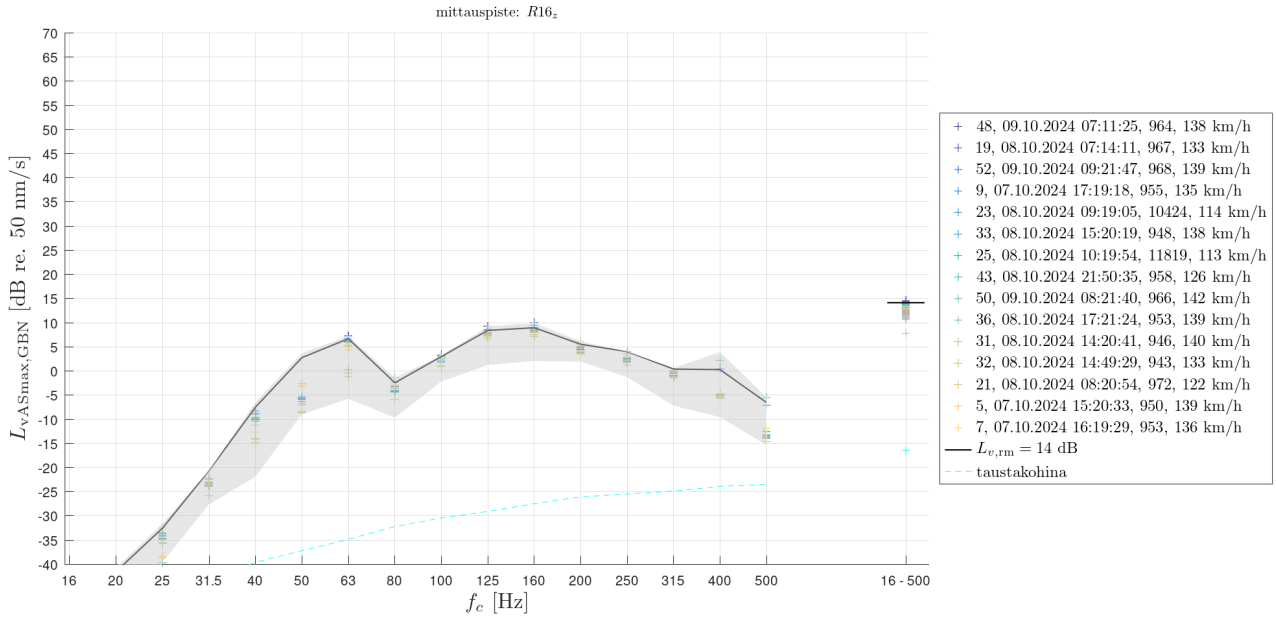
4.1 $Lv_{\mathrm{ASmax,GBN}}$

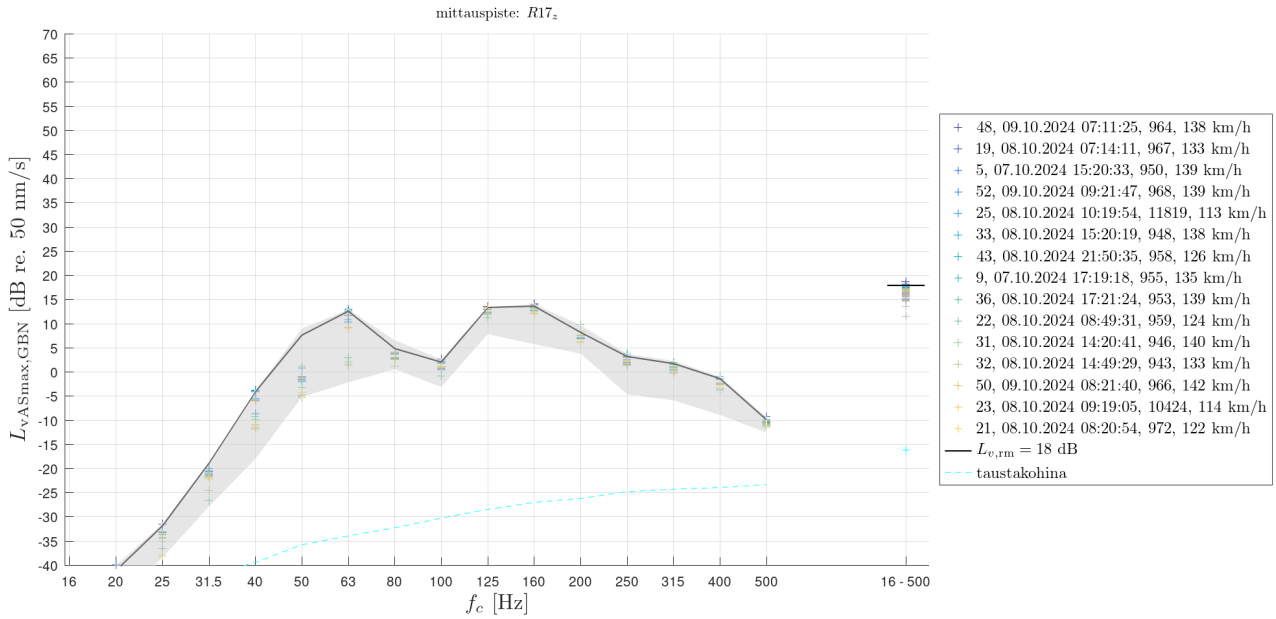


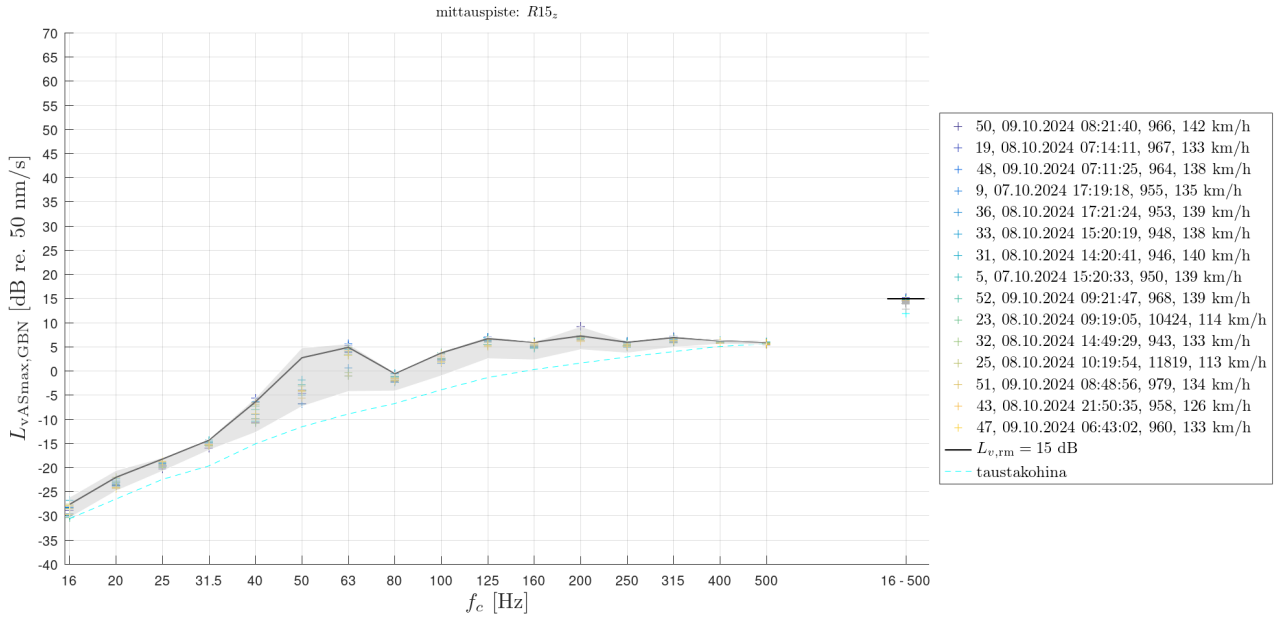


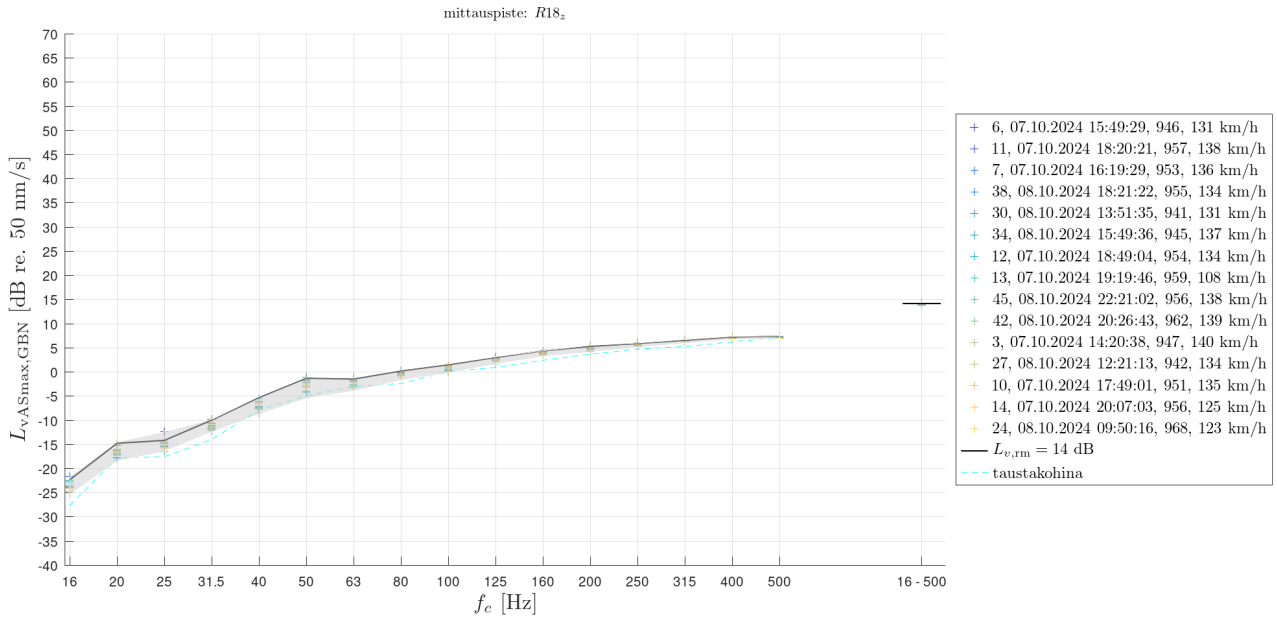

mittauspiste: $R13_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
36, 08.10.2024 17:21:24, 953, 139 km/h
48, 09.10.2024 07:11:25, 964, 138 km/h
19, 08.10.2024 07:14:11, 967, 133 km/h
32, 08.10.2024 14:49:29, 943, 133 km/h
31, 08.10.2024 14:20:41, 946, 140 km/h
9, 07.10.2024 17:19:18, 955, 135 km/h
50, 09.10.2024 08:21:40, 966, 142 km/h
37, 08.10.2024 17:49:07, 950, 139 km/h
52, 09.10.2024 09:21:47, 968, 139 km/h
25, 08.10.2024 10:19:54, 11819, 113 km/h
10, 07.10.2024 17:49:01, 951, 135 km/h
23, 08.10.2024 09:19:05, 10424, 114 km/h
21, 08.10.2024 08:20:54, 972, 122 km/h
43, 08.10.2024 21:50:35, 958, 126 km/h
7, 07.10.2024 16:19:29, 953, 136 km/h
$L_{v,\mathrm{rm}} = 13$ dB
taustakohina

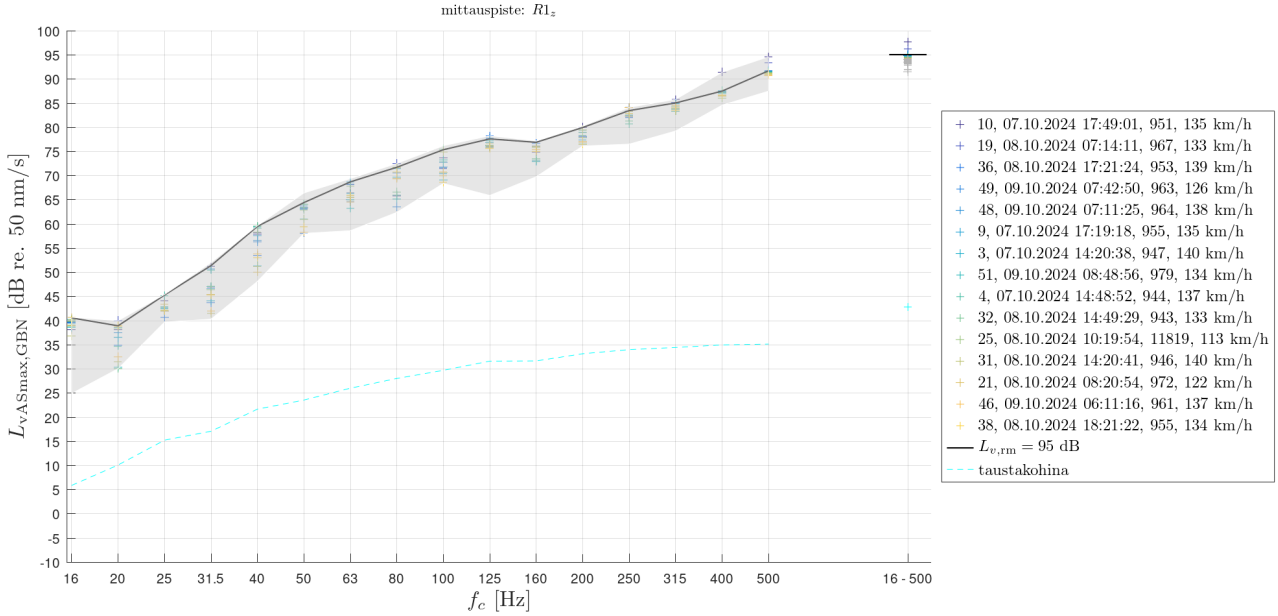

mittauspiste: $R14_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
53, 09.10.2024 09:48:07, 965, 127 km/h
19, 08.10.2024 07:14:11, 967, 133 km/h
48, 09.10.2024 07:11:25, 964, 138 km/h
9, 07.10.2024 17:19:18, 955, 135 km/h
33, 08.10.2024 15:20:19, 948, 138 km/h
52, 09.10.2024 09:21:47, 968, 139 km/h
36, 08.10.2024 17:21:24, 953, 139 km/h
23, 08.10.2024 09:19:05, 10424, 114 km/h
43, 08.10.2024 21:50:35, 958, 126 km/h
25, 08.10.2024 10:19:54, 11819, 113 km/h
50, 09.10.2024 08:21:40, 966, 142 km/h
37, 08.10.2024 17:49:07, 950, 139 km/h
40, 08.10.2024 19:19:38, 957, 132 km/h
49, 09.10.2024 07:42:50, 963, 126 km/h
10, 07.10.2024 17:49:01, 951, 135 km/h
$L_{v,\mathrm{rm}} = 15$ dB
taustakohina

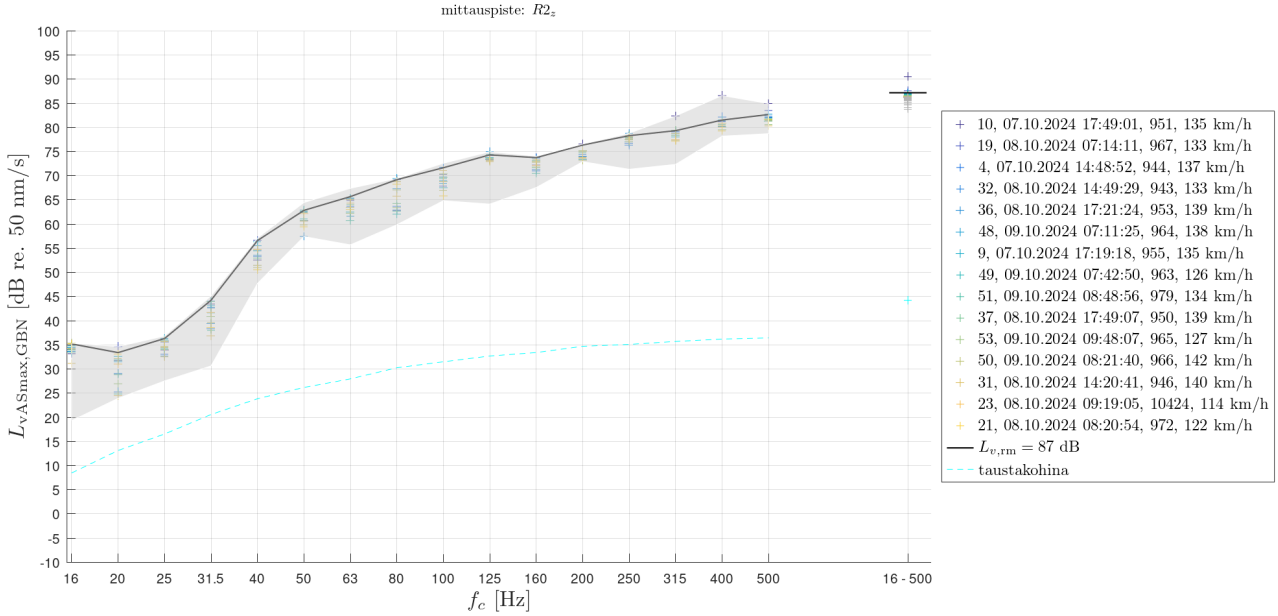

mittauspiste: $R16_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
48, 09.10.2024 07:11:25, 964, 138 km/h
19, 08.10.2024 07:14:11, 967, 133 km/h
52, 09.10.2024 09:21:47, 968, 139 km/h
9, 07.10.2024 17:19:18, 955, 135 km/h
23, 08.10.2024 09:19:05, 10424, 114 km/h
33, 08.10.2024 15:20:19, 948, 138 km/h
25, 08.10.2024 10:19:54, 11819, 113 km/h
43, 08.10.2024 21:50:35, 958, 126 km/h
50, 09.10.2024 08:21:40, 966, 142 km/h
36, 08.10.2024 17:21:24, 953, 139 km/h
31, 08.10.2024 14:20:41, 946, 140 km/h
32, 08.10.2024 14:49:29, 943, 133 km/h
21, 08.10.2024 08:20:54, 972, 122 km/h
5, 07.10.2024 15:20:33, 950, 139 km/h
7, 07.10.2024 16:19:29, 953, 136 km/h
$L_{v,rm} = 14$ dB
taustakohina

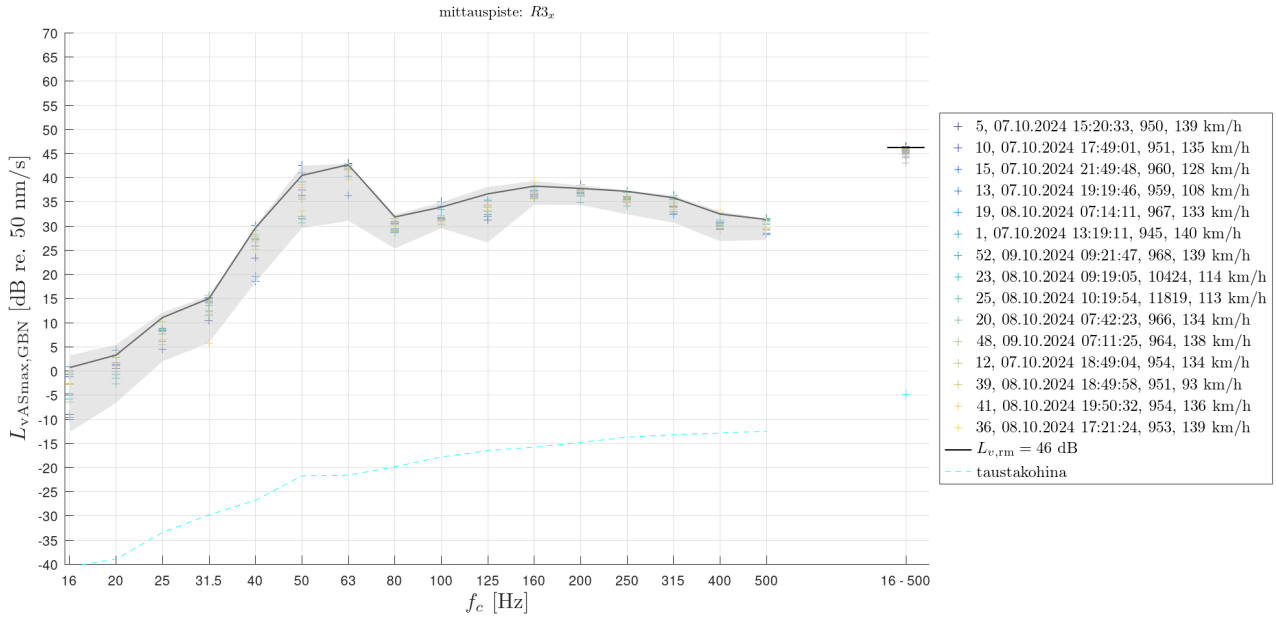

mittauspiste: $R17_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
48, 09.10.2024 07:11:25, 964, 138 km/h
19, 08.10.2024 07:14:11, 967, 133 km/h
5, 07.10.2024 15:20:33, 950, 139 km/h
52, 09.10.2024 09:21:47, 968, 139 km/h
25, 08.10.2024 10:19:54, 11819, 113 km/h
33, 08.10.2024 15:20:19, 948, 138 km/h
43, 08.10.2024 21:50:35, 958, 126 km/h
9, 07.10.2024 17:19:18, 955, 135 km/h
36, 08.10.2024 17:21:24, 953, 139 km/h
22, 08.10.2024 08:49:31, 959, 124 km/h
31, 08.10.2024 14:20:41, 946, 140 km/h
32, 08.10.2024 14:49:29, 943, 133 km/h
50, 09.10.2024 08:21:40, 966, 142 km/h
23, 08.10.2024 09:19:05, 10424, 114 km/h
21, 08.10.2024 08:20:54, 972, 122 km/h
$L_{v,rm} = 18$ dB
taustakohina

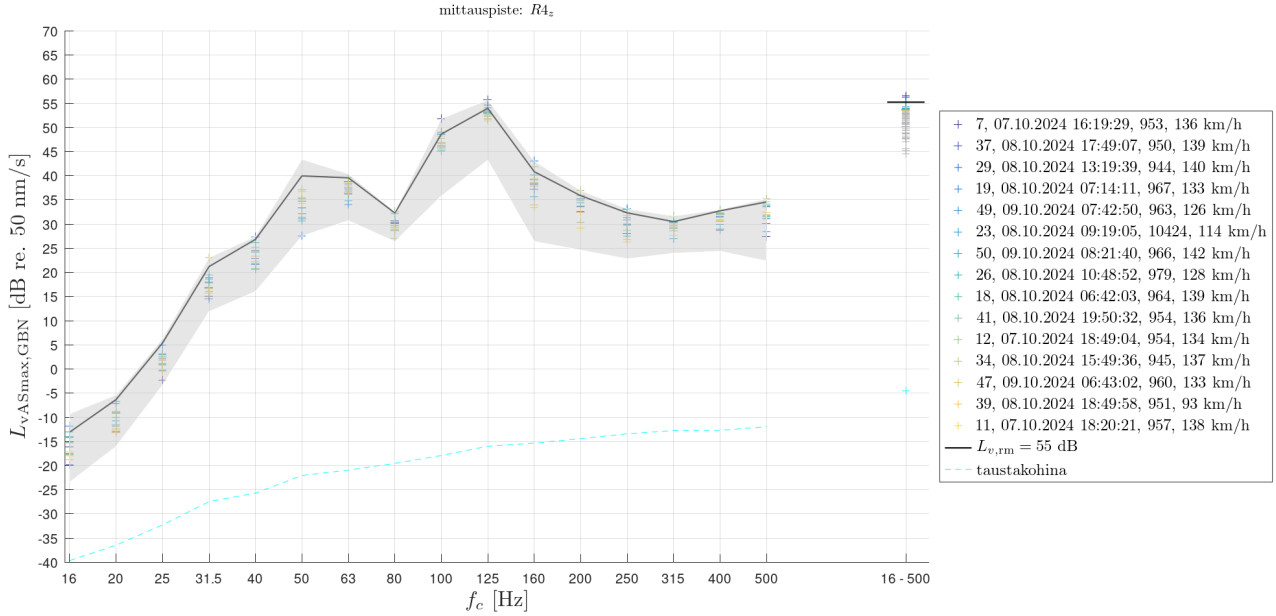

mittauspiste: $R15_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
50, 09.10.2024 08:21:40, 966, 142 km/h
19, 08.10.2024 07:14:11, 967, 133 km/h
48, 09.10.2024 07:11:25, 964, 138 km/h
9, 07.10.2024 17:19:18, 955, 135 km/h
36, 08.10.2024 17:21:24, 953, 139 km/h
33, 08.10.2024 15:20:19, 948, 138 km/h
31, 08.10.2024 14:20:41, 946, 140 km/h
5, 07.10.2024 15:20:33, 950, 139 km/h
52, 09.10.2024 09:21:47, 968, 139 km/h
23, 08.10.2024 09:19:05, 10424, 114 km/h
32, 08.10.2024 14:49:29, 943, 133 km/h
25, 08.10.2024 10:19:54, 11819, 113 km/h
51, 09.10.2024 08:48:56, 979, 134 km/h
43, 08.10.2024 21:50:35, 958, 126 km/h
47, 09.10.2024 06:43:02, 960, 133 km/h
$L_{v,rm} = 15$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R18_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
6, 07.10.2024 15:49:29, 946, 131 km/h
11, 07.10.2024 18:20:21, 957, 138 km/h
7, 07.10.2024 16:19:29, 953, 136 km/h
38, 08.10.2024 18:21:22, 955, 134 km/h
30, 08.10.2024 13:51:35, 941, 131 km/h
34, 08.10.2024 15:49:36, 945, 137 km/h
12, 07.10.2024 18:49:04, 954, 134 km/h
13, 07.10.2024 19:19:46, 959, 108 km/h
45, 08.10.2024 22:21:02, 956, 138 km/h
42, 08.10.2024 20:26:43, 962, 139 km/h
3, 07.10.2024 14:20:38, 947, 140 km/h
27, 08.10.2024 12:21:13, 942, 134 km/h
10, 07.10.2024 17:49:01, 951, 135 km/h
14, 07.10.2024 20:07:03, 956, 125 km/h
24, 08.10.2024 09:50:16, 968, 123 km/h
$L_{v,rm} = 14$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R1_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
10, 07.10.2024 17:49:01, 951, 135 km/h
19, 08.10.2024 07:14:11, 967, 133 km/h
36, 08.10.2024 17:21:24, 953, 139 km/h
49, 09.10.2024 07:42:50, 963, 126 km/h
48, 09.10.2024 07:11:25, 964, 138 km/h
9, 07.10.2024 17:19:18, 955, 135 km/h
3, 07.10.2024 14:20:38, 947, 140 km/h
51, 09.10.2024 08:48:56, 979, 134 km/h
4, 07.10.2024 14:48:52, 944, 137 km/h
32, 08.10.2024 14:49:29, 943, 133 km/h
25, 08.10.2024 10:19:54, 11819, 113 km/h
31, 08.10.2024 14:20:41, 946, 140 km/h
21, 08.10.2024 08:20:54, 972, 122 km/h
46, 09.10.2024 06:11:16, 961, 137 km/h
38, 08.10.2024 18:21:22, 955, 134 km/h
$L_{v,rm} = 95$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R2_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
10, 07.10.2024 17:49:01, 951, 135 km/h
19, 08.10.2024 07:14:11, 967, 133 km/h
4, 07.10.2024 14:48:52, 944, 137 km/h
32, 08.10.2024 14:49:29, 943, 133 km/h
36, 08.10.2024 17:21:24, 953, 139 km/h
48, 09.10.2024 07:11:25, 964, 138 km/h
9, 07.10.2024 17:19:18, 955, 135 km/h
49, 09.10.2024 07:42:50, 963, 126 km/h
51, 09.10.2024 08:48:56, 979, 134 km/h
37, 08.10.2024 17:49:07, 950, 139 km/h
53, 09.10.2024 09:48:07, 965, 127 km/h
50, 09.10.2024 08:21:40, 966, 142 km/h
31, 08.10.2024 14:20:41, 946, 140 km/h
23, 08.10.2024 09:19:05, 10424, 114 km/h
21, 08.10.2024 08:20:54, 972, 122 km/h
$L_{v,rm} = 87$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R3_x$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
5, 07.10.2024 15:20:33, 950, 139 km/h
10, 07.10.2024 17:49:01, 951, 135 km/h
15, 07.10.2024 21:49:48, 960, 128 km/h
13, 07.10.2024 19:19:46, 959, 108 km/h
19, 08.10.2024 07:14:11, 967, 133 km/h
1, 07.10.2024 13:19:11, 945, 140 km/h
52, 09.10.2024 09:21:47, 968, 139 km/h
23, 08.10.2024 09:19:05, 10424, 114 km/h
25, 08.10.2024 10:19:54, 11819, 113 km/h
20, 08.10.2024 07:42:23, 966, 134 km/h
48, 09.10.2024 07:11:25, 964, 138 km/h
12, 07.10.2024 18:49:04, 954, 134 km/h
39, 08.10.2024 18:49:58, 951, 93 km/h
41, 08.10.2024 19:50:32, 954, 136 km/h
36, 08.10.2024 17:21:24, 953, 139 km/h
$L_{v,rm} = 46$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R4_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
7, 07.10.2024 16:19:29, 953, 136 km/h
37, 08.10.2024 17:49:07, 950, 139 km/h
29, 08.10.2024 13:19:39, 944, 140 km/h
19, 08.10.2024 07:14:11, 967, 133 km/h
49, 09.10.2024 07:42:50, 963, 126 km/h
23, 08.10.2024 09:19:05, 10424, 114 km/h
50, 09.10.2024 08:21:40, 966, 142 km/h
26, 08.10.2024 10:48:52, 979, 128 km/h
18, 08.10.2024 06:42:03, 964, 139 km/h
41, 08.10.2024 19:50:32, 954, 136 km/h
12, 07.10.2024 18:49:04, 954, 134 km/h
34, 08.10.2024 15:49:36, 945, 137 km/h
47, 09.10.2024 06:43:02, 960, 133 km/h
39, 08.10.2024 18:49:58, 951, 93 km/h
11, 07.10.2024 18:20:21, 957, 138 km/h
$L_{v,rm} = 55$ dB
taustakohina

4.2 Kuvia mittauksista

Kuva 2: Mittausalue tunnelin päällä kalliolla.

Kuva 3: Kiihtyvyysanturit asennettiin ruuviankkureilla kallion pintaan.

Kuva 4: Tunnelissa mittauspisteet R1 ja R2 asennettiin kiskoon ja pölkkyyn. Kuvassa näkyy myös mobiliteettimittauksissa käytetty impulssivasara.

A-INSINÖÖRIT

FINAS
Finnish Accreditation Service
T299 (EN ISO/IEC 17025)

MITTAUSRAPORTTI

Runkomelu mitattiin standardin ISO 14837-1 & VTT 2468 mukaisesti

1 Projektitiedot

Tilaaja	Lentorata Oy & Itärata Oy	Tekijä	A-Insinöörit Suunnittelu Oy Bertel Jungin aukio 9 02600 Espoo
Projektinumero	15-1006	Mittauspäivät	9.10.-11.10.2024
Kohde	Lavianmäen tunneli	Mittaajat	Sakari Tervo, Juho Liski ja Benjamin Oksanen
Kohteen osoite	Supintie, Salo	Tarkastaja	Timo Huhtala
		Päivämäärä	22.11.2024

1.1 Epävarmuus

Raportoitu laajenettu mittausepävarmuus perustuu normaaliin epävarmuuteen, joka on kerrottu kertoimella $k = 2$, joka vastaa noin 95 % todennäköisyyttä. Mittausepävarmuus on arvioitu EA-4/02 ohjeen mukaisesti ja se ottaa huomioon olosuhteista ja mittalaitteista johtuvat epävarmuudet.

1.2 Sääolosuhteet

Suure	Keskiarvo	Pienin	Suurin
Lämpötila	12° C	9° C	16° C
Routa	- cm	-	-

Lähde: FMI Salo-Kärkkä

2 Mittalaitteet

Mittauspiste	Laite	Tyyppi	Sarjanro	Kalibrointi	Asennus/Paikka
R1z, R2z, R3x, R4z	datatallennin	RION-DA21	500753	21.04.2023	tunneli
R14z, R15z, R16z, R17z	datatallennin	RION-DA21	500765	21.04.2023	kallio
R11z, R12z, R13z	datatallennin	RION-DA21	1120979	21.04.2023	kallio
R1z	kiihtyvyysanturi	WR 732A	2592	07.03.2024	C/kisko
R2z	kiihtyvyysanturi	WR 732A	2594	07.03.2024	A/pölkky
R3x	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20005	21.03.2024	B/tunneli
R4z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20004	06.03.2024	B/tunneli
R11z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22222	06.03.2024	B/kallio
R12z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20099	21.03.2024	B/kallio
R13z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22223	21.03.2024	B/kallio
R14z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22220	06.03.2024	B/kallio
R15z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22062	06.03.2024	B/kallio
R16z	kiihtyvyysanturi	WR 793L	11353	17.09.2024	B/kallio
R17z	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22221	06.03.2024	B/kallio

z: pystysuunta, x: vaakasuunta, y: pituussuunta
A: Liimaus, B: Ruuvi, C: magneetti

Kuva 1: Mittauspisteet ilmakuvassa/kartalla.

2.1 Mitatut liikennetapahtumat

Liikennetietojen lähde Fintraffic / Digitraffic, CC 4.0 BY

	N	L, k.a. [m]	v, k.a. [km/h]
IC	41	139	122
MV	1	126	124
S	19	162	134
T	2	-	63

IC: InterCity-juna, S: Pendolino, MV: IC-junan siirto, T: Tavarajuna

3 Mittauspisteet

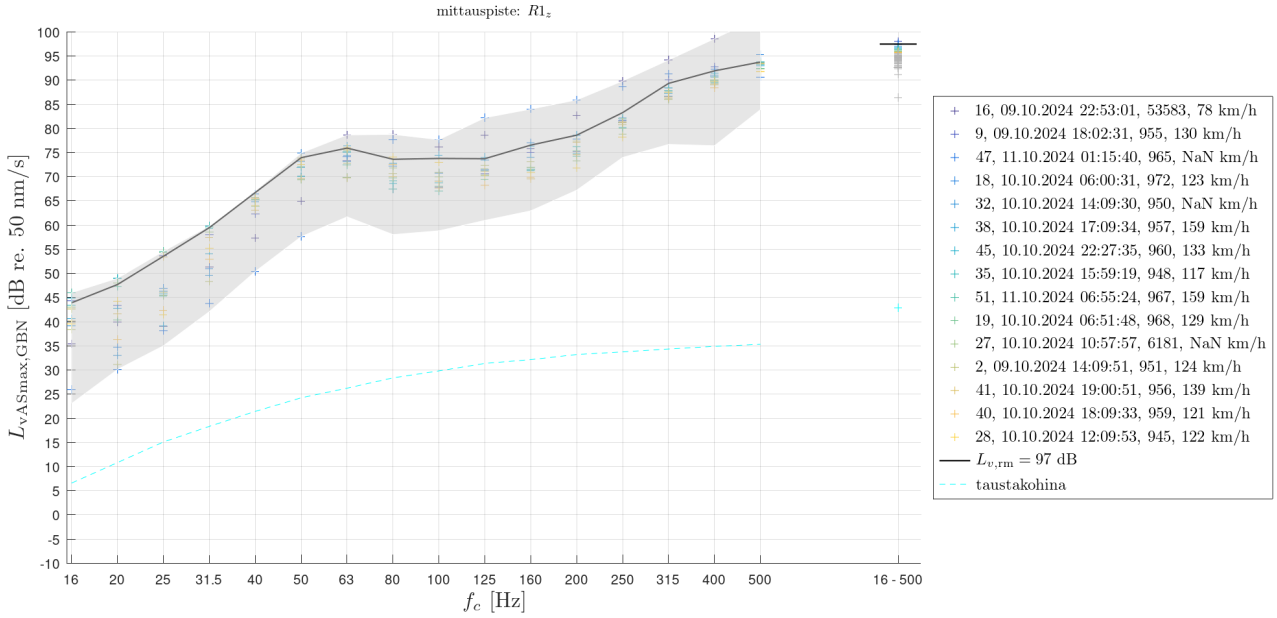
Mitattu suure	Mittauspiste	Suunta	Asennus	GPSy	GPSx	Paikka
kiihtyvyys	R1	z	ankkuri	60.3407293	23.1082865	kisko
kiihtyvyys	R2	z	ankkuri	60.3407293	23.1082865	pölkky
kiihtyvyys	R3	x	ankkuri	60.3407293	23.1082865	tunneli
kiihtyvyys	R4	z	ankkuri	60.3407293	23.1082865	tunneli
kiihtyvyys	R11	z	ankkuri	60.3407293	23.1082865	kallio
kiihtyvyys	R12	z	ankkuri	60.3407293	23.1082865	kallio
kiihtyvyys	R13	z	ankkuri	60.3407293	23.1082865	kallio
kiihtyvyys	R14	z	ankkuri	60.3407293	23.1082865	kallio
kiihtyvyys	R15	z	ankkuri	60.3407293	23.1082865	kallio
kiihtyvyys	R16	z	ankkuri	60.3407293	23.1082865	kallio
kiihtyvyys	R17	z	ankkuri	60.3407293	23.1082865	kallio

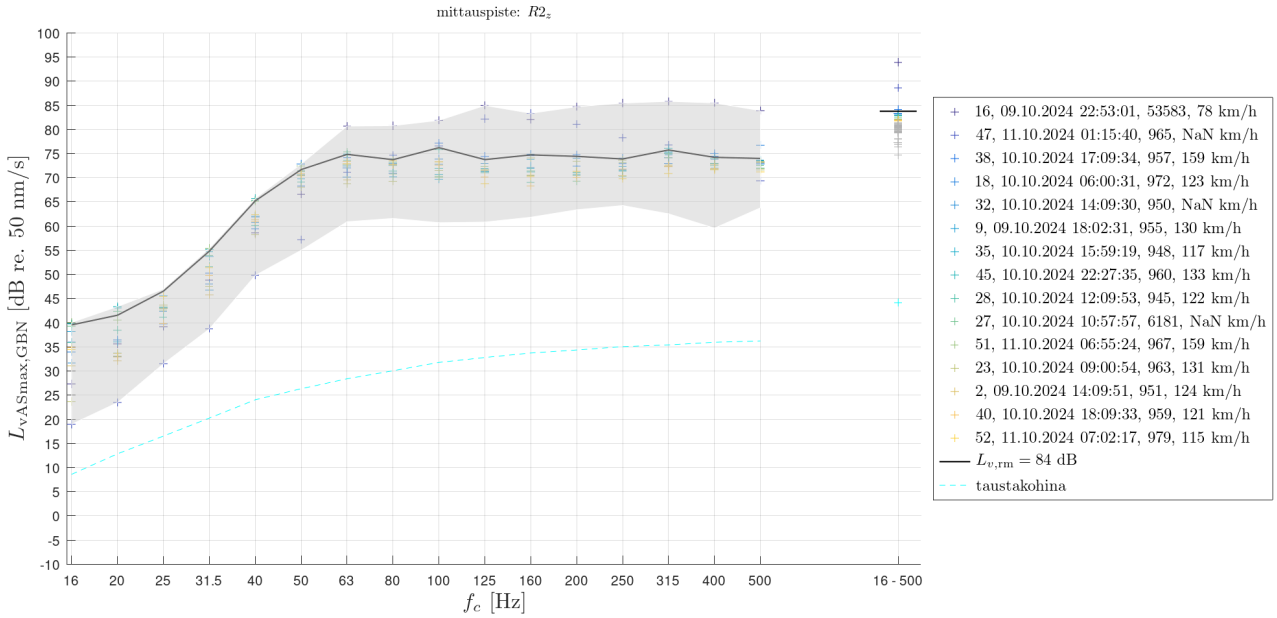
4 Mittaustulokset

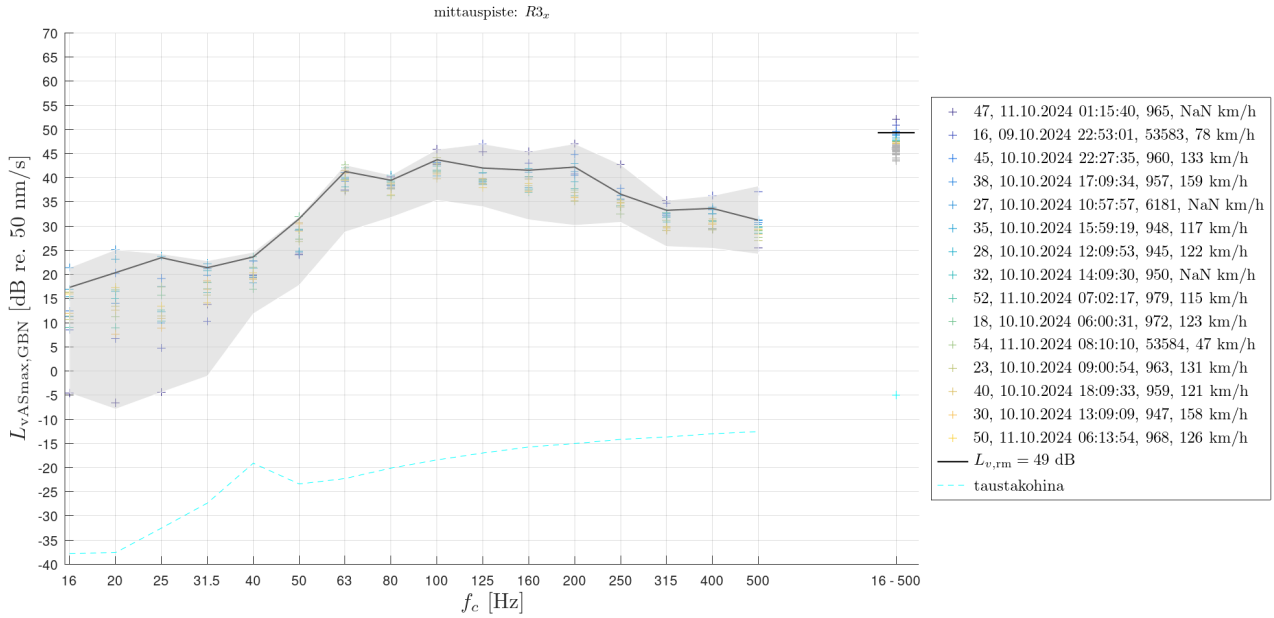
Piste	Etäisyys [m]	Suunta	$L_{v,rm}$ [dB]	C_{b1} [dB]	C_{b2} [dB]	$L_{p,rm}$ [dB]	max($L_{p,rm}(f_c)$)/f_c	Ohjearvo [dB]
R1	0	z	97	0	15	112	109 dB / 501.19 Hz	-
R2	0	z	84	0	15	99	91 dB / 100.00 Hz	-
R3	3	x	49	0	15	64	59 dB / 100.00 Hz	-
R4	3	z	55	0	15	70	68 dB / 199.53 Hz	-
R11	0	z	18	0	15	33	29 dB / 199.53 Hz	-
R12	0	z	19	0	15	34	31 dB / 316.23 Hz	-
R13	10	z	18	0	15	33	30 dB / 158.49 Hz	-
R14	20	z	16	0	15	31	29 dB / 398.11 Hz	-
R15	30	z	16	0	15	31	23 dB / 316.23 Hz	-
R16	40	z	16	0	15	31	29 dB / 158.49 Hz	-
R17	60	z	13	0	15	28	24 dB / 316.23 Hz	-

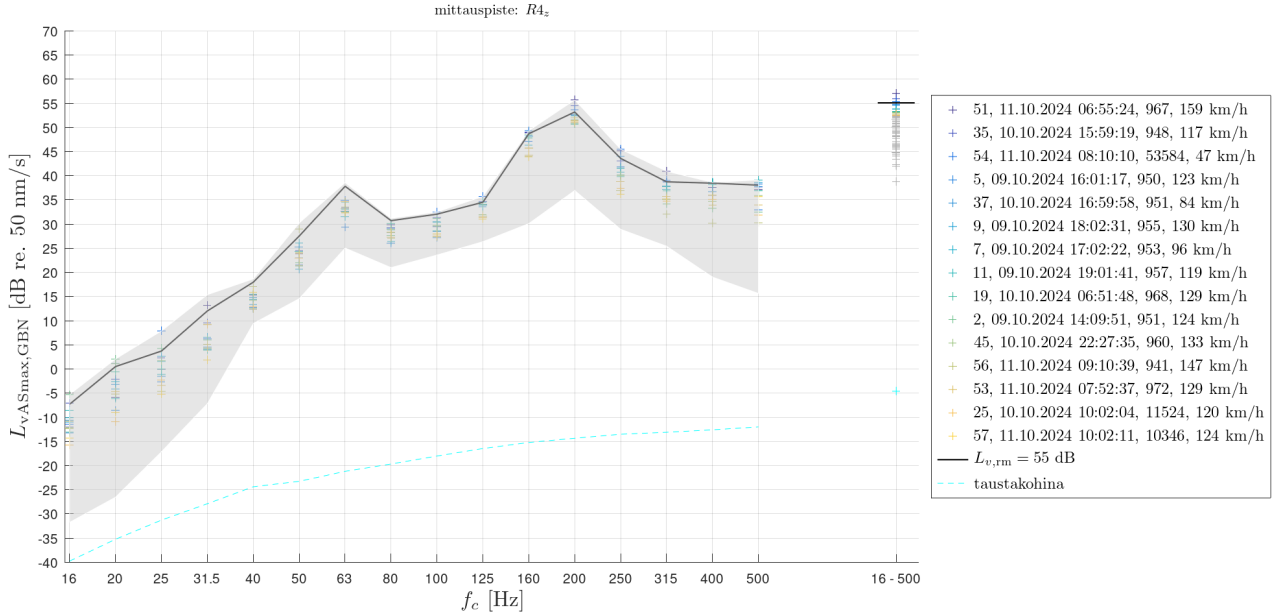
$L_{p,rm} = L_{v,rm} + C_{b1} + C_{b2}$
$L_{p,rm}$: Runkomelutaso
$L_{v,rm}$: Runkomelun herätetaso
C_{b1}: Maaperästä rakennusrunkoon kytkeytyminen
C_{b2}: Värähtelystä ilmaääneksi kytkeytyminen
Etäisyys: vaakasuuntainen etäisyys rataan [m]

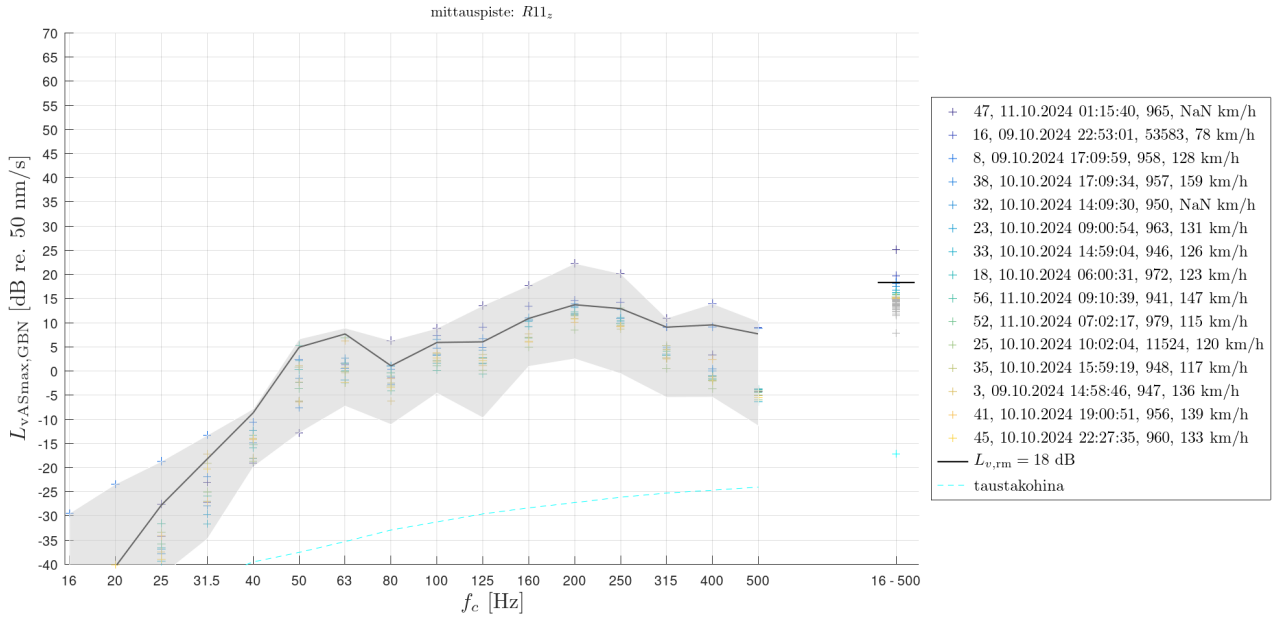
4.1 $Lv_{\mathrm{ASmax,GBN}}$

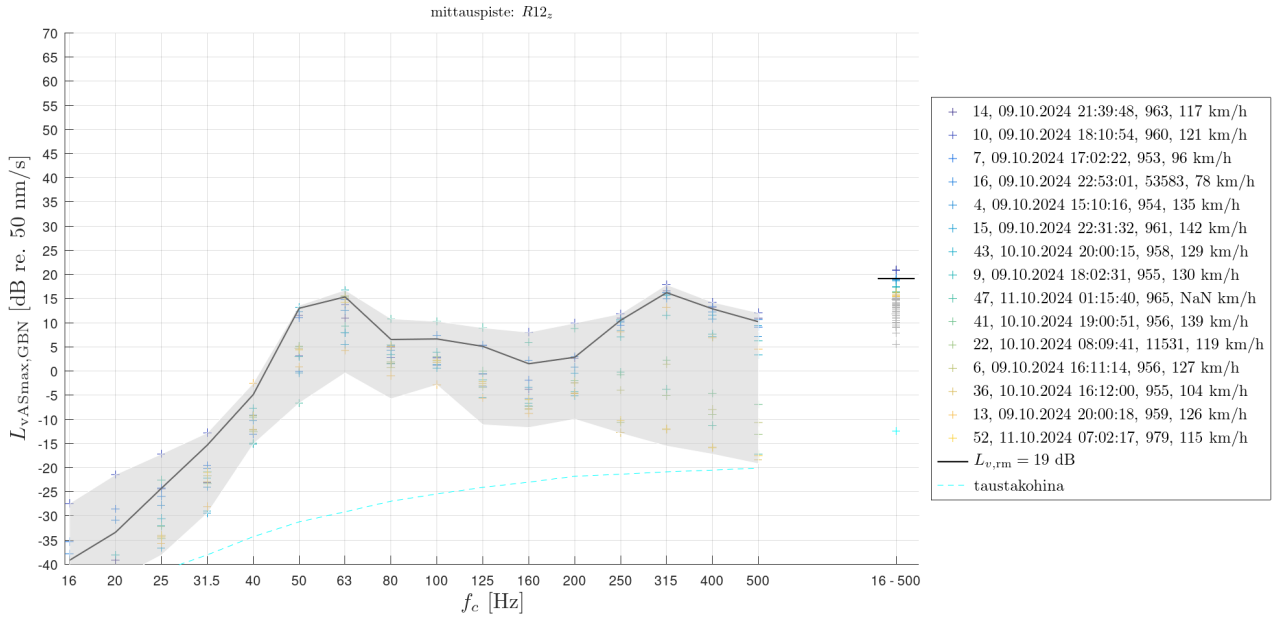


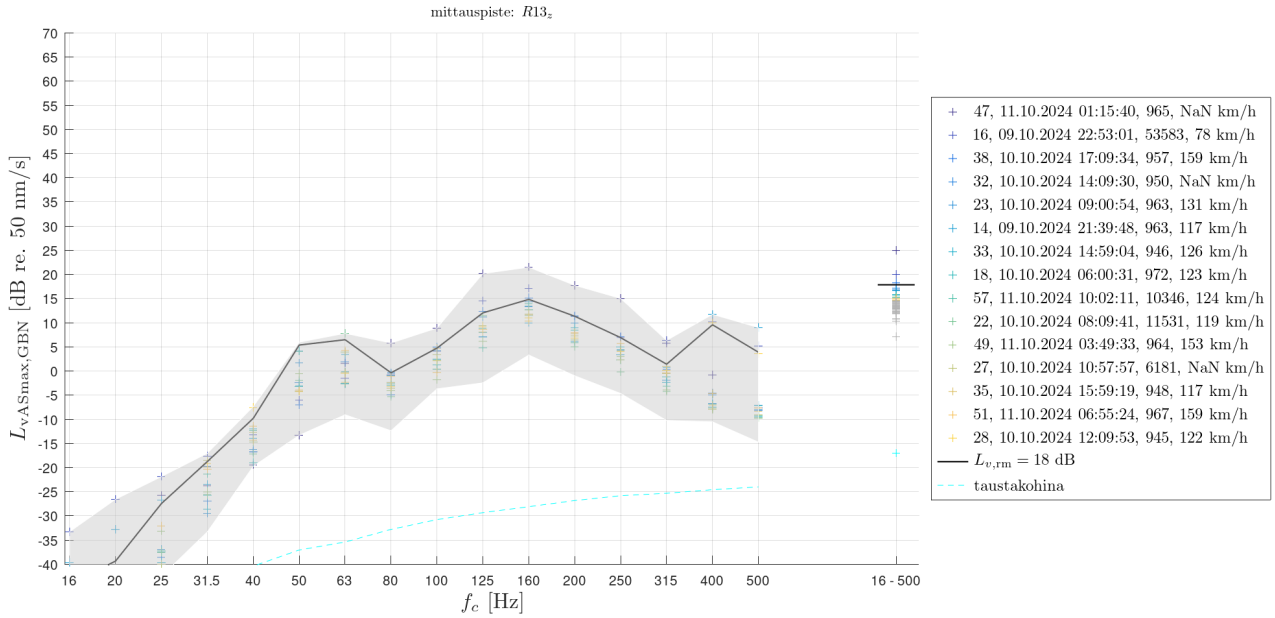


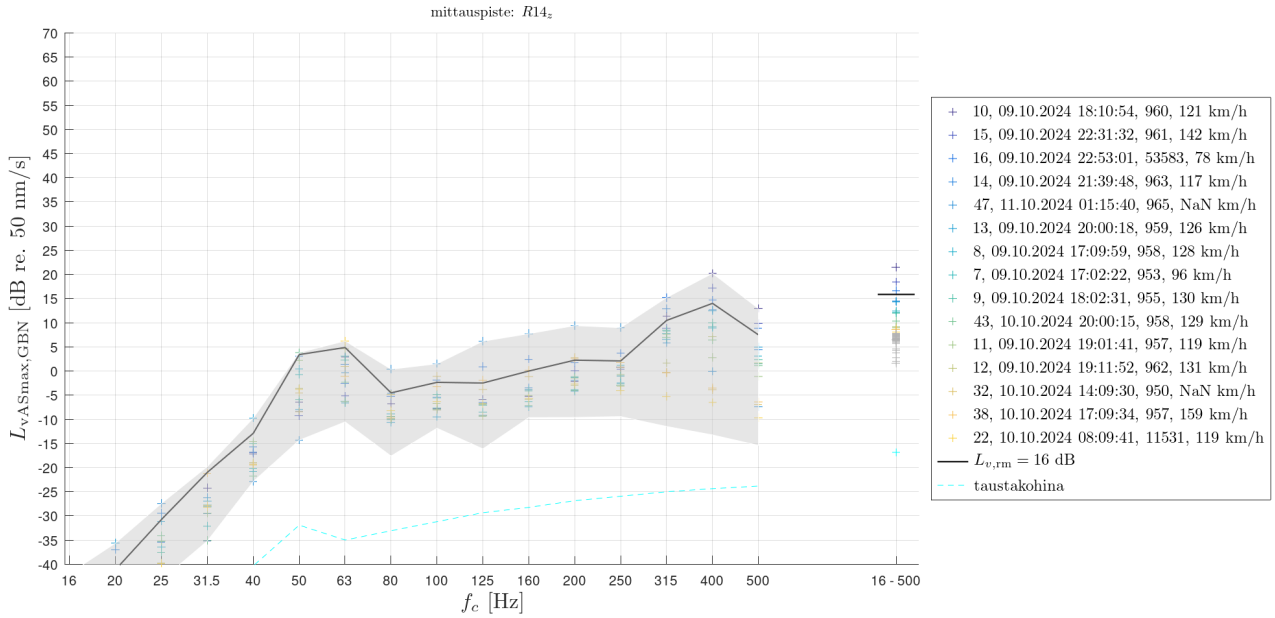

mittauspiste: $R3_x$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
47, 11.10.2024 01:15:40, 965, NaN km/h
16, 09.10.2024 22:53:01, 53583, 78 km/h
45, 10.10.2024 22:27:35, 960, 133 km/h
38, 10.10.2024 17:09:34, 957, 159 km/h
27, 10.10.2024 10:57:57, 6181, NaN km/h
35, 10.10.2024 15:59:19, 948, 117 km/h
28, 10.10.2024 12:09:53, 945, 122 km/h
32, 10.10.2024 14:09:30, 950, NaN km/h
52, 11.10.2024 07:02:17, 979, 115 km/h
18, 10.10.2024 06:00:31, 972, 123 km/h
54, 11.10.2024 08:10:10, 53584, 47 km/h
23, 10.10.2024 09:00:54, 963, 131 km/h
40, 10.10.2024 18:09:33, 959, 121 km/h
30, 10.10.2024 13:09:09, 947, 158 km/h
50, 11.10.2024 06:13:54, 968, 126 km/h
$L_{v,\mathrm{rm}} = 49$ dB
taustakohina

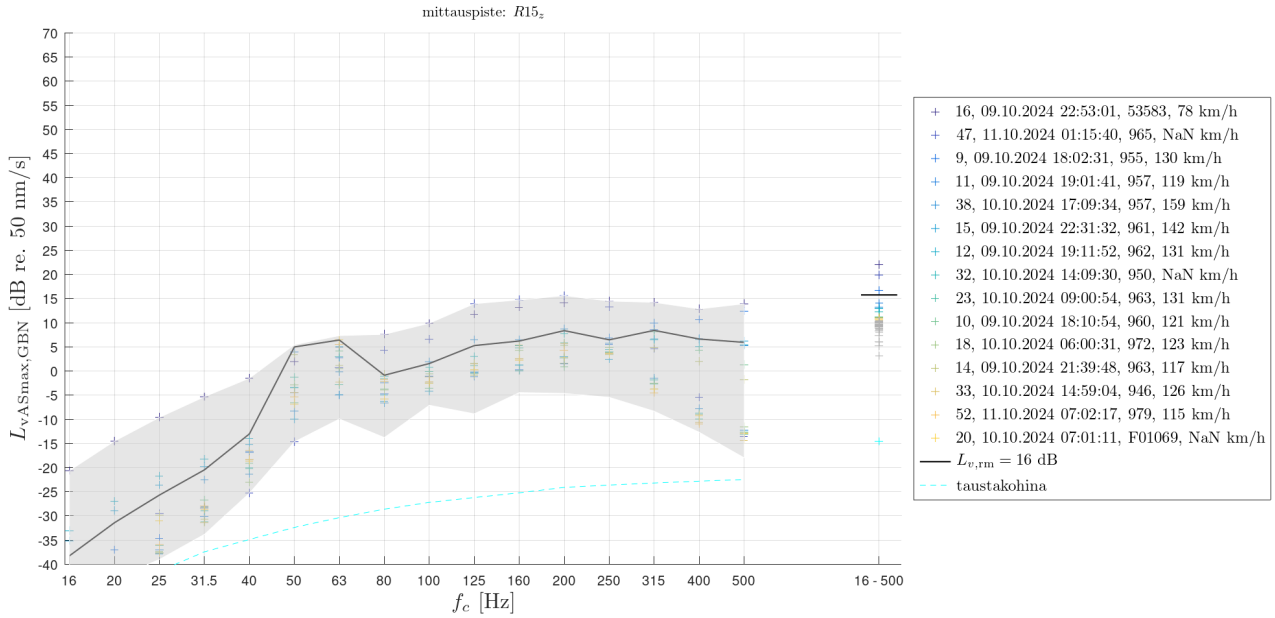

mittauspiste: $R4_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
51, 11.10.2024 06:55:24, 967, 159 km/h
35, 10.10.2024 15:59:19, 948, 117 km/h
54, 11.10.2024 08:10:10, 53584, 47 km/h
5, 09.10.2024 16:01:17, 950, 123 km/h
37, 10.10.2024 16:59:58, 951, 84 km/h
9, 09.10.2024 18:02:31, 955, 130 km/h
7, 09.10.2024 17:02:22, 953, 96 km/h
11, 09.10.2024 19:01:41, 957, 119 km/h
19, 10.10.2024 06:51:48, 968, 129 km/h
2, 09.10.2024 14:09:51, 951, 124 km/h
45, 10.10.2024 22:27:35, 960, 133 km/h
56, 11.10.2024 09:10:39, 941, 147 km/h
53, 11.10.2024 07:52:37, 972, 129 km/h
25, 10.10.2024 10:02:04, 11524, 120 km/h
57, 11.10.2024 10:02:11, 10346, 124 km/h
$L_{v,\mathrm{rm}} = 55$ dB
taustakohina

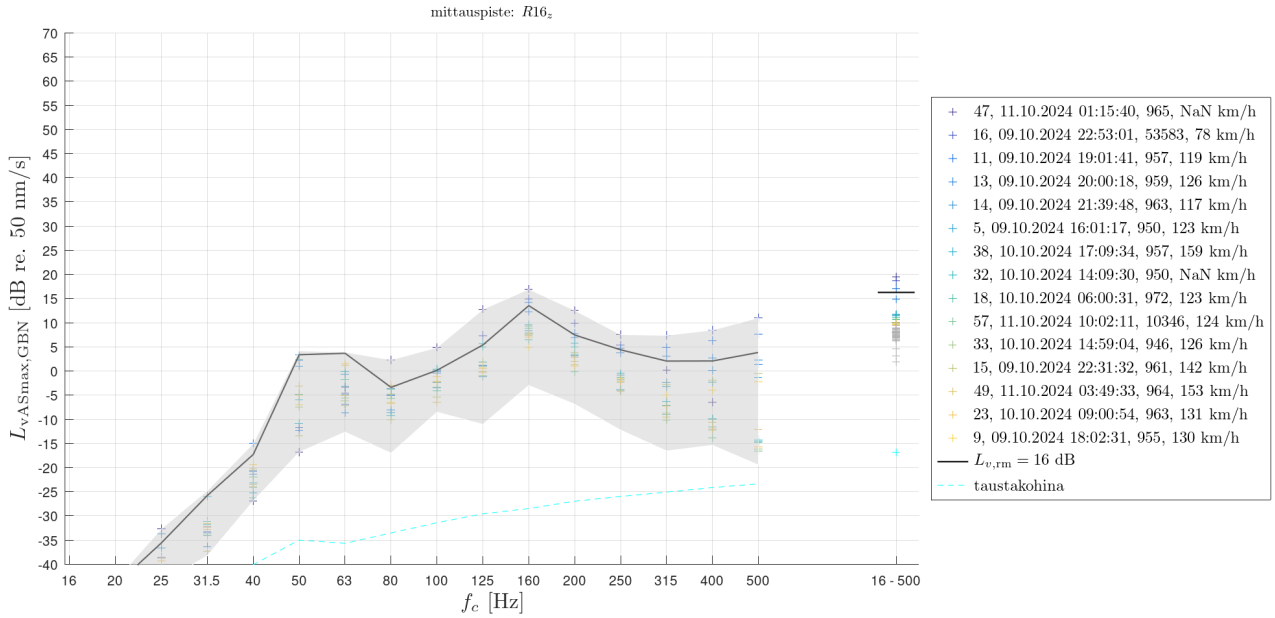

mittauspiste: $R11_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
47, 11.10.2024 01:15:40, 965, NaN km/h
16, 09.10.2024 22:53:01, 53583, 78 km/h
8, 09.10.2024 17:09:59, 958, 128 km/h
38, 10.10.2024 17:09:34, 957, 159 km/h
32, 10.10.2024 14:09:30, 950, NaN km/h
23, 10.10.2024 09:00:54, 963, 131 km/h
33, 10.10.2024 14:59:04, 946, 126 km/h
18, 10.10.2024 06:00:31, 972, 123 km/h
56, 11.10.2024 09:10:39, 941, 147 km/h
52, 11.10.2024 07:02:17, 979, 115 km/h
25, 10.10.2024 10:02:04, 11524, 120 km/h
35, 10.10.2024 15:59:19, 948, 117 km/h
3, 09.10.2024 14:58:46, 947, 136 km/h
41, 10.10.2024 19:00:51, 956, 139 km/h
45, 10.10.2024 22:27:35, 960, 133 km/h
$L_{v,rm} = 18$ dB
taustakohina

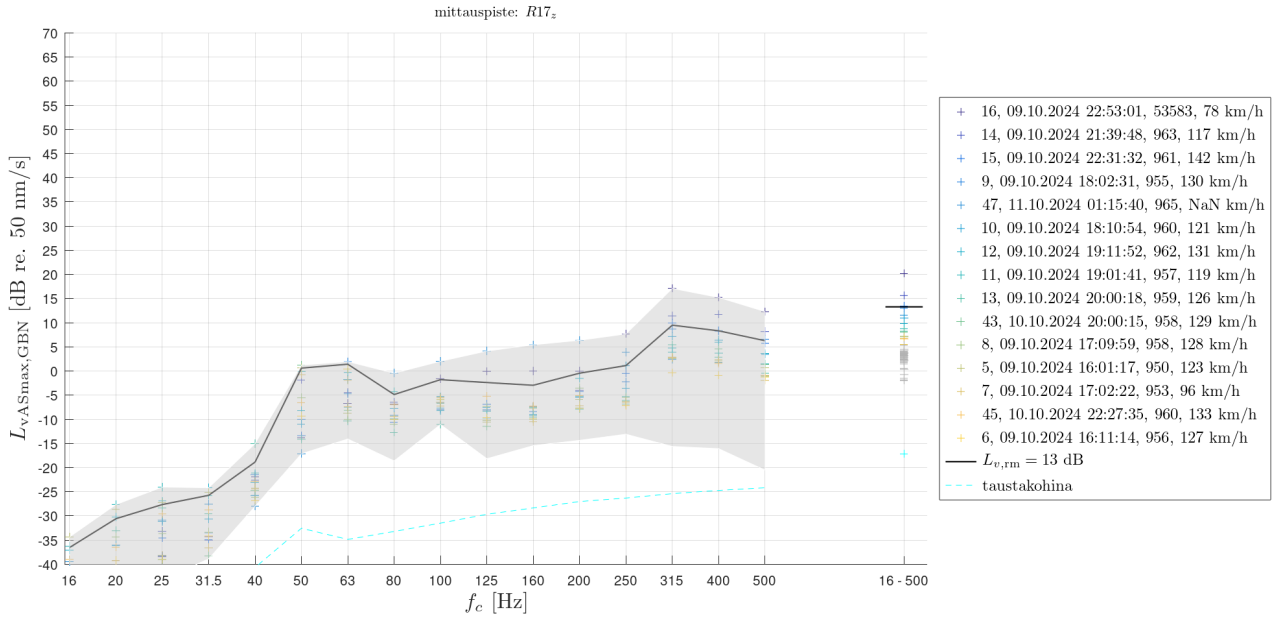

mittauspiste: $R12_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
14, 09.10.2024 21:39:48, 963, 117 km/h
10, 09.10.2024 18:10:54, 960, 121 km/h
7, 09.10.2024 17:02:22, 953, 96 km/h
16, 09.10.2024 22:53:01, 53583, 78 km/h
4, 09.10.2024 15:10:16, 954, 135 km/h
15, 09.10.2024 22:31:32, 961, 142 km/h
43, 10.10.2024 20:00:15, 958, 129 km/h
9, 09.10.2024 18:02:31, 955, 130 km/h
47, 11.10.2024 01:15:40, 965, NaN km/h
41, 10.10.2024 19:00:51, 956, 139 km/h
22, 10.10.2024 08:09:41, 11531, 119 km/h
6, 09.10.2024 16:11:14, 956, 127 km/h
36, 10.10.2024 16:12:00, 955, 104 km/h
13, 09.10.2024 20:00:18, 959, 126 km/h
52, 11.10.2024 07:02:17, 979, 115 km/h
$L_{v,rm} = 19$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R13_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
47, 11.10.2024 01:15:40, 965, NaN km/h
16, 09.10.2024 22:53:01, 53583, 78 km/h
38, 10.10.2024 17:09:34, 957, 159 km/h
32, 10.10.2024 14:09:30, 950, NaN km/h
23, 10.10.2024 09:00:54, 963, 131 km/h
14, 09.10.2024 21:39:48, 963, 117 km/h
33, 10.10.2024 14:59:04, 946, 126 km/h
18, 10.10.2024 06:00:31, 972, 123 km/h
57, 11.10.2024 10:02:11, 10346, 124 km/h
22, 10.10.2024 08:09:41, 11531, 119 km/h
49, 11.10.2024 03:49:33, 964, 153 km/h
27, 10.10.2024 10:57:57, 6181, NaN km/h
35, 10.10.2024 15:59:19, 948, 117 km/h
51, 11.10.2024 06:55:24, 967, 159 km/h
28, 10.10.2024 12:09:53, 945, 122 km/h
$L_{v,rm} = 18$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R14_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
10, 09.10.2024 18:10:54, 960, 121 km/h
15, 09.10.2024 22:31:32, 961, 142 km/h
16, 09.10.2024 22:53:01, 53583, 78 km/h
14, 09.10.2024 21:39:48, 963, 117 km/h
47, 11.10.2024 01:15:40, 965, NaN km/h
13, 09.10.2024 20:00:18, 959, 126 km/h
8, 09.10.2024 17:09:59, 958, 128 km/h
7, 09.10.2024 17:02:22, 953, 96 km/h
9, 09.10.2024 18:02:31, 955, 130 km/h
43, 10.10.2024 20:00:15, 958, 129 km/h
11, 09.10.2024 19:01:41, 957, 119 km/h
12, 09.10.2024 19:11:52, 962, 131 km/h
32, 10.10.2024 14:09:30, 950, NaN km/h
38, 10.10.2024 17:09:34, 957, 159 km/h
22, 10.10.2024 08:09:41, 11531, 119 km/h
$L_{v,rm} = 16$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R15_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
16, 09.10.2024 22:53:01, 53583, 78 km/h
47, 11.10.2024 01:15:40, 965, NaN km/h
9, 09.10.2024 18:02:31, 955, 130 km/h
11, 09.10.2024 19:01:41, 957, 119 km/h
38, 10.10.2024 17:09:34, 957, 159 km/h
15, 09.10.2024 22:31:32, 961, 142 km/h
12, 09.10.2024 19:11:52, 962, 131 km/h
32, 10.10.2024 14:09:30, 950, NaN km/h
23, 10.10.2024 09:00:54, 963, 131 km/h
10, 09.10.2024 18:10:54, 960, 121 km/h
18, 10.10.2024 06:00:31, 972, 123 km/h
14, 09.10.2024 21:39:48, 963, 117 km/h
33, 10.10.2024 14:59:04, 946, 126 km/h
52, 11.10.2024 07:02:17, 979, 115 km/h
20, 10.10.2024 07:01:11, F01069, NaN km/h
$L_{v,\mathrm{rm}} = 16$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R16_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
47, 11.10.2024 01:15:40, 965, NaN km/h
16, 09.10.2024 22:53:01, 53583, 78 km/h
11, 09.10.2024 19:01:41, 957, 119 km/h
13, 09.10.2024 20:00:18, 959, 126 km/h
14, 09.10.2024 21:39:48, 963, 117 km/h
5, 09.10.2024 16:01:17, 950, 123 km/h
38, 10.10.2024 17:09:34, 957, 159 km/h
32, 10.10.2024 14:09:30, 950, NaN km/h
18, 10.10.2024 06:00:31, 972, 123 km/h
57, 11.10.2024 10:02:11, 10346, 124 km/h
33, 10.10.2024 14:59:04, 946, 126 km/h
15, 09.10.2024 22:31:32, 961, 142 km/h
49, 11.10.2024 03:49:33, 964, 153 km/h
23, 10.10.2024 09:00:54, 963, 131 km/h
9, 09.10.2024 18:02:31, 955, 130 km/h
$L_{v,\mathrm{rm}} = 16$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R17_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16
20
25
31.5
40
50
63
80
100
125
160
200
250
315
400
500
16 - 500
16, 09.10.2024 22:53:01, 53583, 78 km/h
14, 09.10.2024 21:39:48, 963, 117 km/h
15, 09.10.2024 22:31:32, 961, 142 km/h
9, 09.10.2024 18:02:31, 955, 130 km/h
47, 11.10.2024 01:15:40, 965, NaN km/h
10, 09.10.2024 18:10:54, 960, 121 km/h
12, 09.10.2024 19:11:52, 962, 131 km/h
11, 09.10.2024 19:01:41, 957, 119 km/h
13, 09.10.2024 20:00:18, 959, 126 km/h
43, 10.10.2024 20:00:15, 958, 129 km/h
8, 09.10.2024 17:09:59, 958, 128 km/h
5, 09.10.2024 16:01:17, 950, 123 km/h
7, 09.10.2024 17:02:22, 953, 96 km/h
45, 10.10.2024 22:27:35, 960, 133 km/h
6, 09.10.2024 16:11:14, 956, 127 km/h
$L_{v,\mathrm{rm}} = 13$ dB
taustakohina

4.2 Kuvia mittauksista

Kuva 2: Mittausalue tunnelin päällä kalliolla.

Kuva 3: Kiihtyvyysanturit asennettiin ruuviankkureilla kallion pintaan.

Kuva 4: Tunnelissa mittauspisteet R1 ja R2 asennettiin kiskoon ja pölkkyyn. Kuvassa näkyy myös mobiliteettimittauksissa käytetty impulssivasara.

A-INSINÖÖRIT

FINAS
Finnish Accreditation Service
T299 (EN ISO/IEC 17025)

MITTAUSRAPORTTI

Runkomelu mitattiin standardien ISO 14837-1 & VTT 2468 mukaisesti

1 Projektitiedot

Tilaaja	Lentorata Oy & Itärata Oy	Tekijä	A-Insinöörit Suunnittelu Oy Bertel Jungin aukio 9 02600 Espoo
Projektinumero	15-1006	Mittauspäivät	14.-21.10.2024
Kohde	Savion tunneli	Mittaajat	Sakari Tervo, Juho Liski, Benjamin Oksanen
Kohteen osoite	Harmaahylkeentie, Vantaa	Tarkastaja	Timo Huhtala
		Päivämäärä	22.11.2024

1.1 Epävarmuus

Raportoitu laajennettu mittausepävarmuus perustuu normaaliin epävarmuuteen, joka on kerrottu kertoimella $k = 2$, joka vastaa noin 95 % todennäköisyyttä. Mittausepävarmuus on arvioitu EA-4/02 ohjeen mukaisesti ja se ottaa huomioon olosuhteista ja mittalaitteista johtuvat epävarmuudet.

1.2 Sääolosuhteet

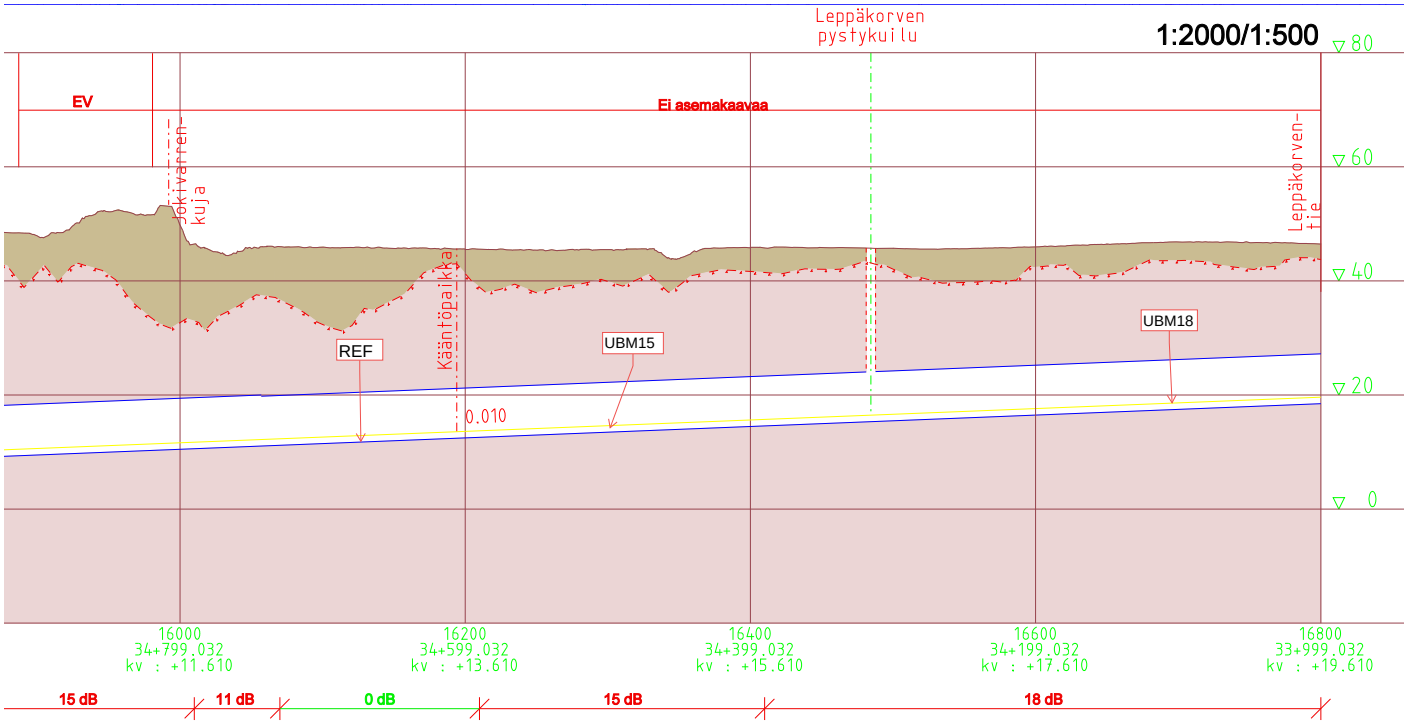
Suure	Keskiarvo	Pienin	Suurin
Lämpötila	7,7° C	-1,7° C	13° C
Routa	- cm	-	-

Lähde: FMI Helsinki-Vantaan Lentoasema

2 Mittalaitteet

Mittauspiste	Laite	Tyyppi	Sarjanro	Kalibrointi	Asennus/Paikka
ref	datatallennin	RION-DA21	00500753	21.4.2023	
ubm15	datatallennin	RION-DA21	00500765	21.4.2023	
ubm18	datatallennin	RION-DA21	01120979	21.4.2023	
R1ref	kiihtyvyysanturi	WR 732A	2594	7.3.2024	C/kisko
R2ref	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20099	21.3.2024	B/tunneli
R3ref	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22062	7.3.2024	B/tunneli
R4ref	kiihtyvyysanturi	WR 793L	11353		B/tunneli
R1ubm15	kiihtyvyysanturi	WR 732A	2624	7.3.2024	C/kisko
R2ubm15	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22220	7.3.2024	B/tunneli
R3ubm15	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22221	7.3.2024	B/tunneli
R4ubm15	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22223	21.3.2024	B/tunneli
R1ubm18	kiihtyvyysanturi	WR 732A	2592	7.3.2024	C/kisko
R2ubm18	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20004	7.3.2024	B/tunneli
R3ubm18	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	20005	21.3.2024	B/tunneli
R4ubm18	kiihtyvyysanturi	MMF KS48C	22222	7.3.2024	B/tunneli

z: pystysuunta, y: vaakasuunta
A: Liimaus, B: Ruuvi, C: Magneetti



Kuva 1: Mittausalueet tunnelin pituusleikkauksessa.

2.1 Mitatut liikennetapahtumat

Liikennetietojen lähde Fintraffic / Digitraffic, CC 4.0 BY

	N [kpl]
T	37
VET	14

T: Tavarajuna, VET: Veturi

3 Mittauspisteet

Mitattu suure	Mittauspiste	Suunta	Asennus	GPSy	GPSx	Huomioita
kiihtyvyys	R1ref	z	magneetti			kisko
kiihtyvyys	R2ref	y	kiila-ankkuri			tunneliseinä
kiihtyvyys	R3ref	z	kiila-ankkuri			tunneliseinä
kiihtyvyys	R4ref	y	kiila-ankkuri			tunneliseinä
kiihtyvyys	R1ubm15	z	magneetti			kisko
kiihtyvyys	R2ubm15	y	kiila-ankkuri			tunneliseinä
kiihtyvyys	R3ubm15	z	kiila-ankkuri			tunneliseinä
kiihtyvyys	R4ubm15	y	kiila-ankkuri			tunneliseinä
kiihtyvyys	R1ubm18	z	magneetti			kisko
kiihtyvyys	R2ubm18	y	kiila-ankkuri			tunneliseinä
kiihtyvyys	R3ubm18	z	kiila-ankkuri			tunneliseinä
kiihtyvyys	R4ubm18	y	kiila-ankkuri			tunneliseinä

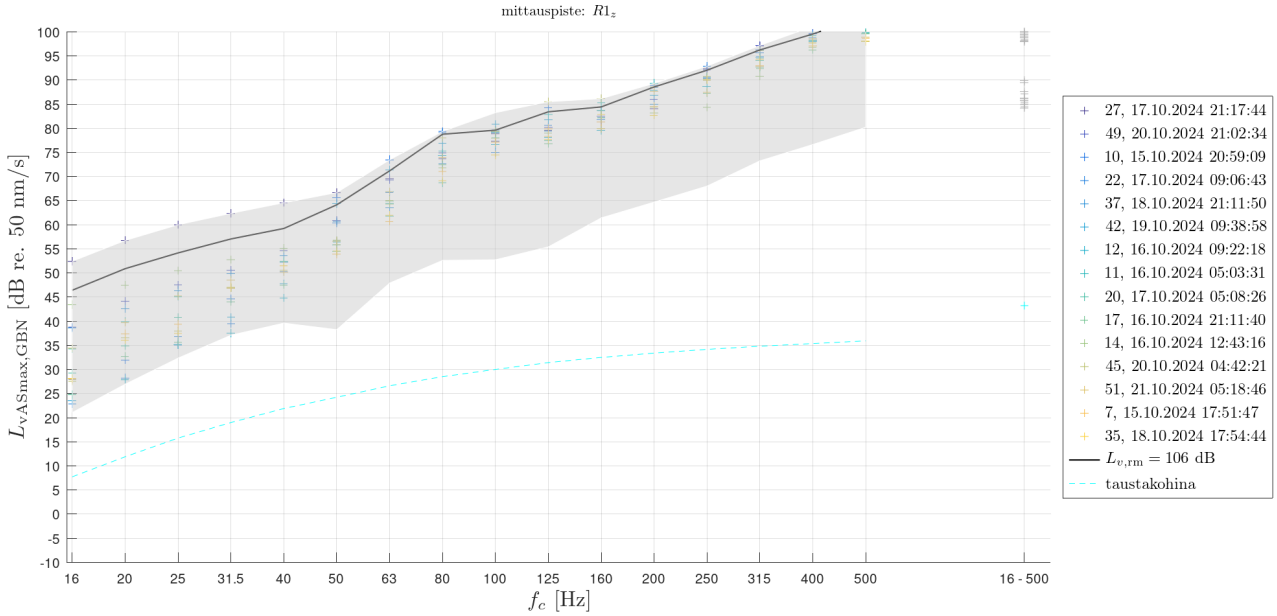
4 Mittaustulokset

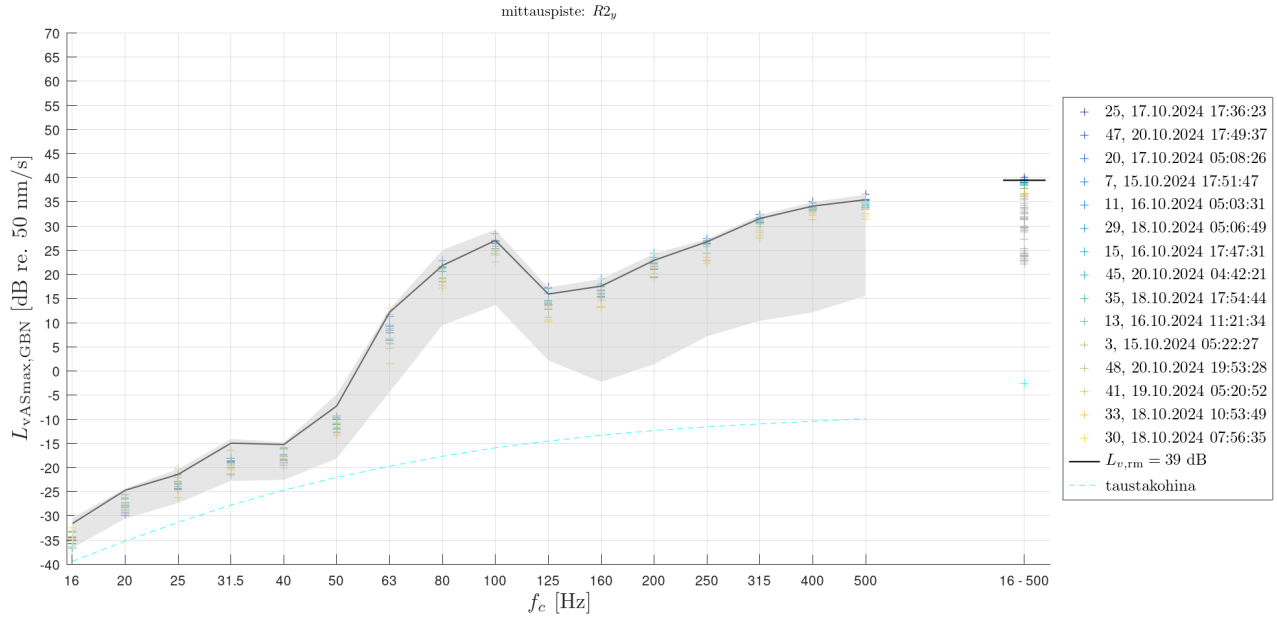
Piste	Kuvaus	Suunta	$L_{v,rm}$ [dB]	C_{b1} [dB]	C_{b2} [dB]	$L_{p,rm}$ [dB]	max($L_{p,rm}(f_c)$)/f_c	Ohjearvo [dB]
R1ref	kisko	z	106	0	0	-	-	-
R2ref	tunneliseinä	z	39	0	0	-	-	-
R3ref	tunneliseinä	y	49	0	0	-	-	-
R4ref	tunneliseinä	y	41	0	0	-	-	-
R1ubm15	kisko	z	105	0	0	-	-	-
R2ubm15	tunneliseinä	y	39	0	0	-	-	-
R3ubm15	tunneliseinä	z	41	0	0	-	-	-
R4ubm15	tunneliseinä	y	26	0	0	-	-	-
R1ubm18	kisko	z	104	0	0	-	-	-
R2ubm18	tunneliseinä	y	24	0	0	-	-	-
R3ubm18	tunneliseinä	z	40	0	0	-	-	-
R4ubm18	tunneliseinä	y	35	0	0	-	-	-

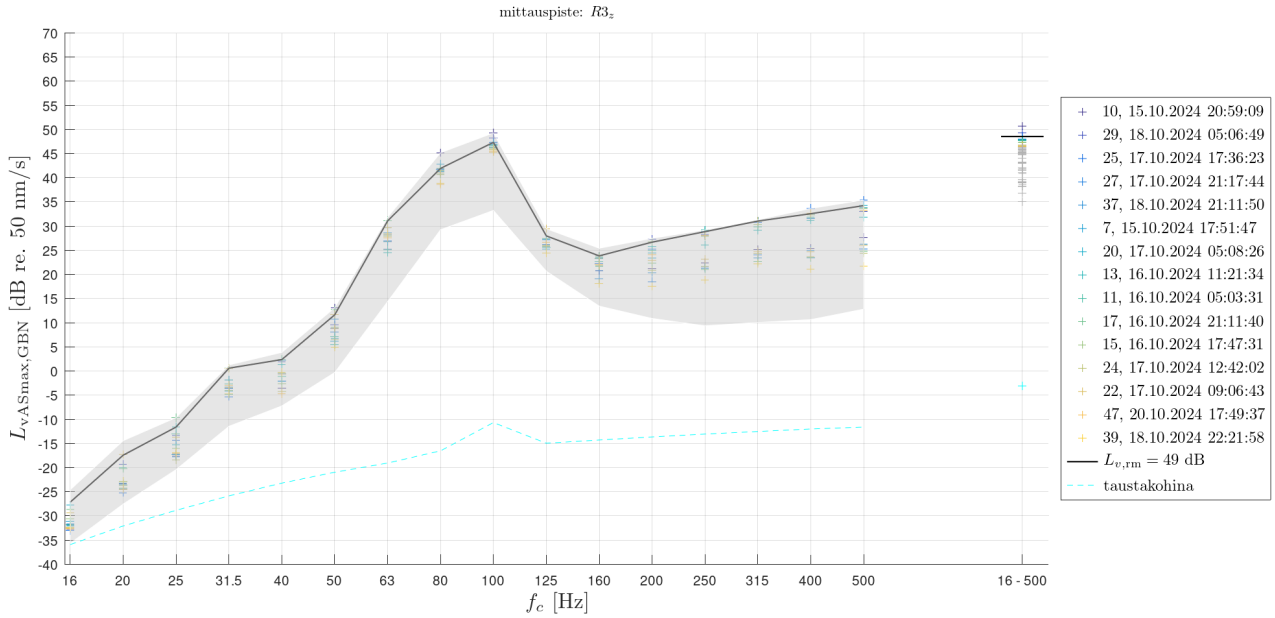
$L_{p,rm} = L_{v,rm} + C_{b1} + C_{b2}$
$L_{p,rm}$: Runkomelutaso
$L_{v,rm}$: Runkomelun herätetaso
$C_{b,1}$: Maaperästä rakennusrunkoon kytkeytyminen
$C_{b,2}$: Värähtelystä ilmaääneksi kytkeytyminen

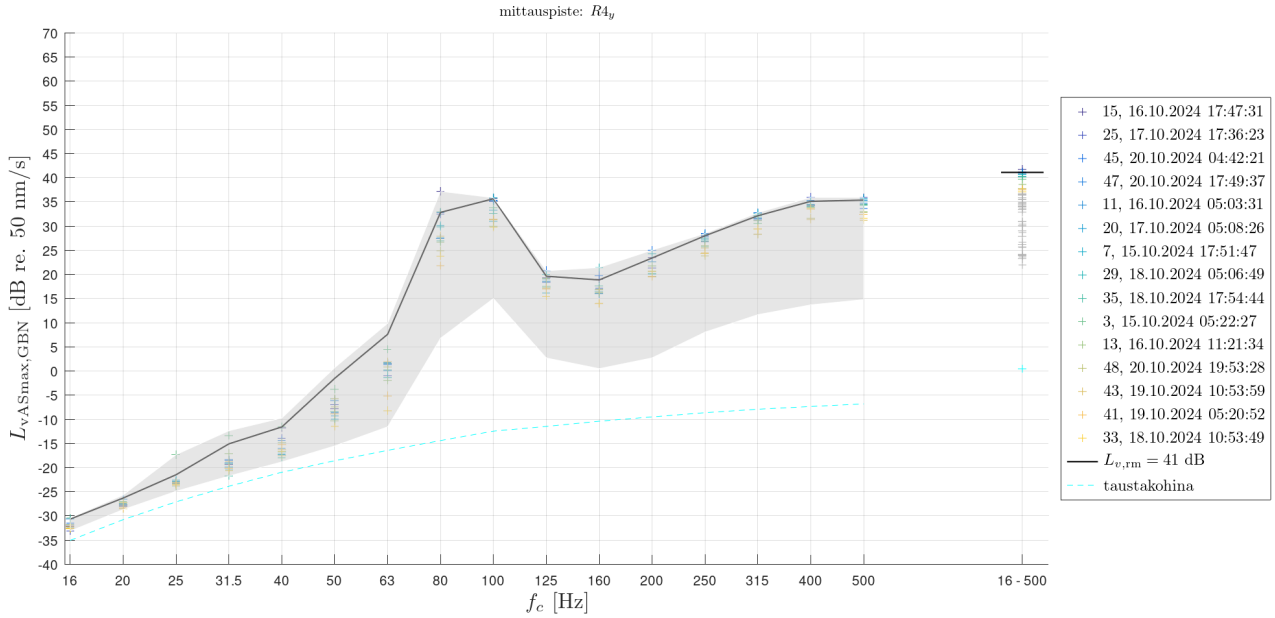
4.1 Runkomelu L_{ASmax}

4.1.1 Refererenssi mittausalue (ref)

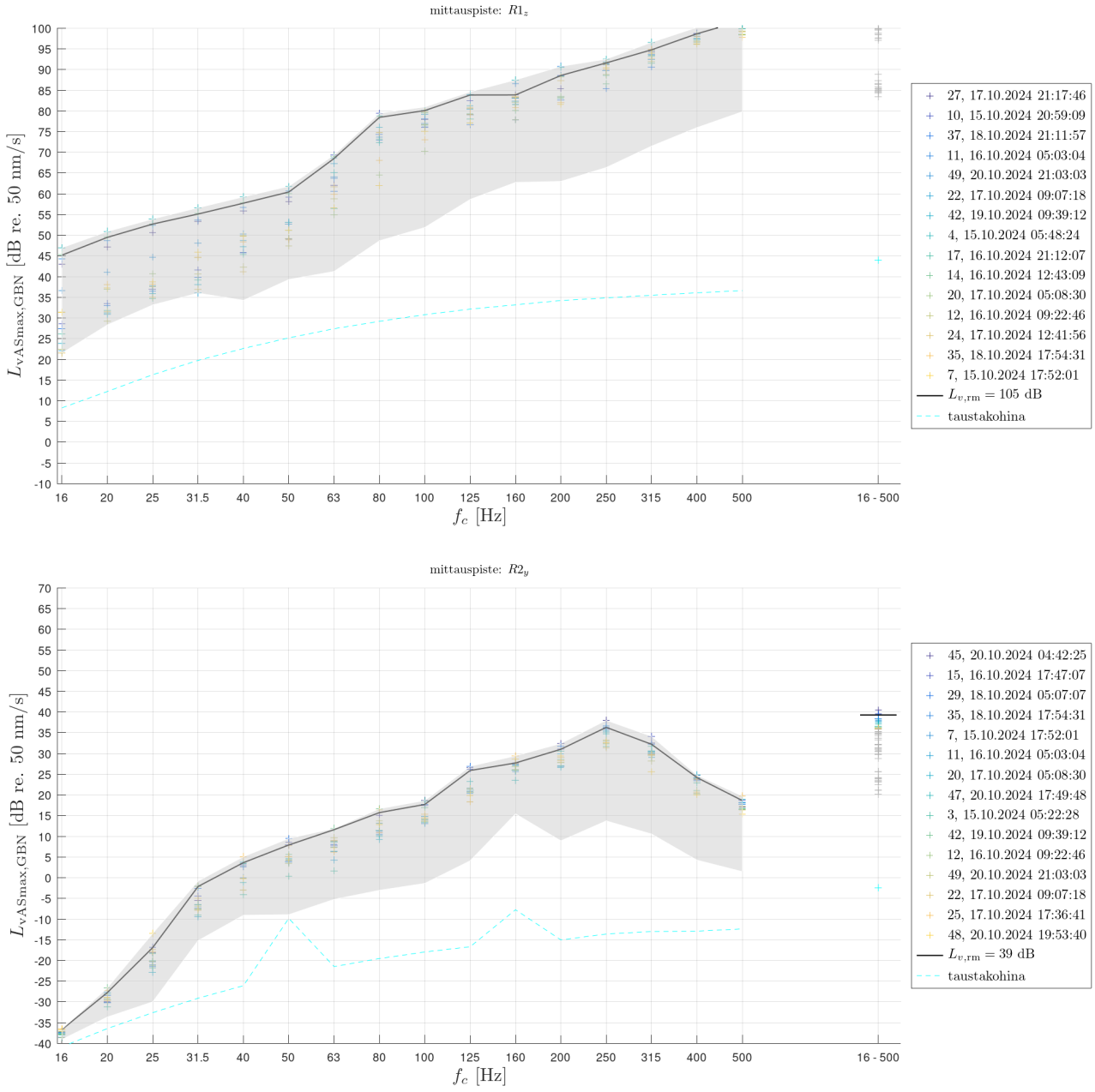


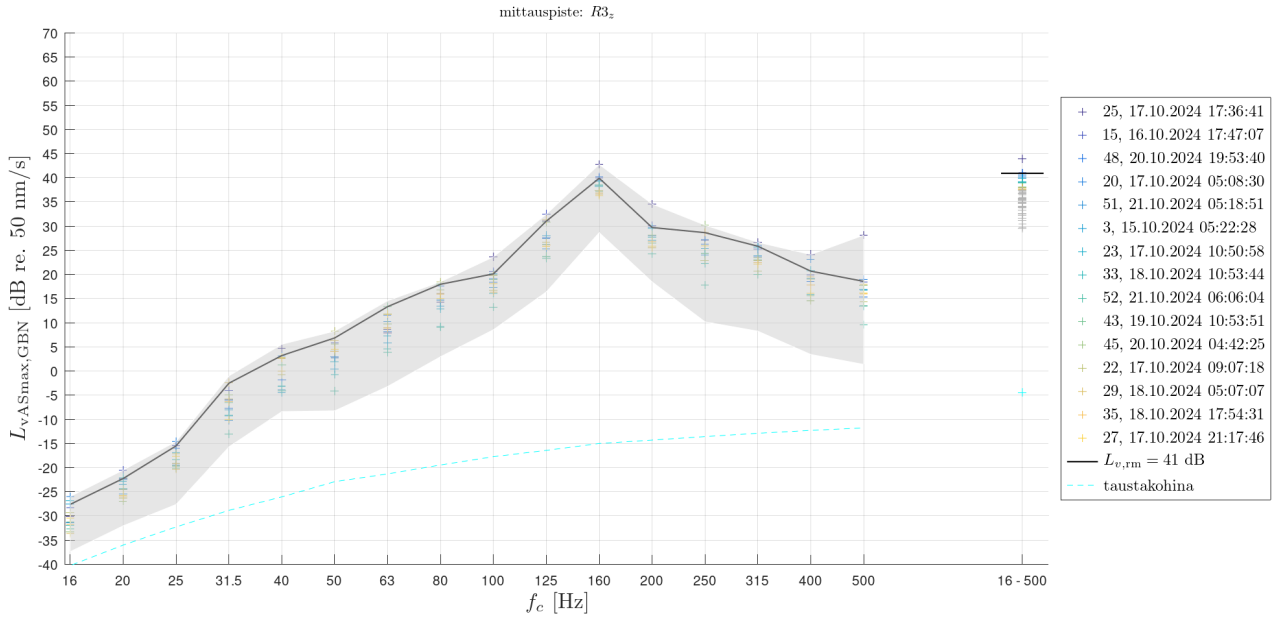


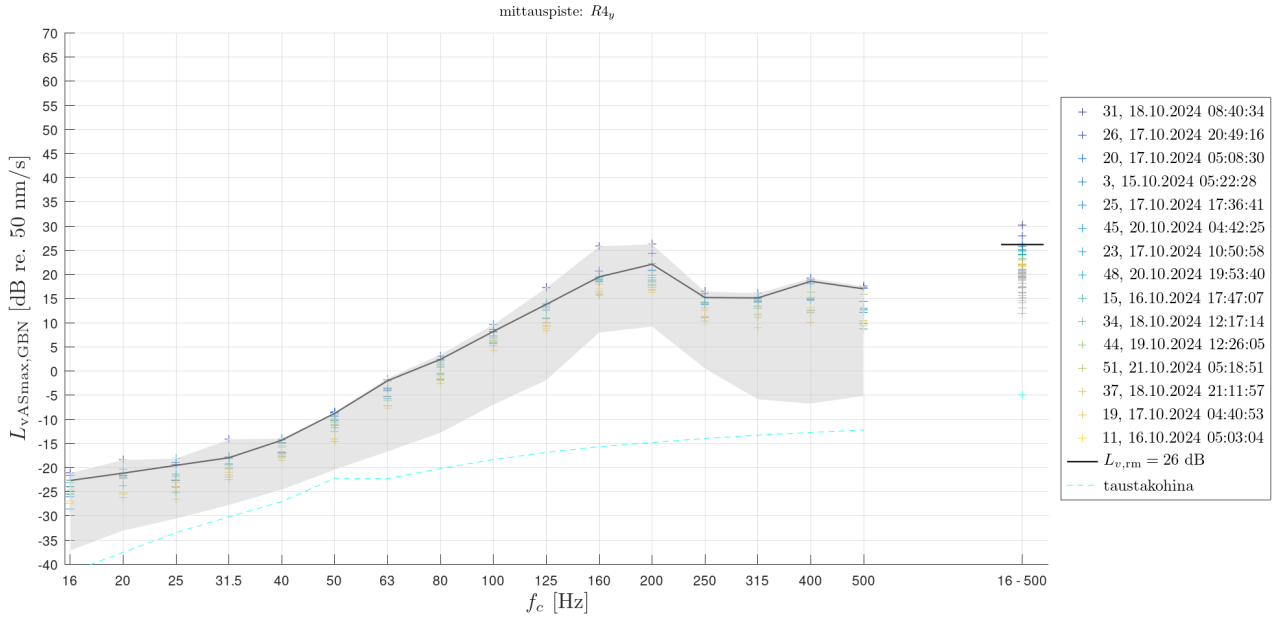

mittauspiste: $R3_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
10, 15.10.2024 20:59:09
29, 18.10.2024 05:06:49
25, 17.10.2024 17:36:23
27, 17.10.2024 21:17:44
37, 18.10.2024 21:11:50
7, 15.10.2024 17:51:47
20, 17.10.2024 05:08:26
13, 16.10.2024 11:21:34
11, 16.10.2024 05:03:31
17, 16.10.2024 21:11:40
15, 16.10.2024 17:47:31
24, 17.10.2024 12:42:02
22, 17.10.2024 09:06:43
47, 20.10.2024 17:49:37
39, 18.10.2024 22:21:58
$L_{v,rm} = 49$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R4_y$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
15, 16.10.2024 17:47:31
25, 17.10.2024 17:36:23
45, 20.10.2024 04:42:21
47, 20.10.2024 17:49:37
11, 16.10.2024 05:03:31
20, 17.10.2024 05:08:26
7, 15.10.2024 17:51:47
29, 18.10.2024 05:06:49
35, 18.10.2024 17:54:44
3, 15.10.2024 05:22:27
13, 16.10.2024 11:21:34
48, 20.10.2024 19:53:28
43, 19.10.2024 10:53:59
41, 19.10.2024 05:20:52
33, 18.10.2024 10:53:49
$L_{v,rm} = 41$ dB
taustakohina

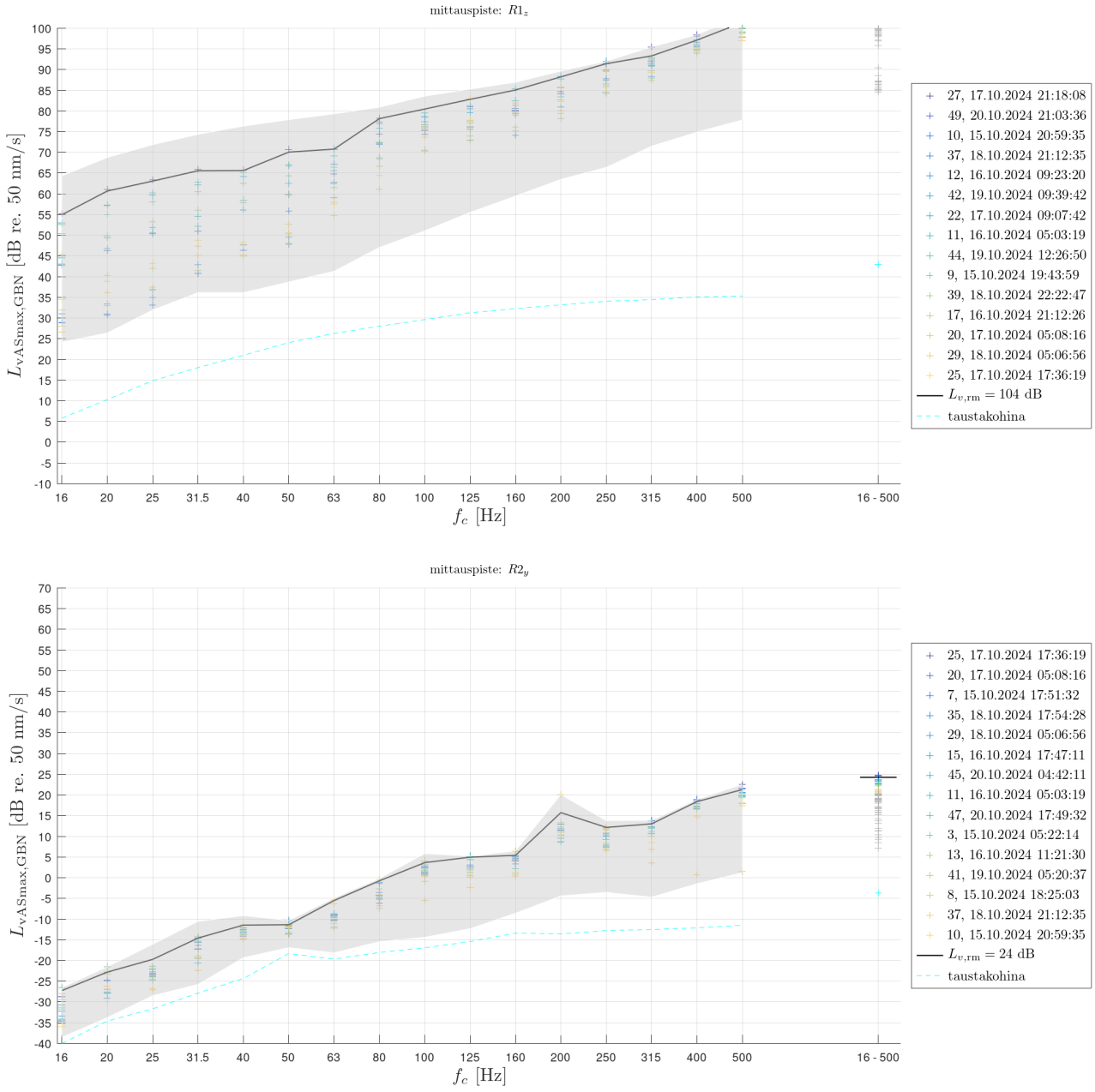
4.1.2 15 dB sepelinalusmaton mittausalue (ubm15)

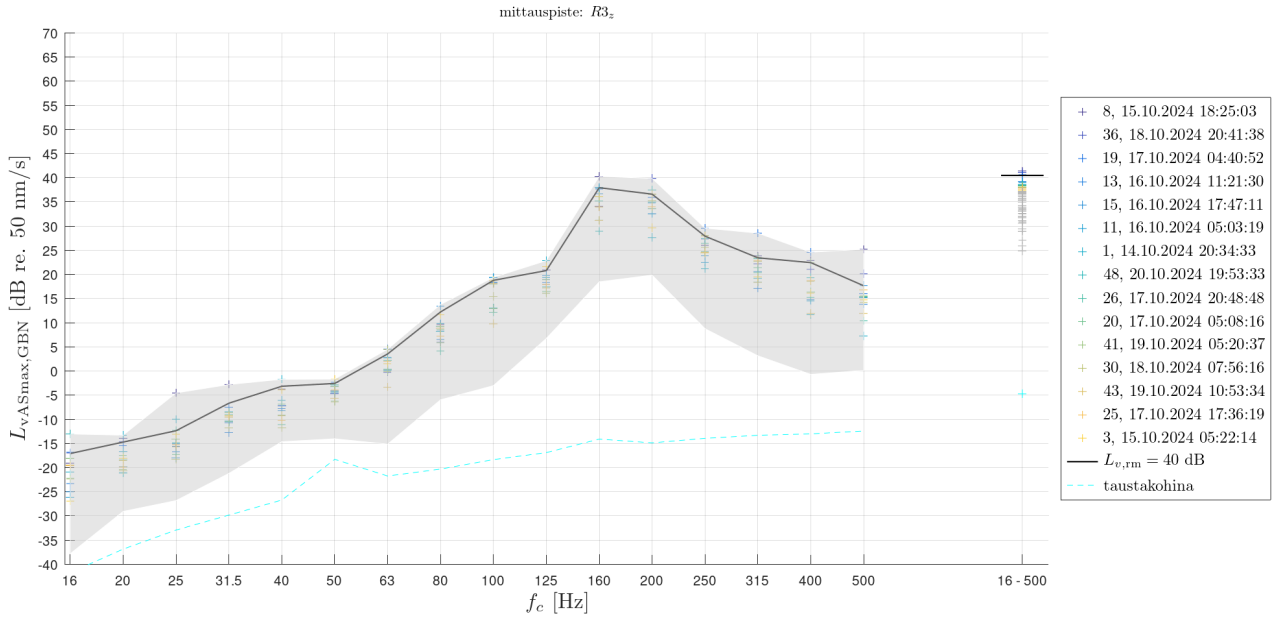


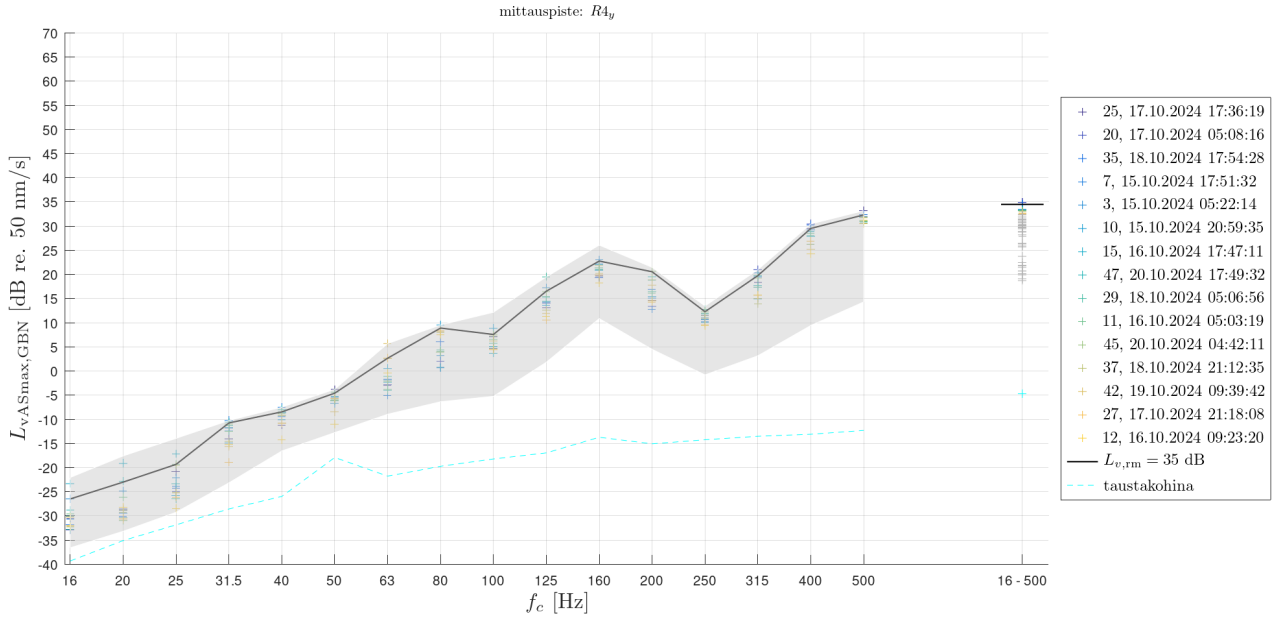

mittauspiste: $R3_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
25, 17.10.2024 17:36:41
15, 16.10.2024 17:47:07
48, 20.10.2024 19:53:40
20, 17.10.2024 05:08:30
51, 21.10.2024 05:18:51
3, 15.10.2024 05:22:28
23, 17.10.2024 10:50:58
33, 18.10.2024 10:53:44
52, 21.10.2024 06:06:04
43, 19.10.2024 10:53:51
45, 20.10.2024 04:42:25
22, 17.10.2024 09:07:18
29, 18.10.2024 05:07:07
35, 18.10.2024 17:54:31
27, 17.10.2024 21:17:46
$L_{v,rm} = 41$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R4_y$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
31, 18.10.2024 08:40:34
26, 17.10.2024 20:49:16
20, 17.10.2024 05:08:30
3, 15.10.2024 05:22:28
25, 17.10.2024 17:36:41
45, 20.10.2024 04:42:25
23, 17.10.2024 10:50:58
48, 20.10.2024 19:53:40
15, 16.10.2024 17:47:07
34, 18.10.2024 12:17:14
44, 19.10.2024 12:26:05
51, 21.10.2024 05:18:51
37, 18.10.2024 21:11:57
19, 17.10.2024 04:40:53
11, 16.10.2024 05:03:04
$L_{v,rm} = 26$ dB
taustakohina

4.1.3 18 dB sepelinalusmaton mittausalue (ubm18)




mittauspiste: $R3_z$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
8, 15.10.2024 18:25:03
36, 18.10.2024 20:41:38
19, 17.10.2024 04:40:52
13, 16.10.2024 11:21:30
15, 16.10.2024 17:47:11
11, 16.10.2024 05:03:19
1, 14.10.2024 20:34:33
48, 20.10.2024 19:53:33
26, 17.10.2024 20:48:48
20, 17.10.2024 05:08:16
41, 19.10.2024 05:20:37
30, 18.10.2024 07:56:16
43, 19.10.2024 10:53:34
25, 17.10.2024 17:36:19
3, 15.10.2024 05:22:14
$L_{v,rm} = 40$ dB
taustakohina


mittauspiste: $R4_y$
$L_{vASmax,GBN}$ [dB re. 50 nm/s]
f_c [Hz]
16 20 25 31.5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 16 - 500
25, 17.10.2024 17:36:19
20, 17.10.2024 05:08:16
35, 18.10.2024 17:54:28
7, 15.10.2024 17:51:32
3, 15.10.2024 05:22:14
10, 15.10.2024 20:59:35
15, 16.10.2024 17:47:11
47, 20.10.2024 17:49:32
29, 18.10.2024 05:06:56
11, 16.10.2024 05:03:19
45, 20.10.2024 04:42:11
37, 18.10.2024 21:12:35
42, 19.10.2024 09:39:42
27, 17.10.2024 21:18:08
12, 16.10.2024 09:23:20
$L_{v,rm} = 35$ dB
taustakohina

4.2 Kuvia mittauksista

Kuva 2: Yleiskuva tunnelista.

Kuva 3: Anturien asennus kiila-ankkurilla tunneliseinään.

Kuva 4: Anturin asennus kiskoon magneetilla