

Työ: 12997  
15.1.2021

## LIIKENNETÄRINÄSELVITYS

PAHVITEHTAAN KORTTELI  
SANTALAHTI, TAMPERE



### PÄIVITYS

Päivitetty aiemmin 18.5.2019 laadittua tärinäselvitystä

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

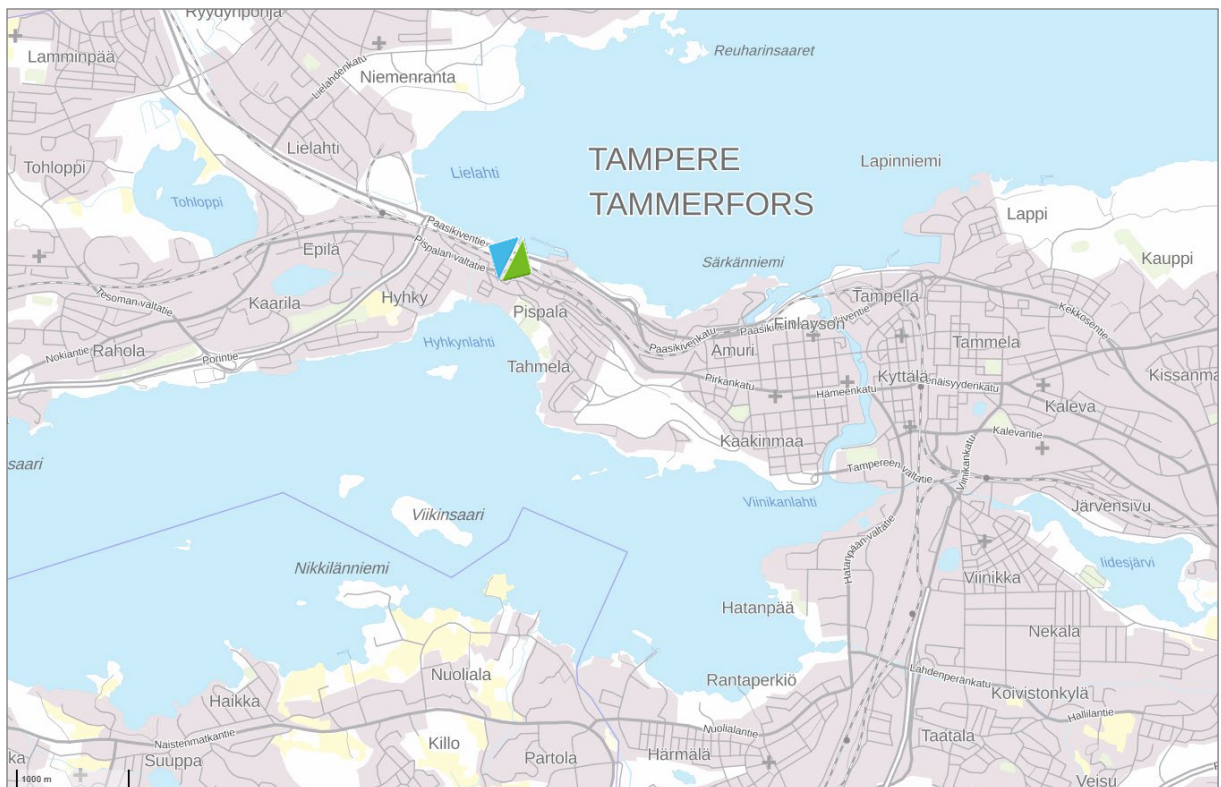
Johdanto .....	3
2 Noudatettavat ohjeet .....	4
3 Mittaustapa, vaaditut kriteerit .....	4
4 Maasto- ja liikenneolosuhteet .....	5
4.1. Maasto-olosuhteet .....	5
4.2. Liikenneolosuhteet .....	6
5 Värähtelyluokitus .....	7
6 Mittaustulokset .....	8
6.1. Tieliikennetärinä .....	8
6.2. Junaliikennetärinä .....	9
7 Häiritsevyydstarcastelu .....	10
7.1. Tunnuksluvut .....	10
7.2. Laskentamalli .....	11
7.3. Värähtelyn arviointi .....	12
8 Runkomelutarkastelu .....	12
9 Ennustetilanne .....	14
9.1. Tieliikennetärinän ennustetilanne .....	14
9.2. Junaliikennetärinän ennustetilanne .....	14
9.3. Raitiotieliikennetärinän ennustetilanne .....	15
10 Yhteenveto .....	16

## Johdanto

Taratest Oy on laatinut Pohjola Rakennus Oy:n toimeksiannosta melulaskentamalliin pohjautuvan liikennetärinäselvityksen Tampereen Santalahden Pahvitehtaan korttelin alueelle, kohteen uudelleen kaavoitusta varten. Asemakaavamuutoksen tavoitteena on mm. entisen pahvitehtaan sekä sen viereisen pannuhuoneen modifioiminen loft-asunto-, liike- ja ravintolakäyttöön, kunnioittaen vanhojen punatiilirakennusten teollista henkeä, hahmoa sekä ominaispiirteitä. Muutokset edellyttävät voimassa olevan asemakaavan suojelumääräyksiä tarkastamista. Lisäksi tarkasteltavalle alueelle on suunniteltu 6 – 9 kerroksisia asuinkerrostaloja.

Suunnittelualue sijaitsee Tampereen kaupungissa Paasikiventien varressa, noin 1,5 kilometrin etäisyydellä kaupungin keskustasta länteen, Pispalanharjun pohjoisrinteellä, pohjoiseen johtavan rautatien ja Näsijärven rannan välissä. Suunnittelualue rajoittuu pohjoisessa Rantatiehen sekä etelässä rautatiealueen reunaan. Suunnittelualue on pääosin vanhaa teollisuusaluetta, jolle rakentuu uusi asuinalue. Ympäristöön vaikuttava merkittävimmin tärinälähde on Tampere – Seinäjoki / Pori -junarata.

Kohteessa suoritettiin liikennetärinämittauksia aikavälillä 25.3.2017. – 4.5.2018. Mittausten tarkoituksena oli selvittää läheisen junaradan aiheuttama tärinän vaikutus asumisviihtyvyyden kannalta. Paasikiven ja Rantatien vaikutus on selvitetty jo aiemmin Pispalanrannan ja Tikkutehtaan tärinäselvityksissä. Tämän liikennetärinäselvityksen tarkoituksena on päivittää aiemmin kohteesta laadittua tärinäselvitystä (18.5.2018 Taratest Oy). Vauriotarkastelua kohteessa ei ole tarpeellista suorittaa, koska vaadittavat häiritsevyydskriteerit ovat selvästi tiukemmat. Tärinämittauspisteitä oli 2 kpl maastossa ja 4 rakennuksissa. Tärinämittauslaitteiston asensi Jarkko Lintula ja Antti Kuusela / Taratest Oy.



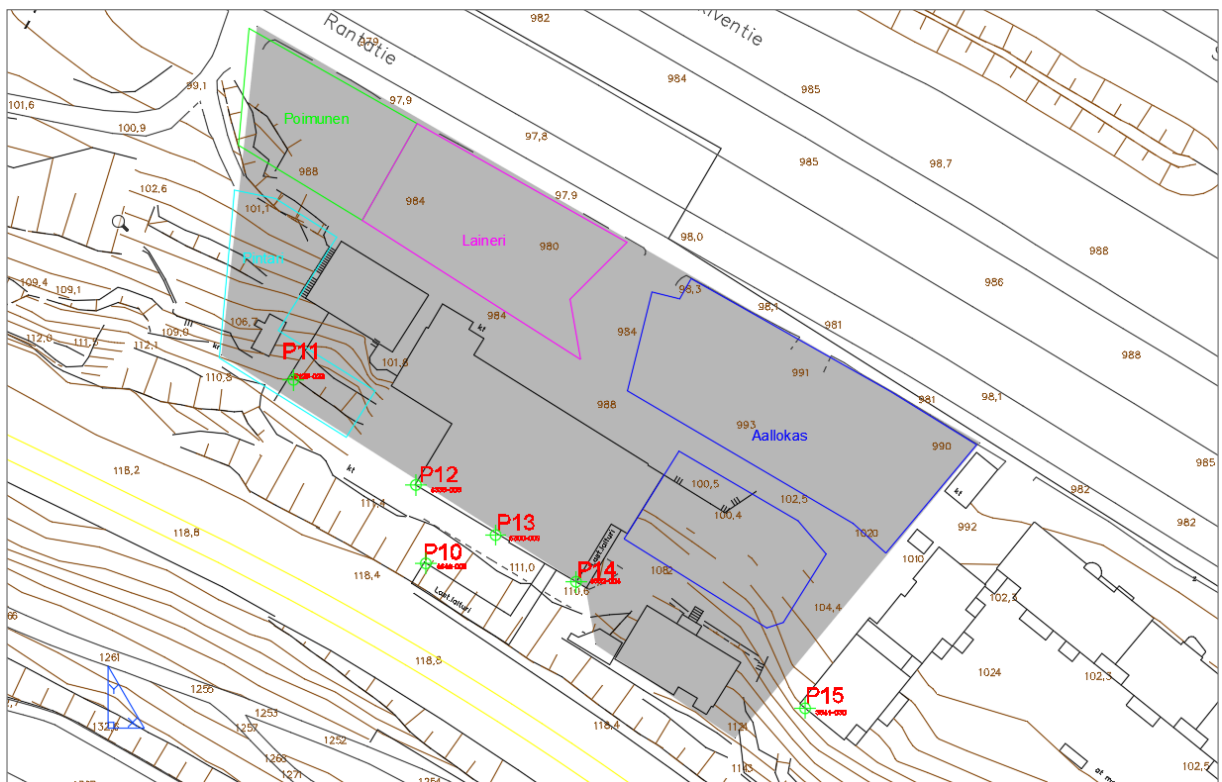
**Kuva 1.** Selvityskohteen sijainti esitettyä kartalla

## 2 Noudatettavat ohjeet

Tässä työssä on noudatettu VTT:n julkaisua ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” 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 tärinäkartoitus 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 kuudessa tärinämittauspisteessä, joista yksi oli naapurikiinteistön rakennuksessa. Maapisteitä varten kaivettiin noin 0,5 m syvät kuopat ja anturit asennettiin kuopan pohjalle ja peitettiin tiiviisti maalla. Tärinämittaus suoritettiin etäluettavilla tärinämittareilla Mini Seis II, jotka mittaavat tärinän heilahdusnopeutta  $v$  (mm/s), kiihtyvyyttä  $a$  (g), taajuutta  $f$  (Hz) ja siirtymää  $A$  (mm)  $x, y, z$  – koordinaatistossa. Mittarit tallensivat heilahdusnopeuden wave -datan 6 sekunnin jaksoin näytteenotto-taajuuksella 1024 /s asetetun kynnyksarvon (trigger) ylityksen jälkeen kolmessa suunnassa. Mittaus kattaa taajuualueen 2-250 Hz. Piste P10 käsiteltiin maapisteenä, anturi oli asennettuna kevyen lastauslaiturirakenteeseen.



Kuva 2. Tärinämittauspisteiden sijainti.

Mittausjakson kesto oli noin viikko. Tarkoituksena oli kartoittaa mittauspisteissä yhden viikon aikana 15 merkittävintä tärinätahtumaa, joiden avulla lasketaan / arvioidaan ohjeen mukaisesti tärinän

tunnusluvut ( $V_{w,95}$ ) perustuksille ja arvioidaan tärinän häiritsevyys asumisviihtyvyyden kannalta. Tapahtumat valitaan heilahdusnopeuden taajuuspainotettujen tehollisten (1s) maksimiarvojen perusteella.

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

$$V_{w,95} = \text{keskiarvo } (V_w) + 1.8 \times \text{keskihajonta } (V_w) \quad (\text{Kaava 1})$$

Häiriötarkastelu sisältää junatärinän värähtelyarvioinnin sekä runkomelutarkastelun. Häiriötarkastelussa arvioidaan pisteiden kohdalla ensin arvioitu perustuksen tunnusluku ( $V_{w,95}$ ), minkä jälkeen suoritetaan tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio rakennusten värähtelystä ( $V_{w1}$ ). Alueella, jossa tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio  $V_{w1}$  ylittää asetetun vaatimustason, on tärinä vaimennettava tai rakennuksen käyttötarkoitus muutettava.

Lisäksi suoritetaan resonanssitarkastelu erikseen lattioille ( $V_{w2}$ ) ja rakennuksen rungolle ( $V_{w3}$ ). Jos resonanssitarkastelussa asetettu vaatimustaso ylittyy, tärinä on otettava huomioon rakenteiden suunnittelussa siten, 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 laskee aluksi jyrkästi radalta tontin puoliväliin, minkä jälkeen tontti on tasainen Rantatien puolella. Pahvitehtaan vanha tehdasrakennus säilytetään. Etäisyydet tärinämittauspisteistä rataan sekä suunniteltujen rakennusten perustuksista rataan arvioidaan kolmiulotteisesti.

Tärinämittaustulosten perusteella tärinää johtavien maalajien voidaan arvioida olevan ”välimalajeja”.

#### 4.2. Liikenneolosuhteet

Alueen liikennemäärien arvioinnissa on käytetty apuna Tampereen Kaupungilta saatuja tietoja. Raide-liikennetiedot perustuvat NRC Group Finland Oy:ltä saatuihin tietoihin ja mitattuihin junien nopeuksiin alueella (Ramboll 2013). Mahdollinen kolmas raidepari on huomioitu lisäämällä kasvavat liikennemäärät olemassa oleville raiteille. Raitiotien liikennemäärät perustuvat Raitiotieallianssin arvioon odotusajoista (päivällä 7,5 – 15 min, yöllä 30 min).

**Taulukko 1.** Raideliikennetiedot nykytilanteessa sekä ennustetilanteessa vuonna 2040.

Junatyyppi	Nopeus [km/h]	Nykytilanne			Ennustetilanne		
		päivä 7 - 22 [kpl]	yö 22 - 7 [kpl]	Pituus [m]	päivä 7 - 22 [kpl]	yö 22 - 7 [kpl]	Pituus [m]
Pendolino	100	11	1	159	12	1	318
InterCity	80	10	0	416	10	0	381
InterCity2	80	4	0	177	6	1	266
Pikajuna	80	0	6	406	0	6	592
Taajamajuna	80	10	2	125	4	2	125
Sm5	80	-	-	-	24	0	75
Tavarajuna	70	13	21	544	15	21	462

**Taulukko 2.** Raitioliikennetiedot ennustetilanteessa 2040.

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

Tieliikennetärinän taso on selvitty kattavasti jo Pispanrannan- sekä Tikkutehtaan alueiden liikennetärinäselvityksissä. Paasikivenkatu on yli 30 metrin etäisyydellä suunnitelluista rakennuksista, eikä aiempien selvitysten perusteella sen katsota olevan häiritsevää. Myöskään Rantatien tärinän ei katsota olevan ennustetilanteessa häiritsevää sen vähäisen liikennemäärän vuoksi.

**Taulukko 3.** Tieliikennetiedot nykytilanteessa sekä ennustetilanteessa vuonna 2040

Tie- / katuosuus	Nopeus [km/h]	KVL 2017 [ajon/vrk]	KVL 2040 [ajon/vrk]	Raskaan liikenteen osuus [%]	VRK -jakauma-päivä/yö [%]
Rantatie	40	1000	-	10	10
Paasikiventie	60	36 000	66 060	5	10

## 5 Värähtelyluokitus

Arvioitaessa liikennetärinästä aiheutuvaa haittaa asuinmukavuudelle kriteerinä käytetään värähtelyn tunnuslukua  $V_{w,95}$  (mm/s). Pohjana tärinän häiritsevyyden arvioinnille käytetään VTT:n julkaisussa Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT Working Papers 50, Espoo 2006 esitettyä rakennusten värähtelyluokitusta. Oheisessa taulukossa (Taulukko 4) on esitetty selvityksessä sovellettava värähtelyluokitus.

**Taulukko 4.** Rakennusten värähtelyluokitus häiritsevyyden arvioinnissa, VTT 2006

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

Rakennusten värähtelyluokituksessa rakennukset on jaettu luokkiin A-D tärinän tunnusluvun  $v_{w,95}$  perusteella. Taulukoituja tunnuslukuja sovelletaan asuinrakennuksille. Tunnuslukuja voidaan soveltaa myös muille kuin asuinrakennuksille VTT:n julkaisun Ohjeita liikennetärinän arviointiin, Espoo 2011 mukaan:

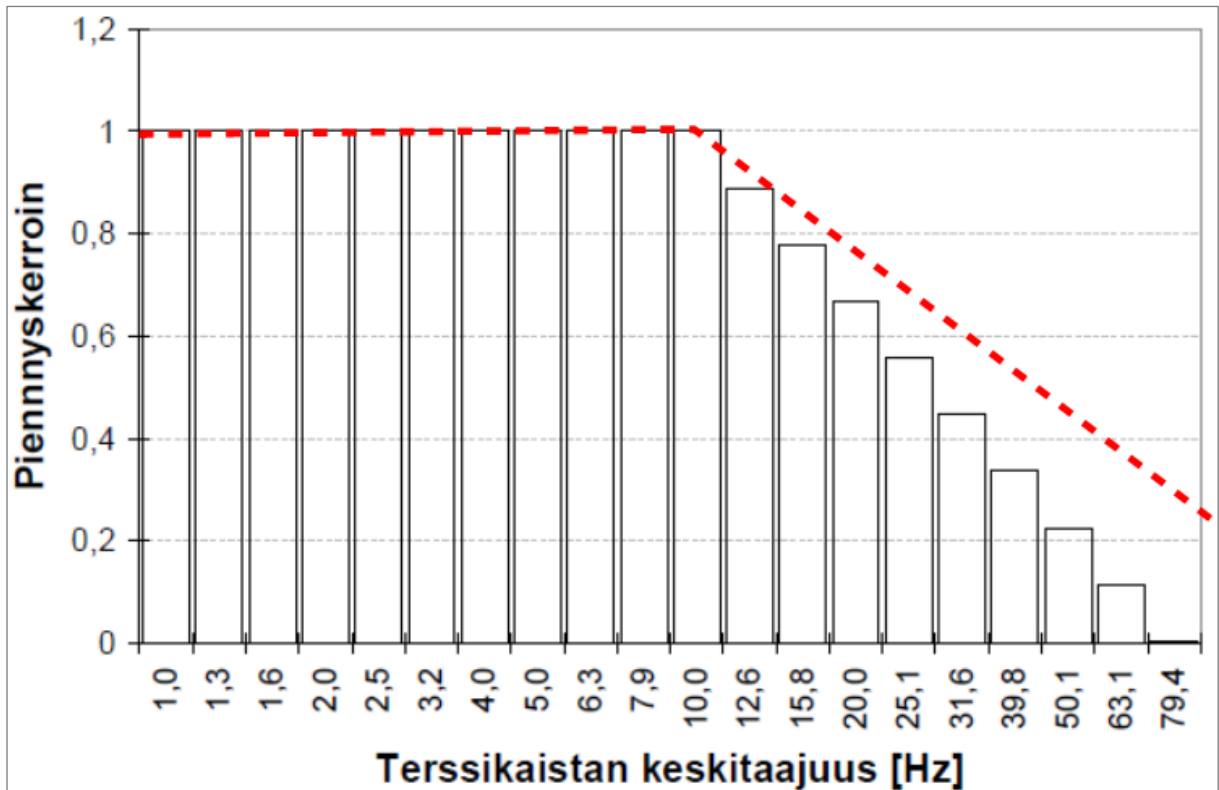
*Suosittelava tavoiteraja värähtelyn enimmäisarvolle rakennuksen sisätiloissa on uusilla asuinalueilla 0,3 mm/s ja vanhoilla asuinalueilla 0,6 mm/s. Tämä VTT:n esittämä suositus enimmäisarvoksi (Talja 2002) on otettu käyttöön myös Liikenneviraston ohjeistuksessa (RATO 2008). Tavoitteen tulee toteutua pystyvärähtelyn osalta rakennuksen kaikissa lattioissa ja vaakavärähtelyn osalta rakennuksen jokaisessa kerroksessa. Mikäli kyse ei ole asuinrakennuksesta ja tilojen käyttötarkoitus on sellainen, että liikenteen ei katsota haittaavan lepoa, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen esitettyihin arvoihin nähden.*

Uusille asuinrakennuksille väylän varrella tapahtuva värähtely arvioidaan luokan C mukaan, joten tässä selvityksessä tarkasteltavalla alueella käytetään värähtelyluokitusvaatimusta C.

## 6 Mittaustulokset

Mittauksia suoritettiin maastossa tulevan Pintari rakennuksen kohdalla, rakennuksia lähempänä noin 15 metrin etäisyydellä kevyessä lastauslaiturirakenteessa sekä Pahvitehtaan ja naapurirakennuksen seinissä. Mittausten perusteella laadittiin julkaisun VTT-R-04703-14 mukainen korjattu laskentamalli (kohta 7.2)

Pisteissä P10 ja P11 tärinän vaimeneminen siirtyessä perustukseen korttelin alueella arvioitiin soveltaen Tikkutehtaan alueen selvitystä, graafinen esitys kuvassa 3. Tätä arviointia käytetään sekä häiritsevyydestarkastelussa että runkomelun arvioinnissa.



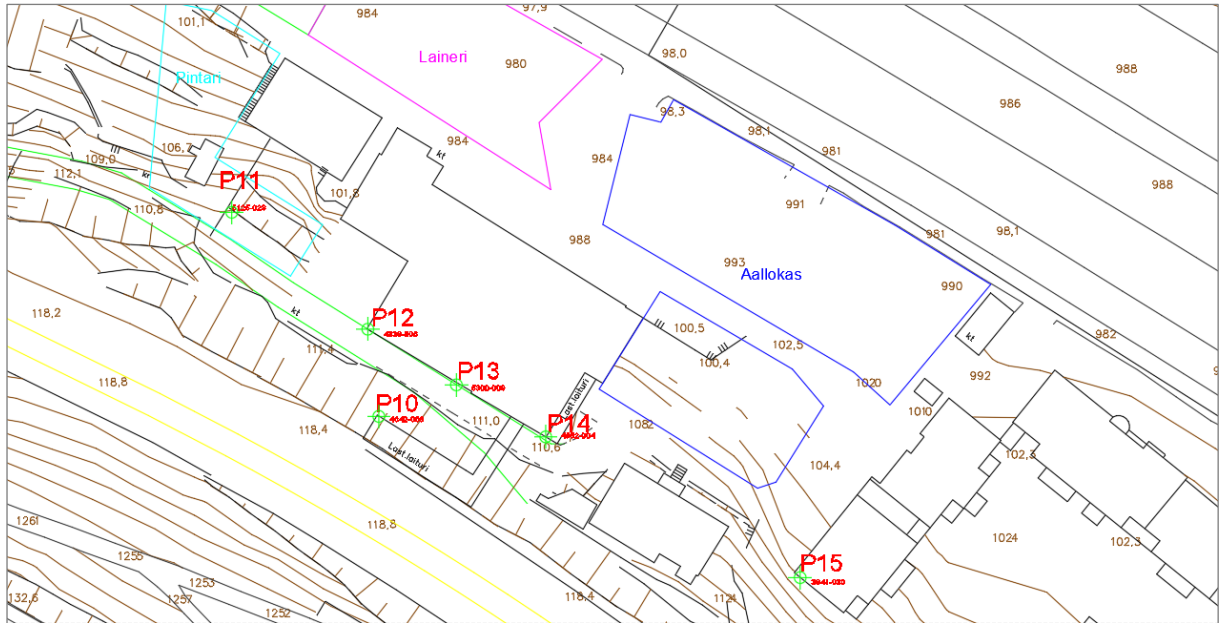
**Kuva 3.** Piennennys perustukseen siirtyvän värähtelyn arvioimiseksi, punainen määritetty mittaustulosten avulla P2 / P6 Tikkutehtaan ruutivarastossa läheisen Tikkutehtaan tärinäselvityksessä.

### 6.1. Tieliikennetärinä

Läheisten Pisparrannan ja Tikkutehtaan tärinäselvitysten perusteella Rantatien ja Paasikivenkadun liikennetärinä ei ole häiritsevää tarkasteltavassa korttelissa. Tieliikenteestä ei yleensä aiheudu häiritsevää runkomelua, eikä sitä ole tarpeen tarkastella yli 5 metrin etäisyydellä.



## 6.2. Junaliikennetärinä



**Kuva 4.** Tärinämittauspisteiden sijainti

- P10:** Maapisteeksi verrattava kevyt laiturirakenne, etäisyys rataan noin 15 metriä. Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0,318 – 1,33 mm/s. Perustuksille arvioitu tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0,23 mm/s ja  $V_{w1}$  on 0,353 mm/s, mikä ylittää tavoitetason. Rakennuksia ei ole suunniteltu näin lähelle rataa. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 20 – 80 Hz.
- P11:** Maapiste etäisyys rataan noin 35 metriä. Pintari -rakennuksen kohdalla. Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0,25 – 0,60 mm/s. Perustuksille arvioitu tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0,117 mm/s ja  $V_{w1}$  on 0,177 mm/s, mikä täyttää tavoitetason. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 12 – 80 Hz.
- P12:** Pahvitehtaan seinässä, etäisyys arvioitu perustuksen kautta noin 40 metriä. Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0,095 – 0,159 mm/s. Tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0,053 mm/s ja arvioitu  $V_{w1}$  on 0,080 mm/s, mikä täyttää tavoitetason. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 5 - 100 Hz.
- P13:** Pahvitehtaan seinässä, etäisyys arvioitu perustuksen kautta noin 40 metriä. Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0,127 – 0,222 mm/s. Tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0,058 mm/s ja arvioitu  $V_{w1}$  on 0,087 mm/s, mikä täyttää tavoitetason. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 5 - 100 Hz.
- P14:** Pahvitehtaan seinässä, etäisyys arvioitu perustuksen kautta noin 40 metriä. Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0,063 – 0,191 mm/s. Tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0,064 mm/s ja arvioitu  $V_{w1}$  on 0,097 mm/s, mikä täyttää tavoitetason. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 5 - 100 Hz.
- P15:** Naapurikiinteistö Rantatie 13 G seinässä, etäisyys arvioitu perustuksen kautta noin 35 metriä. Mittauksen ajankohta on eri kuin muissa pisteissä. Piste oli seinän kuorielementissä ja x-

suuntainen värähtely poikkisi z- ja y-suuntaisesta, joiden tulokset taas vastasivat Pahvitehtaan rakenteen tuloksia. Tästä syystä x- suunta jätettiin todennäköisesti ”vääristyneenä” huomioimatta, vaikka sen arvot eivät ylittäneetkään ohjearvoja. Pisteessä laskentaan mukaan tulleiden 15 merkittävimmän tapahtuman heilahdusnopeudet olivat välillä 0,063 – 0,191 mm/s. Tunnusluku  $V_{w,95}$  on 0,054 mm/s ja arvioitu  $V_{w1}$  on 0,081 mm/s, mikä täyttää tavoitetason. Tärinä laajakaistaista taajuusalueella 5 - 100 Hz.

## 7 Häiritsevyystarkastelu

### 7.1. Tunnusluvut

Oheisessa taulukossa (Taulukko 5) on esitetty mittauspisteiden määritetyt tunnusluvut x-, y- ja z-suunnissa, eli arviot perustuksen värähtelystä, arviot rungon vaakavärähtelystä ja lattian pystyvärähtelystä resonanssitapauksessa.

**Taulukko 5.** Perustuksen mitatut tai arvioidut tunnusluvut  $V_{w,95}$  (mm/s)

Mittauspiste	Etäisyys rataan [m]	$V_{max}$	Rakenteen arvioitu tunnusluku $V_{w,95}$			$V_{w,95}$	$V_{w1}$	$V_{w2}$	$V_{w3}$
			x	y	z				
P10	15	1,33	0,236	0,164	0,095	0,236	0,353	0,150	0,242
P11	35	0,60	0,118	0,111	0,103	0,118	0,117	0,162	0,142
P12 rak	(40)	0,16	0,053	0,034	0,052	0,053	0,080	0,057	0,044
P13 rak	(40)	0,22	0,058	0,037	0,055	0,058	0,087	0,069	0,047
P14 rak	(40)	0,19	0,06	0,051	0,065	0,065	0,097	0,082	0,048
P15 rak	(35)	0,19	*0,138	0,054	0,048	0,054	0,081	0,074	0,055

x = poikittaissuuntainen rataan nähden

y = radan suuntainen

z = pystysuuntainen

$V_{max}$  = Suurin heilahdusnopeuden arvo [mm/s], kaikki suunnat

$V_{w,95}$  = Perustuksen tunnusluvut x-, y- z-suunta [mm/s]

$V_{w1}$  = Tasaiseen voimistumiseen perustuva arvio rakennuksen värähtelystä

$V_{w2}$  = lattian resonanssi, kaikki suunnat (kerroin 6)

$V_{w3}$  = rungon resonanssi, kaikki suunnat (kerroin 4)

## 7.2. Laskentamalli

Seuraavassa mittaustuloksien ja maaperätietojen perusteella on tehty laskentamalli, jolla voidaan arvioida tärinää eri etäisyyksillä. Malli on skaalattu arvoille  $V_{w1}$  (= tasaiseen voimistumiseen perustuva arviokriteeri, jonka perusteella tärinän vaimennustarve arvioidaan).

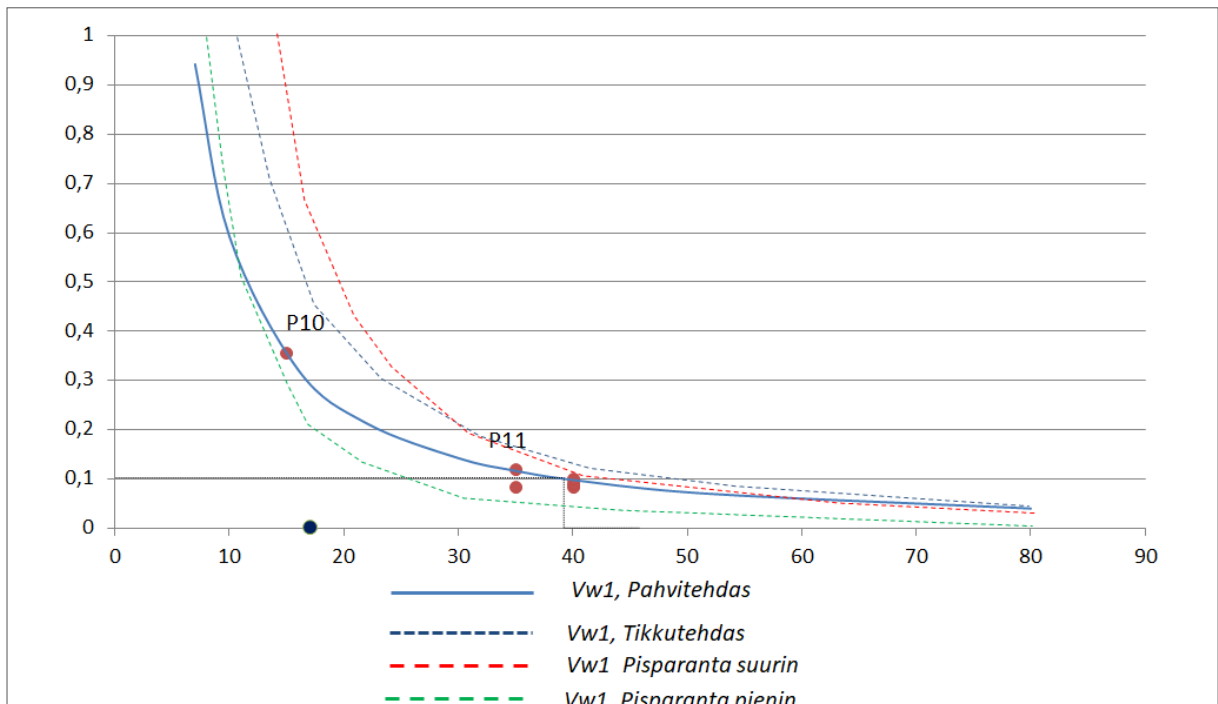
Laskentakaava:

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

$V_0$	värähtelyn perusarvo etäisyydellä $D_0 = 15$ m
$D_0$	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:

$V_0 = 0,25$
$B = 1,3$
$S = 70$
$G = 2800$



Kuva 5. Laskentamalli skaalattu  $V_{w1}$ -arvoille ja vertailu Pisparranta / Tikkutehdas

Laskentamallin mukaan vaadittu arvo 0,3 alittuu yli 17 metrin matkalla radasta. Lähimmissä rakennuksissa noin 35 metrin etäisyydellä  $V_{w1}$  on alle 0,15.

### 7.3. Värähtelyn arviointi

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

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

luokassa C etäisyydellä 13 - 26 m radasta ( $V_{w,95} = 0,15 - 0,30$ )	- ei rakennuksia
luokassa B etäisyydellä 26 - 40 m radasta ( $V_{w,95} = 0,10 - 0,15$ )	- lähimmät rakennuksen osat
luokassa A etäisyydellä yli 40 m radasta ( $V_{w,95} < 0,10$ )	- pääosa rakenteista tässä

Tulosten perusteella 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 5 / laskentamallin mukaan on  $V_{w1} = 0,15$ , mikä täyttää tavoitetason ( $< 0,3$ ). Selvityksen perusteella suunnitelluille rakennuksille ei tarvita tärinänvaimennusta.

Resonanssitarkastelu rungolle ja lattialle:

Taulukon 5 mukaan rungon suurin mittauspisteessä (P11) arvioitu resonanssi  $V_{w3} = 0,142$ , mikä täyttää tavoitetason ( $< 0,3$ ). Rungon resonanssi ei tule ongelmaksi selvityksen perusteella, eikä tärinää tarvitse huomioida rungon suunnittelussa.

Lattian suurin arvioitu resonanssi on  $V_{w2} = 0,162$ , mikä täyttää tavoitetason ( $< 0,3$ ). 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 seuraavasti: *”Tehty tutkimus on aiheeseen liittyvä esiselvitys ja perustuu pääasiassa aiheesta julkaistuun kirjallisuuteen.”* *”Koska värähtelyn syntyymiseen ja leviämiseen vaikuttaa monia epävarmuustekijöitä, esitettyä arviointia voidaan pitää toistaiseksi vain suuntaa antavana.”* Runkomelun arvioimisesta värähtelymittauksin todetaan seuraavasti: *”Maaperän värähtely mitataan olemassa olevasta liikenteestä ja mitattua värähtelytasoa käytetään A-painotetun äänenpainetaso arvioimisessa. Menettely soveltuu yleiseen käyttöön ja sen avulla minimoidaan arviointivirheet, jotka liittyvät maaperään ja värähtelyn aiheuttajaan.”*

Suosittelun / vaadittu runkomelutaso avoradan viereisille asuinrakennuksille on  $\leq 35$  dB. Tässä selvityksessä on käytetty soveltaen julkaisuja T2468, VTT-R-04703-14, sekä kokemuseräistä tietoa Taratest Oy:n aikaisemmista selvityskohteista, sekä mittaus tulosta Tikkutehtaan korttelin kohdalla pisteessä P2 / P6 (rakennus). Värähtelyarvioinnissa olevat 15 tapahtumaa analysoitiin ja muunto A-painotetuksi äänenpainetasoksi tehtiin taajuuden mukaan muuttuvalla korjaustekijällä 1/3-taajuuskaistoittain. Resonanssi arvioidaan niin, että värähtelyn taajuuskaistoittaiset maksimitasot kerrotaan resonanssikertoimilla 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 pisteissä P10 ja P11 arvioitiin samoin kuin Tikkutehtaan selvityksessä. Koska on tiedossa rakennusten tyyppi ja maaperän värähtely oli laajakaistaista yli

10 Hz:n taajuusalueella, on rungon ja lattian resonanssi arvioitu kertoimella  $k = 1.5$  (paitsi 1. kerroksen osalla rungon resonanssi 1.0). 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

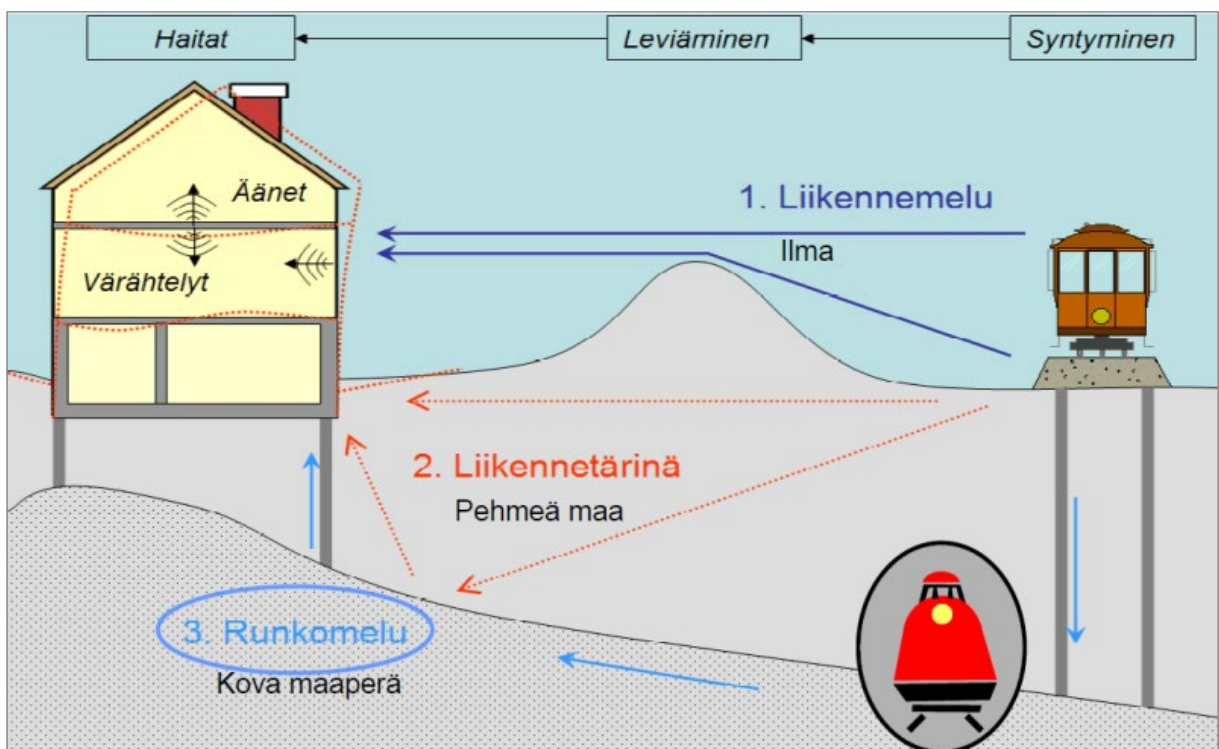
Maaperästä mitattu liikenteen värähtely + 3 dB

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 - 10 dB, ellei tärinän tasoa ole mitattu esim. koepaalun päästä. Oletus on, että kovan maan ja lyöntipaalu-  
 jen välityksellä suuritaajuiselle värähtelylle syntyy reitti perustuksiin (kuva 6).

Tämän selvityskohteen lähellä Pispánrannan korttelissa suoritettiin tarkistusmittaus kahdesta koepaalusta. Runkomelun lisääntymistä koepaalujen välityksellä ei todettu, joten runkomelun ei arvioida lisääntyvän paalutuksen välityksellä korttelissa, mikäli rakennukset paalutetaan.



Kuva 6. Periaatepiirron runkomelun välittymisestä julkaisussa T 2468.

Huom! Runkomelu arvioidaan alimman asuinkerroksen mukaan.

Selvityksen perusteella runkomelu ei ylitä vaatimustasoa 35 dB asuinrakennuksille.

**Taulukko 6.** Runkomeluarviot

Mittaus- piste	Etäisyys rataan [m]	$L_{vAs}$	$L_{vASmax}$					
			1. krs	2. krs	3. krs	4. krs	5. krs	6. krs
P10*	15	30,48	29,59	29,35	27,35	25,35	23,35	22,35
P11	35	30,03	26,82	24,42	22,82	20,82	18,82	17,82
P12 rak	40	27,02						
P13 rak	40	29,01						
P14 rak	40	29,79						
P15 rak	35	31,04						

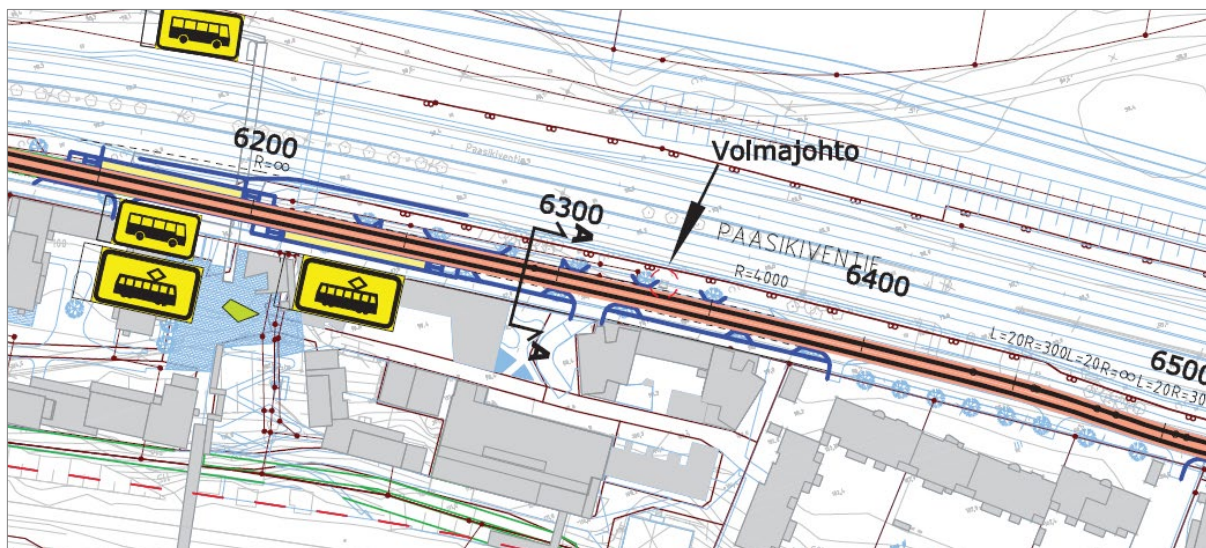
\* kohde sijaitsee lähempänä rataa kuin rakennusten perustukset on suunniteltu

$L_{vAs}$  = Runkomelun perusarvo, maasta tai rakenteesta mitatun värähtelyn A-painotettu taso [dB]

$L_{vASmax}$  = Runkomelun arvioitu A-painotettu maksimiarvo (resonanssi + varmuuskerroin) [dB]  
 huom: ei sisällä paalutuslisää.

1. krs = Alin kerros rakennuksessa käyttötavasta riippumatta

## 9 Ennustetilanne



Kuva 7. Suunnitelmien mukainen raitiotielinjaus korttelin kohdalla.

### 9.1. Tieliikennetärinän ennustetilanne

Tieliikennetärinän osalta arvio on, että liikennemäärien kasvaessa tärinän huippuarvot eivät juuri nouse mutta muutoin tärinä voi olla hieman suurempaa. Eli suuruudeltaan viimeiset laskentaan mukaan tulevat tärinät olisivat suurempia kuin nykytilanteessa. Arvioitu värähtelytason nousu on 5 %, jolloin tieliikennetärinä täyttää edelleen vaatimustason reilusti.

### 9.2. Junaliikennetärinän ennustetilanne

Junaliikennetärinä aiheutuu suurelta osin tavarajunista, joiden määrä nousee ennusteessa vain muutamilla junilla vuorokaudessa. Junien pituudet ovat ennusteessa vähän pienemmät kuin nyt. Tavara-junien nopeuksiin ei ole tiettävästi tulossa muutoksia. Junaliikennetärinän tason ei oleteta muuttuvan nykytilanteesta.

### 9.3. Raitiotieliikennetärinän ennustetilanne

Alustavassa suunnitelmassa raide on lähimmillään noin 7 – 8 metrin etäisyydellä rakennuksista ja nopeus 40 km/h. 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, mikäli raitiovaunun kokonaispaino ylittää 830 tn. Ennustetilanne raitiotieliikenteen osalta on, että värähtely ei ole häiritsevää ja täyttää vaatimustason.

Häiritsevän runkomelun aiheutuminen on epätodennäköistä johtuen kohtalaisen matalasta nopeudesta korttelin kohdalla. Lähtökohtana on, että raitioliikenteen haitat tulee selvittää ja torjua raitiotien suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Runkomelun torjuntaratkaisut ovat edullisinta ja järkevintä sijoittaa radan rakenteisiin sen 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\\_runkomelumuiستio\\_270516.pdf](https://www.tampere.fi/tiedostot/t/S6t5MpV9X/raitiotie_tarina_ja_runkomelumuiستio_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 vuodelle 2040 arviointi on, että tieliikenteen, raideliikenteen tai raitiotien värähtely ei tule ylittämään ohjearvoja.

*Pirkkalassa 15.1.2021*

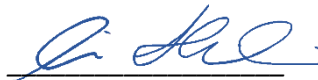
## TARATEST OY

*Laatinut*



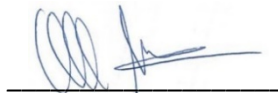
*Erkki Huotari, RI  
AA-luokan tärinäasiantuntija (FISE)*

*Päivittänyt*



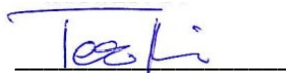
*Mira Alakoski, RI  
AA-luokan tärinäasiantuntija (FISE)*

*Tarkastanut*



*Olli Aalto, RKM*

*Hyväksynyt*



*Tero Mäkinen, MBA TkK*