



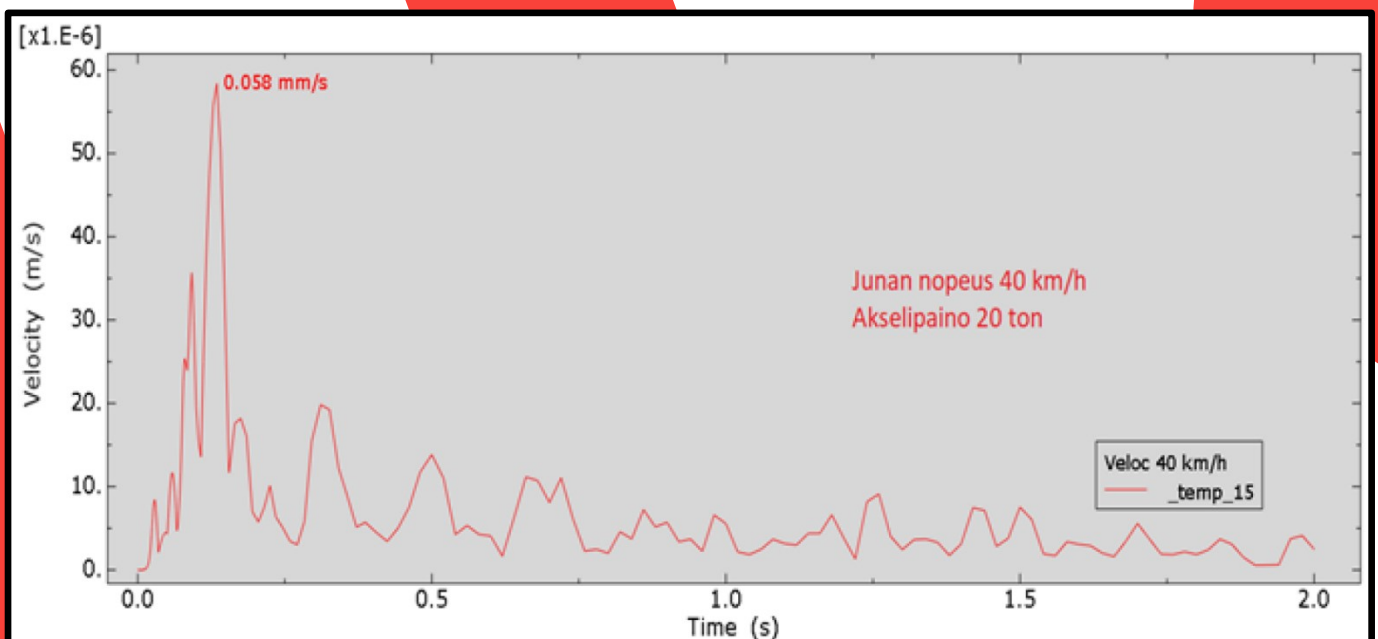
Tampereen kaupunki

Jussinkylän asemakaava nro 8839

Tärinä- ja runkomeluselvitys

10.12.2025

Projekti 316620



Dokumentin jakelu

Tampereen kaupunki

Tampereen kaupunki

Kaupunkiympäristösuunnittelu

Asemakaavoitus

Eveliina Hyvönen

Eveliina.hyvonen@tampere.fi

Raportin laatijat

WSP Finland Oy

Kelloportinkatu 1 D, 33100 Tampere

Ilkka Niskanen, ilkka.niskanen@wsp.com, p. 040 8404046

Mauri Koskinen, mauri.koskinen@wsp.com, p. 040 7059236

Sisällysluettelo

Yhteenveto	4
1. Johdanto	5
2. Lähtötiedot ja menetelmät	6
2.1 Suunnittelukohde	6
2.2 Liikennetiedot	7
2.3 Laskennallisesti tarkastellut kohteet	8
2.4 Tärinälaskennat FEM-menetelmällä	9
2.4.1 Laskentamenetelmän kuvaus	9
2.4.2 Laskentakohteiden poikkileikkaukset	10
2.5 Runkomelulaskennat	11
2.5.1 Runkomelulaskennat FEM-menetelmällä	11
2.5.2 Runkomelulaskennat VTT:n oppaan mukaisella menetelmällä	12
3. Ohjearvot ja määräykset	13
3.1 Runkomelulle esitetyt ohjearvot	13
3.2 Tärinän suositusarvot	14
4. Tulokset	15
4.1 Tärinälaskennan tulokset	15
4.2 Runkomelulaskennan tulokset	17
5. Johtopäätökset	19
6. Kirjallisuusluettelo	21

Yhteenveto

WSP on laatinut laskennallisen tärinä- ja runkomeluselvityksen Tampereen Jussinkylän asemakaavan 8839 muutosta varten. Raportin ja runkomelulaskennat on laatinut Ilkka Niskanen. Mauri Koskinen on tehnyt FEM-laskennat tärinälle ja runkomelulle sekä raportin tärinää käsittelevät tekstiosuudet.

Tärinäselvitys perustuu maaperätietoihin sekä FEM-laskentaan perustuvaan arviointiin junaliikenteen aiheuttaman tärinän leviämisestä. Runkomelutasoja arvioitiin laskennallisesti FEM-menetelmää ja VTT:n menetelmää käyttäen.

Laskennallisesti arvioidut junaliikenteen aiheuttamat tärinän heilahdusnopeudet olivat pieniä ja alittivat selvästi uusille asuinkehteille sovellettavan ohjearvon 0,3 mm/s. Tarkastelun perusteella asemakaavassa ei ole tarpeellista antaa tärinää koskevia määräyksiä.

Junaliikenteen aiheuttamat runkomeluhaitat ovat todennäköisiä rataosuuden läheisyydessä asemakaava-alueella sijaitsevilla asuinkehteillä, sillä maaperäolosuhteet ovat alueella suosiolliset runkomelua aiheuttavan värähtelyn etenemiselle. Laskennallisesti arvioidut runkomelutasot asemakaava-alueen itäreunalla sijaitsevilla rakennuksista olivat korkeita ja ylittivät selvästi asuinrakennuksille ja opetustiloille sovellettavan ohjearvon 35 dB.

Mahdollisen runkomeluhaitan torjumiseen olemassa olevissa rakennuksissa ei juurikaan ole mahdollisuutta, sillä jälkikäteen runkomelua aiheuttavaa värähtelyä ei voida vaimentaa kustannuksiltaan kohtuullisilla keinoilla. Uudisrakentamisen osalta kaavassa voidaan edellyttää runkomelun huomioon ottamista rakennusten perustusten suunnittelussa ja toteutuksessa.

Olemassa olevien rakennusten osalta kaavallinen ohjaus tulisi kysymykseen tilanteessa, jossa rakennuksen pääkäyttötarkoitus muuttuisi tai rakennuksia uudistettaisiin voimakkaasti. Tällaisessa tilanteessa tulisi edellyttää runkomelumittauksia, joiden perusteella arvioitaisiin kohteen soveltuvuutta uuteen käyttötarkoitukseen.

Tässä selvityksessä esitettyihin tuloksiin sisältyy epävarmuuksia, jotka johtuvat mm. maaperän ominaisuuksista ja kalliopinnan korkeusasemasta (rautatie, rakennus ja näiden väliset alueet), rakennuksen perustamistavasta sekä rakenteiden ominaisuuksista ja mitoista. Mahdollisten runkomeluhaittojen luotettavaan todentamiseen tarvittaisiin mittaustuloksia nykyisin vallitsevassa tilanteessa. Tampereen rautatieasema – Tammerkosken ratasilta välisen rataosuuden läheisyydessä esiintyviä junaliikenteen aiheuttamia meluhaittoja (ilmaääni melu ja runkomelu) tulisi kartoittaa rakennuksissa ja niiden perustuksista tehtävillä melu- ja värähtelymittauksilla.

1. Johdanto

WSP on laatinut laskennallisen tärinä- ja runkomeluselvityksen Tampereen Jussinkylän asemakaavan 8839 muutosta varten. WSP:n toimesta asemakaavaa varten on aikaisemmassa vaiheessa laadittu seuraavia selvityksiä:

- Juhannuskylän asemakaavan nro 8839 meluselvitys, Tampere. Meluselvitys. 27.12.2022
- Tampereen Polvikatu 3 meluselvitys ja meluntorjunnan suunnittelu. WSP Projekti 316620. Raportti 12.5.2022
- Juhannuskylän asemakaavan nro 8839 meluselvitys, Tampere. Meluselvitys. Luonnos. 10.10.2023
 - Päivitys edelliseen 27.10.2022 laadittuun selvitykseen.
- Rautatieliikenteen tärinävaikutusten arviointi, Tampere, Juhannuskylä. FEM-analyysit 30.9.2024

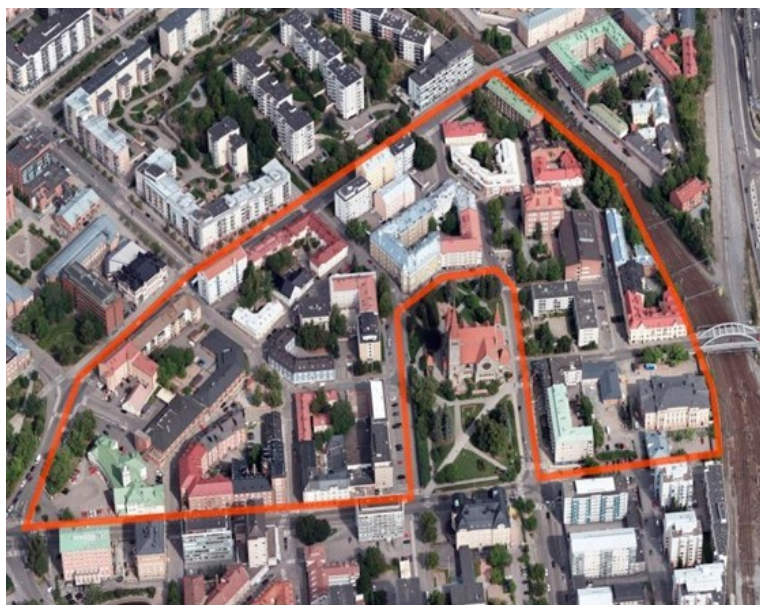
Tässä selvityksessä täydennetään 30.9.2024 laadittua selvitystä runkomelulaskennan osalta. Raportin ja runkomelulaskennat on laatinut Ilkka Niskanen. Mauri Koskinen on tehnyt FEM-laskennat tärinälle ja runkomelulle sekä raportin tärinää käsittelevät tekstiosuudet.

2. Lähtötiedot ja menetelmät

2.1 Suunnittelukohde

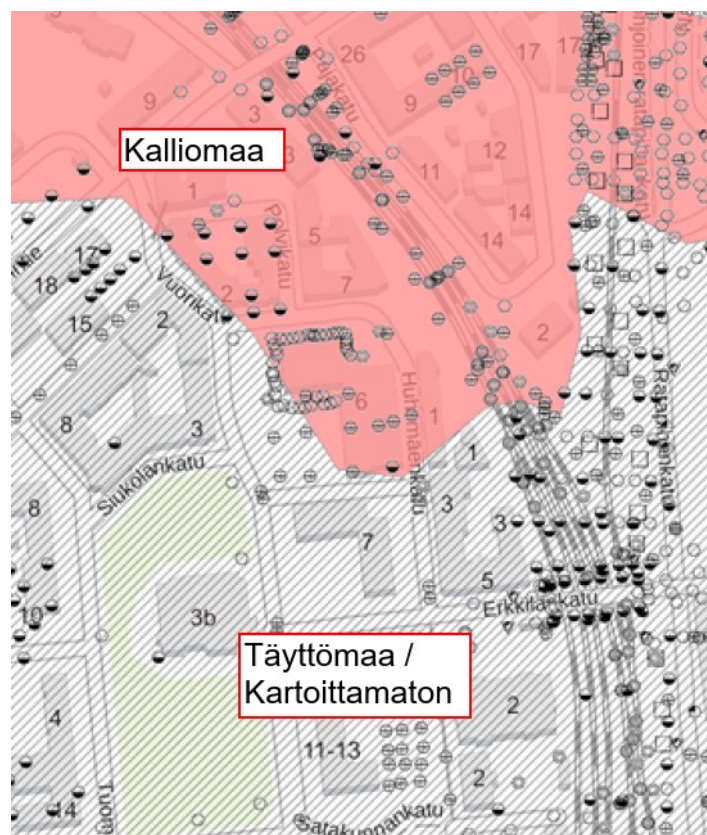
Suunnittelualueen muodostaa Satakunnankadun, Lapintien ja rautatien rajaama alue, pois lukien Tampereen Tuomiokirkon kortteli. Asemakaava-alueen tärinä- ja runkomeluserveys keskittyy suunnittelualueen itäpuolella sijaitsevan Tampere – Seinäjoki -rataosuuden junaliikenteen aiheuttamien vaikutusten tarkasteluun (kuva 1).

Kuva 1. Suunnittelualueen raja (Tampereen kaupunki). Tärinän ja runkomelun arviointi keskittyy punaisella rajatun alueen oikeassa reunassa sijaitsevien rakennusten tarkasteluun.



Asemakaava-alueen koilliskulmassa Lapintien ja Erkkilänsillan välisellä alueella kalliopinta on lähellä maanpintaa ja maaperäkartan perusteella alue tulkitaan olevan pintamaalajiltaan kalliota (kuva 2). Pohjatutkimusten ja GTK:n maaperäkartan perusteella kallion päälliset maakerrokset ovat ohuita Erkkilän sillalle saakka. Erkkilänsillan sillan eteläpuolella kallion päälliset maakerrokset ovat paksumpia kuin junaradan varressa Erkkilänsillan ja Lapintien välisellä osuudella (kuva 2).

Kuva 2. Maaperälajit ja maaperätutkimusten pisteet suunnittelualueelta (karttakuva GTK maankamara, GTK pohjatutkimukset).



2.2 Liikennetiedot

Tampere – Seinäjoki rataosuuden junaliikenne on vilkasta. Junaliikenteen aiheuttamien värähtely- ja runkomeluvaiikutusten osalta oleellista on raskaiden tavarajunien liikennöinti rataosuudella. Nykyisessä tilanteessa asemakaava-alueen itäreunalla liikennöi päivittäin keskimäärin 25 tavarajunaa ja ennustetilanteessa tavarajunien määrän arvioidaan olevan 36 junaa päivässä. Suuri osa tavarajunista liikennöi yöaikaan (klo 22-7) ja ennustetilanteessa yöaikaisen tavarajunaliikenteen osuus on suurempi kuin päiväaikainen (taulukko 1).

Tärinä- ja runkomelutasojen laskennat perustuvat yksittäisen junan aiheuttaman värähtelyn etenemisen arviointiin. Tärinälaskennassa ja FEM-laskentaan perustuvassa runkomelulaskennassa tarkasteltavan junan akselipainona on käytetty 20 tonnia ja nopeutena 40 km/h. VTT:n menetelmän (Talja & Saarinen 2009) mukaisessa runkomeluarvioinnissa juna on oletettu olevan veturivetoinen tavara- tai henkilöliikenteen juna.

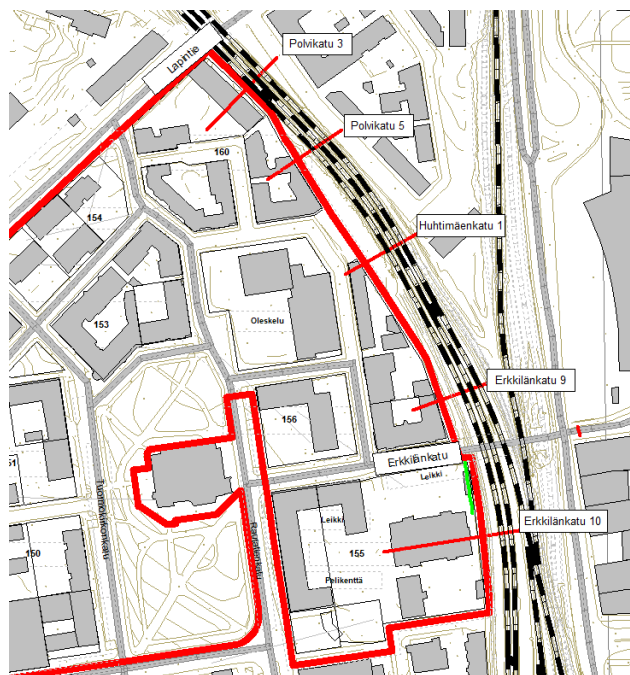
Taulukko 1. Melulaskennassa käytetyt raideliikenteen määrät nyky- ja ennustetilanteessa 2040.

	Lukumäärä nykytilanteessa (päivä/yö)	Lukumäärä ennustetilanteessa (päivä/yö)	Pituus (m)	Nopeusrajoitus (km/h)
IC2	33 / 9	46 / 12	115	40
Pendolino	9 / 3	9 / 3	160	40
SM4	11 / 3	20 / 0	54	40
Suomalainen tavarajuna	14 / 11	16 / 20	430	40

2.3 Laskennallisesti tarkastellut kohteet

Tärinän heilahdusnopeuksia ja runkomelua aiheuttavan värähtelyn tasoja on laskettu FEM-menetelmällä neljään Tampere – Seinäjoki rataosuuden lähellä sijaitsevaan asuinalueeseen; Erkkilänkatu 9, Huhtimäenkatu 1, Polvikatu 5 ja Polvikatu 3. Runkomelutasoja on laskettu lisäksi kohteeseen Erkkilänkatu 10 (kuva 3).

Kuva 3. Tärinä- ja runkomelulaskennan kohteet.



2.4 Tärinälaskennat FEM-menetelmällä

2.4.1 Laskentamenetelmän kuvaus

Tärinäselvitys perustuu maaperätietoihin sekä FEM-laskentaan perustuvaan arviointiin junaliikenteen aiheuttaman tärinän 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 tärinän heilahdusnopeuden, heilahduskihtyvyyden sekä heilahduksen siirtymän numeerisina arvoina.

Laskennallisessa tarkastelussa tärinän herätteen (lähtötaso) värähtelytaso on arvioitu raiteilla liikennöivän vaunun akselipainon ja nopeuden perusteella.

Värähtelyn etenemisen laskennassa on otettu huomioon alueen maaperäolosuhteet, rakennusten perustamistapa, mallinnetun rakennuksen ominaisuudet ja tarkasteltavien pisteiden korkeusasema (kerros) rakennuksissa. Laskennassa on huomioitu kaluston ns. lovipyöräheräte, joka voi aiheuttaa normaalia voimakkaampia tärinän lähtötasoja, jolloin niiden vaikutus voi olla 5...10 kertainen normaalin kaluston aiheuttamaan herätteeseen verrattuna.

Pohjasuhteiden arvioinnissa on käytetty alueen maaperätietojen perusteella muodostettua geoteknistä poikkileikkausta. Tarkastelun laskennat ovat luonteeltaan dynaamisia ”pakkovärähtelyanalyysijä”. Mallissa materiaalikäyttäytyminen on lineaarista ilman myötöehtoa. Laskentaelementin koko valittu siten, että jokaisen elementin dimensiot vastaavat suurinta muodostuvaa tärinän aallonpituutta. Tärinän vasteita on havainnointu rakennuksen eri kerroksissa. Vasteiden tulosteissa on esitetty kaikkien tarkkailupisteiden yhteinen ääriarvokuvaaja.

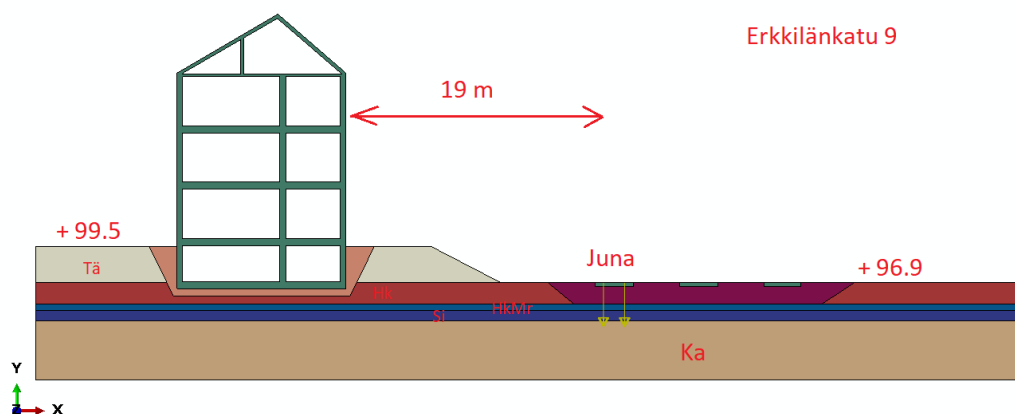
Dynaamisessa analyysissä radan kiskoja kuvaaviin solmuihin on kytketty arvioidun tärinäimpulssin mukainen kuorma-amplitudi. Laskennassa käytetyn kuorman amplitudi on saatu empiirisen mittaustiedon perusteella, jossa on otettu huomioon nopeus ja akselipaino. Laskennan aikajaksoksi valittiin 2 s, koska vasteen suppeneminen on tällöin jo havaittavissa. Nopeutena käytettiin 40 km/h ja akselipainoa 20 tonnia. Laskentatilanteessa kuorma on lähimmällä raiteella.

Laskennan mallipoikkileikkaukset (rakennuksissa yksinkertaistettu runkojäykkyys) on kuvattu elementtimenetelmällä käyttäen 2D-solid –tyyppisiä lineaarisia tasomuodonmuutostilaelementtejä, joiden DOF –luku on 2 kpl solmua kohden (translaatiovapausasteet). Mallien koot olivat välillä DOF = 34500 ... 43300. Mallin reunat ja pohja ovat reunaehdoiltaan energiaa absorboivat. Rakennusten jäykistykseen oletetaan tapahtuvan hissikuilun ja osittaisen runkojäykistämisen kautta. Rakennusrunko on mallinnettu ekvivalenttisena (tiiliverhous huomioiden) betonimateriaalina. Rakennusrunkoihin on oletettu tehdyksi kellarikerros.

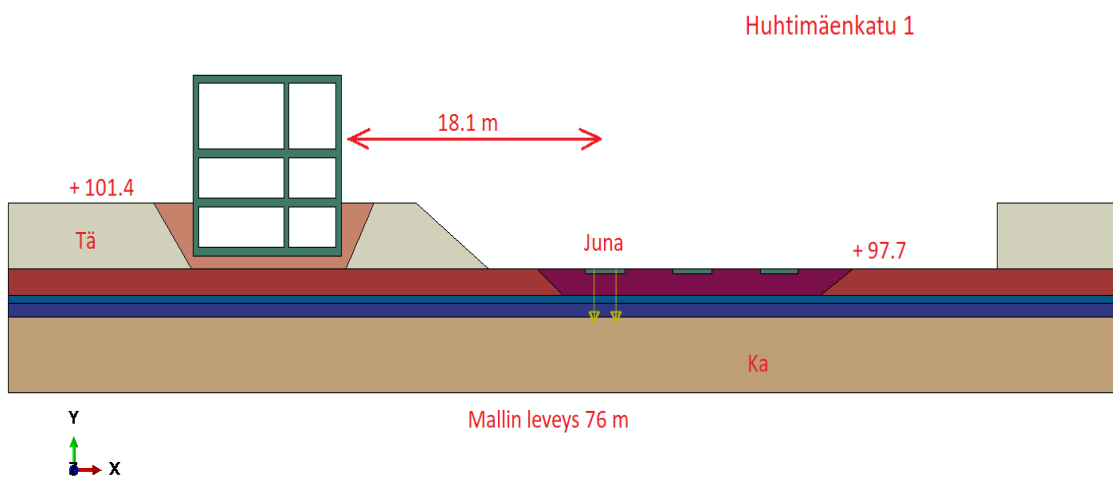
2.4.2 Laskentakohteiden poikkileikkaukset

Tarkasteltavat kohteet sijaitsevat 8 – 19 metrin etäisyydellä lähimmästä raiteesta (kuvat 4, 5, 6 ja 7). Pohjaolosuhteet kaikissa kohteissa ovat hyvin samanlaiset.

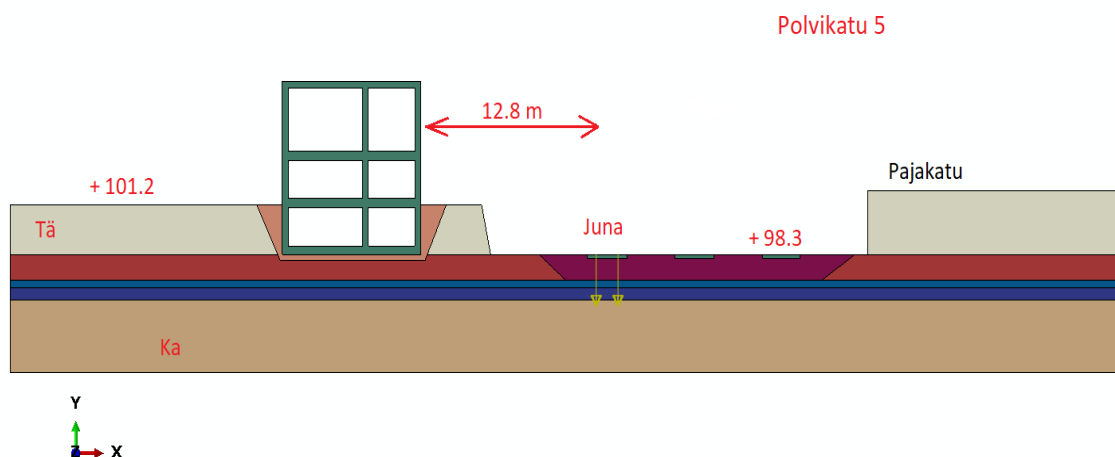
Kuva 4. Maaperäolosuhteet ja etäisyydet poikkileikkauksessa Erkkilänkatu 9.



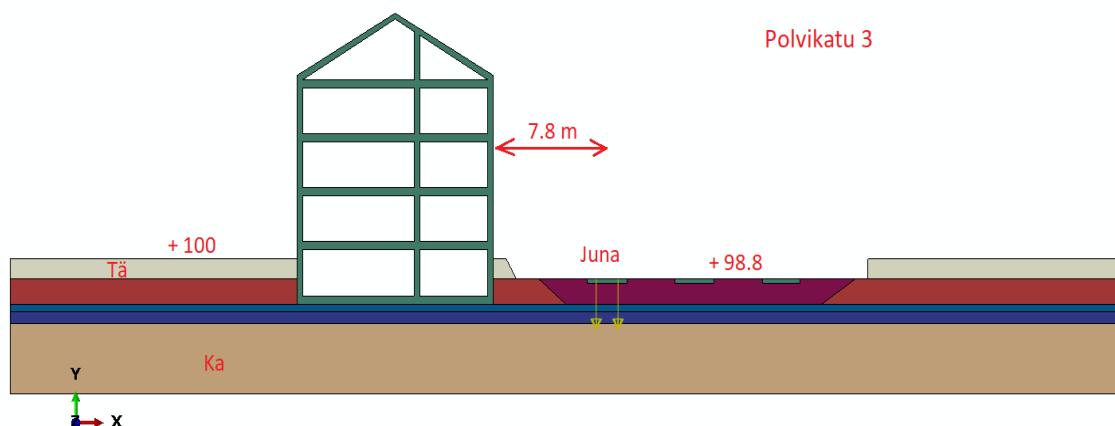
Kuva 5. Maaperäolosuhteet ja etäisyydet poikkileikkauksessa Huhtimäenkatu 1.



Kuva 6. Maaperäolosuhteet ja etäisyydet poikkileikkauksessa Polvikatu 5.



Kuva 7. Maaperäolosuhteet ja etäisyydet poikkileikkauksessa Polvikatu 3.



2.5 Runkomelulaskennat

2.5.1 Runkomelulaskennat FEM-menetelmällä

Runkomelutasoja arvioitiin neljään poikkileikkauskohtaan myös FEM-laskentaa käyttäen; Erkkilänkatu 9, Huhtimäenkatu 1, Polvikatu 5 ja Polvikatu 3. Laskentojen poikkileikkaukset ja maaperäolosuhteet on esitetty kuvissa 4, 5, 6 ja 7.

Laskennassa käytettiin samaa värähtelyn herätettä kuin tärinälaskennoissa. Rakennukseen siirtyvän värähtelyn heilahdusnopeudet on määritetty oktaavikaistoittain taajuusalueella 31,5 Hz – 500 Hz ensimmäiseen asuinkerrokseen lähimmän raiteen 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).

Verrattaessa FEM-laskennalla arvioitua runkomelutasoa VTT:n menetelmällä saatuun arvioon on syytä ottaa huomioon, että VTT:n menetelmä sisältää +6 dB varmuusmarginaalin.

2.5.2 Runkomelulaskennat VTT:n oppaan mukaisella menetelmällä

Junaliikenteen aiheuttamaa runkomelua on arvioitu VTT:n ohjeen ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi – Esiselvitys” arviointitason 2 mukaisella menetelmällä, värähtelyn siirtotiehen perustuva arviointi (Talja & Saarinen 2009). Nämä laskennat tehtiin kohteisiin Erkkilänkatu 9, Huhtimäenkatu 1, Polvikatu 5 ja Polvikatu 3 ja Erkkilänkatu 10 (kuva 3).

Menetelmässä arvioinnin lähtökohtana on peruskäyrältä saatu maaperän värähtelyn nopeustaso (L_v), jota korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä (ΔL_v) siten, että lopputuloksena saadaan runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso (L_{pA}). VTT:n menetelmässä runkomelun arvioinnissa käytetään +6 dB varmuusmarginaalia.

Laskennallisessa arvioinnissa käytettävät tiedot kalliopinnan korkeudesta eivät ole varmistettuja, minkä vuoksi arviointi on joidenkin rakennusten osalta jouduttu tekemään oletuksena. Näissä tapauksissa kalliopinnan päälliset maakerrokset on varovaisuusperiaatteen mukaisesti oletettu ohuiksi. Tarkastelussa kohteiden Erkkilänkatu 9, Huhtimäenkatu 1, Polvikatu 5 ja Polvikatu 3 asuinrakennukset on oletettu kalliovaraiseksi, jolloin menetelmän rakennustyyppi korjaus on 0 dB. Erkkilänkatu 10 rakennuksen osalta perustusten alapuolisen maakerroksen paksuudeksi on oletettu yli 3 metriä, jolloin kohteelle käytetty rakennustyyppin korjaustekijä saa arvon -10 dB.

3. Ohjearvot ja määräykset

3.1 Runkomelulle esitetty ohjearvot

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

Junan 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 2).

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 ääneneristävyydestä.

Taulukko 2. Suositukset runkomelutasojen raja-arvioiksi (VTT 2009).

Rakennustyyppi	Runkomelutaso, L_{prm} (dB)
Radio-, tv- ja äänitysstudio, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30 / 35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitoksen, majoitustilat - potilashuoneet ja majoitustilat - päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet	30 / 35 ²
Kokoontumis- ja opetustilat - luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä - muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40–45 ²

²⁾ Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

3.2 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 3). 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 5).

Taulukko 3. Suositus rakennusten värähtelyluokituksista (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.	$\leq 0,60$

Tärinän mahdollisesti aiheuttamien rakenteellisten vaurioiden arviointiin sovelletaan eri vertailuarvoja kuin asumisviihtyisyyden kohdistuvien haittojen arviointiin. Rakennusten perustusten vaurioalttiutta kuvataan taulukon 4 mukaisella luokituksella. Esitetyt raja-arvoja pienempien värähtelytasojen ei katsota aiheuttavan rakennuksen käyttöarvoa pienentäviä vaurioita.

Taulukko 4. 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 tärinäalttiuden alue Rakenteiden vauriot mahdollisia	$\geq 3,0$	$\geq 5,0$
H	Vähäisen tärinäalttiuden alue Rakenteiden haitat mahdollisia	$\leq 3,0$	$\leq 5,0$
E	Rakenteiden vaurioitumisriski epätodennäköinen	$\leq 1,0$	$\leq 1,6$

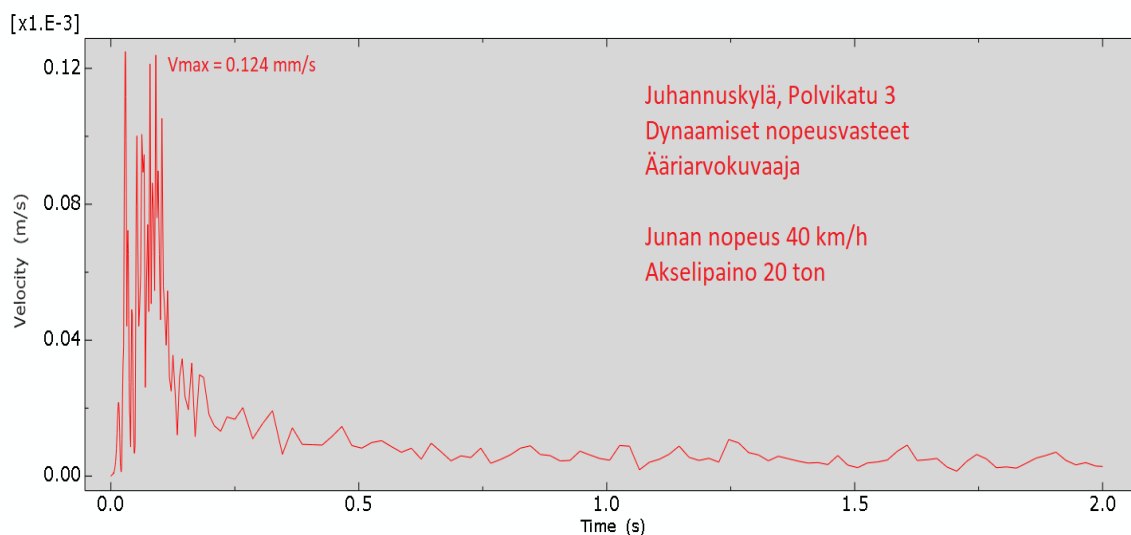
4. Tulokset

4.1 Tärinälaskennan tulokset

Tärinälaskennan tulokset esitetään värähtelyn dynaamisina nopeusvasteina (huippuarvo $V_{\max}$) rakennuksissa. Huippuarvoa ($V_{\max}$) vastaava tehollisarvo on noin puolet huippuarvosta. Tämä tehollisarvo (V_w) on verrannollinen tärinänohjearvolle annettuun tilastolliseen tunnuslukuun $V_{v,95}$.

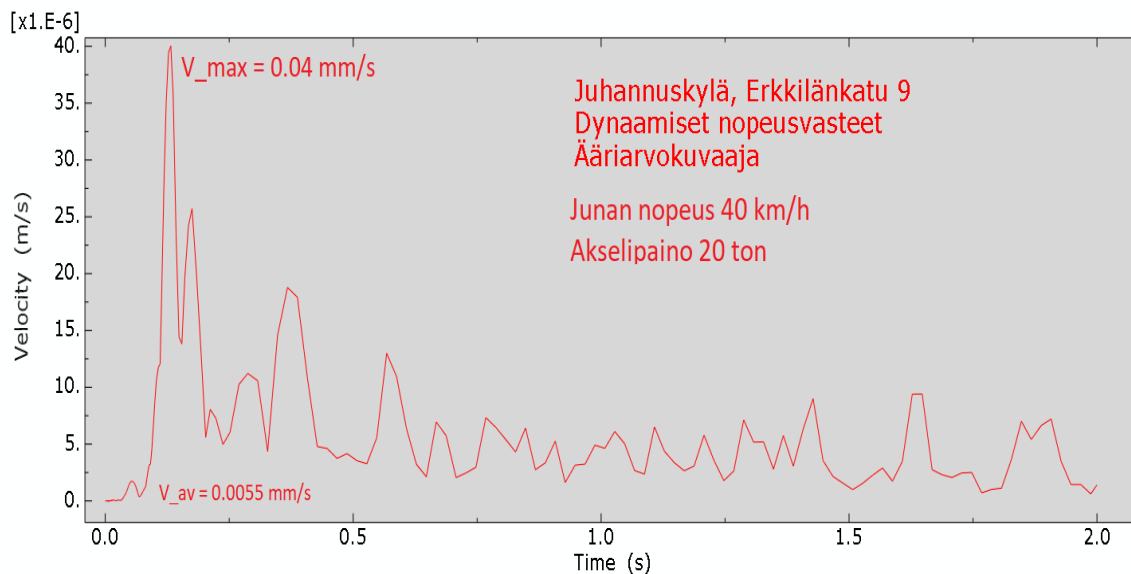
Suurimmat hetkelliset heilahdusnopeuden maksimiarvot todettiin kohteessa Polvikatu 3, jossa heilahdusnopeuden maksimiarvo oli noin 0,12 mm/s (kuva 8).

Kuva 8. Rakennuksen dynaamiset nopeusvasteet kohteessa Polvikatu 3. Tehollinen vertailuarvo ($v_{w,95}$) on puolet laskennallisesta huippuarvosta.

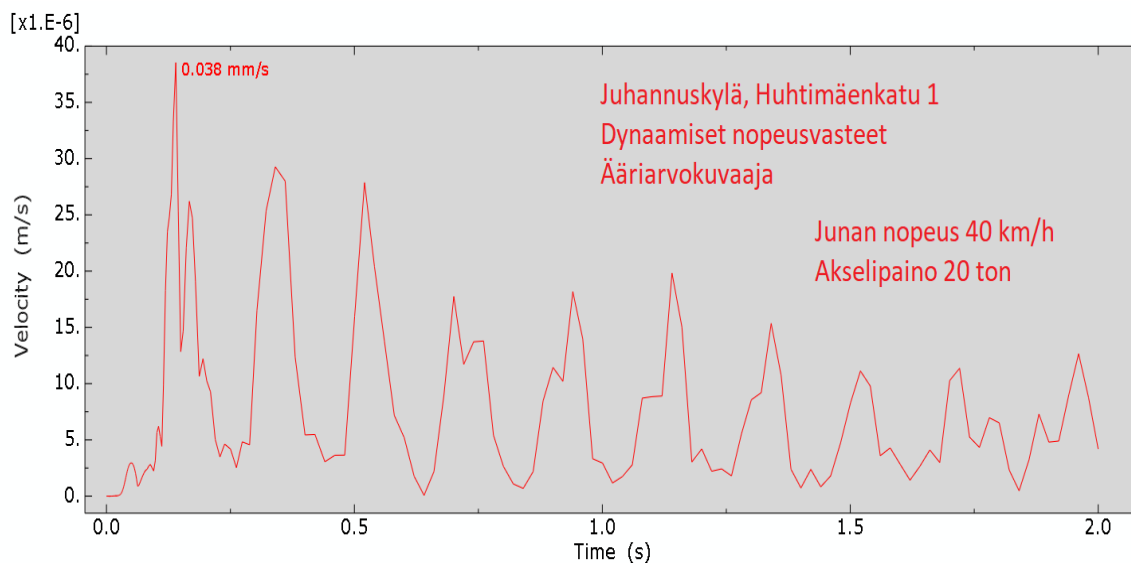


Muissa kohteissa tärinälle laskennallisesti määritetyt huippuarvot ($V_{\max}$) alittivat selvästi arvon 0,1 mm/s (kuvat 9, 10 ja 11).

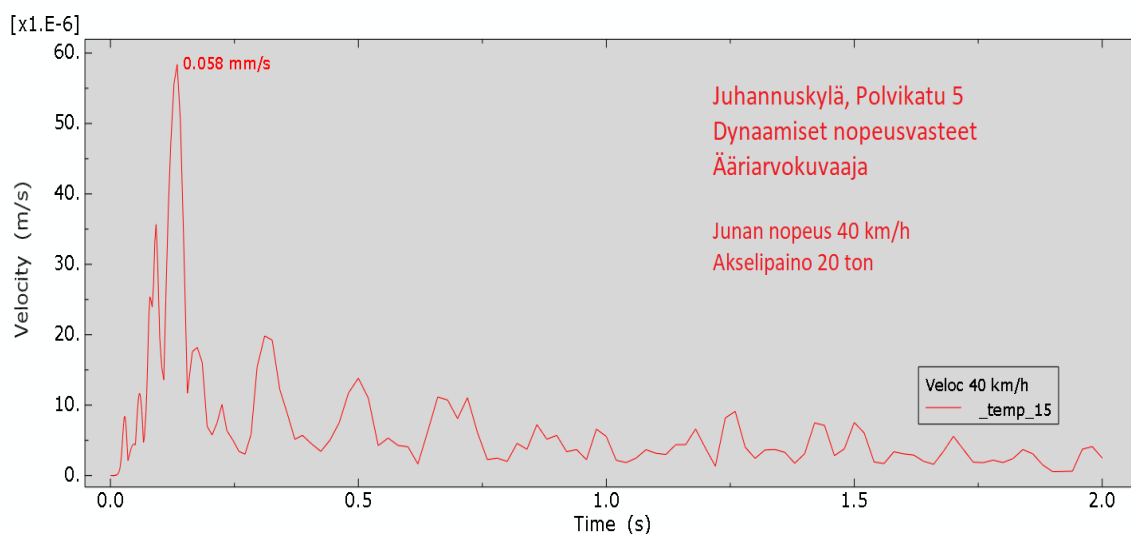
Kuva 9. Rakennuksen dynaamiset nopeusvasteet kohteessa Erkkilänkatu 9. Tehollinen vertailuarvo ($v_{w,95}$) on puolet laskennallisesta huippuarvosta.



Kuva 10. Rakennuksen dynaamiset nopeusvasteet kohteessa Huhtimäenkatu 1. Tehollinen vertailuarvo ($v_{w,95}$) on puolet laskennallisesta huippuarvosta.



Kuva 11. Rakennuksen dynaamiset nopeusvasteet kohteessa Polvikatu 5. Tehollinen vertailuarvo ($v_{w,95}$) on puolet laskennallisesta huippuarvosta.



Laskennallisesti määritetyt värinän tehollisarvot alittivat selvästi asuinkehteille esitetyn värähtelyn heilahdusnopeuden ohjearvon (taulukko 5).

Taulukko 5. FEM-laskennalla määritetyt värinän heilahdusnopeudet ja värinän heilahdusnopeudelle suositeltu ohjearvo.

Kohde /vertailuarvo	Värinän tehollisarvo $V_{v,95}$ (mm/s)
Erkkilänkatu 9	0,02
Huhtimäenkatu 1	0,019
Polvikatu 5	0,029
Polvikatu 3	0,062
Värinän ohjearvo asuinkehteille	0,3

4.2 Runkomelulaskennan tulokset

Junaradan läheisyyteen laskennallisesti määritetyt runkomelutasot vaihtelevat VTT:n menetelmään perustuvassa laskennassa välillä 51 dB ... 67 dB, junan nopeudella 40 km/h. Nopeudella 30 km/h laskennalliset runkomelutasot ovat 2,5 dB pienempiä (taulukko 6).

FEM-laskennalla määritetyt runkomelutasot olivat neljässä tarkastellussa poikkileikkauksessa 3 – 6 dB pienempiä kuin VTT:n laskentamenetelmillä saaduissa tuloksissa. Vertailussa on syytä ottaa huomioon, että VTT:n laskentamenetelmään sisältyy +6 dB varmuusmarginaali.

Taulukko 6. Runkomelun laskentatulokset VTT:n ohjeen mukaisella menetelmällä ja FEM-menetelmällä arvioituina sekä perustamistavan mukainen rakennustyyppi VTT:n ohjeen mukaisella menetelmällä.

		VTT:n ohje arviointitaso 2	VTT:n ohje arviointitaso 2	FEM laskentaan perustuva	
		runkomelutaso dB	runkomelutaso dB	runkomelutaso dB	VTT:n menetelmän oletus
Osoite	Etäisyys m	Nopeus 30 km/h	Nopeus 40 km/h	Nopeus 40 km/h	rakennustyyppi
Erkkilänkatu 9	19	58,3	60,8	57,3	Kallionvarainen (korjaus 0 dB)
Huhtimäenkatu 1	18,1	58,6	61,1	58,2	Kallionvarainen (korjaus 0 dB)
Polvikatu 5	12,8	60,8	63,3	59,7	Kallionvarainen (korjaus 0 dB)
Polvikatu 3	7,8	63,9	66,4	61,1	Kallionvarainen (korjaus 0 dB)
Erkkilänkatu 10	18,5	48,4	50,9	ei laskettu	Maavarainen, maakerros > 3 m (korjaus -10 dB)

Laskennallisesti määritetyt runkomelutasot ylittivät kaikissa tarkastelluissa kohteissa selvästi asuinrakennuksille esitetyn ohjearvon 35 dB. VTT:n menetelmällä ja FEM-menetelmällä lasketut tulokset poikkesivat toisistaan 1 – 3 dB, kun vertailussa otettiin huomioon VTT:n menetelmälle käytetty varmuusmarginaali.

5. Johtopäätökset

- Laskennallisesti arvioidut junaliikenteen aiheuttamat tärinän heilahdusnopeudet olivat pieniä ja alittivat selvästi uusille asuinkehteille sovellettavan ohjearvon 0,3 mm/s.
- Tarkastelun perusteella asemakaavassa ei ole tarpeellista antaa tärinää koskevia määräyksiä.
- Laskennallisesti arvioidut runkomelutasot asemakaava-alueen itäreunalla sijaitsevilla rakennuksista olivat korkeita ja ylittivät selvästi asuinrakennuksille ja opetustiloille sovellettavan ohjearvon 35 dB.
- Junaliikenteen aiheuttamat runkomeluhaitat ovat todennäköisiä rataosuuden läheisyydessä asemakaava-alueella sijaitsevilla asuinkehteissa, sillä maaperäolosuhteet ovat alueella suosiolliset runkomelua aiheuttavan värähtelyn etenemiselle.
- Vilkkaasti liikennöity rataosuus ja tavarajunien suhteellisen suuri määrä lisäävät mahdollisen runkomeluhaitan todennäköisyyttä asemakaava-alueen itäreunalla sijaitsevilla rakennuksissa.
- Alueella tehtyjen pohjatutkimusten perusteella kalliopinta on yli 8 metrin syvyydessä tutkimuspisteissä, jotka sijaitsevat Rautatienkadun / Vuorikadun ja rautatien välisellä osuudella. Tilanteessa, jossa rakennusten perustusten ja kalliopinnan välissä on maa-ainesta yli 3 metriä laskennallisesti arvioidut runkomelutasot alittavat ohjearvon 35 dB, kun etäisyys lähimpään raiteeseen on yli 35 metriä.
- Junaliikenteen aiheuttama runkomeluhaitta on mahdollinen myös asemakaava-alueen ulkopuolella rataosuudella Tammerkosken ylittävältä sillalta rautatieasemalle, jossa vanhoja asuinrakennuksia sijaitsee radan läheisyydessä ja maaperäolosuhteet ovat suotuisat.
- Laskennallisen arvion perusteella junaliikenteen aiheuttamat runkomelutasot Johanneksen koulun tontilla ylittävät asuin- ja opetusrakennuksille esitetyn ohjearvon 35 dB.
- Mahdollisen runkomeluhaitan torjumiseen olemassa olevissa rakennuksissa ei juurikaan ole mahdollisuutta, sillä jälkikäteen runkomelua aiheuttavaa värähtelyä ei voida vaimentaa kustannuksiltaan kohtuullisilla keinoilla.
- Uudisrakentamisen osalta kaavassa voidaan edellyttää runkomelun huomioon ottamista rakennusten perustusten suunnittelussa ja toteutuksessa.
- Olemassa olevien rakennusten osalta kaavallinen ohjaus tulisi kysymykseen tilanteessa, jossa rakennuksen pääkäyttötarkoitus muuttuisi tai rakennuksia uudistettaisiin voimakkaasti.

Tällaisessa tilanteessa tulisi edellyttää runkomelumittauksia, joiden perusteella arvioitaisiin kohteen soveltuvuutta uuteen käyttötarkoitukseen.

- Tässä selvityksessä esitettyihin tuloksiin sisältyy epävarmuuksia, jotka johtuvat mm. maaperän ominaisuuksista ja kalliopinnan korkeusasemasta (rautatie, rakennus ja näiden väliset alueet), rakennuksen perustamistavasta sekä rakenteiden ominaisuuksista ja mitoista. Mahdollisten runkomeluhaittojen luotettavaan todentamiseen tarvittaisiin mittaustuloksia nykyisin vallitsevassa tilanteessa.
- Tampereen rautatieasema – Tammerkosken ratasilta välisen rataosuuden läheisyydessä esiintyviä junaliikenteen aiheuttamia meluhaittoja (ilmaääni melu ja runkomelu) tulisi kartoittaa rakennuksissa ja niiden perustuksista tehtävillä melu- ja värähtelymittauksilla.

6. Kirjallisuusluettelo

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.

VTT 2005, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. Espoo. 50 s. Liitteitä 15 s (VTT tiedotteita 2278). ISBN 951 – 38 – 6523 – 1. ISSN 1235 – 0605.

VTT 2001, Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen. Luonnos 47 s.

VTT 2011, Ohjeita liikennetärinän arviointiin. Espoo 35 s. Liitteitä 9 s (VTT tiedotteita 2569). ISBN 978 – 951 – 38 – 7685 – 2. ISSN 1455 – 0865.

wsp



wsp.com