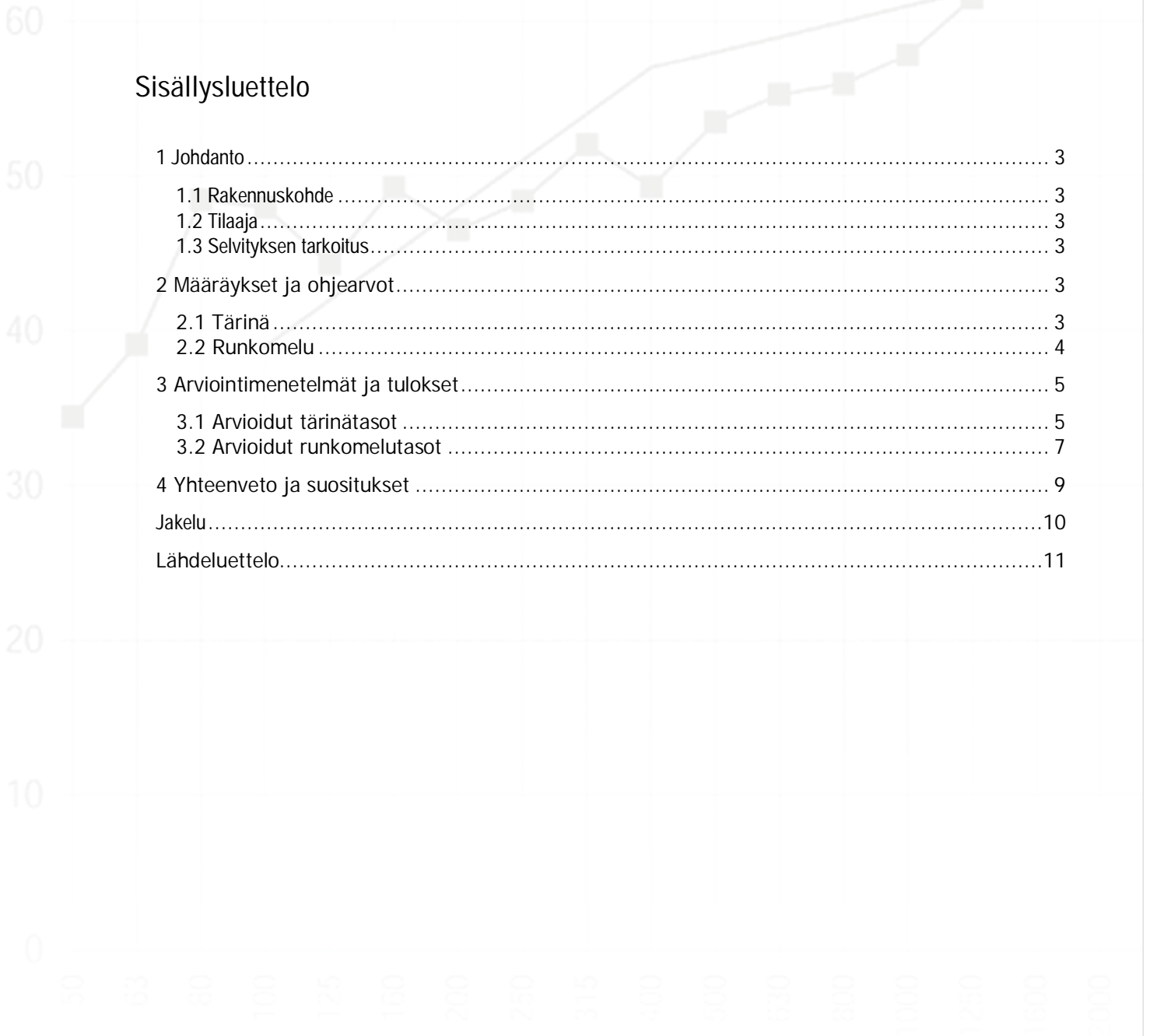


Tärinä- ja runkomeluselvitys
Penttinpelto, Parkano

Selvityksen muutokset

<u>Numero</u>	<u>Päiväys</u>	<u>Muutokset</u>
4557-1b	7.2.2011	Täydennetty kappaleisiin 3 ja 4 eri ajonopeuksien vaikutukset.
4557-1a	3.11.2010	Ensimmäinen versio



Sisällysluettelo

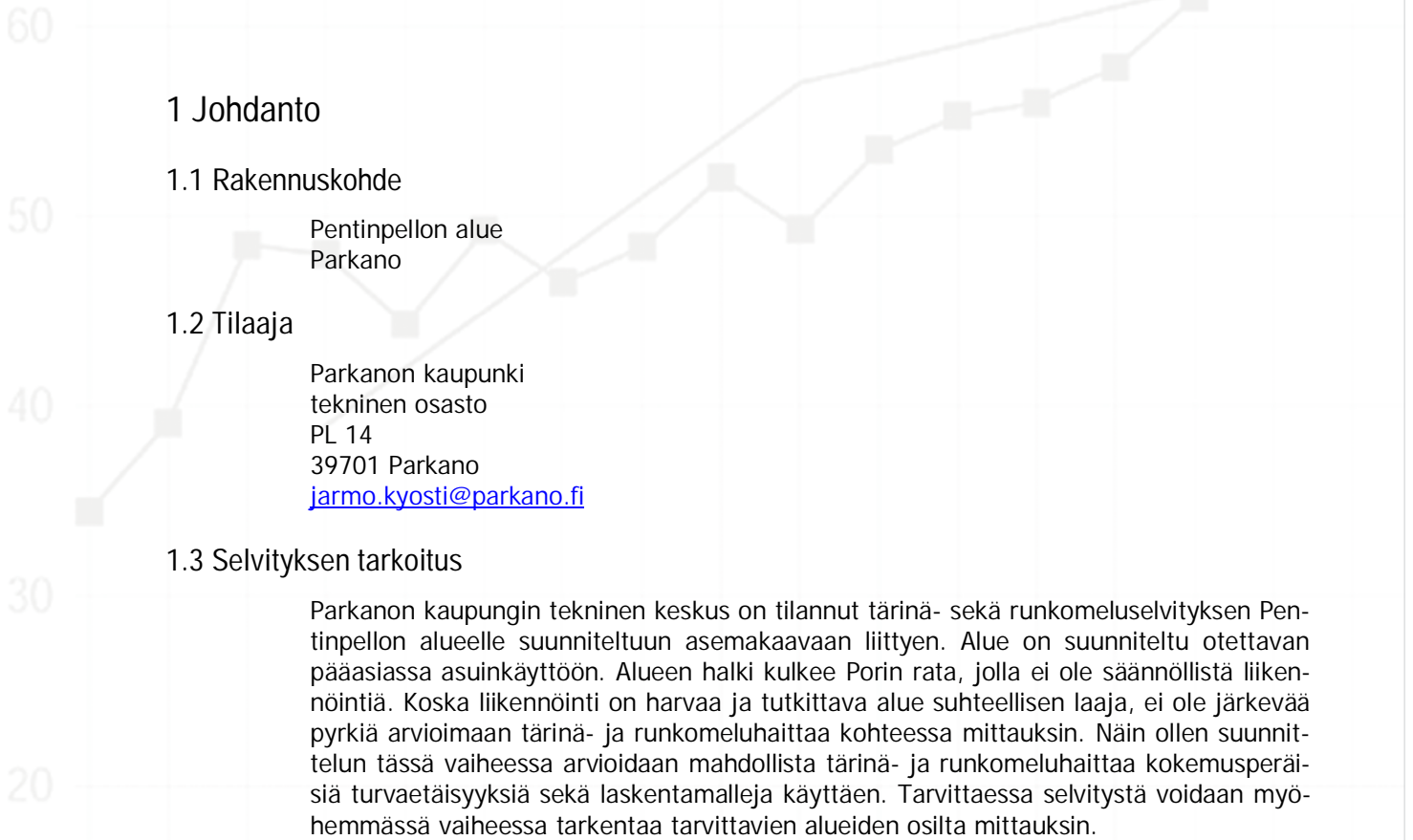
1 Johdanto	3
1.1 Rakennuskohte	3
1.2 Tilaaja	3
1.3 Selvityksen tarkoitus.....	3
2 Määräykset ja ohjeavrot.....	3
2.1 Tärinä	3
2.2 Runkomelu	4
3 Arviointimenetelmät ja tulokset.....	5
3.1 Arvioidut tärinätasot	5
3.2 Arvioidut runkomelutasot	7
4 Yhteenveto ja suositukset	9
Jakelu.....	10
Lähdeluettelo.....	11

Keskittämässä

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

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



2 Määräykset ja ohjearvot

Raideliikenteen aiheuttama maaperän värähtely aiheuttaa kahdenlaista haittaa kytkeytyessään maaperästä rakennukseen 1) tärinää, jonka käyttäjät aistivat liikkeenä ja 2) runkomelua, jolloin värähtelevät rakenteet säteilevät tilaan korvin kuultavaa ääntä. Runkomelu on matalataajuista ääntä, joka muistuttaa esimerkiksi etäistä ukkosen jylinää. Kovilla maaperillä ongelmallinen on yleensä runkomelu, kun taas pehmeillä maaperillä ongelmana on yleensä tärinä.

Kun rakennus perustetaan pehmeällä maaperällä paaluperustuksille, tukeutuu rakennus paalujen välityksellä kovaan maaperään. Tällöin rakennukseen voi välittyä tärinää pehmeän maaperän välityksellä sekä runkomelua kovien maalajien välityksellä.

2.1 Tärinä

Ympäristösuojelulaki [Ympäristönsuojelulaki 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.

VTT:n julkaisussa *Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta* on annettu Norjalaiseen standardiin perustuvat ohjearvot tärinän raja-arvoiksi [NS 8176.E. 1999], [Talja, A. 2004]. Taulukossa 1 on esitetty eri tärinäluokkien ylärajat kiihtyvyydelle ja nopeudelle sekä kuvaus luokkaan kuuluvan värähtelyn häiritsevyydestä. Yläraja on taajuuspainotetuista kiihtyvyyssignaaleista laskettu tilastollinen tunnusluku rakennuksessa. Luokka C edustaa minimitasoa, johon tulee pyrkiä uusien rakennusten suunnittelussa.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

Tilastollinen tunnusluku on määritelty siten, että satunnaisesti ohiajava juna ei 95 prosentin todennäköisyydellä ylitä kyseistä arvoa. Taulukossa 1 esitetyt luokan C arvot koskevat normaaleja asuinrakennuksia. Mikäli halutaan suunnitella korkeampi tasoinen rakennus (esim. häiriöttömämpi lepokoti, sairaala), tulee pyrkiä yhtä luokkaa parempaan tasoon.

Taulukko 1. Värähtelyluokat, kiihtyvyyden $a_{w,95}$ on taajuuspainotetun kiihtyvyyden tilastollinen tunnusluku kyseisen luokan ylärajalla [Talja, A. 2004].

Tärinäluokitus	Kiihtyvyyden tilastollinen tunnusluku $a_{w,95}$ [mm/s ²]	Nopeuden tilastollinen tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]	Kuvaus häiritsevyydestä.
luokka A	≤ 3,6	≤ 0,10	Hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä.
luokka B	≤ 5,4	≤ 0,15	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset voivat havaita värähtelyitä, mutta ne eivät ole häiritseviä.
luokka C	≤ 11,0	≤ 0,30	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.
luokka D	≤ 21,0	≤ 0,60	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista voi pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.

2.2 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 virallisia viranomaismääräyksiä. Avoradalla, jolla on suhteellisen paljon liikennettä voidaan asunnoissa raja-arvona pitää arvoa $L_{A,S,max} \leq 35$ dB. 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 ylärajaa $L_{A,F,max} \leq 45$ dB [Asumisterveysohje. 2003]. Koska FAST- ja SLOW-aikapainotuksella saatavien äänitasojen ero on yleensä noin 2 dB, voidaan asumisterveysohjeen ylärajan tulkita junaliikenteen aiheuttamalle runkomelulle olevan noin $L_{A,S,max} \leq 43$ dB. Mikäli tavoitellaan häiriöttömämpiä 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 2). Suositukset on annettu tilastollisena runkomelutasona L_{prm} , jonka määritelmä on, että satunnaisesti mitattu ohitus ei 95 % todennäköisyydellä ylitä kyseistä arvoa.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

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

ALV-REK FI1042841-4 KOTIPAIKKA Tempelikatu 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

Taulukko 2. VTT:n suositukset runkomelun raja-arvoiksi [Talja, A. ja Saarinen, A. 2009].

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttisalit	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 ilmaääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.	

Koska nyt tutkittavalla alueella liikennöinti on satunnaista, voidaan taulukon 2 ohjearvojen sijaan suunnittelun lähtökohtana pitää asumisterveysohjeen ylärajaa $L_{A,S,max} \leq 43$ dB. Tämä on myös linjassa ulkomailla harvalle liikenteelle sovellettavien ohjearvojen kanssa. Esimerkiksi yhdysvalloissa rataosille, joilla ohiajot toistuvat harvoin sovelletaan ohjearvoa $L_{A,S,max} \leq 43$ dB. Määritelmänä on tällöin, että ohiajoja saa olla enintään 30 kappaletta päivässä. Nyt tutkittavalla rataosalla on todennäköisesti alle 30 ohitusta koko vuoden aikana.

3 Arviointimenetelmät ja tulokset

Alustavan kaavaluonnoksen perusteella lähimmät rakennukset on sijoitettu noin 40 metrin etäisyydelle raiteen keskilinjasta. Alueella satunnaisesti liikennöivien junien suurin sallittu ajonopeus radan huonosta kunnosta johtuen on 30 km/h. Laskennassa on oletettu liikennöivän junan kokonaispainoksi enimmillään 1000 tonnia. Suunnittelutoimisto S. Anttila Oy on suorittanut alueella pohjatutkimuksia. Sähköpostilla 27.10.2010 saatujen alustavien tulosten perusteella alueella vallitseva maalaji on moreeni/hiekkainen moreeni ja kairausvyvydet noin välillä 2...9 metriä. Poikkeuksena radan eteläisellä puolella alueen itäreuna, jolla vallitseva maalaji oli siltti ja kairausvyvydet välillä 3...6 metriä.

3.1 Arvioidut tärinätasot

Vertaamalla liikennöintitietoja maaperään sekä kokemusperäisiin turvaetäisyyksiin, jotka on esitetty VTT:n julkaisussa *Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi*, voidaan todeta, että rakennukset sijoittuvat riskialueelle tärinä osalta. Tästä syystä kohteen osalta on suoritettu tarkempi tärinäanalyysi laskentamenetelmällä.

Laskentamenetelmä on esitetty VTT:n julkaisussa *Suositus liikennetärinän arvioimisesta maankäytön suunnittelussa* ja se perustuu Norjassa kehitettyyn laskentamalliin [Madshus et al. 1996]. Laskentamalli on kehitetty lähinnä pehmeille maaperille mutta sitä voidaan soveltaa myös kovemmille maalajeille.

Laskentamallin tuloksena saadaan pystysuuntaan laskentaetäisyydellä arvioitu heilahdusnopeuden huippuarvo maaperässä, joka määritellään kaavalla

$$v_{z,max} = v_{z,15} k_D k_S k_G k_R k_B, \quad (1)$$

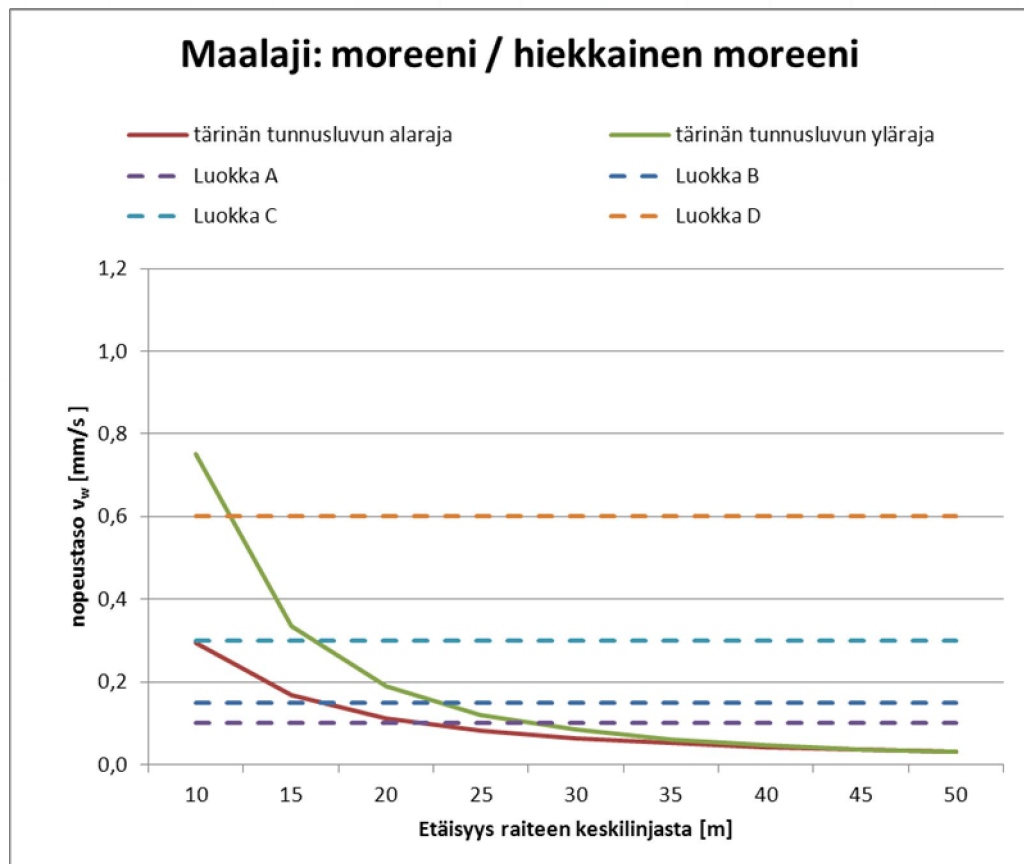
Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

jossa $v_{z,15}$ on pystysuora vertailuheilahdusnopeus maassa 15 metrin etäisyydellä raiteen keskilinjasta, k_D on etäisyyskerroin, k_S on junan nopeudesta riippuva kerroin, k_G junan painosta riippuva kerroin ja k_R radan kunnosta riippuva kerroin. Vertailuheilahdusnopeuden ja etäisyyskerroimen osalta laskentamalli tuottaa sekä ala- että ylärajan arvion, joten näitä käyttämällä myös laskentatuloksena saatavalle heilahdusnopeuden huippuarvolle saadaan arvio ala- sekä ylärajasta. Laskennassa on lisäksi huomioitu varmuuskerroin 2 sekä arvioitu rakennuksessa saavutettava tärinätaso maaperän huippuarvon perusteella.

Rakennuksen tärinätasoa arvioitaessa on huomioitu myös tärinän mahdollinen voimistuminen rakenteissa huomioimalla laskentamenetelmän mukaisesti rakennustyyppi. Kuvassa 1 on esitetty laskentamenetelmällä arvioidut tärinän tunnusluvut eri etäisyyksillä maalajin ollessa moreeni / hiekkainen moreeni. Kuvassa 2 on esitetty vastaavat arvot maalajin ollessa siltti.

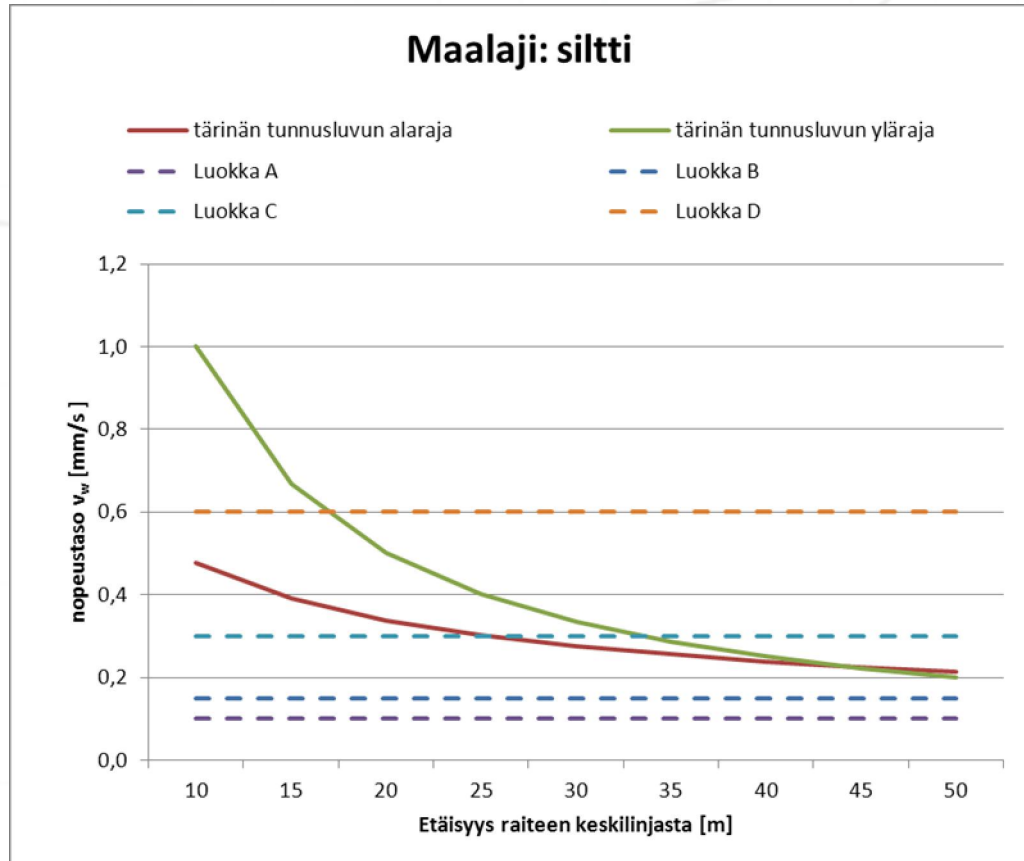
Ajonopeuden ollessa 30km/h voidaan kuvan 1 perusteella todeta, että etäisyyden ollessa vähintään 20 metriä saavutetaan sekä arvioidun tärinän tunnusluvun ala- että ylärajan osalta luokka C. Vastaavasti kuvassa 2 siltin osalta arvioitu vastaava etäisyys on vähintään 35 metriä.

Mikäli ajonopeus nousee 40 km/h tunnissa, ovat vastaavat etäisyydet moreeni / hiekkainen moreeni osalta edelleen 20 metriä ja siltin osalta 45 metriä. Ajonopeudella 50 km/h tunnissa kasvavat etäisyydet edelleen ja ovat moreeni / hiekkainen moreeni osalta 25 metriä ja siltin osalta 60 metriä.



Kuva 1. Arvioidun tärinätason ala- ja ylärajat eri etäisyyksillä radan keskilinjasta maalajin ollessa moreeni / hiekkainen moreeni (ajonopeus 30km/h).

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.



Kuva 2. Arvioidun täriinätason ala- ja ylärajat eri etäisyyksillä radan keskilinjasta maalajin ollessa moreeni / hiekkainen moreeni (ajonopeus 30km/h).

Laskentamenetelmään sisältyy monia epävarmuuksia mutta ne on pyritty huomioimaan tulosten määrittelyssä varmuuskertoimilla sekä määrittelemällä täriinälle ala- ja ylärajan arvot. Mikäli rata on erityisen huonokuntoinen, voivat täriinätasot olla tässä arvioituja korkeampia. Samoin kaikki muutokset laskennan lähtöarvoissa vaikuttavat täriinätasoihin ja siten arvio tulee tarkistaa, mikäli lähtöarvot muuttuvat.

3.2 Arvioidut runkomelutasot

Vertaamalla liikennöintitietoja maaperään sekä kokemusperäisiin turvaetäisyyksiin, jotka on esitetty VTT:n esiselvityksessä *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi*, voidaan todeta, että kovemmissa maalajeilla rakennukset sijoittuvat riskialueelle runkomelun osalta. Tästä syystä kohteen osalta on suoritettu tarkempi runkomeluanalyysi laskentamenetelmällä. Laskentamenetelmä on esitetty edellä mainitussa VTT:n esiselvityksessä ja se pohjautuu yhdysvalloissa kehitettyihin laskentamalleihin [FRA. 2005], [FTA. 2006]. Laskentamenetelmän lopputuloksena saadaan runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso L_{pA} , joka määritetään kaavalla

$$L_{pA} = L_v + \sum \Delta L_{v,i} \quad (2)$$

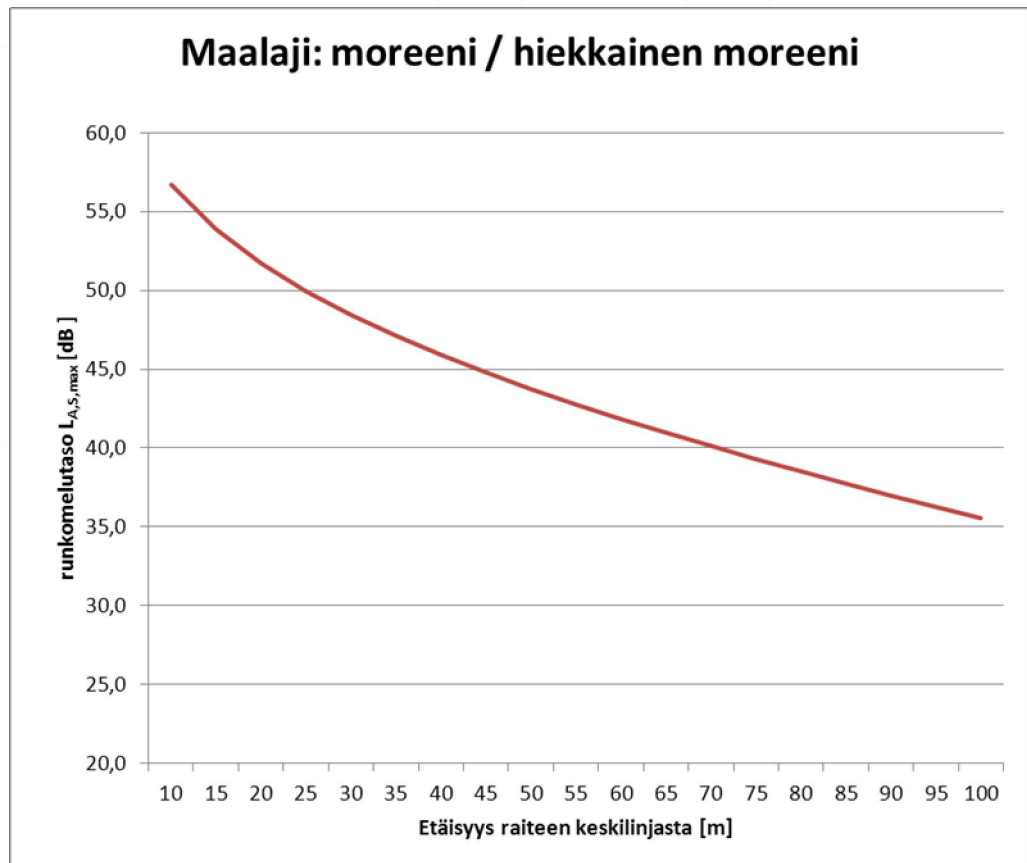
jossa L_v on maaperän värähtelyn nopeustaso ja ΔL_v on värähtelylähteestä, siirtotiestä ja rakennuksesta ominaisuuksista muodostuva nopeustason korjaustermi. Korjaustermissä huomioidaan mm. etäisyys, liikennöivä kalusto, ajonopeus, ajoneuvon ominaisuudet, väylän kunto, radan mahdollinen eristys, väylän sijainti, rakennuksen tyyppi, tarkasteltava kerros, rakennusosien resonanssin vaikutus sekä värähtelyn taajuusjakauma. Lisäksi on huomioitu laskentamenetelmän suosituksen mukainen 6 dB varmuusmarginaali.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

Kuvassa 3 on esitetty arvioidut runkomelutasot eri etäisyyksillä maalajin ollessa moreeni / hiekkainen moreeni. Kuvassa 4 on esitetty vastaavat arvot maalajin ollessa siltti. Kuvan 3 perusteella voidaan todeta, että tavoitetaso $L_{A,S,max} \leq 43$ dB saavutetaan etäisyyden ollessa vähintään 55 metriä. Maalajin ollessa siltti vastaava etäisyys on vähintään 10 metriä. Koska laskentamalli pyrkii olemaan tulosten osalta turvallisella puolella, on kokemuksemme perusteella varmuusmarginaali 6 dB vähintäänkin riittävä. Mikäli varmuusmarginaalina käytetään esimerkiksi 3 dB, riittää kovemilla maalajeilla etäisyydeksi vähintään 40 metriä tavoitetason saavuttamiseksi. Arvioidut runkomelutaso koskevat rakennusten alimpia kerroksia. Siirryttäessä ylöspäin rakennuksessa runkomelun arvioidaan vaimenevan noin 2 dB/kerros alimman viiden kerroksen osalta ja sen jälkeen 1 dB/kerros.

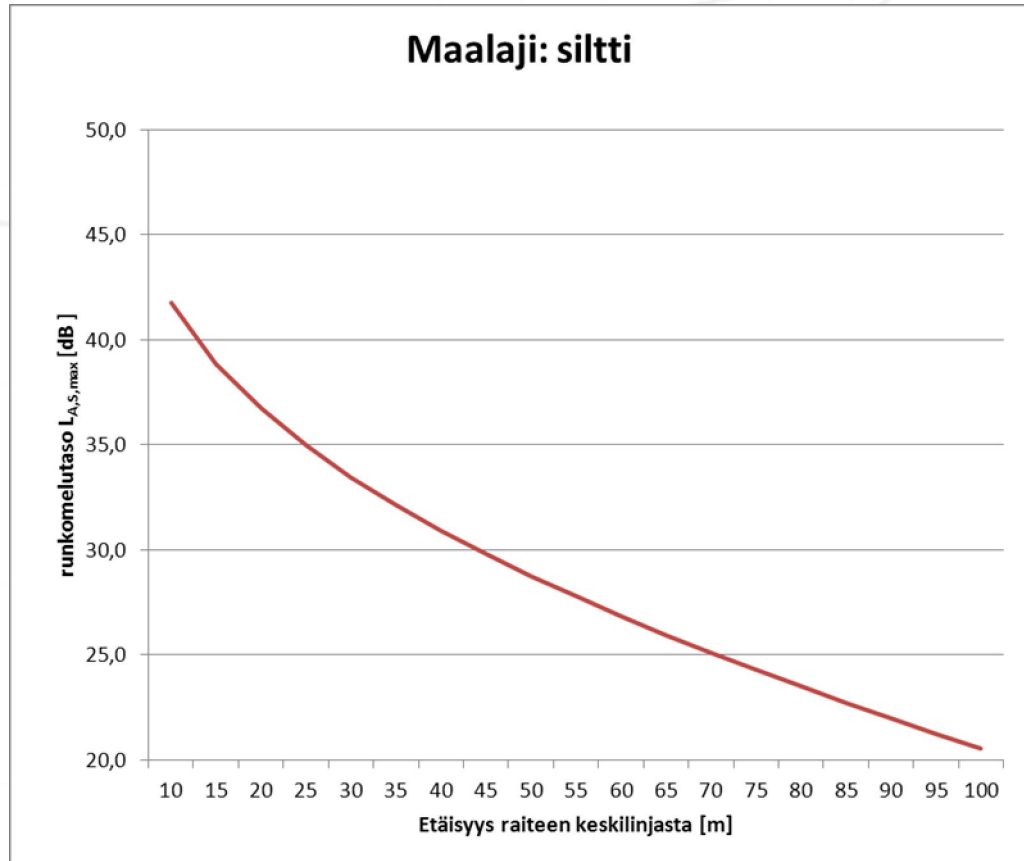
Mikäli ajonopeus nousee 40 km/h tunnissa ja käytetään 3dB varmuusmarginaalia, ovat vastaavat etäisyydet moreeni / hiekkainen moreeni osalta 50 metriä ja siltin osalta edelleen 10 metriä. Ajonopeudella 50 km/h tunnissa kasvavat etäisyydet edelleen ja ovat moreeni / hiekkainen moreeni osalta 60 metriä ja siltin osalta 15 metriä.

Mikäli rakennus perustetaan suoraan kallion varaan tai esimerkiksi pehmeän maalajin alueella paaluilla kalloin varaan ja kyseisellä kohdalla ratarakenne kytkeytyy kalliin, kasvaa runkomelutaso huomattavasti. Tällöin tavoitetaso saavutetaan laskentamallin mukaan vasta reilusti yli 100 metrin etäisyydellä riippuen oleellisesti herätteen taajuussäällöstä.



Kuva 3. Arvioidut runkomelutasot $L_{A,S,max}$ eri etäisyyksillä maalajin ollessa moreeni / hiekkainen moreeni (ajonopeus 30km/h).

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.



Kuva 4. Arvioidut runkomelutasot $L_{A,S,max}$ eri etäisyyksillä maalajin ollessa siltti (ajonopeus 30km/h).

4 Yhteenveto ja suositukset

Tulokset sekä tärinän että runkomelun osalta riippuvat suuresti vallitsevasta maalajista. Tässä esitetyt tulokset perustuvat alustaviin pohjatutkimustietoihin, jolloin alueen eri osissa valitsevien maalajien osalta ei ole ollut tarkkoja tietoja käytettävissä. Mikäli maalajit eroavat tässä arvioiduista, tulee tulokset tarkistaa. Laskentamenetelmillä saatavat tulokset eivät ole tarkkoja mutta pyrkivät yleensä olemaan turvallisella puolella arvioiden osalta.

Kohdassa 3 esitettyjen tulosten osalta suositellaan alueella, jolla maalajina on moreeni / hiekka moreeni, asuinrakennukset sijoittamaan vähintään 40 metrin etäisyydellä raiteen keskilinjasta, jotta tärinä- ja runkomelutasojen osalta saavutettaisiin tavoitetasot. Alueella, jolla maalajina on siltti, suositellaan rakennukset sijoittamaan vähintään 35 metrin etäisyydelle. Edellä mainittujen suositusten perusteena on rataosan nykyinen huonosta kunnosta johtuva nopeusrajoitus 30 km/h. Mikäli liikennöintinopeutena laskennassa käytetään 50 km/h, ovat suositellut etäisyydet molemmilla maalajeilla 60 metriä.

Moreenin / hiekka moreenin alueella mitoittava tekijä on runkomelu ja siltin alueella tärinä. Koska alueella liikennöinti on satunnaista, voidaan haittojen joka tapauksessa arvioida jäävän suhteellisen vähäisiksi. Rakenteellisten vaurioiden syntymiseksi tärinätasojen tulisi ylittää viihtyvyyden kannalta suositeltavat tasot moninkertaisesti. Mikäli laskennan lähtötietoina käytetyt arvot muuttuvat esimerkiksi liikennöintitietojen tai maaperän osalta oleellisesti, tulee niiden vaikutus arvioituihin tärinä- ja runkomelutasoihin tarkistaa.

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

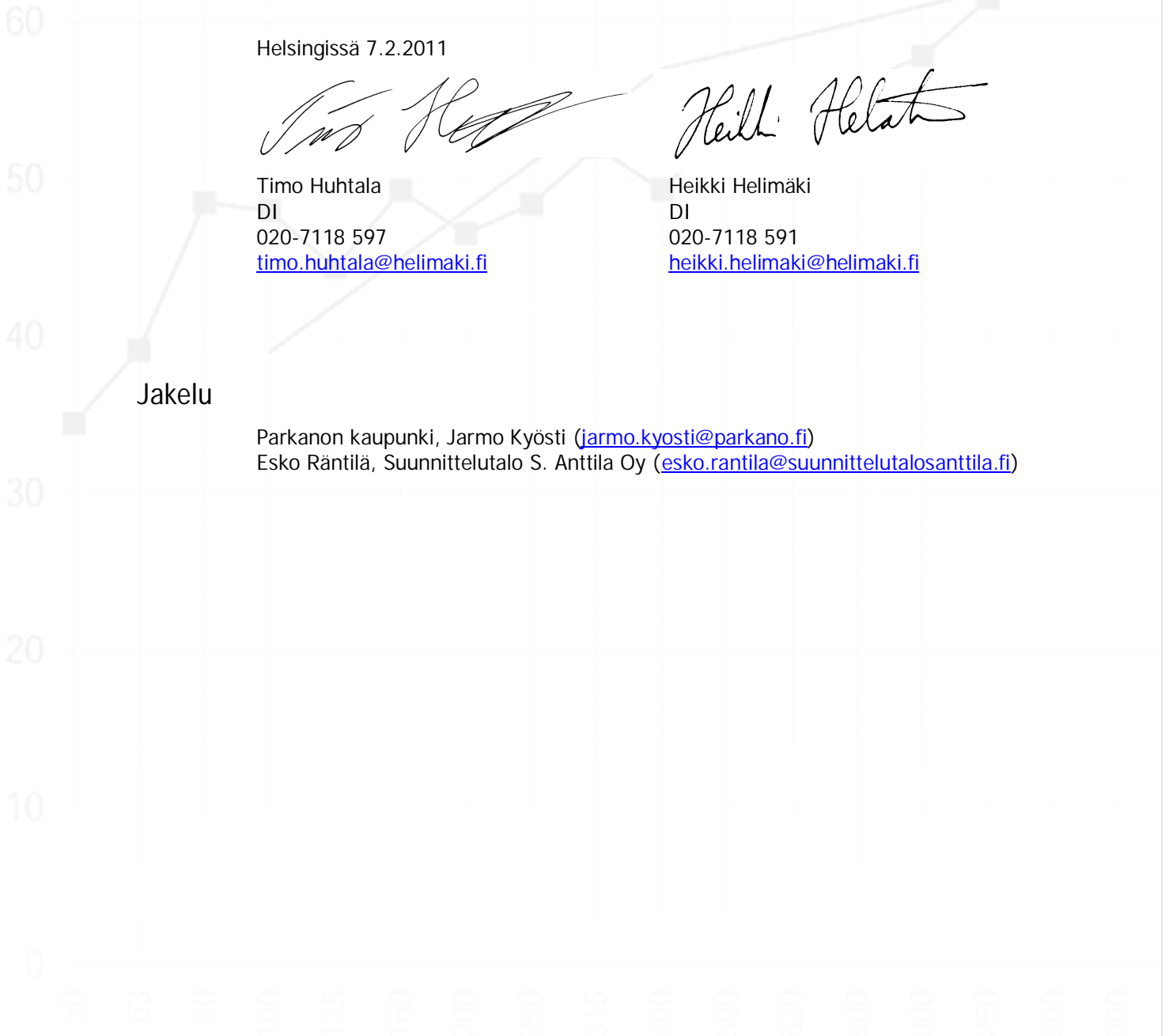
Helsingissä 7.2.2011



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



Heikki Helimäki
DI
020-7118 591
heikki.helimaki@helimaki.fi



Jakelu

Parkanon kaupunki, Jarmo Kyösti (jarmo.kyosti@parkano.fi)
Esko Rantila, Suunnittelutalo S. Anttila Oy (esko.rantila@suunnittelutalosanntila.fi)

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen tai kopiointi on sallittua vain Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n kirjallisella luvalla.

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

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 FTA-VA90100306. 260 s.

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

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

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, s. 80-85.

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. & Härvik, 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 luokituksesta, 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.