

Tampereen kaupunki  
Konsernihallinto  
Kaupunkiympäristön kehittäminen



TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

Tipotie

---

**TARATEST OY**

\* Mittaustyöt  
\* Pohjatutkimukset  
\* Pohjarakennussuunnittelu

Turkkirata 9 A, 33960 PIRKKALA  
e-mail taratest@taratest.fi

PUH 03 - 368 33 22

FAX 03 - 368 33 17

---

**Sisältö**

<b>1 TEHTÄVÄ</b>	<b>3</b>
<b>2 TÄRINÄMITTAUSSELOSTUS</b>	<b>3</b>
2.1 Noudatettavat ohjeet	3
2.2 Mittauslaitteisto	4
2.3 Mittausalue ja mittauslinjat	5
2.4 Mittausajankohta	5
2.5 Mittauksissa kohdatut ongelmat ja niiden vaikutuksen arviointi	6
2.6 Mittaustulokset	7
2.6.1 Vertailumittaus maasto - rakenne	7
2.6.2 Tunnuslukujen laskenta	7
2.6.3 Tärinäyhteenveto ja havainnot	8
2.7 Tärinäsuositus	9
<b>3 RUNKOMELUSELVITYS</b>	<b>10</b>
3.1 Noudatettavat ohjeet	10
3.2 Mittausalue, mittausajankohta ja laitteisto	10
3.3 Mittaustulokset	11
3.4 Runkomelusuositus	11
<b>4 ALLEKIRJOITUKSET</b>	<b>12</b>

## 1 TEHTÄVÄ

Taratest Oy on Tampereen kaupungin toimeksiannosta suorittanut Tampereella Tipotiellä tontilla (kiinteistötunnus 837-104-9903-0) tärinäselvityksen ja runkomeluselvityksen.

Tavoitteena oli selvittää tontille sijoitettavaan terveysasemarakennukseen kohdistuva liikennetärinän ja runkomelun suuruus. Samalla selvitys täydentää aiemmin Taratest Oy:n suorittamaa Pispala Santalahti Tärinä- ja runkomeluselvitystä 4.12.2009.

Tärinän ja runkomelun mahdollisia aiheuttajia ovat tontin vierellä pohjoispuolella sijaitseva erittäin vilkasliikenteinen Tampere - Seinäjoki päärata sekä eteläpuolella vilkasliikenteinen Pirkankatu.

## 2 TÄRINÄMITTAUSSELOSTUS

### 2.1 Noudatettavat ohjeet

Tässä työssä on noudatettu VTT:n suositusta ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” VTT Tiedotteita – Research Notes 2278, Espoo, 2004.

Mittausjakso oli ohjeen mukaan yksi viikko. Mittaukset suoritettiin olemassa olevissa rakennuksissa / rakenteissa kantavissa seinissä ja kahdessa pisteessä mitattiin tärinää maaperässä. Yksi lisämittauspiste oli maaperässä lähellä rakennetta, jotta voitiin myös mittauksin todeta maaperässä ja rakennuksissa suoritettujen mittausten vertailukelpoisuus.

Mittaustuloksena saaduista heilahdusnopeuden arvoista on ohjeen mukaan valittu 15 merkittävintä liikenteestä aiheutunutta tärinä tapahtumaa pystysuuntaisen heilahdusnopeuden mukaan. Näistä on laskettu pystysuunnalle ja kahdelle vaakasuunnalle tunnusluvut ( $V_{w,95}$ ) heilahdusnopeuden taajuuspainotteisista tehollisarvoista. Tunnusluvuksi valittiin näistä kolmesta suunnasta suurin rakennuksissa suoritetuissa mittauspisteissä ja pystysuuntainen tunnusluku maaperässä mitatuissa pisteissä. Ohjeen mukaan maaperässä suoritetuissa mittauksissa rakenteisiin siirtyvä tärinä arvioidaan maaperässä mitatun pystysuuntaisen tunnusluvun perusteella.

15 merkittävimmän tärinä tapahtuman heilahdusnopeuden taajuuspainotteisista tehollisarvoista laskettiin keskiarvo ja keskihajonta, joiden pohjalta tunnusluku laskettiin kaavalla:

$$V_{w,95} = \text{keskiarvo} + 1,8 \times \text{keskihajonta} \quad (\text{Kaava 1})$$

Mittausten perusteella laskettujen tunnuslukujen avulla pisteille määritettiin värähtelyluokitus seuraavan taulukon mukaisesti.

**Taulukko 1: Värähtelyluokitus**

Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta [NS 8176, 1999].		
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 värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 25 % 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>	$\leq 0,60$

VTT:n suosituksessa liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta on lisäohjeistuksia:

”Yksittäiset olemassa olevien väylien varrella sijaitsevat uudisrakennukset tai väylän vähäiset muutokset arvioidaan luokan D mukaan.”

”Taulukossa 1 esitetty värähtelyluokitus koskee normaaleja asuinrakennuksia. Mikäli rakennus on tarkoituksellisesti suunniteltu häiriöttömäksi (esim. korkeatasoiset asuinrakennukset, lepokodit, sairaalat), värähtelyluokan tulee olla yhtä värähtelyluokkaa korkeampi.”

## 2.2 Mittauslaitteisto

Mittauksissa käytettiin mittauslaitetta White Industrial Seismology, Inc. / Mini-Seis II: Sarjanumerot 4640, 4641, 4642, 4643, 4644 ja 4646.

Mittarityyppi on kolmikomponenttimittari, joka rekisteröi ja tallentaa arvot heilahdusnopeudelle  $v$  [mm/s], kiihtyvyydelle  $a$  [g], taajuudelle  $f$  [Hz] ja siirtymälle  $A$  [mm]. Mittarit toimivat luotettavasti taajuusalueella 1-250 Hz. Käytetyt mittarit olivat uusia ja tehdaskalibroituja.

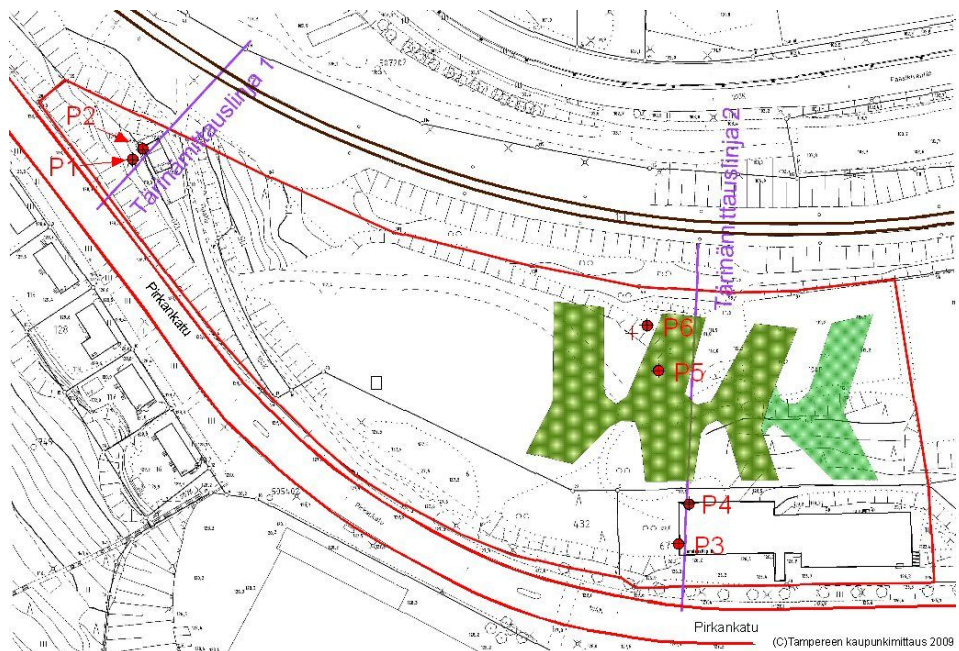
Maahan asennetuille mittareiden anturille asennettiin maahan noin 80

cm syvyyteen terästangot, joihin anturit kiinnitettiin. Routaa maastossa oli noin 20 cm.

Mittarit tallensivat kaikki tärinät, joiden heilahdusnopeuden arvo ylitti asetetun "trigger"-arvon, joka oli pääsääntöisesti  $v = 0,254$  mm/s tarkkuudella 512 / sekunti (sample rate). Tarkkuus heilahdusnopeudelle on  $v = 0,064$  mm/s. Mittarit tallensivat time-history wave-kuvaajan heilahdusnopeudelle, kiihtyvyydelle ja siirtymälle sekä FFT-taajuusanalyysin. Osa mittareista oli etäluettavia ja niiden muistin tilaa tarkkailtiin päivittäin.

## 2.3 Mittausalue ja mittauslinjat

Selvitettävä alue on yhteispituudeltaan n. 350 m ja mittauslinjat olivat noin 200 metrin välein. Tärinämittauspisteitä oli yhteensä 5 kpl kahdessa linjassa poikittain rataa vasten. Mittauslinjat ulottuivat poikkisuunnassa koko tarkasteltavalle alueelle ja mittauksilla kartoitettiin myös Pirkankadun liikennetärinät. Mittauslinja 2 oli rakennettavan terveystaseman kohdalla.



Kuva 1: Havainnekuva mittauslinjat ja mittauspisteiden paikat P1-6.

Mittauspisteet on numeroitu siten, että piste 2 on tärinämittauslinjalla 1 ja pisteet 3 - 6 tärinämittauslinjalla 2. Mittauspiste nro 1 oli vertailupiste maaperässä pisteen 2 lähellä. Mittauslinjat jaettiin suunnilleen tasaisin välein alueille. Tarkat paikat sijoituivat sen mukaan, mihin mittarit saatiin asennettua rakennuksiin ja maastoon mittauslinjalle tasaisesti.

## 2.4 Mittausajankohta

Mittaukset suoritettiin aikavälillä 11.03.2010 - 22.03.2010.

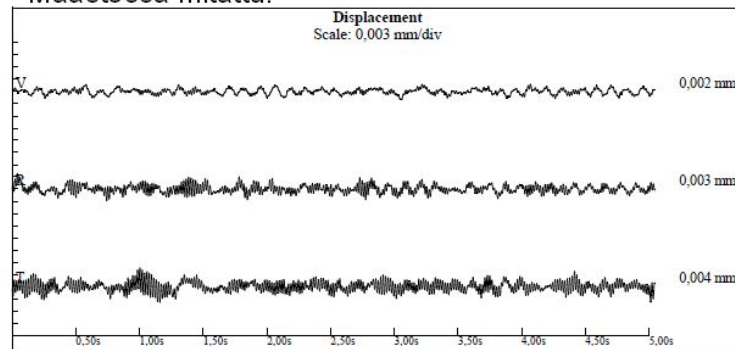
## 2.5 Mittauksissa kohdatut ongelmat ja niiden vaikutuksen arviointi

Maastossa sijaitseviin mittareihin tuli paljon tärinää taajuusalueella 50 - 85 Hz ja mittareiden muisti täyttyi nopeasti. Tästä syystä mittareiden "trigger"-arvoa nostettiin ja mittausjaksoa jatkettiin yli viikon mittaiseksi, jotta saataisiin riittävästi dataa merkittävimmistä tärinätaapahtumista.

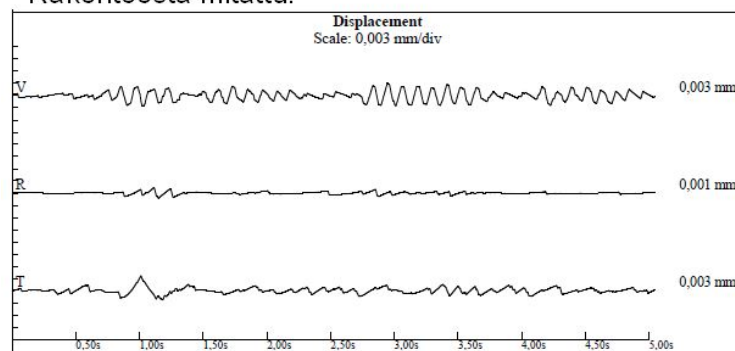
Vertailumittauspiste 1 sijoitettiin maastoon huoltorakennuksessa sijaitsevan mittauspisteen 2 lähelle. Vertailupisteistä voidaan todeta, että maaperässä mitattu tärinä ei anna junaradan lähialueilla oikeaa tulosta tunnusluvun laskennassa, koska tärinä maaperässä sisältää myös suuritaajuuksista sisältöä joka ei siirry perustuksiin. Tunnusluvun taajuuspainotteisessa laskennassa suuret taajuudet vaikuttavat tunnuslukuun merkittävästi. Vertailupisteiden avulla saatiin dataa, jonka perusteella voidaan arvioida sitä kuinka maaperässä mitatut junatärinän korkeimmat tärinätaajuuudet vaimenevat siirtyessään rakennukseen. Merkittävin apu tässä oli tallennettujen siirtymien wave-kuvaajat ja FFT-taajuusanalyysit.

Havaintojen perusteella pääsääntöisesti maaperässä esiintyvät yli 50 Hz taajuiset tärinät vaimenevat rakenteissa, mutta alle 20 Hz taajuiset tärinät eivät. Tästä syystä runkomelun perusarvoa ei voida suoraan laskea maaperässä tallennetusta tärinädatasta, eikä tärinän tunnuslukua voida määrittää täsmällisesti.

Maastossa mitattu:



Rakenteesta mitattu:



Kuva 2: Esimerkki samanaikaisten siirtymien wave-kuvaajista vertailupisteissä 1 ja 2.

Kuvasta huomataan, kuinka maaperässä tallennettu siirtymän wave-kuvaaja sisältää myös suuritaajuisia komponentteja, jotka vaimentuvat rakenteessa. Kuitenkin siirtymän arvot ovat lähellä toisiaan. Heilahdusnopeuden arvoissa on merkittävä ero.

Kaikissa mittauspisteissä saatiin merkittävimmät tärinätahtumat tallennettua. Siltä osin mittaus oli onnistunut.

## 2.6 Mittaustulokset

Suurimmaksi yksittäiseksi liikennetärinän heilahdusnopeuden pystysuuntaiseksi arvoksi mitattiin  $v = 1,27$  mm/s. Tärinäselvityksen perusteella voidaan todeta, että liikennetärinöillä ei ole rakenteita vaurioittavaa vaikutusta. Alueella olevien ja tulevien rakenteiden sallittu heilahdusnopeuden pystysuuntainen arvo on vähintään  $v = 4$  mm/s.

### 2.6.1 Vertailumittaus maasto-rakenne

Vertailumittauspisteiden 1 ja 2 samanaikaisia tärinätuloksia vertaamalla saatiin seuraavia tuloksia:

Pystysuuntainen heilahdusnopeus  $V_{rak}$  (mm/s) on keskimäärin  $0,51 \times V_{maa}$  (max  $1,0 \times V_{maa}$ ).

Vaakasuuntainen heilahdusnopeus  $V_{rak}$  (mm/s) on keskimäärin  $0,15 \times V_{maa}$  (max  $0,25 \times V_{maa}$ ).

Heilahdusnopeuden yli 50 Hz taajuudet eivät tukimusalueella välity rakenteisiin.

Piste 2 oli Gasumin huoltorakennuksessa ja tuleva uudisrakennus tulee olemaan huomattavasti massiivisempi ja jäykempi. Tärinän vaimentuminen tulee siis olemaan vähintään yhtä suurta terveysesemarakennuksessa.

### 2.6.2 Tunnuslukujen laskenta

Rakennuksista mitatuista arvoista huomioidaan suurin pysty- tai vaakasuunnan mukaan kaavalla 1 laskettu tunnusluku  $V_{w,95}$  (sarake 1 ja 2).

Maastosta mitatuista arvoista uudisrakennuksen kohdalla huomioidaan vain pystysuuntainen tunnusluku, koska tuleva rakennus on yli kaksikerroksinen kerrostalo (sarake 3 ja 4)

Piste 6 on samalla etäisyydellä radasta kuin pisteet 1 ja 2. Tunnusluvut maastotutkimuspisteille on laskettu myös kertomalla pisteen 6 heilahdusnopeudet kertoimella 0,51 ja taajuudet kertoimella 0,1. Näin saatu tunnusluku (sarake 4) on oikeellisempi kuin suoraan datasta laskettu taajuuspainotteinen tunnusluku (sarake 3).

Pisteen 5 osalta pystysuuntaisen heilahdusnopeuden ja siirtymän taajuudet olivat alle 10 Hz, joten korjauskertoimia ei käytetty.

Vertailun vuoksi olemme arvioineet tärinädatasta myös vaakasuuntaiset tunnusluvut maaperässä sijaitseville pisteille 1, 5 ja 6 (sarake 5)

*Taulukko 1: Tunnusluvut (Esitetty tunnusluku lihavoidulla fontilla)*

	1	2	3	4	5		
MP nro	tunnusluku vw,95rak	tunnusluku vw,95rak	tunnusluku vw,95maa	tunnusluku vw,95	tunnusluku vw,95	etn. rata	etn tie
	<b>pysty</b>	<b>vaaka</b>	<b>pysty</b>	<b>arvioitu pysty</b>	<b>arvioitu vaaka</b>		
1			0,07	<b>0,25 arvio</b>	0,29 arvio	42 m	17 m
2	<b>0,20</b>	<b>0,24</b>				35 m	25 m
3	<b>0,14</b>	<b>0,20</b>				117 m	23 m
4	<b>0,17</b>	<b>0,30</b>				100 m	39 m
5			0,15	<b>0,15 arvio</b>	0,37 arvio	53 m	86 m
6			0,10	<b>0,34 arvio</b>	0,46 arvio	35 m	105 m

### 2.6.3 Tärinäyhteenveto ja havaintoja

Maaperässä mitatut tärinäarvot eivät suoraan anna oikeata tunnuslukua taajuuspainotteisessa laskennassa, sen osoittaa vertailupisteen 1 tunnusluvun arvo  $vw,95 = 0.07$ , kun läheisestä rakenteesta mitattu oikea tunnusluku on  $vw,95 = 0.24$ .

Sarakkeen 5 arvioidut maaperän vaakasuuntaiset tunnusluvut junaradan läheisyydessä ovat samaa suuruusluokkaa kuin Pispalan alueen tutkimuksessa saatiin samoilla etäisyyksillä. Toisaalta tuleva uudisrakennus on massiivisempi kuin rakennukset joissa mittaukset tehtiin Pispalan tutkimuksessa. Sarakkeen 5 arvot myös tukevat pisteessä 4 saatua yllättävän suurta tunnuslukua  $vw,95 = 0.3$  noin sadan metrin etäisyydellä radasta.

Maaperässä mitattujen pisteiden nro 5 ja 6 kohdalla tunnusluvun arvo sijoittune sarakkeiden 4 ja 5 arvojen välille uudisrakennuksessa. Värähtelyluokkien rajojen tarkkaa sijaintia ei voida määrittää, mutta joka tapauksessa uudisrakennuksen värähtelyluokitus on ainakin osittain luokassa D ( $t \leq 0.60$  mm/s).

Rakennuksissa sijaitsevilla tärinämittauspisteissä: Pisteessä 2 merkittävimpiä olivat junätärinät, pisteessä 3 merkittävimpiä olivat maaliikenteen tärinät (Pirkantie) ja pisteessä 4 tuli tärinää sekä junista että maaliikenteestä (junätärinät merkittävämpiä).



---

## 2.7 Tärinäsuositus

VTT:n suositusten mukaan yksittäiset olemassa olevien väylien varrella sijaitsevat uudisrakennukset arvioidaan luokan D mukaan. Toisaalta mikäli rakennus on tarkoituksellisesti suunniteltu häiriöttömäksi (esim. korkeatasoiset asuinrakennukset, lepokodit, sairaalat), värähtelyluokan tulee olla yhtä värähtelyluokkaa korkeampi.

Vaikka rakennettava terveysasema ei ole sairaala, tulisi mielestämme rakennuksessa päästä värähtelyluokkaan C ( $t \leq 0.30$  mm/s).

Koska tutkimuksen arvioinnin perusteella koko uudisrakennuksen alalla ei päästä värähtelyluokkaan C, tulee varautua tärinän torjuntaan. Mahdollinen tärinän torjunta tulee suorittaa erillisen suunnitelman mukaan esimerkiksi rakentamalla maahan tärinäeristysseinä terveysasemarakennuksen ja junaradan väliin.

### 3. RUNKOMELUSELVITYS:

#### 3.1 Noudatettavat ohjeet

Tässä työssä on noudatettu VTT:n tiedotetta ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi - Esiselvytys” VTT Tiedotteita – Research Notes 2468, 2009.

Suosituksen mukaiset runkomelun raja-arvot ovat:

*Taulukko 5: Runkomelun raja-arvo avoradoilla  $L_{pm}$  [dB]:*

Rakennustyyppi	Runkomelutaso
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	20 - 30 dB
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> <li>• potilashuoneet, majoitustilat</li> <li>• päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet</li> </ul>	35 dB
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> </ul>	35 dB
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40 dB

Tässä työssä on käytetty alueen tärinäselvityksessä suoritettuja tärinämittauksia. Viikon ajanjaksolta suoritetuista mittauksista on tarkasteltu suurimpien tärinätaapahtumien taajuusalue 16 - 500 Hz. Värähtelytason määrittämisessä käytettiin referenssiarvoa  $v_{ref} = 1 \text{ nm/s}$  (ISO 1683, 2008). Värähtelyistä arvioitiin / laskettiin suurin mahdollinen värähtelyn A-painotettu nopeustason perusarvo  $L_{vAS}$ .

Tämän jälkeen laskettiin vielä mittauspisteille suurin mahdollinen nopeustaso  $L_{vASmax}$  lisäämällä nopeustason perusarvoon ohjeen mukaisesti varmuusmarginaali + 6dB ja rakenneosien resonanssin vaikutus + 6 dB. Mittauspisteille on laskettu vielä nopeustaso kerrostalolle käyttäen korjauskerrointa rakennuksen tyyppin mukaan (On oletettu, että perustuksen ja kallion välissä on maa-ainesta vähintään 3 m). Rakennuksesta riippuva korjaustekijä kerrostalolle on -10 dB.

#### 3.2 Mittausalue, mittausajankohta ja laitteisto

Tässä työssä käytettiin tontin tärinäselvityksessä suoritettuja tärinämittauksia joten mittauslaitteisto, mittausalue, mittausajankohta ja kohdatut vaikeudet ovat samat kuin tärinämittauselvytyksessä (kohdat 2.2 - 2.5).

### 3.3 Mittaustulokset

Pirkankadun liikenne ei aiheuta runkomelua rakennuksiin.

Tärinämittausten perusteella arvioidut / lasketut runkomeluarvot on seuraavassa esitetty taulukkomuodossa.

*Taulukko 6:* Runkomeluarvot

MP nro	etn. rata	Runkomelun A-painotettu perusarvo $L_{vAS}$ dB Rak	Runkomelun A-painotettu perusarvo $L_{vAS}$ dB maa	Kerrostalolle A-painotettu $L_{vASmax}$ dB
2	35 m	28		30,0
3	117 m	< 16 Hz		-
4	100 m	19		21,0
5	53 m		< 22 (arvio)	< 24(arvio)
6	35 m		< 26 (arvio)	< 28 (arvio)

Runkomelun perusarvoa ei voida suoraan laskea maaperässä tallennetusta tärinädatasta. Edellä mainitun vertailumittauksen perusteella taajuudet vaimenevat rakenteissa vähintään alle 60 Hz:iin. Tällöin runkomelun perusarvot jäävät pisteissä 5 ja 6 esitettyjen arvojen alle vaikka pystysuuntaiset heilahdusnopeudet pysyisivät mitatuissa maksiarvoissa.

### 3.4 Runkomelusuositus

Runkomelun arvot eivät ylitä 35 dB:n sallittua rajaa rakennettavassa terveystasemarakennuksessa.

4. ALLEKIRJOITUKSET:

Tampereella 12.04.2010

TARATEST OY



Juha Mäkinen, RI, toim. joht.



Erkki Huotari, RI

---

**TARATEST OY**

\* Mittaustyöt

\* Pohjatutkimukset

\* Pohjarakennussuunnittelu

Turkkirata 9 A, 33960 PIRKKALA

e-mail taratest@taratest.fi

PUH 03 - 368 33 22

FAX 03 - 368 33 17