



NURMIJÄRVEN KUNTA

RAJAMÄEN ETUOSTOALUEEN RAIDELIIKENTEEEN MELU- JA TÄRINÄSELVITYS



MELU- JA TÄRINÄSELVITYSRAPORTTI

SISÄLLYSLUETTELO

RAJAMÄEN ETUOSTOALUEEN RAIDELIIKENTEEN MELU- JA TÄRINÄSELVITYS

MELU- JA TÄRINÄSELVITYSRAPORTTI

1.	Toimeksianto	3
2.	Lähtötiedot	4
2.1.	Ratakuvaukset	4
2.2.	Junaliikennekuvaus	5
2.3.	Kaavoitusalueen yleispiirteinen maasto- ja pohjasuhdekuvaus	7
3.	Melumittaukset	9
3.1.	Suoritustapa	9
3.1.1.	Melulaskennat	9
3.1.2.	Melumittaukset ja laitteet	9
3.2.	Mittauspisteiden sijainti	10
3.3.	Melutasojen ohjearvot	12
3.4.	Laskentojen tulokset	12
3.4.1.	Nykyiset liikennemäärät	12
3.4.2.	Ennustettu liikennemäärä	12
3.5.	Melumittausten tulokset	13
3.6.	Loppupäätelmä meluista	13
4.	Tärinämittaukset	14
4.1.	Suoritustapa	14
4.2.	Mittauspisteiden sijainnit	14
4.2.1.	Linjamittaukset	14
4.2.2.	Erilliset maastomittauspisteet	15
4.2.3.	Mittauspisteet rakennuksissa ja tiedot rakennuksista	16
4.3.	Mittausantureiden asennukset	19
4.4.	Mittalaitteet	19
4.5.	Tärinämittaustulokset	20
4.5.1.	Mittauslinjan 1 ja samanaikaisten erillispisteiden mittaustulokset	20
4.5.2.	Mittauslinjan 2 ja samanaikaisten erillispisteiden mittaustulokset	21
4.5.3.	Mittauslinjan 3 ja samanaikaisten erillispisteiden mittaustulokset	24
4.5.4.	Mittaustulokset rakennuksista	26
4.6.	Yhteenveto tärinähavainnoista	33
4.7.	Laskennat ja tulosten vaikutusarviointi	34
4.7.1.	Maanpinnan heilahdusnopeusarvon laskenta mitoittavalla junalla	34
4.7.2.	Tärinäalueiden rajausmäärittelmä ja heilahdusnopeuskriteerit	35
4.7.3.	Rakennusten vaurioitumisherkkyys	38
4.7.4.	Rakennusten värähtelyluokituksen tunnusluvun laskeminen	39
5.	Melun ja tärinän vaikutus kaavoitukseen Rajamäen selvitysalueella	41

NURMIJÄRVEN KUNTA

Ympäristöpalvelualue / maankäyttö

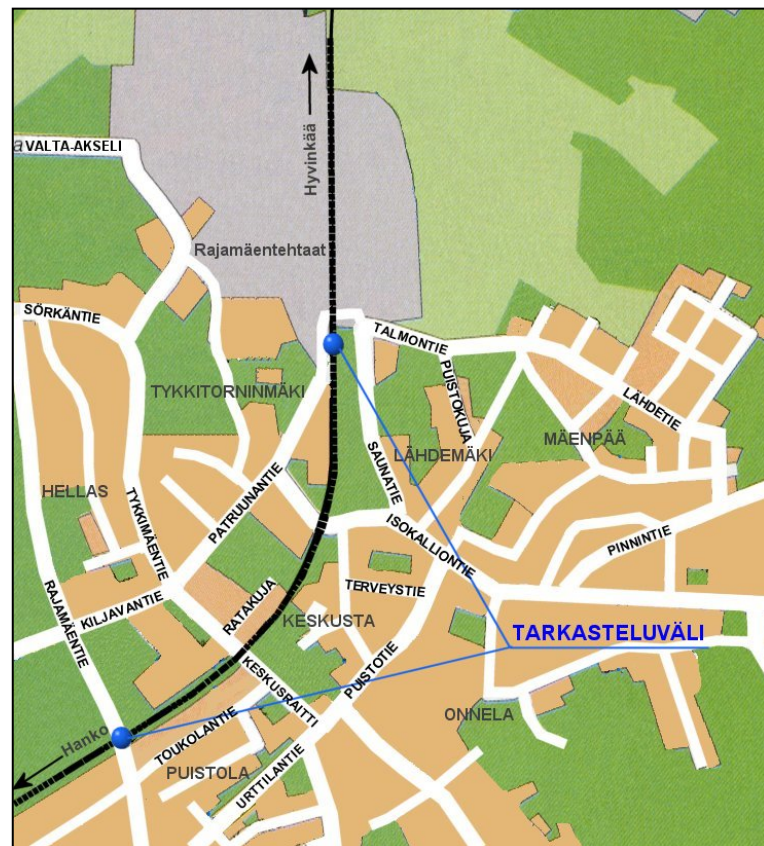
PL 37

01901 NURMIJÄRVI

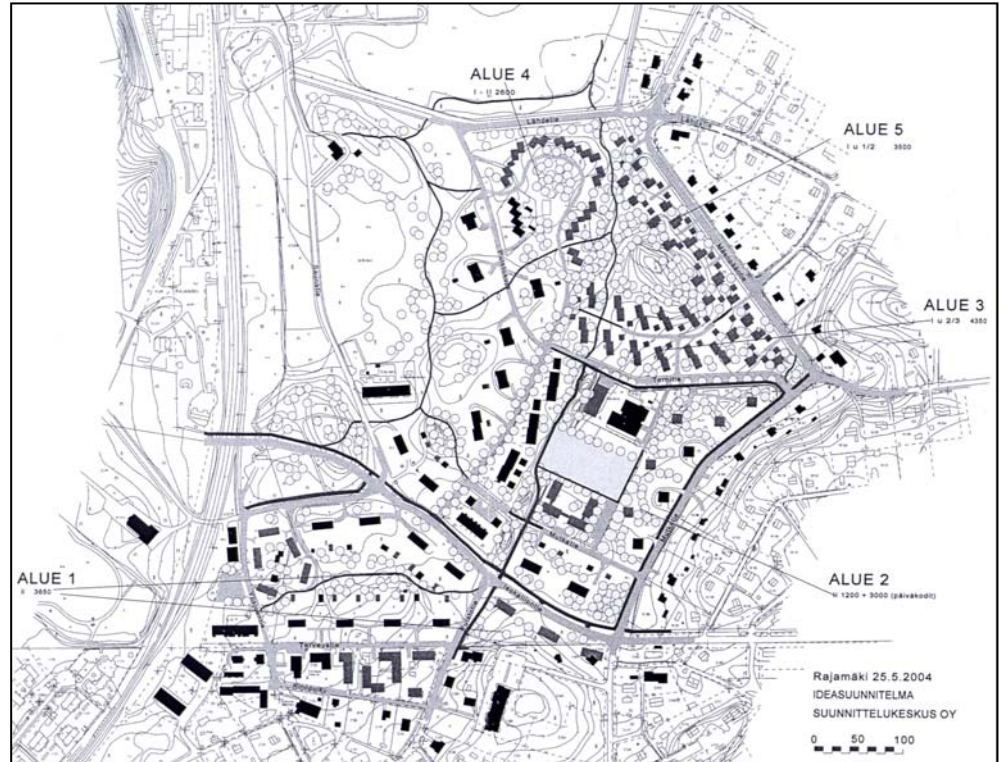
RAJAMÄEN ETUOSTOALUEEN RAIDELIIKENTEN MELU- JA TÄRINÄSELVITYS
MELU- JA TÄRINÄSELVITYSRAPORTTI
1. Toimeksianto

Nurmijärven kunnan toimeksiannosta olemme laatineet melu- ja tärinäselvityksen Rajamäen taajaman ns. etuostoalueen asemakaavaudistamista varten. Tehtyjen selvitysten tavoitteena on tukea kaavoituksessa tehtäviä päätöksiä ja vaikuttaa siihen, miten ja mihin asuinrakennukset ja mahdolliset meluesteet tulee sijoittaa. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, miten junatärinä tulee ottaa huomioon rakentamisessa, jotta raideliikenne ei aiheutuisi haittoja asukkaille.

Rajamäen taajaman halki kulkee Hanko – Hyvinkää rata. Tarkastelualueen pituus on ratalinjaa pitkin noin 1 km alkaen Rajamäentien siltapaikalta ja päättyen Altia Oyj:n tehdasalueelle kuvan 1 mukaisesti. Leveyssuunnassa tarkastelualue on sovitettu rajoittuvaksi radan länsipuolella Patruunantiehen ja itäpuolella Mäenpään asuinalueeseen. Kaavaudistus koskee radan molemminpuolisia alueita siten, että selvityksen pääpainoalue on radan itäpuoli kuvan 2 ideasuunnitelman mukaisesti.



Kuva 1: Selvitysalueen sijaintikartta



Kuva 2: Rajamäen asemakaavaudistuksen ideasuunnitelmapartta / Suunnittelukeskus Oy Kaavaudistuksen pääpinoalue.

2. Lähtötiedot

2.1. Ratakuvaus

Hanko – Hyvinkää rata Rajamäen taajaman kohdalla on yksiraiteinen ja kiskot on hitsattu yhteen. Käytöstä poistetun Rajamäen aseman (km 72 + 267) kohdalla on VR:n ratapiha- ja lastausalue, jossa on kolme sivuraideita. Sivuraiteet päättyvät lastausalueen eteläreunassa ennen Isokalliontien risteystä ja yhtyvät pääraiteeseen Altia Oyj:n tehdasalueen kohdalla. Vanhat sivuraiteet Isokalliontien eteläpuolelta on poistettu.

Rata on tällä hetkellä sähköistämätön, mutta saatujen tietojen mukaan sähköistämiseen kuitenkin varaudutaan. Rataosalla on 80 km/h nopeusrajoitus.

Ratahallintokeskukselta ei ole saatu tietoja radan rakenteista eikä radan perusrantamisesta ei ole tietoja. Radan kunto voidaan työmaatarkastuksen perusteella luokitella Rajamäen taajaman kohdalla yleisesti ottaen hyväksi.

Rajamäen taajama-alueella radan yli menee yksi silta, Rajamäentien ylikulkusilta. Silta sijaitsee aivan tarkastelualueen eteläreunassa. Keskusraitin ja nykyisen Isokalliontien sekä tehdasalueen eteläpäässä Talmontien jatkeella on vartioitunut tasoristeykset.

Rajamäentien siltapaikalta pohjoiseen radan pengerkorkeus on noin 2 m. Ratapenkan korkeus laskee pohjoiseen Hyvinkään suuntaan siten, että Keskusraitin kohdalla ei ole enää penkkaa. Isokalliontien tasoristeyksen jälkeen pohjoiseen päin mentäessä on noin 90 metrin matkalla 0,5...1 metrin korkuinen ratapenkka radan länsipuolen maa-alueelle.

2.2. Junaliikennekuvaus

Rataosuudella ei ole tällä hetkellä henkilöjunaliikennettä. Nykyinen liikennemäärä on keskimäärin yhdeksän (9) tavarajunaa vuorokaudessa. Nurmijärven kunnalta saadun tiedon mukaan Ratahallintokeskus arvioi liikennemäärän nousevan kahteentoista (12) junaan vuorokaudessa vuoteen 2025 mennessä. Tämänhetkiseksi junien maksimipainoiksi VR on ilmoittanut yhden veturin yhdistelmällä 960 tn, kahden veturin yhdistelmällä 1920 tn ja kolmen veturin yhdistelmällä 2700 tn.

Selvitysajankohdan junaliikenteen viikoittainen liikennöinti on esitetty oheisessa taulukossa 1.

Junan kulkupäivä	Likimääräinen kellonaika	Junakoodi	Junatyyppi	Ilmoitettu maksimipaino tn
ti-la	1:00	T3528	T	1720
ma-pe	3:00	T3640	TA	2700
ma-la	4:30	T3042	T	1750
ma-la	7:45	T3644	TR	1900
ke, la	8:50	T5006	TA	1800
ma-la	10:00	T3046	T	1800
ti, to, la	11:00	T3676	TL	800
ti, to, la	12:00	T3675	TL	1000
ma, to	12:35	T3041	TA	750
ylim. juna	12:35	T3671	T	700
ma-pe	13:30	T3641	TA	1030
ylim. juna	14:30	T3045	T	1800
la	15:15	T3645	TR	1900
ma-pe	16:00	T3647	TR	2100
ma-pe	17:30	T3649	T	1900
ma	17:50	T3643	TA	900
ma-pe	19:00	T3039	T	920

Taulukko 1: Viikoittaisen tavarajunaliikenteen inventointi 03/2005/VR

Kuvassa 3 on esitetty näkymä Keskusraitin tasoristeyksestä etelään, kuvassa 4 on näkymä tasoristeyksestä pohjoiseen.



Kuva 3



Kuva 4

Kuvassa 5 on esitetty näkymä Isokalliontien tasoristeyksestä etelään ja kuvassa 6 näkymä tasoristeyksestä pohjoiseen.



Kuva 5



Kuva 6

Kuvassa 7 on esitetty näkymä ratapiha-lastausalueelta pohjoiseen Talmontien tasoristeystä kohti ja kuvassa 8 on näkymä Talmontien / tehdasalueen tasoristeyksestä etelään.



Kuva 7



Kuva 8

2.3. Kaavoitusalueen yleispiirteinen maasto- ja pohjasuhdekuvaus

Pohjasuhdekuvausten laatimista varten on kunnan toimesta käyttööme luovutettu tarkastelualueen maaperäselosteen karttaote (1:4000), karttaote "Rakennusgeologinen kartta yleiskaavoitusta varten" /Geosentria Oy 1979 (1:4000) sekä painokairaustietoja noin 100 metrin kaistaleelta radan itäpuolelta ja radan länsipuolisilta alueilta. Ratahallintokeskuksella ei ollut rataa koskevia kairaustietoja arkistossaan.

Selvitysalueen eteläosassa Rajamäentien siltapaikalta 150...200 metrin matkalla ratalinjaa pitkin pohjoiseen ja Kiljavantien risteysalueen välillä on koheesioma-alue. Ratalinjan länsipuolella, ainakin noin 25...35 metrin etäisyydellä ratalinjasta maaperässä esiintyy kohtia, joissa on kairausten mukaan maanpinnasta alaspäin noin 1...1,5 metrin paksuinen silttikerrostuma ja tämän alla noin 3 m paksuinen savikerrostuma. Saven alapuolella on tiiveydeltään vaihtelevia silttikerrostumia. Maanpinnan korkeus vaihtelee ~+86...+87 tasolla ja kairaukset ovat päättyneet joko määräsyvytydessä hiekkakerrostumaan tai tiiveydeltään vaihtelevaan maakerrostumaan tasolla ~+ 81...+82. Siltapaikan kohdalta, ratalinjan itäpuoliselta alueelta ei ole kairaustietoja. Maaperäkartan mukaan on oletettavaa, että radan itäpuolella on kapea koheesiomaan vyöhyke, jonka jälkeen alkaa kitkamaa-alue.

Ratalinjaa pohjoiseen mentäessä maaperä on pääosin kitkamaata. Keskusraitin tasalle asti maan pintakerrosten alla on 1...1,5 m silttiä ja tämän alapuolella hiekkaa. Maanpinnan korkeus vaihtelee tasolla ~+88,5...+91,5 ja kairaukset ovat päättyneet määräsyvytyteen noin tasolle +83...+87.

Keskusraitin pohjoispuolella noin 120...220 metrin etäisyydellä on pehmeikköalue. Painokairausten mukaan maan pintakerrosten alla on 1...1,5 m paksuinen savikerrostuma, jonka alapuolella 1,5...2,5 m paksuinen silttikerros. Kairaukset ovat päättyneet määräsyvytyteen tiiveydeltään vaihtelevaan hiekkään tasolla ~+86...+88. Maanpinnan korkeustaso vaihtelee ~+91...+93 välillä.

Isokalliontien risteysalueen kohdalla radan itäpuolella maan pintakerrosten alla esiintyy paikoin ohuehkoja ~ 1 m silttikerrostumia, joiden alapuolella on useiden metrien paksuinen hiekkakerros ennen pohjamoreenia. Kirkon ja urheilukentän välialueella radan länsipuolella maaperässä on paikoin ohut silttinen hiekkakerros, jonka alla on pohjamoreeni. Urheilukentän korkeustaso on noin 4,5 m rata-alueella korkeammalla, tasolla +96,8.

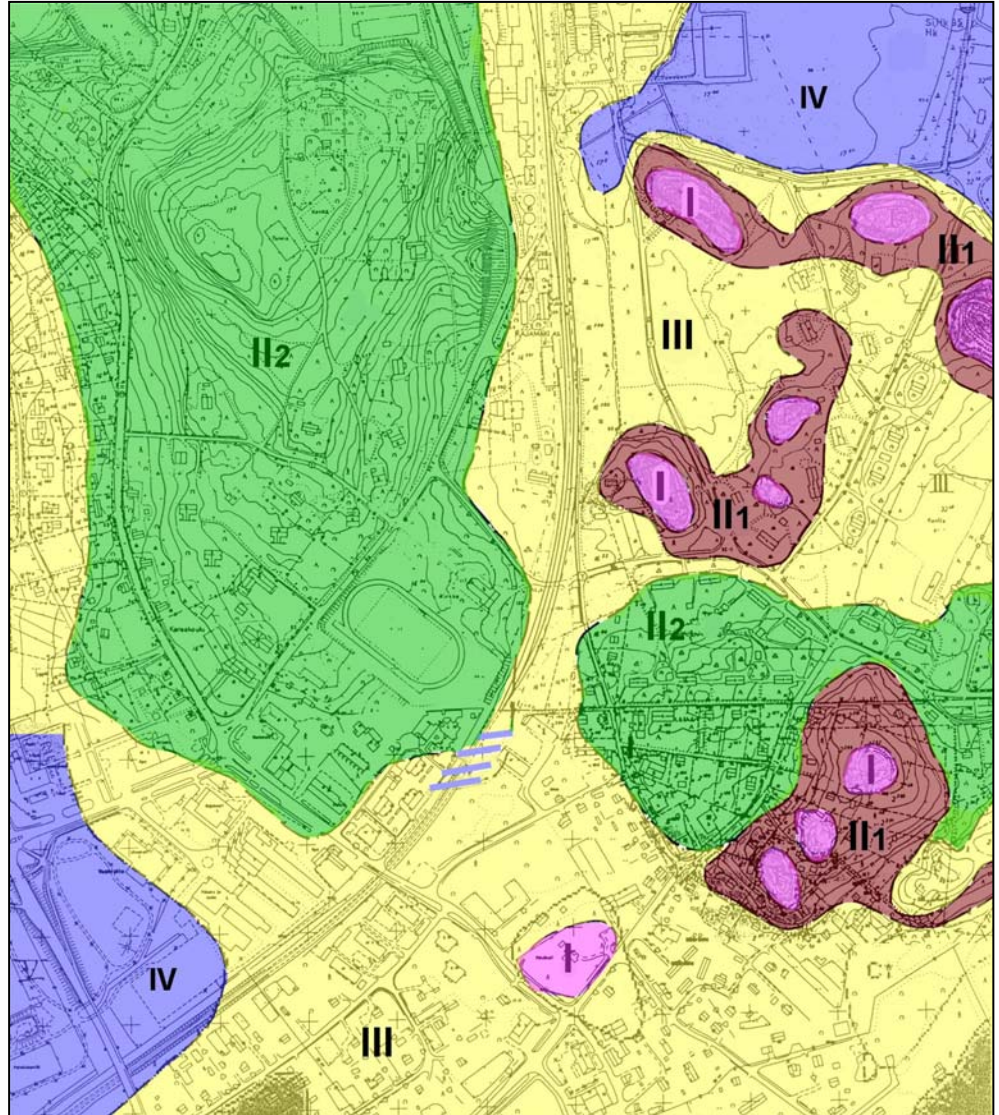
Rajamäen käytöstä poistetun aseman kohdalla km 72 + 267, radan itäpuolella on VR:n lastausalue. Lastausalueen pituus on noin 250 m. Mittausten aikana lastausalueella käsiteltiin ja lastattiin tukkipuita. Itse lastausalueelta ei ole kairaustietoja käytössämme. Lastausalueen itäreunan ja Saunatien välisen alueen maaperä on pinnasta lähtien noin 1...1,5 silttiä ja tämän alapuolella pääosin hiekkaa. Vanhojen asemarakennusten tasalla maaperässä on 2...5 paksuinen silttikerros, johon kairaukset on päätetty määräsyvytyteen. Maanpinnan korkeus on lastausalueen ja Saunatien välisellä alueella ~+90 ja kairaukset ovat päättyneet tasolle ~+85.

Lähellä tehdasaluetta radan itäpuolella, Saunatien ja Talmontien risteysalueen tasalla, on maaperässä paikoin 1...4 m paksuinen savikerros. Savikerroksen alapuolella on hiekkaa tai moreenia ja kairaukset ovat päättyneet määräsyvytyteen tasolle ~+84...85. Maanpinta on tasolla ~+89.

Radan länsipuolella Isokalliontien kohdalla ja Patruunantien risteysalueen maaperässä on humuskerroksen alapuolella 2...2,5 m:n paksuinen hiekkakerros ja tämän alla pohjamoreeni. Luonnollinen maanpinta nousee Isokalliontien tasoristeyksen kohdalta lähtien Patruunantielle päin tasolta ~+91 tasolle ~+94. Muilta osin Patruunantien ja ratalinjan väliseltä alueelta ei ole kairaustietoja, maaperä on maaperäkartan tulkinnan mukaan pääosin hiekkaa. Tykkitorinmäen maaperä on sora- ja

hiekkaa-alueetta. Tykkitorninmäen maasto nousee Patruunantien tasolta $\sim+94$ länteen päin melko nopeasti tasolle $\sim+105$.

Kuvassa 9 on esitetty saadun maaperäkarta-aineiston ja pohjatutkimuskairausten tulkinnan mukaan täydennetty yleispiirteinen maaperäkarta. Kuvan 9 maaperäkarta sekä maasto- ja pohjasuhdekuvaus on laadittu ja tarkoitettu käytettäväksi ainoastaan melu- ja värinämittausten tulosten tulkintoja varten, eikä niitä tule käyttää muuhun tarkoitukseen.



Kuva 9: Yleispiirteinen maaperäkarta, jonka pohjana on Geosentria Oy:n laatima rakennusgeologinen kartta yleiskaavoitusta varten. Kartan maaperärajoituksia on joiltain osin muokattu kairaustietojen ja saadun maaperäselostekartan tietojen pohjalta.

Kuvan 9 kartan merkinnät ovat:

- I (violetti) = kalliainen alue, maapeitteen paksuus 0...3 m
- II₁ (ruskea) = moreenialue
- II₂ (vihreä) = sora – hiekka-alue
- III (keltainen) = hienorakeisten ja osittain hiekkamaalajien alue, pehmeitä kerrostumia satunnaisesti
- IV (sininen) = hienorakeisten maalajien alue, jossa esiintyy pehmeitä savikerrostumia

3. Melumittaukset

Työn tarkoituksena oli selvittää, kuinka laajalle alueelle raideliikenteen aiheuttama 55 dB keskiäänitaso leviää päivällä ja 50/45 dB keskiäänitaso yöllä nykyisillä ja ennustetuilla liikennemäärillä. Lisäksi työssä tarkasteltiin tarvitaanko piha-alueiden tai asuinrakennusten suojaamiseksi meluntorjuntarakenteita tai kaavamääräyksiä.

Alueen melutasot määritettiin laskennallisesti. Laskennat tehtiin pohjoismaisen raideliikenteen laskentamallin (2002) mukaisesti. Laskentojen lisäksi alueen nykyisiä melutasoja selvitettiin mittauksin. Mittaukset tehtiin ympäristöministeriön ohjeen 1/1995 mukaisesti.

3.1. Suoritustapa

3.1.1. Melulaskennat

Melutasot määritettiin Cadna A -tietokoneohjelmistolla, joka perustuu yhteispohjoismaiseen raideliikennemelun laskentamallin (2002). Raideliikenteen aiheuttamat melutasot on selvityksessä laskettu 10 x 10 metrin ruudukossa tietokoneeseen muodostettua maastomallia käyttäen. Laskentakorkeutena käytettiin +2 metriä maanpinnasta.

Ohjelma ottaa laskennoissa huomioon maaston muodot, vesistöt, rakennukset ja muut suuret pinnaltaan "kovat" alueet, kuten suuret pysäköintialueet. Melulaskennoissa on laskettu ulkomelun päiväajan ja yöajan (klo 7 - 22 ja klo 22 - 7) keskiäänitasot. Meluvyöhykkeet on esitetty välillä 75 - 50 dB porrastaen ne 5 desibelin välein. Maastomallina työssä käytettiin Nurmijärven kunnalta saatua pohjaaineistoa. Keskiäänitasojen lisäksi laskettiin myös raideliikenteen aiheuttamat enimmäistasot alueella.

Laskentojen liikennemäärät perustuvat taulukon 1 (s. 5) aikataulutietoihin. Koska radan liikennemäärät vaihtelevat päivittäin merkittävästi, käytettiin laskennoissa nykytilanteen kuvaajana vilkkaimman päivän (to) liikennetietoja. Tulevasta, vuotta 2025 koskevasta liikennemäärästä ei saatu virallista tietoa, joten ennustetilanne on laskettu puolitoistakertaisella liikennemäärällä.

3.1.2. Melumittaukset ja laitteet

Melumittaukset suoritettiin Ympäristöministeriön ohjeen "Ympäristömelun mittaaminen, 1/1995" mukaisesti. Mittauslaite sijoitettiin kaikissa mittauspisteissä 1,5 metrin korkeudelle maanpinnasta ja mittauspisteet sijaitsivat 30 - 130 metrin etäisyydellä radasta. Melumittausten kesto eri mittauspisteissä vaihteli 2½ - 44 h välillä.

Melutapahtumien tunnistamiseksi mittari ohjelmoitiin äänittämään melutapahtumat, joiden äänenpainetaso ylitti 55 dB. Lisäksi junien identifioimiseksi mittausjaksojen ajalta pyydettiin VR:ltä yksityiskohtaisemmat tiedot junien aikatauluista mittauksen aikana. Junatiedot on esitetty taulukossa 16 sivulla 32.

Mittauksissa käytettiin yhtä I - luokan äänitasomittaria.

Äänitasomittari	RION	NL-32
Äänitasokalibraattori	MIP	5274

Mittauslaitteisto oli varustettu mittauspisteiden 1 ja 2 aikana tuulisuojalla sekä mittauspisteessä 3 sääsuojalla. Ennen mittauksia ja mittauksen jälkeen mittari kalibroitiin äänitasokalibraattorilla mittarin toimivuuden tarkistamiseksi. Säätilaa koskevat havainnot saatiin Ilmatieteen laitoksen Röykän havaintopisteestä. Säätilakuvaus on esitetty myöhemmin sivulla 14 kohdassa 4. "Tärinämittaukset".

3.2. Mittauspisteiden sijainti

Raideliikenteen ja alueella olevan muun toiminnan aiheuttamaa melua mitattiin yhteensä kolmessa eri mittauspisteessä, jotka sijaitsivat 30 - 130 metrin etäisyydellä radasta. Mittauspisteet sijoitettiin siten, että niiden avulla saatiin kerättyä tietoa junien ohiajojen aiheuttamista äänitasoista eri etäisyyksillä. Mittauspisteiden sijainnit on esitetty kuvan 12 melumittauspisteiden sijaintikartassa.

- Mittauspiste Mp 1 (kuva 10) sijaitsi radan lännenpuoleisella alueella Isokalliontien pohjoispuolella noin 65 metrin etäisyydellä radasta. Mittauksen aikana maa oli lumen peittämä noin 30 cm ja mittauspisteen ja radan välillä oli harvaa puustoa. Mittaus tehtiin 8.3.05 klo 13:22 - 16:49 välisenä aikana. Mittausjakson pituus oli noin 3½ h.



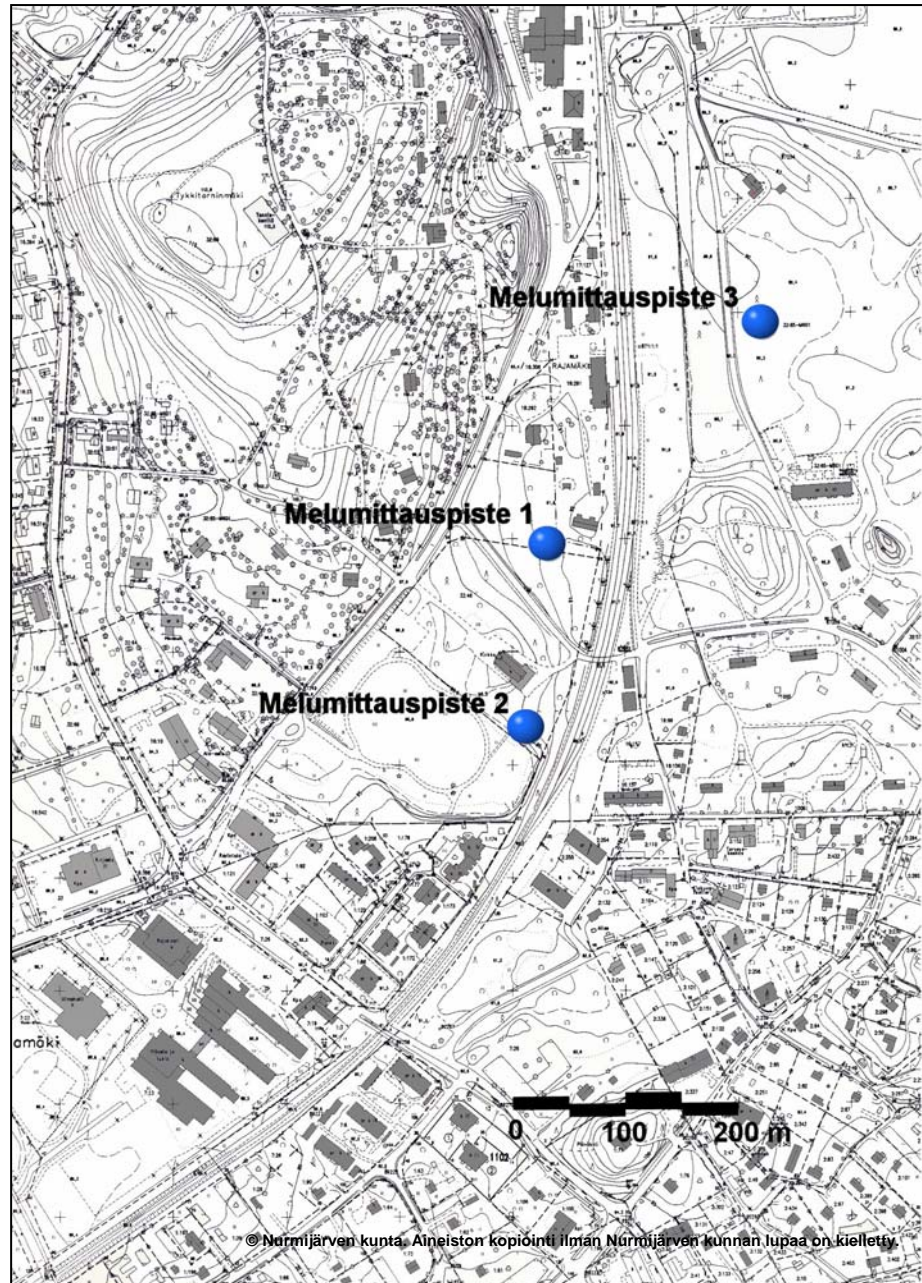
Kuva 10

- Mittauspiste Mp 2 (kuva 11) sijaitsi Isokalliontien eteläpuolella, radan länsipuolella kirkon ja urheilukentän välisellä alueella noin 30 metrin etäisyydellä radasta. Mittauksen aikana maa oli lumen peittämä noin 30 cm. Mittauspisteen ja radan väli oli lähes avoin. Mittaus tehtiin 8.3.05 klo 17:00 - 19:21 välisenä aikana. Mittausjakson pituus oli noin 2½ h.



Kuva 11

- Mittauspiste Mp 3 sijaitsi Saunatien itäpuolella noin 130 metrin etäisyydellä radasta. Mittauksen aikana maa oli paljas. Mittauspisteen ja radan välillä oli metsää ja lisäksi radan läheisyydessä oli ylijäämämaasta syntynyt valli. Mittaus aloitettiin 8.4.05 klo 17:34 ja lopetettiin 10.4.05 klo 13:56. Mittausjakson pituus oli noin 44 h.



Kuva 12: Melumittauspisteiden sijaintikartta

3.3. Melutasojen ohjearvot

Laskennoissa ja mittauksissa saatuja arvoja on verrattu Valtioneuvoston päätöseen melutason ohjearvoista (993/92).

Taulukko 2. Valtioneuvoston päätöksen (993/1992) mukaiset melutason ohjearvot.

Melun A-painotetut keskiäänitasot (ekvivalenttitasot), L_{Aeq}, enintään		
	Päivällä klo 7-22	Yöllä klo 22-7
Ulkona		
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	45 - 50 dB ¹⁾²⁾
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ³⁾
Sisällä		
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneet	45 dB	-

1) Uusilla alueilla melutason yöohjearvo on 45 dB.

2) Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa.

3) Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

3.4. Laskentojen tulokset

3.4.1. Nykyiset liikennemäärät

Raideliikenteen melualue päivällä on esitetty liitteessä 1. Nykyisillä liikennemäärillä raideliikenteestä aiheutuva yli 55 dB keskiäänitaso leviää noin 40 metrin etäisyydelle radasta. Näin ollen melusta ei tule olemaan haittaa nyt kaavoitettaville alueille. Tällä hetkellä olemassa olevien asuinrakennusten kohdalla on muutamia piha-alueita, joilla 55 dB ohjearvo ylittyy.

Raideliikenteen keskiäänitaso yöllä on esitetty liitteessä 2. Yöllä 50 dB keskiäänitaso leviää noin 50 metrin etäisyydelle, eikä siitä ole haittaa kaavoitettavalle alueelle. Tällä hetkellä olemassa olevien asuinrakennusten kohdalla on muutamia piha-alueita, joilla ohjearvo 50 dB ylittyy.

3.4.2. Ennustettu liikennemäärä

Raideliikenteen ennustettu melualue päivällä on esitetty liitteessä 3. Ennustetuilla liikennemäärillä (nykytilanteeseen 1,5 -kertaisella) raideliikenteestä aiheutuva yli 55 dB keskiäänitaso leviää noin 50 metrin etäisyydelle radasta. Keskiäänitaso ei tule ylittämään 55 dB ohjearvoa nyt kaavoitettaville alueille. Nykyisin olemassa olevien asuinrakennusten kohdalla keskiäänitasot nousevat noin 2 dB nykytasoihin verrattuna. Lisäksi alueella on muutamia rakennuksia, joiden piha-alueilla 55 dB ylittyy.

Raideliikenteen ennustettu melualue yöllä on esitetty liitteessä 4. Yöllä 50 dB keskiäänitaso leviää noin 70 metrin etäisyydelle radasta ja 45 dB keskiäänitaso noin

150 metrin etäisyydelle radasta. Mikäli nyt kaavoitettava alue lasketaan uudeksi asuinalueeksi, ylittyisi uusille asuinalueille annettu 45 dB ohjearvo Isokalliontien eteläpuolelle rakennettavien uusien rakennusten alueella. Laskennoissa ei ole huomioitu tulevia rakennuksia. Tästä syystä voidaan olettaa, että uudet rakennukset kuitenkin suojaavat piha-alueita melulta ennustetilanteessa, eikä melusta ole haittaa asukkaille.

3.5. Melumittausten tulokset

Mittauksista analysoitiin mittausjakson keskiäänitaso L_{Aeq} , enimmäistaso (L_{max}) ja minimitaso (L_{min}). Lisäksi tuloksista analysoitiin mittausjakson pysyvyydet (5, 10, 50, 90 ja 95 %). Lisäksi mittauspisteestä 3 tulostettiin tuntikohtaiset tarkastelut mittauspisteen melutasoista mittauksen aikana. Äänitusten perusteella tunnistettiin myös useimmin havaitut yli 55 dB äänitason ylittäneet melulähteet mittauksen aikana.

Mittauspiste 1: 8.3.2005 klo 13:22 - 16:49 (Liite 5)

TAULUKKO 3	MITTAUSTEN TULOKSET		
Päivä	L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{Amin}
8.3.2005	50 dBA	73 dBA	40 dBA

Mittauspisteessä 1 useimmin havaitut äänilähteet olivat lapset, tieliikenne, lentoliikenne ja junat.

Mittauspiste 2: 8.3.2005 klo 17:00 - 19:21 (Liite 6)

TAULUKKO 4	MITTAUSTEN TULOKSET		
Päivä	L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{Amin}
8.3.2005	52 dBA	83 dBA	35 dBA

Mittauspisteessä 2 useimmin havaitut äänilähteet olivat lapset, lentoliikenne ja junat.

Mittauspiste 3: 8-10.4.2005 (Liite 7 - 10)

TAULUKKO 5	MITTAUSTEN TULOKSET		
Päivä	L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{Amin}
8.-10.4.05	43 dBA	70 dBA	29 dBA

Mittauspisteessä 3 useimmin havaitut äänilähteet olivat linnut, lentoliikenne ja junat.

Kaikissa mittauspisteissä korkeimman enimmäistason aiheutti raideliikenne, mutta myös lentoliikenteen aiheuttamat enimmäistasot olivat lähes yhtä korkeita. Mittauspisteessä 3 osa lentoliikenteen aiheuttamista enimmäistasoista olivat korkeampia kuin hiljaisimpien junien aiheuttamat enimmäistasot. Mittaustulokset on esitetty tarkemmin liitteissä 6 - 10.

3.6. Loppupäätelmä meluista

Tulosten perusteella voidaan sanoa, ettei raideliikenteen melu tai muukaan melu nosta nyt kaavoitettavien alueiden päiväajan melutasoja yli ohjearvon 55 dB. Ennustetilanteessa ainoastaan yöajan melutasot saattavat nousta lähimpien kaavoitettavien alueiden kohdalla yli 45 dB ohjearvon. Tämä voidaan kuitenkin estää sijoittamalla uudet rakennukset siten, että niistä muodostuu meluete niiden piha-alueille. Mittausten perusteella alueen keskiäänitasot ovat alhaiset. Melun häiritsevyyden kannalta merkittävimpiä tekijöitä ovat korkeita enimmäistasoja aiheuttavat raideliikenne ja lentoliikenne.

4. Tärinämittaukset

Toimeksianto on tärinämittausten suorituksen ja tulosten alueellisen vaikutusarvioinnin osalta toteutettu soveltaen VR:n käyttämää mittausohjetta "Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin. Vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen" (VTT Espoo 2002), josta jäljempänä tekstissä käytetään lyhennettä "mittausohje 1". Mittausohjetta 1 on käytetty arvioitaessa eri etäisyyksille rakennettavien rakennusten perustuksiin välittyvää tärinää ja tätä kautta rakennusten vaurioitumisalttiutta. Vaikutus- ja vaurioitumisarvio on suoritettu tehtyjen mittausten perusteella.

Arvioitaessa tärinän vaikutuksia asumismukavuuteen ja ihmisten häiriintymiseen, on johtopäätökset tehty soveltaen julkaisua "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksista" (VTT, Espoo 2004), josta jäljempänä tekstissä käytetään lyhennettä "mittausohje 2". Asumismukavuutta ja tärinän häiritsevyyttä on arvioitu olemassa olevista rakennuksista tehtyjen mittausten perusteella.

Säätila maastomittausten aikana oli 7. - 8.3. aurinkoinen ja 16. - 17.3. pilvinen ja lumisateinen. Ilmatieteenlaitoksen Rökän mittausasemalla lämpötilalukema oli alhaisimmillaan 7. - 8.3. välisenä yönä -10,5 °C ja 16. - 17.3. välisenä yönä -19,7 °C. Työmaalla tehtyjen mittausten mukaan lämpötila laski paikallisesti 7. - 8.3. välisenä yönä alle -13 °C ja vastaavasti 16. - 17.3. välisenä yönä pakkasta oli alimmillaan -11 °C.

4.1. Suoritustapa

Tärinämittauksia tehtiin kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa tehtiin maastomittauksia miehitettynä 7. - 8.3. ja 16. - 17.3.05.

Toisessa mittausvaiheessa mittaukset tehtiin siten, että mittalaitteet asennettiin ennalta valittuihin kolmeen eri asuinrakennukseen viikoksi 21. - 29.3.05 väliseksi ajaksi.

4.2. Mittauspisteiden sijainnit

4.2.1. Linjamittaukset

Linjamittauksessa yhdellä mittalaitteella taltioidaan tärinähavainto samanaikaisena otoksena siten, että maastoon eri etäisyyksille asennetut mittausanturit yhdistetään kaapeloinnilla yhteen mittalaitteeseen. Erillisiä mittauspisteitä voidaan käyttämämme järjestelmässä kytkeä yhteen enintään 4 kpl, joista jokaisessa taltioidaan värähtelyn yhtä, tässä tapauksessa pystykomponenttia. Mittauslinja sijoitetaan kohtisuoraan ratalinjaan nähden. Mittauspaikkojen sijoitukseen maastossa vaikuttivat sekä kaavauudistuksen pääpinoalue että ko. alueen maaperäolosuhteet.

Mittauslinja 1

Mittauslinja 1 sijaitsi 7.3. klo 16:00 – 8.3. klo 01:30 välisenä aikana radan itäpuolella VR:n lastausalueen eteläpäässä Isokalliontien pohjoispuolella lastausalueen ja Saunatien välisellä alueella seuraavasti:

- Mittauspiste "Rata" oli maassa ratapiha-alueen äärimmäisen sivuraiteen kiskon vieressä 16,1 metrin etäisyydellä junan käyttämän pääraiteen keskiliinjasta. Mittaussuunta oli pystysuunta (vert).
- Mittauspiste Mp 1 oli maassa 59,1 metrin etäisyydellä raiteen keskeltä. Mittaus-suunta oli pystysuunta (vert).
- Mittauspiste Mp 2 oli maassa 97,6 metrin etäisyydellä raiteen keskeltä. Mittaus-suunta oli pystysuunta (vert).
- Mittauspiste Mp 3 oli maassa 124,6 metrin etäisyydellä raiteen keskeltä. Mittaus-suunta oli pystysuunta (vert).

Mittauslinjan kohdalla Saunatien suuntaisesti oli samanaikaisesti käynnissä kunnan vesiputkityömaa, joka häiritsi kaapeleiden asennusta putkilinjan poikki. Lisäksi maankaivusta ja työkoneiden liikkumisesta aiheutunut tärinä häiritsi seurantaa. Tästä johtuen mittausseuranta jouduttiin lopettamaan ennakoitua aikaisemmin.

Mittauslinja 2

Mittauslinja 2 sijaitsi 8.3. klo 12:00 – 19:30 välisenä aikana radan länsipuolella urheilukentän ja kirkon välisellä alueella.

- Mittauspiste Mp 1 oli maassa 11,2 metrin etäisyydellä raiteen keskeltä. Mittaussuunta oli pystysuunta (vert).
- Mittauspiste Mp 2 oli maassa 53,2 metrin etäisyydellä raiteen keskeltä. Mittaussuunta oli pystysuunta (vert).
- Mittauspiste Mp 3 oli maassa 81,2 metrin etäisyydellä raiteen keskeltä. Mittaussuunta oli pystysuunta (vert).

Mittauslinja 3

Mittauslinja 3 sijaitsi 16.3. klo 13:35 – 17.3. klo 14:30 välisenä aikana radan itäpuolella km-luvulla 72+220 vanhan asemarakennuksen pohjoispuolella rata-alueen ja Saunatien välisellä kaistalla.

- Mittauspiste Mp 1 oli maassa 26,5 metrin etäisyydellä raiteen keskeltä. Mittaussuunta oli pystysuunta (vert).
- Mittauspiste Mp 2 oli maassa 63,5 metrin etäisyydellä raiteen keskeltä. Mittaussuunta oli pystysuunta (vert).
- Mittauspiste Mp 3 oli maassa 91,0 metrin etäisyydellä raiteen keskeltä. Mittaussuunta oli pystysuunta (vert).

4.2.2. Erilliset maastomittauspisteet

Erillisiä mittauspisteitä asennettiin maastoon sellaisiin paikkoihin, joihin ei voitu olemassa olevien katulinjausten tai muun häiritsevän tekijän takia asentaa kaapelointia linjamittausta varten. Mittausdata taltioitiin jokaisessa maastopisteessä erikseen mittalaitteella. Kaikkien mittalaitteiden kellot synkronoitiin ennen mittauksen aloitusta tärinän samanaikaisen taltioinnin varmistamiseksi.

- Mittauspiste Mp 4 oli asennettuna maahan 7. – 8.3. ja 16. – 17.3. suoritettujen mittauksen aikana. Mittauspiste sijaitsi Isokalliontien ja Patruunantien risteyksen kohdalla noin 130 metrin etäisyydellä ratalinjasta. 3-komponenttianturin pitkittäinen vaakasuunta (long) oli kohtisuoraan ratalinjaan nähden.
- Mittauspiste Mp 5 oli asennettuna maahan 8.3. suoritettujen mittauksen aikana. Mittauspiste sijaitsi radan länsipuolella tarkastelualueen eteläpäässä Rajamäentien siltapaikasta noin 160 metriä pohjoiseen koulurakennuksen eteläpuolella. Etäisyys radan keskilinjaan oli noin 12 metriä. 3-komponenttianturin pitkittäinen vaakasuunta (long) oli kohtisuoraan ratalinjaan nähden.
- Mittauspiste Mp 6 oli asennettuna maahan 8.3. suoritettujen mittauksen aikana. Mittauspiste sijaitsi radan länsipuolella Isokalliontien pohjoispuolella noin 18,5 metrin etäisyydellä radan keskilinjasta. 3-komponenttianturin pitkittäinen vaakasuunta (long) oli kohtisuoraan ratalinjaan nähden.
- Mittauspiste Mp 7 oli asennettuna maahan 16. – 17.3. suoritettujen mittauksen aikana. Mittauspiste sijaitsi radan itäpuolella Isokalliontien ja Terveystien välisessä maastossa noin 143 metrin etäisyydellä ratalinjasta. 3-komponenttianturin pitkittäinen vaakasuunta (long) oli kohtisuoraan ratalinjaan nähden.

- Mittauspiste Mp 8 oli asennettuna maahan 16. – 17.3. suoritettujen mittaus-ten aikana. Mittauspiste sijaitsi radan itäpuolella Talmontien ja Puistokujan risteyskohdan radanpuoleisessa maastossa noin 250 metrin etäisyydellä ratalinjasta. 3-komponenttianturin pitkittäinen vaakasuunta (long) oli kohtisuoraan ratalinjaan nähden.

4.2.3. Mittauspisteet rakennuksissa ja tiedot rakennuksista

Toinen mittausvaihe toteutettiin siten, että 21.3. – 29.3.2005 välisenä aikana oli kolme (3) erillistä mittalaitetta asennettuina ennalta valittuihin olemassa oleviin rakennuksiin radan varrella. Mittalaitteet ohjelmoitiin taltioimaan ympärivuorokautisesti kaikki värinäpölyt. Mittalaitteita ohjattiin, tarvittaessa mittausmuotoa muutettiin ja tulokset noudettiin GSM – verkon välityksellä. Mittausanturin kiinnityskohdaksi valittiin rakennuksen sisältä pohjakerroksen kantava seinäosa mahdollisimman läheltä perustuksia.

- Mittauspiste Mp 11 sijaitsi osoitteessa Toukolantie 1, rakennuksen no 2 kellarissa. Rakennus sijaitsee ratalinjan itäpuolella Keskusraitin eteläpuolisella alueella. Mittauspisteen etäisyys ratalinjaan oli noin 38 metriä kartalta mitattuna. Tavoitteena oli selvittää junatärinän välittyminen rakennukseen ja tärinän suuruus. Mittalaitteen anturi oli kiinnitetty rakennuksen kellarikerroksen kantavassa betonisisäväliseinässä lattian rajassa. Rakennuksen leveys-suunnassa mittauskohta oli rakennuksen keskellä ja pituussuunnassa radanpuoleisessa päätyosassa. 3-komponenttianturin pitkittäinen vaakasuunta (long) oli rakennuksen pituussuuntainen ja lähes kohtisuoraan ratalinjaan nähden.

Rakennus on 3-kerroksinen, kellarillinen betonirunkoinen asuinkerrostalo, jonka päätyjulkisivuissa on tiilivuoraus. Muissa julkisivuissa on profiilipeltiä. Rakennus (kuva 13) on rakennettu ~1973 ja se on saatujen piirustusten mukaan perustettu ilmeisesti maanvaraisin anturoin tiiviin maakerroksen varaan.



Kuva 13

- Mittauspiste Mp 12 sijaitsi osoitteessa Ratakuja 3 - 5, rakennuksen C katutason lämmönjakokeskuksessa. Rakennus sijaitsee ratalinjan länsipuolella Keskusraitin pohjoispuolisella alueella. Mittauspisteen etäisyys ratalinjaan oli noin 46 metriä kartalta mitattuna. Tavoitteena oli selvittää junatärinän välittyminen rakennukseen ja tärinän suuruus. Mittalaitteen anturi oli kiinnitetty rakennuksen alakerran kantavassa betoniväliseinässä pohjoispäätyseinän kulmassa lattian rajassa. Rakennuksen leveys-suunnassa mittauskohta oli rakennuksen keskellä. 3-komponenttianturin pitkittäinen vaakasuunta (long) oli rakennuksen päätyjulkisivun suuntainen ja kohtisuoraan ratalinjaan nähden.

Rakennus (kuva 14) on 3-kerroksinen betonirunkoinen asuinkerrostalo, jonka välipohjat on tehty ontelolaatoista. Rakennuksessa ei ole kellaritiloja. Rakennus on rakennettu vuonna ~1991 ja se on perustettu piirustusten mukaan maanvaraisin anturoin tiiviin maakerroksen varaan. Alapohja on maanvarainen.



Kuva 14

Pohjatutkimuslausunnon mukaan maaperäkuvaus rakennuksen sijaintipaikalta on seuraava: ”Maanpinnassa on ohut noin 0,1...0,2 metriä paksu humuskerros. Sen alla hiekkaa ja vähän silttiä sisältävä löyhärakenteinen kerros, jonka paksuus vaihtelee 0,5...1,5 metriin. Tämän alla on 4...7 metrin paksuinen hiekkakerrostuma, joka yläosassaan sisältää jonkin verran myös silttiä. Kerrostuman tiiveys vaihtelee löyhästä tiiviiseen. Hiekan alla on kairaushavaintojen mukaan kiviä, hiekkaa sekä muita kitkamaa-aineita sisältävä tiivis pohjamuodostuma.” (Oy Juva Engineering Ltd/177750/16.4.1991)

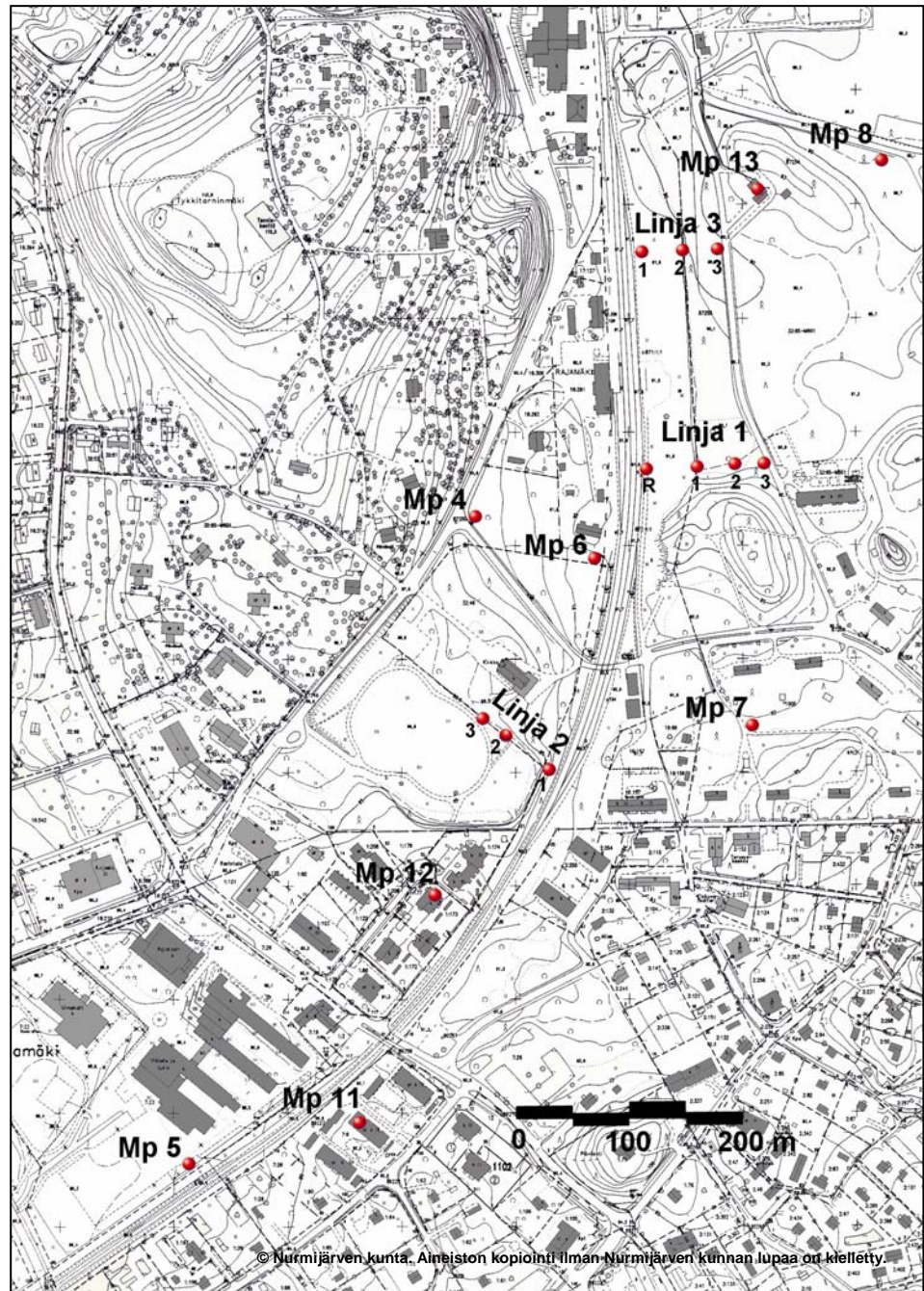
- Mittauspiste Mp 13 sijaitsi osoitteessa Saunatie 7 ratalinjan itäpuolisella alueella Talmontien eteläpuolella sijaitsevan rakennuksen kellarissa. Mittauspisteen etäisyys ratalinjaan oli noin 128 metriä kartalta mitattuna. Tavoitteena oli selvittää junatärinän välittyminen rakennukseen ja tärinän suuruus. Mittalaitteen anturi oli kiinnitettyä rakennuksen kellarissa sähköpääkeskukseen kantavaan betoniseinään lattian rajassa. Mittauspiste sijaitsi lähes rakennuksen keskellä. 3-komponenttianturin pitkittäinen vaakasuunta (long) oli rakennuksen pituussuuntainen ja noin 45° kulmassa ratalinjaan nähden.

Rakennuksessa (kuva 15) on kaksi asuinkerrosta ja alakerta, joka on osittain maan alla. Lisäksi osassa rakennusta on kellarikerros. Rakennus on piirustusten mukaan perustettu betonianturoin maanvaraisesti, välipohjat ovat betonia ja ilmeisesti paikallavalettuja. Rakennus on rakennettu ~1953.



Kuva 15

Kaikkien tärinämittauspisteiden asennuspaikat on esitetty oheisen kuvan 16 sijaintikartassa.



Kuva 16: Tärinämittauspisteiden sijaintikartta

4.3. Mittausantureiden asennukset

Mittausanturit asennettiin maaperään siten, että maahan kaivettiin matala kuoppa roudattomaan syvyyteen. Maanpinta oli jäässä vain 10...15 cm johtuen myöhään alkaneesta pakkaskaudesta ja melko runsaasta lumipeitteestä.

Antureiden maakontakti toteutettiin kiinnittämällä anturi pultilla 500 mm pitkään Ø 20 mm kierretankoon, joka oli lyöty maahan kuopan pohjan tasoon. Lisäksi 3-komponenttianturit varustettiin erillisillä maapiikeillä vaakasuuntaisen tärinän luotettavaksi taltioimiseksi (kuva 17). Antureiden ympäryksy täytettiin hiekalla ja tiivistettiin. Lopuksi anturin päälle asetettiin painoksi noin 30 kg hiekkasäkki.



Kuva 17



Kuva 18

Rakennusten tärinämittauspisteissä mittalaitteen anturi kiinnitettiin kiilapultilla kantavaan betoniseinään ilman välikiinnikettä mahdollisimman jäykän kiinnityksen takaamiseksi (kuva 18).

4.4. Mittalaitteet

Tärinämittaukset tehtiin InstanTEL MM Plus – merkisillä tärinän heilahdusnopeutta v [mm/s] ajan funktiona mittaavilla ja tallentavilla 3+1 - kanavaisilla seismografeilla. Kyseisen mittalaitteen mittaustaajuusalue on 2...300 Hz ja mittaustarkkuus 0,0159 mm/s. Näytteenottotiheytenä mittauksissa käytettiin 2048 kpl/s/kanava. Mittaustapana oli joko koko junan ohituksen tallentaminen "time – history" käyrämuodossa tai jatkuvataallenteinen mittaustapa "historgram – combo", jossa tallennusintervallina oli 2 s eli suurin heilahdusnopeusarvo tallennettiin 2 sekunnin välein. Tällöin tallennettiin lisäksi kynnyksäraja-arvon (esim. 0,15 mm/s) ylittävää time-history – otos 1-3 sekunnin jaksoina. Rakennusten pitkäaikaisseurannassa tallennusintervallina käytettiin 2...60 sekuntia ajankohdasta riippuen.

Kaikissa mittalaitteissa antureina käytettiin geofoneja. Linjamittausten mittauspisteissä käytettiin tärinän pystysuuntaa mittaavia pystygeofoneja ja muissa mittauspisteissä 3-komponenttigeofoneja. Mittausantureiden asennuksen jälkeen anturien toiminta tarkastettiin mittalaitteen diagnostiikkatoiminnolla. Tämän jälkeen ennen mittauksen aloitusta suoritettiin kaikkien mittauskanavien osalla virhepoikkeaman (offset) poisto.

4.5. Tärinämittaustulokset

Maastomittausajanjakson aikana mittaustuloksia tallennettiin eri mittauspisteissä yhteensä 18 junan ohituksen osalta. Junatiedot on saatu VR:ltä yhtä junaa lukuun ottamatta. Tiistaina 8.3. klo 13:41 tapahtuneesta junan ohituksesta VR ei saanut tietoja selville.

Rakennuksissa suoritetun viikon seurantamittausten aikana junaohituksia voitiin varmentaa yhteensä 47 kpl. Junatiedot on kerätty tästä kokonaismäärästä yhdeksän tärinävaikutukseltaan merkittävän junan osalta.

Heilahdusnopeuden huippuarvot on esitetty kootusti sivun 30 taulukoissa 12, 13 ja 14 maastomittausten osalta ja sivun 31 taulukossa 15 rakennuksista tehtyjen mittausten osalta. Sivun 32 taulukossa 16 on esitetty kaikkien maastomittausten ja valittujen rakennustärinä tapahtumien osalta vastaavat junatiedot sekä melu- että tärinämittausten osalta.

4.5.1. Mittauslinjan 1 ja samanaikaisten erillispisteiden mittaustulokset

Mittausseurannan aikana 7.3. klo 16:00 - 8.3. klo 01:30 maastossa oli asennettuna linjan 1 mittauspisteiden lisäksi radan länsipuolella mittauspiste Mp 4. Seurannan aikana kolme (3) tavarajunaa ohitti paikan. Mittauslinjan läheisyydessä suoritettu vesiputkilinjan kaivutyö ja työmaaliikenne kuitenkin häiritsivät ensimmäistä tallennusta niin, että tulos on poistettu luettelosta. Mittauksia ei voitu myöskään jatkaa seuraavana päivänä ko. mittausradassa, koska antureiden ja kaapeleiden vaurioitumisriski työmaaliikenteestä ja tulosten epäluotettavuus työmaatärinästä johtuen olivat huomattavat.

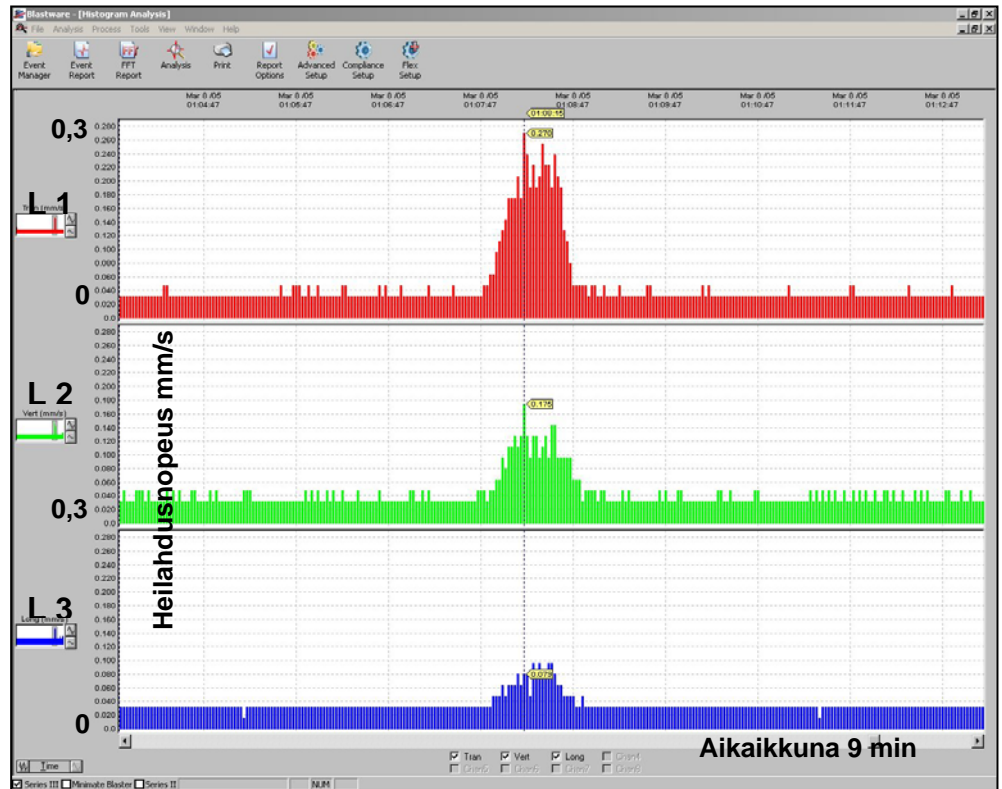
Mittaustulokset mittausradassa 1 olivat alhaisia. Junista aiheutunut tärinä näkyi kuitenkin kaikissa mittauspisteissä selvästi. Taulukossa 6 on esitetty yöllä 8.3. klo 01:08 suurimman tärinän aiheuttaneen junan T 3528 (samalla painavin juna 1088 tn) heilahdusnopeuden pystykomponentin huippuarvot ja huippuarvojen taajuudet linjalta 1 ja erillismittauspisteestä 4.

Mittauspisteen etäisyys radan keskilinjasta [m]	Heilahdusnopeuden pystykomponentti v_{max} [mm/s]	Taajuus huippuarvon kohdalla f_{zC} [Hz]
Suurin tärinäarvo ja painavin juna 1088 tn mittausradassa 1 (R - L1 - L2 - L3)		
R	16,1	0,86
L 1	59,1	0,27
L 2	97,6	0,18
L 3	124,6	0,10
Mp 4	130	0,27

Taulukko 6

20.6.2005

Kuvassa 19 on esitetty suurimman tärinäärvon ja samalla painavimman junan tärinäkuvaaja pystykomponentin osalta linjan 1 mittauspisteissä (L1 - L2 - L3).



Kuva 19: Junan ohituksen rekisteröinti 8.3. klo 01:08 linjalla 1. Pystyakselilla pystysuuntaiset heilahdusnopeusarvot skaalalla 0 – 0,3 mm/s ja vaak-akselilla aika 9 min.

4.5.2. Mittauslinjan 2 ja samanaikaisten erillispisteiden mittaustulokset

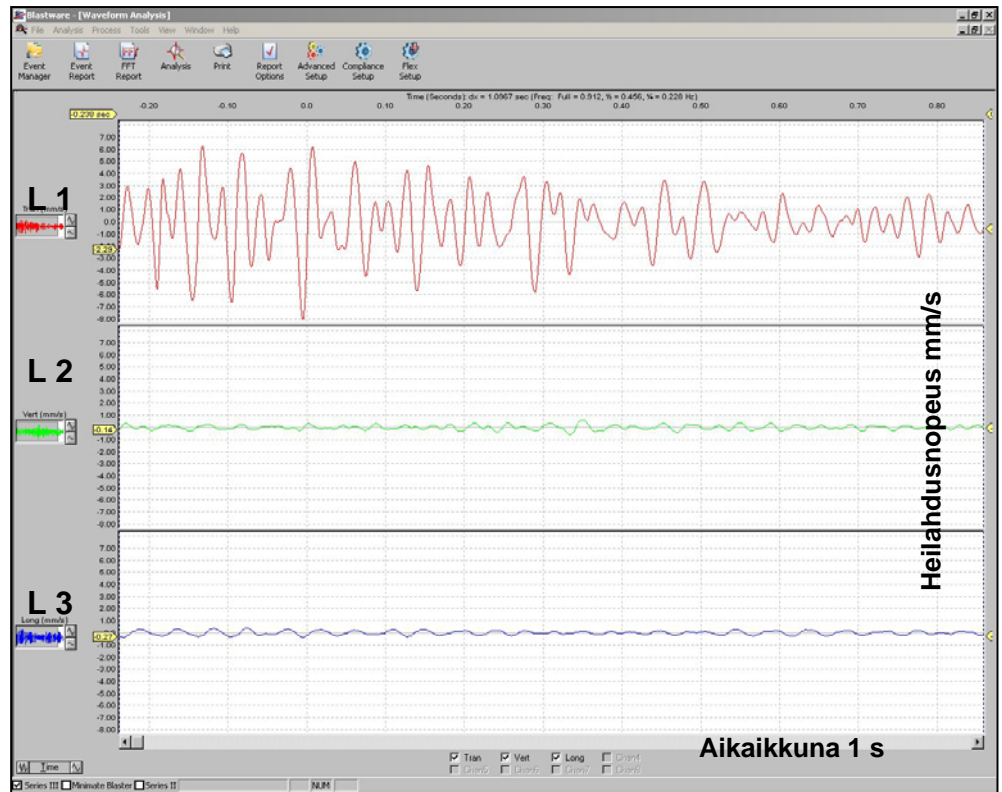
Mittausseurannan aikana 8.3. klo 12:00 – 19:30 maastossa olivat asennettuina linjan 2 mittauspisteiden lisäksi radan länsipuolella mittauspisteet Mp 4, Mp 5 ja Mp 6. Seurannan aikana viisi (5) tavarajunaa ohitti Rajamäen taajaman. Mittauslinjan 2 suurimman tärinän aiheutti juna TR 3649 klo 14:22, jonka paino oli 283 tn. Heilahdusnopeuden pystykomponentin huippuarvot ja huippuarvojen taajuudet sekä FFT taajuusanalyysin taajuuspainotukset linjan 2 mittauspisteissä ja samanaikaisissa erillispisteissä olivat (taulukko 7):

Mittauspisteen etäisyys radan keskilinjasta [m]	Heilahdusnopeuden pystykomponentti v_{max} [mm/s]	Taajuus huippuarvon kohdalla			
Suurin tärinäarvo mittauslinjassa 2 (L1 - L2 - L3)		f_{ZC} [Hz]	f_{FFT} [Hz]		
L 1	11,2	8,16	34,1	41,0	
L 2	53,2	0,62	25,6	29,5	
L 3	81,2	0,41	25,6	21,5	
Erillispisteiden mittaustulokset					
Mp 4	130	Ei toiminnassa		-	-
Mp 5	12,0	2,21	25,6	19,5	
Mp 6	18,5	Ei toiminnassa		-	-

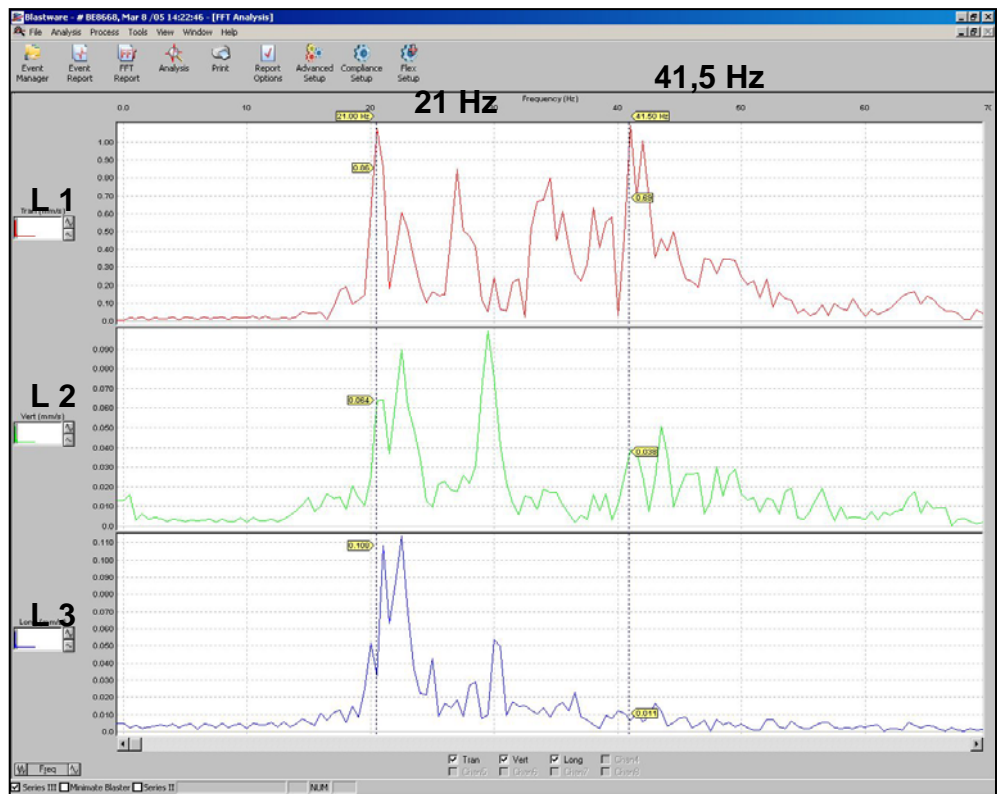
Taulukko 7

20.6.2005

Kuvassa 20 on esitetty suurimman tärinän aiheuttaneen junan ohituksen käyrätu-
lostus heilahdusnopeuden pystykomponentin osalta mittauslinjan 2 eri mittauspis-
teissä ja kuvassa 21 tapahtuman FFT-taajuusanalyysi.



Kuva 20: Junan TR 3649 tärinän käyrätu-
lostus. Pysty akselin skaala on kaikilla kanavilla $\pm 8,0$ mm/s.



Kuva 21: Junan TR 3649 tärinän taajuusanalyysi FFT

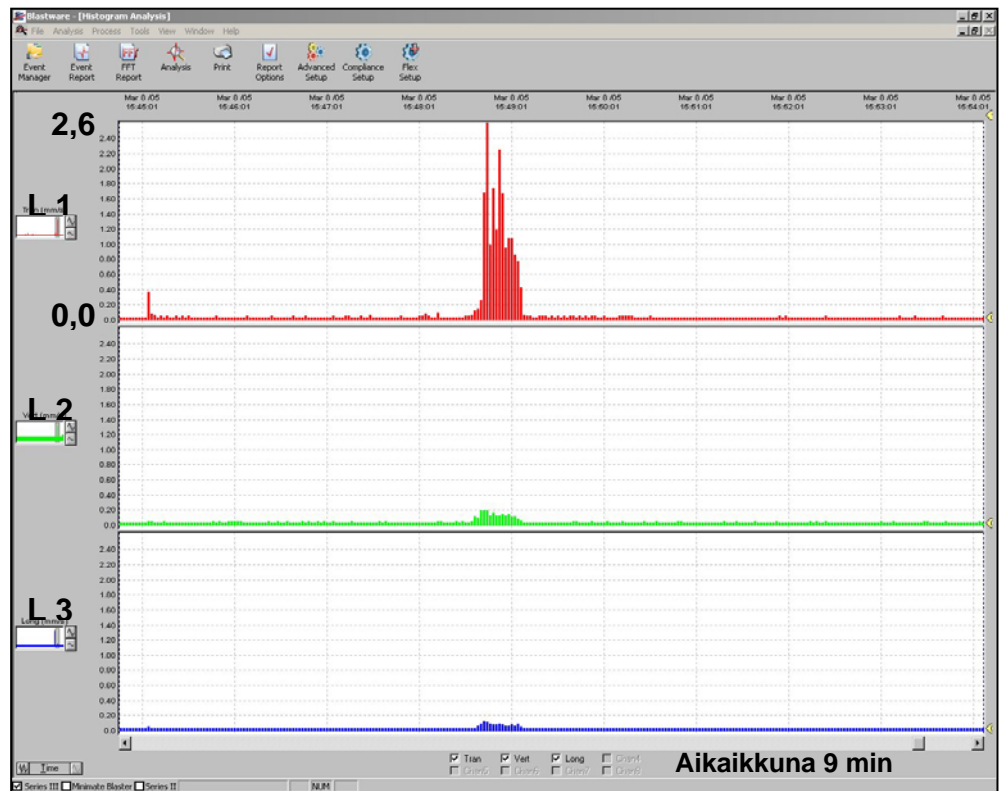
20.6.2005

Mittauslinjan 2 seuranta-ajan painavimman junan klo 15:48 TR 3647 (1205 tn) aiheuttamat heilahdusnopeuden pystykomponentin huippuarvot ja huippuarvojen taajuudet sekä FFT taajuusanalyysin taajuuspainotukset linjan 2 mittauspisteissä ja samanaikaisissa erillispisteissä olivat (taulukko 8):

Mittauspisteen etäisyys radan keskilinjasta [m]		Heilahdusnopeuden pystykomponentti v_{max} [mm/s]	Taajuus huippuarvon kohdalla	
Painavin juna 1205 tn				
			f_{ZC} [Hz]	f_{FFT} [Hz]
L 1	11,2	2,60	44,5	51,0
L 2	53,2	0,19	33,0	51,0
L 3	81,2	0,13	32,0	30,5
Erillispisteiden mittau tulokset				
Mp 4	130	0,16	17,4	-
Mp 5	12	-	-	-
Mp 6	18,5	0,60	37,9	-

Taulukko 8

Kuvassa 22 on esitetty painavimman junan tärinäkuvaaja pystykomponentin osalta linjan 2 eri mittauspisteissä.



Kuva 22: Painavimman junan aiheuttama pystytärinä linjan 2 eri mittauspisteissä. Pystyakselelin skaala on kaikilla kanavilla 0 – 2,6 mm/s ja vaak akselilla aikaikkuna 9 minuuttia.

4.5.3. Mittauslinjan 3 ja samanaikaisten erillispisteiden mittaustulokset

Mittausseurannan aikana 16.3. – 17.3. maastossa oli asennettuna linjan 3 mittauspisteiden lisäksi radan länsipuolella mittauspiste Mp 4 ja radan itäpuolella mittauspisteet Mp 7 sekä Mp 8. Seurantajakson aikana yksitoista (11) junaa ohitti Rajamäen taajaman.

Mittauslinjan 3 mittaustuloksista ovat esimerkkeinä akselipainoltaan (23,6 tn) painavimman junan 16.3. klo 15:39 TR 3647 (1182 tn) ja seuranta-ajan kokonaispainoltaan painavimman junan (akselipaino 21,8 tn) klo 02:48 TA 3640 (1831 tn) aiheuttamat heilahdusnopeuden pystykomponentin huippuarvot ja huippuarvojen taajuudet sekä FFT taajuusanalyysin taajuuspainotukset linjan 3 mittauspisteissä ja samanaikaisissa erillispisteissä olivat:

Mittauspisteen etäisyys radan keskilinjasta [m]		Heilahdusnopeuden pystykomponentti v_{max} [mm/s]	Taajuus huippuarvon kohdalla	
Juna 1182 tn mittauslinjassa 3 (L1 - L2 - L3) + Mp 4, 7, 8			f_{zC} [Hz]	f_{FFT} [Hz]
L 1	26,5	0,59	9,39	7,25
L 2	63,5	0,52	8,53	7,75
L 3	91,0	0,43	7,94	7,75
Mp 4	130,0	0,21	16,5	-
Mp 7	143,0	0,14	-	-
Mp 8	250,0	0,06	-	-
Painavin juna TA 3640 (1831 tn)			f_{zC} [Hz]	f_{FFT} [Hz]
L 1	26,5	0,60	14,0	-
L 2	63,5	0,32	8,3	-
L 3	91,0	0,35	7,8	-
Mp 4	130,0	0,22	17,7	23,5
Mp 7	143,0	0,14	8,3	-
Mp 8	250,0	0,06	-	-

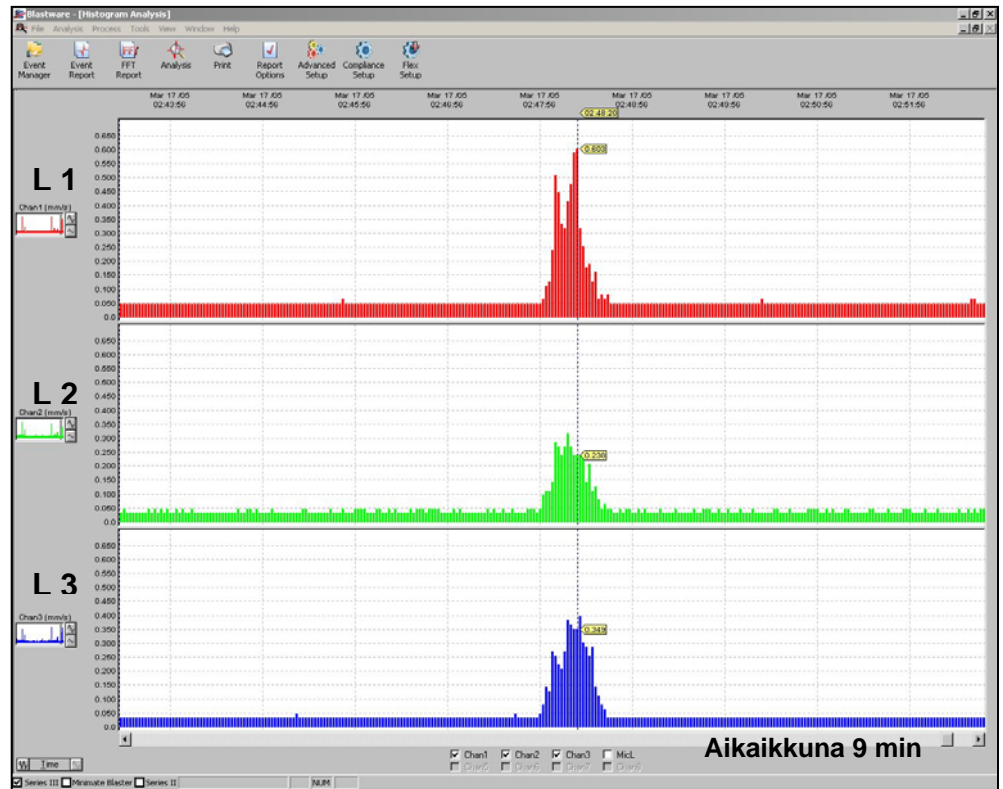
Taulukko 9

Mittauspisteessä 7 junan TR 3647 (1182 tn) ohitus 16.3. klo 15:39 ei juuri erottunut taustatärinästä.

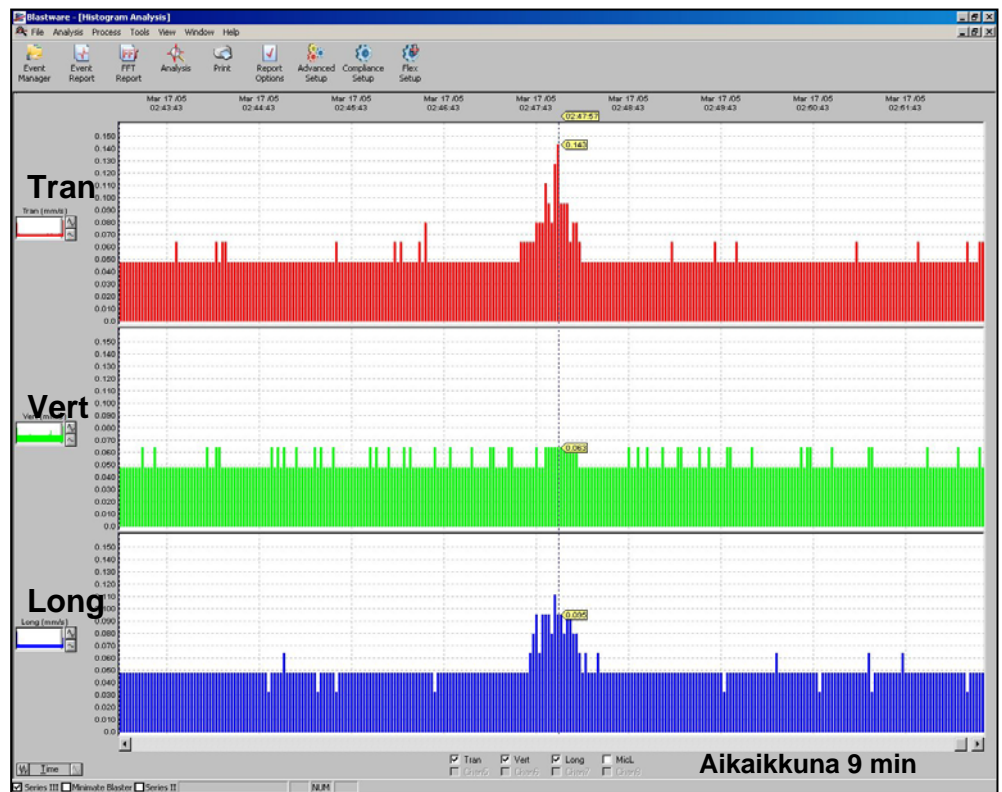
Mittauspisteessä 8 tärinän pystykomponentin arvo oli hyvin alhainen. Tässä mittauspisteessä 8 vaakakomponenttien huippuarvot olivat selvästi pystykomponentin huippuarvoja suurempia, vaikka vaakatärinätkin olivat alhaisia.

Kuvassa 23 on esitetty painavimman junan TA 3640 (1831 tn) tärinäkuvaaja pystykomponentin osalta linjan 3 mittauspisteissä ja kuvassa 24 saman junan tärinäkuvaaja mittauspisteessä 8 kaikkien heilahdusnopeuden komponenttien osalta.

20.6.2005



Kuva 23: Painavin juna TA 3640 (1831 tn) mittauslinjassa 3. Pystyakseli heilahdusnopeus 0 – 0,7 mm/s, vaaka-akselin aikaikkuna noin 9 min.



Kuva 24: Painavin juna TA 3640 (1831 tn) mittauspisteessä 8. Pystyakseli heilahdusnopeus 0 – 0,16 mm/s, vaaka-akselin aikaikkuna noin 9 min.

4.5.4. Mittaustulokset rakennuksista

Viikon mittausseurannan ajalta mittaustuloksista voitiin havaita ainakin 47 junaohituksen tärinävaikutus. Kaikista junista ei selvitetty junatietoja, vaan mittaustulosten merkittävyyden kannalta valittiin 9 juna, joiden tiedot on selvitetty VR:ltä.

Viikon seuranta-ajan painavin tavarajuna T 3640 liikennöi 29.3. klo 02:58. Junan kokonaispaino oli 2504 tn ja akselipaino 20,9 tn. Rakennusten mittauspisteisiin suurimman tärinäarvon aiheuttanut juna oli 22.3. klo 00:37 kulkenut juna T 3528, joka painoi 1610 tn ja jonka akselipaino oli 11,7 tn. Näiden kahden junan osalta mittausravot on esitetty taulukossa 10 mittauspisteen 11 osalta ja taulukossa 11 mittauspisteen 12 osalta.

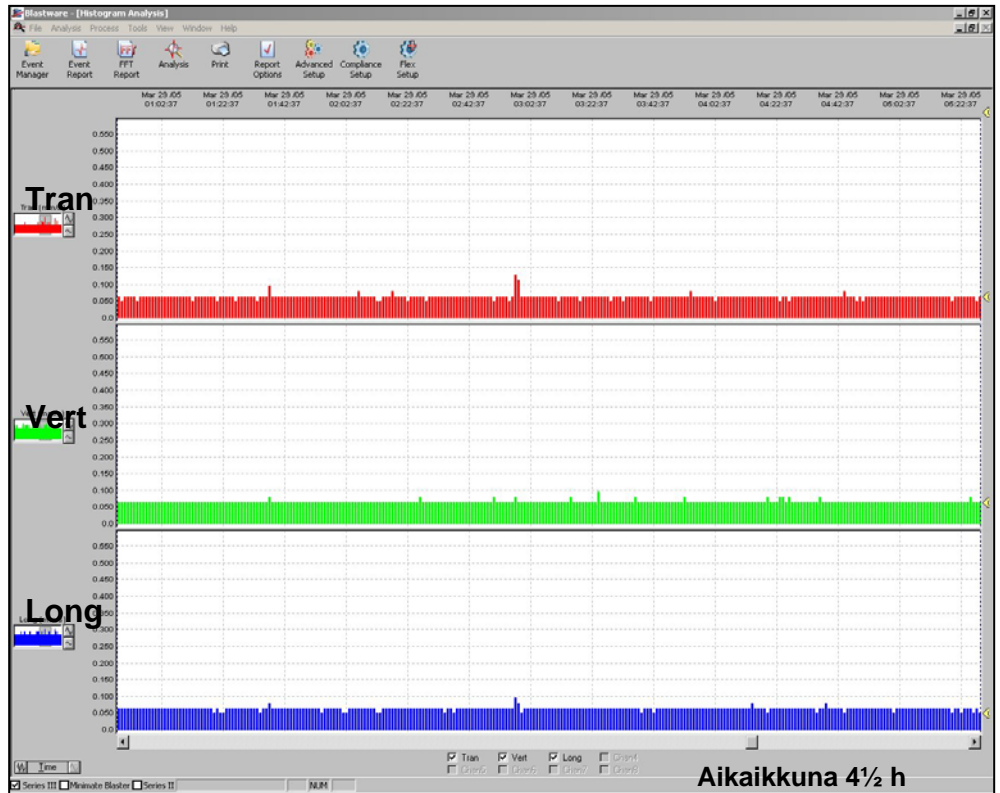
Mittauspisteessä 11 kyseisten junien aiheuttamat tärinän heilahdusnopeuden huippuarvot ja niitä vastaavat taajuudet olivat:

Painavin juna T 3640 29.3. klo 02:58				
	Poikittainen suunta (Tran)	Pystysuunta (Vert)	Pitkittäinen suunta (Long)	Vektorisumma PVS
Heilahdusnopeus v_{max} (mm/s)	0,127	0,079	0,095	x
Taajuus f_{zC} (Hz)	10,7	85,0	28,0	x
Suurimman tärinän aiheuttanut juna T 3528 22.3. klo 00:37				
Heilahdusnopeus v_{max} (mm/s)	0,143	0,111	0,143	0,116
Taajuus f_{zC} (Hz)	9,2	47,0	38,0	x

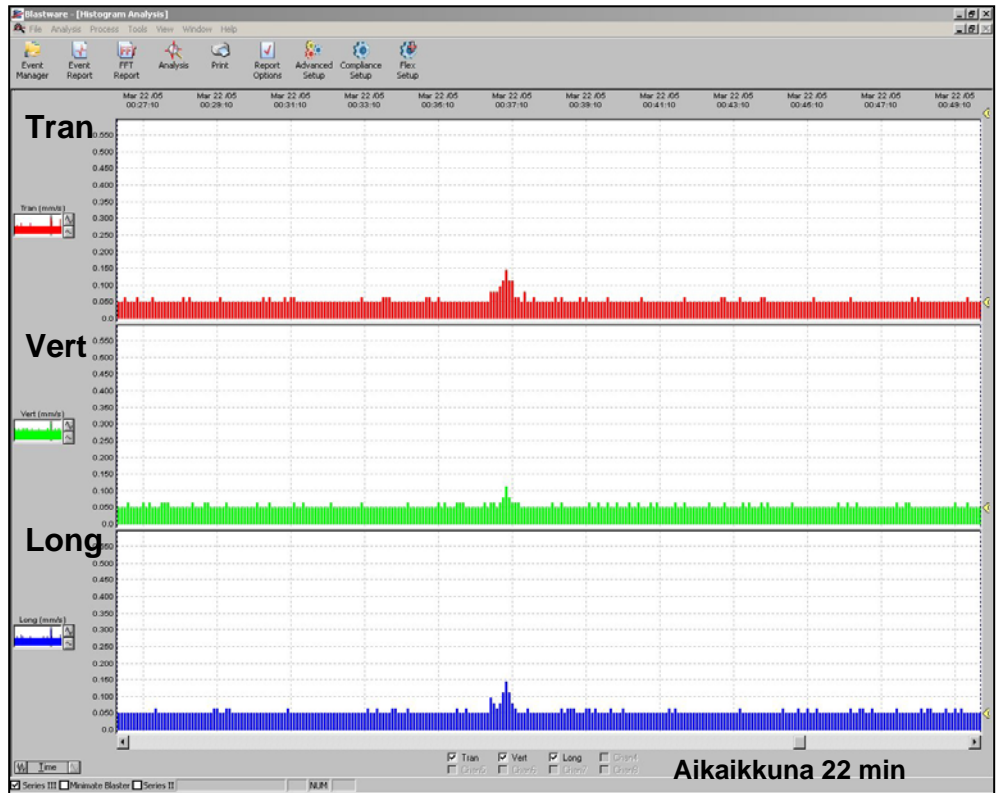
Taulukko 10: Mittaustulokset mittauspisteessä Mp 11

Muiden seurantaviikon aikana kulkeneiden junien aiheuttamat tärinän huippuarvot olivat kauttaaltaan hyvin alhaisia. Kaikkien tässä mittauspisteessä 11 tallennettujen heilahdusnopeuden huippuarvojen keskiarvo oli poikittaisen vaakasuunnan osalla 0,10 mm/s ja hajonta 0,024, pystykomponentin osalla keskiarvo 0,07 mm/s ja hajonta 0,008 sekä pitkittäisen vaakakomponentin osalla keskiarvo 0,09 ja hajonta 0,018. Lähtöaineistona 41 kpl junatärinähavaintoa.

Kuvassa 25 on esitetty painavimman junan T 3640 (2504 tn) 29.3. klo 02:58 tärinäkuvaaja ja kuvassa 26 suurimman tärinäarvon aiheuttaneen junan T 3528 22.3. klo 00:37 (1610 tn) tärinäkuvaaja mittauspisteessä 11.



Kuva 25: Painavimman junan T 3640 (2504 tn) 29.3. klo 02:58 mittauspisteessä 11. Pysty- akseli heilahdusnopeus 0 – 0,6 mm/s ja vaaka-akselin aikaikkuna 4½ tuntia



Kuva 26: Suurimman värinääron aiheuttaneen junan T 3528 22.3. klo 00:37 (1610 tn) mittauspisteessä 11. Pystyakseli heilahdusnopeus 0 – 0,6 mm/s ja vaaka-akselin aikaikkuna 22 min.

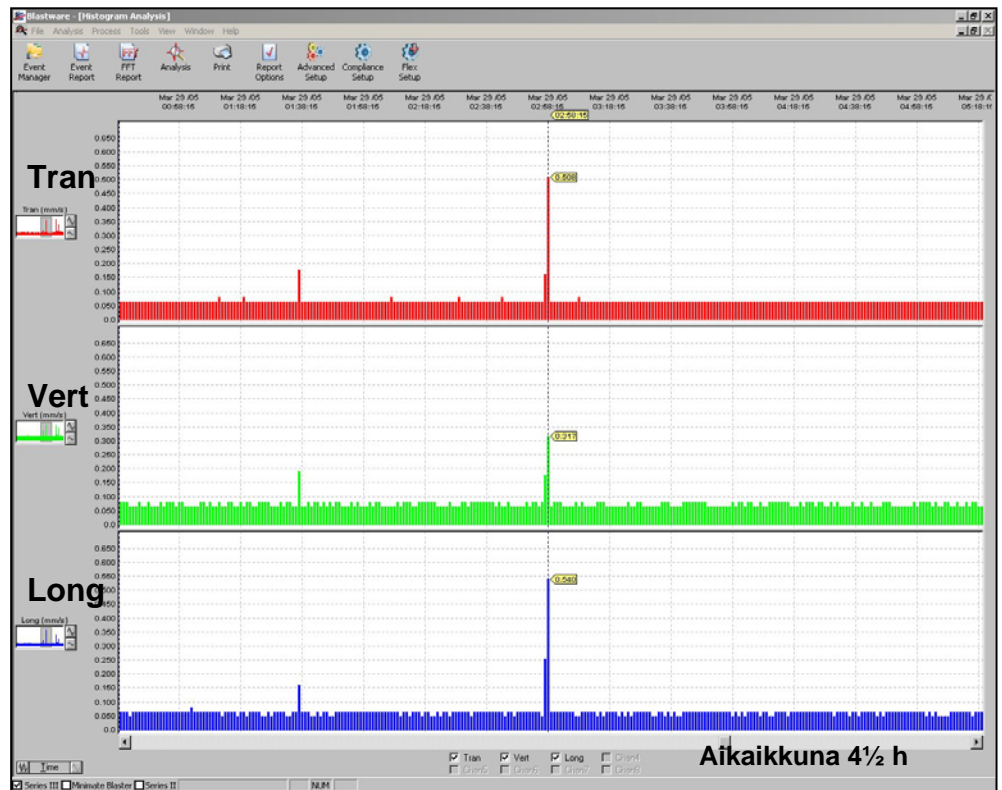
20.6.2005

Mittauspisteessä 12 edellä mainittujen junien aiheuttamat tärinän heilahdusnopeuden huippuarvot ja niitä vastaavat taajuudet olivat:

Painavin juna 29.3. klo 02:58				
	Poikittainen suunta (Tran)	Pystysuunta (Vert)	Pitkittäinen suunta (Long)	Vektorisumma PVS
Heilahdusnopeus V_{max} (mm/s)	0,51	0,32	0,54	0,651
Taajuus f_{zC} (Hz)	6,92	8,13	7,06	x
Kiihtyvyys a (g)	0,0133	0,0133	0,0133	x
Poikkeama A (mm)	0,0105	0,0064	0,0114	x
Suurimman tärinän aiheuttanut juna 22.3. klo 00:37				
Heilahdusnopeus V_{max} (mm/s)	0,62	0,43	0,63	0,773
Taajuus f_{zC} (Hz)	6,92	7,82	6,92	x
Kiihtyvyys a (g)	0,0133	0,0133	0,0133	x
Poikkeama A (mm)	0,0135	0,008	0,0137	x

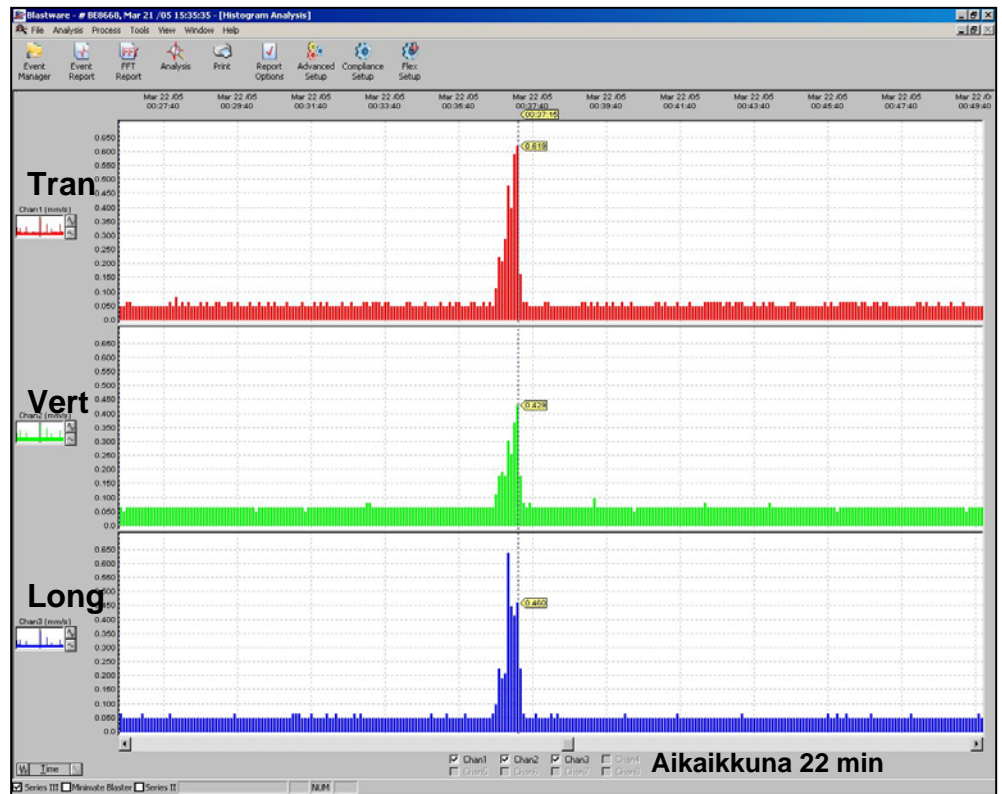
Taulukko 11: Mittaustulokset mittauspisteestä Mp 12

Tärinän vaakakomponentti oli hallitseva suunta. Kaikkien tässä mittauspisteessä tallennettujen heilahdusnopeuden huippuarvojen keskiarvo oli poikittaisen vaakasuunnan osalla 0,30 mm/s ja hajonta 0,112. Pystykomponentin osalla keskiarvo oli 0,24 mm/s ja hajonta 0,066 sekä pitkittäisen vaakakomponentin osalla keskiarvo oli 0,27 mm/s ja hajonta 0,101. Lähtöaineistona 47 junatärinähavaintoa.

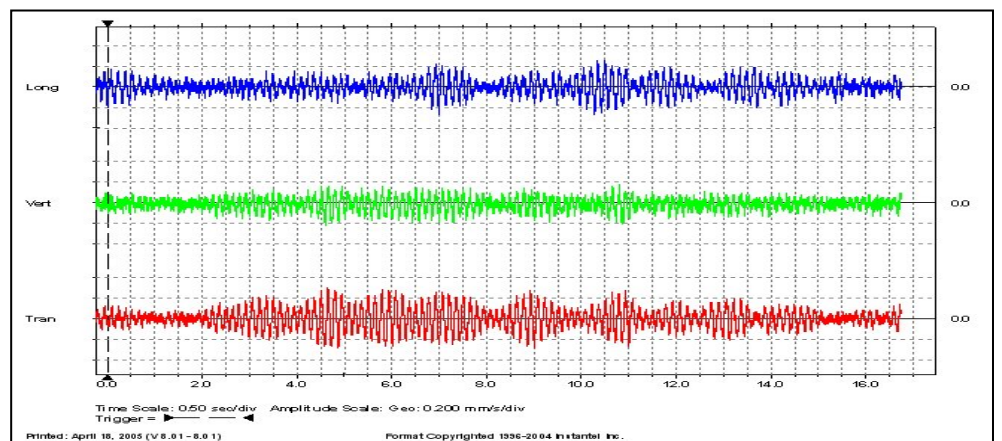


Kuva 27: painavimman junan (2504 tn) 29.3. klo 02:58 näkyminen mittauspisteessä 12. Pystykseli heilahdusnopeus 0 – 0,7 mm/s, vaaka-akselin aikaikkuna 4½ h.

20.6.2005



Kuva 28: Suurimman tärinäarvon aiheuttaneen junan 22.3. klo 00:37 (1610 tn) näkyminen mittauspisteessä 12. Pysty akseli heilautusnopeus 0 – 0,7 mm/s, vaaka-akselin aikaikkuna 22 min.



Kuva 29: Tyypillinen käyrätulostus junan ohituksesta mittauspisteessä Mp 12, juna 24.3. klo 10:47

Kuvissa 27 – 29 on esimerkit tyypillisistä junien aiheuttamista tärinäistä mittauspisteessä 12.

Mittauspisteessä 13 ei havaittu tärinää, joka olisi voitu kohdentaa kyseisten junien aiheuttamiksi. Koko seuranta-aikana junien liikennöinti ei erottunut rakennuksen rakenteesta esiintyneestä taustakohinasta. Taustakohina oli merkittävimmän juna-tärinän aikana $v = 0,11$ mm/s ja painavimman junan ohituksen aikana $v = 0,095$ mm/s.

TAULUKKO 12, MAASTOMITTAUKSET LINJA 1 + MP 4

Pvm	Klo	Juna-koodi	Juna-tyyppi	Linja 1 pystykomponentti				Mp 4 3-komponentti		
				Etäisyys radasta (m)				Etäisyys radasta (m)		
				16,1	59,1	97,6	124,6	130		
				Rata mm/s	Mp 1 mm/s	Mp 2 mm/s	Mp 3 mm/s	tran mm/s	vert mm/s	long mm/s
7.3.	19:06	3039	T	ei	0,13	0,10	0,05			
8.3.	01:08	3528	T	0,86	0,27	0,18	0,10	0,33	0,27	0,33

TAULUKKO 13, MAASTOMITTAUKSET LINJA 2 + MP 4, MP 5, MP 6

Pvm	Klo	Juna-koodi	Juna-tyyppi	Linja 2 pystykomponentti			Mp 4 3-komponentti			Mp 5 3-komponentti			Mp 6 3-komponentti		
				Etäisyys radasta (m)			Etäisyys radasta (m)			Etäisyys radasta (m)			Etäisyys radasta (m)		
				11,2	53,2	81,2	130			12,0			18,50		
				Mp 1 mm/s	Mp 2 mm/s	Mp 3 mm/s	tran mm/s	vert mm/s	long mm/s	tran mm/s	vert mm/s	long mm/s	tran mm/s	vert mm/s	long mm/s
8.3.	12:51	3671	TL							1,33	1,48	1,13			
8.3.	13:41			2,14	0,24	0,14				0,65	1,03	0,65			
8.3.	14:22	3649	TR	8,16	0,62	0,41				2,24	2,21	2,10			
8.3.	15:48	3647	TR	2,60	0,19	0,13	0,16	0,16	0,18				0,92	0,60	0,95
8.3.	19:01	3039	T	7,99	0,37	0,25	0,25	0,25	0,21				1,48	1,33	2,17

TAULUKKO 14, MAASTOMITTAUKSET LINJA 3 + MP 4, MP 7, MP 8

Pvm	Klo	Juna-koodi	Juna-tyyppi	Linja 3 pystykomponentti			Mp 4 3-komponentti			Mp 7 3-komponentti			Mp 8 3-komponentti		
				Etäisyys radasta (m)			Etäisyys radasta (m)			Etäisyys radasta (m)			Etäisyys radasta (m)		
				26,5	63,5	91,0	130			143			250		
				Mp 1 mm/s	Mp 2 mm/s	Mp 3 mm/s	tran mm/s	vert mm/s	long mm/s	tran mm/s	vert mm/s	long mm/s	tran mm/s	vert mm/s	long mm/s
16.3.	13:15	3675	TL	ei	ei	ei	ei	ei	ei	0,10	0,18	0,11	0,08	0,06	0,08
	15:39	3647	TR	0,59	0,52	0,43	0,21	0,21	0,22	0,08	0,14	0,06	0,14	0,06	0,10
	16:06	3649	TR	-	-	-	0,19	0,18	0,16	0,06	0,14	0,05	-	-	-
	19:15	3039	T	0,67	0,46	0,37	0,22	0,18	0,14	0,06	0,10	0,08	0,08	0,06	0,08
17.3.	0:53	3528	T	0,68	0,41	0,43	0,18	0,21	0,13	0,05	0,13	0,08	0,08	0,06	0,06
	2:48	3640	TA	0,60	0,32	0,35	0,25	0,22	0,30	0,08	0,14	0,13	0,14	0,06	0,11
	4:42	3042	T	0,32	0,19	0,14	0,16	0,13	0,13	0,06	0,10	0,08	0,14	0,06	0,10
	7:46	3644	TR	0,49	0,25	0,24	0,13	0,18	0,16	0,06	0,11	0,10	0,13	0,06	0,10
	10:54	3676	TL	0,63	0,35	0,25	0,24	0,19	0,14	0,06	0,13	0,10	0,08	0,06	0,06
	13:31	3041	TA	0,71	0,38	0,16	0,21	0,22	0,18	0,05	0,11	0,11	-	-	-
	13:56	3641	TR	0,62	0,48	0,43	ei	ei	ei	ei	ei	ei	0,10	0,06	0,10

TAULUKKO 15, MITTAUSTULOKSET RAKENNUKSISTA

Pvm	Klo	Juna- koodi	Juna- tyyppi	Mp 11 3-komponentti			Mp 12 3-komponentti			Mp 13 3-komponentti		
				Etäisyys radasta (m)			Etäisyys radasta (m)			Etäisyys radasta (m)		
				38			46			128		
				tran mm/s	vert mm/s	long mm/s	tran mm/s	vert mm/s	long mm/s	tran mm/s	vert mm/s	long mm/s
21.3.	15:45	-	-	0,08	0,06	0,08	0,27	0,22	0,24	ei	ei	ei
	16:45	-	-	0,10	0,06	0,10	0,25	0,29	0,29	ei	ei	ei
	19:04	-	-	0,10	0,06	0,08	0,32	0,22	0,22	ei	ei	ei
22.3.	00:37	3528	T	0,14	0,11	0,14	0,62	0,43	0,63	ei	ei	ei
	02:54	-	-	0,13	0,06	0,10	0,40	0,35	0,37	ei	ei	ei
	04:44	-	-	ei	ei	ei	0,21	0,19	0,16	ei	ei	ei
	07:41	-	-	ei	ei	ei	0,41	0,27	0,29	ei	ei	ei
	13:20	-	-	0,10	0,06	0,08	0,32	0,27	0,24	-	-	-
	15:47	3647	TR	0,13	0,06	0,10	0,59	0,43	0,43	-	-	-
	16:18	-	-	0,08	0,06	0,08	0,32	0,25	0,24	-	-	-
	18:40	-	-	0,08	0,06	0,08	0,14	0,18	0,21	-	-	-
23.3.	02:08	3528	T	0,14	0,10	0,14	0,44	0,40	0,49	-	-	-
	03:13	-	-	0,05	0,06	0,10	0,29	0,24	0,24	-	-	-
	04:48	-	-	0,06	0,06	0,08	0,25	0,19	0,25	-	-	-
	07:44	-	-	0,10	0,06	0,10	0,38	0,29	0,33	-	-	-
	08:54	-	-	0,10	0,06	0,08	0,21	0,18	0,21	-	-	-
	09:48	-	-	0,10	0,06	0,08	0,29	0,21	0,24	-	-	-
	13:21	-	-	0,11	0,08	0,10	0,37	0,37	0,27	-	-	-
	13:58	-	-	0,11	0,08	0,11	0,14	0,14	0,29	-	-	-
	15:15	-	-	0,10	0,10	0,11	0,35	0,27	0,27	-	-	-
	19:12	3039	T	0,18	0,10	0,14	0,21	0,25	0,19	-	-	-
24.3.	01:03	3528	T	0,11	0,10	0,11	0,35	0,24	0,22	-	-	-
	02:52	-	-	0,13	0,06	0,10	0,25	0,19	0,25	-	-	-
	04:39	-	-	0,10	0,06	0,08	0,27	0,19	0,14	-	-	-
	07:44	-	-	0,10	0,06	0,08	0,29	0,25	0,25	-	-	-
	10:47	-	-	ei	ei	ei	0,30	0,22	0,27	-	-	-
	13:42	-	-	0,10	0,08	0,08	0,27	0,21	0,19	-	-	-
	14:53	-	-	0,10	0,06	0,08	0,27	0,25	0,25	-	-	-
	15:40	-	-	0,08	0,06	0,08	0,21	0,19	0,19	-	-	-
25.3.	00:42	3528	T	0,14	0,10	0,13	0,37	0,25	0,37	-	-	-
	04:21	-	-	0,08	0,06	0,08	0,21	0,16	0,19	-	-	-
	08:42	-	-	0,10	0,06	0,10	0,30	0,19	0,29	-	-	-
	10:23	-	-	0,11	0,06	0,10	0,25	0,25	0,22	-	-	-
	10:47	-	-	0,10	0,08	0,08	0,18	0,18	0,21	-	-	-
	11:57	-	-	-	-	-	0,16	0,22	0,13	-	-	-
	16:11	-	-	-	-	-	0,10	0,22	0,13	-	-	-
26.3.	01:39	3040	T	0,13	0,06	0,08	0,29	0,21	0,25	-	-	-
	08:03	3644	TR	0,10	0,08	0,10	0,32	0,24	0,22	-	-	-
	12:26	-	-	0,08	0,06	0,08	0,29	0,22	0,21	-	-	-
	16:01	-	-	0,10	0,06	0,08	0,29	0,21	0,21	-	-	-
27.3.	01:46	-	-	0,11	0,06	0,10	0,32	0,21	0,32	-	-	-
28.3.	01:43	-	-	0,08	0,06	0,10	0,21	0,18	0,22	-	-	-
	12:24	-	-	0,10	0,08	0,10	0,14	0,19	0,16	-	-	-
29.3.	02:58	3640	T	0,13	0,08	0,10	0,51	0,32	0,54	-	-	-
	06:43	3644	TR	0,11	0,08	0,10	0,54	0,30	0,38	-	-	-
	07:41	-	-	0,08	0,06	0,08	0,35	0,25	0,22	-	-	-
	09:38	-	-	-	-	-	0,41	0,24	0,35	-	-	-

TAULUKKO 16, JUNATIEDOT

Pvm	Klo	Juna- koodi	Juna- tyyppi	Veturi- tyyppi	Vaunut kpl	Pituus m	Paino t	Aks. kpl	Aks. paino (laskennal- linen)	Nopeus km/h		Ohitus s
										r 80 = rajoitus		
7.3.	19:06	3039	T	1Dv12	48	723	828	112	7,4	r 80		
8.3.	01:08	3528	T	3Dv12	45	608	1088	178	6,1	54	40,8	
8.3.	12:51	3671	TL	2Dv12	40	658	603	98	6,2	r 80		
8.3.	13:41	VR:ltä ei saatu tietoja tästä junasta										
8.3.	14:22	3649	TR	1Dv12	11	213	283	44	6,4	r 80		
8.3.	15:48	3647	TR	2Dv12	21	396	1205	64	18,8	65	21,8	
8.3.	19:01	3039	T	1Dv12	31	510	657	88	7,5	59	31,0	
16.3.	13:15	3675	TL	1Dv12	13	243	718	40	18,0	r 80		
	15:39	3647	TR	2Dv12	21	403	1182	50	23,6	73	19,8	
	16:06	3649	TR	1Dv12	18	294	340	66	5,2	81	13,1	
	19:15	3039	T	3Dv12	3	99	87	10	8,7	77	4,6	
17.3.	00:53	3528	T	3Dv12	12	224	583	40	14,6	r 80		
	02:48	3640	TA	2Dv12	21	333	1831	84	21,8	r 80		
	04:42	3042	T	1Dv12	14	220	479	30	16,0	69	11,5	
	07:46	3644	TR	2Dv12	22	457	1330	84	15,8	68	24,3	
	10:54	3676	TL	1Dv12	17	285	453	48	9,4	81	12,6	
	13:31	3041	TA	1Dv12	49	705	746	100	7,5	75	~34	
	13:56	3641	TR	2Dv12	22	399	856	70	12,2	r 80		
22.3.	00:37	3528	T	3Dv12	35	586	1610	138	11,7	r 80		
	15:47	3647	TR	2Dv12	33	524	1316	76	17,3	r 80		
23.3.	02:08	3528	T	3Dv12	31	539	1075	120	9,0	r 80		
	19:12	3039	T	-	35	561	699	84	8,3	r 80		
24.3.	01:03	3528	T	3Dv12	37	624	1441	144	10,0	r 80		
25.3.	00:42	3528	T	3Dv12	34	576	1351	128	10,6	r 80		
26.3.	01:39	3040	T	3Dv12	17	275	709	38	18,7	r 80		
	08:03	3644	TR	3Dv12	29	610	1600	108	14,8	r 80		
29.3.	02:58	3640	T	3Dv12	30	480	2504	120	20,9	r 80		
	06:43	3644	TR	2Dv12	18	361	1068	60	17,8	r 80		
8.4	17:20	T3649	TR	1 DV12	8	158	200	32	6,3	r 80		
	19:45	T3039	T	1 DV12	24	371	415	58	7,1	r 80		
9.4	01:19	T3528	T	3 DV12	21	395	1029	74	13,9	r 80		
	04:40	T3042	T	1 DV12	18	279	794	42	18,9	r 80		
	07:42	T3644	TR	2 DV12	23	424	1226	68	18,0	r 80		
	08:50	T5006	TA	2 DV12	37	559	1740	80	21,7	r 80		
	09:52	T3046	T	2 DV12	17	287	619	42	14,7	r 80		
	10:42	T3676	TL	1 DV12	4	74	184	12	15,3	r 80		
	12:00	T3675	TL	1 DV12	13	257	782	44	17,8	r 80		
	14:22	Vet3685	Veturi	1 DV12	-	-	-	-	-	r 80		
	15:12	T3645	T	2 DV12	-	-	-	-	-	r 80		
	19:32	Vet3689	Veturi	3 DV12	-	-	-	-	-	r 80		
10.4	02:00	T3040	T	2 DV12	17	283	758	42	18,0	r 80		
	13:38	Vet3687	Veturi	2 DV12	-	-	-	-	-	r 80		

4.6. Yhteenveto tärinähavainnoista

Junien liikennöinti näkyi melko selvästi lähes kaikissa maastomittauspisteissä, ainoastaan mittauspisteessä Mp 7 ympäristön taustakohina vaikeutti junahavaintojen erottelua.

Mittausarvot olivat radan itäpuolella tasoltaan melko normaaleita ottaen huomioon alueen maaperäolosuhteet. Mittausten aikana maaperän värähtely ei juuri tuntunut jaloissa, ainoastaan lastausalueella, lähellä liikennöitävää rataa värähtely tuntui hyvin vaimeana jaloissa.

Radan länsipuolen maastomittausten aikana linjan 2 mittausseurannassa on kaksi huomattavasti muusta aineistosta poikkeavaa mittauksista. Kahden junan osalla havaittiin radan lähimmässä herätemittauspisteessä junasta aiheutunut korkea tärinäarvo. Myös samaan aikaan erillismittauspisteissä 5 ja 4 – 6 havainto näiden junien osalla on korkeampi kuin muiden junien aiheuttamat tärinäarvot. Tärinän aiheuttaneet junat olivat VR:n antamien tietojen mukaan kokonaispainoltaan vain 283 tn ja 657 tn. Akselipainoiltaan junat olivat alle 8 tn. Kummassakin junassa oli yksi veturi ja kevyempi juna oli 213 metriä pitkä. Painavampi juna oli pituudeltaan 510 m. Tärinäarvon poikkeuksellisen korkeaan arvoon on mittauslinjassa 2 saattanut vaikuttaa vaunukalustossa ollut ”lovipyöräinen” vaunu. Jatkolaskennossa näiden junien tärinäarvoja on käytetty maaperän tärinän vaimenemiskertoimen määrittelyssä (eksponenttilaskennassa), mutta ei linja 2 mitoitettavan junan laskennoissa.

Tärinän taajuuspainotus oli maastomittauspisteissä lähellä rataa varsinkin kevyiden junien osalla usein 20...30 Hz ja joskus 50 Hz. Raskaan junan ohituksen tärinäällön dominoiva taajuus oli kuitenkin useimmiten 7...20 Hz myös lähellä rataa olevissa mittauspisteissä. Kauempana radasta tärinän taajuuspainotus laski keskimäärin varsinkin vaakakomponenttien osalla 7...10 Hz:iin ja pystykomponenttien osalla 10...20 Hz:iin.

Rakennuksista tallennettujen tärinöiden taajuuspainotus oli FFT analyysien mukaan painottunut 6...11 Hz:iin mittauspisteessä Mp 11 ja 5...8,5 Hz:iin mittauspisteessä Mp 12.

Tärinän vaimeneminen maaperässä etäisyyden kasvaessa ei kaikilta osin vastannut oletettua tilannetta. Tärinän huippuarvon vaimenemista ei tiettyjen tapahtumien osalta tapahtunut juuri ollenkaan, tärinän suuruus esimerkiksi linjan 3 mittauksissa saattoi olla 91 metrin etäisyydellä radasta lähes yhtä suuri kuin 63,5 metrin etäisyydellä. Tärinän taso oli kuitenkin alhainen.

Mitatut tärinäarvot eivät suoraan korreloineet junapainojen tai akselipainojen kanssa. Painavin tai akselipainoltaan suurin juna ei aiheuttanut maastossa välttämättä suurinta tärinävaikutusta. Lisäksi mittauksien hajonta oli melko suuri, kun tarkastellaan tuloksia eri junilla painojen ja nopeuksien suhteessa.

4.7. Laskennat ja tulosten vaikutusarviointi

4.7.1. Maanpinnan heilahdusnopeusarvon laskenta mitoittavalla junalla

Laskennat on suoritettu mittausohjeessa 1 esitetyn mittauksiin perustuvan laskentamallin mukaisesti. Mittausten perusteella varmennettu laskentakaava on

$$v = v_M \cdot (D_0/D)^B \cdot (S/S_0)^A \cdot G/G_0$$

missä

v = tärinän laskennallinen pystyheilahdusnopeus maanpinnassa halutussa tarkastelupisteessä

v_M = suurin mitattu maanpinnan pystyheilahdusnopeus etäisyydellä D_0

D_0 = mittauspisteen etäisyys raiteen keskeltä

D = tarkastelupisteen etäisyys raiteen keskeltä

B = etäisyys eksponentti

S_0 = suurimman tärinän aiheuttaneen mitatun junan nopeus

S = tarkasteltavan junan nopeus (jos $S < 70$ km/h, käytetään $S = 70$ km/h)

A = nopeuseksponentti, $A = 0,9 \dots 1,1$

G_0 = suurimman tärinän aiheuttaneen mitatun junan paino

G = tarkasteltavan junan paino

Junan nopeus

Junan nopeutena S_0 on peruslaskennoissa käytetty nopeutta, joka on saatu kellotamalla junan ohitus ja laskemalla nopeus junan ilmoitetun pituuden avulla. Mikäli ohitusta ei ole saatu ajallisesti mitattua, on laskennoissa käytetty VR:n ilmoittamaa rataosuuden maksiminopeutta 80 km/h. Auerajauksen vertailulaskennoissa on käytetty maksiminopeutta $S = 80$ km/h.

Junapaino

Peruslaskennoissa junapainoina G_0 on käytetty VR:n ilmoittamia todellisia painoja. Auerajauksen vertailulaskennoissa mitoittavan junan painona G on käytetty VR:n ilmoittamaa junainventointitaulukossa 1 esitettyä maksimipainoa 2700 tn.

Etäisyys eksponentti

Etäisyys eksponentti B on laskettu jokaisen junan osalta erikseen kaavalla $B = \log(v_{M2}/v_{M0})/\log(D_0/D_2)$.

Eksponenttiarvoiksi on laskennoissa saatu seuraavat arvot:

- **Linja 1 eksponentti B = 1,0** (hajonta 0,19). Laskennassa käytetty suurimman tärinän aiheuttanutta junaa.
- **Linja 2 eksponentti B = 1,35** (hajonta 0,23). Laskennassa käytetty kaikkien junien aiheuttamia mittausarvoja.
- **Linja 3 eksponentti B = 0,96** (hajonta 0,35). Laskennassa käytetty suurimman tärinäarvon aiheuttaneen junan mitattua arvoa.
- **Mittauspisteen Mp 6 ja Mp 4 välillä eksponentti B = 0,86**. Laskennassa käytetty suurimman tärinäarvon aiheuttaneen junan mitattua arvoa.
- **Mittauspisteen Mp 5** pehmeikköalueella on käytetty eksponenttiarvoa **B = 0,55** (arvioitu savialue) ja **B = 0,9** (arvioitu löyhä siltti- ja hiekka-alue).

Lasketut eksponenttiarvot vastaavat selvitysalueen maaperätulkinnan mukaisina mittausohjeessa 1 esitetyjä eri maaperätyyppien eksponentin ohjearvoja.

4.7.2. Tärinäalueiden rajausmääritelmä ja heilahdusnopeuskriteerit

Aluerajaus perustuu mitoittavan junan aiheuttaman tärinän suuruuteen rakennuksen perustusrakenteessa kohdassa, joka tärisee maaperän kanssa samassa vaiheessa. Selvitysalue on jaettu maaperän suhteen siten, että kulloinkin laskennan perusteena olevan mittaustuloksen edustamaa maaperätulkintaa käytetään rajausalueella suoritettavissa tärinän leviämislaskelmissa. Alueiden V, H ja E rajaaminen perustuu tässä tarkastelussa aluekohtaisten tärinämittaustulosten perusteella suoritettuihin laskentoihin ja käytössä olleiden maaperäolosuhdetietojen tulkintaan sekä kokemusperäiseen arvioon.

Tärinän heilahdusnopeus voi kasvaa ylärakenteessa, esimerkiksi välipohjissa, väliseinissä tai erilaisissa rakennusosissa, kuten esimerkiksi levyrakenteissa tai kiintokalusteissa. Aluerajauksissa ei tarkastella tällaisten kohteiden tärinää, koska riittäviä lähtötietoja tärinöiden arvioimiseen ei ole saatavilla. Lisäksi tärinätasot eri rakennusten ja eri kohteiden välillä muodostuisivat erittäin vaikeasti vertailtaviksi.

VR:n käyttämän ohjeen ”Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin. Vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen” (VTT Espoo 2002) ohjeen mukaan tärinän suhteen rajattavat alueet määritellään seuraavasti:

V-alue

Kohonneen tärinäalttiuden alueeksi rajataan sellaiset alueet, joilla tärinän heilahdusnopeuden resultantti voi rakennuksen perustuksessa ylittää $v_{res} \geq 3$ mm/s. Kohonneen tärinäalttiuden aluetta kutsutaan V-alueeksi (vauriot mahdollisia).

V-alueella on rautatieliikenteen aiheuttama tärinä niin suurta, että siitä voi aiheutua tai se voi myötävaikuttaa rakenteellisten vaurioiden syntymiseen.

H-alue

Vähäisen tärinäalttiuden alue on alue, jolla vastaava heilahdusnopeuden resultantti on välillä $v_{res} = 1 \dots 3$ mm/s. Tätä aluetta kutsutaan H-alueeksi (haitat mahdollisia).

H-alueella esiintyy selvästi havaittavaa tärinää, joka voi olla häiritsevääkin, mutta ei todennäköisesti aiheuta vaurioita rakennuksille.

E-alue

Aluetta, jolla heilahdusnopeuden resultantti jää rakennuksen perustuksessa pienemmäksi kuin $v_{res} < 1$ mm/s, kutsutaan E-alueeksi (haitat epätodennäköisiä).

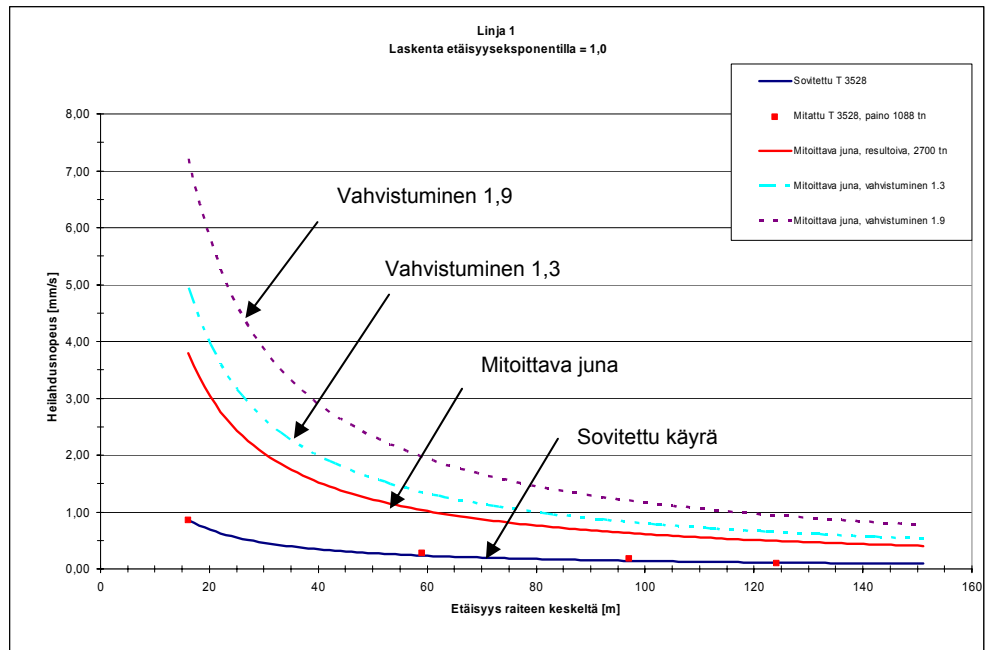
E-alueella osa ihmisistä voi edelleen havaita tärinän, mutta se ei yleensä ole häiritsevää ja rakenteiden vaurioriski on merkityksetön.

Tärinäalueiden rajauksessa käytettävät aluekohtaiset kriteerit on esitetty kootusti oheisessa taulukossa 17.

Tärinäarvon määritelmä	V - alue	H - alue	E - alue
Heilahdusnopeuden resultantin huippuarvoarvo rakennuksen perustuksessa v_B mm/s	$\geq 3,0$	1,0...3,0	$< 1,0$

Taulukko 17: Tärinäalttiuden rajauskriteerit

Mittaustulosten ja suoritettujen laskentojen perusteella on laadittu kuvaajat junan aiheuttamasta tärinästä, laskennallinen kuvaaja rataosuuden maksimipainoisen junan aiheuttamasta tärinästä sekä ko. junan aiheuttamasta rakennuksen yläkerroksissa voimistuvasta tärinästä (1,3- kertainen ja 1,9-kertainen). Mittaustuloksista valittiin laskentaan sellainen junapaino- / tärinämittaustulosyhdistelmä, jonka laskentatuloksena on saatu realistinen, suurin mahdollinen häiriötärinäarvo. Kuvassa 30 on esitetty mittaustulosten ja laskennallisen mitoittavan juna-käyrän sovitettu käyrä linjan 1 osalta.



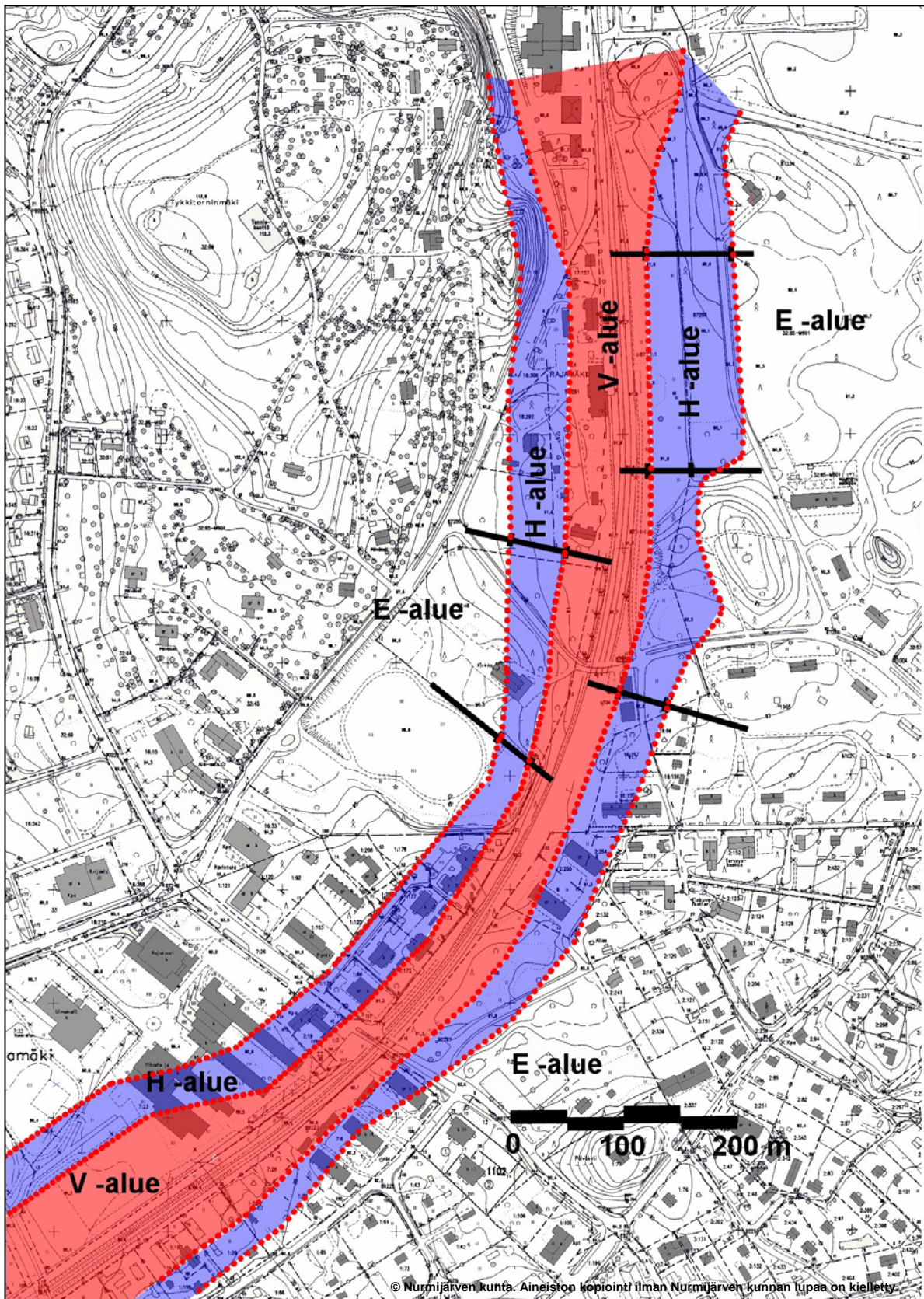
Kuva 30: Linjan 1 mitatun junan sovitettu käyrä ja laskentamallin mitoittava juna

Kuvan 30 kaavion punainen käyrä (mitoittava juna) on laskennallinen tärinäarvo, joka on maksimipainoisen junan aiheuttama rakennuksen perustuksissa tärinän resultanttina. Sininen piste-katkoviiva-käyrä (mitoittava juna, vahvistuminen 1,3) kuvaa tärinän voimistumista yksikerroksisen rakennuksen rakenteissa ja violetti pistekäyrä (mitoittava juna, vahvistuminen 1,9) tärinän voimistumista kaksikerroksisen rakennuksen rakenteissa.

Aluerajauslaskentojen tulokset on esitetty oheisessa taulukossa 18 eri mittaustulosten osalla siten, että mittaustulosten kohdalle on laskettu suurimmalla junapainolla ja rataosan maksiminopeudella sellainen etäisyys radan keskilinjasta, jolla tärinän heilahdusnopeuden resultantin arvo rakennuksen perustuksissa on laskennallisesti aluerajauksen raja-arvon suuruinen. Aluerajaukset on esitetty kuvan 31 havainnekartassa ja liitekartassa 17.

Heilahdusnopeuden resultantti v_B mm/s	$\geq 3,0$ mm/s V - alue	3...1 mm/s H - alue	$\leq 1,0$ mm/s E - alue
Linja 1	≤ 20 m	20...61 m	≥ 61 m
Linja 2	≤ 24 m	24...55 m	≥ 55 m
Linja 3	≤ 33 m	33...105 m	≥ 105 m
Mp 6 – Mp 4	≤ 40 m	40...87 m	≥ 87 m
Mp 7	≤ 28 m	28...70 m	≥ 70 m
Mp 5	≤ 70 m	70...120 m	≥ 120 m

Taulukko 18: Aluerajauksen rajaetäisyydet mittaustulosten osalla



Kuva 31: Havainnekartta tärinäaluerajauksesta

4.7.3. Rakennusten vaurioitumisherkkyys

Rakennusten vaurioitumisalttiuden arvioimiseksi liikennetärinämittausten yhteydessä Suomessa suositellaan käytettäväksi ISO 4866 standardiin (Mechanical vibration and shock – Vibration of buildings – Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings) ja standardiin ”Swiss standard for vibration damages for buildings” perustuvia raja-arvoja. Näissä standardeissa rakennusten tärinäalttiutta arvioidaan herätetärinän taajuuksisällön ja rakenteen tärinäalttiusluokan mukaan.

Tärinäalttiusluokka	Dominoiva taajuus $f_{dom} = \text{Hz}$	Heilahdusnopeuden resultantin huippuarvo $v_{res} = \text{mm/s}$
I. Normaalikuntoiset hyvin jäykistetyt rakennukset. Teräs- ja teräsbetoniset teollisuusrakennukset, muut teräsrakenteet, sillat ja muut niihin rinnastettavat rakenteet	< 10	8
	10...30	10
	> 30	12
II. Perinteisesti rakennetut betoni- tiili- ja puurakenteiset asuin- ja liikerakennukset tai muut niihin rinnastettavat rakennukset ja rakenteet. Luokan I rakennukset, joissa on muurattuja kellariseiniä tai tiiliverhoilu.	< 10	4
	10...30	5
	> 30	6
III. Erityisen herkäät rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistorialliset tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset	< 10	2
	10...30	3
	> 30	4

Taulukko 19: Rakennusten tärinäalttiusluokat

Kun verrataan maastosta ja radan varrella sijaitsevista rakennuksista mitattuja tärinäarvoja taulukon 19 raja-arvoihin, voidaan todeta, seuranta-ajan mitatut tärinäarvot jäävät huomattavasti alle tärinäalttiusluokan I ja II ohjearvojen.

Kun laskennallisesti tarkastellaan mitoittavan junan aiheuttamaa tärinähäiriötä, saadaan mittauslinjojen kohdilta ennuste-etäisyys ratalinjasta, jota lähempänä tärinäalttiusluokan II alin raja-arvo $v_{res} = 4 \text{ mm/s}$ saattaa huonoimmassa tapauksessa ylittyä. Laskenta-arvot on esitetty taulukossa 20.

	Linja 1	Linja 2	Linja 3	Mp 6 – 4	Mp 7	Mp 5
$v_{res} \geq 4,0 \text{ mm/s}$	$\leq 16 \text{ m}$	$\leq 19 \text{ m}$	$\leq 26 \text{ m}$	$\leq 32 \text{ m}$	$\leq 22 \text{ m}$	$\leq 42 \text{ m}$

Taulukko 20: Tärinäalttiusluokan II alimman raja-arvon ($f_{dom} < 10 \text{ Hz}$) laskennallinen ylittyminen.

Kokemuksesta kuitenkin tiedämme, että maaperästä rakennuksen sokkeliin siirtyvä värinä yleensä vaimenee. Eräiden mittaustulosten mukaan vaakatärinästä siirtyy rakennukseen 55...85 % ja pystysuuntaista tärinästä 70...85 %. Vaimennus voi olla tällöin keskimäärin 10...15 %.

4.7.4. Rakennusten värähtelyluokituksen tunnusluvun laskeminen

Rakennuksen tunnusluku on määritetty osoitteen Ratakuja 3-5 mittauspisteen 12 tärinätulosten perusteella. Tuloksista on valittu 15 kpl junan ohituksen aiheuttamaa, heilahdusnopeusarvoltaan suurinta mittaustulosta. Nämä edustavat merkittävimpiä perustuksen pystysuuntaisia heilahdusnopeusarvoja. Jokaisen tallennetun tapahtuman värähtelysignaalista on määritetty ISO 2631-2 (2003) mukaisesti yhden sekunnin pituiset ajanjaksot, jolloin kiihtyvyyden painotettu tehollisarvo a_w ja heilahdusnopeuden painotettu tehollisarvo v_w on suurin. Heilahdusnopeuden painotettu tehollisarvo on tässä tapauksessa määritetty kiihtyvyyden tehollisarvon kautta muutamalla analysoitu kiihtyvyyden tulos nopeusarvoksi kiihtyvyyden ja nopeuden suhteella $a_w = 35,7 \cdot v_w$. Kyseissä kaavassa a_w = kiihtyvyyden tehollisarvo [mm/s^2] ja v_w = nopeuden tehollisarvo [mm/s]. Tämän jälkeen on suoritettu tilastollinen tarkastelu laskemalla painotetuista suureista keskiarvo \bar{v}_w ja keskihajonta σ . Värähtelyn tunnusluvun ominaisarvot on määritetty lausekkeista

$$a_{w95} = \bar{a}_w + 1,8 \cdot \sigma$$

$$v_{w95} = \bar{v}_w + 1,8 \cdot \sigma$$

Tällöin tunnusluvut a_{w95} ja v_{w95} edustavat mittausohjeen 2 mukaisesti 95 % todennäköisyydellä kaikkia ohittaneita junia.

Asuntojen värähtelyluokitus on suositeltu tehtäväksi normaalien asuinrakennusten osalla taulukossa 21 esitettyjen raja-arvojen mukaan.

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	V_{w95}	a_{w95}
A	Hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyä	$\leq 0,10$	$\leq 3,6$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. Ihmiset voivat havaita värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä.	$\leq 0,15$	$\leq 5,4$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyä häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,30$	$\leq 11,0$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyä häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,60$	$\leq 21,0$

Taulukko 21

Taulukon raja-arvoja ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai joissa muusta kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (toimistot, kaupat, liikuntatilat yms.).

20.6.2005

Kriteereissä käytettävän heilahdusnopeuden tunnusluvuksi on saatu Ratakuja 3 – 5:ssä tehtyjen mittausten perusteella $v_{w95} = 0,13$ mm/s ja kiihtyvyyden tunnusluvuksi $a_{w95} = 4,71$ mm/s². Tunnusluvut edustavat rakennuksen perustuksessa havaittua värinän pystysuuntaista komponenttia. Tunnuslukuarvot sijoittuvat rakennuksen alakerrassa taulukon 21 mukaisesti värähtelyluokkaan B. Mittauspisteen Mp 12 etäisyys rataalinjasta oli kartalta mitattuna 46 metriä.

Mittausohjeessa 2 todetaan muun muassa, että kaksikerroksisten rakennusten vaakavärähtelyssä ja ala- ja yläpohjien pystysuuntaisessa värähtelyssä on varauduttava yleensä kaksinkertaiseen värähtelyn tunnuslukuun. Jos arvioidaan Ratakuja 3 – 5:n yläkerran lattian vastaavaa pystysuuntaista tunnuslukuja kaksinkertaisina, sijoittuvat ne taulukon 21 mukaisesti luokkaan C. Maankäytön suunnittelussa tulisi olla tavoitteena, että uusissa asunnoissa värähtelyn tunnusluku ei ylitä arvoa 0,3 mm/s.

5. Melun ja tärinän vaikutus kaavoitukseen Rajamäen selvitysalueella

Melu

Melutasojen kannalta merkittävimpiä tekijöitä ovat radan kunto, liikennemäärät ja käytettävät nopeudet. Liikennemäärien kasvu vaikuttaa melutasojen nousuun vain vähän. Laskennoissa käytetty liikenteen lisääntyminen nykyisestä 50 prosentilla, aiheuttaa keskiäänitasoihin n. 2 dB nousun. Mikäli liikennemäärät kaksinkertaistuisivat, niin melutasot nousisivat nykyisestä 3 dB.

Junien nopeuksien huomattava nostaminen vaikuttaisi melutasoihin merkittävästi. Realistinen nopeuden lisäys 20 km/h nostaisi keskiäänitasoa noin 2 dB. Tosin nopeuksien nouseminen nykyisestä 80 km/h ylöspäin tällä rataosuudella on epätodennäköistä.

Niin melun kuin tärinänkin kannalta radan kunto vaikuttaa merkittävästi siitä aiheutuvaan häiriöön laajuuteen. Radan kunnan ja/tai raiteiden kunnan huononeminen nostaa melutasoja helposti 3-6 dB.

Kaavoituksessa lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat 40 - 60 metrin etäisyydellä radasta. Laskentojen ja mittausten perusteella voidaan sanoa, että raideliikenteen aiheuttamat melutasot eivät edellytä melusteiden rakentamista tai melua koskevien kaavamääräysten antamista nyt kaavoitettaville alueille. Tosin junien ohiajojen aiheuttamat enimmäistasot nousevat lähimpien rakennusten kohdalla niin korkeiksi, että ne saattavat aiheuttaa lyhytaikaista häiriötä yöaikaan. Siksi lähimpänä rataa sijaitsevien rakennusten kohdalla makuuhuoneiden sijoittaminen suojan puolelle on suositeltavaa.

Melun suhteen voidaan siis sanoa, että nyt kaavoitettavalla alueella raideliikenteen melu aiheuttamat haitat jäävät tulevaisuudessakin todennäköisesti vähäisiksi.

Tärinä

Tärinämittauksiin perustuvien leviämislaskelmien mukaan rajauseritelmän V – aluetta emme suosittele osoitettavaksi uuden asuinrakentamisen käyttöön. Laskelmien mukaan V – alueella suurimmalla sallitulla painorajoituksella ja rataosan maksiminopeudella kulkevan tavarajunan aiheuttama tärinä saattaa huonoimmalla ennusteella aiheuttaa rakenteellisia vaurioita tai se voi myötävaikuttaa tärinävaurioiden syntyä.

Laskennallisesti mitoittavan junan aiheuttama tärinä saattaa ylittää tärinäalttiusluokan II alimman raja-arvon $v_{res} = 4$ mm/s, kun etäisyys radan keskilinjaan on pienempi tai yhtä suuri kuin taulukossa 20 esitetyt etäisyysarvot. Esimerkiksi Rajamäentien siltapaikan länsipuolisella pehmeikköalueella ko. tärinäraja saattaa ennusteen mukaan ylittyä alle 40 m etäisyydellä ratalinjasta. Tästä syystä Rajamäentien siltapaikan ja Kiljavantien välinen pehmeikköalue suositellaan kaavoitettavaksi esimerkiksi urheilukäyttöön tai sellaisen julkisen rakentamisen käyttöön, jossa mahdollinen värähtely ei haittaa ihmisten oleskelua tai aiheuta rakenteellisia vaurioita. Häiriön vähentämiseksi tulee esimerkiksi lattiarakenteet suunnitella siten, että ominaisvärähtely ei ole junatärinän taajuuspainotusalueella. Tämä koskee sekä yksikerroksisia että useampikerroksisia rakennuksia, koska rakennusten pystyrakenteet siirtävät perustuksen pystysuuntaisen värähtelyn myös ylempiin kerroksiin.

Rajauseritelmän H – alueella junaliikenteen aiheuttama tärinä on havaittavaa, mutta tärinä ei todennäköisesti aiheuta rakenteellisia tai kosmeettisia vaurioita. Mikäli H - alueelle suunnitellaan kaavoitettavaksi puurakenteisia asuinrakennuksia, tulee rakenteiden jäykkyyteen ja lattian rakenneratkaisuihin kiinnittää erityistä huomiota. Emme suosittele monikerroksisten puurakenteisten asuinrakennusten sijoittamista kaavoitettavalle rajauseritelmän H-alueelle.

Arviomme, että rajauserittelmän E – alueen lähimmällä vyöhykkeellä pieni osa ihmisistä saattaa havaita satunnaisesti tärinän, mutta se ei ole yleensä häiritsevää eikä rakenteiden vaurioitumisriski ole todennäköistä. E – alueella rakentaminen ei tule edellyttämään erityistoimenpiteitä.

Yhteenveto
V – alue <ul style="list-style-type: none">- ei uutta asuinrakentamista- julkista rakentamista- tärinä otettava huomioon mm. lattiarakenteissa
H – alue <ul style="list-style-type: none">- ei monikerroksisia puurakennuksia- tärinä otettava huomioon rakenteissa
E – alue <ul style="list-style-type: none">- rakentaminen ei tule edellyttämään erityistoimenpiteitä

Mikäli rataosan paino- ja nopeusrajoitukset säilyvät tulevaisuudessa ennallaan, junien liikennöinnin vuorokautinen tai viikoittainen lisääntyminen ei sinänsä tule nostamaan ympäristöön leviävää tärinätasoa. Junien nopeudennosto tai junapainojen lisäys tulisivat mitä ilmeisimmin aiheuttamaan lisääntyvää tärinähäiriötä ympäristöön.

WSP LT-Konsultit Oy

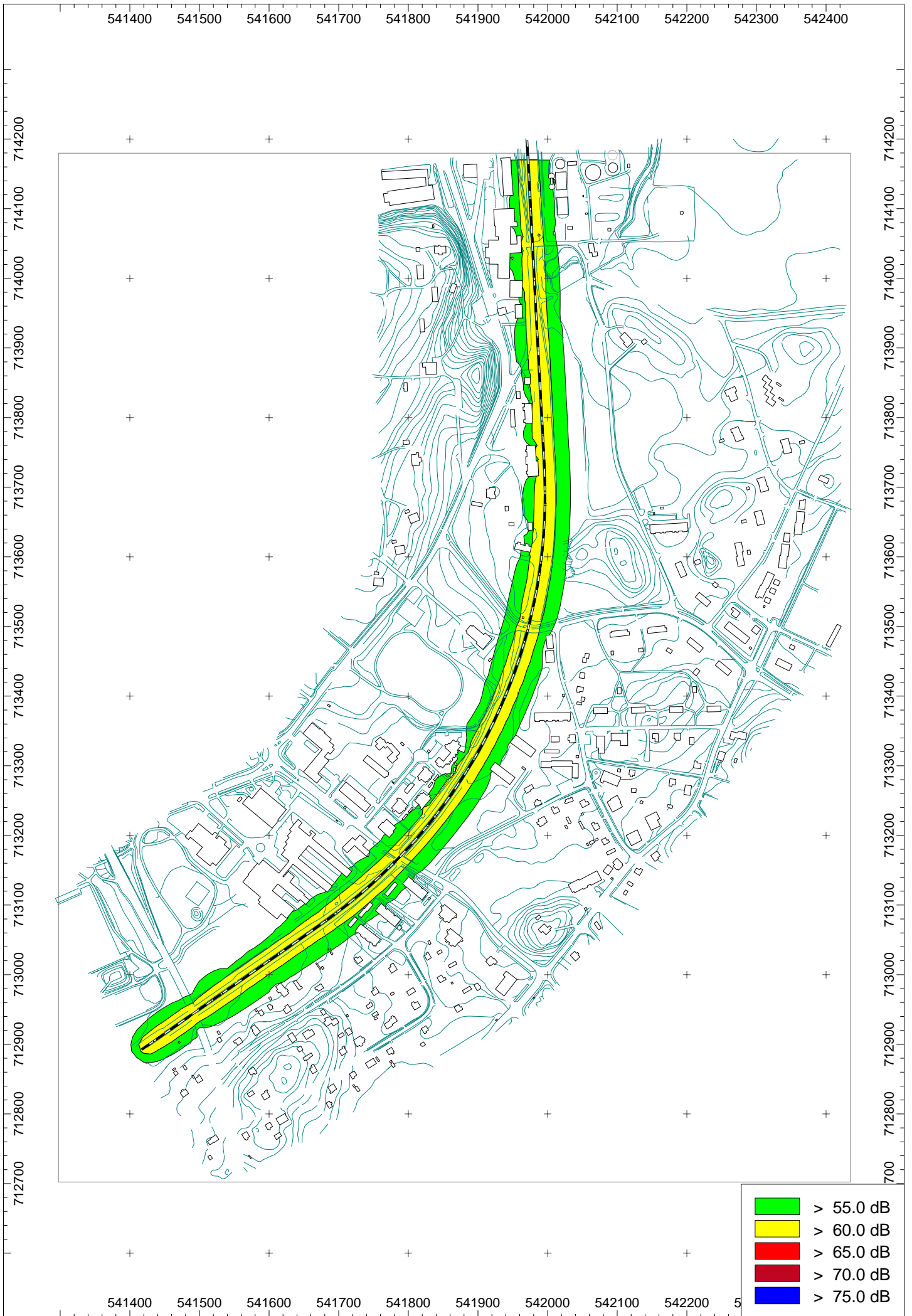
Larri Liikonen
FM, projektipäällikkö

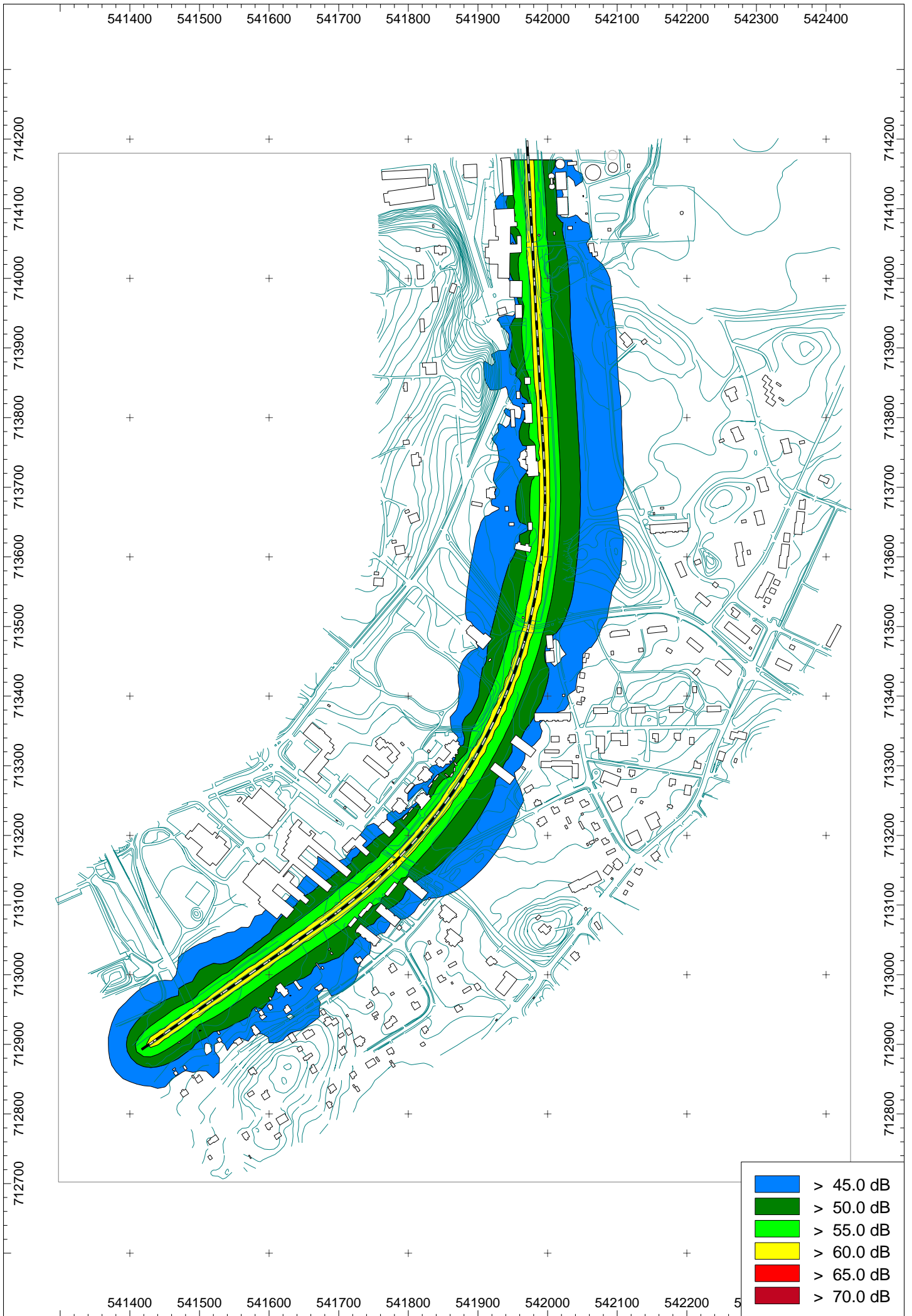
Veli-Markku Uski
Maisema-arkkitehti, toimialajohtaja

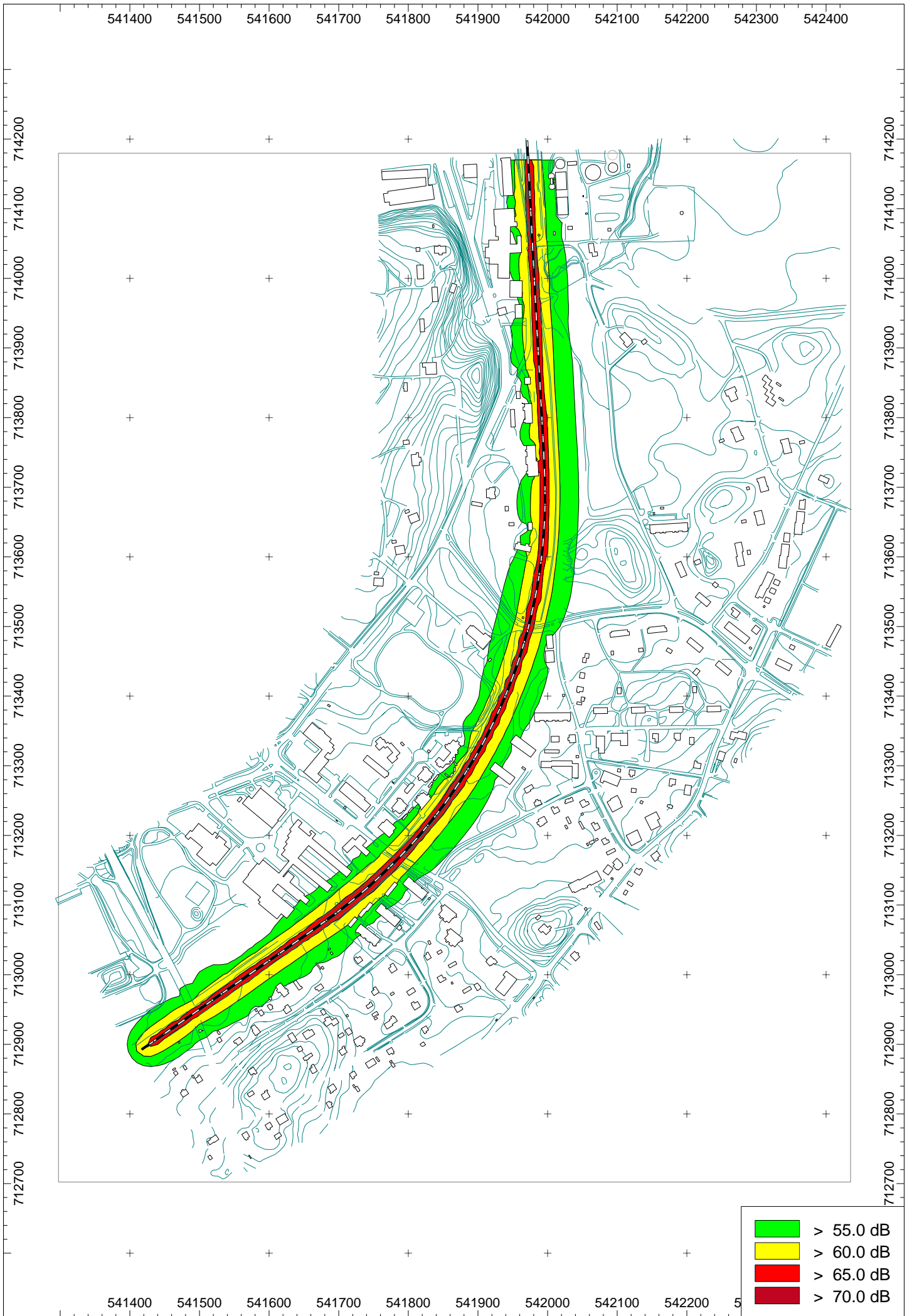
Pentti Ervo
Projektipäällikkö

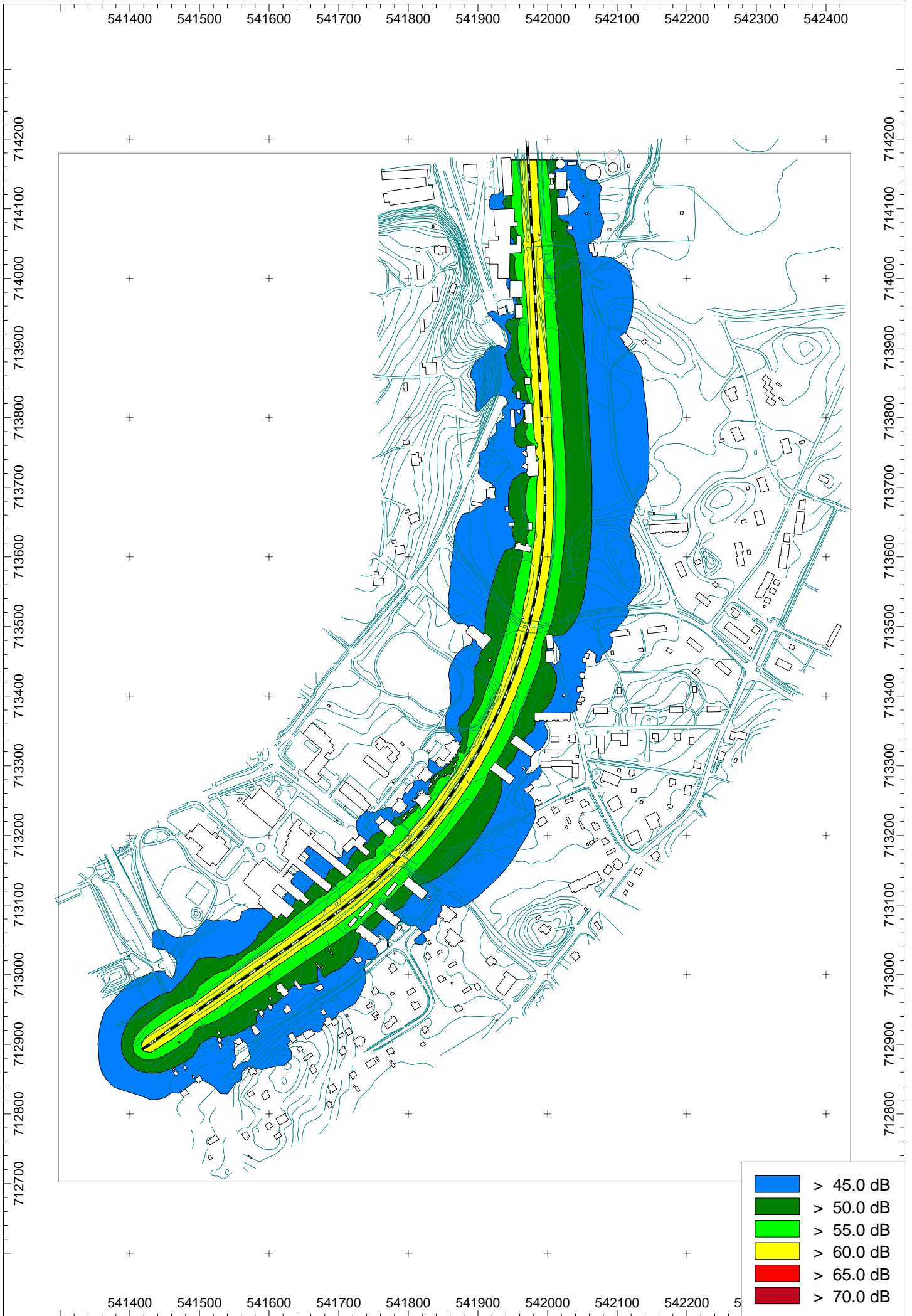
Jukka Pöllä
TkL, toimialajohtaja

LIITTEET: Liite 1: Nykyinen liikenne, keskiäänitaso päivällä
Liite 2: Nykyinen liikenne, keskiäänitaso yöllä
Liite 3: Ennuste liikenne, keskiäänitaso päivällä
Liite 4: Ennuste liikenne, keskiäänitaso yöllä
Liitteet 5 - 7: Melumittaustulokset Mp 1, Mp 2 ja Mp 3
Liite 8: Tuntikohtaiset analyysit päivittäin 8.4. klo 17:00 - 22:00
Liite 9: Tuntikohtaiset analyysit päivittäin 8.4. klo 22:00 - 9.4. klo 22:00
Liite 10: Tuntikohtaiset analyysit päivittäin 8.4. klo 22:00 - 10.4. klo 14:00
Liite 11 – 16: Mittauslinjojen tärinäaluerajauksen laskentakaaviot
Liite 17: Tärinän aluerajaus, tärinäriskikartta









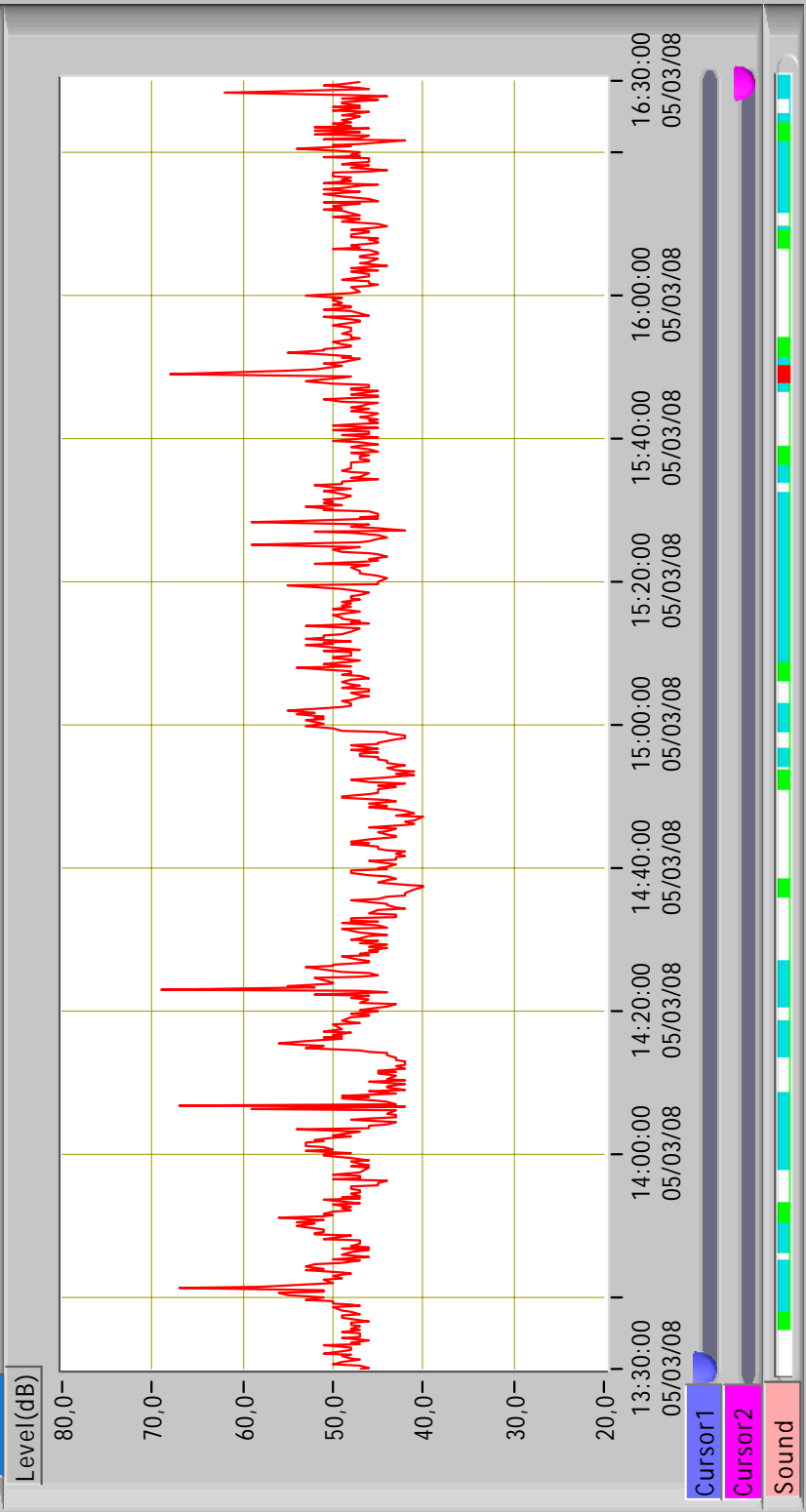
Store Mode Auto1
Measuring Period 2005/03/08(T)13:22-2005/03/08(T)16:49

Frequency Weighting A-Wei.
Sampling Period 1sec

Time Weighting Fast
Filter -

Filter Frequency -

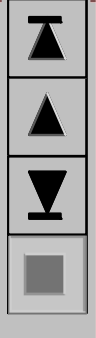
Over Under



Observation time 003:26:35
Actual M-time 003:26:35
Total Data 00012395
Display Start Point 450
Display End Point 11250

Leq LE Lmax Lmin L05 L10 L50 L90 L95

Level-time settings
Level Range 20dB-80dB
Time-Axis 3 h
Display start time 13:30:00 05/03/08



Back Advance

Invalid Valid
Operation

File Name SE0081
Event Rec. 113 rec. 55 dB
Interval Rec. 11 rec. 15min
Start Time of Rec 000:00:06
2005/03/08 15:48:45

Period Setting
Lp 30
Plot 12395
Data No. 30
Day Time 2005/03/08 13:23:00
Level 49,0 dB
2005/03/08 16:49:05
50,0 dB

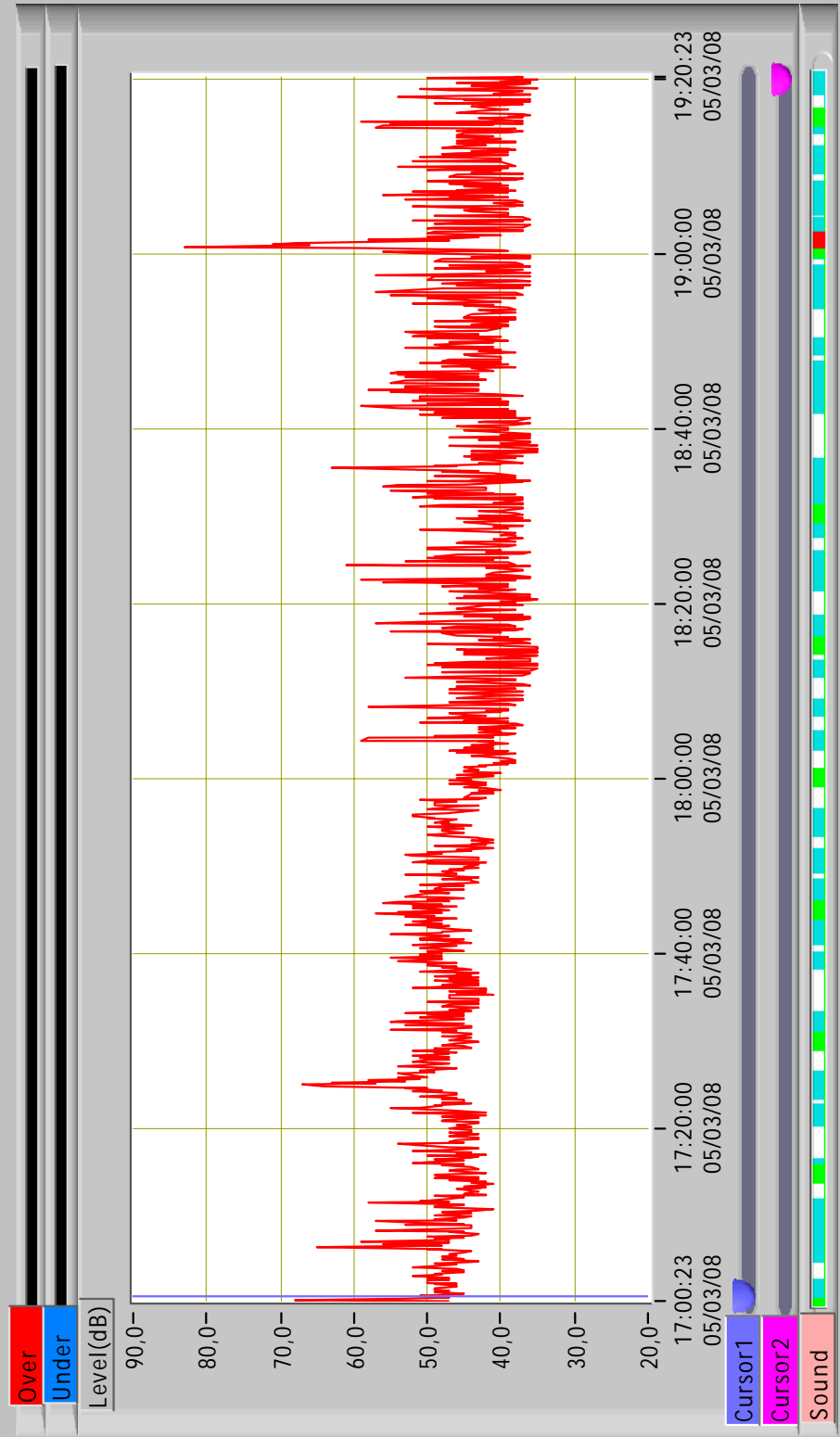
Results
Item Section
Leq 50,2
LE 91,1
Lmax 73,0
Lmin 40,0
L05 53,0
L10 51,0
L50 48,0
L90 44,0
L95 43,0
Over Under Pause Invalid

Store Mode: **Auto1** Measuring Period: **2005/03/08(T)17:00-2005/03/08(T)19:21**

Measuring Conditions: **Over** **Under**

Frequency Weighting: **A-Wei.** Time Weighting: **Fast**

Sampling Period: **1sec** Filter: **-**



Filter: **Frequency**

Observation time: **002:21:29**

Actual M-time: **002:21:29**

Total Data: **00008489**

Display Start Point: **1**

Display End Point: **8401**

Level-time settings

Level Range: **20dB-90dB**

Time-Axis: **3** h

Display start time: **17:00:23** **05/03/08**

File Name: **SE0080**

Event Rec. **Interval Rec.**

98 rec. 55 dB Start Time: **000:00:50**

9 rec. 15min Rec. Time of Rec: **2005/03/08 19:00:46**

Single Contin-uous Both

Only Event Rec. Only Interval Rec. Both

Back Advance

Invalid Valid Operation

Period Setting

Data No.: **38** Day Time: **2005/03/08 17:01:00** Level: **51,0 dB**

Lp: **Cursor1** Over Under Pause Invalid

Plot: **Cursor2** Day Time: **2005/03/08 19:21:51** Level: **37,0 dB**

Over Under Pause Invalid

Results

Item	Leq	LE	Lmax	Lmin	L05	L10	L50	L90	L95	Over	Under	Pause	Invalid
Section	51,6	90,8	83,0	35,0	51,0	49,0	44,0	38,0	37,0	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Store Mode Auto1
Measuring Period 2005/04/08(F)17:34-2005/04/10(S)13:56

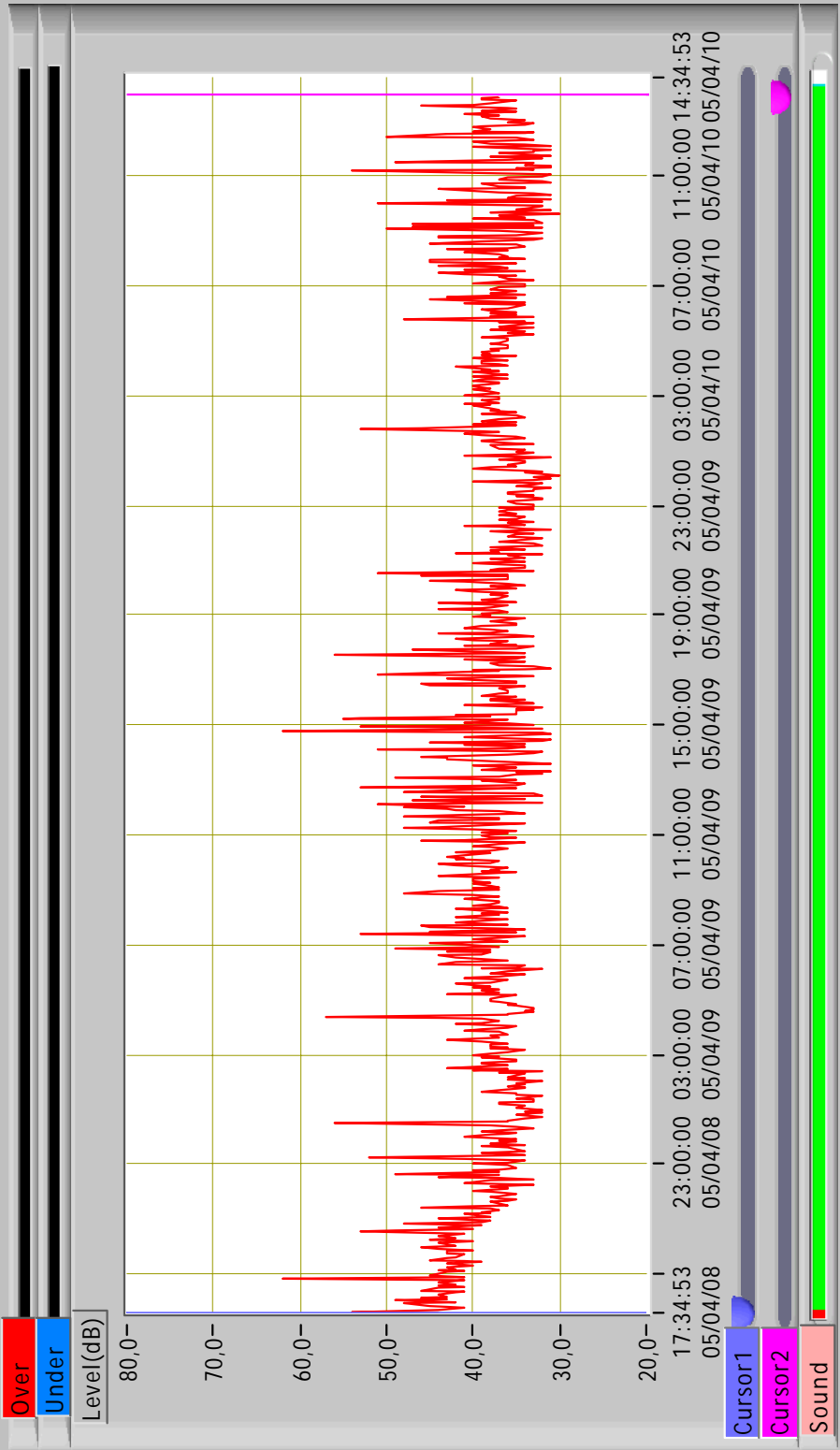
Frequency Weighting A-Wei.
Sampling Period Leq, 1sec
Time Weighting Fast
Filter -

Filter Frequency -

Observation time 044:21:24
Actual M-time 044:21:24
Total Data 00159684
Display Start Point 1
Display End Point 159684

Leq LE Lmax Lmin L05 L10 L50 L90 L95

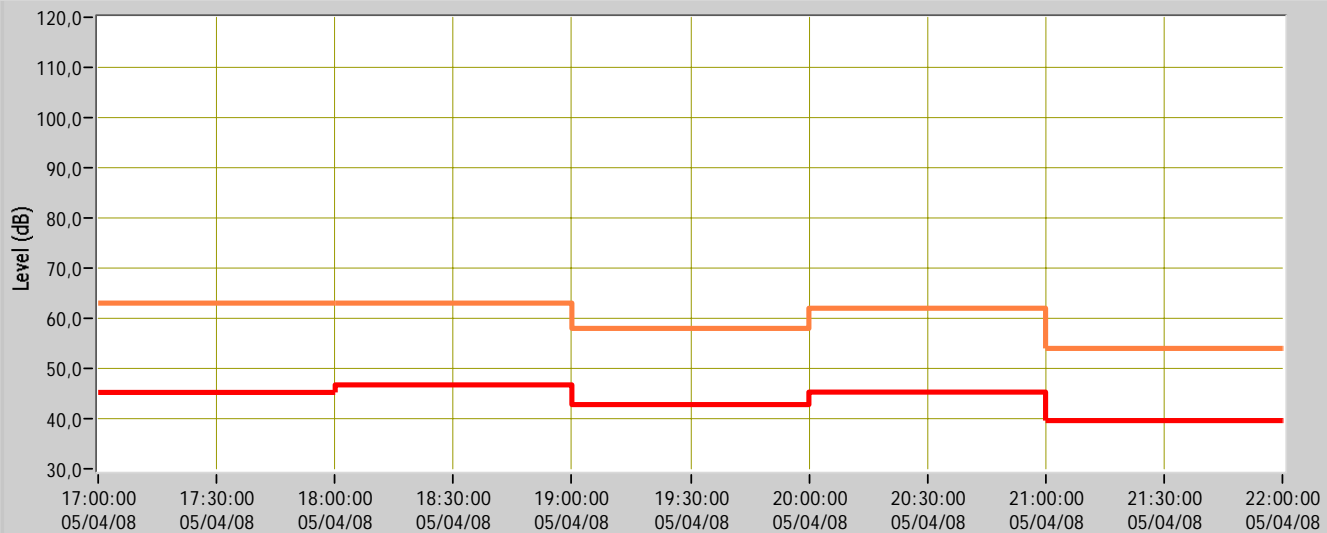
Level-time settings
Level Range 20dB-80dB
Time-Axis 45 h
Display start time 17:34:53 05/04/08



File Name SI0001
Event Rec. 321 rec. 55 dB
Interval Rec. 173 rec. 15min
Start Time of Rec 000:00:15
2005/04/08 17:34:53

Period Setting
Data No. 1
Day Time 2005/04/08 17:34:53
Level 44,0 dB
Cursor1
Cursor2
159684
2005/04/10 13:56:16
Level 37,0 dB

Results
Item Section
Leq 42,5
LE 94,6
Lmax 70,0
Lmin 29,0
L05 45,0
L10 43,0
L50 37,0
L90 33,0
L95 33,0
Over Under Pause Invalid



- Leq
- Lmax
- Lmin
- L05
- L10
- L50
- L90
- L95

Level range 30-120dB

M-time zone (dB)	Leq	Lmax	Lmin	L05	L10	L50	L90	L95	Over	Under	Pause	Invalid
2005/04/08 17:00:00	45,2	63,0	41,0	48,0	47,0	44,0	42,0	42,0	-	-	-	-
2005/04/08 18:00:00	46,7	63,0	39,0	49,0	47,0	43,0	41,0	41,0	-	-	-	-
2005/04/08 19:00:00	42,8	58,0	39,0	45,0	44,0	42,0	41,0	40,0	-	-	-	-
2005/04/08 20:00:00	45,3	62,0	37,0	49,0	46,0	42,0	39,0	39,0	-	-	-	-
2005/04/08 21:00:00	39,6	54,0	34,0	44,0	41,0	38,0	36,0	36,0	-	-	-	-

Graph Display
Time Ave.2

List Display
Time Ave.2

Freq Weighting
A-Wei.

Time Weighting
Fast

Filter
-

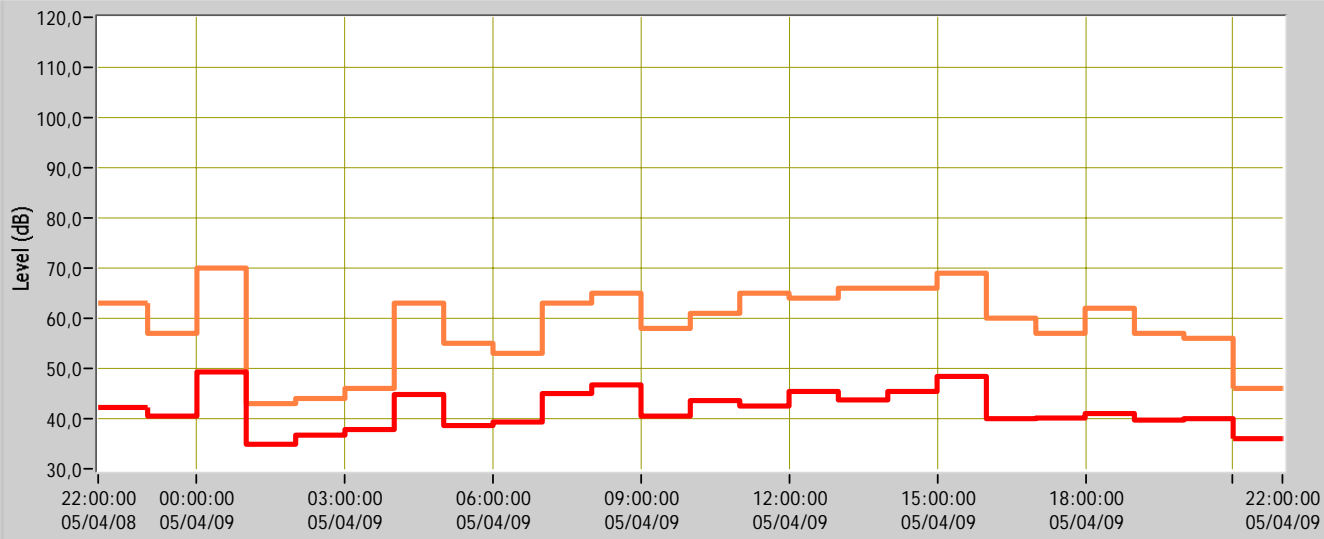
Filter Frequency
-

Store Mode
Auto1

Sampling Time
Leq,1sec

Ref. time period (dB)	Leq	Lmax	Lmin	L05	L10	L50	L90	L95	Over	Under	Pause	Invalid
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Day 7-22	44,5	63,0	34,0	47,0	45,0	41,8	39,8	39,6	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Day-evening-night or Day-night sound level
Ldn 44,5 dB



Legend for sound level metrics:

- Leq
- Lmax
- Lmin
- L05
- L10
- L50
- L90
- L95

Level range 30-120dB

M-time zone (dB)	Leq	Lmax	Lmin	L05	L10	L50	L90	L95	Over	Under	Pause	Invalid
2005/04/08 22:00:00	42,2	63,0	33,0	43,0	41,0	37,0	35,0	35,0	-	-	-	-
2005/04/08 23:00:00	40,5	57,0	32,0	45,0	40,0	36,0	34,0	33,0	-	-	-	-
2005/04/09 00:00:00	49,3	70,0	31,0	47,0	40,0	35,0	33,0	32,0	-	-	-	-
2005/04/09 01:00:00	34,9	43,0	31,0	37,0	37,0	34,0	33,0	32,0	-	-	-	-
2005/04/09 02:00:00	36,7	44,0	32,0	39,0	39,0	36,0	34,0	33,0	-	-	-	-
2005/04/09 03:00:00	37,8	46,0	33,0	40,0	39,0	37,0	35,0	34,0	-	-	-	-
2005/04/09 04:00:00	44,8	63,0	31,0	45,0	41,0	37,0	33,0	33,0	-	-	-	-
2005/04/09 05:00:00	38,6	55,0	32,0	41,0	40,0	38,0	36,0	35,0	-	-	-	-
2005/04/09 06:00:00	39,3	53,0	32,0	44,0	42,0	38,0	35,0	34,0	-	-	-	-
2005/04/09 07:00:00	45,0	63,0	33,0	50,0	46,0	39,0	36,0	35,0	-	-	-	-
2005/04/09 08:00:00	46,7	65,0	34,0	49,0	44,0	38,0	36,0	36,0	-	-	-	-
2005/04/09 09:00:00	40,5	58,0	34,0	44,0	42,0	39,0	37,0	36,0	-	-	-	-
2005/04/09 10:00:00	43,6	61,0	33,0	47,0	44,0	39,0	36,0	35,0	-	-	-	-
2005/04/09 11:00:00	42,5	65,0	33,0	47,0	45,0	39,0	36,0	35,0	-	-	-	-
2005/04/09 12:00:00	45,4	64,0	29,0	52,0	48,0	38,0	33,0	33,0	-	-	-	-
2005/04/09 13:00:00	43,7	66,0	29,0	49,0	47,0	36,0	32,0	31,0	-	-	-	-
2005/04/09 14:00:00	45,4	66,0	30,0	48,0	44,0	35,0	32,0	32,0	-	-	-	-
2005/04/09 15:00:00	48,4	69,0	31,0	54,0	48,0	35,0	33,0	32,0	-	-	-	-
2005/04/09 16:00:00	40,0	60,0	32,0	44,0	41,0	36,0	34,0	34,0	-	-	-	-
2005/04/09 17:00:00	40,1	57,0	30,0	45,0	43,0	37,0	34,0	33,0	-	-	-	-
2005/04/09 18:00:00	41,0	62,0	33,0	44,0	42,0	37,0	35,0	35,0	-	-	-	-
2005/04/09 19:00:00	39,7	57,0	33,0	43,0	41,0	38,0	35,0	35,0	-	-	-	-
2005/04/09 20:00:00	40,0	56,0	31,0	45,0	41,0	36,0	34,0	33,0	-	-	-	-
2005/04/09 21:00:00	36,0	46,0	30,0	40,0	39,0	35,0	33,0	32,0	-	-	-	-

Graph Display Time Ave.2

List Display Time Ave.2

Freq Weighting A-Wei.

Time Weighting Fast

Filter -

Filter Frequency -

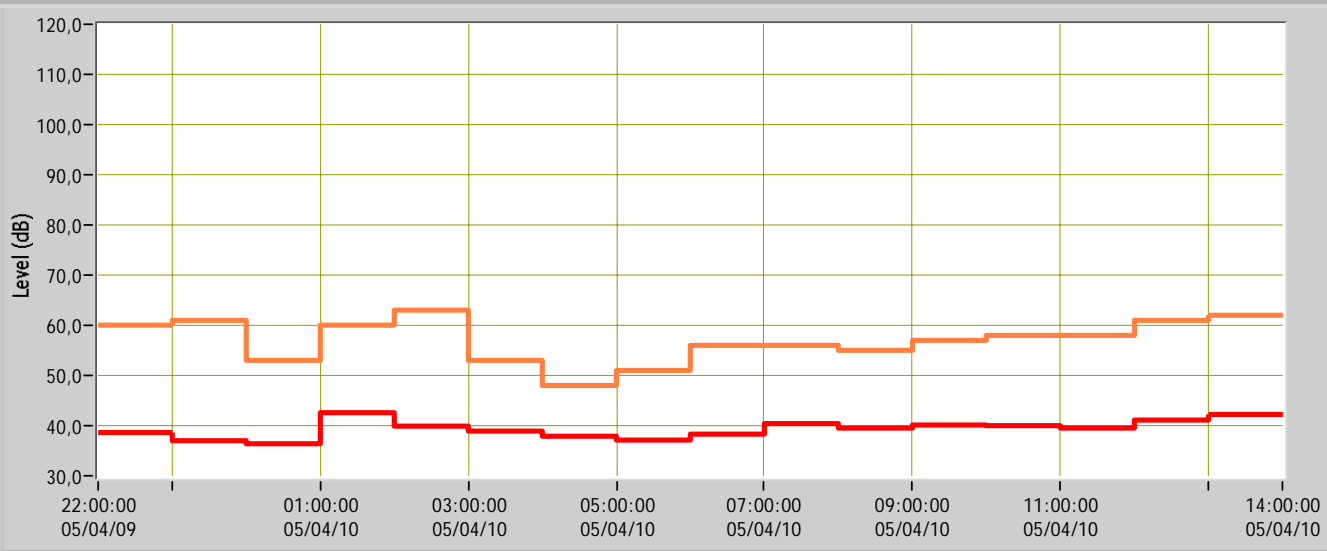
Store Mode Auto1

Sampling Time Leq,1sec

Ref. time period (dB)	Leq	Lmax	Lmin	L05	L10	L50	L90	L95	Over	Under	Pause	Invalid
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Day 7-22	43,7	69,0	29,0	46,7	43,7	37,1	34,4	33,8	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Night 22- 7	42,8	70,0	31,0	42,3	39,9	36,4	34,2	33,4	-	-	-	-

Day-evening-night or Day-night sound level

Ldn 49,4 dB



Level range: 30-120dB

- Leq
- Lmax
- Lmin
- L05
- L10
- L50
- L90
- L95

M-time zone (dB)	Leq	Lmax	Lmin	L05	L10	L50	L90	L95	Over	Under	Pause	Invalid
2005/04/09 22:00:00	38,6	60,0	30,0	39,0	38,0	35,0	33,0	32,0	-	-	-	-
2005/04/09 23:00:00	37,0	61,0	30,0	38,0	36,0	34,0	31,0	31,0	-	-	-	-
2005/04/10 00:00:00	36,4	53,0	29,0	40,0	39,0	35,0	32,0	31,0	-	-	-	-
2005/04/10 01:00:00	42,6	60,0	31,0	48,0	43,0	37,0	34,0	34,0	-	-	-	-
2005/04/10 02:00:00	39,9	63,0	34,0	41,0	40,0	38,0	36,0	35,0	-	-	-	-
2005/04/10 03:00:00	38,9	53,0	35,0	41,0	40,0	38,0	37,0	37,0	-	-	-	-
2005/04/10 04:00:00	37,9	48,0	35,0	40,0	39,0	37,0	36,0	36,0	-	-	-	-
2005/04/10 05:00:00	37,1	51,0	32,0	39,0	38,0	36,0	34,0	34,0	-	-	-	-
2005/04/10 06:00:00	38,3	56,0	32,0	43,0	40,0	36,0	34,0	34,0	-	-	-	-
2005/04/10 07:00:00	40,4	56,0	31,0	46,0	43,0	37,0	34,0	34,0	-	-	-	-
2005/04/10 08:00:00	39,5	55,0	30,0	45,0	43,0	37,0	33,0	33,0	-	-	-	-
2005/04/10 09:00:00	40,1	57,0	30,0	48,0	43,0	34,0	32,0	31,0	-	-	-	-
2005/04/10 10:00:00	40,0	58,0	30,0	45,0	41,0	35,0	32,0	31,0	-	-	-	-
2005/04/10 11:00:00	39,5	58,0	30,0	45,0	42,0	34,0	32,0	31,0	-	-	-	-
2005/04/10 12:00:00	41,1	61,0	30,0	46,0	42,0	36,0	33,0	32,0	-	-	-	-
2005/04/10 13:00:00	42,2	62,0	33,0	45,0	43,0	38,0	35,0	35,0	-	-	-	-

Graph Display: Time Ave.2

List Display: Time Ave.2

Freq Weighting: A-Wei.

Time Weighting: Fast

Filter: -

Filter Frequency: -

Store Mode: Auto1

Sampling Time: Leq,1sec

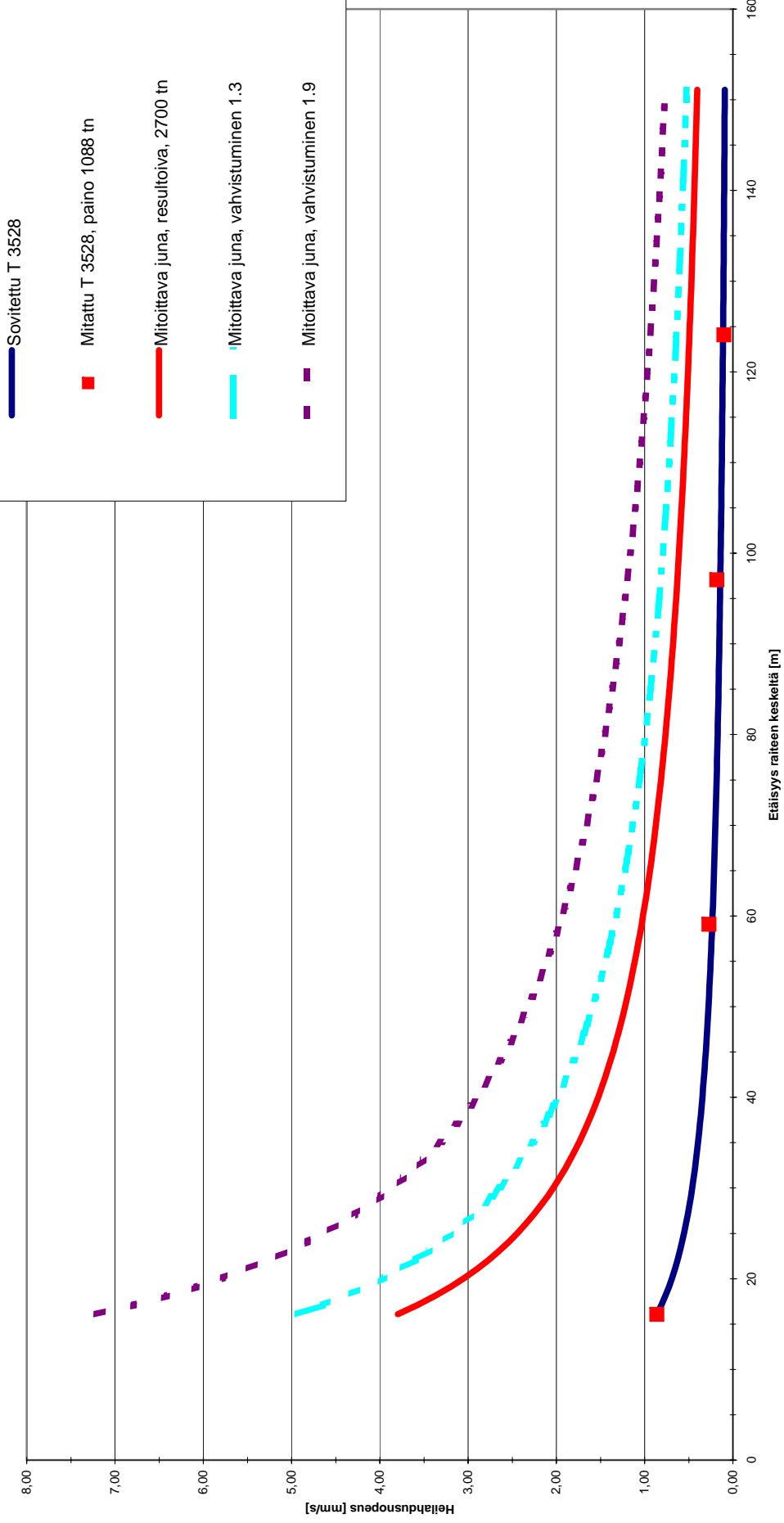
Ref. time period (dB)	Leq	Lmax	Lmin	L05	L10	L50	L90	L95	Over	Under	Pause	Invalid
Day 7-22	40,5	62,0	30,0	45,7	42,4	35,9	33,0	32,4	-	-	-	-
Night 22-7	38,9	63,0	29,0	41,0	39,2	36,2	34,1	33,8	-	-	-	-

Day-evening-night or Day-night sound level

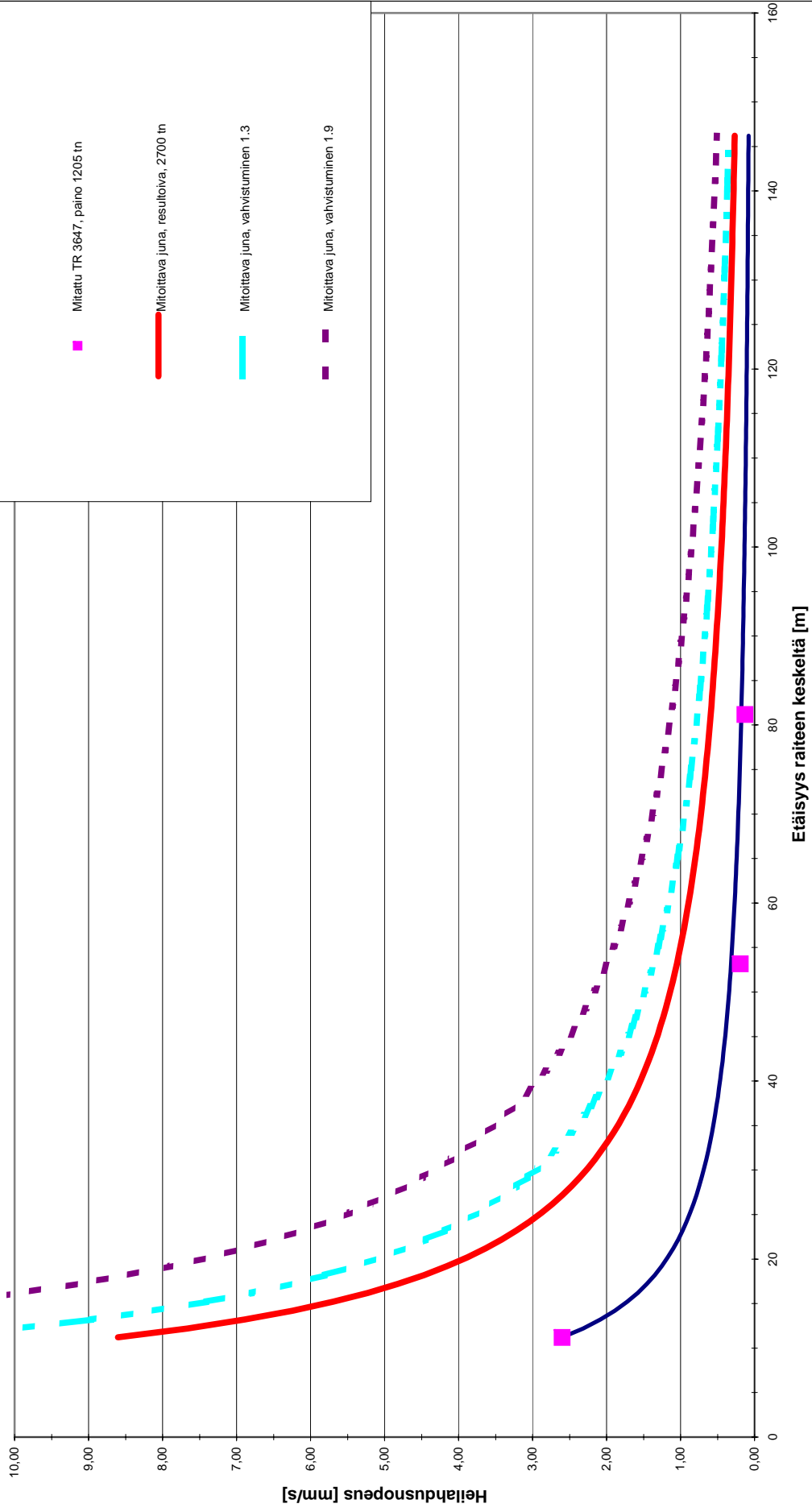
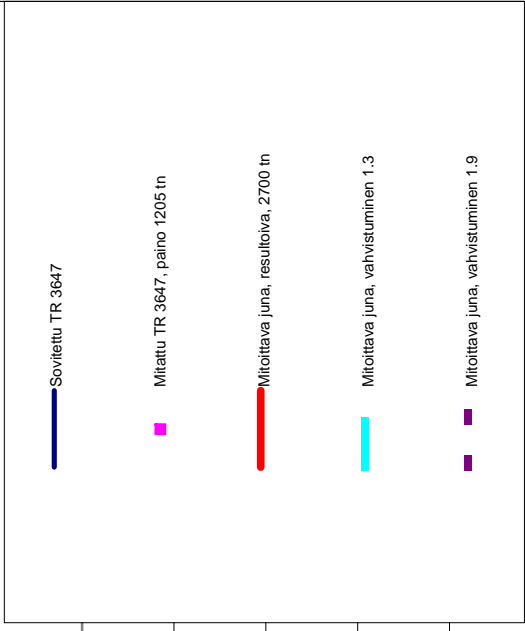
Ldn: 45,6 dB

Linja 1

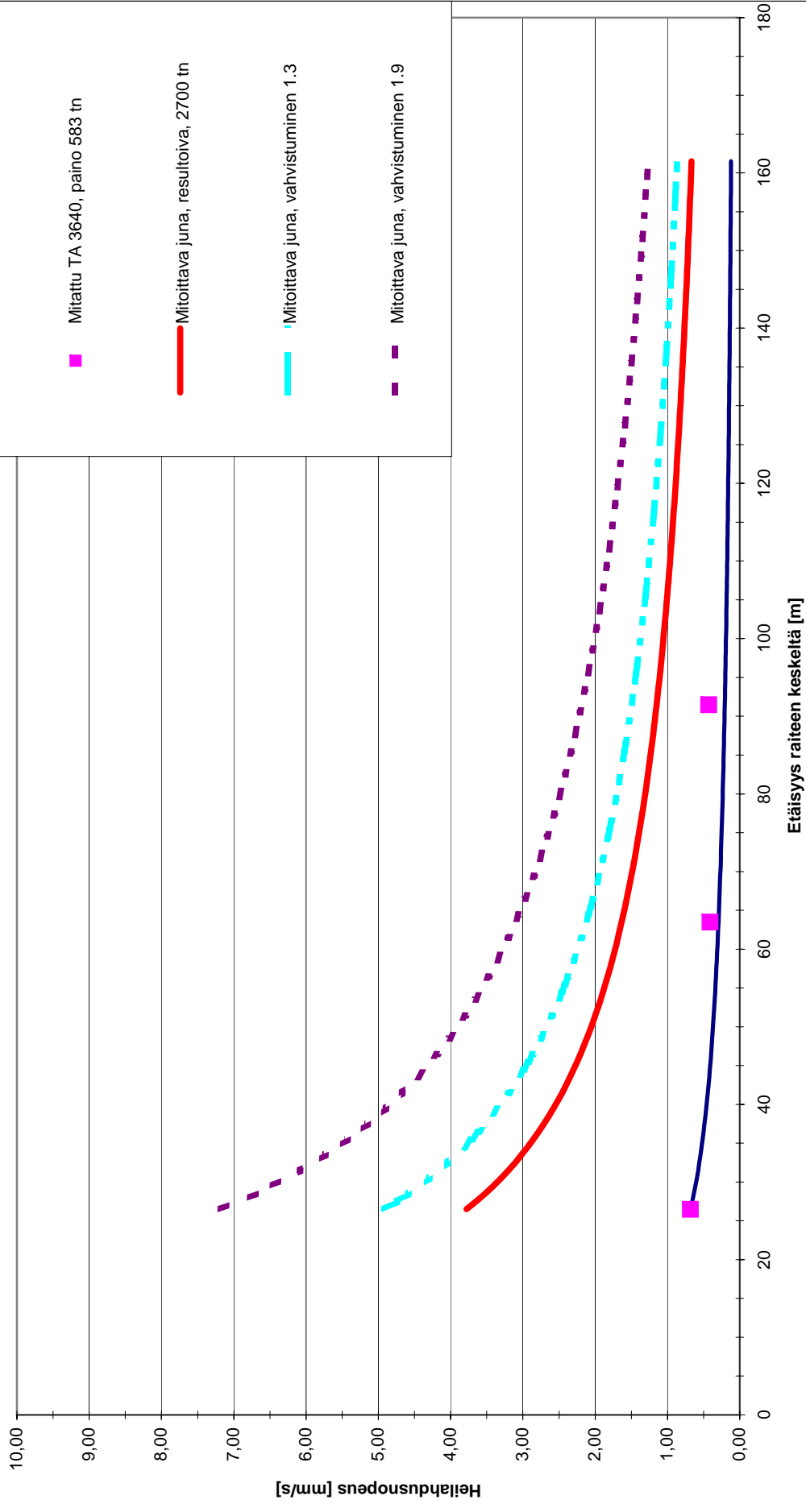
Laskenta etäisyyskoefficientilla = 1,0



Linja 2 Laskenta etäisyyskesponentilla 1,35



Linja 3
Laskenta etäisyyskseenponentilla 0,96



— Sovitettu TA 3640

■ Mitattu TA 3640, paino 583 tn

— Mitoittava juna, resultoiva, 2700 tn

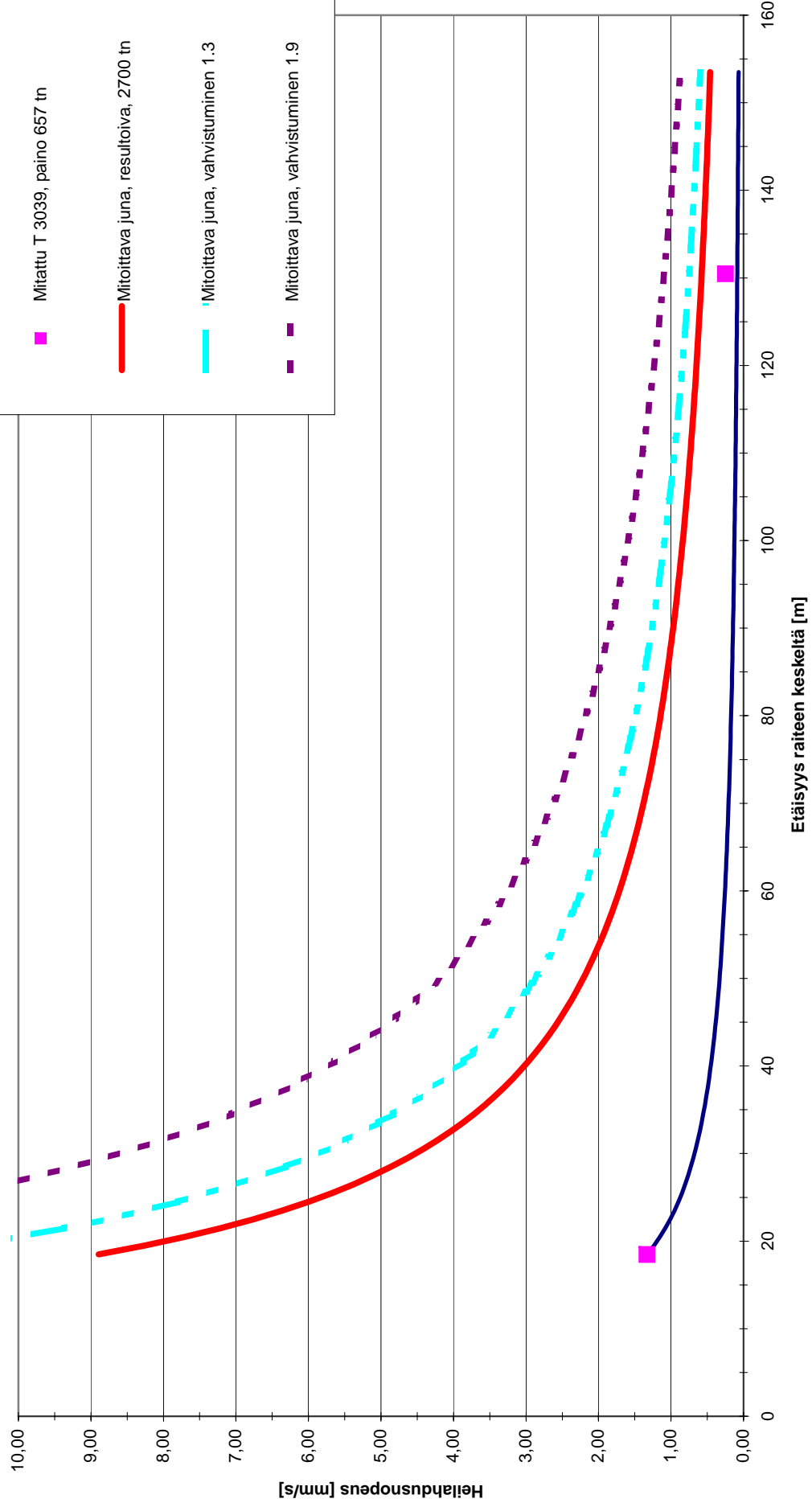
- - Mitoittava juna, vahvistuminen 1.3

- - Mitoittava juna, vahvistuminen 1.9

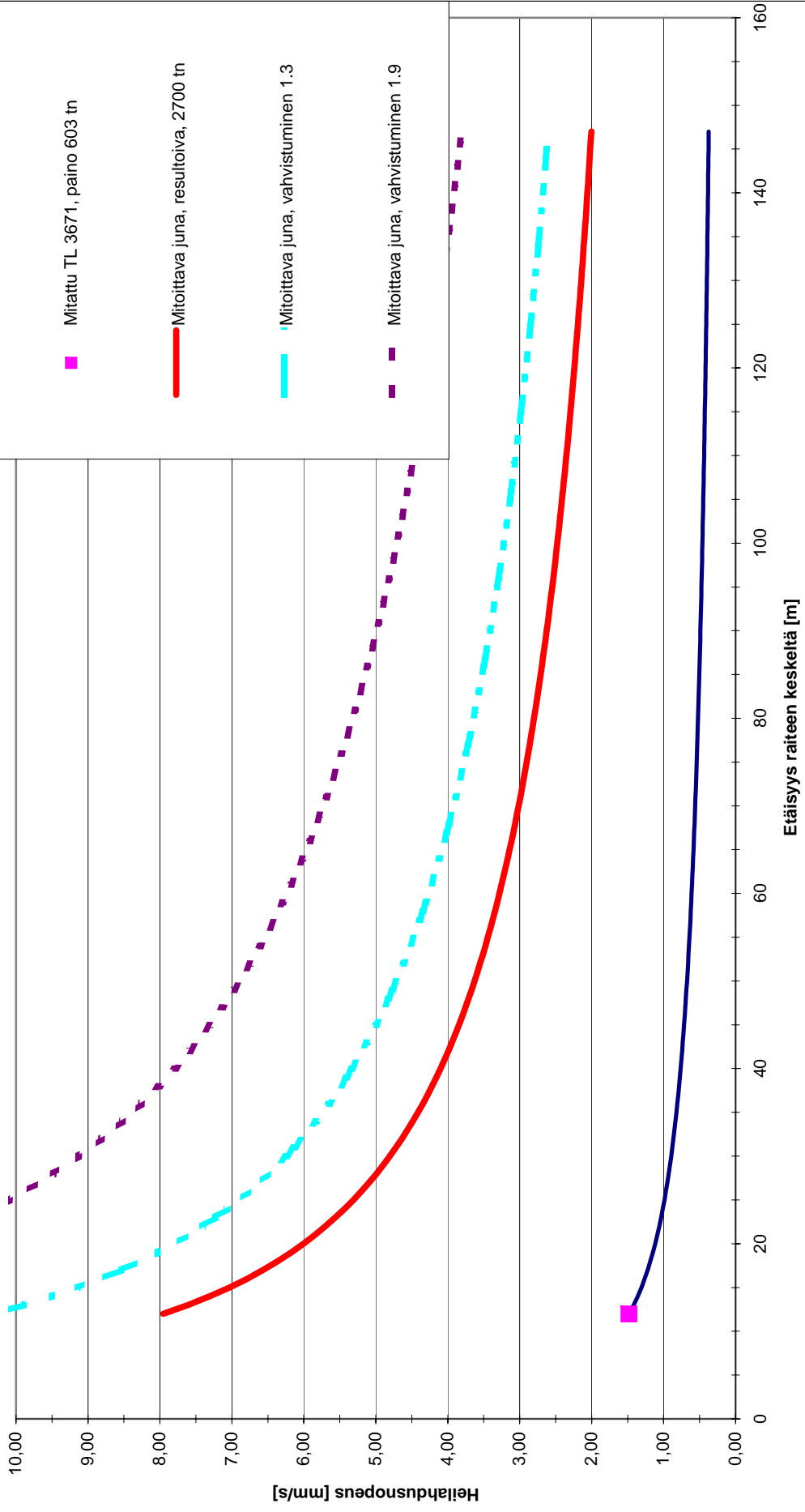
Helikudusnopeus [m/s]

Etäisyys raiteen keskeltä [m]

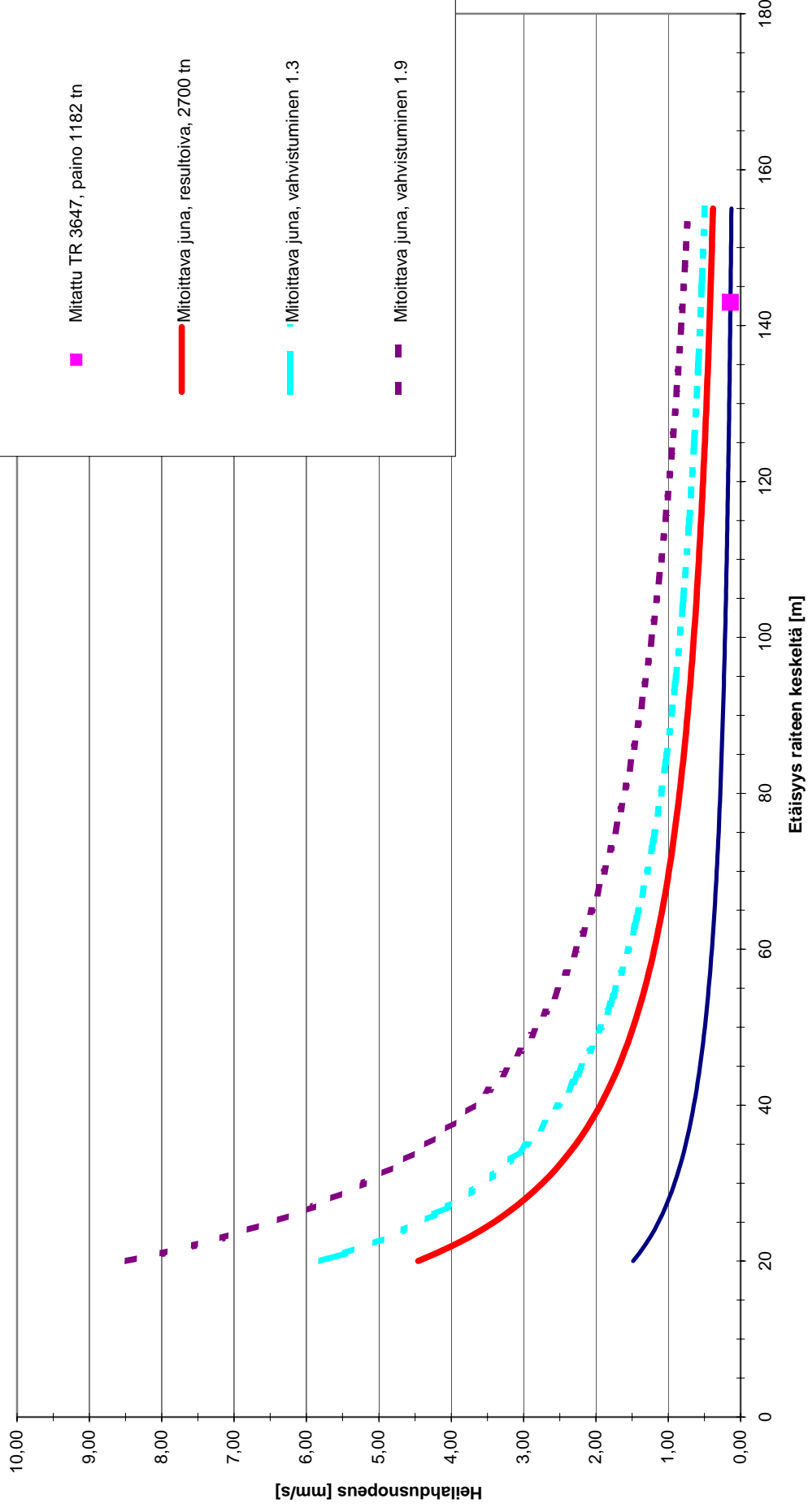
Mittauspisteet Mp 6 - Mp 4
Laskenta etäisyysseksponentilla 1,4



Mittauspiste Mp 5
Laskenta etäisyysseksponentilla 0,55



Mittauspiste Mp 7
Laskenta etäisyysseksponentilla 1,2



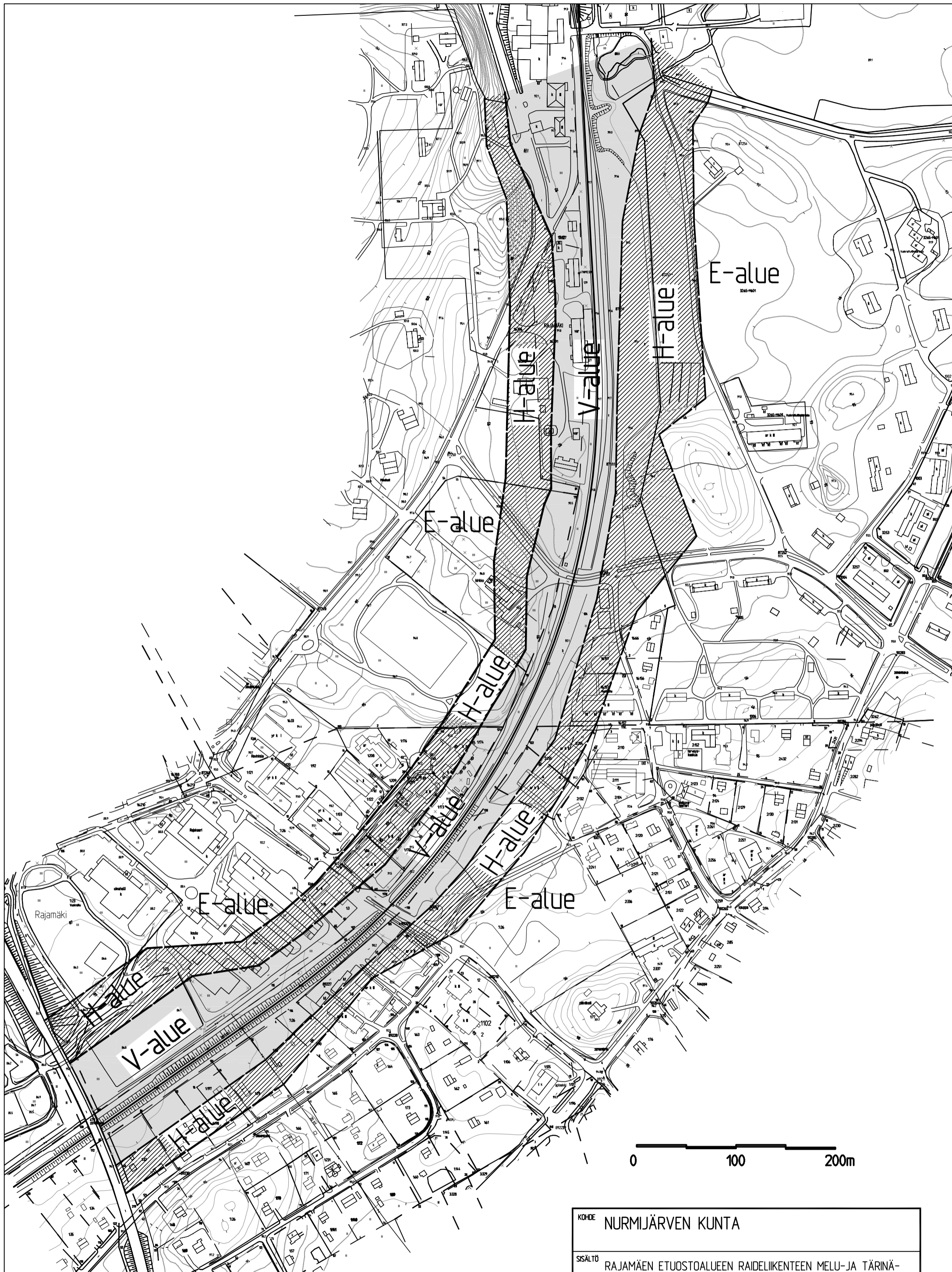
— Sovitettu TR 3647

■ Mitattu TR 3647, paino 1182 tn

— Mitoittava juna, resurtoiva, 2700 tn

- - Mitoittava juna, vahvistuminen 1.3

- - Mitoittava juna, vahvistuminen 1.9



© Nurmijärven kunta
 Aineiston kopiointi ilman Nurmijärven kunnan lupaa on kielletty.

KOHDE	NURMIJÄRVEN KUNTA		
SISÄLTÖ	RAJAMÄEN ETUOSTOALUEEN RAIDELIIKENTEEN MELU- JA TÄRINÄSELVITYS, TÄRINÄRISKIKARTTA		
SUHD	PVM	20.06.2005	LAATIJ
			PER
		WSP LT-Konsultit Oy / Fundus Heikkiläntie 7, 00210 Helsinki Fax: Puh: (09) 615 811 Fax: (09) 6158 1420	PIRNO F008