

Vastaanottaja  
**Rauman kaupunki**

Asiakirjatyyppi  
**Raportti**

Päivämäärä  
**12.6.2018**

# **LAKARI - LIINALA**

## **TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS**

## LAKARI - LIINALA

Päivämäärä **12.6.2018**  
Laatija **Ville Lehtonen**  
Kuvaus **Tärinä- ja runkomeluserveys**

Viite 1510042250

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>Yleistä</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Lähtökohdat</b>	<b>2</b>
2.1	Yleistä kohteesta	2
2.2	Maaperäolosuhteet	3
2.3	Raideliikenne	4
2.4	Katuliikenne	4
<b>3.</b>	<b>Tärinän arviointiin liittyvä ohjeistus ja menettelytavat</b>	<b>5</b>
3.1	Yleistä	5
3.2	Tärinähaitan arviointiperusteet	5
<b>4.</b>	<b>Tärinätarkastelut</b>	<b>6</b>
4.1	Mittaukset	6
4.2	Mitattu maaperän värähtely ja sen arvioitu siirtyminen rakenteisiin	7
<b>5.</b>	<b>Runkomelutarkastelut</b>	<b>10</b>
5.1	Ohjeavot ja arviointiperusteet	10
5.2	Suojaetäisyydeltä tarkastelut	11
5.3	Mittaukset ja tunnusluvut	12
5.4	Laskennallinen runkomelutarkastelu	13
<b>6.</b>	<b>Tulosten arviointi ja johtopäätökset</b>	<b>15</b>
6.1	Yleistä	15
6.2	Tärinä	15
6.3	Runkomelu	15
6.4	Yhteenveto	15
<b>7.</b>	<b>Tärinän ja runkomelun arvioinnissa käytetty ohjeistus</b>	<b>16</b>

## LIITTEET

### Liite 1

Tärinämittaukset

## 1. YLEISTÄ

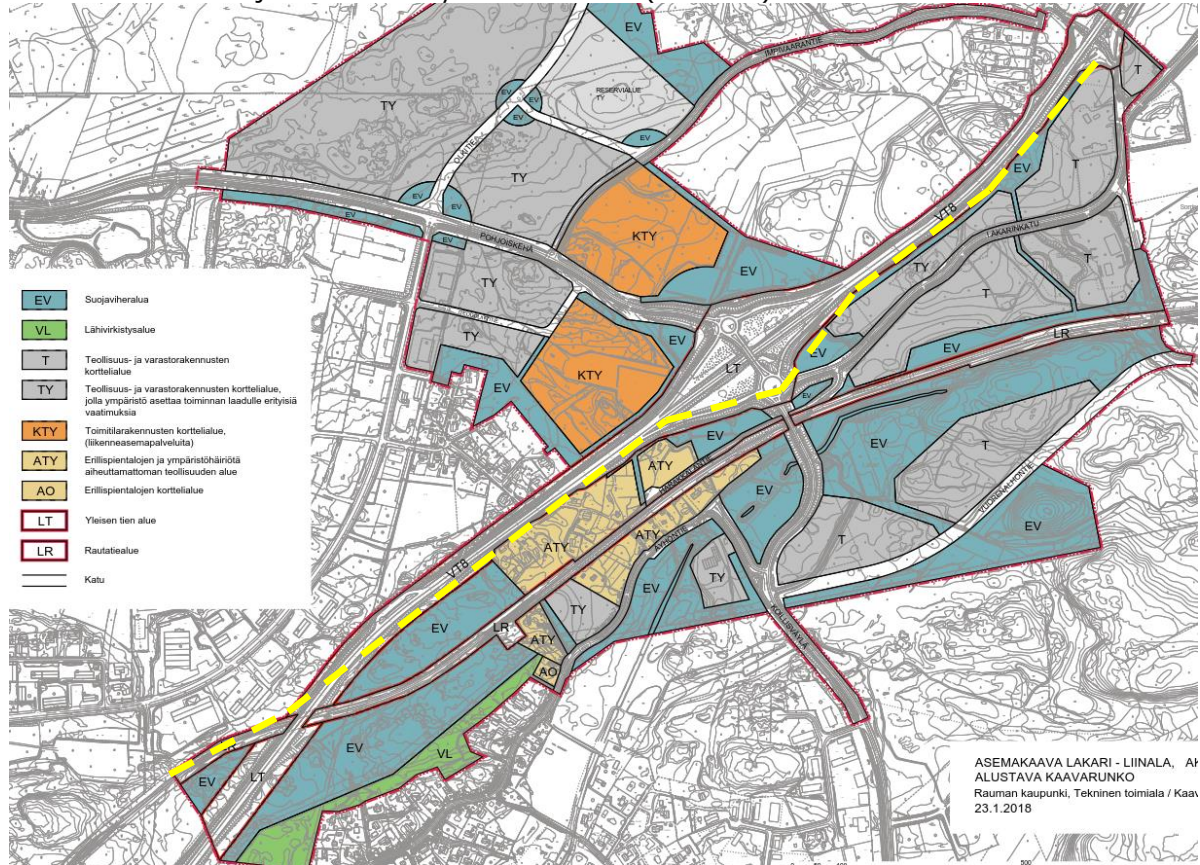
Rauman kaupungissa on käynnissä asemakaavan muutoshanke alueella Lakari - Liinala. Tässä työssä on selvitetty mittausten perusteella raide- ja katuliikenteestä aiheutuvan tärinän ja runkomelun voimakkuus suunnittelualueella.

Työn on tilannut Rauman kaupunki (tilaajan yhteyshenkilö suunnittelupäällikkö Riikka Pajuoja). Ramboll Finland Oy:ssä työn on suorittanut TkT Ville Lehtonen. Mittaukset suoritti alikonsultti Finnrock Oy.

## 2. LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Yleistä kohteesta

Suunnittelualueen sijainti on esitetty karttaotteesta (kuva 2.1).

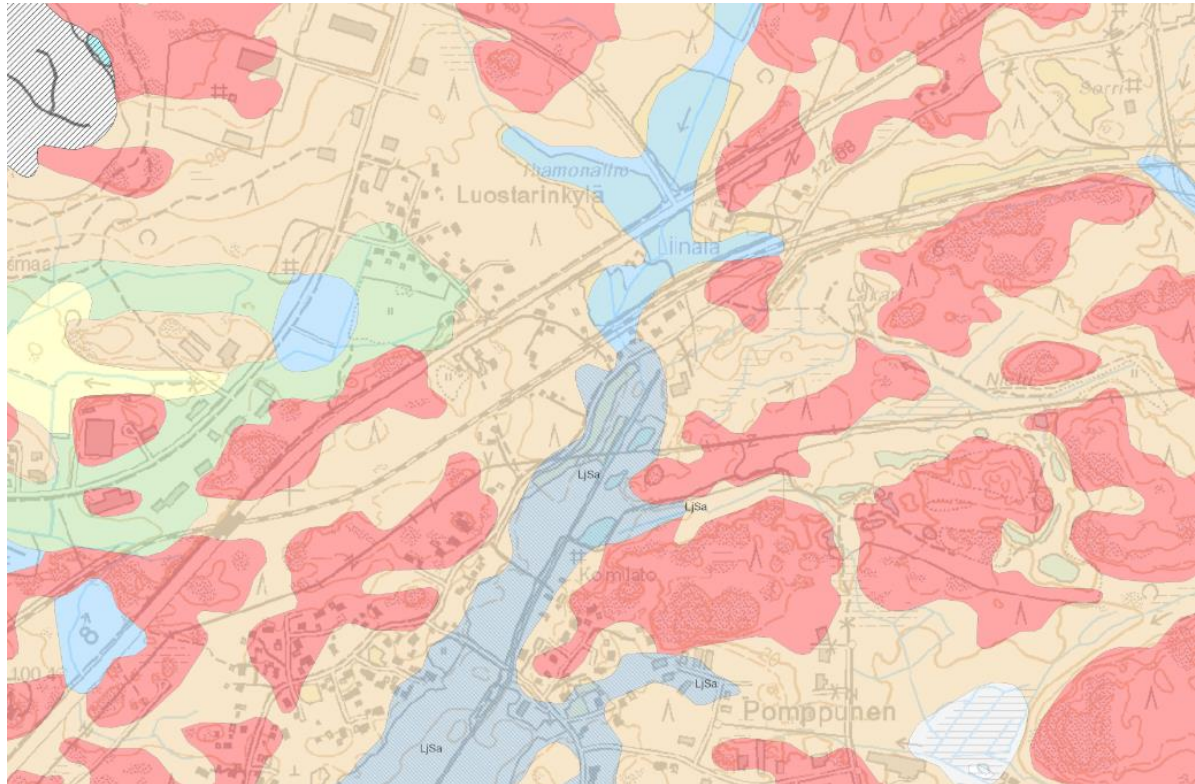


**Kuva 2.1. Suunnittelualue, ei mittakaavassa. Suunnittelualue käsittää kaava-alueen VT8:n eteläpuolisen osan. Rajaus merkitty keltaisella katkoviivalla. (Kartta:Rauman kaupunki)**

Selvitys liittyy Lakari-Liinalan alueen asemakaavahankkeeseen. Selvityksen tarkoitus on tarkastella erityisesti junaliikenteen aiheuttamaa tärinää radan läheisyydessä sijaitsevilla AO- ja ATY-alueilla.

## 2.2 Maaperäolosuhteet

Maaperä suunnittelualueella on GTK:n maaperäkartan perusteella hiekkamoreenia tai määrittelemätöntä täyttömaata. Epäselvien ja heterogeenisten maaperäolosuhteiden takia tärinän leviämistä on melko vaikea arvioida laskennallisesti. Voidaan kuitenkin arvioida yleisellä tasolla, että liikennetärinä vaimenee melko lyhyellä matkalla tiiviillä kitkamaa-alueilla, mutta maaperän korkeahkon ominaistajuuden takia runkomelu saattaa muodostua ongelmaksi.



**Kuva 2.2. GTK:n maaperäkarttatuloste, ei mittakaavassa. Ruskea = hiekkamoreeni, sininen = savi, punainen = kallio (Kartta:GTK 2018)**

### 2.3 Raideliikenne

Suunnittelualueella sijaitsee rata Rauma-Kokemäki, jolla liikkuu nykytilanteessa lähinnä Rauman sataman tavaraliikennettä (taulukko 2.1). Tavarajunat voidaan olettaa merkittävimmäksi liikennetärinän lähteeksi alueella. Henkilöliikenteen uudelleen käynnistämisen mahdollisuuksia on tutkittu.

**Taulukko 2.1. Junaliikenteen tila vuonna 2009 ja ennuste vuodelle 2030. (Tarveselvitys Tampere-Pori/Rauma, Liikennevirasto 2011)**

Rataosa	Yhteysväli	v. 2009			v.2030				+%(min)	+%(max)
		H <sup>1</sup>	T	Yht.	H	T	Yht.	Min		
Tpe - Pri	Tampere - Lielähti	49	50	99	76	50-60	126	136	27 %	37 %
	Lielähti - Kokemäki	14	22	36	16	24-26	40	42	11 %	17 %
	Kokemäki - Harjavalta	14	5	19	-	-	-	-	Ei ennustetta.	
	Kokemäki - Pori	14	17	31	16	16-26	32	42	3 %	35 %
Kki - Rma	Kokemäki - Rauma	0	17	17	0	18	18	18	6 %	6 %

1) H = henkilöliikenne, T = tavaraliikenne.

Tavarajunien nopeusrajoitus välillä Kokemäki-Rauma on 100 km/h (25t akselipainolla 80 km/h). Radan päällysrakenne on uusittu 2004.

Tässä selvityksessä rajoitutaan tarkastelemaan nykyisenkaltaisen tavaraliikenteen aiheuttamaa tärinävaikutusta. Henkilöliikenteen uudelleen aloittaminen rataosalla vaatisi mm. nopeuden noston ja tähän liittyvät muutokset ratarakenteisiin, jolloin tämän selvityksen tulokset eivät ole suoraan yleistettävissä uuteen tilanteeseen.

### 2.4 Katuliikenne

Suunnittelualueen läpi kulkevan, vilkkaasti liikennöidyn VT8:n raskas liikenne voi aiheuttaa paikallista tärinävaikutusta hyvin lähellä tietä.

## 3. TÄRINÄN ARVIOINTIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS JA MENNETELYTAVAT

### 3.1 Yleistä

VTT:n julkaisua "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT Working Papers 50, Espoo 2006) käytetään Suomessa yleisesti liikennetärinän arvioinnissa. Julkaisussa esitetään tärinän arviointimenettely kolmella eri tarkkuustasolla. Liikennetärinän siirtymistä rakennuksiin voidaan arvioida VTT:n julkaisuilla "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008) ja "Ohjeita liikennetärinän arviointiin" (VTT Tiedotteita 2569, Espoo 2011).

Arviointitasolla 1 tarkastelu perustuu kokemusperäisiin turvaetäisyyksiin, jossa huomioidaan maaperän ominaisuudet ja liikenteen tyyppi. Tarkastelulla selvitetään, onko varsinainen värähtelytarkastelu lainkaan tarpeen. Arviointitaso 2 perustuu laskennallisiin arvoihin tai tarkistusluonteisiin tärinämittauksiin, jolloin liikenteen ja maaperän ominaisuudet voidaan ottaa tarkemmin huomioon. Arviointitasoa 2 suositellaan käytettäväksi, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa rakentamista ohjataan yksityiskohtaisesti määrättyllä alueella ja arviointitason 1 perusteella alue on riskialuetta. Arviointitason 3 tarkastelu perustuu aina riittävän pitkäaikaisiin tärinämittauksiin. Tason 3 käyttöä tarvitaan, mikäli arviointitason 2 laskennallisella tarkastelulla ei saada riittävän luotettavaa kuvaa maaperän pystyvärähtelyn suuruudesta, tai halutaan rakentaa alueelle, jolla arviointitason 2 mukaan tärinä voi ylittää suositusarvon.

### 3.2 Tärinähaitan arviointiperusteet

Tärinän aiheuttamaa mahdollista haittaa asuinmukavuudelle maankäytön suunnittelussa arvioidaan tunnusluvun  $v_{w,95}$  perusteella. Tunnusluku perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyjen tehollisarvoihin ja niiden perusteella laskettuun keskiarvoon ja hajontaan seuraavasti:

Määritelmältään  $v_{w,95} = (15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo}) + (1,8 \times 15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta})$ . Tilastollisesta luonteestaan johtuen se voidaan tarkasti määrittää vain pitkäaikaisten mittausten avulla.

Tunnusluvun perusteella rakennuksille on annettu suositus rakennusten värähtelyluokitukselta, joka esitetään taulukossa 3.1.

**Taulukko 3.1 Rakennusten värähtelyluokitus häiritsevyyden arvioinnissa**

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

Luokkaan C pyritään uusien asuinrakennusten suunnittelussa. Muussa käytössä (mm. liike- ja toimistorakennukset) olevilla rakennuksilla pyritään tyyppillisesti luokkaan D.

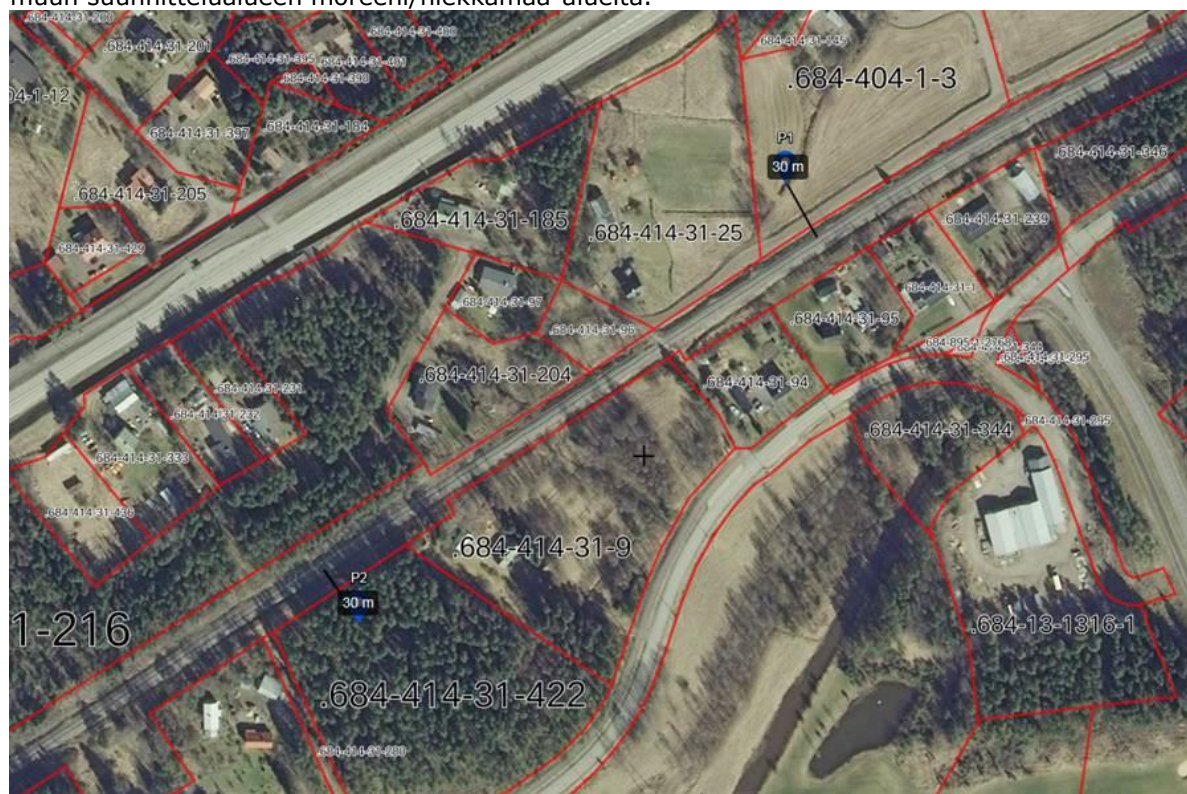


## 4. TÄRINÄTARKASTELUT

### 4.1 Mittaukset

Suunnittelualueella tehtiin tärinämittaukset aikavälillä 16.5.2018 - 23.5.2018. Mittarit olivat kolmiaksaalisia, automaattisesti tallentavia, etäluettavia tärinäinstrumentteja. Mittareiden perusasetus oli asumismukavuutta kuvaava 1 s tehollisarvo, yksittäisen mittauksen pituus 40 s. Mittarit asennettiin maapiikeillä pintamaahan.

Mittareita asennettiin 2 kpl kuvan 4.1 mukaisiin sijainteihin Liinalan alueelle. P1 ja P2 sijaitsivat 30 m päässä radasta. Piste P1 edustaa olosuhteiltaan Liinalan pehmeikköaluetta, ja piste P2 muun suunnittelualueen moreeni/hiekkamaa-alueita.



Kuva 4.1. Mittauspisteiden sijainti suunnittelualueella. Kartta: Maanmittauslaitos/Karttapaikka.

## 4.2 Mitattu maaperän värähtely ja sen arvioitu siirtyminen rakenteisiin

Mittaukset onnistuivat hyvin, ja käsiteltyä dataa voidaan pitää luotettavana. Datasta poistettiin manuaalisesti iskumaiset ja muut tyypillisestä liikennetäristä poikkeavat tapahtumat.

Pisteestä P1 rekisteröitiin mittausjaksolla noin 125 junan ohituksen aiheuttamaa yksittäistä mitaustapahtumaa.

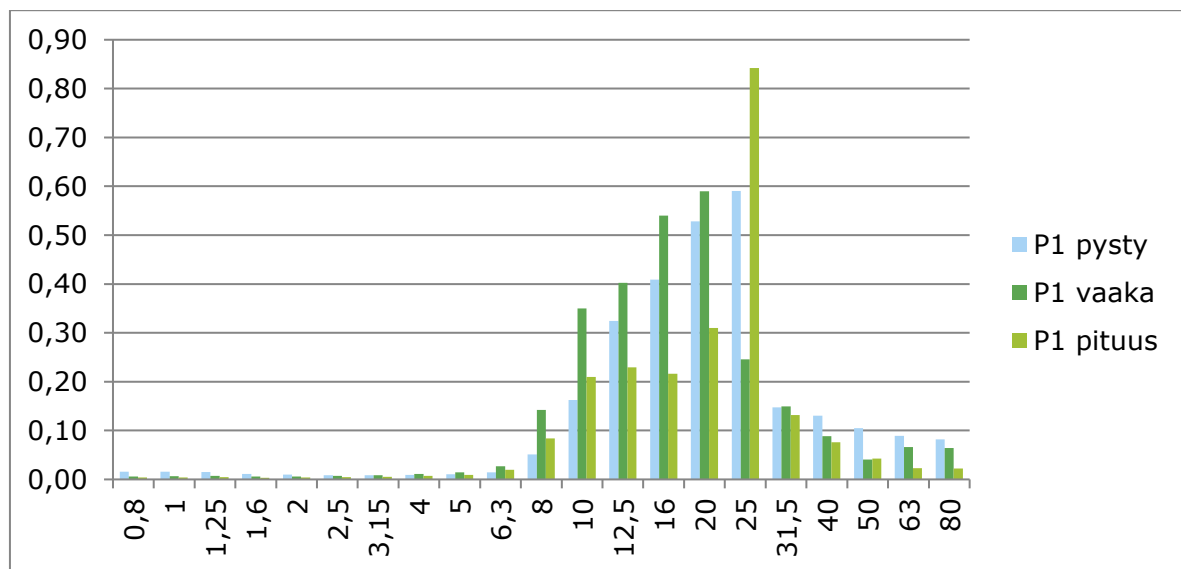
Pisteestä P2 ei mitattu lainkaan mittauskynnyksen  $v = 0,04$  mm/s ylittäviä junan ohituksia. Mittari kuitenkin toimi hyvin ja mittasi jatkuvasti, mutta ohitukset eivät voimakkuudeltaan rekisteröityneet erillisinä mittauksina alhaisesta värähtelynopeudesta johtuen. Tästä johtuen mittarin P2 mittauksia ei voida analysoida tarkemmin, mutta toisaalta tämä ei ole tarpeellista, vaan voidaan todeta pisteen P2 tärinän olevan hyvin pientä.

Taulukossa 4.1 on esitetty kunkin mittarin viikon ajalta, 15 suurimmasta tärinätapahtumasta lasketut maaperän värähtelyn taajuuspainotetut tehollisarvot. Eritellyt tärinätapahtumat on listattu liitteessä 1.

**Taulukko 4.1 Mittaustulokset ja maaperän värähtelyn tunnusluvut 15 suurimmasta tärinätapahtumasta**

Mittari	keskiarvo $v_{w,avg}^{maa}$ (mm/s)	keskihajonta $\sigma$ (mm/s)	maaperän värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{maa}$ (mm/s)
P1 - pysty	0,017	0,009	<b>0,033 (luokka A)</b>
P1 - vaaka	0,050	0,025	<b>0,095 (luokka A)</b>
P1 - pituus	0,085	0,016	<b>0,113 (luokka B)</b>
P2 - pysty	<0,04	-	<0,04 (luokka A)
P2 - vaaka	<0,04	-	<0,04 (luokka A)
P2 - pituus	<0,04	-	<0,04 (luokka A)

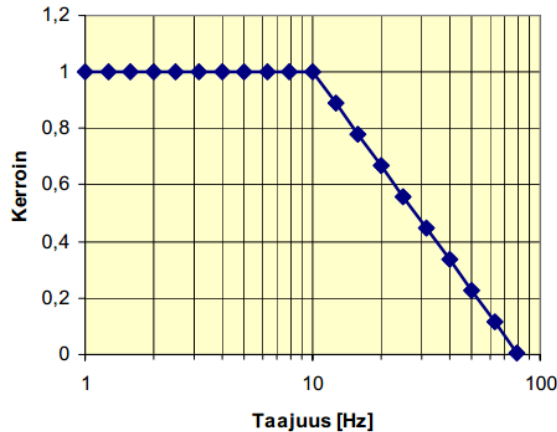
Kuvassa 4.2 on esitetty maaperän värähtelyn suhteelliset värähtelyspektrit pisteestä P1.



**Kuva 4.2. Suhteelliset maaperän värähtelyn taajuusspektrit 0,8-80 Hz, piste P1**

Värähtelyn siirtymistä rakennukseen on arvioitu julkaisussa "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008) esitetyn menettelytavan mukaan.

Terssikaistoihin jaettua maaperän värähtelyspektriä painotetaan taajuuskaistoittain (1-80 Hz) kertoimella, joka kuvaa värähtelyn siirtymistä perustuksiin. Tämä tulos kuvaa perustuksen värähtelyn tunnuslukua  $v_{w,95}^{per}$  (kuva 4.4).



Kuva 4.4 Perustuksen värähtelyn arvioimisessa käytetty maaperän värähtelyn pienennyskerroin ("Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi", VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008)

Perustuksen värähtelyn siirtymistä rakennuksen runkoon kuvataan joko tasaisen voimistumisen periaatteella (tunnusluku  $v_{w1}^{runko}$ ), tai rungon ominaistajuudella tapahtuvan resonanssin avulla (tunnusluku  $v_{w2}^{runko}$ ). Tässä tapauksessa rakennus oletetaan 1,5-2-kerroksiseksi liikerakennukseksi, jonka rungon ominaistajuus voi tyypillisesti vaihdella noin 5-10 Hz taajuusalueella.

Tasaisen vahvistumisen periaatteella laskettu rungon värähtely saadaan seuraavasti:

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

missä  $k_1^{runko} = 1,5$  kaikille kaksi- tai useampikerroksisille rakennuksille ja yksikerroksisille paaluille perustetuille rakennuksille.

Lattian värähtelyä arvioidaan samoin joko tasaisen voimistumisen periaatteella (tunnusluku  $v_{w1}^{lattia}$ ), tai lattian ominaistajuudella tapahtuvan resonanssin avulla (tunnusluku  $v_{w2}^{lattia}$ ).

$$v_{w1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z}$$

missä  $k_1^{lattia} = 1,5$ .

$$v_{w2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z}$$

missä  $k_2^{lattia} = 6,0$ . Värähtely  $v_{w,j}^{per,z}$  on perustuksen pystyvärähtely sillä taajuuskaistalla, jolle lattian ominaistajuuden ajatellaan sattuvan. Tässä tapauksessa ei lattian ominaistajuutta tiedetä varmaksi, sillä se riippuu mm. lattian jänneväleistä ja rakenneratkaisuista. Arvio lattian värähtelystä tehdään tässä värähtelyltään suurimman yksittäisen taajuuskaistan mukaisesti, jolloin saadaan pahin mahdollinen tilanne.

Taulukossa 4.4 on esitetty rakennuksen rungon ja lattian arvioidut värähtelyn tunnusluvut.

**Taulukko 4.4. Mittausten perusteella määritetyt rakennuksen värähtelyn tunnusluvut.**

Mittari	maaperän värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{maa}$ (mm/s)	perustuksen värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{per}$ (mm/s)	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{w,1}^{runko}$ (mm/s)	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{w,2}^{runko}$ (mm/s)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{w,1}^{lattia}$ (mm/s)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{w,2}^{lattia}$ (mm/s)*
P1 pysty	0,033	0,027			0,041	<b>0,094</b> (@25 Hz)
P1 vaaka	0,095	<b>0,075</b>	<b>0,112</b>	<b>0,132</b> (@10 Hz)		
P1 pitiuus	<b>0,113</b>	0,071				
P2 pysty	<0,04					
P2 vaaka	<0,04					
P2 pitiuus	<0,04					

Pisteessä P1 sekä maaperän että rakenteiden tärinä jää luokkaan B.

Pisteessä P2 rakenteiden tärinää ei voitu määrittää, sillä yksikään ohitus ei ylittänyt mittarin alinta liipaisukynnystä  $v = 0,04$  mm/s. Rakenteiden tärinä voidaan olettaa luokkaan A.

## 5. RUNKOMELUTARKASTELUT

### 5.1 Ohjearvot ja arviointiperusteet

Runkomelun esiintymistä rakenteissa voidaan arvioida julkaisun Talja & Saarinen (2009): "Maa-liikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" (VTT T2468).

Runkomelu on ulkoisen värinäherätteen aiheuttamaa rakennuksen rungon värähtelyä, joka on kuultavissa äänenä. Runkomelun aiheuttava värähtely siirtyy rakenteisiin maaperän kautta, erityisesti kallion ja kovien maakerrosten välityksellä. Liikennetärinään verrattuna runkomelun värähtely on selvästi korkeampitaajuuksista. Merkittävin runkomelun aiheuttaja on raideliikenne.

Suomessa ei ole annettu varsinaisia ohjearvoja rakennusten runkomelulle. VTT:n julkaisussa on kuitenkin esitetty suositukset runkomelun ohjearvoista, jotka mukailevat yleisiä melutasosta annettuja ohjearvoja. Suositukset runkomelun ohjearvoista on annettu taulukossa 5.1.

**Taulukko 5.1. Suositukset runkomelun raja-arvoista. (Talja & Saarinen 2009, VTT T2468)**

Rakennustyyppi	Runkomelutaso $L_{prm}$ [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35 <sup>2</sup>
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> <li>potilashuoneet, majoitustilat</li> <li>päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet</li> </ul>	30/35 <sup>2</sup>
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"> <li>luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä</li> <li>muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot</li> </ul>	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45 <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

Tässä oletetaan, että suunnittelualueella sovelletaan 35 dBA ohjearvosuosituksista asuinrakennuksille ja 45 dBA tehdas- ja toimistorakennuksille.

Kuten liikennetärinälle, myös runkomelulle on esitetty kolme eri arviointitasoa. Arviointitaso 1 perustuu turvaetäisyyden käyttöön. Kokemuseräisesti on voitu määrittää etäisyys, jota kauempana tarkempi runkomelutarkastelu ei enää ole tarpeen.

Arviointitasossa 2 tehdään värähtelyn siirtotiehen perustuva laskennallinen arviointi. Laskelma on hyvin empiirinen ja perustuu kokemuksiin tyypillisistä mittaus tuloksista.

Arviointitasossa 3 runkomelu todennetaan mittaamalla.

## 5.2 Suojaetäisyydystarkastelut

VTT T2468 mukaiset suojaetäisyydet on esitetty taulukossa 5.2.

**Taulukko 5.2. Suojaetäisyydet, jota lähempänä tarkempi runkomelutarkastelu ei yleensä ole tarpeen (VTT T2468).**

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

Taulukosta voidaan huomata, että tieliikenne ei käytännössä aiheuta runkomeluhaittoja alueella. Sen sijaan junaliikenteellä on potentiaalia aiheuttaa runkomeluhaittoja 160 m etäisyydellä radasta (tavarajuna 100 km/h, kova maa).

### 5.3 Mittaukset ja tunnusluvut

Runkomelun tunnusluku  $L_{prm}$  kuvaa mitattujen junan ohitusten aiheuttaman runkomelun keskiarvoa (A-painotettu arvo slow-aikapainotuksella), johon on lisätty 1,65-kertainen standardihajonta:

$$L_{prm} = L_{pASmax,mean} + 1,65 \cdot s$$

Tämä tunnusluku kuvaa runkomelun voimakkuutta, jonka alle jää 95% liikenteen aiheuttamista tärinätapahtumista.

Tässä tapauksessa runkomelun tunnusluvut laskettiin samoista tärinätapahtumista kuin mitä värähtelyn tunnuslukujen laskentaan käytettiin.

Mitattu maaperän värähtelytaso ( $v_{ref} = 10^{-9}$  m/s) muutettiin runkomelutasoksi seuraavilla VTT T2468 mukaisilla korjaustekijöillä:

- A-painotus taajuuskaistoittain ( $\geq 16$  Hz)
- Muunnos värähtelytasosta äänenpainetasoksi -28,1 dB
- Rakennustyyppi puutalo 1-2 krs, -5 dB
- Rakenneseosien resonanssin mahdollisuus +6 dB
- Varmuusmarginaali +3 dB (normaali laskennallisen tarkastelun marginaali on +6dB, mutta tässä tapauksessa epävarmuutta vähentää se, että tarkastelu perustuu maaperästä tehtäviin mittauksiin, jolloin radan kuntoa ja kaluston ominaisuuksia koskevia epävarmuuksia ei ole).

**Taulukko 5.3. Maaperän tärinän perusteella määritetyt runkomelun tunnusluvut**

Mittari	keskimääräinen runkomelutaso $L_{pASmax,mean}$ (dBA)	standardihajonta $s$ (dBA)	runkomelun tunnusluku $L_{prm}$ (dBA)
P1 - pysty	22,9	5,58	33,1
P1 - vaaka	39,3	4,29	<b>37,4</b>
P1 - pituus	32,6	2,52	36,7

Pisteessä P1 runkomelun tunnusluku vaaka- ja pituussuunnassa ylittää lievästi suosituksen ohjearvosta 35dBA. Todellinen runkomelutaso on kuitenkin riippuvainen kohdekohtaisista perustus- ja rakenneratkaisuista (värähtelyn välittyminen ja vaimeneminen, rakenteiden ominaistaajuuDET). Sopivilla varotoimilla voidaan välttää runkomelun esiintymistä rakenteissa. Tällaisia ovat perustusten eristäminen maaperästä ominaistaajuudeltaan alhaisella materiaalilla (esimerkiksi EPS-eriste) ja lattioiden suunnittelu siten, että niiden alhaisin ominaistaajuus on riittävän alhainen. Lisäksi pistettä P1 kauempana radasta (noin yli 30 m etäisyydellä) runkomelu alenee ohjearvosuosituksen alapuolelle.

Pisteessä P2 (kova maaperä) ei runkomeluanalyysiä voitu tehdä mittauksiin perustuen, sillä tärinä ei ylittänyt mittarin liipaisukynnystä.

#### 5.4 Laskennallinen runkomelutarkastelu

Koska kovaa pohjamaata (moreenit, hiekat) edustavasta pisteestä P2 mitattu värähtely oli niin pientä, ettei tarkempaa mittauksiin perustuvaa ja värähtelyn taajuussisällön huomioivaa runkomeluarviota voitu tehdä, tehtiin koviille pohjamaille ja kalliolle laskennallinen tarkastelu VTT T2468 mukaisesti.

Puhtaasti laskennallisessa tarkastelussa tehtiin **kovalle pohjamaalle** seuraavat oletukset:

- Veturivetoinen juna +11 dB
- Ajonopeus 100 km/h +0 dB
- Normaali jousitus +0 dB
- Hyväkuntoinen rata +0 dB
- Radassa ei eristystä +0 dB
- Avorata +0 dB
- Puutalo 1-2 krs -5 dB
- Rakenneosien resonanssi +6 dB
- Muunto äänenpainetasoksi -28,1 dB
- A-painotus, maaperän hallitseva taajuusalue 30-60 Hz -35 dB
- Varmuusmarginaali +6 dB

Korjaustekijöiden summa on tällöin -45,1 dBA. Tämä korjaus kohdistetaan ns. runkomelutason peruskäyrään, joka kuvaa runkomelutason muutosta etäisyyden kasvaessa radasta.

Lisäksi pisteen P2 mittaustulosten perusteella tehtiin suuntaa-antava laskennallinen sovitus, jossa oletettiin maaperän värähtelynopeudeksi  $v_{w,95} = 0,04$  mm/s (mittarin liipaisukynnys). Tämä vastaa maaperän värähtelynopeustaso  $L_{pA} = 92$  vdB ( $v_{ref} = 10^{-9}$  mm/s) 30 m etäisyydellä radasta. Tähän värähtelynopeustasaan kohdistettiin seuraavat korjaustekijät:

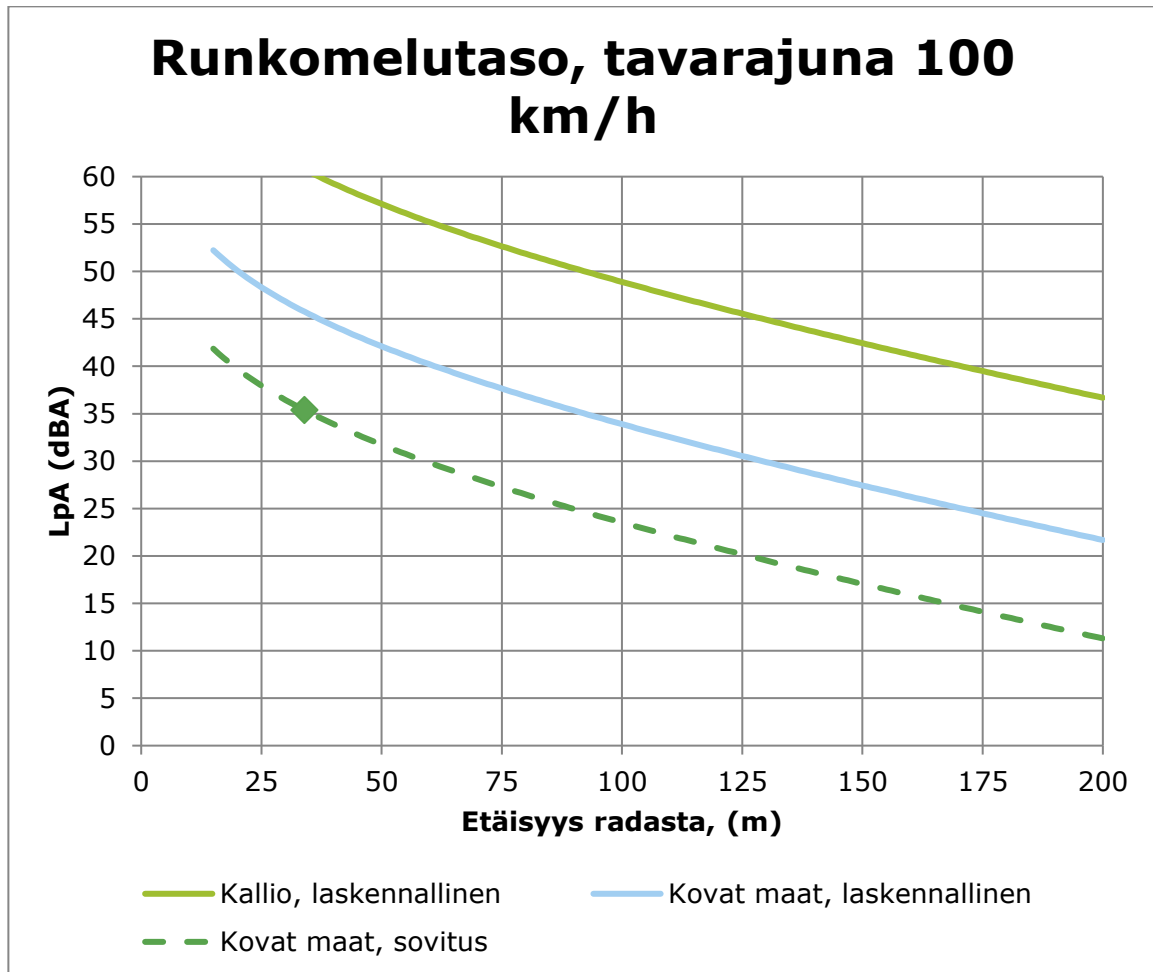
- Puutalo 1-2 krs -5 dB
- Rakenneosien resonanssi +6 dB
- Muunto äänenpainetasoksi -28,1 dB
- A-painotus, maaperän hallitseva taajuusalue 30-60 Hz -35 dB
- Varmuusmarginaali +6 dB

Korjaustekijöiden summa on tällöin -56,1 dBA, ja laskennallinen runkomelutaso 30 m etäisyydellä radasta on  $L_{pA} = (92-56,1)$  dBA = 35,9 dBA.

**Kalliolle** laskennallisen tarkastelun korjaustekijät ovat muuten samat, mutta A-painotuksessa käytetään korjaustekijänä -20 dB. Tässä myös oletetaan, että sekä rata että rakennukset on perustettu kallionvaraisesti, eikä tärinäeristeitä käytetä.

Kuvassa 5.1 on esitetty koviille pohjamaille ja kalliolle tehdyt laskennallisen runkomelutarkastelun tulokset, sekä pisteelle P2 tehty arvioituihin mittaustuloksiin perustuva sovitus.





Kuva 5.1. Rakennusten arvioitu runkomelutaso kalliolla ja kovilla pohjamaille.

Kuvasta voidaan päätellä, että pisteen 2 värähtelyn perusteella tehty sovitus antaa täysin laskennallista tarkastelua pienemmän runkomelutason koville pohjamaille (moreenit, hiekat). Sovitusta voidaan pitää luotettavampana, sillä se perustuu mittaustuloksiin (vieläpä konservatiivisilla oletuksilla).

## 6. TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Yleistä

Ramboll Finland Oy on Rauman kaupungin toimeksiannosta tehnyt liikennetärinä- ja runkomeluvälityksen Lakari-Liinala -alueen asemakaavahankkeeseen liittyen. Selvitys perustuu mitattuun maaperän tärinään suunnittelualueella sekä osin laskennallisiin tarkasteluihin. Liikennetärinää ja runkomelua arvioitiin yleisesti käytössä olevien VTT:n julkaisujen mukaisesti.

Mittaukset suoritettiin 16.5.2018 - 23.5.2018. Mittaukset onnistuivat hyvin ja käsitelty data on luotettavaa.

### 6.2 Tärinä

Uudisrakentamiselle sovellettavat raja-arvot ovat asuinrakennuksille luokan C ( $< 0,3$  mm/s) ja liike- ym. rakennuksille luokan D ( $< 0,6$  mm/s) mukaiset. Mitattu liikennetärinä koko suunnittelualueella jää joko luokkaan A tai B. Liikennetärinän osalta vaaditut raja-arvot alittuvat eikä erityisiä varotoimenpiteitä tarvita. Poikkeuksena saattaa olla hyvin lähellä ( $< 15$  m) rataa tapahtuva rakentaminen, jolloin tärinän suuruutta tulee tarkastella tapauskohtaisesti.

Liikennetärinä suunnittelualueella aiheutuu käytännössä yksinomaan junaliikenteestä.

### 6.3 Runkomelu

Maaperän tärinämittausten perusteella arvioitu runkomelu rakennuksissa saattaa ylittää ohje-arvosuosituksen 35 dBA (asuinrakennukset ja muut meluherkät toiminnot) noin **30 m** lähempänä rataa. Tämä arvio koskee sekä Liinalan alueen pehmeikköä, että muun suunnittelualueen hiekka- ja moreenialueita.

Vastaavasti 45 dBA ohje-arvosuositus (teollisuuden ja kaupan rakennukset jne.) saattaa ylittyä noin **15-20 m** lähempänä rataa.

Silloin, kun rata ja/tai rakennus on perustettu kallionvaraisesti, saattaa runkomeluhaittoja esiintyä vielä yli 100 m päässä radasta. Kaavaluonnoksen mukaan tällaisia alueita ei kuitenkaan suunnittelualueella lähellä rataa esiinny joitakin suojaviheralueita (EV) lukuun ottamatta.

Koska Suomessa ei runkomelulle ole annettu varsinaisia raja-arvoja, vaan kyseessä on *suositus ohjearvosiksi*, voidaan sen ylityksestä mahdollisesti aiheutuvaa haittaa arvioida tapauskohtaisesti. Olevien rakennusten osalta lievä laskennallinen ohje-arvosuosituksen ylitys ei tyypillisesti johda toimenpiteisiin.

Mahdollisten uusien, edellä mainittuja etäisyyksiä lähemmäs rakennettavien rakennusten osalta runkomelua voidaan tapauskohtaisesti ehkäistä esimerkiksi asentamalla rakennuksen perustusten alle ja ympärille vähintään 100 mm EPS-eristettä silloinkin, kun se ei ole routamitoituksen suhteen tarpeellista. Suhteellisen pehmeä ja ominaistajuudeltaan alhainen eriste vähentää runkomelua aiheuttavien taajuuksien välittymistä rakennuksen perustuksiin. Rakennusten värähtelysuunnittelu on aina tapauskohtaista.

Liikenteestä johtuva runkomeluhaitta suunnittelualueella aiheutuu käytännössä yksinomaan junaliikenteestä.

### 6.4 Yhteenveto

Selvityksen perusteella liikennetärinän suuruus alueella jää raja-arvojen alle eikä aiheuta erityisiä toimenpiteitä.

Runkomelun ohjearvosuositukset saattavat ylittyä lievästi alle 30 m etäisyydellä (asuinrakennukset) tai 15-20 m etäisyydellä (teollisuuden ja kaupan rakennukset jne) radasta, minkä huomiointi edellyttää hankekohtaista suunnittelua.

Olevan rakennuskannan osalta selvitys ei aiheuta toimenpiteitä.

Selvitys koskee junaliikenteen nykytilaa. Tulevaisuudessa mahdollisesti toteutuvan matkustajaliikenteen aloittamisen tärinä- ja runkomeluvaikutuksiin (mm. nopeusrajoituksen nostamisesta johdun) voidaan ottaa kantaa vasta kyseisen hankkeen yleis- tai ratasuunnitelmavaiheessa. Jos samassa yhteydessä nostetaan raskaiden tavarajunien liikennöintinopeutta, voidaan yleisesti lausua, että tärinä- ja runkomeluvaikutus lisääntyy samassa suhteessa.

## **7. TÄRINÄN JA RUNKOMELUN ARVIOINNISSA KÄYTETTY OHJEISTUS**

Talja, A. 2011: Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT T2569, Espoo.

Talja, A. & Saarinen, A. 2009: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT T2468, Espoo

Talja, A, Vepsä, A, Kurkela, J & Halonen, M. 2008: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT T2425

Törnqvist, J & Talja, A. 2006: Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT W50, Espoo

## LIITE 1 TÄRINÄMITTAUKSET

Alla on esitetty 15 suurinta tärinätahtumaa pisteestä P1.

Aika	P1 pysty $v_w$ (mm/s)	Aika	P1 vaaka $v_w$ (mm/s)	Aika	P1 pituus $v_w$ (mm/s)
16.5.2018 16:29	0,04	16.5.2018 16:29	0,12	16.5.2018 16:29	0,11
20.5.2018 11:59	0,02	20.5.2018 11:59	0,04	20.5.2018 11:59	0,1
19.5.2018 0:55	0,01	19.5.2018 0:55	0,04	19.5.2018 0:55	0,11
21.5.2018 0:37	0,02	21.5.2018 0:37	0,04	21.5.2018 0:37	0,1
17.5.2018 0:38	0,01	17.5.2018 0:38	0,04	17.5.2018 0:38	0,1
19.5.2018 3:51	0,01	19.5.2018 3:51	0,05	19.5.2018 3:51	0,09
18.5.2018 9:58	0,02	18.5.2018 9:58	0,04	18.5.2018 9:58	0,09
19.5.2018 17:35	0,03	19.5.2018 17:35	0,09	19.5.2018 17:35	0,08
17.5.2018 16:32	0,02	17.5.2018 16:32	0,03	17.5.2018 16:32	0,08
20.5.2018 16:37	0,01	20.5.2018 16:37	0,02	20.5.2018 16:37	0,07
19.5.2018 13:13	0,02	19.5.2018 13:13	0,06	19.5.2018 13:13	0,07
18.5.2018 16:27	0,02	18.5.2018 16:27	0,05	18.5.2018 16:27	0,07
18.5.2018 12:28	0,01	18.5.2018 12:28	0,04	18.5.2018 12:28	0,07
18.5.2018 0:46	0,01	18.5.2018 0:46	0,04	18.5.2018 0:46	0,07