

Turun kaupunki  
Kaupunkiympäristö, kaavoitus

# TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

Arkeologinkatu, Turku



Tilaaaja:

Turun kaupunki  
Kaupunkiympäristö, kaavoitus  
Jani Eteläkoski

## Tärinä- ja runkomeluserivitys

Kohde:

Arkeologinkatu, Turku  
Maarian vanhan kuntakeskuksen alueen asemakaava ja asemakaavamuutostyö

Raportin numero:

PR10562-TÄR01

Raportin päiväys:

7.1.2022

Kirjoittaja(t):

Olli Laivoranta  
Suunnittelija, DI  
041 506 3418  
olli.laivoranta@promethor.fi

Tarkastanut:

Jani Kankare  
Fyysikko, FM  
040 574 0028  
jani.kankare@promethor.fi

## Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	4
2	Kohteen ympäristö ja mittauspisteet .....	4
3	Mittaus- ja arviointimenetelmät .....	5
4	Tärinän ja runkomelun suositusarvot.....	6
5	Mittau tulokset .....	7
5.1	Värähtelyn taajuussisältö .....	7
5.2	Tärinän heilahdusnopeuden resultantti $v_{res}$ .....	7
5.3	Tärinän tunnusluvun arvo $v_{w,95}$ .....	7
5.4	Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi $v_{w,95}$ .....	7
5.5	Arvio runkomelutasoista $L_{prm}$ .....	8
6	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	9
7	Lisätietoa .....	9
8	Kirjallisuus.....	10

### Liitteet:

- Liite 1. Mittauspistesivut, tärinä.
- Liite 2. Mittauspistesivut, runkomelu.
- Liite 3. Tärinän siirtyminen maasta rakennukseen.
- Liite 4. Tärinän ja runkomelun vertailuarvot.

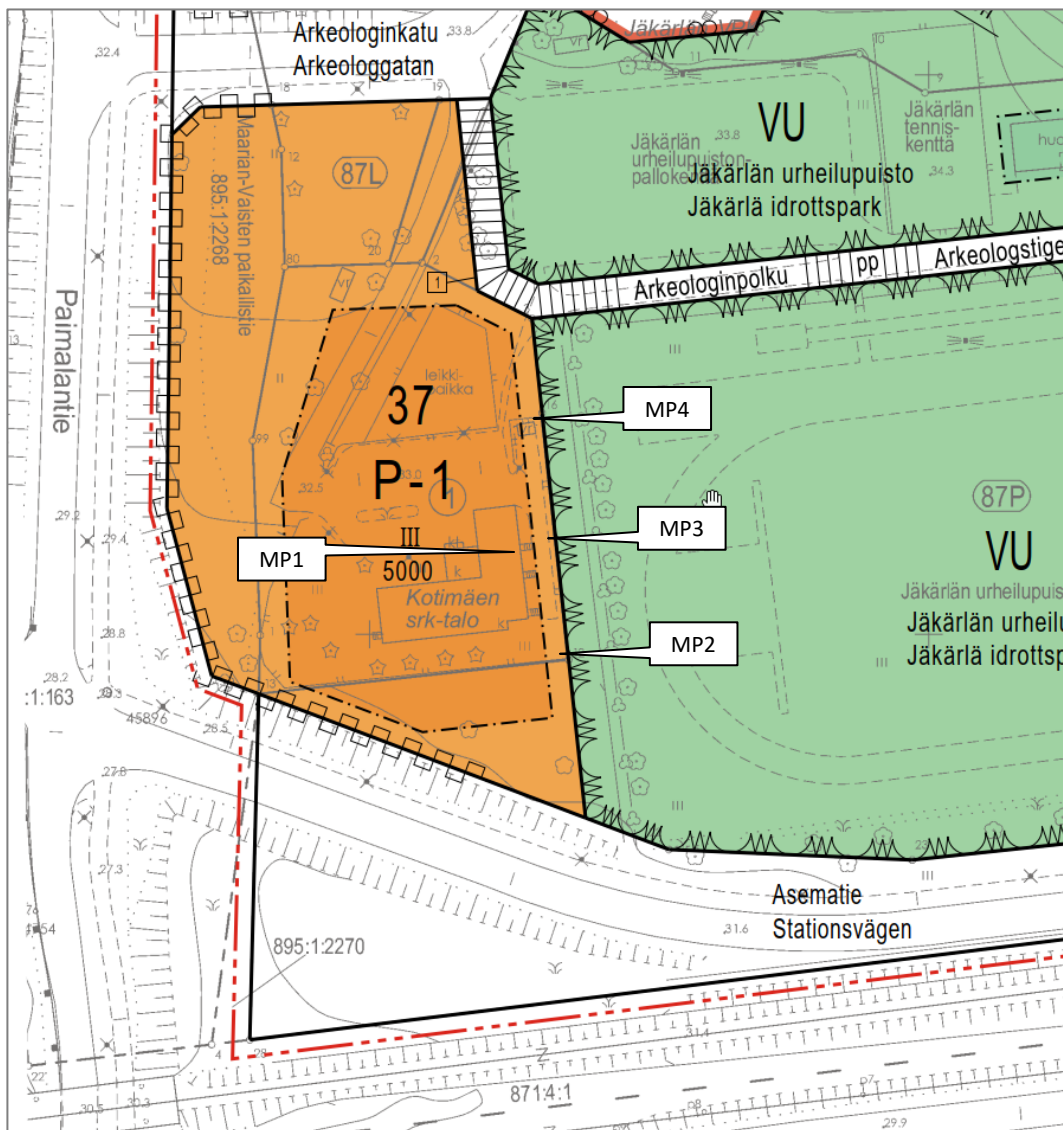
## 1 YLEISTÄ

Turun Jäkärlässä Maarian vanhan kuntakeskuksen alueella on vireillä asemakaavan ja asemakaavanmuutoksen laadinta. Seurakuntayhtymän omistaman Kotimäen seurakuntatalon kohdalle ollaan visioimassa yhteisrakennusta kaupungin ja seurakuntayhtymän käyttöön. Alueen eteläpuolella kulkee Turku–Tampere-rautatie. Promethor Oy mittasi 22.12.2021–5.1.2022 alueella raideliikenteen aiheuttamaa tärinää. Mittausten tarkoitus oli varmistaa paikan soveltuvuus rakentamiseen ja selvittää tärinän mahdollisia vaikutuksia rakennusten suunnitteluun. Tärinää tarkastellaan sen aiheuttaman viihtyvyyshaitan, runkomelun ja rakenteiden vaurioriskin kannalta.

Mittaukset ja tulosten tarkastelu tehdään VTT:n ohjeiden mukaisesti ja VTT:n esittämiin suositusravoihin verraten.

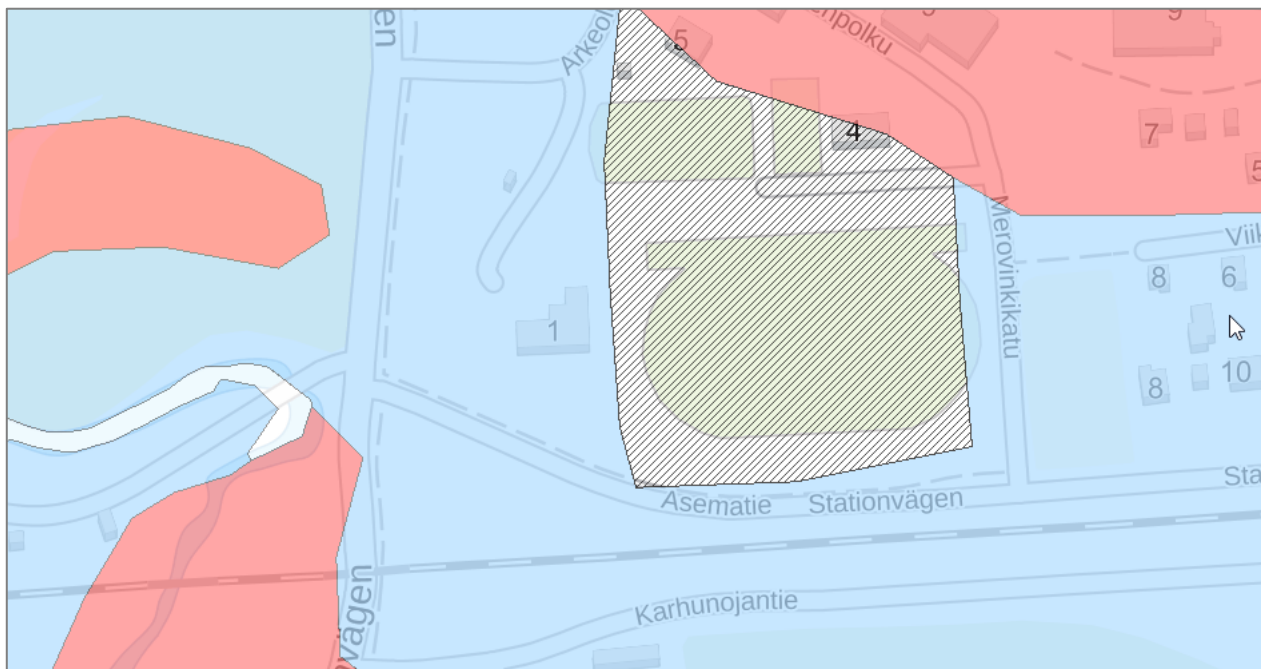
## 2 KOHTEEN YMPÄRISTÖ JA MITTAUSPISTEET

Kuvaan 1 on merkitty mittauspisteiden sijainnit kaavaehdotuskartalla. Värähtelymittaus tehtiin samanaikaisesti kolmesta pisteestä maaperästä eri etäisyyksillä rataa ja yhdestä pisteestä olemassa olevan rakennuksen kellarin kantavasta rakenteesta. Tärinää mitattiin kaikissa mittauspisteissä 3-aksisesti.



Kuva 1. Mittauspisteiden sijainnit kaavaehdotuskartalla. P-1 on palvelurakennusten korttelialue.

Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartan (gtdata.gtk.fi) perusteella maaperä tarkastelualueella ja tarkastelualueen kohdalla radan alla on savimaata (kuva 2).



**Kuva 2.** Ote GTK:n maaperäkartasta. Kartassa sininen alue on savimaata, punaiset alueet ovat kallio- maata ja vinoviivoitettu alue täytemaata.

### 3 MITTAUS- JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Raideliikenteen aiheuttaman tärinän mittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista” mukaisesti. Mittaukset suoritettiin miehittämättömänä. Mittausjakson pi- tuus oli tyypillisen yhden viikon sijaan kaksi viikkoa johtuen mittausjakson aikana olleista joulun pyhäpäi- vistä. Mittausjakson aikana maassa oli noin 10...15 cm routakerros.

Värähtelyä mitattiin Rion DA-20 -datatallentimilla sekä Metra KS-48B/C -kiihtyvyyssantureilla.

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

Rakennukseen siirtyvää tärinää arvioitiin VTT:n tiedotteen ”Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arvi- ointi” ja VTT:n tiedotteen ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin” mukaisesti, sekä olemassa olevasta raken- nuksesta saatujen mittaustulosten avulla. Rakennuksen ominaisuuksien mukaan perustuksesta rakennukseen siirtyvän tärinän tietyn taajuiset värähtelykomponentit voimistuvat ja tietyt vaimenevat. Ominaisuuksien mukaan rakennuksessa havaittavan tärinän voimakkuus on pienempää, yhtä suurta tai suurempaa kuin maaperästä tai perustuksesta mitattu tärinä. Arviointimenetelmällä arvioidaan perustuk- sesta runkoon ja lattiaan siirtyvän värähtelyn vahvistumista käyttämällä yleisen voimistumisen ja resonans- sitarkastelun kertoimia. Yleinen voimistuminen kuvaa nimensä mukaisesti värähtelyn mahdollista yleistä voimistumista rakennuksen rungossa tai lattiassa (ns. varmuustarkastelu). Resonanssitarkastelu kuvaa ra- kennuksen rungon tai lattian ominaistaajuuden ”syttymistä”, jolloin värähtely saattaa voimistua moninker- taiseksi. 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.

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k = 4$ . Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k = 6$ . Mahdollinen ylityksen aiheuttava taajuus tai taajuudet tulee ottaa huomioon rakennuksen välipohjien tai rakennuksen rungon mitoituksessa.

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>. Värähtelyjen tunnusluvulla  $v_{w,95}$  tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä 15 suurimman tärinä tapahtuman taajuuspainotetut tehollisarvot pysyvät 95 prosentin tilastollisella todennäköisyydellä.

Suomessa ei ole standardoitua menetelmää runkomelun arviointiin. Tässä raportissa liikenteen aiheuttamaa runkomelua arvioidaan VTT:n tiedotteen ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” mukaisesti värähtelymittausten perusteella. Värähtelysignaaleista laskettu arvio määritetään slow-aikavakiolla määritetyistä A-painotetuista nopeussignaaleista käyttämällä referenssinopeutena 1 nm/s ja muuttamalla saatu tulos runkomelutasoksi VTT:n tiedotteen mukaisia lisätekijöitä käyttäen.

## 4 TÄRINÄN JA RUNKOMELUN SUOSITUSARVOT

Tarkasteltavassa kohteessa käytettävät suositusarvot ovat maaperän ja rakennusten käyttötarkoituksen perusteella seuraavat:

- Rakenteiden **vaurioriskiä arvioitaessa** sovelletaan enimmäisarvoa **4,0 mm/s** (painottamaton värähtelynopeuden resultantin suurin arvo  $v_{res}$ ).
- Ihmisten kokemaa **viihtyvyyshaittaa arvioitaessa** uudessa palvelurakennuksessa voidaan soveltaa VTT:n värähtelyluokituksen
  - värähtelyluokan C mukaista asuinrakennuksien enimmäisarvoa **0,30 mm/s** (tärinän tunnusluku  $v_{w,95}$ ), **mikäli rakennuksessa asutaan tai majoitutaan**
  - värähtelyluokan D mukaista asuinrakennuksien enimmäisarvoa **0,60 mm/s** (tärinän tunnusluku  $v_{w,95}$ ), **mikäli rakennuksessa ei asuta tai majoituta.**
- **Runkomelua arvioitaessa** toimistorakennuksessa sovelletaan tyypillisesti enimmäistasoa **45 dB** (runkomelutaso  $L_{prm}$ ).

Tärinän ja runkomelun suositusarvot on esitetty laajemmin liitteessä 4.

<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 pystyakselin mukaan valituista signaaleista laskettu. Pystysuunnan mukaan määritetyistä signaaleista lasketut vaakasuuntaiset tunnusluvut saattavat olla todellista pienempiä, erityisesti kun vaakasuuntainen tärinä on merkittävää.

## 5 MITTAUSTULOKSET

### 5.1 Värähtelyn taajuussisältö

Tärinän taajuuspainotetut taajuusjakaumat on esitetty liitteessä 1 terssikaistoittain VTT:n suosituksen mukaisesti. Tärinä oli pehmeälle savimaalle tyypilliseen tapaan pienitaajuisia. Tärinän merkittävimpien terssikaistojen keskitajuudet  $f$  olivat 6,3 ja 8 Hz.

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

Rakennusten vaurioitumisriskiä arvioidaan painottamattoman värähtelyn nopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Liitteessä 1 on esitetty 15 suurimman resultantin arvot.

Suurimmat maasta mitatut resultantin arvot 1,4...2,6 mm/s ovat suositeltavaa enimmäistasoa 4,0 mm/s pienempiä. Suurin rakennuksesta mitattu resultantin arvo 0,9 mm/s on niin ikään selvästi suositeltavaa enimmäisarvoa pienempi. Rakennuksen perustuksesta tai alimman kerroksen kantavista rakenteista tyypillisesti mitataan vastaavalla etäisyydellä maaperästä mitattuja arvoja pienempiä tuloksia. Toisin sanoen tärinä vaimenee maasta rakennuksen runkoon siirtymisessä.

### 5.3 Tärinän tunnusluvun arvo $v_{w,95}$

Ihmisten kokemaa tärinähaittaa arvioidaan tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  avulla. Mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvun arvot on esitetty taulukossa 1. Tunnuslukujen laskennassa käytetyt mittaustulokset on esitetty liitteessä 1. Maaperästä tai kellarikerroksen kantavasta rakenteesta mitattuja tuloksia ei voi kuitenkaan suoraan verrata rakennuksessa sallittaviin suositusarvoihin. Rakennukseen välittyvän/aiheutuvan tärinän tunnusluvun arvoja on arvioitu luvussa 5.4.

**Taulukko 1.** Mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvut  $v_{w,95}$ .

Mittauspiste	Etäisyys radasta	Tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]		
		<i>pystysuunta</i>	<i>rataa vasten kohtisuora vaakasuunta</i>	<i>radan suuntainen vaakasuunta</i>
MP1, rakennuksesta	90	0,36	0,13	0,13
MP2, maasta	70	1,13	0,31	0,18
MP3, maasta	90	0,68	0,14	0,15
MP4, maasta	110	0,78	0,13	0,09

### 5.4 Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi $v_{w,95}$

Mittauspisteet MP1 ja MP3 sijaitsevat samalla etäisyydellä radasta. MP1 on rakennuksen kellarikerroksen kantavassa rakenteessa ja MP3 maaperässä rakennuksen vieressä. Näiden pisteiden mittaustuloksia vertailemalla havaitaan, että tärinän voimakkuus vaakasuunnassa ei juurikaan muutu, mutta merkittävämmässä pystysuunnassa (pystysuuntaisen värähtelyn voimakkuus on vaakasuuntaista suurempaa) tärinätaso lähes puolittuu. Liitteessä 3 esitettyjä VTT:n menetelmällä laskettuja arviointituloksia maasta perustukseen siirtyvästä värähtelystä voidaan näin ollen nyt pitää merkittävästi yliarvioivina, jos uudisrakennus perustetaan vastaavasti tai nykyistä rakennusta tukevammin. Yleisen voimistumisen ja resonanssitarkastelun tulokset perustuvat edellä mainittuihin arviointituloksiin, jonka vuoksi myös niitä voidaan pitää yliarvioivina. Luotettavin tulos rakennukseen aiheutuvasta tärinästä saadaan rakennuksesta mitatun värähtelyn (MP1) perusteella lasketuista arvioista.

Yleisen voimistumisen arvioinnin perusteella uudisrakennuksen lattioilta mitattava tärinän tunnusluku olisi suurimmillaan 0,54 mm/s, mikä täyttää tärinäluokan D vaatimuksen, mutta ylittää tärinäluokan C vaatimuksen. Lattian resonanssitarkastelun perusteella uudisrakennuksen lattioilta mitattava tärinän tunnusluku saattaa ylittää myös värähtelyluokan D vaatimuksen (0,60 mm/s), mikäli rakennuksen ala- tai välipohjan ominaistajuus osuu tärinän merkittävimmille taajuuksalueille  $f = 6,3$  tai 8 Hz.

Rungon resonanssitarkastelun perusteella uudisrakennuksen kerrosmäärälle ei ole rajoituksia.

Resonanssitarkastelun arviointitulokset taajuuskaistoittain on esitetty liitteessä 3. Pylväskuvaajien tulokset kuvaavat siis arvioitua pahinta tärinätasoa, mikäli lattian tai rungon ominaistajuus osuisi kyseisen pylvään taajuuskaistalle.

## 5.5 Arvio runkomelutasoista $L_{prM}$

Taulukossa 2 on esitetty värähtelymittauksista VTT:n arviointimenetelmällä määritetyt runkomelutasot akselisuunnittain. Runkomelutasojen laskenta on esitetty liitteessä 2. Mittauspisteiden MP1 ja MP3 tuloksia verraten voidaan jälleen havaita arviointimenetelmän yliarvioivan merkittävästi maaperän mittaustuloksista saatavia runkomelutasoja. Selvitysalueen ja radan alueen pehmeän maaperän vuoksi alue ei lähtökohtaisesti ole runkomelun riskialuetta. Runkomelu on kovien maaperien haaste.

**Taulukko 2.** VTT:n menetelmällä tärinäsignaaleista arvioidut runkomelutasot  $L_{prM}$ .

Mittauspiste	Etäisyys radasta	A-painotettu runkomelutaso $L_{prM}$ [dB]		
		<i>pystysuunta</i>	<i>rataa vasten kohtisuora vaakasuunta</i>	<i>radan suuntainen vaakasuunta</i>
MP1, rakennuksesta	90	33	26	24
MP2, maasta	70	46	53	58
MP3, maasta	90	45	49	52
MP4, maasta	110	35	35	43

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.”



## 6 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mittaustulosten perusteella raideliikenteen tärinä ei aiheuta suunnittelualueella rakenteiden vaurioriskiä.

Tärinän aiheuttaman viihtyvyyshaitan kannalta mittaus- ja arviointitulosten perusteella uudisrakennuksessa:

- VTT:n tärinäluokan C ohjearvo 0,30 mm/s todennäköisesti ylittyy ilman merkittäviä vaimennustoimenpiteitä.
- VTT:n tärinäluokan D ohjearvo 0,60 mm/s voidaan täyttää mitoittamalla rakennuksen ala- ja välipohjien ominaistajuudet siten, että niiden ominaistajuus ei osu taajuusalueelle (terssikaistat)  $f = 6,3$  tai 8 Hz.

Edellä esitetyn vuoksi alueelle ei suositella suunniteltavan asuin- tai majoitustiloja.

Nykyisen rakennuksen kellarikerroksen kantavasta rakenteesta mitatuista värähtelysignaaleista arvioidut runkomelutasot täyttävät (ovat pienempiä) sovellettavan enimmäistason 45 dB. Erillisiä runkomelun vaimennustoimenpiteitä ei näin ollen tarvita.

Suosittelomme lisäämään kaavamääräyksiin kohdan, jossa edellytetään raideliikenteen aiheuttaman tärinän huomioiminen. Kaavamääräys voi olla esimerkiksi seuraava:

- Rakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida raideliikenteen aiheuttama tärinä rakennusten käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla.

Mittaustulokset edustavat mittauskohteen tärinää vain niissä olosuhteissa, joissa mittaukset suoritettiin. Muun muassa liikenneväylän kunnon, kaluston tai ajonopeuksien poiketessa oleellisesti mittausajankohdasta on tärinäarvojen muuttuminen mahdollista.

## 7 LISÄTIETOA

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

## 8 KIRJALLISUUS

1. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta, 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: Kolmiaksaialinen mittaus kellarin kantavasta seinästä  
Mittausjakso: 21.12.2021-5.1.2022

### Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
22.12.2021	17.11	<b>0,9</b>	0,87	0,20	0,16
23.12.2021	17.24	0,8	0,78	0,24	0,15
28.12.2021	17.07	0,7	0,69	0,19	0,14
23.12.2021	04.27	0,7	0,67	0,23	0,19
29.12.2021	03.48	0,6	0,54	0,23	0,23
28.12.2021	02.50	0,5	0,37	0,35	0,41
5.1.2022	04.01	0,5	0,51	0,19	0,28
26.12.2021	02.21	0,5	0,51	0,14	0,12
3.1.2022	04.00	0,5	0,48	0,12	0,15
28.12.2021	03.41	0,5	0,47	0,25	0,16
24.12.2021	04.41	0,5	0,45	0,16	0,24
29.12.2021	17.47	0,4	0,41	0,16	0,11
24.12.2021	17.01	0,4	0,40	0,17	0,13
30.12.2021	01.47	0,4	0,18	0,32	0,21
25.12.2021	01.20	0,3	0,32	0,08	0,12

MP 1

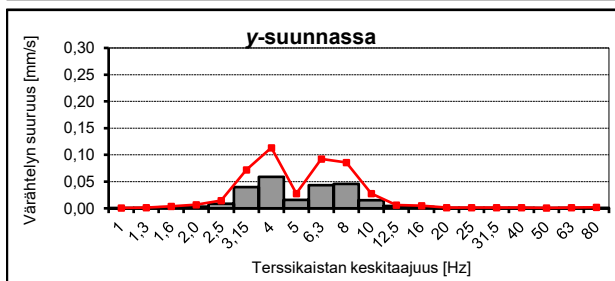
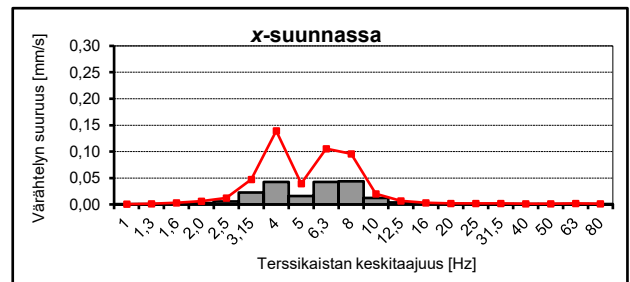
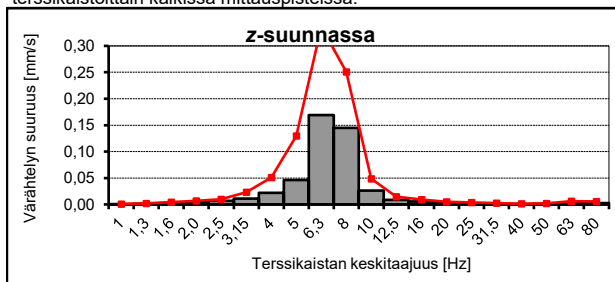
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
22.12.2021	17:11	0,33	30.12.2021	1:47	0,12	5.1.2022	4:01	0,12
23.12.2021	4:27	0,32	28.12.2021	3:41	0,12	29.12.2021	3:48	0,10
28.12.2021	17:07	0,29	29.12.2021	1:41	0,11	24.12.2021	4:41	0,08
29.12.2021	3:48	0,24	23.12.2021	17:24	0,11	30.12.2021	1:47	0,08
26.12.2021	2:21	0,23	29.12.2021	3:48	0,11	23.12.2021	4:27	0,07
5.1.2022	4:01	0,22	23.12.2021	4:27	0,10	29.12.2021	1:41	0,07
3.1.2022	4:00	0,22	4.1.2022	3:42	0,10	28.12.2021	3:41	0,07
28.12.2021	3:41	0,20	28.12.2021	2:23	0,09	28.12.2021	2:23	0,07
24.12.2021	4:41	0,18	4.1.2022	0:42	0,09	28.12.2021	17:07	0,07
24.12.2021	17:01	0,16	2.1.2022	1:44	0,08	3.1.2022	4:00	0,06
29.12.2021	17:47	0,15	28.12.2021	18:27	0,08	24.12.2021	17:01	0,05
28.12.2021	2:50	0,12	24.12.2021	17:01	0,07	23.12.2021	17:24	0,05
25.12.2021	1:20	0,12	1.1.2022	1:27	0,07	4.1.2022	3:42	0,05
31.12.2021	17:05	0,12	31.12.2021	18:27	0,07	22.12.2021	17:11	0,05
		<b><math>v_{w,95} = 0,36</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,13</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,13</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: 21.12.2021-5.1.2022

### Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
29.12.2021	03.47	<b>2,6</b>	2,62	0,58	0,29
23.12.2021	04.27	2,4	2,37	0,55	0,51
28.12.2021	03.41	2,0	1,99	0,62	0,32
22.12.2021	17.11	2,0	1,99	0,63	0,38
23.12.2021	17.24	1,8	1,74	0,62	0,43
28.12.2021	17.06	1,7	1,67	0,36	0,27
3.1.2022	04.00	1,7	1,67	0,29	0,28
24.12.2021	04.41	1,7	1,62	0,64	0,48
29.12.2021	17.47	1,2	1,20	0,24	0,26
28.12.2021	02.50	1,1	1,13	0,32	0,27
26.12.2021	02.21	1,0	0,97	0,37	0,30
25.12.2021	01.20	0,9	0,94	0,27	0,31
24.12.2021	17.01	0,9	0,94	0,30	0,13
22.12.2021	18.30	0,9	0,89	0,28	0,24
29.12.2021	01.41	0,8	0,83	0,17	0,17

MP 2

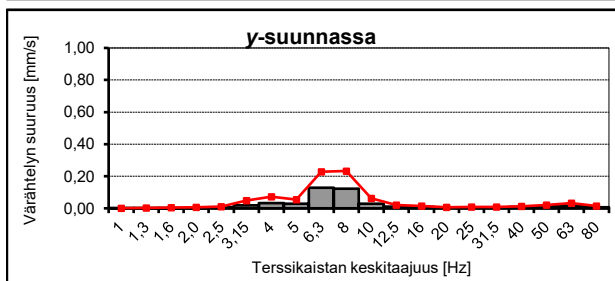
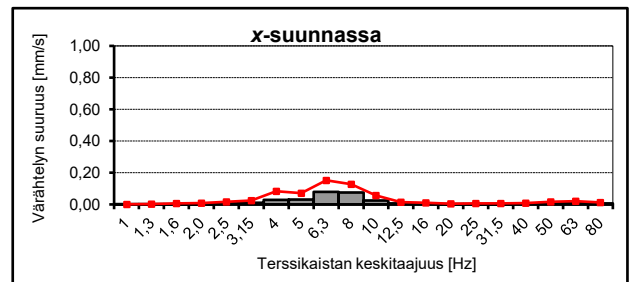
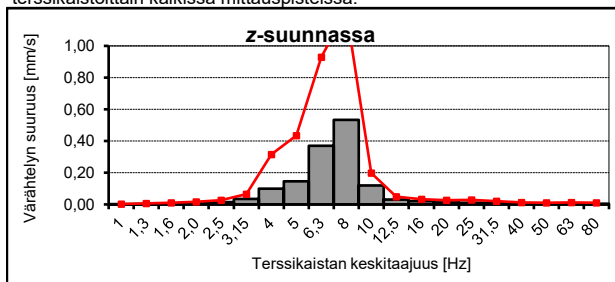
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
23.12.2021	4:27	1,05	22.12.2021	17:11	0,28	23.12.2021	17:24	0,18
22.12.2021	17:11	0,88	28.12.2021	3:41	0,26	24.12.2021	4:41	0,17
23.12.2021	17:24	0,80	24.12.2021	4:41	0,25	22.12.2021	17:11	0,13
28.12.2021	3:41	0,71	29.12.2021	3:47	0,24	28.12.2021	3:41	0,13
3.1.2022	4:00	0,69	23.12.2021	4:27	0,24	25.12.2021	1:20	0,11
28.12.2021	17:06	0,68	26.12.2021	2:21	0,15	29.12.2021	3:47	0,11
24.12.2021	4:41	0,64	24.12.2021	17:01	0,13	26.12.2021	2:21	0,11
29.12.2021	17:47	0,48	30.12.2021	1:47	0,12	3.1.2022	4:00	0,11
25.12.2021	1:20	0,42	28.12.2021	17:06	0,12	28.12.2021	17:06	0,10
24.12.2021	17:01	0,40	3.1.2022	4:00	0,12	29.12.2021	17:47	0,10
26.12.2021	2:21	0,39	28.12.2021	2:50	0,10	28.12.2021	2:50	0,09
28.12.2021	2:50	0,38	3.1.2022	7:33	0,10	3.1.2022	7:33	0,08
30.12.2021	1:47	0,33	22.12.2021	18:30	0,10	22.12.2021	18:30	0,08
29.12.2021	1:41	0,32	2.1.2022	1:43	0,09	30.12.2021	1:47	0,07
<b><math>v_{w,95} = 1,13</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,31</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,18</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: 21.12.2021-5.1.2022

### Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.12.2021	17.24	1,6	1,55	0,28	0,26
22.12.2021	17.11	1,4	1,41	0,30	0,31
23.12.2021	04.27	1,3	1,34	0,21	0,27
29.12.2021	03.48	1,3	1,26	0,27	0,33
28.12.2021	03.41	1,3	1,25	0,28	0,34
3.1.2022	04.00	1,2	1,20	0,25	0,23
28.12.2021	17.07	1,1	1,11	0,29	0,18
26.12.2021	02.21	1,1	1,05	0,19	0,18
24.12.2021	04.41	1,0	0,98	0,27	0,32
24.12.2021	17.01	0,8	0,83	0,12	0,12
3.1.2022	07.06	0,7	0,72	0,12	0,13
25.12.2021	01.20	0,7	0,69	0,16	0,12
28.12.2021	02.50	0,7	0,66	0,30	0,26
3.1.2022	07.33	0,6	0,64	0,11	0,16
29.12.2021	01.41	0,6	0,57	0,36	0,22

MP 3

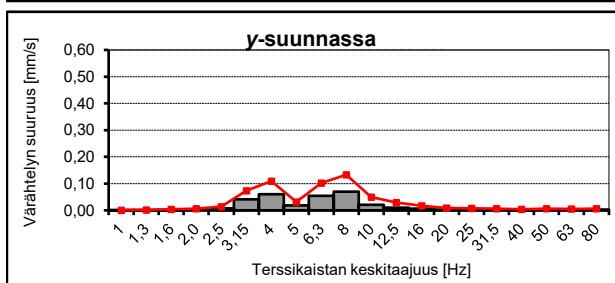
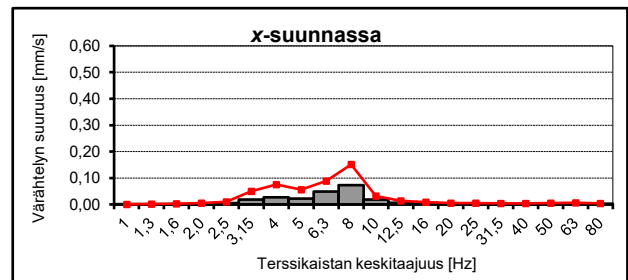
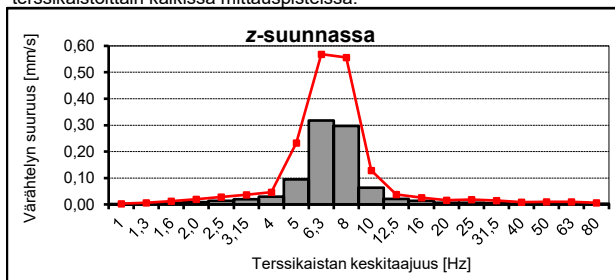
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
23.12.2021	4:27	0,60	22.12.2021	17:11	0,14	28.12.2021	3:41	0,13
29.12.2021	3:48	0,58	28.12.2021	3:41	0,13	22.12.2021	17:11	0,13
22.12.2021	17:11	0,56	4.1.2022	3:42	0,13	24.12.2021	4:41	0,13
3.1.2022	4:00	0,56	30.12.2021	1:47	0,12	23.12.2021	17:24	0,11
28.12.2021	17:07	0,50	29.12.2021	1:41	0,12	3.1.2022	4:00	0,10
28.12.2021	3:41	0,47	24.12.2021	4:41	0,12	23.12.2021	4:27	0,10
26.12.2021	2:21	0,45	28.12.2021	2:50	0,11	28.12.2021	2:50	0,09
24.12.2021	4:41	0,41	1.1.2022	1:27	0,11	29.12.2021	1:41	0,08
24.12.2021	17:01	0,39	23.12.2021	17:24	0,11	26.12.2021	2:21	0,07
25.12.2021	1:20	0,29	22.12.2021	18:30	0,11	28.12.2021	17:07	0,07
3.1.2022	7:06	0,28	28.12.2021	2:23	0,11	30.12.2021	1:47	0,07
3.1.2022	7:33	0,26	3.1.2022	4:00	0,11	28.12.2021	2:23	0,07
31.12.2021	17:05	0,25	29.12.2021	3:48	0,11	1.1.2022	1:27	0,07
30.12.2021	18:24	0,24	4.1.2022	0:42	0,09	3.1.2022	7:33	0,06
		<b><math>v_{w,95} = 0,68</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,14</math></b>			<b><math>v_{w,95} = 0,15</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: 21.12.2021-5.1.2022

### Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
22.12.2021	17.11	1,4	1,36	0,24	0,18
23.12.2021	17.24	1,1	1,13	0,23	0,16
23.12.2021	04.27	1,0	1,00	0,20	0,17
28.12.2021	17.06	0,8	0,78	0,15	0,09
3.1.2022	04.00	0,7	0,71	0,11	0,08
29.12.2021	03.47	0,5	0,53	0,08	0,13
25.12.2021	01.20	0,5	0,51	0,09	0,09
31.12.2021	07.10	0,5	0,50	0,12	0,08
30.12.2021	01.47	0,5	0,42	0,36	0,10
28.12.2021	02.23	0,5	0,43	0,31	0,11
28.12.2021	18.27	0,5	0,46	0,12	0,07
23.12.2021	18.23	0,4	0,45	0,11	0,07
28.12.2021	02.50	0,4	0,34	0,29	0,11
24.12.2021	04.41	0,4	0,42	0,07	0,09
3.1.2022	07.06	0,4	0,36	0,08	0,06

MP 4

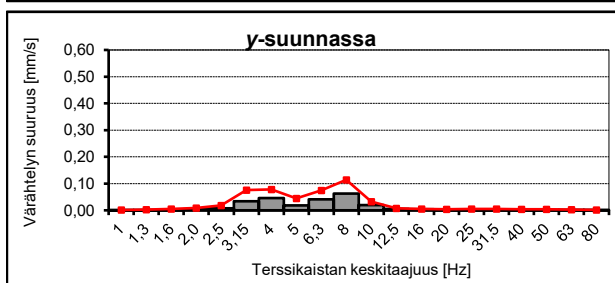
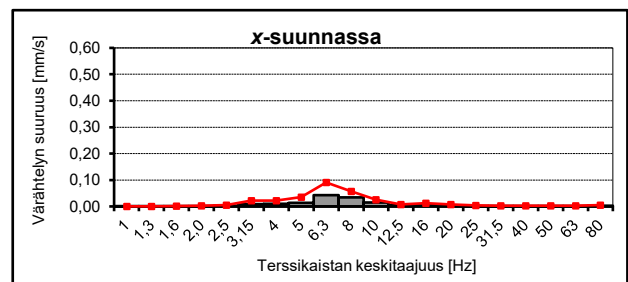
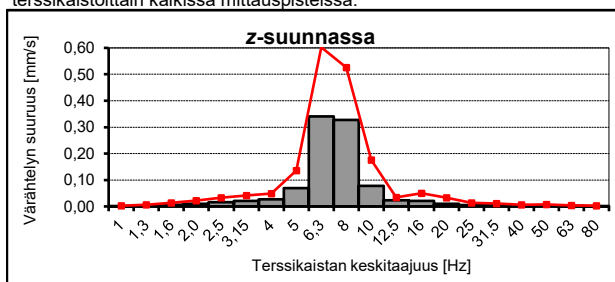
### Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
28.12.2021	3:41	0,68	29.12.2021	1:41	0,12	23.12.2021	4:27	0,09
3.1.2022	4:00	0,62	30.12.2021	1:47	0,11	28.12.2021	3:41	0,08
29.12.2021	3:48	0,59	28.12.2021	3:41	0,11	28.12.2021	17:06	0,07
23.12.2021	17:24	0,58	23.12.2021	17:24	0,11	29.12.2021	3:48	0,07
23.12.2021	4:27	0,56	28.12.2021	2:50	0,11	23.12.2021	17:24	0,06
28.12.2021	17:06	0,50	28.12.2021	17:06	0,10	3.1.2022	4:00	0,05
26.12.2021	2:21	0,49	23.12.2021	4:27	0,09	24.12.2021	17:01	0,05
24.12.2021	4:41	0,44	24.12.2021	4:41	0,09	29.12.2021	17:47	0,05
24.12.2021	17:01	0,43	26.12.2021	19:22	0,09	26.12.2021	2:21	0,05
25.12.2021	1:20	0,31	28.12.2021	2:23	0,09	28.12.2021	18:27	0,04
3.1.2022	7:06	0,25	2.1.2022	1:43	0,08	24.12.2021	4:41	0,04
28.12.2021	2:23	0,22	22.12.2021	17:11	0,08	31.12.2021	7:10	0,04
31.12.2021	7:10	0,21	24.12.2021	17:01	0,08	28.12.2021	2:50	0,04
30.12.2021	1:47	0,20	23.12.2021	18:23	0,08	3.1.2022	7:06	0,04
$v_{w,95} =$		<b>0,78</b>	$v_{w,95} =$		<b>0,13</b>	$v_{w,95} =$		<b>0,09</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: Kolmiakksiaalinen mittaus kellarin kantavasta seinästä  
Mittausjakso: 21.12.2021-5.1.2022

MP 1

**Arvioidut runkomelutasot**

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset  
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ z [dB]	Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ y [dB]	Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ x [dB]
31.12.2021	7:10	32	25.12.2021	1:20	26	31.12.2021	7:10	24
30.12.2021	1:47	32	28.12.2021	2:50	26	28.12.2021	2:23	24
5.1.2022	4:01	32	30.12.2021	1:47	26	28.12.2021	2:50	24
25.12.2021	1:20	32	5.1.2022	1:24	25	1.1.2022	1:27	24
28.12.2021	2:23	32	28.12.2021	2:23	25	30.12.2021	1:47	23
1.1.2022	1:27	31	1.1.2022	1:27	25	24.12.2021	4:41	23
5.1.2022	1:24	31	31.12.2021	7:10	24	5.1.2022	4:01	23
3.1.2022	4:00	31	5.1.2022	4:01	24	25.12.2021	1:20	23
29.12.2021	3:48	31	31.12.2021	2:13	24	5.1.2022	1:24	23
22.12.2021	18:30	30	2.1.2022	1:44	24	4.1.2022	3:42	22
23.12.2021	4:27	30	29.12.2021	1:41	24	29.12.2021	3:48	22
28.12.2021	2:50	30	26.12.2021	2:21	24	3.1.2022	4:00	22
4.1.2022	3:42	29	23.12.2021	4:27	24	29.12.2021	1:41	22
31.12.2021	2:13	29	29.12.2021	3:48	24	31.12.2021	2:13	22
2.1.2022	1:44	29	4.1.2022	3:42	23	2.1.2022	1:44	22
		$L_{pA} = 33$			$L_{pA} = 26$			$L_{pA} = 24$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
<b>Tarkasteltava asuinkerros</b>		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Rakenneosien resonanssi</b>			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Muunto äänenpainetasoksi</b>			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Varmuusvara</b>			
vakio (maasta)	3 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

\* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

- Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta
- Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta
- Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksaallinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 21.12.2021-5.1.2022

MP 2

**Arvioidut runkomelutasot**

Suurimmista tärinätapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset  
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ z [dB]	Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ y [dB]	Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ x [dB]
31.12.2021	7:10	44	31.12.2021	7:10	54	3.1.2022	4:00	55
3.1.2022	4:00	44	23.12.2021	4:27	51	31.12.2021	7:10	54
3.1.2022	7:33	42	3.1.2022	4:00	50	3.1.2022	7:33	52
31.12.2021	18:26	41	25.12.2021	1:20	49	31.12.2021	18:26	51
2.1.2022	18:24	40	3.1.2022	7:33	48	2.1.2022	18:24	51
2.1.2022	1:43	40	24.12.2021	4:41	48	2.1.2022	1:43	49
29.12.2021	3:47	39	31.12.2021	18:26	47	29.12.2021	3:47	47
25.12.2021	1:20	38	29.12.2021	3:47	47	25.12.2021	1:20	46
23.12.2021	4:27	37	2.1.2022	1:43	46	23.12.2021	4:27	46
24.12.2021	4:41	36	2.1.2022	18:24	45	24.12.2021	4:41	44
30.12.2021	1:47	36	30.12.2021	1:47	45	31.12.2021	17:05	44
28.12.2021	17:06	35	29.12.2021	18:33	44	3.1.2022	7:06	42
31.12.2021	17:05	35	23.12.2021	17:24	44	30.12.2021	1:47	42
31.12.2021	2:13	34	29.12.2021	1:41	43	29.12.2021	18:33	41
26.12.2021	2:21	33	28.12.2021	17:06	42	28.12.2021	17:06	41
		$L_{pA} = 46$			$L_{pA} = 53$			$L_{pA} = 58$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
<b>Tarkasteltava asuinkerros</b>			
		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Rakenneosien resonanssi</b>			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Muunto äänenpainetasoksi</b>			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Varmuusvara</b>			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

\* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta



Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 21.12.2021-5.1.2022

MP 3

**Arvioidut runkomelutasot**

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset  
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ z [dB]	Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ y [dB]	Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ x [dB]
24.12.2021	10:39	47	1.1.2022	1:27	49	24.12.2021	10:39	54
1.1.2022	1:27	42	24.12.2021	10:39	48	1.1.2022	1:27	48
31.12.2021	7:10	40	25.12.2021	1:20	45	31.12.2021	7:10	47
28.12.2021	2:23	40	31.12.2021	7:10	43	25.12.2021	1:20	46
25.12.2021	1:20	40	2.1.2022	1:44	43	2.1.2022	1:44	46
29.12.2021	3:48	39	24.12.2021	4:41	41	24.12.2021	4:41	46
2.1.2022	1:44	39	25.12.2021	11:25	41	29.12.2021	3:48	45
23.12.2021	4:27	39	29.12.2021	3:48	41	23.12.2021	4:27	45
25.12.2021	11:25	38	23.12.2021	4:27	40	25.12.2021	11:25	45
30.12.2021	1:47	38	31.12.2021	17:05	40	28.12.2021	2:23	45
24.12.2021	4:41	38	28.12.2021	2:23	39	23.12.2021	17:24	45
31.12.2021	2:13	37	1.1.2022	18:26	39	23.12.2021	18:23	44
28.12.2021	2:50	37	29.12.2021	1:41	38	31.12.2021	2:13	43
3.1.2022	7:33	37	2.1.2022	18:24	38	3.1.2022	7:33	43
23.12.2021	17:24	37	31.12.2021	2:13	38	2.1.2022	18:24	42
		$L_{pA} = 45$			$L_{pA} = 49$			$L_{pA} = 52$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
<b>Tarkasteltava asuinkerros</b>			
		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Rakenneosien resonanssi</b>			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Muunto äänenpainetasoksi</b>			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Varmuusvara</b>			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

\* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta  
Mittausjakso: 21.12.2021-5.1.2022

MP 4

**Arvioidut runkomelutasot**

Suurimmista tärinätapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset  
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ z [dB]	Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ y [dB]	Pvm	Klo	$L_{ASmax}$ x [dB]
3.1.2022	4:00	36	31.12.2021	7:10	34	25.12.2021	1:20	42
28.12.2021	17:06	33	22.12.2021	18:30	34	1.1.2022	1:27	41
24.12.2021	4:41	31	29.12.2021	3:48	34	23.12.2021	4:27	41
1.1.2022	1:27	31	1.1.2022	1:27	33	3.1.2022	4:00	40
25.12.2021	1:20	31	24.12.2021	4:41	33	24.12.2021	4:41	40
23.12.2021	4:27	30	3.1.2022	4:00	32	31.12.2021	7:10	38
2.1.2022	1:43	29	2.1.2022	1:43	32	2.1.2022	1:43	38
31.12.2021	7:10	29	23.12.2021	4:27	31	22.12.2021	18:30	37
29.12.2021	3:48	29	25.12.2021	1:20	31	29.12.2021	3:48	37
22.12.2021	18:30	29	29.12.2021	1:41	31	23.12.2021	17:24	36
23.12.2021	17:24	28	1.1.2022	18:26	29	1.1.2022	18:26	35
28.12.2021	2:50	27	28.12.2021	2:23	29	28.12.2021	2:50	34
28.12.2021	2:23	27	23.12.2021	17:24	28	28.12.2021	2:23	33
29.12.2021	1:41	26	30.12.2021	1:47	28	29.12.2021	1:41	33
26.12.2021	2:21	26	28.12.2021	18:27	28	30.12.2021	1:47	33
		$L_{pA} = 35$			$L_{pA} = 35$			$L_{pA} = 43$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
<b>Tarkasteltava asuinkerros</b>			kerros:
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	<input type="text" value="-"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Rakenneosien resonanssi</b>			
Lattia, seinät, katto	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Muunto äänenpainetasoksi</b>			
vakio	-28 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Varmuusvara</b>			
vakio (maasta)	6 dB		<input checked="" type="checkbox"/>

\* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus:  
 Mittausjakso:

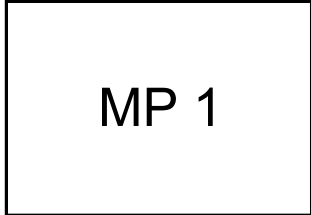
Kolmiaksaalinen mittaus kellarin kantavasta seinästä  
 21.12.2021-5.1.2022

### Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = -$$

$$v_{y,w,95} = -$$

$$v_{x,w,95} = -$$



### Perustuksesta mitattu värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,36 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,13 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,13 \text{ mm/s}$$

### Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa  $k_1 = 1,5$ .

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 0,54 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,2 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

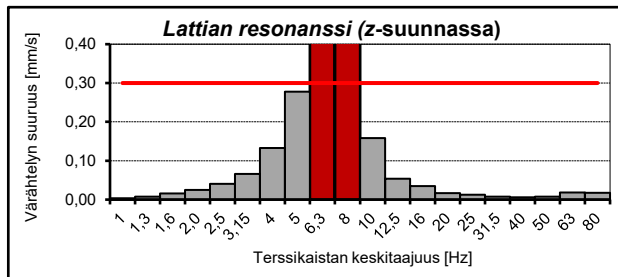
### Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 4$ . Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 6$ .

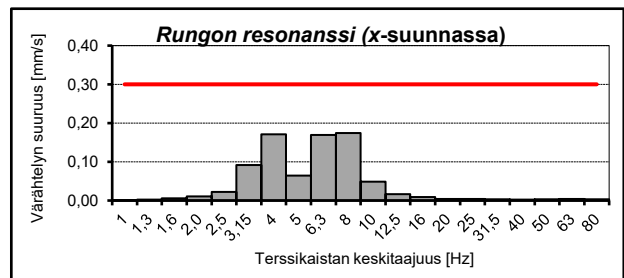
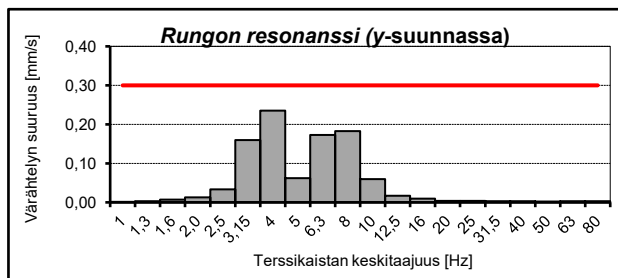
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 1,02 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,24 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) **lattian resonanssin** (pylväät) voimakkuus tertsikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät tertsikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssin** (pylväät) voimakkuudet tertsikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät tertsikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus:

Kolmiaksaalinen mittaus maasta

Mittausjakso:

21.12.2021-5.1.2022

### Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 1,13 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,31 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,18 \text{ mm/s}$$

MP 2

### Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 1,13 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,31 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,18 \text{ mm/s}$$

### Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa  $k_1 = 1,5$ .

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 1,7 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,46 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

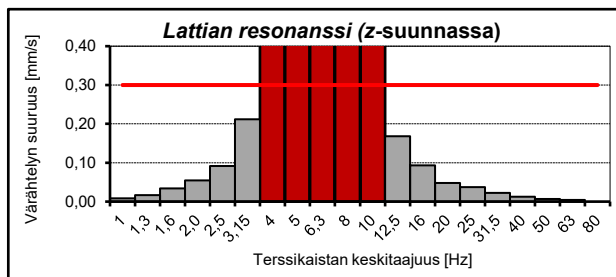
### Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 4$ . Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 6$ .

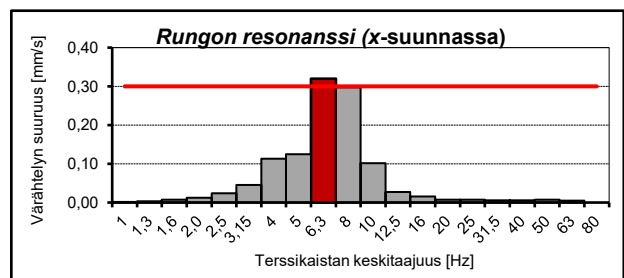
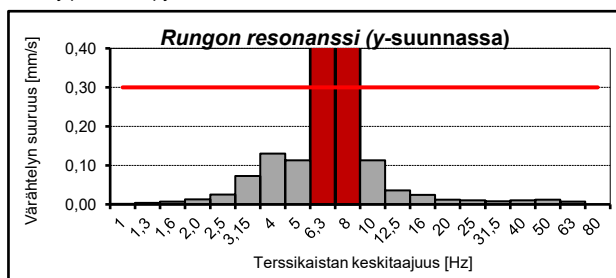
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 3,2 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,51 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) **lattian resonanssin** (pylväät) voimakkuus tertsikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät tertsikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuurtaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssin** (pylväät) voimakkuudet tertsikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät tertsikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus:  
 Mittausjakso:

Kolmiaksaalinen mittaus maasta  
 21.12.2021-5.1.2022

### Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,68 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,14 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,15 \text{ mm/s}$$

MP 3

### Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,68 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,14 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,15 \text{ mm/s}$$

### Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa  $k_1 = 1,5$ .

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 1,03 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,22 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

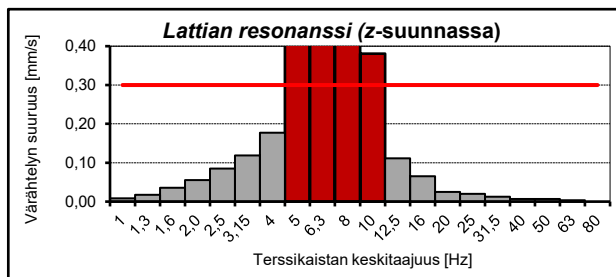
### Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 4$ . Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 6$ .

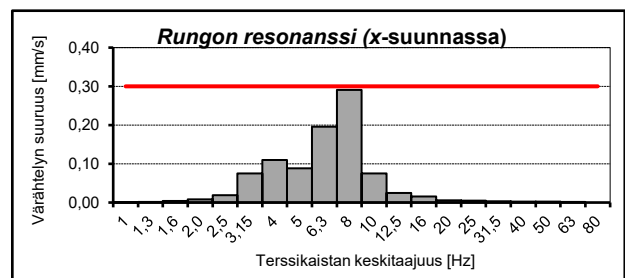
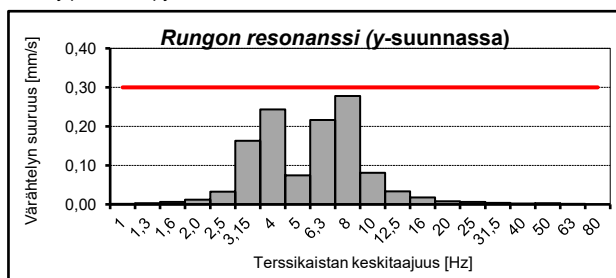
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 1,9 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,29 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) **lattian resonanssin** (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssin** (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

Mittauspisteen kuvaus:

Kolmiaksaalinen mittaus maasta

Mittausjakso:

21.12.2021-5.1.2022

### Maasta mitatut tunnusluvut

$$v_{z,w,95} = 0,78 \text{ mm/s}$$

$$v_{y,w,95} = 0,13 \text{ mm/s}$$

$$v_{x,w,95} = 0,09 \text{ mm/s}$$

MP 4

### Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$$v_{w,95}^{per,z} = 0,78 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,y} = 0,13 \text{ mm/s}$$

$$v_{w,95}^{per,x} = 0,09 \text{ mm/s}$$

### Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaak- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttämällä voimistumiskerrointa  $k_1 = 1,5$ .

$$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} = 1,17 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

$$v_{w,1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) = 0,19 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen})$$

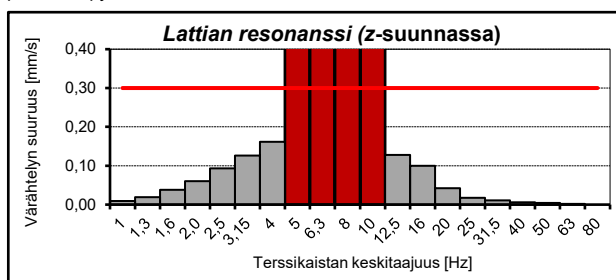
### Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 4$ . Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa  $k_2 = 6$ .

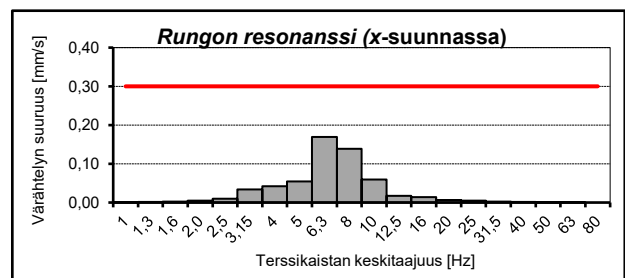
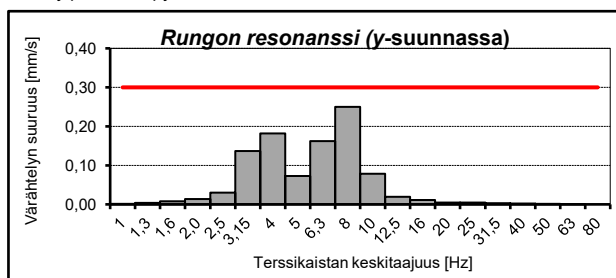
$$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} = 2,04 \text{ mm/s} \quad (\text{Lattian värähtelyn suurin resonanssi})$$

$$v_{w,2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} = 0,25 \text{ mm/s} \quad (\text{Rungon värähtelyn suurin resonanssi})$$

Pystysuuntaisen (z-akseli) **lattian resonanssin** (pylväät) voimakkuus terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Vaakasuuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssin** (pylväät) voimakkuudet terssikaistoittain. Suositusarvon (punainen viiva) ylittävät terssikaistat on esitetty punaisilla pylväillä.



Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Mahdollinen resonanssi voidaan välttää värähtely-suunnittelulla mitoittamalla välipohjien ja rungon rakenteet huomioimalla maaperän tärinä.

# TÄRINÄN JA RUNKOMELUN VERTAILUARVOT

## VAURIORISKI

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. Normaalikuntoiset 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 herkätk rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistoriallisesti tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset.	< 10	2
	10...30	3
	> 30	4

## ASUMISVIIHTYVYYS

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen ääniympäristöstä annetun ympäristöministeriön asetuksen 5 ja 6 §:n muuttamisesta (360/2019) on kirjoitettu: ”Rakennuksen, jossa on asuntoja tai majoitus- tai potilashuoneita, runkoääni- ja tärinäeristys sekä opetus-, kokous-, ruokailu-, hoito-, harrastus-, liikunta- ja toimistotilojen melun- ja tärinäntorjunta on suunniteltava ja toteutettava tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen.”

VTT on antanut suosituksen normaalien asuinrakennusten värähtelyluokitukselta tunnuslukuun  $v_{w,95}$  perustuen tiedotteessaan 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta”. Tämä ohjeellinen värähtelyluokitus on esitetty taulukossa 2.

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

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 värähtelyä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	≤ 0,30
D	Olosuhteet, joilla pyritään vanhoilla asuinalueilla <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	≤ 0,60

## RUNKOMELU

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 $L_{prm}$ [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 ilmäääneneristävydestä, on VTT:n ohjeen mukaan suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.