

Projekti 319949 / 9

Hautalan työpaikka-alueen asemakaavan 8867 tärinä ja runkomeluserveys

Asiakkaan tiedot

Tampereen kaupunki, Kaupunkiympäristön suunnittelu
Asemakaavoitus
Frenckelin aukio 2 B
PL 284
33101 Tampere

Merja Kinos

toimistoarkkitehti
040 481 2571
etunimi.sukunimi@tampere.fi

1. Johdanto

Ilkka Niskanen WSP:stä on laatinut laskennallisen tärinä- ja runkomeluserveyksen junaliikenteen aiheuttamista tärinä- ja runkomeluaikutuksista Hautalan työpaikka-alueelle. Serveyksen tarkoituksena on ollut laatia alustava näkemys junaliikenteen aiheuttaman tärinän ja runkomelun reunaehdoista kohteen toteuttamisen kannalta.

Serveyksen on tarkistanut Sirpa Lappalainen WSP:n akustiikka- ja melutiimistä.

2. Lähtötiedot ja menetelmät

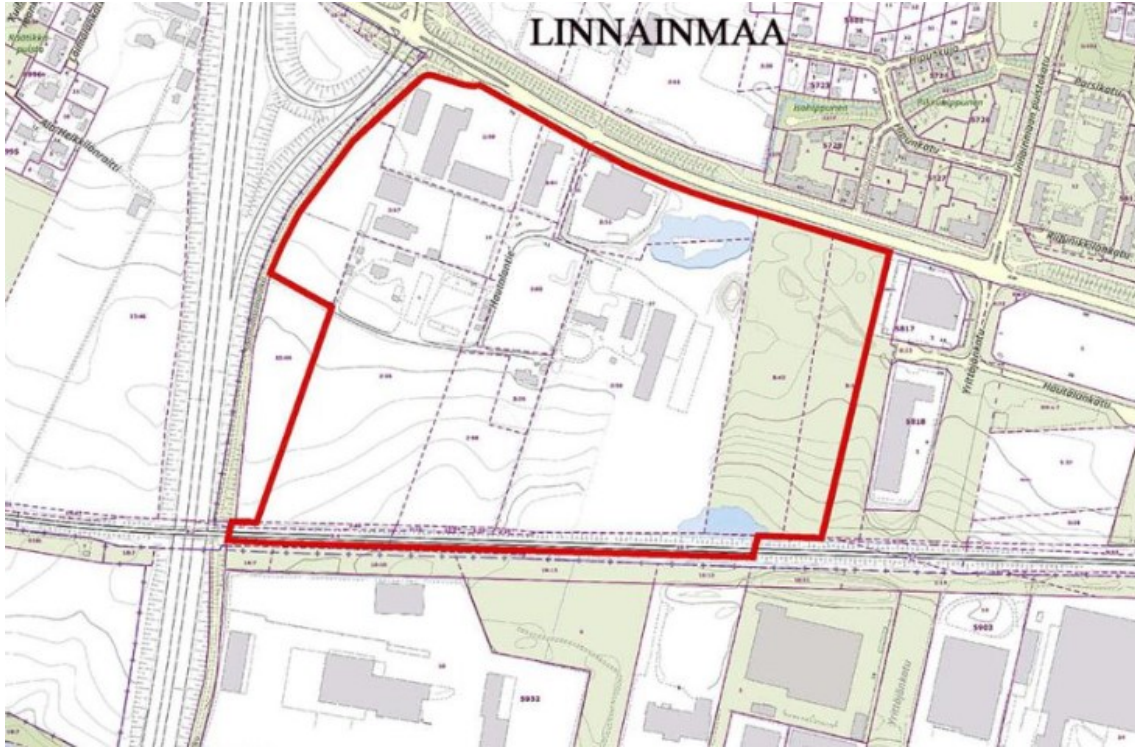
2.1. Suunnittelukohteen sijainti ja kaavan tavoitteet

Serveysalue rajautuu lännessä kehätiehen (Vt 9) ja sen ramppiin, pohjoisessa Sammon valtatiehen, idässä Yrittäjänkatuun ja etelässä Tampere – Jyväskylä junarataan (kuva 1).

Yleiskaavassa alue on osoitettu palvelujen ja työpaikkojen sekoittuneeksi alueeksi sekä alueeksi, jolle saa sijoittaa seudullista paljon tilaa vaativaa kauppaa. Suunnittelualue on myös kokonaissuunnitelman tarvealuetta. Asemakaavoituksen yhteydessä on huomioitava alueen maaperän mahdollinen pilaantuneisuus.

Sammon valtatiehen rajautuvaa pitkäkööä yritysvyöhykettä kehitetään elinkeinorakenteeltaan monipuolistuvana ja profiililtaan kaupallistuvana alueena.

Monipuolistumista tuetaan Hautalan työpaikka-alueen asemakaavalla. Kaupan toiminnot sovitetaan rakenteeseen siten, että alueen tuotantoyksiköiden toiminta saa jatkua (Tampereen kaupunki 2023).

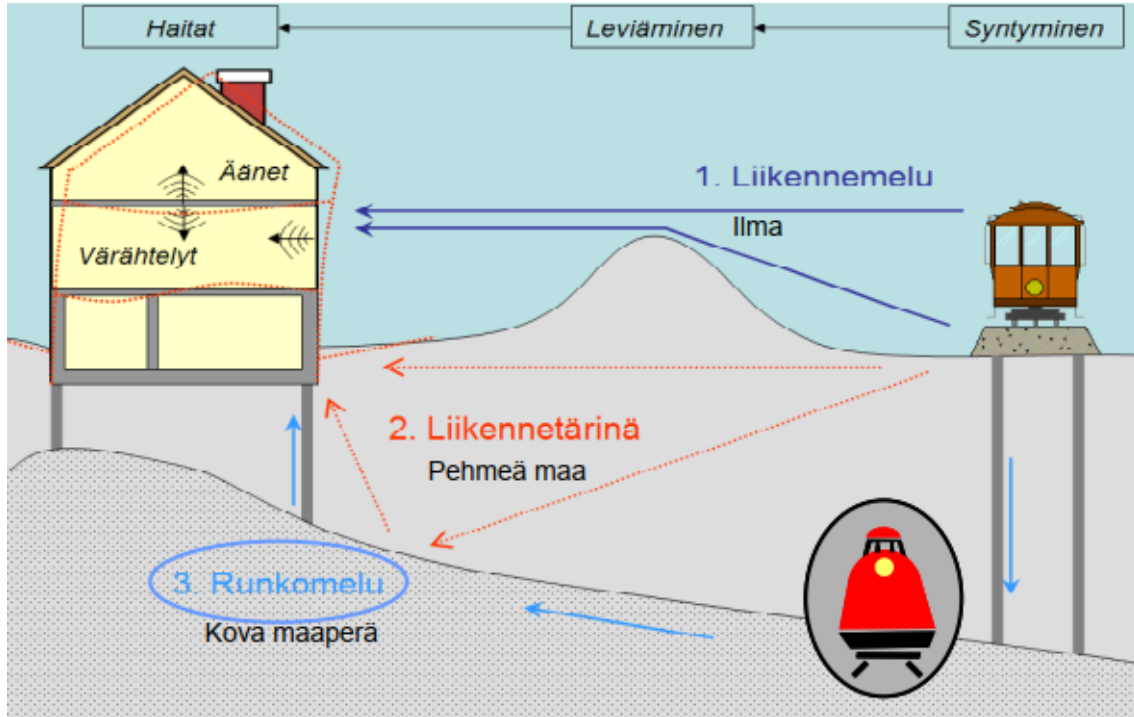


Kuva 1. Suunnittelualueen rajaus.

2.2. Suunnittelukohteen maaperäolosuhteet

2.2.1. Maaperän ominaisuuksien vaikutukset värähtelyn etenemiseen
Selvityksessä tarkastellaan Tampere - Jyväskylä rataosuuden junaliikenteen aiheuttamaa tärinää- ja runkomelua. Autoliikenteen vaikutukset maaperän kautta etenevään tärinään ja runkomeluun ovat kohteessa vähäisiä eikä niitä tarkastella tässä selvityksessä.

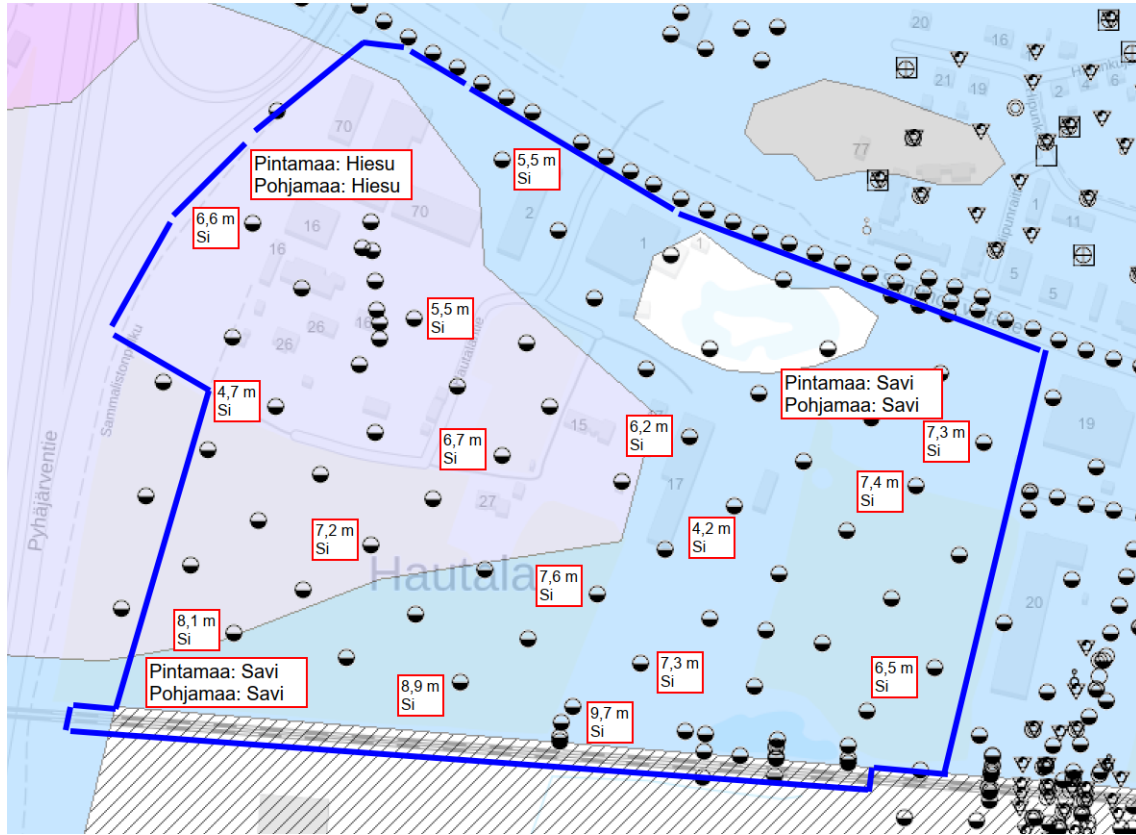
Maaperäolosuhteet ovat merkittäviä junaliikenteen aiheuttaman värähtelyn etenemisen arvioinnissa. Runkomeluhaitta on yleensä suurin, kun sekä väylän että rakennuksen perustukset ulottuvat suoraan peruskallioon tai kovaan kitkamaahan (kuva 2). Tärinän vaikutusalue on sen sijaan pienin on kovissa karkearakenteisissa kivennäismaalajeissa (sora, hiekka) ja moreenimaalajeissa (silttimoreeni, hiekkamoreeni, soramoreeni) sekä kalliossa. Tärinän vaimentuminen on vähäistä hienorakeisissa hyvin pehmeissä tai pehmeissä kivennäismaalajeissa (savi, siltti) sekä pehmeissä eloperäisissä maalajeissa (turve, lieju) (Talja 2004).



Kuva 2. Periaatekuva liikennevälineen aiheuttamasta värähtelyherätteestä, sen etenemisestä ja rakennukseen kohdistuvista vaikutuksista (kuva lähteestä Talja ja Saarinen 2009).

2.2.2. Asemakaava-alueen maaperäolosuhteet

GTK:n aineistojen perusteella suunnittelualueen länsiosassa pintamaan ja pohjamaan maalaji on hiesu ja alueen itäosissa savi (kuva 3). Alueella tehtyjen painokairausten perusteella maaperäolosuhteet alueella ovat varsin yhtenäiset, sillä painokairaukset päättyvät yleensä noin 7 metrin syvyyteen ja maa-aines on luokiteltu suurimmalta osalta siltiksi (kuva 3).



Kuva 3. Asemakaava-alueen maaperäolosuhteet, pohjatutkimuspisteiden kairausten päättymissyvyyydet ja yleisin maaperälaji tutkimuspisteessä (pohjakartta ja tutkimuspisteiden tiedot lähteestä GTK pohjatutkimukset, [Pohjatutkimukset \(gtk.fi\)](https://pohjatutkimukset.gtk.fi)).

Asemakaava-alue rajautuu Tampere – Jyväskylä rataosuuteen, etäisyys rautatiestä alueen Sammonvaltatien puoleiselle asemaakava-alueen rajalle on 300 – 480 metriä.

Pohjatutkimustietojen perusteella maaperä tulkitaan tärinäarvioinnissa rautatien ja suunnittelukohteen välisellä alueella normaaliksi koheesiomaaksi, jossa vallitsevat maalajit ovat savi, savi-siltti ja siltti. Tärinälaskennassa käytettävä heilahdusnopeuden lähtöarvo ja nopeuskorjauksen eksponentti määräytyvät tämän maaperäluokan perusteella.

Runkomelutasojen arvioinnissa maaperä tulkitaan värähtelyn hallitsevan taajuusalueen suhteen keskitaajuusalueen (30 – 60 Hz) maapohjaksi.

2.3. Junaliikennettä koskevat tiedot

Suunnittelualueen eteläpuolella liikennöivällä rataosuudella tavarajunaliikenne muodostuu tärinän kannalta mitoittavaksi junatyypiksi. Rataosuudella on 140 km/h nopeusrajoitus.

Tärinätarkastelun laskenta perustuu tavarajunien aiheuttamaan värähtelytasoon, sillä tavarajunat ovat tärinän osalta mitoittava junatyyppe. Runkomelun laskennallinen tarkastelu perustuu IC-henkilöjunan aiheuttamaan runkomeluun, sillä IC-juna on runkomelun laskentamenetelmässä mitoittava junatyyppe.

Julia junadata ([Julia - Junaliikenteen havaintojärjestelmä \(juliadata.fi\)](#)) yksittäisten junien nopeustietojen perusteella tavarajunien keskimääräinen nopeus Hautalan kohdalla on 70 km/h ja IC-henkilöjunien 111 km/h (taulukko 1).

Taulukko 1. Tavara- ja veturivetoisten IC-junien nopeudet Hautalan kohdalla. Tiedot perustuvat Julia Junaliikenteenhavaintojärjestelmän tietoihin 25.4.2024.

	tavarajunat	IC-junat
	km /h	km /h
keskiarvo	70	111
suurin	83	133
pienin	57	94
havaintoja	14	12

Tampereen meluselvitysaineiston (Tampereen kaupunki 2022) perusteella Jyväskylän suuntaan liikennöivien tavarajunien keskimääräinen pituus on noin 400 metriä, jolloin junassa on keskimäärin 19 vaunua ja veturi. Junan keskimääräiseksi painoksi arvioidaan noin 2500 tonnia, kun se muodostuu 30 vaunusta (80 t / vaunu) ja yhdestä veturista (90 t).

2.4. Tärinän ja runkomelun laskennalliset arviointimenetelmät

2.4.1. Tärinän arviointi menetelmä

Junaliikenteen aiheuttamaa tärinää on arvioitu VTT:n ohjeen (Talja & Törnqvist 2006) arviointitason 2 mukaisella laskennallisella menetelmällä. Tarkastelussa otetaan huomioon junan paino, nopeus, väylän ominaisuudet ja maaperäolosuhteet suunnittelualueella ja väylän läheisyydessä.

Tärinän laskennassa käytetyt korjaustekijöiden arvot on esitetty liitteessä 1.

Laskennallisesti arvioitu tulos edustaa maaperässä tarkasteluetäisyydellä esiintyvää tärinän heilahdusnopeuden pystyvärähtelyn tunnuslukua $V_{w,95}$. Arvioinnissa käytetään

varmuuskerrointa 2, jolla pyritään ottamaan huomioon resonanssin värähtelyn voimistava vaikutus rakennuksessa sekä pohjaolosuhteisiin ja liikennetietoihin liittyvät epävarmuudet.

Laskennallisesti määritetyt tärinän ohjearvoon verrannolliset värähtelyn heilahdusnopeudet on esitetty eri etäisyyksille rautatiestä.

2.4.2. Runkomelun arvioinnin menetelmä

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 (ΔL_v) siten, että lopputuloksena saadaan runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso (L_pA). VTT:n menetelmässä runkomelun arvioinnissa käytetään +6 dB varmuusmarginaalia. Runkomelulaskennan menettely ja laskennassa käytetyt korjaustekijät on esitetty raportin liitteessä 2.

Runkomelulaskenta VTT:n menetelmällä on tehty eri etäisyyksille rautatiestä ja tulokset edustavat kaksikerroksisen betonirakennuksen toiseen kerrokseen muodostuvia runkomelutasoja.

3. Tärinän ja runkomelun vertailuarvot

3.1. Suositukset tärinän ohjearvoiksi

Julkaisussa ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” (Törnqvist ja Talja 2006) on esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksesta, 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 2).

Taulukko 2. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Törnqvist ja Talja 2006).

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	Vv,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.	$\leq 0,60$

Standardissa SFS 5907:2022 toimistotilojen suurimmaksi sallituksi tärinäsuureen V_{w95} arvoksi esitetään 0,6 mm/s. Tämä vastaa ääniympäristöohjeen (Ympäristöministeriö 2018) mukaista vähimmäistaso.

Tärinän mahdollisesti aiheuttamien rakenteellisten vaurioiden arviointiin sovelletaan eri vertailuarvoja kuin asumisviihtyyden kohdistuvien haittojen arviointiin. Rakennusten perustusten vaurioalttiutta kuvataan taulukon 3 mukaisella luokituksella. Esitetyt raja-arvoja pienempien värähtelytasojen ei katsota aiheuttavan rakennuksen käyttöarvoa pienentäviä vaurioita.

Taulukko 3. 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	$\leq 1,0$	$\leq 1,6$

3.2. Runkomelun vertailuarvot

Runkomelu on kuultavaa matalataajuisista ääntä, joka syntyy rakenteiden värähtelyn aiheuttamasta ilmaäänestä. Maaliikenteestä aiheutuva runkomelu esiintyy yleensä taajuusalueella 16–250 Hz (Talja ja Saarinen 2009).

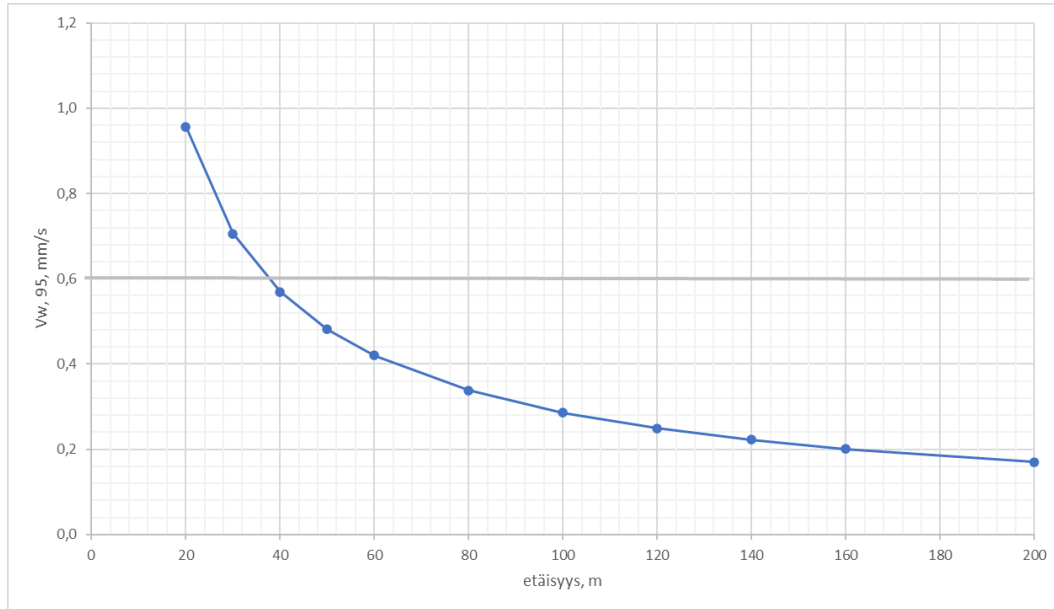
Standardissa SFS 5907:2022 toimistotilojen suurimmaksi sallituksi runkomelun tarkastelusuureen L_{prm} arvoksi esitetään toimisto-, tauko- ja neuvottelutiloille 40 dB. Tämä arvo koskee avoradalta kantautuvaa runkomelua. Standardin SFS 5907 mukainen arvo luokalle A2 vastaa ääniympäristöohjeen (Ympäristöministeriö 2018) mukaista vähimmäistasoa.

4. Tulokset ja niiden arviointi

4.1. Laskennallisesti arvioidut tärinän heilahdusnopeudet

Tavarajunan ohituksen aiheuttamaksi tärinän ohjearvoon verrannolliseksi arvoksi 20 metrin etäisyydelle lähimmästä raiteesta määritettiin noin 1 mm/s ($V_{w,95}$). Laskennallisen arvion perusteella toimistorakennuksilta edellytetty tärinäsuureen suurin sallittu maksimitaso (0,6 mm/s) ylitetään alle 37 metrin etäisyydellä lähimmästä raiteesta (kuva 4).

Tärinän vaurioitumisherkkyttä kuvaava vähäisen tärinäalttiuden alue (värähtelynopeuden maksimitaso $V_{\max} \leq 3,0$ mm/s) rajoittuu laskennallisen tarkasteltun perusteella alle 11 metrin etäisyydelle lähimmästä raiteesta.

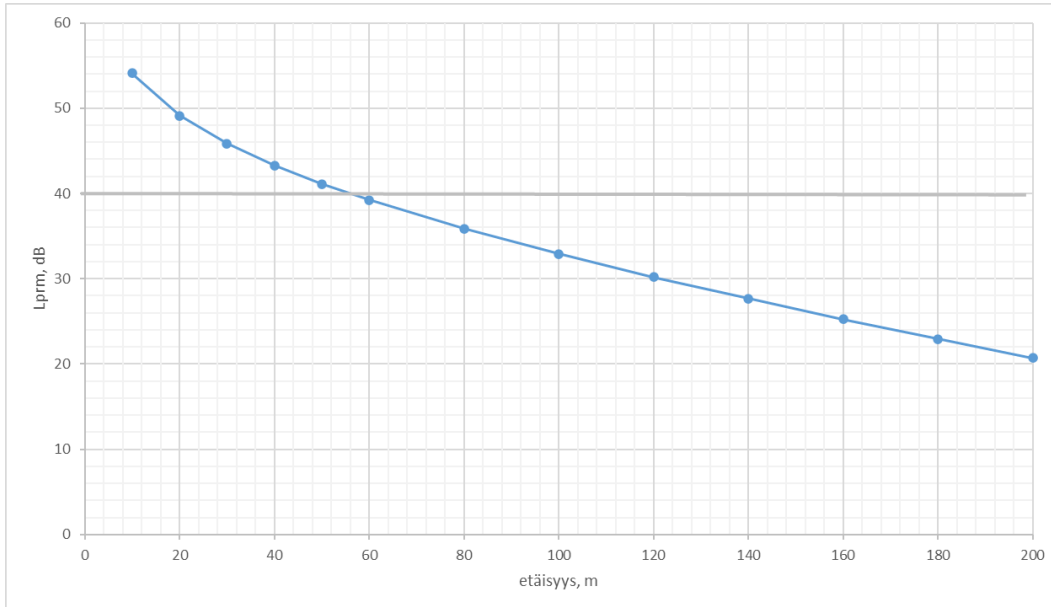


Kuva 3. Tärinäsuureen V_{w95} arvot eri etäisyydellä lähimmästä raiteesta.

4.2. Laskennallisesti arvioidut runkomelutasot

Veturivetoisen IC-junan ohituksen aiheuttamaksi runkomelun ohjearvoon verrannolliseksi arvoksi 20 metrin etäisyydelle lähimmästä raiteesta määritettiin noin 49 dB ($L_{p(m)}$).

Laskennallisen arvion perusteella toimistorakennusten toimisto-, tauko- ja neuvottelutiloilta edellytettävä 40 dB suurin sallittu runkomelutaso ylitetään alle 55 metrin etäisyydellä lähimmästä raiteesta (kuva 4).



Kuva 4. Runkomelusuureen $L_{pr,m}$ arvot eri etäisyydellä lähimmästä raiteesta.

5. Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi

Tässä selvityksessä laaditut laskennalliset arviot tärinän ja runkomelun ohjearvoihin vertailukelpoisista suureista ovat alustavia arvioita junaliikenteen aiheuttamista tärinä- ja runkomeluvaikutuksista. Tässä vaiheessa laadituista tarkasteluista voidaan vetää seuraavat suunnittelua ohjaavat johtopäätökset:

- Laskennallisten tarkastelun perusteella toimistotiloille annettu runkomelun suurimman sallitun tason arvioidaan ylittyvän, jos rakennus sijaitsee alle 55 metrin etäisyydellä lähimmästä raiteesta.
- Laskennallisten tarkastelun perusteella toimistotiloille annettu tärinän suurimman sallitun tason arvioidaan ylittyvän, jos rakennus sijaitsee alle 37 metrin etäisyydellä lähimmästä raiteesta.
- Laskentoja tulee tarkentaa jatkosuunnittelussa, kun rakennusten sijainnit, perustamistavat, kerroskorkeudet ja käyttötarkoitukset ovat tarkentuneet.

Tampere 3.5.2024

WSP Finland Oy

Laatinut:

Ilkka Niskanen

Projektijohtaja

Akustiikka ja melu

Tarkistanut:

Sirpa Lappalainen

Tiimipäällikkö

Akustiikka ja melu

6. Viittaukset

Talja ja Törnqvist 2014: Rautatieliikenteen aikaansaaman vaurioalttiuden kartoittaminen. Raportti VTT-R-04703-14.

SFS 5907: 2022: Rakennusten akustinen suunnittelu ja laatuluokitus. Vahvistettu 2022-12-09.

Tampereen kaupunki 2022: Tampereen kaupungin meluselvitys 2022. Tampereen kaupungin liikennemeluselvitys liitteet 2-7. [Tampereen liikennemeluselvitys 2022:](#)

Tampereen kaupunki 2023: Asemakaavan osallistumis- ja arviointisuunnitelma. Linnainmaa, Hautalan työpaikka-alue, asemakaava nro 8867. 15.6.2023.

Talja 2004: Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Helsinki 2004.

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

Törnqvist ja Talja 2006: Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT working papers 50. Espoo 2006.

Ympäristöministeriö 2018: Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakenuksen ääniympäristöstä.

Liite 1. Tärinälaskenta VTT:n ohjeen Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa arviointitason mukaisella menetelmällä (Törnqvist ja Talja 2006).

Laskennassa käytettyjen korjaustekijöiden arvot on esitetty alleviivattuna ja lihavoituna.

Laskennan yleiskuvaus

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.

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 resonanssin mahdollisesti aiheuttama värähtelyn voimistuminen rakennuksessa sekä pohjaolosuhteisiin ja liikennetietoihin liittyvät epävarmuudet. Varmuuskertoimena suositellaan käytettäväksi arvoa 2.

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:

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

6.1.1. 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)
Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si)	0,7 (0,5)	1,2 (0,9)
Välimaalajit (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 hietä), hkSi - silttinen hiekka (hietä), hienoHk - hieno hiekka, Hk - hiekka, Sr - sora, HkMr - hiekkainen moreeni, SrMr - sorainen moreeni.

Tarkasteltavan kohteen laskennassa maaperä on tulkittu rautatien ja suunnittelukohteen välisellä alueella normaaliksi koheesiomaaksi, jossa vallitsevat maalajit ovat savi, savi-siltti ja siltti. Laskennassa lukuarvona on käytetty arvoa 0.95, joka on annettujen ääriarvojen keskiarvo normaalille koheesiomaalle.

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),
 - **Kohteen ja raiteen välistä etäisyyttä on muutettu muiden tekijöiden pysyessä samana. Tärinän heilahdusnopeuksia on tarkasteltu etäisyyksillä 10 – 200 metriä.**
- B on etäisyysseksponentti.

29.1.2024

Etäisyys eksponentti kuvaa maaperässä etenevän värähtelyn vaimennuskykyä. Mitä suurempi eksponentti on, sitä nopeammin värinä vaimenee. Laskennallisessa arvioinnissa käytetään taulukon 2 etäisyys eksponentin arvoja, jos mitattua tietoa vaimennuksesta ei ole saatavilla.

Taulukko 2. Värinän laskentamallin etäisyys eksponentinarvot eri maalajeille (taulukko lähteestä Törnqvist ja Talja 2006).

Maalaji	Etäisyys eksponentti B	
	Alaraja	Yläraja
Tärinäherkkä koheesiomaa (ljSa, ljSi, Lj)	0,3	0,6
Normaali koheesiomaa (Sa, saSi, Si)	0,5	1,0
Välimalajit (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 0.75, joka on annettujen ääriarvojen keskiarvo.

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 junan nopeus,
- A on nopeuseksponentti, ohjearvo $A = 0,9 \dots 1,1$

Tarkasteltavassa kohteessa nopeuseksponentin arvona on käytetty arvoa 1 ja junan nopeutena arvoa 70 km/h.

29.1.2024

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

G_0 on vertailupaino, 2000 tn,

G on tarkasteltavan junan kokonaispaino.

Tarkasteltavassa kohteessa junan painona on käytetty kokonaispainoa 2500 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 suosituksen mukaista arvoa 2.

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

6.1.2. 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 leviämialueella 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 %.

Liite 2. Runkomelulaskenta VTT:n ohjeen Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi – Esiselvitys” arviointitason 2 mukaisella menetelmällä, värähtelyn siirtotiehen perustuva arviointi (Talja & Saarinen 2009). Laskennassa käytettyjen korjaustekijöiden arvot on esitetty alleviivattuna ja lihavoituna.

Arvioinnin korjaustekijöinä on käytetty seuraavia arvoja:

- liikennetyyppi, veturivetoinen juna,
 - **korjausarvo 11 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 yksittäisten IC-junien nopeustietojen perusteella, laskennassa on käytetty IC-junien nopeuksien keskiarvoa 111 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,
 - **radassa ei ole eristystä, korjauksen arvo 0 dB,**
- väylän sijainti,
 - **avorata, korjauksen arvo 0 dB,**
- rakennuksen tyyppi,
 - perustuksen ja kallion välillä oletetaan olevan maa-ainesta vähintään 3 m
 - **korjauksen arvo 2 -kerroksiselle betonitalolle -7 dB,**
- tarkasteltava asuinkerros, toinen kerros (ei kellarikerros)
 - **korjauksen arvo – 2 dB**
- rakenneosien resonanssin vaikutus,

Error! No
text of
specified
style in
document

- **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 m/s < vs < 500 m/s), korjaus -35 dB**
- arviointimenetelmälle annettu varmuusmarginaali,
 - **korjauksen arvo +6 dB**

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

- **Kohteen ja raiteen välistä etäisyyttä on muutettu muiden tekijöiden pysyessä samoina. Runkomelutasoja on tarkasteltu etäisyyksillä 10 – 200 metriä.**