



Tilaaja:

SRV Westerlund Oy
Sami Somero
PL 515
02201 Espoo
0400 955 282
sami.somero@srv.fi

Martinlaakson kaupunginosan korttelin 17544, värähtelymittaus

1. Kohde

Vantaan Martinlaaksoon kortteliin 17544 on suunnitteilla asuinkerrostaloja, joiden lähimmät julkisivut ovat noin 20 metrin etäisyydellä junaradasta. Koska maaperä alueella on pehmeää, on olemassa riski että asukkaat häiriintyvät rautatieliikenteen aiheuttamasta värähtelystä. Pohjatutkimus ja perustamistapasuunnitelman perusteella rakennukset on suunniteltu perustettavan osin maanvaraisina ja osin paaluperustukselle. Värähtelylähteen alueella toimii raideliikenne. 7.1.2007 päivättyjen aikataulutietojen perusteella kyseiselle rataosalle on varattu liikennöinti aika 1184 junalle viikossa. Kyseisellä rataosalla ei liikennöi tavarajunia.

Mittausten tarkoituksena oli selvittää raideliikenteen aiheuttaman värähtelyn voimakkuus kyseisellä tontilla sekä aiheutuuko siitä mahdollisesti asumisviihtyvyyttä alentavaa häiriötä asukkaille. Värähtelyhaitan suuruutta on mitattu sekä arvioitu tässä lausunnossa VTT:n ohjeen Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta (VTT tiedotteita 2278) mukaisesti.

2. Värähtelymittaus

Mittaukset tontilla suoritettiin ajanjaksolla 22.1.–30.1.2007. Värähtelyä mitattiin maaperästä neljässä pisteessä, mittauspisteissä 1-3 mitattiin pystysuuntaista värähtelyä ja 4. mittauspisteessä mitattiin vaakasuuntaista värähtelyä. Mittaus toteutettiin VTT:n julkaiseman Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta (VTT tiedotteita 2278) mukaisesti, jolloin mittausjakson pituus oli yksi kokonainen viikko. VTT:n suositus pohjautuu Norjan standardiin NS 8176, joka on ainoa tällä hetkellä pohjoismaissa voimassa oleva standardi liikennetärinän mittaamisesta. Taulukossa 1 on esitetty mittauspisteet sekä mittaussuunnat. Mittauspisteiden on myös merkitty asemapiirroksen liitteessä 1.

Tämän raportin/lausunnon osittainen julkaiseminen tai kopiointi sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

POSTIOSOITE Apollonkatu 10 B, 00100 Helsinki
PUHELIN 020-7118 590
FAX 09-589 33861
S-POSTI info@helimaki.fi

INTERNET www.helimaki.fi
ALV-REK FI1042841-4
Y-TUNNUS 1042841-4
KOTIPAikka Virrat



Taulukko 1. Värähtelymittauksen mittauspisteet sekä -suunnat.

	Mittauspiste 1	Mittauspiste 2	Mittauspiste 3	Mittauspiste 4
Mittaussuunta	pystysuunta	pystysuunta	pystysuunta	vaakasuunta
Etäisyys radasta	n. 16m	n. 32m	n. 32m	n. 32m
Anturin sijoitus	maaperä	maaperä	maaperä	maaperä

Mittauslaitteisto käynnistyi automaattisesti kun kiihtyvyys anturissa ylitti standardin 2631-2 mukaisesti painotetun kynnsarvon $0,5 \text{ mm/s}^2$. Kiihtyvyyssanturien lisäksi mittauslaitteistoon oli kytketty videokamera, jonka tallentaman kuvan avulla pystyttiin tarkistamaan värähtelyn aiheuttaja. 25 sekunnin pituisia mittauksia kertyi viikon aikana 36 kappaletta kustakin mittauspisteestä. Mittauksista yksikään ei aiheutunut junaliikenteestä. Mittauksien aiheuttamat viereisen parkkipaikan liikennöinnistä sekä alueella liikkuneiden ihmisten kävelystä. Yksikään ohiajaneista junista ei siis ylittänyt mittauslaitteistoa käynnistävää kynnsarvoa. Kynnsarvo on havaittu hyväksi useissa kohteissa. Mikäli kynnsarvo ei ylity voidaan olla melko varmoja, että tärinä ei alenna asumisviihtyvyyttä.

Lisäksi kohteessa mitattiin erikseen käynnistämällä mittalaitteisto manuaalisesti 24.1.2007 sekä 31.1.2007 matkustajajunien ohituksesta aiheutuneet värähtelytasot.

3. Määräykset

Raideliikenteen aiheuttama värähtely voi aiheuttaa kahdenlaista haittaa asukkaille 1) tärinää, jonka asukkaat aistivat liikkeenä ja 2) runkomelua, jolloin värähtely aiheuttaa korvin kuultavaa ääntä asuntoon. Kovilla maaperillä ja matkustajajunilla ongelmaksi yleensä muodostuu runkomelu, kun taas pehmeillä maaperillä ja raskailla junilla ongelma on yleensä tärinä.

3.1. Tärinä

Ympäristösuojelulaki (N:o 86/2000) ja ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista (RakMK 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 ohjeet tärinän raja-arvoiksi. Taulukossa 2 on esitetty eri tärinäluokkien ylärajat kiihtyvyydelle sekä kuvaus luokkaan kuuluvan värähtelyn häiritsevyydestä. Yläraja on taajuuspainotetusta kiihtyvyyssignaaleista laskettu tilastollinen tunnusluku asunnoissa. 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.

Tämän raportin/lausunnon osittainen julkaiseminen tai kopiointi sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

POSTIOSOITE Apollonkatu 10 B, 00100 Helsinki
PUHELIN 020-7118 590
FAX 09-589 33861
S-POSTI info@helimaki.fi

INTERNET www.helimaki.fi
ALV-REK FI1042841-4
Y-TUNNUS 1042841-4
KOTIPAikka Virrat



Taulukko 2. Värähtelyluokat, kiihtyvyys on taajuuspainotetun kiihtyvyyden tilastollinen tunnusluku kyseisen luokan ylärajalla.

	Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka D
$a_{w,95}$ [mm/s ²]	≤ 3,6	≤ 5,4	≤ 11,0	≤ 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.

3.2. Runkomelu

Runkomelua arvioidaan käyttämällä SLOW-aikapainotusta. Runkomelun suhteen Suomessa ei toistaiseksi ole olemassa virallisia viranomaismääräyksiä. Avoradalla, jolla on suhteellisen paljon liikennettä voidaan raja-arvona pitää arvoa $L_{A,S,max} \leq 35$ dB. Mikäli huiput ovat hyvin satunnaisia, voidaan raja-arvona pitää Sosiaali- ja terveysministeriön julkaiseman Asumisterveysohjeen terveyshaitan ylärajaa $L_{A,F,max} \leq 45$ dB. Koska FAST- ja SLOW-aikapainotuksella saatavien äänitasojen ero on noin 2 dB, voidaan asumisterveysohjeen ylärajan tulkita junaliikenteen aiheuttamalle runkomelulle olevan noin $L_{A,S,max} \leq 43$ dB.

4. Tulokset

Ennen tulosten laskentaa mittaussignaalien värähtelylähde pyrittiin varmistamaan videonauhalla. Mitatuista kiihtyvyyssignaaleista laskettiin ja arvioitiin tärinä- sekä äänitasot suunnitelluissa asunnoissa.

4.1. Tärinä asunnoissa

Kaikki mittaustulokset analysoitiin VTT:n julkaiseman Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta (VTT tiedotteita 2278) mukaisesti. Menetelmässä jokaisesta mittaustuloksesta haetaan maksimiarvot käyttäen yhden sekunnin aikapainotusta sekä kiihtyvyyden taajuuspainotusta joka vastaa ihmisen kokemaa värähtelyn häiritsevyyttä.

Tämän jälkeen mittaustuloksista 15 merkitsevintä käsitellään tilastollisesti ja tuloksena saadaan värähtelylle kiihtyvyyden tunnusluku jota voidaan verrata VTT:n suosituksiin.

Tämän raportin/lausunnon osittainen julkaiseminen tai kopiointi sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

POSTIOSOITE Apollonkatu 10 B, 00100 Helsinki
PUHELIN 020-7118 590
FAX 09-589 33861
S-POSTI info@helimaki.fi

INTERNET www.helimaki.fi
ALV-REK FI1042841-4
Y-TUNNUS 1042841-4
KOTIPAikka Virrat



Tunnusluvun tilastollinen määrittely on, että se 95 prosentin todennäköisyydellä edustaa kaikkia liikennevälineitä. Toisin sanoen satunnaisesti mitattu ohitus ei 95 prosentin todennäköisyydellä ylitä kyseistä arvoa. Koska junaliikenteestä aiheutuneita mittaustuloksia oli vain 5 kappaletta eli manuaalisesti nauhoitetut, ei mittaustuloksista voitu ottaa laskentaan 15 merkitsevintä vaan kaikki mittaustulokset olivat mukana tunnuslukujen laskennassa.

Koska alustavassa perustamistapasuunnitelmassa on rakennusten perustamistavaksi ilmoitettu osin maanvarainen ja osin paalutus, on tässä lausunnossa esitetty tulokset kyseistä perustamistapaa käyttäville rakennuksille. VTT:n ohjeen mukaan maanvaraisilla lattioilla ja paalutetuilla kerrostalorakennuksilla riittää, kun varaudutaan samansuuruiseen tärinän tunnuslukuun kuin maasta mitattu tunnusluku.

Taulukossa 3 on esitetty kiihtyvyyden tilastolliset tunnusluvut $a_{w,95}$ sekä suurin mitattu yksittäisen ohituksen painotetun kiihtyvyyden tehollisarvon huippuarvo $\hat{a}_{w,RMS}$ eri mittauspisteissä.

Taulukko3. Mittausalueelta eri mittauspisteissä määritetyt tunnusluvut $a_{w,95}$, suurimmat huippuarvot $\hat{a}_{w,RMS}$ sekä tärinäluokat.

	Mittaussuunta sekä mittausetäisyys	Tunnusluku $a_{w,95}$ koko viikon ajalta (vain 5 mittaustulosta)	Mittausjaksolta määritetty suurin taajuuspainotetun kiihtyvyyden tehollisarvon huippuarvo $\hat{a}_{w,RMS}$	Tärinäluokka VTT:n suosituksen mukaan
Mittauspiste 1	pystysuunta, n. 16m	0,08 mm/s ²	0,07 mm/s ²	A
Mittauspiste 2	pystysuunta, n. 32m	0,10 mm/s ²	0,09 mm/s ²	A
Mittauspiste 3	pystysuunta, n. 32m	0,19 mm/s ²	0,16 mm/s ²	A
Mittauspiste 4	radansuuntaisesti, n. 32m	* mm/s ²	* mm/s ²	A

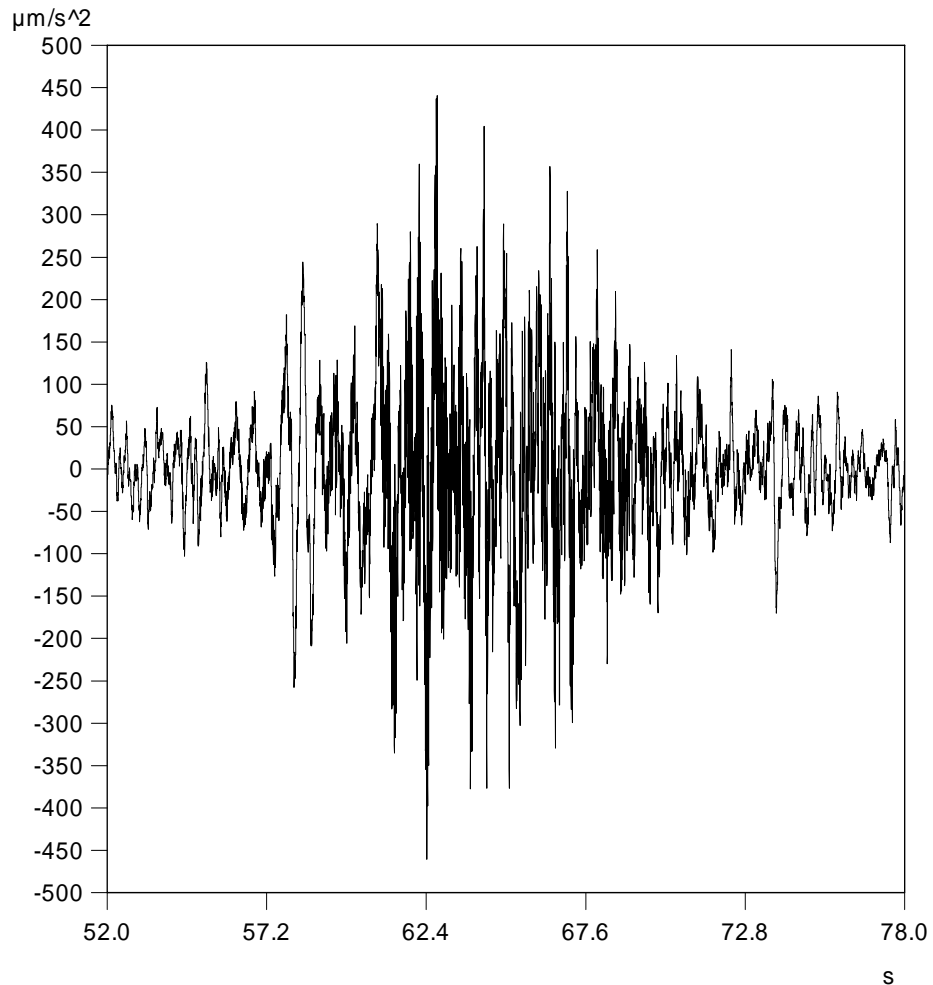
*) Vaakasuuuntainen tärinä oli niin pientä, että sitä ei pystytty mittaamaan.

Mittaustulosten perusteella kohde sijoittuu VTT:n ohjeen mukaisessa luokituksessa sekä vaaka- että pystysuuntaisen tärinän suhteen luokkaan A. Luokituksessa luokka A on paras mahdollinen. Suurin mitattu taajuuspainotetun kiihtyvyyden tehollisarvon huippuarvo $\hat{a}_{w,RMS}$ oli 0,16 mm/s². Kuvassa 1 on esitetty kyseisen junan manuaalisesti mitattu ohitus. Tämän suuntaista tärinää ihminen ei yleensä pysty aistimaan.

Tämän raportin/lausunnon osittainen julkaiseminen tai kopiointi sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

POSTIOSOITE Apollonkatu 10 B, 00100 Helsinki
PUHELIN 020-7118 590
FAX 09-589 33861
S-POSTI info@helimaki.fi

INTERNET www.helimaki.fi
ALV-REK FI1042841-4
Y-TUNNUS 1042841-4
KOTIPAikka Virrat



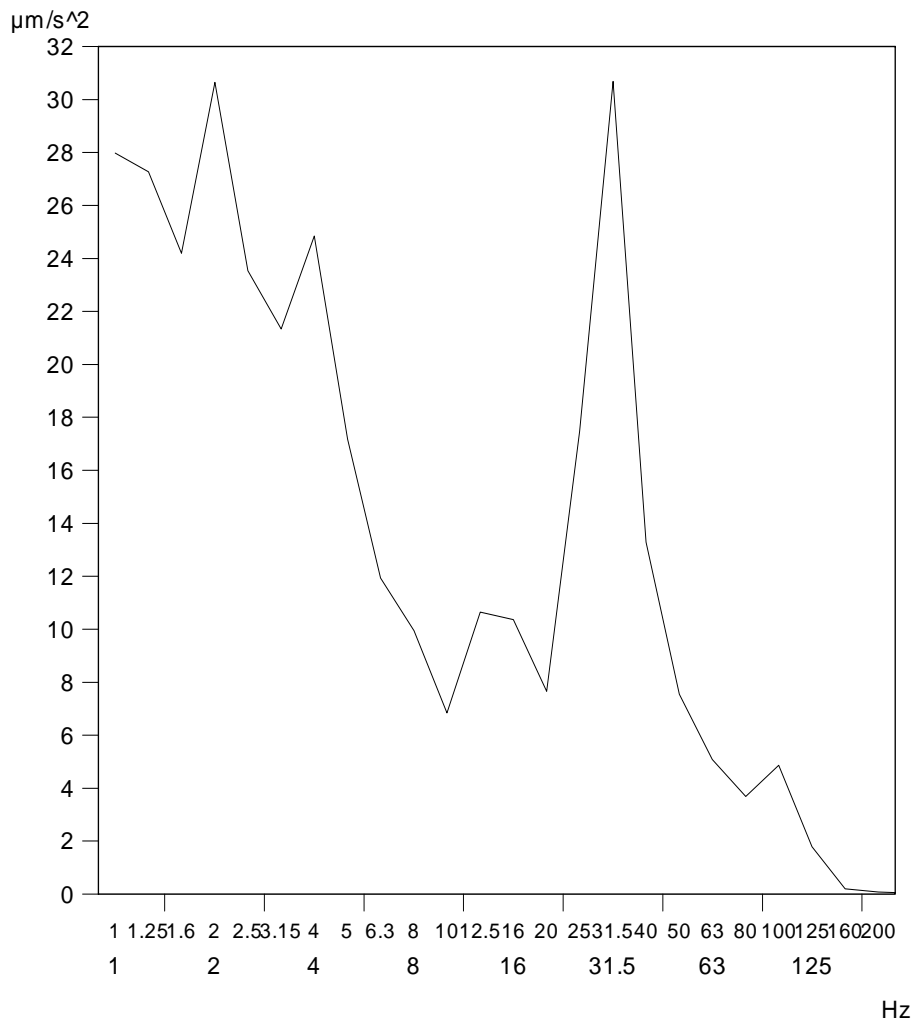
Kuva 1. Suurimman yksittäisen taajuuspainotetun kiihtyvyyden tehollisarvon huippuarvon ($\hat{a}_{w,RMS} = 0,16 \text{ mm/s}^2$) aiheuttanut juna. Kuvassa y-akselilla on taajuuspainotettu kiihtyvyys a_w .

Vaakasuntainen värähtely oli kohteessa niin pientä, että sitä ei pystytty mittaustaitteiston rajoituksista (taustakohina) johtuen mittaamaan. Kuvassa kaksi on esitetty kuvan 1 ohituksesta määritetty terssikaistainen spektri. Suurimmat arvot ohituksesta aiheutuvat noin 2 ja 31,5 Hz:n terssikaistoille.

Tämän raportin/lausunnon osittainen julkaiseminen tai kopiointi sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

POSTIOSOITE Apollonkatu 10 B, 00100 Helsinki
PUHELIN 020-7118 590
FAX 09-589 33861
S-POSTI info@helimaki.fi

INTERNET www.helimaki.fi
ALV-REK FI1042841-4
Y-TUNNUS 1042841-4
KOTIPAikka Virrat



Kuva 2. Kuvan yksi ohituksesta määritetty taajuuspainotetun kiihtyvyyden terssikaistainen spektri. Hallitsevat taajuudet ohituksessa ovat noin 2 ja 31,5 Hz terssikaistoilla.

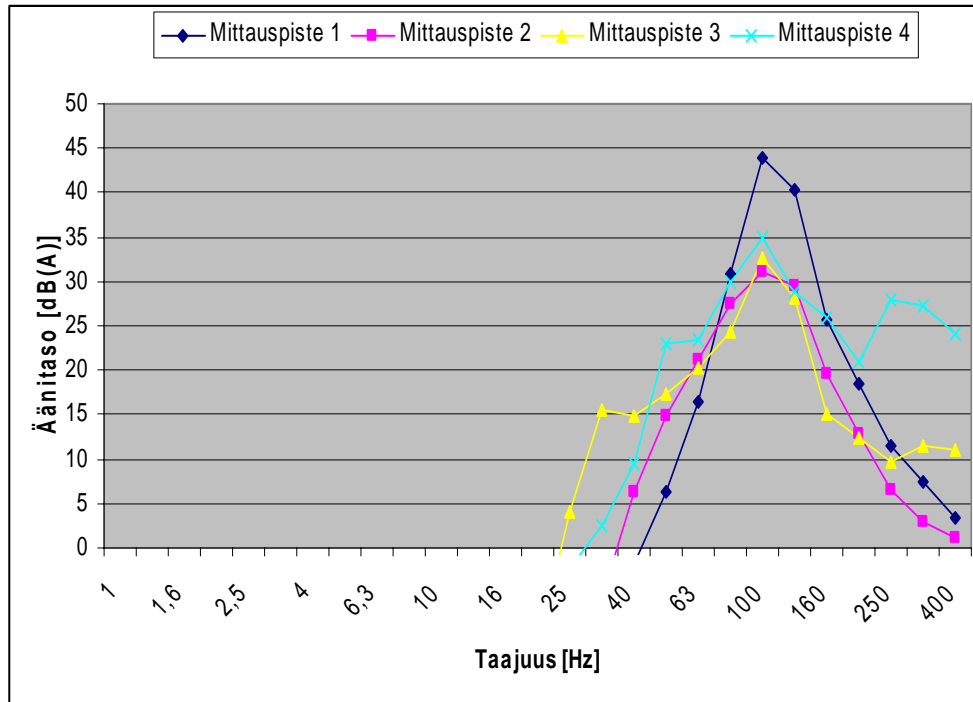
4.2. Runkomelu asunnoissa

Mittaustuloksista laskettiin myös mitatun kiihtyvyyssignaalin perusteella värähtelynopeudet terssikaistoittain. Näistä arvoista laskettiin nopeustasot (re 50 nm/s), joiden perusteella arvioitiin asunnoissa esiintyvät äänitason A-taajuuspainotetut SLOW-aikavakiolla määritetyt huippuarvot $L_{A,S,max}$. Maaperästä mitatuista arvoista saadaan arvioitua asunnoissa esiintyvä äänitaso lisäämällä niihin 15 dB. Menettelytapa on yleisesti käytössä, koska yksityiskohtainen laskenta edellyttäisi huoneen kaikkien pintojen ja ominaisuuksien taajuuskaistaista huomioimista, ja johtaisi siten tarkoituksettoman monimutkaiseen laskentaan.

Tämän raportin/lausunnon osittainen julkaiseminen tai kopiointi sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

POSTIOSOITE Apollonkatu 10 B, 00100 Helsinki
PUHELIN 020-7118 590
FAX 09-589 33861
S-POSTI info@helimaki.fi

INTERNET www.helimaki.fi
ALV-REK FI1042841-4
Y-TUNNUS 1042841-4
KOTIPAikka Virrat



Kuva 3. Kuvan yksi ohituksesta lasketut äänitasot terssikaistoittain asunnossa. Laskennassa on huomioitu 15 dB lisäys, jota yleisesti käytetään kun arvioidaan maaperästä mitattujen tulosten perusteella äänitasoja asunnoissa.

Taulukko 4. Mittauspisteittäin arvioidut äänitasot $L_{A,S,max}$ asunnoissa.

	Mittaussuunta sekä mittausetäisyys	Lasketut äänitaso asunnossa $L_{A,S,max}$ [dB]
Mittauspiste 1	pystysuunta, n. 16m	46 dB(A)
Mittauspiste 2	pystysuunta, n. 32m	35 dB(A)
Mittauspiste 3	pystysuunta, n. 32m	35 dB(A)
Mittauspiste 4	radan suuntaisesti, n. 32m	39 dB(A)

Tämän raportin/lausunnon osittainen julkaiseminen tai kopiointi sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.



Kuvassa 3 on esitetty kuvan yksi ohituksesta lasketut äänitasot asunnoissa terssikaistoit-
tain. Kuvasta käy ilmi, että merkitsevin taajuusalue runkomelun kannalta on 63...160 Hz.
Taulukossa 4 on esitetty arvioidut äänitasot mittauspisteittäin saatujen tulosten perusteel-
la. Taajuusjakauman suhteen runkomelun kannalta ei ole merkittäviä eroja vaaka- ja pys-
tysuuntaisen värähtelyn välillä. Tulosten perusteella äänitaso $L_{A,S,max}$ asunnoissa on suu-
rimmillaan jopa noin 45 dB(A), jolloin ylittää yleisesti ylärajana pidetyn arvon tiheästi lii-
kennöidyllä avoradalla.

Yleensä runkomelun kannalta ongelmallisin taajuusalue on noin 31,5...63 Hz. Nyt mitta-
ustuloksissa näkyvä runkomelun kannalta ongelmallinen alue on kuitenkin tätä aluetta
korkeammilla taajuuskaistoilla. On mahdollista, että tämä on seurausta jäätyneestä maan-
pintakerroksesta mutta täydellä varmuudella näin ei voida olettaa. Mikäli ongelma on to-
dellinen eli ei johdu jäätyneestä maanpintakerroksesta, tulee rakennuksen eristää maape-
rystä käyttämällä tarkoitukseen mitoitettuja tärinäeristinkaistoja rakennuksen ja maape-
rän/paalujen välissä. Ongelman todellisuus voidaan selvittää tekemällä lyhyt vertailumit-
taus keväällä maan ollessa sula. Mikäli taajuusalueen 63...160 Hz korkeat äänitasot tulkit-
tisiin aiheutuneen maanpintakerroksen jääytymisestä, voidaan arvioida, että asunnoissa
saavutetaan vähintään 15 dB alemmat äänitasot. Tällöin äänitasot täyttäisivät määräykset
eikä runkomelu muodostaisi kohteessa ongelmaa.

5. Yhteenveto

Tulosten perusteella kohteessa junaliikenteestä aiheutuvat tärinätasot ovat varsin alhaisia,
eivätkä siten alenna asumisviihtyvyyttä. Tässä raportissa esitettyjen mittaustulosten pe-
rusteella runkomelu saattaa aiheuttaa ongelmia suunnitelluissa asuinkerrostaloissa. On
kuitenkin mahdollista, että mittaustuloksissa on vääristymä jäätyneen maanpintakerroksen
johdosta. Nyt saatujen mittaustulosten perusteella rakennukset tulee suojata runkomelulta
erottamalla asuinrakennukset maaperästä tärinäeristinkaistoilla. Pyynnöstänne voimme
mitoittaa tärinäeristimet yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa. Runkomelun osalta
voidaan tehdä myös lyhyt tarkistusmittaus, kunhan maaperä on sulanut.

Helsingissä 7.2.2007

Timo Huhtala

DI

020-7118 597

timo.huhtala@helimaki.fi

Liitteet: 1. Mittausalueet merkittynä asemapiirustukseen (1 s.)

Tämän raportin/lausunnon osittainen julkaiseminen tai kopiointi sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

POSTIOSOITE Apollonkatu 10 B, 00100 Helsinki
PUHELIN 020-7118 590
FAX 09-589 33861
S-POSTI info@helimaki.fi

INTERNET www.helimaki.fi
ALV-REK FI1042841-4
Y-TUNNUS 1042841-4
KOTIPAikka Virrat

