Lentorata

2/2025

TÄRINÄ- JA RUNKOMELU-SELVITYS, LENTORADAN YLEISSUUNNITELMA

Tärinä- ja runkomeluselvitys, Lentoradan yleissuunnitelma

2/2025

Juho Liski, Benjamin Oksanen, Sakari Tervo, Timo Huhtala –
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Lentorata Oy
Lentäjäntie 3
01530 VANTAA

Euroopan unionin osarahoittama

Tiivistelmä

Lentorata on uusi suunnitteilla oleva junaliikenteen rata, joka kulkee Pasilasta Helsinki-Vantaan lentoaseman kautta Keravalle. Radan kokonaispituus on noin 25 kilometriä, joista tunneliosuutta on noin 24 kilometriä. Lentoradan tavoitteena on mahdollistaa suora kaukojunayhteys ja lyhyempi matka-aika Helsinki-Vantaan lentoasemalle, jolloin se parantaa Suomen kansainvälistä saavutettavuutta. Lentorata mahdollistaa myös nykyistä nopeamman lähijunayhteyden lentoasemalle, jolloin se parantaa saavutettavuutta erityisesti muualta Helsingin seudulta. Lisäksi Lentorata tuo lisäkapasiteettia pääradan ruuhkaiselle Pasila–Kerava-välille.

Tässä selvityksessä tutkitaan Lentoradan raideliikenteen aiheuttamia tärinä- ja runkomelutasoja osana hankkeen yleissuunnitteluvaihetta. Selvityksen tarkoituksena on tarkentaa aikaisemman vaiheen selvityksen päätelmiä erityisesti runkomelun alueellisista vaikutuksista sekä runkomelun vaimennustarpeista, joilla runkomelun ohjearvot rakennuksissa saavutetaan. Lisäksi selvityksessä esitetään tekniset periaateratkaisut, joilla Lentoradasta aiheutuva runkomelu saadaan vaimennettua ohjearvojen tasolle.

Tärinä- ja runkomelutasot on mallinnettu radasta vaikutusalueella oleviin rakennuksiin Vibmapper®-ohjelmistolla radan tunneli- sekä avorataosuuksilla. Kyseinen ohjelmisto ottaa huomioon muun muassa radan, maaperän ja rakennusten vaikutuksen värähtelyyn tärinän ja runkomelun arvioinnissa. Lähtötietoina ohjelmistossa on hankkeen suunnitelma-aineisto ja avoimista rajapinnoista saatavilla olevat maaperän ja rakennusten tiedot. Laskennallinen arvio tärinästä ja runkomelusta noudattaa VTT:n semi-empiirisiä laskentamalleja (Törnqvist ja Talja, 2006; Talja & Saarinen, 2009), joita on tarkennettu mittauksilla ja tutkimuskirjallisuudessa esitetyillä tuloksilla.

Rakennusten ohjearvona tärinän osalta käytetään tunnuslukua $v_{w,95}$, jonka arvo riippuu rakennuksen käyttötarkoituksesta. Runkomelun ohjearvona käytetään tunnuslukua L_{prm}, joka myös riippuu rakennuksen käyttötarkoituksesta ja eroaa tunneliosuuksilla ja avorataosuuksilla. Rakennusten ohjearvoina käytettiin tässä selvityksessä standardin SFS 5907:2022 *Rakennusten akustinen suunnittelu ja luokitus* ohjearvoja, *Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 20 Ympäristö ja rautatiealueet* sekä VTT:n suositusarvoja (Talja & Saarinen, 2009).

Mallinnuksessa on tarkasteltu IC-junaa arvioidun nopeuskaavion mukaisilla nopeuksilla. Lisäksi on otettu huomioon kohtaavista junista aiheutuva runkomelun voimistuminen. Mallinnustulosten perusteella on luotu karttatulosteet, joissa on esitetty riski tärinän ja runkomelun ohjearvojen ylittymisestä eri rakennustyyppien osalta. Rakennuksiin arvioitujen runkomelutasojen perusteella on laskettu radalle vaimennustarpeet, joilla runkomelutasot saavutetaan kaikissa rakennuksissa, joille on määritetty ohjearvo. Määritetyt vaimennustarpeet on esitetty liitteiden karttatulosteissa. Runkomelun vaimennustarpeiden osalta on esitetty tekniset ratkaisut, joilla vaimennustarpeet arvioidaan saavutettavan. Teknisille ratkaisuille arvioitiin yksikkö-

kustannukset, joiden perusteella laskettiin tärinän ja runkomelun vaimennusratkaisujen toteuttamisen kustannusarviot.

Tässä selvityksessä rakennusten tärinää ja runkomelua on mallinnettu edelliseen selvitykseen verrattuna tarkennetuilla lähtötiedoilla. Tarkentuneet lähtötiedot sisältävät muun muassa lähtötietomittauksia olemassa olevista tunneleista (AINS, 2024) sekä maa- ja kallioperätutkimuksia. Näin ollen mallinnetut runkomeluvaikutukset ja vaimennustarpeet ovat päivittyneet ja tarkentuneet. Huomioitavaa on se, että vaimennustarpeiden laskennassa on huomioitu pahin tilanne rakennusten perustamisen osalta sekä tilanne, jossa kohtaavien junien tasot lasketaan yhteen.

Suurin riski hankkeelle tärinän ja runkomelun näkökulmasta on runkomelun vaimennusratkaisuilla saavutettavat vaimennustasot tunneliosuuksilla tiheästi asutuilla alueilla. Jatkosuunnittelussa mallinnusten lähtötietoja tulee tarkentaa muun muassa maa- ja kallioperän ominaisuuksien, maakerrosten paksuuksien ja rakennusten perustamistapojen ja runkomateriaalien osalta. Vireillä olevien asemakaavojen osalta on suositeltavaa täsmentää rakennusten käyttötarkoituksia ja sijoittumista alueelle jatkosuunnittelussa käytettävissä olevan tiedon mukaisesti. Runkomeluvaimennuksen osalta on suositeltavaa selvittää tarkemmin eri toteutustavoilla saavutettavat vaimennustasot taajuustasossa tunneliolosuhteissa.

Sisältö

TIIVISTELMÄ 2

SISÄLTÖ 5

1 SELVITYKSEN TARKOITUS 6

2 TÄRINÄN JA RUNKOMELUN LEVIÄMINEN MAA- JA KALLIOPERÄSSÄ 7

3 TÄRINÄÄ JA RUNKOMELUA KOSKEVAT OHJEARVOT 8

4 LÄHTÖTIEDOT 10
4.1 Karttatiedot ja rakennukset 10
4.2 Maaperä ja rakennusten perustamistapa 10
4.3 Rata 11
4.4 Liikennöinti 11

5 ARVIOINTIMENETELMÄT 12
5.1 Tärinän laskentamalli 12
5.2 Runkomelu laskentamalli 14

6 TULOKSET JA PÄÄTELMÄT 17
6.1 Tärinä 17
6.2 Runkomelu 18
6.3 Tärinän vaimennustarve 19
6.4 Runkomelun vaimennustarve 19
6.5 Runkomelun vaimennusratkaisut 19
6.6 Runkomelun vaimennusratkaisujen kustannusarviot 23

7 LOPPUPÄÄTELMÄ JA JATKOSUUNNITTELU 25

LIITTEET

Liite 1 Tärinäkartta ja tärinän vaimennustarve
Liite 2 Runkomelukartta ja runkomelun vaimennustarve

1 Selvityksen tarkoitus

Tässä selvityksessä arvioidaan Lentoradan aiheuttamia tärinä- ja runkomelutasoja osana hankkeen yleissuunnitelmavaihetta. Arviointi on toteutettu Vibmapper®-ohjelmistolla hankealueella ulottuen Helsingin Pasilasta Keravalle, Savion aseman pohjoispuolelle. Arviointimenetelmät perustuvat VTT:n julkaisuihin *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa* (Törnqvist ja Talja, 2006) ja *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* (Talja ja Saarinen, 2009). Laskentamalleja on lisäksi tarkennettu tutkimuskirjallisuuden, mittaustulosten sekä toisista hankkeista saatujen kokemuksien perusteella.

Selvityksen tuloksia hyödynnetään kustannusarvioissa. Arviointiin ei ole sisällytetty olemassa olevia rataosuuksia Pasilassa tai Keravalla.

Selvitys päivittää aikaisemman vaiheen selvityksen tuloksia (Lentorata, 2024). Päivityksen perusteena ovat tarkentuneet lähtötiedot erityisesti tunnelissa kulkevan radan aiheuttamista lähtötasoista sekä värähtelyn vaimentumisesta kalliossa tunnelin päällä mittauksiin perustuen (AINS, 2024). Lisäksi tässä selvityksessä hyödynnetään rakennus- ja huoneisto-rekisterin tietoja rakennusten käyttötarkoituksista ja asukasmääristä.

Lentoradan linjauksella on merkittävä määrä rakennuksia, joissa on tärinä- tai runkomeluriski. Lentoradan tunneliosuudella tärinäriski on olematon, minkä vuoksi tunneliosuudelta ei ole erikseen esitetty tuloksia rakennusten tärinälle.

Rakennusten värähtelyominaisuuksia on arvioitu avoimesta datasta saatavilla olleiden tietojen, kuten runkomateriaalin ja valmistumisvuoden, perusteella. Lisäksi on hyödynnetty maanpinnan ja kalliopinnan korkeustietoja. Selvityksessä rakennuksen tärinätasot on laskettu talojen perustuksiin ja runkomelua on arvioitu rakennusten alimpaan kerrokseen.

Runkomelun ja tärinän osalta on koko alueella laskettu tärinä- ja runkome-lukartat, joista selviää kunkin kiinteistön arvioitu tärinä- ja runkomelutaso. Tulosten perusteella on laskettu altistuvien kiinteistöjen ja asukkaiden mää-rät sekä myös tarvittavat tärinän ja runkomelun vaimennustarpeet.

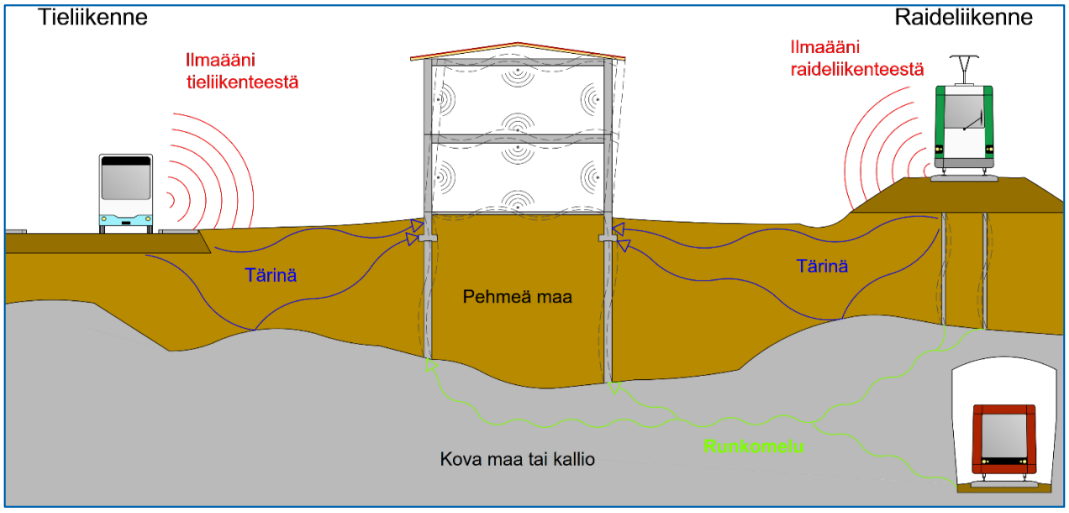
2 Tärinän ja runkomelun leviäminen maa- ja kallioperässä

Raideliikenteen maaperään aiheuttama värähtely ilmenee pehmeiden maalajien alueilla rakenteiden liikkeenä, jonka ihminen aistii tuntoaistinsa välityksellä tärinänä (kuva 2.1). Tärinän kannalta ongelmallisimpia ovat yleensä raskaimmat tavarajunat. Kovilla maalajeilla maaperän värähtelysisältö on suurempitaajuista ja amplitudiltaan pienempää, jolloin tärinä ei yleensä ylitä ihmisen havaintokynnystä.

Maaperässä esiintyvä värähtely saattaa ilmetä rakennuksissa runkoäänenä silloin, kun maalaji on kovaa. Runkoäänen ihminen aistii kuuloaistinsa välityksellä pienitaajuisena meluna. Runkomelu leviää tehokkaimmin ratarakenteesta ympäristöön kalliota pitkin. Mikäli ratarakenne sekä rakennukset on paalutuksin tuettu kallioperään, runkomelua voi ilmetä myös pehmeiden maalajien alueilla. Hyvin lyhyillä etäisyyksillä sekä tärinä että runkomelu voivat olla häiritseviä.

Tunnelissa kulkeva rata herättää kallion värähtelyn samoin kuten kallion varaan perustettu avorata, mutta lisäksi tulee huomioida tunnelivarjostus. Tunnelivarjostuksen seurauksena suurimmat runkomelutasot eivät esiinny aivan tunnelin päällä vaan hieman sivussa ratalinjasta.

Maaperän lisäksi tärinä- ja runkomelutasoihin voivat paikallisesti vaikuttaa huomattavasti ratarakenteen mahdolliset kaarteet, kallistukset sekä epäjatkuvuuskohdat kuten esimerkiksi vaihteet tai tukirakenteen muutokset siltojen ja alikäytävien yhteydessä. Tunneliradalla runkomelutasot riippuvat osaltaan myös siitä, kuinka syvällä tunneli sijaitsee.



Kuva 2.1 *Periaatekuva raideliikenteen aiheuttaman tärinän ja runkomelun etenemisestä eri maalajeissa*

3 Tärinää ja runkomelua koskevat ohjearvot

Väylävirastoon dokumentin Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 20 Ympäristö ja rautatiealueet (Väylävirasto, 2021) mukaan sovellettava tärinän ohjearvo on asuntojen ja lomarakennusten osalta luokka C eli tärinäarvo $v_{\mathrm{w,95}}$ enintään 0,3 mm/s, jos kyseessä on uusi rata, ja luokka D eli tärinäarvo $v_{\mathrm{w,95}}$ enintään 0,6 mm/s vanhoille radoille. Lisäksi liike- ja julkisille rakennuksille voidaan soveltaa tärinän ohjearvona luokkaa D. Runkomelun osalta ohjearvo asuinrakennuksille on 35 dB avoradoilla ja 30 dB tunneleilla.

Tärinän ja runkomelun osalta sovellettavina ohjearvoina yleisesti voidaan käyttää standardissa SFS 5907:2022 *Rakennusten akustinen suunnittelu ja luokitus* (SFS, 2022) esitettyjä ohjearvoja akustiselle luokalle A2. Akustinen luokka A2 vastaa uudisrakennuksille asetettuja vaatimuksia. Runkomelun osalta ohjearvot on esitetty tietyille tilatyypeille sekä tunneliliikenteen että avoradan osalta, joista tunnelin osalta ohjearvo on 5 dB pienempi. Standardissa esitettyjen ohjearvojen lisäksi liiketiloille voidaan soveltaa ohjearvona L_{prm} 45 dB avoradan osalta (Talja & Saarinen, 2009). Runkomelun ja tärinän ohjearvot eri rakennustyypeille on esitetty taulukossa 3.1.

Tärinän tunnusluku $v_{\mathrm{w,95}}$ on määritelty tilastollisesti siten, että yksittäisen ohi ajavan junan aiheuttama värähtely alittaa tunnusluvun 95 % todennäköisyydellä. Runkomelun tunnusluku L_{prm} on määritelty tilastollisesti siten, että 95 % mittaustuloksista alittaa kyseisen arvon.

Taulukko 3.1. *Runkomelun ja tärinän ohjearvot eri rakennustyypeille*

Rakennustyyppi	**Runkomelutaso L_{prm} [dB]**	**Tärinäarvo $v_{\mathrm{w,95}}$ [mm/s]**
Asuinhuoneistot	30 / 35*	0,30
Hotellit	35	0,30
Palvelutalot	30 / 35*	0,30
Toimistot	35 / 40*	0,60
Liiketilat	45	-
Oppilaitokset	35 / 40*	0,60
Päiväkodit, opetus- ja lepotilat	35 / 40*	0,30
Päiväkodit, ympärivuorokautiset tilat	30 / 35*	0,30
Liikuntatilat	-	-
Terveydenhuollon rakennukset: hoitotilat	35 / 40*	0,30
Terveydenhuollon rakennukset: potilashuoneet ym. herkät tilat	30 / 35*	
Leikkaussalit, hammashoidon vastaanottotilat, lääketieteelliset kuvantamistilat	-	0,10
**avoradat, tunnelin osalta pienempi esitetyistä arvoista*		

Lentoradan tapauksessa kyseessä on uusi rata, jolloin RATO 20 mukaisesti tärinän ohjearvo asumiskäyttöön tarkoitetuissa rakennuksissa on luokka C eli $v_{\mathrm{w},95}$ enintään 0,3 mm/s, joka vastaa taulukossa 3.1 esitettyjä SFS-5907-standardin mukaisia ohjearvoja. Runkomelun osalta ohjearvot valitaan taulukon 3.1 mukaisesti rakennustyypin perusteella.

4 Lähtötiedot

4.1 Karttatiedot ja rakennukset

Selvitys perustuu Maanmittauslaitokselta (MML) saatuun avoimeen pohjakartta-aineistoon, joka sisältää alueen korkeustiedot ja liikenneväylien sijainnit. Selvityksessä on käytetty seuraavia Maanmittauslaitoksen CC BY 4.0 -lisenssin alaisia aineistoja:

- Maastotietokanta (sisältäen vesistöt), haettu 21.8.2025
- Karttanimet, haettu 12.8.2025

Rakennusten perusrekisteritiedot on haettu Ryhti-palvelusta. Perusrekisteristä on hyödynnetty tietoja rakennusten käyttötarkoituksesta, runkomateriaalista, kerroskorkeudesta sekä valmistumisvuodesta.

Suunnittelualueelta on lisäksi saatu lähtötiedoiksi kuntien toimittamat rakennus- ja huoneistorekisterin (RHR) mukaiset asukasmäärät sekä rakennusten käyttötarkoitustiedot. Rakennusten käyttötarkoitus on ensisijaisesti määritetty RHR-aineistosta, mutta sen puuttuessa on käytetty perusrekisteritietoja.

4.1.1 Tuleva maankäyttö

Selvitysalueen tulevaa maankäyttöä on otettu huomioon ainoastaan runkomelun vaimennustarpeessa, jotka on esitetty karttatulosteissa. Kartoissa on esitetty vireillä olevien kaava-alueiden rajat sekä kaavan nimi ja numero. Lisäksi on verrattu voimassa olevia kaavoja nykyiseen rakennuskantaan, ja eritelty sellaiset kaavat, joiden määrittämiä rakennuksia ei ole vielä rakennettu. Tällaisten alueiden kaavarajat on merkattu karttoihin ilman kaavan nimeä.

Vaimennustarpeen määrittelyä varten on arvioitu kunkin alueen merkitsevä rakennustyyppi, jos kaava koskee tulevia asuin- tai toimistorakennuksia. Mahdollisia kaavoissa esitettyjä rakennusmassoja ja niiden sijainteja on ensisijaisesti käytetty sellaisenaan. Rakennusmassojen puuttuessa tällaisilla alueilla on oletettu, että kaavan myötä rakennuksia sijoittuu tunnelista kantautuvan runkomelun kannalta haastavimmalle sijainnille kaava-alueelle.

4.2 Maaperä ja rakennusten perustamistapa

Maaperän lähtötietona käytettiin Geologian Tutkimuskeskuksen GTK:n maaperäkartta-aineistoja. Maaperätiedot ovat GTK:n avoimen lisenssin alaista tietoa.

Maaperäaineisto on haettu seuraavasta lähteestä:

- Maaperä 1:20 000/50 000, haettu 28.4.2025.
- Maaperä 1:200 000, haettu 28.4.2025.

Lisäksi on hyödynnetty hankkeelta saatuja 3D-malleja maanpinnasta ja kalliopinnasta, joiden perusteella on arvioitu maakerroksen paksuutta rautatietunnelin sekä rakennuksen kohdalla. Tietoja on täydennetty paikoin avoimista lähteistä saatavilla olleiden maaperän kairaustietojen perusteella sekä MML:n korkeusmalliaineistolla.

Tietoa rakennusten perustamistavoista ei ollut saatavilla. Rakennukset on oletettu perustetun kantavilla maalajeilla maanvaraisesti ja pehmeillä maalajeilla paalujen varaan.

4.3 Rata

Lentoradan rata kulkee Helsingin Pasilasta Keravan Jäspilään. Tunneliosuus kattaa noin 24 km radan noin 25 km kokonaispituudesta. Avorataosuudet sijoittuvat Pasilaan ja Jäspilään, jossa sijaitsevat myös liitynnät päärataan. Käytetty raidegeometria on päivätty 22.8.2025.

Tunneli on suunniteltu pääasiassa louhittavan peruskallioon, jossa tunnelin syvyys on 40–80 m. Lentoradan raiteet sijaitsevat omissa vierekkäisissä tunneleissaan. Mallinnuksessa on otettu huomioon molemmissa tunneleissa liikennöivät junat. Lisäksi on otettu huomioon viereisen tunnelin vaikutus ratatunnelin aiheuttaman värähtelyn etenemiseen. Käytetty tunnelimalli on päivätty 9.9.2025.

4.4 Liikennöinti

Selvityksessä merkitsevä junatyyppi on IC-juna, jonka nopeus on tunneliosuudella enimmillään noin 180 km/h. Tunnelien liityntäkohdissa ja lentoaseman kohdalla nopeus laskee nopeuteen 80 km/h. Kaikkien junien on suunniteltu pysähtyvän lentoasemalla, mutta mallinnuksessa on oletettu nopeuden olevan myös lentoaseman kohdalla 80 km/h, sillä tätä pienempien nopeuksien vaikutuksien arviointi on epävarmaa ja lisäksi näin mallinnuksessa varaudutaan tilanteeseen, jossa jokin juna ei pysähdykään lentoasemalla.

Mallinnuksessa junan nopeus on asetettu 80 km/h tunnelien liityntäkohdissa ja lentoaseman kohdalla. Tunneliosuuksilla kiihdytys- ja jarrutusmatkana lähtönopeudesta 80 km/h lopulliseen nopeuteen 180 km/h on käytetty noin 2.5 km matkaa perustuen hankkeen nopeuskaavioon.

5 Arviointimenetelmät

Tärinän ja runkomelun laskenta toteutettiin Vibmapper®-ohjelmistolla. Ohjelmiston laskenta perustuu VTT:n julkaisuissa esitettyihin laskentamalleihin, joita on tarkennettu tutkimuskirjallisuuden, mittaustulosten sekä toisista hankkeista saatujen kokemuksien perusteella. Lentoradan ja Itäradan osalta tehtiin kesällä 2024 lähtötietomittauksia avorata- ja tunneliosuuksilla (AINS, 2024), joita on tässä käytetty tärinä- ja runkomeluherätteiden lähtötietoina. Laskentamalleilla arvioidaan raideliikenteestä aiheutuvat tärinä- ja runkomelutasot rakennuksissa, jotka sijaitsevat radan läheisyydessä. Laskennassa hyödynnetään edellisessä luvussa esiteltyjä lähtötietoja.

5.1 Tärinän laskentamalli

Tärinätasoja maaperässä ja rakennuksissa on arvioitu julkaisussa *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa* esitetyn laskentamallin (Törnqvist ja Talja, 2006) avulla. Laskentamalli arvioi pystysuuntaisen W_{m}-painotetun värähtelytason maaperässä kaavalla

$$v_{z,wm} = v_{wm,15} k_{\mathrm{D}} k_{\mathrm{S}} k_{\mathrm{G}} k_{\mathrm{R}} k_{\mathrm{E}} F. \quad (1)$$

Laskentamallin muuttujat ovat

- Pystysuora vertailuvärähtelynopeus 15 m etäisyydellä raiteen keskilinjasta $v_{wm,15}$
- Etäisyyskerroin k_{D}. Värähtelyn vaimeneminen riippuu maalajin ominaisuuksista.
  - $k_{\mathrm{D}} = \left(\frac{D_0}{D}\right)^B$, missä $D_0 = 15$ ja etäisyyseksponentti B:n arvo riippuu maalajista
- Nopeudesta riippuva kerroin k_{S}. Laskentamallissa yli 70 km/h nopeudet kasvattavat tärinätasoja.
  - $k_{\mathrm{S}} = \frac{S}{S_0}$
  - Laskentamalli ei lähteessä (Törnqvist ja Talja, 2006) esitetyssä muodossa tunne alle 70 km/h nopeuksia. Alle 70 km/h nopeuksissa tärinätasot voivat pienentyä, mutta niiden arviointi on epävarmaa.
- Painosta riippuva kerroin k_{G}
- Radan kunnosta riippuva kerroin k_{R}
- Vaihteista ja eristysjatkoksista aiheutuvaa tärinän vahvistumista kuvaava kerroin k_{E} (AINS, 2023)
- Varmuuskerroin *F.*

Mallinnuksessa käytetyt arvot on kalibroitu lähtötietomittausten (AINS, 2024) ja muiden aiemmin selvitysalueen läheltä tehtyjen tärinämittausten perusteella mallinnuksen merkitseville junatyypeille. Edellä mainittujen muuttujien arvoja on esitetty taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. *Tärinän laskentaparametrit*

	Maalaji-indeksi				
	1 (lieju yms.)	2 (savi yms.)	3 (hieta yms.)	4 (moreeni yms.)	5 (kallio)
$v_{wm,15}$ [mm/s]	1,2	0,53	0,5	0,4	0,02
B	0,6	1,5	1,5	2	2
k_{R}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
k_{E}	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33

Maalaji-indeksit luokittelevat maalajit eri luokkiin niiden ominaisuuksien perusteella. Luokkaan 1 kuuluu esimerkiksi lieju, luokkaan 2 savi, luokkaan 3 hieta, luokkaan 4 moreeni ja luokkaan 5 kallio.

Tärinän vaimentuminen radalta rakennukseen päin on laskettu rakennuksen ja radan välillä sijaitsevien maalajien perusteella. Rakennuksissa esiintyvä tärinä on arvioitu maaperän pystysuuntaisesta W_{m} -painotetusta värähtelytasosta.

Maaperästä rakennuksen perustuksiin siirtyminen on arvioitu kertoimella (Talja *et al*., 2008)

$$k_{\mathrm{per}} = -\frac{\log_{10}\left(\frac{f}{80}\right)}{\log_{10}(8)}, 0 \leq \ k_{per} \leq 1, \tag{2}$$

jossa värähtelyn merkitsevä taajuus f on arvioitu maalajiluokan perusteella.

Tärinä voi ilmetä rakennuksessa esitettyä lukuarvoa vielä suurempana, mikäli rakennuksen resonanssit vahvistavat värähtelyä. Rungon resonanssi voi voimistaa tärinätasoja 1–10 kertaiseksi. Rakennuksen resonanssin vaikutuksen arviointi on epävarmaa ja sitä ei tässä sen suuren epävarmuuden vuoksi ole sisällytetty tarkasteluun.

Laskentamallissa käytettävien pystysuoran vertailuheilahdusnopeuden ja etäisyyseksponentin arvoja kalibroitiin vertaamalla referenssikohteissa tehtyjen tärinämittausten tuloksia laskentamallilla vastaavissa olosuhteissa arvioituihin tärinätasoihin.

5.2 Runkomelu laskentamalli

Runkomelun laskentamalli perustuu VTT:n julkaisuun (Talja ja Saarinen, 2009). Laskennassa oletetaan, että runkomelun herätetaso vaimenee etäisyyden suhteen seuraavasti:

$$L(d) = A - B\log_{10}\left(\frac{d}{d_{\mathrm{ref}}}\right) - C(d - d_{\mathrm{ref}}), \tag{3}$$

missä d on tarkasteluetäisyys radan keskipisteestä ja $d_{\mathrm{ref}} = 15\ \mathrm{m}$ on referenssietäisyys.

Lopullinen runkomelun äänitaso lasketaan etäisyysvaimennuksen $L(d)$ ja korjaustermien ΔL_i summana (Talja & Saarinen, 2009):

$$L_p(d) = L(d) + \sum \Delta L_i\ , \tag{4}$$

Laskenta on suoritettu seuraavilla korjaustermeillä:

- Vaihteiden ja eristinjatkosten kohdalla on epäjatkuvuuskohta, joka tuottaa D:n suuruisen, runkomelutasoa korottavan vaikutuksen 15 m etäisyydellä epäjatkuvuuspisteestä; tätä kauempana vaikutus vaimenee pistelähteen tavoin (lasketaan käyttäen (3) ja asettamalla $B = 20\ \mathrm{dB}$) (AINS, 2023). Tässä D on 6 dB.
- Rakennusten resonanssivaikutus on otettu huomioon +6 dB korjauksella.
- Värähtely ei vaimene ollenkaan siirtyessään kallioperästä rakennusten perustuksiin, eli vaimennus on 0 dB.
- Junan nopeuden vaikutus arvioidaan termillä $\Delta L_v = 20\log10\,(\frac{v}{v_{ref}})$, missä v on junan nopeus ja $v_{ref} = 160\ \mathrm{km/h}$ on referenssinopeus.
- Betonikaukalo tunnelien alussa lisää runkomelutasoa 10 dB.
- Junien kohdatessa tunnelissa kahden junan aiheuttama runkomelu summautuu.

5.2.1 Avorataosuus

Avorataosuuksilla laskentakaavan (3) kertoimet $A = 51\ \mathrm{dB}$ ja $B = 14\ \mathrm{dB}$ ovat vakioita ja kerroin C riippuu radan alla sijaitsevasta maaperästä ollen $C = 0{,}17\ \mathrm{dB/m}$ koville maalajeille ja $C = 0{,}50\ \mathrm{dB/m}$ pehmeämmille maalajeille. Tässä esitetty laskentakaava (3) poikkeaa VTT:n ohjeesta viimeisen termin osalta. Viimeinen termi vaikuttaa kaukokentässä tapahtuvaan vaimenemiseen, joka aikaisempien mittausten perusteella oli VTT:n mallissa hieman liian pieni.

5.2.2 Tunneliosuus

Tunneliosuuksien runkomelutasoja arvioitiin laskentamallilla, joka perustuu projektin aikana COMSOL Multiphysics -ohjelmistolla tehtyyn kalliotunnelien elementtimenetelmämallinnukseen sekä mittaustuloksiin. Mallinnuksella tutkittiin tunnelien syvyyden, tunnelien keskinäisen etäisyyden sekä kallioperän ominaisuuksien vaikutusta värähtelyn etenemiseen ja vaimenemiseen. Laskentamalli ottaa huomioon tunnelivarjostusilmiön, jonka myötä suoraan tunnelin yläpuolella värähtelytasot ovat pienempiä kuin tavanomaisilla laskentamalleilla arvioituna. Tunnelivarjostuksen myötä värähtelytaso tunnelin päällä on likimain vakio noin 50 m etäisyydelle. Näin ollen tunnelivarjostuksen myötä tunnelin yläpuolella noin 100 m leveällä kaistalla värähtelytasot ovat tavanomaisella vaimennusmallilla arvioituihin verrattuna pienempiä. IC-junan arvioitu runkomelutaso kalliossa alle 50 m etäisyydellä radasta on 42–46 dB riippuen tunnelin syvyydestä. Tunneliosuuden runkomelutasot yli 50 m etäisyydellä saadaan samalla kaavalla (3), mutta laskentaparametrit eroavat avorataosuudesta. Tunneliosuudella kerroin $A = 52\ \mathrm{dB}$ $B = 14\ \mathrm{dB}$ ja $C = 0{,}06\ \mathrm{dB/m}$. Lisäksi kaavan (3) toisessa ja kolmannessa termissä huomioidaan etäisyyden d lisäksi tunnelin syvyys h.

Runkomelun herätetaso ja -spektri tunneliosuudella määritettiin tutkimuskirjallisuuden (Dashti, 2023; Cleave *et al.*, 2005), A-Insinöörien mittaustietopankin mittausten perusteella sekä Lentoradan ja Itäradan lähtötietoja varten tehtyjen mittausten perusteella (AINS, 2024). Julkaisussa (Dashti, 2023) on esitetty mittaustuloksia Ruotsissa Göteborgissa sijaitsevasta Gårda-tunnelista, joka on Lentorataa vastaavasti peruskallioon louhittu ja jossa liikennöi vastaavan tyyppistä junakalustoa kuin Suomessa. Julkaisussa esitettyjä tuloksia on vertailtu Suomen rataverkolta ratakiskoista, pölkyistä sekä ratarakenteesta mitattuihin värähtelytasoihin runkomelun herätespektriä muodostettaessa.

5.2.3 Runkomelu rakennuksissa

Kallio- ja maaperästä rakennuksiin siirtyvää runkomelutaajuuksien värähtelyä arvioitiin rakennuksen tyypin, maakerroksen paksuuden ja mahdollisen paaluperustuksen mukaan. Rakennuksille oletettiin värähtelyn siirtymisen kannalta pahin tilanne, jossa värähtely ei vaimene siirtyessään kallio- ja maaperästä rakennuksiin. Tämä vastaa suoraan kalliolle perustettua rakennusta tai paaluilla kallioon kytkeytyviä perustuksia. Tutkimusten perusteella junaliikenne aiheuttaa kallioon runkomelua, joka esiintyy taajuuskaistoilla 100…200 Hz alueilla, jossa runkomelueristys on toteutettu rataan. Jos rakennuksessa esiintyy resonansseja samalla taajuusalueella, voi laskennassa huomioon otettu resonanssivahvistuminen toteutua.

5.2.4 Epävarmuudet

Epävarmuudet värähtelyn laskennallisessa arvioinnissa liittyvät maaperän ominaisuuksien vaihteluun, värähtelyherätteen etäisyyteen, kalustoon ja radan kuntoon, sekä värähtelyn siirtymisen arviointiin rakennustyypin mukaan.

Värähtelyn laskennallisessa arvioinnissa maaperän ominaisuudet ja niiden vaihtelu radan ja tarkasteltavan kohteen välillä vaikuttavat suuresti värähtelyn esiintymiseen rakennuksessa. Maaperän ominaisuudet voivat mallissa poiketa hyvinkin paljon todellisista ominaisuuksista. Radan ja tarkasteltavan rakennuksen väliin jäävien muiden rakennusten värähtelyä vaimentavaa vaikutusta ei voida laskentamallilla luotettavasti arvioida.

Rakennusten rungon resonansseja ei ole otettu tärinän arvioinnissa huomioon. Tärinätasot rakennuksissa voivat olla arvioitua suurempia silloin, kun rakennuksen rungon resonanssi voimistaa tärinää. Mahdollinen tärinän voimistuminen riippuu rakennuksen rungon dynaamisista ominaisuuksista, maaperästä sekä tärinän taajuussisällöstä.

Runkomelun osalta rakennukset on oletettu kalliolle tai paaluilla kallion varaan perustetuiksi, mikä vastaa runkomelun kannalta pahinta tilannetta. Lisäksi on oletettu, että radan kohdalla pohjamaa ei erityisesti vaimenna värähtelyn kytkeytymistä koviin maakerroksiin tai kallioperään.

Värähtelyn vaimeneminen etäisyyden kasvaessa on suuresti riippuvainen maaperäolosuhteista. Suuremmilla etäisyyksillä arvioinnin epävarmuus kasvaa, erityisesti vaihtuvilla maalajeilla.

Liikennöivän kaluston osalta tärinään vaikuttavia asioita ovat erityisesti junien paino ja kaluston kunto. Runkomelun osalta vastaavasti vaikuttavia tekijöitä ovat junien nopeus ja junatyyppi.

Lentoradalla liikennöivän kaluston herätespektrille ja -tasolle on etsitty kirjallisuudesta lähimmät vertailukohdat vastaavan kaltaisessa tunnelissa sekä toteutettu mittauksia Suomessa olemassa olevissa tunneleissa, mutta junan aiheuttamaan herätteeseen Lentoradan tunnelissa liittyy epävarmuuksia.

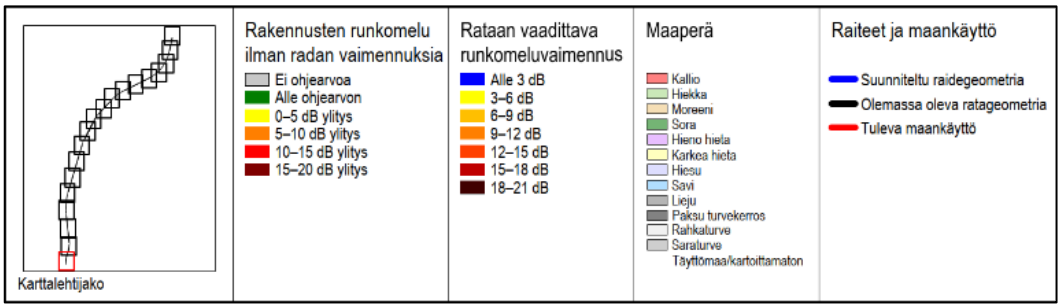
6 Tulokset ja päätelmät

Tässä selvityksessä arvioitiin Lentoradan aiheuttamia tärinä- ja runkomeluvaikutuksia ratalinjauksen läheisiin rakennuksiin. Selvityksessä ei ole otettu huomioon pääradan nykyistä liikennöintiä, vaan ainoastaan Lentoradan ratalinjauksen vaikutukset.

Tärinä- ja runkomelukartoilla rakennukset, joihin tärinän ja runkomelun arviot on laskettu, on esitetty eri väreillä. Värit kertovat kuinka paljon suurempi rakennukselle arvioitu tärinä- tai runkomelutaso on suhteessa kyseiselle rakennustyypille määritettyyn ohjearvoon. Arviointi on tehty kaikille taulukon 3.1 arvoilla eri rakennustyypeille. Eri rakennustyyppejä ei ole eritelty karttatulosteisiin, koska arvioituja tärinä- ja runkomeluarvoja verrataan suoraan valittuun ohjearvoon. Rakennusten tärinä- ja runkomelutasot on esitetty kartoilla tilanteessa, jossa rataan ei ole toteutettu vaimennustoimenpiteitä.

Laskettujen tärinä- ja runkomelutasojen perusteella määritetyt tärinän- ja runkomelun vaimennustarpeet on esitetty radalle merkittyinä väreinä. Laskennalliset vaimennustarpeet sellaisenaan toteutettuna kaikkien rakennusten tärinä- ja runkomelutasot alittavat niille määritetyt ohjearvot.

Kuvassa 6.1. on esitetty esimerkkinä kuvakaappaus runkomelukartan karttaselitteestä. Rakennusten osalta kartoissa on väreillä esitetty kuinka paljon kyseiselle rakennukselle määritetty ohjearvo ylittyisi ilman rataan toteutettavia runkomelunvaimennusratkaisuja. Mallinnuksen perusteella rataan vaadittavat vaimennusratkaisut on esitetty puolestaan ratalinjauksen päälle eri väreinä tarvittavan vaimennuksen perusteella. Lisäksi kartoilla on esitetty suunniteltu ratageometria sekä nykyisen rataverkon ratageometria. Kartoilla on lisäksi esitetty 20k maaperäkartta, tieverkostoa, karttanimistöä sekä ratakilometrejä.



Kuva 6.1. Kuvakaappaus runkomelukartan karttaselitteestä.

6.1 Tärinä

Tärinää on tässä selvityksessä arvioitu ainoastaan avorataosuuksilla, sillä kalliotunnelin osalta tärinää ei lähtökohtaisesti synny.

Tulosten perusteella tärinän ohjearvojen ei arvioida ylittyvän yhdessäkään suunnittelualueen rakennuksessa Lentoradan avorataosuuksilla. Tärinäkartat on esitetty liitteessä 1.

6.2 Runkomelu

Runkomelukartat suunnittelualueen avorata- ja tunneliosuuksille on esitetty liitteessä 2. Kartat on laadittu suhteessa rakennusten ohjearvoihin, ja muu kuin vihreä tai harmaa väri osoittaa rakennukset, joissa selvityksen perusteella on riski ohjearvojen ylityksiin. Liitteen 2 kartoissa rakennusten väritys on esitetty ilman vaimennuksia. Samassa liitteessä esitettyjen vaimennusten kanssa kaikkien rakennusten väri olisi vihreä, koska vaimennukset on laskettu siten, että kaikkien rakennusten runkomelutaso on alle ohjearvon.

Taulukossa 6.1 on esitetty tunnelin kohdalla runkomelun ohjearvon ylittävät rakennukset ja altistuvat asukkaat ilman runkomelunvaimennustoimenpiteitä jaoteltuna kunnittain. Määritettyjen runkomelunvaimennustoimenpiteiden myötä ohjearvo ei ylity rakennuksissa eikä runkomelulle altistu yhtään asukasta.

Taulukko 6.1. *Tunnelin kohdalla runkomelun ohjearvon ylittävät rakennukset ja altistuvat asukkaat eri kunnissa ilman runkomelunvaimennusta*

Kunta	Ohjearvon ylittävät rakennukset [kpl]	Altistuvat asukkaat [kpl]
Helsinki	1 009	9 104
Vantaa	616	5 117
Kerava	362	2 090
Tuusula	65	99
Yhteensä	2 052	16 410

Taulukossa 6.2 on esitetty avoradan kohdalla runkomelun ohjearvon ylittävät rakennukset ja altistuvat asukkaat ilman runkomelunvaimennustoimenpiteitä jaoteltuna kunnittain.

Taulukko 6.2. *Avoradan kohdalla runkomelun ohjearvon ylittävät rakennukset ja altistuvat asukkaat eri kunnissa ilman runkomelunvaimennusta*

Kunta	Ohjearvon ylittävät rakennukset [kpl]	Altistuvat asukkaat [kpl]
Helsinki	0	0
Vantaa	0	0
Kerava	0	0
Tuusula	0	0
Yhteensä	0	0

6.3 Tärinän vaimennustarve

Mallinnuksen perusteella Lentoradan avorataosuuksilla ei ole tarvetta tärinän vaimennukselle.

6.4 Runkomelun vaimennustarve

Edellä esitettyjen runkomelun mallinnustulosten perusteella määritettiin laskennassa käytetyille ratapisteille vaimennustarpeet, joilla kaikissa rakennuksissa saavutetaan runkomelun ohjearvot. Vaimennustarve on määritetty tilanteeseen, jossa tunneleissa on samanaikaisesti kohtaavat junat, jolloin runkomelutaso on suurimmillaan. Lisäksi vaimennustarpeen laskennassa on huomioitu tulevan maankäytön rakennusmassat sekä rakennusmassojen puuttuessa malliin lisätyt rakennukset vireillä olevien sekä rakentamattomien kaavojen alueilla.

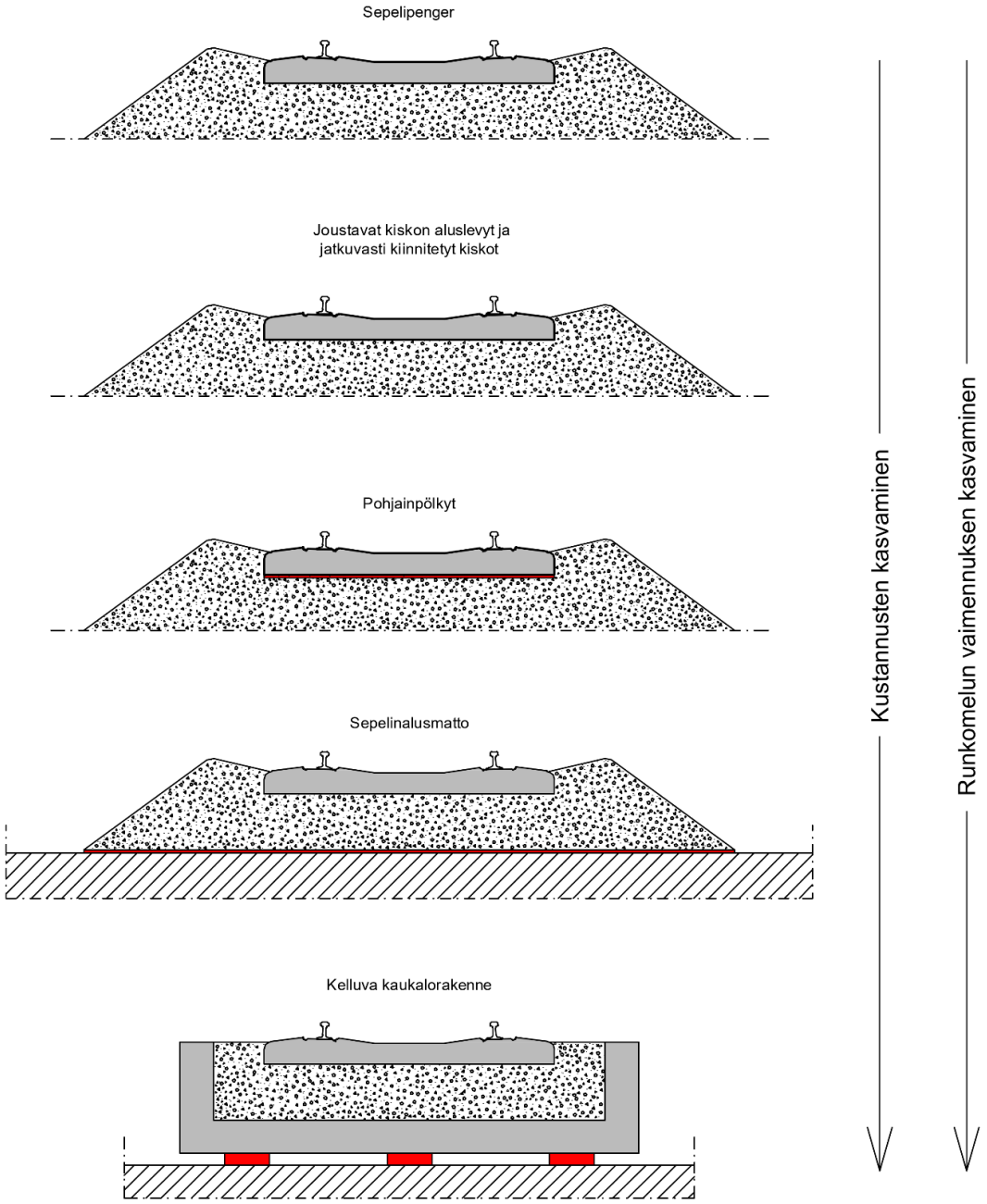
Runkomelun vaimennustarpeet on esitetty runkomelukartoissa vaadittavana vaimennuksena desibeleissä. Vaimennustarpeet on jaettu 7 eri luokaan, jotka esitetään eri väreillä: alle 3 dB, 3–6 dB, 6–9 dB, 9–12 dB, 12–15 dB, 15–18 dB ja 18–21 dB. Vaimennustarpeen kokonaismäärät eri luokissa ratametreinä on esitetty taulukossa 6.3.

Taulukko 6.3. *Vaimennustarpeen määrä eri luokissa*

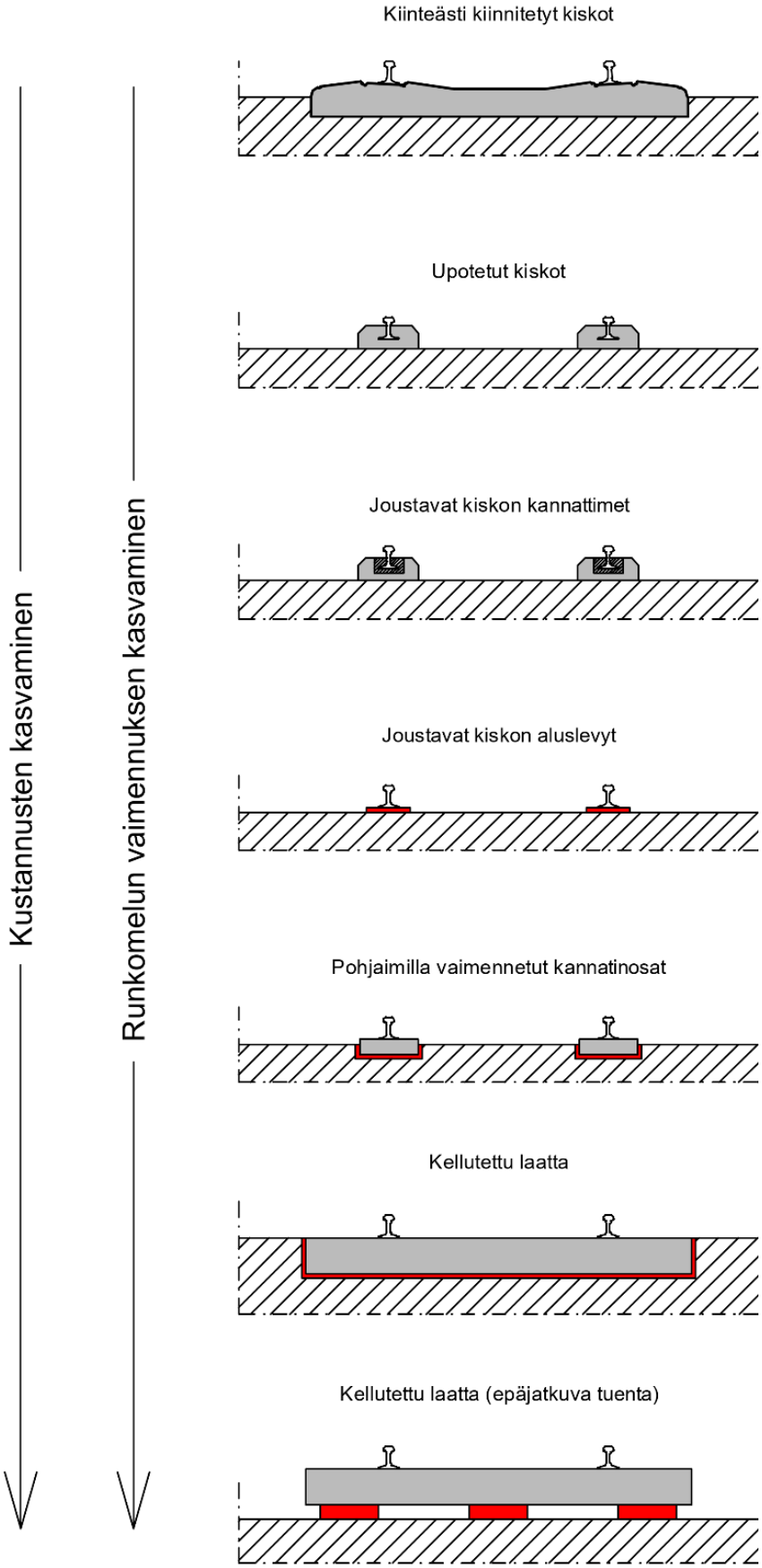
Vaimennustarve [dB]	**Määrä [rd-m]** (sisältäen tulevan maankäytön)
alle 3	1 520
3–6	2 470
6–9	4 030
9–12	3 040
12–15	4 140
15–18	13 990
18–21	6 590

6.5 Runkomelun vaimennusratkaisut

Runkomelun vaimentamiseen sepeliradan ratarakenteessa voidaan käyttää kuvan 6.2 mukaisia ratkaisuja. Kiintoraidelaatalla mahdolliset vaimennusratkaisut on puolestaan esitelty kuvassa 6.3.



Kuva 6.2. Värähtelyn vaimennusratkaisuja sepeliradalle standardin ISO 14837-1 mukaisesti.



Kuva 6.3. Värähtelyn vaimennusratkaisuja kiintoraidelaatalle standardin ISO 14837-1 mukaisesti.

Taulukko 6.4. *Runkomelun vaimennusratkaisuiden lisäyshäviö tunnelissa taajuuskaistalla 80 Hz…250 Hz eri lähteiden mittaustuloksista arvioituna*

Ratarakenne	Vaimennusratkaisu	Lisäyshäviö [dB]
Sepelirata	Sepelinalusmatto sepelin alle asennettuna	12 dB (AINS, 2024; Cleave *et al.*, 2005)
	Sepelinalusmatto tunnelin pohjalla ja paksu eristyskerros	27 dB (Cleave *et al.*, 2005)
	Pohjainpölkky	10 dB (*Müller* 2008; Lakušić *et al.* 2010; Loy *et al.* 2018)
Kiintoraide-rata	Kellutettu kiintoraidelaatta	20 dB (Heiland & Mistler, 2013)
	Joustavat pölkynaluslevyt	5 dB (Lakušić *et al.* 2010)
	Joustava välilevy tai kiinnitys	8 dB (Bewes *et al.* 2007; Ouakka *et al.* 2022)

Junaherätteen kannalta merkityksellinen taajuuskaista tässä selvityksessä tunneliosuudella on 80 Hz…500 Hz. Kirjallisuudessa dokumentoiduissa mittauksissa korkein tarkasteltu terssikaista on usein 250 Hz, mutta kalliotunneleissa tätäkin korkeammilla taajuuksillakin on merkittävää värähtelyä.

Tunnetuimpia ja käytetyimpiä ratkaisuja runkomeluntorjuntaan ovat sepelinalusmatto, pohjainpölkky ja kellutettu kiintoraide. Kuten kuvissa 6.2 ja 6.3 esitetään, kellutettuja ratkaisuja voidaan käyttää sekä kiintoraideradalla, että sepeliradalla. Elastisena materiaalina ratarakenteissa on käytetty muun muassa jousia, elastomeeria, kivivillaa ja erilaisia kumiseoksia.

Vaimennuskyky määritellään lisäyshäviönä, joka kuvastaa kuinka paljon runkomelun vaimennusratkaisu vaimentaa runkomelua verrattuna referenssirataan, jossa ei ole vaimennusta. Lisäyshäviö voidaan mitata missä tahansa vastaanottopisteessä ja kirjallisuudessa mittauspisteiden valinta riippuu sovelluksesta. Tässä ja usein kirjallisuudessakin vaimennusta on tarkoitus saavuttaa värähtelylle altistuvissa rakennuksissa. Lisäyshäviö kuitenkin yleensä mitataan läheltä rataa tai ratarakenteesta, koska kaikista altistuvista rakennuksista mittaaminen on selvästi työläämpää.

Referenssiratana mittauksissa on kaksi vaihtoehtoa. Olemassa olevasta radasta voidaan käyttää vaimentamatonta osaa referenssinä tai mitata lähtötaso ennen vaimennustoimenpiteitä. Siirtomobiliteettimittauksilla voidaan ottaa lisäyshäviölaskelmissa huomioon referenssirataosuuden ja vaimennetun rataosuuden siirtotien erot.

Mittauksissa kiintoraideradan referenssi on usein kiintoraide, jossa ei ole vaimennusratkaisua. Tällainen rata välittää yli 10 dB enemmän runkomelua verrattuna tilanteeseen, jossa kiinteän rakenteen päällä on sepelirata

(Lakušić *et al.,* 2010). Kun arvioidaan lisäyshäviötä kiintoraideradalle, tulee ottaa huomioon, että kiintoraiderata on jo lähtökohtaisesti runkomelun kannalta äänekkäämpi ratkaisu.

Taulukossa 6.4 esitetään arvio eri vaimennusratkaisuiden lisäyshäviölle perustuen dokumentoituihin mittaustuloksiin.

6.5.1 Eristysjatkokset ja vaihteet

Tässä selvityksessä ei ole huomioitu radan eritysjatkoksia, koska niiden sijainnista ei ole tietoa. Perinteiset eristysjatkokset saattavat nostaa tärinä- ja runkomelutasoja ympäristössään. Tästä syystä eristysjatkokset tulisi toteuttaa vinouraisina IVG 30- tai IVB 30-eristysjatkoksina, joiden rakenteen ansiosta pyöräkerran aiheuttama isku jatkoksen kohdalla minimoituu (Väylävirasto, 2023).

Tässä selvityksessä vaihteiden kohdalla on oletettu epäjatkuvuuskohta, joka paikallisesti lisää junan aiheuttamaa runkomeluherätettä. Vaihteet lisäävät näin paikallisesti myös radan vaimennustarvetta. Jatkosuunnittelussa voidaan arvioida erilaisten vaihdetyyppien aiheuttamaa runkomeluherätettä vaihteen eri kulkusuunnissa ja tarkentaa mallinnusta. Lisäksi voidaan tarkastella teknisiä ratkaisuja vaihteiden runkomeluherätteen vaimentamiseksi.

6.6 Runkomelun vaimennusratkaisujen kustannusarviot

Runkomelun vaimennusratkaisut on tässä selvityksessä esitetty 3 eri luokassa, joita vastaaville teknisille ratkaisuille on esitetty asiantuntija-arviona niillä saavutettava runkomelun vaimennus sekä materiaalikustannus raidemetriä kohden (rd-m) taulukossa 6.5. Arvioituun materiaalikustannukseen vaikuttaa kuitenkin suuresti valittava materiaali sekä vaimennusratkaisuiden sijainti suhteessa rataan. Sepelinalusmaton leveydeksi on arvioitu 5 m raidetta kohden, mutta tarvittava leveys voi olla suurempikin. Kustannukset on arvioitu tasossa MAKU=128,2 (2020=100). Kustannukset eivät sisällä työmaa- ja tilaajatehtäviä. Vaimennusratkaisut on esitetty sepeliradalle.

Vaimennuksen tarvittavat määrät eri teknisinä ratkaisuina on esitetty taulukossa 6.6. Taulukossa 6.7 on esitetty edellä esitettyjen runkomelun vaimennustarpeiden määrien ja teknisten ratkaisujen arvioitujen kustannusten perusteella lasketut runkomelun vaimennustoimenpiteiden kustannusarvio.

Taulukko 6.5. *Runkomelun vaimennusratkaisujen arvioidut runkomeluvaimennukset ja materiaalikustannukset*

Vaimennusratkaisu	Suurin arvioitu runko-meluvaimennus	Arvioitu materi-aalikustannus (alv. 0 %)
	Tunnelirata	
Pohjainpölkky	9 dB	50 €/rd-m
Sepelinalusmatto, 15 dB	15 dB (80 Hz…500 Hz)	150 €/rd-m
Sepelinalusmatto, 21 dB	21 dB (125 Hz… 500 Hz)	300 €/rd-m

Taulukko 6.6. *Runkomelun vaimennustarpeiden määrä*

Vaimennusratkaisu	Vaimennustarpeen määrä [rd-m]
	Tunnelirata
Pohjainpölkky	8 020
Sepelinalusmatto, 15 dB	7 180
Sepelinalusmatto, 21 dB	20 580

Taulukko 6.7. *Runkomelun vaimennusratkaisujen kustannusarviot*

Vaimennusratkaisu	Vaimennustarpeen kustannus [€]
	Tunnelirata
Pohjainpölkky	401 000
Sepelinalusmatto, 15 dB	1 077 000
Sepelinalusmatto, 21 dB	6 174 000

7 Loppupäätelmä ja jatkosuunnittelu

Tässä selvityksessä tarkasteltiin Lentoradan yleissuunnitelman ratageometrian tärinä- ja runkomeluvaikutuksia rakennuksiin. Tärinän osalta ei ole suurta riskiä ohjearvojen ylityksiin yhdessäkään rakennuksessa. Sen sijaan runkomelun tapauksessa riski ohjearvon ylitykselle on yhteensä noin 2000 rakennuksessa, joka altistaisi yli 16000 henkilöä runkomeluriskille ilman vaimennustoimenpiteitä.

Selvityksessä määritettiin tarvittavat tärinän ja runkomelun vaimennustarpeet, joilla rata voitaisiin toteuttaa niin, että tärinän ja runkomelun ohjearvojen arvioidaan alittuvan ratalinjauksen vaikutusalueella olevissa rakennuksissa. Lisäksi vaimennustarpeiden perusteella määritettiin 3 eri luokkaa vaimennusratkaisuita, joita vastaaville teknisille ratkaisuille on esitetty materiaalikustannus raidemetriä kohden. Sen perusteella laskettiin vaimennusratkaisuiden kokonaiskustannusarvio, joka materiaalien osalta on noin 7,65 M€.

Suurin riski hankkeelle tärinän ja runkomelun näkökulmasta on runkomelun vaimennusratkaisuilla saavutettavat vaimennustasot tunneliosuuksilla. Jatkosuunnittelussa runkomelun vaimennusratkaisujen tutkimukset, mallinnukset ja koerakenteiden mittaukset tulevat kyseeseen, jotta voidaan varmistua onnistuneesta runkomelun vaimennuksesta.

Lähdeluettelo

AINS 1620260.6 (2023) Tampereen henkilöratapiha, eristysjatkosten mittaukset, 11.12.2023.

AINS 15-1006.1 (2024) Lentorata ja Itärata, lähtötietomittaukset, 3.12.2024.

Bewes, O. G., Jakielaszek, L. J., & Richardson, M. L. (2015). An assessment of the effectiveness of replacing slab track to control groundborne noise and vibration in buildings above an existing railway tunnel. In *Noise and Vibration Mitigation for Rail Transportation Systems: Proceedings of the 11th International Workshop on Railway Noise, Uddevalla, Sweden, 9–13 September 2013* (pp. 393-400). Springer Berlin Heidelberg.

Cleave, R., Madshus, C., Grande, L., Brekke, A., & Rothschild, K. (2005). Mitigation of ground borne noise in rock railway tunnels-Part II: Full scale tests. In *Proceedings of the international conferences on the bearing capacity of roads, railways and airfields*.

Heiland, D., & Mistler, M. (2013). Insertion loss of vibration mitigation systems-methods of free field measurements with soil correction. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 247, No. 7, pp. 1282-1291).

International Organization for Standardization. (2005). Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems Part 1: General guidance (ISO Standard No. 14837-1:2005).

Lakušić, S., Ahac, M., Haladin, I. (2010). Experimental investigation of railway track with under sleeper pad. In *Proceedings of the 10th Slovenian Road and Transportation Congress, Portoroz, Slovenia* (pp. 20-22).

Lentorata (2024) Lentoradan tärinä ja runkomelu, esiselvitys. 1/2024.

Loy, H., Augustin, A., & Tschann, L. (2018). Reduction of vibration emissions and secondary airborne noise with under-sleeper pads—Effectiveness and experiences. In *Noise and Vibration Mitigation for Rail Transportation Systems: Proceedings of the 12th International Workshop on Railway Noise, 12-16 September 2016, Terrigal, Australia* (pp. 595-605).

Müller, R. (2008). Mitigation measures for open lines against vibration and ground-borne noise: a Swiss overview. In *Noise and Vibration Mitigation for Rail Transportation Systems: Proceedings of the 9th International Workshop on Railway Noise, Munich, Germany, 4-8 September 2007* (pp. 264-270). Springer Berlin Heidelberg.

Ouakka, S., Verlinden, O., & Kouroussis, G. (2022). Railway ground vibration and mitigation measures: benchmarking of best practices. *Railway Engineering Science*, *30*(1), (pp. 1–22).

SFS 5907. (2022) Rakennusten akustinen suunnittelu ja laatuluokitus. Helsinki, *Suomen Standardisoimisliitto SFS ry*.

Talja, A., Vepsä, A., Kurkela, J. ja Halonen, M. (2008). Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi. Espoo, *VTT tiedotteita 2425*.

Talja, A. ja Saarinen, A. (2009). Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. Esiselvitys. Espoo, *VTT Tiedotteita 2468*.

Törnqvist, J. ja Talja, A. (2006). Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. Espoo, *VTT Working papers 50.v*

Väyläviraston ohjeita 27/2021, Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 20 Ympäristö ja rautatiealueet, 2021.

Väyläviraston ohjeita 23/2023, Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 11, Radan päällysrakenne, 2023.

Tärinäkartta ja tärinän vaimennustarve

3 sivua

Tunneli

Betonikaukalo

km 4+000

Suunnittelualueen raja

Hakamäki

Käpylän urheilupuisto

Itä-Pasila

Östra Böle

Pasila

Böle

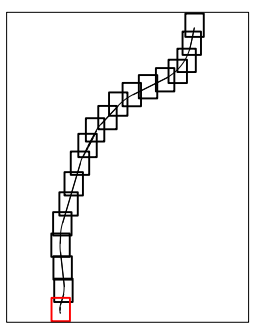
Pasila, Pasilan puistotie

Keski-Pasilan tornialueen länsiosa

Keski-Pasilan tornialue

0 100 200 m

N



Karttalehtijako

Rakennusten värähtelyluokka ilman radan vaimennusta

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–0.1 mm/s yli ohjearvon
- 0.1–0.3 mm/s yli ohjearvon
- 0.3–0.6 mm/s yli ohjearvon
- 0.6–1.0 mm/s yli ohjearvon
- Yli 1.0 mm/s yli ohjearvon

Rataan vaadittava tärinävaimennus

- Alle 25 %
- 25–50 %
- 50–75 %
- Yli 75 %

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

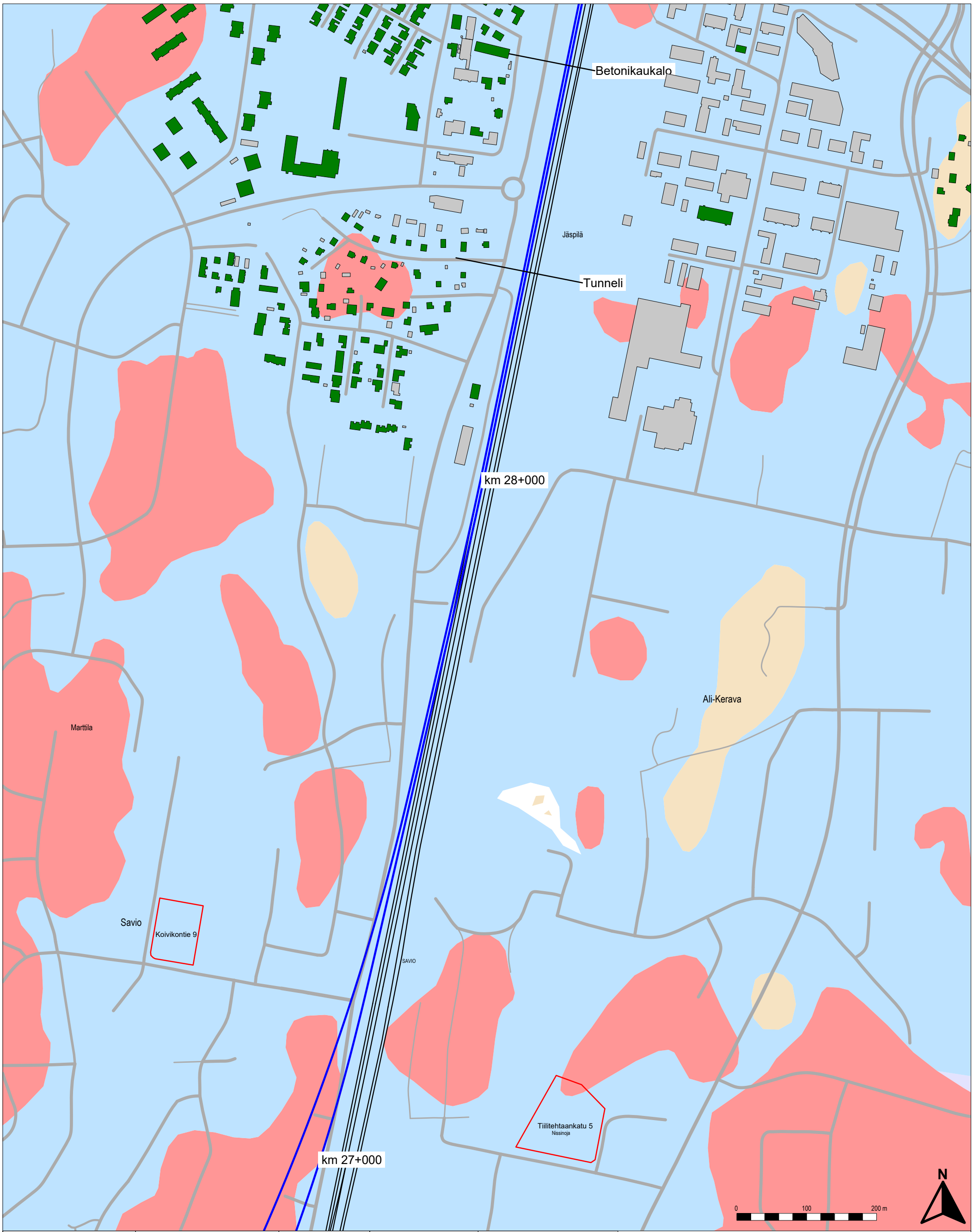
Liite 1: Tärinäkartta

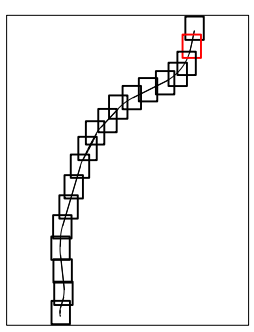
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 1/3




Karttalehtijako

Rakennusten värähtelyluokka ilman radan vaimennusta

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–0.1 mm/s yli ohjearvon
- 0.1–0.3 mm/s yli ohjearvon
- 0.3–0.6 mm/s yli ohjearvon
- 0.6–1.0 mm/s yli ohjearvon
- Yli 1.0 mm/s yli ohjearvon

Rataan vaadittava tärinävaimennus

- Alle 25 %
- 25–50 %
- 50–75 %
- Yli 75 %

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

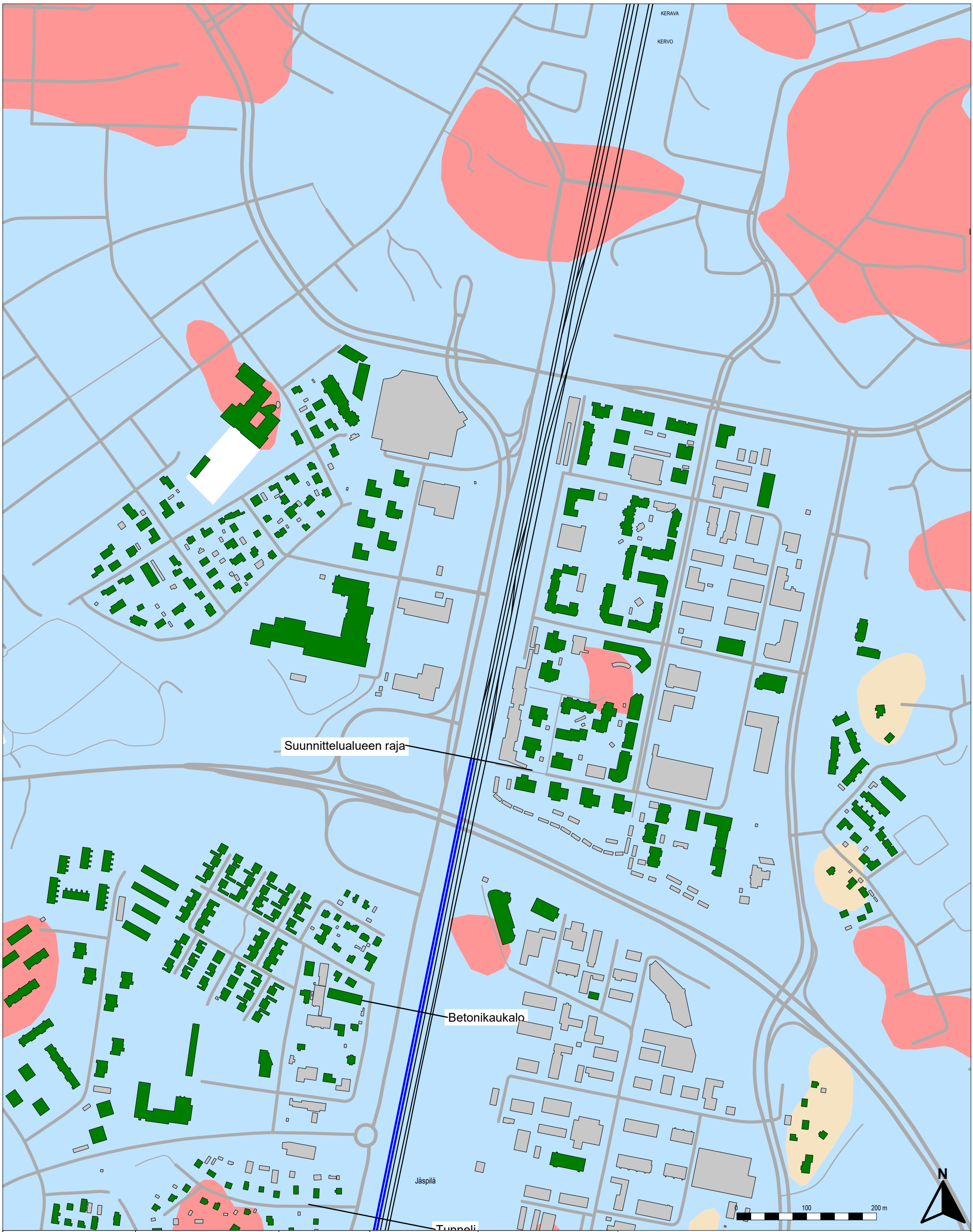
Liite 1: Tärinäkartta

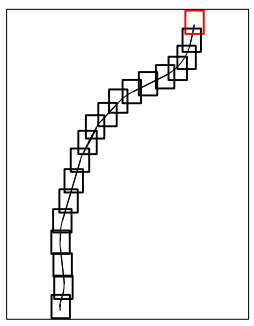
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 2/3





Karttalehtijako

Rakennusten värähtelyluokka ilman radan vaimennusta

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–0.1 mm/s yli ohjearvon
- 0.1–0.3 mm/s yli ohjearvon
- 0.3–0.6 mm/s yli ohjearvon
- 0.6–1.0 mm/s yli ohjearvon
- Yli 1.0 mm/s yli ohjearvon

Rataan vaadittava tärinävaimennus

- Alle 25 %
- 25–50 %
- 50–75 %
- Yli 75 %

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

Liite 1: Tärinäkartta

A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 3/3

Runkomelukartta ja runkomelun vaimennustarve

19 sivua

Tunneli

Betonikaukalo

Suunnittelualueen raja

Hakamäki

Pasila

Böle

Itä-Pasila

Östra Böle

Käpylän urheilupuisto

Keski-Pasilan tornialueen länsiosa

Keski-Pasilan tornialue

Pasilan puistotie

Pasila, Pasilan puistotie

Pasila, Opastinsilta 2

N

0 100 200 m

Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

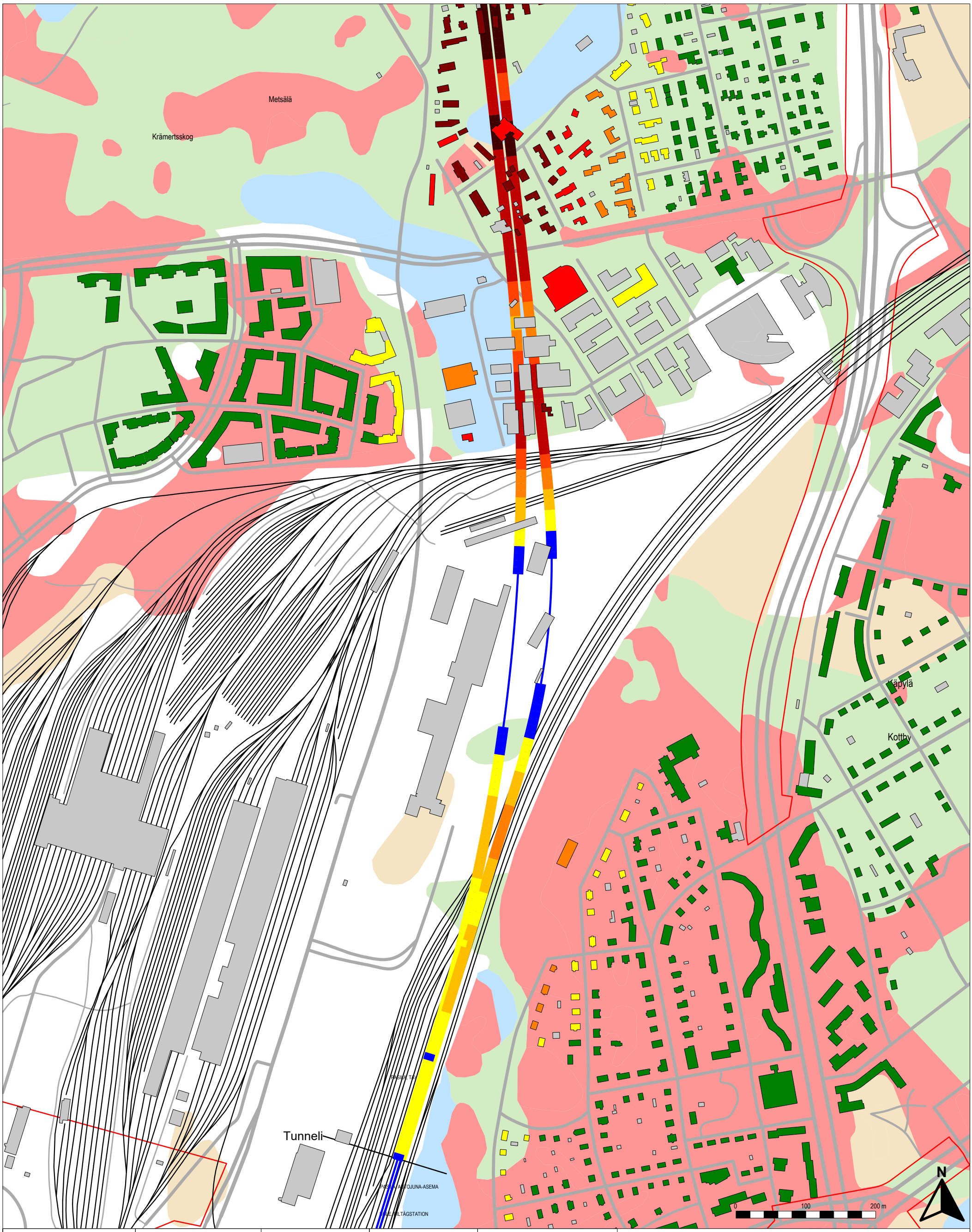
Liite 2: Runkomelukartta

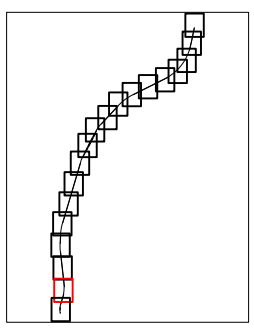
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 1/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

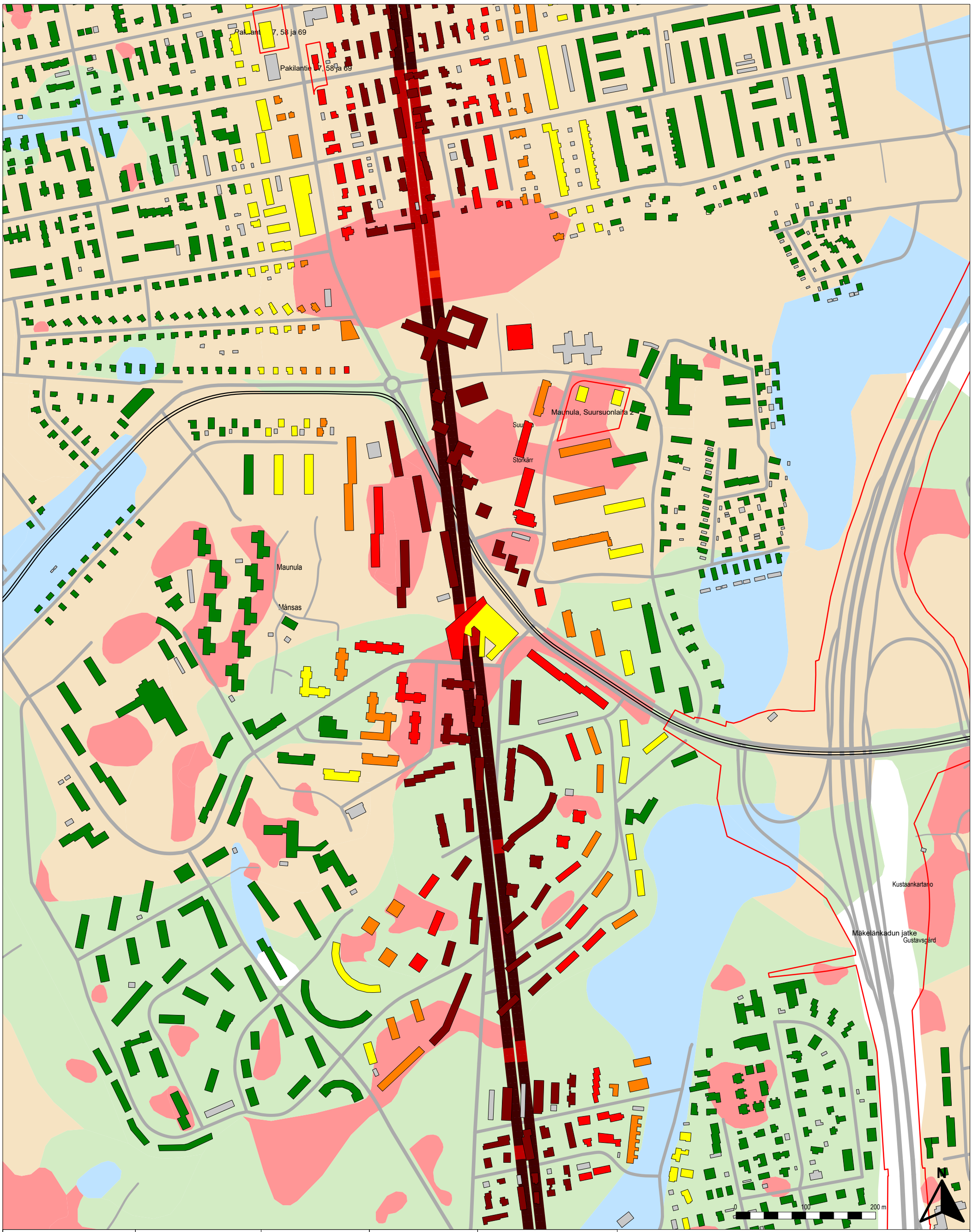
Liite 2: Runkomelukartta

A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 2/19



Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

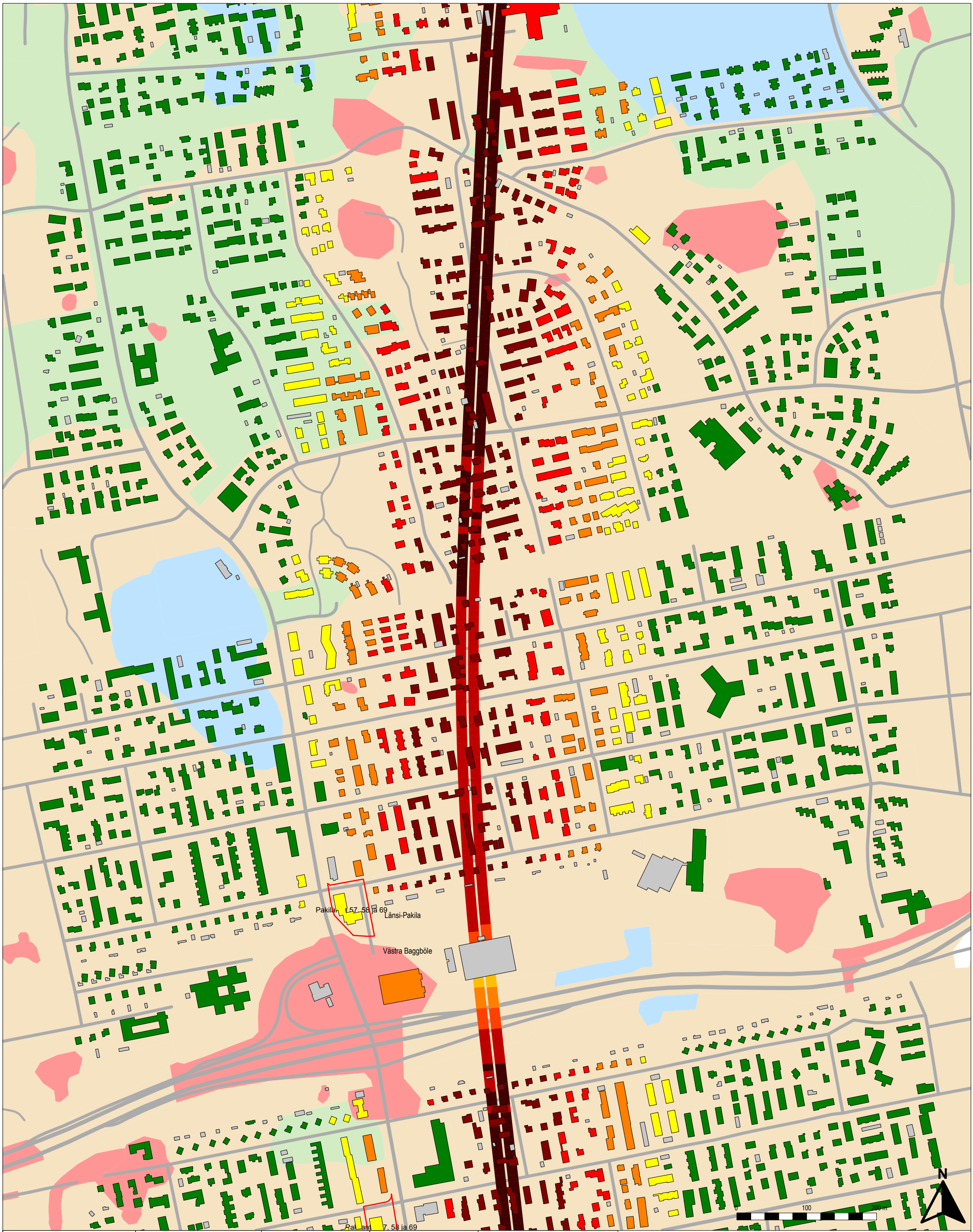
Liite 2: Runkomelukartta

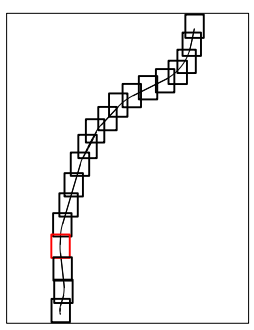
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 3/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

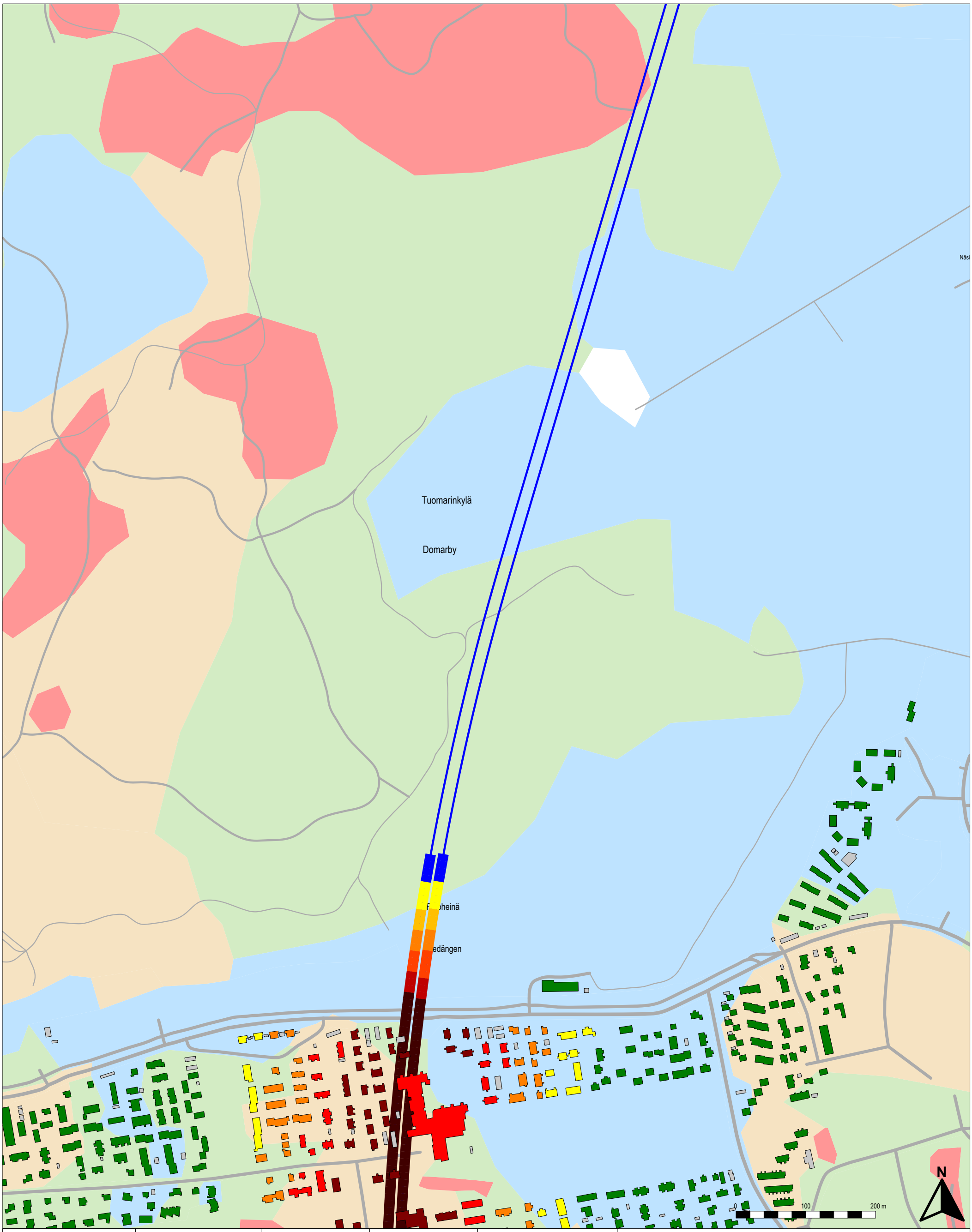
Liite 2: Runkomelukartta

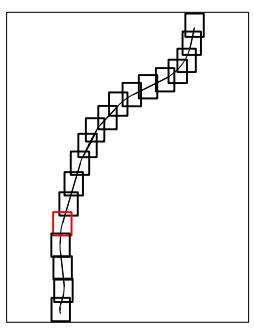
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 4/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

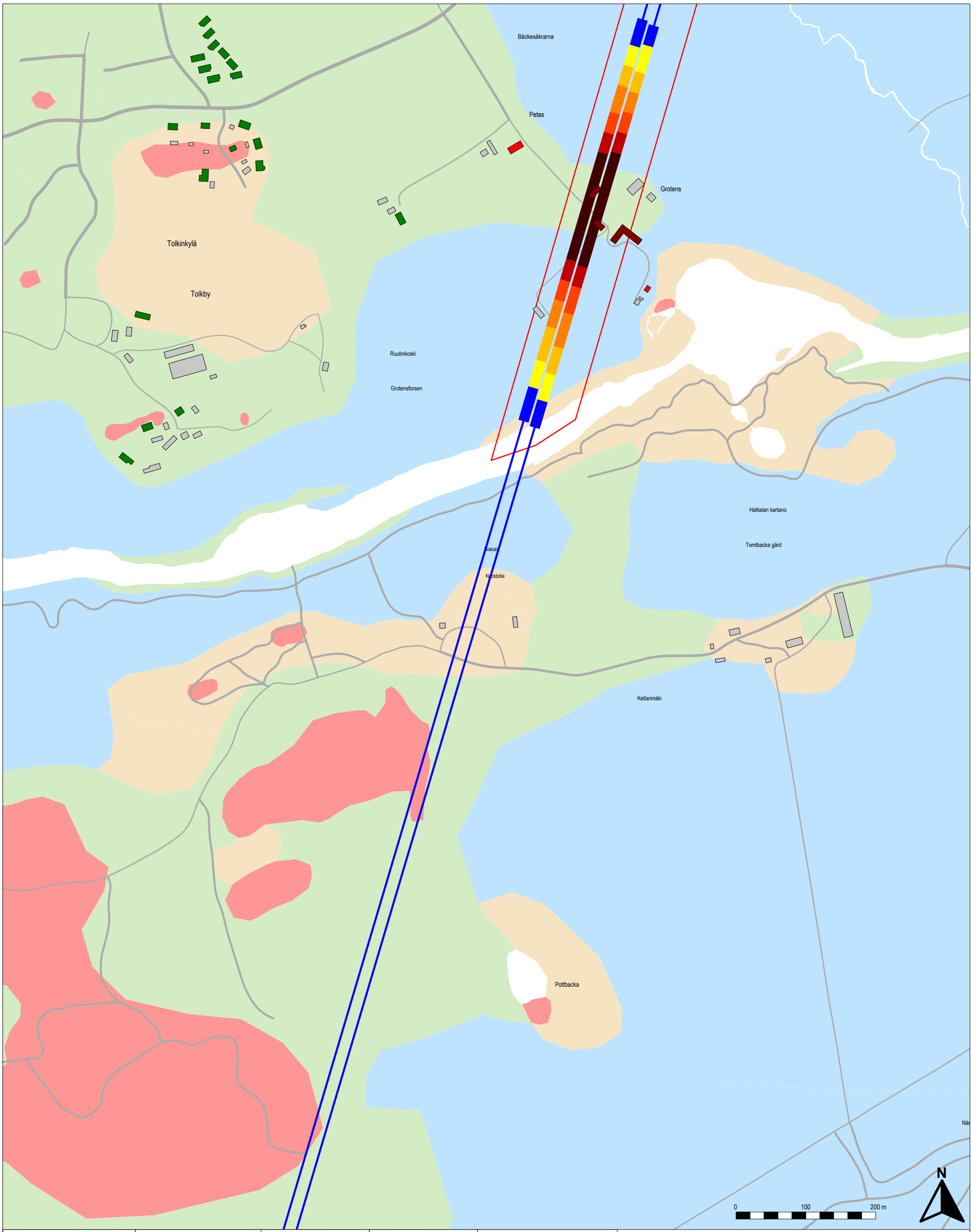
Liite 2: Runkomelukartta

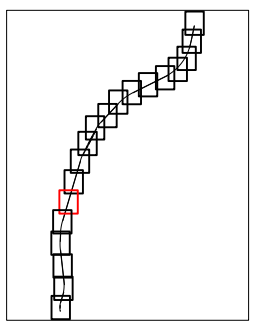
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 5/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

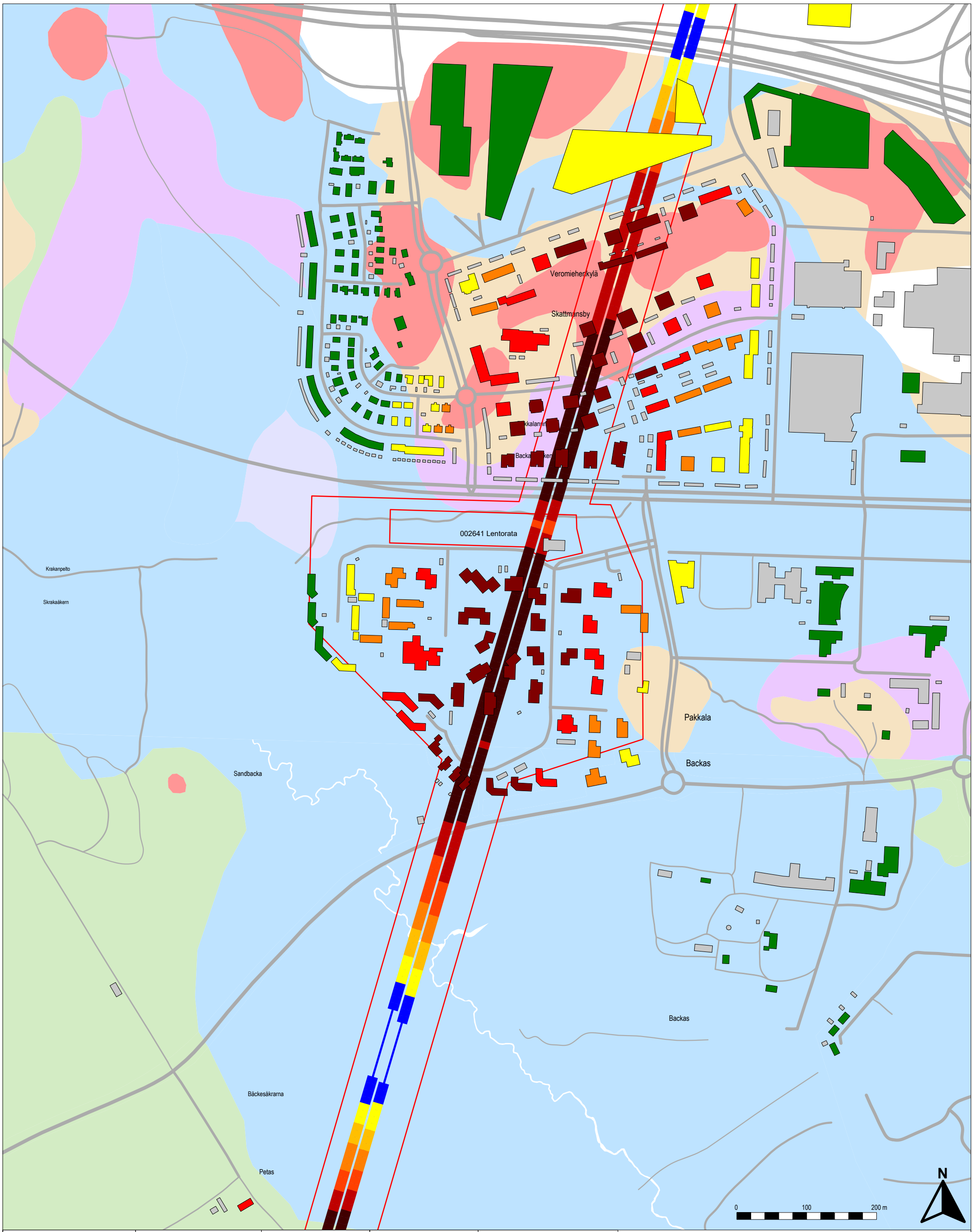
Liite 2: Runkomelukartta

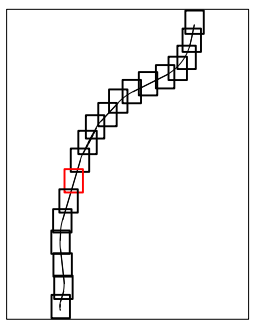
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 6/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

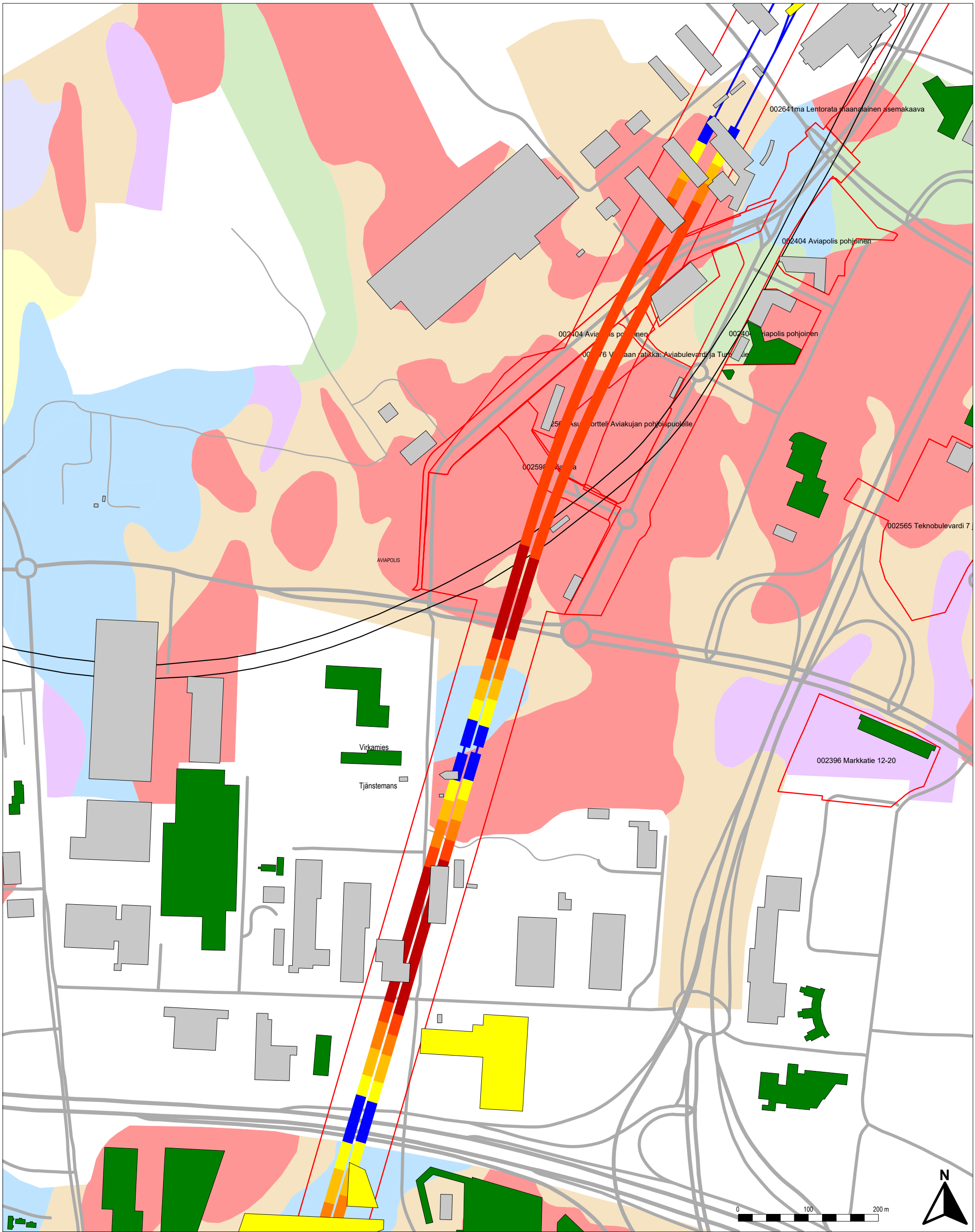
Liite 2: Runkomelukartta

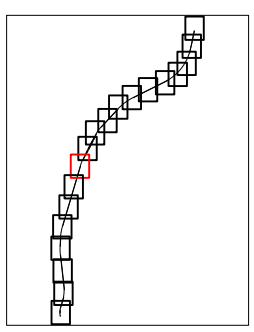
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 7/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

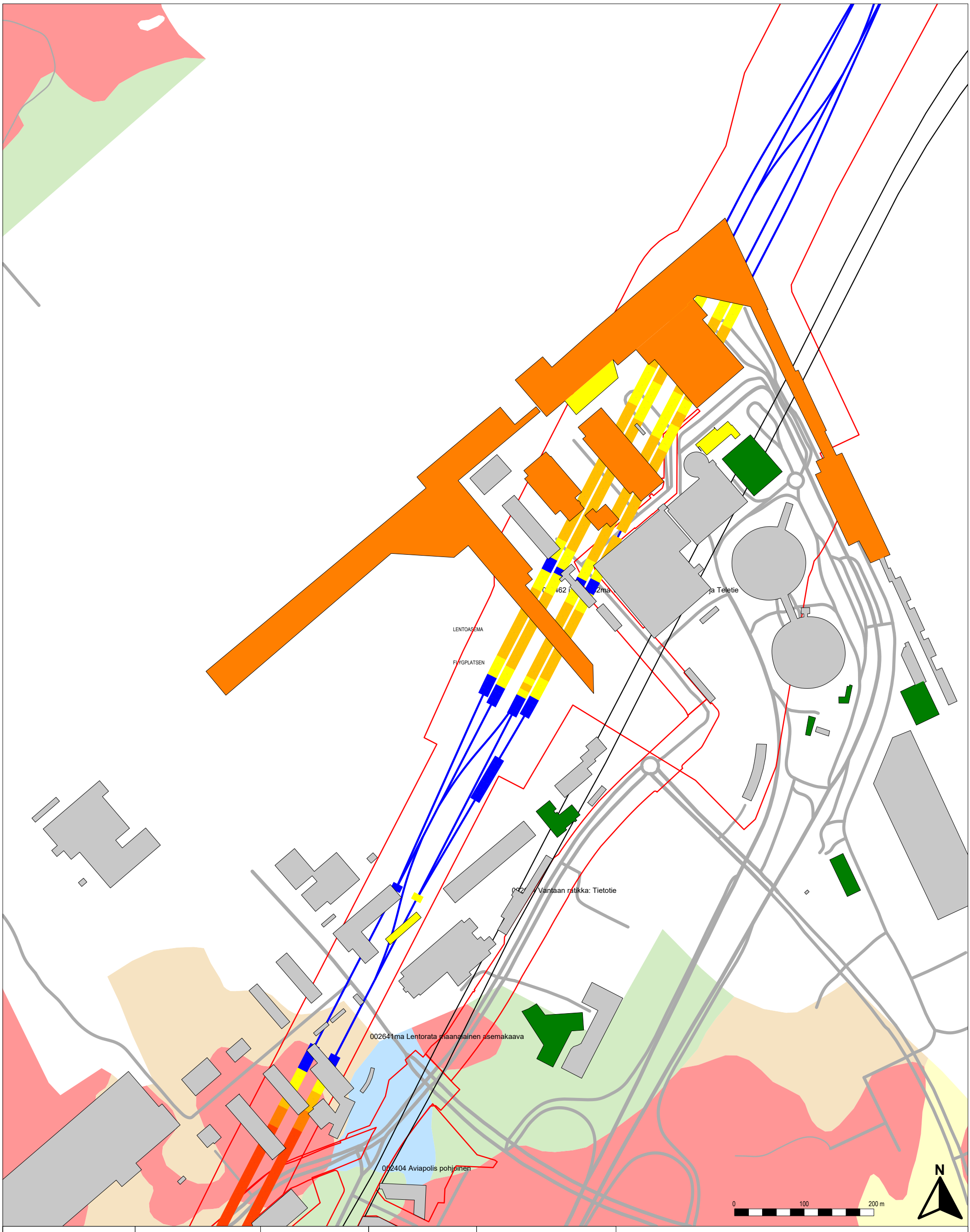
Liite 2: Runkomelukartta

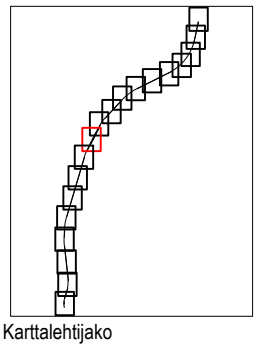
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 8/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

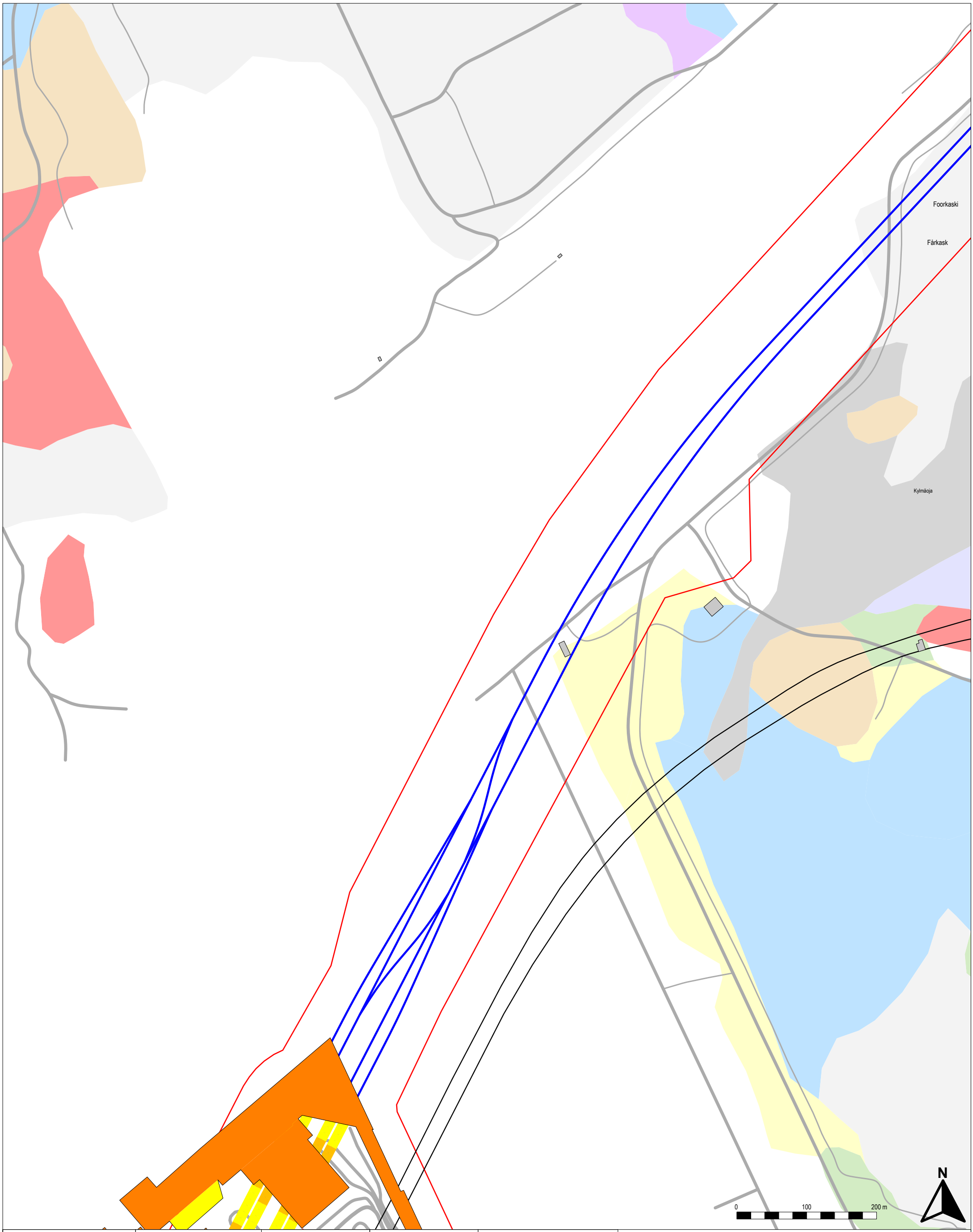
Liite 2: Runkomelukartta

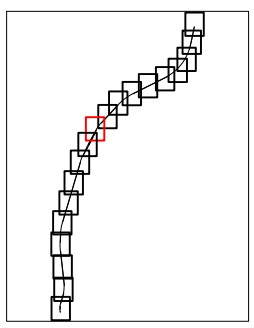
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 9/19




Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

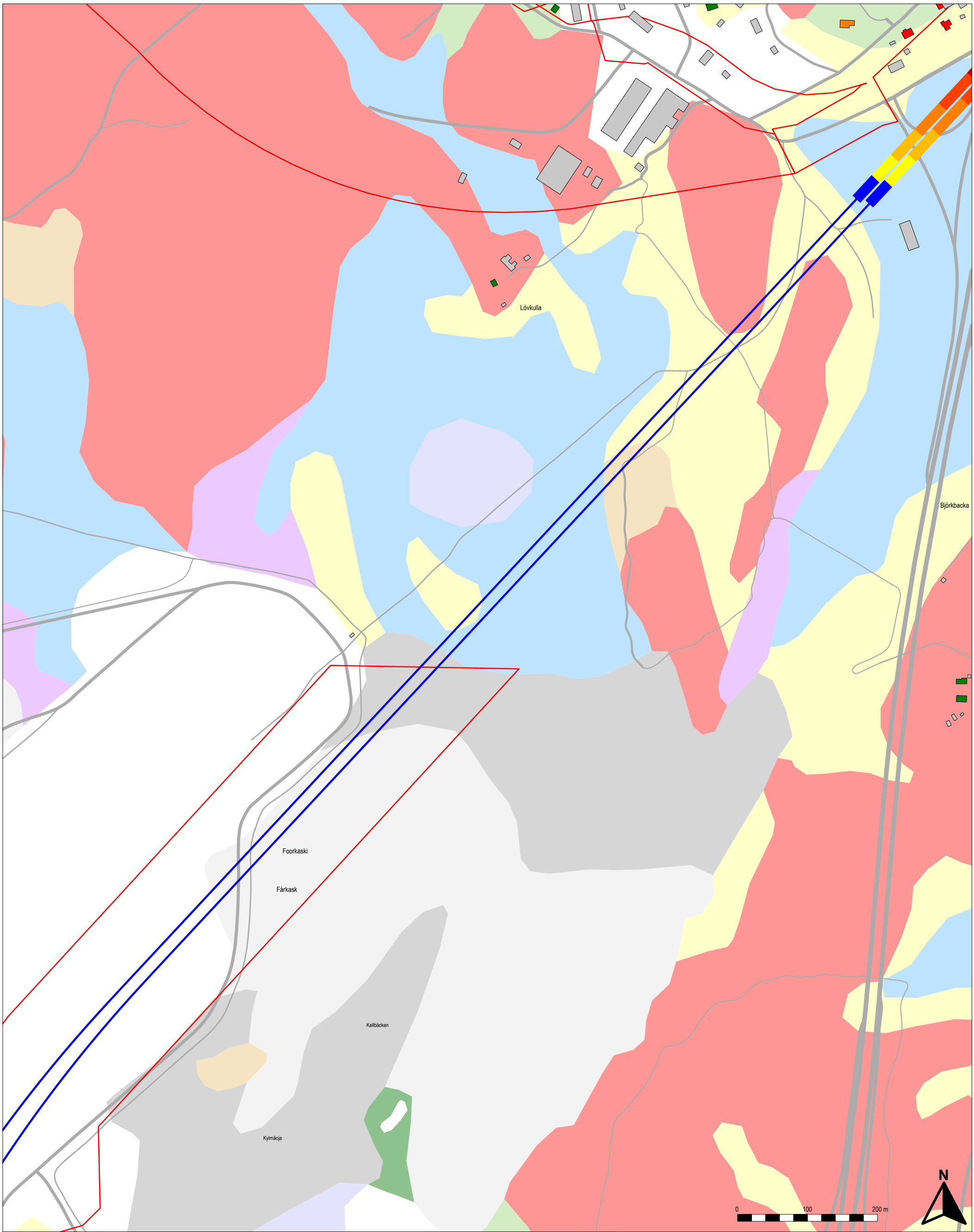
Liite 2: Runkomelukartta

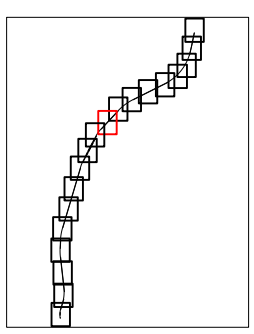
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 10/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

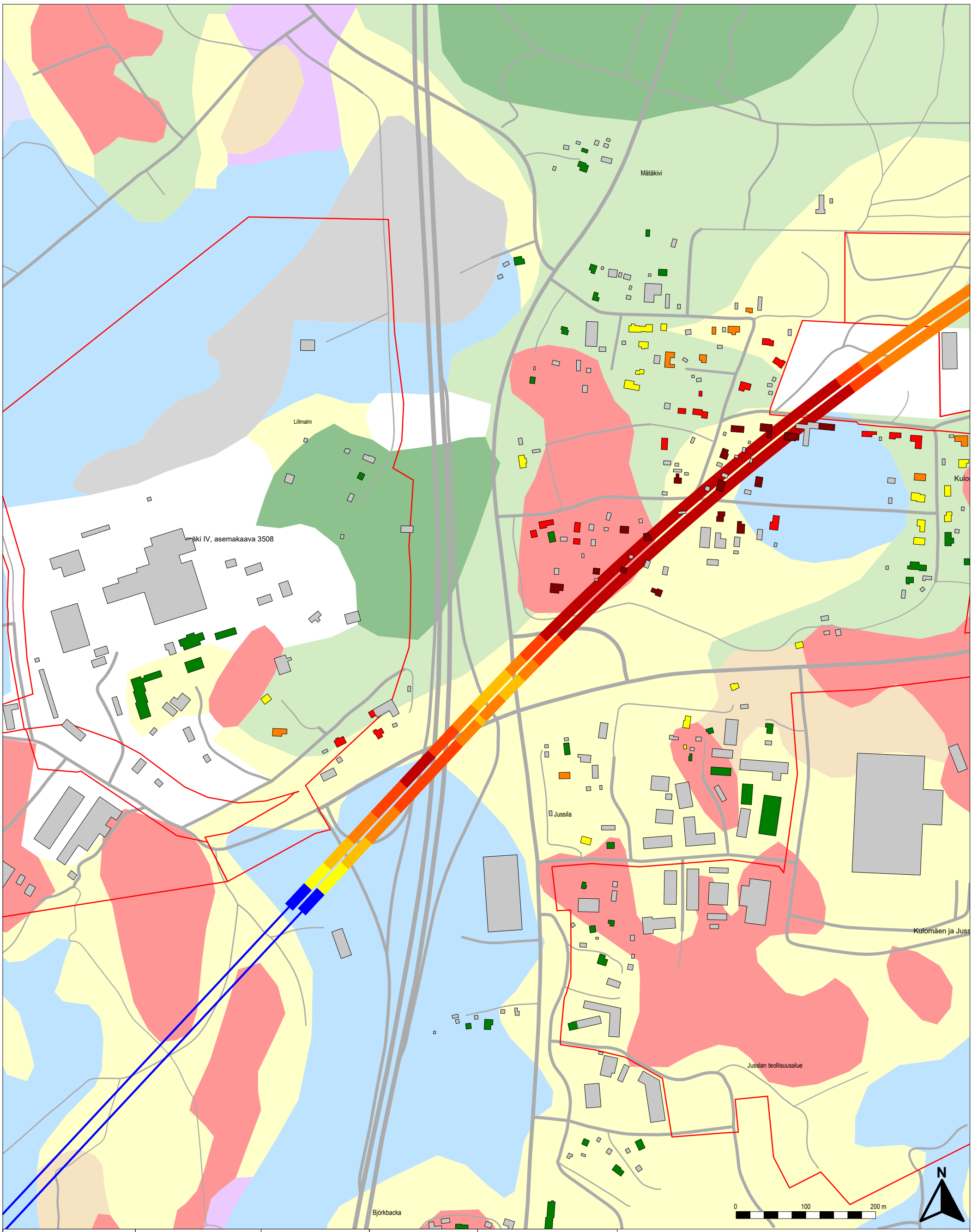
Liite 2: Runkomelukartta

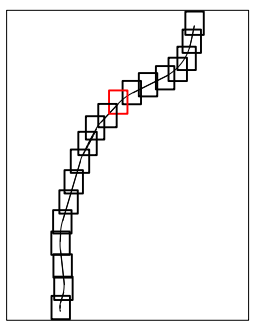
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 11/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

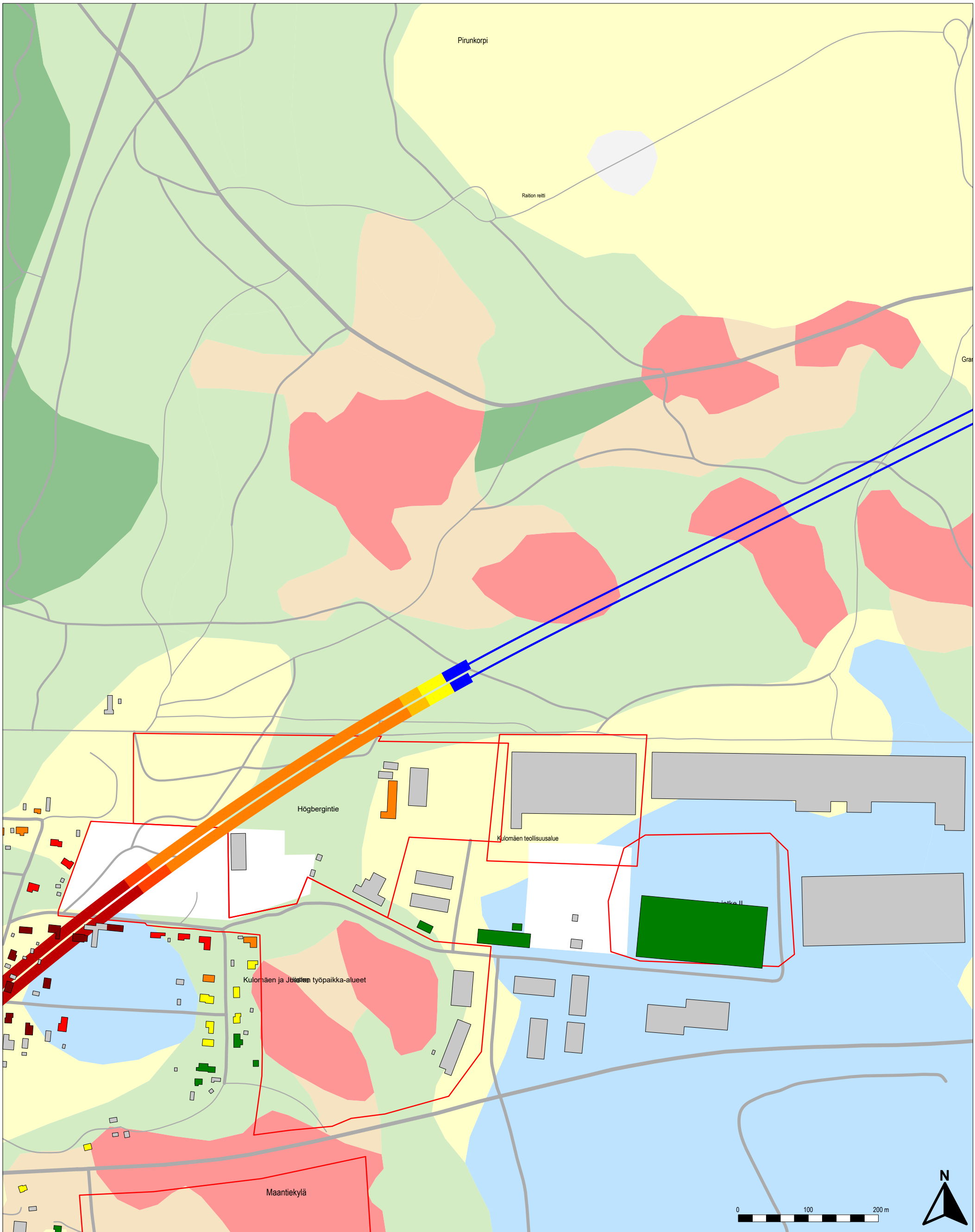
Liite 2: Runkomelukartta

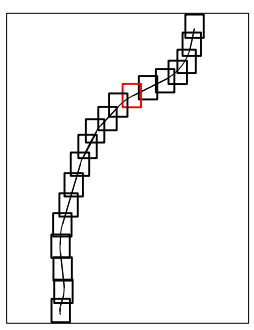
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 12/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

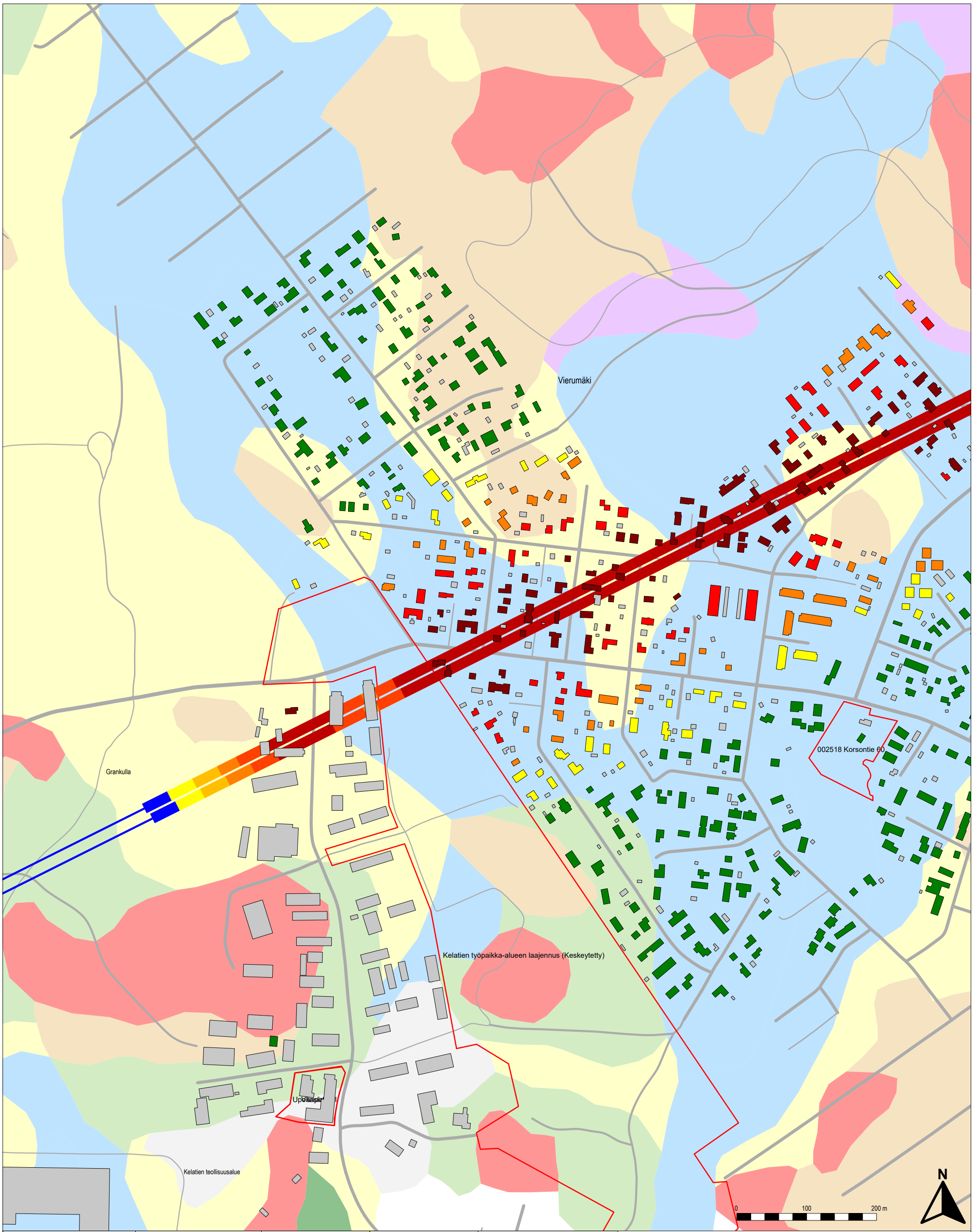
Liite 2: Runkomelukartta

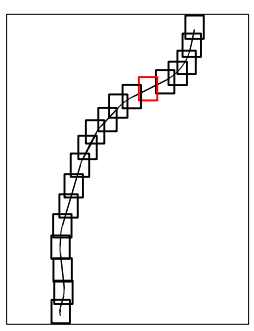
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

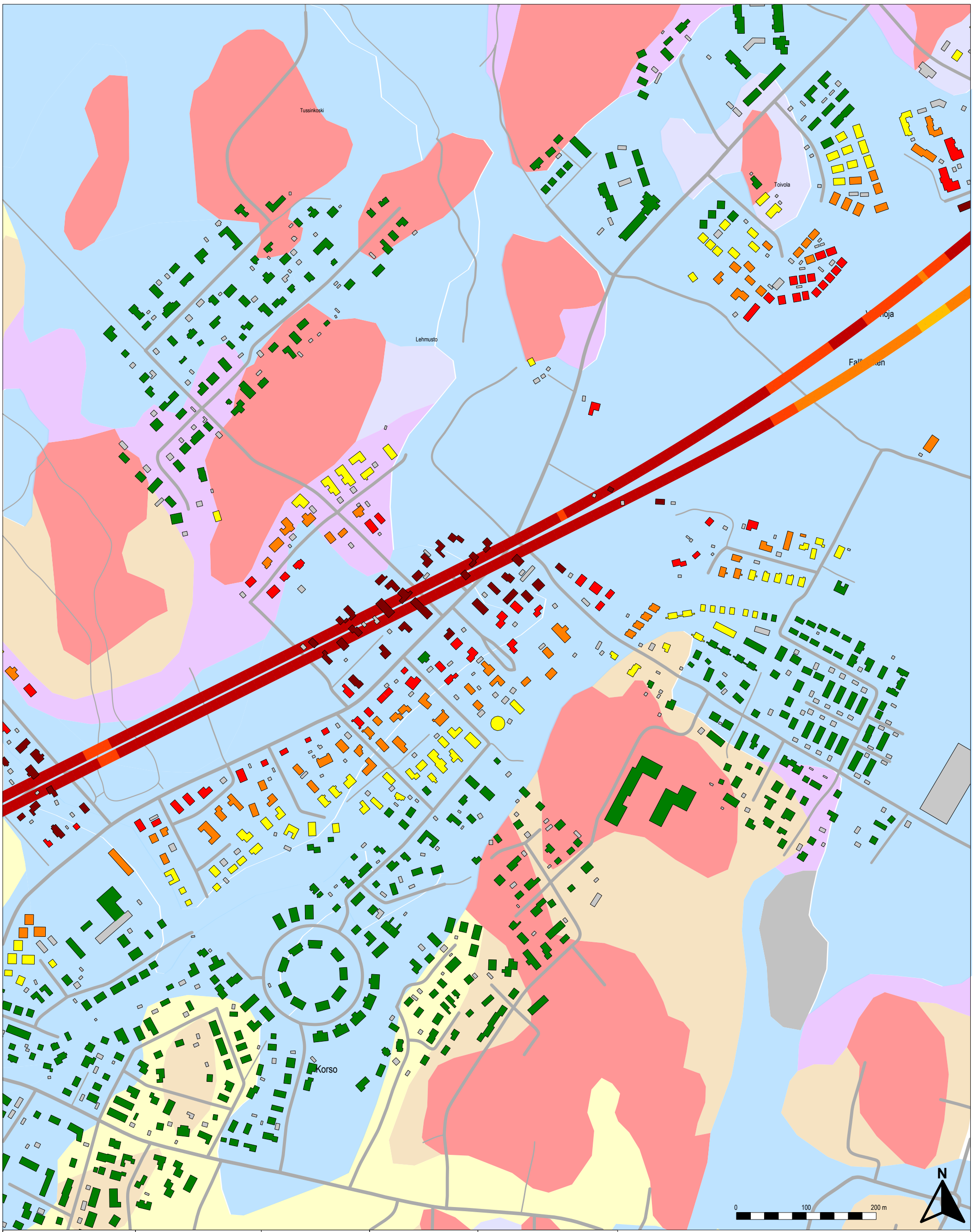
Liite 2: Runkomelukartta

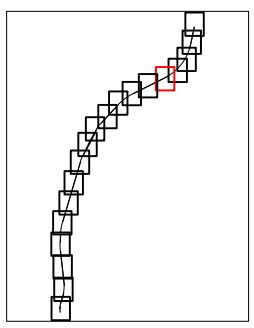
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 14/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

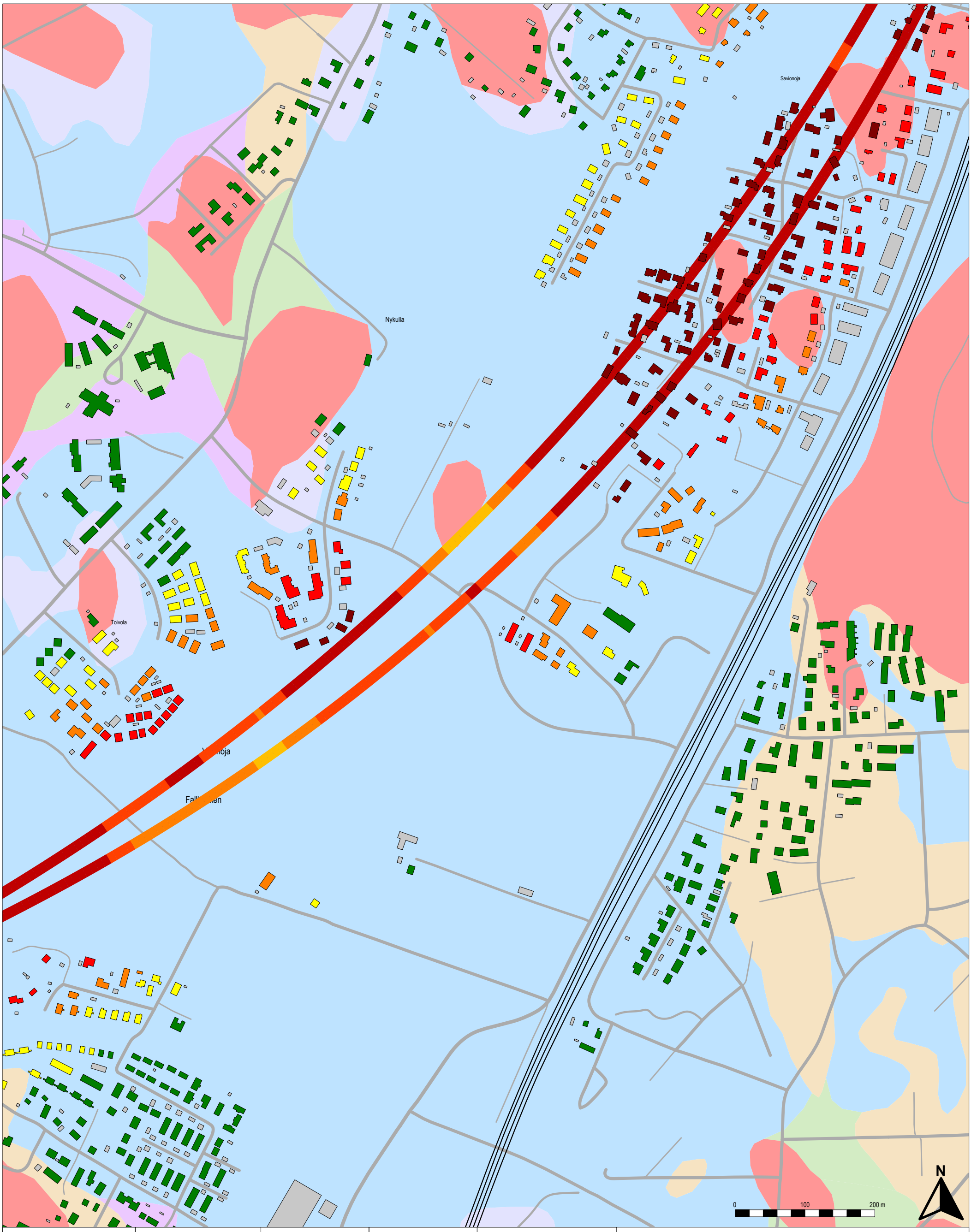
Liite 2: Runkomelukartta

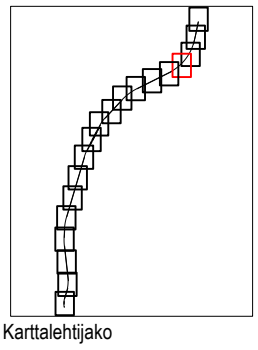
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 15/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

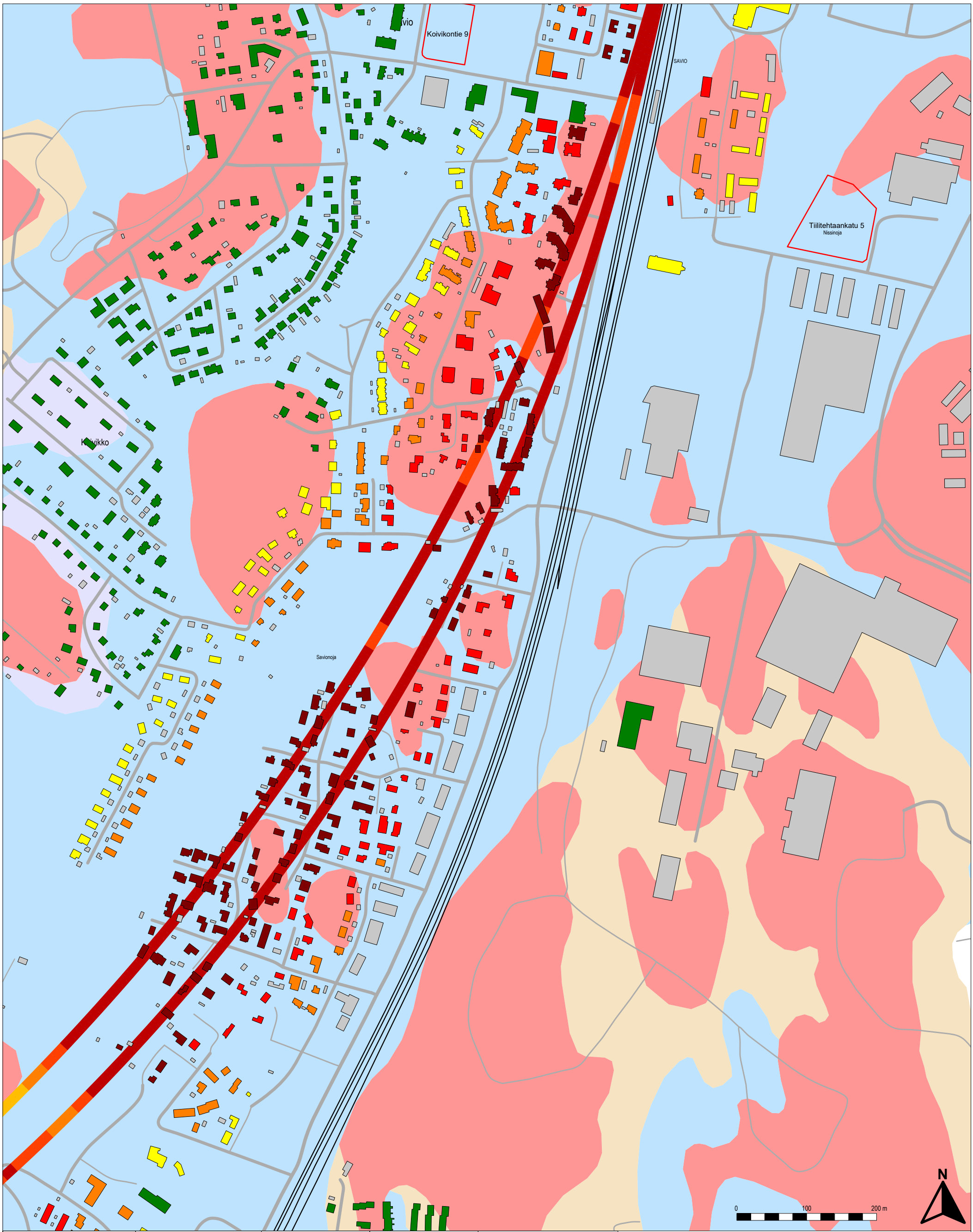
Liite 2: Runkomelukartta

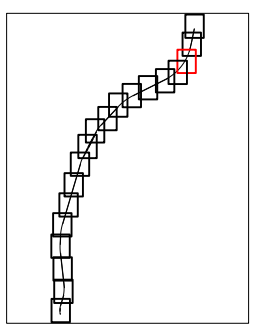
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 16/19





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

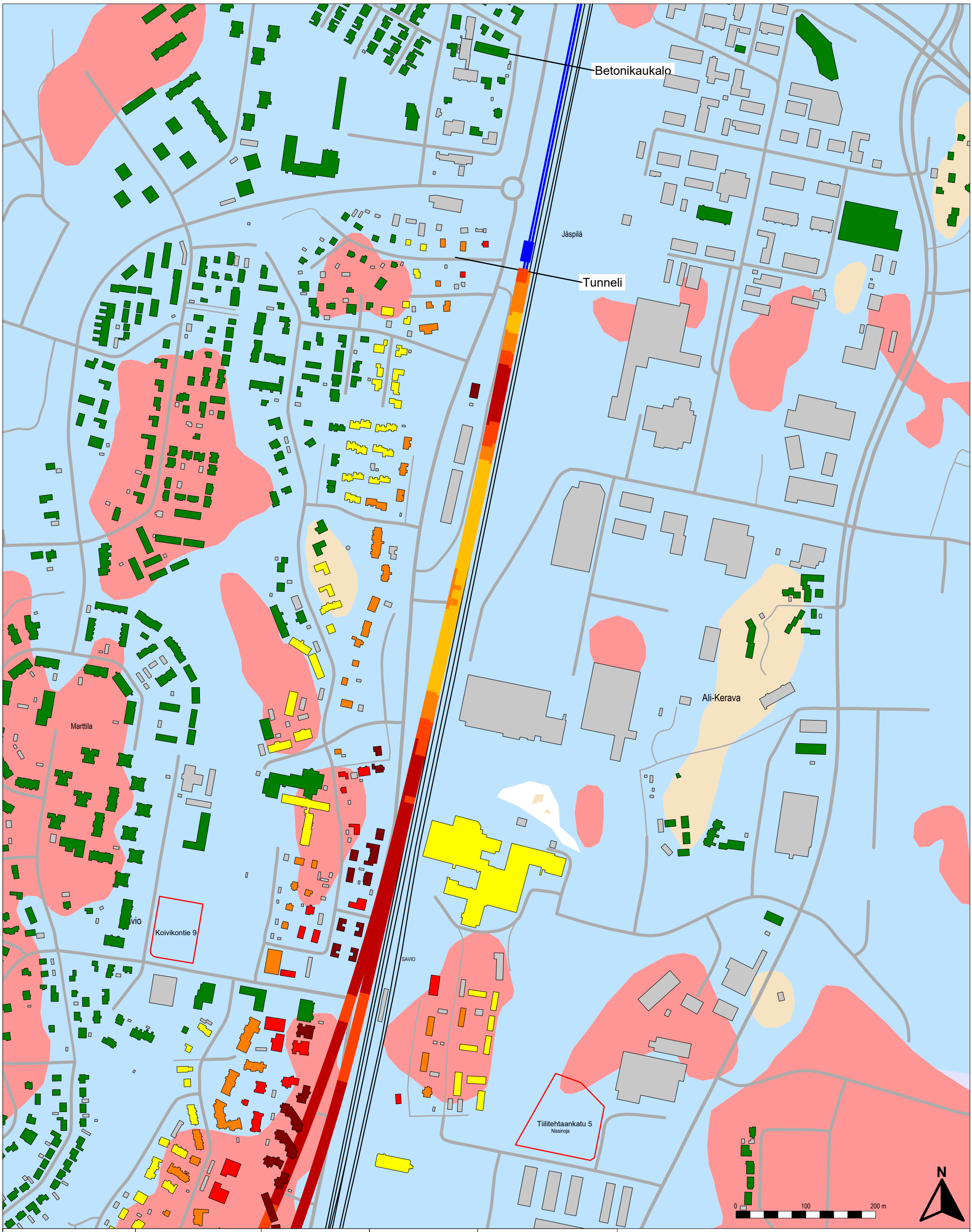
Liite 2: Runkomelukartta

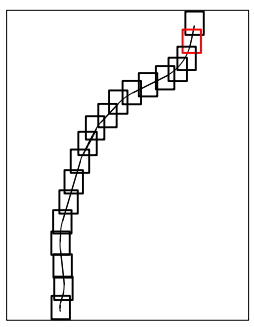
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 17/19




Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

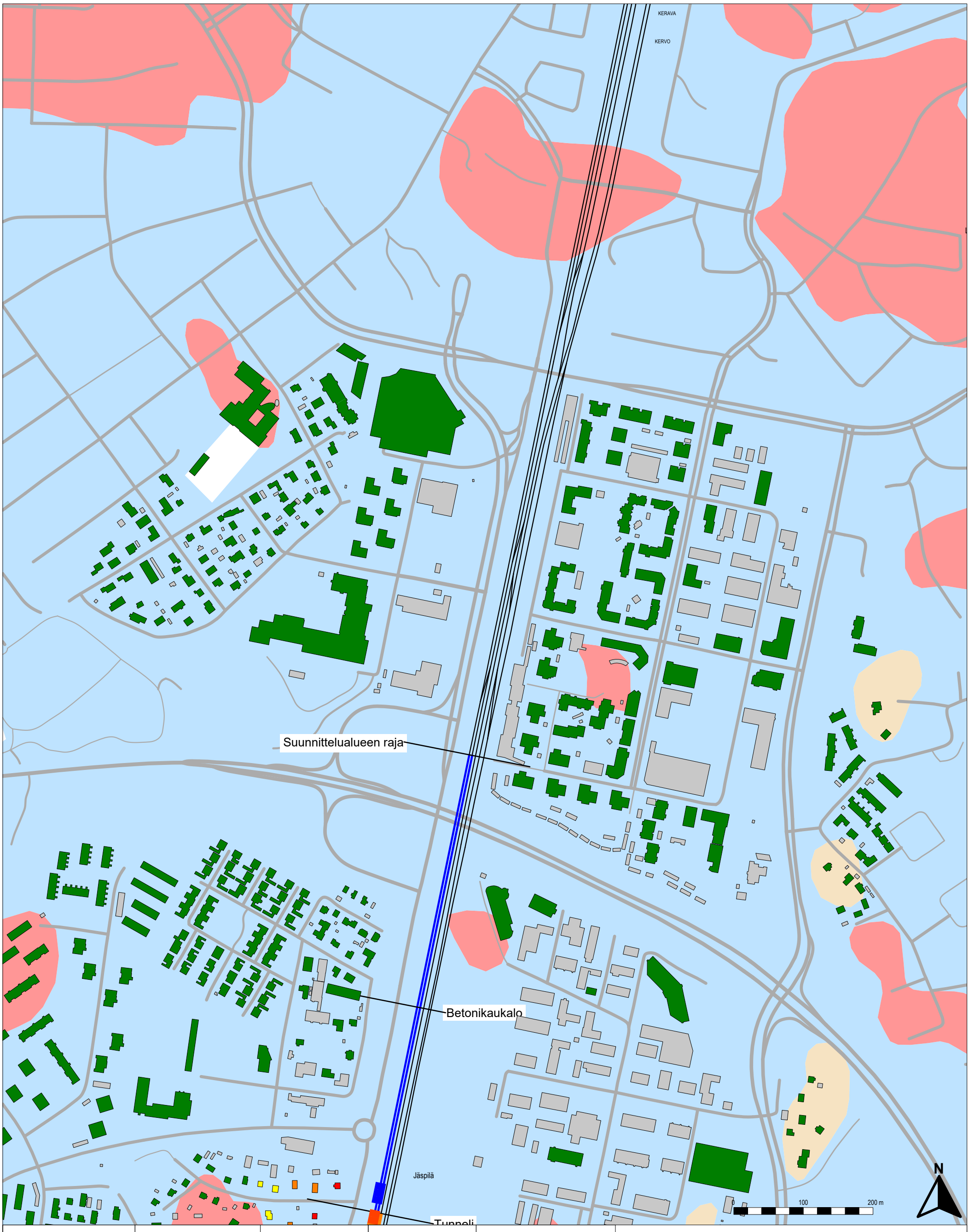
Liite 2: Runkomelukartta

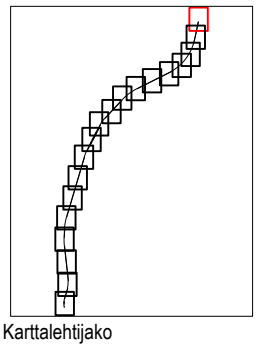
A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2





Karttalehtijako

Rakennusten runkomelu ilman radan vaimennuksia

- Ei ohjearvoa
- Alle ohjearvon
- 0–5 dB ylitys
- 5–10 dB ylitys
- 10–15 dB ylitys
- 15–20 dB ylitys

Rataan vaadittava runkomeluvaimennus

- Alle 3 dB
- 3–6 dB
- 6–9 dB
- 9–12 dB
- 12–15 dB
- 15–18 dB
- 18–21 dB

Maaperä

- Kallio
- Hiekka
- Moreeni
- Sora
- Hieno hieta
- Karkea hieta
- Hiesu
- Savi
- Lieju
- Paksu turvekerros
- Rahkaturve
- Saraturve
- Täyttömaa/kartoittamaton

Raiteet ja maankäyttö

- Suunniteltu raidegeometria
- Olemassa oleva ratageometria
- Tuleva maankäyttö

Lentorata YS

Tärinä- ja runkomeluselvitys

Liite 2: Runkomelukartta

A-INSINÖÖRIT

Lentorata

Vibmapper®
15.10.2025 Juho Liski
A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Mittakaava 1:5000
AINS 16-1066.2
s. 19/19