
TÄRINÄSELVITYS

TYÖNUMERO: 20602585

AURAN KUNTA

AURAN OSAYLEISKAAVAN VALMISTELU



3.3.2020

SWECO YMPÄRISTÖ OY
TURKU

Muutoslista

					VALMIS LUONNOS
MUUTOS	PÄIVÄYS	HYVÄKSYNYT	TARKASTANUT	LAATINUT	HUOMAUTUS

Sisältö

1	HANKKEEN KUVAUS	1
2	LÄHTÖTIEDOT	1
2.1	Raideliikenne	1
2.2	Maaperä.....	3
3	TÄRINÄSELVITYS	5
3.1	Tärinän arviointi kohteessa.....	5
3.1.1	Asumismukavuuteen vaikuttavan tärinän arviointi.....	7
3.1.2	Rakenteiden vaurioalttiuteen vaikuttavan tärinän arviointi.....	11
3.1.3	Tärinän aiheuttama runkomelu	12
4	TULOKSET.....	13
4.1	Asumismukavuuteen vaikuttuvan tärinän tulokset.....	13
4.2	Rakenteiden vaurioalttiuteen vaikuttuvan tärinän tulokset	15
5	YHTEENVETO.....	15
6	LÄHTEET	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.

Kuvat

Kuva 1 Raideliikenteen tärinäselvityksen aluerajaus (punainen viiva). Alue ulottuu Veikkolasta Ketunkulman tasoristeykseen.....	1
Kuva 2 IC-junien nopeus tutkittavalla alueella. Vihreällä alueella nopeus on 110 km/h ja punaisella 140 km/h. Keltainen katkoviiva kuvaa jarruttamiseen tarvittavaa matkaa ja oranssi kiihdyttämiseen.....	2
Kuva 3 Maaperäkarta. Selvitysalueeseen kuuluva rataosuus esitetty punaisena viivana.	4
Kuva 4 Promethor Oy:n vuonna 2013 tekemien tärinämittausten mittauspisteiden sijainti (Promethor 2013).....	5
Kuva 5 Promethor Oy:n tekemien tärinämittausten värähtelyn huippuarvo (mm/s) mittauspisteissä MP1-4. Mittaukset suoritettiin 22.-29.4.2013 (Promethor 2013) ja mitatut värähtelyt on esitetty mittauskellonajan mukaan.	6
Kuva 6 Promethor Oy:n tekemien tärinämittausten värähtelyn huippuarvo (mm/s) mittauspisteissä MP5-8. Mittaukset suoritettiin 22.-29.4.2013 (Promethor 2013) ja mitatut värähtelyt on esitetty mittauskellonajan mukaan.	7

Taulukukot

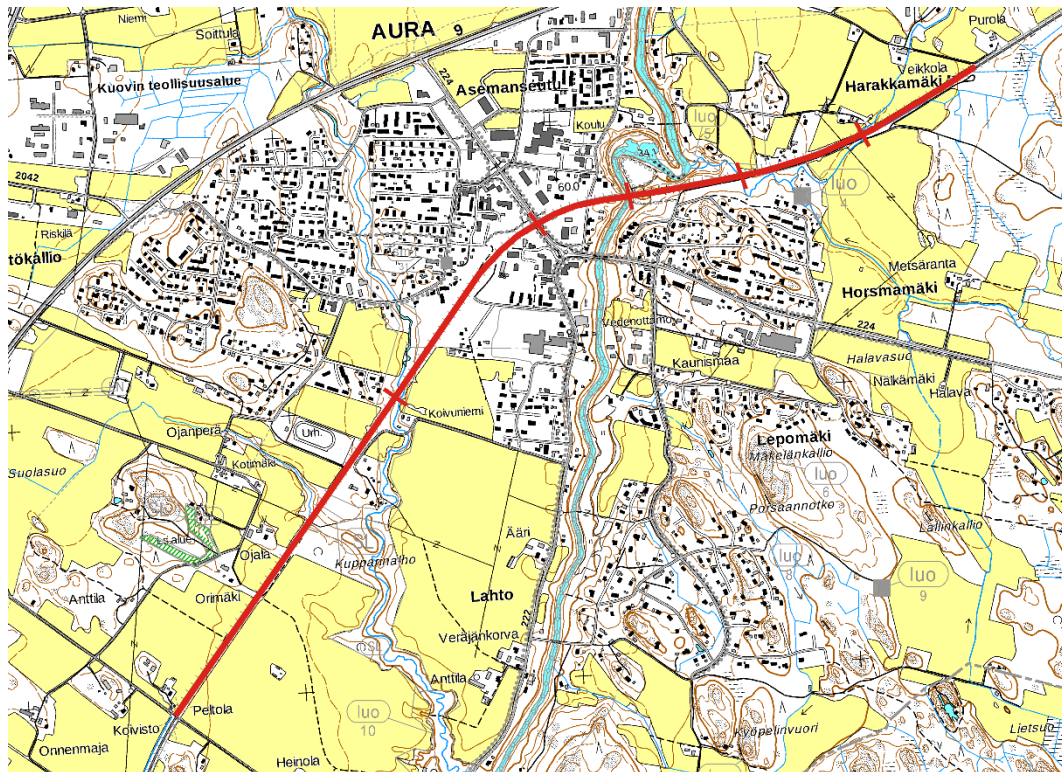
Taulukko 1 Junatiedot Auran aseman kohdalla tällä hetkellä ja ennuste vuoteen 2050. ...	3
Taulukko 2. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Talja 2004).	8
Taulukko 3 Promethor Oy:n arvioimat värähtelyn tunnusluvut w_{95} (mm/s).....	9
Taulukko 4 Arvio turvaetäisyyksistä, joita suuremmilla etäisyyksillä tarkempi värähtelyselvitys ei ole tarpeen (Talja et al. 2008, Talja 2011).....	9
Taulukko 5 Tärinäalueiden rajauksessa käytettävät värähtelyrajat (v_{max} mm/s) maaperän värähtelylle (Talja & Törnqvist 2014).	11
Taulukko 6 Väylän ja rakennuksen välinen etäisyys, jota kauempana väylästä tarkempi	13
Taulukko 7 Promethor Oy:n määrittämien asumismukavuuteen vaikuttavien tärinäarvojen lukuarvot (Promethor 2013).	14
Taulukko 8 Yhteenveto asumismukavuuden perusteella määritetyistä rakennusten etäisyyksistä junaradasta ja käytetyt värähtelyn tavoitearvot (mm/s).	16
Taulukko 9 Yhteenveto vaurioitumisalttiuden mukaisten alueiden (V, H, E) etäisyyksistä junaradasta.	16
Taulukko 10 Rakennuksen korkeuden vaikutus ominaistaajuuteen (Talja & Törnqvist 2014).	17

Liitteet

Liite 1	Etäisyys radasta asumismukavuuden perusteella, värähtelysuunnittelu vaaditaan	101
Liite 2	Etäisyys radasta asumismukavuuden perusteella, värähtelysuunnittelua ei vaadita	102
Liite 3	Vaurioitumisalttiuden mukaiset tärinävyöhykkeet	103
Liite 4	Promethor Oy:n liikennetärinäselvitys, Asemanseutu, Aura	

1 HANKKEEN KUVAUS

Raideliikenteen tärinäselvitys on laadittu Auran kunnan osayleiskaavan valmistelua varten. Tärinäselvitys tehtiin noin neljän kilometrin alueelta, joka ulottuu suurin piirtein Veikkolasta Auran keskustan kautta Ketunkulman tasoristeykseen. Alueen rajaus on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 1) punaisena viivana. Viivaa kohtisuorassa olevat viivat ovat rautatiesilloja tai alikulkutunneleita, jotka ovat radan epäjatkuvuuskohtia.

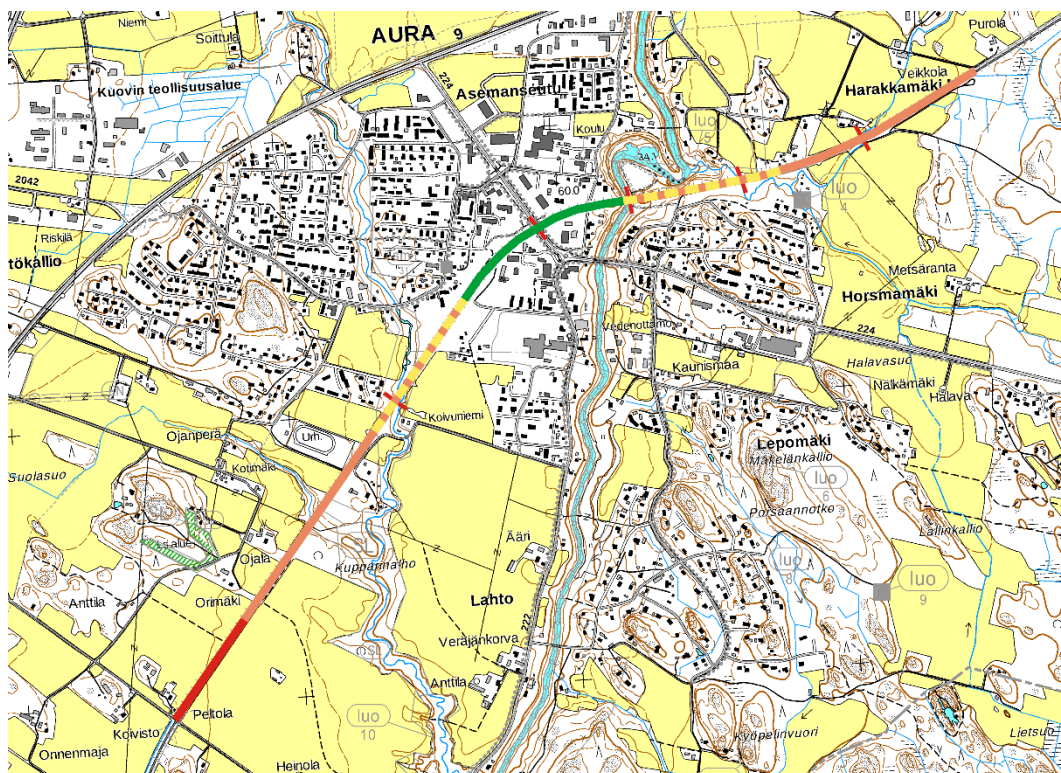


Kuva 1 Raideliikenteen tärinäselvityksen aluerajaus (punainen viiva). Alue ulottuu Veikkolasta Ketunkulman tasoristeykseen.

2 LÄHTÖTIEDOT

2.1 Raideliikenne

Sweco Infra & Raililta saatujen tietojen mukaan alueen läpi kulkee tavarajuni- ja henkilöjuni. Tavarajunien nopeusrajoitus alueella on 100 km/h, mutta käytännössä tavarajunan todellinen nopeus on noin 80 km/h-90 km/h. Intercity-junien nopeusrajoitus on 140 km/h, mutta Auran keskustan tuntumassa nopeusrajoitus laskee nopeuteen 110 km/h. Jarruttaminen 140 km/h nopeudesta 110 km/h nopeuteen vie noin 600 m matkan. Kiihdyttäessä matkaa menee noin 1,4 km. IC-junien suurin piirteiset nopeusalueet on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 2). Kuvassa vihreällä alueella nopeus on 110 km/h ja punaisella 140 km/h. Keltainen katkoviiva kuvaa jarruttamiseen tarvittavaa matkaa ja oranssi viiva kiihdyttämiin.



Kuva 2 IC-junien nopeus tutkittavalla alueella. Vihreällä alueella nopeus on 110 km/h ja punaisella 140 km/h. Keltainen katkoviiva kuvaa jarruttamiseen tarvittavaa matkaa ja oranssi kiihdyttämiseen.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 1) on esitetty junatiedot Auran aseman kohdalla tällä hetkellä ja ennuste vuoteen 2050. Tiedot on saatu Sweco Infra & Raililta ja ne perustuvat Väyläviraston tekemiin selvityksiin tulevaisuuden junaliikenteestä. Ennusteessa ei ole otettu huomioon epävarmoja asioita, kuten Varsinais-Suomen liiton ajamaa lähijuna-asiaa. Lähijunaliikenteen nopeus olisi alueella keskimäärin noin 50 km/h ja junat pysähtyisivät keskustan tuntumassa.

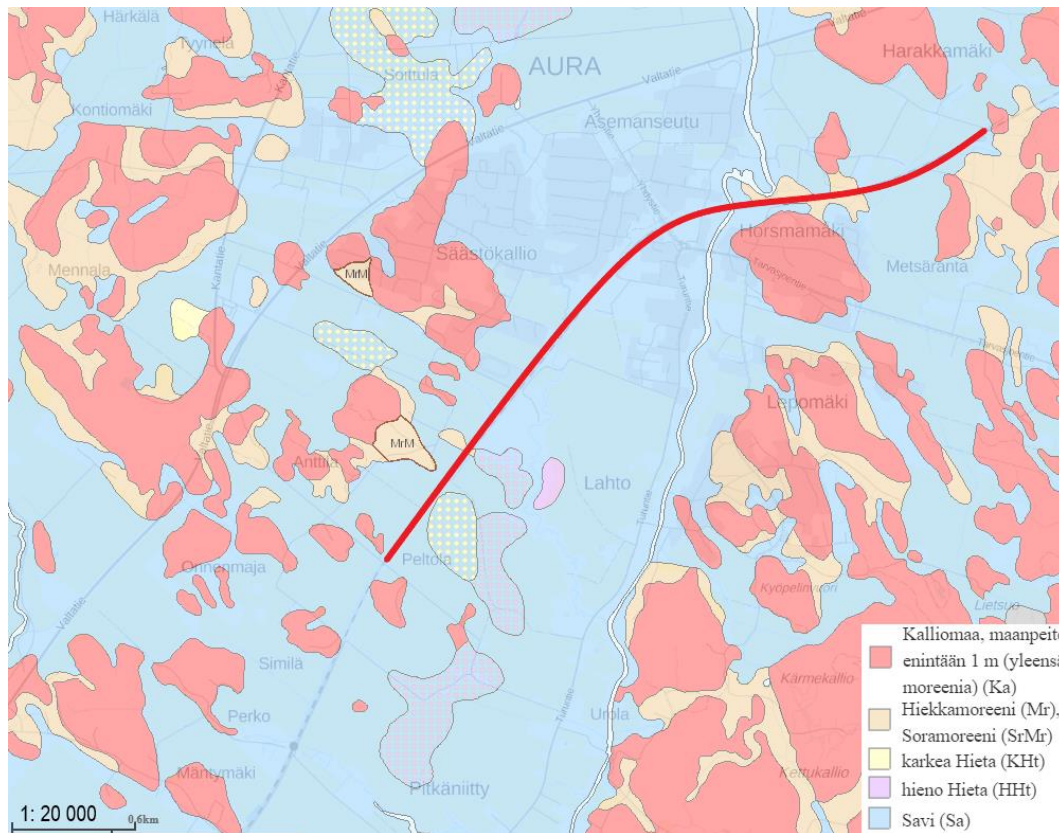
Taulukko 1 Junatiedot Auran aseman kohdalla tällä hetkellä ja ennuste vuoteen 2050.

Tyyppi	Selitys	Nykytilanne 2020		Ennuste 2050		Pituus [m]	Nopeus- rajoitus [km/h]	Todelli- nen nopeus [km/h]
		Päivä klo 7-22 [kpl]	Yö klo 22-7 [kpl]	Päivä klo 7-22 [kpl]	Yö klo 22-7 [kpl]			
IC2	Sr2-veturin vetämät kaksikerrok- sisista IC- vaunuista koostuvat junat	12	0	12	0	99	110	110
Pikajuna	Sr2-veturin vetämät makuuvaunu- junat, joissa myös autovaunuja	2	0	2	0	237	110	100
TaJu	Tavarajunat	3	2	3	4	470	100	80-90

2.2 Maaperä

Tärinäselvitystä varten ei tehty maaperätutkimuksia. Arvioinnissa käytettiin GTK:n Maan-
kamara-karttapalvelusta saatavissa olevaa maaperäkarttaa (1:20 000). Kuvakaappaus
alueen maaperästä on esitetty alla (Kuva 3). Lisäksi käytettiin radan alueelta tehtyjä poh-
jatutkimuksia, jotka saatiin GTK:n Pohjatutkimukset-karttapalvelusta. Kairaukset oli pää-
tetty määräsyvyyteen tai kairaus oli päättynyt moreenin sisältämään kiveen tai mahdolli-
seen kallionpintaan. Kallionpinnan sijaintia ei ole varmistettu radan alueella. Kairaukset
olivat vuosilta 1962-2008.

Kairauksen ja maaperäkartan perusteella radan alla on lähinnä savea ja silttiä lukuun otta-
matta pientä aluetta Aurajoen itäpuolella. Maaperäkartan perusteella alue radan ympärillä
on savea ja paikoin alueella on myös hietaa (karkeaa silttiä tai hienoa hiekkaa). Paikoin
radan läheisyydessä maaperä on kalliota, jonka reunalla on usein moreenia. Aurajoen
länsipuolella junaradan ja joen väliin jäävä alue on pääasiassa tasaista ja koostuu saata-
villa olevien tietojen mukaan savesta ja siltistä. Lähtötietojen perusteella ei voida ottaa
kantaa maaperän kerrostuneisuuteen ja kerrospaksuuksiin radalta pois päin.



Kuva 3 Maaperäkartta. Selvitysalueeseen kuuluva rataosuus esitetty punaisena viivana.

Kairausten perusteella noin 770 metrin matkalla Aurajoen länsipuolella pehmeikön (savea ja silttiä) paksuus on noin 15-25 metriä radan alapuolella. Tämän jälkeen pehmeikön paksuus vaihtelee noin 5-10 metrin välillä. Pehmeikön alla on moreenia. Aurajoen itäpuolella pehmeikön paksuus on radan kohdalla huomattavasti ohuempi (1-10 metriä) ja sen alla on moreenia. Radan alla on myös jonkin verran täytemaata.

Olosuhteissa, joissa maaperän sisältää paksuudeltaan vaihtelevia kerroksia ja myös peruskallion topografia vaihtelee, on värähtelytarkastelun tekeminen monimutkaista. Maaperässä värähtely leviää eri aallonmuotoina, joiden yhteisvaikutuksesta syntyy koettava tärinä. Erityyppisten tärinäaaltojen kohdatessa maanpinnan, peruskallion tai toisen maakerroksen, aaltotyypeistä aiheutuu heijastumista ja taittumista. Tärinäaaltojen heijastuminen ja taittuminen sekä mahdollinen eri herätepisteistä lähtevien tai heijastuvien tärinäaaltojen summautuminen voivat synnyttää odottamattoman suuria tärinäarvoja pehmeissä maaperissä. Näin on etenkin, kun herätteestä lähtevän tärinän kesto on useita sekunteja. (Talja & Törnqvist 2014)

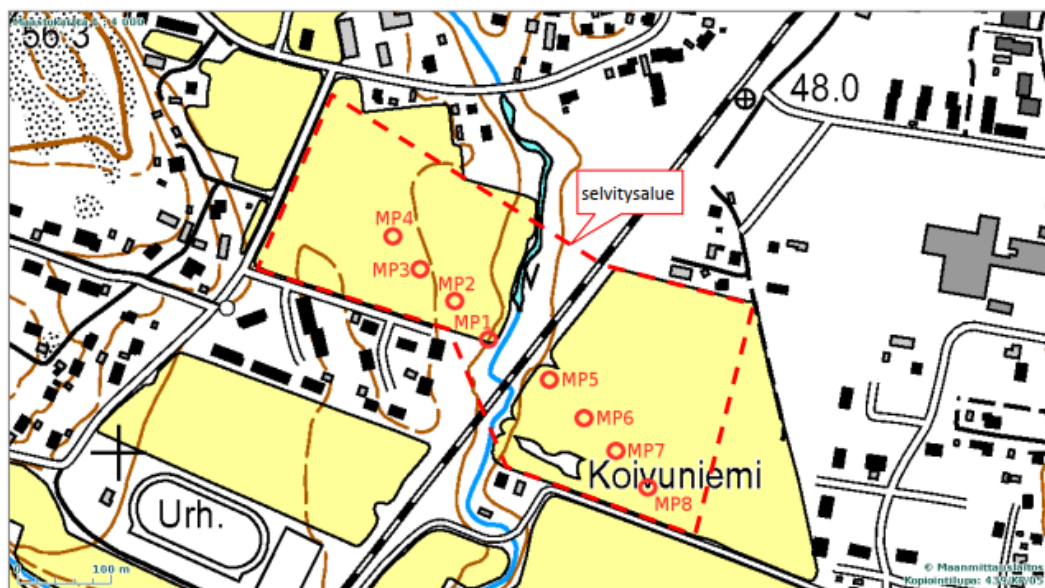
Tärinän edetessä kauemmaksi tärinälähteestä maanpinnan pystysuuntainen värähtely vaimenee usein tasaisesti. VTT Tutkimusraportin VTT-R-04703-14 (2014) mukaan voidaan karkeasti arvioida, että tärinä puolittuu, kun etäisyys kasvaa kaksinkertaiseksi. Vaimeneminen voi olla hitaampaa etenkin pehmeillä maalajeilla kuten savilla ja silteillä. (Talja & Törnqvist 2014)

3 TÄRINÄSELVITYS

3.1 Tärinän arviointi kohteessa

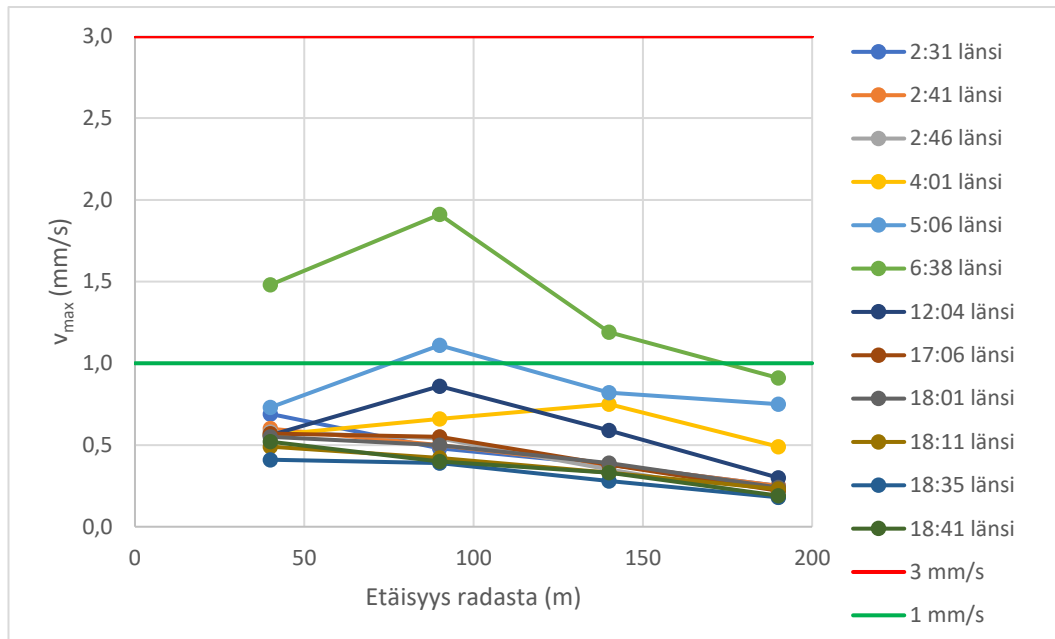
Tärinäselvityksessä on tutkittu rautatieliikenteen aiheuttaman tärinän vaikutusta rakenteisiin ja asumismukavuuteen. Tärinän arviointiin on käytetty seuraavia VTT:n julkaisuja: *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa* (2006), *Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi* (2008), *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* (2009), *Ohjeita liikennetärinän arviointiin* (2011) ja *Liikennetärinä – Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius* (2014).

VTT:n julkaisujen lisäksi selvityksessä on käytetty Promethor Oy:n tekemää liikennetärinäselvitystä (liite 4), johon liittyvät mittaukset on tehty 22.-29.4.2013. Liikennetärinäselvityksen mittaukset tehtiin pellolla molemmin puolin rataa yhteensä kahdeksassa pisteessä. Mittauksiin liittyvä selvitysalue on esitetty alla (Kuva 4). Selvityksessä ei ole mainittu, millainen juna radalla on liikennöinyt milläkin mittaushetkellä, joten saatuja mittaustuloksia ei voida suoraan yhdistää tiettyyn junatyyppeihin. Tietoja vuoden 2013 junatyypeistä ei ole myöskään esitetty. Sweco Infra & Raililta saatujen tietojen mukaan vuoteen 2013 verrattuna nykyään on hieman vähemmän kaukoliikenteen junia, mutta tavarajunien osalta suuria muutoksia ei ole tapahtunut.



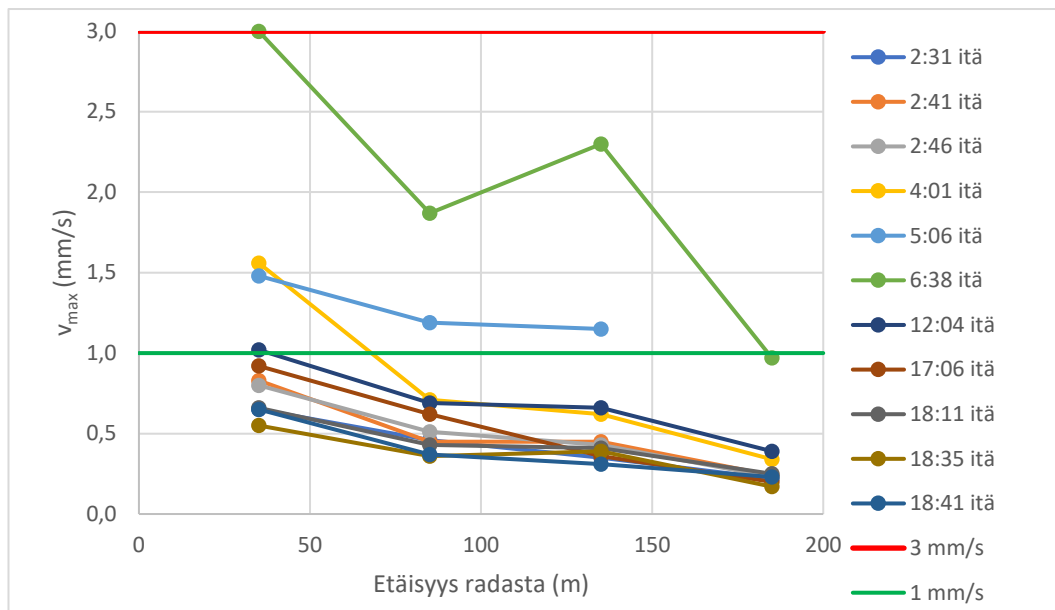
Kuva 4 Promethor Oy:n vuonna 2013 tekemien tärinämittausten mittauspisteiden sijainti (Promethor 2013).

Promethor Oy:n tekemissä tärinämittauksissa oli puolittaista vaihtelua, jota on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 5 ja Kuva 6) värähtelyn huippuarvon v_{max} perusteella. Radan länsipuoleisella pellolla ojan takana (MP1-4) mitattu värähtely oli pienempää kuin radan toisella puolella (MP5-8), jossa ei ole ojaa radan ja mittauspisteiden välissä.



Kuva 5 Promethor Oy:n tekemien värinämittausten värähtelyn huippuarvo (mm/s) mittauspisteissä MP1-4. Mittaukset suoritettiin 22.-29.4.2013 (Promethor 2013) ja mitatut värähtelyt on esitetty mittauskellonajan mukaan.

Ero puolien välillä oli paikoin huomattava etenkin isoimmilla mitatuilla värähtelyillä, jotka ovat todennäköisesti peräisin tavarajunista. Ojan takana isoimpien mitattujen värähtelyiden kohdalla värähtely ei pienentynyt etäisyyden kasvaessa, vaan isoin värähtely mitattiin usein toisen tai kolmannen mittauspisteen kohdalla. Itäpuolella värähtely yleensä laski, mitä kauemmas radasta etäännyttiin, mutta lasku oli yleensä melko loivaa, mikä on tavalista pehmeiköille. Itäpuolella lasku oli jyrkkää klo 6:38 ja 4:01 mitatuissa värähtelyissä. Mittaustulosten perusteella oja maaperän epäjatkuvuuskohtana aiheuttaa ”esteen”, minkä vuoksi länsipuolella ensimmäisessä mittauspisteessä havaittu värähtely on usein pienempää kuin sitä seuraavassa mittapisteessä.



Kuva 6 Promethor Oy:n tekemien värinämittausten värähtelyn huippuarvo (mm/s) mittauspisteissä MP5-8. Mittaukset suoritettiin 22.-29.4.2013 (Promethor 2013) ja mitatut värähtelyt on esitetty mittauskellonajan mukaan.

Mittausten yhteydessä ei oltu tehty maaperätutkimuksia, joten mahdollisia maaperän muuttumisen tai muiden epäjatkuvuuskohtien aiheuttamia muutoksia ei voida ottaa huomioon. Vertailu on tehty olettamalla, että maaperä on homogeeninen ja että kerrospaksuudet eivät muutu värinän etenemisen suunnassa, mutta todennäköisesti kerrospaksuudet vaihtelevat.

3.1.1 Asumismukavuuteen vaikuttavan värinän arviointi

Kun arvioidaan asumismukavuudelle aiheutuvaa haittaa, värinän arvioinnissa käytetään värähtelyn tunnuslukua $v_{w,95}$ (mm/s). Tunnusluku $v_{w,95}$ on painotetun värähtelyn tehollisarvon v_w tilastollinen maksimi. Arvo perustuu yhden viikon ajalta 15 merkitsevimmästä ajoneuvosta mitattuun värähtelyyn. Tilastollinen maksimi määritetään painotetusta tehollisarvosta seuraavasti (Talja et al. 2008):

$$\overline{v_{w,95}} = \overline{v_w} + 1,8 \cdot \sigma.$$

Värähtelyn tunnusluvun mukaan voidaan kohteet jakaa neljään värähtelyluokkaan. Suositus rakennusten värähtelyluokista perustuu VTT Tiedotteeseen 2278 *Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta* (Talja 2004). Luokitus perustuu VTT:n mittaus tuloksiin sekä Norjan standardiin (NS 8176E, 1999). Myös ohjeet DIN 4150-2 (1999), Banverket (1997), FRA (2005) ja FTA (2006) tukevat esitettyä suositusta (Talja 2004). Värähtelyluokituksen suositukset on esitetty seuraavassa taulukossa Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Talja 2004). Taulukko 2).

Taulukko 2. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Talja 2004).

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	$v_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse tärinää</i>	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita tärinän, mutta se ei ole yleensä häiritsevää</i>	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä</i>	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä</i>	$\leq 0,60$

Uusille radoille ja radoille, joilla liikennenopeutta tai akselipainoja nostetaan aikaisempaan tilaan verrattuna, sovelletaan tärinän tunnusluvun luokkaa C ja vanhoilla radoilla sovelletaan luokkaa D (Liikenneviraston ohjeita 13/2018). Taulukossa 1 esitettyjä värähtelyluokat koskevat vain normaaleja asuinrakennuksia, joten taulukkoa ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (toimistot, kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat). Näille muille toiminnoille voidaan soveltaa muita suosituksia. Promethor Oy:n liikennetärinäselvityksessä tunnusluvun suoritusarvona käytettiin koulurakennuksille 0,60 mm/s ja liike- ja toimistorakennuksille 0,90 mm/s. Promethor Oy:n liikennetärinäselvityksessä ei asetettu teollisuustilojen käyttöviivyydelle värähtelyn tavoitearvoa.

Ohjearvot eivät ota kantaa tärinähäiriön toistuvuudesta tai häiriön kellonajasta. Ohjearvot ovat linjassa naapurihuoneistosta aiheutuvasta tärinästä. Suositus naapureiden liikkeistä aiheutuvalla tärinällä on värähtelyluokka D ja naapurin pesukoneesta aiheutuville tärinälle suositusluokka on C. Ihmiset kokevat saman tärinän eri tavoin. Tärinään voi myös tottua ja sille voi myös herkistyä. Samansuuruisen tärinän häiriöksi kokeminen voi vaihdella ihmisten välillä peräti viisi yksikköä 10-portaisella asteikolla. (Talja et al. 2008) Yleensä asumismukavuuden haitta-alue on huomattavasti laajempi kuin mahdollisia vaurioita aiheuttavan tärinän alue, koska asumismukavuudelle asetetut tärinän ohjearvot ovat merkittävästi pienemmät kuin rakenteiden vaurioitumiselle asetetut ohjearvot (Talja & Törnqvist 2014).

Tässä selvityksessä hyödynnettiin Promethor Oy:n määrittämiä värähtelyn tunnuslukuja $v_{w,95}$ (mm/s) (Taulukko 3), joiden avulla yritetään arvioida värähtelyn tunnuslukua muillakin alueilla vertaamalla alueen olosuhteita alueen muihin kohtiin.

Taulukko 3 Promethor Oy:n arvioimat värähtelyn tunnusluvut $v_{w,95}$ (mm/s).

Mittaus- piste	Etäisyys radasta (m)	$v_{w,95}$ (mm/s)		
		z	y	x
1	40	0,41	0,25	0,22
2	90	0,59	0,25	0,21
3	140	0,44	0,19	0,24
4	190	0,30	0,17	0,15
5	35	0,87	0,4	0,32
6	85	0,66	0,49	0,22
7	135	0,71	0,34	0,18
8	185	0,30	0,15	0,17

VTT Tiedote 2425 *Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi* (2008) mukaan tärinän arviointi voidaan tehdä kolmella tasolla. Tasolla 1 arviointi perustuu GTK:n ylläpitämään maaperäkartaan (1:20 000), josta voidaan karkeasti arvioida pohjamaan herkkyyttä ja välityskykyä tärinälle. Tasolla 1 määritetään, onko tarpeellista arvioida alueen tärinää tarkemmilla menetelmillä, eli onko suunniteltavia tai olemassa olevia rakennuksia vaikutusvyöhykkeellä. Arvio perustuu turvaetäisyyteen, jota kauempana tarkempi värähtelyselvitys ei ole tarpeen. Etäisyydet perustuvat kirjallisuuteen ja värähtelymittauksista saatuihin kokemuksiin. Turvaetäisyydet on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4).

Taulukko 4 Arvio turvaetäisyyksistä, joita suuremmilla etäisyyksillä tarkempi värähtelyselvitys ei ole tarpeen (Talja et al. 2008, Talja 2011).

Suosittelava turvaetäisyys (m)	Liikennetyyppi	Pehmein maalaji väylän alla
500	Tavarajunaliikenne (3 500 tn, 90 km/h)	Pehmeä maa
200	Pikajunaliikenne (140 km/h)	Pehmeä maa
100	Tavara- ja pikajunat	Kova maa
100	Metro- ja sähkömoottorijunat (80 km/h)	Pehmeä maa
100	Raskas maantieliikenne (100 km/h, sileä)	Pehmeä maa
100	Hidastetöyssyt, raskas liikenne (40 km/h)	Pehmeä maa
50	Raskas katuliikenne (40 km/h, sileä)	Pehmeä maa
15	Raskas maantie- ja katuliikenne (myös töyssyt)	Kova maa

Arviointitaso 2 perustuu laskentakaavoilla tehtävään asiantuntija-arviointiin. Laskentakaavat pohjautuvat tehtyihin tärinämittauksiin eri maalajeilla ja kohteilla, sekä empiirisiin havaintoihin. Kaavoilla voidaan arvioida eri tärinän aiheuttajien aiheuttamaa tärinän suuruutta eri etäisyyksillä. Kaavat ovat suhteellisen epätarkkoja, mutta antavat käsityksen, onko tarpeen käyttää tarkempaa tärinänarviointitasoa. VTT:n julkaisussa 50 (Törnqvist & Talja 2006) liitteessä C on esitetty VTT Tiedotteen 2425 suosittama laskentamenetelmä

tärinän suuruuden arvioimiseksi. Samaa laskentamallia käytetään rakenteiden vaurioalttiuden määrittämiseen VTT Tutkimusraportissa VTT-R-04703-14.

Tasolla 3 tärinänarviointi perustuu konkreettisiin tärinämittauksiin, jolloin tärinän todelliset arvot saadaan arvioitua nykyisissä rakennuksissa ja maastossa (Talja et al. 2008).

VTT Tiedotteessa 2569 *Ohjeita liikennetärinän arviointiin* (Talja 2011) käytetään samoja arvioita turvaetäisyyksistä kuin tiedotteen 2425 arviointitasolla 1, joita kauempana tarkempi liikennetärinän tarkastelu ei ole tarpeellinen. VTT Tiedotteessa 2569 teoreettisista laskentakaavoista on luovuttu, jolloin tarkemmat arviot edellyttävät aina värähtelyn mittaamista rakennuspaikalla.

Tarkemmassa arviossa arvioidaan rakennuksen rungon ja lattian värähtelyä, mikä perustuu perustusten värähtelyyn. Perustusten värähtely arvioidaan mitatun maaperän värähtelyn perusteella. Tarkastelu tehdään kahdella (2) lähestymistavalla. Toisella otetaan huomioon värähtelyn voimistuminen resonanssin vuoksi (v_{w2}) ja toisessa värähtelyn tasainen voimistuminen koko taajuusalueella (v_{w1}). Rungon resonanssitarkastelu pohjautuu maaperän vaakavärähtelyyn (x- ja y-suunnat) ja lattian resonanssitarkastelu pystyvärähtelyyn (z-suunta). (Talja 2011)

Tasaiseen voimistumiseen perustuva rakennuksen värähtely määritetään suurimman perustuksessa esiintyvän värähtelykomponentin perusteella,

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

jossa k_1 on suurennuskertoimen, jonka arvo on yleensä 1,5. Suurennuskertoimenä voidaan käyttää yhtä (1,0), jos rakennuksen lattia ja perustukset ovat suorassa yhteydessä maahan sekä pysty- ja vaakasuunnassa. Tällaisia ovat yksikerroksiset rakennukset, joissa lattia on maanvarainen ja sokkeliä ei ole tuettu paaluille. (Talja 2011)

Resonanssitarkastelu tehdään sekä rungolle ja lattialle. Lattian resonanssitarkastelu perustuu maaperän pystyvärähtelyyn ja rungon resonanssitarkastelu maaperän vaakavärähtelyyn. Lattian resonanssitapauksessa värähtelyn suuruus määritetään perustuksen pystysuuntaista värähtelyä kuvaavan spektrin suurimman arvon mukaan, jolloin

$$v_{w2} = k_2 \cdot \max(v_{w,i}^{per,z})$$

jossa suurennuskertoimen k_2 arvo on 6,0. Rungon resonanssitapauksessa värähtelyn suuruus määritetään perustuksen värähtelyä kuvaavien spektrien suurimman arvon perusteella, jolloin

$$v_{w2} = k_2 \cdot \max(v_{w,i}^{per,x}, v_{w,i}^{per,y})$$

jossa suurennuskertoimen k_2 arvo on 4,0. Määritettyjä arvoja verrataan värähtelyn tavoitearvoihin, jotka ovat samat kuin aikaisemmissa julkaisuissa (Taulukko 2). Jos tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio rakennuksen värähtelystä on tavoiterajan alapuolella, mutta tavoitearvo ylittyy rungon tai lattian resonanssitarkastelun osalta, tehdään rakennukselle tarkempi värähtelysuunnittelu, jossa rakennuksen korkeus ja lattian jänneväli valitaan niin, ettei rakenteen ominaistaajuus satu maaperän värähtelyn vallitsevalle taajuusalueelle. Jos tasaisen voimistumisen perusteella tehty tärinäarvio ylittää tavoiterajan tai tarkemmalla värähtelysuunnittelulla ei päästä tavoitteeseen, tulee varautua alueen käyttötarkoituksen muuttamiseen tai rakennusalueen värähtelyn vaimentamiseen. (Talja 2011)

3.1.2 Rakenteiden vaurioalittiuteen vaikuttavan tärinän arviointi

Rakenteiden vaurioalittiuden arvioinnissa tutkimusalue jaetaan kolmeen (3) alueeseen VTT Tutkimusraportin VTT-R-04703-14 (Talja & Törnqvist 2014) mukaan. Tärinäalueiden rajauksen avulla voidaan arvioida alueen soveltuvuutta eri käyttötarkoituksiin maaperän värähtelyn perusteella. Kartoitettava alue jaetaan normaalikuntoisten rakennusten tärinäsiedon perusteella seuraaviin alueisiin:

V-alue: Rataa lähimpänä oleva alue, jossa maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa rakennuksille ja rakenteille vahinkoriskin.

H-alue: Tavanomaisiin ja hyväkuntoisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa on otettu huomioon liikennetärinä. Alueella tärinä on kuitenkin usein selvästi havaittavaa ja häiritsee yleensä asumismukavuutta. Rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit tulee ottaa huomioon vaurioitumisriskin arvioinnissa.

E-alue: Normaalikuntoisille rakenteille ei aiheudu tärinästä rakenteiden vaurioitumista, mutta tärinä voi häiritä asumismukavuutta. Tärinän vaikutus asumismukavuuteen on tarkistettava erikseen VTT Tiedotteen 2569 mukaan. (Talja & Törnqvist 2014)

Alueiden rajaus perustuu maalajiin ja maaperän värähtelyn huippuarvoon v_{max} (mm/s). Eri alueiden värähtelyrajat on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 5). Maanperän värähtely ei saa ylittää taulukossa esitettyjä arvoja pysty- ja vaakasuunnissa.

Taulukko 5 Tärinäalueiden rajauksessa käytettävät värähtelyrajat (v_{max} mm/s) maaperän värähtelylle (Talja & Törnqvist 2014).

Maalaji	Pehmeä savi leikkaus- lujuus < 25 kN/m ²	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekkä	Tiivis hiekkä, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyssä hallitseva taajuus	< 10 Hz	10-20 Hz	20-50 Hz	> 50 Hz
V-alue	3	4,2	6	7,2
H-alue	1-3	1,4-4,2	2-6	2,4-7,2
E-alue	< 1	< 1,4	< 2	< 2,4

Vaurioalittiuteen vaikuttavan tärinän arviointi jaetaan kolmeen (3) tarkastelutasoon VTT Tutkimusraportin VTT-R-04703-14 (2014) mukaan. Tarkastelutasolla 1 maaperän värähtely oletetaan samaksi pysty- ja vaakasuunnissa. Tarkastelu tehdään käyttäen maanpinnan värähtelyn huippuarvoa v_G , joka tietyllä etäisyydellä radasta saadaan määritettyä käyttäen seuraavaa kaavaa

$$v_G = v_0 \cdot \left(\frac{D_0}{D}\right)^B \cdot \left(\frac{S}{S_0}\right)^A \cdot \frac{G}{G_0} \cdot k_R \cdot F,$$

jossa

v_0 on värähtelyn perusarvo maassa etäisyydellä D_0 on 15 m raiteen keskilinjasta ja jonka arvo saadaan tutkimusraportin VTT-R-04703-14 taulukosta 2

D on tarkasteluetaisyys

B on etäisyyssekspONENTTI, jonka arvo saadaan tutkimusraportin VTT-R-04703-14 taulukosta 2

S on tarkasteltava junan nopeus, jonka perusarvo S_0 on 70 km/h

A on nopeusekspONENTTI, jonka arvo on 0,9-1,1 (keskimäärin 1,0)

G on tarkasteltavan junan kokonaispaino, jonka perusarvo G_0 on 2000 tn

k_R on radan kunnosta riippuva kerroin, joka on keskimäärin 1,0. Vanhoille yksiraiteisille radoille $k_R = 1,3$ ja uusille moniraiteisille radoille $k_R = 0,7$

F on varmuuskerroin, jonka arvo on 2. Jos perusyhtälö on kalibroitu kohteessa tehdyillä tärinämittauksilla, $F = 1$ (Talja & Törnqvist 2014).

Laskennallisesti määritettyjä maanpinnan värähtelyn huippuarvoja verrataan edellä esitetyn taulukon (Taulukko 5) mukaisiin värähtelyrajoihin.

Tarkastelutasolla 2 alueiden rajauksessa käytetään mitattuja maaperän värähtelyn arvoja. Mitatuilla arvoilla voidaan tarkentaa tarkastelutason 1 laskennallista arviota. Tarkastelutason 3 lähtökohtana on rakennuksen perustuksen värähtely. (Talja & Törnqvist 2014)

3.1.3 Tärinän aiheuttama runkomelu

Termillä runkomelu tarkoitetaan VTT Tiedotteen 2468 *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* (Talja & Saarinen 2009) mukaan maaperän kautta rakennukseen siirtyvää värähtelyä, joka muuttuu ääneksi. Runkomelu syntyy raideliikenteen tapauksessa kiskon ja junan pyörien kosketuksen aiheuttamasta värähtelystä, joka välittyy radan alusrakenteiden ja maaperän kautta läheisten rakennusten perustuksiin. Ääni etenee perustuksista rakennuksen runkorakenteita pitkin huonetilojen seinä-, välipohja- ja yläpohjarakenteisiin. Rakennusosien värähtely aiheuttaa huonetilojen pinnoissa äänen säteilyä, joka etenee ilmassa paineaaltoina, jotka ovat aistittavissa äänenä.

Runkomeluun liittyvä värähtely on voimakkuudeltaan niin vähäistä, ettei sitä voida havaita rakennuksen tärinänä, joten se ei aiheuta minkäänlaista vaaraa rakenteille. Runkomeluhaitta on yleensä suurin, kun sekä rakennuksen ja väylän perustukset ulottuvat suoraan peruskallioon tai kovaan kitkamaahan. (Talja & Saarinen 2009)

Runkoäänestä aiheutuvan häiriön suhteellisen harvinaisuuden takia tutkimusta sen vaikutuksesta ihmiseen on melko vähän. Runkomelun kiusallisuus riippuu äänitasosta, häiriön toiston määrästä, melun taajuussisällöstä sekä tilan taustamelutasosta. (Talja & Saarinen 2009)

Suomessa, kuten monissa muissakin maissa, ei runkomelulle ole annettu ohje- tai raja-arvoja. Suomessa tehdyissä runkomeluselityksissä ohjearvona asuinrakennuksille avoradoilla on käytetty tyypillisesti rajaa $L_{pm} \leq 35$ dB. VTT Tiedotteen 2468 mukaisesti arviointitasolla 1 käytetään runkomelunkin osalta turvaetäisyyttä, jotka on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 6).

Taulukko 6 Väylän ja rakennuksen välinen etäisyys, jota kauempana väylästä tarkempi värähtelytarkastelu ei yleensä ole tarpeen. Maapohja on oletettu samaksi väylän ja rakennuksen alla ja sen paksuuden on oltava vähintään 3 m. (Talja & Saarinen 2009)

Liikennetyyppi	Maapohja, väylän sijainti ja runkomelutason raja			
	pehmeä maa, pintaväylä, 35 dB	kova maa, pintaväylä, 35 dB	kallio, tunneli, 30 dB	kallio, pintaväylä, 35 dB
Tieliikenne, 50 km/h	< 5 m	< 5 m	< 5 m	< 5 m
Tieliikenne, 100 km/h	< 5 m	< 5 m	< 5 m	5 m
Raitiovaunu, 40 km/h	< 5 m	15 m	50 m	120 m
Metro tai lähijuna, 80 km/h	< 5 m	30 m	90 m	160 m
Lähijuna, 160 km/h	10 m	60 m	130 m	200 m
Sähkömoottorijuna, 220 km/h	15 m	70 m	150 m	>200 m
IC-juna, 160 km/h	40 m	130 m	200 m	>200 m
Tavarajuna, 100 km/h	60 m	160 m	>200 m	>200 m

Mitatuissa runkomelutasoissa esiintyy usein huomattavaa hajontaa, joku johtuu kiskojen ja radan kunnosta ja värähtelyn siirtymiseen vaikuttavista maanperän ominaisuuksista. Usein raja-arvon luokkaa olevia runkomelutasoja saattaa esiintyä vain rataa lähimpien kohteiden alimmissa kerroksissa ja niissä johtuen vain joissakin junatyypeissä tai junista. (Talja & Saarinen 2009)

Promethor Oy:n tekemän Liikennetärinäselvityksen mukaan laskennallisista värähtelysignaaleista arvioidut runkomelutasot eivät alueella aiheuta muutoksia vaurioriskin ja käyttö- ja asumisviihtyvyyden kannalta määritettyihin tärinän vaikutusalueisiin. Selvitysalueen kaltaisilla pehmeiköillä runkomelu ei tyypillisesti ole ongelma. (Promethor 2013) Pehmeiköillä suurin turvaetäisyys raideliikenteestä johtuen on 60 m, mikä on huomattavasti vähemmän kuin asumismukavuuden määrittämä turvaetäisyys (Taulukko 4). Tämän ja vähäisten mittaustietojen takia runkomelua ei käsitellä tässä tärinäselvityksessä.

4 TULOKSET

4.1 Asumismukavuuteen vaikuttuvan tärinän tulokset

Asumismukavuuden kannalta käytettiin Promethor Oy:n tekemiä tärinämittauksia. Arvioinnissa hyödynnettiin vain mittauspisteiden 5-8 tuloksia, koska ojan sijainnilla vaikuttaa olevan merkittävä vaikutus tärinän mittaustuloksiin, joten arvioissa käytettiin asumismukavuuden kannalta huonompaa vaihtoehtoa. Oja muodostaa epäjatkuvuuskohdan, joten sen vaikutus jätetään huomiotta ilman tarkempia tarkasteluja. Asumismukavuuteen vaikuttavien tärinäarvojen lukuarvot on koottu seuraavaan taulukkoon (Taulukko 7). Kaikki arviointitulokset on esitetty Promethor Oy:n liikennetärinäselvityksessä (liite 3).

Taulukko 7 Promethor Oy:n määrittämien asumismukavuuteen vaikuttavien värinäärojen lukuarvot (Promethor 2013).

Mittauspiste	Etäisyys radasta (m)	Tasainen voimistuminen (mm/s)		Resonanssitarkastelu (mm/s)	
		v _{w1} runko	v _{w1} lattia	v _{w2} runko	v _{w2} lattia
5	35	0,58	1,31	0,69	2,43
6	85	0,73	0,99	0,88	1,82
7	135	0,51	1,07	0,60	1,92
8	185	0,25	0,45	0,29	0,81

Koska mittauspisteiden kohdalla ei ole määritetty tarkemmin maaperää ja GTK:n maaperäkartan perusteella maaperä on savea mittauspisteiden kohdalla, on mittauspisteiden tulokset yleistetty edustavan alueen kaikkia savialueita. Karkeammassa maaperässä värähtelyn suuruutta ei ole pystytty arvioimaan, koska värähtelyn heräte tulee kairausten perusteella lähes koko alueella savikolta. Karkea maaperä vaimentaa värähtelyä tehokkaammin kuin pehmeä savi, joten oletettavasti värinä on radan läheisillä moreeni/kallio-alueilla vähäisempää kuin savikolla samalla etäisyydellä radasta.

Edellisen taulukon (Taulukko 7) lukuarvojen perusteella kohteessa pystyvärähtely (lattia) on rajoittava tekijä. Lukuarvojen ja niihin sovitetun käyrän perusteella tasaisen voimistumisen osalta uusien asuinrakennusten kohdalla värähtelyn tavoitearvo ($\leq 0,30$ mm/s) alitetaan 240 metrin etäisyydellä radasta. Koska resonanssitarkastelussa tavoitearvo ylittyy tällä etäisyydellä, vaatii asuinrakentaminen tarkemman värähtelysuunnittelun, jossa rakennuksen korkeus ja lattian jänneväli valitaan niin, ettei rakenteen ominaistajuus ei satu maaperän värähtelyn dominoivalle taajuusalueelle. Koska lattian resonanssitaajuuDET, joilla suositusarvo ylittyy ovat 6,3 ja 8 Hz, tulee rakenteen alin ominaistajuus valita siten, että se on maaperän värähtelytaajuuden (8 Hz) yläpuolella. Tällöin värähtely ei voimistu resonanssin vaikutuksesta. Tarkempaa värähtelysuunnittelua ei tarvita, kun asuinrakennuksen etäisyys radasta on 265 m, koska resonanssitarkastelun tulosten käyräsovitteen perusteella resonanssi ei voimistu värähtelyä yli tavoitearvon tällä etäisyydellä.

Olemassa oleville tavanomaisille asuinrakennuksille värähtelyntavoitearvo ($\leq 0,60$ mm/s) alitetaan 180 metrin päässä junaradasta tasaisen voimistumisen osalta. Resonanssitarkastelun perusteella lattian värähtely voi olla silloin vielä ongelmallinen. Etäisyyden ollessa radasta 235 m resonanssi ei ole enää ongelma. Samaa tavoitearvoa ja etäisyyksiä voidaan soveltaa myös opetustiloille.

Liike- ja toimistorakennusten osalta värähtelyn tavoitearvona käytettiin 0,90 mm/s. Tasaisen voimistumisen perusteella liike- ja toimistotiloja voidaan sijoittaa 120 metrin etäisyydelle radasta, mutta rakennus vaatii silloin tarkemman värähtelysuunnittelun. Värähtelysuunnittelua ei tarvita, kun etäisyys kasvaa 200 metriin.

Teollisuusrakennuksille ei ole asetettu värähtelyn tavoitearvoa, joten määrääväksi tekijäksi tulee pelkästään rakennusten vaurioitumisriski. Asumismukavuuteen vaikuttavat alueet on esitetty kartalla liitteissä 1 ja 2. Yhteenvedo etäisyyksistä on esitetty kappaleessa 5 *Tulosten yhteenvedo*.

4.2 Rakenteiden vaurioalttiuteen vaikuttavan tärinän tulokset

Tärinän värähtelytaso on laskettu junaradalla liikennöivän suurimman tärinänaiheuttajan mukaisesti, joka on tutkimusalueella tavarajuna. Tavarajunan paino ja nopeus oletettiin epäedullisiksi tärinän suhteen. Tavarajunien maksiminopeus alueella on 100 km/h, mutta arvioissa on käytetty 90 km/h, joka on lähempänä tavarajunien todellista nopeutta. Laskenta on suoritettu kappaleessa 3.1.2 *Rakenteiden vaurioalttiuteen vaikuttavan tärinän arviointi* esitetyn kaavan mukaisesti. Laskentatapaa on tarkennettu Promethor Oy:n tekemien maaperän värähtelyn huippuarvojen perusteella.

Koska radan kunnosta ei ollut tarkkaa tietoja, käytettiin kertoimena k_R vanhoille yksiraiteisille radoille tarkoitettua kertoimen arvoa 1,3. Uudella radalla kerroin on 0,7, jolloin värähtelyn huippulukku on pienempi uusilla radoilla vanhoihin verrattuna. Alueelta, jolta oli konkreettisia tärinämittauksia, varmuuskertoimena F käytettiin arvoa 1. Muualla käytettiin arvoa $F=2,0$. Laskentakaava sovitettiin suurimmalle mitatulle värähtelylle, joka oli 23.4.2013 klo 6:38 havaittu juna. Jotta mittaustulokset saatiin sopimaan laskentakaavaan savisella alueella, kaikki kertoimet valittiin mahdollisimman suuriksi (mahdollisimmat epäedullinen tilanne). Mittausten ja kaavasovituksen perusteella junan kokonaisuudessa on arvioitu olevan 4300 tn ja junan tyyppin olevan tavarajuna. Karkeammalla hiekkamoreeni-alueella valittiin arvot karkearakeisten maalajien mukaan niin, että arvot osuvat vielä väli- maalajien kertoimien alueelle ($v_0 = 0,5$ mm/s (tavarajunat) ja 0,3 mm/s (henkilöjunat), $B = 1,5$ ja $A=1$).

Mitattujen tärinäsignaalien taajuussisältö savisella alueella oli mittausten perusteella pääsääntöisesti alle 10 Hz, minkä vuoksi v_{max} -arvot rakennuksissa lähimpänä rataa tulee olla alle 3 mm/s (kt. Taulukko 5). Mittaustulosten perusteella tarkennettujen laskennallisesti määritettyjen värähtelyn huippuarvojen perusteella etäisyys radasta tulee olla vähintään 35 m. H- ja E-alueen välinen raja on 300 m päässä radasta. Moreenissa hallitseva taajuus on 20-50 Hz (kt. Taulukko 5), jolloin H-alueen värähtelyraja on alle 6 mm/s. Varmuuskertoimen F ollessa 2,0 etäisyys radasta olisi laskennan perusteella 10 m. E-alueen raja on 23 m päässä radasta. Koska moreeni osuu niin kapealle alueelle radan alla ja sen sijainti rataa nähden on epävarma, käytettiin koko alueella saven mukaisia tärinäalueita varmuuden vuoksi. Aluerajaukset rakenteiden vaurioitumisriskin perusteella on esitetty liitteessä 3.

5 TULOSTEN YHTEENVETO

Seuraavassa taulukossa on asumismukavuuden perusteella määritetyt etäisyydet radasta (Taulukko 8). Etäisyydet määritettiin sovittamalla käyrät tasaisen voimistumisen (v_{w1}) ja resonanssin perusteella (v_{w2}) arviotuihin värähtelyn lukuarvoihin, jotka saatiin Promethor Oy:n tekemästä selvityksestä. Sovitukseen käytettiin pelkästään mittauspisteistä 5-8 peräisin olevia lukuarvoja, koska toisella puolella rataa todennäköisesti oja toimii epäjatkuvuuskohtana, joka vaikuttaa mitattuun värähtelyjen suuruuteen. Täten toisen puolen tulokset ovat paremmin sovellettavissa koskemaan koko aluetta.

Taulukko 8 Yhteenveto asumismukavuuden perusteella määritetyistä rakennusten etäisyyksistä junaradasta ja käytetyt värähtelyn tavoitearvot (mm/s).

Kohde	Värähtelyn tavoitearvo (mm/s)	Vaatii värähtelysuunnittelun etäisyys radasta (m)	Ei vaadi värähtelysuunnittelua
Tavanomainen asuinrakennus	≤ 0,30	240	265
Olemassa oleva asuinrakennus	≤ 0,60	180	235
Opetustilat	≤ 0,60	180	235
Liike- ja toimistorakennukset	≤ 0,90	120	200
Teollisuusrakennukset	-		35*

* Rakennuksen vaurioitusalttius määräävä

Laskennassa saviset ja silttiset maaperät välittävät tärinää parhaiten ja vastaavasti karkeat ja tiiviit maat vaimentavat tärinääaltoa tehokkaimmin. Alueella, jossa savikko ohenee tärinän etenemissuunnassa ja rajoittuu kovaan pohjaan, tärinän voimakkuus on todennäköisesti hieman suurempi kuin homogeenisessa kohdassa samalla etäisyydellä (Talja & Törnqvist 2014). Tällaisessa kohdassa tärinän voidaan olettaa leviävän myös jossain määrin karkearakeiseen maakerrokseen tärinääaltojen voimistumisen takia.

Rakenteiden vaurioitumisriski alueella on arvioitu suurimman herätteen aiheuttamien maaperän värähtelyjen huippuarvojen v_{max} perusteella, jotka sovitettiin laskukaavaan. Rakenteiden vaurioitumisalttiuden määrittämät etäisyydet radasta on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 9). Uutta rakennuskantaa suunnitellessa rakennuskannan vaurio-tarkastelua ei yleensä tarvita, sillä asumismukavuuden raja on huomattavasti tiukempi kuin raja rakenteiden vaurioitumiselle (Talja & Törnqvist 2014).

Taulukko 9 Yhteenveto vaurioitumisalttiuden mukaisten alueiden (V, H, E) etäisyyksistä junaradasta.

Alue	Värähtelyraja savessa (mm/s)	Etäisyys radasta (m)
V	3	0-35
H	1-3	35-300
E	< 1	> 300

Laskennallisessa arvioinnissa tulee huomata, että värähtelytason arviointi perustuu homogeeniseen pohjamaahan eli tärinän alkulähteellä pohjamaa on sama kuin tarkasteltavilla etäisyyksillä. Laskennassa ei pystytä huomioimaan pohjamaan muutoksia tarkastelualueella. Tämä puute on suoraan johdannainen siihen, että tärinän määrittäminen on aina yksilöllistä jokaisessa rakennuksessa ja laskennallinen arviointi sisältää epävarmuuksia. Koska alueelta on tärinämittauksia vain hyvin rajatulta alueelta, tarkempien arvioiden saamiseksi tulee laskennallisia arvioita täydentää lisämittauksilla. Tarkemmat maaperätiedot on selvillä vain junaradan alla eikä tehtyjen mittausten kohdalla maaperää ole tutkittu, joten ei ole täyttä varmuutta siitä, miten tärinä etenee kerroksellisessa maassa tai onko mitauspisteiden linjalla epäjatkuvuuskohtia. Nyt maaperä on jouduttu oletamaan homogeeniseksi pehmeiköksi mittausalueella. Koska maaperäkartan mukaan lähes koko alueen maaperä on savea, on mittaustulokset yleistetty koko tutkimusalueen pehmeikköjä

edustaviksi, vaikka kerrospaksuuksissa on todennäköisesti eroja, mikä vaikuttaa tärinän suuruuteen. Kantavalla maaperällä tärinän ei pitäisi aiheuttaa merkittäviä ongelmia, sillä kairausten perusteella rata on perustettu pehmeikölle ja tärinä vaimenee tehokkaasti moreenissa ja kalliassa.

Kirjallisuuden ja Promethor Oy:n tekemien tarkastelujen perusteella runkomelu ei ole kohteessa ongelma.

6 TÄRINÄÄ VÄHENTÄVIÄ TOIMENPITEITÄ

Mikäli tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio rakennusten sisätilojen värähtelystä ylittää värähtelyn tunnusluvun tavoitearvon, pitää varautua rakennuspaikan käyttötarkoituksen muuttamiseen tai värähtelyn vaimentamiseen. Mikäli tasaisen voimistumisen osalta värähtely täyttää vaatimuksen, muttei rungon tai lattian resonanssin perustuvan arvion osalta, tulee rakennuksen runko ja lattia suunnitella niin, ettei niiden ominaistajuus osu maaperän värähtelyn hallitsevalle taajuusalueelle. Rakenteiden värähtelysuunnittelulla ei voida pienentää rakennuksen perustuksissa esiintyvää värähtelyä. (Talja 2011)

Rungon värähtely koetaan usein haitallisempaan, koska se saa koko rakennuksen värähtelemään. Etenkin rakennuksen korkeus ja maaperässä esiintyvä vaakavärähtely vaikuttavat rungon ominaistajuuteen. Kohteen kaltaisilla savimailla maaperän värähtely on usein hyvin kapeakaistaista ja hallitseva maan värähtelyn taajuusalue osuu 4-10 Hz, joka seuraavan taulukon (Taulukko 10) mukaan on 1-2 kerroksisten rakennusten tyypillinen ominaistajuus. (Talja & Törnqvist 2014) Tämän takia alueille, joilla tärinä voi aiheuttaa ongelmia, kannattaa suosia kerrostaloja. Suurimmat värähtelyt esiintyvät rakennuksen alimmassa kerroksessa ja värähtely pienenee siirryttäessä ylöspäin.

Taulukko 10 Rakennuksen korkeuden vaikutus ominaistajuuteen (Talja & Törnqvist 2014).

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

Savessa hallitseva värähtelyn taajuusalue

Rakennus voidaan tukea kovaan maapohjaan, jolloin maan pintakerroksen värähtelyn vaikutus rakennukseen pienenee. Värähtely pienenee vain kovaan pohjaan tukeutuvassa suunnassa, joten normaali paaluperustus ei pienennä vaakavärähtelyä rakennuksessa. Jos rakennuksen alle jäävän pehmeikön paksuus on noin 4 metriä, voi tulla kannattavaksi tehdä massanvaihto tulevan rakennuspaikan kohdalle. (Talja 2011)

Rakennuksen pystysuuntaista värähtelyä voidaan vähentää myös katkaisemalla värähtelyn siirtyminen riittävän joustavalla perustuksella (vaimennuslevyt, jousivaimentimet). Menetelmää käytetään lähinnä äänitaajuuksisen värähtelyn pienentämiseen, mutta myös matalampia taajuuksia pystytään vähentämään. (Talja 2011) Jousituksen ominaistuuksia ei saa osua maaperässä hallitsevalle taajuusalueelle, sillä se lisää asumismukavuutta häiritsevää tärinää (Talja & Saarinen 2009). Savimailla vallitsevalla taajuusalueella toimivasta eristysratkaisusta ei ole käytännön kokemusta (Talja 2011).

Tärinän syntymiseen voidaan vaikuttaa radan kuntoa parantamalla ja mahdollisesti nopeutta laskemalla. Karkea arvio on, että akselipainon, nopeuden tai väylän epätasaisuuksien puoltaminen pienentää värähtelyn noin puoleen entisestä. Pehmeällä maaperällä voidaan värähtelyä pienentää tukemalla rata kovaan pohjaan. Etenkin lähellä asutusta uusi kaksoisraide kannattaa tehdä paalulaatalla tai pehmeän maakerroksen ollessa ohut tuenta kovaan maapohjaan voidaan tehdä massanvaihdon varaan tai stabiloimalla. Radan alusrakenteen jouston lisääminen toimii käytännössä vain kovilla maapohjilla värähtelyä vähentävä toimenpiteenä (Talja 2011).

Maaperässä leviävää värähtelyä voidaan pienentää maahan upotettavilla tärinäseinillä, joiden jäykkyys on ympäröivää maaperää merkittävästi jäykempi tai joustavampi. Tärinäseinä toimii sitä paremmin, mitä suurempi jäykkyys on seinällä ja maaperällä on ja mitä syvemmälle tärinäeste ulottuu. Mitä syvemmällä seinä on maassa, sitä vähemmän värähtely heijastuu seinän alitse pintamaata kovemmasta kerroksesta. Pehmeiköillä riittävä joustavuus voidaan saavuttaa esimerkiksi ilma- tai rengasrouhetäytöllä ja riittävä jäykkyys kalkkisementtistabiloinnilla tai tukipaaluilla. (Talja 2011)

Joidenkin selvitysten perusteella tärinäesteillä on vaikea saada yli 50 %:n pienennystä savimailla. Pienennys on tapauskohtainen ja riippuvainen värähtelyn suunnasta, taajuus- ja tärinäesteen sijainnista. Tärkeää on varautua tärinän vaikutus pienentämiseen etukäteen, koska jälkikäteen tehtävän tärinän pienentämisen keinot ovat hyvin rajalliset. (Talja 2011)

7 LÄHTEET

Liikennevirasto (2018). Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 Radan rakenne, Liikenneviraston ohjeita 13/2018, 39 s.

Promethor (2013). Liikennetärinäselvitys – Asemanseutu, Aura, Promethor Oy, 12 s.

Talja, A. (2004). Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT Tiedotteita 2278, 50 s.

Talja, A. (2011). Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT Tiedotteita 2569, 35 s.

Talja, A. & Saarinen, A. (2009). Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, esiselvitys, VTT Tiedotteita 2468, 56 s.

Talja, A. Vepsä, A., Kurkela, J. & Halonen, M. (2008). Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT Tiedotteita 2425, 95 s.

Talja, A. & Törnqvist, J. (2014). Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius, VTT Tutkimusraportti VTT-R-04703-14, 58 s.

Törnqvist, J. & Talja, A. (2006). Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT Working Paper 50, 46 s.

Turku, 3. maaliskuuta 2020

Sweco Ympäristö Oy

Jouni Marjaniemi

Suunnittelija

DI

Alina Reiman

Suunnittelija

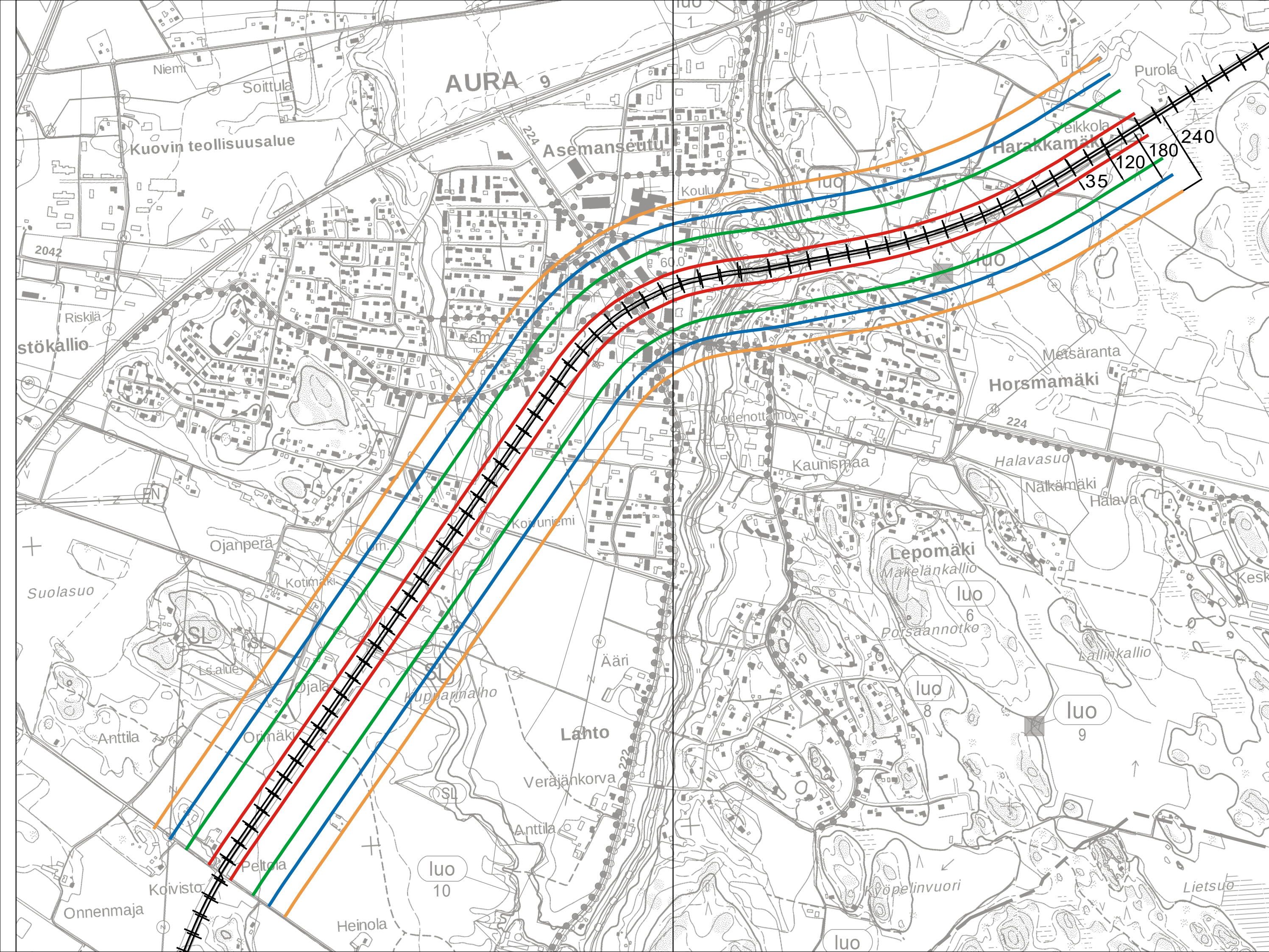
DI


Asumismukavuus, raideliikenne

Tarkempi värähtelysuunnittelu tarvitaan. Tavoitearvo täyttyy tasaisen voimistumisen osalta, mutta värähtely voimistuu resonanssin vuoksi yli tavoitearvon.

- Tavanomainen asuinrakennus
- Opetustila / olemassa oleva rakennus
- Liike- ja toimistorakennukset
- Teollisuusrakennus, etäisyys vaurioitumisalttiuden mukaan





Kuvan mitat metreinä



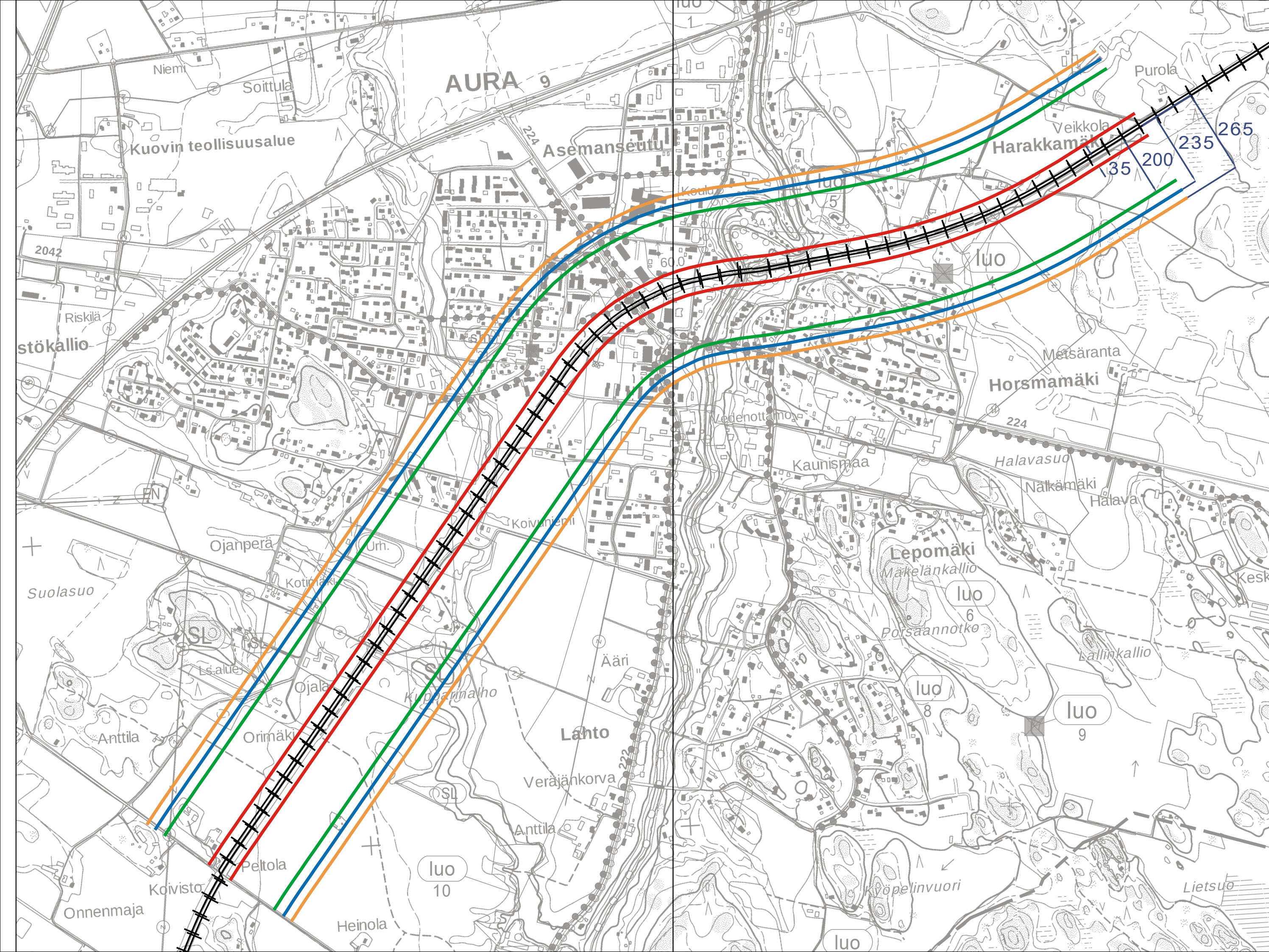
Koordinaattijärjestelmä ETRS-GK23		Korkeusjärjestelmä -		
KOHTEEN NIMI JA OSOITE Auran osayleiskaavan valmistelu		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ Etäisyys radasta asumismukavuuden perusteella, värähtelysuunnittelu vaaditaan		MITTAKAAVA 1:10 000
	SUUNN. FIALIR	TIEDOSTO 20602585_Aura_tarina_asumismukavuus.dwg		
	TARK. FIJOAM	SUUNNALA	TYÖ N:O	PIIR N:O
HYV.	3.3.2020	GEO	20602585	101
Sweco Ympäristö Oy PL 453, 33101 TAMPERE * 0207 393 000				

Asumismukavuus, raideliikenne

Tarkempaa värähtelysuunnittelua ei tarvita. Tavoitearvo täyttyy tasaisen voimistumisen sekä resonanssitarkastelun osalta.

-  Tavanomainen asuinrakennus
-  Opetustila / olemassa oleva rakennus
-  Liike- ja toimistorakennukset
-  Teollisuusrakennus, etäisyys vaurioitumisalttiuden mukaan

Kuvan mitat metreinä



Koordinaattijärjestelmä ETRS-GK23		Korkeusjärjestelmä -		
KOHTEEN NIMI JA OSOITE Auran osayleiskaavan valmistelu		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ Etäisyys radasta asumismukavuuden perusteella, värähtelysuunnittelua ei vaadita		MITTAKAAVA 1:10 000
SWECO 	SUUNN. FIALIR	TIEDOSTO 20602585_Aura_tarina_asumismukavuus.dwg		
	TARK. FIJOAM	SUUNNALA	TYÖ N:O	PIIR N:O
HYV. .	3.3.2020	GEO	20602585	102
Sweco Ympäristö Oy PL 453, 33101 TAMPERE * 0207 393 000				

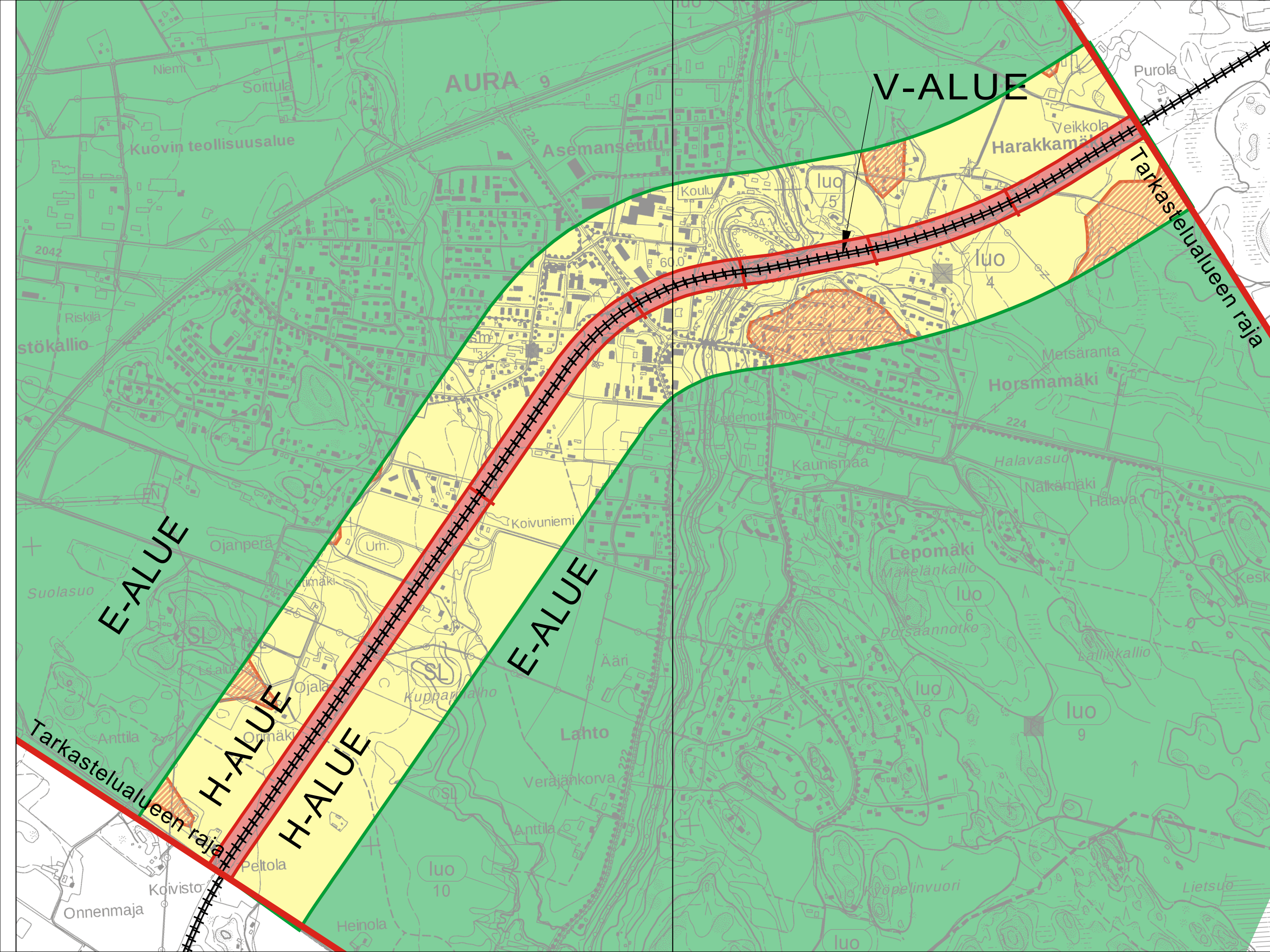
Rakennusten vaurioitumisalttius, raideliikenne

V-ALUE	Savelle 3 mm/s
H-ALUE	Savelle 1-3 mm/s
E-ALUE	Savelle alle 1 mm/s
H-ALUE	Alue moreenia / kalliota, tärinä pienempi kuin savella

V-alue: Rataa lähimpänä oleva alue, jossa maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa rakennuksille ja rakenteille vahinkoriskin

H-alue: Tavanomaisiin ja hyväkuntoisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu käyttökelpoisuutta häiritseviä vaurioita, jos resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa on otettu huomioon liikennetärinä. Alueella tärinä on kuitenkin usein selvästi havaittavaa ja häiritsee yleensä asumismukavuutta. Rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit tulee ottaa huomioon vaurioitumisriskin arvioinnissa

E-alue: Normaalikuntoisille rakenteille ei aiheudu tärinästä rakenteiden vaurioitumista, mutta tärinä voi häiritä asumismukavuutta



Koordinaattijärjestelmä ETRS-GK23		Korkeusjärjestelmä -			
KOHTEEN NIMI JA OSOITE Auran osayleiskaavan valmistelu		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ Vaurioitumisalttiuden mukaiset tärinävyöhykkeet		MITTAKAAVA 1:10 000	
	SUUNN. FIALIR	TIEDOSTO 20602585_Aura_tarina_vaurioitumisalttius.dwg			
	TARK. FIJOAM	SUUNNALA	TYÖ N:O	PIIR N:O	MUUTOS
Sweco Ympäristö Oy PL 453, 33101 TAMPERE * 0207 393 000	3.3.2020	GEO	20602585	103	.

Auran kunta
Mika Joki
PL 24
21381 Aura

Turku 6.5.2013

LIIKENNETÄRINÄSELVITYS

Asemanseutu, Aura

Raportin vakuudeksi



Jani Kankare
Toimitusjohtaja, FM



HELSINKI
Porvoonkatu 9 A
00510 HELSINKI
puh. 050 377 6565
www.promethor.fi

TURKU
Rautakatu 5 A
20520 TURKU
puh. 050 570 3476
promet@promethor.fi

Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	3
2	Mittaus- ja arviointimenetelmät	3
3	Mittauslaitteet.....	4
4	Tärinän suositusarvot	4
4.1	Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta	4
4.2	Tärinän suositusarvot asumisviihtyvyyden kannalta asuinrakennuksissa	4
4.3	Tärinän suositusarvot käyttöviihtyvyyden kannalta teollisuus-, liike-, toimisto- ja opetustiloissa.....	5
4.4	Runkomelun suositusarvot.....	5
5	Selvitysalue ja mittauspisteet.....	6
6	Mittaustulokset	7
6.1	Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti v_{res}	7
6.2	Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$	7
6.3	Maasta rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi.....	7
6.3.1	Yleinen voimistuminen	8
6.3.2	Resonanssitarkastelu	8
6.4	Värähtelyn taajuussisältö	9
6.5	Arvio runkomelun enimmäistasosta	9
7	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	10
7.1	Tärinän aiheuttama vaurioriski	10
7.2	Tärinän vaikutus käyttö- ja asumisviihtyvyyteen	10
7.3	Tärinän aiheuttama runkomelu	11
8	Muita huomioita	11
9	Kirjallisuutta.....	11
10	Lisätietoja	12
Liite 1.	Mittauspistesivut	
Liite 2.	Runkomelusivut	
Liite 3.	Tärinän vaikutusaluekartta	

1 YLEISTÄ

Promethor Oy mittasi 22.–29.4.2013 raideliikenteen aiheuttamaa tärinää Auran asemanseudun taajamassa maankäytön suunnittelun tueksi. Mittausten perusteella tässä selvityksessä:

- arvioidaan suunnittelualueen eri osien soveltuminen rakentamiselle rakennusten vaurioriskin kannalta (rakennusten minimietäisyys rautatiestä)
- arvioidaan suunnittelualueen eri osien soveltuminen rakentamiselle tilojen käyttö- ja asumisviihtyvyyden kannalta (asuinrakennusten minimietäisyys rautatiestä)
- arvioidaan suunnittelualueen rakennuksiin tyypilliseen asuinhuoneeseen aiheutuvaa runkomelutasoa.

Selvityksen laadintaan ovat osallistuneet Toni Niiniviita, Olli Laivoranta ja Jani Kankare.

2 MITTAUS- JA ARVIOINTIMENETELMÄT

Tärinämittaukset suoritettiin VTT:n tiedotteen ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” mukaisesti. Mittaus suoritettiin miehittämättömänä, eli mittauslaitteisto toimi itsenäisesti. Herätekyntäksen ylityttyä mittaussignaali tallentui laitteen muistiin, josta se analysoitiin myöhemmin. Signaalien pääteltiin olevan liikenteen aiheuttamia mm. tärinäsignaalien kestoajan, muodon ja amplitudin perusteella.

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. Mittaustulosten tulkinta rakenteiden vaurioitumisriskin kannalta tehtiin VTT:n ohjeen ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – Vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen” mukaan. Kyseisiä ohjeita voidaan käyttää tie- ja raideliikennetärinän arvioinnissa.

Rakenteiden vaurioriskiä arvioitiin värähtelyn taajuuspainottamattoman heilahdusnopeuden resultantin maksimiarvon v_{res} avulla. Se määritettiin nopeussignaaleista, jotka saatiin integroimalla mitatut kiihtyvyyssignaalit.

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, joiden perusteella laskettiin tunnusluku $v_{w,95}$. Värähtelyjen tunnusluvulla $v_{w,95}$ tarkoitetaan arvoa, jota pienempänä viikon aikana 15 suurimman tärinätaapahtuman painotettu tehollisarvo pysyy 95 prosentin tilastollisella todennäköisyydellä.

Maasta rakennukseen siirtyvää tärinää arvioidaan VTT:n tiedotteen 2045, ”Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi”, 2008, ja VTT:n tiedotteen 2569, ”Ohjeita liikennetärinän arviointiin”, 2011, mukaisesti.

Suomessa ei ole standardoitua menetelmää runkomelun arviointiin. Tässä raportissa raideliikenteen aiheuttamaa runkomelua arvioidaan VTT:n tiedotteen 2468 ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” mukaisesti. Arvio määritetään slow-aikavakiolla määritetyistä A-painotetuista maasta mitatuista

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.

nopeussignaaleista käyttämällä referenssinopeutena 1 nm/s ja muuttamalla saatu tulos runkomelutasoksi VTT:n tiedotteen mukaisia lisätekiäjiä käyttäen.

3 MITTAUSLAITTEET

Mittauksissa käytetyt laitteet olivat:

- datatallentimet Rion DA-20
- kiihtyvyyssanturit Metra KS-48B/C.

4 TÄRINÄN SUOSITUSARVOT

4.1 Tärinän suositusarvot rakennusten vaurioriskin kannalta

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

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

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

4.2 Tärinän suositusarvot asumisviihtyvyyden kannalta asuinrakennuksissa

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 luokituksista” annettu suositus normaalien asuinrakennusten värähtelyluokituksista.

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

4.3 Tärinän suositusarvot käyttöviihtyvyyden kannalta teollisuus-, liike-, toimisto- ja opetustiloissa

Liike-, toimisto- ja opetustiloille ei ole annettu selkeitä suositusarvoja. Kyseisille tiloille esitetyt suositusarvot vaihtelevat 0,6...1,2 mm/s välillä suosituksen esittäjästä ja lähdeoteoksesta riippuen.

Tässä selvityksessä tunnusluvun suositusarvona käytetään:

- koulurakennus 0,60 mm/s
- liike- ja toimistorakennus 0,90 mm/s.

Teollisuustilojen osalta käyttöviihtyvyyttä ei tarkastella.

4.4 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]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttisalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35*
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> • potilashuoneet, majoitustilat • päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettujen 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*

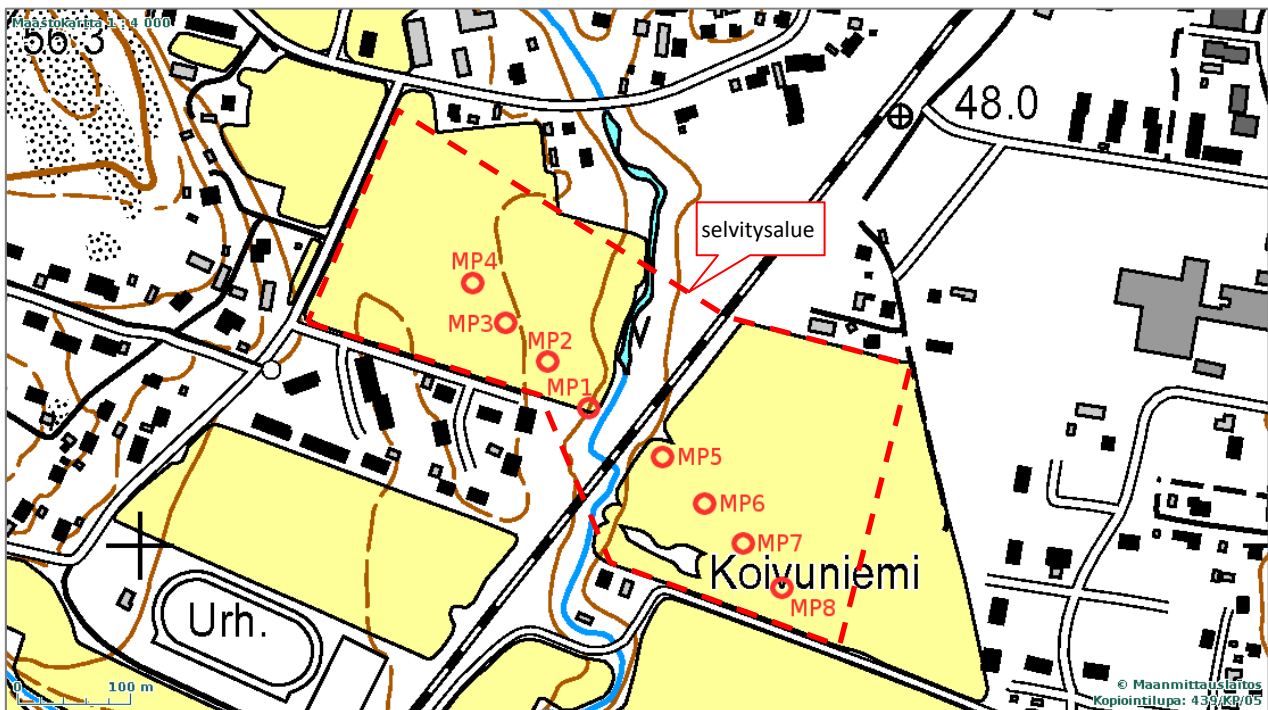
* Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmastointiväylystä, on VTT:n ohjeen mukaan suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

5 SELVITYSALUE JA MITTAUSPISTEET

Selvitysalue on pääsääntöisesti peltoa. Alueen halkaisevat junarata sekä oja. Maaperätutkimustietoja ei selvityksen teon yhteydessä ollut saatavilla, mutta havaintojen perusteella maaperä on todennäköisesti pehmeää savimaata.

Tärinää mitattiin kahdeksassa pisteessä selvitysalueella maaperästä. Molemmille puolille rataa asennettiin neljän mittauspisteen mittauslinjat. Mittauspisteiden välimatka oli noin 50 metriä. Kaikissa mittauspisteissä tärinää mitattiin kolmiaksaalisesti. Mittauspisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 1. Mittausjakson pituus oli yksi viikko.

Maamittauspisteessä maahan upotettiin 500 mm pituinen ja 20 mm paksuinen terästanko, jonka päähän kiihtyvyyssanturit asennettiin. Myöhemmin tässä raportissa tärinän mittaussuunnista pystyakselia nimitetään z-suunnaksi, vaakasuuntaista rautatietä vastaan kohtisuoraa akselia y-suunnaksi ja rautatien suuntaista akselia x-suunnaksi.



Kuva 1. Mittauspisteiden sijainnit.

6 MITTAUSTULOKSET

6.1 Värähtelyn heilahdusnopeuden resultantti v_{res}

Rakennusten vaurioitumisriskiä arvioidaan painottamattoman värähtelynnopeuden resultantin suurimman arvon avulla. Taulukossa 4 on esitetty suurimmat mitatut resultanttien arvot. Liitteessä 1 on esitetty mitatuista resultanteista 15 suurinta kussakin mittauspisteessä. Kaikissa mittauspisteissä suurin resultantti aiheutui samasta 23.4. klo 6.38 selvitysalueen ohittaneesta junasta.

Taulukko 4. Suurimmat havaitut heilahdusnopeuden resultantin arvot v_{res} (suositusarvo 4 mm/s).

Mittauspiste	Mittauspaikka	Etäisyys radasta [m]	Resultantti [mm/s]	Pvm	Klo
mp1	maa	40	1,5	23.4.2013	06:38
mp2	maa	90	2,0	23.4.2013	06:38
mp3	maa	140	1,2	23.4.2013	06:38
mp4	maa	190	0,9	23.4.2013	06:38
mp5	maa	35	3,0	23.4.2013	06:38
mp6	maa	85	2,1	23.4.2013	06:38
mp7	maa	135	2,4	23.4.2013	06:38
mp8	maa	185	1,0	23.4.2013	06:38

6.2 Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$

Ihmisen kokemaa tärinähaittaa arvioidaan tärinän tunnuslukua käyttäen. Tunnusluku määritetään taajuuspainotettujen heilahdusnopeuksien tehollisarvoista huomioimalla 15 suurinta tärinätapahtumaa viikon aikana. Taulukossa 5 on esitetty määritetyt tunnusluvut. Laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 5. Maasta mitatut tärinän tunnusluvut $v_{w,95}$.

Mittauspiste	Mittauspaikka	Etäisyys radasta [m]	$v_{w,95}$ [mm/s]		
			z	y	x
mp1	maa	40	0,41	0,25	0,22
mp2	maa	90	0,59	0,25	0,21
mp3	maa	140	0,44	0,19	0,24
mp4	maa	190	0,30	0,17	0,15
mp5	maa	35	0,87	0,40	0,32
mp6	maa	85	0,66	0,49	0,22
mp7	maa	135	0,71	0,34	0,18
mp8	maa	185	0,30	0,15	0,17

6.3 Maasta rakennukseen siirtyvän tärinän arviointi

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

Yleinen voimistuminen kuvaa nimensä mukaisesti värähtelyn yleistä voimistumista rakennuksen rungossa tai lattiassa. Resonanssitarkastelu kuvaa rakennuksen rungon tai lattian ominaistaajuuden ”syttymistä”, jolloin värähtely voimistuu moninkertaiseksi. Rungon tai lattian resonanssia voi esiintyä silloin, kun maaperän tärinän hallitseva taajuuskomponentti osuu lattian tai rungon ominaistaajuudelle. Resonanssitarkastelu

kastelussa mahdollisesti ilmeneviä riskejä voidaan välttää rakennusten värähtelytekniisellä suunnittelulla mm. välttämällä tiettyjä jännevälejä ja talon korkeuksia.

6.3.1 Yleinen voimistuminen

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

Taulukko 6. VTT:n menetelmillä tärinäsignaaleista arvioidun perustuksen värähtelyn perusteella arvioitu värähtelyn yleinen voimistuminen rakennuksen rungossa ja lattiassa (suositusarvo normaaleille asuinrakennuksille $\leq 0,30$ mm/s).

Mittauspiste	Rungon värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,runko}$ [mm/s]	Lattian värähtelyn yleinen voimistuminen $v_{w1,lattia}$ [mm/s]
mp1	0,38	0,61
mp2	0,37	0,89
mp3	0,36	0,67
mp4	0,25	0,45
mp5	0,58	1,31
mp6	0,73	0,99
mp7	0,51	1,07
mp8	0,25	0,45

6.3.2 Resonanssitarkastelu

Rungon resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn vaakakomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 4$. Lattian resonanssitarkastelu tehdään perustuksen värähtelyn pystykomponentin perusteella käyttäen resonanssikerrointa $k_2 = 6$. Arviointitulokset on esitetty taulukoissa 7 ja 8. Tulokset kuvaavat ns. pahinta mahdollista tilannetta, jossa rungon tai lattian ominaistaajuus osuu maaperän värähtelyn kanssa samalle taajuudelle. Mikäli kyseinen tulos ylittää suositusarvon, tulee ylityksen aiheuttava taajuus tai taajuudet ottaa huomioon rakennuksen korkeuden tai välipohjien mitoituksessa.

Taulukko 7. VTT:n menetelmällä tehty rungon resonanssitarkastelu (suositusarvo normaaleille asuinrakennuksille $\leq 0,30$ mm/s).

Mittauspiste	Rungon resonanssitarkastelu $v_{w2,runko}$ [mm/s]	Resonanssitaajuudet [Hz] (terssikaistat, joilla $v_{w2,runko}$ ylittää 0,30 mm/s)
mp1	0,51	6,3 ja 8
mp2	0,42	6,3 ja 8
mp3	0,42	6,3
mp4	0,30	-
mp5	0,69	6,3 ja 8
mp6	0,88	6,3 ja 8
mp7	0,60	6,3 ja 8
mp8	0,29	-

Taulukko 8. VTT:n menetelmällä tehty lattian resonanssitarkastelu (suositusarvo normaaleille asuinrakennuksille $\leq 0,30$ mm/s).

Mittauspiste	Lattian resonanssitarkastelu $v_{w2,lattia}$ [mm/s]	Resonanssitaajuudet [Hz] (terssikaistat, joilla $v_{w2,lattia}$ ylittää 0,30 mm/s)
mp1	1,14	6,3 ja 8
mp2	1,64	5 – 8
mp3	1,28	5 – 8
mp4	0,79	5 – 8
mp5	2,43	5 – 12,5
mp6	1,82	5 – 8
mp7	1,91	5 – 8
mp8	0,81	6,3 ja 8

6.4 Värähtelyn taajuussisältö

Rakennusten perustuksiin arvioidut tärinän taajuuspainotetut taajuusjakaumat on esitetty liitteessä 1 terssikaistoittain VTT:n suosituksen mukaisesti.

6.5 Arvio runkomelun enimmäistasosta

Taulukossa 9 on esitetty runkomelun arviointitulokset mittauspisteittäin. Pystysuuntainen tärinä (z-suunta) säteilee runkoääntä vaakasuorista pinnoista, eli mm. lattioista ja vaakasuuntainen tärinä (y- ja x-suunnat) pystysuorista pinnoista eli seinistä. Liitteessä 2 on esitetty laskennassa käytetyt runkomeluarvot ja korjaustekijät.

Taulukko 9. VTT:n menetelmällä tärinäsignaaleista arvioidut runkomelutasot L_{prm} (A-painotettu suositusarvo asuinhuoneistossa on 35 dB)

Mittauspiste	A-painotettu runkomelutaso L_{prm} [dB]		
	z	y	x
mp1	43	50	47
mp2	34	35	33
mp3	27	28	26
mp4	30	27	29
mp5	54	49	50
mp6	41	35	36
mp7	33	32	32
mp8	29	27	27

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

Mittaustulosten perusteella raideliikenne aiheuttaa selvitysalueelle merkittävää tärinää. Tärinä rajoittaa alueelle rakentamista erityisesti asuinrakentamisen osalta. Liitteessä 3 on esitetty tärinän vaikutusalueet karttapohjalle merkittynä. Mitattu raideliikenteen aiheuttama tärinä oli pehmeälle maaperälle tyypilliseen tapaan hyvin matalataajuista, jolloin yksi-kaksikerroksisille rakennuksille kustannustehokkaita vaimennustoimenpiteitä ei juuri ole.

7.1 Tärinän aiheuttama vaurioriski

Koska mitattujen tärinäsignaalien taajuussisältö on pääsääntöisesti alle 10 Hz, arvioidaan rakennusten vaurioriskiä vertaamalla tärinän resultantin maksimiarvoja pienimpään suositusarvoon 4 mm/s (vertaa luku 5.1).

Suunnittelualueella lähinnä rataa maasta mitattu tärinän heilahdusnopeuden resultantin arvot 3,0 mm/s lähestyy suositusarvoa 4 mm/s. Näin ollen rakennusten minimietäisyys radasta tulee olla vähintään 35 metriä.

7.2 Tärinän vaikutus käyttö- ja asumisviihtyvyyteen

Asuinrakennukset

Mittaustulosten perusteella suunnittelualueelle voidaan sijoittaa yksi-kelmikerroksisia asuinrakennuksia radan luoteispuolelle etäisyyden ollessa vähintään 230 metriä radasta. Raideliikenteen aiheuttama tärinä tulee kuitenkin huomioida asuinrakennusten välipohjien suunnittelussa. Yleisen voimistumisen ja rungon resonanssitarkastelun perusteella yksi-kelmikerroksisia asuinrakennuksia ei voi selvitysalueella rakentaa edellä esitettyä lähemmäs rataa.

Tärinän huomioimisella välipohjien suunnittelussa tarkoitetaan välipohjien jännevälien ja rakenteiden mitoitusta siten, että rakenteen alin ominaistaajuus on maaperän värähtelytaajuuden (8 Hz) yläpuolella. Tällä estetään värähtelyn voimistuminen resonanssi-ilmiöstä johtuen.

Uusissa normaaleissa asuinrakennuksissa sallitaan asumisviihtyvyyden (tunnusluku) kannalta VTT:n ohjeen mukaan puolet vähemmän tärinää verrattuna vanhoihin asuinrakennuksiin.

Liike- ja toimistorakennukset

Mittaustulosten perusteella suunnittelualueelle voidaan sijoittaa ilman erityisvaatimuksia liike- ja toimistorakennuksia radan molemmille puolille etäisyyden ollessa vähintään 180 metriä radasta.

Edellä esitettyä lähemmäs rataa suunnittelualueelle voidaan sijoittaa liike- ja toimistorakennuksia, kun raideliikenteen aiheuttama tärinä otetaan huomioon välipohjien suunnittelussa. Rakennusten minimietäisyys radasta tulee olla kuitenkin vaurioriskin vuoksi vähintään 35 metriä.

Tärinän huomioimisella välipohjien suunnittelussa tarkoitetaan välipohjien jännevälien ja rakenteiden mitoitusta siten, että rakenteen alin ominaistaajuus on maaperän värähtelytaajuuden (8 Hz) yläpuolella. Tällä estetään värähtelyn voimistuminen resonanssi-ilmiöstä johtuen. Käytännössä tämä johtaa suhteellisen lyhyiden jännevälien käyttöön mikä saattaa hankaloittaa liike- ja toimistotilojen suunnittelua.

Opetustilat

Mittaustulosten perusteella opetustiloja voidaan sijoittaa suunnittelualueelle radan molemmille puolille etäisyyden ollessa vähintään 180 metriä radasta. Mittaustulosten perusteella tärinä tulee huomioida opetustilojen välipohjien suunnittelussa mikäli tilat sijoittuvat 230 metriä lähemmäs rataa. Yleisen voimistumisen ja rungon resonanssitarkastelun perusteella opetustiloja ei voi selvitysalueella rakentaa edellä esitettyä lähemmäs rataa.

Tärinän huomioimisella välipohjien suunnittelussa tarkoitetaan välipohjien jännevälien ja rakenteiden mitoittamista siten, että rakenteen alin ominaistaajuus on maaperän värähtelytaajuuden (8 Hz) yläpuolella. Tällä estetään värähtelyn voimistuminen resonanssi-ilmiöstä johtuen.

Teollisuusrakennukset

Suunnittelualueelle voidaan sijoittaa teollisuusrakennuksia ilman vaimennustoimenpiteitä. Rakennusten minimietäisyys radasta tulee olla kuitenkin vaurioriskin vuoksi vähintään 35 metriä.

7.3 Tärinän aiheuttama runkomelu

Laskennallisesti värähtelysignaaleista arvioidut runkomelutasot eivät vaikuta vaurioriskin ja käyttö- ja asumisviihtyvyyden kannalta määritettyihin tärinän vaikutusalueisiin. Selvitysalueen kaltaisilla pehmeän maaperän kohteilla runkomelu ei tyypillisesti ole ongelma.

8 MUITA HUOMIOITA

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

Mittausten aikaan maaperä ei ollut roudassa.

9 KIRJALLISUUTTA

1. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, I Esiselvitys, VTT:n tiedotteita 2468, A. Talja ja A. Saarinen, Valtion Tekninen Tutkimuskeskus, Espoo 2009
2. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT:n tiedotteita 2278, A. Talja, Otamedia Oy, Espoo 2005
3. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT:n tiedotteita 2278, A. Talja, Otamedia Oy, Espoo 2005
4. Rautatieliikenteen vaikutus rakenteisiin, J. Törnqvist ja O. Nuutilainen, Luonnos, Otamedia Oy, Espoo 2002
5. 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
6. 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

10 LISÄTIETOJA

Jani Kankare
Promethor Oy
puh. 040 574 0028

sp. jani.kankare@promethor.fi

Olli Laivoranta
Promethor Oy
puh. 041 506 3418

sp. olli.laivoranta@promethor.fi

Mittauspisteen kuvaus: 3-akselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

Suurimmat resultantit (Suositusarvo (max) 4,0 mm/s)

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.4.2013	06.38	1,5	1,48	0,52	0,69
29.4.2013	05.06	0,8	0,73	0,39	0,39
24.4.2013	02.31	0,7	0,62	0,69	0,42
23.4.2013	02.46	0,6	0,58	0,32	0,28
26.4.2013	12.04	0,6	0,56	0,43	0,29
22.4.2013	17.06	0,6	0,57	0,38	0,26
27.4.2013	02.41	0,6	0,60	0,29	0,38
24.4.2013	18.01	0,6	0,45	0,55	0,31
25.4.2013	04.01	0,6	0,56	0,44	0,44
26.4.2013	18.11	0,5	0,49	0,40	0,27
22.4.2013	18.41	0,5	0,52	0,40	0,27
25.4.2013	01.41	0,5	0,30	0,47	0,27
26.4.2013	18.02	0,4	0,22	0,42	0,19
26.4.2013	02.02	0,4	0,28	0,42	0,28
23.4.2013	18.35	0,4	0,38	0,41	0,23

MP1

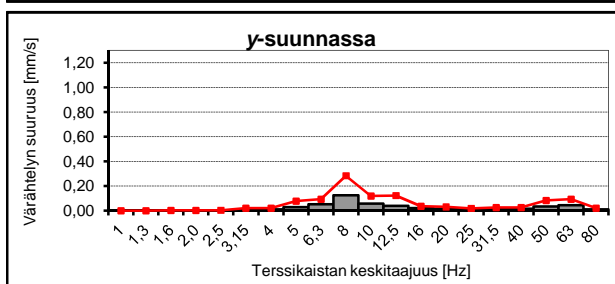
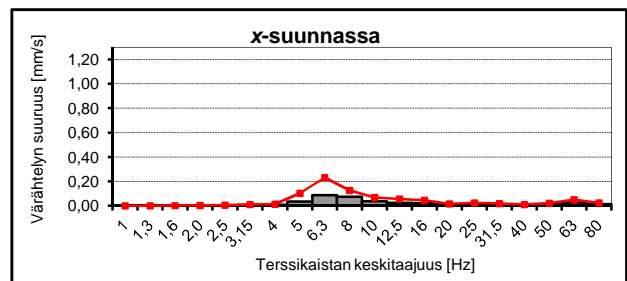
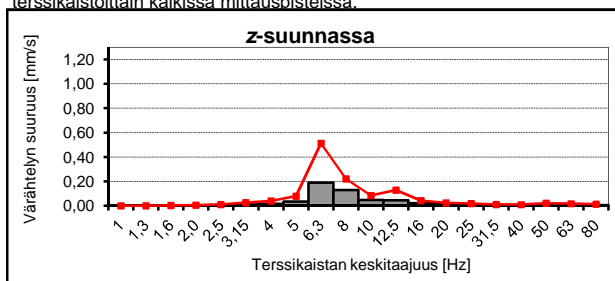
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot (Suositusarvo (max) 0,30 mm/s)

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

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
23.4.2013	6:38	0,57	24.4.2013	2:31	0,31	23.4.2013	6:38	0,28
27.4.2013	2:41	0,27	24.4.2013	18:01	0,22	27.4.2013	2:41	0,16
29.4.2013	5:06	0,25	26.4.2013	2:02	0,19	25.4.2013	4:01	0,16
24.4.2013	2:31	0,25	23.4.2013	6:38	0,18	24.4.2013	2:31	0,15
26.4.2013	12:04	0,23	25.4.2013	1:41	0,16	29.4.2013	5:06	0,14
26.4.2013	18:11	0,22	25.4.2013	4:01	0,16	24.4.2013	18:01	0,12
22.4.2013	18:41	0,22	25.4.2013	17:56	0,15	26.4.2013	2:02	0,11
23.4.2013	2:46	0,20	29.4.2013	5:06	0,15	23.4.2013	3:27	0,11
24.4.2013	18:01	0,20	22.4.2013	17:06	0,15	26.4.2013	18:11	0,10
25.4.2013	4:01	0,20	23.4.2013	18:35	0,15	26.4.2013	12:04	0,10
22.4.2013	17:06	0,19	24.4.2013	17:03	0,14	23.4.2013	18:35	0,10
23.4.2013	18:35	0,15	22.4.2013	18:41	0,14	22.4.2013	18:41	0,10
25.4.2013	17:56	0,15	27.4.2013	17:30	0,13	23.4.2013	2:46	0,10
26.4.2013	2:02	0,13	26.4.2013	12:04	0,13	25.4.2013	17:56	0,10
24.4.2013	17:03	0,13	26.4.2013	18:11	0,13	25.4.2013	1:41	0,09
$v_{w,95} =$		0,41	$v_{w,95} =$		0,25	$v_{w,95} =$		0,22

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: 3-akselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

Suurimmat resultantit (Suositusarvo (max) 4,0 mm/s)

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.4.2013	06.38	2,0	1,91	0,82	0,72
29.4.2013	05.06	1,1	1,11	0,43	0,43
26.4.2013	12.04	0,9	0,86	0,41	0,30
25.4.2013	04.01	0,7	0,66	0,28	0,37
22.4.2013	17.06	0,6	0,55	0,43	0,38
23.4.2013	02.46	0,5	0,54	0,29	0,23
24.4.2013	18.01	0,5	0,50	0,32	0,31
27.4.2013	02.41	0,5	0,50	0,28	0,28
25.4.2013	17.56	0,5	0,48	0,26	0,24
24.4.2013	02.31	0,5	0,48	0,34	0,27
26.4.2013	18.11	0,4	0,42	0,26	0,27
23.4.2013	03.28	0,4	0,41	0,19	0,23
22.4.2013	18.41	0,4	0,40	0,24	0,18
26.4.2013	02.02	0,4	0,39	0,31	0,21
23.4.2013	18.35	0,4	0,39	0,28	0,22

MP2

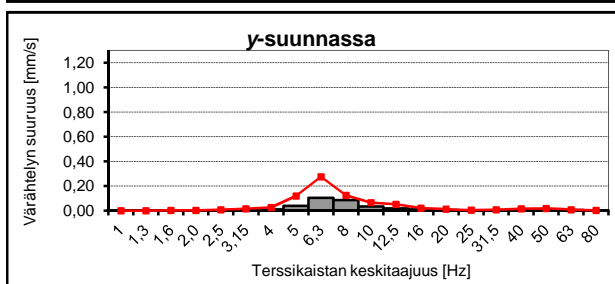
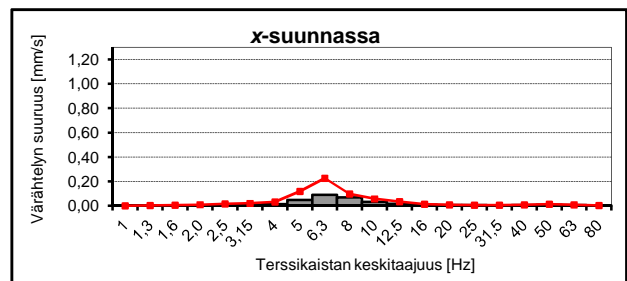
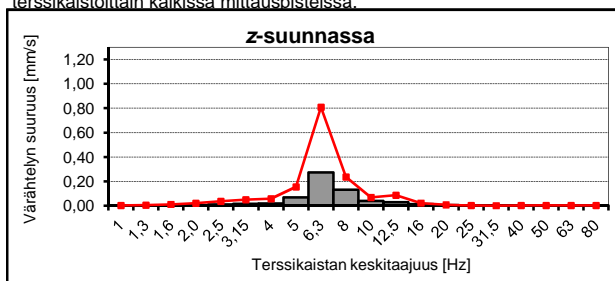
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot (Suositusarvo (max) 0,30 mm/s)

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

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
23.4.2013	6:38	0,86	23.4.2013	6:38	0,34	23.4.2013	6:38	0,28
29.4.2013	5:06	0,44	22.4.2013	17:06	0,18	29.4.2013	5:06	0,17
26.4.2013	12:04	0,34	29.4.2013	5:06	0,17	22.4.2013	17:06	0,14
22.4.2013	17:06	0,25	26.4.2013	12:04	0,15	25.4.2013	4:01	0,13
25.4.2013	4:01	0,25	24.4.2013	18:01	0,14	27.4.2013	2:41	0,12
23.4.2013	2:46	0,23	24.4.2013	2:31	0,13	26.4.2013	12:04	0,12
27.4.2013	2:41	0,23	26.4.2013	2:02	0,13	24.4.2013	18:01	0,11
24.4.2013	2:31	0,19	23.4.2013	18:35	0,12	24.4.2013	2:31	0,11
24.4.2013	18:01	0,18	23.4.2013	2:46	0,11	23.4.2013	2:46	0,10
22.4.2013	18:41	0,17	27.4.2013	2:41	0,11	26.4.2013	18:11	0,10
23.4.2013	18:35	0,17	26.4.2013	18:11	0,10	23.4.2013	18:35	0,09
25.4.2013	17:56	0,17	27.4.2013	17:56	0,10	26.4.2013	2:02	0,09
26.4.2013	18:11	0,16	25.4.2013	17:56	0,10	23.4.2013	3:28	0,09
26.4.2013	2:02	0,16	25.4.2013	4:01	0,10	25.4.2013	17:56	0,09
23.4.2013	3:28	0,15	22.4.2013	18:41	0,09	24.4.2013	17:03	0,08
$v_{w,95} =$		0,59	$v_{w,95} =$		0,25	$v_{w,95} =$		0,21

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: 3-akselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

Suurimmat resultantit (Suositusarvo (max) 4,0 mm/s)

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.4.2013	06.38	1,2	1,19	0,59	0,79
29.4.2013	05.06	0,9	0,82	0,41	0,46
25.4.2013	04.01	0,8	0,75	0,39	0,34
26.4.2013	12.04	0,6	0,59	0,25	0,30
24.4.2013	18.01	0,4	0,39	0,22	0,17
24.4.2013	02.31	0,4	0,38	0,21	0,25
22.4.2013	17.06	0,4	0,38	0,20	0,19
27.4.2013	02.41	0,4	0,38	0,20	0,26
23.4.2013	03.27	0,4	0,38	0,16	0,14
22.4.2013	18.41	0,4	0,33	0,22	0,20
23.4.2013	02.46	0,4	0,35	0,20	0,17
25.4.2013	17.56	0,3	0,33	0,19	0,19
26.4.2013	18.11	0,3	0,33	0,25	0,18
29.4.2013	05.45	0,3	0,30	0,10	0,12
23.4.2013	18.35	0,3	0,28	0,17	0,13

MP3

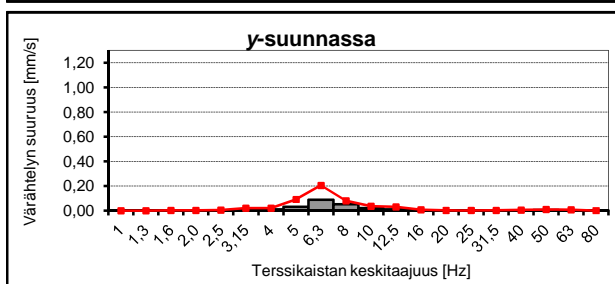
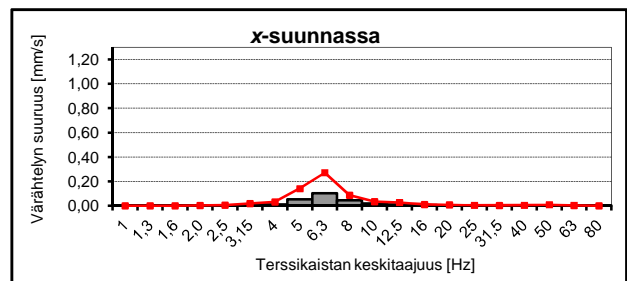
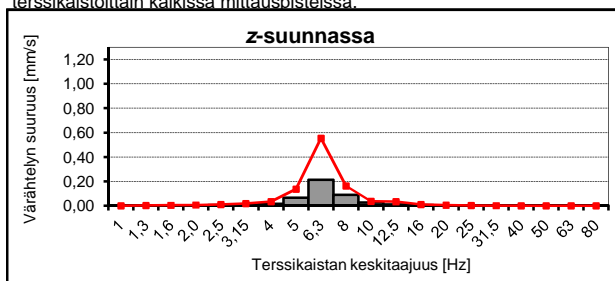
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot (Suositusarvo (max) 0,30 mm/s)

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
29.4.2013	5:06	0,40	25.4.2013	4:01	0,17	29.4.2013	5:06	0,22
25.4.2013	4:01	0,29	29.4.2013	5:06	0,17	25.4.2013	4:01	0,15
26.4.2013	12:04	0,26	24.4.2013	18:01	0,10	26.4.2013	12:04	0,13
24.4.2013	18:01	0,19	26.4.2013	12:04	0,09	24.4.2013	2:31	0,10
22.4.2013	17:06	0,17	24.4.2013	2:31	0,09	27.4.2013	2:41	0,10
24.4.2013	2:31	0,16	26.4.2013	18:11	0,09	22.4.2013	17:06	0,08
27.4.2013	2:41	0,16	22.4.2013	17:06	0,09	22.4.2013	18:41	0,08
23.4.2013	2:46	0,15	27.4.2013	2:41	0,08	23.4.2013	2:46	0,07
23.4.2013	3:27	0,15	22.4.2013	18:41	0,08	26.4.2013	18:11	0,06
26.4.2013	18:11	0,14	23.4.2013	2:46	0,07	26.4.2013	2:02	0,06
22.4.2013	18:41	0,13	25.4.2013	1:41	0,07	24.4.2013	18:01	0,06
29.4.2013	5:45	0,12	26.4.2013	2:02	0,07	27.4.2013	17:56	0,06
25.4.2013	17:56	0,12	23.4.2013	18:35	0,06	25.4.2013	17:56	0,06
23.4.2013	18:35	0,11	23.4.2013	3:27	0,06	23.4.2013	3:27	0,05
$v_{w,95} =$		0,44	$v_{w,95} =$		0,19	$v_{w,95} =$		0,24

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: 3-akselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

Suurimmat resultantit (Suositusarvo (max) 4,0 mm/s)

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.4.2013	06.38	0,9	0,91	0,50	0,52
29.4.2013	05.06	0,8	0,75	0,25	0,28
25.4.2013	04.01	0,5	0,49	0,27	0,14
26.4.2013	12.04	0,3	0,30	0,17	0,15
24.4.2013	02.31	0,3	0,25	0,14	0,12
27.4.2013	02.42	0,3	0,25	0,14	0,09
24.4.2013	18.01	0,3	0,24	0,19	0,10
23.4.2013	03.28	0,2	0,25	0,12	0,08
26.4.2013	18.11	0,2	0,23	0,14	0,09
22.4.2013	17.06	0,2	0,22	0,16	0,14
22.4.2013	18.41	0,2	0,19	0,14	0,10
29.4.2013	05.45	0,2	0,19	0,08	0,06
23.4.2013	18.35	0,2	0,18	0,12	0,11
23.4.2013	02.46	0,2	0,18	0,11	0,11
27.4.2013	17.56	0,2	0,18	0,12	0,10

MP4

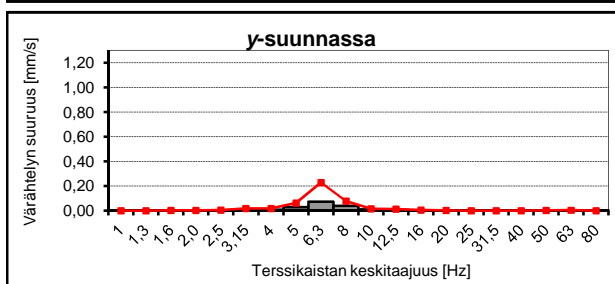
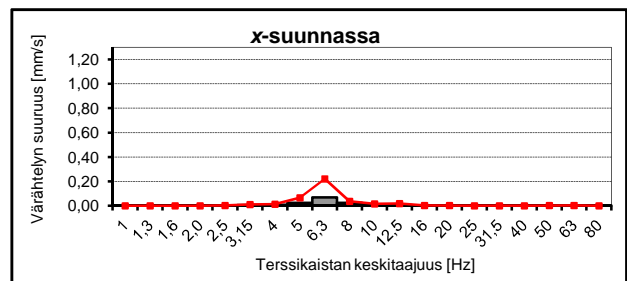
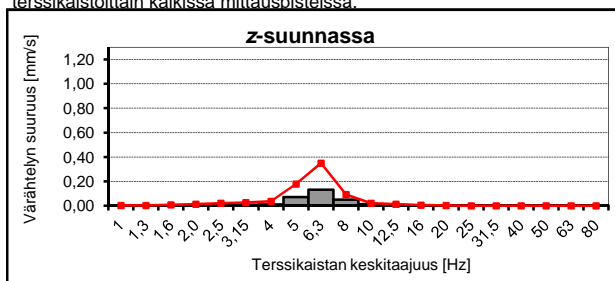
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot (Suositusarvo (max) 0,30 mm/s)

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
29.4.2013	5:06	0,30	29.4.2013	5:06	0,11	29.4.2013	5:06	0,12
25.4.2013	4:01	0,23	25.4.2013	4:01	0,11	22.4.2013	17:06	0,06
26.4.2013	12:04	0,11	24.4.2013	18:01	0,09	26.4.2013	12:04	0,06
24.4.2013	18:01	0,11	22.4.2013	17:06	0,07	25.4.2013	4:01	0,05
22.4.2013	17:06	0,11	26.4.2013	12:04	0,07	24.4.2013	18:01	0,04
27.4.2013	2:42	0,11	22.4.2013	18:41	0,06	27.4.2013	2:42	0,04
23.4.2013	3:28	0,10	26.4.2013	18:11	0,06	24.4.2013	2:31	0,04
26.4.2013	18:11	0,10	24.4.2013	2:31	0,05	23.4.2013	18:35	0,04
24.4.2013	2:31	0,09	27.4.2013	2:42	0,05	27.4.2013	17:56	0,04
22.4.2013	18:41	0,08	23.4.2013	18:35	0,05	22.4.2013	18:41	0,04
29.4.2013	5:45	0,08	27.4.2013	17:56	0,05	25.4.2013	17:56	0,04
25.4.2013	17:56	0,07	26.4.2013	2:02	0,05	23.4.2013	2:46	0,04
27.4.2013	17:56	0,07	23.4.2013	3:28	0,04	26.4.2013	18:11	0,04
23.4.2013	2:46	0,06	25.4.2013	17:56	0,04	23.4.2013	3:28	0,03
$v_{w,95} =$		0,30	$v_{w,95} =$		0,17	$v_{w,95} =$		0,15

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: 3-akselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

Suurimmat resultantit (Suositusarvo (max) 4,0 mm/s)

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.4.2013	06.38	3,0	3,00	1,33	1,10
25.4.2013	04.01	1,6	1,56	0,66	0,65
29.4.2013	05.06	1,5	1,48	0,65	0,55
26.4.2013	12.04	1,0	1,02	0,57	0,46
22.4.2013	17.06	0,9	0,92	0,50	0,53
27.4.2013	02.41	0,8	0,83	0,59	0,45
23.4.2013	02.46	0,8	0,80	0,44	0,40
22.4.2013	18.41	0,7	0,65	0,65	0,43
26.4.2013	18.11	0,7	0,66	0,46	0,38
27.4.2013	19.36	0,7	0,26	0,59	0,51
24.4.2013	02.31	0,7	0,65	0,60	0,33
26.4.2013	02.02	0,7	0,60	0,51	0,30
24.4.2013	18.01	0,6	0,63	0,45	0,33
23.4.2013	18.35	0,6	0,55	0,44	0,33
25.4.2013	17.02	0,6	0,54	0,53	0,39

MP5

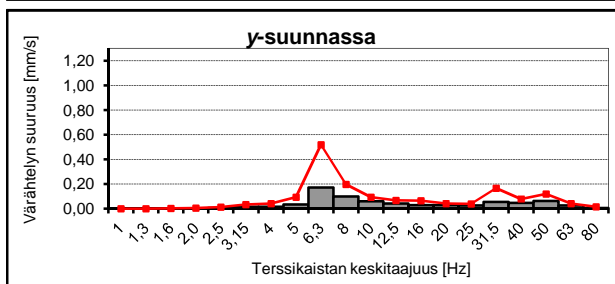
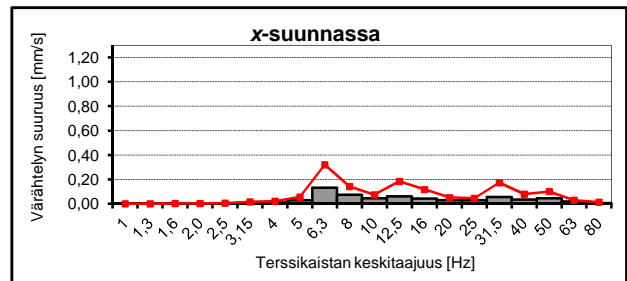
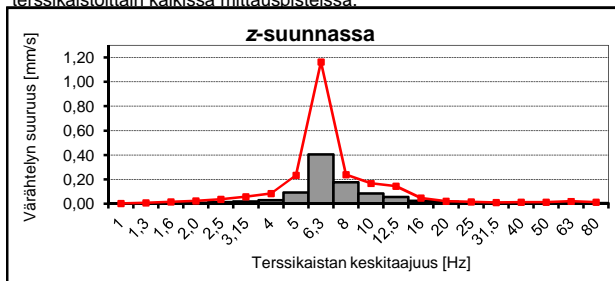
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot (Suositusarvo (max) 0,30 mm/s)

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
29.4.2013	5:06	0,68	29.4.2013	5:06	0,29	29.4.2013	5:06	0,22
25.4.2013	4:01	0,57	25.4.2013	4:01	0,24	27.4.2013	19:36	0,22
26.4.2013	12:04	0,43	27.4.2013	19:36	0,23	25.4.2013	4:01	0,21
22.4.2013	17:06	0,35	22.4.2013	18:41	0,22	27.4.2013	2:41	0,20
27.4.2013	2:41	0,33	26.4.2013	12:04	0,22	26.4.2013	12:04	0,19
23.4.2013	2:46	0,32	26.4.2013	2:02	0,20	22.4.2013	17:06	0,18
24.4.2013	2:31	0,27	22.4.2013	17:06	0,19	22.4.2013	18:41	0,17
22.4.2013	18:41	0,25	24.4.2013	2:31	0,19	23.4.2013	2:46	0,17
24.4.2013	18:01	0,24	27.4.2013	2:41	0,19	26.4.2013	18:11	0,14
25.4.2013	17:02	0,24	26.4.2013	18:11	0,19	25.4.2013	11:38	0,14
26.4.2013	18:11	0,23	25.4.2013	17:02	0,18	26.4.2013	10:23	0,14
26.4.2013	2:02	0,22	23.4.2013	2:46	0,18	26.4.2013	18:02	0,13
23.4.2013	18:35	0,21	24.4.2013	18:01	0,17	24.4.2013	18:01	0,13
25.4.2013	17:56	0,21	26.4.2013	10:23	0,17	25.4.2013	17:02	0,13
$v_{w,95} =$		0,87	$v_{w,95} =$		0,40	$v_{w,95} =$		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: 3-akselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

Suurimmat resultantit (Suositusarvo (max) 4,0 mm/s)

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.4.2013	06.38	2,1	1,87	1,43	0,73
29.4.2013	05.06	1,2	1,19	0,87	0,32
26.4.2013	12.04	0,8	0,69	0,59	0,36
25.4.2013	04.01	0,8	0,71	0,53	0,28
22.4.2013	17.06	0,7	0,62	0,54	0,30
27.4.2013	02.41	0,5	0,45	0,38	0,30
23.4.2013	02.46	0,5	0,51	0,34	0,28
24.4.2013	18.01	0,5	0,48	0,37	0,24
24.4.2013	02.31	0,5	0,46	0,37	0,30
26.4.2013	18.11	0,4	0,43	0,36	0,22
22.4.2013	18.41	0,4	0,37	0,36	0,20
23.4.2013	03.28	0,4	0,39	0,23	0,14
25.4.2013	17.56	0,4	0,36	0,32	0,27
23.4.2013	18.35	0,4	0,36	0,33	0,25
27.4.2013	17.56	0,4	0,36	0,26	0,18

MP6

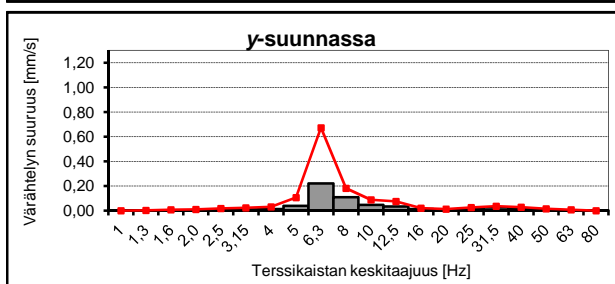
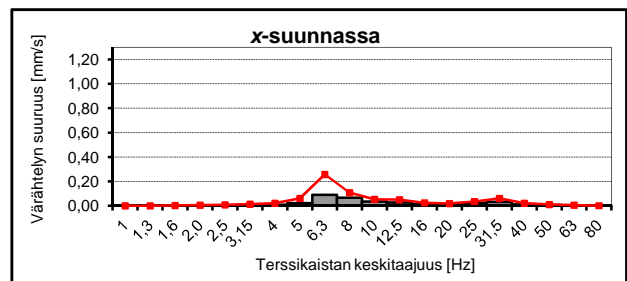
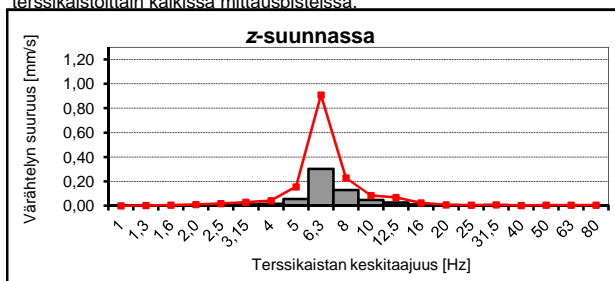
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot (Suositusarvo (max) 0,30 mm/s)

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
29.4.2013	5:06	0,58	29.4.2013	5:06	0,42	26.4.2013	12:04	0,15
26.4.2013	12:04	0,31	22.4.2013	17:06	0,23	24.4.2013	2:31	0,14
25.4.2013	4:01	0,28	26.4.2013	12:04	0,22	27.4.2013	2:41	0,13
22.4.2013	17:06	0,28	25.4.2013	4:01	0,21	29.4.2013	5:06	0,13
24.4.2013	18:01	0,20	24.4.2013	2:31	0,16	25.4.2013	4:01	0,11
23.4.2013	2:46	0,20	27.4.2013	2:41	0,16	22.4.2013	17:06	0,11
24.4.2013	2:31	0,18	26.4.2013	2:02	0,16	23.4.2013	2:46	0,10
27.4.2013	2:41	0,18	26.4.2013	18:11	0,15	24.4.2013	18:01	0,10
26.4.2013	18:11	0,18	22.4.2013	18:41	0,15	25.4.2013	17:56	0,09
23.4.2013	18:35	0,15	24.4.2013	18:01	0,14	26.4.2013	18:11	0,09
22.4.2013	18:41	0,15	23.4.2013	2:46	0,13	23.4.2013	18:35	0,09
25.4.2013	17:56	0,14	25.4.2013	17:56	0,13	26.4.2013	10:23	0,09
23.4.2013	3:28	0,13	23.4.2013	18:35	0,12	25.4.2013	17:02	0,09
26.4.2013	2:02	0,13	25.4.2013	1:41	0,12	26.4.2013	2:02	0,09
		$v_{w,95} = 0,66$			$v_{w,95} = 0,49$			$v_{w,95} = 0,22$

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: 3-akselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

Suurimmat resultantit (Suositusarvo (max) 4,0 mm/s)

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.4.2013	06.38	2,4	2,30	1,06	0,59
29.4.2013	05.06	1,2	1,15	0,74	0,37
26.4.2013	12.04	0,7	0,66	0,39	0,28
25.4.2013	04.01	0,6	0,62	0,28	0,22
24.4.2013	18.01	0,5	0,52	0,23	0,16
27.4.2013	02.41	0,5	0,45	0,28	0,16
23.4.2013	02.46	0,4	0,43	0,25	0,13
26.4.2013	18.11	0,4	0,41	0,33	0,21
23.4.2013	18.35	0,4	0,39	0,20	0,17
22.4.2013	17.06	0,4	0,36	0,24	0,17
24.4.2013	02.31	0,4	0,35	0,23	0,20
25.4.2013	17.02	0,3	0,32	0,24	0,15
26.4.2013	02.02	0,3	0,30	0,23	0,15
22.4.2013	18.41	0,3	0,31	0,16	0,11
25.4.2013	17.56	0,3	0,30	0,24	0,15

MP7

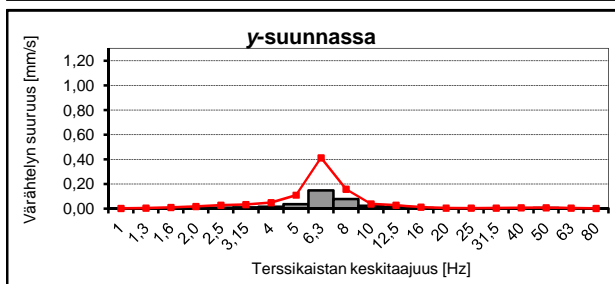
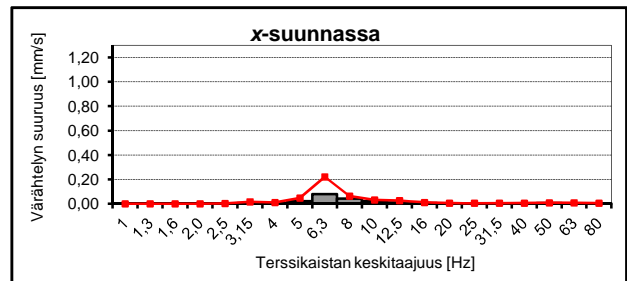
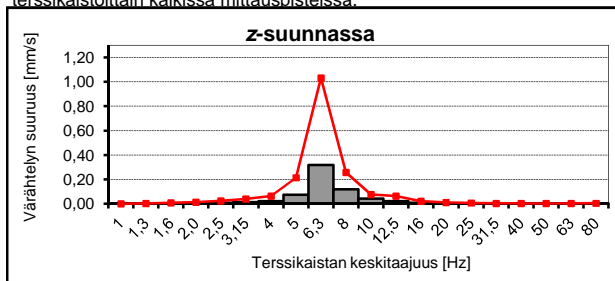
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot (Suositusarvo (max) 0,30 mm/s)

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
29.4.2013	5:06	0,53	29.4.2013	5:06	0,32	29.4.2013	5:06	0,16
26.4.2013	12:04	0,28	26.4.2013	12:04	0,18	26.4.2013	12:04	0,12
25.4.2013	4:01	0,25	26.4.2013	18:11	0,13	26.4.2013	18:11	0,08
27.4.2013	2:41	0,19	25.4.2013	4:01	0,11	25.4.2013	4:01	0,08
24.4.2013	18:01	0,19	24.4.2013	18:01	0,11	24.4.2013	2:31	0,07
26.4.2013	18:11	0,17	27.4.2013	2:41	0,11	27.4.2013	2:41	0,07
23.4.2013	2:46	0,17	26.4.2013	18:02	0,10	22.4.2013	17:06	0,07
23.4.2013	18:35	0,15	24.4.2013	2:31	0,10	24.4.2013	18:01	0,06
22.4.2013	17:06	0,15	25.4.2013	17:56	0,09	25.4.2013	17:56	0,06
24.4.2013	2:31	0,14	22.4.2013	17:06	0,09	23.4.2013	18:35	0,06
22.4.2013	18:41	0,13	23.4.2013	2:46	0,09	25.4.2013	17:02	0,06
25.4.2013	17:56	0,11	27.4.2013	17:56	0,09	25.4.2013	1:41	0,05
27.4.2013	17:56	0,11	25.4.2013	17:02	0,08	29.4.2013	5:45	0,05
26.4.2013	2:02	0,11	26.4.2013	2:02	0,08	26.4.2013	2:02	0,05
$v_{w,95} =$		0,71	$v_{w,95} =$		0,34	$v_{w,95} =$		0,18

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: 3-akselialinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

Suurimmat resultantit (Suositusarvo (max) 4,0 mm/s)

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

Pvm	Klo	Resultantti [mm/s]	Nopeuden maksimi [mm/s]		
			z	y	x
23.4.2013	06.38	1,0	0,97	0,47	0,59
26.4.2013	12.04	0,4	0,39	0,24	0,18
25.4.2013	04.01	0,4	0,34	0,26	0,19
24.4.2013	18.01	0,3	0,23	0,26	0,11
25.4.2013	17.56	0,3	0,27	0,19	0,16
26.4.2013	18.11	0,3	0,25	0,13	0,18
27.4.2013	02.41	0,3	0,24	0,14	0,13
22.4.2013	18.41	0,2	0,23	0,16	0,14
23.4.2013	02.46	0,2	0,23	0,16	0,12
24.4.2013	02.31	0,2	0,22	0,16	0,12
27.4.2013	17.56	0,2	0,21	0,13	0,13
23.4.2013	03.28	0,2	0,21	0,13	0,07
22.4.2013	17.06	0,2	0,20	0,14	0,14
25.4.2013	17.02	0,2	0,20	0,12	0,14
23.4.2013	18.35	0,2	0,17	0,11	0,13

MP8

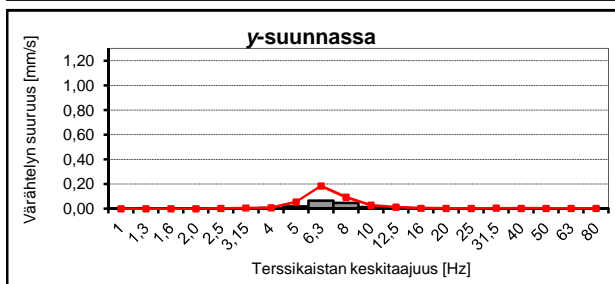
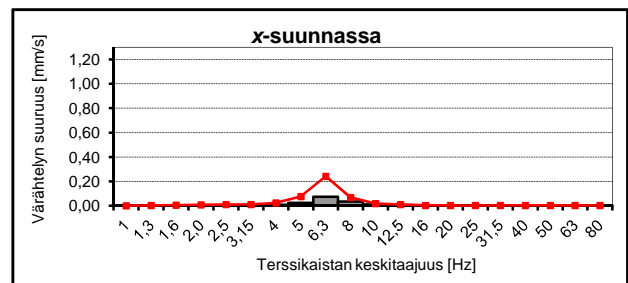
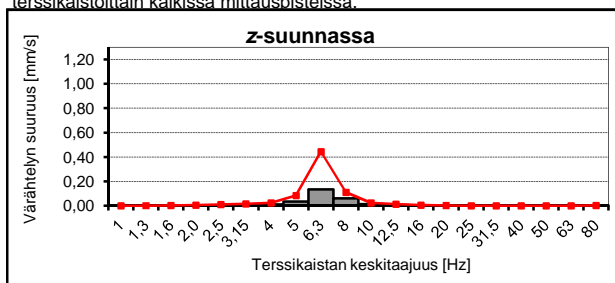
Tunnusluvun laskuissa käytetyt $v_{w,max}$ -arvot (Suositusarvo (max) 0,30 mm/s)

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

Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] z	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] y	Pvm	Klo	$v_{w,max}$ [mm/s] x
23.4.2013	6:38	0,47	23.4.2013	6:38	0,20	23.4.2013	6:38	0,27
26.4.2013	12:04	0,17	24.4.2013	18:01	0,11	26.4.2013	12:04	0,08
25.4.2013	4:01	0,13	25.4.2013	4:01	0,09	25.4.2013	4:01	0,07
27.4.2013	2:41	0,11	26.4.2013	12:04	0,09	22.4.2013	18:41	0,06
22.4.2013	18:41	0,11	22.4.2013	18:41	0,08	26.4.2013	18:11	0,06
26.4.2013	18:11	0,10	24.4.2013	2:31	0,07	22.4.2013	17:06	0,06
23.4.2013	2:46	0,10	23.4.2013	2:46	0,07	23.4.2013	2:46	0,05
24.4.2013	18:01	0,09	25.4.2013	17:56	0,07	25.4.2013	17:56	0,05
23.4.2013	3:28	0,09	27.4.2013	2:41	0,06	27.4.2013	2:41	0,05
25.4.2013	17:56	0,08	26.4.2013	18:11	0,06	24.4.2013	2:31	0,04
22.4.2013	17:06	0,08	26.4.2013	18:02	0,06	27.4.2013	17:56	0,04
24.4.2013	2:31	0,08	22.4.2013	17:06	0,06	23.4.2013	18:35	0,04
25.4.2013	17:02	0,07	25.4.2013	17:02	0,05	26.4.2013	18:02	0,04
26.4.2013	18:02	0,07	27.4.2013	17:56	0,05	24.4.2013	18:01	0,04
23.4.2013	18:35	0,07	23.4.2013	3:28	0,05	25.4.2013	17:02	0,04
$v_{w,95} =$		0,30	$v_{w,95} =$		0,15	$v_{w,95} =$		0,17

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: 3-akiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

MP1

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
27.4.2013	17:30	44	27.4.2013	17:30	51	29.4.2013	5:44	47
25.4.2013	8:30	43	27.4.2013	10:22	50	25.4.2013	20:35	46
27.4.2013	10:35	42	25.4.2013	13:35	50	24.4.2013	11:38	46
29.4.2013	5:44	41	29.4.2013	5:44	49	25.4.2013	17:56	46
25.4.2013	20:35	40	26.4.2013	2:02	48	22.4.2013	22:37	45
27.4.2013	16:22	39	24.4.2013	11:38	47	25.4.2013	13:35	45
25.4.2013	1:41	39	25.4.2013	1:41	47	29.4.2013	5:06	45
26.4.2013	2:02	39	22.4.2013	15:22	47	25.4.2013	1:41	44
24.4.2013	2:31	38	22.4.2013	22:37	47	27.4.2013	17:30	43
27.4.2013	2:41	38	27.4.2013	10:35	47	26.4.2013	2:02	43
25.4.2013	17:56	38	25.4.2013	8:30	46	27.4.2013	10:22	42
25.4.2013	13:35	38	27.4.2013	19:36	46	26.4.2013	18:02	42
23.4.2013	18:35	38	25.4.2013	20:35	46	27.4.2013	2:41	42
27.4.2013	11:31	38	27.4.2013	11:31	46	23.4.2013	2:46	42
27.4.2013	19:36	38	23.4.2013	2:46	46	24.4.2013	15:23	42
		$L_{pA} = 43$			$L_{pA} = 50$			$L_{pA} = 47$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

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

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: 3-akiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

MP2

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
23.4.2013	6:38	36	29.4.2013	5:45	35	29.4.2013	5:45	35
26.4.2013	18:11	33	26.4.2013	18:02	34	27.4.2013	19:36	32
24.4.2013	2:31	33	27.4.2013	19:36	34	25.4.2013	17:56	31
23.4.2013	18:35	31	26.4.2013	18:11	32	24.4.2013	18:01	30
25.4.2013	17:56	31	25.4.2013	17:56	32	26.4.2013	2:02	30
23.4.2013	2:46	31	26.4.2013	2:02	32	23.4.2013	18:35	30
23.4.2013	17:02	30	22.4.2013	17:06	32	22.4.2013	17:06	30
25.4.2013	1:41	30	25.4.2013	1:41	32	25.4.2013	1:41	30
29.4.2013	5:45	29	24.4.2013	18:01	31	22.4.2013	18:41	29
29.4.2013	5:06	29	22.4.2013	18:41	30	25.4.2013	4:01	29
26.4.2013	18:02	29	29.4.2013	5:06	30	26.4.2013	18:02	29
24.4.2013	18:01	29	23.4.2013	2:46	30	29.4.2013	5:06	28
22.4.2013	17:06	29	23.4.2013	6:38	29	26.4.2013	18:11	28
23.4.2013	3:28	28	24.4.2013	2:31	29	23.4.2013	2:46	28
26.4.2013	2:02	28	23.4.2013	18:35	29	24.4.2013	2:31	28
		$L_{pA} = 34$			$L_{pA} = 35$			$L_{pA} = 33$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

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

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: 3-akiaalinen mittaus maasta
 Mittausjakso: 22.-29.4.2013

MP3

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
 runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
22.4.2013	17:06	27	29.4.2013	5:45	28	22.4.2013	17:06	26
22.4.2013	18:41	26	25.4.2013	1:41	27	29.4.2013	5:45	26
25.4.2013	1:41	26	25.4.2013	4:01	27	29.4.2013	5:06	24
24.4.2013	2:31	26	22.4.2013	17:06	26	25.4.2013	1:41	24
29.4.2013	5:45	26	24.4.2013	18:01	26	26.4.2013	18:02	23
29.4.2013	5:06	26	27.4.2013	2:41	26	22.4.2013	18:41	23
23.4.2013	18:35	25	25.4.2013	17:56	26	26.4.2013	2:02	22
23.4.2013	3:27	25	26.4.2013	2:02	24	27.4.2013	2:41	22
27.4.2013	2:41	25	22.4.2013	18:41	24	25.4.2013	4:01	21
26.4.2013	18:11	24	29.4.2013	6:44	24	25.4.2013	17:56	21
23.4.2013	6:38	24	26.4.2013	18:02	24	24.4.2013	18:01	21
23.4.2013	17:02	23	24.4.2013	2:31	23	24.4.2013	2:31	21
26.4.2013	18:02	23	23.4.2013	18:35	23	23.4.2013	3:27	21
25.4.2013	17:56	23	29.4.2013	5:06	23	23.4.2013	18:35	20
24.4.2013	18:01	23	26.4.2013	18:11	23	26.4.2013	18:11	20
		$L_{pA} = 27$			$L_{pA} = 28$			$L_{pA} = 26$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

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

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: 3-akiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

MP4

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
25.4.2013	1:41	30	29.4.2013	5:45	27	25.4.2013	1:41	28
22.4.2013	17:06	29	25.4.2013	1:41	26	29.4.2013	5:45	28
26.4.2013	2:02	28	26.4.2013	2:02	26	22.4.2013	17:06	28
22.4.2013	18:41	28	22.4.2013	18:41	25	26.4.2013	2:02	28
23.4.2013	3:28	28	22.4.2013	17:06	24	22.4.2013	18:41	28
29.4.2013	5:45	27	26.4.2013	18:02	24	23.4.2013	3:28	26
23.4.2013	18:35	26	23.4.2013	18:35	23	23.4.2013	18:35	26
25.4.2013	4:01	26	25.4.2013	17:56	23	25.4.2013	4:01	26
23.4.2013	2:46	25	24.4.2013	18:01	23	26.4.2013	18:02	25
26.4.2013	18:02	25	23.4.2013	2:46	23	23.4.2013	2:46	25
29.4.2013	5:06	25	29.4.2013	5:06	22	23.4.2013	6:38	24
23.4.2013	17:01	25	26.4.2013	18:11	22	23.4.2013	17:01	24
23.4.2013	6:38	24	25.4.2013	4:01	22	26.4.2013	18:11	23
26.4.2013	12:04	24	24.4.2013	2:31	22	29.4.2013	5:06	23
24.4.2013	2:31	23	26.4.2013	12:04	22	26.4.2013	12:04	23
		$L_{pA} = 30$			$L_{pA} = 27$			$L_{pA} = 29$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

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

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: 3-akiaalinen mittaus maasta
 Mittausjakso: 22.-29.4.2013

MP5

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
 runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
22.4.2013	17:06	54	26.4.2013	10:23	49	22.4.2013	17:06	51
25.4.2013	17:56	53	25.4.2013	15:23	49	22.4.2013	18:41	49
22.4.2013	18:41	53	29.4.2013	9:26	49	25.4.2013	17:56	49
23.4.2013	3:27	50	27.4.2013	16:22	49	27.4.2013	19:36	48
29.4.2013	5:45	50	27.4.2013	7:17	49	29.4.2013	5:45	47
23.4.2013	2:46	50	27.4.2013	19:36	49	25.4.2013	11:38	47
25.4.2013	1:41	50	24.4.2013	21:27	48	26.4.2013	18:02	47
29.4.2013	5:06	50	26.4.2013	8:31	48	25.4.2013	20:35	46
24.4.2013	2:31	48	25.4.2013	20:35	48	27.4.2013	13:36	46
26.4.2013	2:02	48	26.4.2013	10:35	48	25.4.2013	1:41	46
23.4.2013	6:38	48	25.4.2013	19:33	48	24.4.2013	19:42	46
23.4.2013	18:35	48	26.4.2013	6:18	48	27.4.2013	17:56	46
27.4.2013	19:36	47	25.4.2013	9:23	48	26.4.2013	8:31	46
26.4.2013	18:11	47	25.4.2013	10:43	48	27.4.2013	10:35	46
24.4.2013	17:03	47	24.4.2013	19:42	48	25.4.2013	19:33	46
		$L_{pA} = 54$			$L_{pA} = 49$			$L_{pA} = 50$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

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

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: 3-akiaalinen mittaus maasta
 Mittausjakso: 22.-29.4.2013

MP6

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
 runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
24.4.2013	2:31	41	27.4.2013	19:36	37	27.4.2013	19:36	36
25.4.2013	17:56	40	29.4.2013	5:45	35	25.4.2013	1:41	35
27.4.2013	2:41	40	26.4.2013	18:02	33	26.4.2013	18:02	35
25.4.2013	1:41	39	24.4.2013	2:31	32	29.4.2013	5:45	35
23.4.2013	18:35	39	25.4.2013	1:41	32	27.4.2013	2:41	34
22.4.2013	18:41	38	25.4.2013	17:56	32	24.4.2013	2:31	34
29.4.2013	5:45	38	22.4.2013	18:41	31	27.4.2013	17:56	34
26.4.2013	18:02	38	26.4.2013	10:23	31	22.4.2013	18:41	34
23.4.2013	2:46	38	23.4.2013	2:46	31	22.4.2013	17:06	32
29.4.2013	5:06	37	27.4.2013	2:41	31	23.4.2013	2:46	32
22.4.2013	17:06	37	26.4.2013	2:02	31	23.4.2013	18:35	32
26.4.2013	18:11	37	22.4.2013	17:06	31	25.4.2013	17:56	32
27.4.2013	17:56	37	23.4.2013	18:35	30	26.4.2013	2:02	32
23.4.2013	3:28	36	29.4.2013	5:06	29	25.4.2013	17:02	32
24.4.2013	18:01	36	27.4.2013	17:56	29	29.4.2013	5:06	32
		$L_{pA} = 41$			$L_{pA} = 35$			$L_{pA} = 36$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

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

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: 3-akiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

MP7

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
26.4.2013	18:11	33	29.4.2013	5:45	31	25.4.2013	17:56	32
25.4.2013	17:56	32	26.4.2013	18:02	31	29.4.2013	5:45	31
24.4.2013	2:31	31	26.4.2013	18:11	31	25.4.2013	1:41	31
23.4.2013	18:35	31	25.4.2013	1:41	30	26.4.2013	18:02	30
23.4.2013	2:46	31	23.4.2013	2:46	30	27.4.2013	2:41	30
27.4.2013	2:41	31	25.4.2013	17:56	30	24.4.2013	2:31	29
25.4.2013	1:41	30	27.4.2013	2:41	30	26.4.2013	18:11	28
29.4.2013	5:45	29	24.4.2013	2:31	30	24.4.2013	18:01	28
29.4.2013	5:06	29	24.4.2013	18:01	29	23.4.2013	2:46	28
24.4.2013	18:01	29	22.4.2013	17:06	29	22.4.2013	17:06	27
26.4.2013	18:02	28	23.4.2013	18:35	28	29.4.2013	5:06	27
22.4.2013	17:06	28	27.4.2013	17:56	27	25.4.2013	17:02	26
25.4.2013	17:02	27	29.4.2013	5:06	27	25.4.2013	4:01	26
23.4.2013	17:02	27	23.4.2013	3:27	27	27.4.2013	17:56	26
27.4.2013	17:56	26	25.4.2013	17:02	26	23.4.2013	6:38	25
		$L_{pA} = 33$			$L_{pA} = 32$			$L_{pA} = 32$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

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

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta

Mittauspisteen kuvaus: 3-akiaalinen mittaus maasta
Mittausjakso: 22.-29.4.2013

MP8

Arvioidut runkomelutasot

Suurimmista tärinä tapahtumista VTT:n ohjeen mukaiset
runkomelun arviointitulokset:

Pvm	Klo	L_{ASmax} z [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} y [dB]	Pvm	Klo	L_{ASmax} x [dB]
26.4.2013	18:11	28	25.4.2013	23:24	27	25.4.2013	23:24	28
24.4.2013	2:31	28	25.4.2013	17:56	25	25.4.2013	17:56	25
25.4.2013	17:56	27	26.4.2013	18:11	24	22.4.2013	17:06	24
23.4.2013	18:35	26	27.4.2013	2:41	24	24.4.2013	2:31	23
27.4.2013	2:41	25	25.4.2013	1:41	23	22.4.2013	18:41	22
25.4.2013	1:41	25	22.4.2013	18:41	23	25.4.2013	1:41	21
23.4.2013	2:46	25	23.4.2013	2:46	22	23.4.2013	2:46	21
24.4.2013	18:01	25	24.4.2013	2:31	22	23.4.2013	6:38	21
26.4.2013	18:02	24	26.4.2013	18:02	22	23.4.2013	18:35	20
22.4.2013	18:41	23	24.4.2013	18:01	22	26.4.2013	18:02	20
22.4.2013	17:06	23	22.4.2013	17:06	22	26.4.2013	18:11	20
27.4.2013	17:56	22	23.4.2013	18:35	20	24.4.2013	18:01	20
25.4.2013	17:02	21	27.4.2013	17:56	19	26.4.2013	12:04	19
26.4.2013	12:04	21	23.4.2013	3:28	18	27.4.2013	2:41	19
23.4.2013	3:28	20	25.4.2013	17:02	18	26.4.2013	2:02	17
		$L_{pA} = 29$			$L_{pA} = 27$			$L_{pA} = 27$

Laskennassa käytetyt VTT:n ohjeen mukaiset lisätekijät:

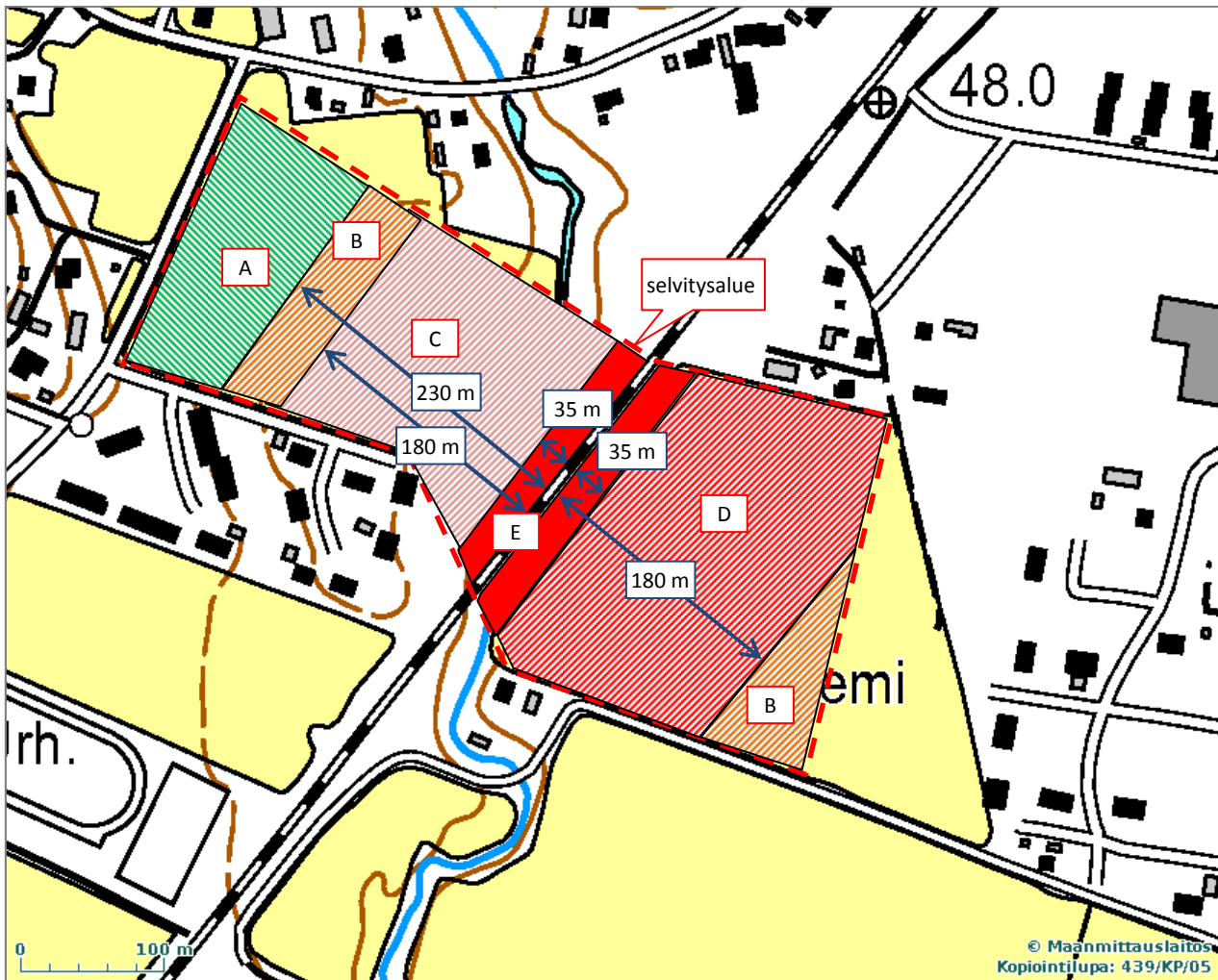
Rakennuksen tyyppi			käytetty
Perustus kalliolle	0 dB		<input type="checkbox"/>
Puutalo 1-2 krs	-5 dB		<input checked="" type="checkbox"/>
Betonitalo 1-2 krs	-7 dB		<input type="checkbox"/>
Kerrostalo	-10 dB		<input type="checkbox"/>
Tarkasteltava asuinkerros		kerros:	
Kerrokset 1-5	-2 dB/kerros	<input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

* Sovellettu VTT:n ohjeesta.

Varmuusvarana käytetään + 6 dB mitattaessa värähtelyä maasta

Varmuusvarana käytetään + 3 dB mitattaessa värähtelyä kantavasta rakenteesta

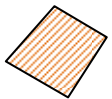
Varmuusvarana käytetään + 0 dB mitattaessa värähtelyä valmiin rakennuksen lattialta



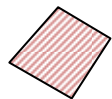
A-alueet: Soveltuu **asuinrakentamiseen** kun välipohjien ominaistajuudet mitoitetaan rakennuksen suunnittelussa siten, että alin ominaistajuus on vähintään 9 Hz. Alueelle rakennettavissa pientaloissa raideliikenteen aiheuttama tärinä saattaa olla havaittavissa. Soveltuu **teollisuusliike-, toimisto- ja opetustilarakentamiseen** ilman vaimennustoimenpiteitä.



B-alueet: Ei sovellu **asuinrakentamiseen**. Soveltuu **opetustilarakentamiseen** kun välipohjien ominaistajuudet mitoitetaan rakennuksen suunnittelussa siten, että alin ominaistajuus on vähintään 9 Hz. Soveltuu **teollisuus-, liike-, ja toimistotilarakentamiseen** ilman vaimennustoimenpiteitä.



C-alueet: Ei sovellu **asuin- tai opetustilarakentamiseen**. Soveltuu **liike- ja toimistotilarakentamiseen** kun välipohjien ominaistajuudet mitoitetaan rakennuksen suunnittelussa siten, että alin ominaistajuus on vähintään 9 Hz. Soveltuu **teollisuusrakentamiseen** ilman vaimennustoimenpiteitä.



D-alueet: Ei sovellu **asuin-, opetus-, liike- tai toimistotilarakentamiseen**. Soveltuu **teollisuusrakentamiseen** ilman vaimennustoimenpiteitä.



E-alueet: Ei sovellu rakentamiseen. Raideliikenteen aiheuttama tärinä saattaa aiheuttaa rakennuksille vaurioriskin.

