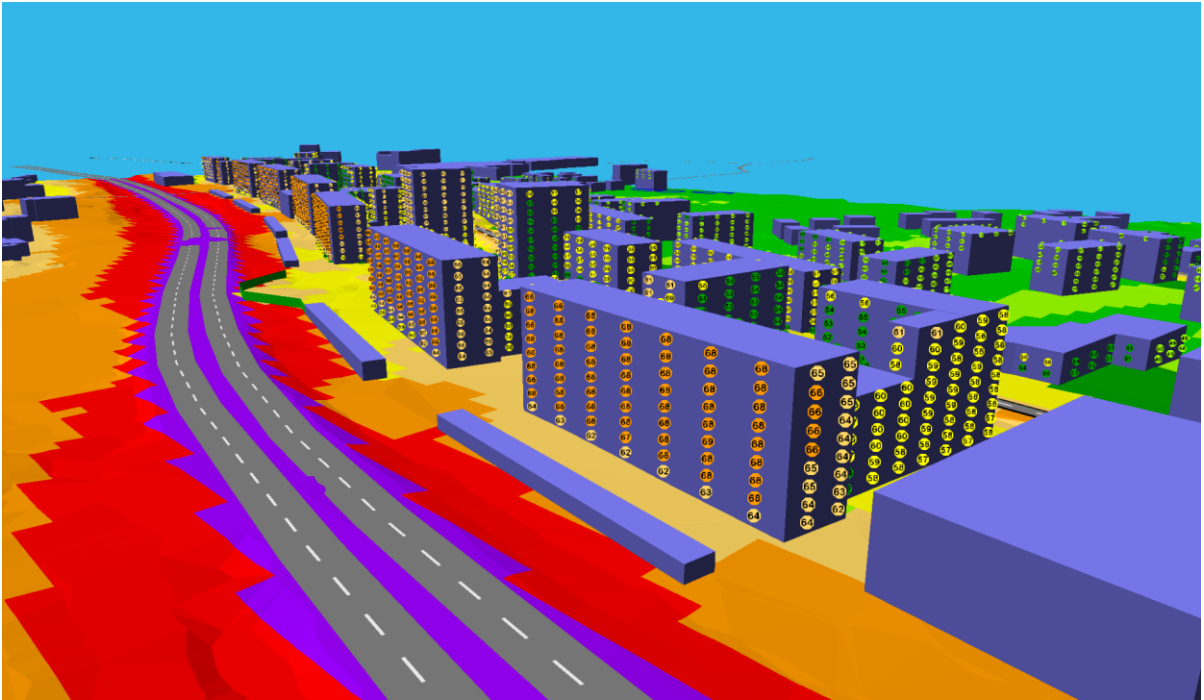


TAMPEREEN KAUPUNKI

# ALASJÄRVEN LÄNSIPUOLI, ASEMAKAAVA JA ASEMAKAAVAN MUUTOS NRO 8931, TAMPERE MELU-, RUNKOMELU JA TÄRINÄSELVITYS

2.4.2024



317598



2.4.2024

## Sisällysluettelo

<b>1. Johdanto</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Lähtötiedot ja menetelmät</b> .....	<b>4</b>
2.1. Asemakaava-alue .....	4
2.2. Meluselvitys .....	6
2.2.1. Laskentamalli.....	6
2.3. Laskentamallin maastomallin muodostaminen .....	6
2.3.1. Laskentamallissa käytetyt liikennemäärät .....	6
2.3.2. Laskentamallin epävarmuus .....	8
2.4. Runkomeluselvitys.....	9
2.4.1. Maaperäolosuhteet asemakaava-alueella.....	9
2.4.2. Runkomelun arviointi VTT:n menetelmällä.....	11
2.4.3. Runkomelutason arviointi FEM-laskentaa käyttäen.....	11
2.5. Tärinäselvitys.....	12
2.5.1. Tärinäselvityksen menetelmät.....	12
2.5.2. Tärinälaskennan poikkileikkaus .....	13
2.6. Ohje- ja suositusarvot .....	14
2.6.1. Ympäristömelun ohjearvot .....	14
2.6.2. Melutason ohjearvojen soveltaminen .....	15
2.6.3. Runkomelulle esitetyt ohjearvot .....	15
2.6.4. Tärinän suositusarvot .....	16
<b>3. Melulaskentojen tulokset</b> .....	<b>18</b>
<b>4. Runkomelulaskennan tulokset</b> .....	<b>19</b>
4.1. Arviointi VTT-menetelmällä.....	19
4.2. Runkomelun arviointi FEM-laskentaan perustuvalla menetelmällä.....	21
<b>5. Tärinälaskennan tulokset</b> .....	<b>22</b>
<b>6. Johtopäätökset</b> .....	<b>23</b>
6.1. Ulkoalueiden ja rakennusten julkisivuihin kohdistuvat melutasot.....	23
6.2. Arvioidut runkomeluvaikutukset .....	24
6.3. Arvioidut tärinävaikutukset.....	25

2.4.2024

<b>7. Ehdotukset melua koskevista kaavamääräyksistä .....</b>	<b>26</b>
<b>8. Viitteet.....</b>	<b>27</b>
<b>Liitteet.....</b>	<b>28</b>

Liite 1. Runkomelulaskennan korjaustekijät.

Liite 2. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melun keskiäänitasot ja melun hetkelliset maksimitasot.

Liite 3. Tie-, katu- ja raitiotieliikenteen aiheuttamat melun keskiäänitasot ennustetilanteessa, Teiskontien nopeusrajoitus 60 km/h.

Liite 4. Kuvat rakennusten julkisivuihin kohdistuvista melutasoista (3D-kuvat).

2.4.2024

## 1. Johdanto

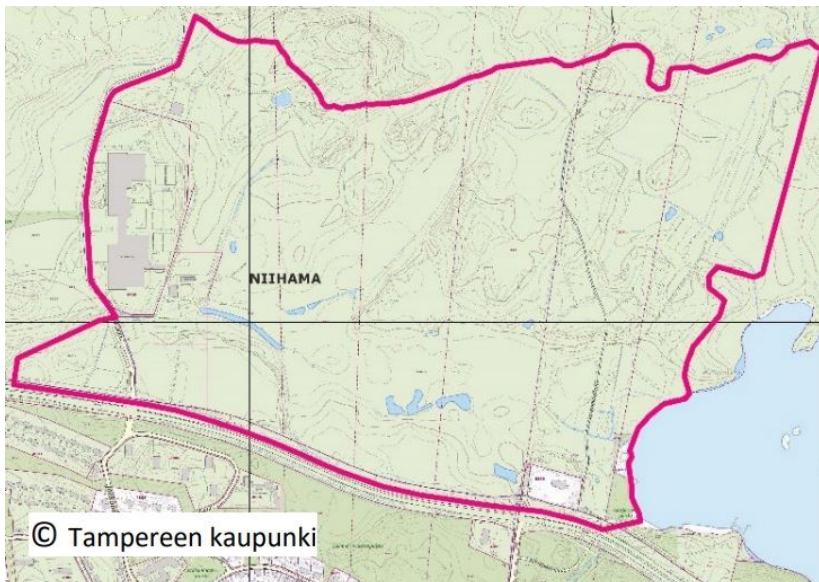
WSP Finland Oy on laatinut Tampereen kaupungin toimeksiannosta melu-, runkomelu- ja tärinäselvityksen Alasjärven länsipuolen asemakaavan nro 8931 suunnitteluun. Tämä raportti on päivitys aikaisemmin laadittuun selvitykseen, joka oli päivätty 8.3.2023.

Selvityksessä on tarkasteltu tie-, katu- ja raitiotieliikenteen aiheuttamia melun päivä- ja yöajan keskiäänitasoja ( $L_{Aeq\ 07-22}$  ja  $L_{Aeq\ 22-07}$ ) asemakaava-alueella sekä raitiotieliikenteen aiheuttamia melun hetkellisiä maksimitasoja. Selvityksessä on arvioitu laskennallisesti myös raitiovaunuliikenteen aiheuttamia runkomelutasoja sekä tärinän heilahdusnopeuksia.

## 2. Lähtötiedot ja menetelmät

### 2.1. Asemakaava-alue

Asemakaava-alueen sijainti on esitetty kuvassa 1. Meluselvityksessä tarkasteltiin asemakaava-alueen läpi kulkevan raitiotiekadun (jatkossa raportissa käytetään nimeä Raitiotiekatu), Toimelankadun, Jaakonmäenkadun, Irjalankadun, Alasjärven länsipuolen uusien katujen ja Teiskontien autoliikenteen sekä raitiotien liikennöinnin aiheuttamia ympäristömelutasoja laskentamallin avulla.



Kuva 1. Tarkastelualueen sijainti ja asemakaava-alueen raja.

2.4.2024

Kaava-alueella sijaitsee nykyisin Tampereen Tenniskeskus, Tammer Golf ry:n golfkenttä, Tampereen frisbeegolfkeskuksen frisbeegolfrata osittain sekä polttonesteen jakeluasema ja liikerakennus. Suunnittelualue on kooltaan noin 110 hehtaaria. Kauppi-Niihaman laajat noin 900 hehtaarin virkistys- ja luontoalueet avautuvat kaava-alueen pohjoispuolella. Suunnittelualueella on hakattua metsää, laikuittaista sekametsää, pienialaisia kosteikkoja ja eri ikäisiä metsäkuvioita.

Tavoitteena on nauhamainen kaupunkirakenne, joka sovitetaan alueen olemassa oleviin luontoarvoihin ja maisemallisiin lähtökohtiin. Uusi viher- ja korttelirakenne pyritään kytkemään luontevasti erityisesti Kauppi-Niihaman metsäalueisiin sekä Alasjärven rantavyöhykkeeseen. Tavoitteena on kaupunkikuvallisesti vaihteleva, mielenkiintoinen ja viihtyisä korttelirakenne (Tampereen kaupunki 2022. Kauppi, Kaupin Kampus, Alasjärven länsipuoli, asemakaava nro 8931 – Asemakaavan ja asemakaavamutoksen osallistumis- ja arviointisuunnitelma [Microsoft Word - OSA 20220929.docx \( tampere.fi\)](#)).

Asemakaava-alueita halkovan raitiotien varrelle suunnitellut asuinrakennukset sijoittuvat noin 18 metrin etäisyydelle lähimmästä raitiotien kiskosta.



Kuva 2. Viitesuunnitelman (24.2.2024) mukaiset rakennusmassat.

2.4.2024

## 2.2. Meluseelvitys

### 2.2.1. Laskentamalli

Melulaskennat tehtiin Cadna/A 2021 melunlaskentaohjelmiston pohjoismaisilla tie- ja raideliikennemelun laskentamalleilla (Nordic Council of Ministers 1996a, Nordic Council of Ministers 1996b). Ennustetilanteen laskentamalliin on sisällytetty suunnitellut asuinrakennukset, uudet katulinjaukset sekä raitiotie.

Laskentamalli ottaa huomioon melun etenemisen arvioinnissa geometrisen vaimentumisen, maanpinnan, rakennettujen esteiden ja maaston muotojen vaikutukset. Melulaskennoissa maa on oletettu akustisesti pehmeäksi.

Melulaskennan laskentapisteen on sijoitettu 5 metrin välein 2 metrin korkeuteen maan pinnasta. Laskentatulokset on esitetty karttapohjalle tulostettuina 5 desibelin meluvyöhykkeinä.

## 2.3. Laskentamallin maastomallin muodostaminen

Melun laskentamalli on muodostettu maanmittauslaitoksen avoimen datan laserkeilausaineistoista ja Tampereen kaupungin laserkeilausaineistoista. Asemakaava-alueelle suunnitellut rakennusmassat on tuotu laskentamalliin viitesuunnitelman aineistoista. Raitiotielinjauksen sijainti ja korkeusasema on tuotu laskentamalliin raitiotieallianssin toimittamasta tiedostosta (AFRY 2024).

Katutilan ajoratojen sijainnit sekä katutilan korkeudet on sijoitettu laskentamalliin poikkileikkausluonnosten perusteella (Tampereen kaupunki 2024).

### 2.3.1. Laskentamallissa käytetyt liikennemäärät

Melulaskennassa käytetyt liikennemäärät on esitetty taulukossa 1.

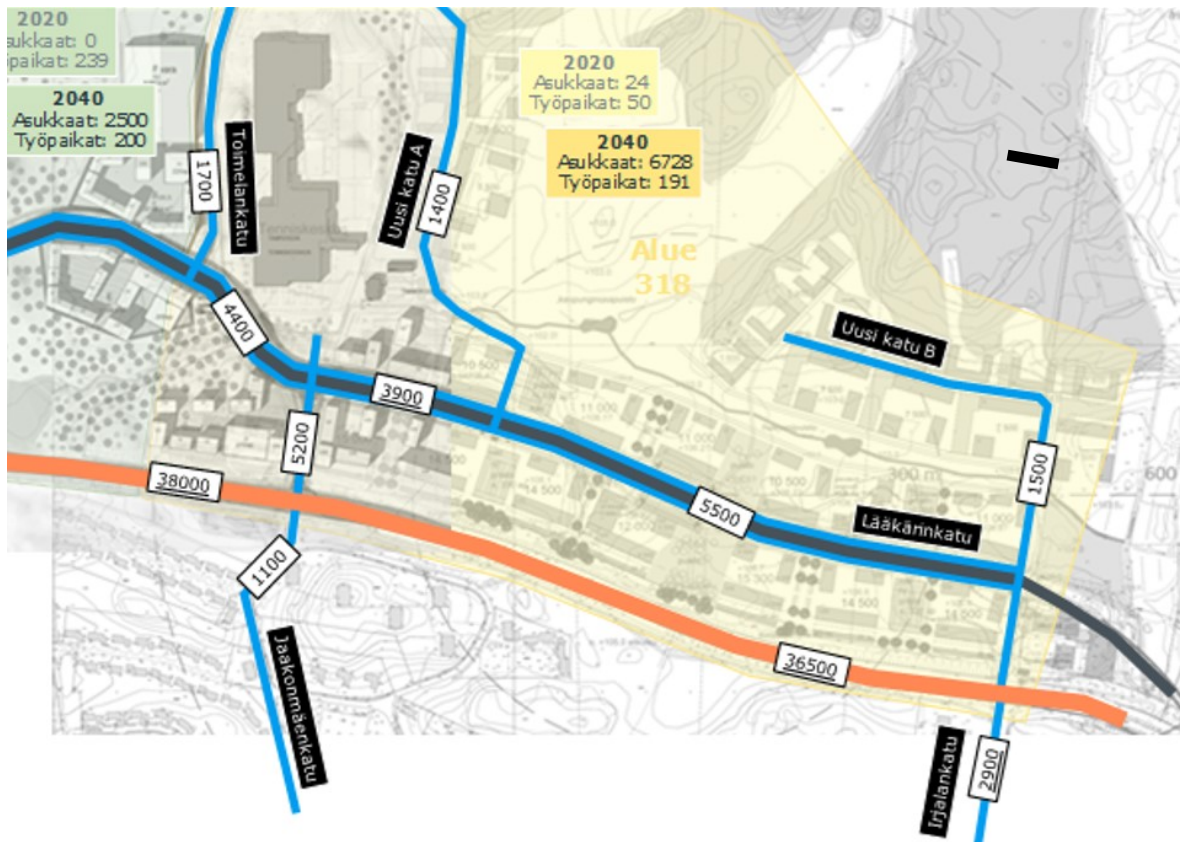
Keskivuorokausiliikenteestä (KVL) 90 prosenttia on jaettu päiväajalle ja 10 prosenttia yöajalle. Päiväajalla tarkoitetaan klo 7–22 ja yöajalla klo 22–7 välistä aikaa.

Suunnittelualueen katujen liikennemäärät on saatu Medi-Park IV ja Alasjärven länsipuolen liikenneverkko selvityksestä ja -suunnitelmasta (Ramboll 2022) ja nopeusrajoitukset alueelle Tampereen kaupungilta (Tampereen Oskari-karttapalvelu). Ennustetilanteen liikennemääränä on käytetty vuoden 2040 ennusteliikennemääriä (kuva 2 ja taulukko 1). Raitiotien liikennemäärät ja nopeudet on saatu Tampere-Pirkkala raitiotien

2.4.2024

hankesuunnitelmasta (taulukko 2). Raitiovaunun melupäästönä on käytetty Artic-vaunun melupäästöä (Tampereen kaupunki 2021).

Ali-Huikkaantiellä, Raitiotiekadulla ja Ritakadulla katuliikenteen nopeusrajoitus on 30 km/h, Toimelankadulla 40 km/h. Teiskonttiellä nopeusrajoitus on oletettu olevan koko asemakaava-alueen pituisella osuudella 60 km/h.



Kuva 2. Laskennassa käytetyt autoliikenteen määrät vuonna 2040.

Taulukko 1. Melulaskennassa käytetyt ennusteliikennemäärät vuonna 2040.

	KVL (ajon/vrk) ennuste 2040	Raskaan liikenteen osuus (%)	Nopeusrajoitus (km/h)
Teiskontie (Raitiokadulta länteen)	37700	6,0	60
Teiskontie (välillä Raitiotiekatu– Ali-Huikkaantie)	38500	5,0	60

2.4.2024

Teiskontie (välillä Ali-Huikkaantie– Jaakonmäenkatu)	38000	5,0	60
Teiskontie (Jaakonmäenkadulta itään)	36500	5,0	60
Raitiotiekatu (Medi-Park IV alue)	2800–3600	1,0–2,0	30
Raitiotiekatu (välillä Toimelankatu- Toimelankatu)	4400	2,0	30
Raitiotiekatu (välillä Toimelankatu- Uusi katu A)	3900	0,0	30
Raitiotiekatu (välillä Uusi katu A- Uusi katu B)	5500	0,0	30
Toimelankatu (Raitiotiekadulta pohjoiseen)	1700	0,0	40
Toimelankatu (välillä Teiskontie- Raitiotiekatu)	5200	2,0	40
Uusi katu A	1400	0,0	30
Uusi katu B	1500	0,0	30
Irjalankatu	2900	1,0	40
Jaakonmäenkatu	1100	0,0	40

Taulukko 2. Raitiotieliikennettä koskevat tiedot melulaskennassa.

	Ohitusten lukumäärä (päivä/yö)	Raitiovaunun nopeus (km/h)	Raitiovaunun pituus (m)
TAYS–Linnainmaa raitiotie	232 / 40	30–50	47

### 2.3.2. Laskentamallin epävarmuus

Tieliikennemelun laskentamallin tulokset ja mittaustulokset ovat hyvin vertailukelpoisia silloin, kun maasto on tasainen ja sääolosuhteet vastaavat mallissa asetettuja sääolosuhdevaatimuksia. Tällöin tulokset eroavat  $\pm 1$  dB toisistaan. Mitä monimutkaisempi maasto on, sitä enemmän lasketut ja mitatut tulokset eroavat toisistaan.



2.4.2024

Laskentamallivertailussa tieliikenteen aiheuttamalle melulle mitatut ja lasketut tasot mäkisessä maastossa erotavat suurimmillaan 5–6 dB (Eurasto 2005).

Tässä selvityksessä tarkasteltua suunnittelualuetta voidaan pitää tavanomaisena laskentaympäristönä, minkä vuoksi arvioimme, että laskentamallin tarkkuus tie- ja raideliikenne melun osalta on tässä tapauksessa luokkaa  $\pm 2$  dB.

## 2.4. Runkomeluserveys

### 2.4.1. Maaperäolosuhteet asemakaava-alueella

Runkomelulle alttiita ovat yleensä alueet, joissa värähtelyä aiheuttavat liikennevälineet ja värähtelylle altistuvat asuinalueet sijoittuvat kallioalueille tai alueille, joissa kallionpinnan päälliset maakerrokset ovat ohuita. Runkomeluhaitta on yleensä suurin, kun sekä väylän että rakennuksen perustukset ulottuvat suoraan peruskallioon tai kovaan kitkamaahan (Talja ja Saarinen 2009).

Suomessa liikennetärinän suhteen erityisen ongelmallisia ovat savikkolaaksopainanteet, joita reunustavat kallioiset tai soraiset mäkialueet. Tällaisilla, usein alle 10 metrin paksuisilla savikkoalueilla värähtely leviää tehokkaasti ja leviämisen arviointi on vaikeaa (Talja ym. 2008).

Suunnittelualueen pintamaalajeja ovat savi, saraturve ja hiekkamoreeni.

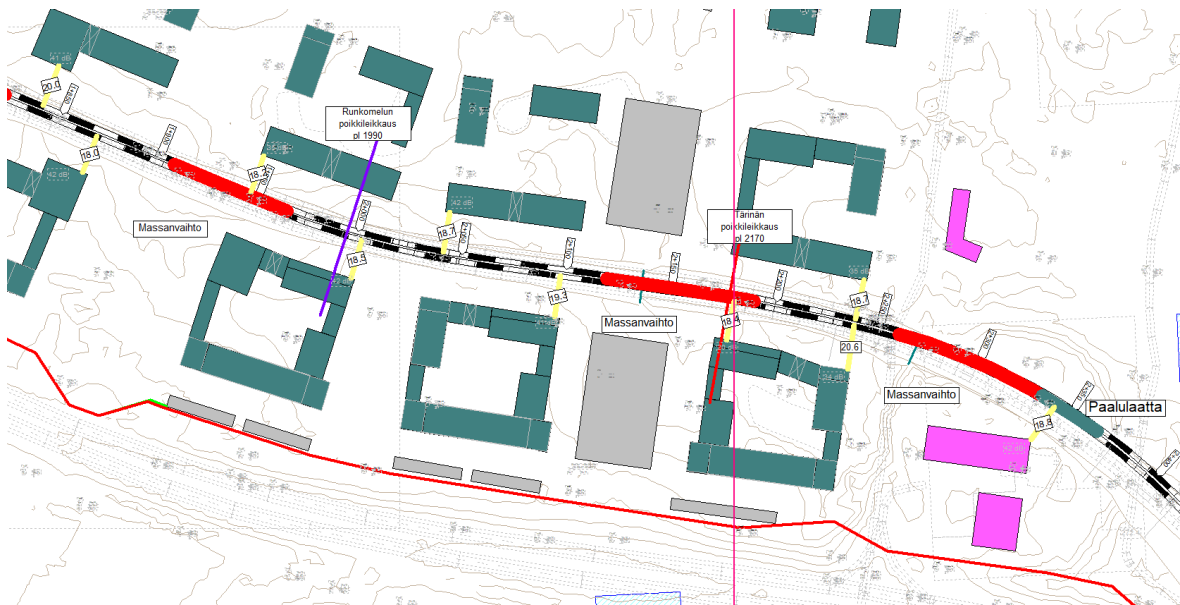
Pohjatutkimustietojen perusteella maakerrospaksuudet ovat suhteellisen ohuita ja kallionpinta on asemakaava-alueella pääosin alle 10 metrin korkeudella maan pinnasta. Suunnittelualueen keskellä raitiotielinjauksella on noin 400 metrin pituinen osuus, jolla kallionpinnan päällä olevan maakerroksen paksuus on alle 3 metriä. Tämä osuus sijoittuu paaluvälille 1800 – 2450.

Raitiotielinjauksen länsipäässä (paaluväli 1350 – 1800) raitiotielinjaukselle on suunniteltu pohjanvahvistuksina betoniarinaa, paalulaattaa sekä massanvaihtoja. Asuinrakennukset sijaitsevat noin 18 metrin etäisyydellä lähimmästä raiteesta (kuva 3). Asemakaava-alueen itäpuoliskolla paaluvälillä 1800 – 2400 raitiotielinjaukselle on suunniteltu pohjanvahvistuksia massan vaihdoilla sekä lyhyellä paalulaattaosuudella. Asuinrakennukset sijaitsevat 18 – 20 metrin etäisyydellä lähimmästä raiteesta (kuva 4).

2.4.2024



Kuva 3. Asemakaava-alueen länsipuolelle (paaluväli 1350 – 1800) suunnitellut pohjanvahvistukset ja rakennusten etäisyydet raitieliinjauksesta.



Kuva 4. Asemakaava-alueen länsipuolelle (paaluväli 1800 - 2500) suunnitellut pohjanvahvistukset ja rakennusten etäisyydet raitieliinjauksesta. Runkomelun ja värinän poikkileikkaustarkastelujen laskennan sijainnit paalukohdilla 1190 (runkomelu) ja 2170 (värinä).

2.4.2024

#### 2.4.2. Runkomelun arviointi VTT:n menetelmällä

Raitiotieliikenteen aiheuttamaa runkomelua on arvioitu VTT:n ohjeen ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi – Esiselvitys” arviointitason 2 mukaisella menetelmällä, värähtelyn siirtotiehen perustuva arviointi (Talja & Saarinen 2009).

Menetelmässä arvioinnin lähtökohtana on peruskäyrältä saatu maaperän värähtelyn nopeustaso ( $L_v$ ), jota korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä ( $\Delta L_v$ ) siten, että lopputuloksena saadaan runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso ( $L_{pA}$ ). VTT:n menetelmässä runkomelun arvioinnissa käytetään +6 dB varmuusmarginaalia. Runkomelulaskennassa käytetyt muut korjaustekijät on esitetty raportin liitteessä 1.

Runkomelulaskenta VTT:n menetelmällä on tehty 19 rakennukseen, jotka sijaitsevat raitiotiekadun varrella.

Laskennallisessa arvioinnissa käytettävät tiedot kalliopinnan korkeudesta eivät ole täysin kattavia, minkä vuoksi arviointi on joidenkin rakennusten osalta jouduttu tekemään oletuksena. Näissä tapauksissa kalliopinnan päälliset maakerrokset on varovaisuusperiaatteen mukaisesti oletettu ohuiksi.

#### 2.4.3. Runkomelutason arviointi FEM-laskentaa käyttäen

Runkomelutasoja arvioitiin yhteen poikkileikkauskohtaan myös FEM-laskentaa käyttäen.

Laskennassa käytettiin samaa värähtelyn herätettä kuin värinäselvityksissä.

Rakennukseen siirtyvän värähtelyn heilahdusnopeudet on määritetty oktaavikaistoittain taajuusalueella 31,5 Hz – 500 Hz ensimmäiseen asuinkerrokseen raitiotien puoleisen huoneen lattiaan. Alimman asuinkerroksen lattiaan lasketun värähtelyn heilahdusnopeus on muunnettu A-taajuuspainotetuksi äänenpainetasoksi kaavalla,

$$L_{A,eq} = C_1 + C_2 \times L_{v,A},$$

jossa  $L_{A,eq}$  on A-taajuuspainotettu runkomelutaso,  $L_{v,A}$  on lattian A-taajuuspainotettu värähtelytaso ja tekijät  $C_1 + C_2$  ovat mittaustulosten perusteella määritettyjä vakioarvoja. Betonilattioille vakioarvo  $C_1 = 15,75$  ja  $C_2 = 0.60$  (Alten ym. 2010).

2.4.2024

Verrattaessa FEM-laskennalla arvioitua runkomelutasoa VTT:n menetelmällä saatuun arvioon on syytä ottaa huomioon, että VTT:n menetelmä sisältää +6 dB varmuusmarginaalin sekä ratarakenteen routaeristeelle arvioidun –10 dB vaimennuksen.

Poikkileikkaustarkastelu on tehty paalulukeman 2000 kohdalle, jossa asuinrakennukset sijaitsevat noin 19 metrin etäisyydellä lähimmästä raiteesta. Pohjatutkimusten perusteella kalliopinta on lähellä maanpintaa raitiotielinjauksen sekä rakennusten kohdalla.

## 2.5. Värinäselvitys

### 2.5.1. Värinäselvityksen menetelmät

Värinäselvitys perustuu maaperätietoihin sekä FEM-laskentaan perustuvaan arviointiin raitioliikenteen aiheuttaman värinän leviämisestä. Laskennat on tehty Abaqus-FEM ohjelmistolla (/Dassault Systems SIMULIA Corp. 1301 Atwood Avenue, Suite 101W, Johnston, RI 02919, USA), joka on numeeriseen elementtimenetelmään perustuva laskentaohjelma. Laskentamalli on 2D- tyyppinen. Laskennan tulokset on esitetty yhteen kohteeseen laskettuina värinän heilahdusnopeuden, heilahduskihtyvyyden sekä heilahduksen siirtymän numeerisina arvoina.

Värinälaskenta sisältää seuraavat laskentavaiheet ja oletukset:

- värinätarkastelun poikkileikkauskohtien arviointi sisältäen pohjasuhteiden arvioinnin, rakennusten sijainnin ja korkeuden huomioimisen
- värinän herätteen eli lähtötason värähtelytason arviointi raiteilla liikennöivän vaunun akselipainon ja nopeuden perusteella
- värähtelyn etenemisen laskennan asetusten määrittäminen
  - laskenta on luonteeltaan dynaaminen ”pakkovärähtelyanalyysi”
  - materiaalikäyttäytyminen on lineaarista ilman myötätehoa
  - laskentaelementin koko on valittu siten, että jokaisen elementin dimensiot vastaavat suurinta muodostuvaa värinän aallonpituutta
  - laskennan aikajaksona on käytetty 1 s, jonka aikana värähtelytason suppeneminen on jo havaittavissa
  - mallipoikkileikkauksen rakennusten runkojäykkyyttä on kuvattu elementtimenetelmällä käyttäen 2D-solid –tyyppisiä lineaarisia

2.4.2024

tasomuodonmuutostilaelementtejä, joiden DOF –luku on 2 kpl solmua kohden (translaatiiovapausasteet). Koko mallin oli DOF = 34500

- mallin reunat ja pohja ovat reunaehdoiltaan energiaa absorboivia
- rakennusten jäykistyksen oletetaan tapahtuvan hissikulun ja osittaisen runkojäykistämisen kautta
- rakennukset perustetaan paaluille ja rakennusten rungot ovat betonia
- rakennusrunkoihin on oletettu tehtäväksi kellarikerros

Laskennan lopputuloksena saadaan värähtelyn dynaamiset huippuarvot (kiihtyvyys, siirtymä, nopeus) tarkastelupisteeseen yhden sekunnin aikajaksolle. Tärinän suosituksiin verrannolliset tehollisarvot ( $V_{v95}$ ) vastaavat tyypillisesti noin 50 % heilahdusnopeuden huippuarvoista eli lasketut huippuarvot tulee jakaa kahdella, jotta saadaan vertailukelpoinen arvo.

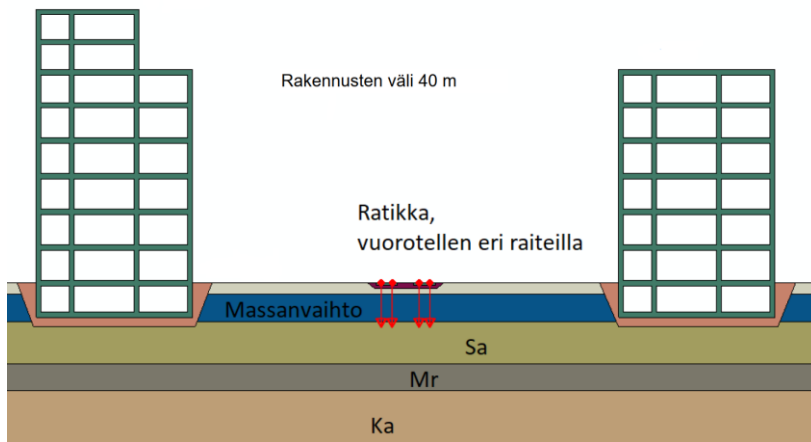
Laskennallisesti arvioituja tärinätasoja heilahdusnopeuksia verrataan VTT:n julkaisussa ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” (VTT 2006) esitettyihin tärinän asumisviihtyisyyden suositusarvoihin sekä tärinän aiheuttaman rakennusten vaurioitumisriskin arviointiin (RIL 2010).

### 2.5.2. Tärinälaskennan poikkileikkaus

Tärinälaskennalla tarkastelut on tehty suunnittelualueen itäiseen osaan sijoittuvaan kohtaan, jossa asuinkerrostalot sijoittuvat raitiotien molemmin puolin alle 20 metrin etäisyydelle lähimmästä raiteesta (kuva 4). Tarkasteluun valittu kohde edustaa arvioimme mukaan asemakaava-alueella rakennusta, johon arvioidaan kohdistuvan suurin tärinätaso raitiotielinjauksen varrella.

Maaperätutkimusten perusteella poikkileikkauksen kohdalla maan ylimmät kerrokset ovat savea, jonka alapuolella ohut moreenikerros. Kalliopinta poikkileikkauksen kohdalla on suhteellisen lähellä maanpintaa (kuva 5).

2.4.2024



Kuva 3. Värinäselvityksen mallipoikkileikkaus paalulta 2170. Värinäselvitys on tehty molempiin rakennuksiin.

## 2.6. Ohje- ja suositusarvot

### 2.6.1. Ympäristömelun ohjearvot

Valtioneuvoston päätöksessä 993/1992 on annettu maankäytön ja rakentamisen, liikenteen suunnittelussa ja rakentamisen lupamenettelyssä sovellettavat melutason ohjearvot. Näitä ohjearvoja sovelletaan myös ympäristölupaharkinnassa (taulukko 3).

Taulukko 3. Melutason yleiset ohjearvot (Vnp 993/1992).

Alueen kuvaus	Päiväajan (klo 7–22) keskiäänitason ohjearvot	Yöajan (klo 22–7) keskiäänitason ohjearvot
<b>Ulkona</b>		
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- ja oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	45–50 dB <sup>1) 2)</sup>
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB <sup>3) 4)</sup>

2.4.2024

Sisällä		
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoustilat	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 yleensä käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.
- 4) Taajamissa loma-asumiseen käytettävillä alueilla voidaan soveltaa asumiseen käytettävien alueiden ohjearvoja  $L_{Aeq07-22} = 55$  dB ja  $L_{Aeq22-07} = 50$  dB (vanhat alueet), 45 dB (uudet alueet).

Jos melu on luonteeltaan iskumaista tai kapeakaistaista, mittaus- tai laskentatulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista ohjearvoon.

### 2.6.2. Melutason ohjearvojen soveltaminen

Asuinrakennusten ulko-oleskelualueilla sovelletaan tässä tapauksessa päiväajan keskiäänitason ohjearvoa 55 dB ja yöajan keskiäänitason ohjearvoa 45 dB, sillä kohde on uusi asuinalue.

Tampereen kaupungin melulinjauksissa (Tampereen kaupunki 2019) edellytetään, että asuntojen koko piha-alueella ohjearvot alittuvat. Linjaus on siten tiukempi kuin Valtioneuvoston päätös, jonka mukaan ohjearvo ei saa ylittyä. Edellä mainittu tilanne syntyy, jos tarkastelussa otetaan huomioon melulaskennalle arvioitu epävarmuus.

Melulinjauksissa edellytetään myös asuntojen avautumista ns. hiljaiselle puolelle (alle 55 dB), jos asuinrakennuksen ulkoseinään kohdistuvan melun päiväajan keskiäänitaso on 65–70 dB. Melulinjausten mukaan parvekkeet tulee määrätä lasitettavaksi, jos niihin kohdistuva melutaso ylittää ohjearvojen mukaiset tasot.

### 2.6.3. Runkomelulle esitetyt ohjearvot

Raitiotieliikenteen aiheuttamalla runkomelulla tarkoitetaan maaperän kautta leviävän värähtelyn aikaan saamaa sisätiloissa havaittavaa ääntä, joka syntyy raitiovaunun pyörän ja kiskon kosketuksen aiheuttamasta värähtelystä. Runkomelu kuullaan tyypillisesti sisätiloissa matalataajuisena jyrinän tyyppisenä äänenä, joka on kuultavissa raitiovaunun ohituksen aikana.

2.4.2024

Raitiovaunujen aiheuttama runkomelun jyrinä on viihtyisyys- ja mahdollisesti myös terveydellinen haitta. Talja ja Saarinen ovat esittäneet julkaisussaan (VTT 2009) runkomelulle suositellut raja-arvot. Suositukset raja-arvoista on annettu laskentasuurena ( $L_{prm}$ ), joka ottaa huomioon yksittäisten runkomelutapahtumien hetkellisten melutasojen ( $L_{pASmax}$ ) vaihtelun (taulukko 6). Ohjearvoon verrannollinen runkomelun laskentasuure määritetään mittaustuloksista seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$L_{prm} = L_{pASmax, mean} + 1,65 * s, \text{ jossa}$$

$L_{pASmax, mean}$  on melutason hetkellisten maksimitasojen ( $L_{ASmax}$ ) keskiarvo ja  $s$  on mittaustulosten keskihajonta. Runkomelun ohjearvot on annettu erikseen avorata- ja umpirataosuuksille. Umpirataosuuksille (tunneli) tulisi soveltaa runkomelutason tiukempaa raja-arvoa. VTT:n julkaisussa suositellaan tiukemman ohjearvon käyttämistä myös kohteissa, joille on annettu kaavamääräyksiä julkisivun ääneneristävydestä.

Taulukko 4. Suositukset runkomelutasojen raja-arvoiksi (VTT 2009).

Rakennustyyppi	Runkomelut aso, $L_{prm}$ (dB)
Radio-, tv- ja äänitysstudio, konserttisalit	25–30
Asuinhuoneistot	30 / 35 <sup>2</sup>
Hoito- ja sosiaalihuollon laitoksen, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> <li>- potilashuoneet ja majoitustilat</li> <li>- päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet</li> </ul>	30 / 35 <sup>2</sup>
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"> <li>- luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä</li> <li>- muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot</li> </ul>	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40–45 <sup>2</sup>

<sup>2)</sup> Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmääneneristävydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

#### 2.6.4. Tärinän suositusarvot

VTT:n (VTT 2006) julkaisussa ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” on esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksista, jota käytetään yleisesti ohjearvona maankäytön suunnittelussa. Suosituksissa uusille rakennuksille ja väylille on annettu matalampi suositusarvo kuin vanhoille asuinalueille (taulukko 5).



2.4.2024

Taulukossa esitetty luokitus perustuu ihmisen kokeman värinän häiritsevyyteen. Kun kyseessä on muu kuin asumistarkoitus, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen.

Oppaassa esitetyt värinän ohjearvot perustuvat värinän heilahdusnopeuden maksimiarvojen perusteella tilastollisesti määritettyyn taajuuspainotettuun tunnuslukuun  $v_{v,95}$  [mm/s] (taulukko 5).

Taulukko 5. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (VTT 2006).

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	$v_{v,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset eivät yleensä havaitse värinää.	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. Ihmiset voivat havaita värinän, mutta se ei yleensä ole häiritsevää.	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,60$

Värinän mahdollisesti aiheuttamien rakenteellisten vaurioiden arviointiin sovelletaan eri vertailuarvoja kuin asumisviihtyisyyden kohdistuvien haittojen arviointiin. Rakennusten perustusten vaurioalttiutta kuvataan taulukon 6 mukaisella luokituksella. Esitetyt raja-arvoja pienempien värähtelytasojen ei katsota aiheuttavan rakennuksen käyttöarvoa pienentäviä vaurioita.

Taulukko 6. Rakennusten perustusten vaurioalttiuden rajaamisessa käytettävät kriteerit (VTT 2001).

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	Heilahdusnopeuden huippuarvo $V_{\max}$ (mm/s)	Tunnusluku $V_{\text{rms},95}$ (mm/s)
V	Kohonneen värinäälttiuden alue Rakenteiden vauriot mahdollisia	$\geq 3,0$	$\geq 5,0$
H	Vähäisen värinäälttiuden alue Rakenteiden haitat mahdollisia	$\leq 3,0$	$\leq 5,0$
E	Rakenteiden vaurioitumisriski epätodennäköinen	$\leq 1,0$	$\leq 1,6$

2.4.2024

### 3. Melulaskentojen tulokset

Laskennallisen tarkastelun perusteella raitiovaunuliikenteen aiheuttama 55 dB keskiäänivyöhyke sijoittuu Raitiotiekadun katualueen. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melun keskiäänitasot ulottuvat rakennusten julkisivuille noin 52 dB - 53 dB tasoissa ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) (liite 2, sivu 1). Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat yöaikaiset keskiäänitasot ovat noin 6 dB pienempiä ja rakennusten kadun puoleisiin julkisivuihin kohdistuvat yöaikaiset keskiäänitasot ovat noin 46 dB - 47 dB ( $L_{AFmax}$ ) (liite 2, sivu 2). Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melun hetkelliset maksimitasot vaihtelevat rakennusten kadun puoleisilla julkisivuilla välillä 68 dB - 71 dB ( $L_{AFmax}$ ) (liite 2, sivu 3).

Autoliikenteen aiheuttama melu on merkittävästi suurempi melun aiheuttaja asemakaava-alueella kuin raitiovaunuliikenne. Laskennallisen tarkastelun perusteella raitiovaunuliikenne yhdessä Raitiotiekadun autoliikenteen kanssa aiheuttaa katutilan keskeltä arvioituna noin 25–30 metrin etäisyydelle ulottuvan vyöhykkeen, jolla 55 dB:n keskiäänitaso ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) ylittyy. Raitiotiekadun puoleisille asuinrakennusten julkisivuille kohdistuu suurimmillaan 60 dB melutasoja ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ). Teiskontien puoleisille asuinrakennusten julkisivuille kohdistuu suurimmillaan 67 dB melutasoja ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) (liite 3, sivu 1).

Yöaikana raitiovaunuliikenteen yhdessä Raitiotiekadun autoliikenteen kanssa aiheuttama yli 55 dB melu vyöhyke rajautuu 6 metrin etäisyydelle tielinjauksesta. Raitiotiekadun puoleisille asuinrakennusten julkisivuille kohdistuu suurimmillaan 53 dB melutasoja ( $L_{Aeq\ 22-7}$ ). Teiskontien puoleisille asuinrakennusten julkisivuille kohdistuu suurimmillaan 60 dB melutasoja ( $L_{Aeq\ 22-7}$ ) (liite 3, sivu 2).

Suunnittelualueen keskelle sijoittuvan viheralueen osalta päivä- ja yöajan ohjearvotaso ylittävät, vaikka Teiskontien varteen on sijoitettu 3 m korkea meluseinä. Suojaisan puistoalueen muodostaminen Raitiotiekadun ja Teiskontien väliselle alueelle edellyttäisi Teiskontien suuntaista suunniteltujen rakennusten korkuista estettä tai rakennusta, jolloin saataisiin muodostettua noin 30 metriä leveä alue, jolla 55 dB alittuisi ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ).

Suunnittelualueen keskellä Raitiokadun pohjoispuolella sijaitsevalla puistokaistaleella päiväaikainen keskiäänitaso alittuu noin 25 metrin etäisyydellä Raitiotiekadun reunasta pohjois-koillisen suuntaan. Kaupunkiosapuiston alueella ja frisbee-golf radan alueilla melun keskiäänitasot alittavat 55 dB ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) (liite 3 sivu 2).

2.4.2024

Raitiotiekadun ja Teiskontien välissä sijaitsevien rakennusten oleskelualueista osassa ylittyvät päivä- ja/tai yöajan ohjearvot. Muiden rakennusten osalta oleskelualueilla alitetaan melun ohjearvotasot.

## 4. Runkomelulaskennan tulokset

### 4.1. Arviointi VTT-menetelmällä

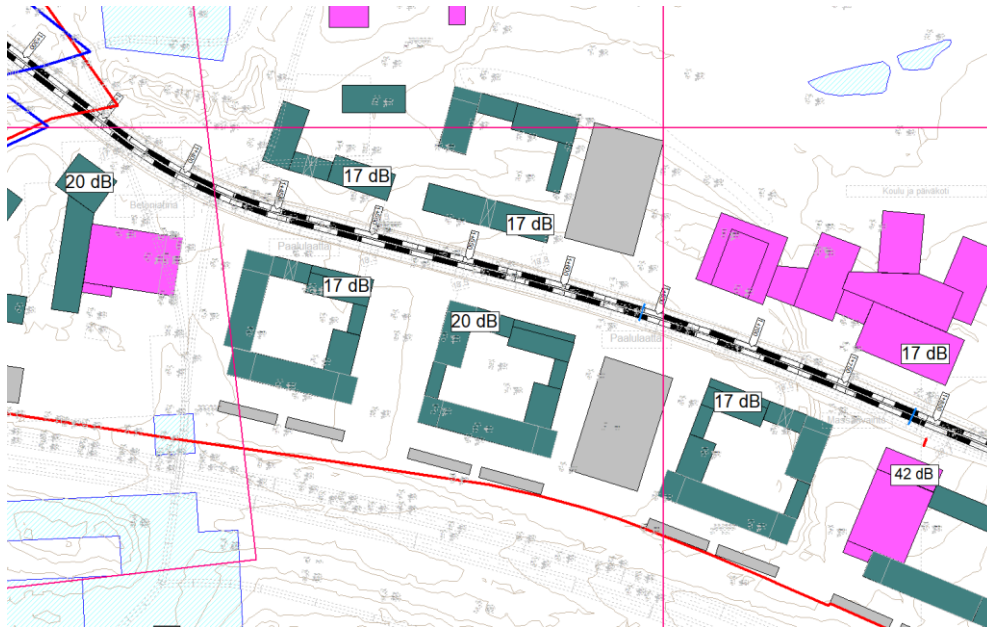
Runkomeluarviointi VTT:n menetelmällä on tehty liitteessä 1 esitettyjä korjaustekijöitä ja oletuksia käyttäen. Tuloksiin sisältyy -10 dB runkomelueristeellä saavutettava vaimennus ja +6 dB varmuusmarginaali.

Laskennallisen tarkastelun perusteella raitiotielinjauksen läheisyyteen sijoittuviin asuinrakennuksiin kohdistuvat runkomelutasot vaihtelevat välillä 17 dB ... 42 dB. Korkeimmat runkomelutasot on arvioitu rakennuksiin, jotka sijoittuvat pohjatutkimusten perusteella alueille, joissa raitiotielinjauksen ja suunnitellun rakennuksen kohdalla kalliopinta on lähellä maanpintaa (maakerrosten paksuudet kalliopinnan päällä ovat alle 3 m).

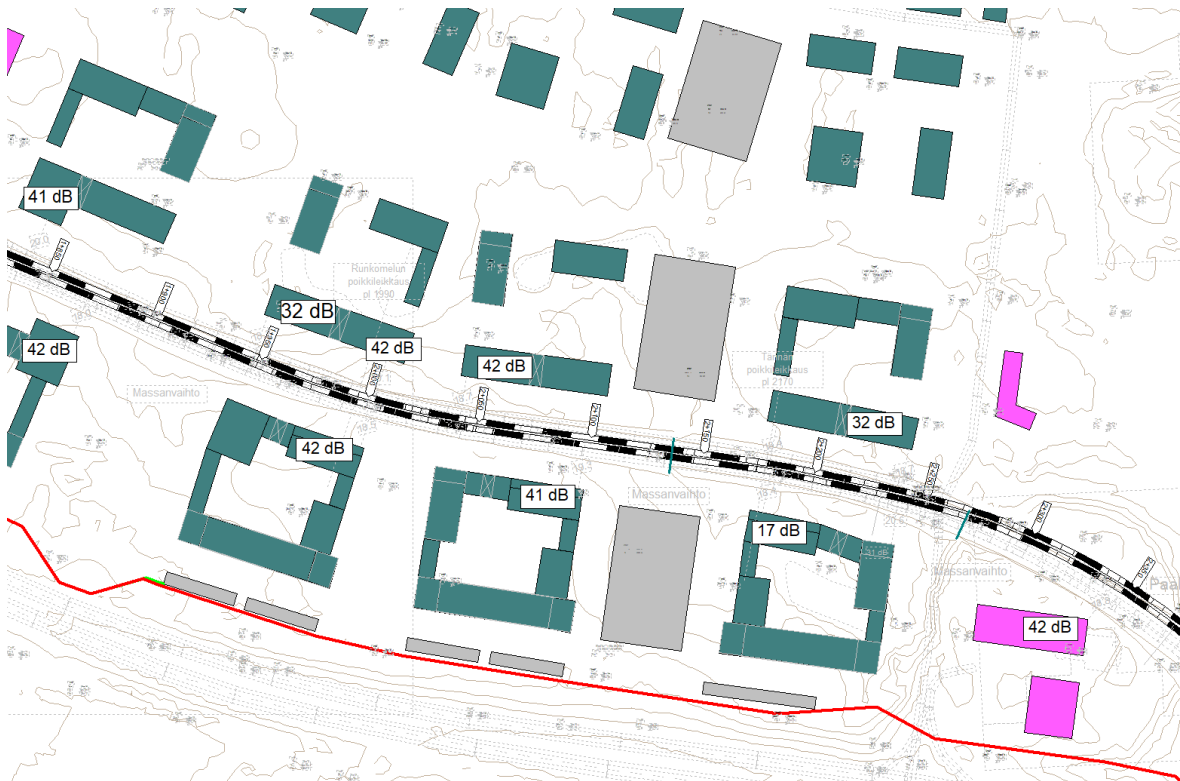
Asemakaava-alueen länsipäässä paaluvälillä 1350 – 1750 rakennuksiin arvioidut runkomelutasot ovat tasolla 17 – 20 dB ja alittavat runkomelulle suositellun ohjearvotason (kuva 6). Raitiotielinjauksen paalulta 1750 itään päin rakennuksiin kohdistuvat runkomelutasot ovat tasolla 17 – 42 dB ja ylittävät yhtä rakennusta lukuunottamatta runkomelulle suositellun ohjearvon.

Laskennallisen arvioinnin perusteella paaluvälillä 1350 – 2400 tarvittava runkomelun vaimennuksen kokonaissuuruus on 12 – 22 dB, kun tarkastelussa ei ole otettu huomioon routaeristeen aikaan saamaa 10 dB vaimennusta.

2.4.2024



Kuva 4. Raitiotielinjauksen varrella sijaitseviin rakennuksiin arvioidut runkomelutasot (dB) paaluvälillä 1350 - 1800.



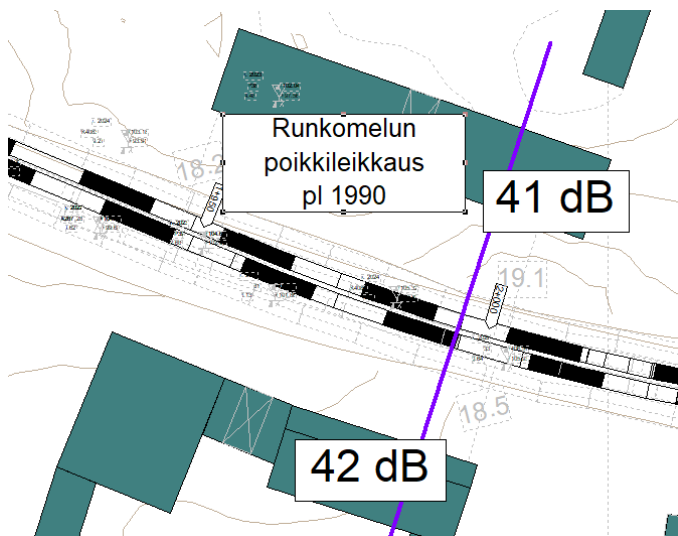
Kuva 7. Raitiotielinjauksen varrella sijaitseviin rakennuksiin arvioidut runkomelutasot (dB) paaluvälillä 1800 - 2400.

2.4.2024

Runkomelun laskennallisen tarkastelun perusteella ehdotamme, että raitiotien rakentamisessa ratarakenteeseen sijoitetaan vaimennusmateriaalia, jotta raitiotielinjausta lähimpänä sijaitsevilla kohteilla ei ylittäisi suosituksen mukaista 30 dB runkomelutasoa. Runkomeluvaimennuksen tarve on VTT:n laskentamenetelmän perusteella suuri, ollen useiden rakennusten osalta yli 20 dB.

4.2. Runkomelun arviointi FEM-laskentaan perustuvalla menetelmällä  
Raitiotielinjauksen paalun 2000 kohdalla raitiotielinjauksen molemmin puolin sijaitseviin rakennuksiin kohdistuu runkomelua arvioitiin FEM-laskentaa perustuvalla menetelmällä. runkomelutasoa.

Molemmissa kohteissa alimpaan asuinkerrokseen kohdistuvan värähtelyn vallitsevin taajuusalue sijoittui 125 Hz oktaavikaistalle. Poikkileikkauksen eteläpuolelle sijaitsevaan rakennukseen kohdistuvaksi runkomelutasoksi arvioitiin 42 dB ja pohjoispuolella sijaitsevaan 41 dB.



Kuva 7. FEM-laskentaan perustuvalla menetelmällä arvioidut runkomelutasot.

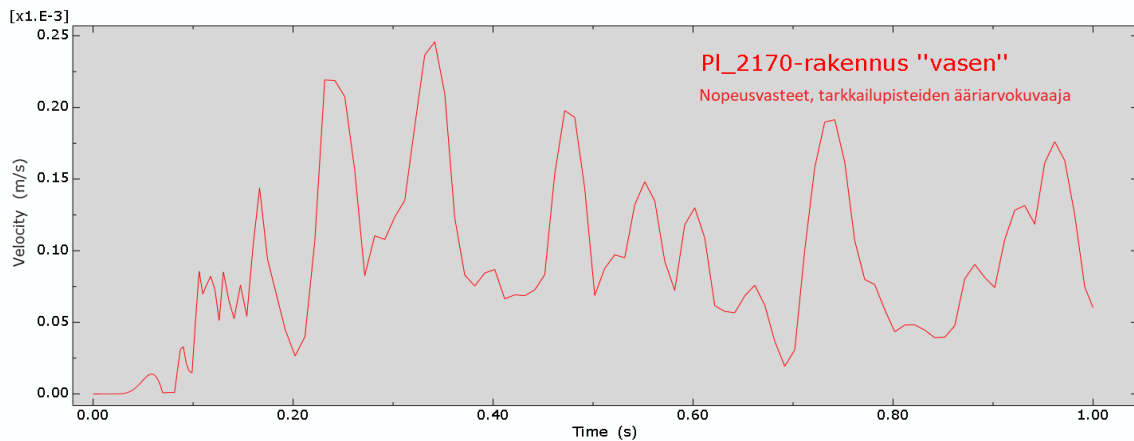
Tuloksia tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon, että tämä FEM-menetelmään laskennassa ei ole otettu huomioon ratarakenteeseen sijoitettavan runkomelueristeen / routaeristeen vaimennusta (-10 dB) eikä toisaalta myöskään laskentamenetelmän sisältämää varmuusmarginaalia (+6 dB). Edellä mainitut tekijät on huomioitu VTT:n menetelmän mukaisessa arvioinnissa. Tässä kohteessa FEM-laskennalla arvioidut runkomelutasot ovat 4 - 5 dB pienempiä kuin VTT:n laskentamenetelmällä arvioidut runkomelutasot.

2.4.2024

## 5. Värinä-laskennan tulokset

FEM-laskennalla on tarkasteltu rakennukseen kohdistuvien värähtelyn vaaka- ja pystysuuntaisten nopeuskomponenttien kehittymistä useissa tarkkailupisteissä, joita on sijoitettu edustavasti kunkin kerroksen tasalle. Tulokset on esitetty laskentapisteelle, jossa värähtelytasot ovat muodostuneet suurimmiksi. Laskennassa värähtelyn heilahdusnopeus on esitetty hetkellisinä maksimiarvoina yhden sekunnin pituiselle jaksolle.

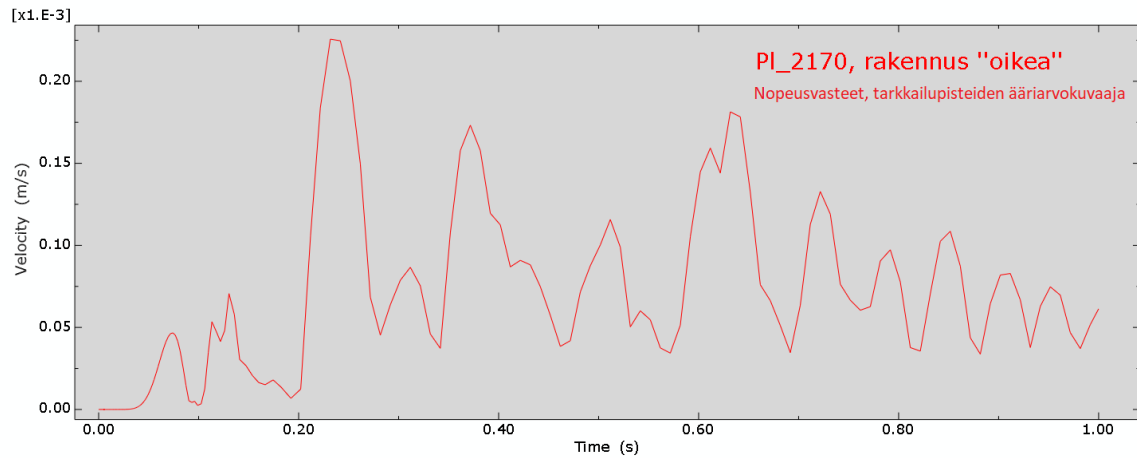
Raitiotielinjauksen eteläpuolella sijaitseviin rakennuksiin kohdistuvat laskennalliset värähtelyn maksitasot ovat suurimmillaan noin 0,25 mm/s ( $V_{max}$ ) (kuva 8).



Kuva 8. Raitiovaunun ohituksen aiheuttaman värähtelyn maksimitaso ( $V_{max}$ ) raitiotielinjauksen paalun 2170 kohdalla linjauksen eteläpuolella sijaitsevassa rakennuksessa.

Raitiotielinjauksen pohjoispuolella värähtelyn maksitasot ovat suurimmillaan noin 0,22 mm/s ( $V_{max}$ ) (kuva 9).

2.4.2024



Kuva 9. Raitiovaunun ohituksen aiheuttaman värähtelyn maksimitaso ( $V_{max}$ ) raitiotielinjauksen paalun 2170 kohdalla linjauksen pohjoispuolella sijaitsevassa rakennuksessa.

Lasketut tulokset (vasteet) edustavat heilahdusnopeuden maksimiarvoja ( $V_{max}$ ).

Ohjearvoon verrannollinen värähtelyn nopeuden vertailuarvo  $v_{w,95}$  on noin 50 % värähtelyn maksimiarvosta eli noin 0,13 mm/s ( $v_{w,95}$ ) raitiotielinjauksen eteläpuolella sijaitsevassa rakennuksessa ja noin 0,11 mm/s kadun pohjoispuolella sijaitsevassa rakennuksessa.

## 6. Johtopäätökset

### 6.1. Ulkoalueiden ja rakennusten julkisivuihin kohdistuvat melutasot

- Suunniteltujen asuinrakennusten julkisivuilla päiväaikaiset keskiäänitasot ovat korkeimmillaan 67 dB ja yöaikaiset keskiäänitasot 60 dB Teiskontien puoleisilla julkisivuilla.
- Teiskontien puoleisilta julkisivuilta tulee edellyttää vähintään 32 dB ääneneristävyyttä (äänitasoero), jotta sisätiloihin muodostuvat melutasot eivät ylitä valtioneuvoston päätöksen mukaisia ohjearvotasoja.
- Raitiotienkadun varrella sijaitseviin rakennuksiin kohdistuvat melutasot ovat oleellisesti pienempiä kuin Teiskontien puolelle sijoittuvilla rakennuksilla, päiväaikaiset keskiäänitasot ovat suurimmillaan 60 dB ja yöaikaiset keskiäänitasot 53 dB.

2.4.2024

- Raitiotiekadun varrelle sijoittuvien rakennusten julkisivuille kohdistuvat päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot edellyttävät suurimmillaan 25 dB äänitasoeron vaatimusta julkisivuilta. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melun hetkelliset maksimitasot edellyttävät 26 dB äänitasoeroa Raitotienkadun puoleisilta julkisivuilta. Edellä esitetyt äänitasoeron vaatimukset ovat pienemmät kuin melualueella sijaitsevien asuinrakennusten julkisivuilta edellytettävä ääneneristävyyden vähimmäisvaatimus (30 dB äänitasoero)
- Melutasot asuinrakennusten julkisivuilla ylittävät yleisesti melutasojen ohjearvot, joten näille julkisivuille tulee asettaa kaavamääräykset parvekkeiden lasittamisesta. Muilta osin asuinrakennuksiin ja niiden piha-alueille kohdistuvat melutasot alittavat Tampereen kaupungin melulinjauksissa mainitut kriteerit.
- Asemakaava-alueella ei ole laskennallisen tarkastelujen perusteella asuin-, päiväkot-, koulu- tai hoitolaitosrakennuksia, joiden julkisivuilla ylittyisi 70 dB päiväaikainen keskiäänitaso. Tältä osin suunniteltujen rakennusten toteuttamiselle ei ole melusta aiheutuvia esteitä.
- Asuinkerrostalojen Teiskontien puoleisiin julkisivuihin kohdistuu yli 65 dB ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) melutasoja. Tampereen kaupungin melulinjauksen mukaisesti näiden huoneistojen (julkisivutaso > 65 dB,  $L_{Aeq\ 7-22}$ ) tulee avautua myös hiljaiselle puolelle (alle 55 dB). Tästä asiasta tulee esittää kaavamääräykset niiden julkisivujen osalta, joissa 65 dB ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) ylittyy. Nämä määräykset koskevat käytännössä vain Teiskontien puoleisille julkisivuille avautuvia huoneistoja.
- Raitiotiekadun ja Teiskontien välissä sijaitsevien rakennusten oleskelualueista osassa ylittyvät päivä- ja/tai yöajan ohjearvot. Muiden rakennusten osalta oleskelualueilla alitetaan melun ohjearvotasot.

## 6.2. Arvioidut runkomeluvaikutukset

- Runkomelun ohjearvona voidaan soveltaa VTT:n ohjeen mukaisesti 35 dB runkomelutasoa, sillä raitiotien läheisyydessä sijaitsevien asuinrakennuksille ei ole tarpeen esittää ääneneristävyyttä koskevia kaavamääräyksiä.
- Laskennallisen tarkastelun perusteella 35 dB runkomelutason saavuttaminen edellyttää runkomeluvaimennusta raitiotielinjauksen paaluvälillä 1750 - 2300.



2.4.2024

- Laskennallisen arvioinnin perusteella aikaisemmassa vaiheessa kohteeseen sovellettu 30 dB runkomelutason saavuttaminen edellyttäisi useissa rakennuksissa jopa 22 dB vaimennusta, kun arviointi perustuu VTT:n arviointimenetelmään.
- Arviointimenetelmien (VTT menetelmä / FEM-laskentaan perustuva menetelmä) vertailussa VTT:n laskentamenetelmällä arvioidut runkomelutasot olivat 4 – 5 dB suurempia kuin FEM-laskentaan perustuvalla menetelmällä. Tämä ero on vastaava kuin Oksasen (2023) arvioima ero värähtelyn puoleisen julkisivun kantavissa rakenteissa.
- Runkomeluvaimennukselta edellytettävä vaimennustarve on suuri (22 dB), mikäli tavoitteena käytetään 30 dB runkomelutasoa arvioituna VTT:n menetelmällä. Mahdollisesti runkomeluvaimennusta on tarpeen toteuttaa myös rakennusten perustuksiin sijoitettavilla vaimentimilla.
- Runkomelun vaimennustarve jää alle 20 dB tason,
  - mikäli vaimennustarpeen tarkastelussa otetaan huomioon VTT:n runkomeluarvioinnin mahdollinen yliarviointi.
  - mikäli runkomelun tavoitetasona käytetään arvoa 35 dB. VTT:n julkaisussa (Talja ja Saarinen 2009) 30 dB runkomelun ohjearvotasoa on suositeltu kohteille, joille annetaan myös julkisivujen ääneneristävyttä koskevia kaavamääräyksiä. Raitiotiekadun puolelle sijaitseviin asuinrakennuksiin ei ole tarpeen antaa julkisivun ääneneristävyttä koskevia kaavamääräyksiä.

### 6.3. Arvioidut värinävaikutukset

- Asemakaava-alueella raitiotielinjaus tulee maaperäolosuhteiltaan ongelmallisten kohtien osalta olemaan pääosin pohjavahvistettua, jolloin värinävaikutukset ongelmakohdissa ovat osin hallinnassa tätä kautta. Nämä vahvistukset vaikuttavat erityisesti värähtelyn pystykomponenttien vaimentumiseen.
- Laskennallisen tarkastelun perusteella raitiovaunuliikenteen aiheuttamat värähtelytasot alittavat värinän heilahdusnopeudelle suositellut ohjearvot (0,3 tai 0,6 mm/s) eikä ohjearvoon verrannollinen tulos ( $v_{w,95}$ ) ei ylitä suunnittelualueen asuinalueissa. FEM-laskentaan perustuva tarkastelu on tehty poikkileikkaukseen,

2.4.2024

jonka arvioidaan edustavan värinän etenemisen kannalta pahinta mahdollista kohtaa raitiotielinjauksen varrella.

- Tarkastelussa on otettu huomioon keskiarvoinen arvioitu värähtelyenergia (vasteet), raitiotieosuudelle suunnittelut pohjanvahvistukset sekä rakennusten perustusten vaurioitumisherkkyys.
- Laskennallisesti määritetyt värähtelyn heilahdusnopeudet olivat 0,11 mm/s ja 0,13 mm/s (vw,95) eli vastaa noin 40 % asumiseen esitetystä ohjearvosta.

## 7. Ehdotukset melua koskevista kaavamääräyksistä

Runkomelun ja värinän osalta kaava-alueen rakennuksiin kohdistuvat vaikutukset ja niiden vaimentaminen otetaan huomioon raitiotiesuunnittelussa. Ilmäänenä etenevän melun osalta esitämme seuraavia kaavamääräyksiä:

- Parvekkeiden lasittamista koskeva kaavamääräys julkisivuille, joissa melutason ohjearvotasot ylittyvät: ”*Parvekkeet tulee varustaa parvekelasituksella. Parvekelasituksen ääneneristävyyys tulee mitoittaa siten, että parvekkeilla ei ylitetä 55 dB ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) ja 45 dB ( $L_{Aeq\ 22-7}$ ) melutasoja.*”
- Asuinhuoneistojen avautumista koskeva kaavamääräys niiden huoneistojen osalta joihin kohdistuu yli 65 dB melutaso: ”Asuinhuoneistot tulee sijoittaa siten, että huoneistot, joiden julkisivuihin kohdistuu yli 65 dB melutaso ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ), avautuvat myös ns. hiljaiselle puolelle (melutaso alle 55 dB,  $L_{Aeq\ 7-22}$ ).
- Äänitasoerovaatimus (32 dB) Teiskontien puoleisille julkisivuille

Tampereella 2.4.2024

WSP Finland Oy

Ilkka Niskanen  
Meluasiantuntija

Mauri Koskinen  
Tärinäasiantuntija

2.4.2024

## 8. Viitteet

Alten, K., Friedl, H. ja Flesch, R. (2010). "Calculating ground-borne noise from ground-borne vibration - A comparison of different approaches". Teoksessa: Proceedings of ISMA. International Conference on Noise and Vibration Engineering. Leuven, s. 3431–3440. isbn: 978-90-73802-87-2.

AFRY 2024: PirLi\_RATA\_Ho000\_Yhdistetty\_geometria\_3D. Tiedosto PirLin ratageometriasta, 19.2.2024).

Eurasto, Raimo. Ympäristöministeriö 2005. Ympäristömeludirektiivin täytäntöönpanoon liittyvät laskentamallivertailut.

Nordic Council of Ministers 1996a: Road Traffic Noise – Nordic Prediction Method. – TemaNord 1996: 525.

Nordic Council of Ministers 1996b: Railway traffic noise. Nordic Prediction method - TemaNord 1996:524.

Oksanen, B. 2023: Raideliikenteen aiheuttaman runkomelun mallintaminen rakennuksessa. Diplomityö. Sähkötekniikan korkeakoulu.

Tampereen kaupunki 2019: Tampereen kaupungin melulinjaukset - Yhdyskuntalautakunta 27.8.2019.

Tampereen kaupunki 2021: Tampereen raitiotieliikenteen meluohje ympäristömelumallinnuksia varten.

Tampereen kaupunki 2022: Kauppi, Kaupin Kampus, Medi-Park IV, asemakaava nro 8618 – Asemakaavan ja asemakaavamuutoksen osallistumis- ja arviointisuunnitelma, [Microsoft Word - OAS\\_191114.docx \(tampere.fi\)](#).

Tampereen kaupunki 2024: Katusuunnitelma, tyyppipoikkileikkaukset paaluilla 4840, 5400, 5800, 6300, 6440, 6560

2.4.2024

Talja, A. & Saarinen, A. 2009: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi – Esiselvitys. VTT Tiedotteita 2468.

VTT 2006, Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. Espoo. 46 s. Liitteitä 33 s (VTT Working papers 50). ISBN 951–38–660–5. ISSN 1459–7683.

RIL 253-2010, Rakentamisen aiheuttamat tärinät. ISSN 0356-9403.

Vnp 993/1992. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista.

## Liitteet

Liite 1. Runkomelulaskennan korjaustekijät.

Liite 2. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melun keskiäänitasot ja melun hetkelliset maksimitasot.

Liite 3. Tie-, katu- ja raitiotieliikenteen aiheuttamat melun keskiäänitasot ennustetilanteessa, Teiskontien nopeusrajoitus 60 km/h.

Liite 4. Kuvat rakennusten julkisivuihin kohdistuvista melutasoista (3D-kuvat).

Runkomelulaskennassa käytetyt korjaustekijät arvioitu VTT:n ohjeen ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi – Esiselvitys” arviointitason 2 mukaisella menetelmällä, värähtelyn siirtotiehen perustuva arviointi (Talja & Saarinen 2009).

Menetelmässä arvioinnin lähtökohtana on peruskäyrältä saatu maaperän värähtelyn nopeustaso ( $L_v$ ), jota korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä ( $\Delta L_v$ ) siten, että lopputuloksena saadaan runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso ( $L_pA$ ).

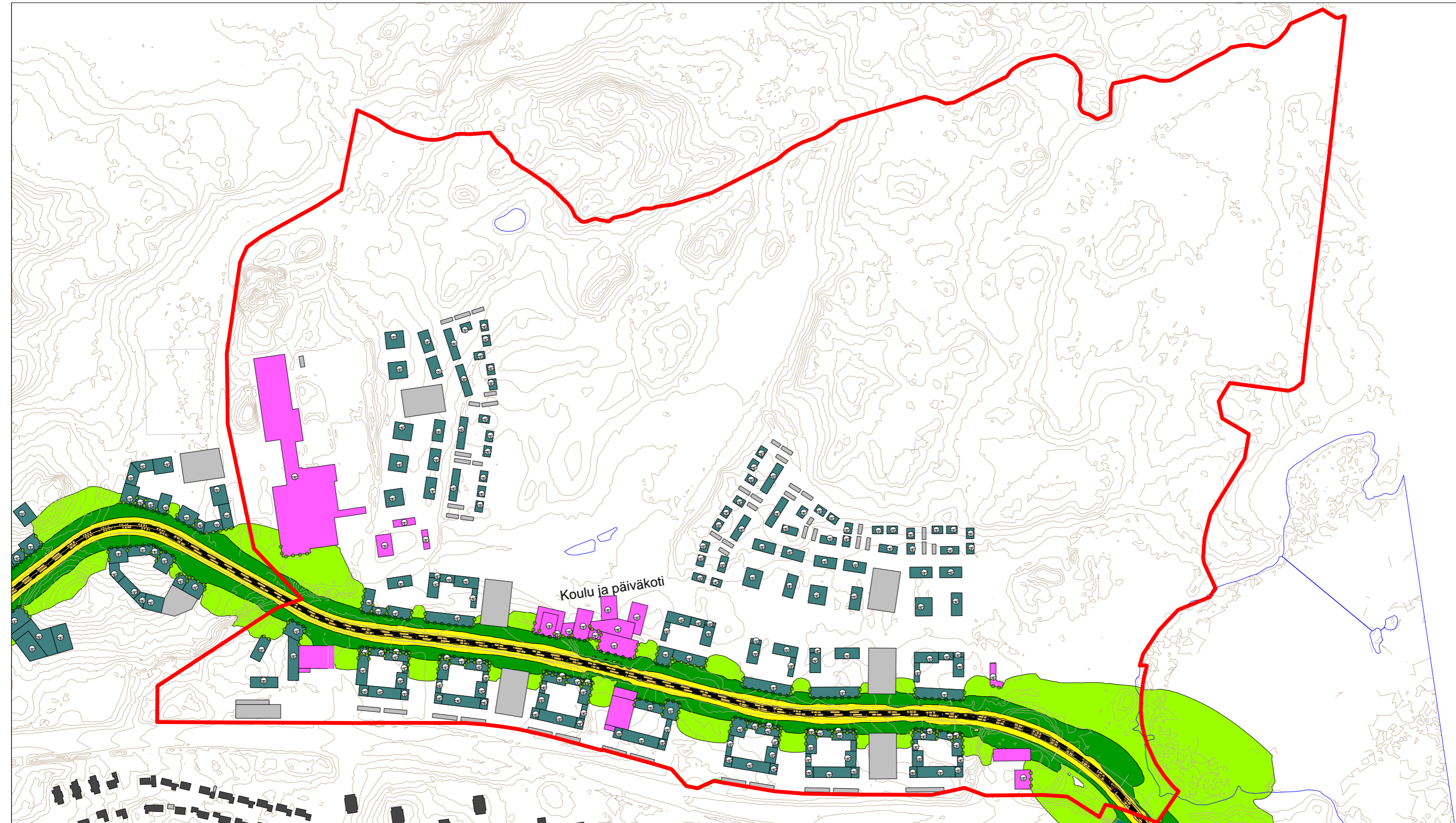
Arvioinnin korjaustekijöinä on käytetty seuraavia arvoja:

- liikennetyyppi, raitiovaunu,
  - korjausarvo 0 dB,
- ajoneuvon nopeuden vaikutus on huomioitu seuraavan kaavan mukaisesti,  $\Delta L = 20 \times \log (v_s/v_{s0})$ , jossa  $v_{s0} = 100 \text{ km/h}$ ,
  - korjauksen arvo on määritetty raitotielinjaukselle esitettyjen nopeusrajoitusten mukaisesti nopeuksille 30 km/h ja 50 km/h.
- ajoneuvon ominaisuuksista riippuva tekijä, pääjousituksen ominaistaaajuus. Ohjeen vaihtoehdot 0 dB (normaali jousitus, jossa pääjousituksen ominaistaaajuus on alle 15 Hz) tai 8 dB (jäykkä jousitus, jossa pääjousituksen ominaistaaajuus on yli 15 Hz),
  - korjauksen arvo 0 dB,
- hyväkuntoinen rata,
  - korjauksen arvo 0 dB suorilla osuuksilla,
  - radassa ei ole epäjatkuvuuskohtia (vaihteita, eikä jyrkkiä kaarteita) korjauksen arvo 0 dB,
- radan eristämiskorjaus,
  - radan routaeristys, korjauksen arvo -10 dB,
- väylän sijainti,
  - avorata, korjauksen arvo 0 dB,
- rakennuksen tyyppi,
  - perustuksen ja kallion välillä oletetaan olevan maa-ainesta vähintään 3 m
    - korjauksen arvo kerrostalolle -10 dB,
  - perustuksen ja kallion välillä oletetaan olevan maa-ainesta vähemmän kuin 3 m, raitiotie ja rakennus sijoittuvat kallioalueelle, korjauksen arvo 0 dB
- tarkasteltava asuinkerros, toinen kerros (ei kellarikerros)

- korjauksen arvo – 2 dB
- rakenneosien resonanssin vaikutus,
  - korjauksen arvo 6 dB
- muunto äänenpainetasoksi,
  - korjauksen vakio arvo -28 dB
- muunto A-painotetuksi äänenpainetasoksi, maaperästä riippuva korjaus
  - keskitaajuusalue, 30 Hz – 60 Hz, tyypillinen taajuusalue kovalle savi, siltti ja moreenimaille ( $200 \text{ m/s} < v_s < 500 \text{ m/s}$ ), korjaus -35 dB
  - korkea taajuusalue,  $> 60 \text{ Hz}$ , tyypillinen taajuusalue kalliolla ja iskostuneilla moreenimailla ( $v_s > 200 \text{ m/s}$ ), korjaus -20 dB
- arviointimenetelmälle annettu varmuusmarginaali,
  - korjauksen arvo +6 dB

Suunnittelukohteen runkomelutason arvioinnissa on edellä esitettyjen korjaustekijöiden lisäksi käytetty seuraavia lähtötietoja ja oletuksia:

- Rakennuksen julkisivun ja lähimmän kiskon väliset etäisyydet on mitattu erikseen kullekin rakennukselle.
- Maaperästä riippuva korjauskerroin on määritetty erikseen kullekin tarkastelupisteelle raitiotielinjauksen kohdalla vallitsevan maaperäolosuhteen perusteella.



ALASJÄRVEN LÄNSIPUOLEN  
ASEMAKAAVA 8931

MELUSELVITYS

Raitiotieliikennemelu

Päiväajan keskiäänitaso  
LAeq 07-22 [dB]

- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 65.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB

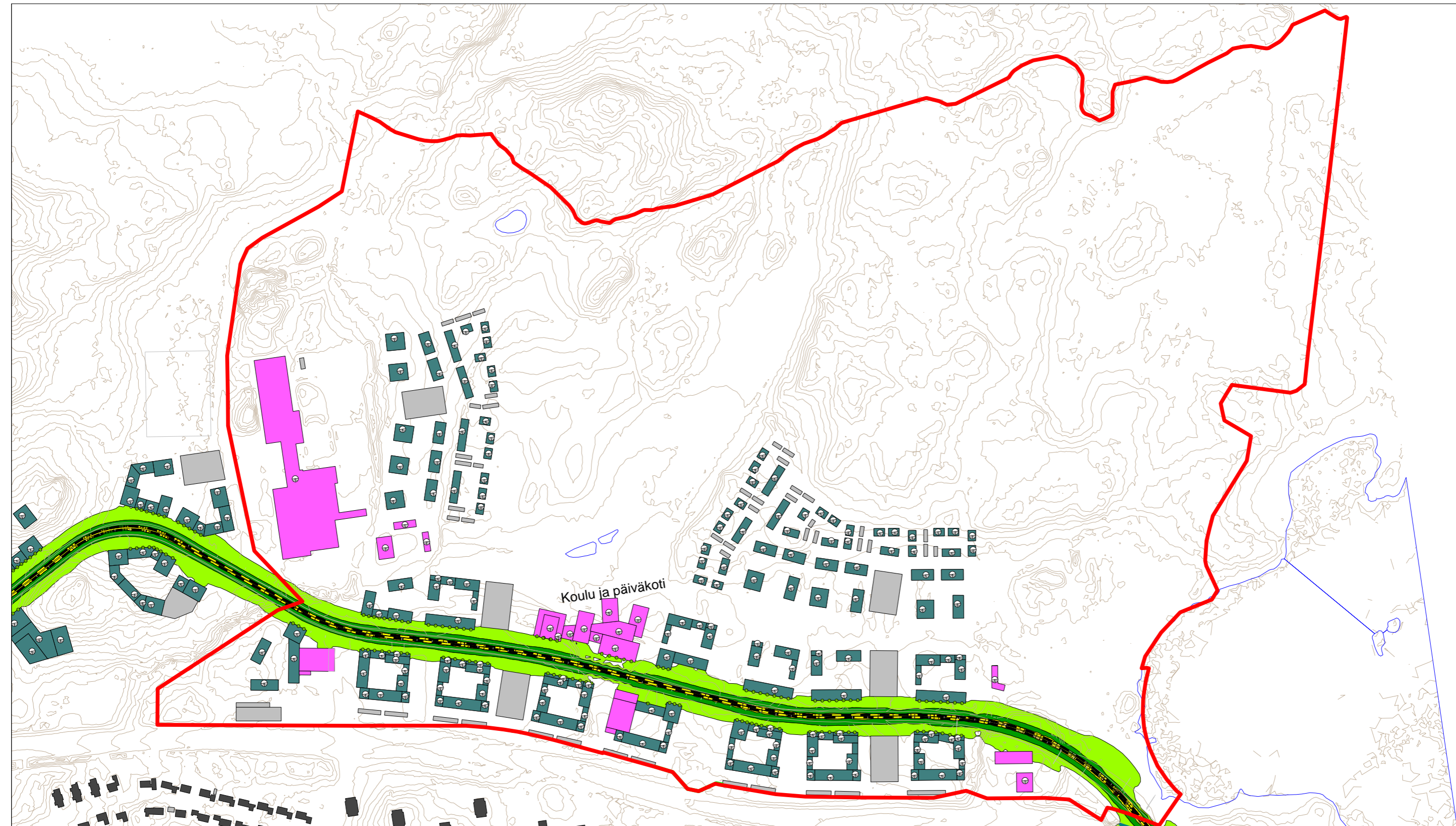
- Asuinrakennus
- Liike- tai julkinen rakennus
- Lomarakennus
- Teollinen rakennus
- Kirkollinen rakennus
- Muu rakennus
- Suunniteltu rakennus



Pohjoismainen  
tie- ja raitieliikennemelumalli:  
laskentakorkeus 2 m  
laskentatiheys 5 x 5 m  
Mittakaava: 1:5000 (A3)



WSP Finland Oy  
5.3.2024



ALASJÄRVEN LÄNSIPUOLEN  
ASEMAKAAVA 8931

MELUSELVITYS

Raitiotieliikennemelu

Yöajan keskiäänitaso  
L<sub>Aeq</sub> 22-07 [dB]

- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 65.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB

- Asuinrakennus
- Liike- tai julkinen rakennus
- Lomarakennus
- Teollinen rakennus
- Kirkollinen rakennus
- Muu rakennus
- Suunniteltu rakennus

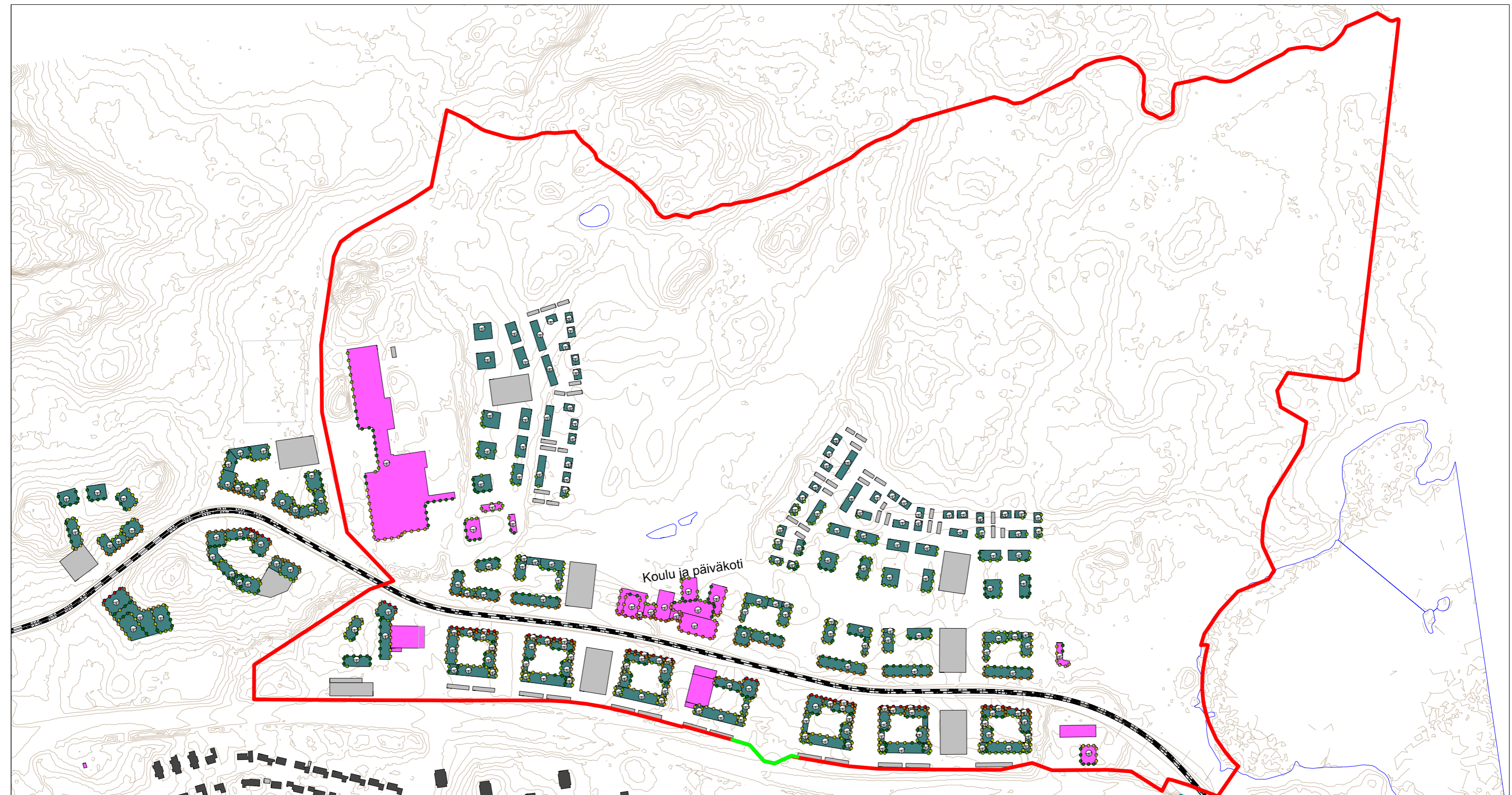


Pohjoismainen  
tie- ja raitieliikennemelumalli:  
laskentakorkeus 2 m  
laskentatiheys 5 x 5 m  
Mittakaava: 1:5000 (A3)



WSP Finland Oy  
5.3.2024





**ALASJÄRVEN LÄNSIPUOLEN  
ASEMAKAAVA 8931**

**MELUSELVITYS**

Raitiotieliikenteen aiheuttama  
hetkellinen maksimitaso LAFMax

**Hetkellinen maksimitaso  
LAFmax [dB]**

- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 65.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB

- Asuinrakennus
- Liike- tai julkinen rakennus
- Lomarakennus
- Teollinen rakennus
- Kirkollinen rakennus
- Muu rakennus
- Suunniteltu rakennus

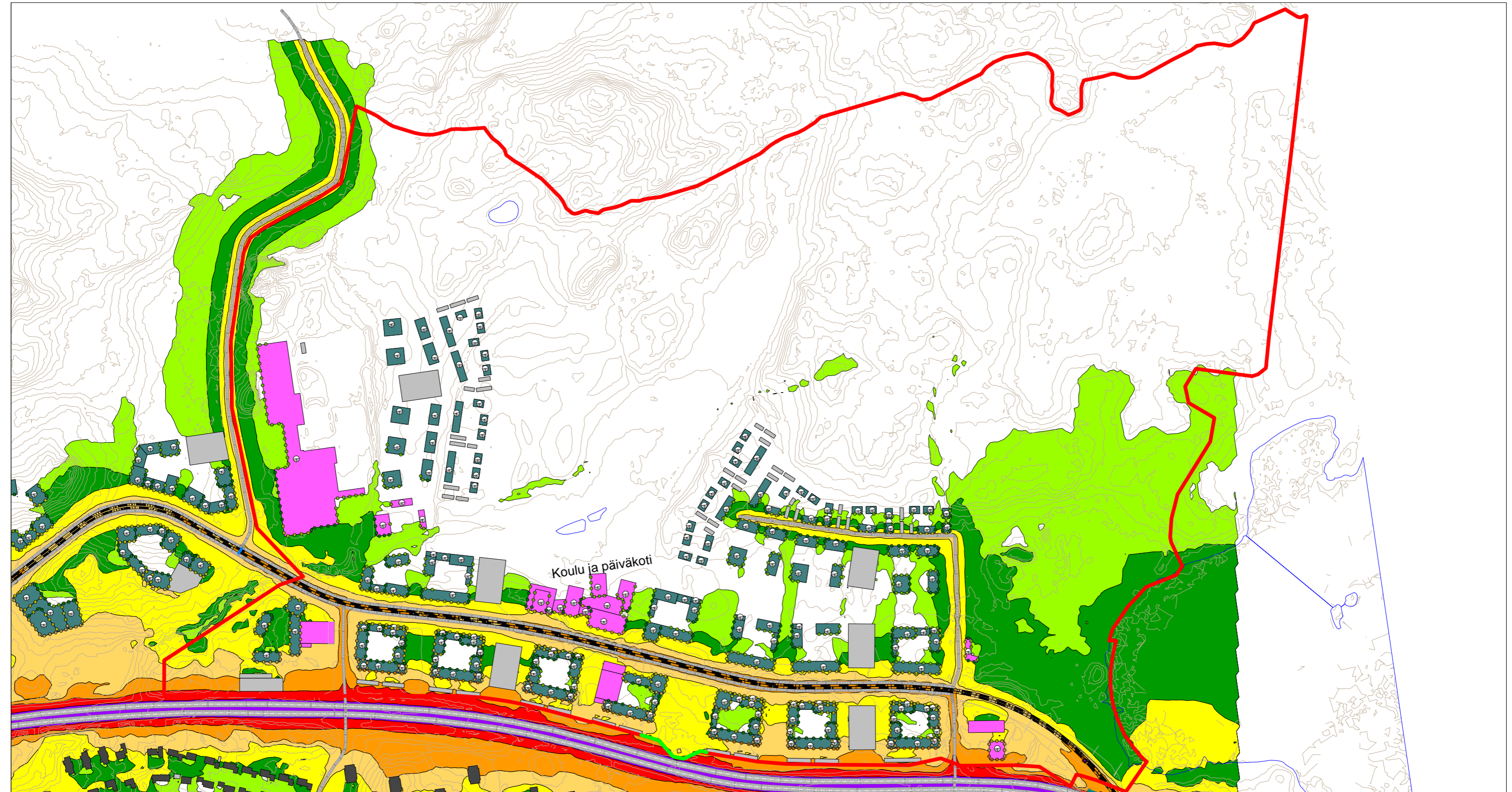
Meluita, h= 3m



Pohjoismainen  
tie- ja raitieliikennemelumalli:  
laskentakorkeus 2 m  
laskentatiheys 5 x 5 m  
Mittakaava: 1:5000 (A3)



WSP Finland Oy  
5.3.2024



ALASJÄRVEN LÄNSIPUOLEN  
ASEMAKAAVA 8931

MELUSELVITYS

Ennustetilanne  
Tie- ja raitioliikennemelu  
Teiskontien nopeus 60 km/h

Päiväajan keskiäänitaso  
LAeq 07-22 [dB]

- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 65.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB

- Asuinrakennus
- Liike- tai julkinen rakennus
- Lomarakennus
- Teollinen rakennus
- Kirkollinen rakennus
- Muu rakennus
- Suunniteltu rakennus

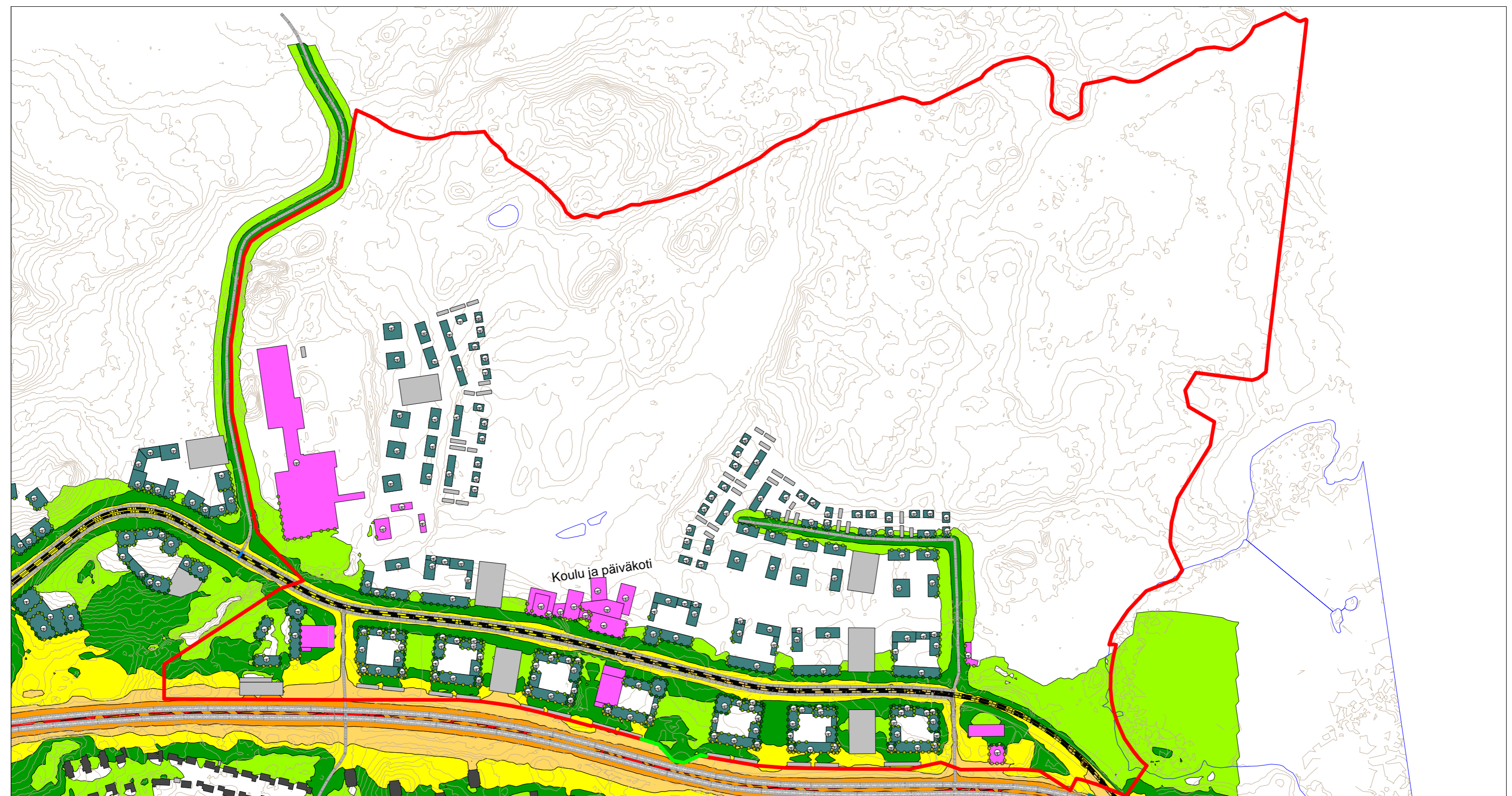
Meluaita, h= 3m



Pohjoismainen  
tie- ja raitieliikennemelumalli:  
laskentakorkeus 2 m  
laskentatiheys 5 x 5 m  
Mittakaava: 1:5000 (A3)



WSP Finland Oy  
5.3.2024



ALASJÄRVEN LÄNSIPUOLEN  
ASEMAKAAVA 8931

MELUSELVITYS

Ennustetilanne  
Tie- ja raitioliikennemelu  
Teiskontien nopeus 60 km/h

Yöajan keskiäänitaso  
LAeq 22-7 [dB]

- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 65.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB

- Asuinrakennus
- Liike- tai julkinen rakennus
- Lomarakennus
- Teollinen rakennus
- Kirkollinen rakennus
- Muu rakennus
- Suunniteltu rakennus

Meluaita, h= 3m

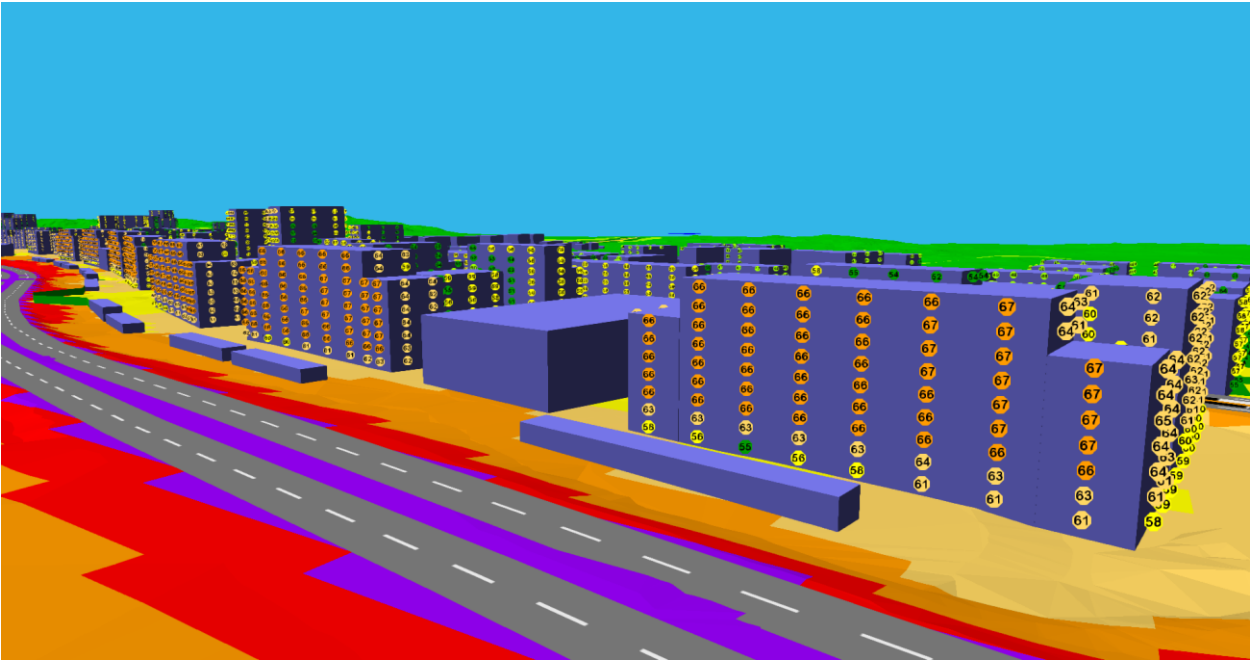


Pohjoismainen  
tie- ja raitieliikennemelumalli:  
laskentakorkeus 2 m  
laskentatiheys 5 x 5 m  
Mittakaava: 1:5000 (A3)

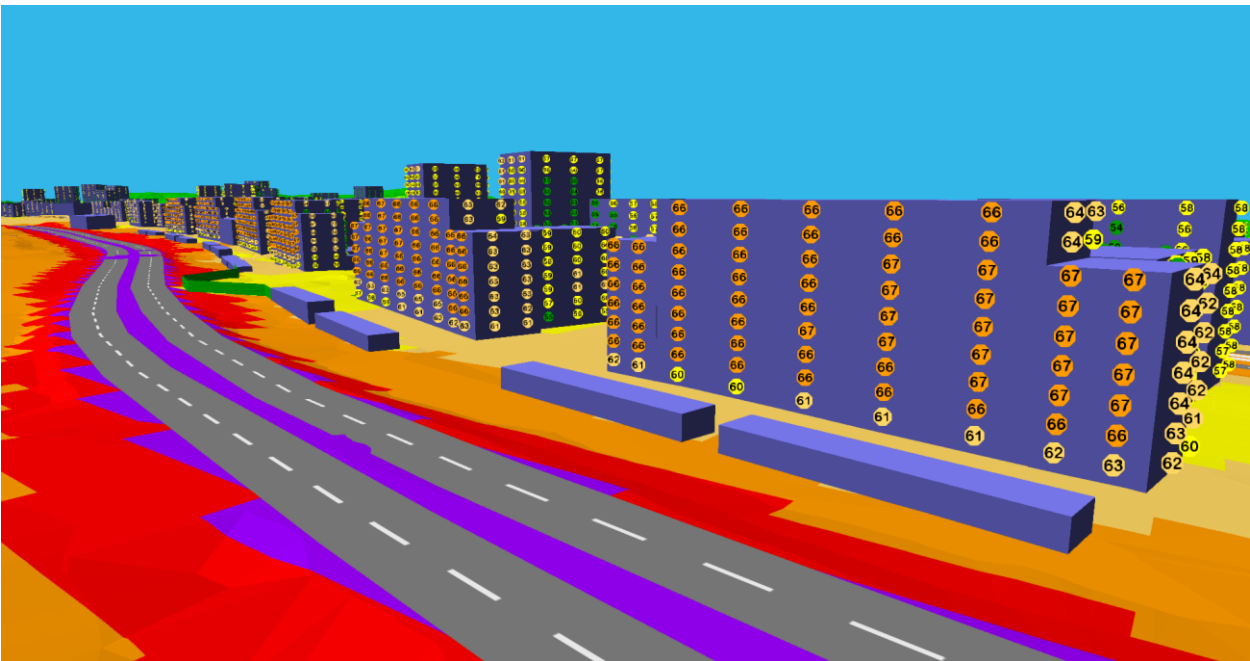


WSP Finland Oy  
5.3.2024

Liite 4. Melulaskennan tulokset 3D-kuvina. Julkisivuihin ja ulkoalueille kohdistuvat päiväaikaiset keskiäänitasot (LAeq 7-22).

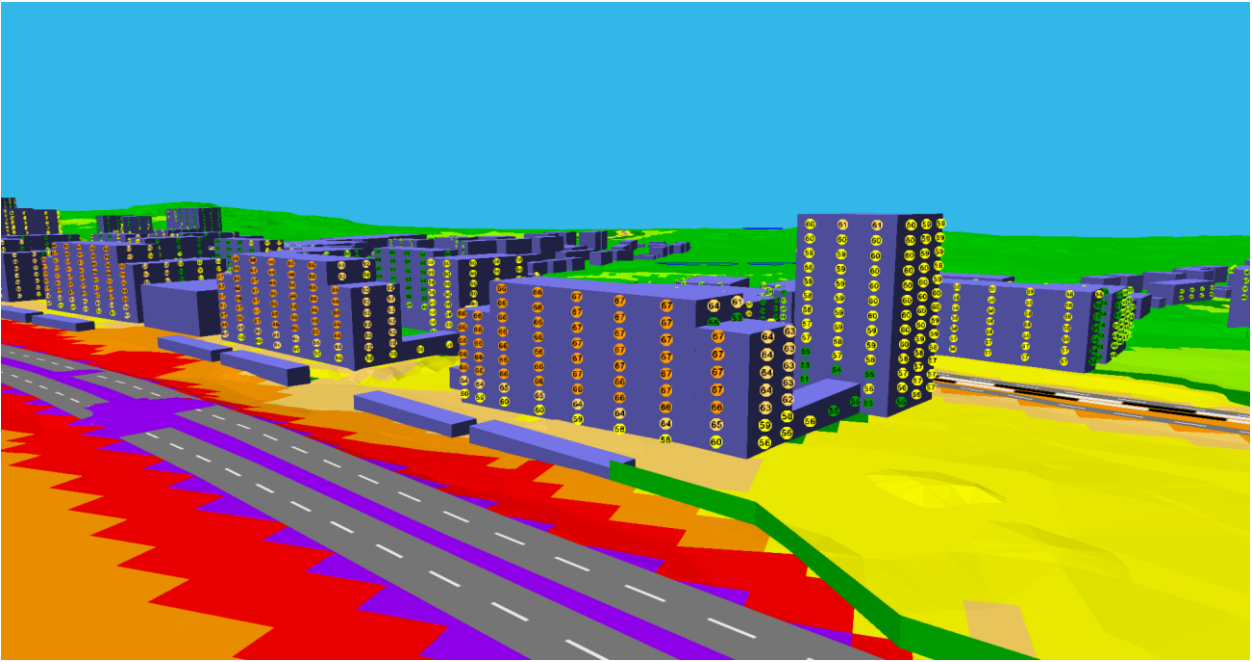


Kuva 1. Näkymä Teiskontien yli kaakon suunnasta.

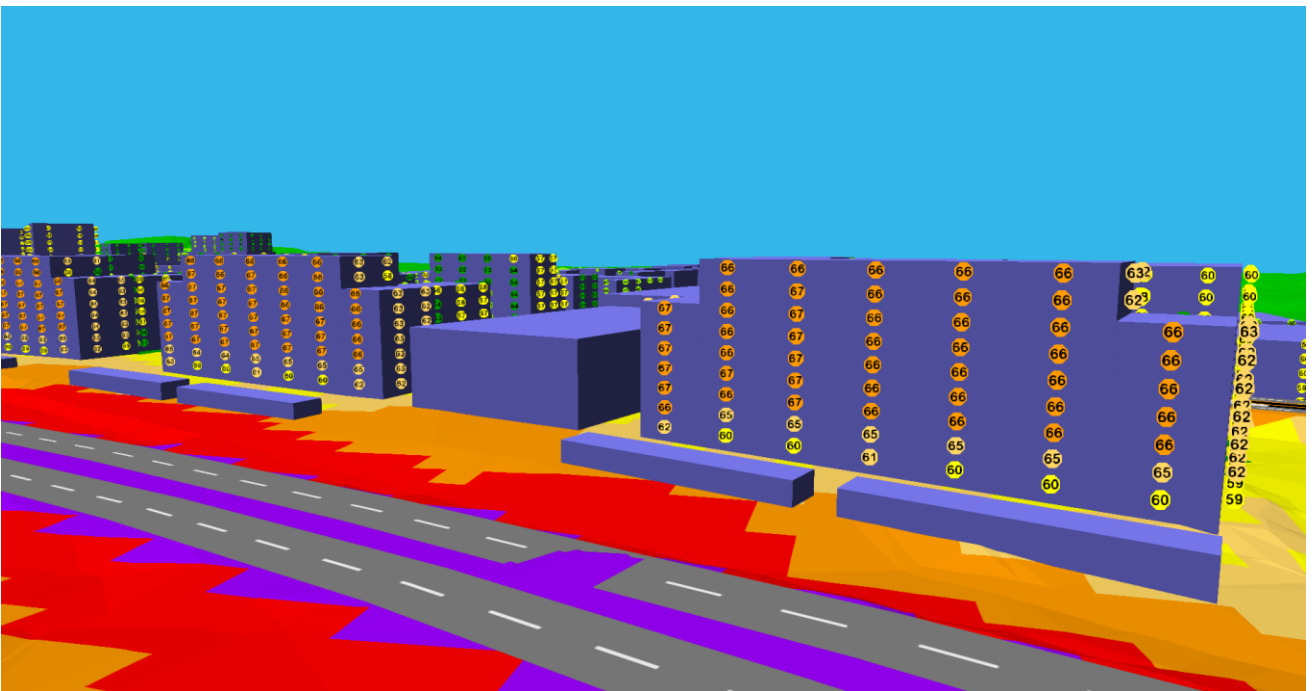


Kuva 2. Näkymä Teiskontien yli kaakon suunnasta.

Liite 4. Melulaskennan tulokset 3D-kuvina. Julkisvuihin ja ulkoalueille kohdistuvat päiväaikaiset keskiäänitasot (LAeq 7-22).

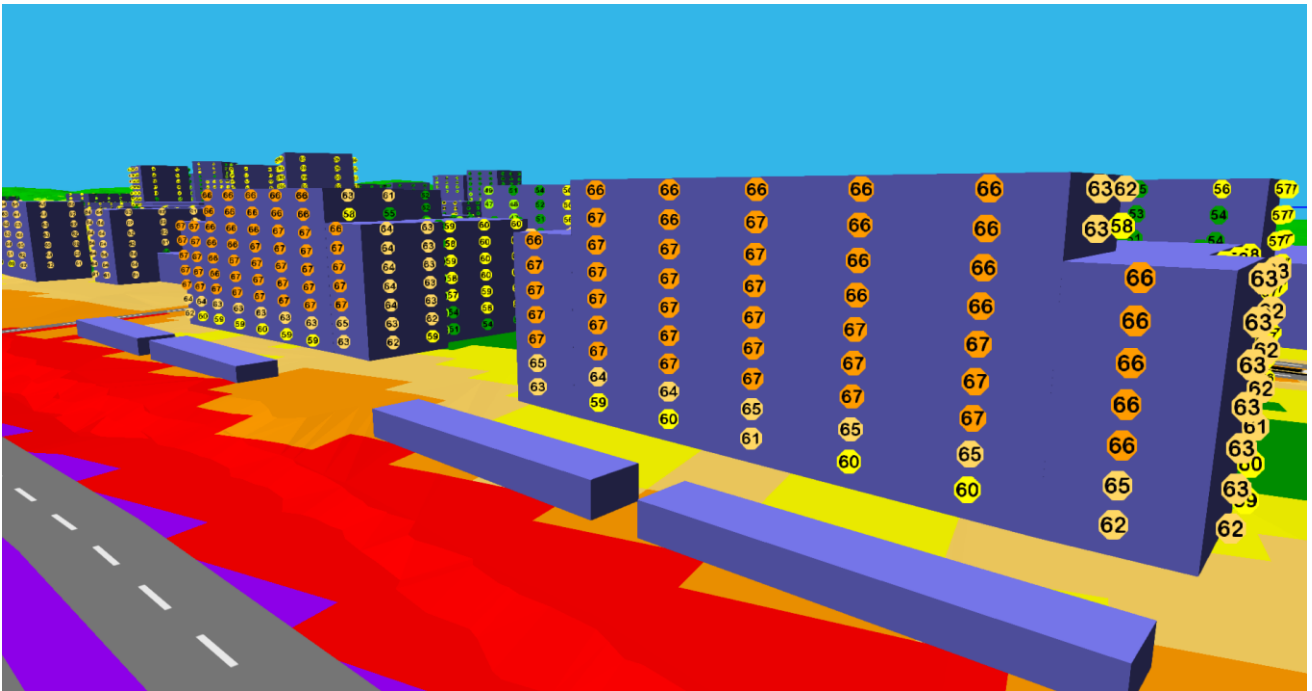


Kuva 3. Näkymä Teiskontien yli kaakon suunnasta, oikealla puistoalue.

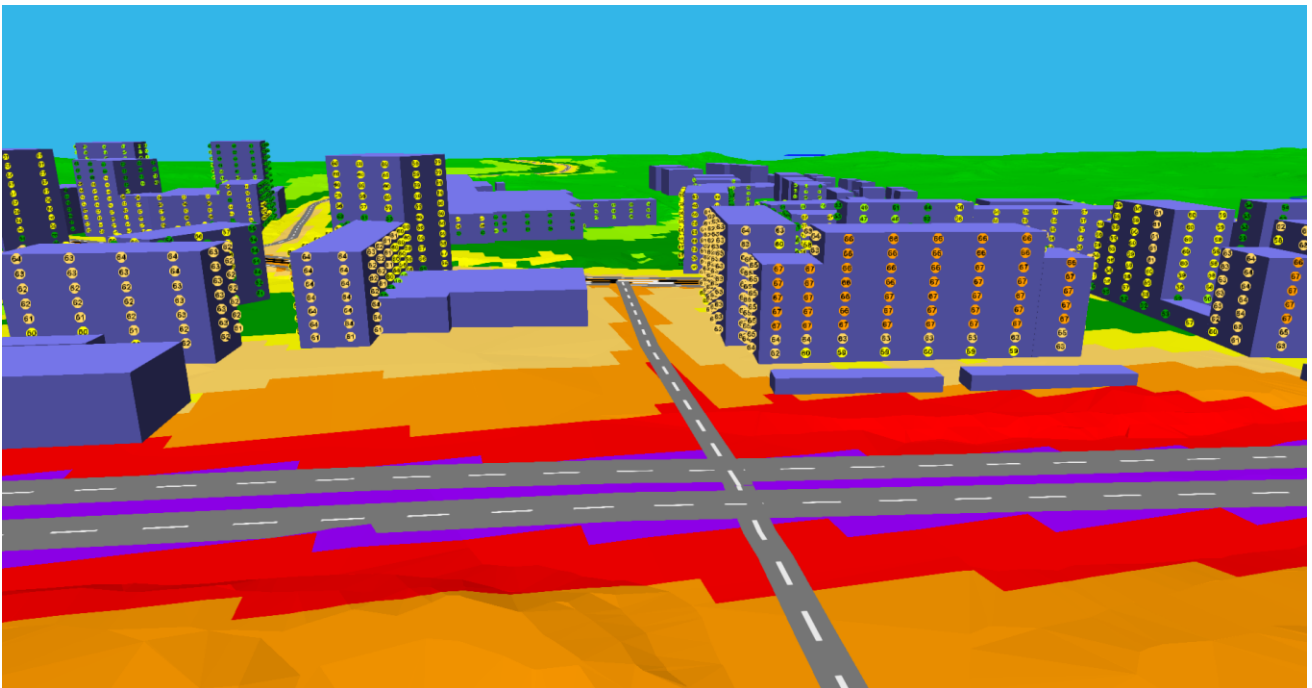


Kuva 4. Näkymä Teiskontien yli kaakon suunnasta.

Liite 4. Melulaskennan tulokset 3D-kuvina. Julkisivuihin ja ulkoalueille kohdistuvat päiväaikaiset keskiäänitasot (LAeq 7-22).

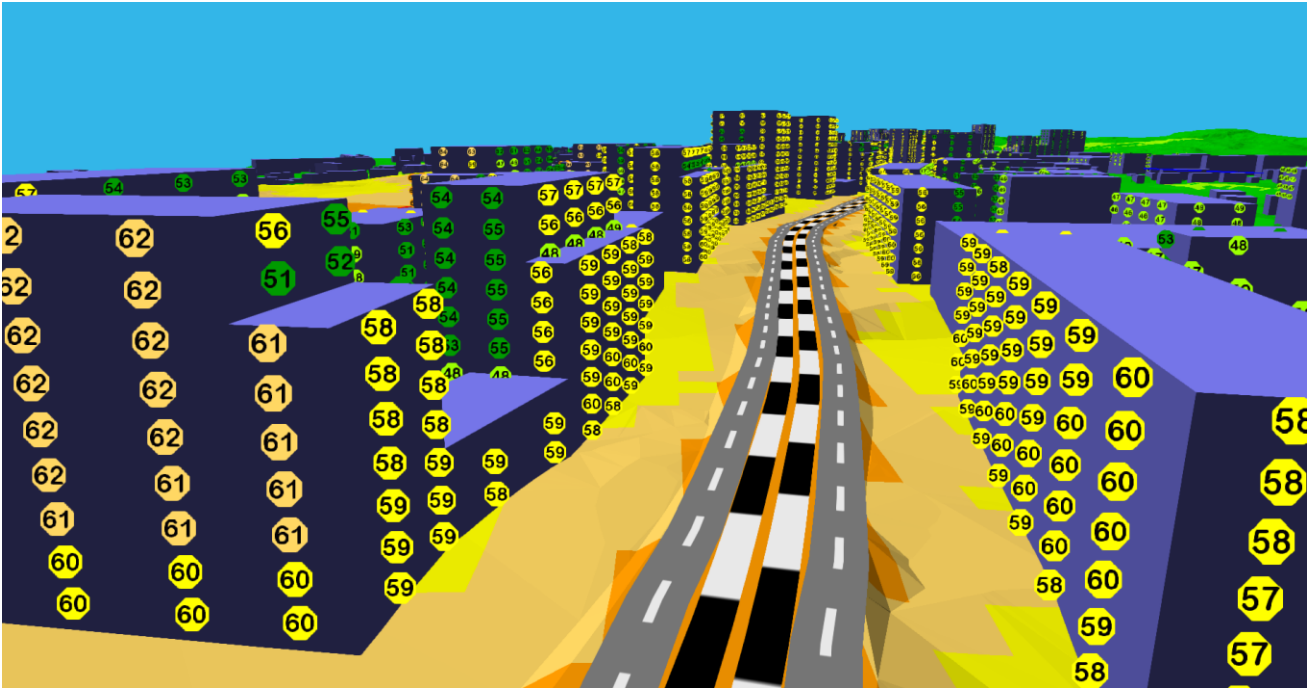


Kuva 5. Näkymä Teiskontien yli kaakon suunnasta. Vasemmassa reunassa Toimelankatu.

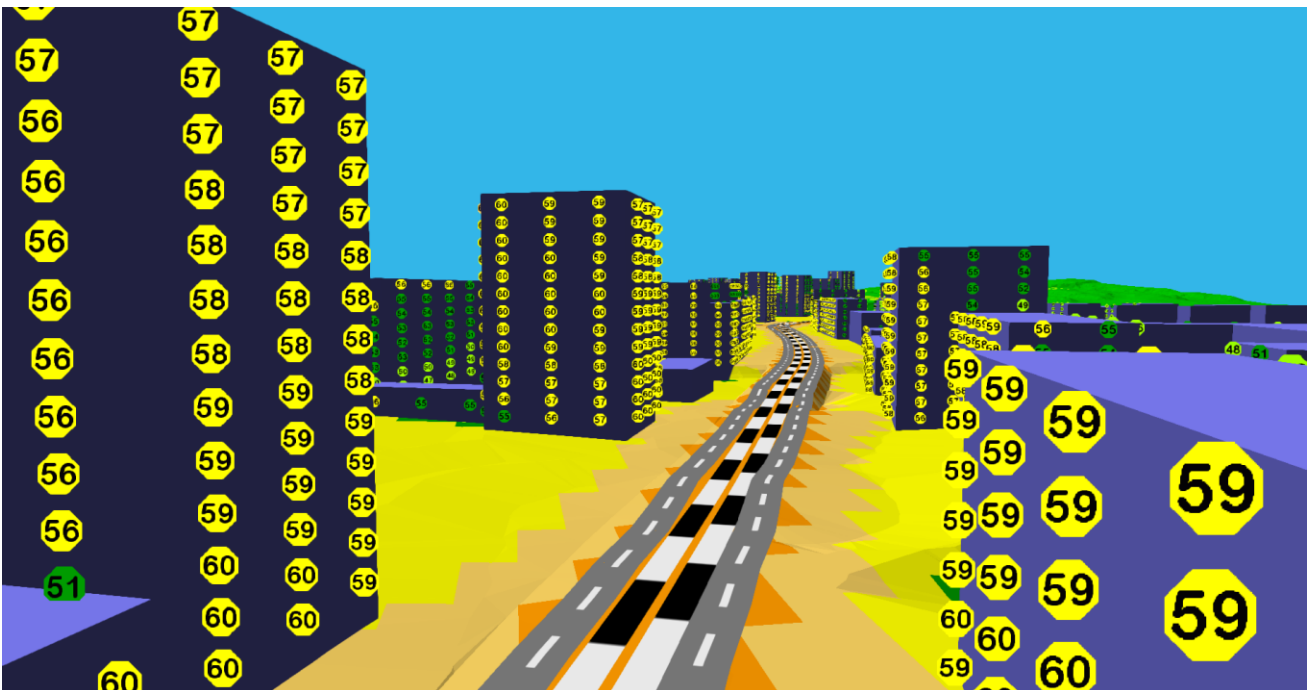


Kuva 6. Näkymä Teiskontien yli etelän suunnasta Jaakonmäenkadun kohdalta.

Liite 4. Melulaskennan tulokset 3D-kuvina. Julkisivuihin ja ulkoalueille kohdistuvat päiväaikaiset keskiäänitasot (LAeq 7-22).

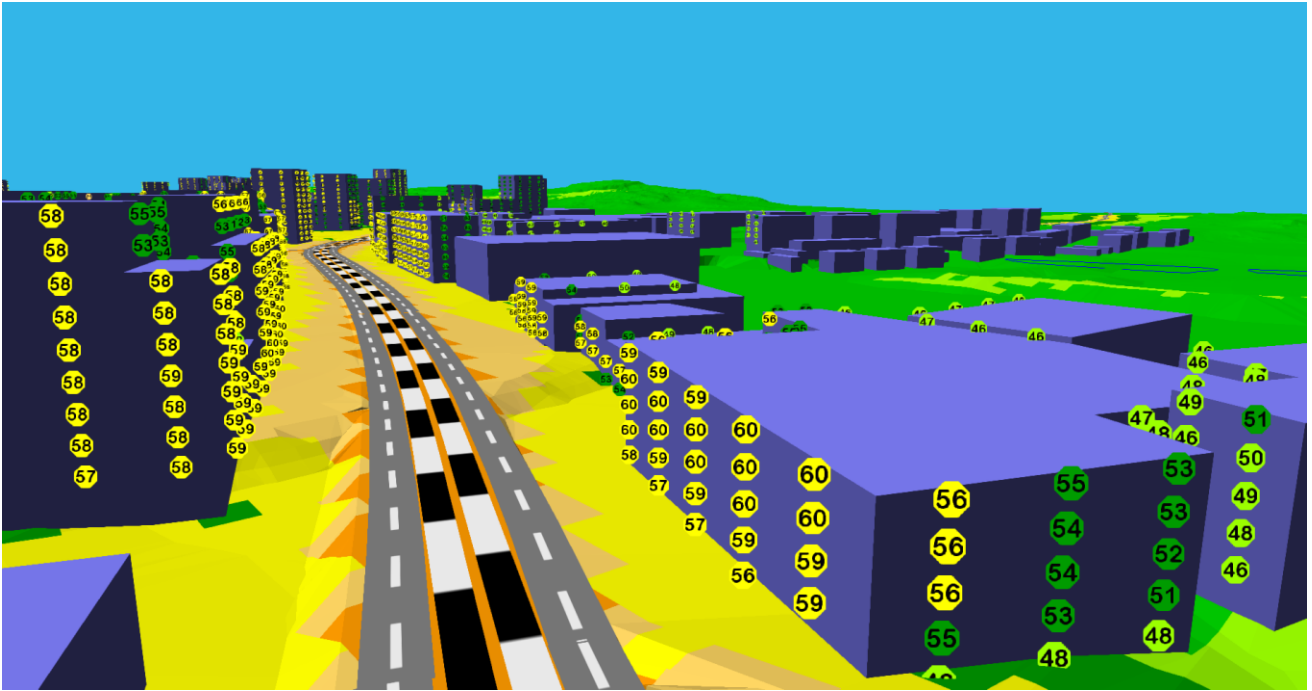


Kuva 7. Näkymä Raitiotiekadun itäpäästä länteen.

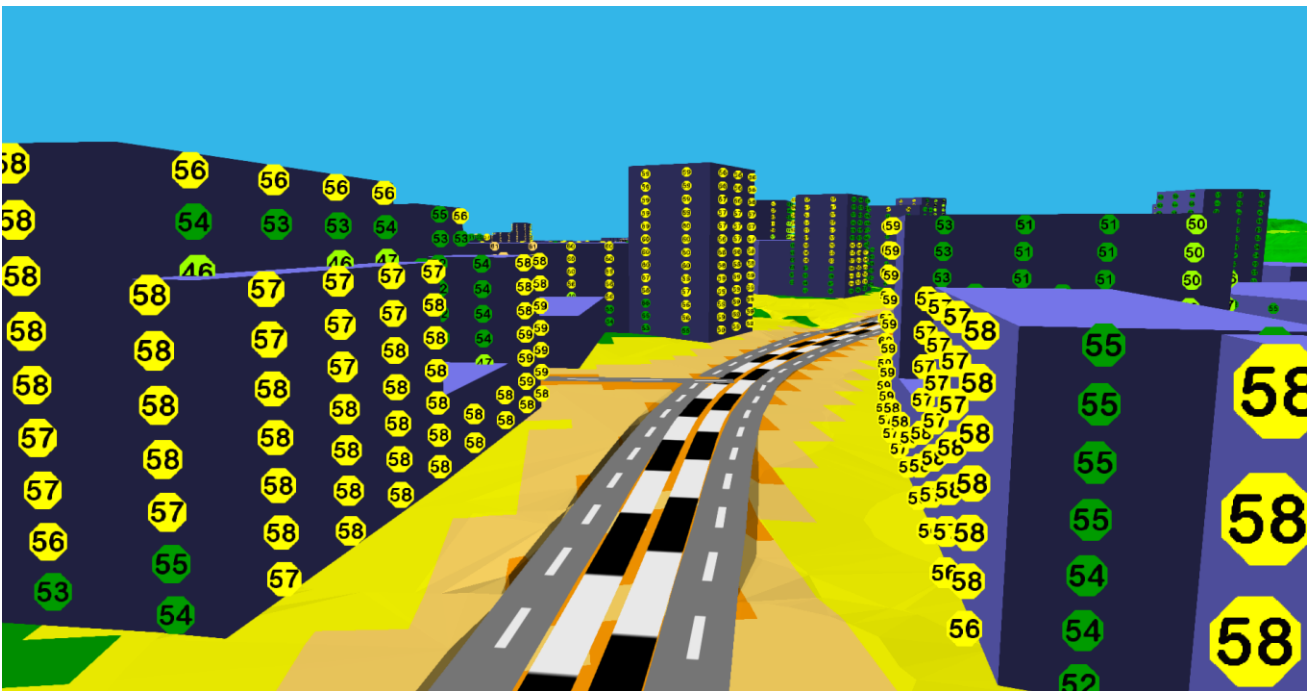


Kuva 8. Näkymä idästä Raitiotiekadun suuntaan, edessä vasemmalla puistoalue.

Liite 4. Melulaskennan tulokset 3D-kuvina. Julkisvuihin ja ulkoalueille kohdistuvat päiväaikaiset keskiäänitasot (LAeq 7-22).



Kuva 9. Näkymä idästä Raitiotiekadun suuntaan, edessä oikealla koulurakennus.



Kuva 10. Näkymä idästä Raitiotiekadun suuntaan, vasemmalle kääntyvä katu on Toimelankatu.