

Tilaaaja:
GSP Group Oy

Raportin numero:
PR4648-TÄR03

Päiväys:
2.6.2020

ASEMAKAAVAVAIHEEN TÄRINÄTARKASTELU

Turku Ratapiha asemakaavamuutos 2/2018, Turku
Päivitetty Väyläviraston ratapihasuunnitelman perusteella

Aikaisemmat tärinäselvitykset kohteeseen:

PR4648-TÄR01	7.9.2018	Esiselvitysvaiheen tärinäselvitys
PR4648-TÄR02	22.11.2019	Asemakaavavaiheen tärinä tarkastelu

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

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



Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	3
2	Tarkastelu	3
3	Suositukset kaavamääräyksiksi.....	5
4	Lisätietoa	5

Liitteet:

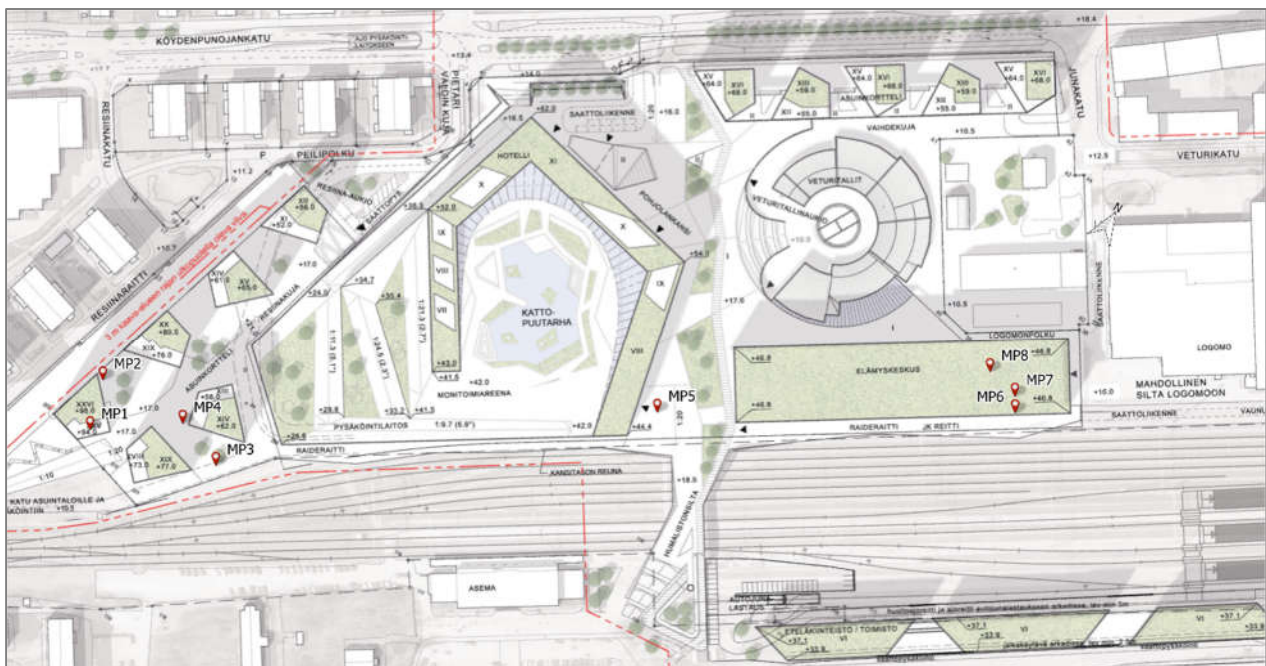
Liite 1 Esiselvitysvaiheen tärinäselvitys, PR4648-TÄR01, 7.9.2018

1 YLEISTÄ

Promethor Oy on mitannut raideliikenteen aiheuttamaa tärinää Turku Ratapiha -hankkeen alueella 23.–30.8.2018. Käytetyt mittaus- ja arviointimenetelmät, suositusarvot, sekä mittauksista on esitetty liitteenä 1 olevassa raportissa PR4648-TÄR01 (7.9.2018). Mittauksilla selvitettiin tärinän voimakkuutta alueella rakenteiden vaurioitumisriskin, tilojen käyttöviihtyvyyden sekä runkomelun kannalta. Kyseessä oli esiselvitysvaiheen mukainen tärinäselvitys, jolla kartoitettiin raideliikenteen tärinän aiheuttamia reunaehdotuksia alueen suunnittelulle. Tässä raportissa tarkastellaan esiselvitysvaiheen tärinäselvityksen perusteella raideliikenteen aiheuttamaa tärinää ja runkomelua suhteessa viimeisimpiin asemakaavavaiheen suunnitelmiin ja esitetään suositukset asemakaavan tärinää ja runkomelua koskeviksi kaavamääräyksiksi. Uusia mittauksia ei ole tätä selvitystä varten tehty.

2 TARKASTELU

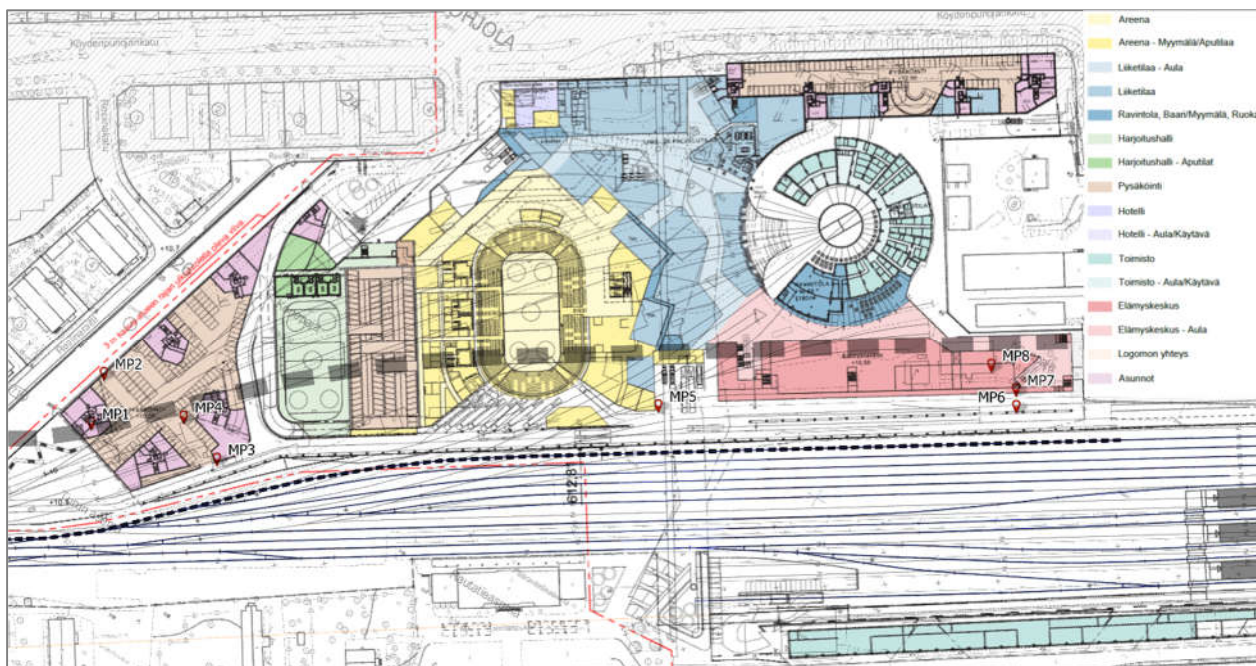
Vuoden 2018 tärinämittauspisteet valittiin siten, että tuloksista saadaan kuva alueen arviolta pahimpien tärinäriskialueiden tärinätasoista (rataa lähimmät alueet). Mittauspisteiden sijainnit on kuvassa 1 merkitty 28.2.2020 päivättyyn aluepiirustukseen. Radan eteläpuolista, nyt toimistorakennuksille suunniteltu alue ei ollut esiselvitysvaiheessa vielä mukana. Muilta osin käytetyistä mittauspisteistä saatuja tuloksia voidaan hyvin soveltaa viimeisimpiin suunnitelmiin.



Kuva 1. Tärinämittauspisteiden sijainnit (2018) 28.2.2020 päivättyyn aluepiirustukseen (PES-Arkkitehdit Oy) merkittyinä.

Vuoden 2018 mittaus- ja arviointitulosten perusteella raideliikenteen tärinä ei aiheuta tarkasteltavan alueen rakennuksille rakenteiden vaurioriskiä.

Vuoden 2018 mittaus- ja arviointitulosten perusteella rautatien lähialue on tärinän riskialuetta tärinän aiheuttaman viihtyvyyshaitan ja runkomelun osalta. Raideliikenteen aiheuttama tärinä tulee ottaa huomioon rakennusten suunnittelussa. Tärinän riskialueeksi on arvioitu noin 50 metriä lähimmästä käyttöön jäävästä raiteesta ulottuva alue (kuva 2). Tarkkoja tärinän vaikutusalueita ja vaimennustoimenpiteitä ei pysty vielä määrittämään mm. alueen nykyisen raideliikenteen ja alueen maankäyttösuunnitelmien keskeneräisyyden vuoksi. Edelliseen lausuntoon verrattuna Väyläviraston ratapihasuunnitelma on tarkentunut.



Kuva 2. Tärinämittauspisteiden sijainnit (2018) 28.2.2020 päivättyyn 001-kerroksen pohjakuvaan (PES-Arkkitehdit Oy) merkittyinä. Väyläviraston ratapihasuunnitelman 2020 mukaiset raiteet on merkitty kuvaan sinisellä. Paksulla katkoviivalla on merkitty 50 metrin etäisyys lähimmästä käyttöön jäävästä raiteesta, joka on merkitty ohuemmalla mustalla katkoviivalla.

Viihtyvyyshaitan kannalta rautatien läheisyydessä raideliikenteen aiheuttaman tärinän ja runkomelun vaimentaminen rakennuksen käyttötarkoituksen edellyttämälle tasolle saattaa edellyttää lisäkustannuksia aiheuttavia toimenpiteitä. Erityisesti asuin- ja majoitustiloja sisältävien rakennusten osalta saatetaan tarvita esimerkiksi välipohjien mitoituksen lisäksi rakenteellisia vaimennustoimenpiteitä, kuten tärinää vaimentavia ponttiseiniä, rakennusten perustuksiin asennettavaa runkomeluvaimennusta tai jopa rakennusten perustamista jousien varaan.

Suunnitellun maankäytön, suunnittelualueen aluepiirustuksen ja pohjakuvien (PES-Arkkitehdit Oy), mukaisessa tilanteessa selvimpiä riskipaikkoja olisivat alueen länsireunan rataa lähimmät asuinrakennukset sekä itäreunan elämyskeskus. Alueen keskiosaan vielä esiselitysvaiheessa lähelle rataa, mittauspisteen MP5 kohdalle, suunniteltu hotelli on nyky-suunnitelmissa kauempana rataa areenan takana, jolloin tärinäriski tältä osin on pienentynyt. Länsireunan asuinrakennusten läheisyydessä on olemassa olevia asuinrakennuksia, rataa lähimpänä rakennuksena As Oy Turun Weräjänvahti. Kyseiseen kohteeseen on maahan, radan ja rakennuksen väliin, asennettu teräsponttiseiniä vaimentamaan raideliikenteen tärinää. Kaksi lähintä uutta rakennusta on suunniteltu noin puolet lähemmäs raiteita verrattuna Weräjänvahtiin.

Tehtyjen selvitysten perusteella raideliikenteen aiheuttama tärinä ja runkomelu eivät estä rakennusten sijoittamista ja kaavoitusta suunnitellun mukaisesti, mutta vaimennustoimenpiteiden tarve on rataa lähimpien asuinrakennusten osalta todennäköinen ja toimistorakennusten osalta mahdollinen. Tarvittavat vaimennustoimenpiteet tulee määrittää kohdekohtaisilla tarkemmilla selvityksillä.

3 SUOSITUKSET KAAVAMÄÄRÄYKSIKSI

Asemakaavassa suositellaan esitettävän määräykset raideliikenteen aiheuttaman tärinän ja runkomelun huomioimiseksi esimerkiksi seuraavasti:

Asuin- ja majoitustilat

- Normaaleissa asuin- ja majoitustiloissa tulee saavuttaa VTT:n tiedotteen 2278 värähtelyluokan C mukaiset olosuhteet.
- Liikennetärinän aiheuttama runkomelu L_{prm} ei saa ylittää asuin- ja majoitustiloissa 35 dB(A).

Liike- ja toimistotilat

- Liike- ja toimistotiloissa tulee saavuttaa VTT:n tiedotteen 2278 värähtelyluokan D mukaiset olosuhteet.

Opetustilat

- Opetustiloissa tulee saavuttaa VTT:n tiedotteen 2278 värähtelyluokan D mukaiset olosuhteet.
- Liikennetärinän aiheuttama runkomelu L_{prm} ei saa ylittää opetustiloissa 35 dB(A).

Yleinen määräys

- Alue on noin 50 metrin etäisyydellä lähimmästä käyttöön jäävästä raiteesta tärinän ja runkomelun riskialuetta, mikä tulee huomioida suunnittelussa ja toteutuksessa kunkin rakennuksen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla.

4 LISÄTIETOA

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

Tilaaaja:
Turun Ratapihan Kehitys Oy

Raportin numero:
PR4648-TÄR01

Päiväys:
7.9.2018

ESISELVITYSVAIHEEN TÄRINÄSELVITYS

Turku Ratapiha -hanke

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

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

TURKU
Rautakatu 5 A
20520 Turku
puh. 050 570 3476

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

TAMPERE
Hatanpään valtatie 34 D
33900 Tampere
puh. 040 866 8615



Y-tunnus: 0996539-4
Kotipaikka: Turku

Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	3
2	Kohteen sijainti ja ympäristö	3
3	Mittauspisteet	4
4	Mittaus- ja arviointimenetelmät	5
5	Tärinän suositusarvot	6
5.1	Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta	6
5.2	Tärinän suositusarvot viihtyvyyden kannalta.....	6
5.3	Runkomelun suositusarvot.....	7
6	Mittaustulokset	8
6.1	Värähtelyn taajuussisältö	8
6.2	Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti v_{res}	8
6.3	Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$	8
6.4	Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi.....	9
6.5	Arvio runkomelun enimmäistasosta	11
7	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	12
7.1	Tärinän aiheuttama vaurioitumisriski	12
7.2	Tärinän aiheuttama viihtyvyyshaitta.....	12
7.3	Runkomelu	12
7.4	Muita huomioita.....	13
8	Yhteenveto	13
9	Lisätietoa	13

Liitteet:

Liite 1 Mittauspistesivut, tärinä

1 YLEISTÄ

Promethor Oy mittasi 23.–30.8.2018 raideliikenteen aiheuttamaa tärinää Turku Ratapiha -hankkeen alueella. Mittauksilla selvitettiin tärinän voimakkuutta alueella rakenteiden vaurioitumisriskin, tilojen käyttöviihtyvyyden sekä runkomelun kannalta. Kyseessä on esiselvitysvaiheen mukainen tärinäselvitys, jolla kartoitetaan raideliikenteen tärinän aiheuttamia reunaehtoja alueen suunnittelulle.

2 KOHTEEN SIJAINTI JA YMPÄRISTÖ

Hankealue sijaitsee Turun kaupunkikeskusta-alueella rautatieaseman luoteispuolella (kuva 1).



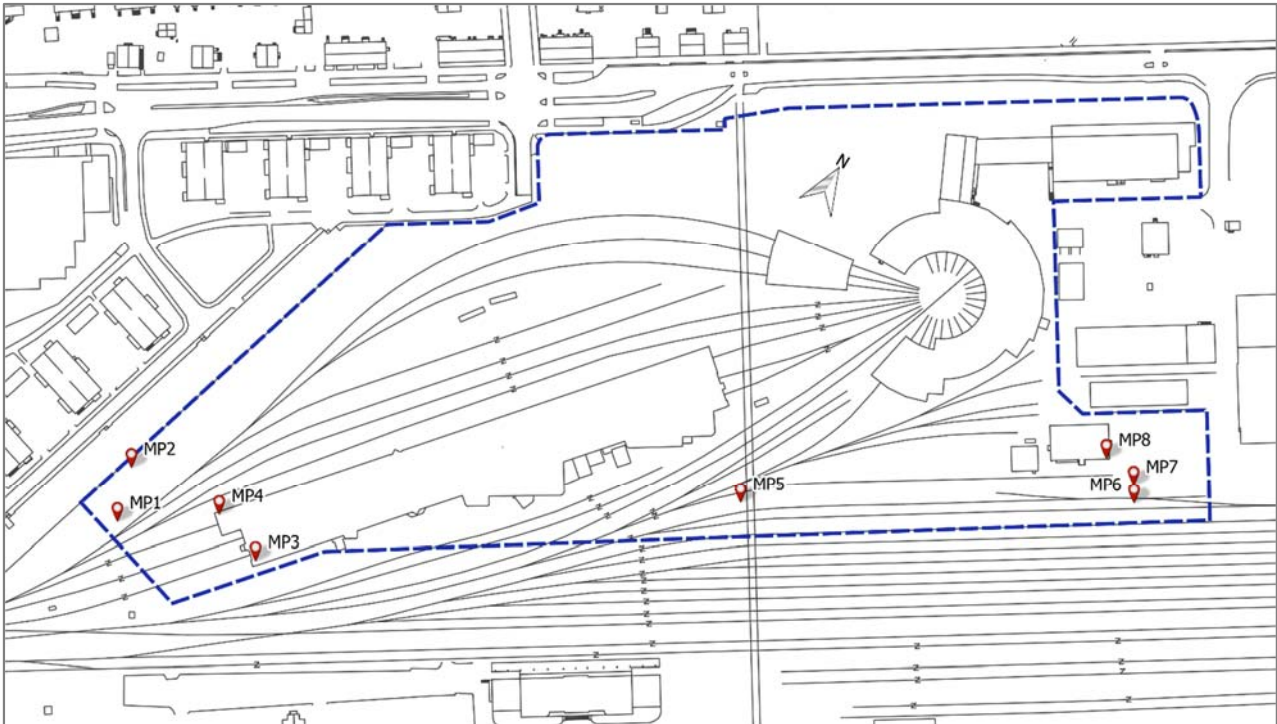
Kuva 1. Alueen likimääräinen rajaus on kuvassa sinisellä (Kartan lähde: Paikkatietoikkuna).

Kaavaluonnos

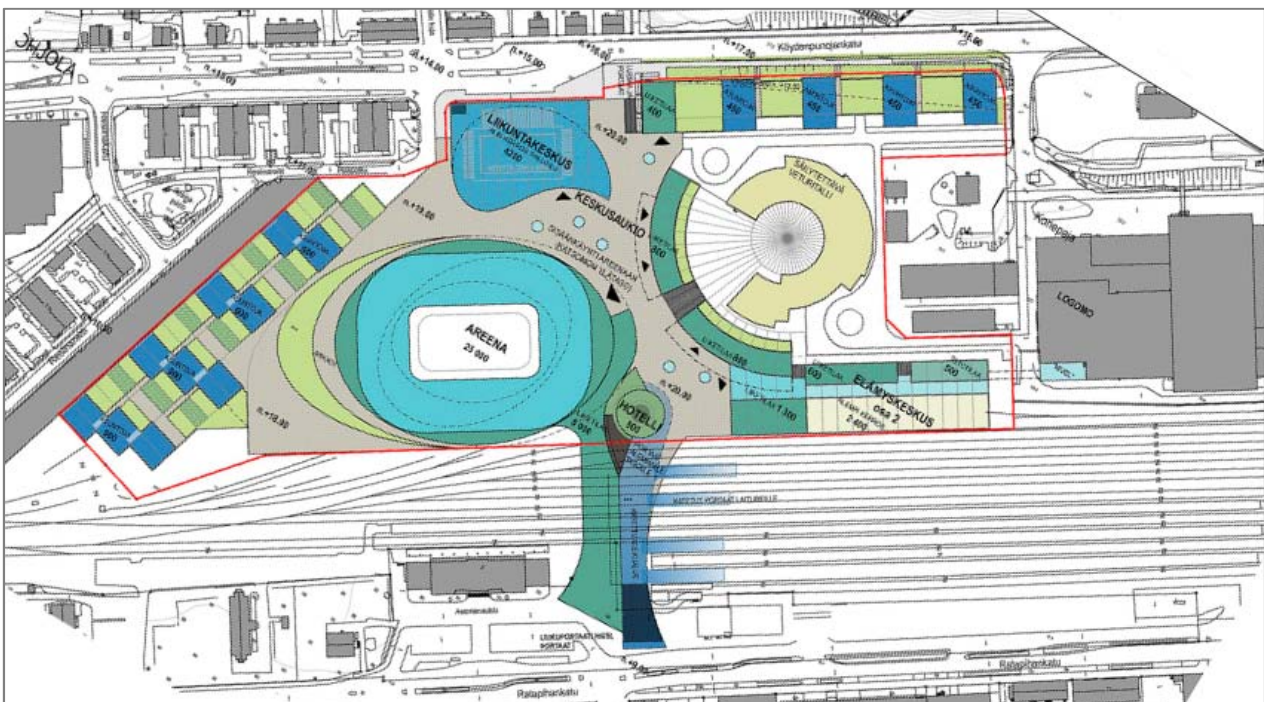
Kaavaluonnoksessa (päiväty 13.4.2018) alue on merkitty liike- ja toimistorakennusten korttelialueeksi, jolle saa sijoittaa majoituspalvelu- ja asuinrakennuksia sekä kulttuuri-, viihde- ja urheilutoimintoja palvelevia rakennuksia (K-1). Kaavamääräyksen mukaisesti rakennusten rakenteiden suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota junaliikenteen aiheuttaman tärinän pienentämiseen siten, että voimassa olevia ohjeita tai niiden puuttuessa yleisesti käytössä olevia uusia asuinalueita koskevia suositusarvoja ei ylitetä.

3 MITTAUSPISTEET

Raideliikenteen tärinämittausta suoritettiin samanaikaisesti kahdeksassa pisteessä (kuva 2). Mittauspisteistä kaksi (MP3 ja MP4) oli vaunuhallin lattialla lähellä kantavia pilareita, viisi oli maassa (MP1, MP2, MP5, MP6 ja MP7) maakiilaan kiinnitettynä ja yksi (MP8) oli vanhan rakennuksen sokkeliin pultattuna. Mittauspisteet valittiin siten, että tuloksista saadaan kuva alueen arviolta pahimpien tärinäriskialueiden tärinäta-soista (rataa lähimmät alueet).



Kuva 2. Mittauspisteet.



Kuva 3. Ote esiselvitysvaiheen maankäyttöluonnoksesta (Arkkitehtitoimisto Haroma & partners).

4 MITTAUS- JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Raideliikenteen aiheuttaman tärinän mittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista” mukaisesti maaperästä ja alueella olemassa olevista rakennuksista mittaamalla. Mittalaitteet toimivat seitsemän vuorokauden mittausjakson itsenäisesti tallentamalla kynnysarvon ylittävät tärinäsignaalit muistiin. Tallentuneista tärinä tapahtumista pyrittiin rajaamaan pois käytöstä poistuvilta raiteilta aiheutuneet tapahtumat. Rajaamisessa apuna käytettiin muissa mittauspisteissä saatuja tuloksia, sekä alueelle jätetyn kameran ottamia valokuvia.

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 luokituksista”, ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” ja ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin” mukaan. Ihmisen kokeman häiriön kuvaamiseksi tärinäsignaaleista laskettiin tunnusluku $v_{w,95}$ VTT:n suositusten mukaan¹. Mitatut tärinäsignaalit taajuuspainotettiin standardin ISO 2631-2 mukaisella kokokehontärinän painotusfunktiolla, minkä jälkeen niistä laskettiin liukuvan tehollisarvon maksimit $v_{w,max}$. Näistä valittiin 15 suurinta tapahtumaa, joiden perusteella laskettiin tunnusluku $v_{w,95}$. Värähtelyjen tunnusluvulla $v_{w,95}$ tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä 15 suurimman tärinä tapahtuman taajuuspainotetut tehollisarvot pysyvät 95 prosentin tilastollisella todennäköisyydellä.

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

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

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

5 TÄRINÄN SUOSITUSARVOT

5.1 Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta

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

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

Tärinäalttiusluokka	Hallitseva taajuus [Hz]	Resultantin maksimi v_{res} [mm/s]
I. 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 herkät rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistoriallisesti tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset.	< 10	2
	10...30	3
	> 30	4

5.2 Tärinän suositusarvot viihtyvyyden kannalta

Ympäristönsuojelulaissa (nro 86/2000) ja Suomen rakentamismääräyskokoelmassa (osa B3, 2004) veloitetaan ottamaan liikennetärinän vaikutukset huomioon muun muassa kaavoituksessa. Suomessa ei kuitenkaan ole virallisia raja-arvoja liikenteen aiheuttamalle kokokehon tärinälle, joka kohdistuu ihmisiin rakennuksissa. VTT on antanut suosituksen normaalien asuinrakennusten 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

Toimistorakennuksille suositusarvona voidaan pitää luokan D arvoa 0,60 mm/s.

Majoitustiloille, kuten hotelleille, suositusarvona voidaan pitää luokan C arvoa 0,30 mm/s.

5.3 Runkomelun suositusarvot

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

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

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

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

6 MITTAUSTULOKSET

6.1 Värähtelyn taajuussisältö

Mitatun värähtelyn taajuusalue painottui kaikissa mittauspisteissä alle 10 Hz taajuuksille. Vaakasuuntainen maasta mitattu värähtely sisälsi myös korkeita taajuuksia (50...60 Hz), mikä vaimenee merkittävästi rakennukseen siirtyessä. Ilmiö havaitaan myös nyt tehdyissä mittauksissa. Tärinän taajuuspainotetut taajuusjakaumat on esitetty liitteessä 1 terssikaistoittain VTT:n suosituksen mukaisesti.

6.2 Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti v_{res}

Rakennusten vaurioitumisriskiä arvioidaan painottamattoman värähtelyn nopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Ensijaisesti vaurioitumisriskiä tulee arvioida rakennuksen kantavasta rakenteesta mitatusta värähtelystä. Maaperästä mitattu tulos ei ota huomioon maasta rakennuksen perustukseen siirtyvän värähtelyn vaimenemista.

Taulukossa 4 on esitetty suurimmat mitatut resultanttien arvot. Suositeltavana enimmäisarvona voidaan tarkasteltavassa kohteessa pitää vähintään 4 mm/s (vrt. taulukko 1). Liitteessä 1 on esitetty mitatuista resultanteista 15 suurinta kussakin mittauspisteessä.

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

Mittauspiste	Kuvaus	Resultantti v_{res} [mm/s]	Huomio
mp1	maasta	1,5	Mittauspisteen etäisyys käyttöön jäävistä raiteista on samaa luokkaa mittauspisteen 3 kanssa.
mp2	maasta	1,3	Mittauspisteen etäisyys käyttöön jäävistä raiteista on samaa luokkaa mittauspisteen 4 kanssa.
mp3	vaunuhalli	0,6	Mittauspisteen etäisyys käyttöön jäävistä raiteista on samaa luokkaa, tai jopa pienempi, mittauspisteen 1 kanssa.
mp4	vaunuhalli	0,6	Mittauspisteen etäisyys käyttöön jäävistä raiteista on samaa luokkaa, tai jopa pienempi, mittauspisteen 2 kanssa.
mp5	maasta	6,3	Tulos on maaperästä mitattu. Rakennuksen perustukseen aiheutuva värähtely voidaan arvioida merkittävästi pienemmäksi, sillä värähtely on erityisesti vaakasuunnassa, mutta myös pystysuunnassa suhteellisen korkeataajuisia.
mp6	maasta	2,7	
mp7	maasta	2,7	
mp8	sokkelista	0,9	

6.3 Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$

Ihmisten kokemaa tärinähaittaa arvioidaan tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ avulla. VTT:n suosituksen mukaan uusissa normaaleissa **asuinrakennuksissa** tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ ei saisi ylittää arvoa 0,30 mm/s (luokka C). **Toimistorakennuksille** suositusarvona voidaan pitää luokan D arvoa 0,60 mm/s. **Majoitustiloille**, kuten hotelleille, suositusarvona voidaan pitää luokan C arvoa 0,30 mm/s. Taulukossa 5 on esitetty mittaus tuloksista lasketut tärinän tunnuslukujen arvot. Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot on esitetty liitteessä 1. Taulukon 5 arvoja ei voi suoraan verrata suositusarvoon, koska tärinän voimakkuus muuttuu rakennukseen siirtymisen yhteydessä. Valmiissa rakennuksessa havaittavan tärinän arviointi on esitetty luvussa 6.4.

Taulukko 5. Mittaustuloksista lasketut tärinän tunnusluvut $v_{w,95}$.

Mittauspiste	Kuvaus	pystysuunta	Tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]	
			rataa vasten kohtisuora vaakasuunta	radan suuntainen vaakasuunta
mp1	maasta	0,34	0,43	0,27
mp2	maasta	0,26	0,23	0,28
mp3	vaunuhalli	0,17	0,07	0,05
mp4	vaunuhalli	0,14	0,07	0,04
mp5	maasta	0,92	1,84	1,12
mp6	maasta	0,83	0,53	0,32
mp7	maasta	0,79	0,45	0,33
mp8	sokkelista	0,25	0,10	0,08

6.4 Rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi

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

Maasta mitatusta tärinästä rakennukseen siirtyvää tärinää arvioidaan VTT:n tiedotteen 2425 ”Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi”, 2008 mukaisesti resonanssitarkastelua käyttäen. Resonanssitarkastelu kuvaa rakennuksen rungon tai lattian ominaistajuuden ”syttymistä”, jolloin värähtely voimistuu moninkertaiseksi. Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistajuudelle. Resonanssitarkastelussa mahdollisesti ilmeviä riskejä voidaan välttää rakennusten värähtelyteknisellä suunnittelulla mm. välttämällä tiettyjä jännevälejä ja talon korkeuksia.

Arviointimenetelmässä arvioidaan ensiksi maasta perustukseen siirtyvän värähtelyn vaimenemista käyttämällä taajuuskaistakohtaista kerrointa. Tämän jälkeen perustuksesta runkoon ja lattiaan siirtyvän värähtelyn vahvistumista arvioidaan käyttämällä yleisen voimistumisen ja resonanssitarkastelun kertoimia.

Sokkelista tai perustusten lähellä rakennuksesta mitatusta värähtelystä (mittauspisteet MP3, MP4 ja MP8) rakennuksen ylempiin kerroksiin aiheutuvaa tärinää arvioidaan vastaavasti, jättämällä maasta perustukseen siirtyvän värähtelyn vaimeneminen pois laskuista (perustusta vastaavasta paikasta mitattu värähtely sisältää jo tämän).

Rungon resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Rakennuksen rungon ominaistajuus ei saa osua sellaiselle taajuusalueelle, jonka tunnusluvun arvo lattian resonanssitarkastelussa ylittää sovellettavan suositusarvon.

- Alueen länsiosassa (mittauspisteet 1...4) rungon resonanssitarkastelun tulokset
 - ovat kaikilta osin alle 0,30 mm/s.
- Alueen keskiosassa (mittauspiste 5) rautatien läheisyydessä rungon resonanssitarkastelun tulokset
 - ylittävät 0,30 mm/s taajuusalueella f on suurempi tai yhtä suuri kuin 8 Hz
 - ovat alle 0,60 mm/s kaikilla merkittävillä taajuusalueilla.

- Alueen itäosassa (mittauspisteet 6...7) rautatien läheisyydessä rungon resonanssitarkastelun tulokset
 - ylittävät 0,30 mm/s taajuusalueella f on suurempi tai yhtä suuri kuin 6,3 Hz
 - ylittävät 0,60 mm/s taajuusalueella f on suurempi tai yhtä suuri kuin 8 Hz.
- Alueen itäosassa kauempana radasta sokkelista arvioituna (mittauspiste 8) rungon resonanssitarkastelun tulokset
 - ovat kaikilta osin alle 0,30 mm/s.

Lattian resonanssitarkastelu

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

- alueen länsiosassa (mittauspisteet 1...4) rautatien läheisyydessä lattian resonanssitarkastelun tulokset
 - maaperästä arvioituna ylittävät 0,30 mm/s taajuusalueella f on välillä 6,3...25 Hz
 - vaunuhallin lattialta arvioituna ylittävät 0,30 mm/s taajuusalueella f on välillä 12,5...25 Hz
 - ovat alle 0,60 mm/s.
- alueen keskiosassa (mittauspiste 5) rautatien läheisyydessä lattian resonanssitarkastelun tulokset
 - ylittävät 0,30 mm/s taajuusalueella f on välillä 5...31,5 Hz
 - ylittävät 0,60 mm/s taajuusalueella f on välillä 6,3...25 Hz.
- alueen itäosassa (mittauspisteet 6...8) rautatien läheisyydessä lattian resonanssitarkastelun tulokset
 - maaperästä mittauspisteestä 6 arvioituna ylittävät 0,30 mm/s taajuusalueella f on välillä 4...12,5 Hz
 - maaperästä mittauspisteestä 7 arvioituna ylittävät 0,30 mm/s taajuusalueella f on välillä 5...12,5 Hz
 - rakennuksen sokkelista mittauspisteestä 8 arvioituna ylittävät 0,30 mm/s taajuusalueella f on välillä 6,3...10 Hz
 - maaperästä (mittauspisteet 6 ja 7) arvioituna ylittävät 0,60 mm/s taajuusalueella f on välillä 5...10 Hz
 - rakennuksen sokkelista mittauspisteestä 8 arvioituna ovat enintään 0,60 mm/s.

6.5 Arvio runkomelun enimmäistasosta

Taulukossa 6 on esitetty runkomelun arviointitulokset mittauspisteittäin. Pystysuuntainen tärinä (z-suunta) säteilee runkoääntä vaakasuorista pinnoista eli mm. latioista ja vaakasuuntainen tärinä (y- ja x-suunnat) pystysuorista pinnoista eli seinistä.

Taulukko 6. VTT:n menetelmällä tärinäsignaaleista arvioidut runkomelutasot L_{prn} .

Mittauspiste	Kuvaus	A-painotettu runkomelutaso L_{prn} [dB]		
		z	y	x
mp1	maasta	47	59	58
mp2	maasta	46	56	58
mp3	vaunuhalli	38	43	36
mp4	vaunuhalli	42	39	40
mp5	maasta	51	67	65
mp6	maasta	43	55	52
mp7	maasta	39	51	48
mp8	sokkelista	25	28	25

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.”

7 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Tärinän aiheuttama vaurioitumisriski

Mittauspisteen 5 tulosta lukuun ottamatta, kaikki mitatut tärinän heilahdusnopeuden resultantin arvot 0,6...2,7 mm/s ovat selvästi suositusarvoa 4 mm/s (alttiusluokka II, perinteisesti rakennetut betoni- tiili- tai puurakenteiset asuin- ja liikerakennukset tai muut niihin rinnastettavat rakennukset ja rakenteet) pienempiä. Värähtelyn taajuussisällön perusteella myös mittauspisteessä 5 rakennuksen perustukseen aiheutuvan tärinä resultantin voidaan arvioida jäävän alle 4 mm/s.

Kaikki mitatut tärinän heilahdusnopeuden resultantin arvot ovat suositusarvoa 8 mm/s (alttiusluokka I, normaalikuntoiset hyvin jäykistetyt rakennukset. Teräs- ja betoniset teollisuusrakennukset, muut teräsrakenteet) pienempiä.

Tulosten perusteella voidaan arvioida, että raideliikenteen tärinä ei aiheuta tarkasteltavan alueen rakennuksille rakenteiden vaurioriskiä.

7.2 Tärinän aiheuttama viihtyvyshaitta

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella rautatien lähialue on tärinän riskialuetta. Raideliikenteen aiheuttama tärinä tulee ottaa huomioon rakennusten suunnittelussa. Tärinän varoetäisyydeksi arvioidaan noin 50 metriä lähimmästä käyttöön jäävästä raiteesta. Tarvittavien vaimennustoimenpiteiden laatu ja määrä riippuvat suunniteltavan rakennuksen käyttötarkoituksesta ja ne tulee varmistaa kohdekohtaisilla tarkemmillä selvityksillä.

Mittaus- ja arviointitulosten perusteella voidaan määrittää seuraavia yleisiä reunaehtoja:

- Tärinän aiheuttamat rajoitteet rakennusten korkeuteen (rungon resonanssitarkastelun perusteella):
 - Alueen länsiosassa (mittauspisteiden 1...4 alueella) rakennusten korkeudelle ei kohdistu rajoituksia.
 - Alueen keski- ja itäosassa rautatien läheisyydessä asuin- tai majoitustiloja sisältävän rakennuksen tulisi olla yksi tai vähintään kolmekerroksinen.
- Tärinän aiheuttamat rajoitteet välipohjiin (lattian resonanssitarkastelun perusteella):
 - Alueen länsiosassa (mittauspisteiden 1...4 alueella) asuin- ja majoitustilojen välipohjat tulee mitoittaa siten, että välipohjien ominaistaajuus ei osu resonanssitarkastelussa määritetyille vältettävälle taajuusalueelle.
 - Alueen keski- ja itäosassa asuin- ja majoitus- ja toimistotilojen välipohjat tulee mitoittaa siten, että välipohjien ominaistaajuus ei osu resonanssitarkastelussa määritetyille vältettävälle taajuusalueelle.
 - Vältettävät taajuusalueet ovat osittain niin laajoja, että tärinänhallinnaksi ei riitä pelkkä välipohjien mitoitus, vaan lisäksi tarvitaan muita vaimennustoimenpiteitä.

7.3 Runkomelu

Mitatuista värähtelysignaaleista arvioidut runkomelutasot ylittävät lähes kaikissa mittauspisteissä 35 dB ja 45 dB. Tulosten perusteella rautatien lähialue on runkomelun riskialuetta ja saattaa edellyttää rakenteellisia vaimennustoimenpiteitä. Tarvittavien vaimennustoimenpiteiden laatu ja määrä riippuu suunniteltavan

rakennuksen käyttötarkoituksesta ja ne tulee määrittää kohdekohtaisilla tarkemmilla selvityksillä. Runkomelun varoetäisyydeksi arvioidaan noin 50 metriä lähimmästä käyttöön jäävästä raiteesta.

7.4 Muita huomioita

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

8 YHTEENVETO

Tulosten perusteella voidaan arvioida, että raideliikenteen tärinä ei aiheuta tarkasteltavan alueen rakennuksille rakenteiden vaurioriskiä.

Viihtyvyyshaitan kannalta rautatien lähialue on tärinän riskialuetta (etäisyys luokkaa 50 m lähimmästä käytävästä raiteesta). Rautatien läheisyydessä raideliikenteen aiheuttaman tärinän ja runkomelun rajoittaminen rakennuksen käyttötarkoituksen edellyttämälle tasolle saattaa edellyttää lisäkustannuksia aiheuttavia toimenpiteitä. Erityisesti asuin- ja majoitustiloja sisältävien rakennusten osalta saatetaan tarvita esimerkiksi välipohjien mitoituksen lisäksi rakenteellisia vaimennustoimenpiteitä, kuten tärinää vaimentavia ponttiseiniä, rakennusten perustuksiin asennettavaa runkomeluvaimennusta tai jopa rakennusten perustamista jousien varaan.

Esiselvitysvaiheen massoitteluluonnoksen (kuva 3) mukaisessa tilanteessa selvimpiä riskipaikkoja olisivat alueen länsireunan lähin asuinrakennus ja alueen keskiosassa oleva hotelli. Länsireunan asuinrakennus vastaa luonteeltaan läheistä olemassa olevaa asuinrakennusta (As Oy Turun Weräjänvahti). Kyseiseen kohteeseen on maahan, radan ja rakennuksen väliin, asennettu teräsponttiseinä vaimentamaan raideliikenteen tärinää. Hahmotellun hotellin kohdalla mitattiin suurimmat tärinä- ja runkomeluarvot ja vaimennustarve kyseisellä alueella on ilmeinen.

Edellä esitetyn perusteella raideliikenteen aiheuttama tärinä ja runkomelu eivät estä rakennusten sijoittamista rautatien välittömään läheisyyteen, mutta tällöin vaimennustoimenpiteiden tarve on todennäköinen. Tärinälle ja runkomelulle herkät toiminnot suositellaan sijoittamaan mahdollisimman etäälle käyttöön jäävistä raiteista vaimennustarpeiden sekä tärinä- ja runkomeluriskin minimoimiseksi. Etäisyyden ollessa yli 50 metriä todennäköisyys tärinän- ja/tai runkomelun vaimennustarpeelle on vähäinen. Jatkosuunnittelun (kohdekohtaiset tärinämittaukset ja maaperätutkimukset yms.) yhteydessä voi ilmetä, että tärinälle herkkiä toimintoja voidaan sijoittaa alle 50 metrin etäisyydelle rautatiestä ilman erityistoimenpiteitä.

9 LISÄTIETOA

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

Mittauspisteen kuvaus: R1 maasta
Mittausjakso: 23.8.-30.8.2018

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
24.8.2018	09.41	1,5	0,51	1,32	0,87
23.8.2018	20.36	1,3	1,13	1,04	0,90
23.8.2018	14.04	1,2	0,46	1,18	0,87
23.8.2018	21.52	1,2	0,64	1,07	0,67
24.8.2018	20.30	1,2	1,10	0,70	0,90
23.8.2018	18.47	1,2	0,38	1,15	0,84
24.8.2018	07.53	1,1	0,38	0,86	0,75
23.8.2018	20.26	1,1	0,62	1,06	0,60
24.8.2018	20.45	1,0	0,44	0,95	0,82
27.8.2018	08.46	1,0	0,67	0,97	0,75
24.8.2018	11.22	1,0	0,67	0,88	0,63
24.8.2018	10.42	1,0	0,45	0,99	0,74
24.8.2018	07.10	1,0	0,43	0,98	0,69
24.8.2018	11.15	1,0	0,77	0,53	0,72
24.8.2018	08.56	0,9	0,68	0,92	0,66

MP1

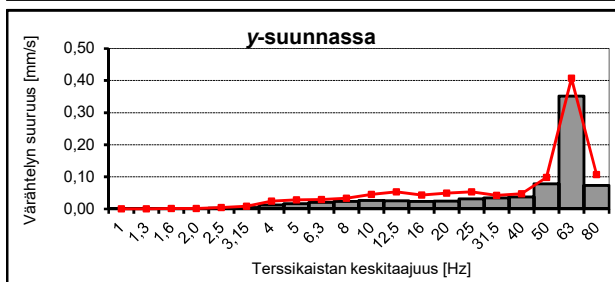
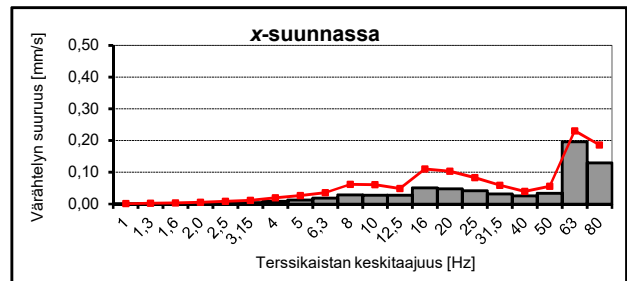
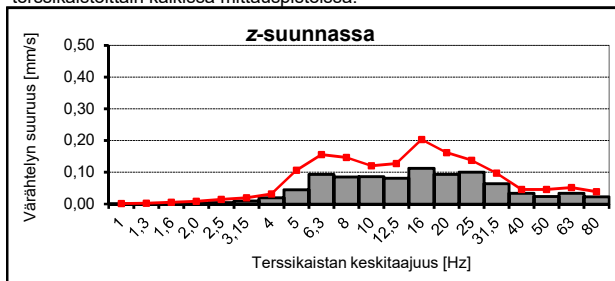
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
24.8.2018	20:30	0,33	25.8.2018	8:44	0,41	25.8.2018	20:17	0,27
23.8.2018	20:36	0,32	29.8.2018	14:00	0,41	25.8.2018	20:26	0,27
27.8.2018	20:38	0,32	24.8.2018	14:09	0,40	25.8.2018	17:55	0,27
28.8.2018	8:49	0,28	24.8.2018	20:53	0,40	24.8.2018	10:42	0,27
25.8.2018	8:48	0,27	24.8.2018	9:41	0,39	25.8.2018	8:48	0,26
26.8.2018	8:55	0,25	30.8.2018	8:53	0,37	24.8.2018	20:30	0,26
25.8.2018	6:36	0,25	27.8.2018	8:40	0,36	23.8.2018	10:43	0,26
23.8.2018	21:52	0,24	24.8.2018	21:27	0,36	30.8.2018	8:53	0,26
29.8.2018	6:09	0,23	23.8.2018	14:04	0,36	24.8.2018	14:09	0,25
24.8.2018	8:56	0,23	26.8.2018	8:45	0,35	25.8.2018	8:44	0,25
28.8.2018	20:39	0,23	25.8.2018	8:48	0,35	24.8.2018	21:27	0,25
24.8.2018	15:35	0,23	26.8.2018	20:44	0,35	27.8.2018	14:06	0,25
26.8.2018	20:44	0,22	25.8.2018	7:49	0,35	28.8.2018	18:46	0,25
29.8.2018	23:02	0,22	28.8.2018	8:49	0,35	24.8.2018	9:41	0,25
		$v_{w,95} = 0,34$			$v_{w,95} = 0,43$			$v_{w,95} = 0,27$

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: R3 maasta
Mittausjakso: 23.8.-30.8.2018

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
24.8.2018	07.10	1,3	0,35	0,77	0,99
23.8.2018	14.04	1,2	0,46	0,65	1,06
23.8.2018	20.27	1,0	0,70	0,62	0,66
24.8.2018	11.22	0,9	0,51	0,75	0,78
27.8.2018	08.46	0,9	0,67	0,56	0,71
23.8.2018	21.52	0,9	0,67	0,59	0,66
24.8.2018	10.42	0,9	0,34	0,65	0,69
24.8.2018	20.30	0,9	0,65	0,59	0,57
23.8.2018	20.36	0,8	0,70	0,59	0,54
23.8.2018	18.47	0,8	0,30	0,48	0,72
24.8.2018	20.45	0,8	0,35	0,45	0,64
24.8.2018	08.56	0,7	0,65	0,46	0,51
24.8.2018	09.41	0,7	0,35	0,46	0,54
24.8.2018	11.15	0,7	0,49	0,41	0,52
24.8.2018	07.53	0,6	0,36	0,40	0,52

MP2

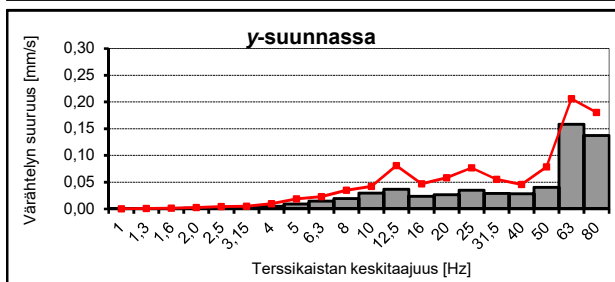
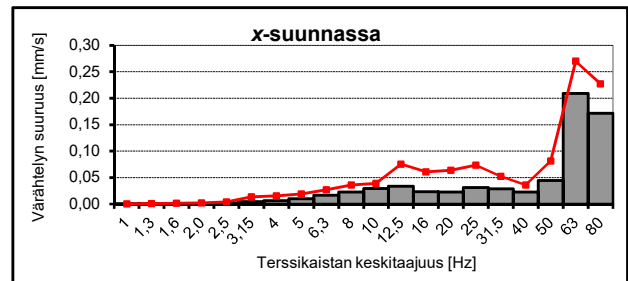
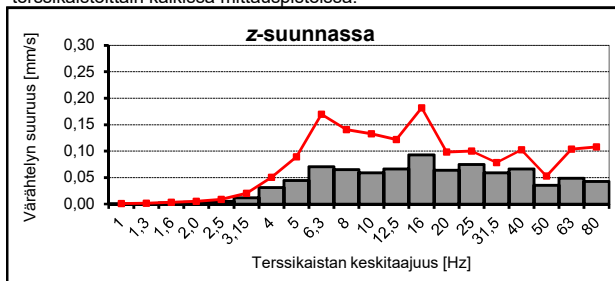
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
25.8.2018	20:17	0,25	25.8.2018	8:38	0,25	28.8.2018	6:04	0,31
28.8.2018	8:49	0,25	25.8.2018	20:27	0,24	24.8.2018	7:10	0,30
26.8.2018	20:44	0,23	24.8.2018	7:10	0,24	23.8.2018	14:04	0,29
23.8.2018	21:52	0,23	25.8.2018	17:55	0,23	25.8.2018	8:38	0,29
30.8.2018	8:57	0,23	26.8.2018	13:14	0,23	27.8.2018	7:03	0,29
27.8.2018	20:38	0,22	29.8.2018	10:47	0,23	28.8.2018	18:46	0,29
25.8.2018	8:48	0,22	28.8.2018	6:04	0,22	26.8.2018	13:14	0,28
26.8.2018	20:52	0,22	27.8.2018	10:41	0,22	25.8.2018	17:55	0,28
24.8.2018	20:30	0,22	25.8.2018	6:36	0,22	28.8.2018	10:43	0,27
29.8.2018	10:52	0,22	28.8.2018	10:43	0,22	29.8.2018	10:47	0,27
26.8.2018	8:55	0,21	27.8.2018	7:03	0,22	30.8.2018	6:05	0,27
24.8.2018	8:56	0,21	26.8.2018	20:52	0,22	25.8.2018	20:27	0,27
23.8.2018	20:36	0,21	24.8.2018	10:42	0,21	29.8.2018	13:59	0,27
24.8.2018	15:35	0,21	27.8.2018	18:52	0,21	27.8.2018	18:52	0,27
		$v_{w,95} = 0,26$			$v_{w,95} = 0,25$			$v_{w,95} = 0,31$

Tärinän spektrit

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



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

Mittauspisteen kuvaus: R8 lattialta seinän vierestä
Mittausjakso: 23.8.-30.8.2018

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
29.8.2018	17.21	0,6	0,54	0,13	0,13
30.8.2018	02.50	0,6	0,55	0,13	0,12
26.8.2018	14.51	0,5	0,52	0,11	0,12
24.8.2018	07.35	0,5	0,52	0,15	0,09
29.8.2018	07.44	0,5	0,47	0,09	0,15
24.8.2018	02.58	0,5	0,46	0,14	0,13
27.8.2018	03.03	0,5	0,47	0,15	0,14
29.8.2018	02.54	0,5	0,45	0,14	0,11
24.8.2018	21.31	0,5	0,45	0,10	0,12
27.8.2018	10.50	0,5	0,45	0,13	0,12
28.8.2018	13.44	0,4	0,44	0,12	0,13
27.8.2018	03.47	0,4	0,42	0,12	0,16
28.8.2018	03.07	0,4	0,42	0,12	0,11
23.8.2018	17.11	0,4	0,43	0,17	0,11
24.8.2018	22.29	0,4	0,41	0,16	0,10

MP3

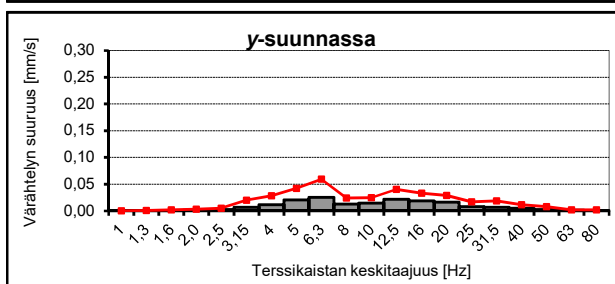
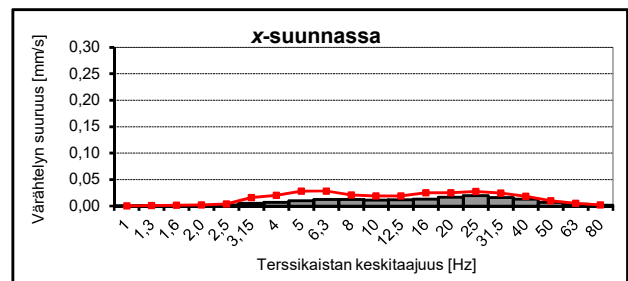
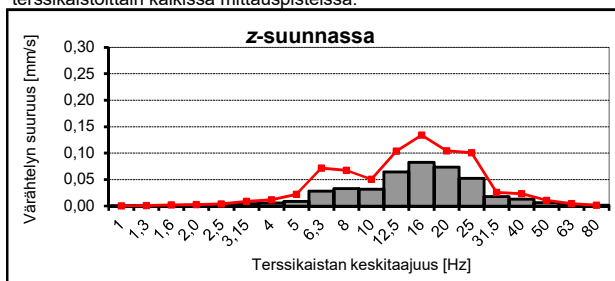
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
24.8.2018	7:35	0,17	28.8.2018	11:26	0,06	27.8.2018	17:20	0,05
24.8.2018	2:58	0,16	24.8.2018	3:58	0,06	25.8.2018	8:02	0,05
26.8.2018	10:01	0,16	23.8.2018	17:11	0,05	30.8.2018	2:50	0,05
27.8.2018	3:03	0,15	25.8.2018	13:16	0,05	29.8.2018	17:21	0,05
24.8.2018	21:31	0,15	27.8.2018	15:46	0,05	27.8.2018	18:38	0,05
29.8.2018	2:54	0,15	28.8.2018	4:05	0,05	26.8.2018	14:51	0,04
28.8.2018	17:27	0,15	24.8.2018	11:28	0,05	27.8.2018	3:47	0,04
23.8.2018	17:11	0,15	27.8.2018	3:49	0,05	27.8.2018	10:50	0,04
28.8.2018	23:03	0,14	24.8.2018	2:58	0,05	24.8.2018	7:35	0,04
29.8.2018	17:21	0,14	29.8.2018	2:54	0,05	24.8.2018	21:31	0,04
28.8.2018	3:07	0,14	27.8.2018	17:23	0,05	28.8.2018	13:44	0,04
25.8.2018	13:16	0,14	27.8.2018	3:03	0,05	24.8.2018	6:50	0,04
29.8.2018	17:07	0,14	27.8.2018	17:20	0,05	27.8.2018	3:03	0,04
26.8.2018	2:49	0,14	28.8.2018	9:02	0,05	27.8.2018	17:23	0,04
$v_{w,95} =$		0,17	$v_{w,95} =$		0,07	$v_{w,95} =$		0,05

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: R14 lattialta seinän vierestä
Mittausjakso: 23.8.-30.8.2018

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.8.2018	11.02	0,6	0,53	0,19	0,12
24.8.2018	09.00	0,5	0,41	0,18	0,09
28.8.2018	11.13	0,4	0,35	0,16	0,11
27.8.2018	18.24	0,4	0,35	0,18	0,09
23.8.2018	22.46	0,4	0,36	0,16	0,10
29.8.2018	11.10	0,4	0,33	0,14	0,10
24.8.2018	08.59	0,4	0,32	0,16	0,08
24.8.2018	12.32	0,4	0,31	0,18	0,09
27.8.2018	11.29	0,3	0,33	0,12	0,11
24.8.2018	05.56	0,3	0,31	0,16	0,07
25.8.2018	10.40	0,3	0,29	0,16	0,11
23.8.2018	11.10	0,3	0,30	0,15	0,08
25.8.2018	10.55	0,3	0,29	0,14	0,07
23.8.2018	12.36	0,3	0,28	0,17	0,08
26.8.2018	20.52	0,3	0,30	0,13	0,08

MP4

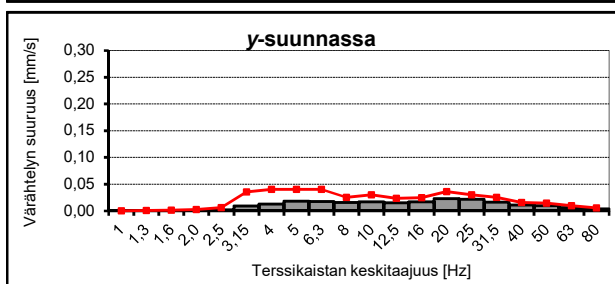
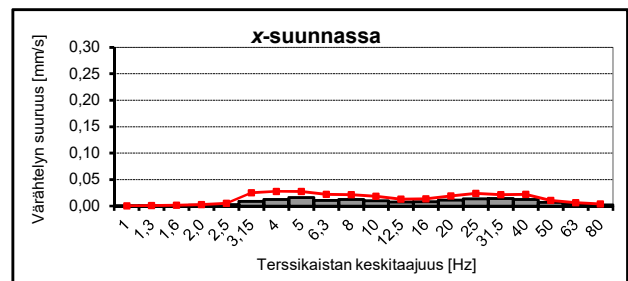
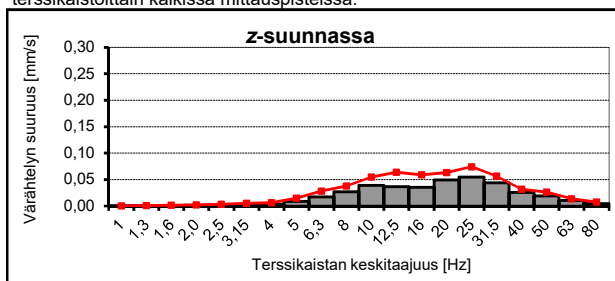
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
24.8.2018	9:00	0,13	23.8.2018	11:02	0,06	23.8.2018	15:19	0,04
25.8.2018	10:40	0,13	24.8.2018	9:00	0,06	23.8.2018	20:32	0,04
29.8.2018	11:10	0,13	25.8.2018	10:40	0,06	29.8.2018	23:02	0,04
28.8.2018	11:13	0,12	27.8.2018	3:49	0,06	25.8.2018	8:51	0,04
23.8.2018	11:10	0,12	29.8.2018	11:38	0,06	24.8.2018	6:28	0,04
23.8.2018	22:46	0,12	23.8.2018	21:51	0,06	29.8.2018	15:18	0,04
24.8.2018	8:59	0,12	24.8.2018	12:32	0,06	23.8.2018	11:16	0,04
24.8.2018	12:32	0,11	23.8.2018	11:10	0,06	23.8.2018	11:02	0,04
23.8.2018	12:36	0,11	24.8.2018	8:59	0,06	28.8.2018	11:13	0,04
30.8.2018	9:02	0,10	28.8.2018	11:13	0,06	27.8.2018	3:49	0,04
27.8.2018	22:51	0,10	23.8.2018	12:36	0,06	28.8.2018	4:05	0,04
24.8.2018	11:15	0,10	29.8.2018	11:10	0,05	29.8.2018	15:42	0,04
24.8.2018	11:22	0,10	23.8.2018	22:46	0,05	30.8.2018	6:01	0,04
25.8.2018	8:41	0,09	25.8.2018	8:41	0,05	24.8.2018	11:28	0,04
		$v_{w,95} = 0,14$			$v_{w,95} = 0,07$			$v_{w,95} = 0,04$

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: R9 maasta
Mittausjakso: 23.8.-30.8.2018

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
26.8.2018	10.01	6,3	1,80	6,17	3,54
27.8.2018	03.01	5,7	1,26	5,53	2,35
24.8.2018	19.36	5,2	1,60	4,91	2,98
29.8.2018	08.18	4,3	1,62	4,06	3,27
27.8.2018	16.41	4,3	1,60	4,08	2,84
24.8.2018	12.58	4,2	4,09	1,90	0,81
28.8.2018	17.28	4,1	1,61	3,81	2,27
24.8.2018	19.32	3,8	3,67	2,44	1,88
29.8.2018	19.24	3,7	1,59	3,65	1,46
27.8.2018	21.12	3,7	3,52	2,70	1,67
29.8.2018	02.52	3,7	1,50	3,36	1,52
29.8.2018	16.38	3,6	3,27	2,44	2,27
23.8.2018	23.27	3,5	3,05	2,46	1,74
23.8.2018	17.14	3,5	1,64	3,42	2,10
29.8.2018	19.13	3,4	3,18	2,53	2,13

MP5

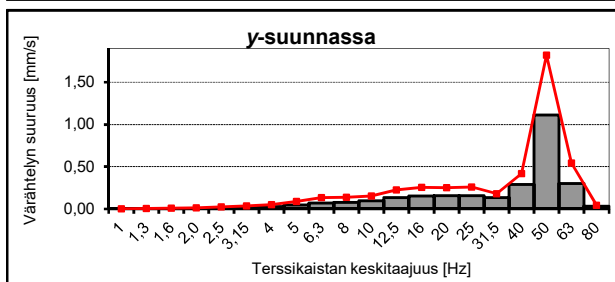
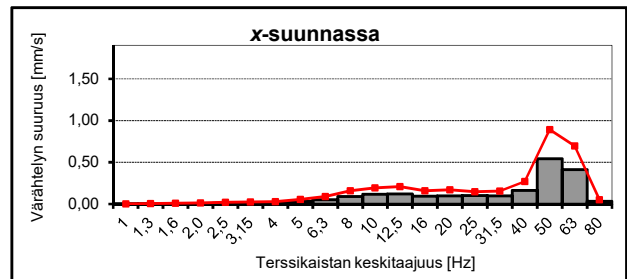
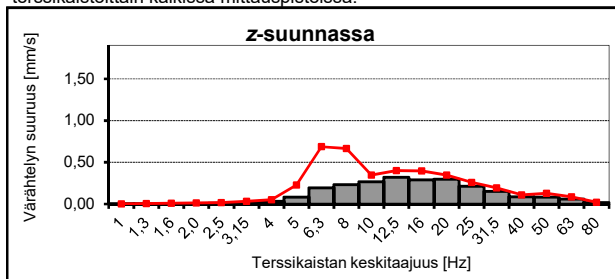
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
24.8.2018	19:32	0,80	27.8.2018	3:01	1,70	24.8.2018	19:36	1,10
24.8.2018	19:23	0,75	24.8.2018	19:36	1,61	29.8.2018	8:18	1,09
24.8.2018	15:52	0,75	29.8.2018	8:18	1,44	27.8.2018	3:01	0,84
27.8.2018	21:12	0,74	28.8.2018	17:28	1,37	27.8.2018	16:41	0,82
29.8.2018	19:13	0,69	27.8.2018	16:41	1,31	28.8.2018	17:28	0,65
27.8.2018	16:38	0,69	23.8.2018	17:14	1,22	23.8.2018	17:14	0,62
23.8.2018	23:27	0,68	29.8.2018	19:24	1,17	24.8.2018	19:23	0,61
24.8.2018	10:04	0,67	23.8.2018	21:12	0,99	24.8.2018	15:31	0,60
29.8.2018	16:38	0,67	30.8.2018	3:56	0,93	27.8.2018	16:38	0,59
23.8.2018	19:00	0,65	26.8.2018	2:48	0,92	29.8.2018	16:38	0,58
24.8.2018	11:18	0,65	25.8.2018	3:43	0,87	24.8.2018	15:52	0,57
29.8.2018	18:24	0,64	24.8.2018	15:31	0,83	26.8.2018	2:48	0,56
23.8.2018	23:27	0,64	28.8.2018	19:05	0,81	24.8.2018	19:32	0,56
23.8.2018	12:57	0,64	29.8.2018	22:05	0,81	23.8.2018	12:57	0,52
		$v_{w,95} = 0,92$			$v_{w,95} = 1,84$			$v_{w,95} = 1,12$

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: R5 maasta
Mittausjakso: 23.8.-30.8.2018

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
29.8.2018	11.37	2,7	2,48	1,71	0,88
28.8.2018	09.18	2,4	2,31	1,10	0,90
29.8.2018	11.38	2,0	1,65	1,67	0,72
24.8.2018	11.26	1,8	1,82	1,20	0,66
27.8.2018	02.30	1,6	1,60	0,78	0,26
27.8.2018	03.49	1,5	1,45	0,56	0,60
28.8.2018	13.29	1,4	1,39	0,80	0,29
29.8.2018	16.17	1,4	1,30	0,62	0,55
28.8.2018	16.29	1,4	1,35	0,72	0,39
29.8.2018	07.36	1,2	0,54	1,13	0,59
27.8.2018	08.44	1,2	1,14	0,48	0,34
28.8.2018	07.06	1,2	1,13	0,35	0,19
24.8.2018	11.27	1,1	1,05	0,67	0,49
29.8.2018	03.58	1,0	0,99	0,34	0,23
26.8.2018	08.04	1,0	0,26	0,90	0,52

MP6

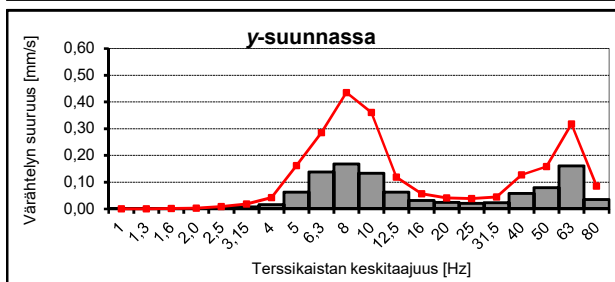
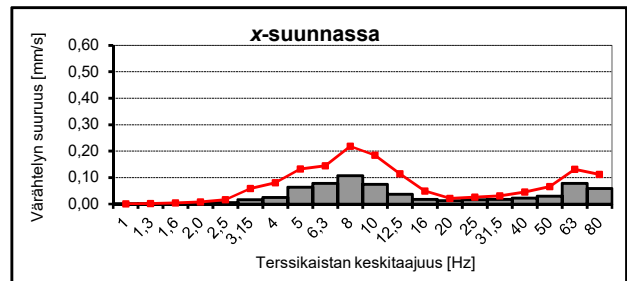
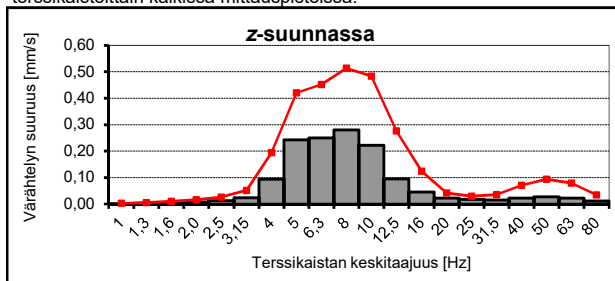
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
28.8.2018	9:18	0,76	29.8.2018	11:38	0,45	24.8.2018	11:26	0,29
24.8.2018	11:26	0,68	24.8.2018	11:26	0,40	28.8.2018	9:18	0,28
27.8.2018	2:30	0,60	28.8.2018	9:18	0,35	29.8.2018	11:38	0,21
27.8.2018	3:49	0,49	29.8.2018	7:36	0,31	29.8.2018	16:17	0,20
29.8.2018	11:38	0,49	28.8.2018	13:29	0,30	27.8.2018	3:49	0,19
28.8.2018	13:29	0,48	27.8.2018	2:30	0,28	24.8.2018	11:27	0,17
28.8.2018	7:06	0,42	26.8.2018	8:04	0,27	24.8.2018	3:37	0,17
28.8.2018	16:29	0,42	23.8.2018	14:13	0,26	29.8.2018	7:36	0,16
24.8.2018	11:27	0,38	28.8.2018	16:29	0,25	30.8.2018	6:36	0,15
29.8.2018	16:17	0,36	27.8.2018	3:49	0,24	26.8.2018	8:04	0,15
28.8.2018	2:29	0,33	26.8.2018	9:37	0,24	26.8.2018	9:37	0,14
25.8.2018	13:18	0,32	24.8.2018	11:27	0,23	27.8.2018	8:44	0,13
29.8.2018	3:58	0,32	24.8.2018	13:01	0,23	25.8.2018	13:18	0,12
27.8.2018	8:44	0,31	23.8.2018	19:56	0,22	25.8.2018	8:04	0,12
		$v_{w,95} = 0,83$			$v_{w,95} = 0,53$			$v_{w,95} = 0,32$

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: R12 maasta
Mittausjakso: 23.8.-30.8.2018

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
29.8.2018	11.36	2,7	2,69	1,44	1,52
28.8.2018	09.18	2,1	2,06	1,19	0,50
27.8.2018	02.30	1,7	1,66	0,56	0,22
24.8.2018	11.25	1,5	1,48	0,88	0,52
29.8.2018	16.16	1,5	1,46	0,70	0,41
24.8.2018	16.29	1,4	1,16	0,83	0,69
28.8.2018	16.29	1,3	1,27	0,79	0,26
27.8.2018	03.49	1,1	1,04	0,43	0,41
28.8.2018	13.29	1,1	1,04	0,79	0,33
29.8.2018	07.36	1,0	0,98	0,49	0,64
25.8.2018	13.18	1,0	0,96	0,54	0,32
24.8.2018	13.01	0,9	0,93	0,47	0,37
27.8.2018	08.44	0,9	0,94	0,54	0,40
27.8.2018	16.23	0,8	0,78	0,41	0,31
28.8.2018	07.05	0,8	0,81	0,25	0,17

MP7

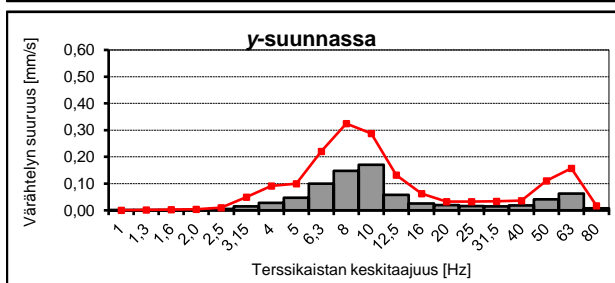
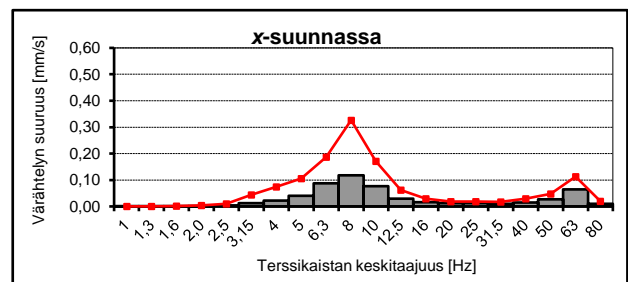
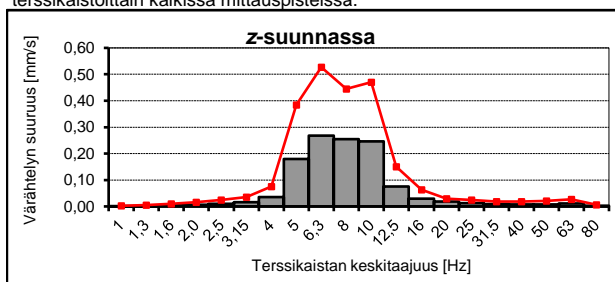
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
28.8.2018	9:18	0,74	28.8.2018	9:18	0,44	24.8.2018	11:25	0,26
27.8.2018	2:30	0,60	24.8.2018	11:25	0,39	24.8.2018	16:29	0,24
24.8.2018	11:25	0,58	28.8.2018	13:29	0,31	29.8.2018	7:36	0,21
29.8.2018	16:16	0,45	24.8.2018	16:29	0,30	29.8.2018	16:16	0,16
24.8.2018	16:29	0,44	28.8.2018	16:29	0,25	28.8.2018	9:18	0,16
28.8.2018	13:29	0,43	29.8.2018	16:16	0,21	27.8.2018	3:49	0,15
28.8.2018	16:29	0,37	27.8.2018	2:30	0,20	26.8.2018	9:37	0,13
29.8.2018	7:36	0,37	23.8.2018	14:13	0,20	24.8.2018	13:01	0,13
27.8.2018	16:23	0,35	28.8.2018	11:14	0,18	24.8.2018	9:39	0,12
24.8.2018	13:01	0,33	26.8.2018	9:37	0,17	28.8.2018	13:29	0,12
27.8.2018	8:44	0,33	25.8.2018	13:18	0,17	27.8.2018	8:44	0,12
27.8.2018	3:49	0,31	27.8.2018	8:44	0,16	24.8.2018	3:36	0,11
28.8.2018	11:14	0,30	24.8.2018	13:01	0,16	27.8.2018	16:23	0,11
25.8.2018	13:18	0,30	29.8.2018	7:36	0,16	26.8.2018	20:58	0,10
$v_{w,95} =$		0,79	$v_{w,95} =$		0,45	$v_{w,95} =$		0,33

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: R15 rakennuksen sokkelista
Mittausjakso: 23.8.-30.8.2018

Suurimmat resultantit

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
29.8.2018	11.37	0,9	0,84	0,32	0,19
27.8.2018	08.44	0,5	0,51	0,13	0,11
24.8.2018	11.27	0,5	0,47	0,14	0,12
29.8.2018	07.36	0,5	0,42	0,15	0,14
27.8.2018	02.30	0,4	0,43	0,29	0,26
28.8.2018	09.18	0,4	0,41	0,10	0,04
27.8.2018	03.48	0,4	0,34	0,21	0,19
28.8.2018	16.29	0,4	0,37	0,12	0,08
28.8.2018	13.29	0,3	0,32	0,12	0,09
24.8.2018	16.29	0,3	0,29	0,08	0,08
25.8.2018	13.17	0,3	0,22	0,23	0,20
27.8.2018	14.11	0,3	0,29	0,09	0,10
29.8.2018	16.16	0,3	0,26	0,10	0,07
28.8.2018	08.23	0,3	0,25	0,07	0,05
27.8.2018	16.23	0,3	0,25	0,10	0,06

MP8

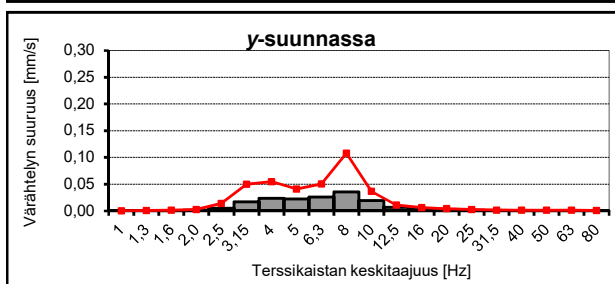
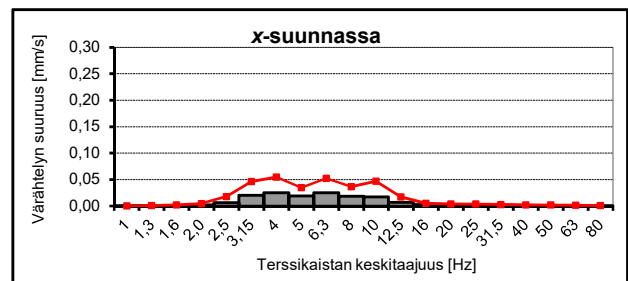
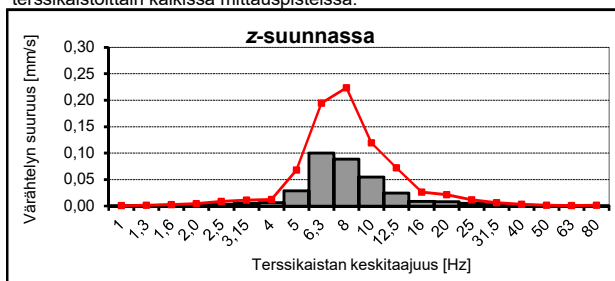
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot

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
24.8.2018	11:27	0,21	27.8.2018	2:30	0,09	29.8.2018	11:37	0,07
29.8.2018	7:36	0,18	25.8.2018	13:17	0,07	25.8.2018	13:17	0,07
27.8.2018	2:30	0,18	27.8.2018	3:48	0,07	27.8.2018	3:48	0,06
27.8.2018	8:44	0,14	29.8.2018	7:36	0,06	30.8.2018	6:36	0,06
27.8.2018	3:48	0,13	26.8.2018	3:28	0,05	23.8.2018	18:11	0,06
28.8.2018	13:29	0,13	29.8.2018	16:50	0,05	29.8.2018	7:36	0,05
28.8.2018	16:29	0,12	29.8.2018	3:58	0,05	29.8.2018	16:50	0,05
24.8.2018	16:29	0,11	28.8.2018	13:29	0,05	24.8.2018	11:27	0,04
29.8.2018	16:16	0,11	24.8.2018	11:27	0,04	27.8.2018	15:33	0,04
28.8.2018	9:18	0,10	24.8.2018	12:50	0,04	27.8.2018	16:42	0,04
23.8.2018	16:28	0,10	23.8.2018	18:11	0,04	24.8.2018	12:50	0,04
28.8.2018	8:23	0,09	30.8.2018	6:36	0,04	28.8.2018	13:29	0,03
27.8.2018	16:23	0,09	23.8.2018	16:28	0,04	27.8.2018	8:44	0,03
24.8.2018	7:36	0,09	27.8.2018	8:44	0,04	24.8.2018	9:00	0,03
		$v_{w,95} = 0,25$			$v_{w,95} = 0,10$			$v_{w,95} = 0,08$

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