Turun kaupunki

TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

Vaasanpuisto, Turku

HELSINKI
Viikinportti 4 B 18
00790 Helsinki
puh. 050 377 6565

TURKU
Rautakatu 5 A
20520 Turku
puh. 050 570 3476

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

Tilaaja:
Turun kaupunki
Anna-Leena Jokitalo

Tärinä- ja runkomeluselvitys

Kohde:
Vaasanpuisto, Turku

Raportin numero:
PR11264-TÄR01

Raportin päiväys:
19.11.2024

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 5
3 Mittaus- ja arviointimenetelmät 6
4 Tärinän ja runkomelun suositusarvot 7
5 Mittaustulokset 8
5.1 Värähtelyn taajuussisältö 8
5.2 Maasta mitatun tärinän heilahdusnopeuden resultantit v_{res} 8
5.3 Maasta mitatun tärinän tunnusluvun arvot $v_{w,95}$ 8
5.4 Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi $v_{w,95}$ 9
5.5 Arvio runkomelutasoista L_{prm} 10
6 Mittaus- ja arviointitulosten tarkastelu ja johtopäätökset 11
7 Raitiotielinjavarauksen vaikutus kaavoitukseen 11
8 Yleiskaavan 2029 mukaisen satamaradan vaikutus kaavoitukseen 12
9 Suositus kaavamääräyksiksi 13
10 Lisätietoa 13
11 Kirjallisuus 14

Liitteet:

Liite 1. Mittauspistesivut, raideliikenteen aiheuttama tärinä.

Liite 1b. Mittauspistesivut, tieliikenteen aiheuttama tärinä.

Liite 2. Mittauspistesivut, runkomelu, raideliikenne.

Liite 3. Mittauspistesivut, rakennukseen siirtyvän värähtelyn arviointi, raideliikenne.

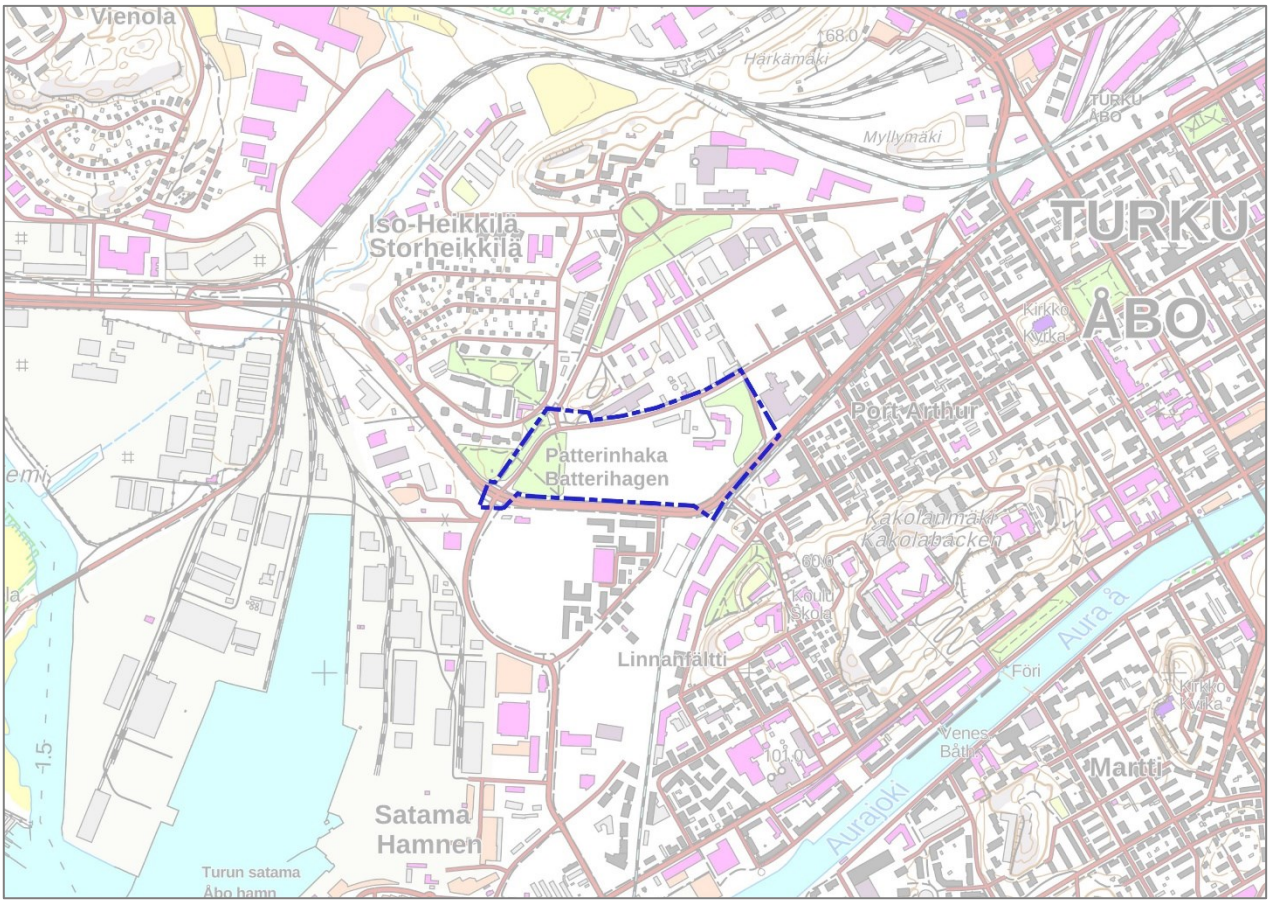
Liite 3b. Mittauspistesivut, rakennukseen siirtyvän värähtelyn arviointi, tieliikenne.

Liite 4. Tärinän ja runkomelun vertailuarvot.

1 YLEISTÄ

Promethor Oy mittasi 13.–20.4.2023 tie- ja raideliikenteen aiheuttamaa värähtelyä Turun Iso-Heikkilän kaupunginosassa korttelin 42 tontilla 1 Vaasanpuiston asemakaavoitusta varten. Tarkastelualueen sijainti kartalla on esitetty kuvassa 1. Kaavamuutos koskee entistä vedenpuhdistamon aluetta ja siihen liittyviä alueita. Tavoitteena on kaavamuutosalueen osoittaminen asumisen, palvelujen ja työpaikkojen käyttöön. Tavoitteena on mm. mahdollistaa monitoimitalon sijoittuminen alueelle.

Nyt tehdyillä mittauksilla selvitettiin Turun satamaan johtavan nykyisen raideyhteyden raideliikenteen, sekä Tukholmankadun ja Pansiontien tieliikenteen aiheuttaman tärinän voimakkuus. Tärinää tarkastellaan sen aiheuttaman viihtyvyyshaitan, rakenteiden vaurioriskin sekä runkomelun kannalta. Mittaukset ja tulosten tarkastelu tehdään VTT:n ohjeiden mukaisesti ja VTT:n esittämiin suositusarvoihin verraten. Tämän lisäksi tarkastellaan tarkastelualueen poikki kulkevaksi suunnitellun raitiotielinjan sekä yleiskaavan 2029 (ei lainvoimainen) mukaisen uuden satamaradan vaikutuksia kaavoitukseen.



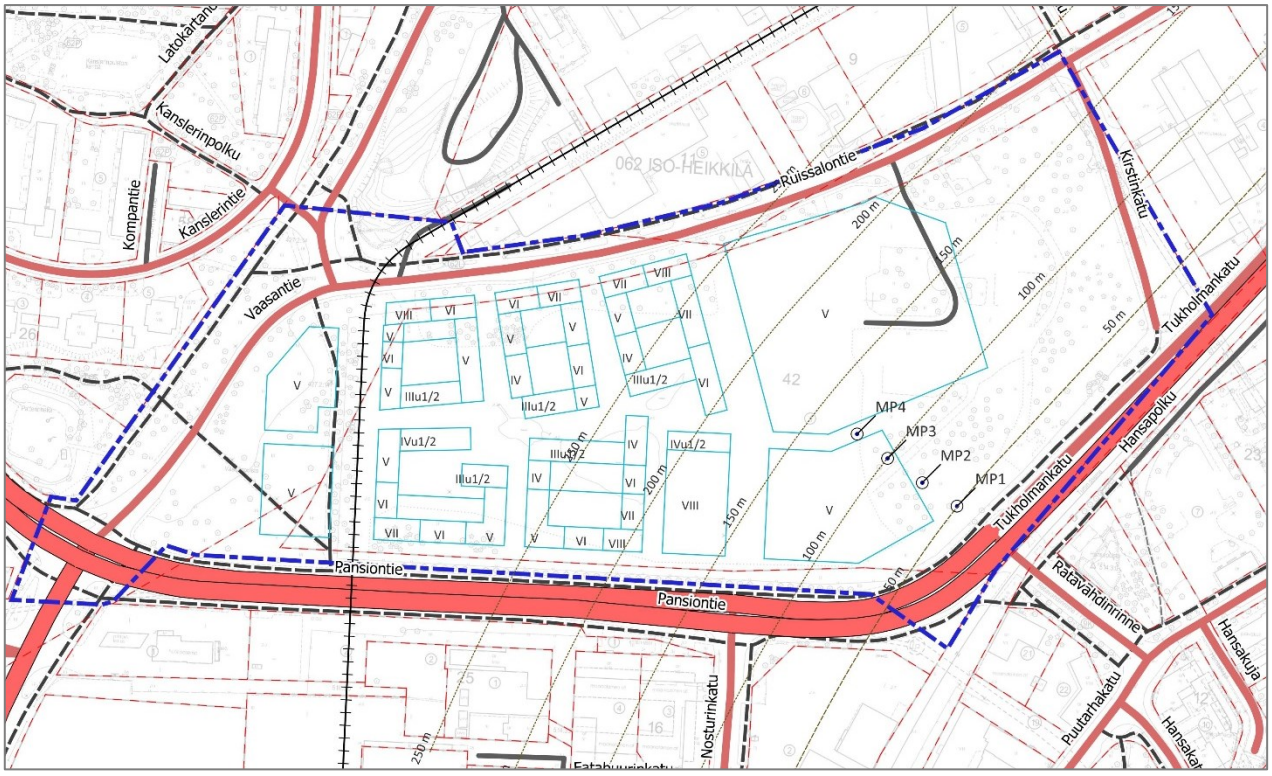
Kuva 1. Sijaintikartta. Tarkastelualueen sijainti on rajattu sinisellä.

2 KOHTEEN YMPÄRISTÖ JA MITTAUSPISTEET

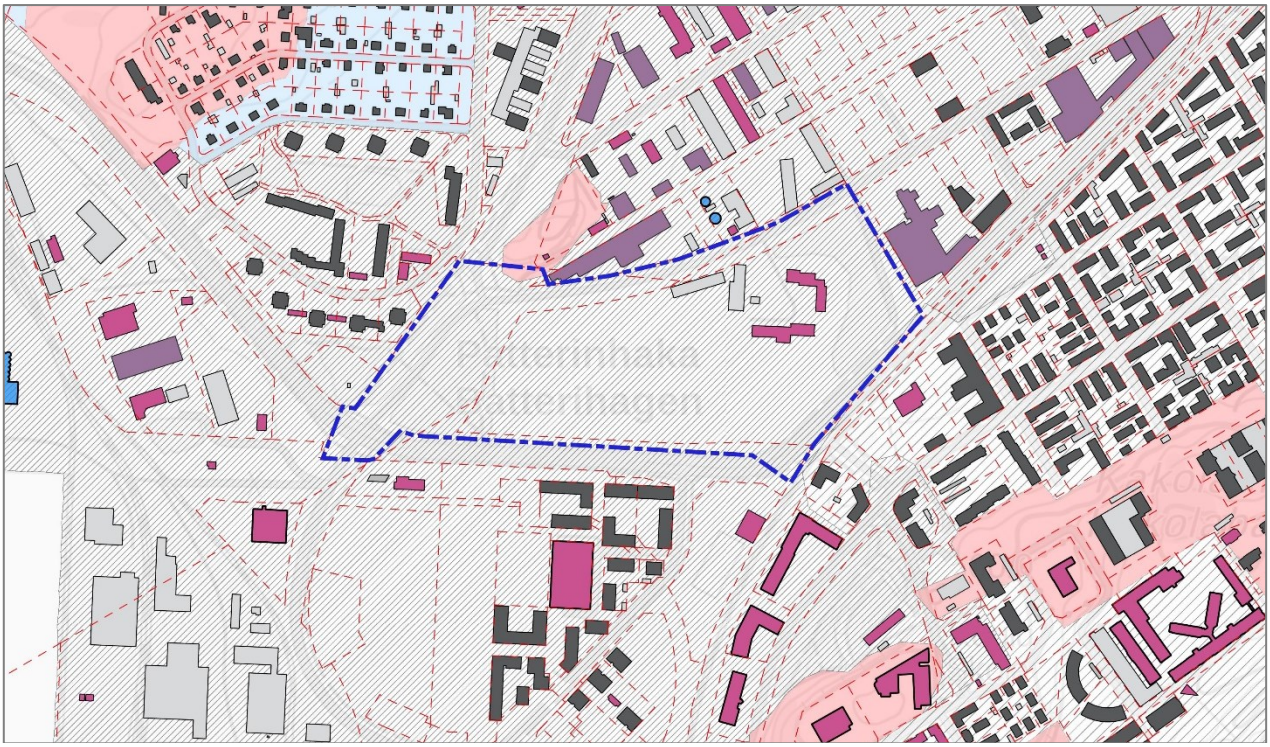
Suunnittelualue rajautuu kaakon ja etelän puolella Tukholmankatuun ja Pansiontiehen. Tukholmankadun takana kulkee Turun päärautatieaseman ja Turun sataman välinen rautatie. Rataa pitkin kulkee ainoastaan henkilöjunaliikennettä. Suunnittelualueen maaperä on GTK:n maaperätietojen perusteella täytemaata. Väyläviraston avoimen aineiston tietojen perusteella rautatie ei ole pehmeikköalueella.

Tärinää mitattiin kaikkiaan neljässä (4) mittauspisteessä maasta, Tukholmankatuun ja rautatiehen nähden kohtisuorassa mittauslinjassa. Tärinää mitattiin jokaisessa mittauspisteessä 3-aksiaalisesti. Mittauspisteet sijoitettiin siten, että saadaan tieto tärinän vaikutusalueen etäisyydestä suhteessa tiehen ja rataan.

Kuvaan 2 on merkitty käytettyjen mittauspisteiden sijainnit kantakartalle. Kuvassa 3 on Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) maaperäkartta. Kuvassa 2 on esitetty myös rakennusmassoitteluluonnoksen mukaiset rakennusalueiden rajat.



Kuva 2. Mittauspisteiden sijainnit (Lähde: MML maastotietokannan tieviivat, Turun kantakartta, Väylävirasto avoin data ja kaupungilta saatu alustava kaavaluonnoksen rakennusaluerajat ja raitiotievaraus).



Kuva 3. Maaperäkartta (Lähde: GTK). Kartassa siniset alueet ovat savimaata, punaiset kalliomaata ja vinoviivoitettu alue täytemaata.

3 MITTAUS- JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Tie- ja raideliikenteen aiheuttaman tärinän mittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” mukaisesti maasta mittaamalla. Mittausjakson pituus oli yksi viikko. Mittaustuloksista eroteltiin tie- ja raideliikenteen aiheuttamat tapahtumat mm. junien kulkutietojen perusteella.

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

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[1]. Värähtelyn tunnusluvulla $v_{w,95}$ tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä 15 suurimman tärinätapahtuman taajuuspainotetut tehollisarvot pysyvät 95 prosentin tilastollisella todennäköisyydellä.

[1] 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.

Maasta rakennukseen siirtyvää tärinää arvioitiin VTT:n tiedotteen ”Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi” ja VTT:n tiedotteen ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin” mukaisesti. Rakennuksen ominaisuuksien mukaan maaperästä ja 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 ensin maasta perustukseen siirtyvän ja tämän jälkeen perustuksesta runkoon ja lattiaan siirtyvän värähtelyn vahvistumista 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 saattaa voimistua 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.

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa k_2 = 4. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa k_2 = 6. Mahdollinen ylityksen aiheuttava taajuus tai taajuudet tulee ottaa huomioon rakennuksen välipohjien tai rakennuksen rungon mitoituksessa.

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 asuinrakennuksessa** tulee soveltaa VTT:n värähtelyluokituksen värähtelyluokan C mukaista enimmäisarvoa **0,30 mm/s** (tärinän tunnusluku $v_{w,95}$).
- **Runkomelua arvioitaessa** (runkomelutaso L_{prm}) **asuinrakennuksessa** tulee soveltaa enimmäistasoa **35 dB.**
- **Monitoimitalolle,** jossa ihmiset ovat pääosin liikkeessä, ei lähtökohtaisesti ole tarpeen asettaa tärinän tai runkomelun suunnitteluarvoja. Mikäli rakennukseen tulee melulle tai tärinälle herkkiä tiloja, tulee näiden osalta tärinä tarkastella ja huomioida käyttötarkoituksen vaatimalla tavalla erikseen. Lähtökohtaisesti monitoimitalossa melulle tai tärinälle herkille tiloille voidaan soveltaa samoja suositusarvoja kuin asuintiloille.

Tärinän ja runkomelun suositusarvot on esitetty laajemmin liitteessä 4.

5 MITTAUSTULOKSET

5.1 Värähtelyn taajuussisältö

Tärinän taajuuspainotetut taajuusjakaumat on esitetty liitteessä 1 terssikaistoittain VTT:n suosituksen mukaisesti. Tärinän taajuussisältö painottuu alle 20 Hz taajuuksille.

5.2 Maasta mitatun tärinän heilahdusnopeuden resultantit v_{res}

Rakennusten vaurioitumisriskiä arvioidaan painottamattoman värähtelynopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Taulukossa 1 on esitetty suurimmat maasta mitatut resultanttien arvot. Liitteessä 1 on esitetty 15 suurimman resultantin arvot kussakin mittauspisteessä.

Huomioitavaa on, että kaikki mittaukset on tehty maaperästä, kun vaurioriskin arviointiin annetut ohjearvot ovat rakennuksen perustuksista mitattavia arvoja. Värähtely vaimenee maasta perustuksiin siirtyessä.

Taulukko 1. Suurimmat mitatut heilahdusnopeuden resultantin arvot v_{res}.

Mittauspiste	Etäisyys rautatiestä [m]	Mittauspaikka	Resultantti [mm/s] raideliikenne	Resultantti [mm/s] tieliikenne
MP1	50	maa	0,2	1,2
MP2	75	maa	0,1	0,7
MP3	100	maa	0,1	0,4
MP4	125	maa	0,1	0,3

5.3 Maasta mitatun tärinän tunnusluvun arvot $v_{w,95}$

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). Taulukossa 2 on esitetty mittaustuloksista lasketut tärinän tunnuslukujen arvot maaperässä. Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$-arvot on esitetty liitteessä 1. Maaperästä mitattuja tuloksia ei voi kuitenkaan verrata rakennuksessa sallittaviin suositusarvoihin. Rakennukseen välittyvän/aiheutuvan tärinän tunnusluvun arvoja on arvioitu luvussa 5.4.

Taulukko 2. Mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvut $v_{w,95}$ (raideliikenne / tieliikenne).

Mittauspiste	Etäisyys rautatiestä [m]	Tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s] (raide-/tieliikenne)		
		pystysuunta	*rataa vasten kohtisuora vaakasuunta*	*radan suuntainen vaakasuunta*
MP1	50	0,05 / 0,34	0,04 / 0,31	0,03 / 0,13
MP2	75	0,03 / 0,21	0,03 / 0,18	0,03 / 0,09
MP3	100	0,03 / 0,15	0,02 / 0,08	0,02 / 0,08
MP4	125	0,02 / 0,09	0,01 / 0,10	0,01 / 0,06

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

Yleinen voimistuminen

Yleinen voimistuminen määritetään perustuksen värähtelyn vaaka- (runko) ja pystykomponentin (lattia) perusteella käyttäen voimistumiskerrointa k_1 = 1,5. Arviointitulokset on esitetty taulukossa 3 ja liitteessä 3.

Taulukko 3. VTT:n menetelmillä tärinäsignaaleista arvioidun perustuksen värähtelyn perusteella arvioitu värähtelyn yleinen voimistuminen rakennuksen rungossa ja lattiassa (raideliikenne / tieliikenne).

Mittauspiste	Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,runko}$ [mm/s]	Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,lattia}$ [mm/s]
MP1	0,05 / 0,47	0,06 / 0,51
MP2	0,04 / 0,32	0,05 / 0,31
MP3	0,02 / 0,14	0,04 / 0,22
MP4	0,03 / 0,14	0,04 / 0,13

Resonanssitarkastelu

Resonanssitarkastelun tulokset on esitetty liitteessä 3. Alla on esitetty tulosten vaikutukset suunnittelualueelle. Mittausten aikana Tukholmankadussa ja Pansiontiessä oli erityisesti mutkan kohdalla merkittävää epätasaisuutta, mikä voimistaa tärinäherätettä. Tien kuntoa parantamalla tieliikenteestä suunnittelualueelle aiheutuvia tärinätasoja voitaisiin pienentää.

Rungon resonanssitarkastelun perusteella:

- *Raideliikenteen* aiheuttama tärinä ei aseta erityisvaatimuksia.
- *Tieliikenteen* nykytilanteessa aiheuttaman tärinän vuoksi suunnittelualueella ei tulisi sijoittaa alle 3-kerroksisia asuinrakennuksia noin alle 45 metrin etäisyydelle Tukholmankadusta tai Pansiontiestä.

Lattian resonanssitarkastelun perusteella:

- *Raideliikenteen* aiheuttama tärinä ei aseta erityisvaatimuksia.
- *Tieliikenteen* nykytilanteessa aiheuttaman tärinän vuoksi suunnittelualueella
  - noin alle 50 m etäisyydellä Tukholmankadusta tai Pansiontiestä asuintilojen ala- ja välipohjien resonanssitaajuuden f tulisi olla vähintään luokkaa 15 Hz. Tämä tarkoittaa esim. P37 ontelolaatoilla enintään noin 7 m jännevälejä.
  - noin alle 100 m etäisyydellä Tukholmankadusta tai Pansiontiestä asuintilojen ala- ja välipohjien resonanssitaajuuden f tulisi olla vähintään luokkaa 8 Hz. Tämä tarkoittaa esim. P37 ontelolaatoilla enintään noin 9,5 m jännevälejä.

5.5 Arvio runkomelutasoista L_{prm}

Taulukossa 4 on esitetty värähtelymittauksista VTT:n arviointimenetelmällä määritetyt runkomelutasot mittauspisteittäin ja akselisuunnittain. Runkomelua tarkastellaan ainoastaan raideliikenteen aiheuttaman tärinän osalta. Kumipyöräliikenne ei lähtökohtaisesti aiheuta merkitsevää runkomelua.

Runkomelutaso asuintiloissa ei saisi ylittää arvoa 35 dB.

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.*”

Taulukko 4. VTT:n menetelmällä tärinäsignaaleista arvioidut runkomelutasot L_{prm}.

Mittauspiste	**Etäisyys rautatiestä [m]**	**A-painotettu runkomelutaso L_{prm} [dB]**		
		pystysuunta	***rataa vasten kohtisuora vaakasuunta***	***radan suuntainen vaakasuunta***
MP1	50	19	30	22
MP2	75	15	26	24
MP3	100	14	31	26
MP4	125	7	16	21

6 MITTAUS- JA ARVIOINTITULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mittaustulosten perusteella tie- ja raideliikenteen tärinä eivät aiheuta suunnittelualueella rakennuksille rakenteiden vaurioriskiä.

Viihtyvyyshaitta

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella **raideliikenne** ei aiheuta merkittävää tärinää suunnittelualueelle.

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella **tieliikenteen** aiheuttama tärinä tulee huomioida asuinrakennusten tai muiden tärinälle herkkien tilojen suunnittelussa (ala- ja välipohjien mitoitus) alle 100 metrin etäisyydellä Tukholmankadussa ja Pansiontiessä.

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella **tieliikenteen** aiheuttaman tärinän vuoksi alle 45 metrin etäisyydelle Tukholmankadusta ja Pansiontiestä ei tule sijoittaa alle kolmekerroksisia rakennuksia, joissa on asuin- tai muita tärinälle herkkiä tiloja.

Tukholmankadussa ja Pansiontiessä on nykyisellään erityisesti mutkan kohdalla merkittävää epätasaisuutta, mikä voimistaa tärinäherätettä. Tien kuntoa parantamalla tieliikenteestä suunnittelualueelle aiheutuvia tärinätasoja voidaan pienentää.

Runkomelu

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella nykyisen satamaradan raideliikenteen aiheuttamat runkomelutasot valmiissa rakennuksissa ovat alle 35 dB, eikä näin ollen aseta erityisvaatimuksia kaavoitukseen tai alueen asuinrakennusten tai monitoimitalon suunnitteluun. Maantieliikenne ei lähtökohtaisesti aiheuta merkitsevää runkomelua.

Muita huomioita

Mikäli monitoimitaloon tulee melulle tai tärinälle erityisen herkkiä tiloja, tulee näiden osalta tärinä ja runkomelu tarkastella ja huomioida käyttötarkoituksen vaatimalla tavalla erikseen.

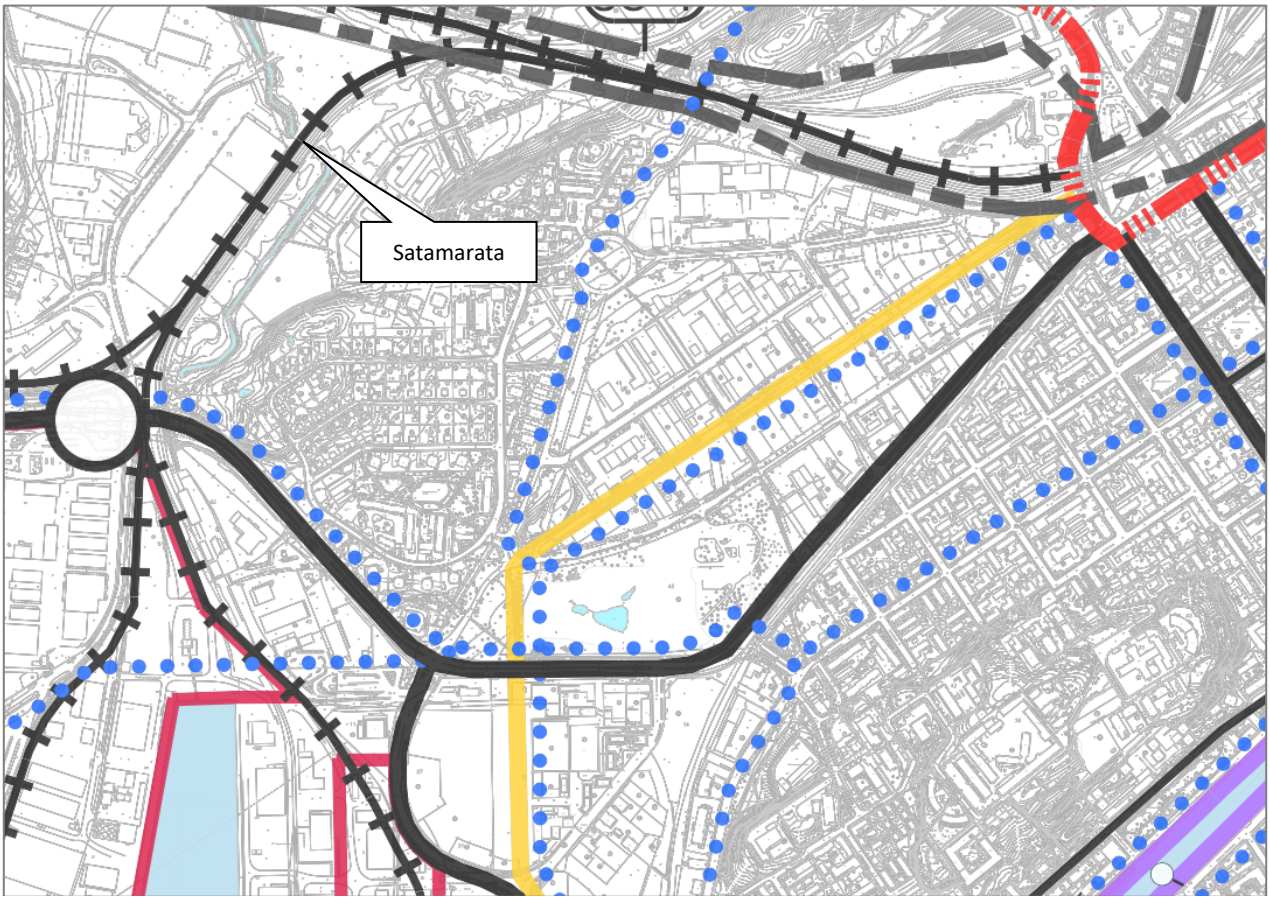
Näiden mittauksien avulla on selvitetty olemassa olevan raideliikenteen vaikutus tarkastelualueella. Mittaustulokset edustavat mittauskohteen tärinää vain niissä olosuhteissa, joissa mittaukset suoritettiin. Muun muassa liikenneväylän kunnon, kaluston tai ajonopeuksien poiketessa oleellisesti mittausajankohdasta on tärinäarvojen muuttuminen mahdollista.

7 RAITIOTIELINJAVARAUKSEN VAIKUTUS KAAVOITUKSEEN

Suunnittelualueen länsiosassa alueen halkaisevan raitiotievarauksen etäisyys lähimpiin suunniteltuihin asuinrakennuksiin on noin 10 metriä. Uusissa nykyaikaisin menetelmin perustetuissa raitioteissä uusien kerrostalojen läheisyydessä merkitsevin värähtelyyn liittyvä riski on mahdollinen värähtelystä aiheutuva runkomelu. VTT:n tiedotteen 2468, *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, Esiselvitys,* mukaan raitiovaunuliikenteellä (nopeus 40 km/h) tarkempi värähtelytarkastelu ei ole asuinrakennusten lähellä tarpeen pehmeällä maalla etäisyyden ollessa yli 5 metriä ja kovalla maalla yli 15 metriä. Nyt tarkasteltavalla alueella maaperä sijoittunee kovan ja pehmeän välille, jolloin raitiotien aiheuttamaa runkomelua on mahdollisesti tarve vaimentaa. Mahdollisesti tarvittavat tärinän ja/tai runkomelun vaimennustoimenpiteet on mahdollista tehdä raitiotien toteutuksessa. Tätä voidaan pitää myös tehokkaampana ja riskittömämpänä tapana hoitaa tarvittava vaimennus verrattuna rakennukseen tehtäviin vaimennusratkaisuihin. Luvussa 8 on esitetty suositus kaavamääräykseksi.

8 YLEISKAAVAN 2029 MUKAISEN SATAMARADAN VAIKUTUS KAAVOITUKSEEN

Yleiskaavan 2029 (ei lainvoimainen) linjauksen mukaan satamarata kulkisi tulevaisuudessa Iso-Heikkilän länsipuolitse kuvan 4 mukaisesti. Tällä linjauksella rata siirtyisi nykyistä kauemmas suunnittelualueesta. Raideliikenteestä suunnittelualueelle aiheuttava tärinä on edellä esitettyjen mittaus- ja arviointitulosten perusteella jo nykyisellään käytännössä merkityksetön. Yleiskaavan 2029 mukaisella kauemmas siirtyvällä ratalinjauksella ei ole näin ollen vaikutusta alueen kaavoitukseen.



Kuva 4. Yleiskaava 2029 mukaiset liikennelinjaukset.

9 SUOSITUS KAAVAMÄÄRÄYKSIKSI

Suosittelemme lisäämään Tukholmankatua ja Pansiontietä lähimmille asuinkorttelialueille seuraavan kaavamääräyksen:

”*Rakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida tie- ja raideliikenteen aiheuttama tärinä käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla. Tärinän huomioiminen edellyttää lähtökohtaisesti rakennuksen ala- ja välipohjien mitoittamista rakennukseen kohdistuvien tärinätasojen edellyttämällä tavalla. Tärinä ei asuintiloissa saa ylittää voimassa olevia suositus- tai määräysarvoja. Rakennusluvan yhteydessä tulee esittää rakennuskohtaiset ratkaisut tärinän hallitsemiseksi.*

Noin alle 50 m etäisyydellä Tukholmankadusta tai Pansiontiestä asuintilojen ala- ja välipohjien resonanssitaajuuden f tulee olla vähintään 15 Hz.

Noin 50…100 m etäisyydellä Tukholmankadusta tai Pansiontiestä asuintilojen ala- ja välipohjien resonanssitaajuuden f tulee olla vähintään 8 Hz.”

Suosittelemme lisäämään raitiotievarauksen alueelle seuraavan kaavamääräyksen:

”Raitiotien tulee suunnitella ja toteuttaa siten, ettei raitioliikenteen aiheuttama runkoääni ylitä voimassa olevia tavoite- tai määräysarvoja rakennusten sisätiloissa.”

10 LISÄTIETOA

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

11 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: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 1

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	*y*	*x*
17.4.2023	08.17	**0,2**	0,15	0,11	0,07
20.4.2023	07.48	0,2	0,16	0,13	0,08
19.4.2023	17.03	0,1	0,09	0,11	0,08
15.4.2023	17.34	0,1	0,11	0,11	0,08
14.4.2023	20.24	0,1	0,12	0,10	0,07
19.4.2023	17.34	0,1	0,10	0,11	0,06
18.4.2023	20.24	0,1	0,11	0,09	0,07
13.4.2023	17.34	0,1	0,09	0,10	0,07
18.4.2023	17.36	0,1	0,12	0,08	0,07
16.4.2023	07.48	0,1	0,10	0,07	0,06
17.4.2023	07.48	0,1	0,09	0,10	0,07
14.4.2023	17.35	0,1	0,10	0,10	0,08
15.4.2023	07.48	0,1	0,09	0,10	0,06
13.4.2023	20.24	0,1	0,08	0,09	0,07
16.4.2023	20.24	0,1	0,10	0,10	0,07

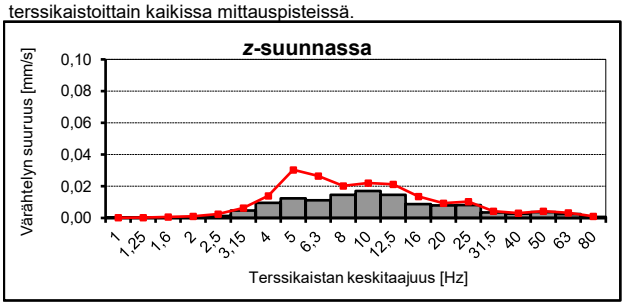
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$-arvot

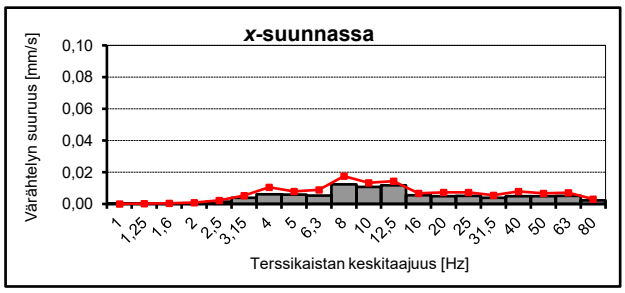
Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$-arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

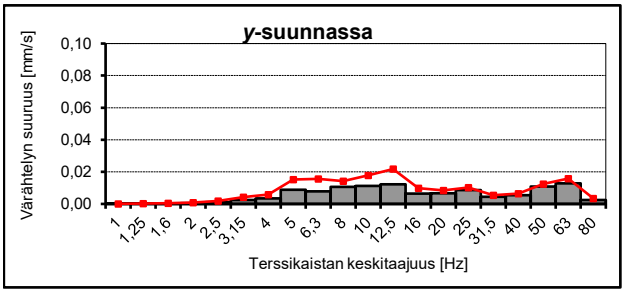
Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *z*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *y*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *x*
17.4.2023	8:17	0,05	20.4.2023	7:48	0,04	19.4.2023	17:03	0,03
20.4.2023	7:48	0,04	17.4.2023	7:48	0,04	18.4.2023	20:02	0,03
15.4.2023	17:34	0,04	17.4.2023	8:17	0,03	15.4.2023	17:34	0,03
16.4.2023	20:24	0,04	14.4.2023	17:35	0,03	20.4.2023	7:48	0,03
14.4.2023	20:24	0,04	15.4.2023	7:48	0,03	14.4.2023	20:02	0,03
18.4.2023	17:36	0,04	17.4.2023	20:24	0,03	19.4.2023	20:35	0,03
17.4.2023	7:48	0,04	16.4.2023	20:24	0,03	14.4.2023	17:04	0,03
13.4.2023	17:34	0,04	19.4.2023	17:03	0,03	18.4.2023	17:04	0,03
16.4.2023	7:48	0,03	13.4.2023	20:02	0,03	16.4.2023	17:34	0,03
19.4.2023	17:34	0,03	15.4.2023	17:34	0,03	15.4.2023	20:02	0,03
15.4.2023	20:02	0,03	13.4.2023	20:24	0,03	16.4.2023	17:04	0,03
17.4.2023	20:24	0,03	19.4.2023	20:20	0,03	19.4.2023	17:34	0,03
15.4.2023	7:48	0,03	18.4.2023	20:02	0,03	17.4.2023	17:34	0,02
16.4.2023	17:04	0,03	15.4.2023	20:02	0,03	17.4.2023	7:48	0,02
18.4.2023	20:24	0,03	14.4.2023	17:04	0,03	15.4.2023	20:24	0,02
	$v_{w,95}$ =	**0,05**		**$v_{w,95}$ =**	**0,04**		**$v_{w,95}$ =**	**0,03**

Tärinän spektrit

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







z-suunta: pystyakseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

PROMETHOR

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 2

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	*y*	*x*
16.4.2023	20.24	**0,1**	0,07	0,11	0,08
17.4.2023	07.48	0,1	0,10	0,11	0,08
14.4.2023	17.35	0,1	0,07	0,10	0,08
15.4.2023	07.48	0,1	0,10	0,09	0,10
17.4.2023	20.24	0,1	0,06	0,11	0,08
20.4.2023	08.18	0,1	0,10	0,10	0,05
18.4.2023	20.24	0,1	0,08	0,11	0,07
15.4.2023	17.04	0,1	0,08	0,11	0,07
13.4.2023	17.34	0,1	0,07	0,10	0,07
17.4.2023	08.17	0,1	0,10	0,08	0,07
16.4.2023	20.02	0,1	0,07	0,08	0,06
13.4.2023	20.24	0,1	0,06	0,10	0,08
18.4.2023	17.36	0,1	0,08	0,10	0,08
15.4.2023	20.24	0,1	0,07	0,09	0,08
19.4.2023	20.35	0,1	0,06	0,10	0,07

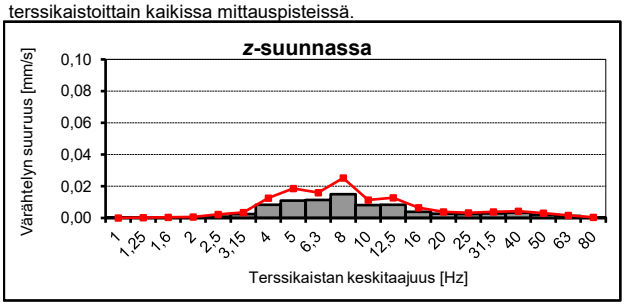
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$-arvot

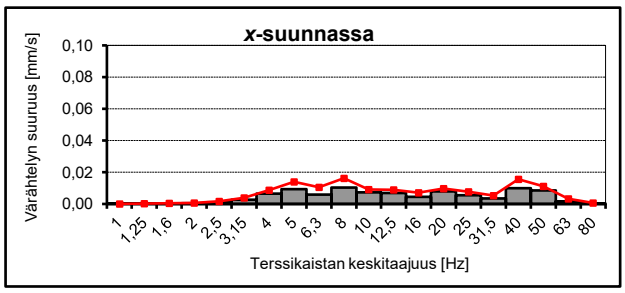
Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$-arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

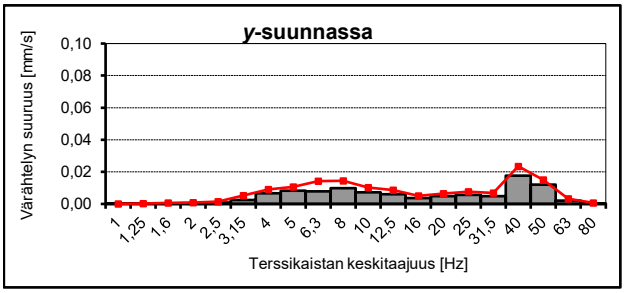
Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *z*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *y*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *x*
15.4.2023	7:48	0,03	17.4.2023	7:48	0,03	15.4.2023	7:48	0,03
17.4.2023	8:17	0,03	18.4.2023	20:24	0,03	13.4.2023	17:34	0,03
17.4.2023	7:48	0,03	15.4.2023	7:48	0,03	14.4.2023	17:35	0,03
20.4.2023	8:18	0,03	13.4.2023	17:34	0,03	16.4.2023	20:24	0,03
16.4.2023	20:02	0,03	18.4.2023	17:36	0,03	15.4.2023	20:24	0,03
20.4.2023	7:48	0,03	20.4.2023	7:48	0,03	18.4.2023	20:24	0,03
17.4.2023	20:02	0,03	16.4.2023	20:24	0,03	18.4.2023	17:36	0,03
15.4.2023	17:04	0,03	13.4.2023	17:07	0,03	17.4.2023	7:48	0,03
18.4.2023	20:02	0,03	16.4.2023	20:02	0,03	17.4.2023	20:24	0,03
14.4.2023	17:04	0,02	15.4.2023	17:04	0,03	13.4.2023	20:24	0,03
16.4.2023	17:04	0,02	15.4.2023	20:24	0,03	20.4.2023	7:48	0,02
18.4.2023	17:36	0,02	13.4.2023	20:24	0,03	19.4.2023	20:35	0,02
16.4.2023	20:24	0,02	14.4.2023	17:35	0,03	13.4.2023	17:07	0,02
18.4.2023	20:24	0,02	17.4.2023	20:02	0,03	17.4.2023	8:17	0,02
15.4.2023	20:24	0,02	17.4.2023	20:24	0,03	17.4.2023	17:34	0,02
	$v_{w,95}$ =	**0,03**		**$v_{w,95}$ =**	**0,03**		**$v_{w,95}$ =**	**0,03**

Tärinän spektrit

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







z-suunta: pystyakseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

PROMETHOR

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 3

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	*y*	*x*
14.4.2023	07.48	**0,1**	0,10	0,05	0,06
17.4.2023	07.48	0,1	0,08	0,07	0,06
18.4.2023	20.02	0,1	0,06	0,05	0,05
15.4.2023	20.24	0,1	0,07	0,05	0,05
17.4.2023	20.02	0,1	0,06	0,04	0,04
17.4.2023	17.35	0,1	0,05	0,05	0,04
18.4.2023	17.05	0,1	0,06	0,06	0,05
17.4.2023	20.24	0,1	0,07	0,05	0,05
18.4.2023	20.24	0,1	0,07	0,06	0,04
18.4.2023	17.36	0,1	0,06	0,04	0,04
14.4.2023	20.24	0,1	0,06	0,05	0,05
17.4.2023	17.03	0,1	0,06	0,05	0,04
14.4.2023	17.04	0,1	0,06	0,04	0,04
15.4.2023	20.02	0,1	0,04	0,05	0,05
19.4.2023	17.34	0,1	0,06	0,04	0,04

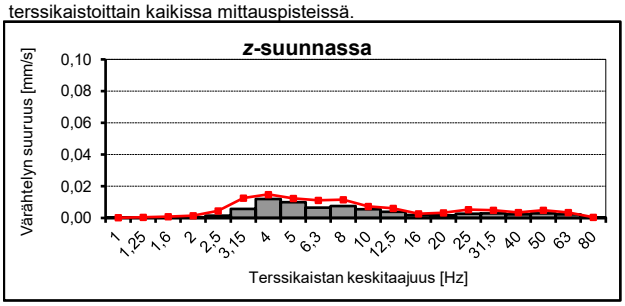
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$-arvot

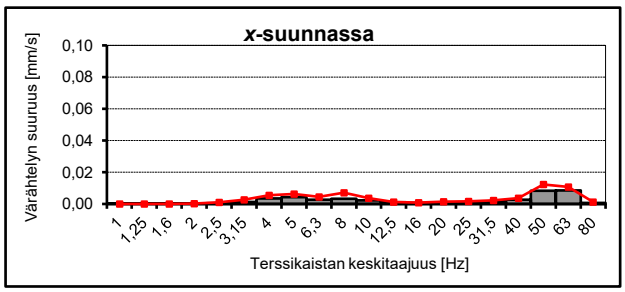
Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$-arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

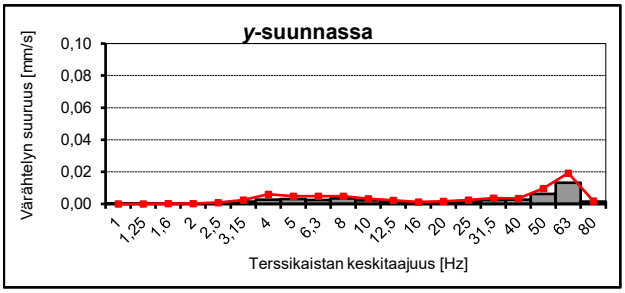
Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]
		z			*y*			*x*
17.4.2023	7:48	0,03	18.4.2023	20:24	0,02	14.4.2023	7:48	0,02
14.4.2023	7:48	0,03	19.4.2023	20:20	0,02	17.4.2023	7:48	0,02
18.4.2023	17:36	0,02	17.4.2023	7:48	0,02	15.4.2023	20:24	0,02
19.4.2023	17:34	0,02	15.4.2023	20:02	0,02	16.4.2023	7:48	0,02
17.4.2023	20:24	0,02	14.4.2023	7:48	0,02	19.4.2023	20:35	0,01
14.4.2023	20:24	0,02	19.4.2023	17:04	0,02	17.4.2023	20:24	0,01
15.4.2023	20:24	0,02	14.4.2023	20:24	0,02	18.4.2023	20:02	0,01
18.4.2023	20:02	0,02	18.4.2023	17:05	0,02	15.4.2023	17:34	0,01
18.4.2023	20:24	0,02	13.4.2023	17:07	0,02	13.4.2023	17:34	0,01
15.4.2023	17:34	0,02	19.4.2023	20:35	0,02	18.4.2023	20:24	0,01
17.4.2023	20:02	0,02	16.4.2023	7:48	0,02	18.4.2023	17:05	0,01
16.4.2023	17:04	0,02	15.4.2023	20:24	0,02	19.4.2023	17:34	0,01
14.4.2023	17:04	0,02	15.4.2023	17:34	0,01	19.4.2023	17:04	0,01
18.4.2023	17:05	0,02	17.4.2023	20:24	0,01	15.4.2023	20:02	0,01
19.4.2023	20:35	0,02	18.4.2023	20:02	0,01	14.4.2023	20:02	0,01
	$v_{w,95}$ =	**0,03**		**$v_{w,95}$ =**	**0,02**		**$v_{w,95}$ =**	**0,02**

Tärinän spektrit

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







z-suunta: pystyakseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

PROMETHOR

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	*y*	*x*
18.4.2023	17.36	**0,1**	0,07	0,04	0,03
19.4.2023	17.04	0,1	0,06	0,04	0,03
18.4.2023	17.04	0,1	0,06	0,05	0,03
17.4.2023	17.03	0,1	0,06	0,04	0,04
14.4.2023	17.35	0,1	0,06	0,03	0,04
13.4.2023	17.07	0,1	0,06	0,03	0,03
15.4.2023	17.03	0,1	0,06	0,04	0,03
19.4.2023	17.34	0,1	0,06	0,04	0,04
16.4.2023	17.34	0,1	0,06	0,03	0,03
16.4.2023	17.04	0,1	0,06	0,03	0,04
14.4.2023	17.04	0,1	0,06	0,04	0,05
17.4.2023	17.34	0,1	0,05	0,03	0,03
15.4.2023	17.34	0,1	0,05	0,04	0,04
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

MP 4

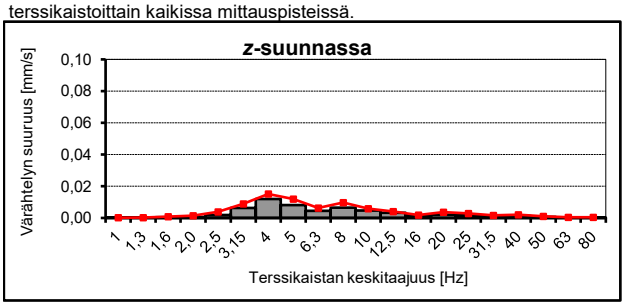
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$-arvot

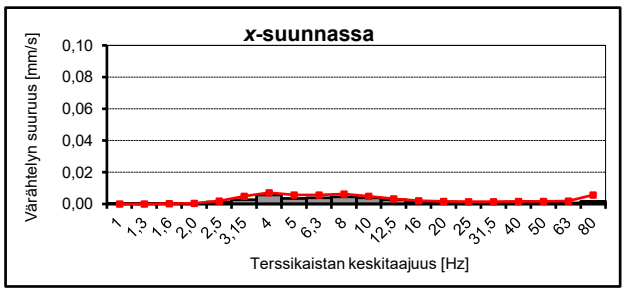
Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$-arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

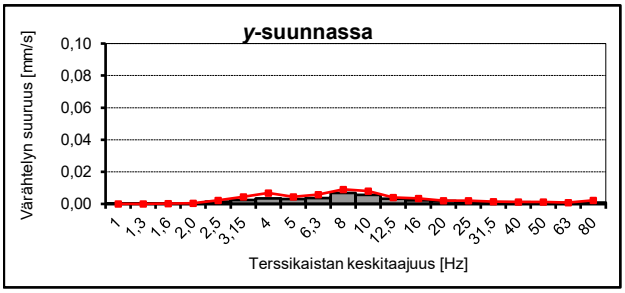
Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s]
		z			*y*			*x*
18.4.2023	17:36	0,02	18.4.2023	17:04	0,01	13.4.2023	17:07	0,01
19.4.2023	17:34	0,02	15.4.2023	17:34	0,01	19.4.2023	17:34	0,01
18.4.2023	17:04	0,02	19.4.2023	17:04	0,01	14.4.2023	17:35	0,01
14.4.2023	17:35	0,02	19.4.2023	17:34	0,01	17.4.2023	17:03	0,01
19.4.2023	17:04	0,02	18.4.2023	17:36	0,01	15.4.2023	17:34	0,01
17.4.2023	17:03	0,02	16.4.2023	17:04	0,01	19.4.2023	17:04	0,01
15.4.2023	17:03	0,02	15.4.2023	17:03	0,01	18.4.2023	17:04	0,01
16.4.2023	17:34	0,02	17.4.2023	17:03	0,01	16.4.2023	17:04	0,01
13.4.2023	17:07	0,02	13.4.2023	17:07	0,01	18.4.2023	17:36	0,01
15.4.2023	17:34	0,02	14.4.2023	17:04	0,01	14.4.2023	17:04	0,01
16.4.2023	17:04	0,02	14.4.2023	17:35	0,01	17.4.2023	17:34	0,01
17.4.2023	17:34	0,02	16.4.2023	17:34	0,01	15.4.2023	17:03	0,01
14.4.2023	17:04	0,02	17.4.2023	17:34	0,01	16.4.2023	17:34	0,01
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
	$v_{w,95}$ =	**0,02**		**$v_{w,95}$ =**	**0,01**		**$v_{w,95}$ =**	**0,01**

Tärinän spektrit

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







z-suunta: pystyakseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

PROMETHOR

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

TIELIIKENNE

MP 1

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	*y*	*x*
18.4.2023	06.22	**1,2**	1,09	0,87	0,33
19.4.2023	07.47	1,1	1,05	0,35	0,28
18.4.2023	07.39	1,0	0,95	0,75	0,25
19.4.2023	07.02	1,0	1,00	0,73	0,34
14.4.2023	13.41	1,0	0,98	0,81	0,38
20.4.2023	06.41	1,0	0,99	0,82	0,30
17.4.2023	19.18	1,0	0,99	0,81	0,27
15.4.2023	22.38	1,0	0,97	0,82	0,28
18.4.2023	10.39	1,0	0,97	0,75	0,32
20.4.2023	10.23	0,9	0,93	0,72	0,28
16.4.2023	08.31	0,9	0,90	0,70	0,26
18.4.2023	06.41	0,9	0,87	0,66	0,32
13.4.2023	17.05	0,9	0,90	0,70	0,25
19.4.2023	07.59	0,9	0,89	0,68	0,27
14.4.2023	22.07	0,9	0,90	0,74	0,27

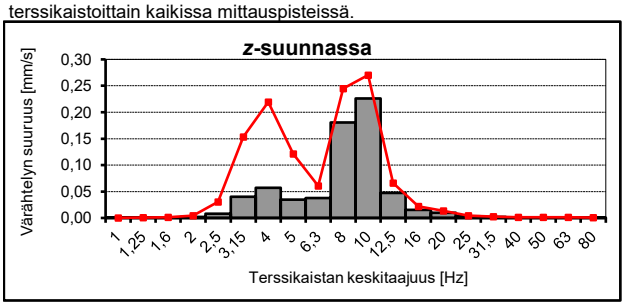
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$-arvot

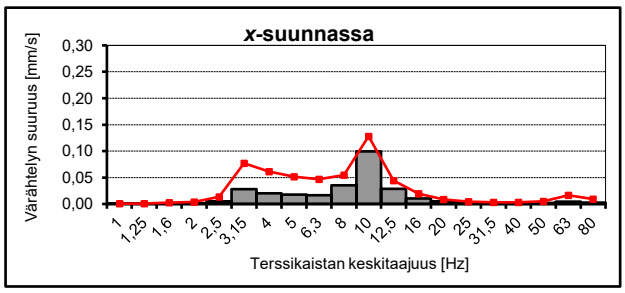
Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$-arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

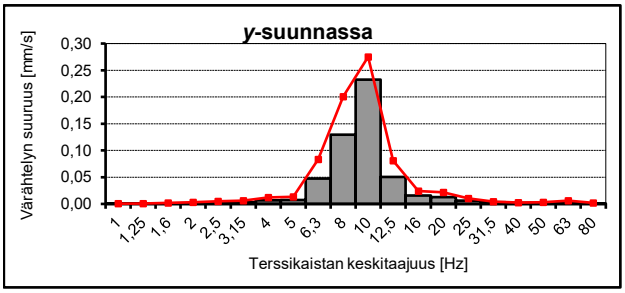
Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *z*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *y*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *x*
20.4.2023	6:41	0,33	18.4.2023	18:39	0,31	18.4.2023	14:39	0,14
14.4.2023	13:41	0,33	20.4.2023	6:41	0,31	18.4.2023	18:39	0,13
19.4.2023	7:02	0,32	14.4.2023	13:41	0,30	14.4.2023	13:41	0,13
18.4.2023	6:22	0,32	18.4.2023	14:39	0,30	14.4.2023	15:45	0,12
18.4.2023	18:39	0,32	18.4.2023	6:22	0,29	19.4.2023	9:21	0,12
18.4.2023	14:39	0,32	15.4.2023	14:59	0,28	19.4.2023	11:39	0,12
18.4.2023	10:39	0,31	19.4.2023	7:02	0,27	20.4.2023	12:58	0,12
19.4.2023	7:47	0,31	18.4.2023	10:39	0,26	19.4.2023	7:02	0,12
18.4.2023	6:41	0,30	14.4.2023	15:45	0,26	18.4.2023	6:41	0,11
15.4.2023	14:59	0,29	17.4.2023	6:52	0,26	17.4.2023	6:52	0,11
17.4.2023	19:18	0,29	18.4.2023	14:16	0,26	18.4.2023	6:22	0,11
20.4.2023	10:23	0,29	19.4.2023	11:39	0,25	18.4.2023	14:16	0,11
15.4.2023	22:38	0,28	18.4.2023	6:41	0,25	20.4.2023	6:41	0,11
17.4.2023	6:52	0,28	17.4.2023	19:18	0,25	18.4.2023	10:39	0,11
19.4.2023	7:37	0,28	15.4.2023	22:38	0,25	15.4.2023	14:59	0,11
	$v_{w,95}$ =	**0,34**		**$v_{w,95}$ =**	**0,31**		**$v_{w,95}$ =**	**0,13**

Tärinän spektrit

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







z-suunta: pystyakseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

PROMETHOR

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

TIELIIKENNE

MP 2

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	*y*	*x*
17.4.2023	08.32	**0,7**	0,08	0,73	0,27
19.4.2023	09.21	0,7	0,66	0,31	0,40
18.4.2023	06.22	0,6	0,62	0,49	0,11
19.4.2023	07.47	0,6	0,58	0,36	0,20
17.4.2023	19.18	0,6	0,58	0,48	0,11
21.4.2023	10.37	0,6	0,07	0,56	0,29
17.4.2023	08.32	0,6	0,07	0,57	0,33
14.4.2023	13.41	0,6	0,57	0,47	0,13
20.4.2023	06.41	0,6	0,55	0,45	0,11
15.4.2023	22.38	0,6	0,56	0,45	0,11
20.4.2023	12.58	0,6	0,54	0,48	0,19
18.4.2023	10.39	0,6	0,55	0,44	0,13
16.4.2023	12.07	0,5	0,54	0,45	0,09
21.4.2023	09.39	0,5	0,53	0,43	0,11
15.4.2023	21.08	0,5	0,52	0,43	0,11

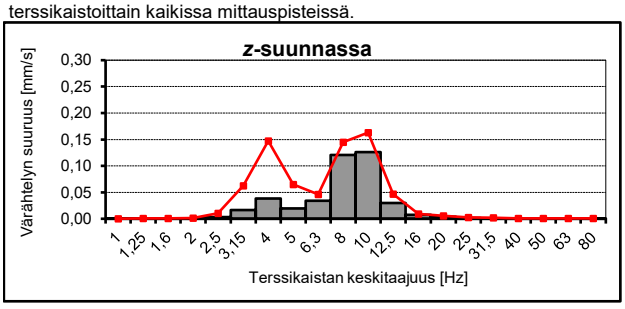
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$-arvot

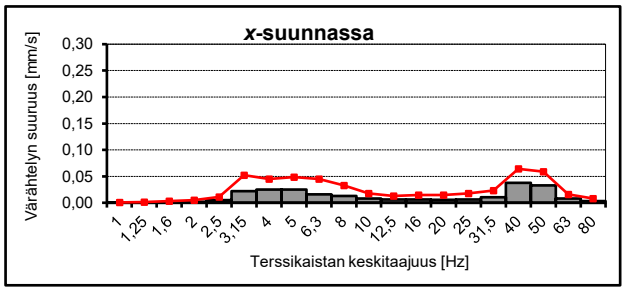
Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$-arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

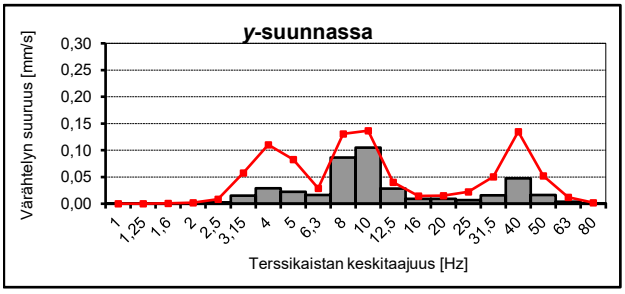
Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *z*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *y*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *x*
14.4.2023	13:41	0,21	18.4.2023	14:39	0,18	17.4.2023	8:39	0,09
18.4.2023	6:22	0,20	18.4.2023	18:39	0,18	19.4.2023	12:58	0,09
18.4.2023	14:39	0,20	21.4.2023	8:39	0,18	13.4.2023	22:29	0,08
20.4.2023	6:41	0,20	14.4.2023	13:41	0,16	17.4.2023	8:40	0,07
21.4.2023	9:39	0,20	20.4.2023	6:41	0,16	13.4.2023	17:23	0,07
18.4.2023	18:39	0,20	18.4.2023	6:22	0,15	17.4.2023	11:13	0,07
18.4.2023	10:39	0,19	19.4.2023	7:02	0,15	13.4.2023	16:33	0,07
17.4.2023	19:18	0,19	20.4.2023	12:58	0,15	19.4.2023	7:47	0,07
21.4.2023	8:39	0,18	17.4.2023	8:32	0,15	17.4.2023	7:20	0,07
15.4.2023	22:38	0,18	18.4.2023	10:39	0,15	19.4.2023	14:43	0,07
19.4.2023	18:23	0,17	19.4.2023	11:39	0,15	13.4.2023	17:17	0,07
20.4.2023	12:58	0,17	17.4.2023	19:18	0,14	20.4.2023	9:21	0,07
17.4.2023	16:44	0,17	15.4.2023	14:59	0,14	14.4.2023	2:58	0,06
16.4.2023	12:07	0,17	13.4.2023	14:34	0,14	14.4.2023	16:57	0,06
14.4.2023	15:04	0,17	18.4.2023	6:42	0,14	19.4.2023	7:47	0,06
	$v_{w,95}$ =	**0,21**		**$v_{w,95}$ =**	**0,18**		**$v_{w,95}$ =**	**0,09**

Tärinän spektrit

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







z-suunta: pystyakseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

PROMETHOR

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

TIELIIKENNE

MP 3

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	*y*	*x*
19.4.2023	07.47	**0,4**	0,43	0,24	0,08
20.4.2023	12.39	0,4	0,38	0,09	0,17
17.4.2023	13.55	0,4	0,36	0,13	0,21
18.4.2023	08.38	0,4	0,36	0,15	0,14
16.4.2023	11.50	0,4	0,13	0,27	0,37
20.4.2023	10.56	0,4	0,35	0,10	0,14
18.4.2023	13.19	0,4	0,07	0,31	0,35
20.4.2023	11.53	0,4	0,36	0,11	0,17
20.4.2023	10.56	0,4	0,34	0,10	0,21
21.4.2023	08.01	0,3	0,33	0,12	0,18
20.4.2023	08.33	0,3	0,31	0,11	0,15
18.4.2023	06.22	0,3	0,32	0,20	0,10
14.4.2023	13.53	0,3	0,32	0,10	0,11
18.4.2023	14.47	0,3	0,06	0,19	0,25
20.4.2023	12.36	0,3	0,30	0,10	0,14

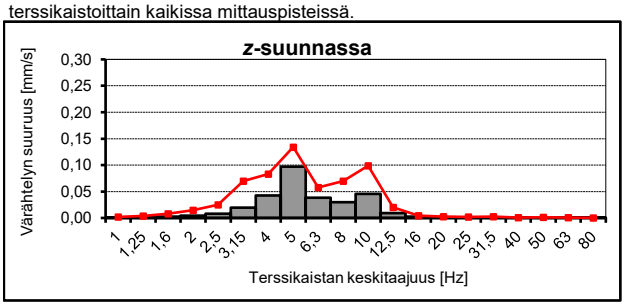
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$-arvot

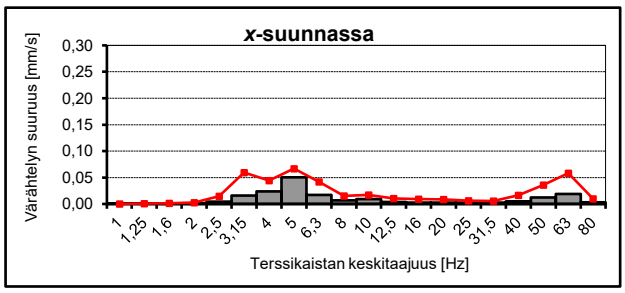
Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$-arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

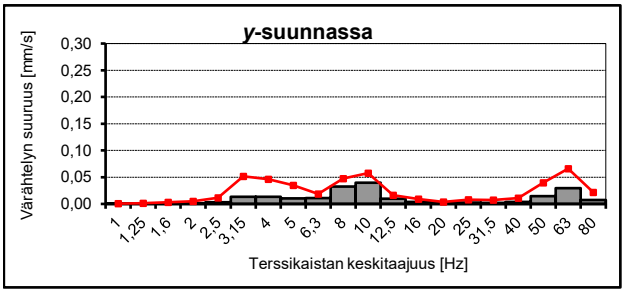
Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *z*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *y*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *x*
17.4.2023	13:55	0,15	19.4.2023	7:47	0,08	20.4.2023	10:56	0,08
20.4.2023	10:56	0,15	18.4.2023	12:02	0,08	19.4.2023	9:21	0,07
20.4.2023	8:33	0,14	14.4.2023	13:41	0,07	20.4.2023	11:56	0,07
20.4.2023	11:53	0,14	18.4.2023	14:39	0,07	20.4.2023	11:53	0,07
20.4.2023	10:56	0,13	18.4.2023	15:19	0,07	18.4.2023	13:19	0,07
19.4.2023	7:47	0,12	18.4.2023	18:39	0,07	21.4.2023	8:01	0,07
19.4.2023	14:02	0,12	18.4.2023	12:04	0,07	20.4.2023	8:13	0,06
20.4.2023	12:39	0,12	18.4.2023	6:22	0,07	17.4.2023	8:28	0,06
20.4.2023	8:01	0,12	18.4.2023	10:39	0,06	20.4.2023	12:39	0,06
21.4.2023	8:01	0,12	21.4.2023	8:39	0,06	14.4.2023	12:07	0,06
20.4.2023	11:56	0,12	21.4.2023	9:39	0,06	16.4.2023	11:50	0,06
14.4.2023	13:41	0,12	20.4.2023	6:41	0,06	19.4.2023	12:32	0,06
18.4.2023	14:39	0,11	19.4.2023	10:05	0,06	18.4.2023	8:27	0,06
21.4.2023	9:39	0,11	18.4.2023	14:16	0,06	21.4.2023	8:00	0,06
20.4.2023	12:39	0,11	17.4.2023	19:18	0,06	20.4.2023	8:33	0,06
	$v_{w,95}$ =	**0,15**		**$v_{w,95}$ =**	**0,08**		**$v_{w,95}$ =**	**0,08**

Tärinän spektrit

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







z-suunta: pystyakseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

PROMETHOR

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

TIELIIKENNE

MP 4

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	*y*	*x*
20.4.2023	15.11	**0,3**	0,33	0,10	0,14
20.4.2023	08.46	0,3	0,33	0,11	0,13
20.4.2023	09.49	0,3	0,33	0,13	0,13
19.4.2023	14.13	0,3	0,32	0,13	0,11
20.4.2023	11.58	0,3	0,32	0,12	0,11
20.4.2023	11.56	0,3	0,32	0,12	0,11
17.4.2023	13.36	0,3	0,33	0,08	0,12
20.4.2023	10.51	0,3	0,32	0,07	0,11
17.4.2023	08.23	0,3	0,32	0,09	0,14
20.4.2023	12.45	0,3	0,32	0,08	0,10
20.4.2023	12.32	0,3	0,32	0,07	0,07
20.4.2023	07.55	0,3	0,32	0,07	0,10
19.4.2023	13.22	0,3	0,31	0,10	0,14
20.4.2023	08.51	0,3	0,32	0,12	0,15
20.4.2023	08.56	0,3	0,31	0,09	0,16

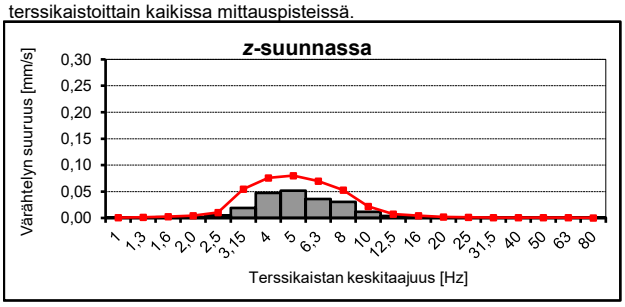
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$-arvot

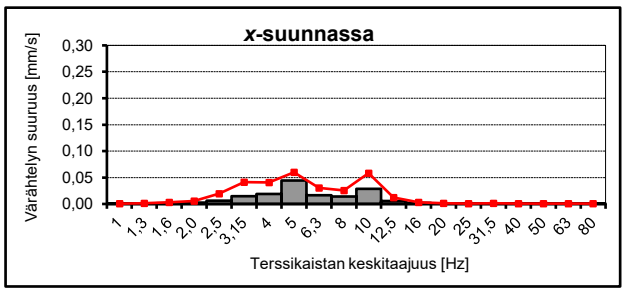
Tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ laskemisessa käytetyt $v_{w,max}$-arvot. Tunnuslukua käytetään asumis- tai käyttöviihtyvyyden arvioinnissa

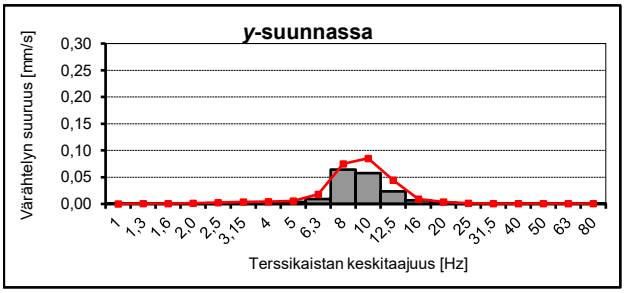
Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *z*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *y*	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] *x*
20.4.2023	9:28	0,09	17.4.2023	15:37	0,09	20.4.2023	12:50	0,06
20.4.2023	12:38	0,09	18.4.2023	6:42	0,09	20.4.2023	21:38	0,06
18.4.2023	10:43	0,09	20.4.2023	10:23	0,09	20.4.2023	15:11	0,06
20.4.2023	8:13	0,09	14.4.2023	13:41	0,09	18.4.2023	13:36	0,06
17.4.2023	7:20	0,09	19.4.2023	8:41	0,09	20.4.2023	8:02	0,06
19.4.2023	9:38	0,09	18.4.2023	13:40	0,09	19.4.2023	7:47	0,06
20.4.2023	12:33	0,09	13.4.2023	17:05	0,09	20.4.2023	8:51	0,06
20.4.2023	8:39	0,09	19.4.2023	8:44	0,09	20.4.2023	15:14	0,06
19.4.2023	12:54	0,09	18.4.2023	14:39	0,09	20.4.2023	12:50	0,06
20.4.2023	15:09	0,09	18.4.2023	18:21	0,09	20.4.2023	9:48	0,06
20.4.2023	8:48	0,09	18.4.2023	15:43	0,09	20.4.2023	12:33	0,06
20.4.2023	7:44	0,09	20.4.2023	16:48	0,09	20.4.2023	14:48	0,06
20.4.2023	8:34	0,09	19.4.2023	7:37	0,09	18.4.2023	8:47	0,06
20.4.2023	8:29	0,09	13.4.2023	20:38	0,09	19.4.2023	9:39	0,06
20.4.2023	12:51	0,09	18.4.2023	18:39	0,09	20.4.2023	12:15	0,06
	$v_{w,95}$ =	**0,09**		**$v_{w,95}$ =**	**0,10**		**$v_{w,95}$ =**	**0,06**

Tärinän spektrit

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







z-suunta: pystyakseli
y-suunta: rataa vastaan kohtisuora
x-suunta: radan suuntainen

PROMETHOR

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 1

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]
15.4.2023	7:48	19	17.4.2023	17:03	30	19.4.2023	20:20	22
19.4.2023	20:20	19	13.4.2023	20:02	30	20.4.2023	7:48	22
14.4.2023	7:48	18	18.4.2023	20:24	30	15.4.2023	7:48	22
18.4.2023	17:04	18	15.4.2023	7:48	30	17.4.2023	17:03	22
14.4.2023	17:35	18	19.4.2023	17:03	30	19.4.2023	17:03	22
15.4.2023	17:04	18	18.4.2023	17:04	29	18.4.2023	17:04	22
13.4.2023	17:34	18	19.4.2023	20:20	29	14.4.2023	7:48	21
13.4.2023	20:02	18	16.4.2023	17:04	29	14.4.2023	17:35	21
17.4.2023	7:48	18	13.4.2023	17:07	29	18.4.2023	20:24	21
15.4.2023	20:02	18	13.4.2023	17:34	29	19.4.2023	20:35	21
14.4.2023	20:02	18	19.4.2023	20:35	29	13.4.2023	17:34	21
17.4.2023	17:03	18	18.4.2023	20:02	29	15.4.2023	20:24	21
20.4.2023	7:48	18	15.4.2023	17:04	28	18.4.2023	20:02	21
19.4.2023	17:03	18	20.4.2023	7:48	28	13.4.2023	17:07	21
18.4.2023	20:02	18	15.4.2023	20:24	28	17.4.2023	7:48	21
	L_{pA} =	**19**		**L_{pA} =**	**30**		**L_{pA} =**	**22**

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

			käytetty
Rakennuksen tyyppi			
Perustus kalliolle	0 dB		
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		
Kerrostalo	-10 dB		x
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	1	x
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	-	
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		x
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		x
Varmuusvara			
vakio (maasta)		6 dB	x

* 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: 13.-20.4.2023

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]
13.4.2023	17:07	15	18.4.2023	20:24	26	13.4.2023	17:07	24
15.4.2023	7:48	15	15.4.2023	17:34	26	13.4.2023	17:34	23
13.4.2023	17:34	14	17.4.2023	7:48	26	13.4.2023	20:02	22
13.4.2023	20:24	14	13.4.2023	17:34	26	13.4.2023	20:24	22
14.4.2023	17:35	14	13.4.2023	20:24	25	14.4.2023	17:35	22
15.4.2023	20:02	13	13.4.2023	17:07	25	15.4.2023	7:48	21
13.4.2023	20:02	13	19.4.2023	17:34	25	17.4.2023	7:48	21
14.4.2023	20:02	13	20.4.2023	7:48	25	15.4.2023	20:24	21
20.4.2023	7:48	13	19.4.2023	17:04	25	15.4.2023	17:34	21
15.4.2023	20:24	13	14.4.2023	17:35	25	18.4.2023	17:36	20
14.4.2023	17:04	13	17.4.2023	20:24	25	14.4.2023	20:02	20
17.4.2023	7:48	13	14.4.2023	20:24	24	14.4.2023	20:24	20
18.4.2023	17:04	13	15.4.2023	7:48	24	15.4.2023	20:02	19
15.4.2023	17:34	13	19.4.2023	20:20	24	19.4.2023	17:34	19
19.4.2023	17:04	12	15.4.2023	20:24	24	15.4.2023	17:04	19
	L_{pA} =	**15**		**L_{pA} =**	**26**		**L_{pA} =**	**24**

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

			käytetty
Rakennuksen tyyppi			
Perustus kalliolle	0 dB		
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		
Kerrostalo	-10 dB		x
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	1	x
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	-	
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		x
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		x
Varmuusvara			
vakio (maasta)		6 dB	x

* 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: 13.-20.4.2023

MP 3

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]
16.4.2023	7:48	14	19.4.2023	20:20	31	16.4.2023	7:48	26
18.4.2023	17:05	14	18.4.2023	20:24	31	15.4.2023	20:24	26
15.4.2023	20:24	14	15.4.2023	20:02	29	17.4.2023	7:48	25
17.4.2023	7:48	13	19.4.2023	17:04	29	13.4.2023	17:34	25
13.4.2023	17:34	13	19.4.2023	20:35	28	19.4.2023	17:04	25
14.4.2023	7:48	13	17.4.2023	7:48	27	18.4.2023	20:02	25
19.4.2023	17:04	13	15.4.2023	20:24	27	14.4.2023	7:48	25
15.4.2023	20:02	13	17.4.2023	20:24	27	19.4.2023	20:35	24
14.4.2023	20:02	13	18.4.2023	17:05	27	15.4.2023	20:02	24
18.4.2023	20:02	13	14.4.2023	20:24	27	14.4.2023	20:24	24
19.4.2023	20:35	13	18.4.2023	20:02	27	14.4.2023	17:04	24
14.4.2023	20:24	12	13.4.2023	17:07	27	14.4.2023	20:02	24
14.4.2023	17:04	12	17.4.2023	17:03	27	18.4.2023	17:05	24
19.4.2023	20:20	12	14.4.2023	7:48	26	17.4.2023	17:35	23
14.4.2023	17:35	12	17.4.2023	20:02	26	19.4.2023	20:20	23
	L_{pA} =	**14**		**L_{pA} =**	**31**		**L_{pA} =**	**26**

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

			käytetty
Rakennuksen tyyppi			
Perustus kalliolle	0 dB		
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		
Kerrostalo	-10 dB		x
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	1	x
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	-	
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		x
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		x
Varmuusvara			
vakio (maasta)		6 dB	x

* 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: 13.-20.4.2023

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]
14.4.2023	17:04	7	14.4.2023	17:04	16	14.4.2023	17:04	20
18.4.2023	17:04	7	18.4.2023	17:04	14	18.4.2023	17:04	19
15.4.2023	17:03	5	17.4.2023	17:34	14	17.4.2023	17:03	13
17.4.2023	17:03	4	17.4.2023	17:03	13	15.4.2023	17:03	13
19.4.2023	17:04	4	15.4.2023	17:03	13	19.4.2023	17:04	13
15.4.2023	17:34	4	19.4.2023	17:04	11	13.4.2023	17:07	12
13.4.2023	17:07	4	15.4.2023	17:34	11	16.4.2023	17:04	10
19.4.2023	17:34	3	16.4.2023	17:04	11	15.4.2023	17:34	10
16.4.2023	17:04	3	13.4.2023	17:07	10	19.4.2023	17:34	10
18.4.2023	17:36	3	19.4.2023	17:34	10	17.4.2023	17:34	10
14.4.2023	17:35	2	18.4.2023	17:36	10	18.4.2023	17:36	9
17.4.2023	17:34	1	14.4.2023	17:35	8	14.4.2023	17:35	8
16.4.2023	17:34	1	16.4.2023	17:34	8	16.4.2023	17:34	7
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
	L_{pA} =	**7**		**L_{pA} =**	**16**		**L_{pA} =**	**21**

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

			käytetty
Rakennuksen tyyppi			
Perustus kalliolle	0 dB		
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		
Kerrostalo	-10 dB		x
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	1	x
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	-	
Rakenneosien resonanssi			
Lattia, seinät, katto	6 dB		x
Muunto äänenpainetasoksi			
vakio	-28 dB		x
Varmuusvara			
vakio (maasta)		6 dB	x

* 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: 13.-20.4.2023

MP 1

Maasta mitatut tunnusluvut

$v_{z,w,95}$ = **0,05 mm/s**

$v_{y,w,95}$ = **0,04 mm/s**

$v_{x,w,95}$ = **0,03 mm/s**

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$v_{w,95}^{per,z}$ = **0,04 mm/s**

$v_{w,95}^{per,y}$ = **0,03 mm/s**

$v_{w,95}^{per,x}$ = **0,03 mm/s**

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} =$ **0,06 mm/s** (Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen)

$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) =$ **0,05 mm/s** (Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen)

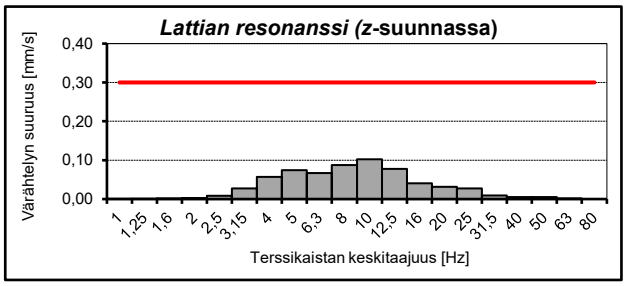
Resonanssitarkastelu

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

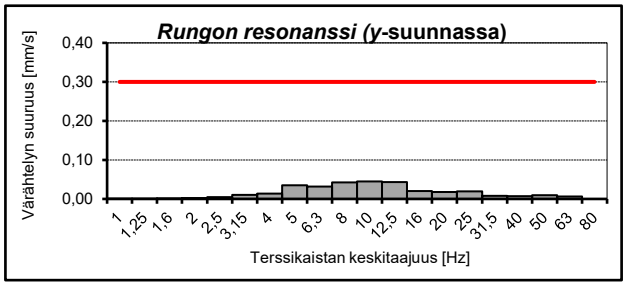
$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} =$ **0,1 mm/s** (Lattian värähtelyn suurin resonanssi)

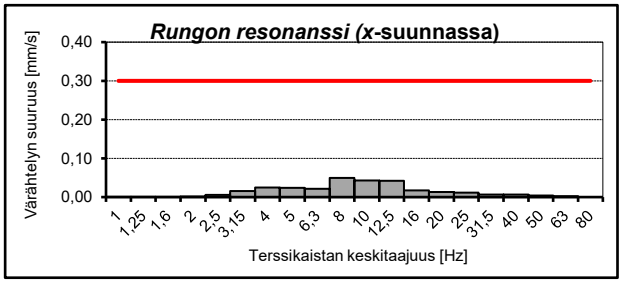
$v_{w2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} =$ **0,05 mm/s** (Rungon värähtelyn suurin resonanssi)

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



Vaakasuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssien** (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.

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 2

Maasta mitatut tunnusluvut

$v_{z,w,95}$ = **0,03 mm/s**

$v_{y,w,95}$ = **0,03 mm/s**

$v_{x,w,95}$ = **0,03 mm/s**

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$v_{w,95}^{per,z}$ = **0,03 mm/s**

$v_{w,95}^{per,y}$ = **0,03 mm/s**

$v_{w,95}^{per,x}$ = **0,03 mm/s**

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} =$ **0,05 mm/s** (Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen)

$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) =$ **0,04 mm/s** (Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen)

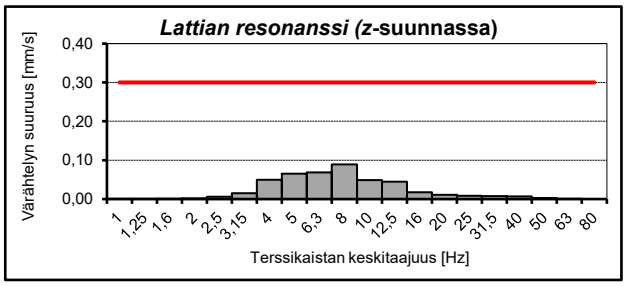
Resonanssitarkastelu

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

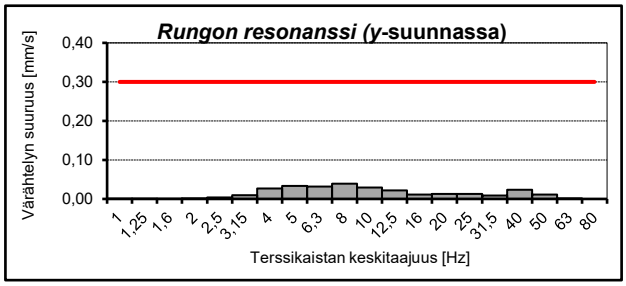
$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} =$ **0,09 mm/s** (Lattian värähtelyn suurin resonanssi)

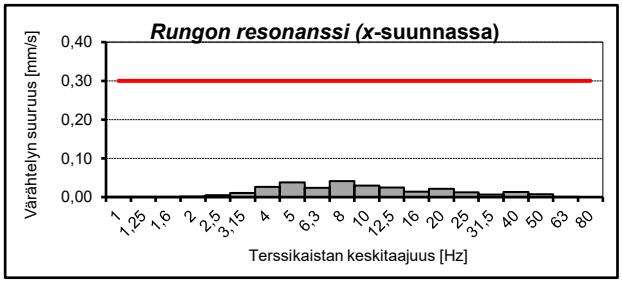
$v_{w2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} =$ **0,04 mm/s** (Rungon värähtelyn suurin resonanssi)

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



Vaakasuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssien** (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.

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 3

Maasta mitatut tunnusluvut

$v_{z,w,95} =$ **0,03 mm/s**

$v_{y,w,95} =$ **0,02 mm/s**

$v_{x,w,95} =$ **0,02 mm/s**

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$v_{w,95}^{per,z} =$ **0,02 mm/s**

$v_{w,95}^{per,y} =$ **0,01 mm/s**

$v_{w,95}^{per,x} =$ **0,01 mm/s**

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} =$ **0,04 mm/s** (Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen)

$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) =$ **0,02 mm/s** (Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen)

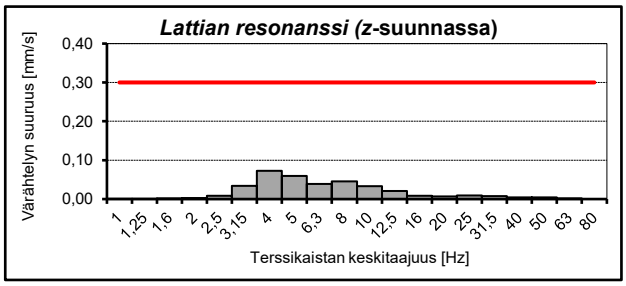
Resonanssitarkastelu

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

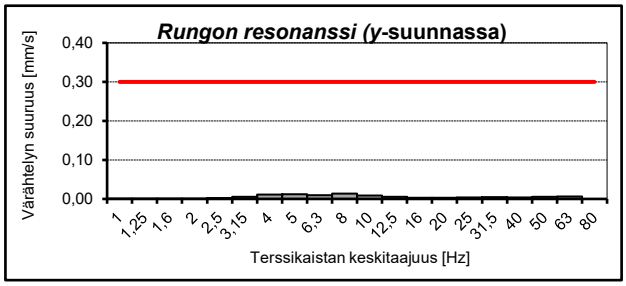
$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} =$ **0,07 mm/s** (Lattian värähtelyn suurin resonanssi)

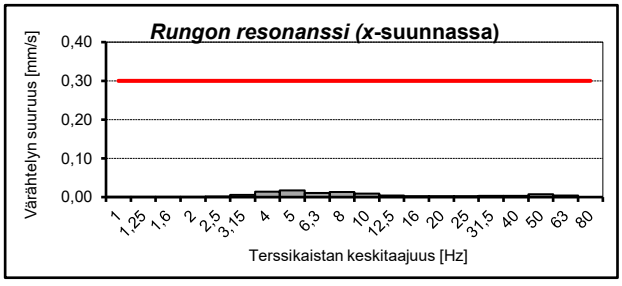
$v_{w2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} =$ **0,02 mm/s** (Rungon värähtelyn suurin resonanssi)

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



Vaakasuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssien** (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.

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 4

Maasta mitatut tunnusluvut

$v_{z,w,95}$ = **0,02 mm/s**

$v_{y,w,95}$ = **0,01 mm/s**

$v_{x,w,95}$ = **0,01 mm/s**

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$v_{w,95}^{per,z}$ = **0,03 mm/s**

$v_{w,95}^{per,y}$ = **0,02 mm/s**

$v_{w,95}^{per,x}$ = **0,02 mm/s**

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} =$ **0,04 mm/s** (Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen)

$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) =$ **0,03 mm/s** (Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen)

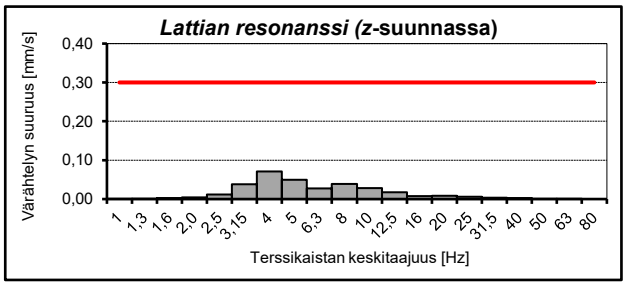
Resonanssitarkastelu

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

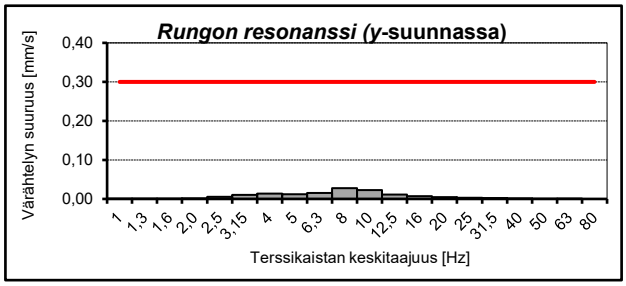
$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} =$ **0,07 mm/s** (Lattian värähtelyn suurin resonanssi)

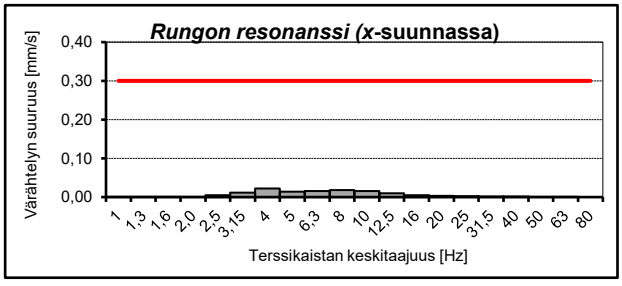
$v_{w2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} =$ **0,03 mm/s** (Rungon värähtelyn suurin resonanssi)

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



Vaakasuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssien** (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.

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta TIELIIKENNE
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 1

Maasta mitatut tunnusluvut

$v_{z,w,95}$ = **0,34 mm/s**

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

$v_{x,w,95}$ = **0,13 mm/s**

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$v_{w,95}^{per,z}$ = **0,34 mm/s**

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

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

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} =$ **0,51 mm/s** (Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen)

$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) =$ **0,47 mm/s** (Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen)

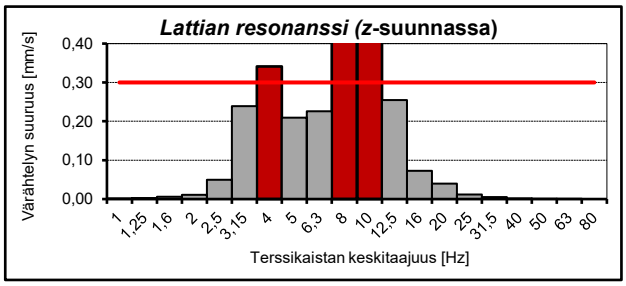
Resonanssitarkastelu

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

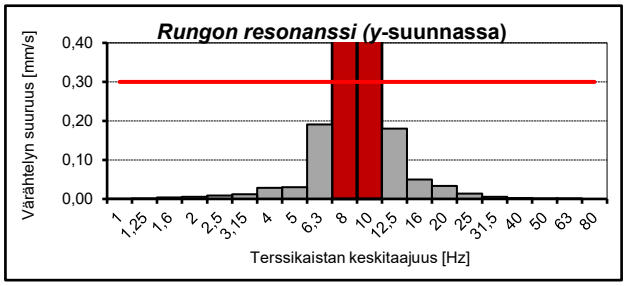
$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} =$ **1,36 mm/s** (Lattian värähtelyn suurin resonanssi)

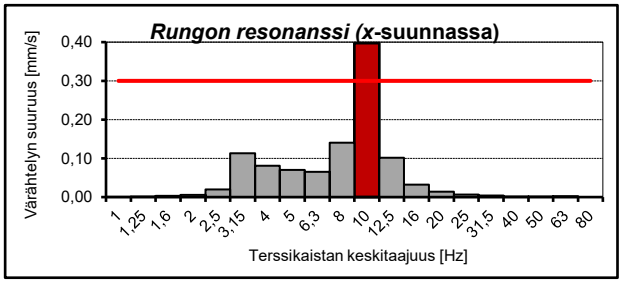
$v_{w2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} =$ **0,93 mm/s** (Rungon värähtelyn suurin resonanssi)

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



Vaakasuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssien** (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.

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta TIELIIKENNE
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 2

Maasta mitatut tunnusluvut

$v_{z,w,95}$ = **0,21 mm/s**

$v_{y,w,95}$ = **0,18 mm/s**

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

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$v_{w,95}^{per,z}$ = **0,21 mm/s**

$v_{w,95}^{per,y}$ = **0,21 mm/s**

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

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} =$ **0,31 mm/s** (Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen)

$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) =$ **0,32 mm/s** (Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen)

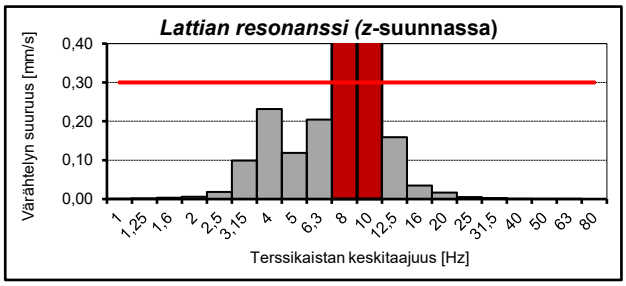
Resonanssitarkastelu

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

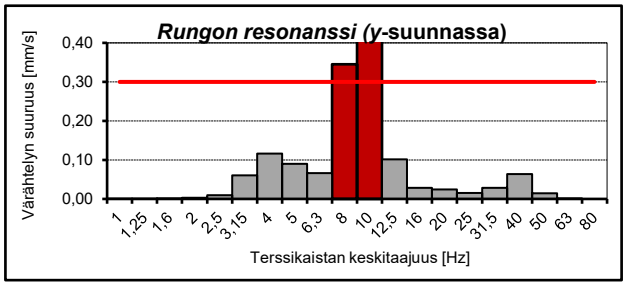
$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} =$ **0,76 mm/s** (Lattian värähtelyn suurin resonanssi)

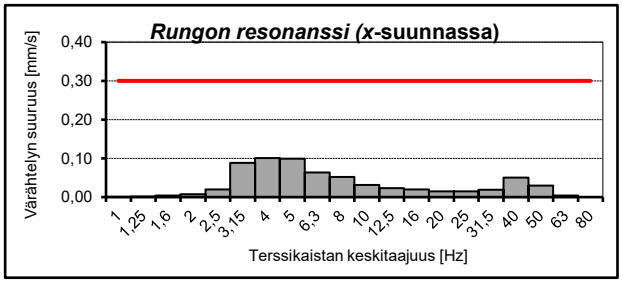
$v_{w2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} =$ **0,42 mm/s** (Rungon värähtelyn suurin resonanssi)

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



Vaakasuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssien** (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.

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta TIELIIKENNE
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 3

Maasta mitatut tunnusluvut

$v_{z,w,95}$ = **0,15 mm/s**

$v_{y,w,95}$ = **0,08 mm/s**

$v_{x,w,95}$ = **0,08 mm/s**

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$v_{w,95}^{per,z}$ = **0,15 mm/s**

$v_{w,95}^{per,y}$ = **0,1 mm/s**

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

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} =$ **0,22 mm/s** (Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen)

$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) =$ **0,14 mm/s** (Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen)

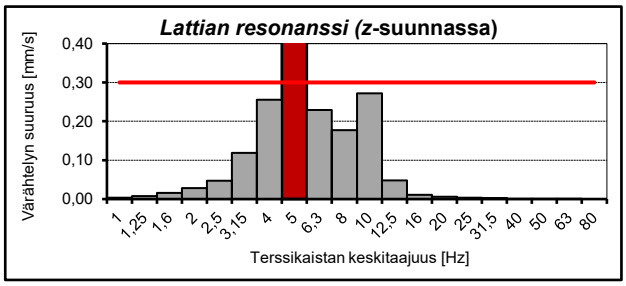
Resonanssitarkastelu

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

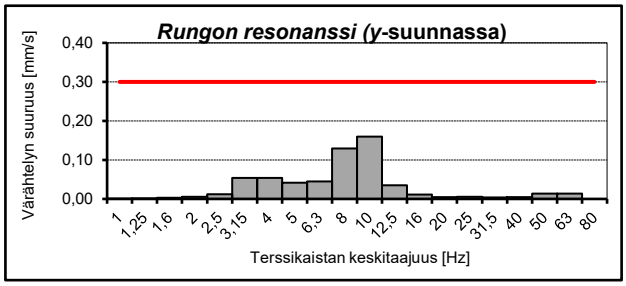
$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} =$ **0,58 mm/s** (Lattian värähtelyn suurin resonanssi)

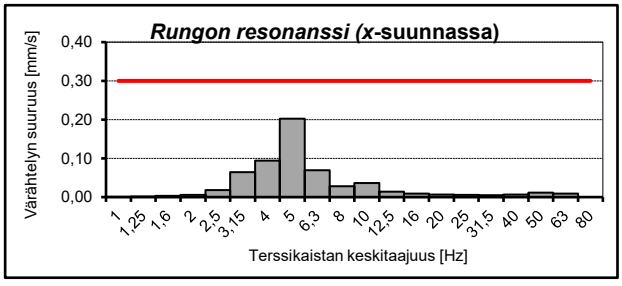
$v_{w2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} =$ **0,2 mm/s** (Rungon värähtelyn suurin resonanssi)

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



Vaakasuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssien** (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.

Mittauspisteen kuvaus: Kolmiaksiaalinen mittaus maasta TIELIIKENNE
Mittausjakso: 13.-20.4.2023

MP 4

Maasta mitatut tunnusluvut

$v_{z,w,95}$ = **0,09 mm/s**

$v_{y,w,95}$ = **0,1 mm/s**

$v_{x,w,95}$ = **0,06 mm/s**

Maasta perustukseen siirtyvä värähtely

$v_{w,95}^{per,z}$ = **0,09 mm/s**

$v_{w,95}^{per,y}$ = **0,09 mm/s**

$v_{w,95}^{per,x}$ = **0,06 mm/s**

Tärinän yleinen voimistuminen rakennuksessa

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

$v_{w,1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z} =$ **0,13 mm/s** (Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen)

$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}) =$ **0,14 mm/s** (Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen)

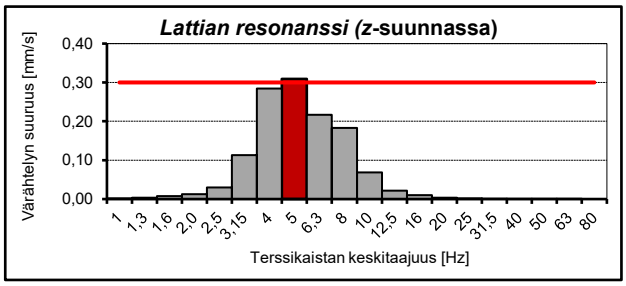
Resonanssitarkastelu

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

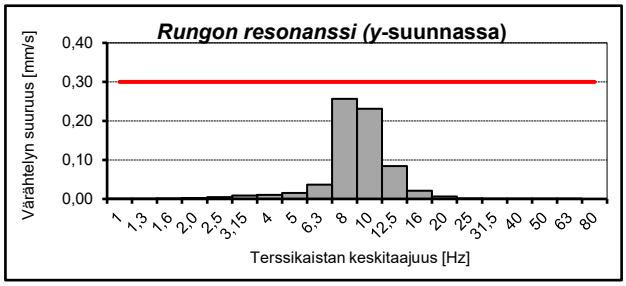
$v_{w,2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z} =$ **0,31 mm/s** (Lattian värähtelyn suurin resonanssi)

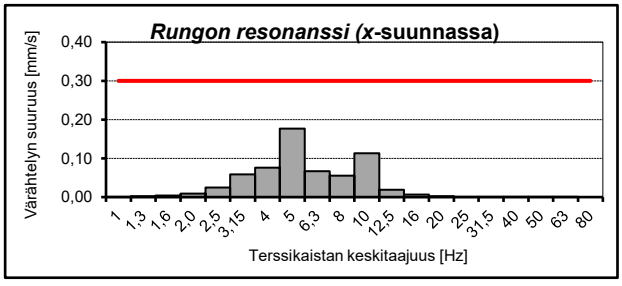
$v_{w2}^{runko} = k_2^{runko} \cdot v_{w,j}^{per,x/y} =$ **0,26 mm/s** (Rungon värähtelyn suurin resonanssi)

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



Vaakasuuntaisten (y- ja x-akseli) **rungon resonanssien** (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 10…30 > 30	8 10 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 10…30 > 30	4 5 6
III. Erityisen herkät rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistoriallisesti tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset.	< 10 10…30 > 30	2 3 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 värähtelyluokituksesta tunnuslukuun $v_{w,95}$ perustuen tiedotteessaan 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta”. Tämä ohjeellinen värähtelyluokitus on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. VTT:n tiedotteessa 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” annettu suositus normaalien asuinrakennusten värähtelyluokituksesta.

Värähtelyluokka	Olosuhteet	Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet *Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyä.*	≤ 0,10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet *Ihmiset voivat havaita värähtelyt, mutta ne eivät ole häiritseviä.*	≤ 0,15
C	Suositus uusien asuinrakennusten ja väylien suunnittelussa *Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.*	≤ 0,30
D	Olosuhteet, joilla pyritään vanhoilla asuinalueilla *Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöstä.*	≤ 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, konserttisalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35*
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat • potilashuoneet, majoitustilat • päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet	30/35*
Kokoontumis- ja opetustilat • luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvää ilman äänentoistolaitteiden käyttöä • muut kokoontumistilat, kuten teatterit ja kirjastot	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.