

TAMPEREEN KAUPUNKI

PELTOLAMMI ASEMAKAAVAN NRO 8004 MELU-, RUNKOMELU- JA TÄRINÄSELVITYS

18.10.2024



321011

Sisällysluettelo

1. Johdanto	4
2. Lähtötiedot ja menetelmät	4
2.1. Meluselvitys.....	5
2.1.1. Laskentamalli.....	5
2.1.2. Melulaskennoissa käytetyt liikennemäärät.....	5
2.1.3. Laskentamallin epävarmuus.....	10
2.2. Tärinä ja runkomeluselvitys.....	10
2.2.1. Maaperäolosuhteet asemakaava-alueella.....	10
2.2.2. Runkomelun arviointi VTT:n menetelmällä.....	11
2.2.3. Tärinäarvioinnin menetelmä.....	12
2.3. Ohje- ja suositusarvot.....	12
2.3.1. Ympäristömelun ohjearvot.....	12
2.3.2. Ääniympäristöasetus 796/2017 ja ääniympäristöohje 2018.....	13
2.3.3. Rakennusten ulkopuolisten äänilähteiden aiheuttamat äänitasot.....	13
2.3.4. Melun ohjearvojen ja Tampereen kaupungin melulinjausten soveltaminen....	13
2.3.5. Raideliikenteen enimmäisäänitason ohjearvo.....	14
2.3.6. Runkomelulle esitetyt ohjearvot.....	14
2.3.7. Tärinän suositusarvot.....	15
3. Lentomelun vaikutukset	16
3.1. Lentomelu huomioon ottaminen kantakaupungin vaiheyleiskaavassa.....	16
3.2. Lausunnot lentomelun huomioon ottamisesta.....	18
3.3. Mittausraportti sotilaslentotoiminnan aiheuttamasta melusta.....	20
3.4. Uusien rakennusten ääneneristävyyden vaatimukset.....	22
4. Melulaskentojen tulokset	23
4.1. Nykyliikenne, keskiäänitasot.....	23
4.2. Ennusteliikenne, keskiäänitasot.....	24
4.3. Suunniteltu meluntorjunta.....	24
4.4. Julkisivuihin kohdistuvat melun hetkelliset maksimitasot (LAFmax).....	24
4.5. Runkomelulaskennan tulokset.....	24
4.6. Tärinälaskennan tulokset.....	26

5. Johtopäätökset	28
5.1. Tie -ja raideliikenteen aiheuttamat melutasot	28
5.2. Lentoliikenteen aiheuttaman melun huomioon ottaminen	29
5.3. Raideliikenteen tärinä- ja runkomeluvaikutukset	31
6. Viitteet.....	31

Liitteet

- 1) Päivä- ja yöajan keskiäänitasot piha-alueilla ja julkisivuilla nykyliikenteellä
- 2) Päivä- ja yöajan keskiäänitasot piha-alueilla ja julkisivuilla ennusteliikenteellä
- 3) Päivä- ja yöajan keskiäänitasot julkisivuilla 3D-kuvina
- 4) Päivä- ja yöajan keskiäänitasot meluntorjunnalla
- 5) Junaliikenteen aiheuttama hetkellinen maksimitaso julkisivuilla
- 6) Raideliikenteen runkomelu- ja tärinä-laskennassa käytetyt menettelyt ja laskenta-asetukset

1. Johdanto

WSP Finland Oy on laatinut Tampereen kaupungin toimeksiannosta ympäristömeluselvityksen liittyen Peltolammin asemakaavan nro 8804 suunnitteluun.

Selvityksessä on tarkasteltu tie-, raitiotie- ja raideliikenteen aiheuttamia melun päivä- ja yöajan keskiäänitasoja ($L_{Aeq07-22}$ ja $L_{Aeq22-07}$) sekä lentoliikenteen meluvaikutuksia.

Selvityksessä on myös arvioitu raideliikenteen aiheuttamia hetkellisiä maksimitasoja (L_{AFmax}) sekä runkomelu- ja tärinävaikutuksia. Selvityksen ovat laatineet Joni Kempainen, Ville-Veikko Kyllönen, Ilkka Niskanen ja Sirpa Lappalainen WSP Finland Oy:stä.

2. Lähtötiedot ja menetelmät

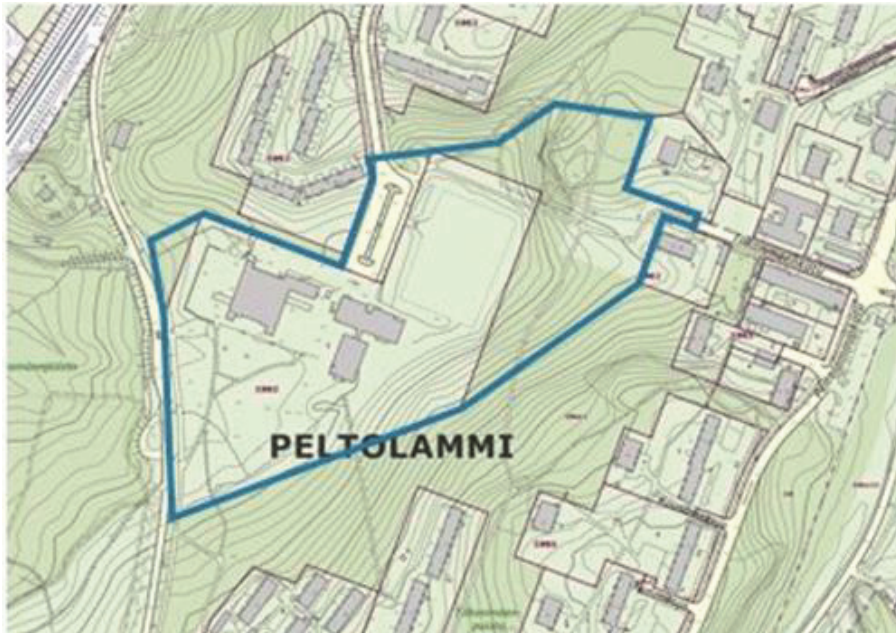
Suunnittelualue sijaitsee Peltolammin kaupunginosassa noin 5 km kaupungin keskustasta etelään Rukkamäentien itäpuolella. Siihen sisältyy tontti 5950-1 Säästäjänkadun päätteessä sekä lähiympäristön viheralueita Tilkonmäenpuistossa ja Metsäpuistossa.

Tontilla on vuonna 1969 rakennettu Peltolammin koulu urheilukenttineen.

Lähiympäristössä on 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostaloja. Suunnittelualueen eteläosa on yleiskaavan mukaista lentoliikenteen laskeutumisyöhykettä. Suunnittelualueen pinta-ala on 5,6 ha. Suunnittelualue on esitetty kuvassa 1.

Meluselvityksessä tarkasteltiin suunnittelualueen sisäpuolella ja läheisyydessä sijaitsevien katujen ja maanteiden autoliikenteen, raideliikenteen sekä raitiovaunuliikenteen aiheuttamia ympäristömelutasoja laskentamallin avulla (kuva 1).

18.10.2024



Kuva 1. Asemakaava-alueen rajausta virastokartalla.

Lentoliikenteen aiheuttaman melun vaikutuksia on arvioitu Finavian laatimien Tampere – Pirkkalan lentoaseman meluselvitysten ja lausunnon pohjalta (Finavia 2013, Finavia 2014, Finavia 2023, Finavia 2024).

2.1. Meluselvitys

2.1.1. Laskentamalli

Melulaskennat tehtiin Cadna/A 2022 melunlaskentaohjelmiston pohjoismaisilla tie- ja raiteliikennemelun laskentamallilla (Nordic Council of Ministers 1996).

Laskentamalli ottaa huomioon melun etenemisen arvioinnissa äänienergian geometrisen vaimentumisen sekä maanpinnan, rakennettujen esteiden ja maaston muotojen vaikutukset. Melulaskennoissa maa on oletettu akustisesti puolikovaksi (absorptio 0,5).

Melulaskennan laskentapisteet sijaitsivat 5 metrin välein 2 metrin korkeudella maan pinnasta. Laskentatulokset on esitetty karttapohjalle tulostettuina 5 desibelin meluvyöhykkeinä.

2.1.2. Melulaskennoissa käytetyt liikennemäärät

Melulaskennoissa käytetyt tieliikennemäärät on esitetty taulukossa 1. Melulaskennoissa on hyödynnetty Peltolampi-Lakalaivan asemakaavan 8628 meluselvityksen liikennetietoja ja täydennetty Rukkamäentien ja Pyhäjärventien osalta Tampereen kaupungilta Jarno

18.10.2024

Hietaselta (7.10.2024) saamien tietojen perusteella. Ennustetilanteessa on huomioitu tilanne, missä puskiaisten oikaisua ei ole toteutettu (kuva 2).

Liikennemäärät ovat keskivuorokausiliikennemääriä (KAVL). Melulaskennassa vuorokausiliikennemäärästä 90 % on oletettu tapahtuvan päiväajalla ja kymmenen prosenttia yöajalle. Päiväajalla tarkoitetaan klo 7–22 ja yöajalla klo 22–7 välistä aikaa.

Taulukko 1. Melulaskennoissa käytetyt tieliikennemäärät.

Tieosuus	Nykyliikenne	Ennusteliikenne 2040	Raskas liikenne (%)	Nopeusrajoitus (km/h)
Rukkamäentie	4100	4600	5	50
Pyhäjärventie	60168	74900	7	100
Lempääläntie	8300	8100	12	50
Valtatie 3	46000	62500	7	100
Peltolamminkatu	1100–1300	600–1300	2.3–5.3	30

Raitiovaunuliikenteen tiedot ovat peräisin Tampereen kaupungin ohjeistuksesta (Tampereen kaupunki 2020) ja Tampereen raitiotieliikenteen meluohjeesta (Tampereen kaupunki 2021).

Taulukko 2. Melulaskennassa käytetyt raitiotieliikenteen liikennemäärät.

	Päivä	Yö	Pituus (m)	Nopeus (km/h)
Artic_Afry	116	20	47	40

Melulaskennoissa käytetyt junaliikenteen liikennemäärät on tiedusteltu Sweco Oy:stä.

Taulukossa 3 ja 4 on esitetty laskennoissa käytetyt junaliikenteen liikennemäärät.

Melulaskennoissa on käytetty nopeutena junien todellisia nopeuksia.

Taulukko 3. Melulaskennoissa käytetyt junaliikenteen liikennemäärät nykytilanteessa.

Nykyliikenne	Päivä klo 7–22 (kpl)	Yö klo 22–7 (kpl)	Pituus (m)	Nopeus (km/h)
Sm2 sähkömoottorijuna	16	2	53	120

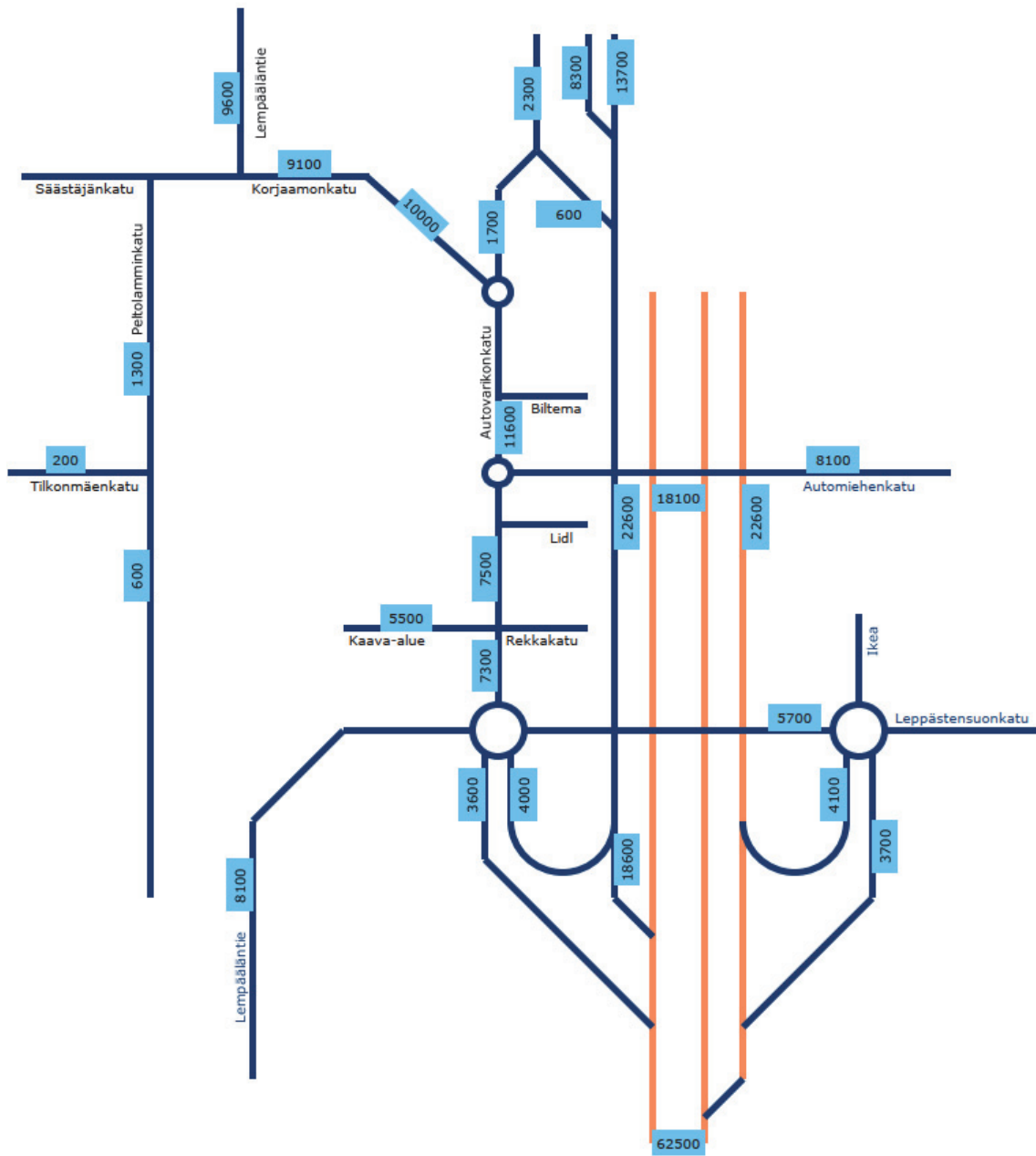
18.10.2024

Sm4 sähkömoottorijuna	15	4	108	150
Sr1- tai Sr2-veturin vetämät henkilöliikenteen junat	1	5	380	130
Sm3 sähkömoottorijuna	13	1	160	160
IC2	51	7	175	150
Suomalainen tavarajuna	14	10	500	80

Taulukko 4. Melulaskennoissa käytetyt junaliikenteen liikennemäärät ennustetilanteessa

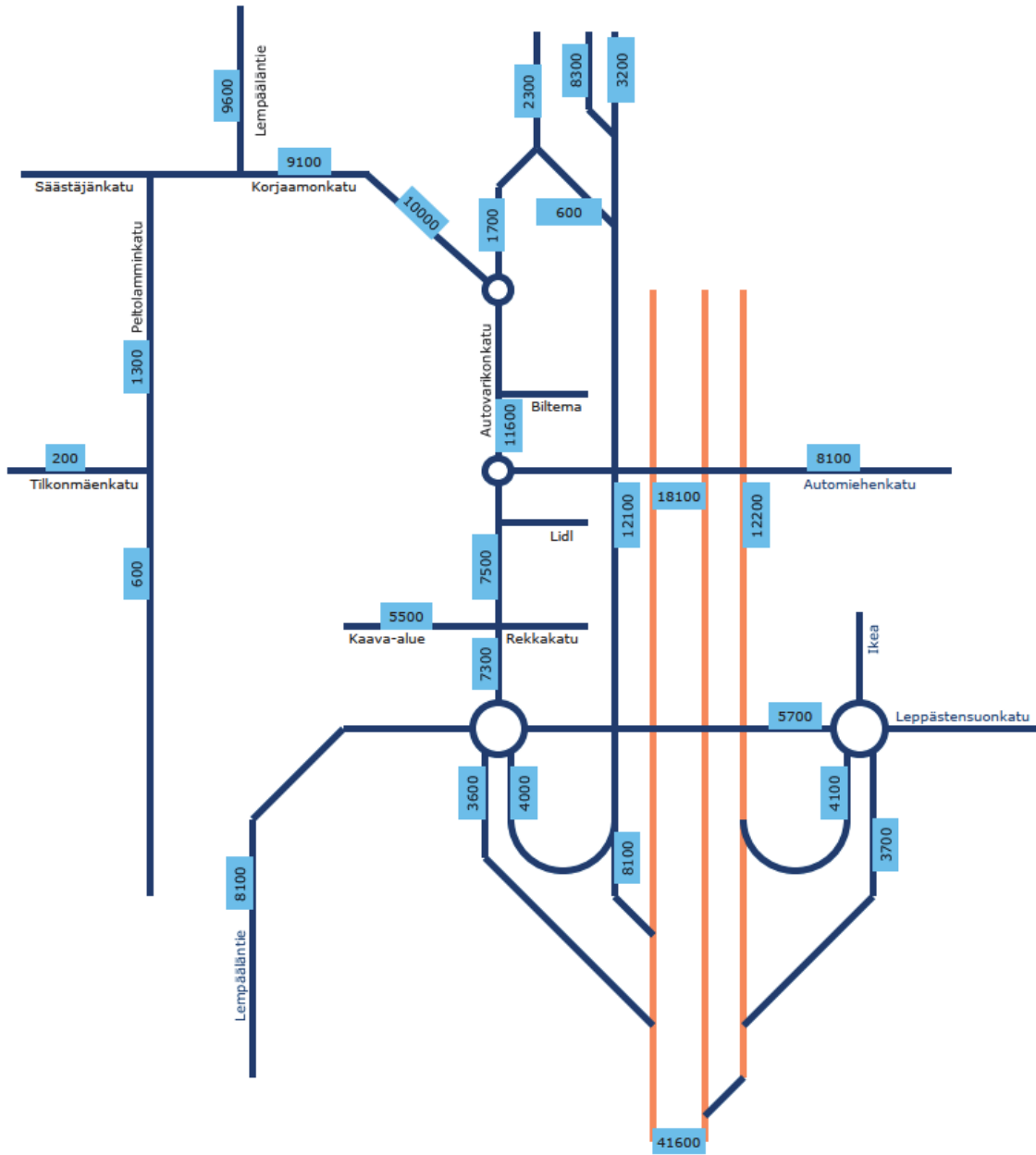
Ennusteliikenne	Päivä klo 7–22 (kpl)	Yö klo 22–7 (kpl)	Pituus (m)	Nopeus (km/h)
Sm2 sähkömoottorijuna	-	-	-	-
Sm4 sähkömoottorijuna	31	6	108	150
Sr1- tai Sr2-veturin vetämät henkilöliikenteen junat	-	-	-	-
Sm3 sähkömoottorijuna	13	1	160	160
IC2	60	12	175	160
Suomalainen tavarajuna	14	10	500	80

18.10.2024



Kuva 2. Liikenne-ennuste (KAVL ajon./vrk, vuosi 2040) tilanteelle ei Puskiaisten oikaisua.

18.10.2024



Kuva 3. Liikenne-ennuste (KAVL ajon./vrk, vuosi 2040) tilanteelle Puskiaisten oikaisu toteutettu.

18.10.2024

2.1.3. Laskentamallin epävarmuus

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

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

Tässä selvityksessä tarkasteltua suunnittelualueetta voidaan pitää tavanomaisena laskentaympäristönä, minkä vuoksi arvioimme, että laskentamallin tarkkuus tieliikennemelun osalta on tässä tapauksessa luokkaa ± 2 dB.

2.2. Tärinä ja runkomeluserveys

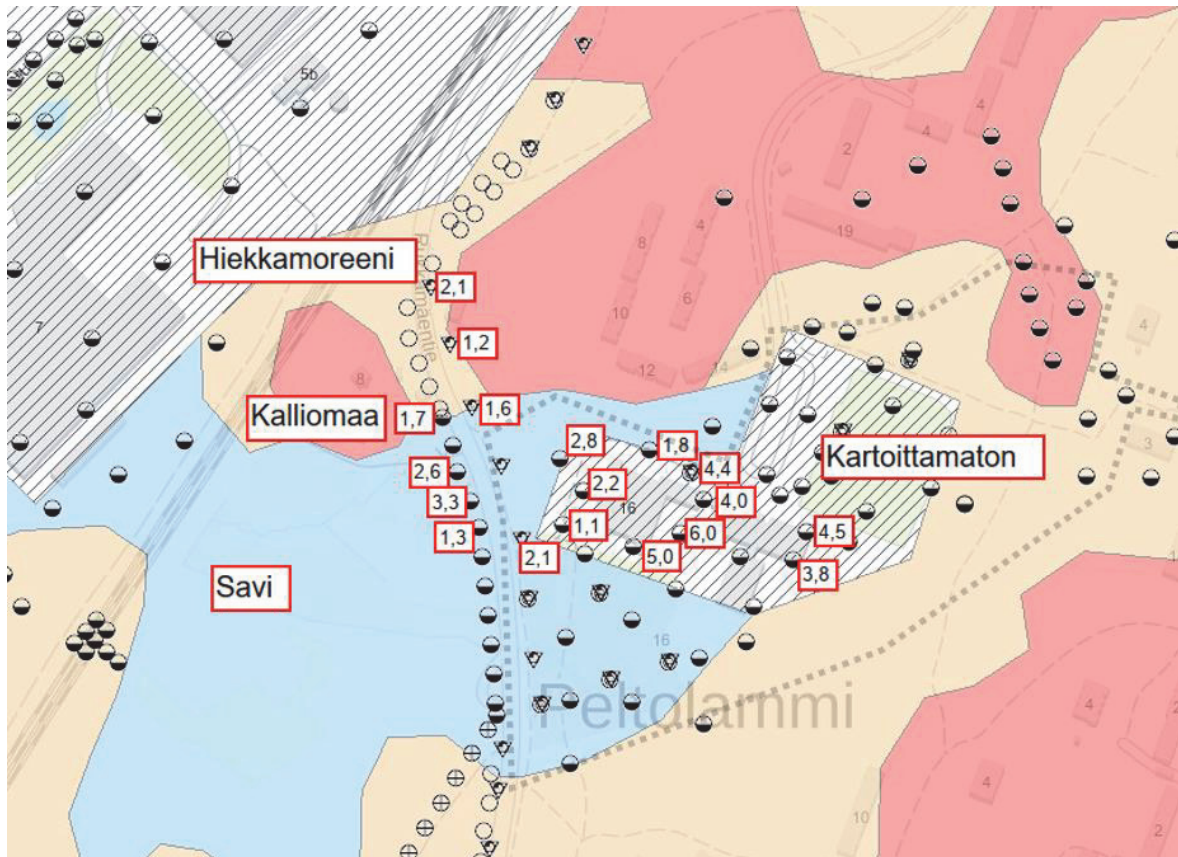
2.2.1. Maaperäolosuhteet asemakaava-alueella

Runkomelulle alttiita ovat yleensä alueet, joissa värähtelyä aiheuttavat liikennevälineet ja värähtelylle altistuvat asuin- ja työkohteet sijaitsevat kallioalueilla tai alueilla, 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 mäki- ja kalliialueet. Tällaisilla, usein alle 10 metrin paksuisilla savikkoalueilla värähtely leviää tehokkaasti ja leviämisen arviointi on vaikeaa (Talja ym. 2008).

Asemakaava-alueen keskiosassa on laaja maaperältään kartoittamaton alue, jota ympäröi suurelta osin länsipuolella (radan puolella) savimaa ja itäpuolella pääasiassa hiekkamoreenimaa. Suunnittelualueen ja radan välissä on lännessä savimaata ja luoteessa kalliomaata ja hiekkamoreenimaata. Pohjatutkimustietojen perusteella kallionpinta on lähempänä maan pintaa asemakaava-alueen länsipuolella, jossa kallionpinta on 1 – 3 metrin syvyydessä. Suunnittelualueen keskiosassa kallionpinta on 4 – 6 metrin syvyydessä (kuva 5).

18.10.2024



Kuva 4. Asemakaava-alueen maaperä, pohjatutkimuspisteet ja kalliopinnan syvyys maanpinnan tasosta. Pohjakartta GTK:n pohjatutkimusaineistosta ([Pohjatutkimukset \(gtk.fi\)](http://Pohjatutkimukset.gtk.fi)).

2.2.2. 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 (Lv), jota korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä (ΔLv) siten, että lopputuloksena saadaan runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso (LpA). VTT:n menetelmässä runkomelun arvioinnissa käytetään +6 dB varmuusmarginaalia. Runkomelulaskennassa käytetyt muut korjaustekijät on esitetty raportin liitteessä 6.

18.10.2024

2.2.3. Tärinäarvioinnin menetelmä

Raitiovaunuliikenteen tärinän laskennallinen arviointi tehdään julkaisuissa Talja ja Törnqvist 2014 (Rautatieliikenteen aikaansaaman vaurioalttiuden kartoittaminen. Raportti VTT-R-04703-14) ja Törnqvist ja Talja 2006 (Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT working papers 50. Espoo 2006) esitettyjä laskennallisia menetelmiä käyttäen. Laskennallinen arvioinnissa käytetään lähtötietoina alueen maaperätietoja sekä raideliikennettä koskevia tietoja (liite 6).

Arvioitua tärinän heilahdusnopeutta verrataan tärinälle suositeltuihin ohjearvoihin.

2.3. Ohje- ja suositusarvot

2.3.1. 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 5).

Taulukko 5. Melutason yleiset ohjearvot (Vnp 993/1992).

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

18.10.2024

- 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.

2.3.2. Ääniympäristöasetus 796/2017 ja ääniympäristöohje 2018
Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä ja asetusmuutoksen (2019) mukaan melualueella sijaitsevan rakennuksen, jossa on asuntoja tai potilashuoneita ulkovaipan ääneneritys on oltava vähintään 30 dB. Ääniympäristöohjeen 2018 mukaan rakennuspaikka sijaitsee melualueella, jos ohjearvopäätöksen Vnp 993/1992 ulkomelun ohjearvot ylittyvät rakennuspaikalla.

2.3.3. Rakennusten ulkopuolisten äänilähteiden aiheuttamat äänitasot
Standardissa SFS 5907:2022 (Rakennusten akustinen suunnittelu ja luokitus) on annettu rakennuksen ulkopuolisten lähteiden aiheuttamalle sisämelutasoille suurimmat sallitut melun keskiäänitasot sisätiloissa. Kyseissä standardissa luokka A2 vastaa ääniympäristöasetuksen (Yma 796/2017) ja ääniympäristöohjeen (Ympäristöministeriö 2018) vähimmäistasoa.

Asuinrakennusten asuinhuoneille ja keittiöille tämä vähimmäisvaatimus on päivällä 35 dB ($L_{Aeq 7-22}$) ja yöllä 30 dB ($L_{Aeq 22-7}$).

2.3.4. Melun ohjearvojen ja Tampereen kaupungin melulinjausten soveltaminen

Asuinrakennusten ulko-oleskelualueilla sovelletaan tässä tapauksessa päiväajan keskiäänitason ohjearvoa 55 dB ja yöajan keskiäänitason ohjearvoa 45 dB.

Tampereen kaupungin melulinjauksissa (Tampereen kaupunki 2019) on mainittu tavoitteena, että ohjearvot alittuvat asuntojen sekä päiväkotien koko piha-alueella. Linjaus on siten tiukempi kuin Valtioneuvoston päätös, jonka mukaan ohjearvo ei saa ylittyä.

Melulinjauksissa edellytetään myös asuntojen avautumista ns. hiljaiselle puolelle (alle 55 dB), jos asuinrakennuksen ulkoseinään kohdistuvan melun päiväajan keskiäänitaso on

18.10.2024

65–70 dB. Melulinjausten mukaan parvekkeet tulee määrätä lasitettavaksi, jos niihin kohdistuva melutaso ylittää ohjearvojen mukaiset tasot.

2.3.5. Raideliikenteen enimmäisäänitason ohjearvo

Ympäristöministeriön oppaan 108 Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen mukaan asuinrakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys voidaan mitoitaa keskiäänitasojen lisäksi raideliikenteen yöaikaisten ohitusten enimmäisäänitasojen perusteella, jolloin suurin sallittu enimmäisäänitaso asuintilassa on 45 dB.

Lisäksi ympäristöministeriön ohjeessa rakennuksen ääniympäristöstä (ympäristöministeriö 2018: Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä) melun hetkellisestä maksimitasosta todetaan seuraavaa:

Esimerkiksi raideliikenteen lähelle tai lentoasemien lähelle kiitoteiden jatkeille sijoittuvien rakennusten ulkovaippaan voi kohdistua ohiajossa tai yllennon aikana voimakas äänenpaine. Suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota, ettei ohjearvopäätöksen [17] mukaisten sisämelutasojen lisäksi A-painotettu enimmäisäänitaso LAFmax rakennuksen asuinhuoneissa ylittäisi 45 dB

2.3.6. Runkomelulle esitetyt ohjearvot

Talja ja Saarinen ovat esittäneet julkaisussaan (VTT 2009) runkomelulle suositellut raja-arvot. Suositukset raja-arvoista on annettu tilastollisena laskentasuurena (L_{prm}), joka perustuu yksittäisten runkomelutapahtumien hetkellisten melutasojen (L_{pASmax}) mittaamiseen ja määritetään mittaustuloksista 95 %:n luotettavuustasolla. 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.

Nykyisin sovellettavat ohjearvot runkomelulle on esitetty standardissa SFS 5907:2022. Kyseissä standardissa luokka A2 vastaa ääniympäristöasetuksen (Yma 796/2017) ja ääniympäristöohjeen (Ympäristöministeriö 2018) vähimmäistasoa.

Avoradalta kantautuvan runkomelun suurin sallittu tarkastelusuureen L_{pm} arvo asuinhuoneissa on 35 dB ja oppilaitosten opetustiloille, varhaiskasvatuksen opetus- ja lepotiloille, toimistojen toimisto-, tauko- ja neuvottelutiloille on 40 dB (luokka A2). Liikuntatiloille ei ole annettu runkomelua koskevia raja-arvoja.

2.3.7. Tärinän suositusarvot

VTT:n (VTT 2006) julkaisussa ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” on esitetty suositus rakennusten värähtelyluokitukselta, jota käytetään yleisesti ohjearvona maankäytön suunnittelussa. Suosituksissa uusille rakennuksille ja väylille on annettu matalampi suositusarvo kuin vanhoille asuinalueille (taulukko 6). Taulukossa esitetty luokitus perustuu ihmisen kokeman tärinän häiritsevyyteen. Kun kyseessä on muu kuin asumistarkoitus, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen.

Oppaassa esitetyt tärinän ohjearvot perustuvat tärinän heilahdusnopeuden maksimiarvojen perusteella tilastollisesti määritettyyn taajuuspainotettuun tunnuslukuun $v_{w,95}$ [mm/s] (taulukko 6).

Taulukko 6. Suositus rakennusten värähtelyluokitukselta (VTT 2006).

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

Nykyisin sovellettavat ohjearvot tärinätarkastelusuurelle v_{w95} on esitetty standardissa SFS 5907:2022. Kyseissä standardissa luokka A2 vastaa ääniympäristöasetuksen (Yma 796/2017) ja ääniympäristöohjeen (Ympäristöministeriö 2018) vähimmäistasoa.

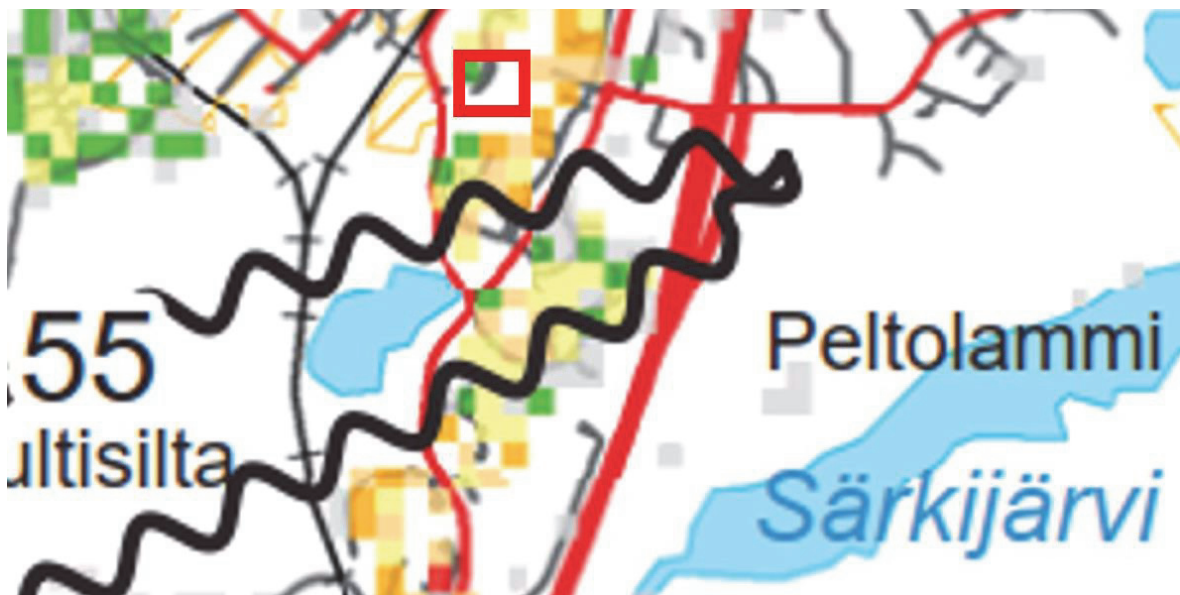
Suurin sallittu tärinän tarkastelusuureen $v_{w,95}$ arvo asuinhuoneille on 0,3 mm/s ja oppilaitosten opetustiloille ja toimistojen toimistotiloille on 0,6 mm/s. Varhaiskasvatuksen opetus- ja lepotiloille suurin sallittu tärinän tarkastelusuureen $v_{w,95}$ arvo on 0,3 mm/s. Liikuntatiloille ei ole annettu tärinän raja-arvoja.

Tärinän mahdollisesti aiheuttamien rakenteellisten vaurioiden arviointiin sovelletaan eri vertailuarvoja kuin asumisviihtyvyyden kohdistuvien haittojen arviointiin. Rakenteiden vaurioitumisriskiä pidetään epätodennäköisenä, jos tärinän heilahdusnopeuden huippuarvo V_{max} (mm/s) on $\leq 1,0$ ja tunnuslukuna $V_{rms,95}$ (mm/s) $\leq 1,6$ (VTT 2001).

3. Lentomelun vaikutukset

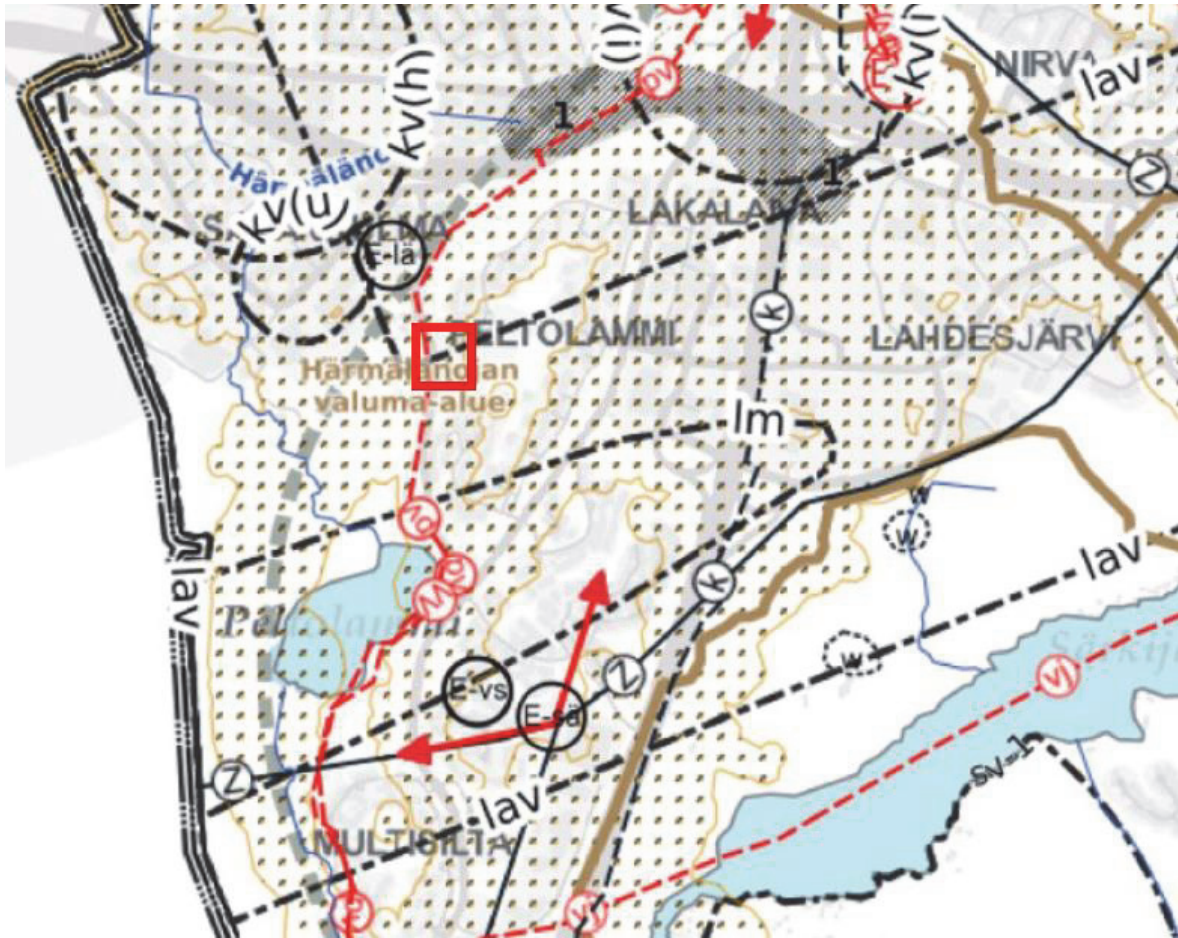
3.1. Lentomelu huomioon ottaminen kantakaupungin vaiheyleiskaavassa

Asemakaava-alue sijoittuu Tampere – Pirkkala lentoaseman lentoliikenteen aiheuttaman lentomelualueen (L_{den} 55 dB) läheisyyteen ja lentoliikenteen laskeutumisalueelle (kuvat 6 ja 7).



Kuva 5. Lentomelualueen 55 dB, L_{DEN} (musta viiva) ja asemakaava-alueen (punainen neliö) sijoittuminen Peltolammin alueelle vuoden 2040 tilanteessa. (kuvaleikkaus lähteestä Finavia 2014, liitekartta 2, Vuoden 2040 siviili- ja sotilaslentoliikenteen yhden kiitotien konseptin päivä-ilta-yömelutaso L_{den} 55 dB).

18.10.2024



Kuva 6. Asemakaava-alueen (punainen neliö) sijoittuminen suhteessa lentomelualueeseen (katkoviiva merkinnällä Im) ja lentoliikenteen laskeutumisyöhykkeeseen (katkoviiva merkinnällä lav) (karttakuva lähteestä Tampereen kaupunki 2023).

Alueen yleiskaavatilanne muodostuu lainvoimaisista Kantakaupungin yleiskaavasta 2040 ja Kantakaupungin vaiheyleiskaavasta – valtuustokausi 2017-2021. Yleiskaavan mukaan lentomelualueelle ei tule osoittaa uutta meluhaitoille herkkää toimintaa. Lentomelualueella koskevassa yleiskaavamääräyksessä todetaan lisäksi, että asuinrakennusten ja muiden melulle herkkiin toimintoihin käytettävien rakennusten ulkovaipan ääneneristävyyden lento- ja tieliikennemelua vastaan on oltava vähintään 35 dB (Tampereen kaupunki 2023).

Kaavayhdistelmässä lentoliikenteen laskeutumisyöhykkeelle on annettu sama rakennusten ulkovaipan ääneneristävyyden vaatimus kuin varsinaiselle lentomelualueelle eli äänen eristävyys tulee olla vähintään 35 dB.

18.10.2024

Peltolammin asemakaava-alue sijoittuu laskeutumisyöhykkeen pohjoisen rajan tuntumaan ja lentomelualueen läheisyyteen, joten alueen rakennuksiin tulee soveltaa vähintään 35 dB ääneneristävyysvaatimusta.

Yleiskaavassa esitetty lentomelualue perustuu Finavian muistioon vuodelta 2014 (Finavia 2014). Raportin mukaan ennustetilanteen arviointi perustuu arvioituun siviililentoliikenteen kasvuun ja sotilaslentotoiminnassa vuoteen 2015 mennessä tapahtuviin uudelleenjärjestelyihin.

3.2. Lausunnot lentomelun huomioon ottamisesta

Finavia on lausunnossaan Peltolammin 8804 asemakaavaluonnoksesta (Finavia 13.1.2023) todennut, että

- *Peltolammin koulun asemakaavamuutoksen alue sijaitsee noin 7,5 km etäisyydellä Tampere-Pirkkalan lentoaseman kiitotien kynnykseltä ja noin 0,7 km kiitotien jatkeelta sivuun.*
- *Kohde sijaitsee lentoaseman ennustetun lentokonemeluvision (vuosi 2040) Lden 55 dB ylittävän lentokonemelualueen ulkopuolella. Lentokonemeluviossa on varauduttu toisen kiitotien toteuttamisen meluvaikutuksiin ja asemakaavamuutosalue sijoittuu kiitoteiden jatkeiden väliin. Skenaarion mahdollisesti toteutuessa alueen molemmin puolin voi tapahtua sekä laskeutumisia että lentoonlähtöjä.*
- *Finavia viittaa Peltolammin hyvinvointikeskuksen asemakaavaluonnoksesta (8628) antamaansa kommenttiin ja toteaa, että lentoliikenteen laskeutumisyöhykkeen mukainen asuinrakennusten ulkokuoren 35 dB ääneneristävyysvaatimus tulee asettaa myös Peltolammin koulun asemakaavamuutoksen alueelle. Samoin tässä asemakaavassa on kaava-aineistoon sisällytettävä tietoa lentoliikenteen esiintymisestä ja vaikutuksista alueella.*

Finavia on lausunnossaan naapurikorttelin Peltolammin ja Lakalaivan 8628 asemakaavaluonnoksesta (Finavia 19.1.2024) todennut, että

- *Finavia muistutti asemakaavan luonnosvaiheessa kohteen sijainnista Tampere-Pirkkalan lentoaseman kiitotien jatkeen välittömässä läheisyydessä ja lentoliikenteen, erityisesti sotilaslentoliikenteen, vaikutuksista alueella.*

18.10.2024

- *Finavia toistaa näkemyksensä, että uusia asuinalueita tai melulle herkkiä toimintoja ei tulisi sijoittaa kiitoteiden jatkeille lähelle lentoasemaa erityisesti silloin, kun kiitotie on säännöllisesti sotilaslentoliikenteen käytössä*
- *Luonnosvaiheessa Finavia on esittänyt koulun ja päiväkodin lepotiloissa huomioitavaksi sotilasliikenteen aiheuttamat hetkelliset melutasot. Kaavaehdotuksessa päiväkodin lepoahuoneissa rakennuksen ulkokuoren ääneneristävyyden vähimmäistasoksi on esitetty vähintään 45 dB.*
- *Finavia katsoo, että koulun opetustilojen osalta esitetty 35 dB ääneneristävyysvaatimus ei täytä sisätilojen melutason ohjearvoa sotilaslentotoiminnan aikana. Finavia katsoo, että päiväaikana tapahtuva sotilaslentotoiminta voi aiheuttaa häiriötä opetukseen, joten myös koulun ulkovaipan osalta ääneneristävyysvaatimusta tulee tiukentaa.*

Finavian lausunnossa (selvityskohteen naapurikorttelista) nostetaan esiin asemakaava-alueen päiväkotiin ja kouluun kohdistuva melun enimmäisäänitaso ja todetaan, että edellä mainittujen rakennusten ääneneristävyyden suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota. Lausunnossa viitataan Peltolammin läheisyydessä mitattuun F18-torjuntahävittäjän aiheuttamaan 99 dB hetkelliseen melutasoon ($L_{A_{\text{max}}}$).

Puolustusvoimat toteaa lausunnossaan (Puolustusvoimat 2024):

- *Johtuen hävittäjäkaluston suuresta melupäästöstä sotilasilmailun osuus melualueen koosta on määräävä.*
- *Puolustusvoimien toimintaa kehitetään Pirkkalan tukikohdassa. Ilmavoimien uusi hävittäjäkalusto (F-35) otetaan käyttöön tämän vuosikymmenen kuluessa. Lisäksi Suomen sotilaallinen liittoutuminen sekä Euroopan turvallisuustilanne lisäävät kansainvälistä sotilasilmailua. Puolustusvoimien näkemyksen mukaan sotilasilmailu ei ole tulevaisuudessa ainakaan vähenemässä Tampere-Pirkkalan lentoasemalla.*
- *Tiedossa on, että uuden hävittäjäkaluston melupäästö on samaa tasoa kuin nykyisen kaluston ja siksi lentoaseman melualue ei todennäköisesti ainakaan pienene.*
- *Puolustusvoimien toiminta- ja kehittämismahdollisuuksien turvaamisen näkökulmasta Puolustusvoimat suhtautuu varauksella kaavaehdotuksessa*

18.10.2024

melualueen läheisyyteen osoitettuun uuteen asuinrakentamiseen ja melulle herkkien koulun ja päiväkodin sijoittamiseen alueelle.

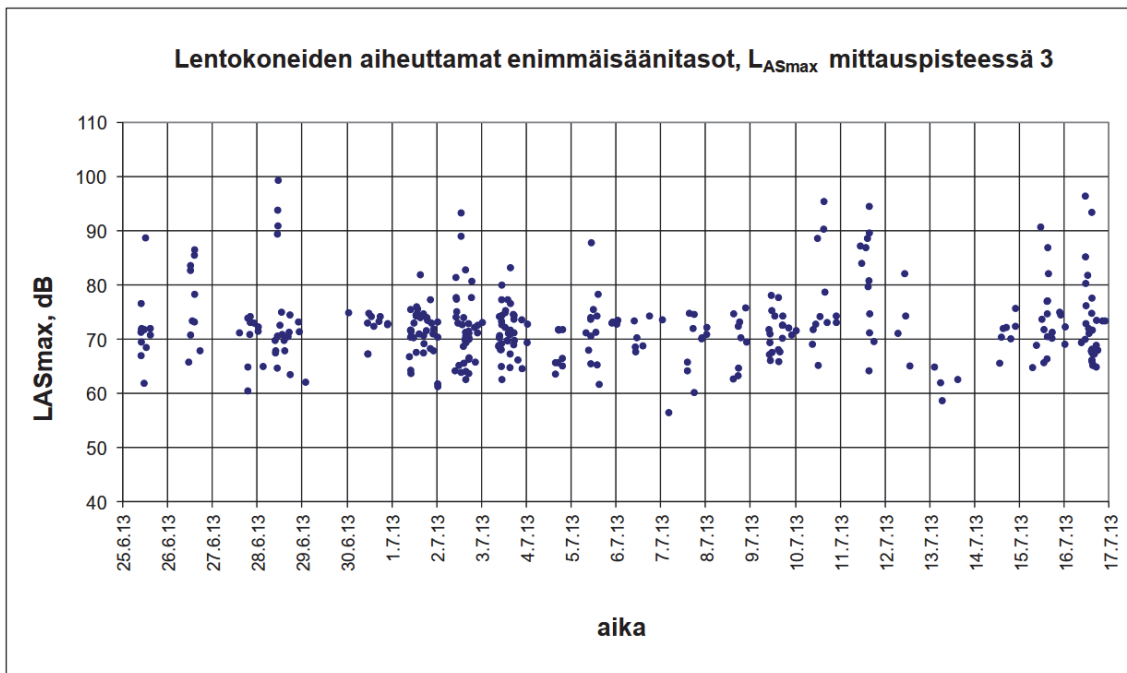
- *Puolustusvoimat yhtyy Finavian lausuntoon (3. viite), jonka mukaan Finavia ei pidä hyvänä ratkaisuna sijoittaa uusia melulle herkkiä toimintoja kiitoteiden jatkeelle lentomelualueen rajalle. Mikäli rakentamiseen päädytään, tulee uusien rakennusten ääneneristävyysvaatimuksissa ottaa huomioon sotilasilmailun alueella tuottamat enimmäismelutasot vähintään Finavian lausunnoissaan toteamalla tavalla.*

3.3. Mittausraportti sotilaslentotoiminnan aiheuttamasta melusta

Finavian aikaisemman lausunnon (Finavia 2023) liitteenä on vuonna 2013 laadittu mittausraportti (Finavia 2013), jonka yksi mittauspaikka on sijainnut asemakaava-alueen läheisyydessä osoitteessa Ruokomäenkatu 30. Mittausjakson (24.6.-17.7.2013) aikana tällä paikalla tunnistettiin yhteensä 339 lentokoneista aiheutuvaa melutapahtumaa (kuva 7).

Raportin mukaan sotilasilmailun toiminnasta aiheutuva melu oli kokonaisäänitasoon eniten vaikuttava melun aiheuttaja niinä päivinä, jolloin alueella operoitiin F19 torjuntahävittäjillä ja Hawk suihkuharjoituskoneilla. Sotilaslentokoneiden (F18 ja Hawk) enimmäisäänitasojen (L_{ASmax}) aritmeettiset keskiarvot mittauspaikalla olivat 79 dB (F18) ja 71 dB (Hawk). Kahden muun lentokonetyypin (B738 ja AT75) aiheuttamat enimmäisäänitasojen (L_{ASmax}) aritmeettiset keskiarvot mittauspaikalla olivat 73 dB (B738) ja 70 dB (AT75).

18.10.2024



Kuva 7. Lentokoneiden aiheuttamat melun enimmäistasot (L_{ASmax}) Ruukomäentie 30 mittauspaikalla (kuva raportista Finavia 2013).

Finavia viittaa lausunnossaan mittausraportissa todettuun suurimpaan hetkelliseen maksimitasoon 99 dB (L_{ASmax}), joka on mittausjakson suurin havainto. Mittausjakson aikana todettiin kaikkiaan 9 kpl 80 dB L_{ASmax} ylityksiä ja kaikkien lentomelutapahtumien hetkellisten maksimitasojen aritmeettinen keskiarvo on raportin perusteella noin 73 dB.

Raportin kuvan 7 tietojen perusteella lentotoiminnan aiheuttamien päiväaikaisten keskiäänitasojen ($L_{Aeq\ 7-22}$) arvioidaan ylittyvän 55 dB tason kahden päivän aikana (taulukko 7). Tämän arvion laatimisessa lentotapahtuman hetkellistä maksimitason (L_{ASmax}) on olettu vastaavan sekunnin keskiäänitasoa ($L_{Aeq, 1s}$) ja yksittäisen melutapahtuman ajalliseksi kestoksi on oletettu 3 sekuntia, näin melutapahtumalle on muodostettu sen äänitaltistustaso (L_{AE}). Päivän aikaiset yksittäisten melutapahtumien äänitaltistustasot on yhdistetty ja muodostettu kyseisen päivän kokonaisäänitaltistustaso lentotoiminnan aiheuttamalle melulle, josta on edelleen muodostettu päiväaikainen keskiäänitaso ($L_{Aeq\ 7-22}$). Keskiäänitason arviointi on yliarvio, sillä todellisuudessa osa lentotoiminnan melutapahtumista on todennäköisesti tapahtunut yöaikaan (klo 22-7).

Taulukossa 7 esitetty arvio perustuu kuvan 7 sisältöön, joten laskennassa käytetyt arvot eivät ole tarkkoja, mutta riittävän tarkkoja keskiäänitason arviointiin.

18.10.2024

Taulukko 7. Kuvan 7 tietoihin perustuva arvio 24.6.-17.7.2013 lentomelun aiheuttamista melun hetkellisen maksimitason keskiarvoista ja päiväaikaista keskiäänitasoista.

	L _{ASmax}	L _{ASmax}	L _{Aeq7-22}	Havaintoja
pvm	max	ka	dB	lkm
25.6.2013	88	72	46	11
26.6.2013	87	77	49	10
27.6.2013	75	71	39	10
28.6.2013	99	74	58	22
29.6.2013	62	62	19	1
30.6.2013	75	73	40	8
1.7.2013	82	72	46	32
2.7.2013	93	72	53	39
3.7.2013	83	72	47	33
4.7.2013	72	67	34	7
5.7.2013	88	73	47	15
6.7.2013	75	72	39	8
7.7.2013	75	69	39	11
8.7.2013	76	70	39	9
9.7.2013	78	71	43	19
10.7.2013	96	77	55	12
11.7.2013	95	81	55	12
12.7.2013	82	73	40	4
13.7.2013	65	62	26	4
14.7.2013	76	72	38	7
15.7.2013	91	74	51	17
16.7.2013	97	74	56	27

3.4. Uusien rakennusten ääneneristävyyden vaatimukset

Asuinrakennusten asuintiloihin ulkopuolisista melulähteistä kantautuvan melutason suurin sallittu keskiäänitaso on päiväaikaan 35 dB (L_{Aeq 7-22}) ja yöaikaan 30 dB (L_{Aeq 22-7} (Vnp 993/1992)).

18.10.2024

Ääniympäristöohjeessa (Ympäristöministeriö 2018) asuinrakennuksiin kohdistuvasta melun hetkellisestä maksimitasosta todetaan seueravaa:

”Rakennuspaikka voi sijaita alueella, missä asumisterveys tai –viihtyisyys vaarantuvat yksittäisistä voimakkaista melutapahtumista johtuen, vaikka ohjearvopäätöksen lukuarvot eivät ylittyisi. Esimerkiksi raideliikenteen lähelle tai lentoasemien lähelle kiitoteiden jatkeille sijoittuvien rakennusten ulkovaippaan voi kohdistua ohiajossa tai yllennon aikana voimakas äänenpaine. Suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota, ettei ohjearvopäätöksen [17] mukaisten sisämelutasojen lisäksi A-painotettu enimmäisäänitaso LAFmax rakennuksen asuinhuoneissa ylittäisi 45 dB. Ajallisesti jatkuvaan impulssimaiseen, kapeakaistaiseen tai pienitaajuiseen ulkomeluun tulisi kiinnittää erityistä huomiota suunnittelussa, erityisesti kun kyse on rakennuksen nukkumiseen tai lepoon käytettävistä tiloista.”

Vantaan kaupungin rakennusvalvonnan rakentamistapaohjeessa (Vantaan kaupunki 2024) lentomelualueiden äänitasoeron vaatimukset asuin-, potilas- ja majoitushuoneissa sekä opetus- ja kokoontumistiloissa on 35 dB, kun kohde sijaitseen 55 ...60 dB (L_{DEN}) lentomelualueella. Lentomelualueella 50 ... 55 dB (L_{DEN}) äänitasoeron vaatimus on 32 dB. Yli 60 dB (L_{DEN}) lentomelualueelle ei määräyksen mukaan saa rakentaa uusia asuntoja eikä sijoittaa muita melulle herkkiä toimintoja.

4. Melulaskentojen tulokset

4.1. Nykyliikenne, keskiäänitasot

Tie- ja raideliikenteen aiheuttamat päiväaikaiset keskiäänitasot alittavat ohjearvotason kaikilla suunnitelluilla piha-alueilla mutta, yöaikainen keskiäänitaso ylittää ohjearvotason 45 dB. Suunnittelualueen lounais- ja eteläosaan suunniteltujen asuinrakennusten piha-alueilla (liite 1, sivut 1–2). Päiväaikana suunniteltujen asuinrakennusten julkisivuille kohdistuu suurimmillaan 59 dB keskiäänitaso Rukkamäentien puoleisilla julkisivuilla. Yöaikainen suurin julkisivuille kohdistuva keskiäänitaso on 54 dB. Suunniteltujen asuinrakennusten ääneneristysvaatimukseksi tie – ja raideliikennemelua vastaan saadaan suurimmillaan Rukkamäentien puoleisilla julkisivuilla $\Delta L = 24$ dB (= 59–35 dB päiväaikana).

18.10.2024

4.2. Ennusteliikenne, keskiäänitasot

Ennusteliikenne aiheuttaa hieman nykyliikennettä laajemmat meluvyöhykkeet, mutta melutasot eivät merkittävästi muutu. Myös ennustetilanteessa päiväaikaiset keskiäänitasot alittavat ohjearvotason kaikilla suunnitelluilla piha-alueilla ja yöaikainen keskiäänitaso ylittää ohjearvotason 45 dB suunnittelualueen lounais- ja eteläosaan suunniteltujen asuinrakennusten piha-alueilla (liite 2, sivut 1–2). Suunniteltujen asuinrakennusten julkisivuille kohdistuu suurimmillaan 60 dB keskiäänitaso päiväaikana ja 54 dB keskiäänitaso yöaikana. Suunniteltujen asuinrakennusten ääneneristysvaatimukseksi tie – ja raideliikennemelua vastaan saadaan suurimmillaan Rukkamäentien puoleisilla julkisivuilla $\Delta L = 25$ dB (= 60–35 dB päiväaikana).

4.3. Suunniteltu meluntorjunta

Suunnittelualueen lounais- ja eteläosaan suunniteltujen asuinrakennusten piha-alueilla yöaikainen keskiäänitaso ylittää ohjearvotason 45 dB. Piha-alueita suojaamaan mitoitettiin 3 metriä korkeat meluseinät rakennusmassojen väliin. Suunnitellulla meluntorjuntaratkaisulla saadaan osa piha-alueista suojattua, mutta edelleen 4 asuinrakennuksen piha-alueella melutasot ovat yli ohjearvotason (liite 4, sivut 1-2).

4.4. Julkisivuihin kohdistuvat melun hetkelliset maksimitasot (LAFmax)

Laskennallisen tarkastelun perusteella junaliikenne aiheuttaa suunniteltujen asuinrakennusten julkisivuilla korkeimmillaan 73 dB melun hetkellisen maksimitason (LAFmax) (liite 5, sivu 1). Raideliikenteen maksimitasojen perusteella suunniteltujen asuinrakennusten ääneneristysvaatimukseksi raideliikennemelua vastaan saadaan suurimmillaan Rukkamäentien puoleisilla julkisivuilla $\Delta L = 28$ dB (= 73–45 dB).

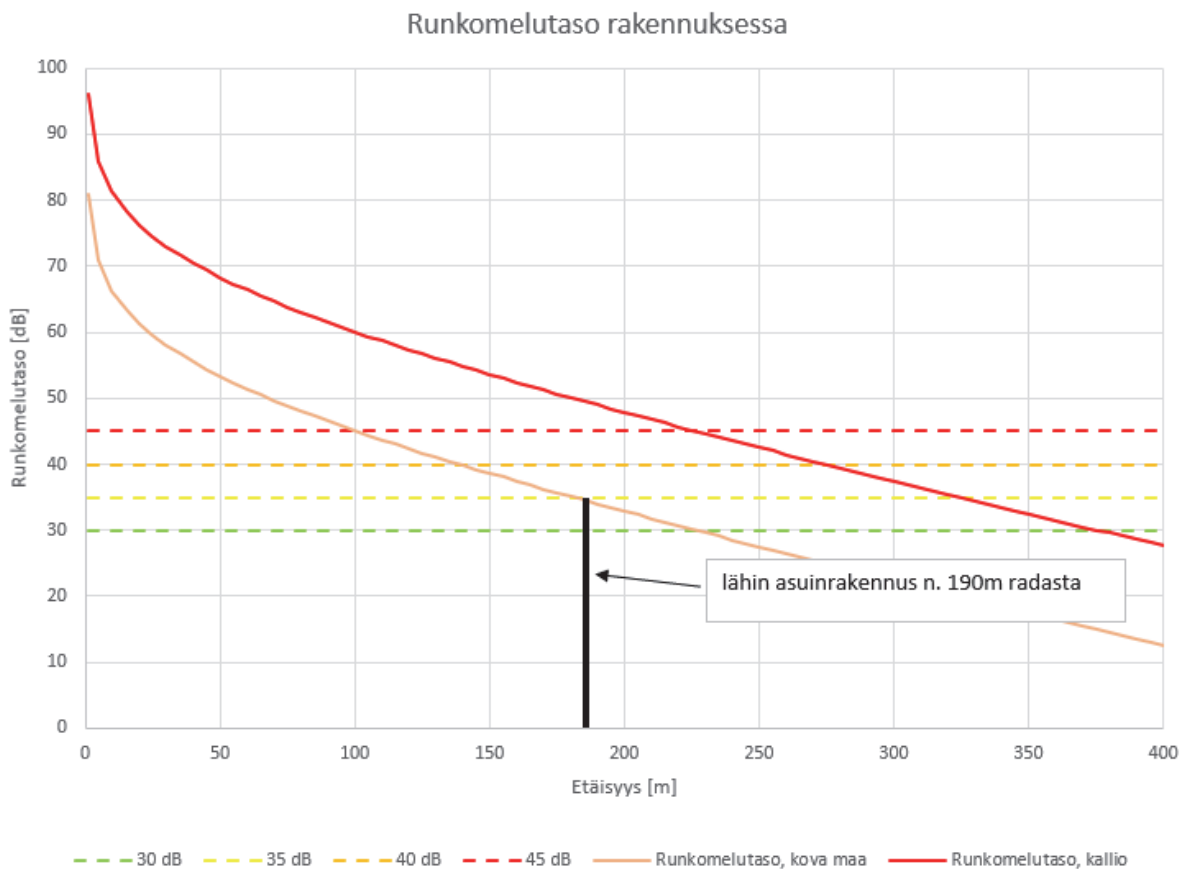
4.5. Runkomelulaskennan tulokset

Selvityksessä laskettiin raideliikenteen radan itäpuolelle asemakaava-alueen suunniteltaviin asuinrakennuksiin aiheuttamia runkomelutasoja. Lähimmän asuinrakennuksen julkisivun etäisyys lähimpään raiteeseen on noin 190 metriä.

Maaperä on vaihtelevaa asemakaava-alueen ja radan välissä. Raideliikenteen runkomelu voi siirtyä asemakaava-alueen rakennuksiin kallion yläpuoleisia maakerroksia pitkin tai mahdollisesti osittain kallioreittiä pitkin. Koska radan läheisyydessä on suurelta osin ns.

18.10.2024

kovaa maata ja kalliopinta on suurelta osin lähellä maanpintaa, on laskennassa tehty kovan maaperän oletus (kuvan ruskea käyrä). Kuvan 5 maaperätietojen perusteella kalliota sijaitsee osin radan kohdalla ja kallio on osin hyvin lähellä maanpintaa erityisesti rataa lähimmäksi suunniteltavien rakennusten kohdalla. Tämän perusteella on olemassa riski, että runkomelu voi siirtyä rakennuksiin myös kallioreittiä pitkin (kuvan punainen käyrä). Todellisuudessa sekä kovan maaperän oletus, että kallioreitin oletus todennäköisesti yliarvioivat aiheutuvan runkomelun voimakkuutta.



Kuva 8. Laskennallisesti arvioitu runkomelutaso rakennuksessa erikseen savimaan ja kallioreitin oletuksella.

Lähimmän asuinrakennuksen alimpaan kerrokseen arvioidaan muodostuvan kovan maan siirtymäreitin oletuksella alle 34 dB runkomelutaso ja kallion siirtymäreitin oletuksella alle 49 dB runkomelutaso. Suurin runkomeluhaitan riski koskee asemakaava-alueen länsiosan rataa lähimpiä rakennuksia, jossa kallio sijaitsee paikoin lähellä maanpintaa.

Laskennallisesti määritetty runkomelun tarkastelusuureen L_{prm} arvo alittaa asemakaava-alueen asuinrakennusten tapauksessa annetun suurimman sallitun arvon 35 dB kovan

18.10.2024

maaperän oletuksella. Suunnittelualueen länsiosassa on olemassa riski asuinrakennusten runkomelun suurimman sallitun arvon 35 dB ylityksestä.

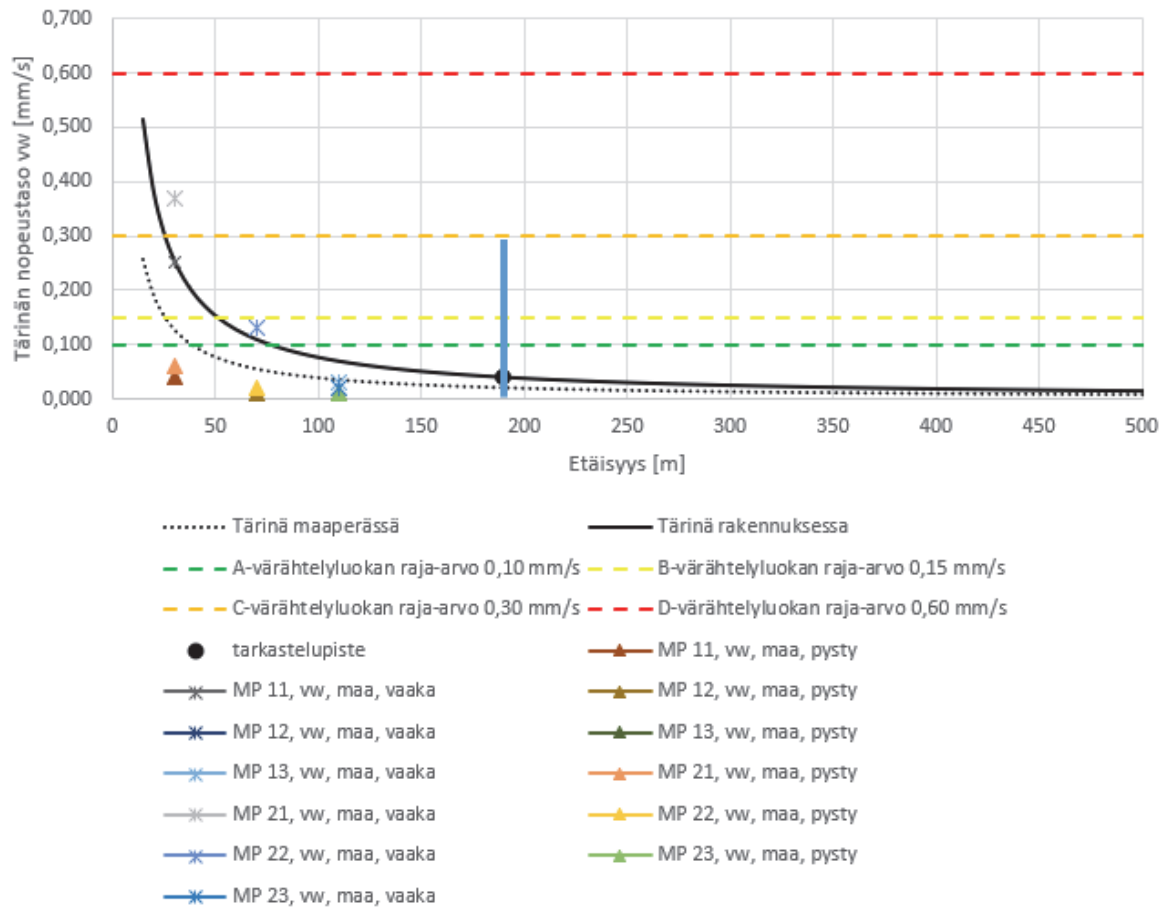
4.6. Tärinälaskennan tulokset

Raideliikenteen aiheuttaman tärinän voimakkuutta asemakaava-alueen rakennuksiin arvioitiin laskennallisen tarkastelun sekä asemakaava-alueen ja radan välissä aikaisemmin tehtyjen tärinämittausten perusteella (Forcit Consulting Oy, Liikennetärinämittaus, Peltolammi, Tampere, 27.5.2021). Lähimmän asuinrakennuksen julkisivun etäisyys lähimpään raiteeseen on noin 190 metriä. Laskennallisten tarkastelun laskentakertoiminen valinnassa hyödynnettiin alueella tehtyjen tärinämittausten tuloksia. Tässä tapauksessa laskentakertoimia ei varsinaisesti kalibroitu mittaustulosten perusteella vaan päädyttiin valitsemaan tarkasteluun alarajan kertoimet ilman varmuuskertoimen käyttöä.

Tärinämittaukset on tehty aikavälillä 7.5.2021 – 14.5.2021 (8 vuorokautta) ja mittauspisteet sijaitsivat kahdessa mittaustulossa savimaassa maapiikeillä (lisäksi punnuspaino). Mittausten aikana rataosuudella kulki henkilöjunia sekä tavarajunia. Hieman yllättävä seikka on, että suurinta mittaustulosta ei aiheuttanut tavarajuna, vaan suurimman mittaustuloksen aiheutti henkilöliikenteen juna IC54, jonka nopeudeksi mittauspisteellä on ilmoitettu 130 km/h. Tyypillisesti tärinän osalta merkitsevin junatyyppejä on tavarajunat, mikäli rataosuudella kulkee raskaita tavarajunia. Tavara- ja henkilöliikenteen junien huomattava nopeusero voi selittää osaltaan asiaa. Sweco Finland Oy:lta saatujen raideliikennetietojen perusteella ko. rataosuudella kulkee ajoittain varsin painavia tavarajunia (6300 tonnia). Saatujen tietojen perusteella mittausten ajankohtana liikennöinti ei poikennut erityisesti normaalista, vaikkakin painavimpien tavarajunien paino on jäänyt jonkin verran alle yllä ilmoitetun suurimman mahdollisen (6300 tonnia).

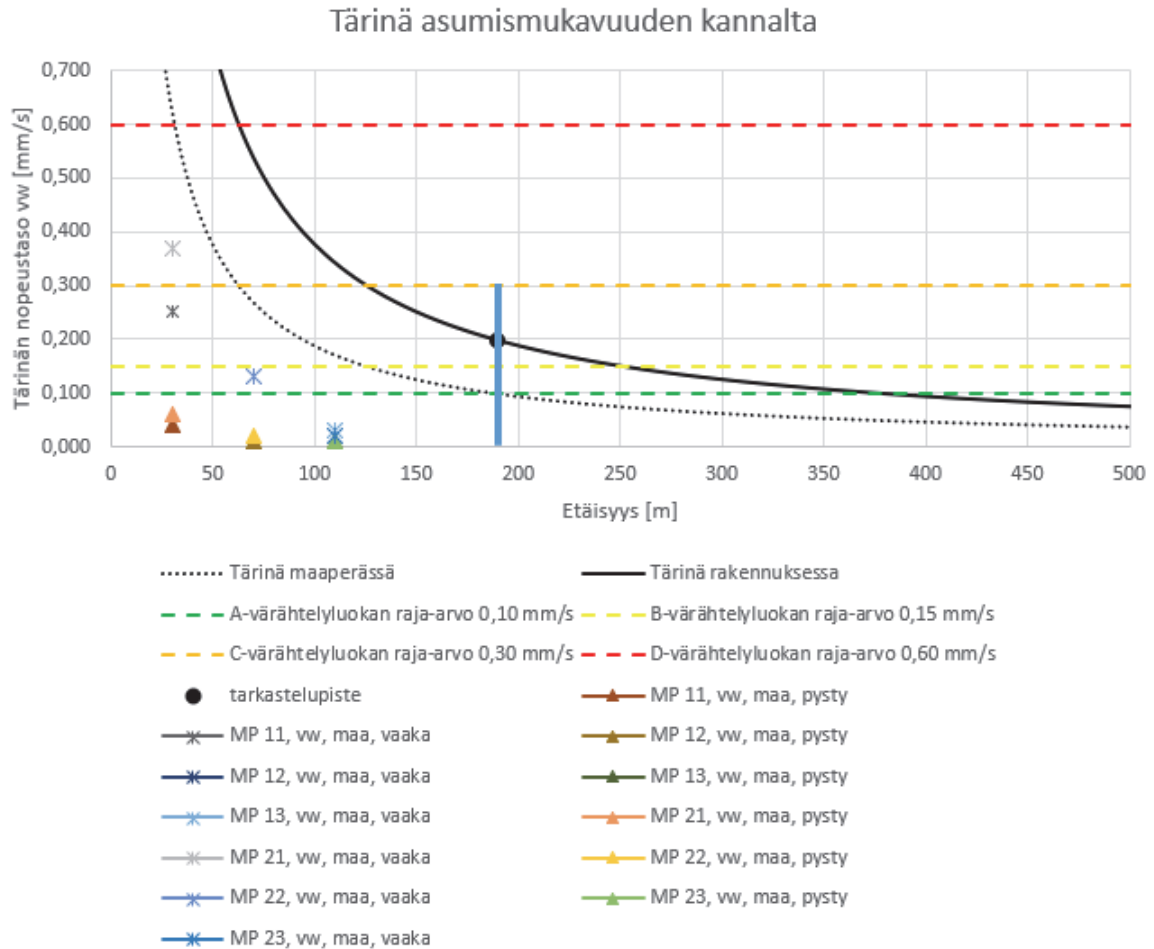
18.10.2024

Tärinä asumismukavuuden kannalta



Kuva 9. Laskennallisesti arvioitu henkilöliikenteen junien suurin aiheuttama tärinän suuruus maaperässä ja rakennuksessa sekä vuoden 2021 tärinämittausten suurimmat tulokset vaaka- ja pystysuunnassa.

18.10.2024



Kuva 10. Laskennallisesti arvioitu tavaraliikenteen junien suurin aiheuttama tärinän suuruus maaperässä ja rakennuksessa sekä vuoden 2021 tärinämittausten suurimmat tulokset vaaka- ja pystysuunnassa.

Raideliikenteen aiheuttamaksi tärinän tarkastelualueen $v_{w,95}$ arvoksi määritettiin merkitsevimmässä tapauksessa (tavarajuna) suurimmillaan 0,2 mm/s rataa lähimmässä rakennuksessa. Tämä laskennallisesti määritetty arvo alittaa tärinälle annetut tärinän raja-arvot.

5. Johtopäätökset

5.1. Tie -ja raideliikenteen aiheuttamat melutasot

- Suunniteltujen asuinrakennusten sisäpihoilla sekä piha-alueilla tie -ja raideliikenteen aiheuttamat päivä- aikaiset melutasot alittavat ohjearvon mukaiset

18.10.2024

melutasot. Yöaikainen ohjearvotaso 45 dB ylittyy suunnittelualueen lounais- ja eteläosaan suunniteltujen asuinrakennusten piha-alueilla.

- Piha-alueita suojaamaan mitoitettiin 3 metriä korkeat meluseinät rakennusmassojen väliin. Suunnitellulla meluntorjuntaratkaisulla saadaan osa piha-alueista suojattua, mutta ohjearvotaso ylittyy edelleen neljän asuinrakennuksen piha-alueella.
- Asuinrakennusten julkisivuilla tie- ja raideliikenteen aiheuttamat päiväaikaisten keskiäänitasot ovat korkeimmillaan 59 dB ja yöaikaisten keskiäänitasot 54 dB nykytilanteessa ja ennustetilanteessa päiväaikana 60 dB ja yöaikana 54 dB.
- Melutasot asuinrakennusten julkisivuilla ylittävät yleisesti ulkoalueiden ohjearvot, joten Tampereen kaupungin melulinjauksen mukaisesti näille julkisivuille tulee asettaa kaavamääräykset parvekkeiden lasittamisesta. Asemakaavamääräyksessä tulee edellyttää meluselvityksen mukaista äänitasoerovaatimusta huomioon ottaen, että kohteeseen sovelletaan yöajan ohjearvoa 45 dB.
- Junaliikenne aiheuttaa suunniteltujen asuinrakennusten julkisivuilla korkeimmillaan 73 dB melun hetkellisen maksimitason (L_{AFmax}).
- Suunniteltujen asuinrakennusten ääneneristysvaatimukseksi tie – ja raideliikennemelua vastaan saadaan suurimmillaan keskiäänitasojen perusteella $\Delta L = 25$ dB (ennustetilanne). Raideliikenteen maksimitasojen perusteella suunniteltujen asuinrakennusten ääneneristysvaatimukseksi raideliikennemelua vastaan saadaan suurimmillaan $\Delta L = 28$ dB. Täten tie- ja raideliikenteen aiheuttaman melun perusteella ei ole tarvetta asettaa asemakaavamääräyksenä äänitasoerovaatimusta. Melualueella sijaitsevia asuinrakennuksia koskee kuitenkin ääniympäristöasetuksen 796/2017 ulkovaipan ääneneristävyyden minimivaatimus, $\Delta L = 30$ dB.

5.2. Lentoliikenteen aiheuttaman melun huomioon ottaminen

- Asemakaava-alue sijoittuu lentoliikenteen laskeutumisalueelle, jolloin kantakaupungin yleiskaavan mukaan asumiseen ja muille melulle herkkiin toimintoihin käytettävien rakennusten ulkovaipan ääneneristävyyden lento- ja tieliikennemelua vastaan on oltava vähintään 35 dB. Tämä kaavamääräys tulee

18.10.2024

antaa erityisesti lentoliikenteen aiheuttaman melun torjumiseksi ja se riittää hyvin myös tie- ja katuliikenteen aiheuttaman melun haittojen lieventämiseksi keskiäänitasojen osalta.

- Vuonna 2013 tehtyjen lentoliikenteen melumittausten aikana asemakaava-alueen läheisyydessä mitattiin kolmen viikon aikana 9 kpl yli 90 dB (L_{ASmax}) ja 37 kpl yli 80 dB (L_{ASmax}) lentoliikenteestä aiheutuvaa melutapahtumaa. Mittausten aikana todennettujen voimakkaiden melutapahtumien lukumäärää voidaan pitää suhteellisen suurena. Raportissa mainitaan, että mittaukset on tehty ajankohtana, jolloin ilmavoimilla on aktiivista lentotoimintaa.
- Mittausraportin tulosten perusteella arvioituna sotilaslentotoiminnan aiheuttamat melun keskiäänitasot ovat kuitenkin maltillisia, vaikka lentotoiminta on vilkasta. Mittaustulosten perusteella päiväaikaisen keskiääntiaso 55 dB arvioitiin ylittyvän kahtena päivänä.
- Sotilaslentotoiminnan aiheuttamien melun hetkelliset maksimitasot voivat ajoittain nousta yli 90 dB (L_{ASmax}) tason, jolloin asuinrakennusten sisätiloissa melutasot nousevat hetkellisesti yli 45 dB tason. Näiden hetkellisten melutapahtumien lukumäärä jää kuitenkin suhteellisen vähäiseksi, vuonna 2013 tehtyjen yli 3 viikkoa kestävä mittausten aikana näitä tapahtumia oli yhteensä 37 kpl. Tarkasteltaessa näitä tuloksia on huomattava, että arvioinnissa käytetty aineisto koskee harjoitustilannetta, jolloin sotilaslentotoiminta alueella on ollut vilkasta. Normaalitylanteessa hetkellisesti korkeiden melutasojen esiintyminen on vähäisempää kuin tarkastellun mittauksen aikana.
- Vuonna 2013 tehtyjen mittausten perusteella sotilaslentoliikenteen aiheuttamiin hetkellisten melutapahtumien häiriöihin tulee varautua asuinrakennusten suunnittelussa. Jos rakennusten ulkovaipan ääneneristävyys mitoitetaan 90 dB (L_{ASmax}) hetkellisen melutaso perusteella siitä seuraisi rakennuksen ulkovaipalle 45 dB äänitasoerovaatimus. Edellä mainittua äänitasoerovaatimusta voidaan pitää poikkeuksellisen haastavana saavuttaa oli sitten puu- tai kivirakenteinen asuintalo. Se ei ole siten välttämättä rakennusteknisesti mahdollista toteuttaa.

5.3. Raideliikenteen tärinä- ja runkomeluvaikutukset

- Laskennalliseen arviointiin ja alueella tehtyihin mittauksiin perustuvan arvioinnin perusteella raideliikenteen aiheuttaman tärinän laskennallisesti määritetyt tarkastelusuureet alittavat tärinälle asetetut raja-arvot.
- Laskennallisesti määritetty runkomelun tarkastelusuureen L_{prm} arvo alittaa asemakaava-alueen asuinrakennusten tapauksessa annetun suurimman sallitun arvon 35 dB kovan maaperän oletuksella. Suunnittelualueen länsiosassa on olemassa kuitenkin riski asuinrakennuksille asetetun runkomelun raja-arvon ylityksestä.
- Rakennusten kohdalle aiheutuvan runkomelun voimakkuus on mahdollistaa selvittää tarkemmin raideliikenteen värähtelymittauksin.

Helsingissä & Oulussa 18.10.2024

WSP Finland Oy

Ville-Veikko Kyllönen

Meluasiantuntija

Akustiikka ja melu

Joni Kemppainen

Projektipäällikkö

Akustiikka ja melu

6. Viitteet

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

Finavia 2013: Lentokonemelumittaus Tampere-Pirkkalan lentoaseman lähialueilla. Mittausraportti 18.11.2013.

Finavia 2014: Tampere-Pirkkalan lentoaseman melutilannevisio vuodelle 2040. Taustaineistoa Pirkanmaan maakuntakaavaan 2040. Finavia Oy, ympäristö. 18.6.2014.

Finavia 2023: Finavia Oyj:n kommentti asemakaavaluonnoksesta 8804 Peltolammi, koulun alueen muutos asumiseen, Tampere. 9.1.2023

18.10.2024

Finavia 2023: Finavia Oyj:n kommentti asemakaavaluonnoksesta 8628 Peltolammi, Lakalaiva, hyvinvointikeskus, liiketilaa ja asumista, Tampere. 13.1.2023.

Finavia 2024: Finavia Oyj:n lausunto asemakaavaehdotuksesta nro 8628 Peltolammi, Lakalaiva, hyvinvointikeskus, liiketilaa ja asumista, Tampere. – Luusnto 19.1.2024. FINAVIA 5090.

Kuopion kaupunki 2021: Meluidan rakentamistaohje, 15.4.2021. https://www.kuopio.fi/uploads/2023/04/kuopion-kaupungin-meluidan-rakentamistaohje_210415.pdf

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

Puolustusvoimat 2024: ASEMAKAAVAEHDOTUS, PELTOLAMMI, LAKALAIVA, HYVINVOINTIKESKUS, ASEMAKAAVA NRO 8628, TAMPERE. – Lausunto. 19.1.2024. BU1094, 499/10.02/2024. 2. Logistiikkarykmentti, Esikunta, Turku.

Tampereen kaupunki 2023: Kaavayhdistelmä. Kantakaupungin vaiheyleiskaava – valtuustokausi 2017 – 2021 (9.6.2023) ja Kantakaungin yleiskaava 2040 (20.1.2020). [Kartta1_Yleiskaavayhdistelmä.indd \(tampere.fi\)](#)

Vantaan kaupunki 2024: Rakennuksen ulkovaipan ääneneristysvaatimukset. Rakennusvalvonta. Rakentamistaohje. 5.3.2024.



**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**

Nykyliikenne

Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus

Kaava-alue



**Päiväajan keskiäänitaso
LAeq07-22 [dB]**

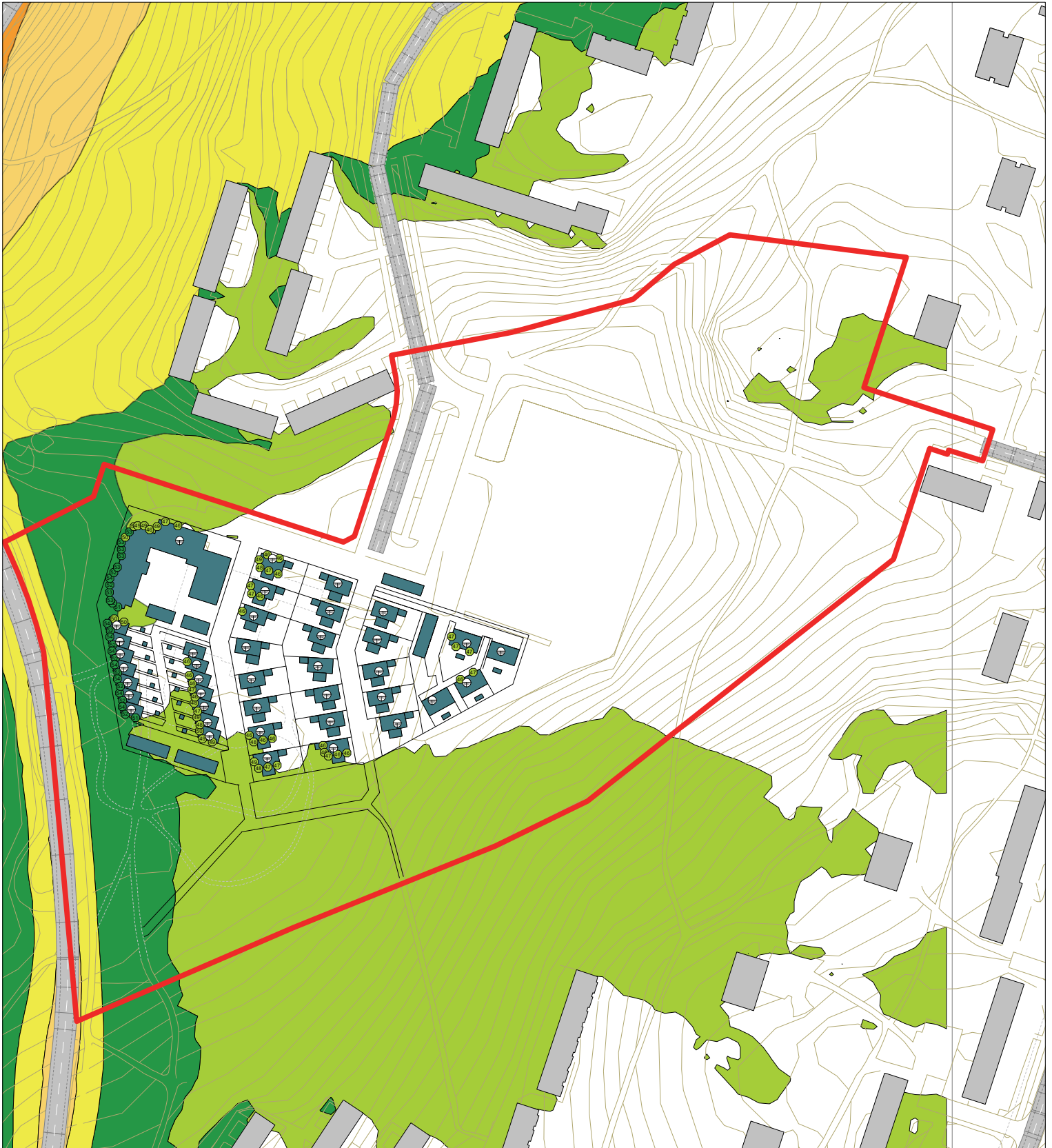
- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 65.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB

Pohjoismainen
tie- ja raiteliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m



Mittakaava: 1:2500 (A4)

WSP Finland Oy
16.10.2024



**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**

Nykyliikenne

Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus

Kaava-alue



**Yöajan keskiäänitaso
LAeq22-07 [dB]**

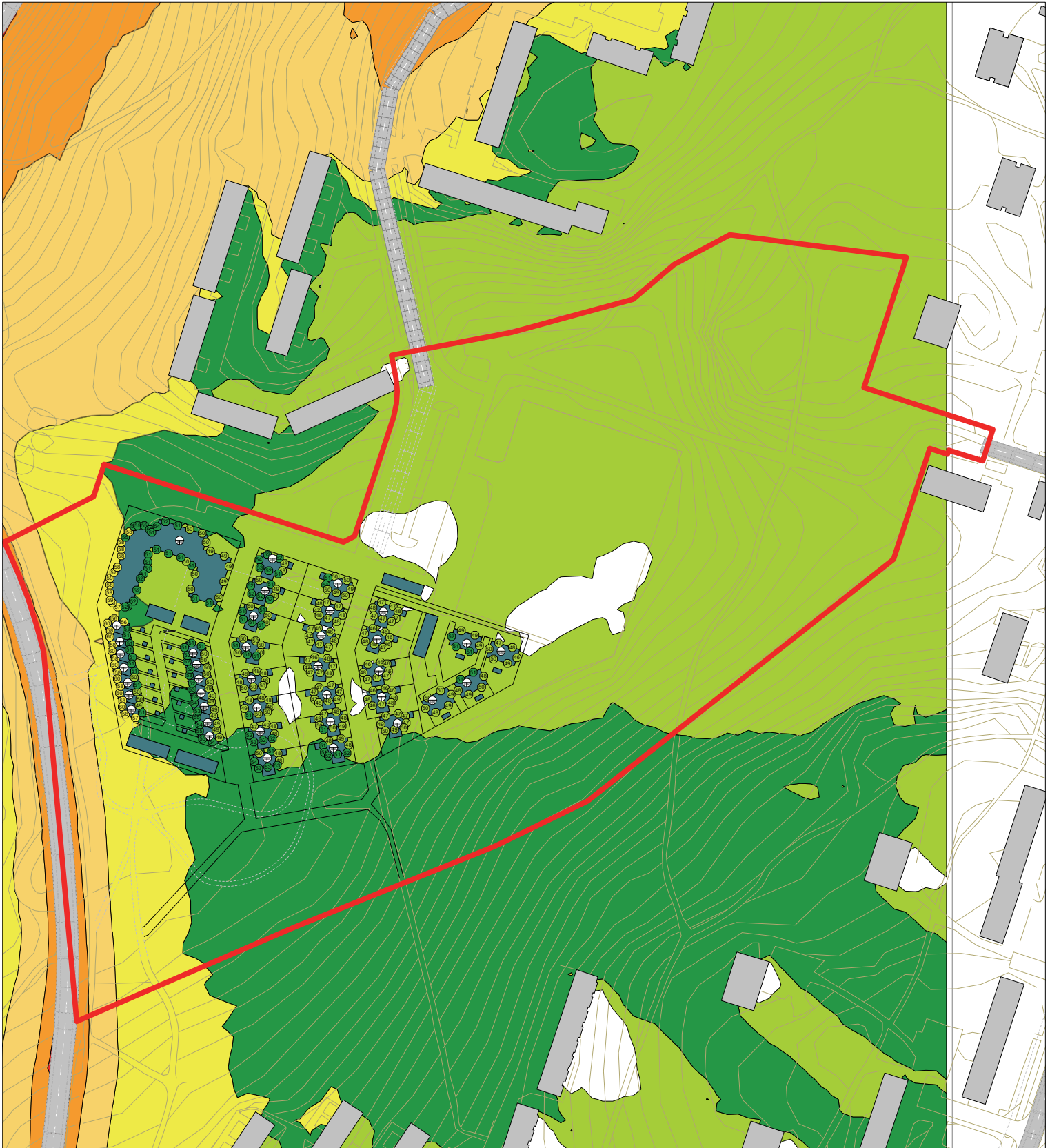
- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB

Pohjoismainen
tie- ja raideliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m



Mittakaava: 1:2500 (A4)

WSP Finland Oy
16.10.2024



**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**

Ennusteliikenne 2040

Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus

Kaava-alue



**Päiväajan keskiäänitaso
L_{Aeq}07-22 [dB]**

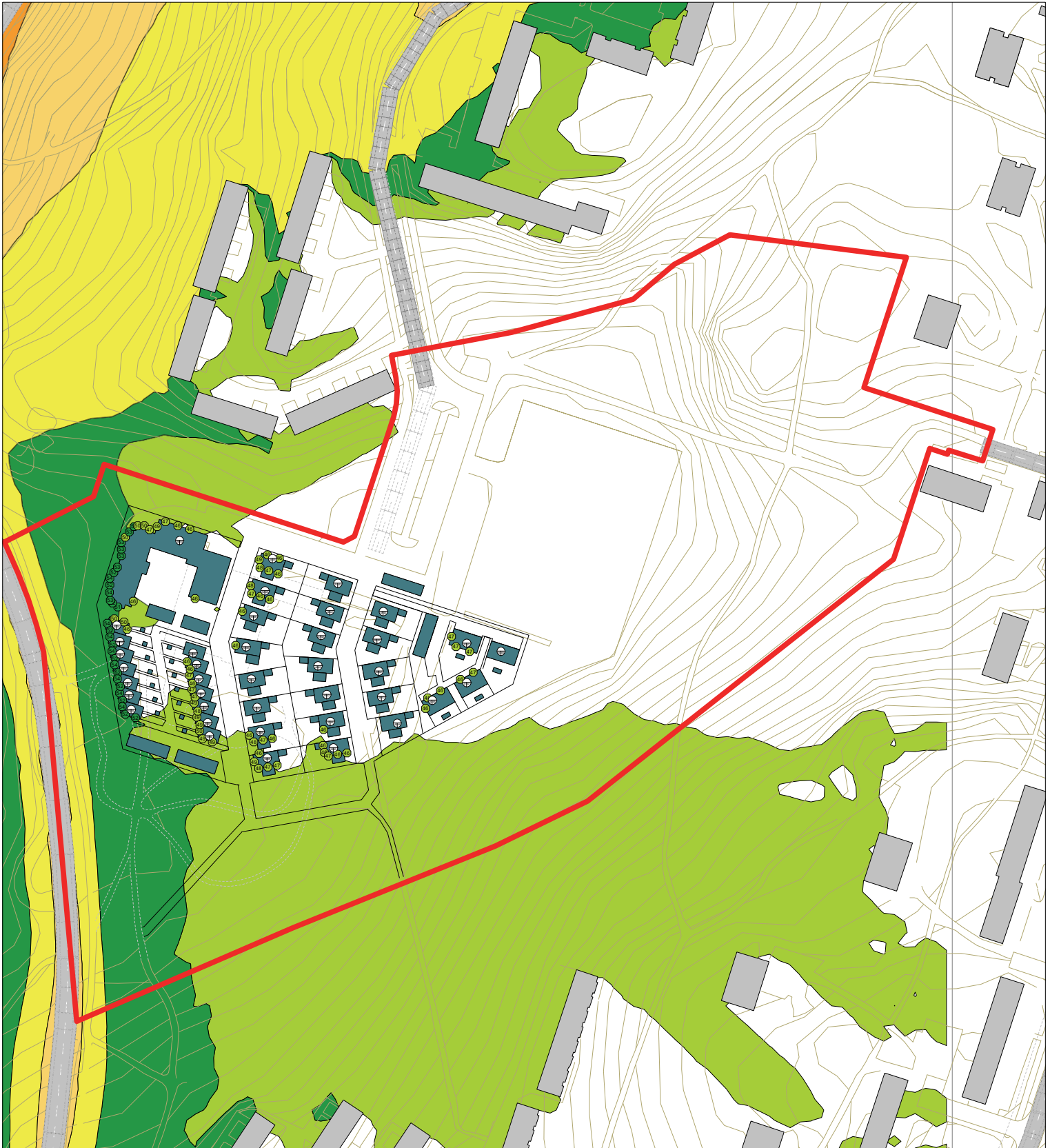
- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB

Pohjoismainen
tie- ja raideliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m



Mittakaava: 1:2500 (A4)

WSP Finland Oy
16.10.2024



**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**

Ennusteliikenne 2040

Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus

Kaava-alue



**Yöajan keskiäänitaso
LAeq22-07 [dB]**

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

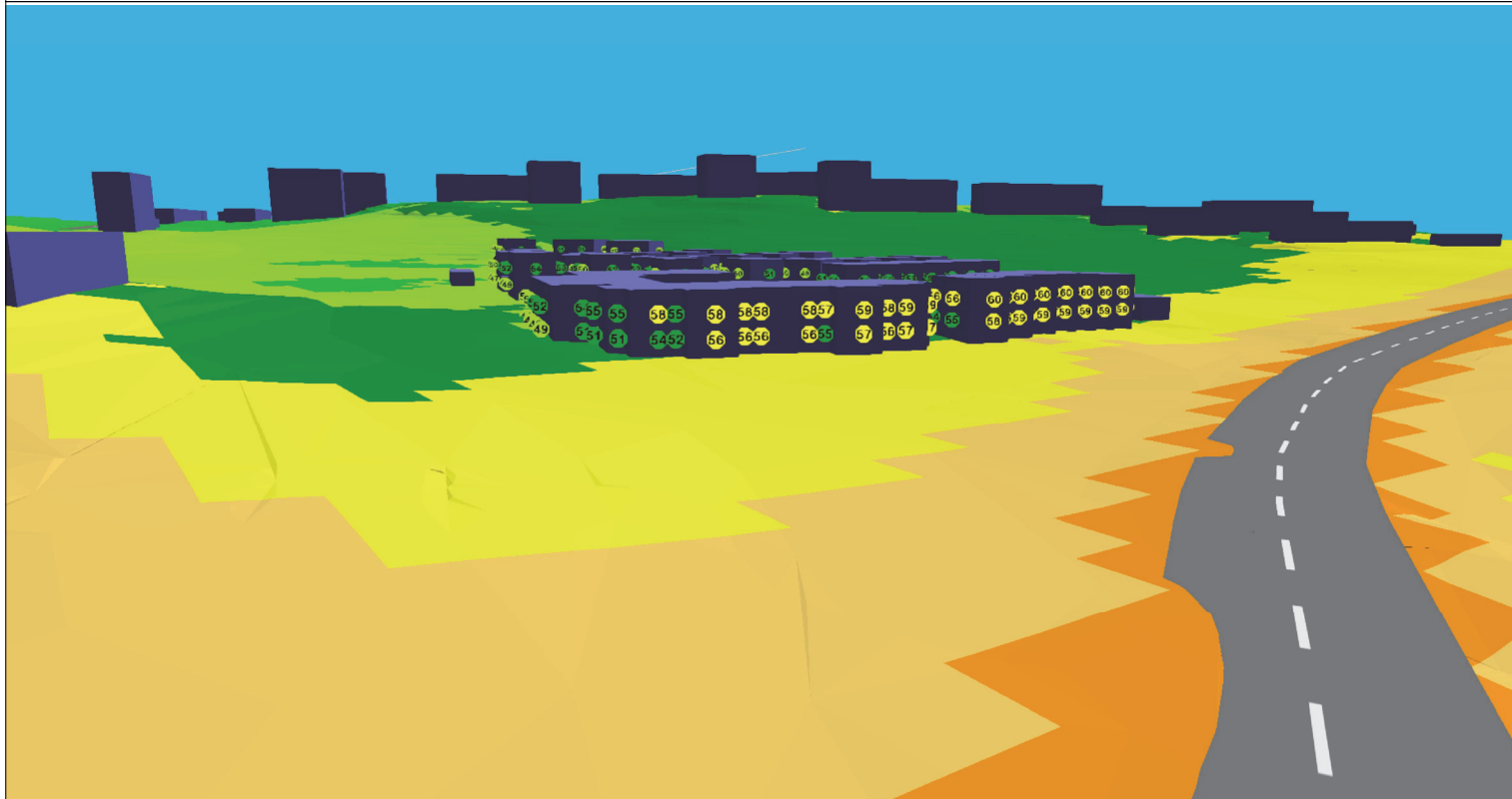
Pohjoismainen
tie- ja raideliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m



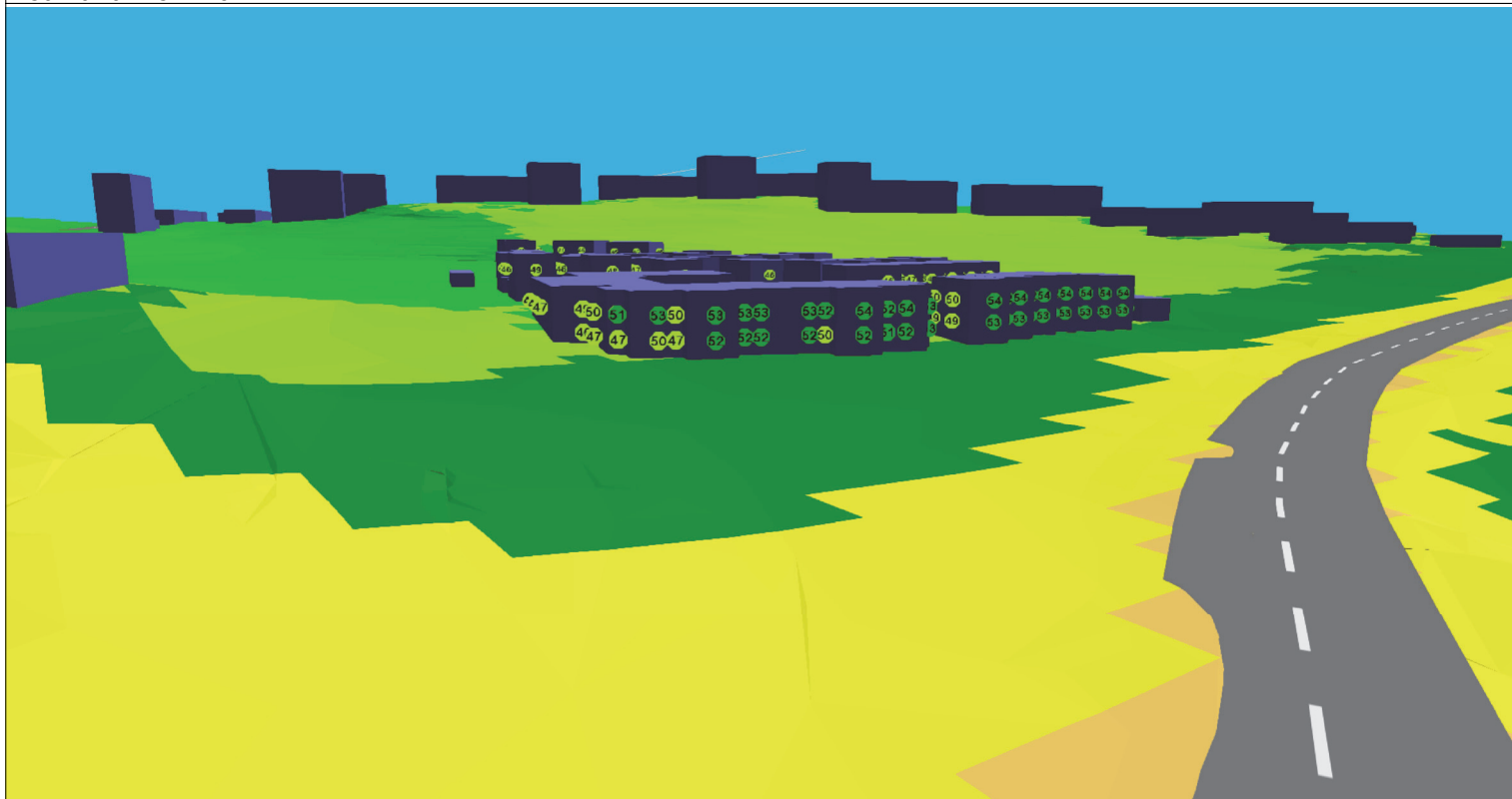
Mittakaava: 1:2500 (A4)

WSP Finland Oy
16.10.2024

Päiväaika klo 07-22





Yöaika klo 22-07










**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**

Ennusteliikenne
3D-näkymä
lounaasta

 Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus



**Keskiäänitasot LAeq
[dB]**

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

Pohjoismainen
tieliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m



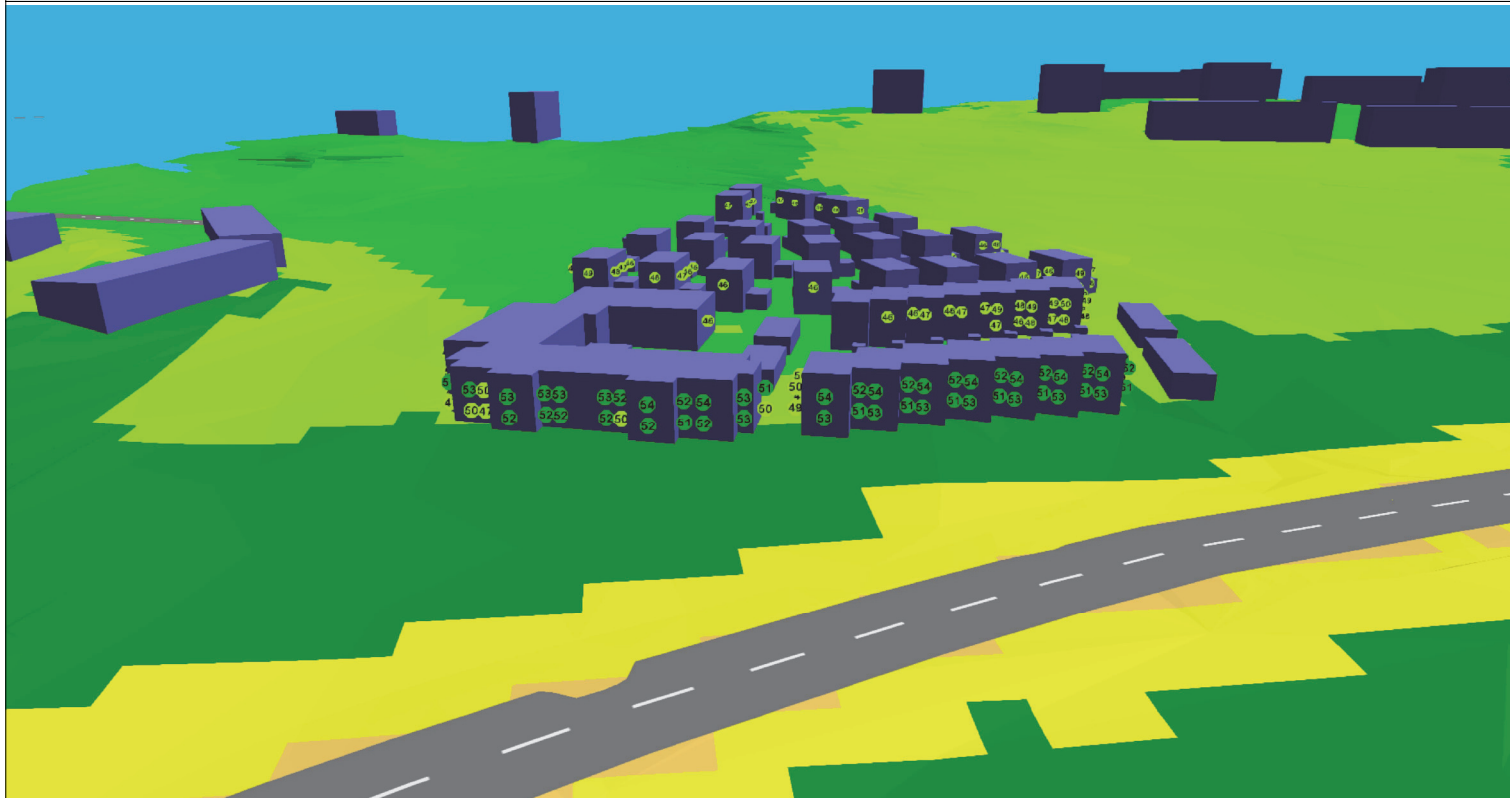
Mittakaava: 1:0 (A4)

WSP Finland Oy
17.10.2024

Päiväaikana klo 07-22





Yöaikana klo 22-07



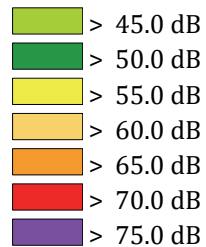
**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**

Ennusteliikene
3D-näkymä
länneestä

 Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus



**Keskiaänitasot LAeq
[dB]**



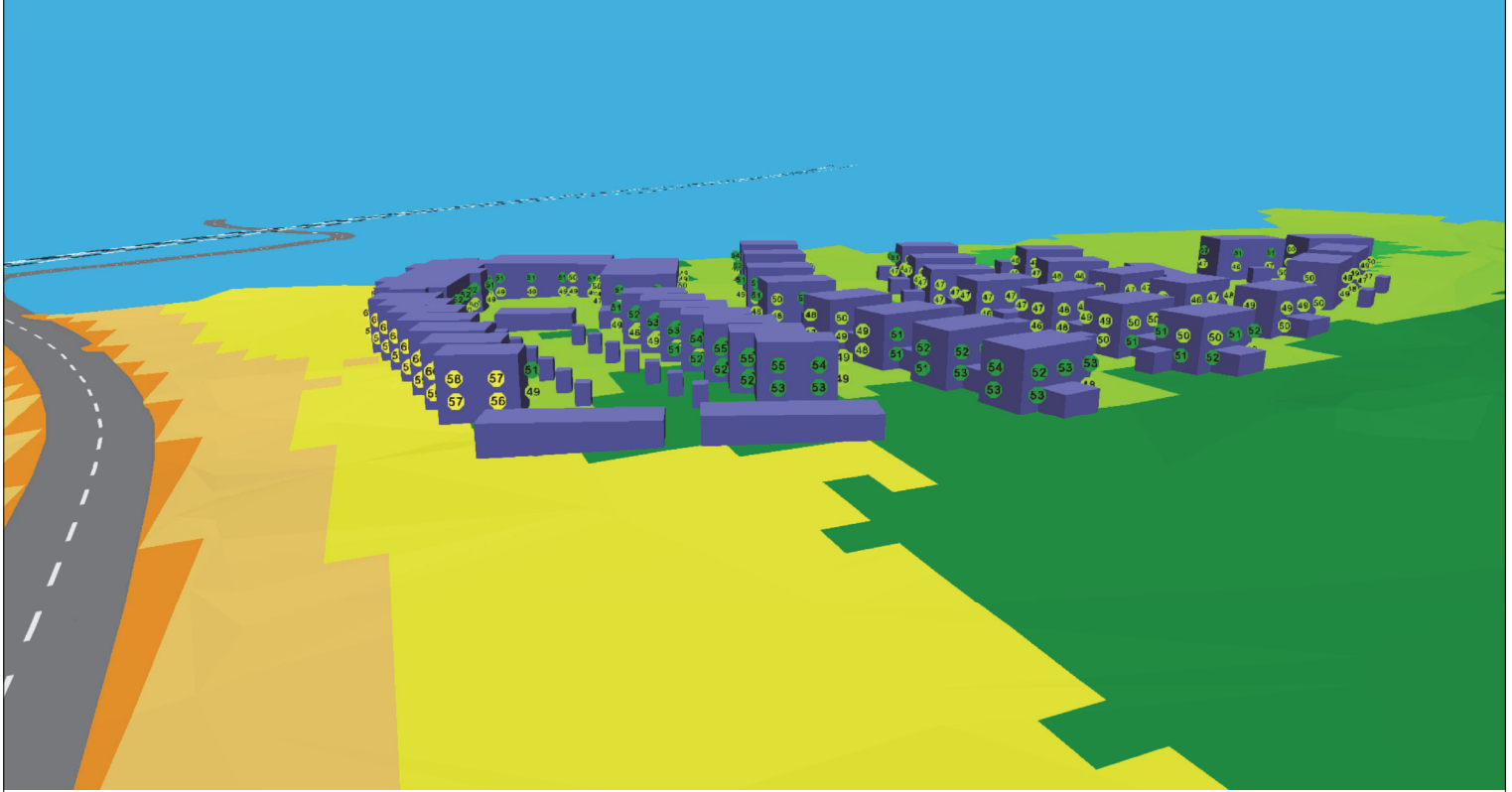
Pohjoismainen
tie- ja raideliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m



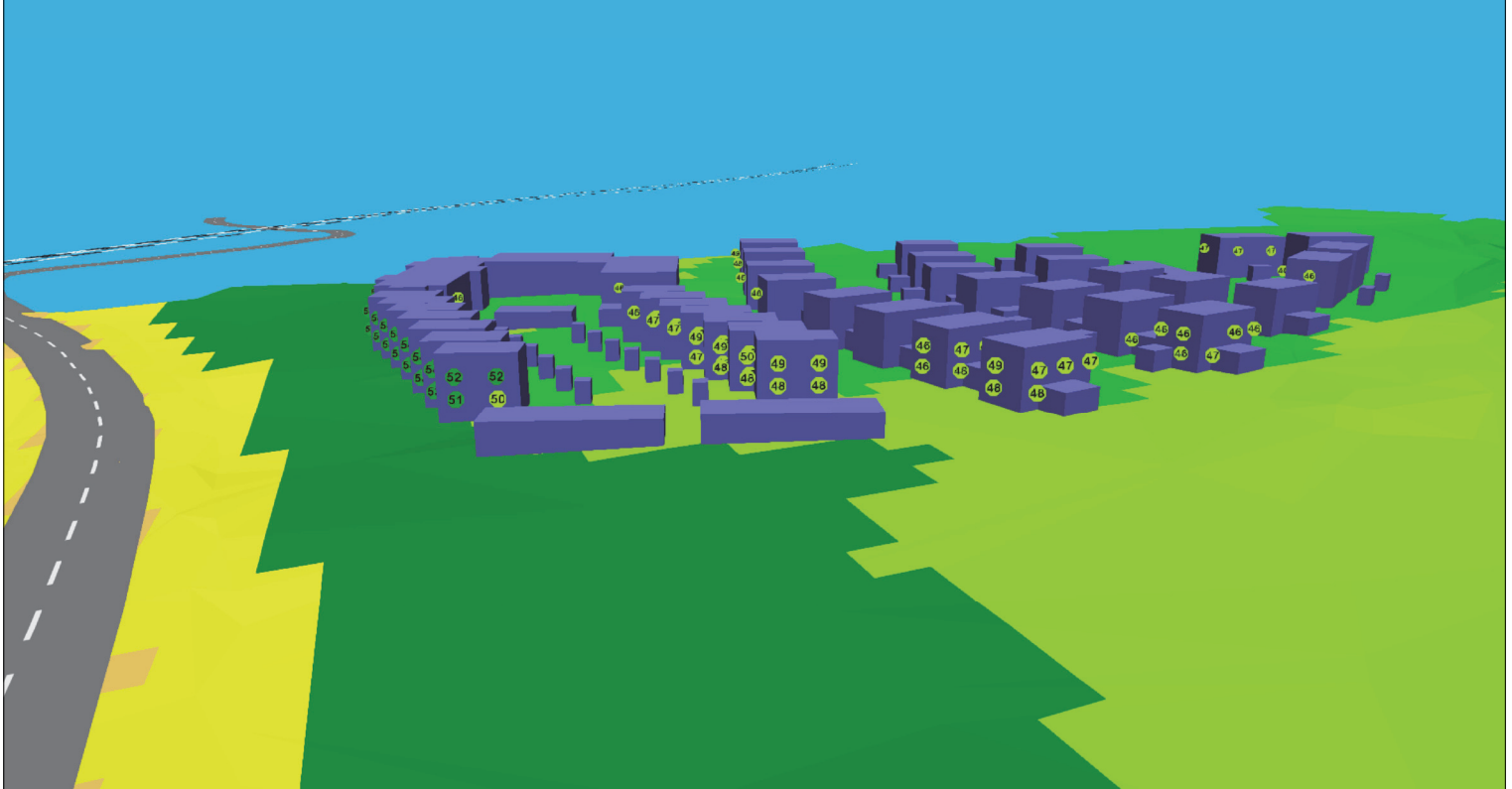
Mittakaava: 1:0 (A4)

WSP Finland Oy
17.10.2024

Päiväaikana klo 07-22





Yöaikana klo 22-07










**PELTOLAMMIN
ASEMKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**

Ennusteliikenne
3D-näkymä
etelästä

 Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus



**Keskiäänitasot LAeq
[dB]**

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

Pohjoismainen
tie- ja raideliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m



Mittakaava: 1:0 (A4)

WSP Finland Oy
17.10.2024

Nykyliikenne





Ennusteliikenne










**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**

Junaliikenteen aiheuttamat
hetkelliset maksimitasot
3D-näkymä lännestä

 Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus



**Hetkellinen maksimitaso
[LAFmax]**

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

Pohjoismainen
raideliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m





Mittakaava: 1:0 (A4)



WSP Finland Oy
17.10.2024



**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**







Ennusteliikenne 2040
Meluntorjunnalla

 Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus

 Meluaita 3m
 Kaava-alue



**Päiväajan keskiäänitaso
L_{Aeq}07-22 [dB]**

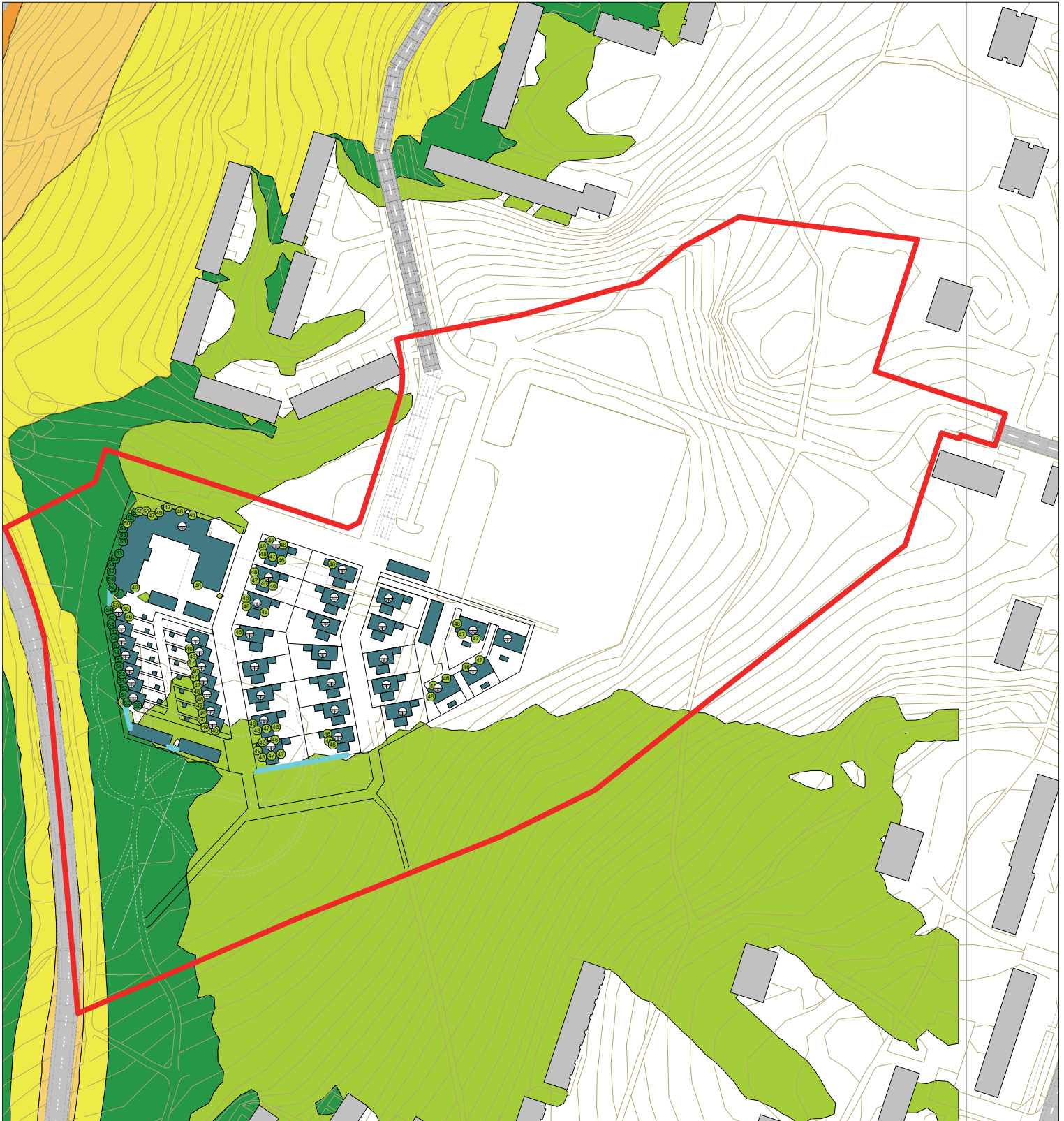
 > 45.0 dB
 > 50.0 dB
 > 55.0 dB
 > 60.0 dB
 > 70.0 dB
 > 75.0 dB

Pohjoismainen
tie- ja raitieliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m



Mittakaava: 1:2500 (A4)

WSP Finland Oy
18.10.2024



**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**

Ennusteliikenne 2040
Meluntorjunnalla

Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus

Meluaita 3m
 Kaava-alue



**Yöajan keskiäänitaso
L_{Aeq}22-07 [dB]**

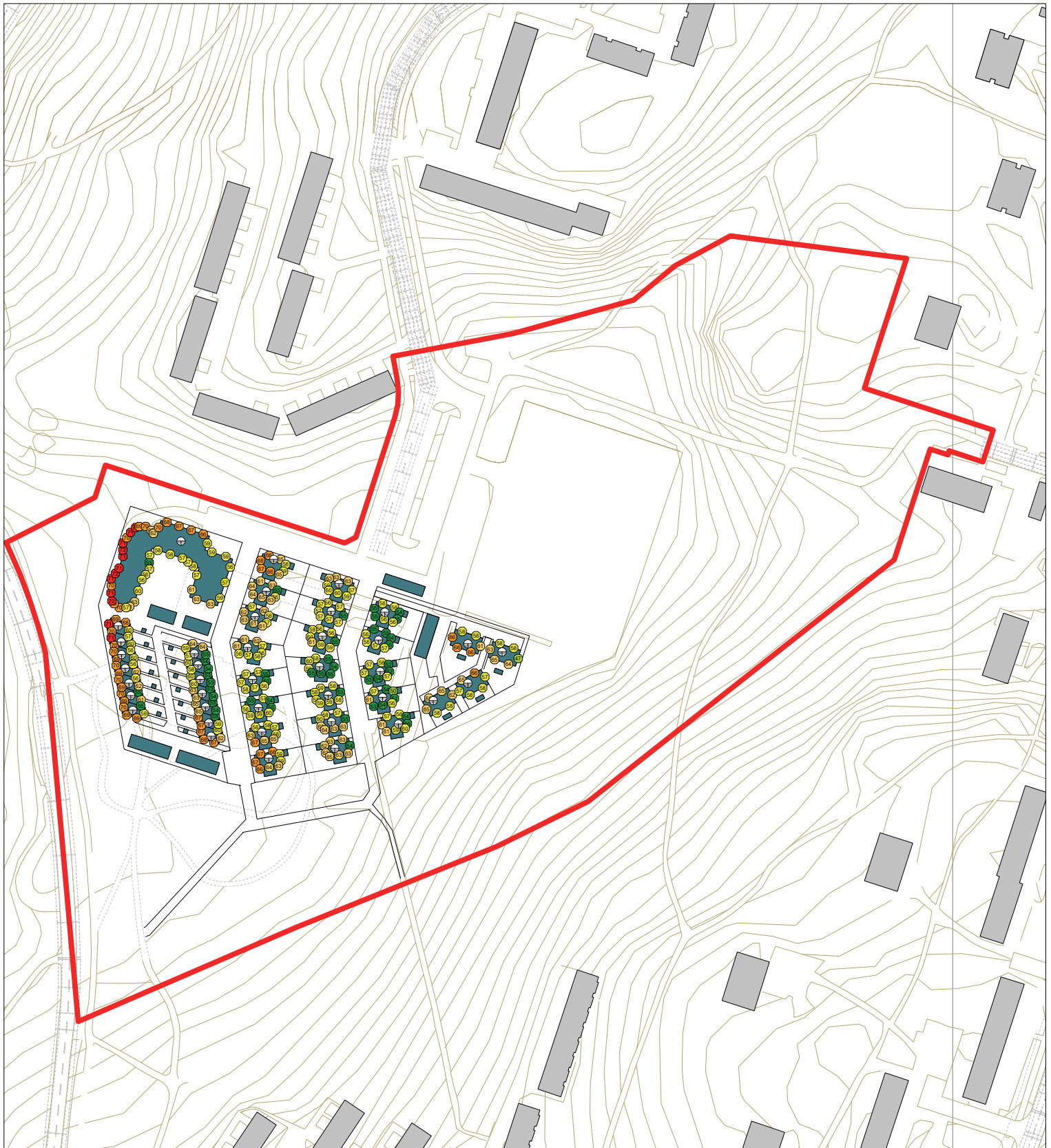
- > 45.0 dB
- > 50.0 dB
- > 55.0 dB
- > 60.0 dB
- > 65.0 dB
- > 70.0 dB
- > 75.0 dB

Pohjoismainen
tie- ja raideliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m





Mittakaava: 1:2500 (A4)


WSP Finland Oy
18.10.2024



**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**








Nykyliikenne
Junaliikenteen aiheuttama
hetkellinen maksimitaso
[LAFMax]

 Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus

 Kaava-alue



**Hetkellinen maksimitaso
[LAFmax]**

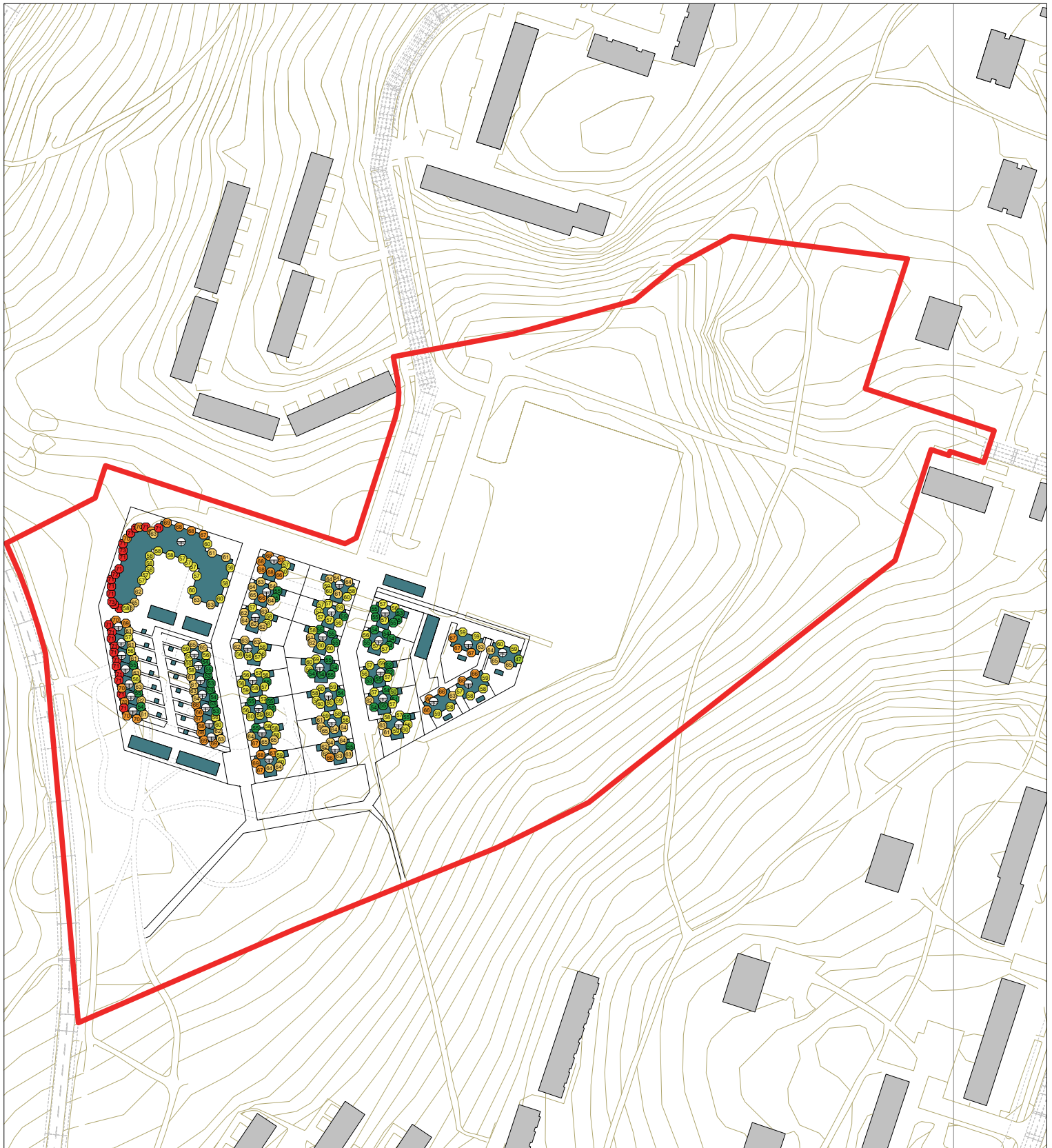
-  > 45.0 dB
-  > 50.0 dB
-  > 55.0 dB
-  > 60.0 dB
-  > 65.0 dB
-  > 70.0 dB
-  > 75.0 dB

Pohjoismainen
raideliikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m





Mittakaava: 1:2500 (A4)

WSP Finland Oy
18.10.2024



**PELTOLAMMIN
ASEMAKAAVAN NRO 8804
MELUSELVITYS**








Ennusteliikenne
Junaliikenteen aiheuttama
hetkellinen maksimitaso
[LAFmax]

 Olemassa oleva rakennus
 Suunniteltu rakennus

 Kaava-alue



**Yöajan keskiäänitaso
LAeq22-07 [dB]**

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

Pohjoismainen
raide liikennemelumalli:
laskentakorkeus 2 m
laskentatiheys 5 x 5 m



Mittakaava: 1:2500 (A4)

WSP Finland Oy
18.10.2024

18.10.2024

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

- liikennetyyppi, veturivetoiset junat,
 - korjausarvo +11 dB,
- ajoneuvon nopeuden vaikutus on huomioitu seuraavan kaavan mukaisesti, $\Delta L = 20 \times \log(v_s/v_{s0})$, jossa $v_{s0} = 100$ km/h,
 - korjauksen arvo on määritetty raideliikenteen IC2-junan arvioidulle todelliselle nopeudelle ennustetilanteessa 160 km/h.
- ajoneuvon ominaisuuksista riippuva tekijä, pääjousituksen ominaistajuus. Ohjeen vaihtoehdot 0 dB (normaali jousitus, jossa pääjousituksen ominaistajuus on alle 15 Hz) tai 8 dB (jäykkä jousitus, jossa pääjousituksen ominaistajuus 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,
 - ei eristystä, korjauksen arvo 0 dB,
- väylän sijainti,
 - avorata, korjauksen arvo 0 dB,
- rakennuksen tyyppi,
 - korjaustekijän käyttö edellyttää, että perustuksen ja kallion välissä on maa-ainesta vähintään 3 m (oletus maa-ainesta alle 3m tai paaluperustus)
 - kallioperustus korjauksen arvo 0 dB,
- tarkasteltava asuinkerros, ensimmäinen kerros
 - korjauksen arvo 0 dB
- rakenneosien resonanssin vaikutus,
 - korjauksen arvo 6 dB
- muunto äänenpainetasoksi,

- korjauksen vakio arvo -28 dB
- muunto A-painotetuksi äänenpainetasoksi, maaperästä riippuva korjaus
 - tapaus 1: keskitaajuusalue, 30 Hz – 60 Hz, tyypillinen taajuusalue koviille savi, siltti ja moreenimaille (200 m/s < vs < 500 m/s), korjaus -35 dB
 - tapaus 2: korkeitaajuusalue, yli 60 Hz, tyypillinen taajuusalue kalliolla ja iskostuneilla moreenimailla (vs > 200 m/s), korjaus -20 dB
- arviointimenetelmälle annettu varmuusmarginaali,
 - korjauksen arvo +6 dB

2. Tärinälaskenta menettely ja käytetyt lähtöarvot

Laskennallinen arviointi on tehty julkaisuissa Talja ja Törnqvist 2014 (Rautatieliikenteen aikaansaaman vaurioalttiuden kartoittaminen. Raportti VTT-R-04703-14) ja Törnqvist ja Talja 2006 (Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT working papers 50. Espoo 2006) esitettyjä laskennallisia menetelmiä käyttäen.

Kohteelle käytetyt lähtöarvot on esitetty alleviivattuina ja lihavoituna.

Värähtelyn maksimitason perusyhtälö ottaa huomioon värähtelyn lähtötasoon vaikuttavat, etäisyyskertoimen (k_D), junan nopeudesta riippuvan kertoimen (k_S), junan painosta riippuvan kertoimen (k_G) ja radan kunnosta riippuvan kertoimen (k_B):

$$V_{z,max} = v_{z,15} * k_D * k_S * k_G * k_R * k_B,$$

Kun laskennallista tarkastelua tehdään maankäytön suunnittelua varten tarkastelussa on VTT:n ohjeistuksen mukaisesti otettava huomioon ns. varmuuskertoimen (F) vaikutus. Varmuuskertoimella pyritään ottamaan huomioon arviointiin liittyvät epävarmuudet. Varmuuskertoimena suositellaan käytettäväksi arvoa 2. Tässä tapauksessa laskennan tukena on hyödynnetty alueella tehtyjä mittauksia, jolloin varmuuskerroin F saa arvon 1.

Asuintiloihin tehtävässä tärinän arvioinnissa tuloksia verrataan tärinän taajuuspainotettuun tehollisarvoon v_w , joka arvioidaan kertomalla pystysuuntaisen värähtelyn maksiarvo $V_{z,max}$ arvolla 0,4 ... 0,6.

Edellä mainitut tekijät (varmuuskerroin ja muutos taajuuspainotetuksi tehollisarvoksi) huomioiden päädyimme tulokseen, jossa laskennallisesti arvioitu tärinän hetkellinen maksiarvo maaperässä on yhtä suuri kuin rakennukseen arvioitu tärinän taajuuskorjattu heilahdusnopeuden tehollisarvo:

$$V_{z,max} = V_{w,95} = V_{z,max} * 2 * 0,5.$$

Laskennassa käytettävien tekijät ja korjaukset

Pystysuoran heilahdusnopeuden lähtöarvo muodostetaan suunnittelukohteen ja junaradan välisen alueen yleisimmän maalajin perusteella taulukossa 1 esitetyillä arvoilla (Törnqvist ja Talja 2006).

Taulukko 1. Tärinän laskentamallin pystysuora vertailuheilahdusnopeus etäisyydellä $D_0 = 15$ m raiteen keskeltä. Arvot suluisissa on tarkoitettu henkilöjunille (taulukko lähteestä Törnqvist ja Talja 2006).

Määräävä tärinä johtava maalaji *)	Vertailuheilahdusnopeus, $v_{z,15}$ (mm/s)	
	Alaraja	Yläraja
Tärinäherkkä koheesiomaa (ljSa, ljSi, Lj)	1,1 (0,7)	1,7 (1,2)
<u>Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si)</u>	<u>0,7 (0,5)</u>	<u>1,2 (0,9)</u>
Välimalajit (karkeaSi, hkSi, siHk, hienoHk)	0,4 (0,3)	0,9 (0,6)
Karkearakeinen (Hk, Sr, HkMr, SrMr)	0,3 (0,2)	0,6 (0,4)

*) Maalajiselitykset: ljSa - liejuinen savi, liSa - lihava savi, Lj - lieju, Sa - savi, saSi - savinen siltti, Si - siltti (vastaava geologinen nimike hiesu), karkeaSi - karkea siltti (vastaava geologinen nimike hieta), hkSi - silttinen hiekka (hieta), hienoHk - hieno hiekka, Hk - hiekka, Sr - sora, HkMr - hiekkainen moreeni, SrMr - sorainen moreeni.

Tarkasteltavan kohteen laskennassa maaperä on tulkittu radan ja

asemakaavakohteen rakennusten alueella normaaliksi koheesiomaaksi. Laskennassa lukuarvona on käytetty tavarajunille arvoa 0,7 ja henkilöjunille arvoa 0,5.

Etäisyyskerroin (k_d) muodostetaan kaavan $k_d = \left(\frac{D_0}{D}\right)^B$ mukaisesti, jossa

- D_0 on vertailu etäisyys 15 m,
- D on tarkasteltavan kohteen etäisyys raiteen keskelle (m)
- B on etäisyysseksponentti.

EtäisyyskspONENTTI kuvaa maaperässä etenevän värähtelyn vaimennuskykyä. Mitä suurempi eksponentti on, sitä nopeammin värähtely vaimenee. Laskennallisessa arvioinnissa käytetään taulukon 2 etäisyyskspONENTIN arvoja, jos mitattua tietoa vaimennuksesta ei ole saatavilla.

Taulukko 2. Värähtelyn laskentamallin etäisyyskspONENTIN arvot eri maalajeille (taulukko lähteestä Törnqvist ja Talja 2006).

Maalaji	EtäisyyskspONENTTI B	
	Alaraja	Yläraja
Tärinäherkkä koheesioma (ljSa, ljSi, Lj)	0,3	0,6
<u>Normaali koheesioma</u> <u>(Sa, saSi, Si)</u>	<u>0,5</u>	<u>1,0</u>
Välimaalajit (karkeaSi, hkSi, siHk, hienoHk)	0,9	1,5
Karkearakeinen (Hk, Sr, HkMr, SrMr)	1,4	2
Kallio	2	2

Tarkasteltavan kohteen laskennassa maaperä on tulkittu rautatien ja suunnittelukohteen välisellä alueella normaaliksi koheesiomaaksi. Laskennassa lukuarvona on käytetty arvoa 1,0.

Junan nopeuskerroin (k_s) muodostetaan kaavasta $k_s = \left(\frac{s^A}{s_0}\right)$, jossa

- s_0 on vertailunopeus 70 km/h,
- s on **tarkasteltavan henkilöjunan nopeus 160 km/h ja tavarajunan nopeus on 80 km/h.**
- A on nopeuskspONENTTI, ohjearvo $A = 0,9 \dots 1,1$

Tarkasteltavassa kohteessa nopeuskspONENTIN arvona on käytetty.

Junan painokerroin (k_G) muodostetaan kaavalla $k_G = \frac{G}{G_0}$, jossa

G_0 on vertailupaino, 2000 tn,

G on tarkasteltavan raitiovaunun kokonaispaino.

Tarkasteltavassa kohteessa henkilöjunan painona on käytetty 900 tonnia ja tavarajunan painona on käytetty kokonaispainoa 6300 tonnia.

Radan kunnosta riippuva kerroin (k_R) vaikuttaa leviävän tärinän suuruuteen. VTT:n julkaisussa kertoimelle annetaan seuraavat esimerkin omaiset arvot, k_R saa arvon 1,3 vanhalle yksiraiteiselle radalle ja k_R saa arvon 0,7 uudelle moniraiteiselle radalle.

Tarkasteltavassa kohteessa radan kunnosta riippuva kertoimena (k_R) on käytetty arvoa 1,0.

Laskennan varmuuskertoimena (F) on käytetty VTT:n julkaisun mukaisesti arvoa 1 kun laskenta on kalibroitu alueella tehtyjen mittausten perusteella.

Laskennallisesti arvioitu heilahdusnopeuden maksimiarvo on muutettu taajuuspainotetuksi tehollisarvoksi kertomalla se arvolla 0,5.

Tärinäarvioinnin epävarmuus

Julkaisussaan Törnqvist ja Talja (2006) toteavat, että junaliikennetärinän syntyminen ja leviämisen käynnistyminen ei yksinkertaisilla tavoilla ja yleispiirteisillä tiedoilla ole 50...100 %:n virhetasoa paremmin arvioitavissa. He toteavat myös, että tärinälaskelmien epävarmuus on kertaluokkaa ± 50 %, johtuen seuraavista tekijöistä:

- liikennöivän kaluston suuresta vaihtelusta, kaluston jousituksista ja pyörästöistä
- maapohjan vaihtelusta tärinän leviämisalueella ja rakennusten perustamisalueella
- tärinän välittymistapaeroista maapohjasta rakennukseen eri tavalla perustetuilla rakennuksilla
- lattiarakenteiden ja rakennusten runkorakenteiden värähtelytapaoista erityyppisillä rakennuksilla, materiaaleilla sekä jännemitoilla.

Edellä mainituilla perusteilla laskennallisen arvioinnin kokonaisepävarmuuden voidaan arvioida olevan luokkaa 50100 %.