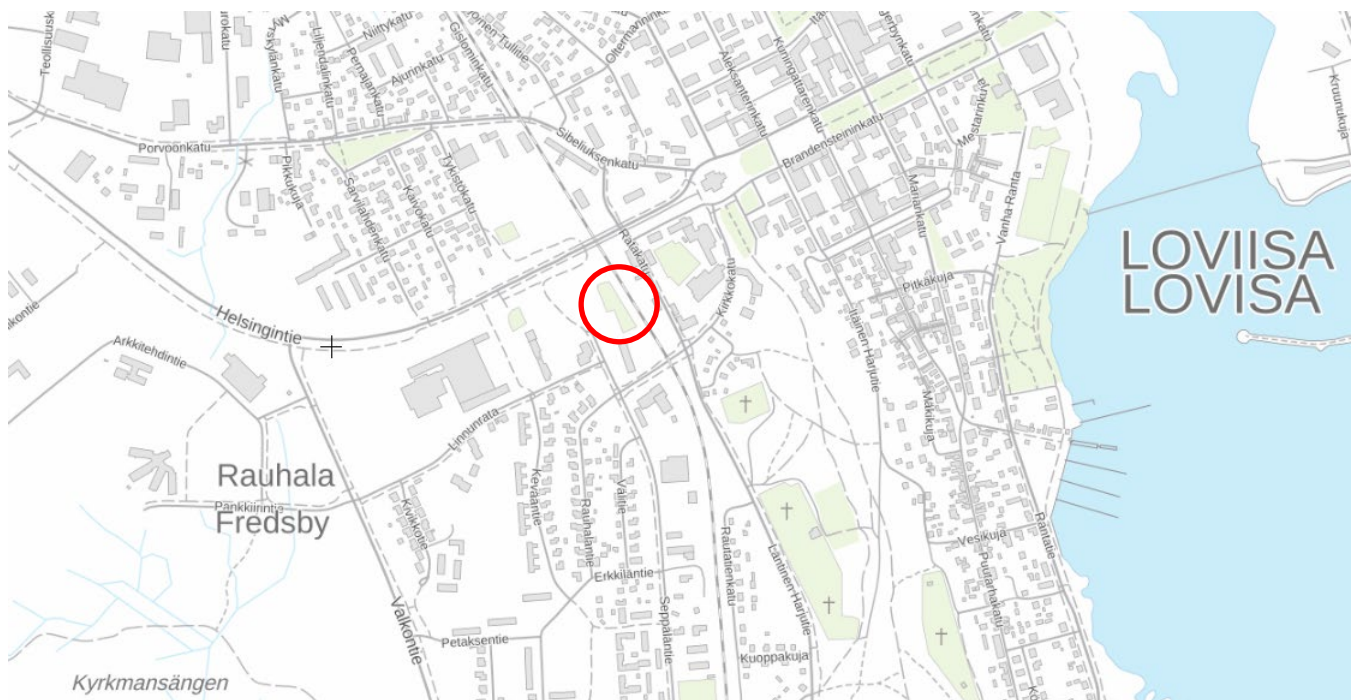


Tilaaaja	Loviisan kaupunki
Kohde	Loviisan AK muutos, korttelit 792-793
Raportin versio	18.9.2023 Päivitetty maaperä- ja perustamistap tiedot sekä vaikutukset runkomelun ja tärinän vaurioitumisalttiuden tarkastelun osalta. Lisätty suositus asemakaavamääräyksestä ja tärinäseinän esimerkkirakenteen kustannusarvio
	25.8.2023 Alkuperäinen raportti
Projekti nro	1510078615
Tekijä	Ramboll Finland Oy PL 25, Itsehallintokuja 3 02601 Espoo
Suunnittelija	Joni Kemppainen, joni.kemppainen@ramboll.fi , +358 40 6196845
Tarkastaja	Joose Takala, joose.takala@ramboll.fi , +358 50 3542127

LOVIISAN AK MUUTOS K792-793

TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS



SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO	2
2.	LÄHTÖKOHDAT	2
2.1	Maaperäolosuhteet	3
2.2	Raideliikenne	4
2.3	Tie- ja katuliikenne	4
3.	OHJEARVOT JA MENETTELYTAVAT	5
3.1	Yleistä	5
3.2	Tärinän ohjearvot	5
3.3	Tärinän aiheuttaman rakenteiden vaurion arviointi ja ohjearvot	6
3.4	Runkomelun ohjearvot	7
4.	VÄRÄHTELYMITTAUSTEN TOTEUTUS	10
5.	TÄRINÄTARKASTELUT	11
5.1	Mitattu maaperän värähtely ja arvioitu siirtyminen rakenteisiin	11
6.	RUNKOMELUTARKASTELUT	18
6.1	Arviointiperusteet	18
6.2	Mittaukset ja tunnusluvut	18
7.	TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET	21
7.1	Tärinä	21
7.2	Runkomelu	21
7.3	Suosituksset tärinän ja runkomelun suhteen	21

1. JOHDANTO

Tämä selvitys liittyy Loviisan asemakaavamuutokseen (Ratapihan 1-alue, korttelit 792 ja 793)
Tässä työssä on selvitetty mittausten perusteella raideliikenteestä aiheutuvan värinän ja runko-
melun voimakkuus suunnittelualueella.

Selvitys perustuu kohdealueella valvomattomina suoritettuihin värähtelymittauksiin 26.6.-
18.7.2023.

2. LÄHTÖKOHDAT

Tämä selvitys perustuu seuraaviin lähtötietoasiakirjoihin:

- Asemakaavaluonnos, Ratapihan 1-alue. Loviisa, 9.3.2023
- Päiväkodin asemapiirustusluonnos (Rauhalantie 93), Art Michael Oy, 31.7.2023

Kohteen asemakaavaluonnos on esitetty kuvassa 2.1 Ja päiväkodin asemapiirrosluonnos on esi-
tetty kuvassa 2.2. Rautatie sijaitsee välittömästi alueen koillispuolella.



Kuva 2.1. Kohteen asemakaavaluonnos (9.3.2023). Päiväkotirakennuksen likimääräinen suunniteltu sijainti on rajattu kuvaan punaisella värillä



Kuva 2.2. Päiväkodin asemapiirustusluonnos (31.7.2023).

2.1 Maaperäolosuhteet

GTK:n maaperäkartta on esitetty kuvassa 2.3.



Kuva 2.3. GTK:n maaperäkartta. Suunnittelualan likimääräinen sijainti on merkitty kuvaan punaisella värillä.

GTK:n maaperäkartan perusteella suunnittelualueen maaperä on kartoittamatonta. Maaperä on hiekkaa suunnittelualueen koillispuolella. Lounaispuolella maaperä on hiekkamoreenia ja osin kauempana myös savea.

Suunnittelualueella on tehty aiemmin maaperätutkimus (WSP, 9.3.2023), jossa on tehty kairauksia sekä suunniteltavan päiväkodin, että asuinrakennusten kohdalta. Selvityksen mukaan maanpinnantasot alueella on noin tasolla +17...+19. Aiempien tutkimusten ja nyt tehdyn tutkimuksen perusteella alueella on noin 0,5...2 metrin paksuinen täyttömaakerros, pääasiassa karkeaa maainesta, jonka alla maaperä on silttiä/savea ja paikoin hiekkaa. Siltti-/savikerroksen alla maaperä muuttuu hiekaksi. Kallion pinnan on todettu olevan naapurikiinteistön 434-871-1-7 pohjoisosassa noin 7 metrin syvyydellä maanpinnasta. Kalliohavainto on tehty pohjavesiputken GA1 asennuksen yhteydessä.

Päiväkodin hankesuunnitelman rakennettavuusselvityksessä (Kymen Sipti Oy, 15.1.2023 on tutkittu maaperää kolmella kairauksella sekä esitetty perustamistavasta suositus (pelkästään päiväkodin osalta). Kairaustulosten perusteella arvioituna irtomaakerrokset koostuvat löyhästä hiekkakerroksesta, jonka alla havaittiin kaikissa pisteissä vaihtelevan paksuinen savikerros. Savikerroksen paksuus vaihteli noin 2 metristä 5.5 metriin ja sen alapuolella pisteissä 8 ja 11 irtomaakerrokset arvioitiin keskitiiviiksi siltiksi. Pisteessä 10 irtomaakerroksien tiiveys vaihteli keskitiiviistä löyhään ja kerrokset koostuivat hiekasta. Kaikissa pisteissä kairausten päättymistapana oli kivi, lohkare tai kallio.

Kohteessa otettiin häiriintyneitä maanäytteitä pisteestä 11 syvyyksiltä 2–3 m ja 5–6 m kairausten perusteella tehdyn maalajiarvion varmistamiseksi. Näyte 2–3 metrin syvyydeltä arvioitiin aistinvaraisesti pehmeäksi saveksi, jonka seassa oli hieman silttistä moreenia. Syvyydeltä 5–6 m otettu näyte arvioitiin aistinvaraisesti pehmeäksi saveksi.

Suoritettujen pohjatutkimusten perusteella suunniteltava rakennus alapohjineen suositellaan perustettavaksi kärjellään kantavien tukipaalujen varaan. Paaluiksi soveltuvat lyömällä asennettavat teräsputki- tai teräsbetonipaalut. Kohteessa voidaan käyttää myös poralla asennettavia teräsputkipaaluja. Käytettävät paalutyypit ja asennustavat tarkennetaan kohteen pohjarakennesuunnitelun ja tarkempien pohjatutkimusten yhteydessä.

2.2 Raideliikenne

Suunnittelualue sijaitsee Loviisan keskustassa junaradan välittömässä läheisyydessä (yksi raide). Rataosalla (Loviisan satama - Lapinjärvi) ei kulje henkilöliikennettä vaan ainoastaan tavaraliikennettä. Paikalla on tasoristeys (Rauhalantie).

Junatietojen (juliadata.fi) mukaan raideliikenne tyypillisesti koostuu yhdestä tavarajunan ja yhden veturin ohituksesta, joka toistuu muutaman päivän välein. Noin kolmen viikon mittausjakson aikana junan ohituksia muodostui yhteensä 12 kpl. Junien nopeusrajoitus kohteen kohdalla on 60 km/h.

2.3 Tie- ja katuliikenne

Suunnittelualueen lähiympäristössä on tavanomaista tonttiliikennettä. Voidaan olettaa, että ajoneuvoliikenne ei aiheuta merkittävää tärinää tai runkomelua.

3. OHJEARVOT JA MENETTELYTAVAT

3.1 Yleistä

VTT:n julkaisua "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT Working Papers 50, Espoo 2006) käytetään Suomessa yleisesti liikennetärinän arvioinnissa. Julkaisussa esitetään tärinän arviointimenettely kolmella eri tarkkuustasolla. Liikennetärinän siirtymistä rakennuksiin voidaan arvioida VTT:n julkaisuilla "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008) ja "Ohjeita liikennetärinän arviointiin" (VTT Tiedotteita 2569, Espoo 2011).

Arviointitasolla 1 tarkastelu perustuu kokemuseräisiin turvaetäisyyksiin, jossa huomioidaan maaperän ominaisuudet ja liikenteen tyyppi. Tarkastelulla selvitetään, onko varsinainen värähtelytarkastelu lainkaan tarpeen. Arviointitaso 2 perustuu laskennallisiin arvoihin tai tarkistusluonteisiin tärinämittauksiin, jolloin liikenteen ja maaperän ominaisuudet voidaan ottaa tarkemmin huomioon. Arviointitasoa 2 suositellaan käytettäväksi, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa rakentamista ohjataan yksityiskohtaisesti määrättyllä alueella ja arviointitason 1 perusteella alue on riskialuetta. Arviointitason 3 tarkastelu perustuu aina riittävän pitkäaikaisiin tärinämittauksiin. Tason 3 käyttöä tarvitaan, mikäli arviointitason 2 laskennallisella tarkastelulla ei saada riittävän luotettavaa kuvaa maaperän pystyvärähtelyn suuruudesta, tai halutaan rakentaa alueelle, jolla arviointitason 2 mukaan tärinä voi ylittää suositusarvon.

3.2 Tärinän ohjearovot

Tärinän aiheuttamaa mahdollista haittaa asuinmukavuudelle maankäytön suunnittelussa arvioidaan tunnusluvun $v_{w,95}$ perusteella. Tunnusluku perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyn tehollisarvoihin ja niiden perusteella laskettuun keskiarvoon ja hajontaan seuraavasti: Määritelmältään $v_{w,95} = (15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo}) + (1,8 \times 15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta})$. Tilastollisesta luonteestaan johtuen se voidaan tarkasti määrittää vain pitkäaikaisten mittausten avulla.

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017 on esitetty vaatimus, että rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon rakennuspaikan melu- ja tärinäolosuhteet. Arvioinnissa Suomessa on pitkään sovellettu yleisesti VTT:n esittämiä ohjearviosuosituksia. Lisäksi standardissa SFS 5907:2022 Rakennusten akustinen suunnittelu ja akustinen laatu luokitus on esitetty ohjearvoja laajemmin erilaisille tilatyypeille.

VTT:n ohjearovot

Tunnusluvun perusteella rakennuksille on annettu suositus rakennusten värähtelyluokituksesta, joka esitetään taulukossa 3.1.

Taulukko 3.1. VTT:n mukainen rakennusten värähtelyluokitus häiritsevyyden arvioinnissa

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä)	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyt, mutta ne eivät ole häiritseviä)	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla (Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,60$

Luokkaan C pyritään uusien asuinrakennusten suunnittelussa. Muussa käytössä (mm. liike- ja toimistorakennukset) olevilla rakennuksilla pyritään tyypillisesti luokkaan D.

Taulukon 3.1 värähtelyluokitus koskee normaaleja asuinrakennuksia. Mikäli rakennus on tarkoituksellisesti suunniteltu häiriöttömäksi (esim. korkeatasoiset asuinrakennukset, lepokodit, sairaalat), värähtelyluokan tulee olla yhtä luokkaa korkeampi. Taulukkoa 3.1 ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä. Tällaisia voivat olla esim. kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat.

Standardin SFS 5907:2022 ohjearvot

Taulukossa 3.2 on esitetty standardin SFS 5907:2022 mukaiset suurimman sallitun liikennetärinän arvot eri tilatyypeille eri laatuluokituksen tapauksessa. Laatuluokka A2 vastaa taulukon 3.1 värähtelyluokkaa C (Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa).

Taulukko 3.2. Suurin sallittu liikenteen aiheuttaman tärinän voimakkuus eri luokituksissa A1-A3.

Tila	Suurin sallittu tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]		
	Luokka A1	Luokka A2	Luokka A3
Asuinrakennukset, palvelutalot ja hotellit			
Asuinhuoneessa	0,15	0,30	0,60
Hotellihuoneessa	0,15	0,30	0,60
Päiväkodit			
päiväkodin opetus- ja lepotilat yleensä	0,15	0,30	0,60
Toimistorakennukset			
Toimistotiloissa	0,30	0,60	0,90
Oppilaitokset			
Opetustilat yleensä	0,30	0,60	0,90
Terveystieteiden rakennukset			
Leikkaussalit, hammashoidon vastaanototilat, lääketieteelliset kuvantamistilat	0,10	0,10	0,10
Hoitotilat yleensä, potilashuoneet	0,15	0,30	0,60

Luokka A2 vastaa ääniympäristöasetuksen ja ääniympäristöohjeen edellyttämää vähimmäistasoa, jota sovelletaan uusille rakennuksille. Luokkaa A3 voidaan käyttää vanhoille rakennuksille. Luokka A1 mahdollistaa tavanomaista tasoa parempien rakennusten suunnittelun.

3.3 Tärinän aiheuttaman rakenteiden vaurion arviointi ja ohjearvot

Taulukoiden 3.1 ja 3.2 luokittelu koskee oleskelumukavuutta. Tärinän aiheuttamaa rakenteiden vaurioitumisalttiutta luokitellaan julkaisun Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius (VTT R 04703-14) mukaisesti ja on esitetty taulukossa 3.3.

Taulukko 3.3. Liikennetärinän aiheuttaman rakenteiden vaurioitumisalttiuden luokitus

Vaurioitumisalttiuden luokka	Vaurioitumisalttiuden luokan kuvaus
V	Lähinnä rataa oleva alue, jossa maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille
H	Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asumismukavuutta. Vaurioriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit.
E	Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta. Vaikutus asumismukavuuteen on tarkistettava erikseen VTT tiedotteen 2569 mukaan.

Taulukossa 3.4 on esitetty rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaavan luokituksen mukaiset raja-arvot.

Taulukko 3.4. Rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaavan luokituksen raja-arvot eri maaperän tapauksessa.

Maalaji ja hallitseva taajuus	Pehmeä savi <10 Hz	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka 10-20 Hz	Tiiviit kitkamaat, rikkonainen kallio 20-50 Hz	Kiinteä kallio >50 Hz
	v_{max} (mm/s)			
V-alue	3	4,2	6	7,2
H-alue	1-3	1,4-4,2	2-6	2,4-7,2
E-alue	< 1	< 1,4	< 2	< 2,4

Taulukon 3.4 luokitus perustuu värähtelyn huippuarvoon, eikä tehollisarvoon kuten asumismukavuuden yhteydessä. Tyypillisesti huippuarvo on noin kaksinkertainen 1 s tehollisarvoon verrattuna.

3.4 Runkomelun ohjearvot

VTT:n julkaisua ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT Tiedotteita 2468, Espoo, 2009” käytetään Suomessa yleisesti liikenteestä aiheutuvan runkomelun arvioinnissa. Julkaisussa esitetään runkomelun kolmetasoinen arviointimenettely, joista tarkin taso perustuu tunnusluukuun, joka määritetään mittaustulosten perusteella.

VTT:n ohjearvot

Taulukossa 3.4 on esitetty suositus Suomessa käytettävistä runkomelutasojen raja-arvoista. Suosituksen raja-arvoja asetettaessa tavoitteena on ollut häiriövaikutuksen rajoittaminen miniiniin. Koska häiriövaikutuksen on havaittu syntyvän, kun $L_{pASmax} \geq 35$ dB, raja-arvot ovat asunnoissa tätä pienemmät.

Taulukko 3.4. VTT:n suosittelemat runkomelun ohjearvot.

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} [dB]
Radio- tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25...30
Asuinhuoneistot	30 / 35*
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> - potilashuoneet, majoitustilat - päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet 	30 / 35*
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"> - luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä - muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot 	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40 / 45*

*Avoradat. Mikäli kaavamääräyksellä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

Ympäristöministeriön asetus 796/2017 ja ääniympäristöohje (2018)

Ympäristöministeriön asetusta 796/2017 täydentävässä ääniympäristöohjeessa (2018) on annettu maaperäiselle runkomelutasolle L_{prm} ohjearvo 30 dB ja avoradoilla 35 dB koskien asuntoja, majoitus- ja potilashuoneita. Rakennusten melun- ja värinäntorjunta, joissa on opetus-, kokous-, ruokailu-, hoito-, harrastus-, liikunta- ja toimistotiloja, suunnitellaan tapauskohtaisesti siten, että tiloissa saavutetaan riittävän hyvä ääniympäristö.

Standardin SFS 5907:2022 ohjearvot

Taulukossa 3.5 on esitetty standardin SFS 5907:2022 mukaiset suurimman sallitun runkomelun tunnusluvun L_{prm} arvot eri tilatyypeille eri laatuluokituksen tapauksessa.

Taulukko 3.5. Suurin sallittu liikenteen aiheuttaman runkomelun tunnusluvun L_{prm} arvo luokituksissa A1-A3 erikseen ratatunnelin ja avoradan tapauksessa.

Tila	Suurin sallittu runkomelun tunnusluku L_{prm} [dB] ratatunneli / avorata		
	Luokka A1	Luokka A2	Luokka A3
Asuinrakennukset, palvelutalot ja hotellit			
Asuinhuoneessa	25/30	30/35	35/35
Hotellihuoneessa	30/30	35/35	35/35
Päiväkodit			
Päiväkodin opetus- ja lepotilat yleensä	30/35	35/40	40/45
Ympärivuorokauden toimivat päiväkodit, opetus- ja lepotilat yleensä	25/30	30/35	35/35
Toimistorakennukset			
Toimistotiloissa	30/35	35/40	40/45
Oppilaitokset			
Opetustilat yleensä	30/35	35/40	40/45
Terveystieteiden rakennukset			
Potilashuoneet, nuk- kumiseen ja lepäämi- seen käytettävät hoi- totilat, unitutkimus- ja kuulontutkimus- huone, perhehuone, päivystäjien lepohuo- ne, musiikkiterapia- huone	25/30	30/35	35/35
Hoitotilat yleensä	30/35	35/40	40/45

Luokka A2 vastaa ääniympäristöasetuksen ja ääniympäristöohjeen edellyttämää vähimmäistasoa, jota sovelletaan uusille rakennuksille. Luokkaa A3 voidaan käyttää vanhoille rakennuksille. Luok- ka A1 mahdollistaa tavanomaista tasoa parempien rakennusten suunnittelun.

4. VÄRÄHELYMITTAUSTEN TOTEUTUS

Suunnittelualueella tehtiin raideliikenteen värähtelymittaukset valvomattomina aikavälillä 26.6.-18.7.2023. Yksittäisen mittauksen käynnistävä liipaisuraja pyrittiin optimoimaan mahdollisimman suureksi, kuitenkin siten, että junien ohitukset käynnistävät mittauksen. Kaikki mittausjakson aikaiset aikataulutietojen perusteella varmistetut junien ohitukset onnistuttiin mittaamaan jokaisen mittauspisteen osalta. Junia kulki kuitenkin hyvin harvakseltaan ja mittauksia tallentui lopulta ainoastaan 12 kpl kunkin mittauspisteen osalta varsin pitkän kolmen viikon mittausjakson aikana. Junien ohitusten määrä on varsin alhainen, mutta mittauksia olisi täytynyt pidentää merkittävästi, jotta mitattujen ohitusten määrää olisi saatu kasvatettua oleellisesti. Tämä olisi myös lisännyt mittauksen kustannusta, joten mittauksen kestoa ei pidennetty.

Mittarit olivat kolmiakselisia, automaattisesti tallentavia, etäluettavia värähtelyinstrumentteja. Mittareiden perusasetus oli asumismukavuutta kuvaava 1 s tehollisarvo. Kaikki mittarit asennettiin maaperään maapiikillä. Valittujen mittauspisteiden sijainti vaikutti osaltaan nykyinen maankäyttö (skeittipuisto) ja arvioitu ilkvallan normaalia suurempi mahdollisuus.

Ensisijaisesti mittareita pyritään sijoittamaan mahdollisimman kattavasti suunniteltavien rakennusten kohdalle yhteen tai useampaan linjaan johdon välityksellä, jolloin rataa lähin mittari käynnistää mittauksen kaikissa mittareissa junan ohituksesta. Kohde arvioitiin haastavaksi ja riskialttiiksi mittareiden sijoittelun kannalta läheisen skeittipuiston ja viereisen hiekkakentän takia. Mittauslinjan toteuttaminen korttelin 793 päiväkotirakennuksen kohdalle arvioitiin tässä kohtaan turhan riskialttiiksi ja hankalammaksi toteuttaa näkyvämmän sijainnin ja mahdollisen ajoliikenteen takia. Tässä tapauksessa mittarit sijoitettiin ja naamioitiin korttelin 792 alueelle ilkvallan riskin minimoimiseksi (kuva 4.1). Mittarit 2-5 kytkettiin linjaan ja mittari 1 mittasi itsenäisesti.

Alueelle asennettiin värähtelymittarit kuvan 4.1 osoittamiin sijainteihin:



Kuva 4.1. Mittauspisteiden likimääräinen sijainti suunnittelualueella merkittynä asemakaavaluonnokseen.

Mittauspisteet (MP1-5) on merkitty kuvaan 4.1 punaisella värillä ja alla on ilmoitettu mittauspisteiden etäisyys lähimmän raiteen keskilinjasta.

MP1: n. 4 m lähimmän raiteen keskilinjasta
 MP2: n. 4 m lähimmän raiteen keskilinjasta
 MP3: n. 37 m lähimmän raiteen keskilinjasta
 MP4: n. 63 m lähimmän raiteen keskilinjasta
 MP5: n. 66 m lähimmän raiteen keskilinjasta

Mittaukset toteutettiin osin mittauslinjalla (MP2-5), siten että ko. mittauslinjan rataa lähimmän mittarin liipaisuvarvon ylittyminen käynnisti mittauslinjan kaikkien mittareiden mittauksen. Mittauspisteet 3 ja 4 sijaitsevat suunniteltavien asuinrakennusten kohdalla ja mittauspisteet 1 ja 2 sijaitsevat mittausteknisistä syistä asuinrakennusten kohdalla, mutta lähempänä rataa.

Mittaustapahtumista arvioitiin junien aikataulutietojen, signaalin muodon, keston ja taajuussisällön perusteella junaliikenteen aiheuttamat tapahtumat.

5. TÄRINÄTARKASTELUT

5.1 Mitattu maaperän värähtely ja arvioitu siirtyminen rakenteisiin

Taulukossa 5.1 on esitetty kunkin mittarin 15 suurimmasta tärinä tapahtumasta lasketut maaperän värähtelyn taajuuspainotetut tehollisarvot.

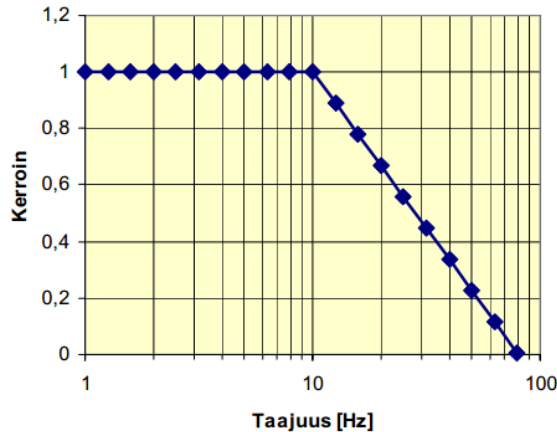
Taulukko 5.1. Mittaustulokset ja maaperän värähtelyn tunnusluvut 15 suurimmasta tärinä tapahtumasta. Vihreä = luokka A. Keltainen = luokka B. Oranssi = Luokka C. Punainen = luokka D tai sen ylittävä arvo.

Mittari	keskiarvo $v_{w,avg}^{maa}$ (mm/s)	keskihajonta σ (mm/s)	maaperän värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{maa}$ (mm/s)
MP 01 (maaperä)			
pysty	1,099	0,306	1,65 (> luokka D)
vaaka	0,694	0,181	1,02 (> luokka D)
pituus	0,829	0,190	1,17 (> luokka D)
MP 02 (maaperä)			
pysty	1,362	0,328	1,953 (> luokka D)
vaaka	0,785	0,173	1,096 (> luokka D)
pituus	0,743	0,095	0,914 (> luokka D)
MP 03 (maaperä)			
pysty	0,405	0,090	0,568 (luokka D)
vaaka	0,207	0,048	0,294 (luokka C)
pituus	0,192	0,038	0,261 (luokka C)
MP 04 (maaperä)			
pysty	0,169	0,055	0,268 (luokka C)
vaaka	0,120	0,031	0,176 (luokka C)
pituus	0,129	0,046	0,211 (luokka C)
MP 05 (maaperä)			
pysty	0,170	0,081	0,315 (luokka D)
vaaka	0,075	0,023	0,116 (luokka B)
pituus	0,105	0,039	0,176 (luokka C)

Eritellyt tärinä tapahtumat on listattu liitteessä 1. Maaperästä mitatut tärinän voimakkuus radan läheisten mittauspisteiden 1 ja 2 osalta ylittää luokan D. Mittauspisteiden 3-5 osalta sijoitutaan korkeintaan luokkaan D.

Värähtelyn siirtymistä maaperästä rakennukseen voidaan arvioida julkaisussa "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008) esitetyn menettelytavan mukaan.

Terssikaistoihin jaettua maaperän värähtelyn spektriä painotetaan taajuuskaistoittain (1-80 Hz) kertoimella, joka kuvaa värähtelyn siirtymistä perustuksiin. Tämä tulos kuvaa perustuksen värähtelyn tunnuslukua $v_{w,95}^{per}$ (kuva 5.1).



Kuva 5.1 Perustuksen värähtelyn arvioimisessa käytetty maaperän värähtelyn pienennyskerroin ("Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi", VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008)

Perustuksen värähtelyn siirtymistä rakennuksen runkoon kuvataan joko tasaisen voimistumisen periaatteella (tunnusluku v_{w1}^{runko}), tai rungon ominaistajuuudella tapahtuvan resonanssin avulla (tunnusluku v_{w2}^{runko}). Taulukossa 5.2 on esitetty rakennuksen kerrosluvun vaikutus rakennuksen rungon ominaistajuuteen.

Taulukko 5.2. Kokemuseräiseen tietoon (VTT Tiedotteita 2425, 2008) perustuva rakennuksen kerrosluvun vaikutus rakennuksen rungon ominaistajuuteen.

Kerrosten lukumäärä	Terssikaistan keskitaajuus [Hz]									
	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5
1,5-2						X	X	X	X	
3				X	X	X	X			
4			X	X	X	X				
5		X	X	X	X					
6-7	X	X	X	X						
8	X	X	X							
9-10	X	X								

Tasaisen vahvistumisen periaatteella laskettu rungon värähtely saadaan seuraavasti:

$$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}, v_{w,95}^{per,z})$$

missä $k_1^{runko} = 1,5$ kaikille kaksi- tai useampikerroksisille rakennuksille ja yksikerroksisille paaluille perustetuille rakennuksille.

Kaksi tai useampikerroksisille rakennuksille tehdään lisäksi resonanssitarkastelu.

$$v_{w2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,f}^{per,x/y}$$

Missä kerroin $k_2^{runko} = 4,0$.

Lattian värähtelyä arvioidaan samoin joko tasaisen voimistumisen periaatteella (tunnusluku v_{w1}^{lattia}), tai lattian ominaistajuudella tapahtuvan resonanssin avulla (tunnusluku v_{w2}^{lattia}).

$$v_{w1}^{\text{lattia}} = k_1^{\text{lattia}} \cdot v_{w,95}^{\text{per},z}$$

missä $k_1^{\text{lattia}} = 1,5$.

$$v_{w2}^{\text{lattia}} = k_2^{\text{lattia}} \cdot v_{w,j}^{\text{per},z}$$

missä $k_2^{\text{lattia}} = 6,0$. Värähtely $v_{w,j}^{\text{per},z}$ on perustuksen pystyvärähtely sillä taajuuskaistalla, jolle lattian ominaistajuuden ajatellaan sattuvan. Tässä tapauksessa ei lattian ominaistajuutta tiedetä varmaksi, sillä se riippuu mm. lattian jänneväleistä ja rakenneratkaisuista. Arvio lattian värähtelystä tehdään tässä värähtelyltään suurimman yksittäisen taajuuskaistan mukaisesti, jolloin saadaan pahin mahdollinen tilanne.

Taulukossa 5.3 on esitetty rakennuksen rungon ja lattian arvioidut värähtelyn tunnusluvut.

Taulukko 5.3. Mittausten perusteella määritetyt rakennuksen värähtelyn tunnusluvut. Vihreä = luokka A. Keltainen = luokka B. Oranssi = Luokka C. Punainen = luokka D tai sen ylittävä arvo.

Mittari	maaperän värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{\text{maa}}$ (mm/s)	perustuksen värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{\text{per}}$ (mm/s)	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{w,1}^{\text{runko}}$ (mm/s)	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{w,2}^{\text{runko}}$ (mm/s) (resonanssi)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{w,1}^{\text{lattia}}$ (mm/s)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{w,2}^{\text{lattia}}$ (mm/s) (resonanssi)
MP 01 (maaperä)						
pysty	1,650	1,106	-	-	1,658	3,358 @ 12,5 Hz
vaaka	1,020	0,562	0,843	1,255 @ 16 Hz	-	-
pituus	1,170	0,583	0,875	1,101 @ 31,5 Hz	-	-
MP 02 (maaperä)						
pysty	1,953	1,208	-	-	1,812	3,685 @ 20 Hz
vaaka	1,096	0,624	0,936	1,236 @ 20 Hz	-	-
pituus	0,914	0,475	0,712	0,866 @ 20 Hz	-	-
MP 03 (maaperä)						
pysty	0,568	0,378	-	-	0,567	1,241 @ 16 Hz
vaaka	0,294	0,207	0,311	0,396 @ 20 Hz	-	-
pituus	0,261	0,186	0,280	0,395 @ 16 Hz	-	-
MP 04 (maaperä)						
pysty	0,268	0,189	-	-	0,283	0,86 @ 16 Hz
vaaka	0,176	0,139	0,208	0,315 @ 12,5 Hz	-	-
pituus	0,211	0,170	0,255	0,444 @ 12,5 Hz	-	-
MP 05 (maaperä)						
pysty	0,315	0,219	-	-	0,328	0,929 @ 16 Hz
vaaka	0,116	0,091	0,136	0,229 @ 12,5 Hz	-	-
pituus	0,176	0,138	0,207	0,315 @ 12,5 Hz	-	-

Mittauspisteet 1 ja 2 sijaitsivat huomattavasti lähempänä rataa kuin suunniteltavat rakennukset, joten niiden osalta mittaustuloksia ei ole tarkoituksenmukaista verrata suoraan värähtelyluokituksen raja-arvoihin. Näiden mittauspisteiden osalta tuloksia hyödynnetään kuitenkin etäisyysvaimennuskäyrämuotojen määrittämisessä.

Tärinätasojen voimistuessa tasaisen voimistumisen oletuksella mittauspisteissä 4 ja 5 rungon osalta sijoitetaan korkeintaan luokkaan C ja mittauspisteessä 3 sijoitetaan luokkaan D (Luokan C raja-arvo $v_{w,95} \leq 0,3$ mm/s ylittyy lievästi). Vastaavasti lattioiden osalta mittauspisteissä 3 ja 5 sijoitetaan korkeintaan luokkaan D (mittauspisteessä 5 luokan C raja-arvo ylittyy lievästi) ja mittauspisteessä 4 sijoitetaan luokkaan C.

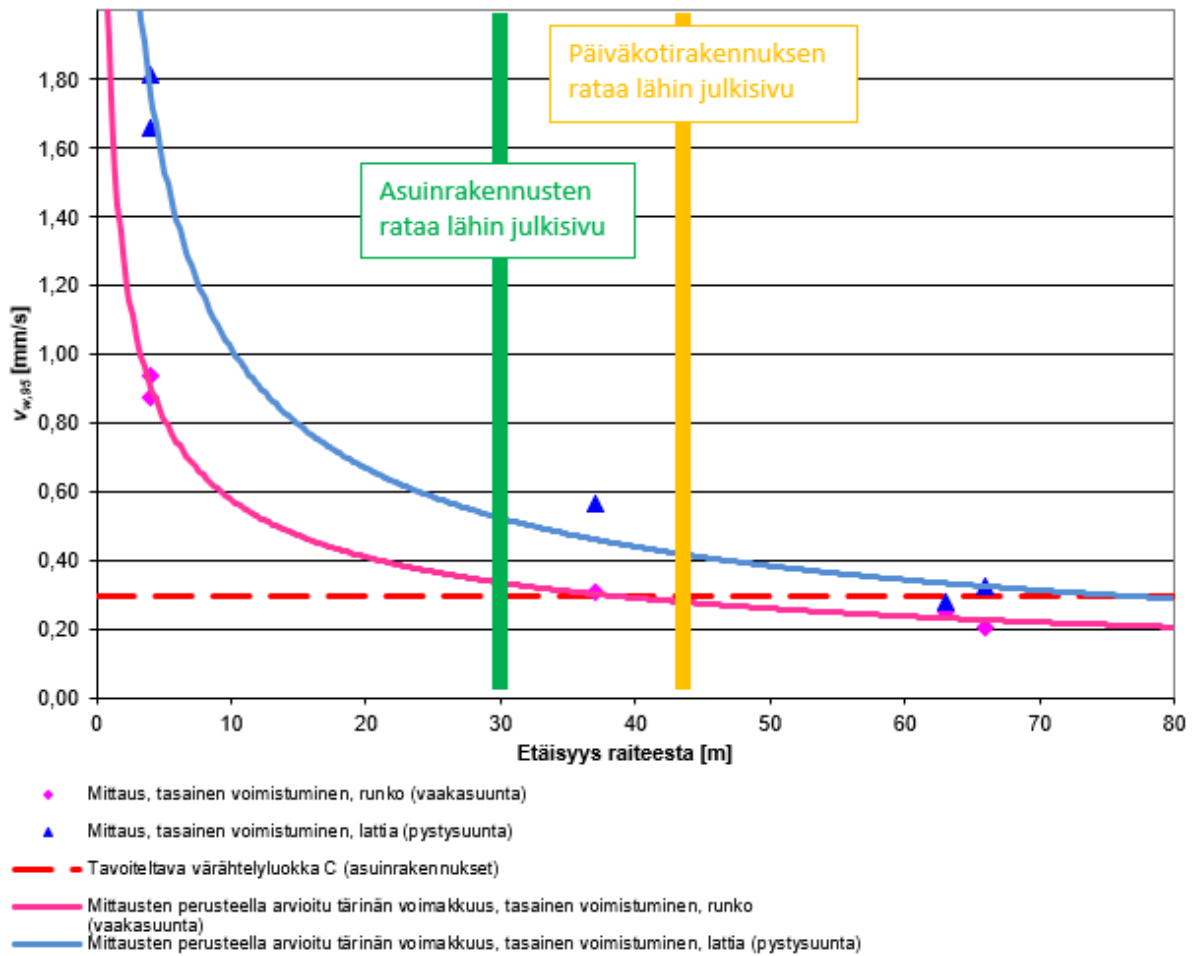
Tärinätasojen voimistuessa resonanssin oletuksella lattian osalta kaikissa mittauspisteissä tärinän voimakkuus ylittää luokan D ($v_{w,95} \leq 0,6$ mm/s). Vastaavasti rungon osalta kaikissa mittauspisteissä sijoitetaan vähintään luokkaan D.

Liitteen 1 mittaustulosten spektrien perusteella rataa lähimpien mittauspisteiden MP1-3 osalta tärinä on rungon osalta laajakaistaisempaa tärinän ollessa voimakkainta rungon osalta taajuusväliä 16...20 Hz mittauspisteessä 3. Kauempana rataa sijaitsevien mittauspisteiden 4 ja 5 osalta tärinä on keskimäärin voimakkainta rungon osalta taajuudella 12,5 Hz. Lattioiden osalta tärinä on keskimäärin voimakkainta taajuudella 16 Hz.

Julkaisun "Ohjeita liikennetärinän arviointiin" (VTT Tiedotteita 2569, Espoo 2011) mukaan mikäli tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio sisätilojen värähtelystä on suurempi kuin tavoitteena oleva enimmäisraja värähtelyn tunnusluvulle, pitää varautua rakennuspaikan käyttötarkoituksen muuttamiseen tai värähtelyn vaimentamiseen. Mikäli tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio sisätilojen värähtelystä täyttää tavoitteen, mutta rungon tai lattian resonanssiin perustuva arvio on tavoitearvoa suurempi, suunnitellaan rakennuksen runko ja lattia siten, että ominaistajuus ei satu maaperän värähtelyn dominoivalle taajuusalueelle.

Kuvassa 5.1 on esitetty mittausten perusteella arvioitu tärinän voimakkuus rakennuksessa etäisyyden funktiona radasta erikseen rungon sekä lattian osalta tasaisen voimistumisen oletuksella. Kuvaan on lisäksi merkitty päiväkotirakennuksen sekä asuinrakennusten julkisivujen lyhin etäisyys radasta.

TÄRINÄN ENNUSTETTU VAIMENEMINEN ANNETUISSA OLOSUHTEISSA



Kuva 5.1. Mittausten perusteella arvioitu tärinän voimakkuus rakennuksessa tasaisen voimistumisen oletuksella sekä suunniteltujen rakennusten etäisyys radan keskilinjasta (päiväkoti n. 43 m ja asuinrakennukset n. 30 m).

Kuvan 5.1 perusteella tasaisen voimistumien oletuksella uusille asuin- ja päiväkotirakennuksille sovellettava tavoiteltavan värähtelyluokan C mukainen raja-arvo voi ylittyä lattian osalta etäisyyden rataan ollessa noin alle 70 metriä ja rungon osalta etäisyyden rataan ollessa noin alle 40 metriä. Täten sovellettavan värähtelyluokan C tärinän raja-arvojen arvioidaan ylittyvän sekä päiväkoti, että asuinrakennusten osalta alustavien suunnitelmien massoittelulla.

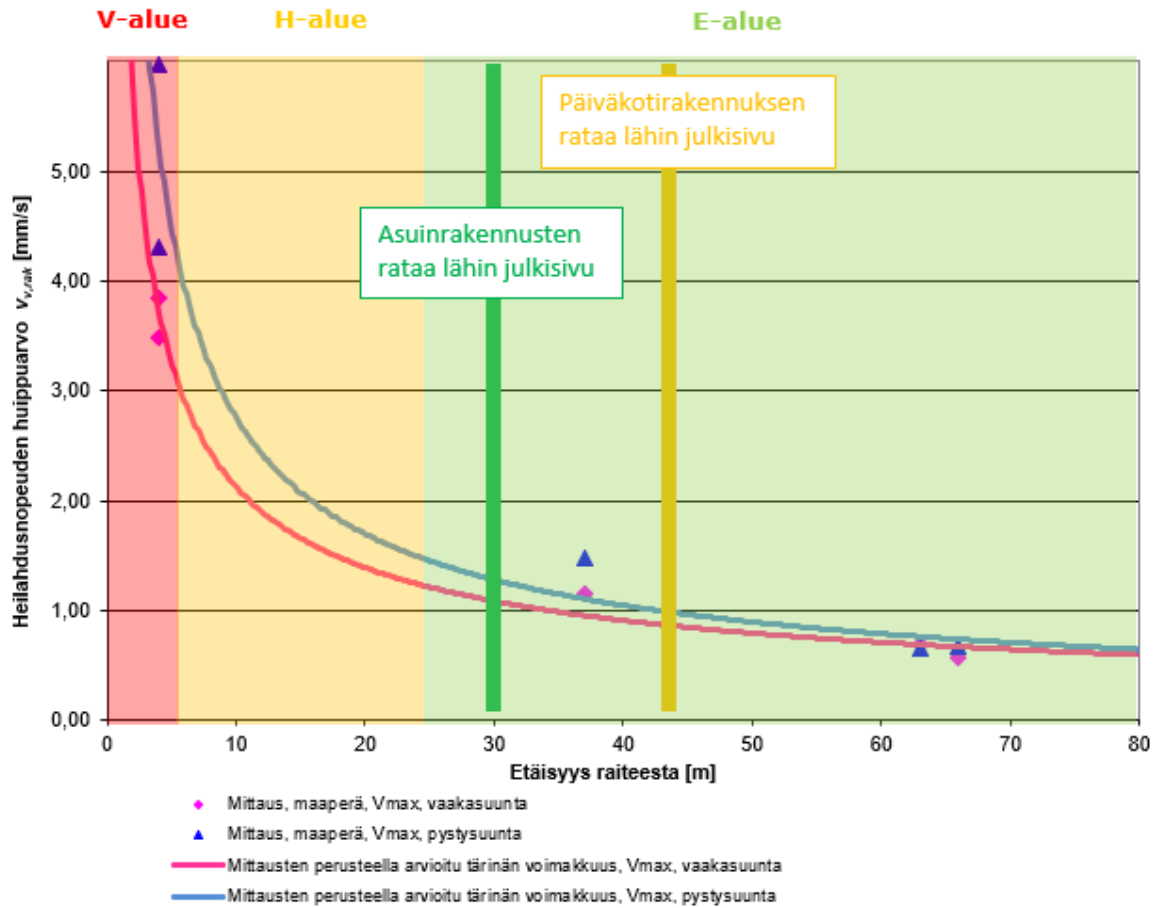
Arviointi vaurioitumisalttiuden perusteella

Tärinän aiheuttamaa rakenteiden vaurioitumisalttiutta luokitellaan maaperän värähtelyn huippuarvojen perusteella. Tässä arvio on tehty kunkin mittarin suurimman yksittäisen ohituksen mitausarvon perusteella. Tulokset on esitetty taulukossa 5.4.

Taulukko 5.4. Arvioitu rakenteiden vaurioitumisalttius. Luokitus vallitsevan taajuuden mukaisesti.

Mittari	maaperän värähtely v_{max} (mm/s)
MP 01 (maaperä)	
pysty	4,312 @ 20,0 Hz
vaaka	3,102 @ 20,0 Hz
pituus	3,485 @ 31,5 Hz
MP 02 (maaperä)	
pysty	5,976 @ 31,5 Hz
vaaka	3,839 @ 25,0 Hz
pituus	3,074 @ 40 Hz
MP 03 (maaperä)	
pysty	1,482 @ 25,0 Hz
vaaka	1,154 @ 12,5 Hz
pituus	0,863 @ 12,5 Hz
MP 04 (maaperä)	
pysty	0,657 @ 16,0 Hz
vaaka	0,501 @ 12,5 Hz
pituus	0,686 @ 12,5 Hz
MP 05 (maaperä)	
pysty	0,674 @ 16,0 Hz
vaaka	0,351 @ 12,5 Hz
pituus	0,575 @ 20 Hz

Rakenteellisen vaurion riskin kannalta tärinän sovellettaviin raja-arvoihin vaikuttaa maaperä rakennusten kohdalla. Kuvassa 5.2 on esitetty mittaustulosten perusteella arvioitu tärinän voimakkuus (enimmäisarvo V_{max}) rakenteissa etäisyyden funktiona radasta sekä väreillä saavutettava ko. maalajin rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaavan luokituksen värähtelyluokka (V, H, E). Kuvaan on lisäksi merkitty päiväkotirakennuksen sekä asuinrakennusten julkisivujen lyhin etäisyys radasta.



Kuva 5.2. Mittausten perusteella arvioitu tärinän enimmäisarvo V_{max} rakenteissa etäisyyden funktiona sekä suunniteltujen rakennusten etäisyys radan keskilinjasta (päiväkoti n. 43 m ja asuinrakennukset n. 30 m). Maaperän oletus sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka 10-20 Hz.

Alustavien päiväkotij- ja asuinrakennusten suunnitelmien massoittelulla sijoitetaan rakenteiden vaurioitumisalttiuden kannalta parhaaseen luokkaan (E-alue, $V_{max} < 1,4$ mm/s). Mitatun tärinän perusteella rakenteellisesta vauriosta ei ole näiden rakennusten osalta erityistä riskiä, mutta tulee huomioida myöhemmässä suunnittelussa, mikäli rakennuksia suunnitellaan alle 25 metrin etäisyydelle radasta.

6. RUNKOMELUTARKASTELUT

6.1 Arviointiperusteet

Runkomelun esiintymistä rakenteissa voidaan arvioida julkaisun Talja & Saarinen (2009): "Maa-liikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" (VTT T2468).

Runkomelu on ulkoisen värähtelyn aiheuttamaa rakennuksen rungon värähtelyä, joka on kuultavissa äänenä. Runkomelun aiheuttava värähtely siirtyy rakenteisiin maaperän kautta, erityisesti kallion ja kovien maakerrosten välityksellä. Liikennetärinään verrattuna runkomelun värähtely on selvästi korkeampitaajuuksista. Merkittävin runkomelun aiheuttaja on raideliikenne.

Kuten liikennetärinälle, myös runkomelulle on esitetty kolme eri arviointitasoa. Arviointitaso 1 perustuu turvaetäisyyden käyttöön. Kokemusperäisesti on voitu määrittää etäisyys, jota kauempana tarkempi runkomelutarkastelu ei enää ole tarpeen.

Arviointitasossa 2 tehdään värähtelyn siirtotiehen perustuva laskennallinen arviointi. Laskelma on hyvin empiirinen ja perustuu kokemuksiin tyyppillisistä mittaustuloksista.

Arviointitasossa 3 runkomelu todennetaan mittaamalla.

6.2 Mittaukset ja tunnusluvut

Runkomelun tunnusluku L_{prm} kuvaa mitattujen junan ohitusten aiheuttaman runkomelun keskiarvoa (A-painotettu arvo slow-aikapainotuksella), johon on lisätty 1,65-kertainen standardihajonta:

$$L_{prm} = L_{pASmax,mean} + 1,65 \cdot s$$

Tämä tunnusluku kuvaa runkomelun voimakkuutta, jonka alle jää 95 % liikenteen aiheuttamista värähtelytapauksista. Mitattu maaperän värähtelytaso ($v_{ref} = 10^{-9}$ m/s) muutettiin runkomelutaloksi seuraavilla VTT T2468 mukaisilla korjaustekijöillä:

- A-painotus taajuuskaistoittain (≥ 16 Hz)
- Muunnos värähtelytasosta äänenpainetasoksi -28,1 dB
- Rakennustyyppi: Ei rakennustyyppikorjausta, perustus kalliolle (tai paaluperustus) 0 dB
- Rakenneosien resonanssin mahdollisuus +6 dB
- Varmuusmarginaali +3 dB (normaali laskennallisen tarkastelun marginaali on +6dB, mutta tässä tapauksessa epävarmuutta vähentää se, että tarkastelu perustuu kohteella tehtäviin mittauksiin, jolloin radan kuntoa ja kaluston ominaisuuksia koskevia epävarmuuksia ei ole).

Rakennustyyppien korjauskertoimia voidaan käyttää, kun perustuksen ja kallion välissä on maainesta vähintään 3 metriä.

Runkomelun mittauksissa ja tulosten laskennassa käytettävä menetelmä on rakennustyyppikorjauksen suhteen epätäydellinen ko. mittaustilanteen tulosten laskennassa. Mittaustulokset on tässä tapauksessa laskettu ilman laskentamenetelmän mukaista rakennustyyppikorjausta (kerrostalo: -10 dB, betonitalo 1-2 krs: -7 dB), koska rakennus kytkeytyy paalutuksen välityksellä syväälle maaperään. Siten lasketut mittaustulokset saattavat yliarvioida valmiiseen rakennukseen siirtyvän runkomelun voimakkuutta.

Taulukossa 6.1 on esitetty mittaustulosten perusteella lasketut runkomelun tunnusluvut kerrostalon tapauksessa.

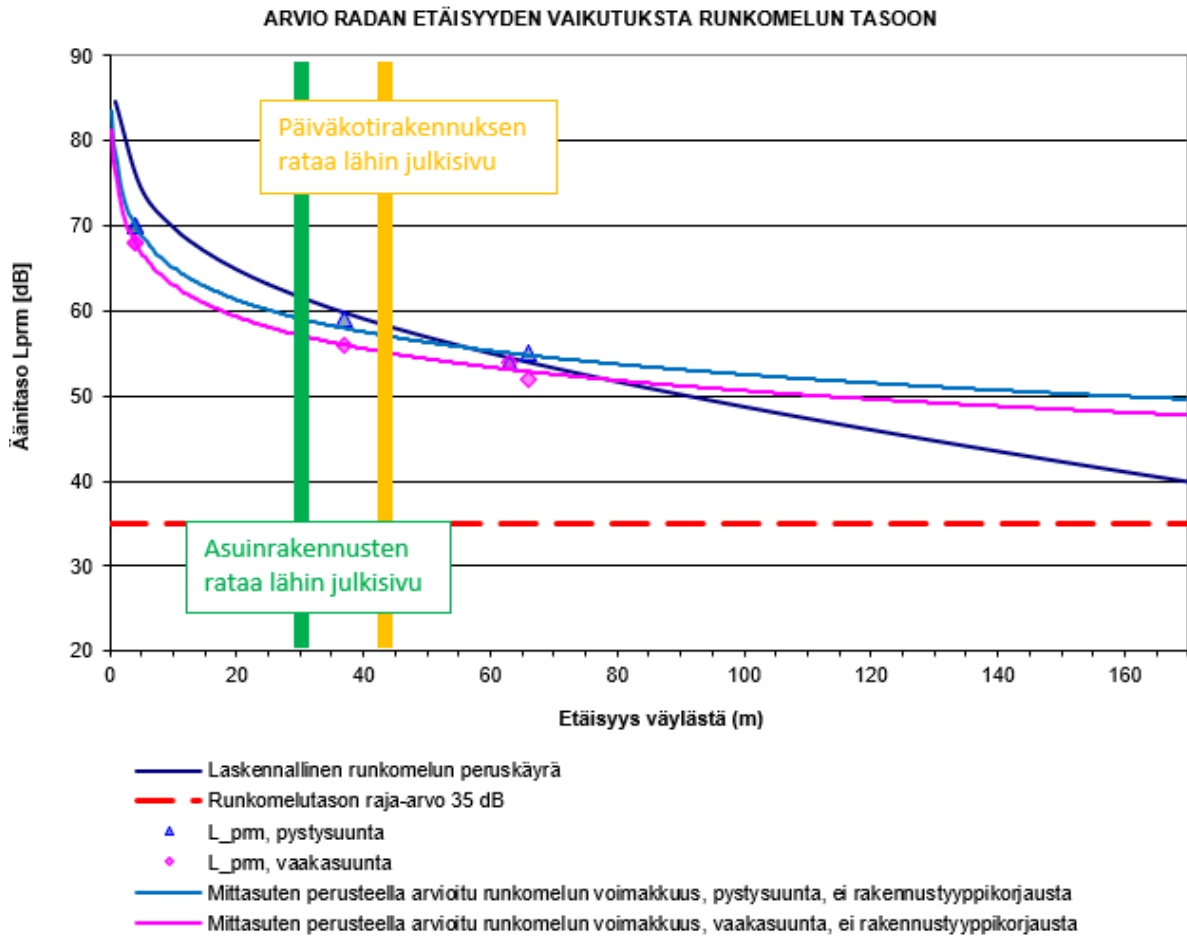
Taulukko 6.1. Maaperän värähtelyn perusteella määritetyt runkomelun tunnusluvut rakennusten alimmissa kerroksissa (paaluperustus, ei rakennustyyppikorjausta). Ylemmissä kerroksissa tuloksista voi vähentää -2 dB/kerros 5. kerrokseen asti, ja -1 dB tätä ylemmissä kerroksissa.

Mittauspiste	keskimääräinen runkomelutaso 15 suurimmassa ohituksessa $L_{pASmax,mean}$ [dB]	standardihajonta s [dB]	runkomelun tunnusluku L_{prm} [dB]	suurin yksittäinen ohitus [dB]
MP1 (maaperä)				
pysty	65,2	3,19	70	70,3
vaaka	64,5	2,23	68	67,9
pituus	65,9	1,57	68	68,4
MP2 (maaperä)				
pysty	65,9	2,59	70	71,0
vaaka	64,5	1,60	67	66,7
pituus	65,6	1,30	68	67,6
MP3 (maaperä)				
pysty	53,7	3,12	59	59,5
vaaka	49,5	2,97	54	56,8
pituus	49,8	3,51	56	54,1
MP4 (maaperä)				
pysty	43,7	5,93	54	54,5
vaaka	41,0	4,51	48	49,0
pituus	45,2	5,32	54	51,6
MP5 (maaperä)				
pysty	42,9	7,40	55	56,0
vaaka	39,4	4,37	47	48,9
pituus	41,8	5,91	52	52,3

Mittauspisteet 1 ja 2 sijaitsivat huomattavasti lähempänä rataa kuin suunniteltavat rakennukset, joten niiden osalta mittaustuloksia ei ole tarkoituksenmukaista verrata suoraan värähtelyluokituksen raja-arvoihin. Näiden mittauspisteiden osalta tuloksia hyödynnetään kuitenkin etäisyysvaimennuskäyrämuotojen määrittämisessä.

Mittauspisteiden 3-5 osalta tulokset ylittävät pysty- sekä vaakavärähtelyn osalta asuin- ja päiväkotirakennuksille sovellettavan runkomelutason L_{prm} ohjearvon 35 dB. Kun asemakaavassa esitetään vaatimuksia rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyydelle, on siinä tapauksessa ko. rakennuksille suositeltavaa soveltaa 5 dB tiukempaa ohjearvoa L_{prm} ohjearvon 30 dB. Pystysuuntaisen värähtelyn osalta runkomelutaso on suurimmillaan 59 dB (MP3) ja vaakavärähtelyn osalta 56 dB (MP3).

Kuvassa 6.1 on esitetty mittausten perusteella arvioitu runkomelun voimakkuus rakennuksessa etäisyyden funktiona radasta paaluperustuksen oletuksella.



Kuva 6.1. Mittausten perusteella arvioitu runkomelun voimakkuus rakennuksessa paaluperustuksen tapauksessa sekä rakennusten suunniteltu lyhin etäisyys radan keskilinjasta (päiväkoti n. 43 m ja asuin-kerrostalot n. 30 m).

Kuvan 6.1 perusteella suunnitellun päiväkotirakennuksen kohdalla arvioitu runkomelutaso rataa lähimpien tilojen osalta on pystyvärähtelyn perusteella n. 57 dB ja vaakavärähtelyn osalta n. 55 dB. Vastaavasti suunniteltujen asuinrakennuksen kohdalla arvioitu runkomelutaso rataa lähimpien tilojen osalta on pystyvärähtelyn perusteella n. 59 dB ja vaakavärähtelyn osalta n. 57 dB. Täten asuin- ja päiväkotirakennuksille sovellettavan runkomelutason ohjearvon 35 dB sekä tiukemman ohjearvosuosituksen 30 dB arvioidaan ylittyvän ilman toimenpiteitä.

Kuvassa 6.1 esitetyt mittausten perusteella arvioidut runkomelutason käyrät soveltuvat runkomelun voimakkuuden arviointiin eri etäisyyksillä radasta ko. suunnittelualueen sisällä. Käyrät todennäköisesti yliarvioivat runkomelun voimakkuutta suuremmilla etäisyyksillä. Vertailun vuoksi samoissa kuvissa on esitetty lisäksi ns. laskennallinen peruskäyrä, joka ennakoi runkomelun vai-
menevan jyrkemmin etäisyyden funktiona.

7. TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Tärinä

Tasaisen voimistumien oletuksella uusille asuin- ja päiväkotirakennuksille sovellettava tavoiteltavan värähtelyluokan C mukaisen raja-arvon arvioidaan ylittyvän lattian osalta etäisyyden rataan ollessa noin alle 70 metriä ja rungon osalta etäisyyden rataan ollessa noin alle 40 metriä. Siten suunnittelualueella asuin- ja päiväkotirakentaminen ei ole lähtökohtaisesti suositeltavaa alle 70 metrin etäisyydelle radasta mahdollisen tärinähaitan takia. Suositeltavin rakennusten kerrosluku suunnittelualueella on yksi tai yli 3 kerrosta, rungon resonanssin riskin vähentämiseksi.

Radan lyhin etäisyys suunnittelualan rakennuksiin on asuintalojen osalta noin 30 metriä ja päiväkodin osalta noin 43 metriä. Täten sovellettavan värähtelyluokan C tärinän raja-arvojen arvioidaan ylittyvän sekä päiväkoti, että asuinrakennusten osalta alustavien suunnitelmien massoittelulla.

7.2 Runkomelu

Selvityksen perusteella voidaan arvioida, että runkomelun ohjearvo 35 dB ylittyy rakentamisessa paaluperustuksen tapauksessa koko suunnittelualueella ilman toimenpiteitä. Muutenkin ilman paaluperustusta runkomelun ohjearvo 35 dB täyttyy ainoastaan etäisyyden rataan ollessa päiväkodin tapauksessa vähintään 150 metriä ja kerrostalon tapauksessa 120 metriä. Siten suunnittelualueella asuin- ja päiväkotirakentaminen ei ole lähtökohtaisesti suositeltavaa alle 150 metrin etäisyydelle radasta mahdollisen runkomeluhaitan takia. Tämän seurauksena mahdollisen runkomeluhaitan todennäköisyys on suuri käytännössä koko suunnittelualan osalta asuin- ja päiväkotirakentamisessa ja erityisesti perustettaessa rakennukset paalujen varaan.

Radan lyhin etäisyys suunniteltaviin rakennuksiin on asuintalojen osalta noin 30 metriä ja päiväkodin osalta noin 43 metriä. Täten runkomelun tunnusluvun L_{prm} ohjearvo 35 dB todennäköisesti ylittyisi sekä päiväkodin että asuintalojen osalta ilman toimenpiteitä.

7.3 Suositukset tärinän ja runkomelun suhteen

Suunnittelualue sijaitsee lähellä olemassa olevaa rataa ja mittausten perusteella tärinä- ja runkomeluhaitan riski alueella on suuri. Suunnittelussa tulisi vielä arvioida mahdollisia keinoja tärinähaitan vähentämiseksi asuin- ja päiväkotirakentamisessa tai harkita suunnittelualueelle vähemmän liikennetärinälle herkkää maankäyttöä. Junien nopeuksien alentamisella kohteen kohdalla voidaan osaltaan vähentää aiheutuvan runkomelun ja tärinän voimakkuutta rakennuksiin. Tyypillisesti radan vieressä olevan alueen kaavoitus tai kaavan muuttaminen ei ole kuitenkaan peruste raideliikenteen nopeuden alentamiseksi. Toimenpiteet pitää siten todennäköisesti tehdä joko rakennusten massoittelulla tai rakenteellisella tärinän ja runkomelun torjunnalla maaperässä tai rakennusten perustuksissa.

Asemakaavaan tulisi sisällyttää vaatimus mahdollisen tärinä- ja runkomeluhaitan huomioimisesta suunnittelussa. Asuinrakennusten asuinhuoneissa liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,30 mm/s ja sekä runkomelu L_{prm} enintään 35 dB avoradan osalta. Päiväkotien varhaisopetus- sekä lepotiloissa liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,30 mm/s sekä runkomelu L_{prm} enintään 35 dB avoradan osalta.

Ensisijaisena toimenpiteenä mahdollisen tärinä- ja runkomeluhaitan vähentämiseksi suositellaan etäisyyden kasvattamista rataan. Runkomelu myös vaimenee ylempiin kerroksiin, joten on suositeltavaa sijoittaa ns. tukitiloja alempiin kerroksiin. Lisäksi päiväkodin osalta mahdollinen keino

haitan vähentämiseksi on sijoittaa melulle herkimät tilat mahdollisimman kauas radasta ja vähemmän herkkiä tiloja (kuten ruokala ja liikuntasali) lähemmäs rataa. Joka tapauksessa jatko-suunnittelussa tulee varautua siihen, että kaikkiin tai osaan päiväkotij- ja asuinrakennuksia tulee toteuttaa tärinä- ja runkomelueristystoimenpiteitä, jos em. haittoja ei voida poistaa ratarakenteissa ja maaperässä tai hidastamalla junien ohiajoja.

Maaperässä radan ja suojattavien rakennusten välissä vaimennusratkaisu voi olla esimerkiksi kalkkisementtistabilointi tai teräsponsittiseinä, joka toteutetaan joko suojattavan rakennuksen/korttelin ympärille tai vaihtoehtoisesti lähelle rataa radan suuntaisesti. Suoraan rakennuksissa yleisesti käytetty runkomelun vaimennusratkaisu on kelluttaa rakennus perustuksistaan runkomeluvärähtelyä vaimentavalla matolla (esim. Sylomer). Ratkaisu on toimiva vain runkomelun vaimentamiseen ja mitoituksessa tulee huomioida myös tärinärisä. Liikennetärinän vaimentamiseksi voidaan rakennus vastaavasti kelluttaa perustuksista teräsjoissa. Jälkimmäinen on kuitenkin kustannuksiltaan suurempi toteuttaa. Tämän ns. primääreristuksen lisäksi suositellaan, että anturoita ja maanpainesiniä vasten asennetaan sekundaarieristys EPS-levyllä. Sekundaarieristuksen tarkoitus on osaltaan katkaista värähtelyn siirtotie maasta perustuksiin.

Päiväkotirakennuksen osalta on laskettu tärinäseinän esimerkkirakenteen kustannusarvio. Tärinäseinä on mahdollista toteuttaa kustannustehokkaasti kalkkisementtistabiloinnilla, jossa 600 mm halkaisijan pilarit (k500) muodostavat kaksi riviä (k1500). Pilaririvit on yhdistetty toisiinsa välipilarein 2,5 metrin välein. Rakenne ulottuu pehmeiden maakerrosten läpi kovaan maaperään asti. Alueen maaperätietojen perusteella tarvittavaksi syvyydeksi on arvioitu keskimäärin noin 15m. Tärinäseinä kiertää rakennuksen kolmelta sivulta (radan puoli), jolloin pituudeksi tulee noin 160 metriä. Tällöin kustannusarvio tärinäseinälle on noin 116 000 €. Laskennassa on käytetty Fore:n yksikkökustannuksia pilaristabiloinnille (Itä-Uusimaa, hinnasto 5/2023). Tärinäseinän toteutuksessa tulee selvittää ja ottaa huomioon lisäksi mahdolliset olemassa olevat maanalaiset rakenteet.

Alueella tehtyjen kairausten perusteella maaperä on yleisesti ottaen samankaltainen suunnittelualueella. Mittaustulosten perusteella tehtyjen tärinän ja runkomelun vaimennuskäyrien voidaan odottaa kuvastavan varsin hyvin tärinän ja runkomelun voimakkuutta myös suunniteltavan päiväkotirakennuksen kohdalla. Joka tapauksessa asuin- ja päiväkotirakentamisessa on jatkosuunnittelussa todennäköisesti syytä toteuttaa uudet kattavat mittaukset lopullisten rakennusten kohdalla maaperästä/perustuksista tarkempien lähtötietojen saamiseksi vaimennusratkaisujen suunnittelua varten. Tämä koskee erityisesti korttelin 793 jatkosuunnittelua (päiväkotirakennus), jossa mittaustulosten voidaan odottaa poiketa jonkin verran enemmän tämän selvityksen mittaus-tuloksista.

LÄHTEET

Talja, A. 2011: Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT T2569

Talja, A. & Törnqvist, J. 2014: Liikennetärinä: Alueiden tärinäkarttoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius. VTT R-04703-14

Talja, A, Vepsä, A, Kurkela, J & Halonen, M. 2008: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT T2425

Törnqvist, J & Talja, A. 2006: Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa

Talja, A. & Saarinen, A. 2009: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT T2468

Ympäristöministeriö, 2017: Ympäristöministeriön asetus 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä

Ympäristöministeriö, 2018: Ympäristöministeriön ääniympäristöohje

SFS 5907. 2022. Rakennusten akustinen suunnittelu ja laatuluokitus. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

LIITTEET

1. Tärinän mittaustulokset mittauspisteittäin
2. Runkomelun mittaustulokset mittauspisteittäin

Tärinä, 15 merkitsevintä ohitusta

MP 01 (maaperä)

Liite 1.1, s.1

V-suunta Pystysuunnassa 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-06-28 07:06:16	1,396	T
2	2023-07-03 10:29:56	1,385	VET
3	2023-07-07 08:14:17	1,375	VET
4	2023-07-03 07:08:40	1,370	T
5	2023-06-30 08:08:17	1,348	VET
6	2023-06-30 10:05:23	1,257	T
7	2023-06-28 10:10:21	1,036	T
8	2023-07-07 10:03:31	1,029	T
9	2023-07-05 09:58:05	0,976	T
10	2023-07-05 07:14:52	0,952	T
11	2023-07-12 12:52:22	0,652	MUU
12	2023-07-12 11:33:26	0,409	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 1,650

T-suunta Väylää vastaan kohtisuoraan 15 merkitsevintä ohitusta

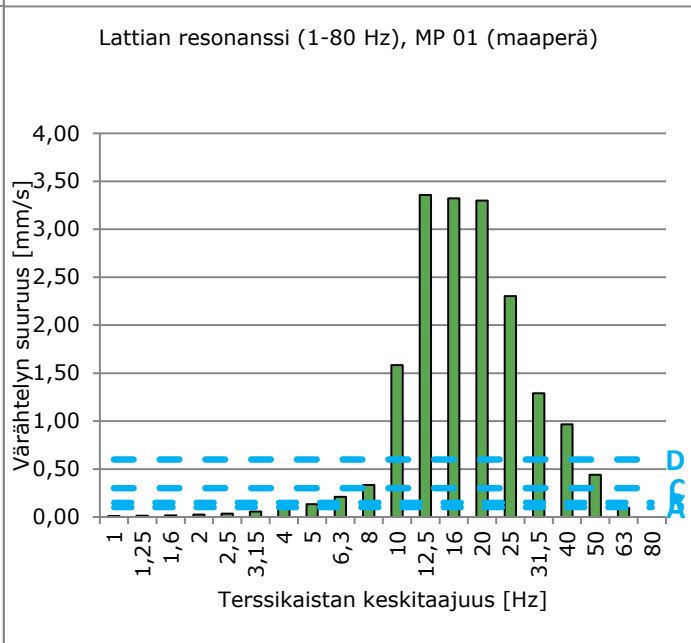
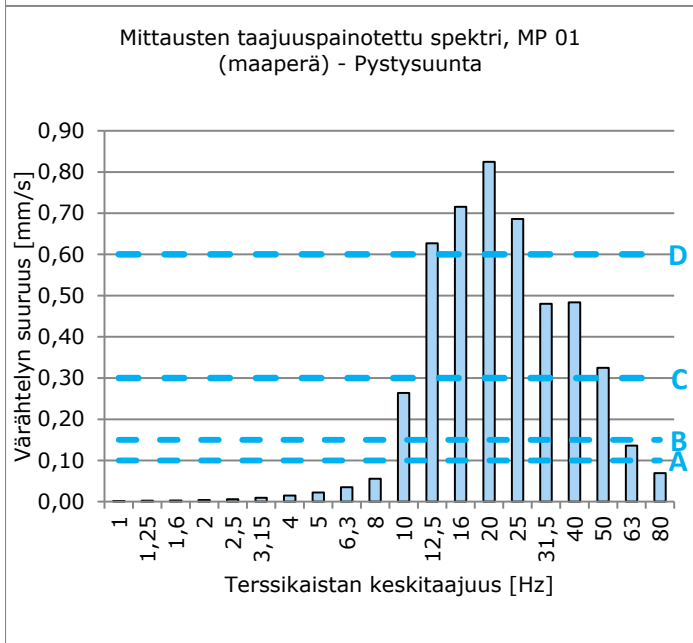
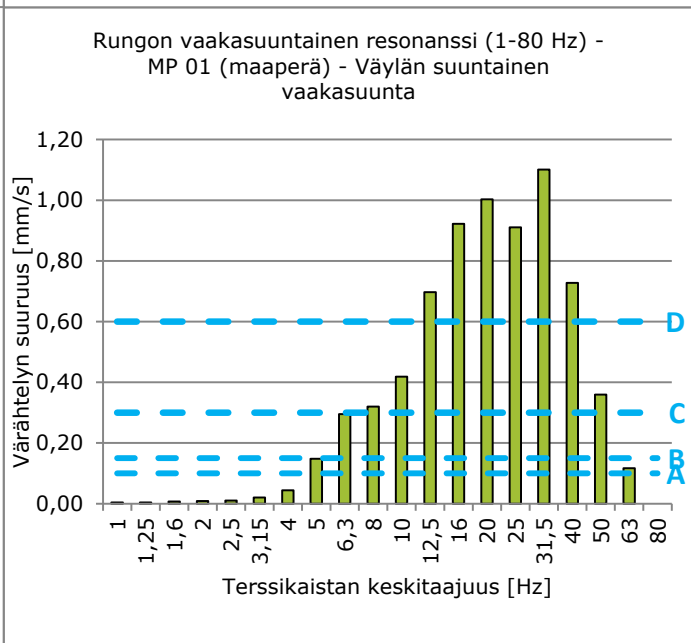
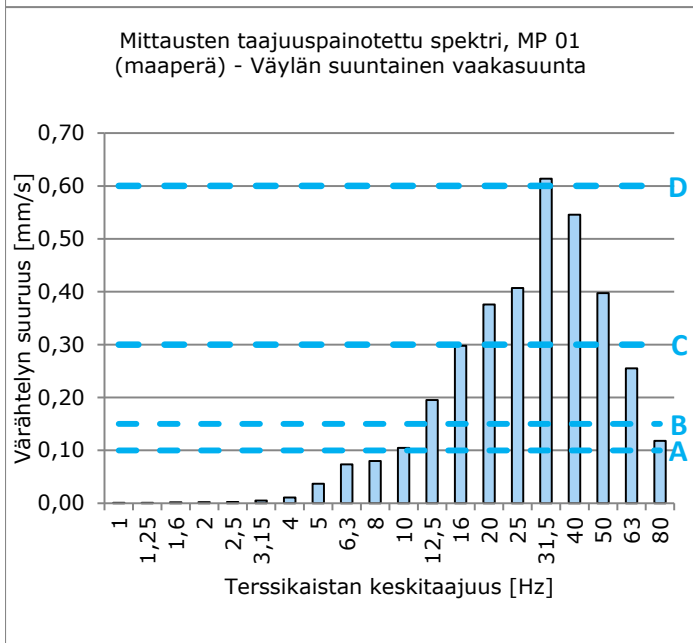
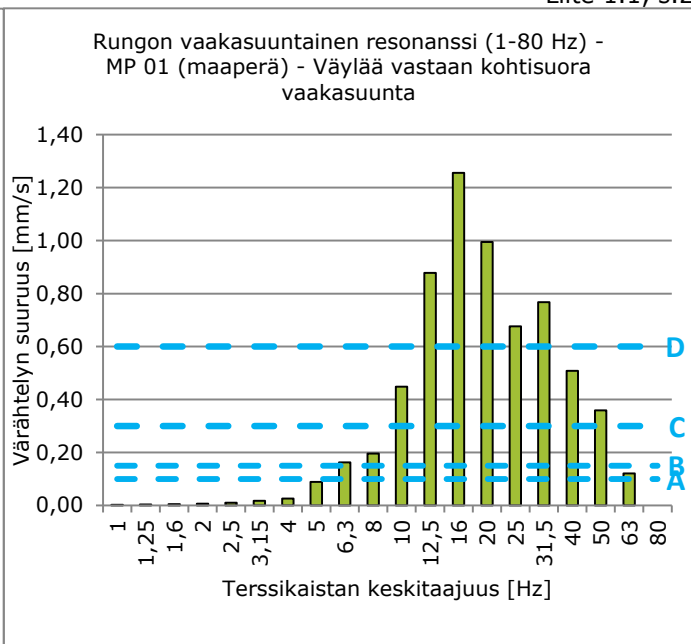
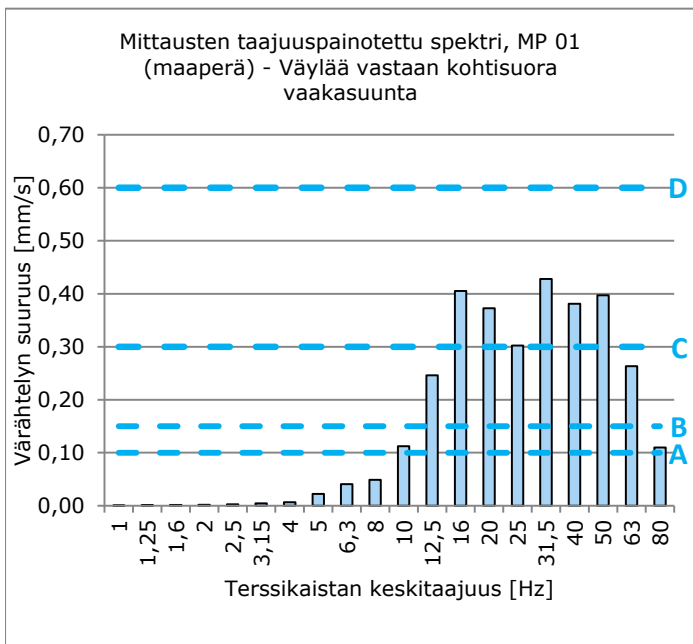
	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-06-30 08:08:17	1,029	VET
2	2023-07-03 10:29:56	0,918	VET
3	2023-07-03 07:08:40	0,750	T
4	2023-07-07 08:14:17	0,741	VET
5	2023-06-30 10:05:23	0,687	T
6	2023-07-05 09:58:05	0,679	T
7	2023-07-05 07:14:52	0,663	T
8	2023-07-07 10:03:31	0,611	T
9	2023-07-12 12:52:22	0,517	MUU
10	2023-07-12 11:33:26	0,346	MUU
11	-	0,000	-
12	-	0,000	-
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 1,020

L-suunta Väylän suuntaisesti 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-07-03 10:29:56	1,120	VET
2	2023-06-30 10:05:23	0,990	T
3	2023-07-07 10:03:31	0,978	T
4	2023-07-03 07:08:40	0,964	T
5	2023-06-30 08:08:17	0,932	VET
6	2023-07-05 09:58:05	0,882	T
7	2023-06-28 07:06:16	0,814	T
8	2023-07-07 08:14:17	0,790	VET
9	2023-07-05 07:14:52	0,761	T
10	2023-06-28 10:10:21	0,739	T
11	2023-07-12 12:52:22	0,596	MUU
12	2023-07-12 11:33:26	0,384	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 1,170



Tärinä, 15 merkitsevintä ohitusta

MP 02 (maaperä)

Liite 1.2, s.1

V-suunta Pystysuunnassa 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-06-30 10:05:29	1,855	T
2	2023-07-03 10:30:01	1,667	VET
3	2023-06-30 08:08:13	1,661	VET
4	2023-06-28 10:10:27	1,629	T
5	2023-07-05 09:58:05	1,576	T
6	2023-07-07 10:03:35	1,545	T
7	2023-06-28 07:06:12	1,336	T
8	2023-07-05 07:14:42	1,254	T
9	2023-07-07 08:14:11	1,128	VET
10	2023-07-03 07:08:40	0,940	T
11	2023-07-12 12:52:24	0,928	MUU
12	2023-07-12 11:33:18	0,828	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 1,953

T-suunta Väylää vastaan kohtisuoraan 15 merkitsevintä ohitusta

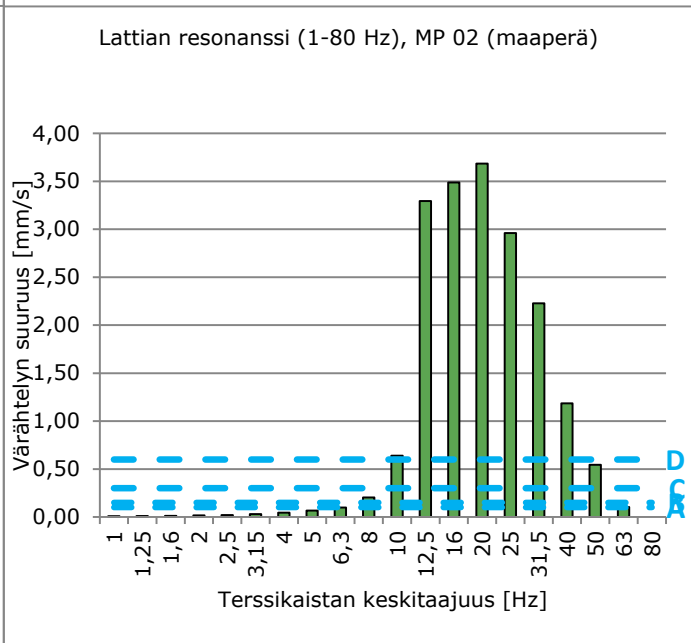
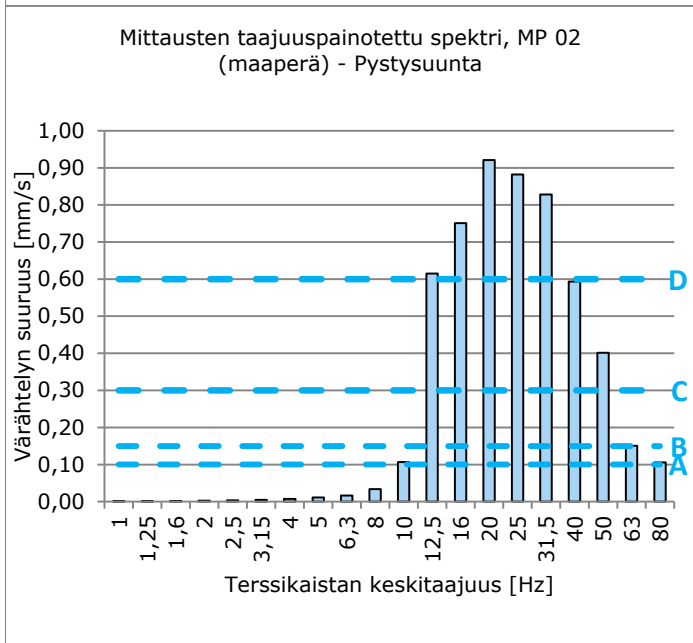
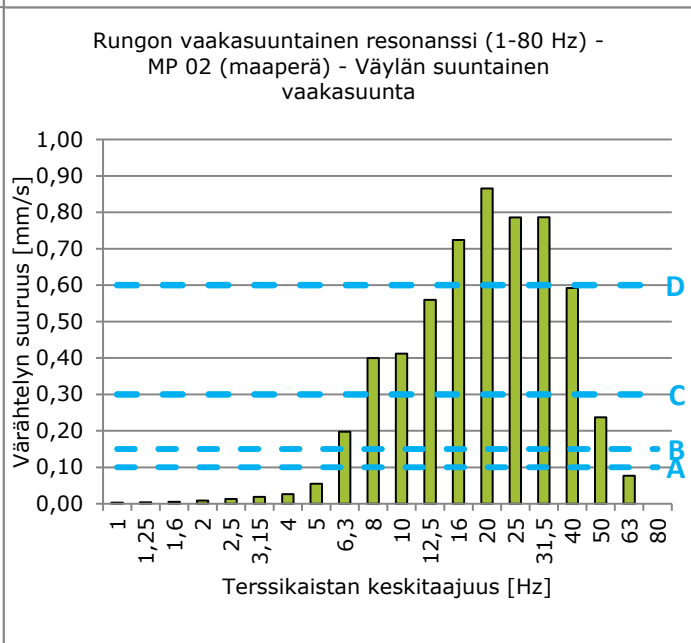
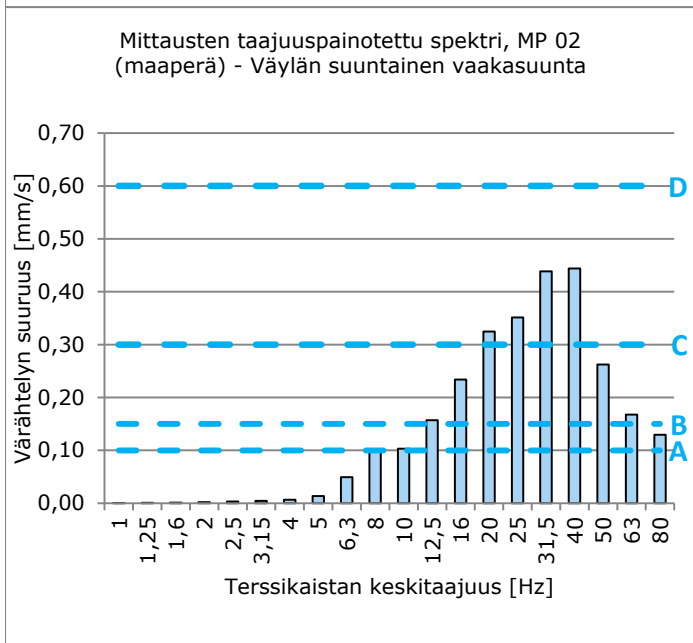
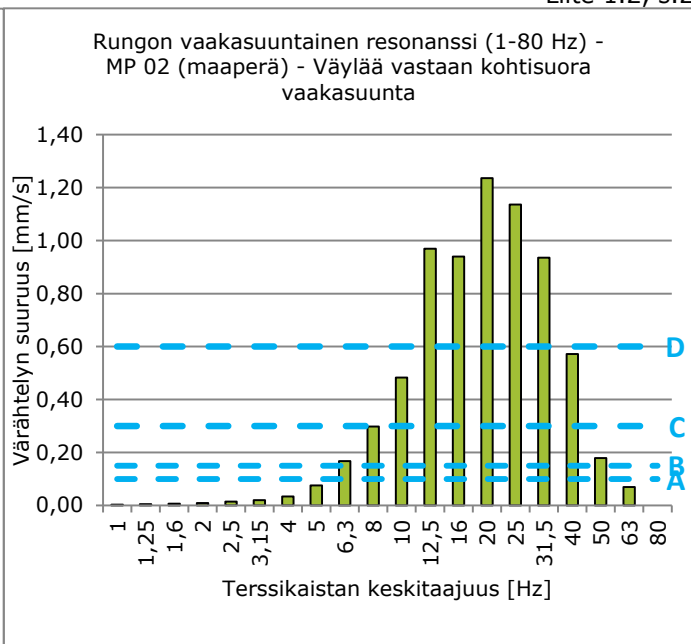
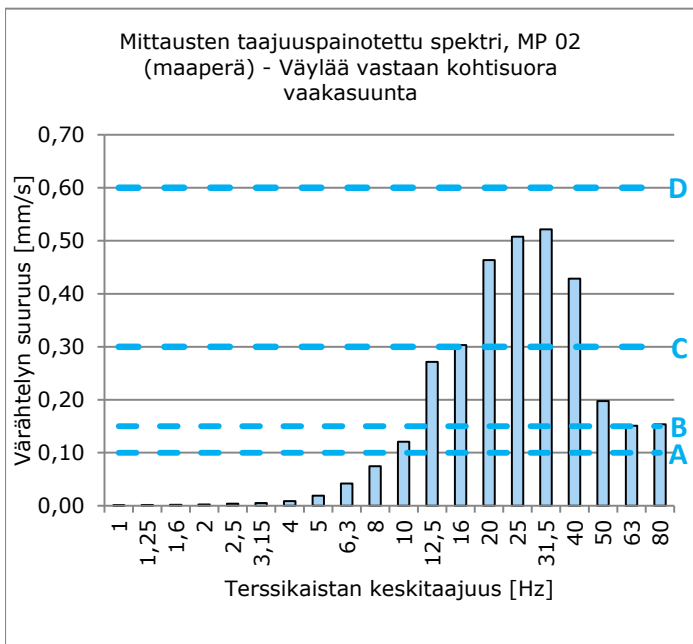
	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	1,113	VET
2	2023-06-30 08:08:13	0,930	VET
3	2023-06-28 10:10:27	0,906	T
4	2023-07-05 09:58:05	0,890	T
5	2023-07-07 10:03:35	0,866	T
6	2023-06-30 10:05:29	0,862	T
7	2023-07-07 08:14:11	0,830	VET
8	2023-06-28 07:06:12	0,697	T
9	2023-07-12 12:52:24	0,660	MUU
10	2023-07-05 07:14:42	0,617	T
11	2023-07-03 07:08:40	0,552	T
12	2023-07-12 11:33:18	0,493	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 1,096

L-suunta Väylän suuntaisesti 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-06-30 10:05:29	0,872	T
2	2023-06-30 08:08:13	0,842	VET
3	2023-07-03 10:30:01	0,831	VET
4	2023-07-05 09:58:05	0,811	T
5	2023-06-28 10:10:27	0,798	T
6	2023-07-07 10:03:35	0,782	T
7	2023-06-28 07:06:12	0,770	T
8	2023-07-05 07:14:42	0,702	T
9	2023-07-07 08:14:11	0,673	VET
10	2023-07-12 11:33:18	0,653	MUU
11	2023-07-12 12:52:24	0,628	MUU
12	2023-07-03 07:08:40	0,555	T
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 0,914



Tärinä, 15 merkitsevintä ohitusta

MP 03 (maaperä)

Liite 1.3, s.1

V-suunta Pystysuunnassa 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-06-30 08:08:13	0,525	VET
2	2023-06-30 10:05:29	0,497	T
3	2023-07-03 10:30:01	0,482	VET
4	2023-06-28 10:10:27	0,449	T
5	2023-06-28 07:06:12	0,446	T
6	2023-07-03 07:08:40	0,444	T
7	2023-07-07 10:03:35	0,400	T
8	2023-07-05 09:58:05	0,400	T
9	2023-07-05 07:14:46	0,396	T
10	2023-07-07 08:14:11	0,358	VET
11	2023-07-12 12:52:24	0,273	MUU
12	2023-07-12 11:33:18	0,194	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 0,568

T-suunta Väylää vastaan kohtisuoraan 15 merkitsevintä ohitusta

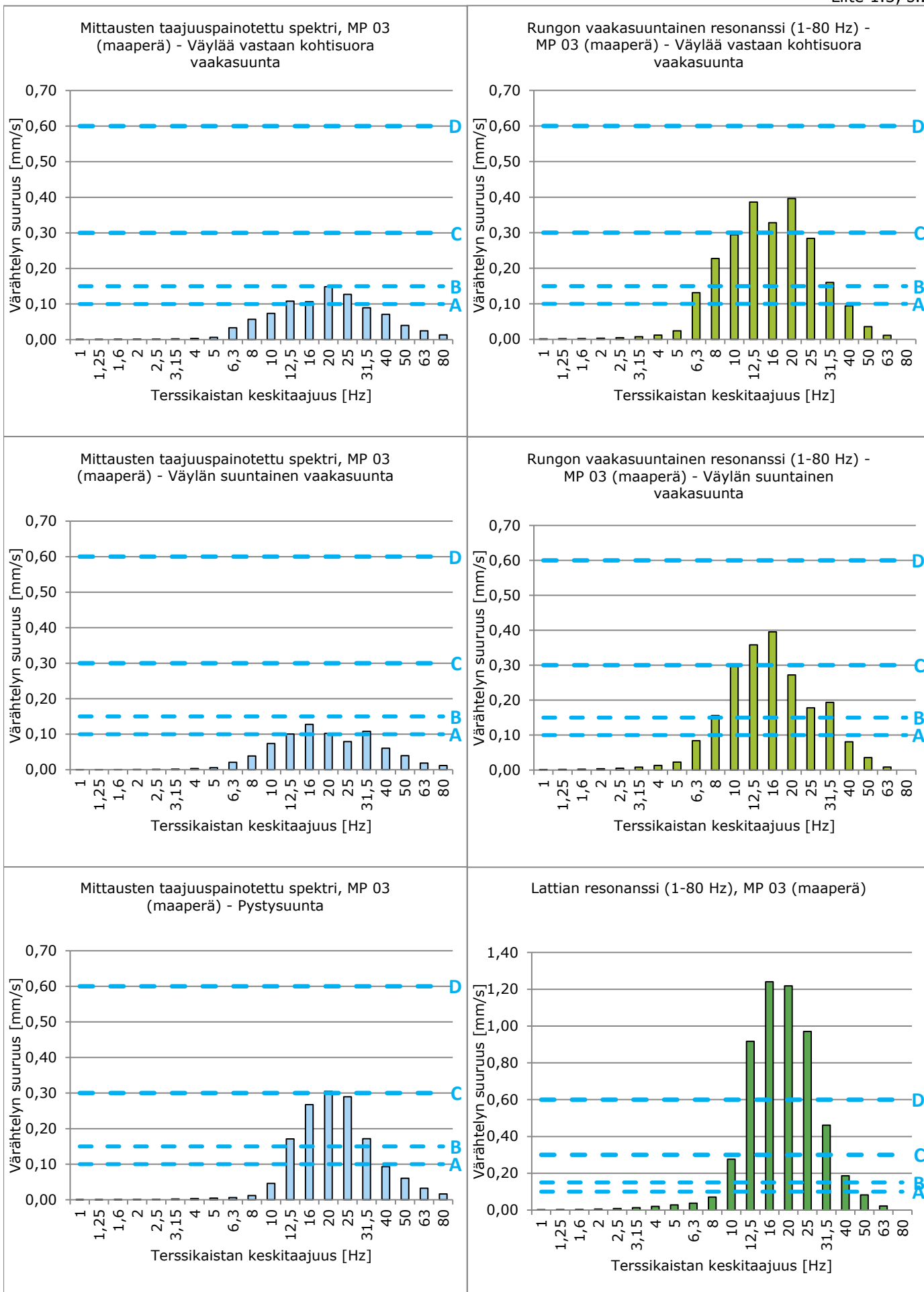
	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	0,314	VET
2	2023-06-30 08:08:13	0,251	VET
3	2023-07-05 09:58:05	0,239	T
4	2023-07-07 10:03:35	0,219	T
5	2023-07-07 08:14:11	0,219	VET
6	2023-06-28 07:06:12	0,210	T
7	2023-06-28 10:10:27	0,209	T
8	2023-07-05 07:14:46	0,201	T
9	2023-07-03 07:08:40	0,181	T
10	2023-06-30 10:05:29	0,179	T
11	2023-07-12 12:52:24	0,150	MUU
12	2023-07-12 11:33:18	0,116	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 0,294

L-suunta Väylän suuntaisesti 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	0,248	VET
2	2023-06-30 08:08:13	0,227	VET
3	2023-07-07 08:14:11	0,226	VET
4	2023-07-07 10:03:35	0,211	T
5	2023-06-28 07:06:12	0,203	T
6	2023-07-03 07:08:40	0,199	T
7	2023-06-28 10:10:27	0,198	T
8	2023-07-05 09:58:05	0,197	T
9	2023-07-05 07:14:46	0,182	T
10	2023-06-30 10:05:29	0,160	T
11	2023-07-12 12:52:24	0,152	MUU
12	2023-07-12 11:33:18	0,098	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 0,261



Tärinä, 15 merkitsevintä ohitusta

MP 04 (maaperä)

Liite 1.4, s.1

V-suunta Pystysuunnassa 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-06-28 07:06:12	0,260	T
2	2023-07-03 07:08:40	0,240	T
3	2023-06-30 08:08:13	0,199	VET
4	2023-07-03 10:30:01	0,198	VET
5	2023-06-30 10:05:29	0,193	T
6	2023-07-07 10:03:35	0,166	T
7	2023-07-07 08:14:11	0,165	VET
8	2023-06-28 10:10:27	0,162	T
9	2023-07-05 09:58:05	0,158	T
10	2023-07-05 07:14:46	0,148	T
11	2023-07-12 12:52:24	0,083	MUU
12	2023-07-12 11:33:22	0,058	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 0,268

T-suunta Väylää vastaan kohtisuoraan 15 merkitsevintä ohitusta

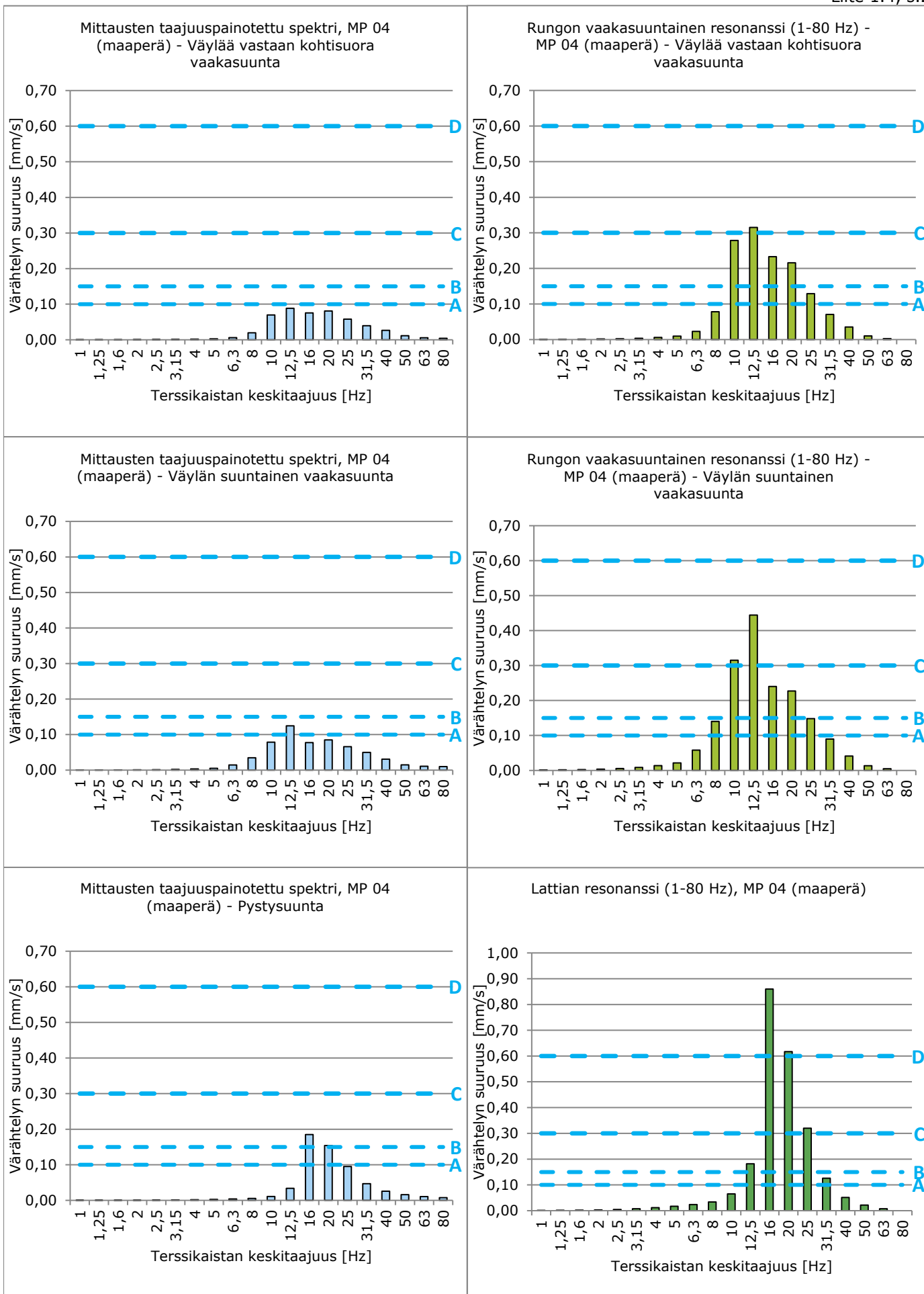
	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	0,152	VET
2	2023-06-30 08:08:13	0,148	VET
3	2023-07-03 07:08:40	0,145	T
4	2023-06-28 07:06:12	0,144	T
5	2023-07-05 09:58:05	0,141	T
6	2023-07-05 07:14:46	0,140	T
7	2023-07-07 08:14:11	0,123	VET
8	2023-06-30 10:05:29	0,117	T
9	2023-06-28 10:10:27	0,104	T
10	2023-07-07 10:03:35	0,102	T
11	2023-07-12 12:52:24	0,077	MUU
12	2023-07-12 11:33:22	0,047	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 0,176

L-suunta Väylän suuntaisesti 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	0,224	VET
2	2023-06-30 08:08:13	0,216	VET
3	2023-06-28 10:10:27	0,137	T
4	2023-06-28 07:06:12	0,131	T
5	2023-07-07 08:14:11	0,125	VET
6	2023-07-07 10:03:35	0,122	T
7	2023-06-30 10:05:29	0,115	T
8	2023-07-05 09:58:05	0,114	T
9	2023-07-03 07:08:40	0,111	T
10	2023-07-05 07:14:46	0,106	T
11	2023-07-12 12:52:24	0,088	MUU
12	2023-07-12 11:33:22	0,054	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 0,211



Tärinä, 15 merkitsevintä ohitusta

MP 05 (maaperä)

Liite 1.5, s.1

V-suunta Pystysuunnassa 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-06-28 07:06:12	0,313	T
2	2023-06-30 08:08:13	0,274	VET
3	2023-07-03 07:08:40	0,255	T
4	2023-07-05 09:58:05	0,197	T
5	2023-07-03 10:30:01	0,195	VET
6	2023-07-05 07:14:46	0,166	T
7	2023-06-30 10:05:25	0,166	T
8	2023-07-07 10:03:35	0,165	T
9	2023-06-28 10:10:27	0,115	T
10	2023-07-07 08:14:11	0,090	VET
11	2023-07-12 12:52:24	0,074	MUU
12	2023-07-12 11:33:18	0,030	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 0,315

T-suunta Väylää vastaan kohtisuoraan 15 merkitsevintä ohitusta

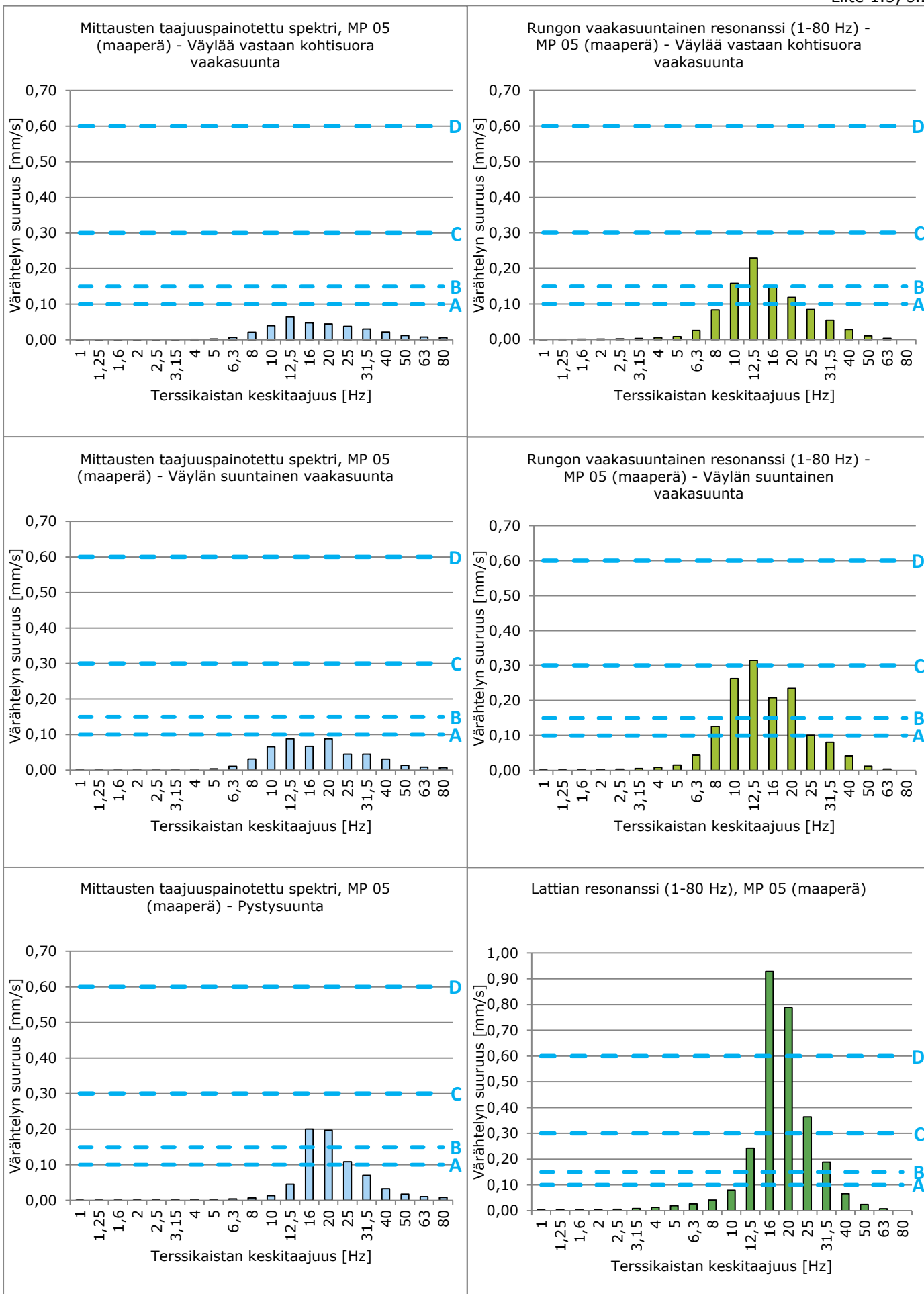
	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-06-30 08:08:13	0,113	VET
2	2023-07-03 10:30:01	0,110	VET
3	2023-07-03 07:08:40	0,091	T
4	2023-07-05 07:14:46	0,080	T
5	2023-07-07 08:14:11	0,079	VET
6	2023-07-05 09:58:05	0,079	T
7	2023-07-07 10:03:35	0,073	T
8	2023-06-30 10:05:25	0,070	T
9	2023-06-28 07:06:12	0,067	T
10	2023-06-28 10:10:27	0,061	T
11	2023-07-12 12:52:24	0,045	MUU
12	2023-07-12 11:33:18	0,028	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 0,116

L-suunta Väylän suuntaisesti 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	V_w	Juna
1	2023-07-03 07:08:40	0,187	T
2	2023-07-07 10:03:35	0,136	T
3	2023-07-03 10:30:01	0,125	VET
4	2023-07-05 07:14:46	0,124	T
5	2023-07-05 09:58:05	0,119	T
6	2023-06-28 07:06:12	0,118	T
7	2023-06-30 08:08:13	0,114	VET
8	2023-06-28 10:10:27	0,093	T
9	2023-06-30 10:05:25	0,076	T
10	2023-07-12 12:52:24	0,073	MUU
11	2023-07-07 08:14:11	0,068	VET
12	2023-07-12 11:33:18	0,026	MUU
13	-	0,000	-
14	-	0,000	-
15	-	0,000	-

V_{w,95,maa} 0,176



Runkomelu, 15 merkitsevintä ohitusta



MP 01 (maa-perä)

Liite 2.1, s.1

V-suunta Pystysuunnassa 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-03 10:30:00	70,324	VET
2	2023-07-07 08:14:21	69,369	VET
3	2023-06-30 08:08:17	68,663	VET
4	2023-07-05 09:58:05	67,706	T
5	2023-07-05 07:14:52	67,195	T
6	2023-06-30 10:05:23	64,748	T
7	2023-06-28 10:10:52	64,012	T
8	2023-07-12 12:52:22	63,662	MUU
9	2023-07-03 07:08:40	62,498	T
10	2023-06-28 07:06:16	61,739	T
11	2023-07-07 10:03:35	61,617	T
12	2023-07-12 11:33:26	60,708	MUU
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	70	

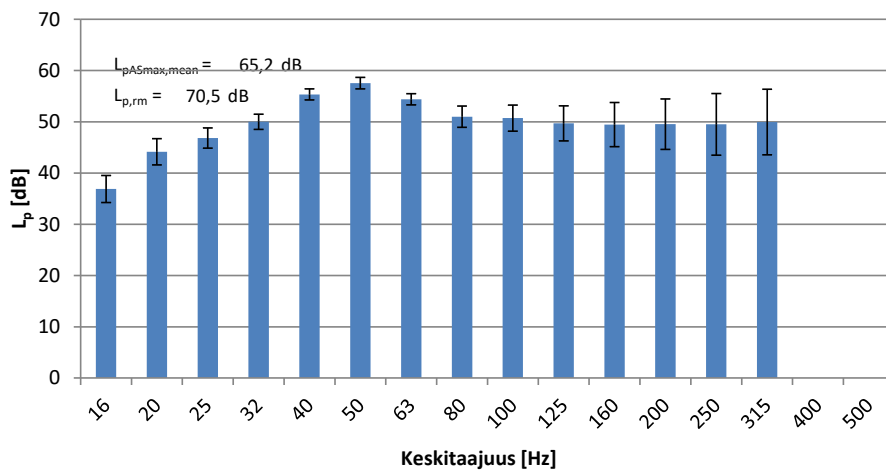
T-suunta Väylää vastaan kohtisuoraan 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-03 10:30:00	67,913	VET
2	2023-07-05 09:58:05	66,506	T
3	2023-06-30 08:08:17	66,158	VET
4	2023-06-30 10:05:23	66,117	T
5	2023-07-07 10:03:35	64,946	T
6	2023-07-12 12:52:22	64,580	MUU
7	2023-07-03 07:08:40	63,528	T
8	2023-07-05 07:14:52	62,904	T
9	2023-07-07 08:14:21	61,384	VET
10	2023-07-12 11:33:26	60,599	MUU
11	-	-	-
12	-	-	-
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	68	

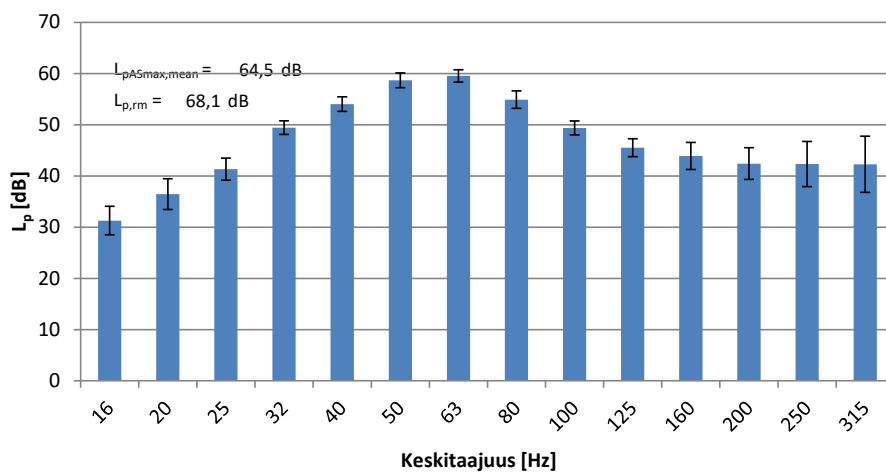
L-suunta Väylän suuntaisesti 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-05 09:58:05	68,357	T
2	2023-06-30 10:05:23	67,662	T
3	2023-07-07 10:03:35	67,200	T
4	2023-07-12 12:52:22	66,971	MUU
5	2023-07-07 08:14:21	66,540	VET
6	2023-07-03 10:30:00	66,407	VET
7	2023-06-28 10:10:52	65,912	T
8	2023-07-03 07:08:40	65,218	T
9	2023-06-30 08:08:17	65,121	VET
10	2023-07-05 07:14:52	64,553	T
11	2023-06-28 07:06:16	63,342	T
12	2023-07-12 11:33:26	63,189	MUU
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	68	

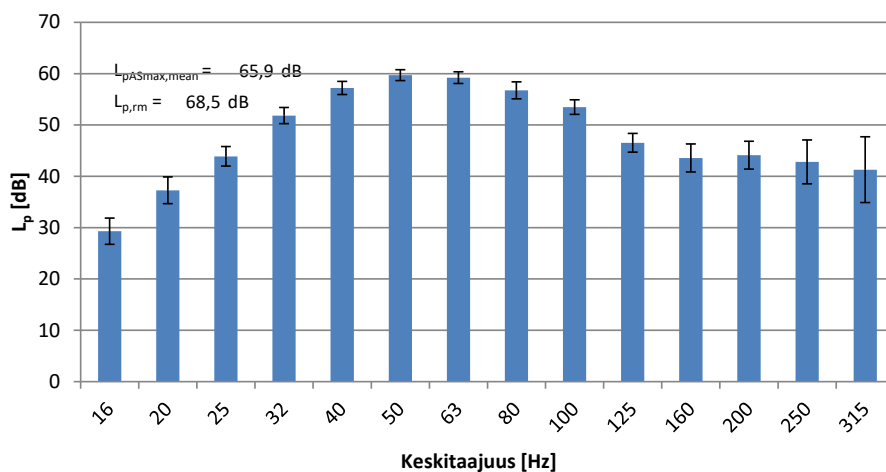
Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 01 (maaperä), pystysuunta (V)



Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 01 (maaperä), vaakasuunta (T)



Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 01 (maaperä), vaakasuunta (L)



Runkomelu, 15 merkitsevintä ohitusta



MP 02 (maaperä)

Liite 2.2, s.1

V-suunta Pystysuunnassa 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	70,989	VET
2	2023-06-30 10:05:29	70,190	T
3	2023-06-28 10:10:27	68,129	T
4	2023-06-30 08:08:13	66,764	VET
5	2023-07-05 09:58:05	65,628	T
6	2023-07-12 12:52:24	65,571	MUU
7	2023-07-07 10:03:35	65,335	T
8	2023-06-28 07:06:12	64,355	T
9	2023-07-12 11:33:18	64,208	MUU
10	2023-07-03 07:08:40	64,186	T
11	2023-07-07 08:14:11	62,651	VET
12	2023-07-05 07:14:42	62,512	T
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	70	

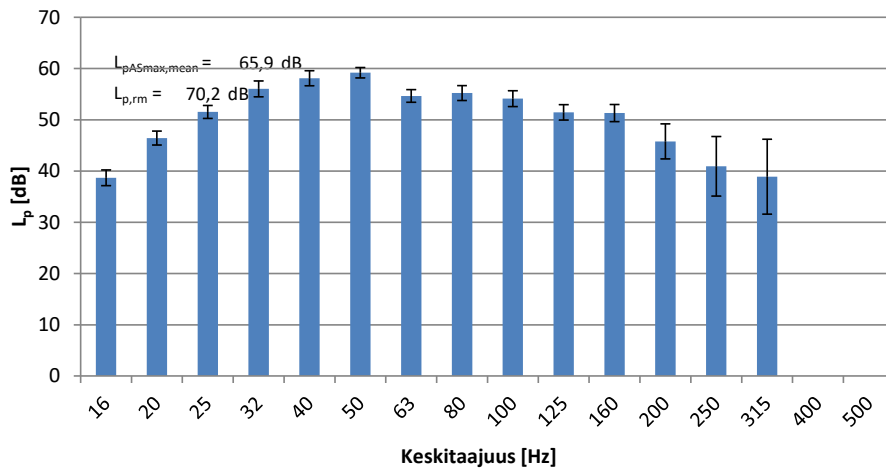
T-suunta Väylää vastaan kohtisuoraan 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-06-30 08:08:13	66,742	VET
2	2023-07-03 10:30:01	66,664	VET
3	2023-06-30 10:05:29	66,320	T
4	2023-06-28 10:10:27	66,091	T
5	2023-07-12 12:52:24	65,367	MUU
6	2023-06-28 07:06:12	64,188	T
7	2023-07-07 10:03:35	63,931	T
8	2023-07-07 08:14:11	63,826	VET
9	2023-07-05 09:58:05	63,359	T
10	2023-07-05 07:14:42	62,749	T
11	2023-07-03 07:08:40	62,655	T
12	2023-07-12 11:33:18	62,130	MUU
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	67	

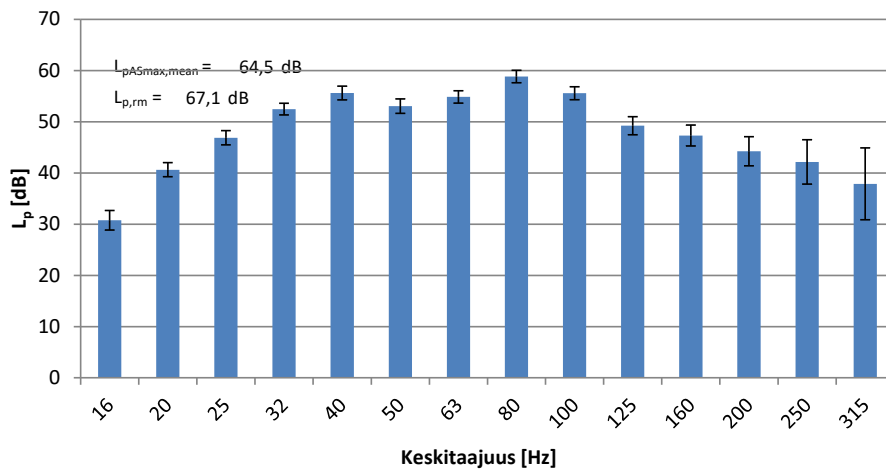
L-suunta Väylän suuntaisesti 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	67,604	VET
2	2023-06-30 10:05:29	67,067	T
3	2023-06-30 08:08:13	66,970	VET
4	2023-06-28 10:10:27	66,306	T
5	2023-06-28 07:06:12	66,077	T
6	2023-07-05 09:58:05	66,020	T
7	2023-07-12 11:33:18	65,348	MUU
8	2023-07-12 12:52:24	65,298	MUU
9	2023-07-03 07:08:40	64,849	T
10	2023-07-07 10:03:35	64,310	T
11	2023-07-07 08:14:11	63,786	VET
12	2023-07-05 07:14:42	63,252	T
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	68	

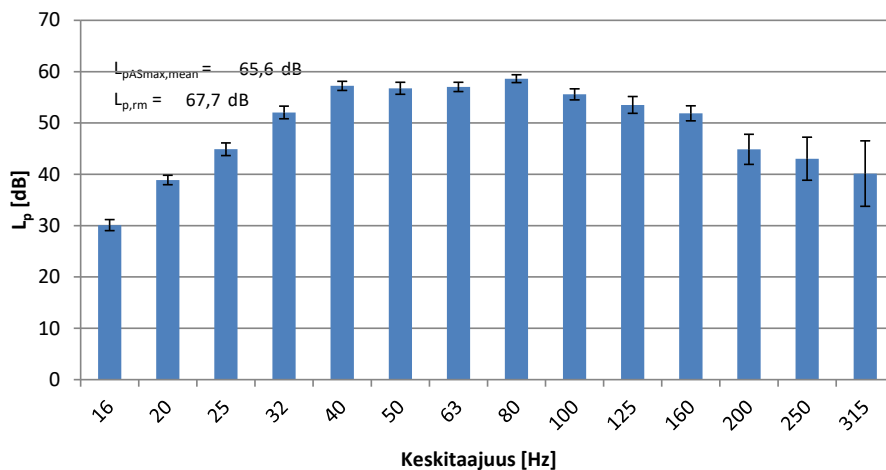
Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 02 (maaperä), pystysuunta (V)



Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 02 (maaperä), vaakasuunta (T)



Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 02 (maaperä), vaakasuunta (L)



Runkomelu, 15 merkitsevintä ohitusta



MP 03 (maaperä)

Liite 2.3, s.1

V-suunta Pystysuunnassa 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	59,490	VET
2	2023-07-05 09:58:09	58,631	T
3	2023-06-30 08:08:13	58,140	VET
4	2023-06-28 10:10:27	54,532	T
5	2023-06-30 10:05:29	52,813	T
6	2023-07-07 08:14:11	52,486	VET
7	2023-06-28 07:06:12	52,243	T
8	2023-07-07 10:03:35	52,087	T
9	2023-07-05 07:14:46	51,605	T
10	2023-07-03 07:08:40	50,962	T
11	2023-07-12 11:33:18	50,553	MUU
12	2023-07-12 12:52:24	50,513	MUU
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	59	

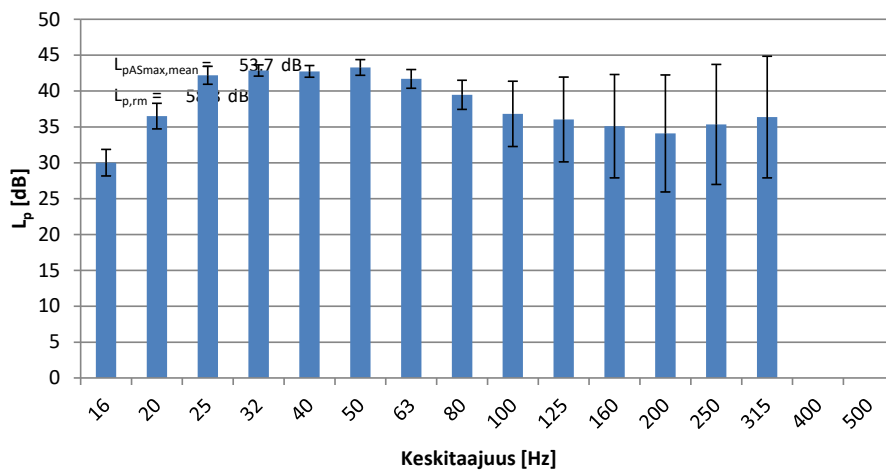
T-suunta Väylää vastaan kohtisuoraan 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	56,802	VET
2	2023-06-30 10:05:29	53,356	T
3	2023-07-05 07:14:46	50,930	T
4	2023-07-05 09:58:09	50,453	T
5	2023-07-07 10:03:35	49,543	T
6	2023-06-30 08:08:13	48,771	VET
7	2023-07-12 12:52:24	48,647	MUU
8	2023-06-28 07:06:12	48,148	T
9	2023-06-28 10:10:27	48,065	T
10	2023-07-03 07:08:40	47,560	T
11	2023-07-12 11:33:18	45,899	MUU
12	2023-07-07 08:14:11	45,884	VET
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	54	

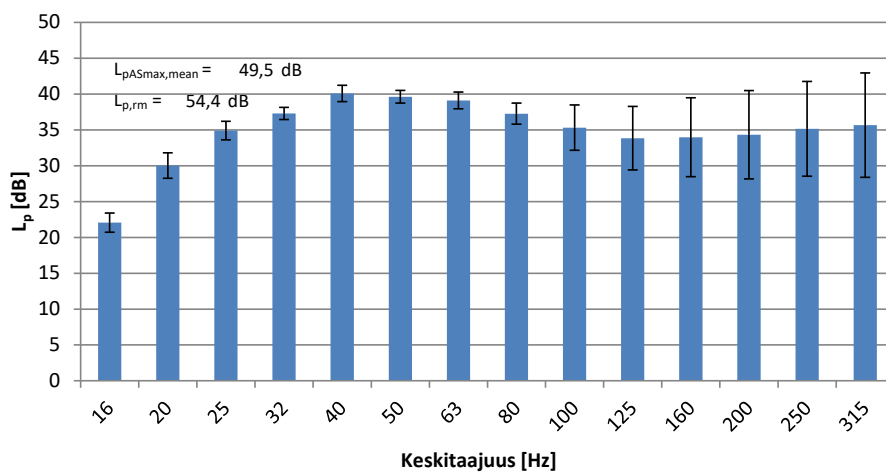
L-suunta Väylän suuntaisesti 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-07 08:14:11	54,122	VET
2	2023-07-03 10:30:01	53,640	VET
3	2023-06-28 07:06:12	53,052	T
4	2023-06-28 10:10:27	52,638	T
5	2023-07-03 07:08:40	51,904	T
6	2023-07-05 09:58:09	51,324	T
7	2023-07-07 10:03:35	50,608	T
8	2023-06-30 08:08:13	48,370	VET
9	2023-06-30 10:05:29	47,852	T
10	2023-07-12 12:52:24	46,283	MUU
11	2023-07-05 07:14:46	44,337	T
12	2023-07-12 11:33:18	43,473	MUU
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	56	

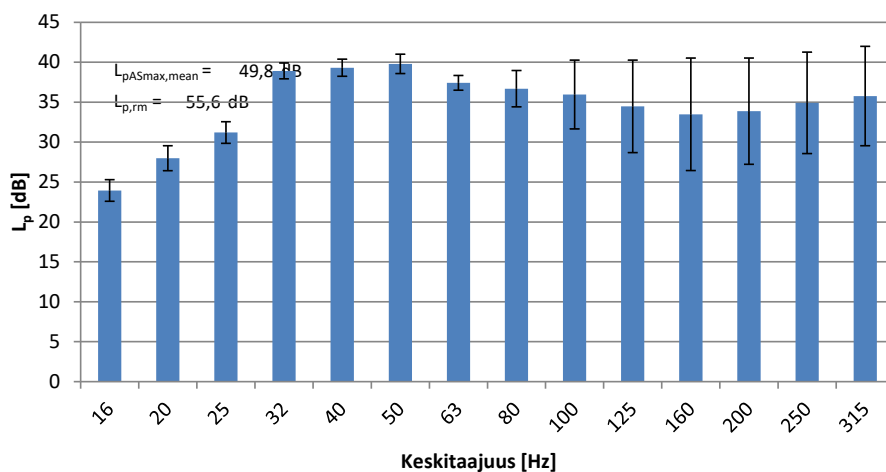
Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 03 (maaperä), pystysuunta (V)



Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 03 (maaperä), vaakasuunta (T)



Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 03 (maaperä), vaakasuunta (L)



Runkomelu, 15 merkitsevintä ohitusta



MP 04 (maaperä)

Liite 2.4, s.1

V-suunta Pystysuunnassa 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-03 07:08:40	54,495	T
2	2023-07-03 10:30:01	50,626	VET
3	2023-07-05 07:14:46	46,977	T
4	2023-06-30 10:05:29	46,602	T
5	2023-06-28 07:06:12	46,453	T
6	2023-06-30 08:08:13	45,017	VET
7	2023-06-28 10:10:27	43,983	T
8	2023-07-05 09:58:09	43,490	T
9	2023-07-07 10:03:35	40,146	T
10	2023-07-07 08:14:11	38,951	VET
11	2023-07-12 12:52:24	34,955	MUU
12	2023-07-12 11:33:22	32,860	MUU
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	54	

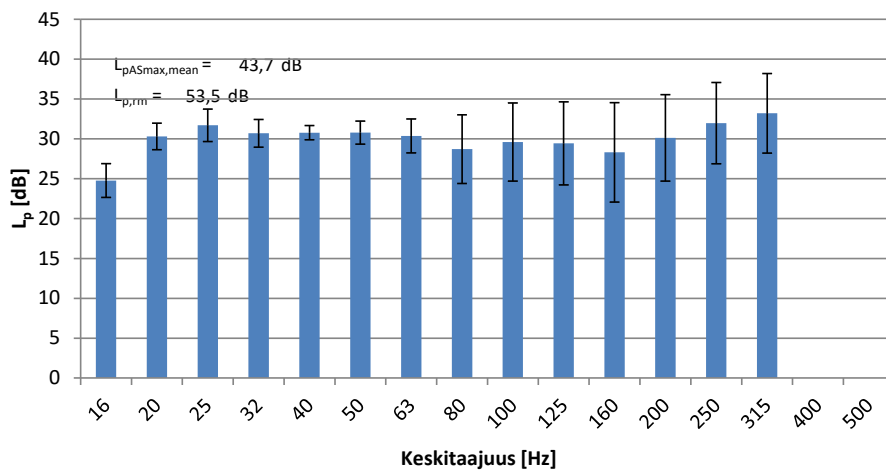
T-suunta Väylää vastaan kohtisuoraan 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	48,971	VET
2	2023-07-03 07:08:40	48,590	T
3	2023-07-05 09:58:09	45,967	T
4	2023-06-28 07:06:12	41,799	T
5	2023-06-30 10:05:29	41,672	T
6	2023-06-28 10:10:27	39,788	T
7	2023-06-30 08:08:13	39,726	VET
8	2023-07-05 07:14:46	39,606	T
9	2023-07-12 12:52:24	38,966	MUU
10	2023-07-07 08:14:11	37,071	VET
11	2023-07-07 10:03:35	35,679	T
12	2023-07-12 11:33:22	34,386	MUU
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	48	

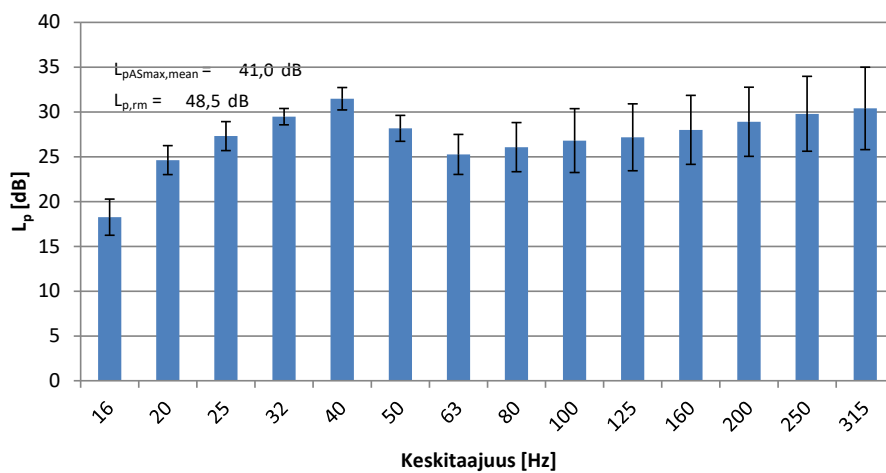
L-suunta Väylän suuntaisesti 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-06-28 10:10:27	51,642	T
2	2023-07-03 10:30:01	50,969	VET
3	2023-07-07 08:14:11	50,898	VET
4	2023-07-07 10:03:35	49,148	T
5	2023-06-30 08:08:13	49,124	VET
6	2023-06-30 10:05:29	46,239	T
7	2023-06-28 07:06:12	45,844	T
8	2023-07-03 07:08:40	45,628	T
9	2023-07-05 09:58:09	39,871	T
10	2023-07-12 11:33:22	37,844	MUU
11	2023-07-12 12:52:24	37,608	MUU
12	2023-07-05 07:14:46	37,513	T
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	54	

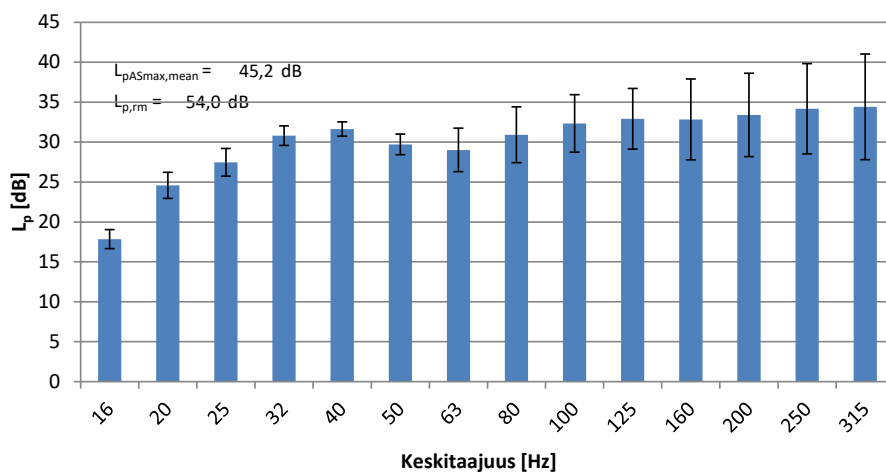
Äänenpainetason keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 04 (maaperä), pystysuunta (V)



Äänenpainetason keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 04 (maaperä), vaakasuunta (T)



Äänenpainetason keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 04 (maaperä), vaakasuunta (L)



Runkomelu, 15 merkitsevintä ohitusta



MP 05 (maaperä)

Liite 2.5, s.1

V-suunta Pystysuunnassa 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-03 10:30:01	56,043	VET
2	2023-07-05 09:58:05	52,758	T
3	2023-07-03 07:08:40	49,776	T
4	2023-06-30 10:05:29	47,924	T
5	2023-06-28 10:10:27	43,179	T
6	2023-06-28 07:06:12	42,442	T
7	2023-06-30 08:08:13	41,822	VET
8	2023-07-05 07:14:46	40,404	T
9	2023-07-07 10:03:35	39,285	T
10	2023-07-07 08:14:11	38,396	VET
11	2023-07-12 12:52:24	34,639	MUU
12	2023-07-12 11:33:18	28,596	MUU
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	55	

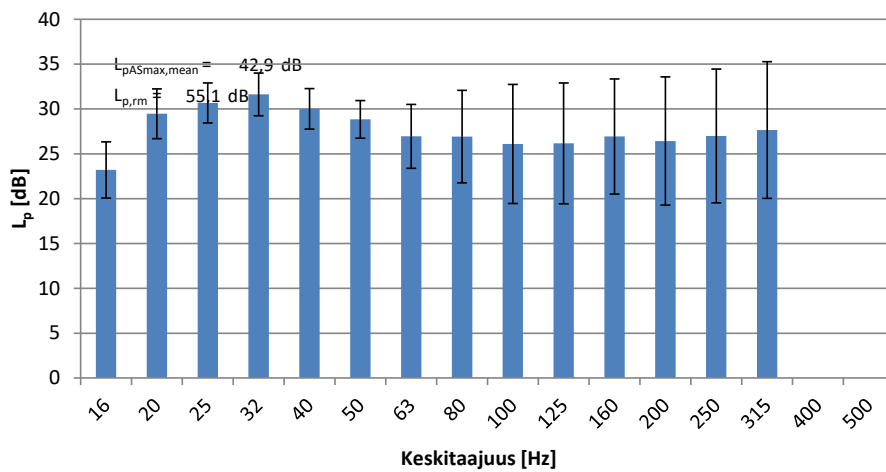
T-suunta Väylää vastaan kohtisuoraan 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-07 08:14:11	48,880	VET
2	2023-06-28 07:06:12	44,730	T
3	2023-07-03 10:30:01	43,470	VET
4	2023-07-05 09:58:05	41,766	T
5	2023-07-03 07:08:40	39,702	T
6	2023-06-30 10:05:29	38,406	T
7	2023-07-07 10:03:35	37,503	T
8	2023-06-28 10:10:27	37,198	T
9	2023-07-05 07:14:46	36,705	T
10	2023-06-30 08:08:13	36,334	VET
11	2023-07-12 12:52:24	35,868	MUU
12	2023-07-12 11:33:18	32,306	MUU
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	47	

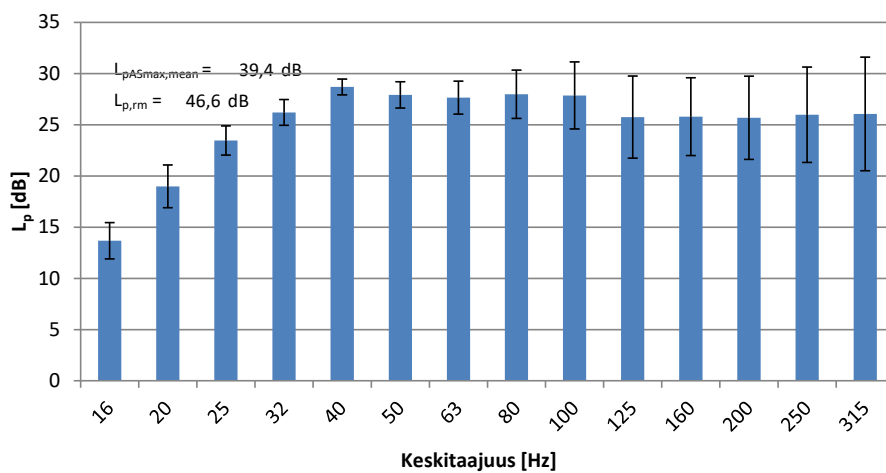
L-suunta Väylän suuntaisesti 15 merkitsevintä ohitusta

	Pvm / Aika	L_{pASmax}	Juna
1	2023-07-07 10:03:35	52,327	T
2	2023-06-28 10:10:27	52,130	T
3	2023-07-03 10:30:01	45,377	VET
4	2023-07-05 09:58:05	45,258	T
5	2023-06-30 10:05:29	43,219	T
6	2023-07-03 07:08:40	42,087	T
7	2023-06-30 08:08:13	39,189	VET
8	2023-07-05 07:14:46	37,904	T
9	2023-06-28 07:06:12	37,670	T
10	2023-07-07 08:14:11	37,197	VET
11	2023-07-12 12:52:24	36,701	MUU
12	2023-07-12 11:33:18	32,401	MUU
13	-	-	-
14	-	-	-
15	-	-	-
	L_{prm}	52	

Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 05 (maaperä), pystysuunta (V)



Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 05 (maaperä), vaakasuunta (T)



Äänenpainetaso keskiarvo ja -hajonta terssikaistoittain - MP 05 (maaperä), vaakasuunta (L)

