

Vastaanottaja
Rauman kaupunki

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
17.1.2020

RAUMA, K306 LÄNSIOSA AK MUUTOS

TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

RAUMA, K306 LÄNSIOSA AK MUUTOS

Päivämäärä **17.1.2020**
Laatija **Ville Lehtonen**
Kuvaus **Tärinä- ja runkomeluserelvitys**

Viite 1510053337

SISÄLTÖ

1.	Yleistä	1
2.	Lähtökohdat	1
2.1	Yleistä kohteesta	1
2.2	Maaperäolosuhteet	2
2.3	Raideliikenne	2
2.4	Tieliikenne	2
3.	Tärinän arviointiin liittyvä ohjeistus ja menettelytavat	3
3.1	Yleistä	3
3.2	Tärinähaitan arviointiperusteet	3
4.	Tärinätarkastelut	5
4.1	Mittaukset	5
4.2	Mitattu maaperän värähtely ja sen arvioitu siirtyminen rakenteisiin	6
5.	Runkomelutarkastelut	10
5.1	Ohjeavot ja arviointiperusteet	10
5.2	Mittaukset ja tunnusluvut	11
6.	Tulosten arviointi ja johtopäätökset	12
6.1	Yleistä	12
6.2	Tärinä	12
6.3	Runkomelu	12
7.	Tärinän ja runkomelun arvioinnissa käytetty ohjeistus	13

LIITTEET

Liite 1

Tärinämittaukset

1. YLEISTÄ

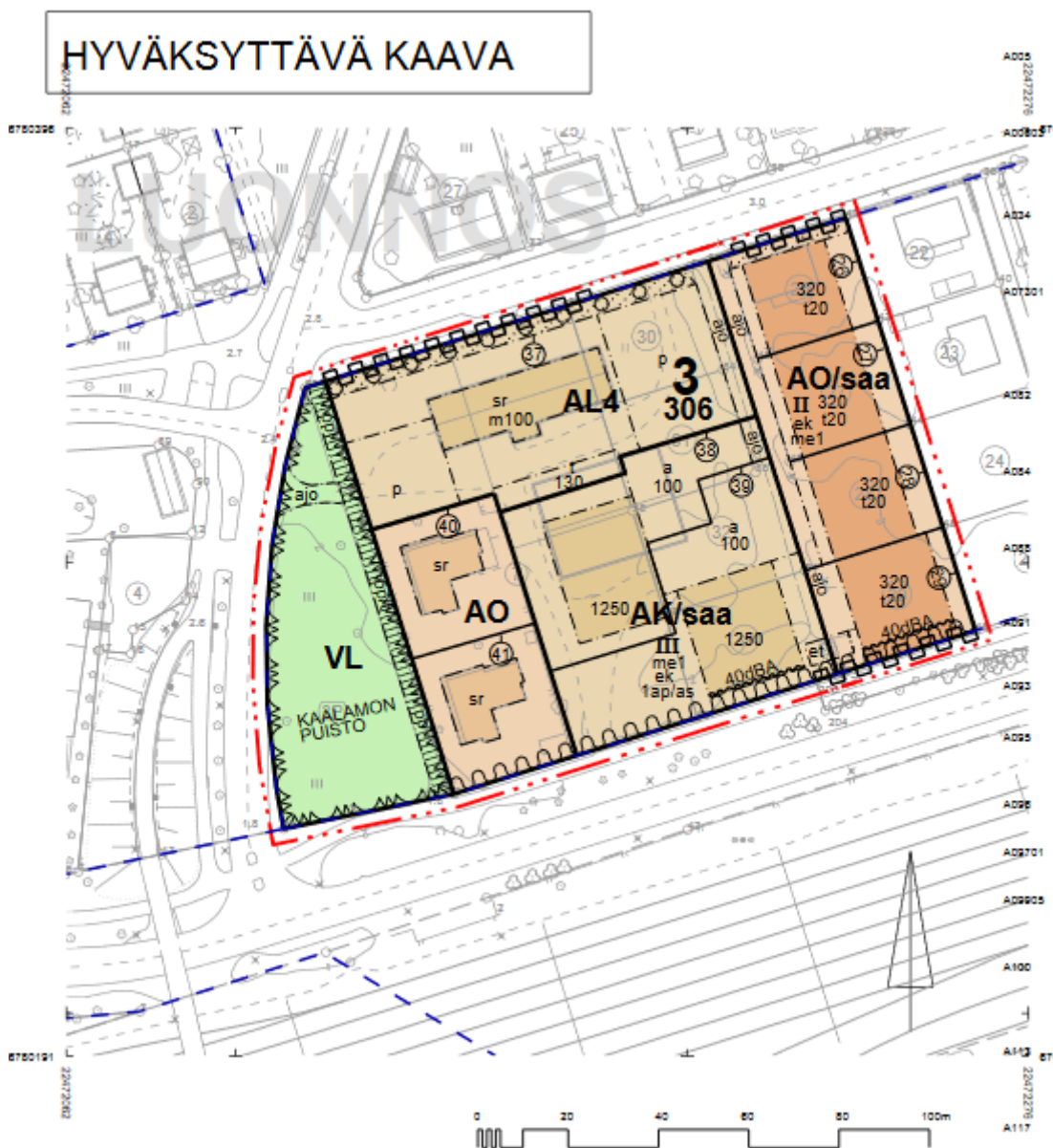
Rauman kaupungissa on käynnissä asemakaavan laatimis- ja muutoshanke rautatieaseman rata-
pihan pohjoispuolella (kortteli K306 länsiosaa). Tässä työssä on selvitetty mittauksen perusteella
raide- ja katuliikenteestä aiheutuvan tärinän ja runkomelun voimakkuus suunnittelualueella.

Työn on tilannut Rauman kaupunki. Selvityksen on tehnyt Ramboll Finland Oy, vastuuhenkilö TKT
Ville Lehtonen. Mittaukset suoritti Rambollin alikonsultti Finnrock Oy.

2. LÄHTÖKOHDAT

2.1 Yleistä kohteesta

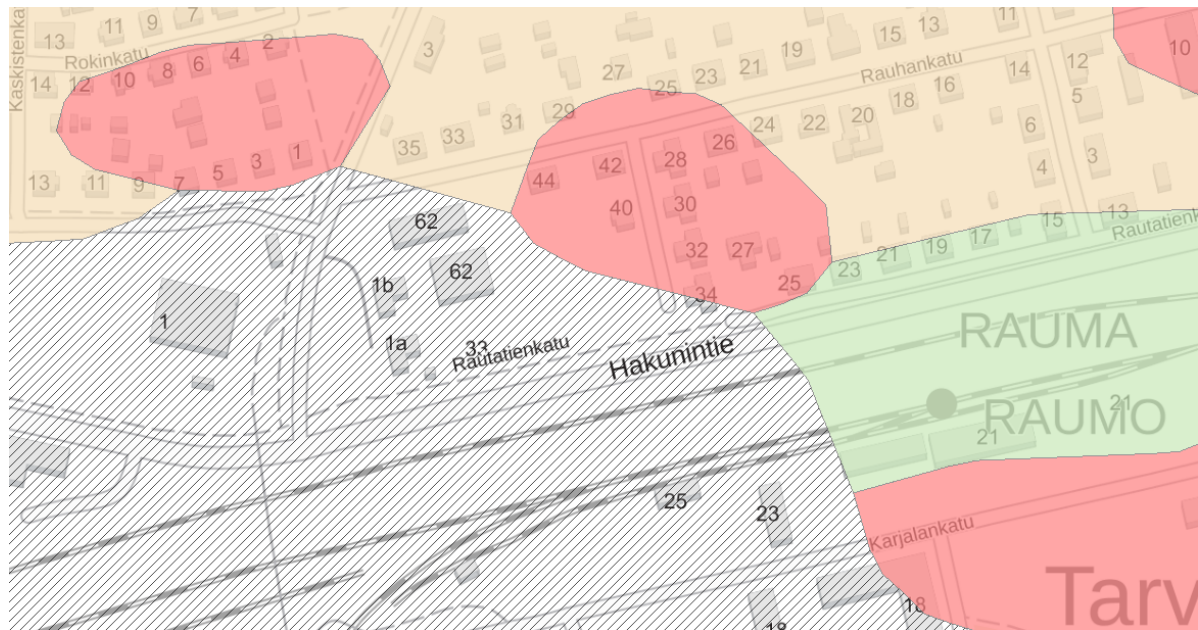
Suunnittelualan sijainti on esitetty karttaotteesta (kuva 2.1).



Kuva 2.1. Asemakaavan muutoksen luonnos 22.8.2019, ei mittakaavassa. (Kartta: Rauman kaupunki)

2.2 Maaperäolosuhteet

GTK:n maaperäkartan (kuva 2.2) perusteella pohjamaa on karkearakeista, vaihtelevasti hiekkaa, moreenia ja (karkearakeista) täyttömaata. Aivan alueen itäreunassa on kalliota, muuten suunnittelualue ja rata sijaitsevat täyttömaalla.



Kuva 2.2. GTK:n maaperäkarttatuloste, ei mittakaavassa. Keltainen=hiekkamoreeni, vihreä=hiekkaa, punainen=kallio, viivoitettu=täyttömaa (Kartta:GTK 2020)

2.3 Raideliikenne

Suunnittelualue sijaitsee Rauman ratapihan länsipään tasalla. Suunnittelualueen kohdalta erkaantuu pistoraiteita Rauman sataman eri osiin. Liikenne on yksinomaan tavaraliikennettä. Ju-liadata.fi -palvelun mukaan mittausjaksolla Rauman liikennepaikan kautta liikennöi keskimäärin 11 tavarajunaa ja 2 veturia päivässä. Tämän lisäksi tärinää voi aiheutua junien järjestely- ja lastaustöistä ratapihalla, mitä ei näy kirjatuissa junatiedoissa.

Junien liikennöinti nopeus on raiteistokaavioiden perusteella enintään 35 km/h. Käytännössä nopeudet ovat luultavasti vielä alhaisempia.

Tulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuvista junaliikenteen muutoksista on vaikea muodostaa arviota. Käytännössä tavarajunaliikenteen muutokset riippuvat sataman alueen toimijoiden taloudellisista reunaehdoista. Väyläviraston selvitys (Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2018) ennustaa tavaraliikenteen lievää vähenemistä vuosiin 2030 ja 2050 mennessä.

2.4 Tieliikenne

Suunnittelualueen ympäristössä on normaalia katuliikennettä. Käytännössä sen ei oleteta aiheuttavan merkittävää tärinää.

3. TÄRINÄN ARVIOINTIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS JA MENNETTELYTAVAT

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 kokemusperäisiin 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 yksityiskohtaisesti 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 arviointiperusteet

Tärinän aiheuttamaa mahdollista haittaa asuinmukavuudelle maankäytön suunnittelussa arvioidaan tunnusluvun $v_{w,95}$ perusteella. Tunnusluku perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyyn 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

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 värähtelyt, 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 luokittelu koskee asumismukavuutta. Tärinän aiheuttamaa rakenteiden vaurioitumisalttiutta luokitellaan julkaisun Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttiuus (VTT R 04703-14) mukaisesti:

- V Lähinnä rataa oleva alue, jossa maaperän värinä 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 resonanssille 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 vaurioitumisalttiutta kuvaava luokitus

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 _{max} (mm/s)			
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, eikä tehollisarvoon kuten asumismukavuuden yhteydessä. Tyypillisesti huippuarvo on noin kaksinkertainen 1s tehollisarvoon verrattuna.

4. TÄRINÄTARKASTELOT

4.1 Mittaukset

Suunnittelualueella tehtiin tärinämittaukset aikavälillä 11.12.2019 – 19.12.2019.

Mittarit olivat kolmiakselisia, automaattisesti tallentavia, etäluettavia tärinäinstrumentteja. Mittareiden perusasetus oli asumismukavuutta kuvaava 1 s tehollisarvo, yksittäisen mittauksen pituus 40 s.

Alueelle asennettiin kolme tärinämittaria kuvan osoittamiin sijainteihin:



Kuva 4.1. Mittauspisteiden sijainti suunnittelualueella. Kartta: Maanmittauslaitos/Paikkatietoikkuna.

P1: Asennus asuintalon sokkeliin, etäisyys radasta n. 25 m

P2: asennus maapiikillä, etäisyys radasta n. 25 m.

P3: asennus maapiikillä, etäisyys radasta n. 70 m.

4.2 Mitattu maaperän värähtely ja sen arvioitu siirtyminen rakenteisiin

Mittauksia rekisteröitiin mittausjaksolla seuraavasti:

P1: 25 kpl

P2: 26 kpl

P3: 54 kpl

Näistä suurin osa arvioitiin signaalin muodon ja keston perusteella junaliikenteen aiheuttamiksi. Mittarin P1 liipaisuraja oli 0,01 mm/s ja mittareilla P2 ja P3 0,04 mm/s.

Mittaukset onnistuivat hyvin ja data oli selkeää. Datasta poistettiin manuaalisesti iskumaiset ja muut tyypillisestä liikennetärinästä poikkeavat tapahtumat.

Pisteiden P1 ja P2 mittaustapahtumat olivat keskenään samanaikaisia joidenkin sekuntien tarkkuudella. Näin voidaan arvioida, että nämä tapahtumat olivat junaliikenteen aiheuttamia, eivätkä johtuneet tontilla tai rakennuksessa liikkumisesta.

Pisteen P3 tapahtumista osan arvioitiin johtuneen läheltä pistettä kulkeneesta tonttiliikenteestä, sillä piste sijaitsee melko lähellä teollisuus/varastoalueen ja asuinrakennusten sisäänajotietä, jolloin hyvin läheltä mittaria tapahtuva kulku saattoi aiheuttaa kokonaisuutta vääristäviä tuloksia. Tästä syystä johtuen pisteestä P3 huomioitiin analyysissa vain ne mittaukset, joiden kanssa samanaikaisesti mitattiin taustatason ylittävää ääntä pisteissä P1 ja P2.

Junien liikennöintidatan perusteella junan ohituksia oli mittausjaksolla yhteensä noin 110 kpl. Suurinta osaa tapahtumista ei kuitenkaan voitu suoraan yhdistää tiettyyn Rauman liikennepaikan kautta kulkeneeseen junaan, vaan oletettavasti suuri osa tapahtumista aiheutui ratapihalla tehdystä junien järjestelytyöstä. Tätä ajatusta tukee se, että mittaustapahtumat ajoittuivat ryppäinä joihinkin arki-aamuihin. Osa aikataulun mukaista junista saattoi myös pysähtyä ratapihalle ennen suunnittelualueen ohitusta.

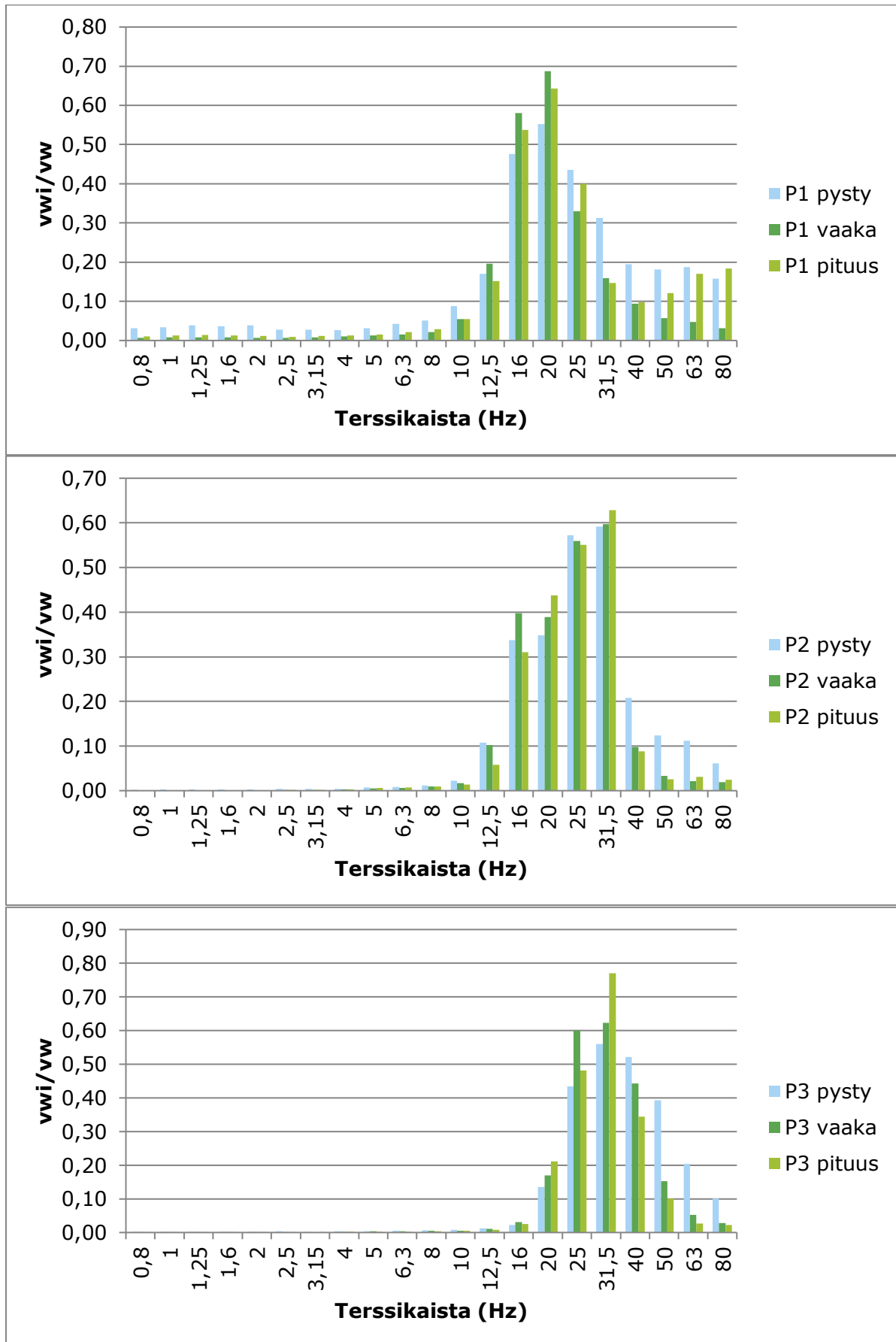
Mittauksista ei tunnistettu selkeästi katuliikenteen aiheuttamia tapahtumia. Osa mittarin P3 tapahtumista saattoi johtua mittarin läheisyydestä kulkeneesta tonttiliikenteestä.

Taulukossa 4.1 on esitetty kunkin mittarin 15 suurimmasta ääntätapahtumasta lasketut maaperän (pisteessä P1 sokkelin) värähtelyn taajuuspainotetut tehollisarvot. Eritellyt ääntätapahtumat on listattu liitteessä 1.

Taulukko 4.1 Mittaustulokset ja maaperän värähtelyn tunnusluvut 15 suurimmasta ääntätapahtumasta

Mittari	keskiarvo $v_{w,avg}^{maa}$ (mm/s)	keskihajonta σ (mm/s)	maaperän värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{maa}$ (mm/s)
P1 - pysty	0,001	0,001	0,003 (luokka A)
P1 - vaaka	0,007	0,005	0,016 (luokka A)
P1 - pituus	0,004	0,003	0,008 (luokka A)
P2 - pysty	0,012	0,004	0,018 (luokka A)
P2 - vaaka	0,066	0,019	0,101 (luokka B)
P2 - pituus	0,054	0,024	0,097 (luokka A)
P3 - pysty	0,011	0,003	0,016 (luokka A)
P3 - vaaka	0,068	0,021	0,106 (luokka B)
P3 - pituus	0,072	0,016	0,100 (luokka B)

Kuvassa 4.2 on esitetty maaperän/sokkelin värähtelyn painotetun tehollisarvon suhteelliset värähtelyspektrit.



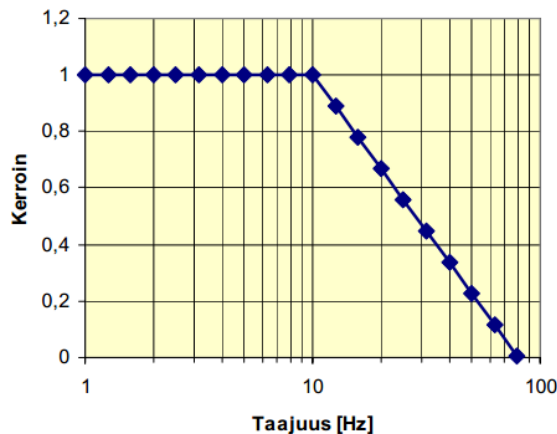
Kuva 4.2. Suhteelliset maaperän värähtelyn taajuusspektrit 0,8-80 Hz, pisteet P1, P2 ja P3

Maaperän värähtely (P2 ja P3) painottuu noin 16-40 Hz taajuusalueelle. Tämä on tyypillinen taajuusalue kitkamaille. Mittausten perusteella värähtely ei merkittävästi vaimene etäisyyden kasvaessa. Tämä saattaa johtua paikallisista maaperäolosuhteista (esim. värähtelevän kerroksen paksuuden vaihtelu ja paikalliset resonanssi-ilmiöt). Kokonaisuutena maaperän värähtely on kuitenkin vähäistä.

Rakennuksen sokkelin värähtely (P1) on hyvin vähäistä. Suhteellisen korkeataajuuksinen värähtely vaimenee tehokkaasti rakennuksessa, jonka perustuksen ja rungon ominaistajuus on oletettavasti luokkaa 10 Hz.

Värähtelyn siirtymistä rakennukseen on arvioitu julkaisussa "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008) esitetyn menettelytavan mukaan.

Terssikaistoihin jaettua maaperän värähtelyspektriä painotetaan taajuuskaistoittain (1-80 Hz) kertoimella, joka kuvaa värähtelyn siirtymistä perustuksiin. Tämä tulos kuvaa perustuksen värähtelyn tunnuslukua $v_{w,95}^{per}$ (kuva 4.3).



Kuva 4.3 Perustuksen värähtelyn arvioimisessa käytetty maaperän värähtelyn pienennyskerroin ("Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi", VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008)

Perustuksen värähtelyn siirtymistä rakennuksen runkoon kuvataan joko tasaisen voimistumisen periaatteella (tunnusluku v_{w1}^{runko}), tai rungon ominaistajuudella tapahtuvan resonanssin avulla (tunnusluku v_{w2}^{runko}). Tässä tapauksessa resonanssitaajuudet tarkasteltiin taajuuskaistoilla 5-10 Hz, mikä on tyypillinen ominaistajuusalue noin 1-3-kerroksisille rakennuksille.

Tasaisen vahvistumisen periaatteella laskettu rungon värähtely saadaan seuraavasti:

$$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}, v_{w,95}^{per,z})$$

missä $k_1^{runko} = 1,5$ kaikille kaksi- tai useampikerroksisille rakennuksille ja yksikerroksisille paa-luille perustetuille rakennuksille.

Lattian värähtelyä arvioidaan samoin joko tasaisen voimistumisen periaatteella (tunnusluku v_{w1}^{lattia}), tai lattian ominaistajuudella tapahtuvan resonanssin avulla (tunnusluku v_{w2}^{lattia}).

$$v_{w1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z}$$

missä $k_1^{lattia} = 1,5$.

$$v_{w2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z}$$

missä $k_2^{lattia} = 6,0$. Värähtely $v_{w,j}^{per,z}$ on perustuksen pystyvärähtely sillä taajuuskaistalla, jolle lattian ominaistajuuden ajatellaan sattuvan. Tässä tapauksessa ei lattian ominaistajuutta tiedetä varmaksi, sillä se riippuu mm. lattian jänneväleistä ja rakenneratkaisuista. Arvio lattian värähtelystä tehdään tässä värähtelyltään suurimman yksittäisen taajuuskaistan mukaisesti, jolloin saadaan pahin mahdollinen tilanne.

Taulukossa 4.2 on esitetty rakennuksen rungon ja lattian arvioidut värähtelyn tunnusluvut.

Taulukko 4.2. Mittausten perusteella määritetyt rakennuksen värähtelyn tunnusluvut. Vihreä = luokka B tai parempi. Keltainen = luokka C. Oranssi = Luokka D. Punainen = ylittää luokan D.

Mittari	maaperän värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{maa}$ (mm/s)	perustuksen värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{per}$ (mm/s)	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{w,1}^{runko}$ (mm/s)	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{w,2}^{runko}$ (mm/s) (resonanssi)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{w,1}^{lattia}$ (mm/s)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{w,2}^{lattia}$ (mm/s) (resonanssi)
P1 pysty		0,003			0,004	0,009 @ 20 Hz
P1 vaaka		0,016	0,024	(pieni)		
P1 pituus		0,08	0,012	(pieni)		
P2 pysty	0,018	0,010			0,015	0,035 @ 31,5 Hz
P2 vaaka	0,101	0,059	0,088	(pieni)		
P2 pituus	0,097	0,055	0,083	(pieni)		
P3 pysty	0,016	0,007			0,010	0,024 @ 31,5 Hz
P3 vaaka	0,106	0,050	0,075	(pieni)		
P3 pituus	0,100	0,048	0,073	(pieni)		

Rakennusten arvioitu tärinä asettuu luokkaan A tai B, eikä tärinän suhteen tällöin tarvita erillisiä toimenpiteitä.

Tärinän aiheuttamaa rakenteiden vaurioitumisalttiutta luokitellaan maaperän värähtelyn huippuarvojen perusteella. Tässä arvio on tehty kunkin mittarin suurimman yksittäisen ohituksen mitausarvon perusteella. Tulokset on esitetty taulukossa 4.3.

Taulukko 4.3. Arvioitu rakenteiden vaurioitumisalttiutus. Luokitus vallitsevan taajuuden mukaisesti. P1 mitattu rakennuksen sokkelista, P2 ja P3 maaperästä.

Mittari	maaperän/sokkelin värähtely v_{max} (mm/s)
P1 pysty	(pieni) (E)
P1 vaaka	0,05 @17,8 Hz (E)
P1 pituus	0,02 @16,9 Hz (E)
P2 pysty	(pieni) (E)
P2 vaaka	0,31 @19,6 Hz (E)
P2 pituus	0,33 @20,0 Hz (E)
P3 pysty	(pieni) (E)
P3 vaaka	0,24 @27,2 Hz (E)
P3 pituus	0,31 @27,6 Hz (E)

Taulukko 3.1bis. Rakenteiden vaurioitumisalttiutta kuvaava luokitus

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_{max} (mm/s)			
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

Mitattu tärinä ei käytännössä voi aiheuttaa rakenteellisia vaurioita.

5. RUNKOMELUTARKASTELUT

5.1 Ohjearvot ja arviointiperusteet

Runkomelun esiintymistä rakenteissa voidaan arvioida julkaisun Talja & Saarinen (2009): "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" (VTT T2468).

Runkomelu on ulkoisen värinäherätteen aiheuttamaa rakennuksen rungon värähtelyä, joka on kuultavissa äänenä. Runkomelun aiheuttava värähtely siirtyy rakenteisiin maaperän kautta, erityisesti kallion ja kovien maakerrosten välityksellä. Liikennetärinään verrattuna runkomelun värähtely on selvästi korkeampitaajuuksista. Merkittävin runkomelun aiheuttaja on raideliikenne.

Suomessa ei ole annettu varsinaisia ohjearvoja rakennusten runkomelulle. VTT:n julkaisussa on kuitenkin esitetty suositukset runkomelun ohjearvoista, jotka mukailevat yleisiä melutasosta annettuja ohjearvoja. Suositukset runkomelun ohjearvoista on annettu taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. Suositukset runkomelun raja-arvoista. (Talja & Saarinen 2009, VTT T2468)

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> • potilashuoneet, majoitustilat • päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet 	30/35 ²
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 ²

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

Tässä oletetaan asuinrakennuksille ja herkkyydeltään vastaaville toiminnoille sovellettavan 30 dBA ohjearvosuosituksen, sillä radan läheisyydessä myös julkisivun ääneneristävyys on kaavassa määritetty.

Teollisuuden ja kaupan rakennuksille voidaan soveltaa rajaa 40/45 dBA.

Kuten liikennetärinälle, myös runkomelulle on esitetty kolme eri arviointitasoa. Arviointitaso 1 perustuu turvaetäisyyden käyttöön. Kokemuseräisesti 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 tyyppillisistä mittaustuloksista.

Arviointitasossa 3 runkomelu todennetaan mittaamalla.

5.2 Mittaukset ja tunnusluvut

Runkomelun tunnusluku $L_{pr m}$ kuvaa mitattujen junan ohitusten aiheuttaman runkomelun keskiarvoa (A-painotettu arvo slow-aikapainotuksella), johon on lisätty 1,65-kertainen standardihajonta:

$$L_{pr m} = L_{pASmax,mean} + 1,65 \cdot s$$

Tämä tunnusluku kuvaa runkomelun voimakkuutta, jonka alle jää 95% liikenteen aiheuttamista tärinätapauksista.

Mitattu maaperän värähtelytaso ($v_{ref} = 10^{-9}$ m/s) muutettiin runkomelutasoksi seuraavilla VTT T2468 mukaisilla korjaustekijöillä:

- A-painotus taajuuskaistoittain (≥ 16 Hz)
- Muunnos värähtelytasosta äänenpainetasoksi -28,1 dB
- Rakennustyyppikorjaukset seuraavasti:
 - o P1: ei rakennustyyppikorjausta (mittaus rakennuksesta)
 - o P2, P3: Betonitalo 1-2 krs, -7 dBA
- Rakenneosien resonanssin mahdollisuus +6 dB (vain pystysuunta – värähtelyn vallitsevat taajuudet [yli 16 Hz] ovat huomattavasti korkeampia kuin tyypilliset rakennusrungon ominaistaajuudet [10 Hz ja alle], jolloin vaakasuuntaisen värähtelyn aiheuttama resonanssi on epätodennäköinen)
- Varmuusmarginaali +3 dB (normaali laskennallisen tarkastelun marginaali on +6dB, mutta tässä tapauksessa epävarmuutta vähentää se, että tarkastelu perustuu maaperästä tehtäviin mittauksiin, jolloin radan kuntoa ja kaluston ominaisuuksia koskevia epävarmuuksia ei ole).

Taulukko 5.2. Maaperän tärinän perusteella määritetyt runkomelun tunnusluvut rakennusten alimmissa kerroksissa. Ylemmissä kerroksissa tuloksista voi vähentää -2 dB/kerros 5. kerrokseen asti, ja -1 dB tätä ylemmissä kerroksissa.

Mittari	keskimääräinen runkomelutaso 15 suurimmassa ohituksessa $L_{pASmax,mean}$ (dBA)	standardihajonta s (dBA)	runkomelun tunnusluku $L_{pr m}$ (dBA)	suurin yksittäinen ohitus (dBA)
P1 - pysty	12,6	4,36	19,8	17,5
P1 - vaaka	16,0	4,72	23,8	22,4
P1 - pituus	18,3	5,63	27,6	23,7
P2 - pysty	18,7	3,30	24,2	25,6
P2 - vaaka	23,2	3,23	28,5	26,8
P2 - pituus	21,3	2,22	24,9	24,5
P3 - pysty	23,6	4,48	31,0	31,8
P3 - vaaka	26,7	1,70	29,5	29,9
P3 - pituus	26,5	1,85	29,5	29,5

Tehdyillä oletuksilla runkomelutason ohjearvosuositus 30 dBA alitetaan pistettä 3 lukuun ottamatta, missä ylitys on hyvin pieni. Itse asiassa vain yksi yksittäinen ohitus (P3 pysty) ylitti rajan, jolloin mahdollista haittaa voidaan kokonaisuutena pitää hyvin pienenä. Lisäksi pisteen P1 tapauksessa rakennuksesta mitattu runkomelutaso oli hyvin pieni. Kokonaisuutena voidaan lausua, että runkomelu todennäköisesti ei aiheuta toimenpidetarpeita maanvaraisilla perustuksilla.

Sen sijaan kallionvaraisilla perustuksilla on mahdollista, että runkomelutason ohjearvo voi ylittyä ilman toimenpiteitä. Laskennallisesti taulukon 5.2 lukuarvoihin pisteillä P2 ja P3 tulisi lisätä 7 dBA (rakennustyyppikorjaus jätetään tekemättä), jos etäisyys kallion ja rakennuksen perustusten välillä on alle 3 m (VTT 2468 taulukko 10). Tällöin runkomelun laskennallinen tunnusluku ylittäisi 35 dBA tason. Näin ollen kallionvaraisesti perustettaville rakennuksille suositellaan tapauskohtaisesti määritettävää runkomelueristystä.

6. TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Yleistä

Ramboll Finland Oy on Rauman kaupungin toimeksiannosta tehnyt liikennetärinä- ja runkomeluvälityksen korttelin K306 länsiosan asemakaavan muutokseen liittyen. Selvitys perustuu mitattuun maaperän tärinään suunnittelualueella sekä osin laskennallisiin tarkasteluihin. Liikennetärinää ja runkomelua arvioitiin yleisesti käytössä olevien VTT:n julkaisujen mukaisesti.

Tarkasteltu mittausajanjakso oli 11.12.2019 – 19.12.2019. Mittausjakson aikana havaittiin mittarista riippuen 25-54 tärinä tapahtumaa. Analyysissa käytetyt mittaus tapahtumat ovat tavarajunien aiheuttamia.

Tie- ja katuliikenteen ei havaittu aiheuttavan mitattavaa tärinää. Lähtökohtaisesti tie- ja katuliikennettä ei tärinän ja runkomelun suhteen erikseen tarvitse huomioida. Päälysteen epätasaisuuksista saattaa kuitenkin aiheutua tärinää. Väylien kunnossapidolla voidaan ehkäistä näitä ongelmia.

6.2 Tärinä

Ihmisen tuntemaan tärinän suhteen ei tarvita erillisiä vaimennustoimenpiteitä. Tärinä asettuu luokkaan A tai B, mikä on hyvä tilanne.

Tulosten perusteella liikennetärinän huomiointi kaavassa ei ole välttämätöntä, sillä mitattu ja eri rakenneosissa ohjeiden mukaan määritetty tärinä on selvästi sovellettavan tärinäluokan C, $v_{w,95} \leq 0,3$ mm/s alapuolella.

6.3 Runkomelu

Mittausten perusteella määritetyt runkomelutason tunnusluvut pääosin alittavat ohjearvosuosituksen 30 dBA, kun rakennukset oletetaan maanvaraisiksi. Poikkeuksena tähän on pisteen P3 pystykomponentti, missä käytännössä yhden yksittäisen mittaustapahtuman takia kasvanut tulosten hajonta nostaa tunnusluvun tasolle $L_{prm} = 31,8$ dBA. Tämäkin on kokonaisuutta ajatellen hyvin lievä tulos. Maanvaraisille perustuksille voidaan yleisesti ottaen lausua, että runkomelua ei tarvitse erikseen huomioida. Tätä johtopäätöstä tukee myös pientalon sokkelista mitattu hyvin alhainen runkomelutaso.

Sen sijaan kallionvaraisilla perustuksilla (tai paaluperustuksilla, jos paalut tukeutuvat lähelle kalliota) on mittausten ja laskelmien perusteella mahdollista, että runkomelutaso ylittää ohjearvosuosituksen 30 dBA/35 dBA.

Suosittelaa, että kaavaan sisällytetään maininta rautatieliikenteestä aiheutuvan runkomelutason ohjearvosuosituksesta uusille asuinrakennuksille tai herkkyydeltään niitä vastaaville uusille rakennuksille:

- $L_{prm} \leq 30$ dBA, kun rakennukselle on annettu määräys julkisivun ilmaääneneristävyydelle
- $L_{prm} \leq 35$ dBA, kun rakennukselle ei ole annettu määräystä julkisivun ilmaääneneristävyydelle
- Erityistä huomiota runkomelueristykseen tarpeen määrittämiselle vaaditaan silloin, jos rakennus perustetaan kallionvaraisesti.

Käytännössä tämän varmistamiseksi suositellaan hankekohtaista tarkempaa rakennedynaamista tarkastelua, jossa huomioidaan värähtelyn suuruus ja taajuus sekä rakenneosien ominaistajuus. Erityisesti kallion varaan perustettaville rakennuksille on mahdollista, että perustuksiin tulee tehdä runkomelueristys.

7. TÄRINÄN JA RUNKOMELUN ARVIOINNISSA KÄYTETTY OHJEISTUS

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 tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius. 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, VTT W50

LIITE 1 TÄRINÄMITTAUKSET

Alla on esitetty mittauspisteiden 15 suurinta värinä tapahtumaa (järjestettynä suurimman suunta-komponentin mukaisesti).

Aika	P1 pysty v_w (mm/s)	P1 vaaka v_w (mm/s)	P1 pituus v_w (mm/s)
13.12.2019 9:51	0,003	0,019	0,01
13.12.2019 9:59	0,003	0,016	0,005
13.12.2019 10:01	0,001	0,008	0,004
19.12.2019 8:16	0,002	0,009	0,003
19.12.2019 8:59	0,001	0,008	0,004
19.12.2019 9:15	0,001	0,007	0,003
17.12.2019 12:00	0,001	0,007	0,002
13.12.2019 8:03	0,001	0,007	0,003
13.12.2019 10:05	0,002	0,008	0,008
13.12.2019 12:55	0,002	0,008	0,004
13.12.2019 7:30	0,001	0,004	0,002
13.12.2019 7:16	0,001	0,001	0,001
13.12.2019 10:09	0,001	0,004	0,002
11.12.2019 12:30	0,001	0,004	0,002
16.12.2019 9:54	0,001	0,002	0,001

Aika	P2 pysty v_w (mm/s)	P2 vaaka v_w (mm/s)	P2 pituus v_w (mm/s)
13.12.2019 9:51	0,018	0,118	0,125
13.12.2019 9:59	0,014	0,088	0,054
19.12.2019 8:59	0,015	0,087	0,059
19.12.2019 8:16	0,015	0,070	0,062
19.12.2019 9:15	0,014	0,068	0,044
12.12.2019 12:26	0,014	0,070	0,046
17.12.2019 12:00	0,008	0,060	0,033
13.12.2019 8:03	0,012	0,058	0,050
13.12.2019 10:05	0,010	0,061	0,078
13.12.2019 7:16	0,010	0,057	0,035
16.12.2019 9:54	0,011	0,053	0,054
13.12.2019 12:55	0,011	0,053	0,053
12.12.2019 15:01	0,012	0,053	0,047
13.12.2019 10:01	0,007	0,051	0,048
11.12.2019 12:30	0,004	0,042	0,016

Aika	P3 pysty v _w (mm/s)	P3 vaaka v _w (mm/s)	P3 pituus v _w (mm/s)
13.12.2019 9:51	0,014	0,110	0,108
13.12.2019 12:55	0,011	0,085	0,092
17.12.2019 12:05	0,009	0,059	0,096
13.12.2019 9:48	0,017	0,076	0,077
16.12.2019 7:52	0,012	0,062	0,074
13.12.2019 7:30	0,008	0,057	0,071
13.12.2019 8:02	0,012	0,086	0,074
19.12.2019 8:16	0,013	0,087	0,064
13.12.2019 13:33	0,014	0,080	0,061
19.12.2019 8:08	0,011	0,085	0,066
14.12.2019 13:13	0,010	0,056	0,066
13.12.2019 7:56	0,010	0,052	0,062
19.12.2019 7:46	0,008	0,046	0,058
17.12.2019 16:05	0,008	0,041	0,054
18.12.2019 11:07	0,006	0,035	0,055