

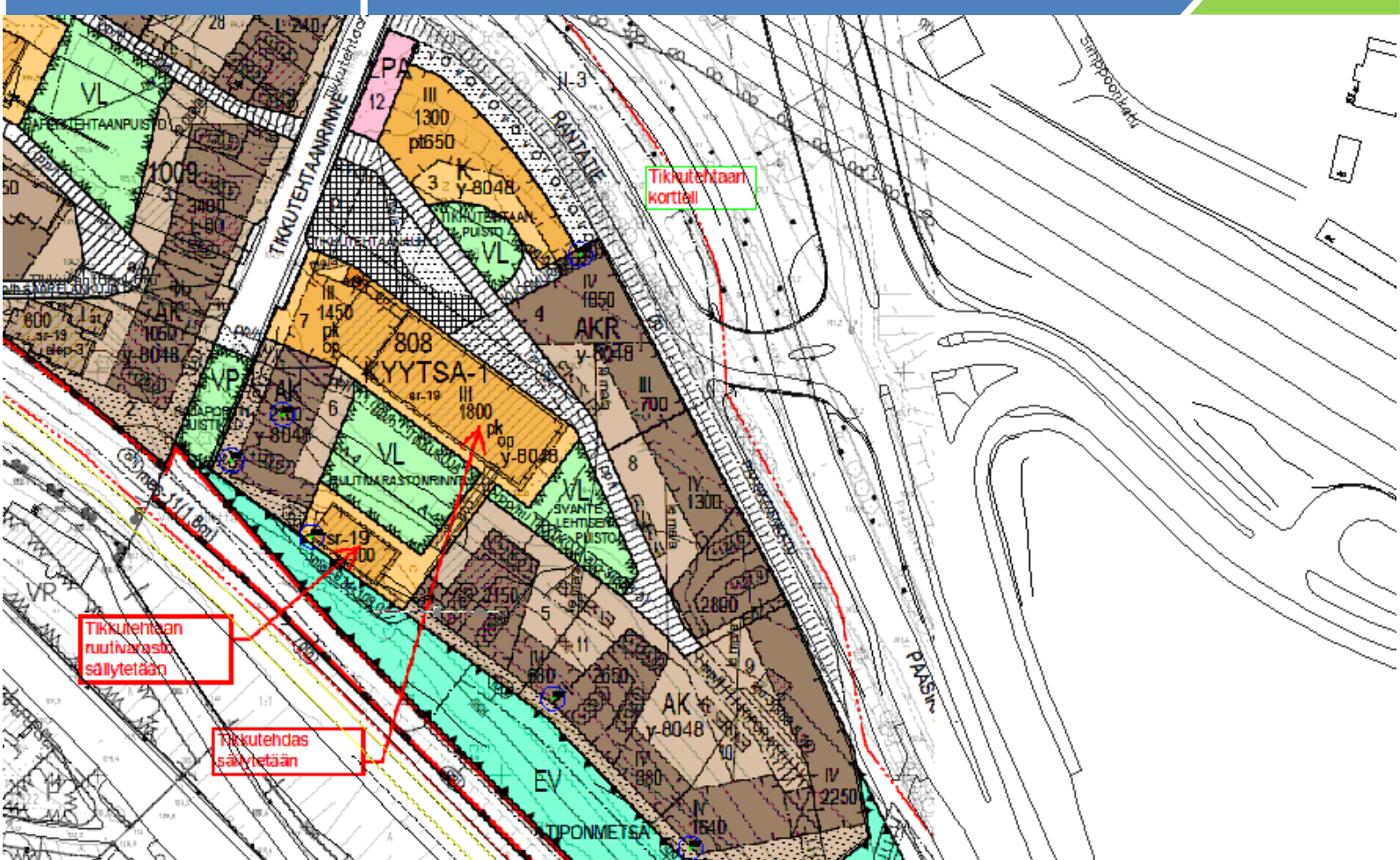
Työ: 12997

7.2.2018

LIIKENNETÄRINÄSELVITYS

SANTALAHTI TAMPERE

TIKKUTEHTAAN KORTTELI



**TARATEST OY**  
Turkkirata 9 A  
33960 Pirkkala  
p. 03-368 3322  
[www.taratest.fi](http://www.taratest.fi)

## Sisällysluettelo

1 Tehtävä.....	3
2 Noudatettavat Ohjeet.....	3
3 Mittaustapa ja vaaditut kriteerit.....	3
4 Maasto- ja liikenneolosuhteet.....	5
4.1 Maasto-olosuhteet.....	5
4.2 Liikenneolosuhteet.....	5
5 Värähtelyluokitus.....	6
6 Mittaustulokset.....	6
6.1 Katutärinä.....	8
6.2 Junatärinä.....	8
7 Häiritsevyydestarkastelu.....	9
7.1 Tunnusluvut.....	9
7.2 Laskentamalli.....	10
7.3 Värähtelyn arviointi (johtopäätökset / suunnitteluohjeet).....	11
8 Runkomelutarkastelu.....	12
9 Ennustetilanne 2040.....	13
9.1 Katutärinä ennuste.....	13
9.2 Junatärinä ennuste.....	14
9.3 Raitiotie ennuste.....	14
10 Yhteenveto.....	15

## 1. Tehtävä

Taratest Oy on tehnyt Pohjola Rakennus Oy:n toimeksiannosta tärinäselvityksen Tampereella Santalahden Tikkutehtaan korttelissa. Alueelle on suunniteltu 6-kerroksisia asuinrakennuksia. Kortteli on Tampere – Seinäjoki –radan varrella.

Kohteessa suoritettiin liikennetärinämittauksia aikavälillä 7.12.2017. – 12.1.2018. Tarkoituksena oli selvittää radan ja Paasikiventien tärinän vaikutus asumisviihtyvyydelle. Vauriotarkastelua ei ole tarpeen suorittaa, koska vaadittavat häiritsevyydskriteerit ovat selvästi tiukemmat. Tärinämittauspisteitä oli 5 kpl maastossa ja yksi rakennuksessa. Tärinämittauslaitteiston asensi Jarkko Lintula ja Kari-Matti Ilkka / Taratest Oy.



Kuva 1: Kohteen sijainti

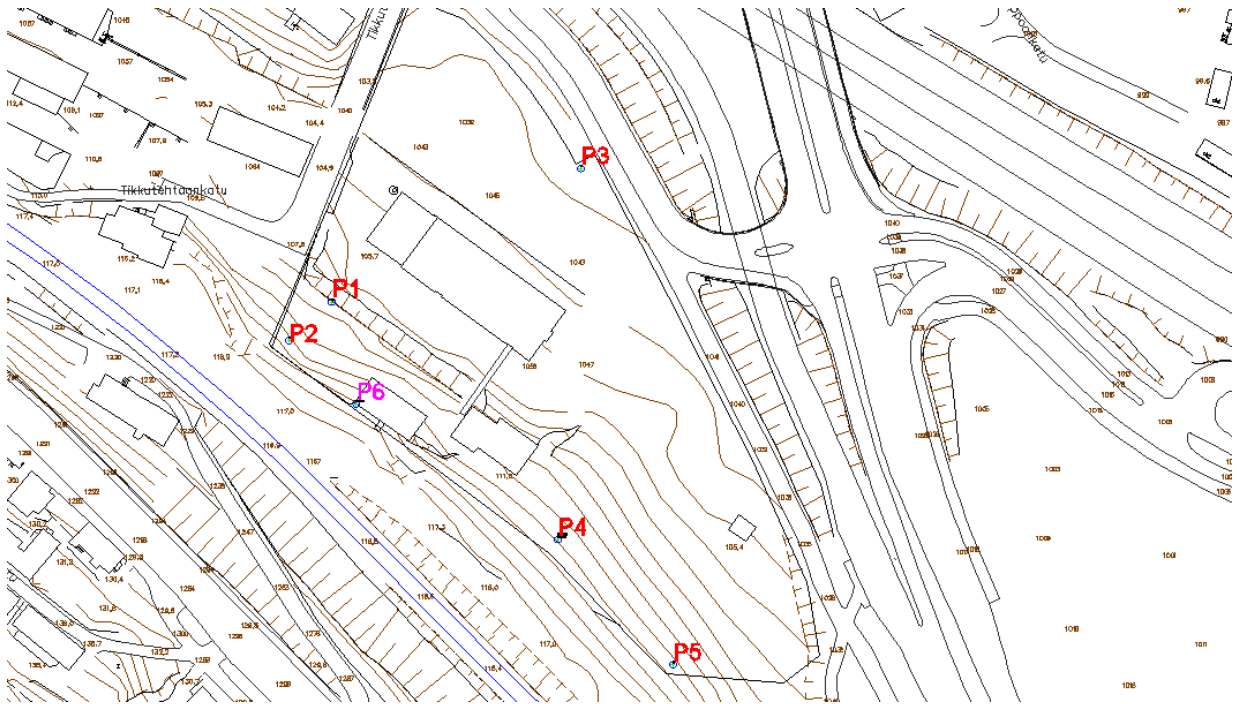
## 2. Noudatettavat ohjeet

Tässä työssä on noudatettu VTT:n julkaisua ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista” VTT Tiedotteita – Research Notes 2278, Espoo, 2004 sekä sitä täydentäviä julkaisuja ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” VTT Working Papers 50, Espoo 2006, ”Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi” VTT Tiedotteita – Research Notes 2425, Espoo 2008 ja ”Liikennetärinä: Alueiden tärinäkarttoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius” VTT Julkaisu - VTT-R-04703-14, Espoo 2014. Lisäksi julkaisut ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” VTT Tiedotteita – Research Notes 2468, Espoo, 2009, Ohjeita liikennetärinän arviointiin. Espoo 2011.

## 3. Mittaustapa, vaaditut kriteerit

Liikennetärinää kartoitettiin kolmessa linjassa ja kuudessa tärinämittauspisteessä. Maapisteitä varten kaivettiin noin 0,5 m syvät kuopat ja anturit asennettiin kuopan pohjalle ja peitettiin maalla. Piste 6 oli

Tikkutehtaan ruutivaraston sokkelissa, muut pisteet maassa. Tärinämittarit olivat mallia White Seis II.



Kuva 2: Tärinämittauspisteiden sijainti nykykartalla

Mittausjakso on noin viikko. Tarkoituksena oli kartoittaa mittauspisteissä yhden viikon aikana 15 merkittävintä tärinä tapahtumaa, joiden avulla lasketaan / arvioidaan ohjeen mukaisesti tärinän tunnusluvut ( $Vw_{95}$ ) perustuksille ja arvioidaan tärinän häiritsevyyden asumisviihtyvyyden kannalta. Tapahtumat valitaan heilahdusnopeuden taajuuspainotettujen tehollisten (1s) maksimiarvojen perusteella.

15 merkittävimmän tärinä tapahtuman heilahdusnopeuden taajuuspainotetuista tehollisarvoista lasketaan keskiarvo ja keskihajonta, joiden pohjalta tunnusluku lasketaan kaavalla:

$$Vw_{95} = \text{keskiarvo } (Vw) + 1.8 \times \text{keskihajonta } (Vw) \text{ (Kaava 1)}$$

Häiriötarkastelu sisältää juna- ja katutärinän värähtelyarvioinnin sekä runkomelutarkastelun junatärinän osalta. Häiriötarkastelussa arvioidaan pisteiden kohdalla ensin arvioitu perustuksen tunnusluku ( $Vw_{95}$ ), minkä jälkeen suoritetaan tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio rakennusten värähtelystä (=  $Vw1$ ). Alueella, jossa tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio  $Vw1$  ylittää asetetun vaatimustason, on tärinä vaimennettava tai rakennuksen käyttötarkoitus muutettava.

Lisäksi suoritetaan resonanssitarkastelu erikseen lattioille ( $Vw2$ ) ja rakennuksen rungolle ( $Vw3$ ). Jos resonanssitarkastelussa asetettu vaatimustaso ylittyy, tärinä on otettava huomioon rakenteiden suunnittelussa niin, että värähtelyn ohjearvot ylittäviä resonanssitaajuuksia vältetään rakenteissa.

Tässä selvityksessä resonanssi on arvioitu soveltaen ohjetta (VTT Julkaisu - VTT-R-04703-14 / v. 2014). Selvityksessä VTT:n ohjeessa T2278 esitetyt resonanssikertoimet on puolitettu, koska suurin mahdollinen resonanssi ei voi esiintyä ”kovalla” maaperällä 6 – kerroksisissa rakennuksissa, joita kortteliin on suunniteltu. Resonanssin merkitys on suurin pehmeillä maa-alueilla, jolloin maaperän värähtelyn energia esiintyy hyvin kapealla taajuuskaistalla, joka voi sattua rungon tai lattian ominaistaajuuden alueelle. Tässä värähtely oli laajakaistaista, ja hallitsevat taajuudet ovat enimmäkseen yli 10 Hz:n alueella.

## 4. Maasto- ja liikenneolosuhteet

### 4.1 Maasto-olosuhteet

Korttelin maanpinta nousee aluksi loivasti rataa kohti ja lopussa jyrkemmin. Rakennusten perustukset tulevat yli 8 metriä rataa alemmalle tasolle. Etäisyydet tärinämittauspisteistä rataan sekä suunniteltujen rakennusten perustuksista rataan on huomioitu kolmiulotteisesti.

Kohteen maasto-olosuhteet eivät ole kokonaan tiedossa, kohteen maaperätutkimukset ovat kirjoitusvaiheessa kesken. Ilmeisesti rakennukset perustetaan paaluille.

Tärinää johtavien maalajien voidaan arvioida vaihtelevan ”välimaalajien” ja ”karkearakeisen” välillä.

### 4.2 Liikenneolosuhteet

Rautatieliikenne on vilkasta, liikennemäärät esitetty taulukossa 1 ja 2:

**Taulukko 1.** Raideliikennetiedot nykytilanteessa 2017.

Junatyyppi	Nopeus [km/h]	Pituus [m]	Päiväliikenne klo 7-22 [kpl]	Yöliikenne klo 7-22 [kpl]	Pituus [m]
Pendolino	100	159	11	1	159
IC	80	416	10	0	416
IC2	80	177	4	0	177
Pikajuna	80	406	0	6	406
Taajamajuna	80	125	10	2	125
Tavarajuna	70	544	13	21	544

**Taulukko 2.** Raideliikennetiedot ennustetilanteessa 2040.

Junatyyppi	Nopeus [km/h]	Pituus [m]	Päiväliikenne klo 7-22 [kpl]	Yöliikenne klo 7-22 [kpl]	Pituus [m]
Pendolino	100	318	12	1	239
IC	80	381	10	0	381
IC2	80	240	6	1	266
Pikajuna	80	592	0	6	592
Taajamajuna	80	125	4	2	125
Tavarajuna	70	497	15	21	462
Sm5	80	75	24	0	75

**Taulukko 3.** Raitioliikennetiedot ennustetilanteessa 2040.

Junatyyppi	Nopeus [km/h]	Pituus [m]	Päiväliikenne klo 7-22 [kpl]	Yöliikenne klo 7-22 [kpl]	Pituus [m]
S-M32	40	32	180	36	32

Paasikivenkatu on yli 30 metrin etäisyydellä suunnitelluista rakennuksista. Tontin kohdalla Rantatie liittyy Paasikivenkatuun. Tieliikennetärinän taso tarkastettiin yhdellä mittauspisteellä Rantatien liittymän kohdalla.

**Taulukko 4.** Tieliikennemelun lähteiden ominaisuudet.

Tieliikenne	Nopeus [km/h]	KVL 2017 [ajon./vrk]	KVL 2040 [ajon./vrk]	Raskaan liikenteen osuus [%]	Vuorokausijakauma [päivä% / Yö%]
Rantatie	40	1000	3500	10	90/10
Paasikiventie	60	36000	70000	5	90/10

## 5 Värähtelyluokitus

### Ohjeet

Taulukossa 5 on esitetty käytössä oleva värähtelyluokitus.

**Taulukko 5: Värähtelyluokitus**

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	vw <sub>95</sub> [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä</i>	≤ 0,10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyitä, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	≤ 0,15
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä</i>	≤ 0,30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä</i>	≤ 0,60

Uusille asuinrakennuksille väylän varrella tapahtuva värähtely arvioidaan luokan C mukaan, joten tutkittavalla alueella vaadittu värähtelyluokitusvaatimus asuinrakennuksille on C.

## 6 Mittaustulokset

Tontin tärinämittaus suoritettiin etäluettavilla tärinämittareilla Mini Seis II, jotka mittasivat tärinän heilahdusnopeutta  $v$  (mm/s), kiihtyvyyttä  $a$  (g), taajuutta  $f$  (Hz) ja siirtymää  $A$  (mm)  $x, y, z$  – koordinaatistossa. Tärinämittarit tallensivat heilahdusnopeuden kynnyksarvon ylittävät tärinä tapahtumat 6,0

### TARATEST OY

www.taratest.fi

Turkkirata 9 A, 33960 PIRKKALA

PUH 03 - 368 33 22

FAX 03 - 368 33 17

e-mail: taratest@taratest.fi

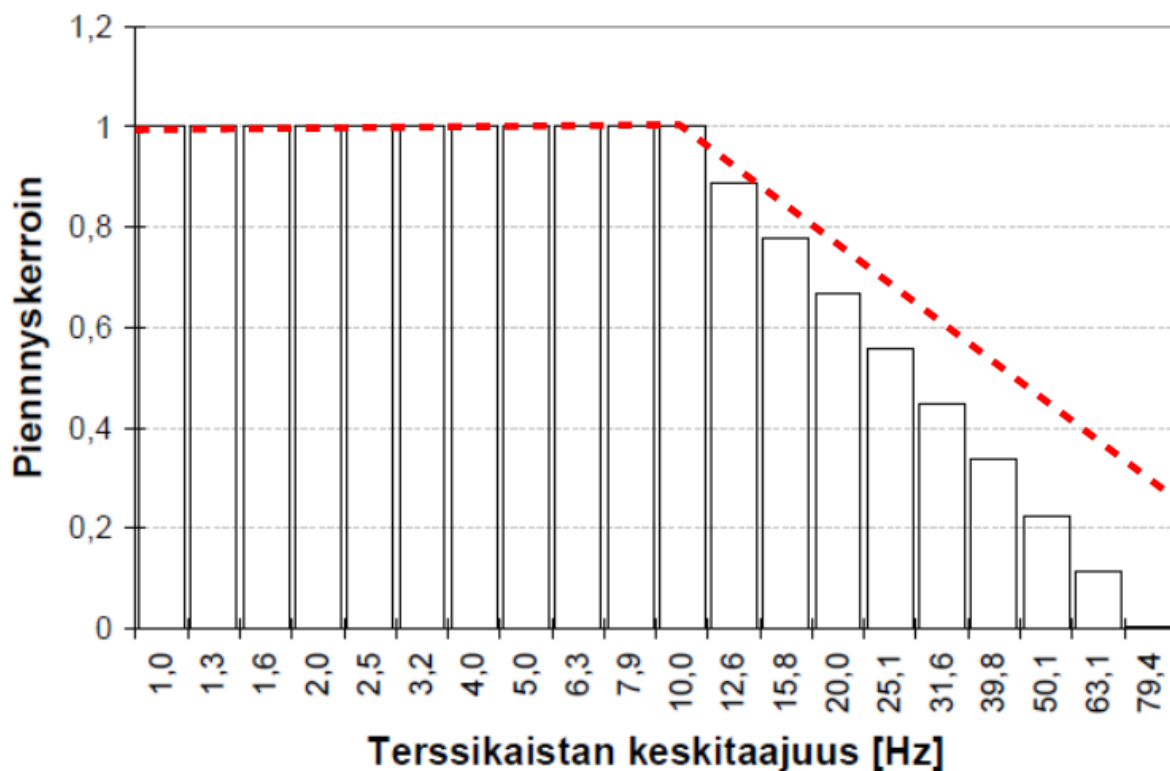
\* Geosuunnittelu

\* Ympäristöselvitykset

\* Maa-aineslaboratorio

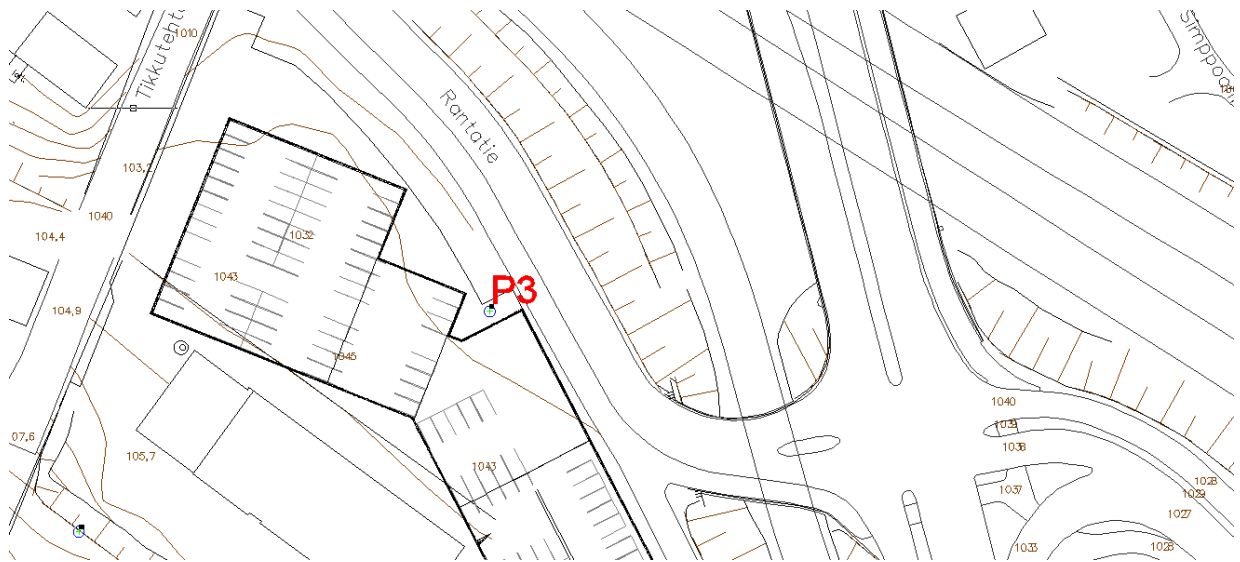
sekunnin jaksoin. Mittausta suoritettiin kolmessa poikkilinjassa rataa nähden. Mittauslinjalle 1 ei tule uusia rakennuksia, mittaus tehtiin olevassa rakennuksessa ja sen lähellä tärinän vaimentumisen perustukseen selvittämiseksi. Mittausten perusteella laadittiin julkaisun VTT-R-04703-14 mukainen korjattu laskentamalli (kohta 7.2)

Mittauspiste P6 oli vanhassa ruutivarastorakennuksessa, joka on yhtä lähempänä rataa kuin suunnitellut asuinrakennukset. Mittauspiste P2 oli lähellä rakennusta. Mittauspisteiden tuloksia vertaamalla saatiin selville tärinän vaimeneminen siirtyessä perustukseen korttelin alueella, graafinen esitys kuvassa 3. Tätä arviointia käytetään sekä häiritsevyydestarkastelussa että runkomelun arvioinnissa. Uudet rakennukset ovat korkeampia ja massiivisempia kuin ruutivarasto, joten tarkastelu on varmalla puolella.



Kuva 3, Pienennys perustukseen siirtyvän värähtelyn arvioimiseksi, punainen määritetty mittaustulosten avulla P2 / P6 Tikkutehtaan ruutivarastossa.

## 6.1 Katutärinä



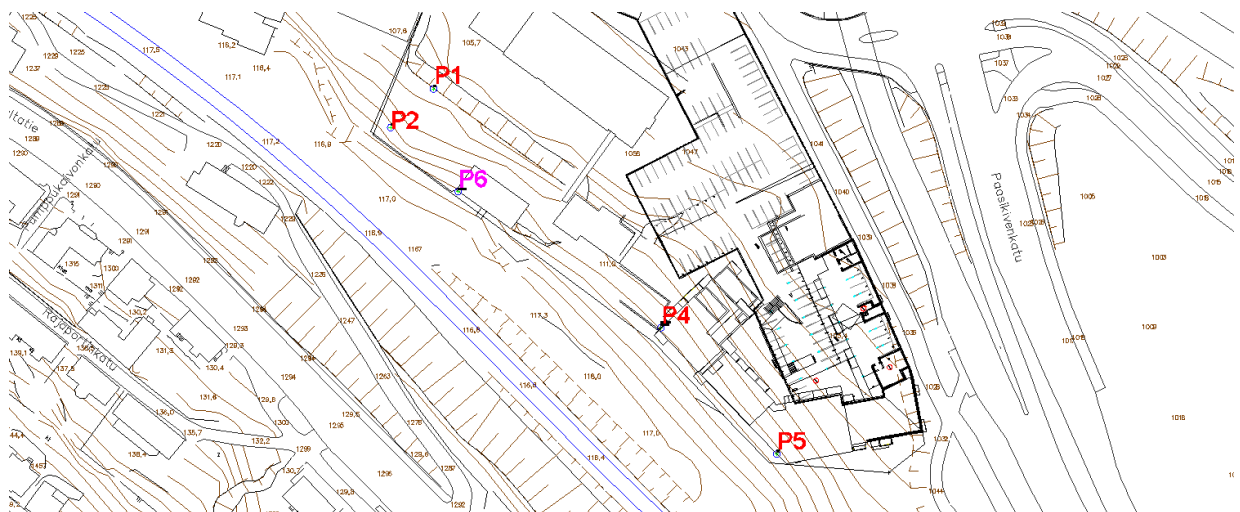
Kuva 4, Katutärinä mittauspiste P3 sijainti

Piste P3 mittasi tieliikennetärinää.

P1: Etäisyys Rantatielle n. 7metriä, Paasikivenkadulle 37 m. Mittariin rekisteröityneiden tapahtumien aiheuttajaa ei pystytty varmistamaan. Tapahtumia oli suhteellisen vähän, joten ne saattavat olla työmaaliikenteen aiheuttamia. Laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0,127 – 0,254 mm/s. Perustuksille arvioitu tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0.062 ja  $V_{w1}$  = 0.093, mikä täyttää tavoitetason.

Selvityksen perusteella Rantatien ja Paasikivenkadun liikennetärinä ei ole häiritsevää korttelissa. Tieliikenteestä ei yleensä aiheudu häiritsevää runkomelua, eikä sitä ole tarpeen tarkastella yli 5 metrin etäisyydellä.

## 6.2 Junatärinä



Kuva 5: Junatärinäpisteet sijainti



P1: Linja 1 / maapiste etäisyys rataan n. 42,5 metriä. Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0.32 – 0.51 mm/s. Perustuksille arvioitu tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0,103 ja  $V_{w1} = 0.154$ , mikä täyttää tavoitetason. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 12 – 80 Hz.

P2: Linja 1 / maapiste etäisyys rataan n. 26 metriä. Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0.44 – 0.98 mm/s. Perustuksille arvioitu tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0.104 ja  $V_{w1} = 0.156$ , mikä täyttää tavoitetason. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 12 – 80 Hz.

P4: Linja2 /maapiste etäisyys rataan n. 39 metriä (As Oy Hehkun kohdalla). Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0.25 – 0.41 mm/s. Perustuksille arvioitu tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0.085 ja perustukselle arvioitu  $V_{w1} = 0.127$ , mikä täyttää tavoitetason. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 12 -80 Hz.

P5: Linja 3 / maapiste etäisyys rataan n. 36,0 metriä (As Oy Loimun kohdalla). Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0.28 – 0.41 mm/s. Perustuksille arvioitu tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0.104 ja perustukselle arvioitu  $V_{w1} = 0.157$ , mikä täyttää tavoitetason. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 10 -80 Hz.

P6: Linja 1 / Rakennus tikkutehtaan ruutivarasto etäisyys rataan n. 25 metriä. Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0.191 – 0.254 mm/s. Perustuksen mitattu tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0.088 ja  $V_{w1} = 0.133$ , mikä täyttää tavoitetason. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 10 – 80 Hz, suurimmat välillä 20 – 32 Hz. Sokkelin tärinästä analysoitu A-painotettu runkomelutaso oli 29,8 Hz.

## 7. Häiritsevyydstarastelu

### 7.1 Tunnusluvut

Taulukossa 6 on esitetty mittauspisteiden määritetyt tunnusluvut x-, y- ja z suunnissa, eli arviot perustuksen värähtelystä, arviot rungon vaakavärähtelystä ja lattian pystyvärähtelystä resonanssitapauksessa. Piste 6 oli mitattu rakenteesta, joten siirtymiskertoimia ei käytetty.

Taulukko 6: Perustuksen mitatut tai arvioidut tunnusluvut  $V_{w,95}$  (mm/s)

x	= poikittaissuuntainen rataan nähden
y	= radan suuntainen
z	= pystysuuntainen
$V_{w,95}$	= Perustuksen tunnusluvut x-, y- z-suunta suurin
$V_{w1}$	= Tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio rakennuksen värähtelystä
$V_{w2}$	= lattian resonanssi (kerroin 3)
$V_{w3}$	= rungon resonanssi (kerroin 2)

Linja / Mittauspiste	Etäisyysrataan (m)	Suurin V (x,y,z)	Perustuksen arvioitu tunnusluku Vw,95 (mm/s)			Vw,95	Vw1	Vw2	Vw3
suunta			x	y	z	x, y, z	x, y, z	x, y, z	x, y, z
Linja 1:									
P1	42,5	0,51	0,092	0,103	0,058	0,103	0,154	0,074	0,084
P2	26,0	0,98	0,098	0,104	0,094	0,104	0,156	0,096	0,095
P6 rakennus	25,0	0,25	0,065	0,088	0,077	0,088	0,133	0,098	0,066
P3 tietärinä		0,25	0,049	0,062	0,055	0,062	0,093	0,081	0,063
Linja 2:									
P4	39	0,41	0,085	0,081	0,061	0,085	0,127	0,080	0,073
Linja 3:									
P5	36	0,41	0,104	0,094	0,065	0,104	0,157	0,089	0,103

## 7.2 Laskentamalli

Seuraavassa mittaustuloksien ja maaperätietojen perusteella on tehty laskentamalli, jolla voidaan arvioida tärinää eri etäisyyksillä. Malli on skaalattu arvoille Vw1 (= *tasaiseen voimistumiseen perustuva arviokriteeri, jonka perusteella tärinän vaimennustarve arvioidaan*)

Laskentakaava:

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

$v_0$	värähtelyn perusarvo etäisyydellä $D_0 = 15m$
$D_0$	15
$B$	Exponentti (vaihtelee maaperän mukaan)
$D$	tarkasteltava etäisyys
$S$	Tarkasteltava nopeus
$S_0$	
$A$	Nopeuseksponentti 0,9 - 1,1 (keskimäärin 1,0)
$G$	Tarkasteltava junan kokonaispaino tn
$G_0$	Junapainon perusarvo tn (2000)
$k_R$	Radan kunnosta riippuva kerroin, ja on keskimäärin 1,0.
$F$	Varmuuskerroin, jos tärinämittauksilla varmistettu niin = 1

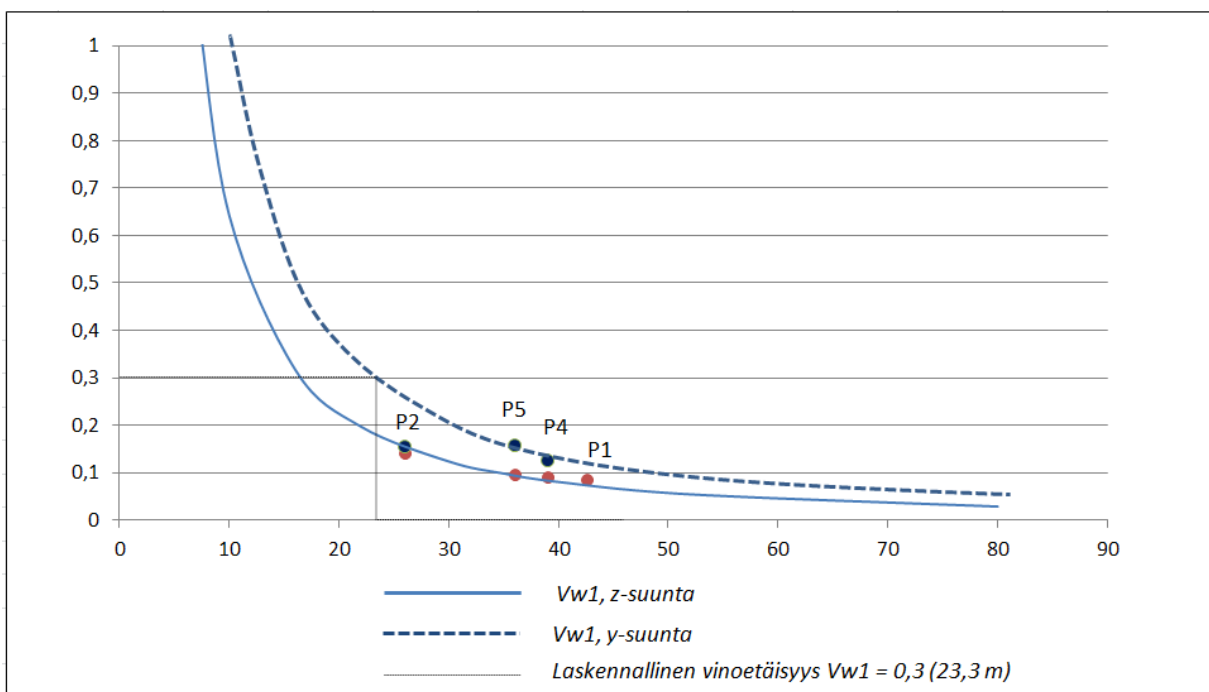
Laskentamalli vastaa mittaustuloksia arvoilla:

$v_0 = 0,42$  (karkearakeinen HK, SR, HkMr, SrMr / tavarajuna 0,3 – 0,6)

$B = 1,5$  (karkearakeinen HK, SR, HkMr, SrMr 1,4 – 2,0)

$S = 70$

$G = 2800$



Kuva 6: Laskentamalli skaalattu  $V_{w1}$ -arvoille

Laskentamallin mukaan vaadittu arvo 0.3 alittuu yli 23 metrin matkalla radasta Hehkun ja Loimun kohdalla. Lähimmissä rakennuksissa noin 37 metrin etäisyydellä  $V_{w1}$  on alle 0,15.

### 7.3 Värähtelyn arviointi (johtopäätökset / suunnitteluohjeet)

Vaadittu värähtelyluokitus tontille sijoitettaville asuinrakennuksille on siis vähintään C. Tunnuslukujen rajat määritetty laskentamallin avulla:

#### Värähtelyn tunnusluku $V_{w,95}$ korttelissa on:

luokassa C etäisyydellä 18 - 30 m radasta ( $V_{w,95} = 0.15 - 0.30$ ) - ei rakennuksia  
 luokassa B etäisyydellä 30 - 39 m radasta ( $V_{w,95} = 0.10 - 0.15$ ) - lähimmät rakennuksen osat  
 luokassa A etäisyydellä yli 39 m radasta ( $V_{w,95} < 0.10$ ) - pääosa rakenteista tässä

Suunniteltujen rakennusten kohdalla vaadittu värähtelyluokitus täyttyy.

#### Tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio rakennusten värähtelystä:

Alueella, jossa tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio  $V_{w1}$  ylittää asetetun vaatimustason, on tärinä vaimennettava tai rakennuksen käyttötarkoitus muutettava. Kerroin on 1.5, jolloin suurin arvio rakenteille kuvan 6 / laskentamallin mukaan on  $V_{w1} = 0.15$ , mikä täyttää tavoitetasoa ( $< 0.3$ ). Selvityksen perusteella suunnitelluille rakennuksille ei tarvita tärinänvaimennusta.

#### Resonanssitarkastelu rungolle ja lattialle:

Taulukon 6 mukaan rungon suurin mittauspisteessä (P5) arvioitu resonanssi  $V_{w3} = 0.103$ , mikä täyttää tavoitetasoa ( $< 0,3$ ). Rungon resonanssi ei tule ongelmaksi selvityksen perusteella, eikä tärinää tarvitse huomioida rungon suunnittelussa.

Lattian suurin arvioitu resonanssi on  $V_{w2} = 0,089$ , mikä täyttää tavoitetasoa ( $< 0,3$ ). Lattian resonanssi ei tule ongelmaksi selvityksen perusteella, eikä tärinää tarvitse huomioida lattioiden suunnittelussa.

## 8 Runkomelutarkastelu

Julkaisun T2468 (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi) yhteenvedossa värähtelyn arviointimenetelmästä mainitaan näin: *”Tehty tutkimus on aiheeseen liittyvä esiselvitys ja perustuu pääasias- sa aiheesta julkaistuun kirjallisuuteen.” ”Koska värähtelyn syntymiseen ja leviämiseen vaikuttaa monia epävarmuustekijöitä, esitettyä arviointia voidaan pitää toistaiseksi vain suuntaa-antavana.”* Runkome- lun arvioimisesta värähtelymittauksin sanotaan näin: *”Maaperän värähtely mitataan olemassa olevas- ta liikenteestä ja mitattua värähtelytasoa käytetään A-painotetun äänenpainetaso arvioimisessa. Menettely soveltuu yleiseen käyttöön ja sen avulla minimoidaan arviointivirheet, jotka liittyvät maape- rään ja värähtelyn aiheuttajaan.”*

Suositteltu / vaadittu runkomelutaso avoradan viereisille asuinrakennuksille on  $\leq 35$  dB. Tässä selvityk- sessä on käytetty soveltaen julkaisuja T2468, VTT-R-04703-14, sekä kokemusperäistä tietoa Taratest Oy: n aikaisemmista selvityskohteista, sekä mittaustulosta korttelin kohdalla pisteessä P2 / P6 (raken- nus). Värähtelyarvioinnissa olevat 15 tapahtumaa analysoitiin ja muunto A-painotetuksi äänen- painetasoksi tehtiin taajuuden mukaan muuttuvalla korjaustekijällä  $1/3$ -taajuuskaistoittain. Reso- nanssi arvioidaan niin, että värähtelyn taajuuskaistoittaiset maksimitasot kerrotaan resonanssikertoim- illa ja sen jälkeen muunnetaan A-painotetuksi äänenpainetasoiksi, joista valitaan suurin. Arviointi rajataan kuitenkin niin, että maksimi resonanssiarvio ei ylitä +6 dB. Runkomelun osalta rakennuksiin siirtyvä värähtely arviointiin samoin kuin värähtely ruutivarastoon vaimentui pisteeseen P2 verrattuna. Koska on tiedossa rakennusten tyyppi ja maaperän värähtely oli laajakaistaista yli 10 Hz:n taajuusalu- eella, on rungon resonanssi arvioitu kertoimella  $k = 1.0$ , ja lattian resonanssi kertoimella  $K = 1.5$ . Ylemmissä kerroksissa tärinä lasketaan vaimenevaksi  $-2$  dB/kerros (kerrokset 1-5) ja 6. kerrokseen  $-1$  dB. Lisäksi arviointituloksiin lisätään varmuusmarginaali, jotka on arvioitu seuraavasti:

Vain laskennallinen arviointi + 6 dB

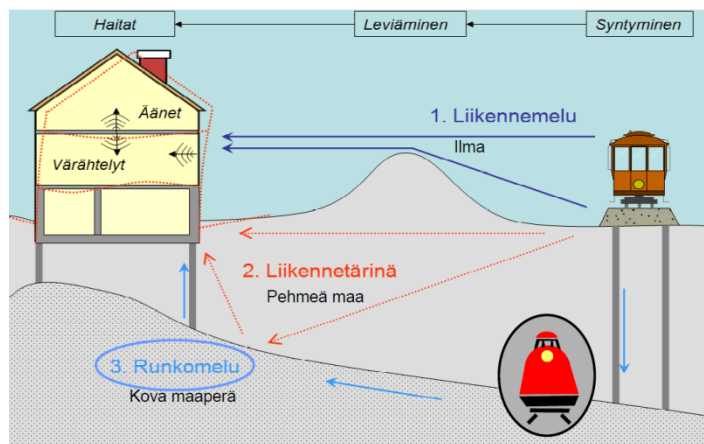
Maaperästä mitattu liikenteen värähtely + 3 dB

Rakenteesta mitattu liikenteen värähtely + 0 - 2 dB (maanvarainen, olosuhteista riippuen).

Koepaalusta mitattu liikenteen värähtely + 0 dB (tai paalutettu rakennus)

Yleisohje julkaisun T2468 mukaan on, että mikäli rakennus paalutetaan, on arviointiin lisättävä + 5 dB, ellei tärinän tasoa ole mitattu esim. koepaalun päästä. Oletus on, että kovan maan ja lyöntipaalujen välityksellä suuritaajuiselle värähtelylle syntyy reitti perustuksiin (kuva 7):

Kuva 7 oik: Periaatepiirron runkomelun välittymisestä julkaisussa T 2468.



Tässä kohteen lähellä Pisparannan korttelissa suoritettiin tarkistusmittaus kahdesta koepaalusta, ja runkomelun lisääntymistä koepaalujen välityksellä ei todettu, joten runkomelun ei arvioida lisäänty- vän 5 desibelillä paalutuksen välityksellä korttelissa. Rakennuksessa, joka oli 25 lähempänä rataa kuin

**TARATEST OY**

www.taratest.fi

Turkkirata 9 A, 33960 PIRKKALA

\* Geosuunnittelu

\* Ympäristöselvitykset

\* Maa-aineslaboratorio

PUH 03 - 368 33 22

FAX 03 - 368 33 17

e-mail: taratest@taratest.fi

suunnitellut rakennukset, värähtelyn aiheuttama A-painotettu runkomelutaso oli 29,8 dB.

Taulukko 7: Runkomeluarvioit

LvAS (dB) = Runkomelun perusarvo, maasta tai rakenteesta mitatun värähtelyn A-painotettu taso

LvAS<sub>max</sub> dB = Runkomelun arvioitu A-painotettu maksimiarvo (resonanssi + varmuuskerroin)

*huom: ei sisällä paalutuslisää.*

krs 1 = Alin kerros rakennuksessa käyttötavasta riippumatta

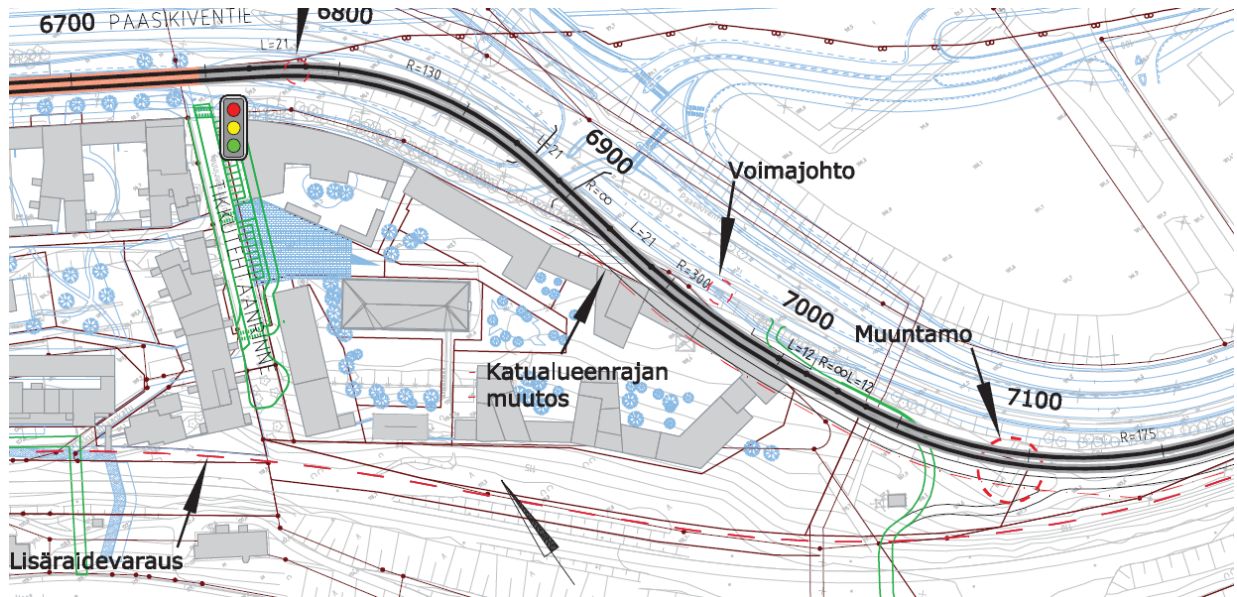
Linja / Mitta- uspiste	Etäisyys rataan (m)	LvAS (dB)	LvAS <sub>max</sub> (dB)					
			krs 1	krs 2	krs 3	krs 4	krs 5	krs 6
Linja 1:								
P2	26	<b>30,99</b>	34,34	32,34	30,34	28,34	26,34	25,34
P6 sokkeli	25	<b>29,79</b>	31,55	29,55	27,55	25,55	23,55	22,55
Linja 2:								
P4 (Hehku)	39	<b>26,22</b>	30,98	28,98	26,98	24,98	22,98	21,98
Linja 3:								
P5 (Loimu)	36	<b>26,89</b>	31,65	29,65	27,65	25,65	23,65	22,65

\* Piste P2 ja P6 on merkattu, koska sijaitsevat lähempänä rataa kuin rakennusten perustukset on suunniteltu ja hieman eri kohdassa.

Huom: Runkomelu arvioidaan alimman asuinkerroksen mukaan.

Selvityksen perusteella runkomelu ei ylitä vaatimustasoa 35 dB asuinrakennuksille,

## 9 Ennustetilanne



Kuva 7, Raitiotien alustava suunnitelma korttelin kohdalla

### 9.1 Katutärinä ennuste

Katutärinän osalta arvio on, että liikennemäärien kasvaessa tärinän huippuarvot eivät juuri nouse mutta muutoin tärinä voi olla hieman suurempaa. Eli suuruudeltaan viimeiset laskentaan

**TARATEST OY**

www.taratest.fi

Turkkirata 9 A, 33960 PIRKKALA

\* Geosuunnittelu

\* Ympäristöselvitykset

\* Maa-aineslaboratorio

PUH 03 - 368 33 22

FAX 03 - 368 33 17

e-mail: taratest@taratest.fi

mukaan tulevat tärinät olisivat suurempia kuin nykytilanteessa. Arvioitu värähtelytason nousu on 5 %, jolloin tieliikennetärinä täyttää edelleen vaatimustason reilusti.

### 9.2 Junatärinä ennuste

Junaradan tärinä aiheutuu käytännössä tavarajunista, joiden määrä nousee ennusteessa vain kahdella junalla vuorokaudessa. Junien pituudet ovat ennusteessa vähän pienemmät kuin nyt. Tavarajunien nopeuksiin ei tule muutoksia. Junatärinän tason ei oleteta muuttuvan nykytilanteeseen.

### 9.3 Raitiotie ennuste

Alustavassa suunnitelmassa raide on rakennusten kohdalla, joten se ei ole toteuttamiskelpoinen sellaisenaan. Raitiotie voi tulla lähelle rakennuksia ja nopeus 40 km/h. Maaperätutkimusten mukaan määräävä tärinää johtava maalaji Rantatien varrella on "välimalalajia". Tärinää arvioidaan laskentamallin avulla siten, että maalaji huomioidaan laskentamallissa. Värähtelyn perusarvolla  $V_0 = 0.40$ , eksponentin arvolla  $B = 1,5$  ja nopeudella 40 km/h laskentamallin mukaan vaadittu taso  $V_{w1}$  ylittyy 7 metrin etäisyydellä siinä tapauksessa, jos raitiovaunun kokonaispaino ylittää 830 tn. Ennuste raitiovaunun osalta on, että värähtely ei ole häiritsevää ja täyttää vaatimustason.

Häiritsevän runkomelun aiheutuminen on epätodennäköistä johtuen matalasta nopeudesta korttelin kohdalla. Lähtökohtana on, että raitioliikenteen haitat tulee selvittää ja torjua raitiotien suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Runkomelun torjuntaratkaisut ovat halvinta ja järkevintä sijoittaa radan rakenteisiin rakennusvaiheessa. Tarvittaessa rata- tai kiskorakenne tulee eristää, jotta raitioliikenne ei aiheuta ympäristöönsä suositusarvot ylittävää tärinähaittaa.

Raitiotieallianssi on teettänyt runkomelun riskiarvioinnin, missä Santalahti ei ole arvioitu olevan riskialueella:

[https://www.tampere.fi/tiedostot/t/S6t5MpV9X/raitiotie\\_tarina\\_ja\\_runkomelumuihistio\\_270516.pdf](https://www.tampere.fi/tiedostot/t/S6t5MpV9X/raitiotie_tarina_ja_runkomelumuihistio_270516.pdf)

## 10 Yhteenveto

Vaadittu värähtelyluokitus asuinrakennuksille on vähintään C. Selvityksen perusteella suunnitellut rakennukset ovat värähtelyluokkien A – B alueella, mikä täyttää vaatimuksen.

Selvityksen perusteella kortteliin suunnitellut asuinrakennukset eivät tarvitse tärinävaimennuksia junatärinän tai tieliikennetärinän takia.




Selvityksen resonanssitarkastelun perusteella liikennetärinää ei tarvitse huomioida rakennusten rungon eikä lattian suunnittelussa.

Selvityksen perusteella junaliikennetärinästä ei aiheudu häiritsevää runkomelua maanvaraisille tai paalutetuille rakennuksille.

Ennustetilanteessa 2040 arviointi on että tieliikenteen, radan tai raitiotien värähtely ei tule ylittämään ohjearvoja.

Pirkkalassa 7.2.2018

TARATEST OY

<i>Laatinut</i>	 Erkki Huotari, RI, <i>aa</i> -luokan tärinäasiantuntija (Fise)
<i>Tarkastanut</i>	 Olli Aalto, RKM (amk)
<i>Hyväksynyt</i>	 Tero Mäkinen, MBA TkK