

Vastaanottaja
YIT Rakennus Oy

Päivämäärä
9.12.2014

ABLOY, TAMPERE TÄRINÄSELVITYS, TÄYDENTÄVÄ RAPORTTI: TAPETTIKATU 9:N MITTAUKSET



ABLOY, TAMPERE
TÄRINÄSELVITYS, TÄYDENTÄVÄ RAPORTTI:
TAPETTIKATU 9:N MITTAUKSET

Tarkastus Jouko Noukka
Päivämäärä 09/12/2014
Laatija Kirsi Koivisto
Kuvaus Tärinäselvitys

Viite 1510005542

SISÄLTÖ

1.	Tehtävä	1
2.	Tutkimuskohde	1
2.1	Tutkimuskohteen sijainti	1
2.2	Pohjasuhteet	2
3.	Junaliikenteen aiheuttama tärinä	2
3.1	Tärinämittaukset	2
3.2	Tärinän raja-arvot	3
3.3	Tärinän leviäminen	4
4.	Tärinähaittojen ehkäiseminen	9
5.	Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi	9

KUVAT

- Kuva 1. Abloy, Tampere. Tärinäselvityksen tarkastelualue, Lielähti-Kokemäki-rata: km 194+500...195+050.
- Kuva 2. Abloy, Tampere. Maaperäkartassa tarkasteltavan alueen maaperä on silttiä. Lähde:GTK.
- Kuva 3. Abloy, Tampere. Tärinämittauspisteiden sijainnit.
- Kuva 4. Abloy, Tampere. Tarkastelualueen itäpuoli. Mittausten perusteella laskennallisesti arvioitu tärinän heilahdusnopeus rakennuksissa etäisyytenä radasta.
- Kuva 5. Abloy, Tampere. Tarkastelualueen länsipuoli. Mittausten perusteella laskennallisesti arvioitu tärinän heilahdusnopeus rakennuksissa etäisyytenä radasta.
- Kuva 6. Abloy, Tampere. Perustuksen värähtelyspektrit ja niitä vastaavat lattian resonanssin värähtelyspektrit mittauspisteessä 4 tarkastelualueen itäpuolella (etäisyys 40 m radasta) ja Tapettikatu 9:ssä radan eteläpuolella (etäisyys 35 m radasta).
- Kuva 7. Abloy, Tampere. Rungon resonanssin värähtelyspektrit Tapettikatu 9:ssä, etäisyydellä 35 m radasta.

1. TEHTÄVÄ

Ramboll Finland Oy on tehnyt selvityksen rautatieliikenteen aiheuttamista tärinähaitoista ja arvioinut mahdollisesti tarvittavia suojaustoimenpiteitä Tampereella Abloyn tontilla. Tässä raportissa on tarkasteltu Abloyn tonttia vastapäätä radan toisella puolella olevasta asuinkerrostalosta (Tapettikatu 9) mitattua tärinää ja verrattu sitä aiemmin Abloyn tontilta tehtyihin tärinämittauksiin, jotka on käsitelty tarkemmin erillisessä raportissa (Ramboll 2013).

Selvitys on toteutettu noudattaen VTT:n ohjeita "Ohjeita liikennetärinän arviointiin", "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa", "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta" ja "Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin - vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen".

2. TUTKIMUSKOHDE

2.1 Tutkimuskohteen sijainti

Tarkasteltava alue sijaitsee Tampereen koillisosassa Lielähti-Kokemäki –radan pohjoispuolella ratakilometrillä 194+500...195+050. Tapettikatu 9 sijaitsee vastapäätä tarkasteltavaa aluetta radan eteläpuolella. Tutkimuskohteen sijainti on esitetty kuvassa 1.

Tutkimusalueelle on suunniteltu rakennettavaksi 7-10 kerroksisia asuinrakennuksia lähimmillään noin 25 m etäisyydelle radasta.



Kuva 1. Abloy, Tampere. Tärinäselvityksen tarkastelualue, Lielähti-Kokemäki-rata: km 194+500...195+050.

2.2 Pohjasuhteet

Maanpinta tarkasteltavalla alueella on tasolla +106,8...+109,4, maanpinnan viettäessä etelästä kohti Tohlopinrantaa.

Maaperä koostuu vaihtelevan paksuisesta, enimmillään noin 3,5 m syvyyteen ulottuvasta savikerroksesta, jonka alapuolella on siltti- ja hiekkakerroksia. Paikoitellen alueella on savikerroksen päälle tehty enimmillään noin metrin paksuinen soratäyttö. Kairaukset ovat päättyneet kiveen tai kallioon 7...10,5 m syvyydessä maanpinnasta. Kallioinnin sijainti on varmistettu porakonekairauksin 8...10,5 m syvyyteen maanpinnasta.

Pohjaveden pinta on vaihdellut tasolla noin +91,9...+97,5 5/2010...6/2012 välisenä aikana.

Alueen maaperäkarta on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Abloy, Tampere. Maaperäkartassa tarkasteltavan alueen maaperä on silttiä. Lähde:GTK.

3. JUNALI KENTEEN AIHEUTTAMA TÄRINÄ

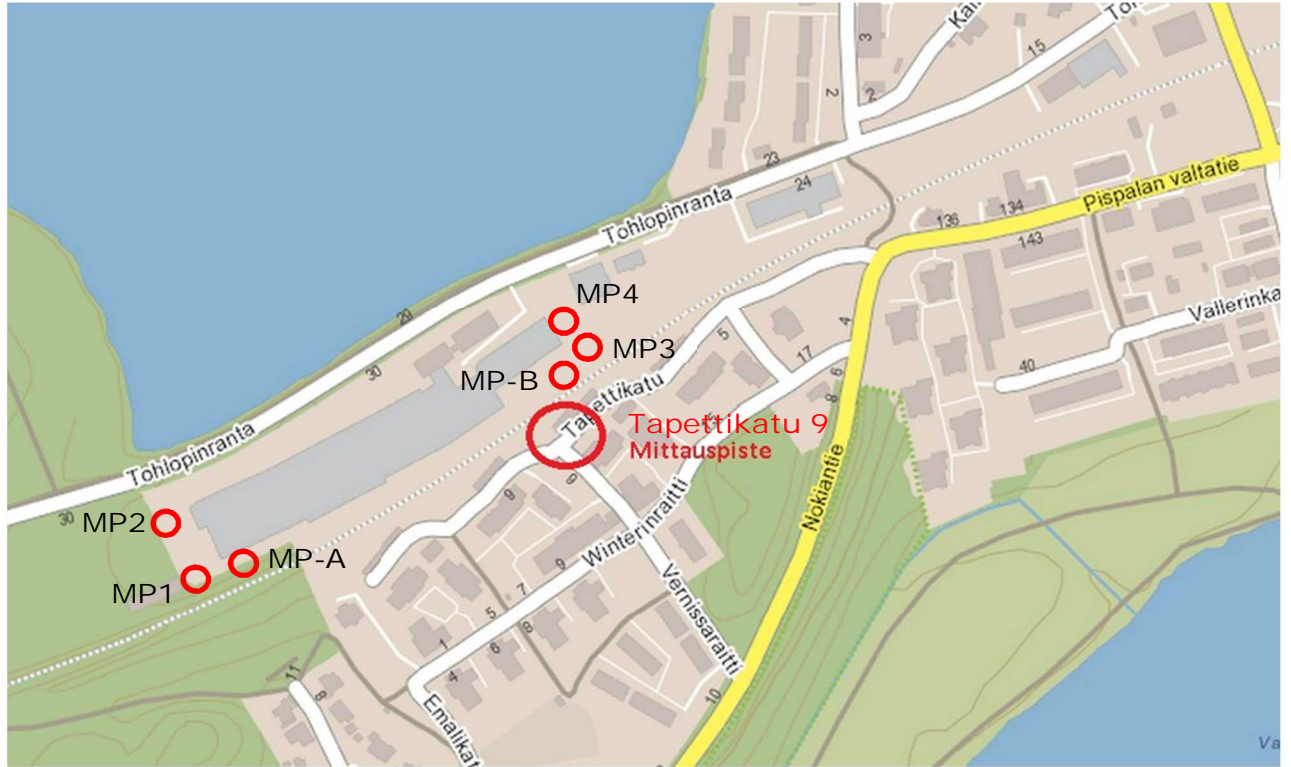
3.1 Tärinämittaukset

Mittaus Tapettikatu 9:ssä suoritettiin valvotusti yhdessä pisteessä 14.5.2014. Mittaukset tehtiin rakenteista kerrostalon teknisessä tilassa. Lisäksi mitattiin viikon valvomatonta jaksoa, mutta tärinätasot jaksolla olivat alhaiset. Tapettikadun mittauspisteen sijainti sekä vuonna 2013 tehtyjen mittauspisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 3 ja etäisyydet radasta taulukossa 2.

Tapettikadun mittaukset on esitetty taajuuspainotettuina tehollisarvoina (v_w) tehtynä kerrostalon rakenteista kolmessa suunnassa: V - pystysuuntainen heilahdusnopeus, L - radan suuntainen heilahdusnopeus ja T - rataa vastaan kohtisuora heilahdusnopeus.

Suurimmat 15 mittausrekisteröintiä kustakin mittaussuunnasta sekä niiden aiheuttajiksi arvioitujen junien junatiedot on esitetty liitteessä 1.

Mittaukset ja niiden analysointi on tehty VTT:n ohjeen *"Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta"* mukaisesti. Ohje perustuu standardeihin NS 8176 ja ISO 2631-2.



Kuva 3. Abloy, Tampere. Tärinämittauspisteiden sijainnit.

3.2 Tärinän raja-arvot

Tärinän arvioinnissa on käytetty VTT:n (2004) tärinäsuositusta, joka perustuu norjalaiseen tärinäluokitukseen NS 8176 (1999). Suositusarvo esitetään ihmisen kokemuksen mukaan taajuuspainotettuna tehollisarvona, joka toteutuu 95 % tilastollisella todennäköisyydellä (taulukko 1).

Taulukon 1 luokitus perustuu ihmisen kokeman tärinän häiritsevyyteen. Luokitusta ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (esim. toimistot, kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat) (NS 2005).

Tehollisarvo, jossa yksittäiset huippuarvot tasoittuvat, kuvaa paremmin tärinän aiheuttamaa haittaa ihmisen häiriintymiselle kuin huippuarvo, joka soveltuu paremmin rakenteiden vaurioitumistarkasteluihin. Tärinän tehollisarvo vastaa ajattelutavaltaan jossain määrin melumittauksen keskiarvoistettua ekvivalenttia-arvoa. Yleensä rautatietärinän taajuuspainotettu heilahdusnopeuden tehollisarvo on noin 50 % tärinän huippuarvosta. Mikäli hallitseva värähtelytaajuus on tiedossa, voidaan heilahdusnopeuden huippuarvot muuntaa taajuuspainotetuiksi tehollisarvoiksi yhtälöllä 1 (VTT 2004).

$$v_w \leq 0,55 \cdot v_{max} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2} \quad (1)$$

missä v_w on taajuuspainotettu tehollisarvo
 v_{max} heilahdusnopeuden huippuarvo
 f_0 3,5 Hz
 f hallitseva värähtelytaajuus

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (VTT 2004).

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet	≤ 0,10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet	≤ 0,15
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa	≤ 0,30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla	≤ 0,60

Tärinän laskennalliset tarkastelut on tehty rautatieliikenteen tärinän arvioimiseen kehitetyllä ennustusmallilla (VTT 2002).

3.3 Tärinän leviäminen

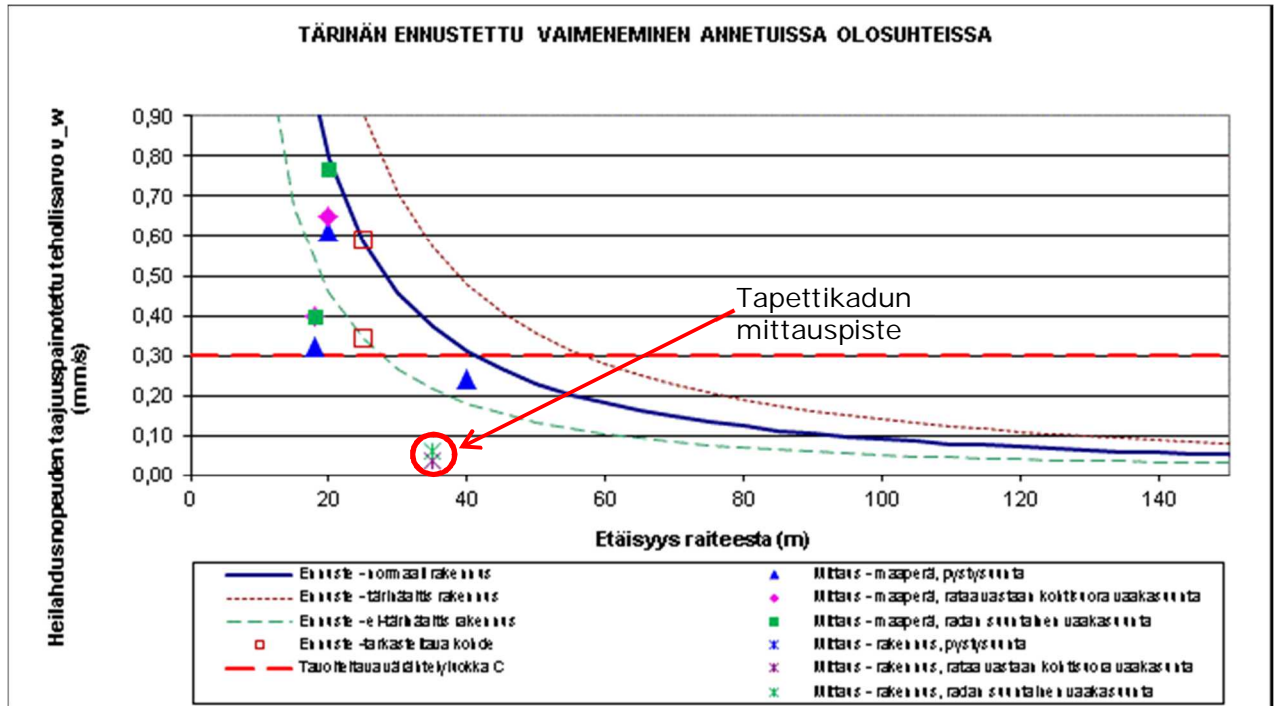
Tärinän leviämisen arviointi nykytilanteessa on tehty perustuen 23.-30.5.2013 ja 14.5.2014 tehtyihin mittauksiin. Laskenta on esitetty liitteessä 2.

Kuvissa 4 ja 5 on esitetty Abloyn tarkastelualueen itä- ja länsipuolella nykytilanteessa arvioitu tärinän leviäminen sekä Tapettikatu 9:ssä ja Abloyn tontilla maasta mitatut heilahdusnopeuden arvot värähtelyn tunnuslukuna $v_{w,95}$. Käyrät esittävät rakennuksen pohjakerroksen lattiatasossa ennustettua suurinta värähtelyn tunnuslukua. Tapettikadun mittauksiin perustuen on arvioitu, että tarkastelualueelle rakennettaville rakennuksille voidaan käyttää ei-tärinäalttiiden rakennusten ennustekäyrää.

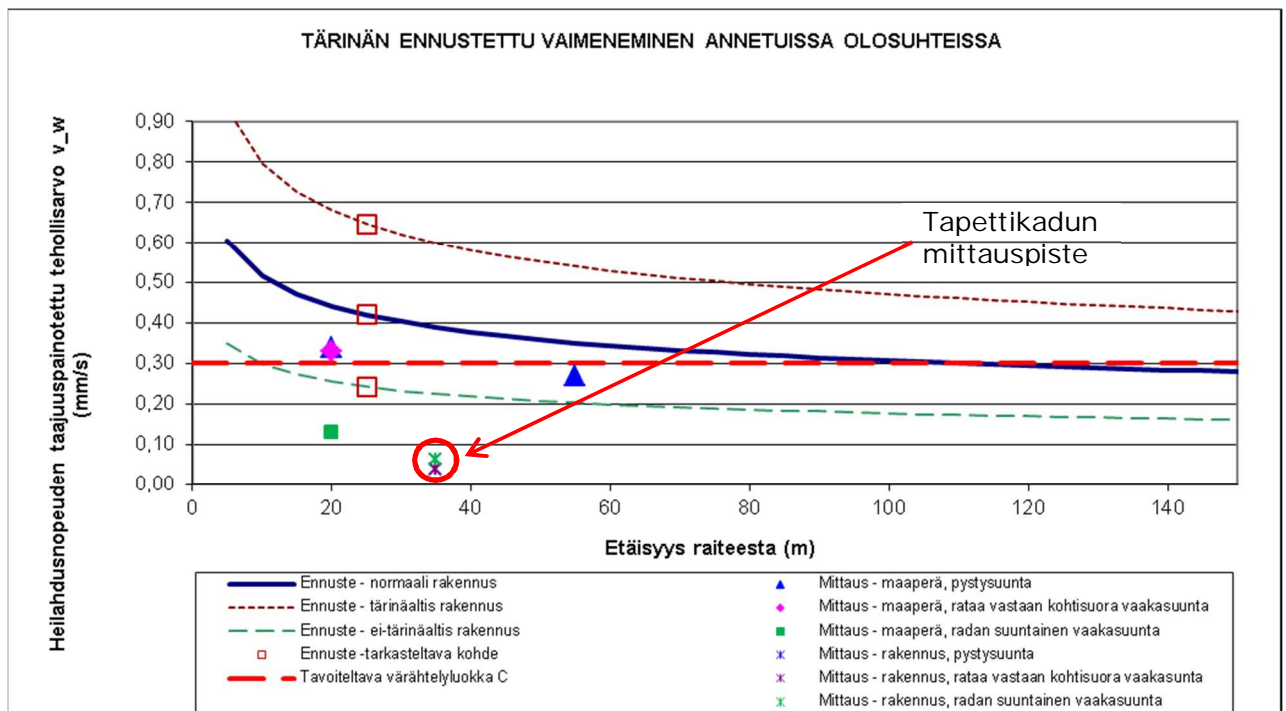
Mitatut värähtelyn tunnusluvut on esitetty taulukoissa 2 ja 3. Taulukossa 4 on esitetty arviot tasaiseen voimistumiseen perustuvasta lattian ja rungon värähtelystä sekä Abloyn tarkastelualueen itäpuolella maaperästä tehtyjen että Tapettikatu 9:ssä rakenteesta tehtyjen mittausten perusteella. Taulukossa 1 esitettyjen värähtelyluokkien etäisyydet radasta ei-tärinäalttiilla rakennuksella on esitetty taulukossa 5 ja liitteessä 1.

Arvioituna ei-tärinäalttiiden rakennusten ennustekäyrän perusteella, välittömästi radan vieressä sijaitseva alue, jota ei suositella asuinrakentamiselle (tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ voi ylittää arvon 0,6 mm/s) ulottuu tarkastelualueen itäpuolella enimmillään n. 20 m etäisyydelle radasta. Tarkastelualueen länsipuolella ko. aluetta ei ole.

Värähtelyluokan D alue (tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ oltava < 0,6 mm/s) alkaa tarkastelualueen länsipuolella radasta ja ulottuu 10 m etäisyydelle. Tarkastelualueen itäpuolella alue D alkaa n. 20 m etäisyydellä radasta ja ulottuu vastaavasti n. 30 m etäisyydelle. Alueella vallitsevat tärinäolosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Värähtelyluokan D alueelle ei tulisi rakentaa uusia asuinrakennuksia.



Kuva 4. Abloy, Tampere. Tarkastelualueen itäpuoli. Mittausten perusteella laskennallisesti arvioitu tärinän heilahdusnopeus rakennuksissa etäisyytenä radasta.



Kuva 5. Abloy, Tampere. Tarkastelualueen länsipuoli. Mittausten perusteella laskennallisesti arvioitu tärinän heilahdusnopeus rakennuksissa etäisyytenä radasta.

Värähtelyluokan C alue (tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ oltava $< 0,3$ mm/s) alkaa tarkastelualueen länsipuolella n. 10 m etäisyydellä radasta ja itäpuolella n. 30 m etäisyydellä radasta. Värähtelyluokan C alueelle voidaan rakentaa uusia asuinrakennuksia ilman, että tulevat asukkaat kohtuuttomasti häiriintyvät junaliikenteen aiheuttamasta tärinästä.

Alue, jolla värähtely ei todennäköisesti häiritse asumista, alkaa siis tarkastelualueen länsipuolella n. 10 m etäisyydellä radasta ja itäpuolella n. 30 m etäisyydellä radasta. Näitä pienemmille etäisyyksille radasta mahdollisesti suunniteltavissa rakennuksissa on värähtelyjä pienennettävä asuntojen rakenteisiin vaikuttavilla toimenpiteillä tai muilla tärinää vaimentavilla rakenteilla.

Taulukko 2. Abloy, Tampere. Tarkastelualueen länsipuoli. Värähtelyn tunnusluvut 05/2013 maasta mitattuna.

Maan värähtely		Mitattu tunnusluku $v_{w,95}$ (mm/s)		
Mittauspiste	Pienin etäisyys radasta (m)	T	L	V
MP-A	18	< 0,30	< 0,30	< 0,30
MP 1	20	0,34	0,33	0,13
MP 2	55	0,27	-	-

Taulukko 3. Abloy, Tampere. Tarkastelualueen itäpuoli. Värähtelyn tunnusluvut 05/2013 maasta (MP-B, MP 3, MP 4) ja 05/2014 rakenteesta (Tapettikatu 9) mitattuna.

Maan/rakennuksen värähtely		Mitattu tunnusluku $v_{w,95}$ (mm/s)		
Mittauspiste	Pienin etäisyys radasta (m)	T	L	V
MP-B	18	0,32	0,4	0,4
MP 3	20	0,61	0,65	0,77
Tapettikatu 9	35	0,05	0,04	0,06
MP 4	40	0,24	-	-

Taulukko 4. Abloy, Tampere. Arvio tasaiseen voimistumiseen perustuvasta lattian ja rungon värähtelystä 05/2014 (MP 3, MP 4) ja 05/2013 (Tapettikatu 9) tehtyjen mittausten perusteella. Mittauspisteiden MP 3 ja MP 4 arviot perustuvat maasta tehtyihin mittauksiin ja Tapettikatu 9:n arviot kerrostalon rakenteesta tehtyihin mittauksiin.

Rakennuksen värähtely		Arvioitu tunnusluku $v_{w,95}$ (mm/s, $k_1 = 1,5$)		
Mittauspiste	Pienin etäisyys radasta (m)	Runko T-suunta	Runko L-suunta	Lattia z-suunta
MP 3	20	0,52	0,33	1,09
MP 4	40	-	-	0,66
Tapettikatu 9	35	0,13	0,07	0,13

Taulukko 5. Abloy, Tampere. Ohjearvoalueiden etäisyys radasta ei-tärinäalttiilla rakennuksella.

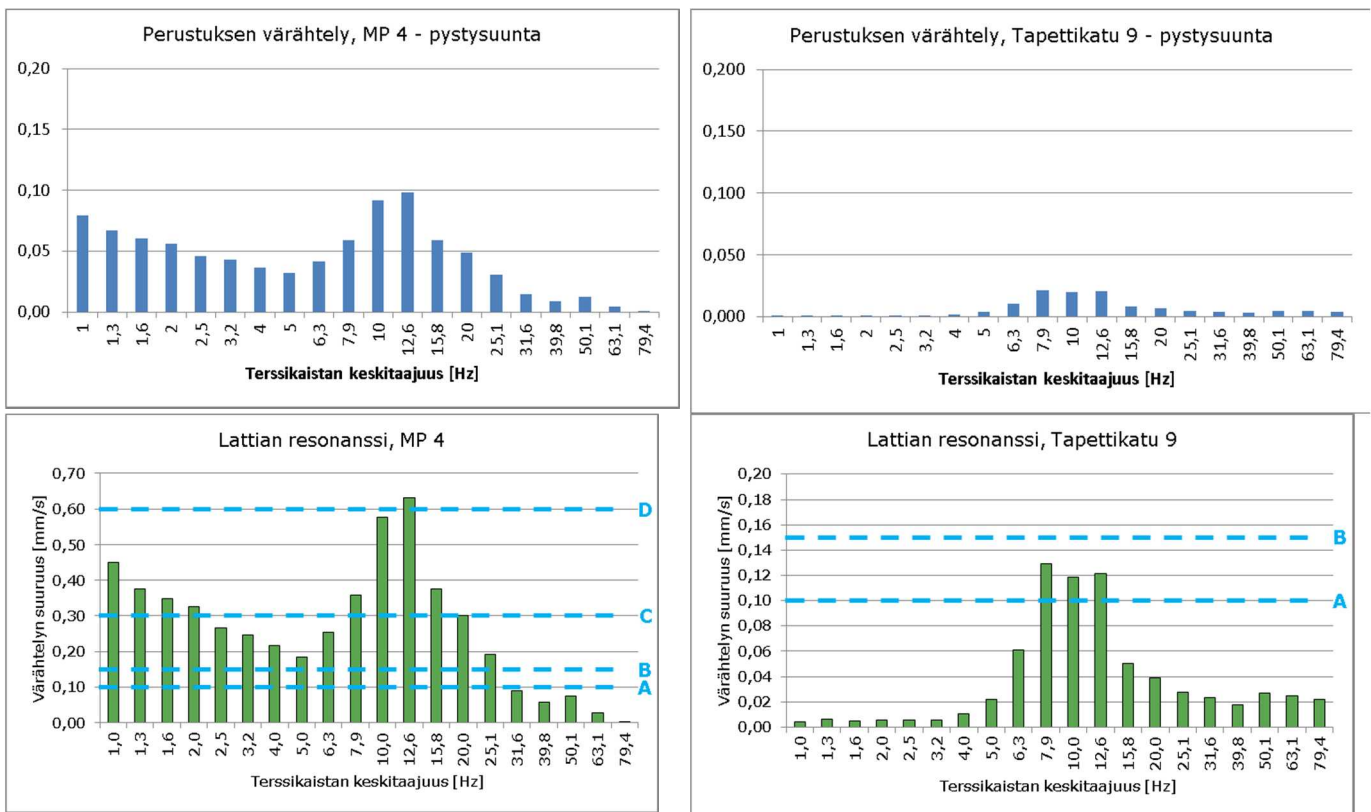
Alue	Etäisyys radasta	
	tontin länsipuoli (m)	tontin itäpuoli (m)
D	0	20
C	10	30
B	210	50
A	> 500	65

Mitatun värähtelyn taajuussisältöä on tarkasteltu mittauspisteessä 4 ja verrattu sitä Tapettikatu 9:stä tehtyjen mittausten taajuussisältöön. Kuvassa 6 on esitetty perustuksen pystysuuntaisen värähtelyn taajuussisältö terssikaistoittain. Kuvista nähdään, että kohteessa värähtelyn taajuus jakautuu terssikaistoille siten, että hallitsevat taajuudet sijoittuvat 12,6 Hz terssikaistalle mittauspisteessä 4 sekä 7,9 ja 12,6 Hz terssikaistoille Tapettikadulla. Mittauspisteessä 4 on myös havaittu merkittävää tärinää junaliikennetä- rinälle epätavallisen alhaisilla taajuuksilla 1...5 Hz.

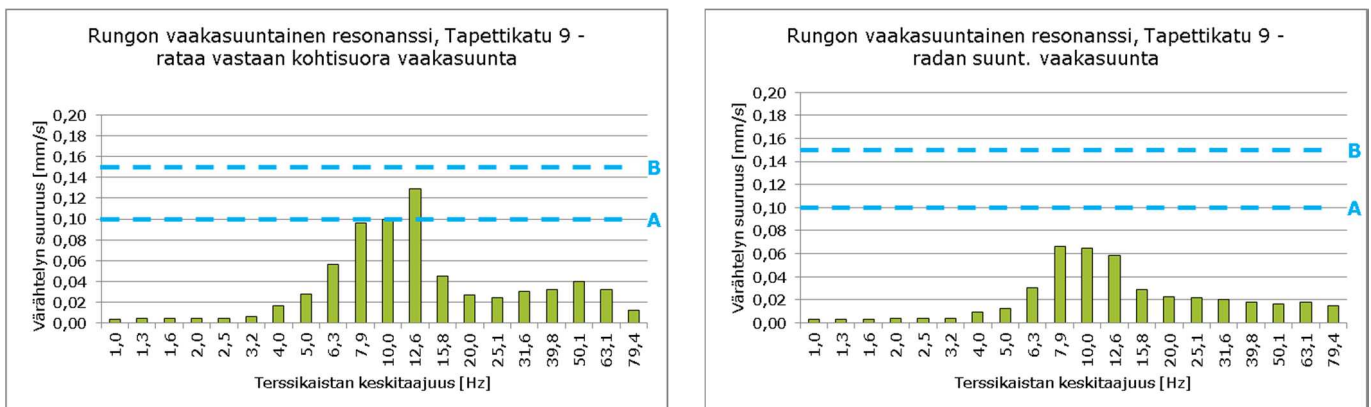
Kuvissa 6 ja 7 on tarkasteltu myös rungon vaakavärähtelyn ja lattian pystyvärähtelyn suuruutta resonanssitapauksissa 1/3 oktaavikaistoittain. Rakennusten runko ja lattia tulee suunnitella siten, että niiden ominaistaajuus ei satu värähtelyn dominoivalle taajuusalueelle.

Kuvan 7 perusteella Tapettikatu 9:ssä tehdyissä mittauksissa ehto $v_w \leq 0,3$ mm/s toteutuu rakennuksen rungolla 35 m etäisyydellä radasta koko taajuusjakauman osalta. Mittauspisteestä 4 ei ole ollut käytössä vaakavärähtelyn taajuusjakaumia.

Ehto $v_w \leq 0,3$ mm/s toteutuu Tapettikatu 9:ssä tehtyjen mittausten perusteella lattioilla koko taajuusjakauman osalta 35 m etäisyydellä radasta (kuva 6). Mittauspisteessä 4 ehto toteutuu 40 m etäisyydellä radasta taajuuksilla 2,5...6,3 Hz ja ≥ 20 Hz.



Kuva 6. Abloy, Tampere. Perustuksen värähtelyspektrit ja niitä vastaavat lattian resonanssin värähtelyspektrit mittauspisteessä 4 tarkastelualueen itäpuolella (etäisyys 40 m radasta) ja Tapettikatu 9:ssä radan eteläpuolella (etäisyys 35 m radasta).



Kuva 7. Abloy, Tampere. Rungon resonanssin värähtelyspektrit Tapettikatu 9:ssä, etäisyydellä 35 m radasta.

4. TÄRINÄHAITTOJEN EHKÄISEMINEN

Tärinähaittojen vähentäminen rakentamisen jälkeen on yleensä hankalaa ja kallista. Näin ollen helpointa on huomioida värähtelyjen vaikutus jo kaavoitus- ja rakentamisvaiheessa.

Lattian rakennesuunnittelussa tulee lattian tyyppi ja jänneväli valita siten, että resonanssissa värähtely jää asetettua värähtelyrajaa pienemmäksi.

Abloyn tontilla mittauspisteen 4 perusteella värähtely ylittää 0,3 mm/s rajan taajuuksilla < 2,5 Hz ja 7,9...15,8 Hz, mikä tulee huomioida lattian suunnittelussa.

Koska värähtelyn ominaistaajuus Tapettikatun 9:n mittausten perusteella on välillä 7,9...12,6 Hz, se ei osu suunniteltujen rakennusten (7-10 kerrosta) korkeuden kannalta kriittisille rungon ominaistaajuusalueille (taulukko 6).

Taulukko 6. Kokemusperäiseen tietoon (VTT 2008) perustuva rakennuksen kerrosluvun vaikutus rakennuksen ominaistaajuuteen.

Kerrosten lukumäärä	Terssikaistan keskitäajuus (Hz)									
	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	7,9	10	12,6
1	ei resonanssimitoitusta									
1½-2						X	X	X	X	
3				X	X	X	X			
4			X	X	X	X				
5		X	X	X	X					
6-7	X	X	X	X						
8	X	X	X							
9-10	X	X								

5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI

Raportissa tehdyt arviot perustuvat vuosina 2013 ja 2014 tehtyihin värähtelymittauksiin (mittauspisteiden sijainti on esitetty kuvassa 3).

Tutkimusten perusteella Abloyn tarkastelualueen itäpuolella uusia rakennuksia koskeva ohjearvo junaliikenteen tärinälle (0,3 mm/s) alittuu yli 30 m etäisyydellä radasta, joten uudisrakentamista ei suositella tätä lähemmäksi ilman erillisiä tärinänvaimennustoimenpiteitä.

Rungon värähtely ei suositusalueella aseta rajoituksia rakennusten kerroskorkeudelle. Lattian värähtelysuunnittelussa tulee välttää < 2,5 Hz ja 7,9...15,8 Hz taajuuksia.

Mikäli rakennuksia halutaan tehdä lähemmäs rataa kuin edellä suositeltu 30 m etäisyys, on joko rakennukseen tai rakennuksen ja radan väliin tehtävä erityinen tärinänvaimennusrakenne, jotta esitettyihin ohjearvoihin on mahdollista päästä.

LÄHDEVIITTEET

NS 2005. Norwegian Standard NS 8176.E. Vibration and shock. Measurement of vibration in buildings from landbased transport and guidance to evaluation of its effects on human beings. Lysaker: Standards Norway. 30 s.

Ramboll 2013. Abloyn tontin tärinäselvitys, Tampere. 12.9.2013

VTT 2011. Ohjeita liikennetärinän arviointiin. VTT Tiedotteita 2569. Espoo. 35 s. + liitteet 9 s.

VTT 2008. Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi. VTT Tiedotteita 2425. Espoo. 95 s. + liitteet 69 s.

VTT 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa

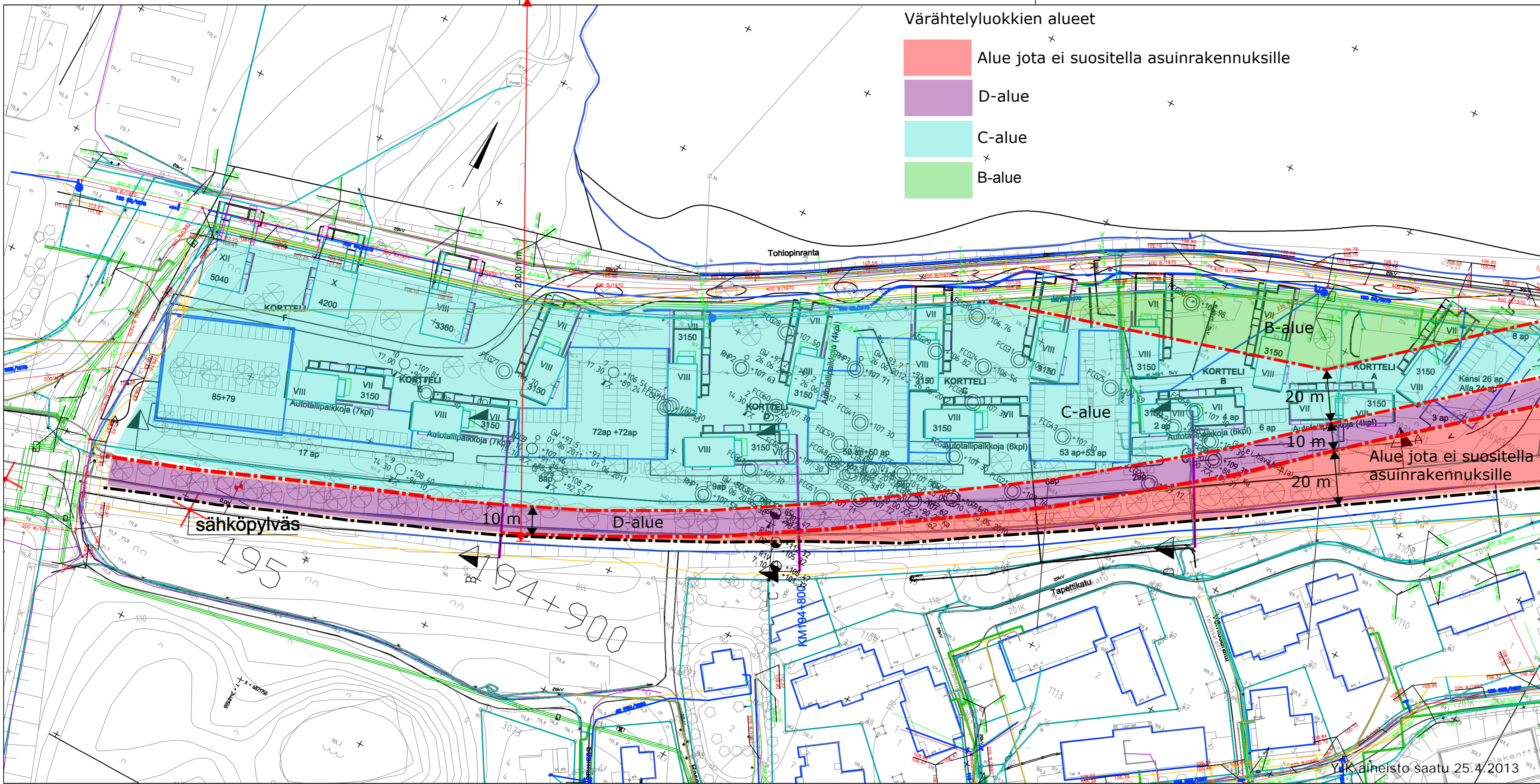
VTT 2004. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Espoo. 50 s. + liitteet 15 s.

VTT 2002. Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – Vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen

LIITTEET

- LIITE 1 Värähtelyluokkien alueet
- LIITE 2 Tärinämittausten 15 merkittävintä havaintoa, Tapettikatu 9
- LIITE 3 Laskennallinen tärinän leviäminen nykytilanteessa

T:\GED\2013\1510005542_ABL0Y\06_GEDSUUNNITTELU\TARINA_VAIMENNUSSEINAT_AYS.DWG
Tulos.twt 29.11.2013



Värähtelyluokkien alueet

- Alue jota ei suositella asuinrakennuksille
- D-alue
- C-alue
- B-alue

MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- vesijohto
- jätevesi
- hulevesi
- Tampereen sähkölaitos, keskijännitejohdot
- Tampereen sähkölaitos, pienjännitejohdot
- Tampereen sähkölaitos, kaukolämpö
- Tampereen sähkölaitos, sähköjohto, ei käytössä
- Tampereen sähkölaitos, kaukolämpö, ei käytössä
- Elisa
- Tampereen puhelin
- Tio
- Tdc
- Dna
- Sonera

k.osa/ kyla	kortteli/ tila	Tontti/ Rn:o	Viranomaismerkintöjä
Rakennustoimenpide			Piirustusaji
Rakennuskohteen nimi ja osoite	Abloy		Piirustuksen sisältö Tärinä vaimennusseinät AYS 1:1000
Tampere		Koordinaatti/korkeusjärjestelmä	Gk24/N2000
RAMBOLL	Ramboll PL 718, Pakkahuoneenaukio 2 33101 Tampere puh. 020 755 611 www.ramboll.fi	Suunn. ala GEO 1510005542	Tiedosto
Suunn. (nimi, tutkinto, allekirj.) Jouko Noukka	Työnro 1510005542	Piirustusno	Muutos
	Piirt. AKol	Hyv.	Pvm

Ylik. aineisto saatu 25.4.2013

Mittauspiste

Etäisyys rataan

Maaperän ominaistaajuus mittaauksista arvioituna

Tapettikatku 9
35
13

m

Hz

Merkinnät:

|| = radan suuntainen

+ = rataa vastaan kohtisuora

MITTAUSPISTEEN SIJAINTI

Päivämäärä <i>pp.kk.vvvv</i>	Aika <i>tt:mm:ss</i>	Juna- tyyppi	Vaunujen lukum. (veturit+vaunut) <i>kpl</i>	Junanumero	Kokonais- paino <i>tn</i>	Akseli- paino <i>tn</i>	Pituus <i>m</i>	Nopeus <i>km/h</i>	Suunta	Mittaustiedot			
										Tehollisarvot		Vaakaasuunta	
										Pystyasuunta <i>V_{V,w}</i> <i>mm/s</i>	Vaakaasuunta <i>V_{L,w}</i> <i>mm/s</i>	Vaakaasuunta <i>V_{L,w}</i> <i>mm/s</i>	Vaakaasuunta <i>V_{T,w}</i> <i>mm/s</i>
14.5.2014	2:10:00	T	1 SR1 + 22	3703	1696	22	377		Pori	0,033	0,036	0,036	0,046
14.5.2014	3:10:00	T	2 DV12 + 23	3807	1194	18	411		Pori	0,016	0,014	0,014	0,019
14.5.2014	3:45:00	T	1 SR1 + 24	3707	1800	19	496		Pori	0,016	0,015	0,015	0,025
14.5.2014	4:45:00	T	1 SR1 + 18	3824	419	6	229		Pori	0,024	0,016	0,016	0,025
14.5.2014	5:25:00	T	1 SR1 + 42	3726	1077	8	705		Tampere	0,042	0,023	0,023	0,041
14.5.2014	5:45:00	T	1 SR1 + 18	3713	1008	21	276		Pori	0,020	0,016	0,016	0,025
14.5.2014	16:45:00	T	1 SR1 + 23	3723	1592	17	373	81	Pori	0,037	0,024	0,024	0,038
14.5.2014	18:35:00	T	1 SR1 + 35	3742	1448	10	577		Tampere	0,018	0,015	0,015	0,021
14.5.2014	19:00:00	T	2 SR1 + 37	3716	1039	9	750		Tampere	0,035	0,022	0,022	0,038
14.5.2014	20:05:00	T	1 SR1 + 12	3729	1596	19	361		Pori	0,029	0,018	0,018	0,034
14.5.2014	20:55:00	T	1 DV12 + 5	3812	138	12	71		Tampere	0,039	0,030	0,030	0,075
14.5.2014	22:05:00	T	1 SR1 + 20	3821	1619	21	255		Tampere	0,034	0,035	0,035	0,038
14.5.2014	22:35:00	T	1 SR1 + 20	3438	1634	20	361		Pori	0,029	0,028	0,028	0,043
14.5.2014	22:45:00	T	1 SR1 + 10	2034	846	21	180		Pori	0,027	0,022	0,022	0,038
14.5.2014	23:35:00	T	1 SR1 + 33	3722	1075	9	594		Tampere	0,029	0,018	0,018	0,029

Keskiarvo 0,028 mm/s
 Keskihajonta 0,008 mm/s
 Värähtelyn tunnusluku **0,044** mm/s
 Keskihajonta 0,007 mm/s
0,035 mm/s
 Keskihajonta 0,036 mm/s
0,014 mm/s
0,060 mm/s

RAUTATIELIIKENTEEN YMPÄRISTÖTÄRINÄN LASKENTA

RAMBOLL

Abloyn tontti, länsipuoli

Kunta TampereRataosa Lielahiti-KokemäkiKm 194+500...195+050Kohde Abloyn tontti, länsipuoliLaskelman laatija K. KoivistoPvm 8.10.2014

TÄRINÄÄ JOHTAVA MAALAJI

Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si) ▼

Suljettu leikkauslujuus

< 10 kPa ▼

Tärinää johtavan maakerroksen kokonaispaksuus radan ja tarkastelukohteen välillä m **2,5**

TARKASTELTAVAN JUNAN JA RADAN TIEDOT

Tavarajuna ▼

Junan kokonaispaino, G tn **1800**Junan nopeus, s km/h **80**Raiteiden määrä kpl **2**

TARKASTELTAVA RAKENNUS

Kohteen etäisyys radan keskeltä m **25**

Lisätietoja kohteesta

TAVOITELTAVA TÄRINÄLUOKKA

Värähtelyluokka C ▼

LASKENNAN VÄRÄHTELYSUURE

Käytettävä suure Tehollisarvo ▼

Määrittäminen mittausten perusteella Kyllä ▼

SUOSITELTAVAT LASKENTAPARAMETRIIT

Vertailuetäisyys, D_0 m **20**Vertailuheilahdusnopeus, v_0 mm/s **0,340**NopeusekspONENTTI, A - **0,87**EtäisyysEKSPONENTTI, B - **0,23**

ENNUSTEARVOT TARKASTELUKOHTEESSA

Heilahdusnop. taajuuspainotettu tehollisarvo

Tärinäalittiassa rakennuksessa mm/s **0,646**Tavanomaisessa rakennuksessa mm/s **0,420**Ei-tärinäalittiassa rakennuksessa mm/s **0,242**

SUOSITUSARVOISTA POIKKEAVAT PARAMETRIIT

Vertailuheilahdusnopeus, v_0 mm/s

NopeusekspONENTTI, A -

EtäisyysEKSPONENTTI, B -

Radan kunnosta johtuva kerroin, k_R -

Arviointiriskikerroin, A -

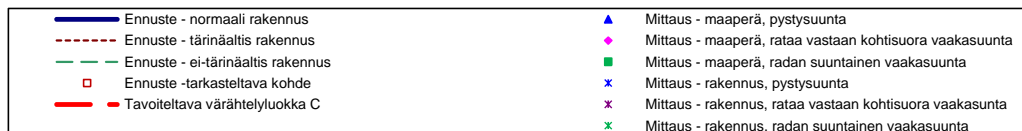
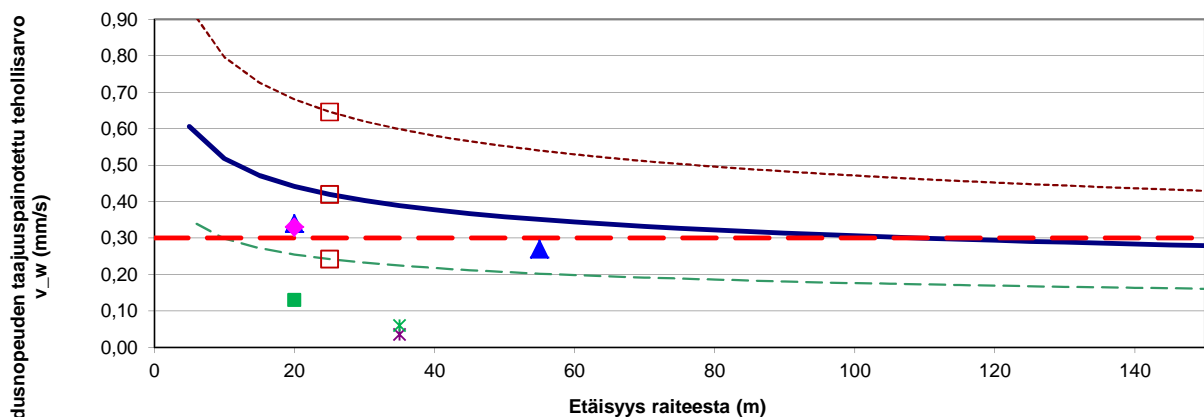
ETÄISYYS RADASTA JOLLA TAVOITE TÄYTTYY

Tavoitettava värähtelyluokka **C**Tärinäalittiassa rakennuksessa m **> 500**Tavanomaisessa rakennuksessa m **110**Ei-tärinäalittiassa rakennuksessa m **10**Maaperän ominaistaajuus Hz **4,4**

LASKENTAKERTOIMET TARKASTELUKOHTEESSA

Etäisyyskerroin $k_D = 0,95$ Junan nopeudesta johtuva kerroin $k_S = 1,00$ Junan painosta johtuva kerroin $k_G = 1,00$ Radan kunnosta johtuva kerroin $k_R = 1,00$ Arviointiriskikerroin A = **1,00**

TÄRINÄN ENNUSTETTU VAIMENEMINEN ANNETUISSA OLOSUHTEISSA



RAUTATIELIIKENTEEN YMPÄRISTÖTÄRINÄN LASKENTA

RAMBOLL

Abloyn tontti, länsipuoli

Kunta Tampere Rataosa Lielähti-Kokemäki Km 194+500...195+050
 Kohde Abloyn tontti, länsipuoli Laskelman laatija K. Koivisto Pvm 8.10.2014

VÄRÄHTELYN TUNNUSLUVUT MITTAUSTULOISTA

MP 1
Tapettikatu
MP 2

Etäisyys tärinä- lähteestä [m]	Mittaukset maaperästä						Mittaukset rakennuksesta					
	Pystysuunta		Rataa vastaan kohtisuora vaakasuunta		Radan suuntainen vaakasuunta		Pystysuunta		Rataa vastaan kohtisuora vaakasuunta		Radan suuntainen vaakasuunta	
	$V_{\max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]	$V_{\max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]	$V_{\max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]	$V_{\max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]	$V_{\max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]	$V_{\max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]
20		0,340		0,33		0,13						
35								0,043		0,035		0,06
55		0,270										

* Huippuarvo

** Taajuuspainotetun tehollisarvon tunnusluku

Huom! Vuoden 2013 mittaukset on esitetty kursivilla.
Tapettikatu on mitattu v. 2014.

Vertailupaino mitatuista junista, G_0 tn 1800Vertailunopeus mitatuista junista, v_0 m/s 80

OHJEARVOALUEIDEN SIJAINNI RADASTA			
	Ei-tärinäaltis rakennus	Tavanomainen rakennus	Tärinäaltis rakennus
Alue	Etäisyys (m)	Etäisyys (m)	Etäisyys (m)
D	0	10	35
C	10	110	> 500
B	210	> 500	> 500
A	> 500	> 500	> 500
H	0	0	0
E	0	5	20
RAMO	0	0	0

RAUTATIELIIKENTEEN YMPÄRISTÖTÄRINÄN LASKENTA

RAMBOLL

Abloyn tontti, itäpuoli

Kunta TampereRataosa Lielahki-KokemäkiKm 194+500...195+050Kohde Abloyn tontti, itäpuoliLaskelman laatija K. KoivistoPvm 8.10.2014

TÄRINÄÄ JOHTAVA MAALAJI

Välimalajit (karkeaSi, hkSi, siHk, hienoHk) ▼

Painokairausvastus

10...30 pk/m ▼

Tärinää johtavan maakerroksen kokonaispaksuus radan ja tarkastelukohteen välillä m **2,5**

TARKASTELTAVAN JUNAN JA RADAN TIEDOT

Tavarajuna ▼

Junan kokonaispaino, G tn **1800**Junan nopeus, s km/h **60**Raiteiden määrä kpl **2**

TARKASTELTAVA RAKENNUS

Kohteen etäisyys radan keskeltä m **25**

Lisätietoja kohteesta

TAVOITELTAVA TÄRINÄLUOKKA

Värähtelyluokka C ▼

LASKENNAN VÄRÄHTELYSUURE

Käytettävä suure Tehollisarvo ▼

Määrittäminen mittauksen perusteella Kyllä ▼

SUOSITELTAVAT LASKENTAPARAMETRIIT

Vertailuetaisyys, D_0 m **20**Vertailuheilahdusnopeus, v_0 mm/s **0,610**NopeusekspONENTTI, A - **1,00**EtäisyysEKSPONENTTI, B - **1,35**

ENNUSTEARVOT TARKASTELUKOhteessa

Heilahdusnop. taajuuspainotettu tehollisarvo

Tärinäalittiassa rakennuksessa mm/s **0,904**Tavanomaisessa rakennuksessa mm/s **0,587**Ei-tärinäalittiassa rakennuksessa mm/s **0,339**

SUOSITUSARVOISTA POIKKEAVAT PARAMETRIIT

Vertailuheilahdusnopeus, v_0 mm/s

NopeusekspONENTTI, A -

EtäisyysEKSPONENTTI, B -

Radan kunnosta johtuva kerroin, k_R -

Arviointiriskikerroin, A -

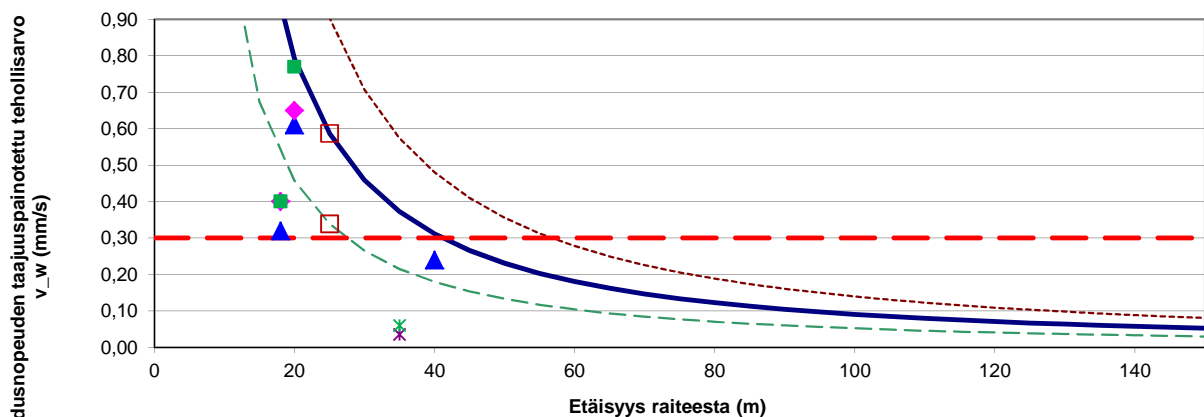
ETÄISYYS RADASTA JOLLA TAVOITE TÄYTTYY

Tavoitettava värähtelyluokka **C**Tärinäalittiassa rakennuksessa m **60**Tavanomaisessa rakennuksessa m **45**Ei-tärinäalittiassa rakennuksessa m **30**Maaperän ominaistaajuus Hz **8,9**

LASKENTAKERTOIMET TARKASTELUKOhteessa

Etäisyyskerroin $k_D = 0,74$ Junan nopeudesta johtuva kerroin $k_S = 1,00$ Junan painosta johtuva kerroin $k_G = 1,00$ Radan kunnosta johtuva kerroin $k_R = 1,00$ Arviointiriskikerroin A = **1,00**

TÄRINÄN ENNUSTETTU VAIMENEMINEN ANNETUISSA OLOSUhteissa



— Ennuste - normaali rakennus	▲ Mittaus - maaperä, pystysuunta
- - - Ennuste - tärinäalittais rakennus	◆ Mittaus - maaperä, rataa vastaan kohtisuora vaakasuunta
- - - Ennuste - ei-tärinäalittais rakennus	■ Mittaus - maaperä, radan suuntainen vaakasuunta
□ Ennuste -tarkasteltava kohde	▲ Mittaus - rakennus, pystysuunta
- - - Tavoitettava värähtelyluokka C	◆ Mittaus - rakennus, rataa vastaan kohtisuora vaakasuunta
	■ Mittaus - rakennus, radan suuntainen vaakasuunta

RAUTATIELIIKENTEEN YMPÄRISTÖTÄRINÄN LASKENTA

RAMBOLL

Abloyn tontti, itäpuoli

Kunta Tampere Rataosa Lielähti-Kokemäki Km 194+500...195+050
 Kohde Abloyn tontti, itäpuoli Laskelman laatija K. Koivisto Pvm 8.10.2014

VÄRÄHTELYN TUNNUSLUVUT MITTAUSTULOISTA

Etäisyys tärinä- lähteestä	Mittaukset maaperästä						Mittaukset rakennuksesta					
	Pystysuunta		Rataa vastaan kohtisuora vaakasuunta		Radan suuntainen vaakasuunta		Pystysuunta		Rataa vastaan kohtisuora vaakasuunta		Radan suuntainen vaakasuunta	
	$V_{max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]	$V_{max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]	$V_{max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]	$V_{max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]	$V_{max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]	$V_{max,95}^*$ [mm/s]	$V_{w,95}^{**}$ [mm/s]
MP-B MP 3 Tapettikatu MP 4	18	0,320		0,400		0,400						
	20	0,610		0,650		0,770						
	35							0,044		0,035		0,060
	40	0,240										

* Huippuarvo
 ** Taajuuspainotetun tehollisarvon tunnusluku

*Huom! Vuoden 2013 mittaukset on esitetty kursivilla.
 Tapettikatu on mitattu v. 2014.*

Vertailupaino mitatuista junista, G_0 tn Vertailunopeus mitatuista junista, v_0 m/s

OHJEARVOALUEIDEN SIJAINNI RADASTA			
Alue	Ei-tärinäaltis rakennus	Tavanomainen rakennus	Tärinäaltis rakennus
	Etäisyys (m)	Etäisyys (m)	Etäisyys (m)
D	20	25	35
C	30	45	60
B	50	70	95
A	65	95	120
H	10	15	20
E	20	25	35
RAMO	10	10	15