

Keski-Suokylän asemakaava, liikenteen tärinä- ja runkomeluselvitys

Lausunnon muutokset

<u>Numero</u>	<u>Päiväys</u>	<u>Muutokset</u>
4580-2b	9.6.2010	Runkomelun raja-arvoksi muutettu $L_{pm} = 35$ dB. Päivitetty kohtia 1.4, 2.1.2, 3.2, 3.3, 4
4580-2a	27.5.2010	Ensimmäinen versio

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.
Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO	3
1.1 Kohde	3
1.2 Tilaaaja	3
1.3 Laskutusosoite	3
1.4 Selvityksen tarkoitus	3
2 VÄRÄHTELYMITTAUS	4
2.1 Määräykset	5
3 TULOKSET	6
3.1 Tärinän tunnusluvut maaperässä	6
3.2 Tärinän tunnusluvut rakennuksissa	8
3.3 Runkomelu rakennuksissa, 1. krs.	9
3.4 Runkomelu rakennuksissa, kaikki kerrokset	11
4 YHTEENVETO	12
LÄHDELUETTELO	15

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.
Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

1 Johdanto

1.1 Kohde

Riihimäen kaupungin Suokylän kaupunginosan korttelissa 9022 (Satakieli) sijaitseva korttelin osa. Asemakaavoitus ja asemakaavamuutos.

1.2 Tilaaja

Riihimäen kaupunki
Tekninen keskus, kaavoitusyksikkö
Eteläinen Asemakatu 2
11100 Riihimäki

Jari Jokivuo
p. 019 758 4826, 040-330 4826
jari.jokivuo@riihimaki.fi

1.3 Laskutusosoite

Riihimäen kaupunki
Tuula Aittola
PL 99
11101 Riihimäki

1.4 Selvityksen tarkoitus

Riihimäen kaupunki on tilannut liikenteen tärinä- ja runkomeluselvityksen korttelin 9022 asemakaavamuutokseen liittyen. Alue sijaitsee kaupungin ydinkeskustan tuntumassa Karankadun itäpuolella. Eteläosassa alue rajautuu Kallionkatuun. Pohjoisessa Suvannontien alue kuuluu suurimmaksi osaksi suunnittelualueeseen. Korttelissa asemakaavamuutoksen ulkopuolelle jää Karankadun varrelle sijoittuva rakennettu kerrostalotontti.

Korttelin osassa sijaitsee ennestään yksi vanha asuinrakennus piharakennuksineen. Alueelle on alustavasti suunniteltu rakennettavaksi 2,5 ja 3,5-kerroksisia pienkerrostaloja. Rakennusten massoittelusta on tehty useita vaihtoehtoisia luonnoksia, joissa kaikissa massat sijoittuvat meluntorjuntasyystä korttelin reuna-alueelle (n. 28...29m etäisyydelle lähimmästä raiteesta).

Maaperäkartan mukaan maaperä on alueella hiesua...keski- ja hienosilttiä. Kohteen kohdalla, toisella puolella junarataa peruskallio on näkyvässä.

Tässä selvityksessä arvioidaan liikenteen aiheuttamat tärinä- sekä runkomelutasot alueella ja annetaan ohjeet kuinka asia tulee huomioida alueen rakennusten suunnittelussa. Tätä lausuntoa varten on kohteessa suoritettu maaperän värähtelymittaukset 6.-7.5.2010.

Mittausten aikana tarkasteltiin myös raskaan maantieliikenteen aiheuttamia tärinä- ja runkomelutasoja. Tulokset eivät kuitenkaan olleet merkittäviä verrattuna raideliikenteen aiheuttamiin tärinä- ja runkomelutasoihin ja siten lausunnossa keskitytään ainoastaan raideliikenteen aiheuttamaan tärinään ja runkomeluun.

Koska lähimmät rakennukset tulevat suhteellisen lähelle rataa on olemassa riski, että asukkaat häiriintyvät rautatieliikenteen aiheuttamasta värähtelystä. Pehmeillä maaperillä

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

häiritsevintä on yleensä värähtelystä aiheutuva ääni, joka aistitaan liikkeenä, kun taas kallioiden varaisissa rakennuksissa ja kovilla maalajeilla häiritsevintä on runkomelu, joka aistitaan kuuloaistin välityksellä.

Normaalista äänihaitan suuruutta on mitattu sekä arvioitu VTT:n ohjeen Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista mukaisesti [Talja, A. 2004], joka perustuu viikon mittaisen mittausjakson käyttöön. Norjalaisessa standardissa, johon VTT:n ohje perustuu, ei edellytetä viikon mittaista mittausjaksoa [NS 8176.E. 1999].

Nyt kyseessä olevassa kohteessa liikennöinti muodostuu päivittäin toistuvasta lähi- ja kaukojuna liikenteestä (matkustaja- ja tavarajunia), joten pidempi mittausjakso ei ole tarpeen. Oleellista kuitenkin on, että mittausjakso valitaan siten, että se sisältää etukäteen häiritsevimmäksi arvioidut junatyyppit. Alueella häiritsevimmäksi junatyyppiä arvioitiin raskain tavarajuna (n. 4000t), joka liikennöi yöaikaan. Käytetty mittausjakso valittiin siten, että edellä mainittu tavarajuna sisältyi kyseiseen ajanjaksoon. Myöskään viimeaikaisten tutkimusten perusteella viikon pituinen mittausjakso ei ole tarpeen, vaan lyhyemmälläkin mittausjaksolla on mahdollista arvioida äänihaitan mahdollisuus luotettavasti etenkin, jos liikennöinti toteutuu päivittäin samanlaisena samalla kalustolla [Huhtala, T. 2006].

Runkomelun arviointimenetelmässä [Talja, A. ja Saarinen, A. 2009] edellytetään, että mittausjaksoon sisältyy vähintään 5 kappaletta ohituksia kultakin pääasiassa liikennöivältä liikennevälinelokalta.

2 Värähtelymittaus

Mittaukset kohteessa aloitettiin 6.5.2010 klo 12:00. Mittaus päättyi 7.5. klo 03:00. Värähtelyä mitattiin alueilla maan pintakerroksista. Kaikissa mittauspisteissä mitattiin värähtelyä pystysuunnan lisäksi vähintään toiseen vaakasuuntaan. Mittaus toteutettiin VTT:n julkaiseman Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista mukaisesti [Talja, A. 2004], sillä erotuksella että mittausjakso oli lyhyempi (vrt. kappale 1.4). Mittauspisteet sekä antureiden sijoitus on esitetty taulukossa 1. Mittausjakson aikana mitattiin 53 junan ohitusta. Lisäksi mitattiin vertailun vuoksi myös pohjoisen rautatienkadun raskaan liikenteen aiheuttamia värähtelytasoja. Tunnuslukuja määriteltäessä on käytetty kerrointa 1, koska maaperästä rakennuksiin siirtyviä äänitasoja on tarkasteltu erikseen kohdassa 3.2. Mittaushetkellä maaperä ei ollut jäässä. Mittauspisteet on merkitty pohjakarttaan liitteessä 2. Mittaus suoritettiin miehittettynä, jolloin mittauspiste pystyi varmistamaan jokaisen mittaus tuloksen aiheuttajan.

Taulukko 1. Värähtelymittauksen mittauspisteet sekä –suunnat.

Mittauspiste	Etäisyys lähimmästä raiteesta	Anturin sijoitus	Mittaus suunnat
MP1	n. 29m	maan pintakerros	pystysuunta rataa vasten kohtisuoraan radan suuntaisesti
MP2	n. 28m	maan pintakerros	pystysuunta rataa vasten kohtisuoraan
MP3	n. 29m	maan pintakerros	pystysuunta rataa vasten kohtisuoraan

Mittauspisteet ovat suunniteltujen rakennusten rataa lähimpänä olevan julkisivulinjan kohdalla.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

2.1 Määräykset

Liikenteen aiheuttama värähtely aiheuttaa kahdenlaista haittaa rakennuksissa 1) tärinää, jonka käyttäjät aistivat liikkeenä tuntoaistin välityksellä ja 2) runkomelua, jolloin rakenteiden värähtely tuottaa tilaan korvin kuultavaa ääntä. Runkomelu on matalataajuisia ääntä, joka muistuttaa esimerkiksi etäistä ukkosen jylinää. Kovilla maaperillä ja matkustajajunilla ongelmaksi yleensä muodostuu runkomelu, kun taas pehmeillä maaperillä ja raskailla junilla ongelma on yleensä tärinä.

2.1.1 Tärinä

Ympäristösuojelulaki [Ympäristösuojelulaki n:o 86. 2000] ja ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista [SRakMK, B3. 2004] edellyttävät liikennetärinästä aiheutuvat ympäristöhaitat otettaviksi huomioon. Edellä mainitun asetuksen mukaan liikennetärinä ei saa aiheuttaa vaurioita rakennukselle, eikä kohtuutonta häiriötä rakennuksessa oleville ihmisille.

Edellä mainitussa VTT:n ohjeessa on annettu Norjan standardiin perustuvat ohjearvot tärinän raja-arvoiksi. Taulukossa 2 on esitetty eri tärinäluokkien ylärajat kiihtyvyydelle sekä kuvaus luokkaan kuuluvan värähtelyn häiritsevyydestä. Yläraja on taajuuspainotetuista kiihtyvyyssignaaleista laskettu tilastollinen tunnusluku rakennuksessa. Luokka C edustaa minimitasoa, johon tulee pyrkiä uusien rakennusten suunnittelussa. Tilastollinen tunnusluku on määritelty siten, että satunnaisesti ohiajava juna ei 95 prosentin todennäköisyydellä ylitä kyseistä arvoa. Tunnusluku tulisi VTT:n ohjeen mukaan määrittää käyttäen viikon pituista mittausjaksoa. Norjan standardi, johon raja-arvot perustuvat, ei kuitenkaan edellytä viikon mittausjaksoa.

Taulukko 2. Värähtelyluokat, kiihtyvyys $a_{w,95}$ on taajuuspainotetun kiihtyvyyden tilastollinen tunnusluku kyseisen luokan ylärajalla [Talja, A. 2004].

	Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka D
kiihtyvyyden tilastollinen tunnusluku $a_{w,95} [mm/s^2]$	$\leq 3,6$	$\leq 5,4$	$\leq 11,0$	$\leq 21,0$
Kuvaus häiritsevyydestä.	Hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä.	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset voivat havaita värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä.	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista voi pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.

2.1.2 Runkomelu

Runkomelua arvioidaan määrittämällä rakennukseen värähtelystä aiheutuva hetkellinen enimmäisäänitaso $L_{A,S,max}$. Äänitason määrittelemisessä käytetään SLOW-aikapainotusta ja A-taajuuspainotusta. Runkomelun suhteen Suomessa ei toistaiseksi ole olemassa viranomaismääräyksiä. Avoradalla, jolla on suhteellisen paljon liikennettä voidaan asunnoissa raja-arvona pitää arvoa $L_{A,S,max} \leq 35dB$. Liike- ja toimistotiloille voidaan raja-arvona pitää arvoa $L_{A,S,max} \leq 45 dB$. Mikäli huiput ovat hyvin satunnaisia, voidaan raja-arvona pitää Sosiaali- ja terveysministeriön julkaiseman Asumisterveysohjeen terveyshaitan yläraja $L_{A,F,max} \leq 45dB$ [Asumisterveysohje. 2003]. Koska FAST- ja SLOW-aikapainotuksella saatavien äänitasojen ero on yleensä noin 2 dB, voidaan

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

asumisterveysohjeen ylärajan tulkita junaliikenteen aiheuttamalle runkomelulle olevan noin $L_{A,S,max} \leq 43$ dB. Mikäli tavoitellaan häiriöttömpä olosuhteita voidaan runkomelutaso rajana pitää vaatimustasosta riippuen esim. $L_{A,S,max} \leq 25-30$ dB.

VTT:n vuoden 2009 alussa julkaisemassa esiselvityksessä *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* on annettu suositukset runkomelutasojen raja-arvoiksi (taulukko 3). Suositukset on annettu tilastollisena runkomelutasona $L_{pr,m}$, jonka määritelmä on, että satunnaisesti mitattu ohitus ei 95% todennäköisyydellä ylitä kyseistä arvoa.

Taulukko 3. VTT:n suositukset runkomelun raja-arvoiksi [Talja, A. ja Saarinen, A. 2009].

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

* Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmasteneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutaso tiukempaa raja-arvoa.

Rakennuksen ulkovaipalle ei tulla aiemmin tehdyn liikennemeluselvityksen (Ramboll / Olli-Matti Luhtinen) perusteella asettamaan kaavassa ääneneristysvaatimusta, joten taulukon 2 mukaan tulee asuinrakennuksille soveltaa ohjearvoa $L_{pr,m} = 35$ dB.

3 Tulokset

Mitatuista kiihtyvyyssignaaleista laskettiin ja arvioitiin tärinän tunnusluvut sekä runkomelutasot asuinrakennuksissa. Mittaustulosten värähtelylähteenä oli junaliikenne.

3.1 Tärinän tunnusluvut maaperässä

Kaikki mittaustulokset analysoitiin VTT:n julkaiseman ohjeen mukaisesti [Talja, A. 2004]. Menetelmässä jokainen mitattu lineaarinen kiihtyvyyssignaali ensin käsitellään vastaamaan ihmisen kokemaa tärinän häiritsevyyttä käyttäen taajuuspainotusta [ISO 2631-2. 2003]. Tämän jälkeen taajuuspainotetusta signaalista määritetään yhden sekunnin aikavakiota käyttämällä tehollisarvo. Tehollisarvojen huippuarvoista 15 merkitsevintä (=suurinta) valitaan tunnusluvun laskentaan. Tunnusluku saadaan lisäämällä 15 merkitsevimmän tuloksen keskiarvoon keskihajonta 1,8-kertaisena. Näin saatua tunnuslukua voidaan verrata VTT:n ohjeen mukaisiin suosituksiin. Tunnusluvun tilastollinen määrittely on, että se 95 prosentin todennäköisyydellä edustaa kaikkia liikennevälineitä. Toisin sanoen satunnaisesti mitattu ohitus ei 95 prosentin todennäköisyydellä ylitä kyseistä arvoa.

Mittausjakso käsitti yhteensä 53 junan ohitusta, joista 16 kappaletta oli tavarajunia. Mittausjaksolta määritetty tunnusluku ei täysin vastaa pidemmältä aikaväliltä määritettyä tunnuslukua mutta antaa riittävän luotettavan kuvan junaliikenteen alueelle tuottaman

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

tärinähaitan suuruusluokasta [Huhtala, T. 2006]. Taulukossa 4 on esitetty kiihtyvyyden tilastolliset tunnusluvut $a_{w,95}$ mittausjaksolta määritettynä. Taulukossa on lisäksi esitetty suurin mitattu yksittäisen ohituksen painotetun kiihtyvyyden tehollisarvon huippuarvo $\hat{a}_{w,RMS}$ eri mittauspisteissä. Tunnusluvun määrittelyssä on käytetty kerrointa 1, koska maaperästä rakennuksiin siirtyviä tärinätasoja on tarkasteltu erikseen kohdassa 3.2. Eri mittauspisteistä määritetyt tunnusluvut on merkitty myös pohjakarttaan liitteessä 2.

Taulukko 4. Mittausalueelta eri mittauspisteissä määritetyt maaperän tunnusluvut $a_{w,95}$ suurimmat huippuarvot $\hat{a}_{w,RMS}$ sekä tärinäluokat taulukon 2 mukaan.

Mittauspiste	Mittaussuunta	Tunnusluku $a_{w,95}$ mittausjaksolta määritettynä	Suurin taajuuspainotetun kiihtyvyyden tehollisarvon huippuarvo $\hat{a}_{w,RMS}$ mittausjaksolla	Tärinäluokka VTT:n suosituksen mukaan
MP1	pystysuunta	1,6 mm/s ²	2,0 mm/s ²	A
	rataa vasten kohtisuoraan	2,3 mm/s ²	2,8 mm/s ²	A
	radan suuntaisesti	2,2 mm/s ²	2,7 mm/s ²	A
MP2	pystysuunta	1,7 mm/s ²	2,0 mm/s ²	A
	rataa vasten kohtisuoraan	1,3 mm/s ²	1,4 mm/s ²	A
MP3	pystysuunta	1,0 mm/s ²	1,0 mm/s ²	A
	rataa vasten kohtisuoraan	2,7 mm/s ²	3,6 mm/s ²	A

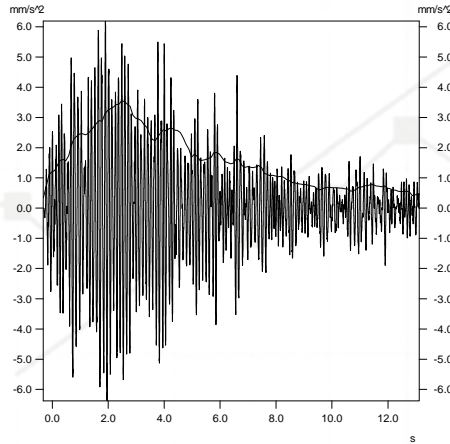
Korkein tunnusluku ja yksittäinen tehollisarvon huippuarvo saavutettiin mittauspisteessä MP3 vaakasuuntaan (rataa vasten kohtisuoraan) mitattuna (kuva 1). Korkeimman arvon aiheuttanut juna oli tavarajuna, ei kuitenkaan ennakkoon häiritsevimmäksi arvioitu 4000t painava juna. Korkeimman arvon aiheuttanut tavarajuna kulki raskainta junaa huomattavasti suuremmalla nopeudella, mikä todennäköisesti vaikutti tulokseen. Tärinän osalta merkittävimmät tulokset olivat pääsääntöisesti tavarajunista.

Kuvassa 1 pystyakselilla on taajuuspainotettu kiihtyvyys a_w . Kuvassa 2 on esitetty kuvan yksi signaalista laskettu taajuuspainotetun kiihtyvyyden spektri. Kuvasta on havaittavissa, että tärinä merkittävimmät taajuuskomponentit ovat 6...14 Hz alueella. Muissa mittauksissa havaittiin, että raideliikenteen tärinä välittyy maaperässä eniten taajuusalueella 5...25 Hz.

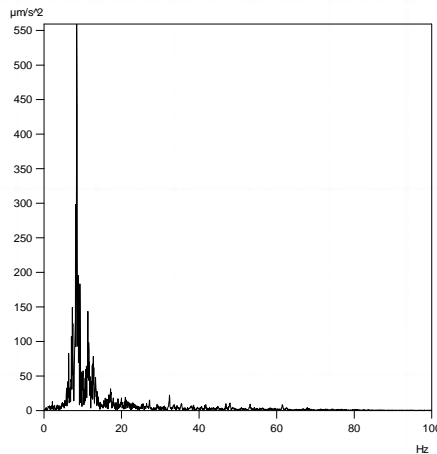
Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy HELIMÄKI AKUSTIKOT - Helsinki HELIMÄKI AKUSTIKOT - Tampere

ALV-REK FI1042841-4 KOTIPAikka Tempellicatu 6 B Tel +358 20 7118 590 Pinninkatu 58 A Tel +358 20 7118 590 etunimi.sukunimi@helimaki.fi
Y-TUNNUS 1042841-4 Virrat 00100 Helsinki Fax +358 9 5893 3861 33100 Tampere Fax +358 3 3180 121 www.helimaki.fi



Kuva 1. Mittauspisteestä 3 vaakasuuntaan (rataa vasten kohtisuoraan) mitattu taajuuspainotettu kiihtyvyyssignaali a_w sekä sen tehollisarvo $a_{w,RMS}$ ajan funktiona.



Kuva 2. Kuvan yksi signaalista laskettu taajuuspainotetun kiihtyvyyden spektri. Tärinä on voimakkainta 6...14 Hz alueella.

3.2 Tärinän tunnusluvut rakennuksissa

Maaperästä mitatut mittaustulokset analysoitiin lisäksi VTT:n ohjeen 2425 "Rakennuksiin siirtyvän liikennetärinän arviointi" mukaisesti. Menetelmässä lasketaan maaperästä määritetyn tunnusluvun laskennassa käytettyjen 15 merkitsevimmän ohituksen perusteella tärinän kytkeytyminen taajuuskaistoittain rakennusten perustuksiin. Alle 10 Hz taajuuksilla sekä pysty- että vaakasuuntaisen tärinän oletetaan kytkeytyvän vaimentumatta perustuksiin. Koska kohteessa tärinän hallitsevat komponentit ovat pääasiassa alle 10 Hz taajuuksilla, värähtelyn tunnusluku perustuksissa on lähes yhtä suuri kuin maaperässä.

Perustuksista vaakasuuntaisen tärinän oletetaan kytkeytyvän ja vahvistuvan rakennusten rungoissa. Rakennusten rungoille lasketaan tärinän tunnusluku sekä yleistä voimistumista noudattaen ($a_{w,1,runko}$) että resonanssitarkastelun perusteella ($a_{w,2,runko}$). Tärinä taajuussisällön osuessa rungon ominaistaajuudelle tärinä voimistuu huomattavasti. Rungon ominaistaajuuden arvioinnissa ei määritetä tarkkaa resonanssitaajuutta, vaan resonanssin arvioidaan aina sijoittuvan tietylle taajuusvälille rakennuksen korkeudesta riippuen. Kyseisellä taajuusvälillä tärinän voimistuminen

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

lasketaan terssikaistoittain. Lopulliseksi rakennuksessa esiintyvän vaakasuuntaisen tärinän tunnusluvuksi käytetään tunnuslukua ($a_{w,95,runko}$), joka on edellä mainituista rungon tunnusluvuista suurempi.

Perustuksista pystysuuntaisen tärinän oletetaan kytkeytyvän ja vahvistuvan rakennusten lattioissa. Rakennusten lattioille lasketaan tärinän tunnusluku rungon tapaan sekä yleistä voimistumista noudattaen ($a_{w,1,lattia}$) että resonanssitarkastelun perusteella ($a_{w,2,lattia}$). Tärinän taajuussisällön keskittyessä lattian ominaistajuuden läheisyyteen tärinä voimistuu huomattavasti kyseisillä taajuuksilla. Lattian resonanssitarkastelussa oletetaan, että laskennan epätarkkuuksista johtuen, resonanssi voi esiintyä arvioidun terssikaistan lisäksi myös vierekkäisillä terssikaistoilla. Lopulliseksi rakennuksissa esiintyvän pystysuuntaisen tärinän tunnusluvuksi käytetään tunnuslukua ($a_{w,95,lattia}$), joka on edellä mainituista lattian tunnusluvuista suurempi.

Taulukossa 5 on esitetty tärinän tunnusluvut sekä rakennusten rungoille että lattioille. Runkojen ja lattioiden tunnusluvut on arvioitu ns. pahimmassa tapauksessa, jolloin siis tärinä voimistuu rungon ja lattian resonanssin seurauksena. Tuloksista havaita, että rakennukset tulevat sijoittumaan vähintään luokkaan B, joka on parempi kuin normaalin uudisrakentamisen minimivaatimus (luokka C), vaikka lattioissa tärinä voimistuisi resonanssin seurauksena. Tärinän osalta riittää siis normaalirakentamisen laatutaso.

Taulukko 5. Arvioidut tärinän tunnusluvut rakennuksen rungolle sekä lattialle mittauspisteittäin. Uudisrakennuksissa tavoitteena on vähintään tärinäluokka C, jonka korkein sallittu tunnusluku $a_{w,95}=11\text{mm/s}^2$.

mittauspiste	$a_{w,95,runko}$ [mm/s^2] ja tärinäluokka	$a_{w,95,lattia}$ [mm/s^2] ja tärinäluokka
MP1	3,4: luokka A	2,2: luokka A
MP2	2,1: luokka A	2,7: luokka A
MP3	4,8: luokka B	1,5: luokka A

3.3 Runkomelu rakennuksissa, 1. krs

Mitattujen kiihtyvyyssignaalin perusteella laskettiin värähtelynopeudet terssikaistoittain. Näistä arvoista laskettiin nopeustasot ($v_{ref}=50\text{mm/s}$), joiden perusteella arvioitiin rakennuksissa esiintyvän äänitason A-taajuuspainotetut SLOW-aikavakiolla määritetyt huippuarvot $L_{A,S,max}$. Maaperästä mitatuista arvoista saadaan arvioitua rakennuksissa esiintyvä äänitaso lisäämällä niihin 15 dB. Menettelytapa on ns. perinteinen tapa ja ollut yleisesti käytössä jo pitkään. Yksityiskohtainen runkomelutasojen laskenta edellyttäisi huoneen kaikkien pintojen sekä niiden ominaisuuksien taajuuskaistaista huomioimista, ja johtaisi siten tarkoituksettoman monimutkaiseen laskentaan.

VTT:n tiedotteessa 2468 Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi on kuvattu menetelmä runkomelutasojen laskennalliseen arviointiin. Menetelmässä nopeuden referenssitasona v_{ref} käytetään 1mm/s ja lopputuloksena saadaan runkomelutasolle tilastollinen tunnusluku $L_{pr,m}$. Tunnusluvun määritelmä on, että satunnaisen ohituksen aiheuttama mittaustulos 95% todennäköisyydellä alittaa kyseisen tunnusluvun. Laskentamenetelmä perustuu yhdysvalloissa kehitettyihin laskentamalleihin [FRA. 2005], [FTA. 2006] ja siinä huomioidaan mm. etäisyys, liikennöivä kalusto, ajonopeus, ajoneuvon ominaisuudet, väylän kunto, radan mahdollinen eristys, väylän sijainti, rakennuksen tyyppi, tarkasteltava kerros, rakennusosien resonanssin vaikutus sekä värähtelyn taajuusjakauma. Koska nyt maaperästä saatuihin mittaustuloksiin sisältyvät jo laskentamenetelmän muuttujat lukuun ottamatta rakennuksen tyyppiä, tarkasteltavaa kerrosta, rakennusosien resonanssin vaikutusta ja värähtelyn taajuusjakamaa, laskettiin mittaustuloksista myös laskentamenetelmän mukaiset runkomelutasot

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

huomioimalla puuttuvat muuttujat laskentamenetelmän mukaisesti. Tuloksia laskettaessa varmuusmarginaalina käytettiin 3 dB laskentamenetelmässä ehdotetun 6dB sijasta, koska laskentamenetelmään muuttujista suuri osa sisältyy jo mittaustuloksiin. Tällöin perinteinen menetelmä sekä VTT:n suosituksen mukaisen menetelmä tuottavat yksittäisen ohituksen runkomelutason osalta saman tuloksen, jos rakennus perustetaan kallioon kiinni tai perustuksen ja kallion välissä on maa-ainesta alle 3m. Mikäli rakennus perustetaan maanvaraisesti ja perustuksen ja kallion välissä on yli 3m maa-ainesta, ovat runkomelutasot laskentamallin mukaan tässä esitettyä 4-10 dB alhaisempia.

Taulukossa 6 on esitetty eri mittauspisteissä rakennuksissa arvioidut runkomelutasot molemmilla menetelmillä.

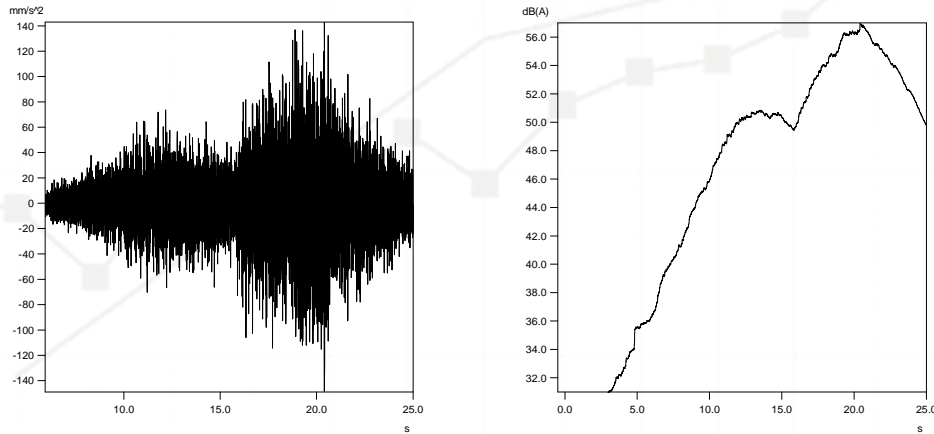
Taulukko 6. Mittauspisteittäin arvioidut runkomelutasot rakennuksessa. Arvot on määritetty ns. perinteisen menetelmän mukaisesti ($L_{A,S,max}$) sekä VTT:n esittämän laskentamallin mukaisesti arvioitu runkomelun tilastollinen tunnusluku (L_{prm}). Arviot on esitetty rakennuksen alimpaa kerrosta koskien mittauspisteen kohdalla.

Mittaus-piste	Mittaus-suunnat	Runkomelutaso $L_{A,S,max}$	Runkomelun tilastollinen tunnusluku L_{prm}
MP1	pystysuunta	46 dB	46 dB
	rataa vasten kohtisuoraan	53 dB	53 dB
	radan suuntaisesti	54 dB	54 dB
MP2	pystysuunta	51 dB	50 dB
	rataa vasten kohtisuoraan	57 dB	57 dB
MP3	pystysuunta	46 dB	46 dB
	rataa vasten kohtisuoraan	54 dB	53 dB

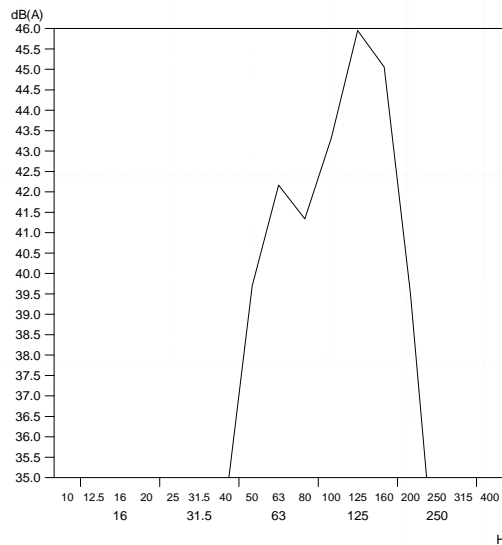
Taulukon 6 arvioidut runkomelutasot koskevat rakennuksen alinta kerrosta. Arvion mukaan kohteessa ylitetään runkomelun ohjearvo $L_{prm} < 35$ dB. Suurimmat runkomelutasot aiheutti tavarajunaliikenne, mutta myös matkustajajunaliikenteen aiheuttamat runkomelutasot ylittivät tavoitetason $L_{prm} < 35$ dB. Mikäli esim. liikennöivässä kalustossa, ajonopeuksissa tai väylän kunnossa tapahtuu muutoksia, voivat runkomelutasot olla korkeampia tai matalampia kuin tässä on arvioitu.

Kuvassa 4 on esitetty suurimman runkomelutason tuottaneen mittaustuloksen terssikaistaiset arvot. Kuvasta voidaan havaita, että runkomelu on voimakkaimmillaan taajuusalueella 40...250 Hz. Muissa mittauksissa havaittiin huomattavia runkomelutasoja vielä terssikaistalla 315 Hz.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.



Kuva 3. Runkomelutason $L_{A,S,max}=57\text{dB}$ tuottaneen junan ohituksen lineaarinen kiihtyvyyssignaali. Mittaustulos on mittauspisteestä MP2 vaakasuuntaan (kohtisuoraan rataa vasten) mitattuna.



Kuva 4. Runkomelutason $L_{A,S,max}=57\text{dB}$ tuottaneen junan ohituksen terssikaistaiset arvot. Mittaustulos on mittauspisteestä MP2 vaakasuuntaan (kohtisuoraan rataa vasten) mitattuna.

3.4 Runkomelu rakennuksissa, kaikki kerrokset

Taulukossa 6 esitettyjen arvojen perusteella laskettiin eri kerroksissa arvioidut runkomelutasot. Laskennassa huomioitiin runkomelun vaimentuminen rakennuksessa ylöspäin siirryttäessä. Laskenta perustuu VTT:n suosituksessa *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* esitettyyn laskentamalliin.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

Taulukko 7. Runkomelun tilastolliset tunnusluvut (L_{prm}) eri kerroksissa. Asunnoissa tavoitearvona L_{prm} on 30 dB.

Mittauspiste	Mittaus-suunnat	Runkomelun tilastollinen tunnusluku L_{prm}		
		1. krs	2. krs	3. krs
MP1	pystysuunta	46 dB	44 dB	42 dB
	rataa vasten kohtisuoraan	53 dB	51 dB	49 dB
	radan suuntaisesti	54 dB	52 dB	50 dB
MP2	pystysuunta	50 dB	48 dB	46 dB
	rataa vasten kohtisuoraan	57 dB	55 dB	53 dB
MP3	pystysuunta	46 dB	44 dB	42 dB
	rataa vasten kohtisuoraan	53 dB	51 dB	49 dB

Taulukon arvojen perusteella runkomelutasot tulevat ylittämään tavoitearvot kaikissa rakennuksissa kaikkien kerrosten osalta. Mikäli rakennuksia sijoitetaan alueella kauemmas radasta esimerkiksi noin 60 metrin etäisyydelle, alenee runkomelutaso edellä mainitun laskentamallin mukaisesti noin 6 dB. Näin ollen voidaan todeta, että myös tällä etäisyydellä ylitetään runkomelun tavoitetasot kaikissa kerroksissa riippumatta perustamistavasta.

4 Yhteenveto

Taulukossa 5 on esitetty tärinän tunnusluvut rakennuksen rungolle sekä lattioille. Arvojen määrittämisessä on huomioitu tärinän voimistuminen rakenteissa rungon osalta käyttäen todellisia rakennusten kerroslukumääriä sekä lattioiden osalta pahimmassa tapauksessa, jolloin tärinä lattioissa voimistuu resonanssin seurauksena. Lattioiden osalta tarkastelu on tehty pahimmassa tapauksessa, koska lattioiden ominaistuuksien tarkka määrittely edellyttäisi käytettävien rakenteiden jäykkyyksien sekä jännevälien määrittämistä. Tulosten perusteella tärinä rakennuksissa täyttää sekä lattioiden että rungon osalta tärinäluokan B raja-arvot, eli myös normaalin uudisrakentamisen minimivaatimus (luokka C) täyttyy. Tärinätasojen voimistumista rakenteissa on mahdollista vähentää hieman välipohjien ominaistuuksien mitoittamisella siten, että ne eivät osu tärinän kannalta merkittävälle taajuusalueelle.

Taulukossa 7 on esitetty arvioidut runkomelutasot eri kerroksissa. Tulosten perusteella kaikissa rakennuksissa ylitetään tavoitetaso ($L_{prm}=35$ dB) kaikissa kerroksissa koko alueella eli myös kauempana radasta, riippumatta rakennusten perustamistavasta. On mahdollista, että maanpintakerroksista saatujen mittaustulosten perusteella määritetyt tulokset jonkin verran yliarvioivat runkomelutasoja rakennuksessa, koska laskentamalli ei huomioi värähtelyn vaimennusta pintakerroksista rakennuksen perustuksiin. Rakennuksissa saavutettavaa runkomelutasoa on suositeltavaa arvioida tarkemmin rakennuksen perustuksista (esim. kuormitetuista koepaaluista tai maanvaraisista koeanturoista) tehtävin lisäselvityksin. On kuitenkin mahdollista, että lisäselvitysten jälkeen runkomelutasot hieman laskevat tässä esitetystä mutta silti yhä ylittävät tavoitetasot.

Mikäli runkomelua halutaan vaimentaa rakennuksissa, on mahdollista eristää rakennukset tai sen osia maaperästä tarkoitukseen erityisesti suunniteltavin eristimin.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

Käytännössä eristinkerroksen paksuudeksi riittänee 12,5...25mm ja eristinkerros on mahdollista sijoittaa esim. perustusten ja rakennuksen rungon väliin. Lopullisen eristintarkaisun suunnittelussa tulee erityisesti huomioida järjestelmän vaikutukset runkomelutasojen lisäksi tärinätasoihin siten, että tärinätasot eivät voimistu eristintarkaisun seurauksena. Käytännössä tämä tarkoittaa, että eristintarkaisun suunnittelun tulee ehdottomasti perustua taajuuskaistaisiin mittaustuloksiin alueelta [Huhtala, T. ja Helimäki, H. 2009.], [Huhtala, T. 2009]. Voimme tarvittaessa suunnitella rakennusten värähtelyn vaimennusratkaisut huomioimalla tärinä- ja runkomelutasot taajuuskaistoittain. Eristintarkaisun suunnittelu on suositeltavaa ottaa huomioon mahdollisimman varhaisessa vaiheessa suunnittelua, jotta pystytään optimoimaan ratkaisu teknistaloudellisessa mielessä. Vaihtoehtoisesti runkomelun vaimennus voitaisiin toteuttaa myös lähteessä. Tällöin ratarakenne eristetään mutta olemassa olevien väylien tapauksessa tämä ei käytännössä ole yleensä ollut toteutumiskelpoinen vaihtoehto.

Taulukossa 8 on esitetty kustannusarvioita erilaisista vaimennusratkaisuista. Esitetyt kustannusarviot koskevat vain eristinmateriaalikustannuksia, jolloin kokonaiskustannusta voidaan arvioida esim. korottamalla esitetyjä arvioita 25 prosentilla.

Taulukko 8. Erilaisten vaimennusratkaisujen kustannusarvioita. Arviot koskevat vain eristinmateriaaleja, jolloin suunnittelun ja rakenteellisten muutosten vaikutusta voi arvioida korottamalla esitetyjä arvioita esim. 25 prosenttia. Kohteeseen sijoitettavien ratkaisuiden osalta kustannusarvio on esitetty suhteessa eristettävään rakennusmassaan.

Ratkaisu		Kustannusarvio (veroton hinta)
lähteeseen sijoitettavat ratkaisut	rata eristetty ratapölkkyjen alle asennettavin vaimentimin (pohjain)	n. 100€/m/raide
	rata eristetty sepelikerroksen alle asennettavalla vaimennuserroksella	n. 220€/m/raide
	rata eristetty teräsousien varaan rakennetulla kelluvalla betonilaatalla	n. 500€/m/raide
Kohteeseen sijoitettavat ratkaisut	rakennus eristetty 12,5mm eristimellä (Sylomer...Sylodyn)	n. 5..6€/tonni
	rakennus eristetty 25mm eristimellä (Sylomer...Sylodyn)	n. 10..12€/tonni
	rakennus eristetty 50mm eristimellä (Sylomer...Sylodyn)	n. 20..24€/tonni
	rakennus eristetty teräsousin	n. 30..35€/tonni

Riihimäeltä Tampereen suuntaan ja Lahden suuntaan lähtevien junaradan haarojen väliin on suunnitteilla haaroja yhdistävä uusi rataosuus kolmioraide. Kolmioraidteen toteutuessa liikennöinti tässä lausunnossa tarkasteltavan kohteen kohdalla vähenee. Mikäli kuitenkin rataosuuden käyttöönoton jälkeen kohteen kohdalla kulkee edelleen kaikkia junatyyppejä (vaikkakin harvemmin), ovat tässä lausunnossa esitetyt mittaustulokset ja niistä lasketut muut arvot edelleen voimassa. Mikäli muutoksen jälkeen tavarajunaliikenne lakkaa täysin kohteen kohdalla, alenee runkomelutason tunnusluku hieman. Kuitenkin vaikka tulokset laskettaisiin pelkän matkustajaliikenteen osalta, ylitetään tavoitetaso $L_{prm} < 35$ dB.

Mittausten aikana tarkasteltiin myös raskaan maantieliikenteen aiheuttamia tärinä- ja runkomelutasoja. Tulokset eivät kuitenkaan olleet merkittäviä verrattuna raideliikenteen aiheuttamiin tärinä- ja runkomelutasoihin.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

Helsingissä 9.6.2010



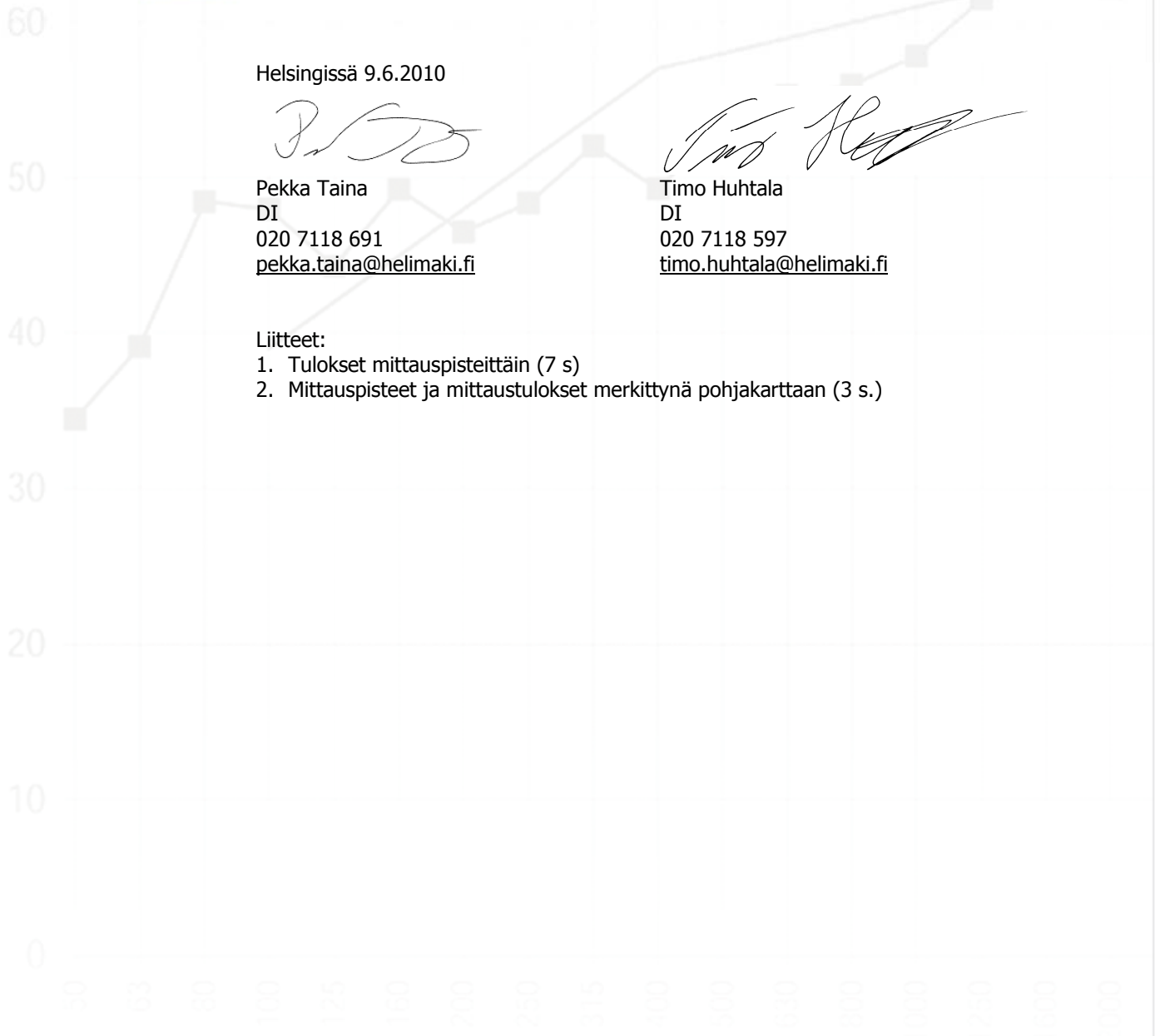
Pekka Taina
DI
020 7118 691
pekka.taina@helimaki.fi



Timo Huhtala
DI
020 7118 597
timo.huhtala@helimaki.fi

Liitteet:

1. Tulokset mittauspisteittäin (7 s)
2. Mittauspisteet ja mittau tulokset merkittynä pohjakarttaan (3 s.)



Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.
Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy HELIMÄKI AKUSTIKOT - Helsinki HELIMÄKI AKUSTIKOT - Tampere

ALV-REK FI1042841-4 KOTIPAikka
Y-TUNNUS 1042841-4 Virrat

Tempelikatu 6 B Tel +358 20 7118 590
00100 Helsinki Fax +358 9 5893 3861

Pinninkatu 58 A Tel +358 20 7118 590
33100 Tampere Fax +358 3 3180 121

etunimi.sukunimi@helimaki.fi
www.helimaki.fi

LÄHDELUETTELO

Asumisterveysohje. 2003. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. 93 s.

FRA. 2005. Highspeed ground transportation. Noise and vibration impact assessment. Washington: Federal Railroad Administration, U.S, Department of Transportation. Report HHMH No. 2936304. 235 s.

FTA. 2006. Transit noise and vibration impact assessment. Washington DC: Federal Transit Administration. U.S, Department of Transportation, Office of Planning and Environment. Report FTAVA90100306. 260 s.

Hakulinen, M. 1999. Rautatietärinän mittauskäytäntö pohjoismaissa, Ratahallintokeskuksen julkaisuja A5/1999. 23 s.

Huhtala, T. 2006. Mittausjakson pituuden vaikutus maaperästä mitatun raideliikenteen värähtelyn asuntoihin aiheuttaman haitan arvioinnissa. 105-29 s.

Huhtala, T. ja Helimäki, H. 2009. Raideliikenteen Tärinä- ja runkomeluselvityksiä sekä vaimennusratkaisuja. Akustiikkapäivät 2009, 14.-15.5.2009, Vaasa, 80-85.

Huhtala, T. 2009. Raideliikenteen tärinä ja runkomelu: arviointi- ja vaimennusmenetelmät viimeaikaisissa kohteissa. Rakennusfysiikka seminaari 2009. Tampere, 27.-29.10., Tampereen teknillinen yliopiston Rakennustekniikan laitos ja Rakennusinsinöörien liitto RIL Ry, s. 289-298.

ISO 2631-2. 2003. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz). Geneve: International Organisation for Standardization. 18 s.

Madhus, C., Beasson, B. & Hårvik, L. 1996. Prediction model for low frequency vibration from high speed railways on soft ground. Journal of sound and vibration 193(1), s. 195-203.

NS 8176.E 1999. Vibration and Shock – Measurement of vibration in buildings from landbased transport and guidance to evaluation of its effects on human beings. 28 s.

SRakMK, B3. 2004. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa B3. Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista. 29+1 s.

Talja, A. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta, VTT tiedotteita 2278. 50+22 s.

Talja, A., Vepsä, A., Kurkela, J. ja Halonen, M. 2008. Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT tiedotteita 2425. 95+69 s.

Talja, A. ja Saarinen, A. 2009. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, Esiselvitys, VTT tiedotteita 2468. 56+11 s..

Törnqvist, J. ja Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT Working Papers 50. 55+33 s.

Ympäristönsuojelulaki n:o 86.2000. Ympäristönsuojelulaki. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla. Omistusoikeus myytyyn palveluun siirtyy vastaanottajalle kun tilaus on maksettu.

mittauspiste= MP1
mittaussuunta= Pystysuunta
etäisyys lähimmästä raiteesta= 29m
anturin sijoitus= Maaperä

15 merkitsevintä tulosta tärinän osalta								
mittaus pvm	mittausaika	$\hat{a}_{w,RMS}$ [mm/s ²]	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akselien lkm	paino [t]
6.5.2010	18:31:51	2,0	p	TAV3635	14	45		375
6.5.2010	22:00:54	1,6	p	TAV3053	16	72		763
6.5.2010	23:10:49	1,0	e	TAV6	13	56		
7.5.2010	2:26:51	0,8	e	TAV3091	41	42		1438
7.5.2010	2:57:18	0,6	p	TAV2064	38	15		2411
7.5.2010	1:25:31	0,5	e	TAV3093	25	38		634
7.5.2010	1:11:21	0,5	p	TAV3621	36	33		719
7.5.2010	1:25:05	0,5	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	22:00:27	0,4	p	TAV3053	16	72		763
6.5.2010	23:37:26	0,4	e	TAV3608	21	42		1202
6.5.2010	22:11:02	0,4	e	IC2	4	52		
6.5.2010	17:20:06	0,4	e	PEN	6	85		
6.5.2010	20:13:28	0,4	p	TAV3051	9	51		484
6.5.2010	22:45:48	0,4	e	IC1/2	6	67		
6.5.2010	16:20:24	0,3	e	IC1/2	8	59		

keskiarvo 0,7 mm/s²
keskihajonta 0,5 mm/s²
kerroin 1,0
tunnusluku $a_{w,95}$ **1,6 mm/s² Luokka A**

15 merkitsevintä tulosta runkomelun osalta									
mittaus pvm	mittausaika	$L_{A,S,max}$ (dB) ¹⁾	$L_{p,A,S,max}$ (dB) ²⁾	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akselien lkm	paino [t]
6.5.2010	23:10:49	46	46	e	TAV6	13	56		
7.5.2010	2:26:51	45	45	e	TAV3091	41	42		1438
6.5.2010	21:16:25	43	43	p	TAV2050	24	26		1973
6.5.2010	23:37:00	39	39	e	TAV3608	21	42		1202
6.5.2010	16:53:50	38	38	p	IC1/2	11	52		
7.5.2010	1:25:31	38	38	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	19:03:15	38	38	e	Veturi	1	39		
6.5.2010	18:06:16	37	37	e	IC1/2	6	62		
6.5.2010	18:31:51	37	37	p	TAV3635	14	45		375
6.5.2010	20:13:28	36	36	p	TAV3051	9	51		484
6.5.2010	23:56:57	36	36	e	TAV3628	33	43		1454
6.5.2010	17:20:06	36	36	e	PEN	6	85		
6.5.2010	22:45:48	35	35	e	IC1/2	6	67		
6.5.2010	19:31:54	35	35	e	IC1/2	9	51		
6.5.2010	22:21:33	35	35	e	IC2	4	54		

Runkomelutaso $L_{p,m}$ = 46 dB

1) Runkomelutaso perinteisellä menetelmällä ja 2) Runkomelutaso VTT:n arviointi ohjeen mukaan

mittauspiste= MP1
mittaussuunta= Kohtisuoraan rataa vasten
etäisyys lähimmästä raiteesta= 29m
anturin sijoitus= Maaperä

15 merkitsevintä tulosta tärinän osalta								
mittaus pvm	mittausaika	$\hat{a}_{w,RMS}$ [mm/s ²]	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akseleiden lkm	paino [t]
6.5.2010	23:10:49	2,8	e	TAV6	13	56		
7.5.2010	2:56:53	2,1	p	TAV2064	38	15		2411
7.5.2010	2:26:51	1,8	e	TAV3091	41	42		1438
6.5.2010	21:15:59	1,2	p	TAV2050	24	26		1973
6.5.2010	18:31:51	1,1	p	TAV3635	14	45		375
6.5.2010	23:37:00	1,1	e	TAV3608	21	42		1202
7.5.2010	1:05:09	1,0	p	TAV3775	23	31		541
6.5.2010	22:00:27	1,0	p	TAV3053	16	72		763
6.5.2010	16:42:30	0,7	e	SM4	4	75		
6.5.2010	17:20:06	0,7	e	PEN	6	85		
6.5.2010	22:28:12	0,7	e	PEN	6	72		
6.5.2010	17:47:07	0,7	e	PEN	6	72		
6.5.2010	22:45:48	0,6	e	IC1/2	6	67		
7.5.2010	1:10:55	0,6	p	TAV3621	36	33		719
7.5.2010	1:25:05	0,6	e	TAV3093	25	38		634

keskiarvo 1,1 mm/s²
keskihajonta 0,6 mm/s²
kerroin 1,0
tunnusluku $a_{w,95}$ **2,3** mm/s² Luokka A

15 merkitsevintä tulosta runkomelun osalta									
mittaus pvm	mittausaika	$L_{A,S,max}$ (dB) ¹⁾	$L_{p,A,S,max}$ (dB) ²⁾	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akseleiden lkm	paino [t]
6.5.2010	23:10:49	53	53	e	TAV6	13	56		
7.5.2010	2:26:51	53	53	e	TAV3091	41	42		1438
6.5.2010	21:16:25	49	49	p	TAV2050	24	26		1973
6.5.2010	23:37:26	47	47	e	TAV3608	21	42		1202
6.5.2010	19:03:15	47	47	e	Veturi	1	39		
7.5.2010	1:25:31	46	46	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	18:06:16	46	46	e	IC1/2	6	62		
6.5.2010	18:31:51	45	45	p	TAV3635	14	45		375
6.5.2010	23:56:57	44	44	e	TAV3628	33	43		1454
7.5.2010	1:03:19	44	44	p	TAV2056	4	20		171
6.5.2010	22:45:48	44	44	e	IC1/2	6	67		
6.5.2010	22:21:33	44	44	e	IC2	4	54		
6.5.2010	16:20:24	44	44	e	IC1/2	8	59		
6.5.2010	19:31:54	44	44	e	IC1/2	9	51		
6.5.2010	17:04:13	44	44	e	IC2	6	57		

Runkomelutaso $L_{p,m}$ = 53 dB

1) Runkomelutaso perinteisellä menetelmällä ja 2) Runkomelutaso VTT:n arviointi ohjeen mukaan

mittauspiste= MP1
mittaussuunta= Radan suuntaisesti
etäisyys lähimmästä raiteesta= 29m
anturin sijoitus= Maaperä

15 merkitsevintä tulosta tärinän osalta								
mittaus pvm	mittausaika	$\hat{a}_{w,RMS}$ [mm/s ²]	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akselien lkm	paino [t]
6.5.2010	23:10:49	2,7	e	TAV6	13	56		
6.5.2010	22:00:54	1,9	p	TAV3053	16	72		763
7.5.2010	2:26:51	1,8	e	TAV3091	41	42		1438
7.5.2010	2:56:53	1,4	p	TAV2064	38	15		2411
6.5.2010	18:31:51	1,2	p	TAV3635	14	45		375
6.5.2010	21:16:25	0,9	p	TAV2050	24	26		1973
6.5.2010	23:37:00	0,8	e	TAV3608	21	42		1202
7.5.2010	1:05:35	0,8	p	TAV3775	23	31		541
6.5.2010	22:45:48	0,7	e	IC1/2	6	67		
6.5.2010	16:42:30	0,7	e	SM4	4	75		
6.5.2010	22:00:27	0,7	p	TAV3053	16	72		763
6.5.2010	17:20:06	0,6	e	PEN	6	85		
7.5.2010	1:11:21	0,6	p	TAV3621	36	33		719
6.5.2010	16:20:24	0,6	e	IC1/2	8	59		
6.5.2010	18:06:16	0,5	e	IC1/2	6	62		

keskiarvo 1,1 mm/s²
keskihajonta 0,6 mm/s²
kerroin 1,0
tunnusluku $a_{w,95}$ 2,2 mm/s² Luokka A

15 merkitsevintä tulosta runkomelun osalta									
mittaus pvm	mittausaika	$L_{A,S,max}$ (dB) ¹⁾	$L_{p,A,S,max}$ (dB) ²⁾	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akselien lkm	paino [t]
6.5.2010	23:10:49	54	54	e	TAV6	13	56		
7.5.2010	2:26:51	52	52	e	TAV3091	41	42		1438
6.5.2010	16:53:50	52	52	p	IC1/2	11	52		
7.5.2010	1:25:31	45	45	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	18:06:16	45	45	e	IC1/2	6	62		
6.5.2010	23:37:26	45	45	e	TAV3608	21	42		1202
6.5.2010	21:16:25	45	45	p	TAV2050	24	26		1973
6.5.2010	19:03:15	44	44	e	Veturi	1	39		
6.5.2010	16:20:24	43	43	e	IC1/2	8	59		
6.5.2010	20:13:28	43	43	p	TAV3051	9	51		484
6.5.2010	17:47:07	43	43	e	PEN	6	72		
6.5.2010	22:45:48	42	42	e	IC1/2	6	67		
6.5.2010	19:31:54	42	42	e	IC1/2	9	51		
6.5.2010	22:21:33	42	42	e	IC2	4	54		
6.5.2010	17:20:06	42	42	e	PEN	6	85		

Runkomelutaso $L_{p,m}$ = 54 dB

1) Runkomelutaso perinteisellä menetelmällä ja 2) Runkomelutaso VTT:n arviointi ohjeen mukaan

mittauspiste= MP2
mittaussuunta= Pystysuunta
etäisyys lähimmästä raiteesta= 28m
anturin sijoitus= Maaperä

15 merkitsevintä tulosta tärinän osalta								
mittaus pvm	mittausaika	$\hat{a}_{w,RMS}$ [mm/s ²]	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akselien lkm	paino [t]
7.5.2010	2:27:16	2,0	e	TAV3091	41	42		1438
7.5.2010	2:56:27	1,5	p	TAV2064	38	15		2411
6.5.2010	18:31:51	1,1	p	TAV3635	14	45		375
6.5.2010	22:00:27	1,1	p	TAV3053	16	72		763
6.5.2010	23:10:49	1,0	e	TAV6	13	56		
7.5.2010	1:11:21	0,9	p	TAV3621	36	33		719
7.5.2010	1:05:35	0,8	p	TAV3775	23	31		541
6.5.2010	22:00:54	0,8	p	TAV3053	16	72		763
7.5.2010	1:10:55	0,7	p	TAV3621	36	33		719
7.5.2010	1:25:31	0,7	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	22:09:14	0,5	e	TAV3097	29	24		805
6.5.2010	23:37:26	0,5	e	TAV3608	21	42		1202
7.5.2010	1:05:09	0,5	p	TAV3775	23	31		541
6.5.2010	20:16:21	0,5	e	TAV3964	32	37		1964
6.5.2010	16:42:30	0,5	e	SM4	4	75		

keskiarvo 0,9 mm/s²
keskihajonta 0,4 mm/s²
kerroin 1,0
tunnusluku $a_{w,95}$ **1,7 mm/s² Luokka A**

15 merkitsevintä tulosta runkomelun osalta									
mittaus pvm	mittausaika	$L_{A,S,max}$ (dB) ¹⁾	$L_{p,A,S,max}$ (dB) ²⁾	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akselien lkm	paino [t]
6.5.2010	23:10:49	51	51	e	TAV6	13	56		
7.5.2010	2:26:51	47	47	e	TAV3091	41	42		1438
6.5.2010	21:16:25	46	46	p	TAV2050	24	26		1973
6.5.2010	23:37:00	44	44	e	TAV3608	21	42		1202
7.5.2010	0:00:55	43	43	e	PEN	6	76		
6.5.2010	23:56:57	42	42	e	TAV3628	33	43		1454
7.5.2010	1:02:53	41	41	p	TAV2056	4	20		171
7.5.2010	1:25:31	40	40	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	18:06:16	40	40	e	IC1/2	6	62		
6.5.2010	20:16:21	40	40	e	TAV3964	32	37		1964
6.5.2010	18:31:51	39	39	p	TAV3635	14	45		375
6.5.2010	16:53:50	39	39	p	IC1/2	11	52		
6.5.2010	22:45:48	39	39	e	IC1/2	6	67		
6.5.2010	20:53:30	39	38	p	IC1/2	6	53		
6.5.2010	17:08:15	38	38	p	TAV3107	12	22		760

Runkomelutaso $L_{p,m}$ = 50 dB

1) Runkomelutaso perinteisellä menetelmällä ja 2) Runkomelutaso VTT:n arviointi ohjeen mukaan

mittauspiste= MP2
mittaussuunta= Kohtisuoaan rataa vasten
etäisyys lähimmästä raiteesta= 28m
anturin sijoitus= Maaperä

15 merkitsevintä tulosta tärinän osalta								
mittaus pvm	mittausaika	$\hat{a}_{w,RMS}$ [mm/s ²]	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akselien lkm	paino [t]
7.5.2010	2:56:53	1,4	p	TAV2064	38	15		2411
6.5.2010	22:00:27	1,2	p	TAV3053	16	72		763
7.5.2010	2:26:51	1,0	e	TAV3091	41	42		1438
6.5.2010	23:10:49	1,0	e	TAV6	13	56		
6.5.2010	18:31:51	0,8	p	TAV3635	14	45		375
6.5.2010	21:16:25	0,8	p	TAV2050	24	26		1973
7.5.2010	1:05:09	0,7	p	TAV3775	23	31		541
7.5.2010	1:11:21	0,6	p	TAV3621	36	33		719
6.5.2010	22:09:14	0,6	e	TAV3097	29	24		805
7.5.2010	1:25:31	0,6	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	23:31:32	0,6	p	Veturi	1	67		
6.5.2010	23:37:26	0,5	e	TAV3608	21	42		1202
6.5.2010	17:20:06	0,5	e	PEN	6	85		
6.5.2010	18:14:29	0,5	p	IC1/2	6	58		
6.5.2010	20:13:28	0,5	p	TAV3051	9	51		484

keskiarvo 0,8 mm/s²
keskihajonta 0,3 mm/s²
kerroin 1,0
tunnusluku $a_{w,95}$ **1,3 mm/s² Luokka A**

15 merkitsevintä tulosta runkomelun osalta									
mittaus pvm	mittausaika	$L_{A,S,max}$ (dB) ¹⁾	$L_{p,A,S,max}$ (dB) ²⁾	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akselien lkm	paino [t]
6.5.2010	23:10:49	57	57	e	TAV6	13	56		
7.5.2010	2:26:51	55	55	e	TAV3091	41	42		1438
6.5.2010	21:16:25	53	53	p	TAV2050	24	26		1973
6.5.2010	23:37:00	51	50	e	TAV3608	21	42		1202
6.5.2010	23:56:57	50	50	e	TAV3628	33	43		1454
7.5.2010	1:02:53	48	48	p	TAV2056	4	20		171
6.5.2010	16:53:50	48	48	p	IC1/2	11	52		
7.5.2010	1:25:31	47	47	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	19:03:15	46	46	e	Veturi	1	39		
6.5.2010	22:45:48	46	46	e	IC1/2	6	67		
6.5.2010	20:16:21	46	46	e	TAV3964	32	37		1964
6.5.2010	18:06:16	46	46	e	IC1/2	6	62		
6.5.2010	17:08:41	45	45	p	TAV3107	12	22		760
6.5.2010	18:31:51	45	45	p	TAV3635	14	45		375
6.5.2010	20:13:28	45	45	p	TAV3051	9	51		484

Runkomelutaso $L_{p,m}$ = 57 dB

1) Runkomelutaso perinteisellä menetelmällä ja 2) Runkomelutaso VTT:n arviointi ohjeen mukaan

mittauspiste= MP3
mittaussuunta= Pystysuunta
etäisyys lähimmästä raiteesta= 29m
anturin sijoitus= Maaperä

15 merkitsevintä tulosta tärinän osalta								
mittaus pvm	mittausaika	$\hat{a}_{w,RMS}$ [mm/s ²]	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akseleiden lkm	paino [t]
6.5.2010	23:10:49	1,0	e	TAV6	13	56		
6.5.2010	18:31:51	1,0	p	TAV3635	14	45		375
7.5.2010	1:11:21	0,9	p	TAV3621	36	33		719
7.5.2010	2:27:16	0,8	e	TAV3091	41	42		1438
6.5.2010	22:00:27	0,8	p	TAV3053	16	72		763
7.5.2010	1:05:35	0,7	p	TAV3775	23	31		541
6.5.2010	22:09:40	0,6	e	TAV3097	29	24		805
7.5.2010	2:57:18	0,6	p	TAV2064	38	15		2411
6.5.2010	20:13:28	0,6	p	TAV3051	9	51		484
7.5.2010	1:25:05	0,6	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	20:16:21	0,5	e	TAV3964	32	37		1964
6.5.2010	21:16:25	0,5	p	TAV2050	24	26		1973
6.5.2010	23:37:26	0,4	e	TAV3608	21	42		1202
6.5.2010	16:42:30	0,4	e	SM4	4	75		
7.5.2010	1:03:19	0,4	p	TAV2056	4	20		171

keskiarvo 0,7 mm/s²
keskihajonta 0,2 mm/s²
kerroin 1,0
tunnusluku $a_{w,95}$ **1,0** mm/s² Luokka A

15 merkitsevintä tulosta runkomelun osalta									
mittaus pvm	mittausaika	$L_{A,S,max}$ (dB) ¹⁾	$L_{p,A,S,max}$ (dB) ²⁾	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akseleiden lkm	paino [t]
6.5.2010	23:10:49	46	46	e	TAV6	13	56		
7.5.2010	2:26:51	44	44	e	TAV3091	41	42		1438
7.5.2010	1:05:35	43	43	p	TAV3775	23	31		541
6.5.2010	20:28:08	43	43	p	IC2	15	57		
6.5.2010	21:15:59	41	41	p	TAV2050	24	26		1973
6.5.2010	18:06:16	40	40	e	IC1/2	6	62		
6.5.2010	23:37:00	39	39	e	TAV3608	21	42		1202
7.5.2010	1:25:31	39	39	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	22:09:14	38	38	e	TAV3097	29	24		805
6.5.2010	23:56:57	38	38	e	TAV3628	33	43		1454
6.5.2010	19:03:15	38	38	e	Veturi	1	39		
6.5.2010	22:00:54	38	38	p	TAV3053	16	72		763
7.5.2010	1:02:53	37	37	p	TAV2056	4	20		171
6.5.2010	20:03:07	37	37	e	Veturi	1	43		
6.5.2010	20:53:30	36	36	p	IC1/2	6	53		

Runkomelutaso $L_{p,m}$ = 46 dB

1) Runkomelutaso perinteisellä menetelmällä ja 2) Runkomelutaso VTT:n arviointi ohjeen mukaan

mittauspiste= MP3
mittaussuunta= Kohtisuoraan rataa vasten
etäisyys lähimmästä raiteesta= 29m
anturin sijoitus= Maaperä

15 merkitsevintä tulosta tärinän osalta								
mittaus pvm	mittausaika	$\hat{a}_{w,RMS}$ [mm/s ²]	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akselien lkm	paino [t]
7.5.2010	2:27:16	3,6	e	TAV3091	41	42		1438
6.5.2010	23:10:49	1,9	e	TAV6	13	56		
7.5.2010	2:56:27	1,9	p	TAV2064	38	15		2411
6.5.2010	22:10:32	1,8	e	TAV3097	29	24		805
6.5.2010	18:31:51	1,8	p	TAV3635	14	45		375
7.5.2010	1:05:09	1,3	p	TAV3775	23	31		541
6.5.2010	22:00:27	1,2	p	TAV3053	16	72		763
7.5.2010	1:05:35	1,1	p	TAV3775	23	31		541
7.5.2010	1:11:21	1,0	p	TAV3621	36	33		719
6.5.2010	22:09:14	1,0	e	TAV3097	29	24		805
6.5.2010	20:13:28	0,8	p	TAV3051	9	51		484
6.5.2010	23:37:26	0,8	e	TAV3608	21	42		1202
7.5.2010	1:25:31	0,8	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	23:56:57	0,7	e	TAV3628	33	43		1454
6.5.2010	20:16:48	0,6	e	TAV3964	32	37		1964

keskiarvo 1,4 mm/s²
keskihajonta 0,8 mm/s²
kerroin 1,0
tunnusluku $a_{w,95}$ **2,7 mm/s² Luokka A**

15 merkitsevintä tulosta runkomelun osalta									
mittaus pvm	mittausaika	$L_{A,S,max}$ (dB) ¹⁾	$L_{p,A,S,max}$ (dB) ²⁾	junan kulkusuunta	junatyyppi	yksiköiden lkm	nopeus [km/h]	akselien lkm	paino [t]
7.5.2010	2:26:51	54	54	e	TAV3091	41	42		1438
6.5.2010	23:10:49	54	54	e	TAV6	13	56		
6.5.2010	21:15:59	49	49	p	TAV2050	24	26		1973
6.5.2010	18:06:16	48	48	e	IC1/2	6	62		
6.5.2010	19:03:15	48	48	e	Veturi	1	39		
6.5.2010	23:37:00	47	47	e	TAV3608	21	42		1202
6.5.2010	16:20:24	47	47	e	IC1/2	8	59		
6.5.2010	22:09:14	47	47	e	TAV3097	29	24		805
7.5.2010	1:25:05	46	46	e	TAV3093	25	38		634
6.5.2010	23:56:57	46	46	e	TAV3628	33	43		1454
6.5.2010	19:31:54	46	46	e	IC1/2	9	51		
7.5.2010	1:02:53	46	46	p	TAV2056	4	20		171
6.5.2010	17:47:07	45	45	e	PEN	6	72		
6.5.2010	20:03:07	45	45	e	Veturi	1	43		
6.5.2010	17:20:06	45	45	e	PEN	6	85		

Runkomelutaso $L_{p,m}$ = 53 dB

1) Runkomelutaso perinteisellä menetelmällä ja 2) Runkomelutaso VTT:n arviointi ohjeen mukaan



HELMÄKI AKUSTIKOT OY
Tempelikatu 6 B, 00100 Helsinki
puh 020-7118 590, fax 09-589 33861
s-posti info@helimaki.fi

4580-2a Keski-Suokylän asemakaava

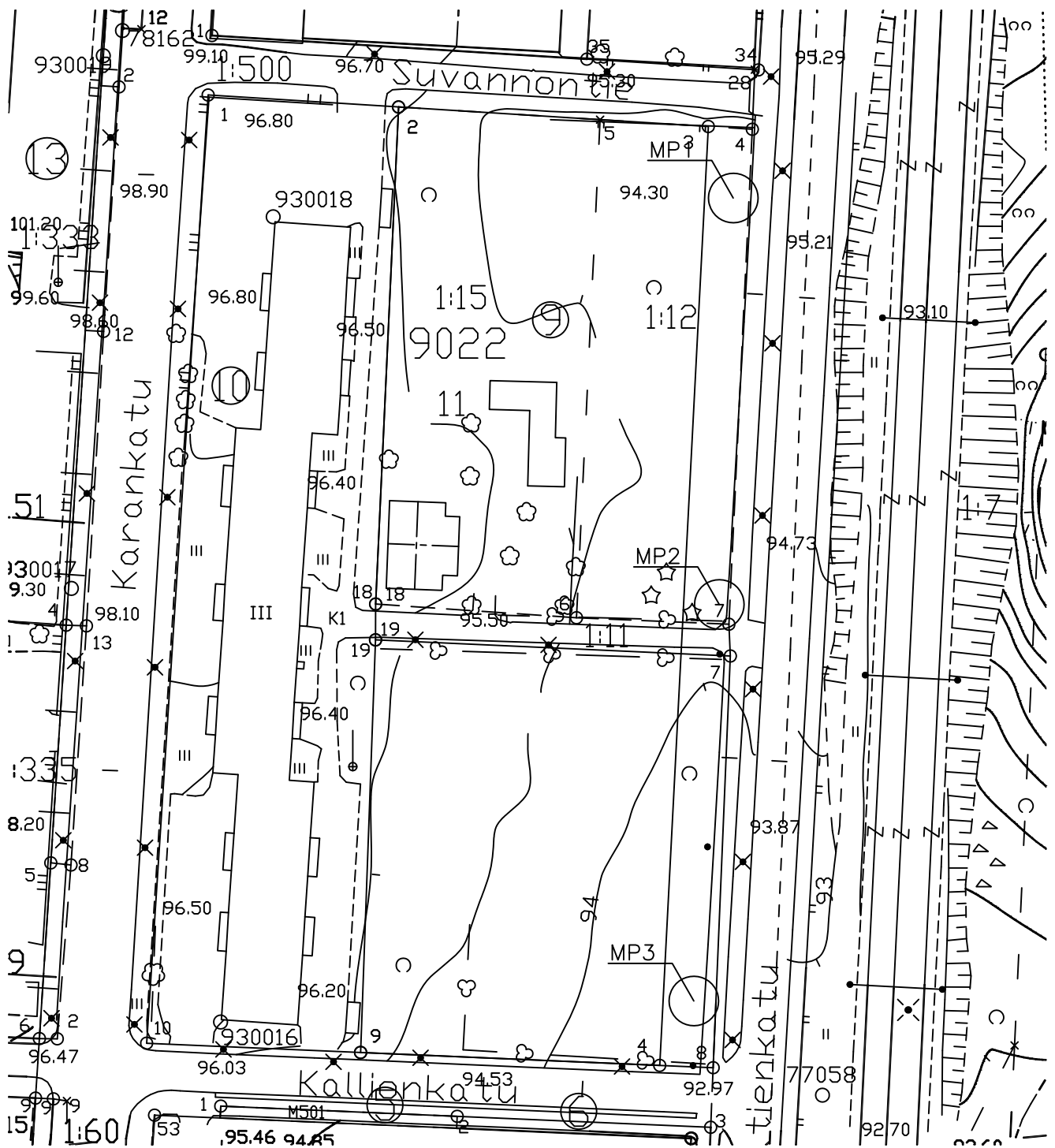
Mittauspisteet

Liite 2
(1/3)

26.5.2010

Mittauspisteissä mitattiin värähtelyä sekä pysty- että vaakasuuntiin.
Mittauspisteiden etäisyydet lähimmästä raiteesta olivat:

- MP1 = 29 m
- MP2 = 28 m
- MP3 = 29 m



**HELMÄKI AKUSTIKOT OY**

Tempelikatu 6 B, 00100 Helsinki
puh 020-7118 590, fax 09-589 33861
s-posti info@helimaki.fi

4580-2a Keski-Suokylän asemakaava

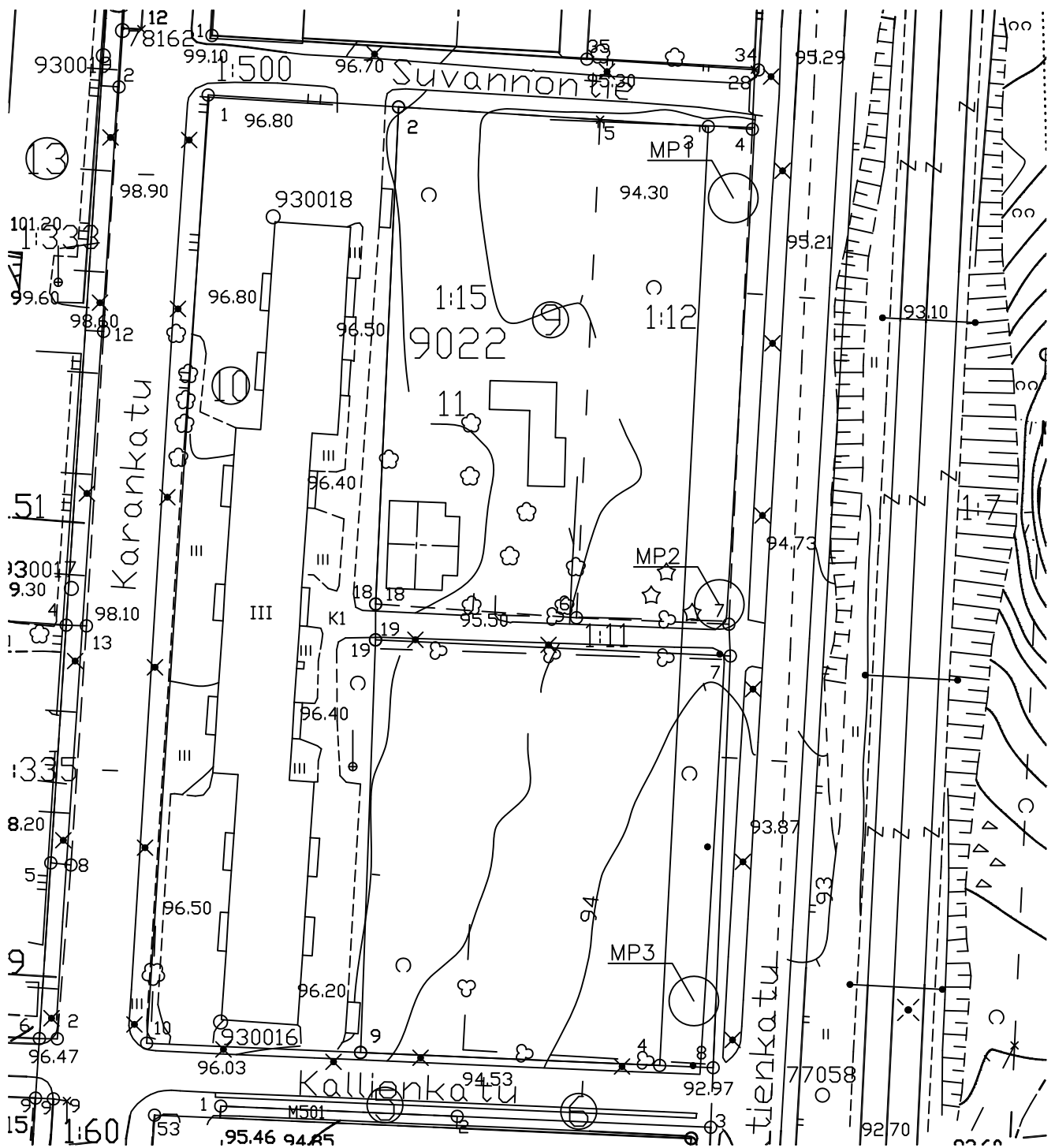
Tulokset tärinän osalta

Liite 2**(2/3)**

26.5.2010

Eri mittauspisteissä maaperästä saadut kiihtyvyyden tilastolliset tunnusluvut $a_{w,95}$ (suluissa värähtelyluokka) sekä suurimmat yksittäisen ohituksen aiheuttamat kiihtyvyyden huippuarvot $\hat{a}_{w,RMS}$. Arvoista ensimmäinen on pystysuuntaan, toinen rataa kohtisuoraan ja kolmas radan suuntaisesti.

MP1	$a_{w,95}=1,6/2,3/2,2$ mm/s ²	(A/A/A)	$\hat{a}_{w,RMS}=2,0/2,8/2,7$ mm/s ²
MP2	$a_{w,95}=1,7/1,3/-$ mm/s ²	(A/A/-)	$\hat{a}_{w,RMS}=2,0/1,4/-$ mm/s ²
MP3	$a_{w,95}=1,0/2,7/-$ mm/s ²	(A/A/-)	$\hat{a}_{w,RMS}=1,0/3,6/-$ mm/s ²



**HELMÄKI AKUSTIKOT OY**

Tempelikatu 6 B, 00100 Helsinki
puh 020-7118 590, fax 09-589 33861
s-posti info@helimaki.fi

4580-2a Keski-Suokylän asemakaava

Tulokset runkomelun osalta

Liite 2
(3/3)

26.5.2010

Eri mittauspisteissä saadut laskennalliset runkomelutasot $L_{A,S,max}$ sekä VTT:n mallin mukaan arvioitua tilastolliset tunnusluvut L_{prm} . Arvoista ensimmäinen on pystysuuntaan, toinen rataa kohtisuoraan ja kolmas radan suuntaisesti.

MP1	$L_{A,S,max}=46/53/54$ dB	$L_{prm}=46/53/54$ dB
MP2	$L_{A,S,max}=51/57/-$ dB	$L_{prm}=50/57/-$ dB
MP3	$L_{A,S,max}=46/54/-$ dB	$L_{prm}=46/53/-$ dB

