

Nosto Consulting Oy  
Pasi Lappalainen

# RAIDELIIKENTEEN TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

Keskustan asemakaavan muutos, Nakkila

**HELSINKI**Viikinportti 4 B 18  
00790 Helsinki  
puh. 050 377 6565**TURKU**Rautakatu 5 A  
20520 Turku  
puh. 050 570 3476**TAMPERE**Viinikankatu 47  
33800 Tampere  
puh. 040 866 8615

www.promethor.fi  
Y-tunnus: 0996539-4  
Kotipaikka: Turku

Tilaaaja:  
Nosto Consulting Oy  
Pasi Lappalainen  
Brahenkatu 7  
20100 Turku

## Raideliikenteen tärinä- ja runkomeluserivitys

Kohde:  
Keskustan asemakaavan muutos, Nakkila

Tärinämittaukset 2020

Raportin numero:  
PR5010-TÄR02

Raportin päiväys:  
18.5.2020

Kirjoittaja(t):  
Olli Laivoranta  
Suunnittelija, DI  
puh. 041 506 3418  
sp. olli.laivoranta@promethor.fi

Tarkastanut:  
Jani Kankare  
Toimitusjohtaja, FM  
puh. 040 574 0028  
sp. jani.kankare@promethor.fi

## Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	4
2	Kohteen sijainti, ympäristö ja mittauspisteet.....	4
3	Mittaus- ja arviointimenetelmät .....	6
4	Tärinän suositusarvot .....	7
4.1	Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta .....	7
4.2	Tärinän suositusarvot viihtyvyyden kannalta.....	7
4.3	Runkomelun suositusarvot.....	8
5	Mittau tulokset .....	9
5.1	Värähtelyn taajuussisältö .....	9
5.2	Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti $v_{res}$ .....	9
5.3	Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ .....	9
5.4	Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi.....	10
5.5	Arvio runkomelun enimmäistasosta .....	11
6	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	12
6.1	Tärinän aiheuttama vaurioitumisriski .....	12
6.2	Tärinän aiheuttama viihtyvyyshaitta .....	12
6.3	Runkomelu .....	12
6.4	Yhteen veto .....	13
6.5	Suositukset kaavamääräyksistä.....	13
6.6	Muita huomioita.....	13
7	Lisätietoa .....	13
8	Kirjallisuus.....	14

### Liitteet:

Liite 1. Mittauspistesivut, tärinä.

## 1 YLEISTÄ

Tässä selvityksessä tarkastellaan raideliikenteen aiheuttamia tärinätasoja Nakkilan keskustan asemakaavamuutoksen alueella. Kaavatyön merkittävimminä tavoitteina on mahdollistaa kirjistorakennuksen sijoittaminen torin yhteyteen siten, että samaan rakennukseen mahdollistetaan asuminen, seniorikorttelin kehittäminen, keskusta-asumisen mahdollisuuksien lisääminen sekä henkilöliikenteen edellyttämien seikakkeiden mahdollistaminen rautatien varteen.

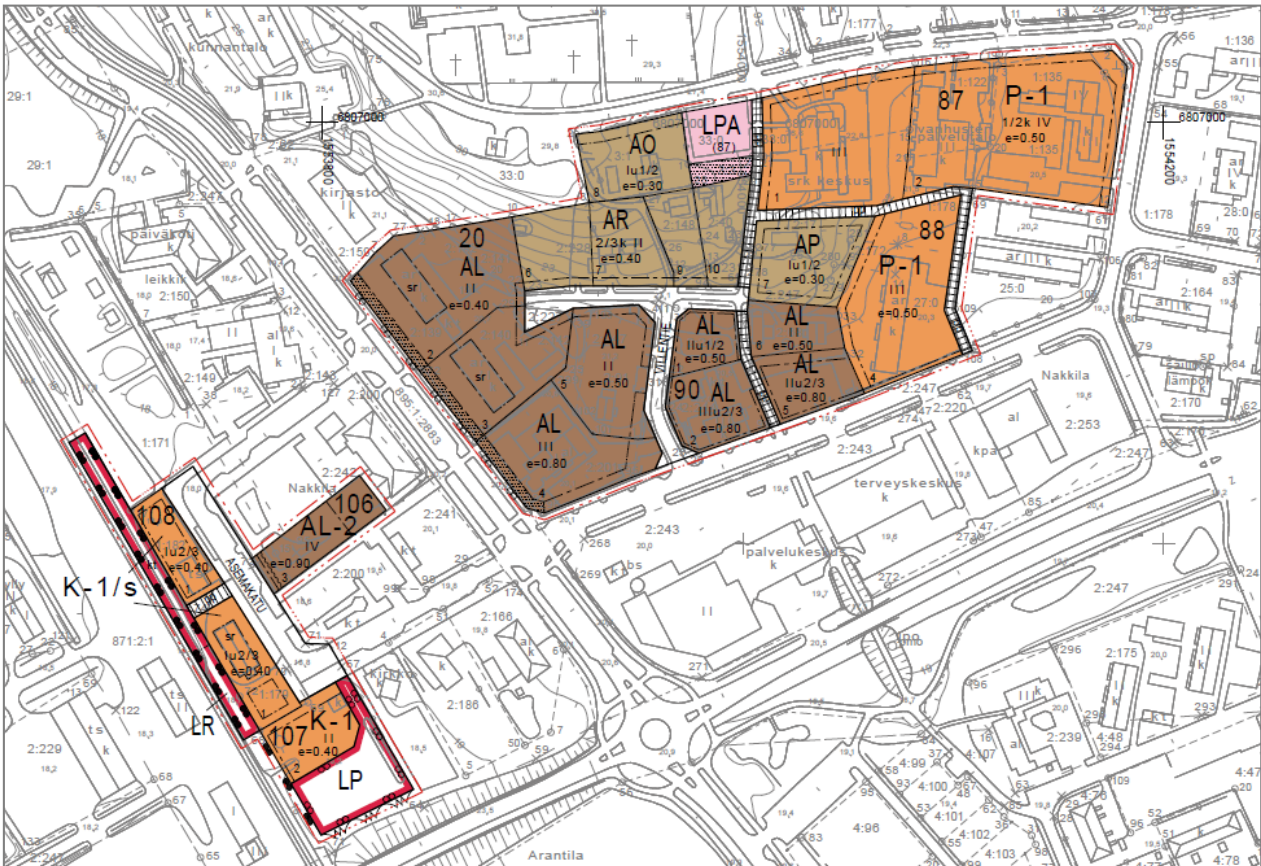
Kaava-alueen tärinätasoja tarkastellaan Promethor Oy:n 21.–28.4.2020 tekemien tärinämittausten perusteella. Mittaukset ja tulosten analysointi tehtiin VTT:n ohjeiden mukaisesti. Mittaus- ja analysointituloksia verrataan VTT:n ohjeiden mukaisiin suositusarvoihin.

Promethor Oy on mitannut kohteessa tärinää aikaisemmin 6.–13.8.2019 (raportti PR5010-TÄR01, 9.9.2020). Rataosuuden nopeusrajoitusta on laskettu tämän jälkeen, minkä vuoksi selvitys päätettiin päivittää nykytilanteen mukaiseksi.

## 2 KOHTEEN SIJAINTI, YMPÄRISTÖ JA MITTAUSPISTEET

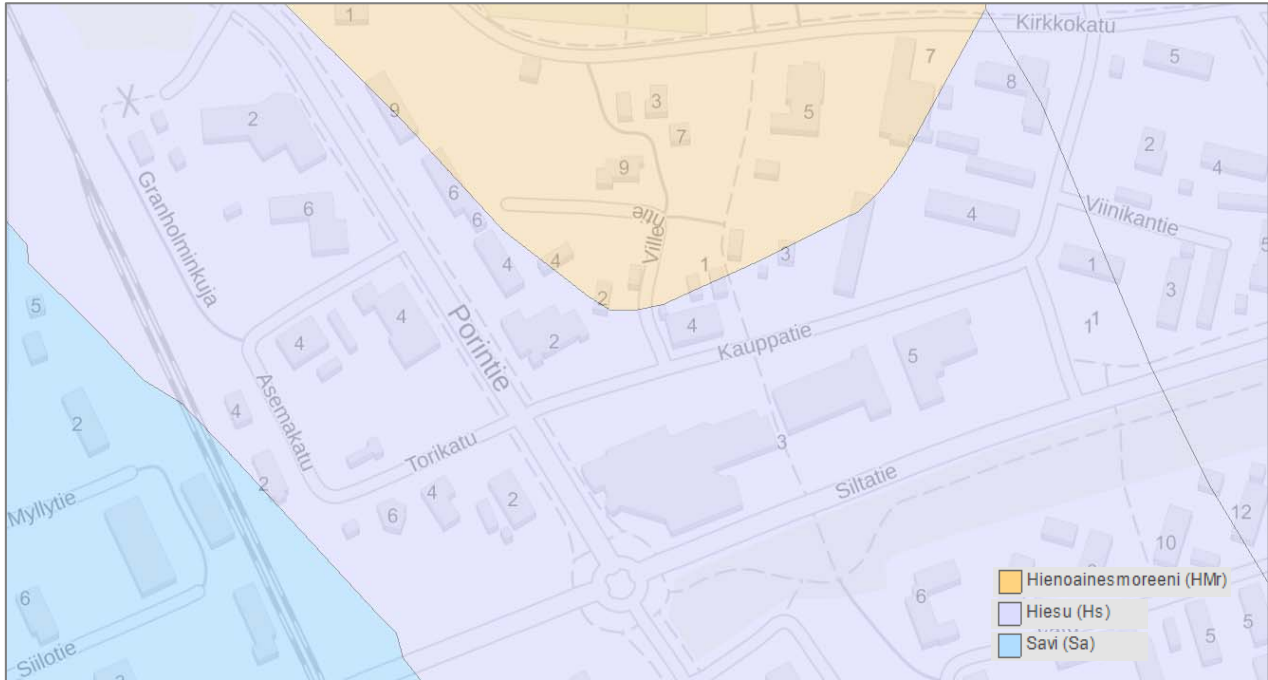
Tutkittava kohde sijaitsee Nakkilan keskustassa (kuva 1). Kaava-alue rajautuu lounaassa rautatiehen, joka on kaava-alueelle merkittävin tärinälähde. GTK:n maaperätietojen mukaan alueen maaperä on pääosin hiesua (kuva 2). Alueen länsiosassa maaperä on kovempaa ja pehmenee idän suuntaan mentäessä.

Raideliikenteen tärinää mitattiin maasta samanaikaisesti neljässä pisteessä (kuva 3). Mittauspisteet muodostivat kaksi rataa vastaan kohtisuoraa mittauslinjaa. Mittauspisteiden etäisyydet rautatiestä olivat 30–90 metriä.



**Kuva 1.** Ote suunnitellusta kaavakartasta (ehdotus 27.9.2019).





Kuva 2. Maaperäkartta (lähde: gtkdata-gtk.fi).



Kuva 3. Tärinän mittauspisteet.

### 3 MITTAUS- JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Raideliikenteen aiheuttaman tärinän mittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” mukaisesti maaperästä mittaamalla. Mittaukset suoritettiin miehittämättömänä mittauksena eli mittalaitteisto toimi alueella itsenäisesti. Signaalien pääteltiin olevan raideliikenteen aiheuttamia signaalien muodon ja keston sekä muissa mittauspisteissä samanaikaisesti havaittujen tapahtumien perusteella. Mittaus tehtiin kaikissa mittauspisteissä kolmiaksiaalisesti. Mittausjakson pituus oli kussakin mittauspisteessä yksi viikko.

Mittaustulosten analysointi ja tulkinta rakenteiden vaurioitumisriskin kannalta tehtiin VTT:n ohjeen ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – Vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen” mukaan. Rakenteiden vaurioriskiä arvioitiin värähtelyn taajuuspainottamattoman heilahdusnopeuden resultantin maksimiarvon  $v_{res}$  avulla.

Mittaustulosten analysointi ja tulkinta ihmisen kokeman tärinähaitan kannalta tehtiin VTT:n ohjeiden ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta”, ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” ja ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin” mukaan. Ihmisen kokeman häiriön kuvaamiseksi tärinäsignaaleista laskettiin tunnusluku  $v_{w,95}$  VTT:n suositusten mukaan<sup>1</sup>. Mitatut tärinäsignaalit taajuuspainotettiin standardin ISO 2631-2 mukaisella kokokehontärinän painotusfunktiolla, minkä jälkeen niistä laskettiin liukuvan tehollisarvon maksimit  $v_{w,max}$ . Näistä valittiin 15 suurinta tapahtumaa, joiden perusteella laskettiin tunnusluku  $v_{w,95}$ . Värähtelyjen tunnusluvulla  $v_{w,95}$  tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä 15 suurimman tärinä tapahtuman taajuuspainotetut tehollisarvot pysyvät 95 prosentin tilastollisella todennäköisyydellä.

Maasta rakennukseen siirtyvää tärinää arvioitiin VTT:n tiedotteen ”Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi” ja VTT:n tiedotteen ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin” mukaisesti.

Suomessa ei ole standardoitua menetelmää runkomelun arviointiin. Tässä raportissa raideliikenteen aiheuttamaa runkomelua arvioidaan VTT:n tiedotteen ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” mukaisesti. Arvio määritetään slow-aikavakiolla määritetyistä A-painotetuista maasta mitatuista nopeus-signaaleista käyttämällä referenssinopeutena 1 nm/s ja muuttamalla saatu tulos runkomelutasoksi VTT:n tiedotteen mukaisia lisätekijöitä käyttäen.

<sup>1</sup> VTT:n suosituksesta poiketen tunnuslukujen laskennassa 15 suurinta signaalia valitaan kustakin akselisuunnasta erikseen. VTT:n suosituksessa suurimmat signaalit valitaan pystysuuntaisten signaalien mukaan kaikille akselisuunnille. Kun käytetyt signaalit valitaan kustakin akselisuunnasta erikseen, laskettu tunnusluku on aina yhtä suuri tai suurempi kuin pysty akselin mukaan valituista signaaleista laskettu. Pystysuunnan mukaan määritetyistä signaaleista lasketut vaakasuuntaiset tunnusluvut saattavat olla todellista pienempiä, erityisesti kun vaakasuuntainen tärinä on merkittävää.

## 4 TÄRINÄN SUOSITUSARVOT

### 4.1 Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta

Suomessa rakennusten rakenteiden vaurioriskille ei ole toistaiseksi annettu virallisia raja-arvoja. VTT:n tiedotteen ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin, 2002” mukaan rakennusten vaurioriskiä voidaan arvioida värähtelyn heilahdusnopeuden resultantin suurimman arvon  $v_{res}$  ja hallitsevan taajuuden avulla. Tiedotteessa on annettu taulukon 1 mukaiset suositusarvot rakennusten vaurioitumisalttiuden arvioimiseksi.

**Taulukko 1.** VTT:n tiedotteessa ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin, 2002” annetut suositusarvot tärinän aiheuttamalle rakennusten vaurioriskille.

Tärinäalttiusluokka	Hallitseva taajuus [Hz]	Resultantin maksimi $v_{res}$ [mm/s]
I. Normaalkuntoiset hyvin jäykistetyt rakennukset. Teräs- ja betoniset teollisuusrakennukset, muut teräsrakenteet, sillat ja muut niihin rinnastettavat rakenteet	< 10	8
	10...30	10
	> 30	12
II. Perinteisesti rakennetut betoni- tiili- tai puurakenteiset asuin- ja liikerakennukset tai muut niihin rinnastettavat rakennukset ja rakenteet. Luokan I rakennukset, joissa on muurattuja kellariseiniä tai tiiliverhoilu.	< 10	4
	10...30	5
	> 30	6
III. Erityisen herkätkä rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistoriallisesti tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset.	< 10	2
	10...30	3
	> 30	4

### 4.2 Tärinän suositusarvot viihtyvyyden kannalta

Ympäristönsuojelulaissa (nro 86/2000) ja Suomen rakentamismääräyskokoelmassa (osa B3, 2004) veloitetaan ottamaan liikennetärinän vaikutukset huomioon muun muassa kaavoituksessa. Suomessa ei kuitenkaan ole virallisia raja-arvoja liikenteen aiheuttamalle kokokehon tärinälle, joka kohdistuu ihmisiin rakennuksissa. VTT on antanut suosituksen normaalien asuinrakennusten värähtelyluokituksista tunnuslukuun  $v_{w,95}$  perustuen tiedotteessaan 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista”. Tämä ohjeellinen värähtelyluokitus on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** VTT:n tiedotteessa 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista” annettu suositus normaalien asuinrakennusten värähtelyluokituksista.

Värähtelyluokka	Olosuhteet	Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyä.</i>	≤ 0,10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	≤ 0,15
C	Suositus uusien asuinrakennusten ja väylien suunnittelussa <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	≤ 0,30
D	Olosuhteet, joilla pyritään vanhoilla asuinalueilla <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	≤ 0,60

Liike- ja toimistorakennuksille (mukaan lukien kirjastot yms. julkiset tilat) suositusarvona voidaan pitää luokan D arvoa 0,60 mm/s.

### 4.3 Runkomelun suositusarvot

Suomessa ei ole virallisia raja-arvoja runkomelun enimmäistasolle. VTT:n tiedotteessa 2468 ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi”, 2009, on esitetty suositus runkomelutasojen raja-arvoiksi. Suositusarvot on esitetty taulukossa 3.

**Taulukko 3.** VTT:n tiedotteessa 2468 ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009” esitetty suositus runkomelutasojen raja-arvoiksi.

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

\* Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, on VTT:n ohjeen mukaan suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.



## 5 MITTAUSTULOKSET

### 5.1 Värähtelyn taajuussisältö

Maaperästä mitatun värähtelyn taajuusalue painottui alle 10 Hz taajuuksille. Tärinän taajuuspainotetut taajuusjakaumat on esitetty liitteessä 1 terssikaistoittain VTT:n suosituksen mukaisesti.

### 5.2 Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti $v_{res}$

Rakennusten vaurioitumisriskiä arvioidaan painottamattoman värähtelyn nopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Taulukossa 4 on esitetty suurimmat mitatut resultanttien arvot. Suositeltavana enimmäisarvona voidaan tarkasteltavassa kohteessa pitää vähintään 4 mm/s (vrt. taulukko 1). Liitteessä 1 on esitetty mitatuista resultanteista 15 suurinta kussakin mittauspisteessä.

**Taulukko 4.** Suurimmat mitatut heilahdusnopeuden resultantin arvot  $v_{res}$ .

Mittauspiste	Kuvaus	Resultantti [mm/s] 2019	Resultantti [mm/s] 2020
mp1	Kortteli 106, lähempi	1,6	0,7
mp2	Kortteli 106, kauempi	2,0*	0,5
mp3	Kortteli 107, lähempi	2,8	1,8
mp4	Kortteli 107, kauempi	2,5	1,1

\*Mittariin kohdistuneen ilkvallan vuoksi mittaustulos ei ole täysin luotettava ja todennäköisesti yliarvioi todellista tilannetta.

### 5.3 Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$

Ihmisten kokemaa tärinähaittaa arvioidaan tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  avulla. VTT:n suosituksen mukaan uusissa normaaleissa **asuinrakennuksissa** tärinän tunnusluku  $v_{w,95}$  ei saisi ylittää arvoa 0,30 mm/s (luokka C). **Liike- ja toimistorakennuksille ja niitä vastaaville tiloille** suositusarvona voidaan pitää luokan D arvoa 0,60 mm/s. Taulukossa 5 on esitetty mittaustuloksista lasketut tärinän tunnuslukujen arvot. Laskuissa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot on esitetty liitteessä 1. Taulukon 5 arvoja ei voi suoraan verrata suositusarvoon, koska tärinän voimakkuus muuttuu rakennukseen siirtymisen yhteydessä. Valmiissa rakennuksessa havaittavan tärinän arviointi on esitetty luvussa 5.4.

**Taulukko 5.** Mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvut  $v_{w,95}$ . Sulkeissa vuonna 2019 mitattu arvo.

Mittauspiste	Kuvaus	pystysuunta	Tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]	
			rataa vasten koh-tisuora vaakasuunta	radan suuntainen vaakasuunta
mp1	Kortteli 106, lähempi	0,29 (0,55)	0,14 (0,37)	0,16 (0,42)
mp2	Kortteli 106, kauempi	0,19 (0,53*)	0,12 (0,55*)	0,10 (0,52*)
mp3	Kortteli 107, lähempi	0,65 (0,88)	0,38 (0,96)	0,50 (0,87)
mp4	Kortteli 107, kauempi	0,35 (0,59)	0,28 (0,85)	0,19 (0,84)

\*Mittariin kohdistuneen ilkvallan vuoksi mittaustulos ei ole täysin luotettava ja todennäköisesti yliarvioi todellista tilannetta.

## 5.4 Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi

Rakennuksen ominaisuuksista riippuen maaperästä rakennukseen siirtyvän tärinän tietyn taajuiset värähtelykomponentit voimistuvat ja tietyt vaimenevat. Ominaisuuksista riippuen rakennuksessa havaittavan tärinän voimakkuus on pienempää, yhtä suurta tai suurempaa kuin maaperästä mitattu tärinä.

Maasta mitatusta tärinästä rakennukseen siirtyvää tärinää arvioidaan VTT:n tiedotteen 2425 ”Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi”, 2008 mukaisesti. Arviointimenetelmässä arvioidaan ensiksi maasta perustukseen siirtyvän värähtelyn vaimenemista käyttämällä taajuuskaistakohtaista kerrointa. Tämän jälkeen perustuksesta runkoon ja lattiaan siirtyvän värähtelyn vahvistumista arvioidaan käyttämällä yleisen voimistumisen ja resonanssitarkastelun kertoimia.

Yleinen voimistuminen kuvaa nimensä mukaisesti värähtelyn mahdollista yleistä voimistumista rakennuksen rungossa tai lattiassa (ns. varmuustarkastelu). Resonanssitarkastelu kuvaa rakennuksen rungon tai lattian ominaistaajuuden ”syttymistä”, jolloin värähtely voimistuu moninkertaiseksi. Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Resonanssitarkastelussa mahdollisesti ilmeneviä riskejä voidaan välttää rakennusten värähtelyteknisellä suunnittelulla mm. välttämällä tiettyjä jännevälejä ja talon korkeuksia.

### *Yleinen voimistuminen*

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaaka- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella, käyttämällä voimistumiskerrointa  $k_1 = 1,5$ . Arviointitulokset on esitetty taulukossa 6.

**Taulukko 6.** VTT:n menetelmillä tärinäsignaaleista arvioidun perustuksen värähtelyn perusteella arvioitu värähtelyn yleinen voimistuminen rakennuksen rungossa ja lattiassa. Sulkeissa vuonna 2019 mitattu arvo.

Mittauspiste	Kuvaus	Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,runko}$ [mm/s]	Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,lattia}$ [mm/s]
mp1	Kortteli 106, lähempi	0,25 (0,62)	0,44 (0,83)
mp2	Kortteli 106, kauempi	0,18 (0,67 <sup>*</sup> )	0,28 (0,64 <sup>*</sup> )
mp3	Kortteli 107, lähempi	0,72 (1,45)	0,97 (1,31)
mp4	Kortteli 107, kauempi	0,42 (1,28)	0,52 (0,88)

<sup>\*</sup>Mittariin kohdistuneen ilkvallan vuoksi mittaustulos ei ole täysin luotettava ja todennäköisesti yliarvioi todellista tilannetta.

### *Rungon resonanssitarkastelu*

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn (2020) vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 4$ . Rungon resonanssitarkastelun perusteella:

- Kortteliin 106 alueella rungon värähtely ( $v_{w2,runko}$ )
  - ei ylitä arvoa 0,60 mm/s (kaikki rakennuskorkeudet)
  - ei ylitä arvoa 0,30 mm/s (kaikki rakennuskorkeudet).
- Kortteliin 107 alueella rungon värähtely ( $v_{w2,runko}$ )
  - ylittää arvon 0,60 mm/s (2...3-kerroksiset rakennukset)
  - ylittää arvon 0,30 mm/s (alle 5-kerroksiset rakennukset).

### Lattian resonanssitarkastelu

Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn (2020) pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 6$ . Välipohjien (ja alapohjan) ominaistajuus ei saa osua sellaiselle taajuusalueelle, jonka tunnusluvun arvo lattian resonanssitarkastelussa ylittää sovellettavan suositusarvon. Lattian resonanssitarkastelun perusteella:

- Korttelin 106 alueella lattian värähtely ( $v_{w2,lattia}$ )
  - ylittää arvon 0,60 mm/s lattian ominaistajuuksilla  $f_0 = 8...10$  Hz
  - ylittää arvon 0,30 mm/s lattian ominaistajuuksilla  $f_0 = 6,3...10$  Hz.
- Korttelin 107 alueella lattian värähtely ( $v_{w2,lattia}$ )
  - ylittää arvon 0,60 mm/s lattian ominaistajuuksilla  $f_0 = 6,3...10$  Hz
  - ylittää arvon 0,30 mm/s lattian ominaistajuuksilla  $f_0 = 6,3...12,5$  Hz.

### 5.5 Arvio runkomelun enimmäistasosta

Taulukossa 7 on esitetty runkomelun arviointitulokset mittauspisteittäin. Pystysuuntainen tärinä (z-suunta) säteilee runkoääntä vaakasuorista pinnoista eli mm. lattioista ja vaakasuuntainen tärinä (y- ja x-suunnat) pystysuorista pinnoista eli seinistä.

**Taulukko 7.** VTT:n menetelmällä tärinäsignaaleista arvioidut runkomelutasot  $L_{prm}$ . Sulkeissa vuonna 2019 mitattu arvo.

Mittauspiste	Kuvaus	A-painotettu runkomelutaso $L_{prm}$ [dB]		
		z	y	x
mp1	Kortteli 106, lähempi	23 (27)	32 (42)	30 (40)
mp2	Kortteli 106, kauempi	31 (41 <sup>*</sup> )	41 (46 <sup>*</sup> )	38 (45 <sup>*</sup> )
mp3	Kortteli 107, lähempi	38 (41)	44 (55)	45 (54)
mp4	Kortteli 107, kauempi	24 (30)	42 (47)	39 (42)

\*Mittariin kohdistuneen ilkkivallan vuoksi mittausulos ei ole täysin luotettava ja todennäköisesti yliarvioi todellista tilannetta.

Lainaus VTT:n tiedotteesta 2468, Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arvioiminen, I Esiselvitys. ”Julkaisussa esitetyt kriteerit, raja-arvot ja arviointiohjeet perustuvat pääasiassa kirjallisuuskatsaukseen ja niiden soveltuvuus tulisi varmistaa mittauksin, jotta Suomen liikennettä, väylää, maaperää ja rakentamistapaa koskevat erityispiirteet tulevat otetuksi oikein huomioon,... ..Koska värähtelyn syntymiseen ja leviämiseen vaikuttaa monia epävarmuustekijöitä, esitettyä arviointia voidaan pitää toistaiseksi vain suuntaa-antavana.”

Runkomelun arviointitulosten perusteella:

- Korttelin 106 alueella runkomelutaso ( $L_{prm}$ ) on todennäköisesti uusissa rakennuksissa alle 35 dB(A) ilman runkomelun vaimennustoimenpiteitä. Vaakasuuntaisen korkeampitaajuisen värähtelyn voidaan arvioida vaimenevan merkittävästi maaperästä perustukseen siirtyessä.
- Korttelin 107 alueella runkomelutaso ( $L_{prm}$ ) saattaa pystysuuntaisen värähtelyn perusteella arvioiduna ylittää 35 dB(A) ilman runkomelun vaimennustoimenpiteitä. Vaakasuuntaisen korkeampitaajuisen värähtelyn voidaan arvioida vaimenevan merkittävästi maaperästä perustukseen siirtyessä.

## 6 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Tärinän aiheuttama vaurioitumisriski

Kaikki 2020 maasta mitatut tärinän heilahdusnopeuden resultantin arvot 0,5...1,8 mm/s ovat suositusarvoa 4 mm/s (alttiusluokka II, perinteisesti rakennetut betoni- tiili- tai puurakenteiset asuin- ja liikerakennukset tai muut niihin rinnastettavat rakennukset ja rakenteet) pienempiä. Näin ollen voidaan arvioida, että tärinä ei aiheuta tarkasteltavan kohteen rakennuksille rakenteiden vaurioriskiä.

### 6.2 Tärinän aiheuttama viihtyvyyshaitta

#### *Kortteli 106*

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella korttelin 106 alueelle viihtyvyyshaitan arvioinnissa käytettävä tärinän tunnusluvun arvo täyttää (alittaa) uusille asuinrakennuksille käytetyn suositusarvon 0,30 mm/s (värähtelyluokka C), kun välipohjat mitoitetaan siten, että välipohjien ominaistaajuus ei ole tässä raportissa luvussa 5.4 esitetyllä vältettävällä taajuusalueella. Välipohjien mitoitus tulee huomioida myös mahdollisten toimisto- ja liikerakennusten suunnittelussa tälle alueelle.

#### *Korttelit 107 ja 108*

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella korttelien 107 ja 108 alueelle kohdistuu merkittävää raideliikenteen tärinää ja viihtyvyyshaitan arvioinnissa käytettävä tärinän tunnusluvun arvo todennäköisesti ylittää rakennuksissa toimisto- ja liikerakennuksille sovellettavan suositusarvon 0,60 mm/s (värähtelyluokka D). Uusille asuinrakennuksille käytetyn suositusarvon 0,30 mm/s (värähtelyluokka C) voidaan arvioida ylittyvän lähes varmasti. Maaperästä mitattu raideliikenteen aiheuttama värähtely on pienitaajuisista kaikissa akselisuunnissa. Pienitaajuinen pystysuuntainen voimakas värähtely yhdistettynä pienitaajuiseen vaakasuuntaiseen värähtelyyn johtaa siihen, että tonteille tehtävillä teknisillä tärinäväimennuskeinoilla, kuten ponttiseinillä, syvästabiloinnilla, vaimenninkumilla tai jousilla ei nykytietämyksen mukaan pystytä saavuttamaan riittävää vaimennusta asuinrakennusten kannalta.

#### *Porintien itäpuoliset korttelialueet*

Lähempänä rataa saatujen mittaus- ja analysointitulosten sekä aikaisemmin kohteen ympäristöstä saatujen mittaustulosten perusteella voidaan arvioida, että raideliikenteen aiheuttama tärinä ei aseta Porintien itäpuolisille korttelialueille erityisvaatimuksia.

### 6.3 Runkomelu

#### *Kortteli 106*

VTT:n tiedotteessa 2468 kirjastoille ja asuinhuoneistoille esitetty runkomelun enimmäistaso 35 dB(A) todennäköisesti täyttyy (alittuu) ilman runkomelun vaimennustoimenpiteitä.

#### *Korttelit 107 ja 108*

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella raideliikenteen aiheuttama runkomelutaso todennäköisesti täyttää (alittaa) toimistoille, kaupoille, näyttelytiloille ja museoille käytetyn suositusarvon 45 dB(A).

## ***Porintien itäpuoliset korttelialueet***

Lähempänä rataa saatujen mittaus- ja analysointitulosten perusteella voidaan arvioida, että raideliikenteen aiheuttama runkomelu ei aseta erityisvaatimuksia Porintien itäpuolisille korttelialueille.

### **6.4 Yhteenveto**

Vuoden 2020 mittaustulosten perusteella kortteliin 106 voidaan sijoittaa toimisto-, kauppa-, näyttely- tai museotiloja, sekä kirjasto ja asuintiloja, kun välipohjien mitoituksessa huomioidaan raideliikenteen aiheuttama tärinä.

Rataa lähimpiin kortteleihin 107 ja 108 ei tulisi sijoittaa uusia tärinälle erityisen herkkiä toimintoja. Mittaus- ja arviointitulosten perusteella raideliikenteen tärinä ei aiheuta rakenteiden vaurioriskiä, mutta viihtyvyyshaitan kannalta tärinän voimakkuus voi ylittää liike-, toimisto- yms. tiloille käytettävän suositusarvon.

Porintien itäpuolisille korttelialueille ei kohdistu erityisvaatimuksia rautatieliikenteen aiheuttamasta tärinästä.

### **6.5 Suositukset kaavamääräyksistä**

Suosittelomme lisäämään kaavamääräyksiin kortteleiden 106, 107 ja 108 osalta kohdan, jossa edellytetään tärinän huomioon ottaminen. Kaavamääräys voi olla esimerkiksi seuraava:

- Alueella tulee huomioida raideliikenteen aiheuttama tärinä ja runkomelu rakennusten käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla.

### **6.6 Muita huomioita**

Mittaustulokset edustavat mittauskohteen tärinää vain niissä olosuhteissa, joissa mittaukset suoritettiin. Muun muassa liikenneväylän kunnon, kaluston tai ajonopeuksien poiketessa oleellisesti mittausajankohdasta on tärinäarvojen muuttuminen mahdollista. Verrattuna vuoden 2019 mittaustuloksiin tärinätasot olivat nyt tehdyissä mittauksissa noin 30...70 % pienempiä. Junaliikenteen havaintojärjestelmästä (juliadata.fi) saatavien tietojen perusteella raideliikenne on liikennöivien junien osalta vastannut vuoden 2019 mittauksen tilannetta. Rataosuuden ajonopeuksia on laskettu vuoden 2019 mittausajankohtaan verrattuna.

## **7 LISÄTIETOA**

Olli Laivoranta  
Promethor Oy  
puh. 041 506 3418  
sp. olli.laivoranta@promethor.fi



## 8 KIRJALLISUUS

1. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT:n tiedotteita 2278, A. Talja, Otamedia Oy, Espoo 2005
2. Rautatieliikenteen vaikutus rakenteisiin, J. Törnqvist ja O. Nuutilainen, Luonnos, Otamedia Oy, Espoo 2002
3. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT working papers 50, J. Törnqvist ja A. Talja, Espoo 2006
4. Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT:n tiedotteita 2569, A. Talja, Espoo 2011
5. Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi, VTT:n tiedotteita 2425, A. Talja et. al, Espoo 2008
6. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, I Esiselvitys, VTT:n tiedotteita 2468, A. Talja ja A. Saarinen, Valtion Tekninen Tutkimuskeskus, Espoo 2009
7. Standardi NS8176.E, Vibration and Shock, Measurement Of Vibration In Buildings From Landbased Transport And Guidance To Evaluation Its Effect On Human Beings, Norjan standardisoimisvirasto, Norja 1999
8. Standardi ISO 2631, Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure To Whole-body Vibration, Osat 1 ja 2, International Organization of Standardization, Sveitsi 1997

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiakselialinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 21.-28.4.2020

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
22.4.2020	16.13	<b>0,7</b>	0,73	0,32	0,33
22.4.2020	11.47	0,7	0,70	0,30	0,36
21.4.2020	20.46	0,7	0,70	0,30	0,34
23.4.2020	08.06	0,7	0,65	0,27	0,26
22.4.2020	07.51	0,6	0,58	0,21	0,34
27.4.2020	08.05	0,6	0,60	0,35	0,31
22.4.2020	20.30	0,6	0,56	0,27	0,23
24.4.2020	16.09	0,6	0,56	0,27	0,22
25.4.2020	14.39	0,6	0,56	0,20	0,16
27.4.2020	15.42	0,6	0,52	0,31	0,24
27.4.2020	13.05	0,6	0,54	0,25	0,18
22.4.2020	08.05	0,6	0,54	0,33	0,19
24.4.2020	11.34	0,6	0,55	0,30	0,20
27.4.2020	11.45	0,5	0,45	0,31	0,35
23.4.2020	20.34	0,5	0,41	0,31	0,30

MP1

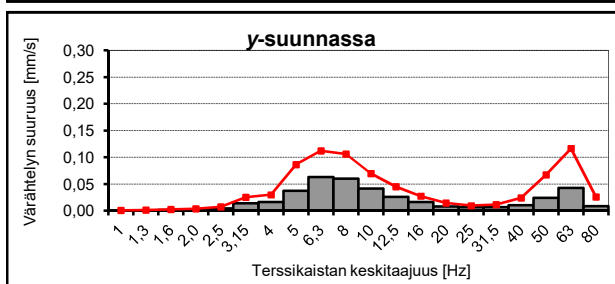
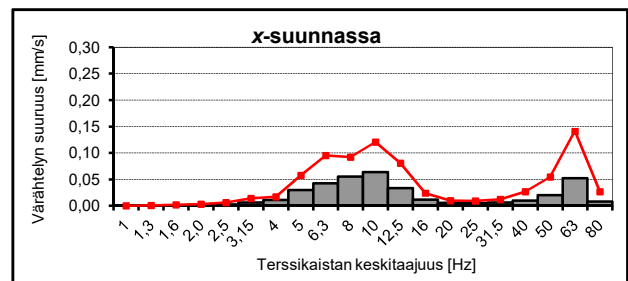
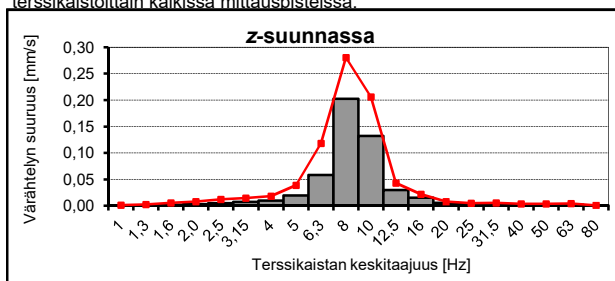
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
22.4.2020	16:13	0,28	22.4.2020	16:12	0,13	24.4.2020	2:11	0,15
27.4.2020	8:05	0,27	24.4.2020	2:11	0,13	27.4.2020	11:45	0,15
22.4.2020	8:05	0,27	27.4.2020	8:05	0,13	22.4.2020	16:13	0,14
27.4.2020	15:42	0,27	27.4.2020	15:42	0,13	27.4.2020	8:05	0,13
21.4.2020	20:46	0,26	24.4.2020	11:34	0,13	21.4.2020	20:46	0,12
22.4.2020	20:30	0,25	22.4.2020	17:55	0,13	22.4.2020	16:12	0,11
24.4.2020	16:09	0,25	21.4.2020	20:46	0,12	22.4.2020	11:47	0,11
25.4.2020	14:39	0,25	21.4.2020	16:52	0,12	23.4.2020	13:38	0,11
27.4.2020	11:45	0,24	23.4.2020	17:06	0,12	22.4.2020	17:55	0,10
24.4.2020	16:09	0,24	23.4.2020	17:05	0,11	23.4.2020	17:06	0,10
24.4.2020	11:34	0,24	22.4.2020	16:13	0,11	22.4.2020	20:30	0,10
27.4.2020	13:05	0,24	21.4.2020	16:52	0,11	22.4.2020	7:51	0,10
23.4.2020	11:31	0,22	24.4.2020	17:42	0,11	23.4.2020	16:42	0,10
24.4.2020	11:34	0,21	23.4.2020	11:31	0,10	23.4.2020	8:06	0,10
		<b><math>v_{w,95} = 0,29</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,14</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,16</math></b>

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiakselialinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 21.-28.4.2020

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
24.4.2020	11.34	<b>0,5</b>	0,47	0,14	0,18
21.4.2020	20.46	0,4	0,40	0,17	0,14
25.4.2020	14.39	0,4	0,37	0,12	0,20
27.4.2020	11.45	0,4	0,37	0,16	0,13
22.4.2020	20.30	0,4	0,33	0,21	0,19
22.4.2020	08.05	0,4	0,34	0,15	0,16
27.4.2020	06.51	0,4	0,34	0,18	0,13
22.4.2020	16.12	0,4	0,32	0,18	0,23
21.4.2020	16.52	0,3	0,12	0,33	0,12
24.4.2020	16.09	0,3	0,32	0,18	0,16
27.4.2020	13.05	0,3	0,32	0,14	0,13
22.4.2020	11.47	0,3	0,29	0,18	0,18
27.4.2020	15.42	0,3	0,31	0,20	0,12
22.4.2020	09.49	0,3	0,30	0,17	0,12
27.4.2020	20.41	0,3	0,31	0,14	0,12

MP2

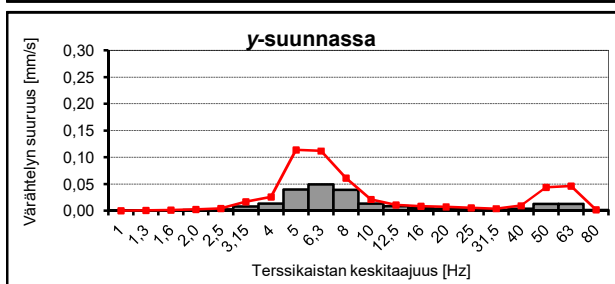
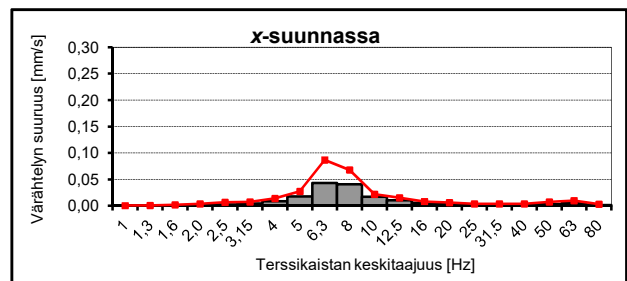
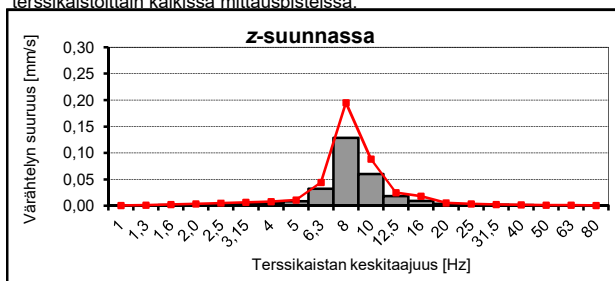
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
25.4.2020	14:39	0,17	23.4.2020	17:05	0,12	25.4.2020	14:39	0,09
21.4.2020	20:46	0,16	24.4.2020	17:42	0,10	24.4.2020	17:42	0,08
27.4.2020	6:51	0,15	22.4.2020	17:55	0,08	22.4.2020	16:12	0,08
27.4.2020	8:05	0,15	24.4.2020	9:40	0,08	24.4.2020	11:34	0,07
22.4.2020	20:30	0,15	22.4.2020	16:12	0,08	22.4.2020	11:47	0,07
22.4.2020	9:49	0,14	22.4.2020	20:30	0,07	22.4.2020	20:30	0,07
24.4.2020	16:09	0,14	27.4.2020	6:51	0,07	22.4.2020	8:05	0,06
22.4.2020	8:05	0,14	23.4.2020	19:25	0,06	27.4.2020	8:05	0,06
27.4.2020	11:45	0,14	27.4.2020	15:42	0,06	27.4.2020	13:05	0,05
27.4.2020	15:42	0,14	23.4.2020	16:09	0,06	21.4.2020	20:46	0,05
27.4.2020	13:05	0,13	22.4.2020	11:47	0,06	23.4.2020	20:34	0,05
23.4.2020	20:34	0,12	27.4.2020	8:05	0,06	25.4.2020	16:41	0,05
27.4.2020	20:41	0,12	27.4.2020	11:45	0,06	24.4.2020	16:09	0,05
22.4.2020	16:12	0,12	23.4.2020	20:34	0,06	23.4.2020	9:50	0,05
		<b><math>v_{w,95} = 0,19</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,12</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,10</math></b>

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiakselialinen mittaus maasta  
 Mittausjakso: 21.-28.4.2020

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
27.4.2020	08.05	1,8	1,59	0,84	1,19
24.4.2020	11.34	1,7	1,60	0,66	0,92
23.4.2020	08.06	1,6	1,30	0,85	1,12
24.4.2020	16.09	1,5	1,52	0,83	0,95
21.4.2020	20.46	1,5	1,43	0,86	1,26
22.4.2020	08.05	1,4	1,36	0,83	0,91
22.4.2020	16.12	1,4	1,27	0,97	1,09
27.4.2020	11.45	1,3	1,28	0,81	0,96
22.4.2020	11.47	1,3	1,29	0,96	1,03
27.4.2020	15.42	1,3	1,18	0,77	1,01
25.4.2020	14.39	1,3	1,26	0,79	0,84
22.4.2020	09.49	1,3	1,19	0,64	0,64
27.4.2020	13.05	1,3	1,21	0,40	0,55
23.4.2020	20.34	1,3	1,14	0,86	0,98
22.4.2020	20.30	1,3	0,95	0,97	0,79

MP3

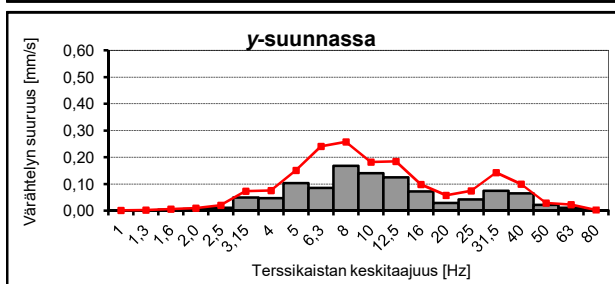
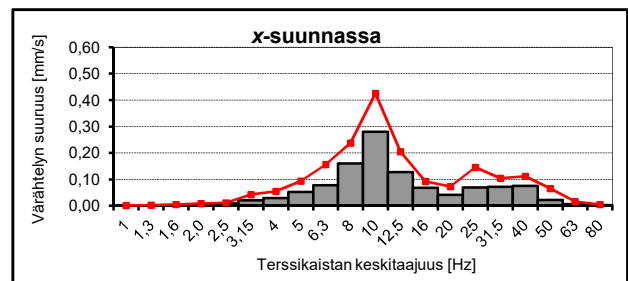
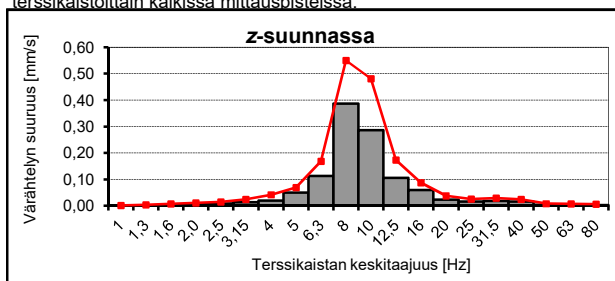
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
27.4.2020	8:05	0,62	22.4.2020	16:12	0,36	27.4.2020	8:05	0,50
21.4.2020	20:46	0,57	21.4.2020	20:46	0,36	27.4.2020	15:42	0,43
25.4.2020	14:39	0,53	22.4.2020	11:47	0,35	23.4.2020	8:06	0,41
22.4.2020	16:12	0,53	23.4.2020	11:31	0,33	22.4.2020	16:12	0,41
24.4.2020	16:09	0,53	23.4.2020	8:06	0,33	22.4.2020	8:05	0,39
23.4.2020	8:06	0,52	23.4.2020	20:34	0,32	23.4.2020	20:34	0,39
23.4.2020	20:34	0,51	24.4.2020	16:09	0,32	22.4.2020	11:47	0,39
22.4.2020	9:49	0,49	22.4.2020	8:05	0,32	27.4.2020	11:45	0,38
22.4.2020	8:05	0,47	27.4.2020	8:05	0,32	23.4.2020	16:09	0,37
27.4.2020	20:41	0,44	23.4.2020	17:06	0,31	24.4.2020	11:34	0,37
27.4.2020	11:45	0,43	27.4.2020	15:42	0,29	24.4.2020	16:09	0,35
27.4.2020	15:42	0,42	23.4.2020	16:09	0,28	23.4.2020	11:31	0,34
27.4.2020	13:05	0,42	22.4.2020	17:55	0,28	22.4.2020	20:30	0,31
22.4.2020	11:47	0,41	27.4.2020	6:51	0,27	22.4.2020	17:55	0,28
$v_{w,95} =$		<b>0,65</b>	$v_{w,95} =$		<b>0,38</b>	$v_{w,95} =$		<b>0,50</b>

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
 y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
 x-suunta: radan suuntainen

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiakselialinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 21.-28.4.2020

### Suurimmat resultantit

Mitatut 15 suurinta resultantin arvoa. Resultantin arvoa käytetään vaurioriskin arvioinnissa.

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.4.2020	20.34	1,1	0,78	0,86	0,41
27.4.2020	08.05	0,9	0,84	0,60	0,47
23.4.2020	08.06	0,9	0,72	0,74	0,35
22.4.2020	16.12	0,9	0,85	0,59	0,18
21.4.2020	20.46	0,9	0,80	0,67	0,31
24.4.2020	11.34	0,9	0,87	0,53	0,36
23.4.2020	11.31	0,9	0,72	0,64	0,36
24.4.2020	16.09	0,9	0,72	0,58	0,37
27.4.2020	11.45	0,9	0,65	0,73	0,35
27.4.2020	13.05	0,8	0,70	0,48	0,44
23.4.2020	16.09	0,8	0,68	0,70	0,42
27.4.2020	15.42	0,8	0,66	0,52	0,43
22.4.2020	20.30	0,8	0,66	0,46	0,32
22.4.2020	08.05	0,7	0,57	0,59	0,35
23.4.2020	17.05	0,7	0,62	0,69	0,43

MP4

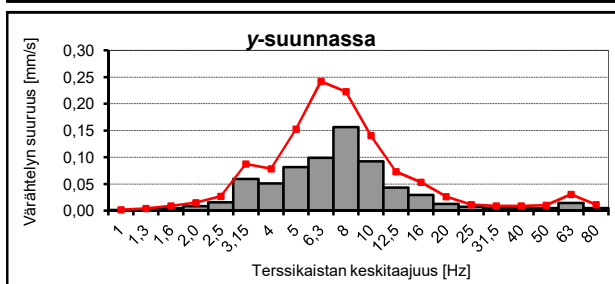
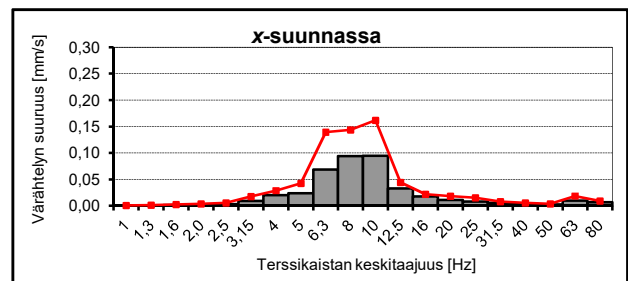
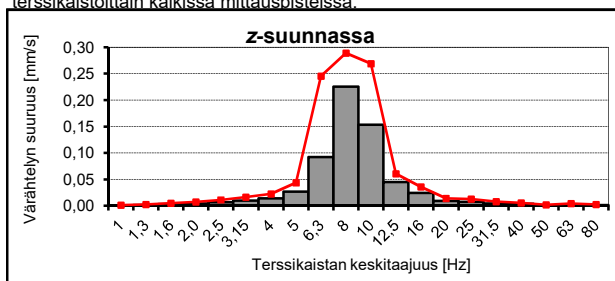
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

Tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  laskemisessa käytetyt  $v_{w,max}$ -arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
21.4.2020	20:46	0,33	23.4.2020	11:31	0,27	24.4.2020	17:42	0,19
24.4.2020	11:34	0,33	24.4.2020	17:42	0,26	23.4.2020	17:05	0,18
23.4.2020	16:09	0,32	23.4.2020	8:06	0,26	27.4.2020	13:05	0,16
22.4.2020	16:12	0,30	23.4.2020	20:34	0,26	23.4.2020	11:31	0,16
27.4.2020	13:05	0,30	21.4.2020	20:46	0,26	25.4.2020	16:41	0,16
23.4.2020	20:34	0,29	24.4.2020	11:34	0,24	22.4.2020	8:05	0,15
22.4.2020	20:30	0,29	27.4.2020	11:45	0,24	24.4.2020	16:09	0,15
24.4.2020	16:09	0,29	22.4.2020	16:12	0,24	27.4.2020	6:51	0,15
23.4.2020	8:06	0,28	24.4.2020	16:09	0,24	23.4.2020	20:34	0,15
22.4.2020	8:05	0,26	27.4.2020	8:05	0,23	25.4.2020	14:39	0,15
23.4.2020	17:05	0,26	22.4.2020	8:05	0,23	23.4.2020	9:49	0,14
23.4.2020	9:49	0,26	23.4.2020	16:09	0,21	27.4.2020	15:42	0,14
27.4.2020	15:42	0,26	27.4.2020	15:42	0,21	23.4.2020	16:09	0,14
23.4.2020	11:31	0,25	27.4.2020	13:05	0,20	27.4.2020	11:45	0,14
		$v_{w,95} =$ 0,35			$v_{w,95} =$ 0,28			$v_{w,95} =$ 0,19

### Tärinän spektrit

15:n voimakkaimman tärinäsignaalin keskimääräinen (pylväät) ja suurin taajuuspainotettu taajuusjakauma terssikaistoittain kaikissa mittauspisteissä.



z-suunta: pysty akseli  
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora  
x-suunta: radan suuntainen