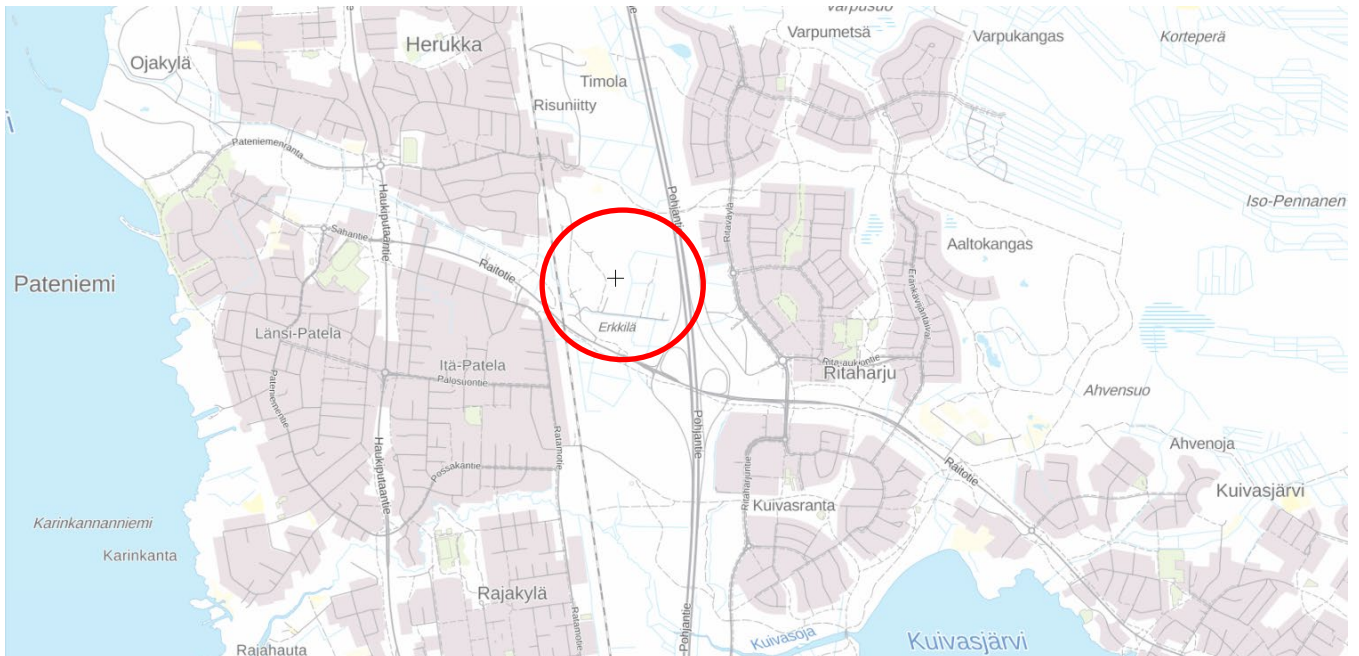


Tilaaaja	Oulun kaupunki
Projekti nro	1510074772
Tekijä	Ramboll Finland Oy
Suunnittelija	Joni Kemppainen, joni.kemppainen@ramboll.fi , +358 40 6196845
Tarkastaja	Joose Takala
Päivämäärä	18.1.2023

RITAPORTIN ALUEEN ASEMAKAAVAN MUUTOS, OULU

TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS



SISÄLTÖ

1.	YLEISTÄ	2
2.	LÄHTÖKOHDAT	2
2.1	Maankäytön suunnittelu	2
2.2	Maaperä	3
2.3	Raideliikenne	3
3.	TÄRINÄN ARVIOINTIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS JA MENETTELYTAVAT	4
3.1	Yleistä	4
3.2	Tärinähaitan asuinmukavuuden ohjearvot	5
3.3	Tärinän aiheuttama rakenteiden vaurio	5
4.	TÄRINÄTARKASTELUT	6
4.1	Arviointitaso 1	6
4.2	Arviointitaso 2	6
5.	RUNKOMELUTARKASTELUT	10
5.1	Ohjearvot ja arviointiperusteet	10
5.2	Runkomelutarkastelut, arviointitaso 1	10
5.3	Runkomelutarkastelut, arviointitaso 2	11
6.	TULOSTEN ARVIOINTI JA SUOSITUKSET	13

1. YLEISTÄ

Tämä selvitys on laadittu Oulun Ritaportin asemakaavamuutoksen tueksi. Tässä työssä on selvitetty laskennallisen tarkastelun perusteella raideliikenteestä aiheutuvan värinän ja runkomelun voimakkuus alueella yleispiirteisesti.

Työn on tilannut Oulun kaupunki. Ramboll Finland Oy:ssä selvityksestä on vastannut DI Joni Kempainen.

2. LÄHTÖKOHDAT

2.1 Maankäytön suunnittelu

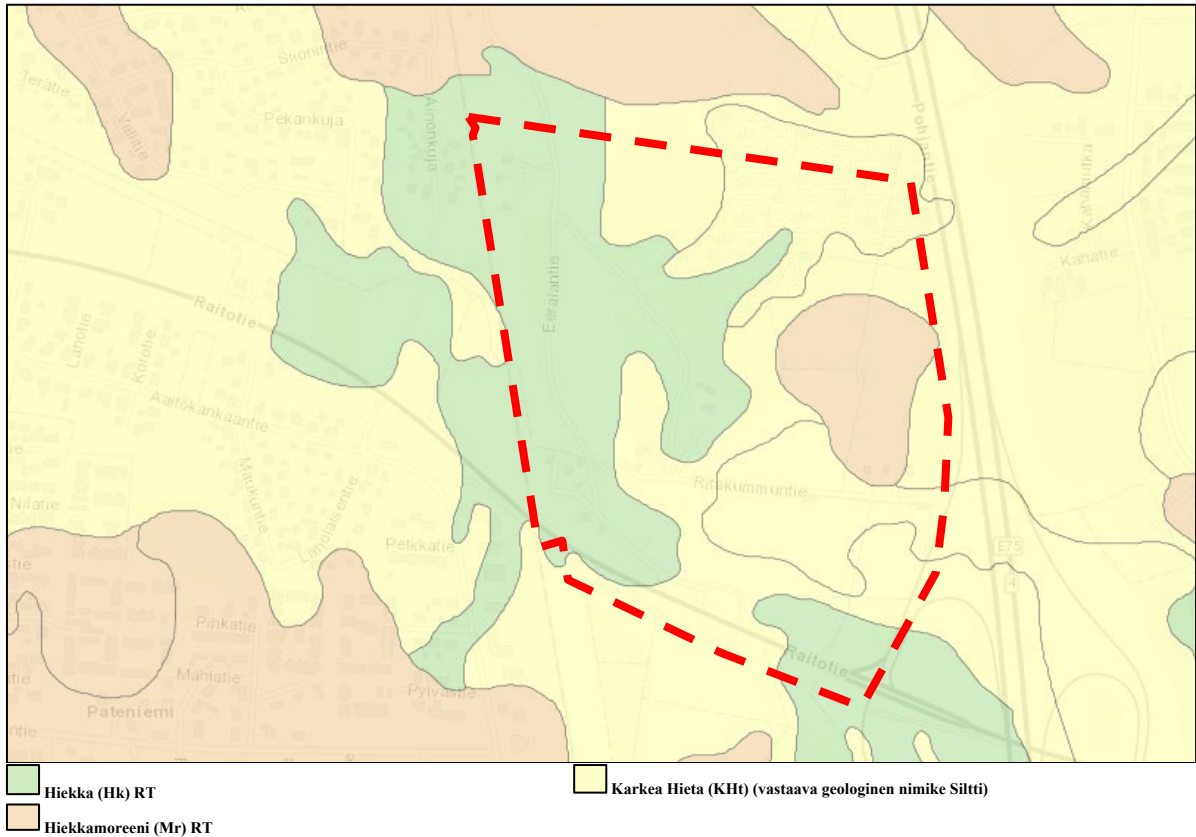
Suunnittelualueen alustava maankäyttötarkastelu (Oulun kaupunki, 28.11.2022) on esitetty kuvassa 2.1.



Kuva 2.1. Ritaportin alustava maankäyttötarkastelu (28.11.2022).

2.2 Maaperä

Kuvassa 2.2 on esitetty GTK:n maaperäkartta suunnittelualueelta.



Kuva 2.2. Suunnittelualueen maaperäkartta (GTK maaperäkartta) suunnittelualueen mukaisella aluerajauksella.

GTK:n maaperäkartan perusteella maaperä suunnittelualueella on radan läheisyydessä hiekkaa noin 160-400 metrin matkalta, jonka jälkeen hallitseva maaperä on pääosin karkeaa silttiä ja hiekkamoreenia. Suunnittelualueen pohjoispuolella maaperä on hiekkamoreenia.

2.3 Raideliikenne

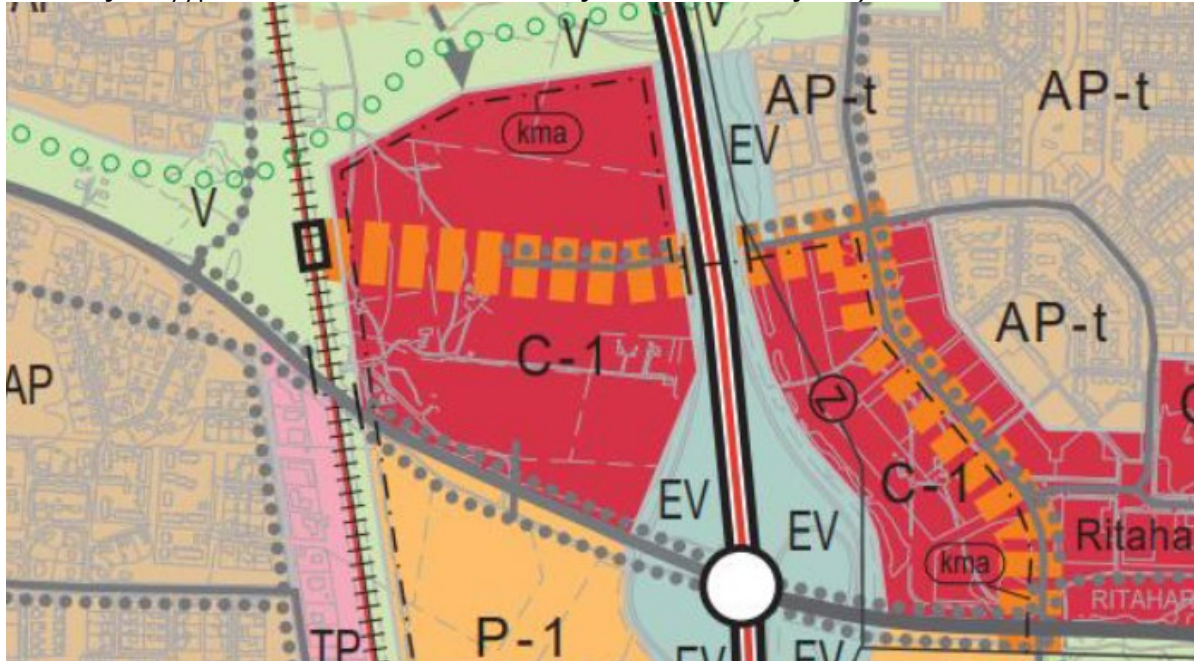
Selvityksen laskennallisessa tarkastelussa on otettu huomioon suunnittelualueen läpi kulkevan Oulu-Kemi välisen radan liikenne. Raideliikenne muodostuu ko. olevalla yksiraiteisella rataosalla tavarajunista, sekä henkilöliikenteen junista. Tärinän kannalta mitoitettavien junatyyppejä selvitysalueella on tavarajunat. Runkomelun osalta mitoitettavien junatyyppejä on henkilöliikenteen IC2-junat. Laskennassa käytetyt raideliikennetiedot perustuvat Sweco Infra & Rail Oy:n toimittamiin lähtötietoihin ja on esitetty taulukossa 2.1

Taulukko 2.1. Raideliikennelähtötiedot nyky- ja ennuste vuodelle 2050.

Tyyppi	Junien määrä [kpl] aikavälillä		Nopeus [km/h]		Paino [t]	
	klo 7-22	klo 22-7	nopeus-rajotus	todellinen	keskimääräinen	maksimi
Tavarajuna	3	3	100	85	1300	2600
Sr1- tai Sr2-veturin vetämät henkilöliikenteen junat (punaiset, siniset tai yksikerroksiset IC-vaunut)		2	140	100	910	1170
IC2-junat	3	3	140	140	515	1150

Tavarajunien keskimääräinen paino on n. 1300 t, mutta vuositasolla yksittäisten junien paino voi olla suurimmillaan 2600 t. Junien massoihin ei ole odotettavissa tulevaisuudessa oleellista muutosta.

Tulevaisuudessa on mahdollista, että suunnittelualueen kohdalle toteutetaan lähijunapysäkki, jonka sijainti on esitetty kuvassa 2.3. Mikäli lähijunapysäkki edellyttää sivuraiteen toteuttamista nykyistä lähemmäs suunnittelualueutta ja sillä liikennöi myös henkilöliikenteen kaukojunia tai tavarajunia, se voi lisätä tärinää tai runkomelua suunnittelualueella. Muussa tapauksessa lähijunapysäkin ei odoteta lisäävän oleellisesti runkomelua tai tärinää suunnittelualueella (merkittävimmät junatyypit ovat henkilöliikenteen kaukojunat sekä tavarajunat).



Kuva 2.3. Yleiskaavassa esitetty asemavarauksen sijainti suunnittelualueella.

3. TÄRINÄN ARVIOINTIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS JA MENETTELYTAVAT

3.1 Yleistä

VTT:n julkaisua "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT Working Papers 50, Espoo 2006) käytetään Suomessa yleisesti liikennetärinän arvioinnissa. Julkaisussa esitetään tärinän arviointimenettely kolmella eri tarkkuustasolla. Liikennetärinän siirtymistä rakennuksiin voidaan arvioida VTT:n julkaisuilla "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008) ja "Ohjeita liikennetärinän arviointiin" (VTT Tiedotteita 2569, Espoo 2011).

Arviointitasolla 1 tarkastelu perustuu kokemukseräisiin turvaetäisyyksiin, jossa huomioidaan maaperän ominaisuudet ja liikenteen tyyppi. Tarkastelulla selvitetään, onko varsinainen värähtelytarkastelu lainkaan tarpeen.

Arviointitaso 2 perustuu laskennallisiin arvoihin tai tarkistusluonteisiin tärinämittauksiin, jolloin liikenteen ja maaperän ominaisuudet voidaan ottaa tarkemmin huomioon. Arviointitasoa 2 suositellaan käytettäväksi, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa rakentamista ohjataan yksityiskohdaisesti määrättyllä alueella ja arviointitaso 1 perusteella alue on riskialuetta.

Arviointitaso 3 tarkastelu perustuu aina riittävän pitkäaikaisiin tärinämittauksiin. Tason 3 käyttöä tarvitaan, mikäli arviointitaso 2 laskennallisella tarkastelulla ei saada riittävän luotettavaa kuvaa maaperän pystyvärähtelyn suuruudesta, tai halutaan rakentaa alueelle, jolla arviointitaso 2 mukaan tärinä voi ylittää suositusarvon.

3.2 Tärinähaitan asuinmukavuuden ohjearvot

Tärinän aiheuttamaa mahdollista haittaa asuinmukavuudelle maankäytön suunnittelussa arvioidaan tunnusluvun $v_{w,95}$ perusteella. Tunnusluku perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyn tehollisarvoihin ja niiden perusteella laskettuun keskiarvoon ja hajontaan seuraavasti:

Määritelmältään $v_{w,95} = (15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo}) + (1,8 \times 15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta})$. Tilastollisesta luonteestaan johtuen se voidaan tarkasti määrittää vain pitkäaikaisten mittausten avulla.

Tunnusluvun perusteella rakennuksille on annettu suositus rakennusten värähtelyluokitukselta, joka esitetään taulukossa 3.1.

Taulukko 3.1 Rakennusten värähtelyluokitus häiritsevyyden arvioinnissa (VTT Working Papers 50, Espoo 2006).

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä)	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä)	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla (Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,60$

Luokkaan C pyritään uusien asuinrakennusten suunnittelussa. Muussa käytössä (mm. liike- ja toimistorakennukset) olevilla rakennuksilla pyritään tyyppillisesti luokkaan D.

Taulukon 3.1 värähtelyluokitus koskee normaaleja asuinrakennuksia. Mikäli rakennus on tarkoituksellisesti suunniteltu häiriöttömäksi (esim. korkeatasoiset asuinrakennukset, lepokodit, sairaalat), värähtelyluokan tulee olla yhtä luokkaa korkeampi. Taulukkoa 3.1 ei sovelleta suoraan rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä. Tällaisia voivat olla esim. toimistot, kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat.

Julkaisussa "Ohjeita liikennetärinän arviointiin" (VTT Tiedotteita 2569, Espoo 2011) on esitetty, että mikäli kyse ei ole asuinrakennuksesta ja tilojen käyttötarkoitus on sellainen, että liikenteen ei katsota aiheuttavan lepoa (esim. kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat), tavoiteraja voi olla kaksinkertainen luokan C arvoon nähden uusilla asuinalueilla ja vastaavasti kaksinkertainen luokan D arvoon nähden vanhoilla asuinalueilla (VTT tiedotteita 2569).

Väylävirasto on antanut lausunnon tärinän ja runkomelun huomioimisesta suunnittelualueen asemakaavan muutoksen OAS-vaiheessa (osallistumis- ja arviointisuunnitelma). Lausunnon mukaisesti raja-arvona sovelletaan luokan D raja-arvoa rakennuksissa, joita ei ole tarkoitettu lepoon.

3.3 Tärinän aiheuttama rakenteiden vaurio

Taulukon 3.1 luokittelu koskee asumismukavuutta. Tärinän aiheuttamaa rakenteiden vaurioitumisalttiutta luokitellaan julkaisun Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttiutus (VTT R 04703-14) mukaisesti:

- V Lähinnä rataa oleva alue, jossa maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille.
- H Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssilie herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin selvästi havaittavaa ja

häiritsee usein asumismukavuutta. Vaurioriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit.

- E Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta. Vaikutus asumismukavuuteen on tarkistettava erikseen VTT tiedotteen 2569 mukaan.

Taulukko 3.2. Rakenteiden vaurioitumisalttiuden luokan määräytyminen värähtelyn huippuarvon V_{max} [mm/s] ja maaperän perusteella.

Maalaji ja hallitseva taajuus	Pehmeä savi <10 Hz	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka 10-20 Hz	Tiiviit kitkamaat, rikkonainen kallio 20-50 Hz	Kiinteä kallio >50 Hz
V-alue	3	4,2	6	7,2
H-alue	1-3	1,4-4,2	2-6	2,4 – 7,2
E-alue	< 1	< 1,4	< 2	< 2,4

Taulukon 3.2 luokitus perustuu värähtelyn huippuarvoon V_{max} , eikä tehollisarvoon V_{RMS} kuten asumismukavuuden yhteydessä. Tyypillisesti huippuarvo on noin kaksinkertainen 1s tehollisarvoon verrattuna.

4. TÄRINÄTARKASTELUT

4.1 Arviointitaso 1

Taulukossa 4.1 on esitetty julkaisun Törnqvist & Talja (2006), "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT W50) arviointitason 1 mukaiset turvaetäisyydet tärinälle. Jos suunniteltu asutus sijoittuu taulukon turvaetäisyyden ulkopuolelle, ei tarkempaa tärinäselvitystä tarvita.

Taulukko 4.1 VTT:n ohjeen W 50 mukaiset turvaetäisyydet

Suosittelava turvaetäisyys	Liikennetyyppi	Pehmein maalaji väylän alla
500 m	Tavarajunaliikenne (3500 tn, 90 km/h)	Pehmeä maa
200 m	Pikajunaliikenne (140 km/h)	Pehmeä maa
100 m	Tavara- ja pikajunat	Kova maa
100 m	Raskas maantieliikenne (100 km/h, sileä)	Pehmeä maa
100 m	Hidastetöyssyt, raskas liikenne (40 km/h)	Pehmeä maa
50 m	Raskas katuliikenne (40 km/h, sileä)	Pehmeä maa
15 m *	Raskas maantie- ja katuliikenne (myös töyssyt)	Kova maa

* Ei koske väyliä, joilla on vain tilapäisesti raskasta liikennettä

Suunnittelualueen tilannetta asettuu näistä lähimmäksi luokkaa "Tavara- ja pikajunat, kova maa", jonka ohjeellinen, tärinäluokan C mukainen suojaetäisyys on 100 m. Raskaasta tieliikenteestä ei oleteta aiheutuvan tärinähaittaa suunnittelualueella.

4.2 Arviointitaso 2

Arviointitason 2 mukainen laskennallinen tarkastelu tehtiin julkaisussa Törnqvist & Talja (2006), "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT W50) esitetyn junaliikenteelle tarkoitetun laskentakaavan avulla. Lisäksi tärinän siirtymistä rakenteisiin tarkasteltiin julkaisun Talja et al. (2008) "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT T2425).

On huomattava, että laskenta perustuu huomattavaan määrään yleistä ja oletuksia, ja sen tuloksia on pidettävä lähinnä suuntaa antavina.

Pystysuora heilahdusnopeuden maksimin odotusarvo lasketaan maanvaraisesti perustetulle radalle yhtälöllä:

$$v_{z,max} = v_{z,15} \cdot k_D \cdot k_S \cdot k_G \cdot k_R$$

missä

$v_{z,max}$	laskennallinen tärinän pystyheilahdusnopeus maan pinnalla tarkastelupisteessä
$v_{z,15}$	pystysuora vertailuheilahdusnopeus maassa D = 15 m etäisyydellä raiteen keskilinjasta
k_D	etäisyyskerroin
k_S	junan nopeudesta riippuva kerroin
k_G	junan painosta riippuva kerroin
k_R	radan kunnosta riippuva kerroin

Tärinä siirtyy suunnittelualueelle erityisesti pinnassa olevan välimaalajien sekä karkearakeisen maan kautta. Tarkasteltavien tapausten vertailuheilahdusnopeudeksi $v_{z,15}$ sekä etäisyysksponektiksi B on valittu vastaavat tavarajunille tarkoitetut vertailuheilahdusnopeuden arvot (ala- ja ylärajan keskiarvo).

Koko tarkasteluvälillä tavarajunien nopeutena on käytetty 85 km/h. Nopeuskerrointa k_S ei käytetä nopeuksilla $S < 70$ km/h, joten nopeuden ollessa tätä pienempi, k_S saa arvon 1.

Tärinän asumismukavuuden mukaisessa arvioinnissa on käytetty junien keskimääräistä massaa 1300t ja rakenteiden vaurioitumisalttiuden mukaisessa arvioinnissa suurinta mahdollista massaa 2600t.

Radan kunnan kerroin k_R valitaan seuraavien arvojen väliltä:

- vanha yksiraiteinen rata, $k_R = 1,3$
- uusi moniraiteinen rata, $k_R = 0,7$.

Tarkasteltavien tapausten valitut kertoimien arvot on esitetty taulukossa 4.2.

Taulukko 4.2. Tärinätarkastelun laskennassa käytetyt kertoimet

Maalaji	juna	$v_{z,15}$	B	k_S	k_G	k_R
Karkearakeinen (alaraja) (Hk, Sr, HkMr, SrMr)	TaJu	0,3	1,4	1,21	1,0	0,7
Karkearakeinen (yläraja) (Hk, Sr, HkMr, SrMr)	TaJu	0,6	2,0	1,21	1,0	1,3

Näiden kertoimien lisäksi laskennalliseen heilahdusnopeuteen sovelletaan varmuuskerrointa $F = 2$, sillä laskelmia ei ole varmistettu mittauksin.

$$v_{z,max,mitoitus} = 2,0 \cdot v_{z,max}$$

Edellä esitetyllä kaavalla ja varmuuskertoimella saadaan laskettua maaperän värähtelyn mitoitushuippuarvo $v_{z,maxmit}$. Tämä arvo muutetaan vielä maaperän värähtelyn tehollisarvoksi $v_{w,maa}$ kertoimella 0,5:

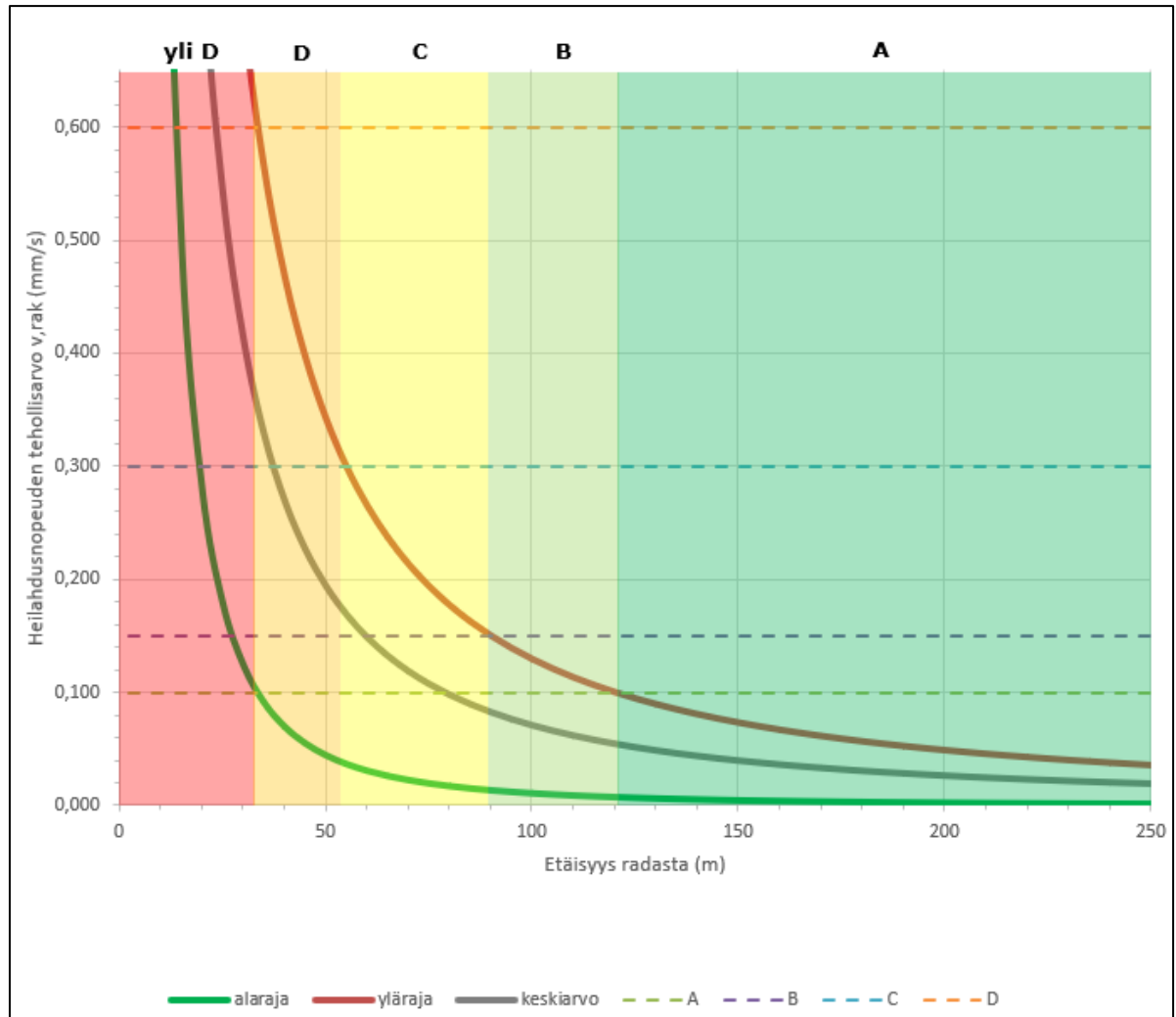
$$v_{w,maa} = 0,5 v_{z,maxmit}$$

Jotta voidaan arvioida alueen kiinteistöissä esiintyvää tärinää, varmuuskertoimella kerrottu laskennallinen maaperän värähdysnopeus $v_{w,maa}$ kerrotaan kokemukspäisellä suurennussuhteella, joka kuvaa värähtelyn siirtymistä rakenteisiin. Julkaisun "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" mukaan yleisen voimistumisen perusteella tämä kerroin on latioille ja rungolle 1,5 (yksikerroksisille maanvaraisille rakennuksille kerroin on 1). Tässä selvityksessä vahvistuskertoimena käytetään arvoa 1,5.

Tutkimusraportin VTT-R-04703-14 (Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttiutus) mukaan kovissa maaperissä värähtelyssä hallitsevat yli 10 Hz taajuudet ja värähtely on laajakaistaista. Silloin vaakavärähtely ei yleensä voimistu rungossa ja latioissakin voimistuminen voidaan olettaa vähäiseksi. Rakennukseen siirtyvä tärinä tulee kuitenkin aina olettaa

vähintään samansuuruiseksi kuin maaperässä, vaikka todellisuudessa värähtely voikin jossain määrin vaimeta rakennukseen siirtyessään.

Kuvassa 4.1 on esitetty painoltaan keskimääräisestä tavarajunasta aiheutuva rakenteissa esiintyvä laskennallinen heilahdusnopeus v_{RMS} etäisyyden funktiona (yläraja ja alaraja) sekä väreillä saavutettava värähtelyluokka (A, B, C, D) tarkasteltavan maalajien tapauksessa ylärajan oletuksella.



Kuva 4.1. Maalajin karkearakeinen (Hk, Sr, HkMr, SrMr) tapauksessa rakennusten tärinän voimakkuus etäisyyden funktiona ja asumismukavuutta kuvaavan värähtelyluokituksen asuinrakennuksille sovellettava raja-arvo.

Luokkaan C pyritään uusien asuinrakennusten suunnittelussa. Muussa käytössä (mm. liike- ja toimistorakennukset) olevilla rakennuksilla pyritään tyypillisesti luokkaan D. Väylävirasto on antanut lausunnon tärinän ja runkomelun huomioimisesta suunnittelualueen asemakaavan muutoksen OAS-vaiheessa (osallistumis- ja arviointisuunnitelma). Lausunnon mukaisesti raja-arvona sovelletaan luokan D raja-arvoa rakennuksissa, joita ei ole tarkoitettu lepoon.

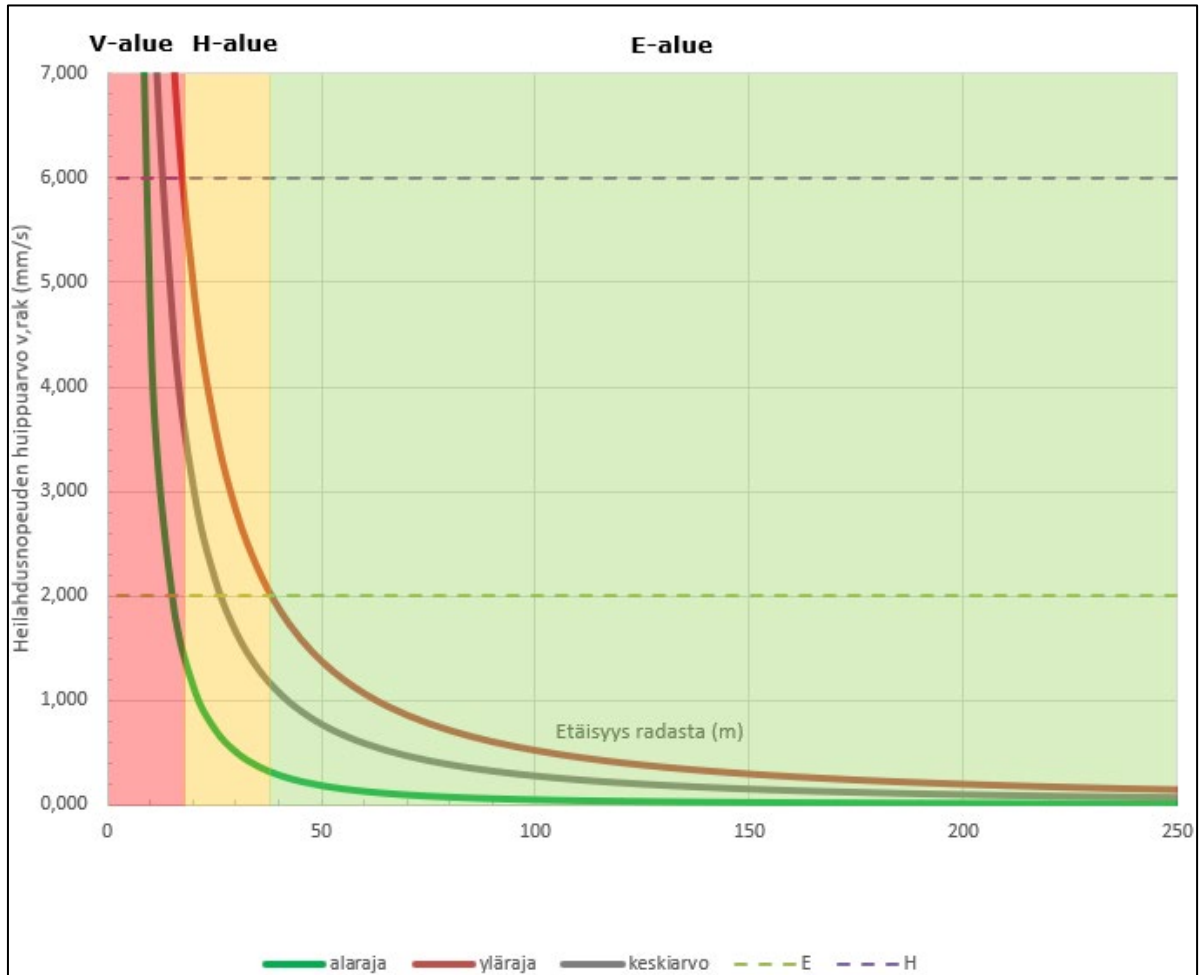
Kuvassa 2.2 esitetyn GTK:n maaperäkartan perusteella selvitysalueen maaperä radan ja läheisten rakennusten kohdalla on hiekkaa (karkerakeinen maalaji). Kyseisellä maalajin oletuksella värähtelyluokan C mukainen raja-arvo (asuin- ja majoitustilat) voi ylittyä etäisyyden rataan ollessa alle 55 metriä. Vastaavasti värähtelyluokan D mukainen raja-arvo (muut rakennukset) voi ylittyä etäisyyden rataan ollessa alle 35 metriä.

Suunniteltavat rakennukset sijaitsevat lähimmillään noin 75 metrin etäisyydellä radan keskilinjasta ja siten rakennuksissa esiintyvä liikennetärinä ei todennäköisesti ylitä värähtelyluokan C raja-arvoa $v_{w,95} \leq 0,3$ mm/s.

Rakenteiden vaurioitumisalttius

Tärinän aiheuttamaa rakenteiden vaurioitumisalttiutta luokitellaan maaperän värähtelyn huippuarvojen v_{max} perusteella. Tyypillisesti huippuarvo on noin kaksinkertainen 1 s tehollisarvoon v_{RMS} verrattuna.

Kuvassa 4.2 on esitetty rakenteissa esiintyvä laskennallinen heilahdusnopeuden enimmäisarvo v_{max} etäisyyden funktiona (yläraja ja alaraja) sekä väreillä saavutettava ko. maalajin rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaavan luokituksen värähtelyluokka (V, H, E) ylärajan oletuksella.



Kuva 4.4. Rakennusten laskennallinen heilahdusnopeuden huippuarvo v_{max} ja rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaava luokituksen raja-arvot (Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio 20-50 Hz).

Laskennallisten tarkastelun perusteella etäisyyden ollessa vähintään noin 40 metriä radan keskilinjasta sijoitetaan vaurioitumisalttiuden kannalta parhaaseen luokkaan E. Täten selvitysalueella suunniteltaessa rakennuksia noin 40 metrin etäisyydelle tai lähemmäs radan keskilinjasta on olemassa riski rakennusten rakenteellisesta vauriosta. Näiden radan välittömään läheisyyteen suunniteltavien rakennusten tapauksessa tulee huomioida suunnittelussa mahdollinen vaurioitumisalttius, riippumatta siitä tehdäänkö ko. rakennuksille runkomelun ja tärinän arviointia asu-
mismukavuuden kannalta.

Selvitysalueelle on suunniteltu rakennuksia lähimmillään noin 75 metrin etäisyydelle radasta, joten, jolloin rakennusten rakenteellinen vaurio ei ole todennäköistä ja ei siten edellytä toimenpiteitä.

5. RUNKOMELUTARKASTELUT

5.1 Ohjearvot ja arviointiperusteet

VTT:n julkaisua "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT Tiedotteita 2468, Espoo, 2009" käytetään Suomessa yleisesti liikenteestä aiheutuvan runkomelun arvioinnissa. Julkaisussa esitetään runkomelun kolmetasoinen arviointimenettely, joista tarkin taso perustuu tunnusluokun, joka määritetään mittaustulosten perusteella. Taulukossa 5.1 on esitetty suositus Suomessa käytettävistä runkomelutasojen raja-arvoista.

Taulukko 5.1: VTT:n suosittelemat runkomelun ohjearvot.

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} [dB]
Radio- tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25...30
Asuinhuoneistot	30 / 35*
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> - potilashuoneet, majoitustilat - päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet 	30 / 35*
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"> - 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*

*Avoradat. Mikäli kaavamääräyksellä on annettu ohje julkisivun ilmastoineristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutaso tiukempaa raja-arvoa.

Suosituksen raja-arvoja asetettaessa tavoitteena on ollut häiriövaikutuksen rajoittaminen minimiin. Koska häiriövaikutuksen on havaittu syntyvän, kun $L_{pASmax} \geq 35$ dB, raja-arvot ovat asunnoissa tätä pienemmät.

Ympäristöministeriön ääniympäristöohjeessa (2018) annetaan maaperäiselle runkomelutasolle L_{prm} ohjearvo 30 dB ja avoradoilla 35 dB (asuinrakentaminen).

Väylävirasto on antanut lausunnon tärinän ja runkomelun huomioimisesta suunnittelualueen asemakaavan muutoksen OAS-vaiheessa (osallistumis- ja arviointisuunnitelma). Lausunnon mukaan runkomelun osalta tulee huomioida VTT:n laatiman esiselvityksen Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi (VTT tiedotteita 2468) suositus runkomelutaso raja-arvosta (L_{prm}) 30/35 dB.

Kuten liikennetärinälle, myös runkomelulle on esitetty kolme eri arviointitasoa. Arviointitaso 1 perustuu turvaetäisyyden käyttöön. Kokemusperäisesti on voitu määrittää etäisyys, jota kauempana tarkempi runkomelutarkastelu ei enää ole tarpeen.

Arviointitasossa 2 tehdään värähtelyn siirtotiehen perustuva laskennallinen arviointi. Laskelma on hyvin empiirinen ja perustuu kokemuksiin tyypillisistä mittaustuloksista.

Arviointitasossa 3 runkomelu todennetaan mittaamalla.

5.2 Runkomelutarkastelut, arviointitaso 1

Julkaisussa Talja & Saarinen (2009): "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" (VTT T2468) on esitetty arviointitaso 1 etäisyydet (taulukko 5.2). Taulukon avulla voidaan määrittää etäisyys väylästä, jota kauempana runkomelutaso voidaan katsoa olevan alle 35 dB (pintäväylä) tai alle 30 dB (kalliotunneli)

Taulukko 5.2. Runkomelun turvaetäisyydet (Talja & Saarinen 2009, VTT T2468)

Liikennetyyppi	pehmeä maa pintaväylä 35 dB	kova maa pintaväylä 35 dB	kallio tunneli 30 dB	kallio pintaväylä 35 dB
Tieliikenne, 50 km/h	< 5 m	< 5 m	< 5 m	< 5 m
Tieliikenne, 100 km/h	< 5 m	< 5 m	< 5 m	5 m
Raitiovaunu, 50 km/h	< 5 m	15 m	50 m	120 m
Metro tai lähijuna, 80 km/h	< 5 m	30 m	90 m	160 m
Lähijuna, 160 km/h	10 m	60 m	130 m	200 m
Sähkömoottorijuna, 220 km/h	15 m	70 m	150 m	>200 m
IC-juna, 160 km/h	40 m	130 m	200 m	30 m
Tavarajuna, 100 km/h	60 m	160 m	>200 m	30 m

Taulukossa 5.2 maapohja on oletettu samaksi väylän ja rakennuksen alla ja sen paksuuden on oltava vähintään 3 m. Taulukosta 5.2 parhaiten tulee kyseeseen IC-juna 160 km/h ja tavarajuna 100 km/h (kova maa). Tarkempi laskennallinen tarkastelu on kuitenkin tarpeen.

5.3 Runkomelutarkastelut, arviointitaso 2

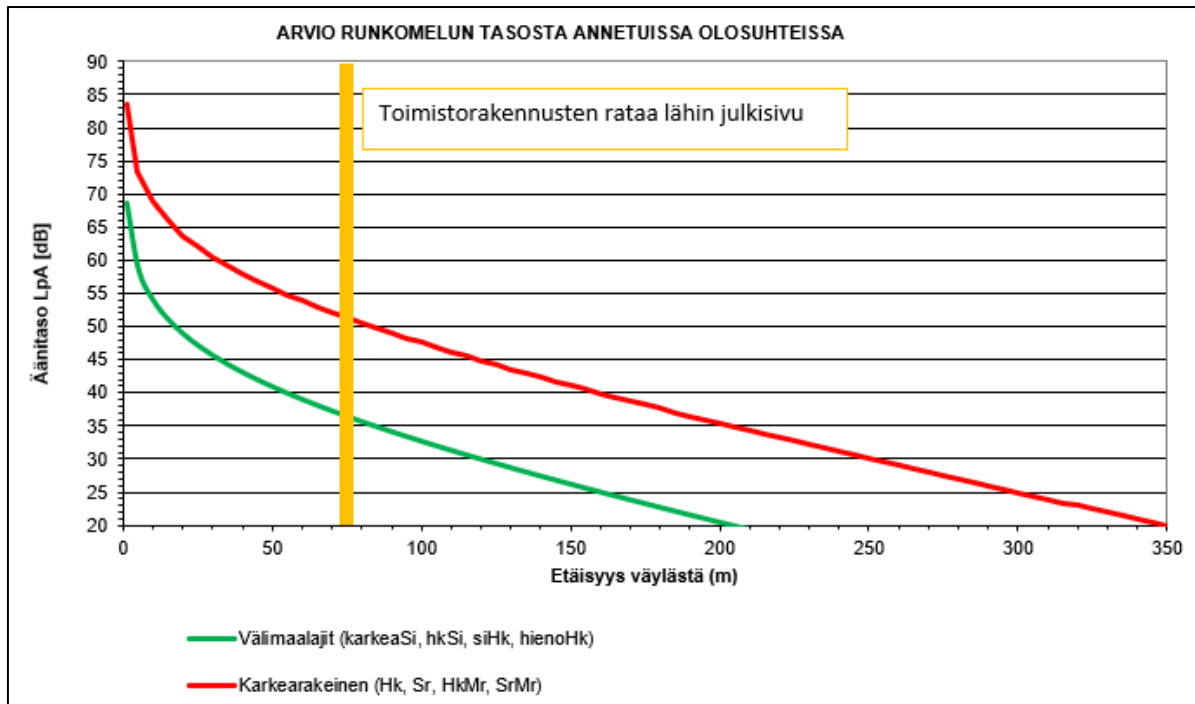
Laskennallisen arviointitason perustana on Julkaisussa Talja & Saarinen (2009): "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" (VTT T2468) esitetty ns. äänitason peruskäyrä L_v , jonka arvoa korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä. Laskennallinen sisätilojen runkomelutaso L_{pA} saadaan peruskäyrän ja yhteenlaskettujen korjaustekijöiden avulla:

Taulukkoon 5.3 on kerätty suunnittelukohteessa valitut äänenpainetaso korjaustekijät.

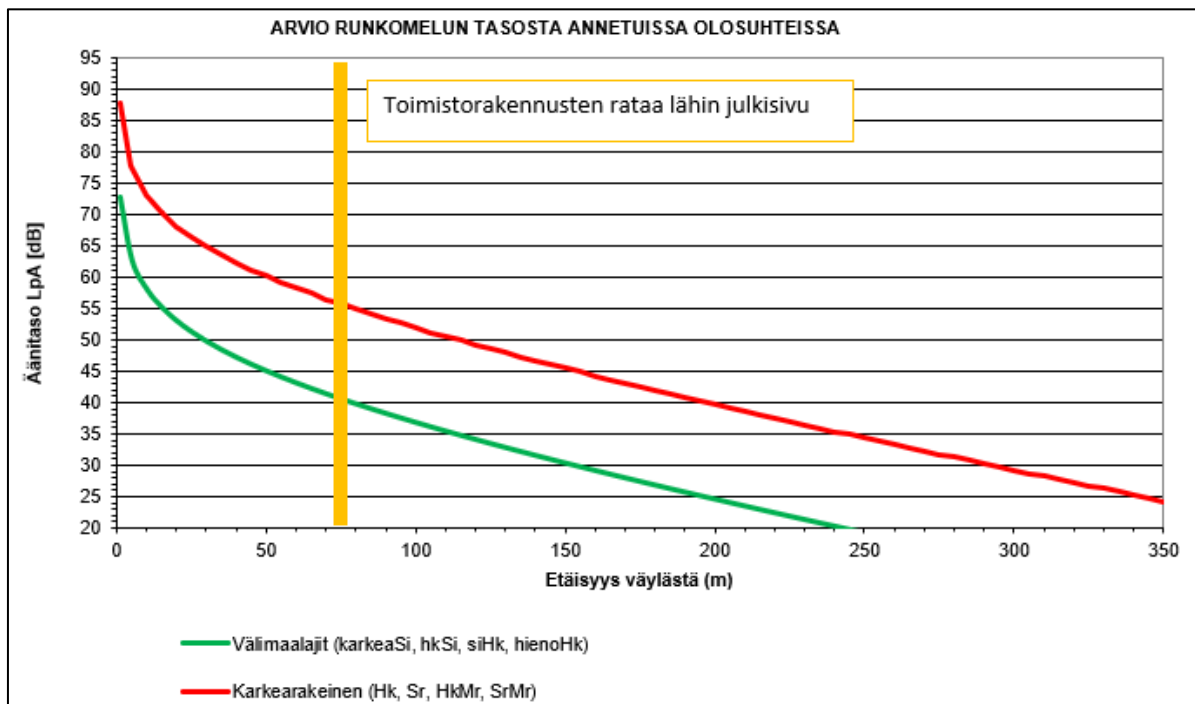
Taulukko 5.3. Laskennassa käytetyt korjaustekijät.

Korjaustekijät	Korjauksen vaikutus [dB]
Liikennetyyppi: veturivetoiset junat	+11
Ajonopeus (T): 85 km/h	-1
Ajonopeus (IC): 140 km/h	+3
Ajoneuvon ominaisuuksista riippuvat tekijät: normaali jousitus	0
Väylän kunto: Hyväkuntoinen rata	0
Radan eristämistapa: ei eristystä	0
Väylän sijainti: avorata	0
Rakennuksen tyyppi: betonitalo 1-2 krs (perustuksen ja kallion välissä maa-aineista vähintään 3 m)	-7
Rakennusosien resonanssin vaikutus	+6
Muunnos äänenpainetasoksi	-28
Muunnos A-painotetuksi äänenpainetasoksi (alaraja) hallitseva taajuusalue 30-60 Hz	-35
Muunnos A-painotetuksi äänenpainetasoksi (yläraja) hallitseva taajuusalue yli 60 Hz	-20
Varmuusmarginaali	+6

Kuvissa 5.1 ja 5.2 on esitetty tavarajunista ja henkilöliikenteen junista aiheutuva laskennallinen sisätilojen runkomelutaso tehdyillä oletuksilla etäisyyden funktiona.



Kuva 5.1. Laskennallinen tavaraliikenteen junista (T) aiheutuva sisätilojen runkomelutaso.



Kuva 5.2. Laskennallinen henkilöliikenteen junista (IC) aiheutuva sisätilojen runkomelutaso.

Kuvista 5.1 ja 5.2 nähdään, että laskennallisten tarkastelun perusteella runkomelun kannalta merkittävin junatyyppi on henkilöliikenteen kaukojunat (IC). Suunniteltavat rakennukset sijaitsevat lähimmillään noin 75 metrin etäisyydellä radan keskilinjasta.

Rakennuksille sovellettavat runkomelutason raja-arvot on esitetty taulukossa 5.1. Osalle rakennustyypeistä suositellaan sovellettavan joko normaalia tai 5 dB verran tiukempaa runkomelutason raja-arvoa, sen perusteella onko kyseessä avorata tai koskeeko rakennusta asemakaavamääräys julkisivun ilmastueneristävyydestä. Toimistoille, kauppoille, näyttelytiloille ja museoille sovellettavat raja-arvot ovat 40/45 dB.

Kuvasta 5.1 nähdään, että maaperäolosuhteet vaikuttavat merkittävästi rakennukseen siirtyvään runkomelutasoon. Alueen maaperäkartan (kuva 2.2) perusteella maaperä suunnittelualueella radan läheisyydessä on hiekkaa (karkearakeinen maalaji). Runkomelun kannalta myös mitoittavin tapaus on ko. karkearakeinen maalaji, joten runkomelun arviointi tässä tapauksessa koko suunnittelualueella on järkevää tehdä tämän maalajin oletuksella.

Taulukossa 5.4 on esitetty laskennallisen tarkastelun perusteella määritetyt etäisyydet radan keskilinjasta, joilla saavutetaan sovellettava runkomelutason raja-arvo henkilöliikenteen IC-junan (140 km/h) ja eri maalajien tapauksissa.

Taulukko 5.4. Etäisyyden radasta vaikutus laskennalliseen runkomelutasoon eri maalajien tapauksessa (IC 140 km/h).

Maalaji	30 dB	35 dB	40 dB	45 dB
Välimalajit	154 m	115 m	80 m	51 m
Karkearakeinen	293 m	244 m	198 m	154 m

Laskennallisen tarkastelun perusteella toimisto- ja liiketiloille sovellettava runkomelun raja-arvo 40/45 dB voi ylittyä rataa lähimpien rakennusten osalta (rakennukset joiden etäisyys radasta alle 154 m/198 m). Mikäli asemakaavassa esitetään vaatimus ulkovaipan ääneneristävyydestä, on suositeltava soveltaa runkomelutason tiukempaa raja-arvoa (toimistot ja liiketilat 40 dB) ja sen mukaista suurempaa varoetäisyyttä. Tämän mukaisesti suositellaan että, selvitysalueella alle 200 metrin etäisyydellä radasta toimisto- ja liikerakentamisessa otetaan huomioon junista aiheutuva mahdollinen runkomeluhaitta.

6. TULOSTEN ARVIOINTI JA SUOSITUKSET

Tässä työssä on selvitetty laskennallisen tarkastelun perusteella raideliikenteestä aiheutuvan tärinän ja runkomelun voimakkuus alueella yleispiirteisesti. Tärinän ja runkomelun laskennalliseen tarkasteluun liittyvä epävarmuus on huomattavasti merkittävämpää kuin esimerkiksi melu- ja runkomelun selvitysten melumallinnusten epävarmuus. Todellinen tärinän ja runkomelun voimakkuus voi vaihdella huomattavasti pienelläkin alueella riippuen mm. maaperän vaihtelevuudesta. Tarkempi arvio tärinän ja runkomelun voimakkuudesta on mahdollista saada maaperästä tai perustuksista tehtävillä värähtelymittauksilla.

Tärinä

Väylävirasto on antanut lausunnon tärinän ja runkomelun huomioimisesta suunnittelualueen asemakaavan muutoksen OAS-vaiheessa (osallistumis- ja arviointisuunnitelma). Lausunnon mukaisesti raja-arvona sovelletaan luokan D raja-arvoa rakennuksissa, joita ei ole tarkoitettu lepoon.

Tärinän laskennallisessa arvioinnissa käytettiin asumismukavuuden tapauksessa tavarajunien keskimääräisiä massoja ja vaurioitumisaltiuden arvioinnissa tavarajunien suurimpia mahdollisia massoja.

Tärinän asumismukavuuden värähtelyluokan C mukainen raja-arvo (asuin- ja majoitustilat) voi ylittyä etäisyyden rataan ollessa alle 55 metriä. Vastaavasti värähtelyluokan D mukainen raja-arvo (muut rakennukset) voi ylittyä etäisyyden rataan ollessa alle 35 metriä.

Rakenteiden vaurioitumisaltiuden laskennallisten tarkastelun perusteella etäisyyden ollessa vähintään noin 40 metriä radan keskilinjasta sijoitetaan vaurioitumisaltiuden kannalta parhaaseen luokkaan E. Täten selvitysalueella suunniteltaessa rakennuksia noin 40 metrin etäisyydelle tai lähemmäs radan keskilinjasta on olemassa riski rakennusten rakenteellisesta vauriosta, joka tulee huomioida jatkosuunnittelussa.

Suunniteltavat rakennukset sijaitsevat lähimmillään noin 75 metrin etäisyydellä radan keskilinjasta ja siten rakennuksissa esiintyvä liikennetärinä ei todennäköisesti ylitä värähtelyluokan C raja-arvoa $v_{w,95} \leq 0,3$ mm/s. Rakennusten rakenteellinen vaurio ei ole myöskään todennäköistä ja ei siten edellytä toimenpiteitä.

Runkomelu

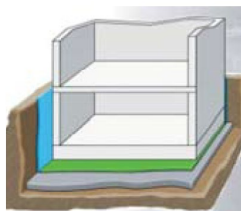
Toimisto- ja liiketiloille sovellettava runkomelun raja-arvo 40/45 dB voi ylittyä rataa lähimpien rakennusten osalta (rakennukset, joiden etäisyys radasta alle 154 m/198 m). Suunniteltavat rakennukset sijaitsevat lähimmillään noin 75 metrin etäisyydellä radan keskilinjasta. Mikäli asemakaavassa esitetään vaatimus ulkovaipan ääneneristävyydestä, on suositeltava soveltaa runkomelutason tiukempaa raja-arvoa (toimistot ja liiketilat 40 dB) ja sen mukaista suurempaa varoetäisyyttä. Siten suositellaan että, selvitysalueella radan puolella toimisto- ja liikerakentamisessa otetaan huomioon junista aiheutuva mahdollinen runkomeluhaitta. Lähtökohtaisesti raide liikenteen runkomelu ei edellytä toimenpiteitä liikuntarakennuksen osalta (kohta 5.1).

Siten suositellaan, että kaavaan sisällytetään maininta rautatieliikenteestä aiheutuvan runkomelutason ohjeistus suosituksesta toimisto- ja liiketiloille:

- $L_{prn} \leq 40$ dB, kun rakennukselle on annettu määräys julkisivun ilmajänteneristävyydelle (rakennukset, joiden etäisyys radasta alle 198 m)
- $L_{prn} \leq 45$ dB, kun rakennukselle ei ole annettu määräystä julkisivun ilmajänteneristävyydelle (rakennukset, joiden etäisyys radasta alle 154 m)

Käytännössä tämän varmistamiseksi suositellaan hankekohtaista tarkempaa rakennedynaamista tarkastelua, jossa huomioidaan värähtelyn suuruus ja taajuus sekä rakenneosien ominaistaajuus. Tätä varten suositellaan tehtäväksi runkomelumittaukset suunnittelualueella, jolloin saadaan huomattavasti tarkempi arvio rakennukseen siirtyvästä runkomelusta ja tarvittaessa sopivasta vaimennusratkaisusta.

Runkomelun esiintymistä voidaan ehkäistä eristämällä uusien kiinteistöjen perustukset ympäröivästä maaperästä. Koska runkomelun aiheuttava värähtely siirtyy kovia maakerroksia pitkin, katkaisemalla värähtelyn kulkureitti pehmeämmällä kerroksella voi vähentää perustusten värähtelyä huomattavasti. Sopiva vaimennusratkaisu suunnitellaan tapauskohtaisesti. Mikäli vaimennustarve ei ole suuri, yksi ratkaisu on toteuttaa perustusten alle (primäärieristin) ja tarvittaessa esim. maanpaineseniä vasten (sekundäärieristin) asetettavilla levyeristeillä (esim. EPS-routalevy, kuva 6.1).



Levyeristys

Kuva 6.1. Periaatekuva runkomelun torjunnasta rakennuksen levyeristyksellä. (VTT T2468)

Levyeristeen asennus perustusten alle ja maanpaineseniä vasten on kustannustehokas toimenpide, joka ei aiheuta haittoja perustusten toiminnalle (eristykseen arvioitu kokoonpuristuma rakennuksen omapainon vaikutuksesta on joidenkin millimetrien luokkaa).

Tehokkaampi vaimennus voidaan toteuttaa esimerkiksi kaksoisanturoilla, joiden välissä on värähtelyä vaimentava eristinmateriaalikaista (esim. Sylomer). Tämän ns. primäärieristykseen lisäksi suositellaan, että anturoita ja maanpaineseniä vasten asennetaan sekundäärieristys EPS-levyllä. Sekundäärieristykseen tarkoitetaan katkaista värähtelyn siirtotie maasta perustuksiin.

LÄHTEET

Talja, A. 2011: Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT T2569

Talja, A. & Saarinen, A. 2009: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT T2468

Talja, A. & Törnqvist, J. 2014: Liikennetärinä: Alueiden tärinäkarttoitus ja rakenteiden vaurioitumismalittius. VTT R-04703-14

Talja, A, Vepsä, A, Kurkela, J & Halonen, M. 2008: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT T2425

Törnqvist, J & Talja, A. 2006: Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa

Ympäristöministeriö, 2017: Ympäristöministeriön asetus 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä

Ympäristöministeriö, 2018: Ympäristöministeriön ääniympäristöohje