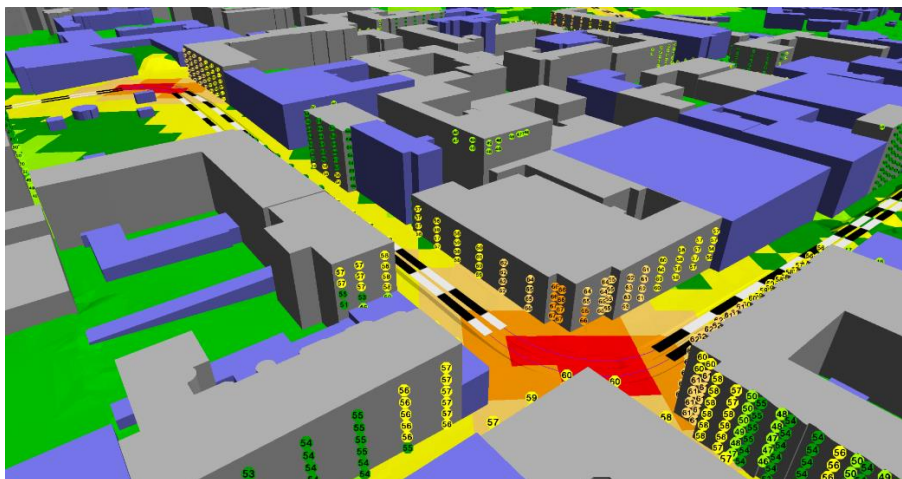


TURUN KAUPUNKI  
TURUN RAITIOTIEN YLEISSUUNNITELMA,  
RAITIOVAUNULIIKENTEEN MELUVAIKUTUKSET

LIITE 10.1

11.11.2022

JULKINEN



315670

## Sisällysluettelo

<b>1. Johdanto</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Aineisto ja menetelmät</b> .....	<b>4</b>
2.1. Laskentamalli.....	4
2.2. Laskenta-asetukset ja menettelyt.....	4
2.3. Laskentamallin lähtötiedot .....	5
2.4. Melulaskentojen epävarmuus .....	6
<b>3. Tulokset</b> .....	<b>7</b>
3.1. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melutasot.....	7
3.1.1. Havaintoja raitiovaunuliikenteen aiheuttamista melutasoista.....	7
3.1.2. Raitiovaunuliikenteen melulle altistuvien asukkaiden lukumäärät.....	8
3.1.3. Raitiovaunuliikenteen vaikutukset melun hetkellisiin maksimitasoihin .....	9
3.2. Raitiovaunu-, auto- ja junaliikenteen yhteisvaikutukset .....	9
3.2.1. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat muutokset melutasoissa .....	9
3.2.2. Melulle altistuvien asukkaiden määrät.....	11
3.2.3. Raitiovaunuliikenteen meluntorjunta .....	12
<b>4. Johtopäätökset</b> .....	<b>12</b>
<b>5. Viittaukset</b> .....	<b>13</b>

Liitteet:

Liite 1. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melun päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$  ja  $L_{Aeq\ 22-7}$ ) Matkakeskuksen ja Humalistonkadun vaihtoehdot:

- Sivut 1-6 (kartat 1-3) Satama – Kirstinpolku
- Sivut 7-8, Varikon haaran melutarkastelu
- Sivut 9-12 (kartat 4-5), Kirstinpolku – Humalistonkatu

Matkakeskuksen vaihtoehto:

- Sivut 13-18 (kartat 1-3) Humalistonkatu – Eerikinkatu

Humalistonkadun vaihtoehto:

- Sivut 19-22 (kartat 1-3) Humalistonkatu – Eerikinkatu

Matkakeskuksen ja Humalistonkadun vaihtoehdot:

- Sivut 23-24, ei Tuomiokirkon kautta. Eerikinkatu - Hämeenkatu

- Sivut 25-26, Tuomiokirkon kautta, Eerikinkatu - Hämeenkatu
- Sivut 27-48, Hämeenkatu - Varissuo

Liite 2. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melun päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$  ja  $L_{Aeq\ 22-7}$ ). Haaroitettu vaihtoehto.

Liite 3. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melun päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$  ja  $L_{Aeq\ 22-7}$ ) Matkakeskuksen ja Humalistonkadun vaihtoehtojen Varissuon vaihtoehdot (VE1, VE2, VE3).

Liite 4. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melun päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$  ja  $L_{Aeq\ 22-7}$ ). Haaroitetun vaihtoehdon Varissuon vaihtoehdot (VE1, VE2, VE3).

Liite 5. Raitiovaunu-, auto- ja junaliikenteen aiheuttamat melun päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$  ja  $L_{Aeq\ 22-7}$ ). Matkakeskuksen ja Humalistonkadun vaihtoehdot.

Liite 6. Raitiovaunu-, auto- ja junaliikenteen aiheuttamat melun päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$  ja  $L_{Aeq\ 22-7}$ ). Haaroitettu vaihtoehto.

Liite 7. Raitiovaunu-, auto- ja junaliikenteen aiheuttamat melun päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$  ja  $L_{Aeq\ 22-7}$ ). Matkakeskuksen ja Humalistonkadun vaihtoehtojen Varissuon vaihtoehdot (VE1, VE2, VE3).

Liite 8. Raitiovaunu-, auto- ja junaliikenteen aiheuttamat liikenteen aiheuttamat melun päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$  ja  $L_{Aeq\ 22-7}$ ). Haaroitetun vaihtoehdon Varissuon vaihtoehdot (VE1, VE2, VE3).

Liite 9. VE1 ja VE2 melutaso lisäys verrattuna katuliikenteen aiheuttamiin melutasoihin.

Liite 10. VE1 ja VE2 melutaso vähennys verrattuna katuliikenteen aiheuttamiin melutasoihin.

Liite 11. VE3 melutaso lisäys verrattuna katuliikenteen aiheuttamiin melutasoihin.

Liite 12. VE3 melutaso vähennys verrattuna katuliikenteen aiheuttamiin melutasoihin.

Liite 13. VE1 ja VE2 melutason lisäys (Varissuon pään vaihtoehdot) verrattuna katuliikenteen aiheuttamiin melutasoihin.

Liite 14. VE3 melutason lisäys (Varissuon pään vaihtoehdot) verrattuna katuliikenteen aiheuttamiin melutasoihin.

Liite 15. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melun maksimitasot ( $LAF_{max}$ ) keskusta-alueen jyrkissä kaarteissa.

## 1. Johdanto

WSP on laatinut laskennalliset tarkastelut Turun raitiotien meluvaikutuksista. Raportissa esitetään arvio myös katuliikenteen ja raitiovaunuliikenteen yhteisvaikutuksista ilmääänenä leviävään meluun.

Melulaskennoissa on tarkasteltu kolmea vaihtoehtoista linjausta kaupungin ydinkeskustan osalta: Satama-matkakeskus-Kauppatori-Varissuo / Satama-Humalistonkatu-Kauppatori-Varissuo / Haaroitettu raitiotie, jossa toinen linja Satama-Humalistonkatu-Kauppatori-Varissuo ja toinen linja Matkakeskus-Kauppatori-Varissuo. Näiden lisäksi on tarkasteltu Turun Tuomiokirkon edustalle sijoittuvaa linjausta ja Varissuolla kolmea vaihtoehtoista linjausta.

Meluselvityksen ovat laatineet Joel Lindholm, Susanna Hjelm ja Ilkka Niskanen WSP:stä. Tilaajan puolelta työtä ovat ohjanneet Juha Jokela ja Jaana Mäkinen.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1. Laskentamalli

Melulaskennat tehdään Cadna –laskentamalliohjelmiston pohjoismaisilla ja tie- ja raideliikennemelun laskentamalleilla (Nordic Council of Ministers 1996a, Nordic Council of Ministers 1996b).

Laskentamalli ottaa huomioon melupäästön muodostamisessa raideliikenteelle määritetyt nopeusriippuvat päästökertoimet sekä raitiovaunun pituuden ja nopeuden. Autoliikenteen osalta melupäästö on muodostettu laskentamallissa kevyiden ja raskaiden ajoneuvojen määrän (ajon. / h), nopeuden, mahdollisten mäkikorjausten sekä tienpinnan ominaisuuksien perusteella.

Äänen etenemisessä laskentamalli ottaa huomioon äänen geometrisen vaimennuksen, ilman aiheuttaman absorptio, maan pinnan vaikutuksen sekä rakennusten ja maaston muodostamien esteiden vaikutukset äänen etenemiseen.

### 2.2. Laskenta-asetukset ja menettelyt

Laskennoissa on käytetty seuraavia asetuksia ja menettelyjä:

- meluvyöhykkeiden laskennassa laskentakorkeus on 2 m ( $L_{Aeq\ 7-22}$  ja  $L_{Aeq\ 22-7}$  laskenta),
- meluvyöhykkeiden laskennassa laskentaruudun koko on 10 x 10 m,
- julkisivuihin kohdistuvat melutasot lasketaan kerroksittain, laskentapisteen etäisyydet julkisivulla on 3 m,
- laskennassa käytettävät maanpinnan ominaisuudet ovat:  $G = 0$ , akustisesti kovat alueet (asfaltoidut katualueet, laajat asfaltoidut alueet, kivipinnat, vesistöt),  $G = 0.7$ : pääosin pehmeät alueet, taajama-alueet ja puistot,  $G = 1$ : muut alueet,
- kaduille käytetään SMA 16 –päällysteen päällystekorjausta,
- mäkikorjaus (autoliikenteen meluvaikutusten tarkastelu) sisältyy tieliikennemelun laskentamalliin,
- laskennassa otetaan huomioon yksi äänen heijastuminen,

- päivä- ja yöaikaisten keskiäänitasojen melulaskennat tehdään erikseen ulkoalueille (meluvyöhykkeet) ja rakennusten julkisivuihin kohdistuvina melutasoina,
- melulle altistuvien asukkaiden määrät arvioidaan asuinrakennusten julkisivuihin kohdistuvien suurimpien päiväaikaisten keskiäänitasojen perusteella.

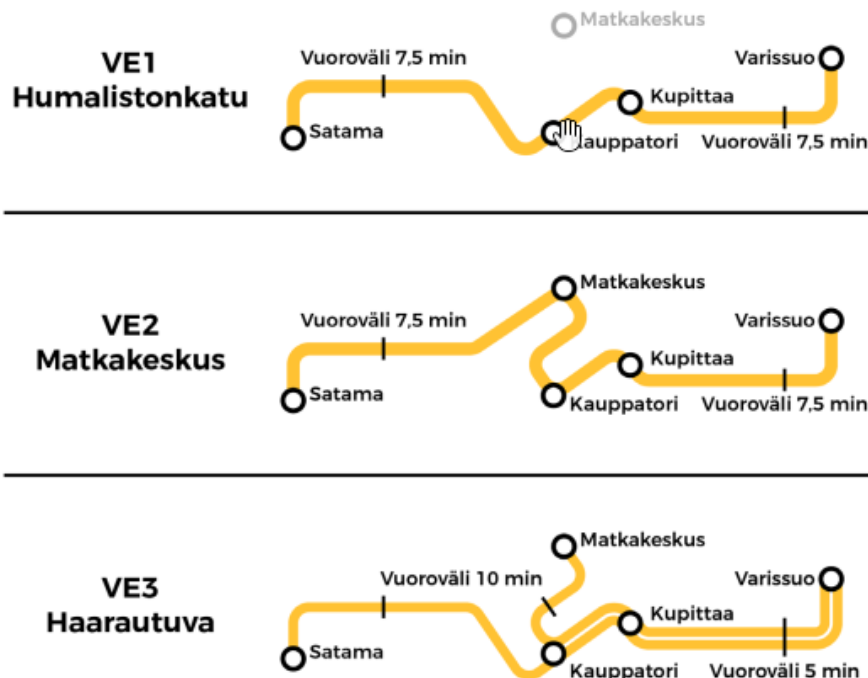
### 2.3. Laskentamallin lähtötiedot

Melun laskentamalli on muodostettu Turun kaupungin kartta-aineistoista ja maanmittauslaitoksen aineistoista. Raitiotielinjauksen ja ajoratojen sijoittaminen laskentamalliin on tehty yleissuunnitelman ratkaisujen mukaisesti.

Laskentamalliin on tuotu tiedot rakennusten käyttötarkoituksista ja asukasmääristä asiakkaan toimittamista RHR-aineistoista.

Melulaskennoissa raitiovaunuliikenteen melupäästöinä on käytetty Tampereella määritettyjä nopeusriippuvia päästökertoimia (Tampereen kaupunki 2021). Raitiovaunuliikenteen kaarrekirskunta, ristikoiden ja vaihteiden yliajon aiheuttama melu mallinnettiin Helsingin kaupungin ohjeistuksen mukaisesti (Helsingin kaupunki 2019). Edellä esitettyyn ratkaisuun päädyttiin, koska Tampereen raitiotien meluohjeetta varten tehdyt kaarrekirskunnan tarkastelut olivat suppeita eikä hankkeessa ollut määritetty muita korjauksia (vaihteet ja risteysten ylitykset).

Melulaskennoissa raitiovaunujen ohitusten lukumäärät ovat tarkastelluissa vaihtoehtoissa yleissuunnitelman mukaiset (kuva 1). Melulaskennat on tehty linjausvaihtoehtoille tiheimmillä vuoroväleillä eli laskennan tulokset edustavat raitiovaunuliikenteen aiheuttamaa meluisinta tilannetta.



Kuva 1. Raitiotielinjausten vuorovälit (kuva Turun raitiotien yleissuunnitelman raportista).

Autoliikenteen tietoina on käytetty asiakkaan toimittamia vuoden 2050 ennustetilanteen tietoja:

- keskimääräinen vuorokausiliikenne (KAVL) ennustetilanteessa,
- raskaan liikenteen osuus (%),
- liikenteen vuorokausijakautuma (päivä klo 7-22, ilta klo 19 – 22 ja yö klo 22-7),
- katuosuuksien nopeusrajoitukset.

Autoliikenteen liikennemäärät ovat kesällä 2021 laaditun liikenne-ennusteen (Ramboll) mukaisia. Liikenne-ennuste päivitettiin syksyllä 2022, jolloin autoliikenteen ennustetta korjattiin, koska liikennemallijärjestelmän havaittiin yliarvioivan autoliikennemäärien kasvua. Autoliikenteen aiheuttamaa melua on tarkasteltu 50 – 100 metrin etäisyydellä raitiotielinjauksesta.

Junaliikenteen tietoina on käytetty asiakkaan toimittamia ennustetilanteen liikennetietoja. Raitiovaunuliikenteen tietoina on käytetty yleissuunnitelman mukaisten vuorovälien perusteella laskettuja ohitusten lukumääriä ja nopeusrajoituksia. Melulaskennoissa raitiovaunun pituutena on käytetty 37 metriä.

## 2.4. Melulaskentojen epävarmuus

Tieliikennemelun laskentamallin tulokset ja mittaustulokset ovat hyvin vertailukelpoisia silloin, kun maasto on tasainen ja sääolosuhteet vastaavat mallissa asetettuja sääolosuhdevaatimuksia. Tällöin tulokset eroavat  $\pm 1$  dB toisistaan. Mitä monimutkaisempi maasto on, sitä enemmän lasketut ja mitatut tulokset eroavat toisistaan (Eurasto 2005). Tässä selvityksessä tarkasteltua suunnittelualuetta voidaan pitää laskentaympäristönä, jossa äänen etenemiseen vaikuttavat katualuetta ympärivät rakennukset. Tämän vuoksi arvioimme, että laskentamallin tarkkuus autoliikenteen aiheuttaman melun osalta on tässä tapauksessa luokkaa  $\pm 2$  dB.

Raideliikennemelun laskennassa selvästi suurin melupäästötietoihin liittyvä virhelähde on ollut kulkuvälineen (junan / raitiovaunun) nopeuksiin liittyvä epävarmuus. Laskennassa käytettävissä nopeuksissa saisi olla vain noin 10 % virhe, jos halutaan päästä 1 dB tarkkuuteen lasketuissa tuloksissa. Arvioimme, että raitiovaunuliikenteen laskennan epävarmuus suorilla osuuksilla on  $\pm 3$  dB (Eurasto 2009).

Arvioimme, että raitiovaunuliikenteen aiheuttaman kaarrekirkunnan ja vaihdekolahdusten arvioimiseen liittyy suurempia epävarmuuksia kuin raitiovaunun suoralla osuudella tapahtuvan melun arvioimiseen. Esimerkiksi kaarrekirkunnan esiintymiseen vaikuttavat vaunujen yksikölliset ominaisuudet, ajonopeus, sääolosuhteet ja kiskojen kunto. Edellä mainituista tekijöistä johtaen arvioimme, että melulaskentojen epävarmuus kaarrekirkunnan ja vaihdekolahdusten osalta on  $\pm 5$  dB.

Raitiovaunuliikenteen melulaskennat on tehty varovaisuusperiaatetta noudattaen, sillä tarkastelut on tehty raideosuuksien nopeusrajoitusten mukaisilla nopeuksilla. Samaa periaatetta noudattaen kaarrekirkunnan ja vaihdekolahdusten aiheuttamat vaikutukset on arvioitu Helsingissä määritettyjen lähtötietojen mukaisesti.

### 3. Tulokset

#### 3.1. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melutasot

##### 3.1.1. Havaintoja raitiovaunuliikenteen aiheuttamista melutasoista

Arvioitaessa päivä- ja yöaikaisia keskiäänitasoja raitiovaunuliikenteen melupäästön suuruuteen vaikuttavat raitiovaunun nopeus, raitiovaunun pituus ja raitiovaunujen ohitusten määrät. Tarkastelussa, jossa päiväaikaisten ohitusten määrä on 109 kpl, raitiovaunun nopeus on 60 km/h ja raitiovaunun pituus on 37 metriä muodostuu melulaskennan lähtöarvoksi 71,4 dB. Raitiovaunun nopeudella 20 km/h vastaava lähtöarvo on 63,4 dB eli 8 dB pienempi. Nopeimmat ja melupäästöiltään suurimmat raideosuudet sijoittuvat Rautatieaseman ja Kirstinpuiston sekä Laukkavuoren ja Varissuon liikekeskuksen välille.

Nopeimmilla osuuksilla raitiovaunuliikenteen aiheuttama 55 dB päiväaikaisen keskiäänitason vyöhyke ulottuu noin 14 metrin etäisyydelle lähimmän kiskoparin keskeltä arvioituna. Hitailta osuuksilla, 20 km/h, vastaava vyöhyke ulottuu alle 5 metrin etäisyydelle (kuvat 2 ja 3).

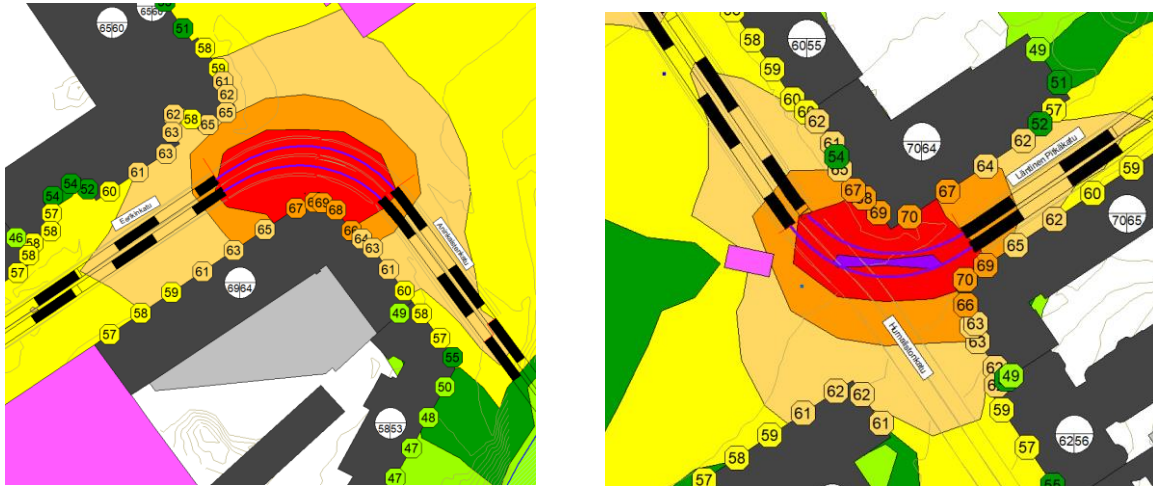


Kuvat 2 ja 3. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat päiväaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq,7-22}$ ) ratapihan (vasemman puoleinen kuva) ja Kauppatorin läheisyydessä (oikea puoleinen kuva) suorilla raitiotieosuuksilla.

Turun raitiotienlinjauksella on useita jyrkkiä kaarteita, joiden kaarresäde on alle 50 metriä. Melulaskennassa näissä kaarteissa on arvioitu aiheutuvan kaarrekirskuntaa. Humalistonkadun vaihtoehdossa kaarrekirskuntaa on arvioitu muodostuvan yhteensä 12 kaarteessa ja Matkakeskuksen vaihtoehdossa 16 kaarteessa.

Melulaskentojen perusteella raitiovaunuliikenteen aiheuttamat paikallisesti korkeimmat melutasot muodostuvat jyrkkien kaarteiden läheisyyteen, esimerkiksi Aninkaistenkadun ja Eerikinkadun risteyksessä sekä Humalistonkadun ja Läntisen Pitkätien risteyksissä lähimpien asuinrakennusten julkisivuihin arvioidaan kohdistuvat 68 dB ... 70 dB melutasoja (kuvat 4 ja 5, liite 1).





Kuvat 4 ja 5. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat päiväaikaiset keskiäänitasot ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ) Aninkaistenkadun ja Eerikinkadun (vasemman puoleinen kuva) ja Humalistonkadun ja Lätisen Pitkätien risteyksessä.

Raitiotieosuuksilla, joissa ei ole jyrkkiä kaarteita tai vaihteita, raitiovaunuliikenne aiheuttaa katutilan viereisten asuinrakennusten julkisivuille yleisesti 55 dB ... 57 dB melutasoja ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ). Yleensä meluvaikutukset eivät ulotu rakennusten piha-alueille yli 55 dB tasoisena.

### 3.1.2. Raitiovaunuliikenteen melulle altistuvien asukkaiden lukumäärät

Taulukossa 1 on esitetty melulaskennan tulosten perusteella määritetyt melulle altistuvien asukkaiden määrät asuinrakennusten julkisivuihin kohdistuvien suurimpien melutasojen perusteella. Tulosten perusteella Humalistonkadun vaihtoasto aiheuttaa vähiten asuinrakennuksiin kohdistuvaa melu-altistumista. Matkakeskuksen ja Haaroitetun vaihtoehdon välinen ero altistuvien asukkaiden määrissä on pieni (taulukko 1).

Melulle altistuvien asukasmäärien tarkastelussa on syytä ottaa huomioon, että melu-altistumisen arviointi on tehty asuinrakennuksen julkisivuun kohdistuvan melutason perusteella. Tämä ei välttämättä tarkoita sitä, että melutason ohjearvot ylittyisivät asuinrakennusten pihojen oleskelualueilla. Pääsääntöisesti raitiovaunuliikenne ei yksinään aiheuta melutasojen ohjearvojen ylityksiä asuinrakennusten pihojen oleskelualueilla.

Raitiovaunuliikenteen aiheuttama asukkaiden melu-altistuminen painottuu tiiviisti rakennetun keskustan kerrostaloihin, joissa raitiotielinjaus sijoittuu asuinkeuhkojen rajaamiin katutiloihin. Nämä kohteet sijoittuvat pääasiassa Hämeenkadun ja Päärautatieasema välisille raitiotieosuuksille.



Taulukko 1. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamalle ohjearvotasot ylittävälle melulle altistuvien asukkaiden määrät tarkastelluissa vaihtoehdoissa.

Melun tunnusluku ja taso	Matkakeskus VE	Humalistonkatu VE	Haarotettu VE
L <sub>Aeq</sub> 7-22 > 55 dB	3418	2042	3368
L <sub>Aeq</sub> 22-7 > 50 dB	3156	2042	3470

### 3.1.3. Raitiovaunuliikenteen vaikutukset melun hetkellisiin maksimitasoihin

Laskennallisen tarkastelun perusteella on mahdollista, että raitiovaunuliikenne aiheuttaa hetkellisesti korkeita melutasoja erityisesti jyrkissä kaarteissa. Melun hetkellisten maksimitasojen (L<sub>AFmax</sub>) arvioitiin nousevan korkeimmillaan yli 80... 85 dB tasolle rakennusten julkisivuilla (liite 15).

Kaarrekirskunnan aiheuttamien melutasojen arviointiin liittyy epävarmuutta, sillä kaarrekirskunnan syntymiseen vaikuttavat raitiovaunukaluston ja raiteen kunto, sääolosuhteet, raitiovaunun nopeus ja paino. Laskennallinen arvio on tehty Helsingin kaupungin ohjeistuksen (Helsingin kaupunki 2019) mukaisesti ja arvioimme tulosten edustavan ”meluisinta mahdollista tilannetta.”

Laskennallinen tarkastelu kuitenkin osoittaa, että raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melu saattaa kantautua häiritsevän voimakkaana rakennusten sisätiloihin. Melun hetkellisten maksimitasojen 80 dB ... 85 dB vaimentuminen asuinhuoneistossa hyväksyttävälle tasolle (45 dB) edellyttäisi asuinrakennusten julkisivuilta 35 – 40 dB ääneneristävyyttä äänitasoerona ilmaistuna. Tämä vaatimus on erittäin korkea eikä todennäköisesti toteudu kaikissa asuinpaikoissa, jotka altistuvat korkeille melun hetkellisille maksimitasoille.

Raitiovaunujen aiheuttamaa kaarrekirskuntaa voidaan vaimentaa kiskojen tai pyörän laipan voitelulla. Kiskojen voitelulaitteistoja ei voida asentaa raitiotieosuuksille, jotka sijaitsevat autoliikenteen kanssa samassa katutilassa. Kaarrekirskunnan melua ei voida vaimentaa tehokkaasti myöskään meluenerakenteilla, koska suhteellisen matalilla esteillä ei voida vaimentaa kerrostalojen julkisivujen ylempiin kerroksiin kohdistuvaa melua. Toisaalta kaduilla ei olisi juurikaan tilaa meluenerakenteiden toteuttamiseen. Raitiovaunun pyörän laipan voitelu on todennäköisesti toteuttamiskelpoisin keino vähentää kaarrekirskuntaa.

## 3.2. Raitiovaunu-, auto- ja junaliikenteen yhteisvaikutukset

### 3.2.1. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat muutokset melutasoissa

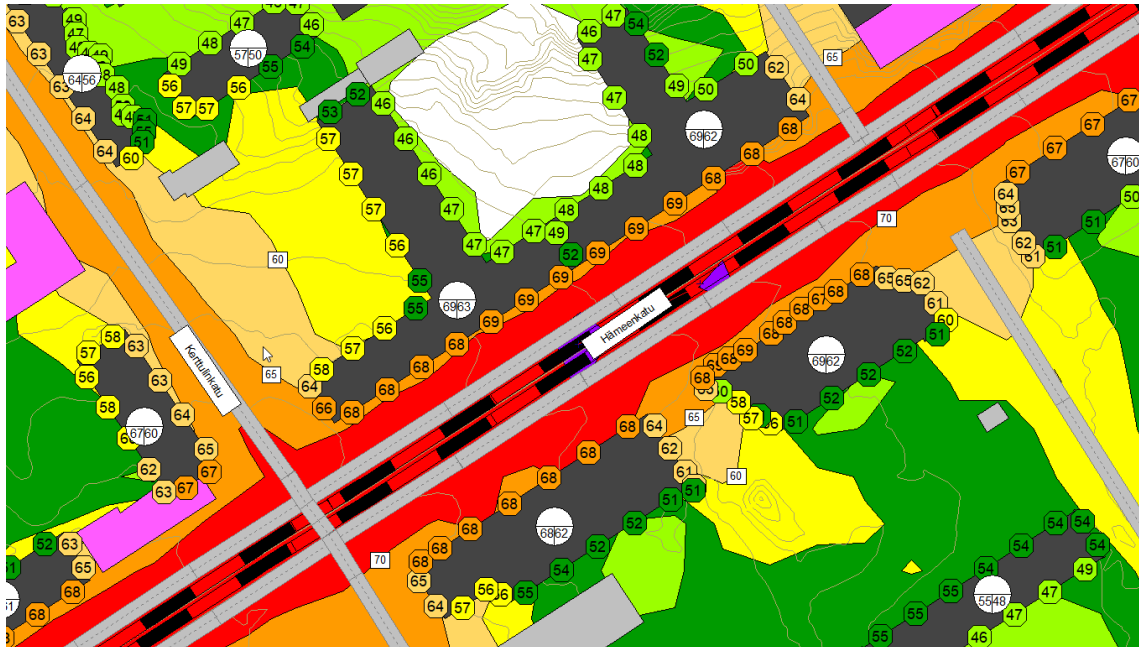
Raitiovaunuliikenteen aiheuttama melu on merkittävästi vähäisempää kuin autoliikenteen aiheuttama melu kaduilla, joissa raitiovaunulinjaus sijoittuu samaan katutilaan autoliikenteen kanssa (kuvat 6 ja 7). Useilla raitiotieosuuksilla raitiovaunuliikenteen aiheuttama osuus kokonaismelutasosta (raitiovaunu + auto + juna) on yli 10 dB pienempi kuin kokonaismelutaso. Tämä ero on niin suuri, että raitiovaunuliikenteen vaikutus melun kokonaistason voidaan katsoa olevan merkityksettömän pieni (liite 2).

Raitiovaunuliikenne lisää laskennallisen tarkastelun perusteella kokonaismelutasoa osuuksilla, joissa arvioidaan esiintyvän kaarrekirskuntaa sekä raitiotieosuuksilla, joissa raitiolinjaus ei sijoitu samaan katutilaan autoliikenteen kanssa. Raitiovaunuliikenteen

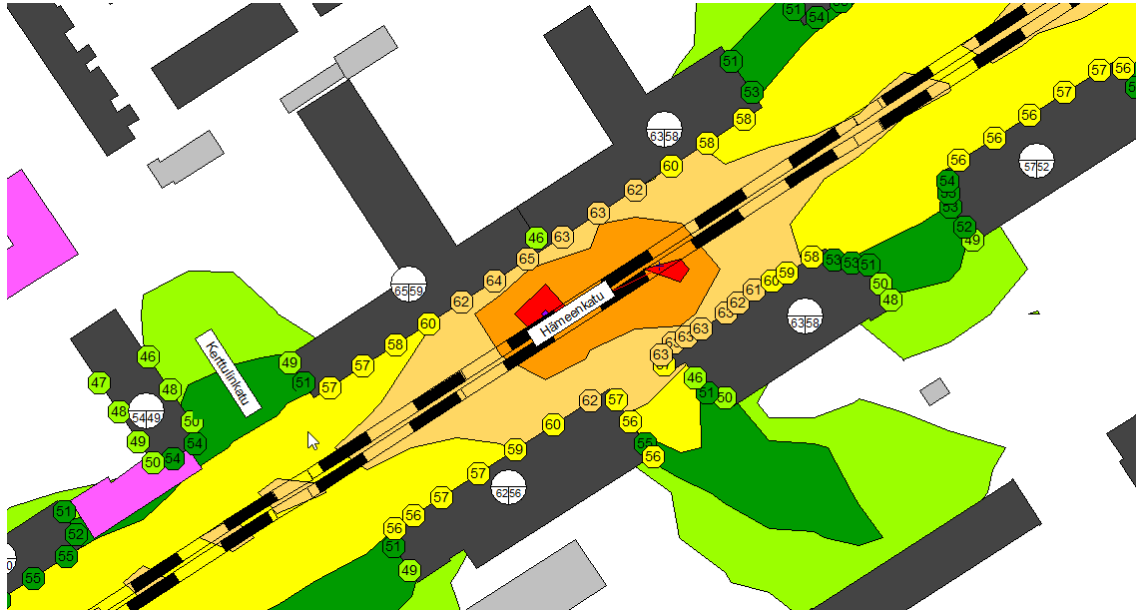
aiheuttama lisäys kokonaismelutasoon riippuu luonnollisesti siitä, kuinka voimakas autoliikenteen aiheuttama melutaso on. Jyrkissä kaarteissa raitiovaunuliikenteen lisäykset kokonaismelutasoihin vaihtelevat välillä +1 db ... + 8 dB ( $L_{Aeq\ 7-22}$ ). Humalistonkadun vaihtoehdossa autoliikenteen siirtäminen Käsityöläiskadulle nostaa Käsityöläiskadun melutasoja noin 5 dB ja vastaavasti Humalistonkadulla melutasot pienentyisivät 4 dB ... 7 dB.

Kaiken kaikkiaan raitiovaunuliikenteen meluvaikutukset kokonaismelutasoon jäävät vähäisiksi. Raitiovaunujen aiheuttama lisäys on tyypillisesti alle 1 dB katuosuuksilla, jossa raitiotielinjaus sijoittuu samaan katutilaan autoliikenteen kanssa. Jyrkissä kaarteissa raitiovaunuliikenteen aiheuttama lisäys kokonaismelutasoon saattaa nousta yli 5 dB tason. Raitiovaunuliikenne ei kuitenkaan yksinään aiheuta merkittäviä ohjearvotasojen ylityksiä asuinrakennusten julkisivuilla ja niiden piha-alueilla raidesosuuksilla, joissa raitiovaunuliikenne ei sijoitu samaan katutilaan autoliikenteen kanssa.

Kuvissa 6 ja 7 on esitetty esimerkkinä melulaskennan tulokset Hämeenkadulta.



Kuva 6. Raitiovaunu-, auto- ja junaliikenteen aiheuttamat melutasot Hämeenkadun varrella.



Kuva 7. Raitiovaunuliikenteen aiheuttamat melutasot Hämeenkadun varrella. Raitiotievaihteen kohdalla julkisivuihin kohdistuva melutaso on suurimmillaan 65 dB. Vaihteen vaikutusalueen ulkopuolella julkisivuihin kohdistuvat melutasot ovat yli 10 dB pienemmät kuin yhteismelutarkastelussa (kuva 6).

### 3.2.2. Melulle altistuvien asukkaiden määrät

Laskennallisen tarkastelun perusteella Matkakeskuksen vaihtoehdossa kokonaismelu-altistuminen on vähäisempää kuin Humalistonkadun ja Haaroitetun linjauksen vaihtoehdoissa. Haaroitetun ja Humalistonkadun vaihtoehtojen altistujamäärät ovat lähes yhtä suuret, mutta Haaroitetussa vaihtoehdossa yöaikainen melu-altistuminen yli >50 dB tasoiselle melulle on suurempaa (taulukko 2).

Melulle altistuvien asukkaiden lukumäärien (auto- ja junaliikenteen verrattuna raitiovaunu-, auto- ja junaliikenne) vertailun perusteella raitiovaunuliikenne lisää melulle altistuvien asukkaiden määriä 500 – 1000 asukkaalla riippuen tarkasteltavasta vaihtoehdosta ja melun tunnusluvusta (taulukko 2).

Taulukko 2. Raitiovaunu-, auto- ja junaliikenteen aiheuttaman melun ohjearvotasot ylittävälle melulle altistuvien asukkaiden määrät tarkastelluissa vaihtoehdoissa ja raitiovaunuliikenteen aiheuttama lisäys meluallistumisessa verrattuna katu- ja junaliikenteen aiheuttamaan meluallistumiseen.

Melun tunnusluku ja taso	Matkakeskus VE	Humalistonkatu VE	Haaroitettu VE	Auto- ja junaliikenne
LAeq 7-22 > 55 dB	15749	16012	15998	15247
LAeq 22-7 > 50 dB	13391	13212	13488	12503
Raitiovaunuliikenteen aiheuttama lisäys	Matkakeskus VE	Humalistonkatu VE	Haaroitettu VE	
LAeq 7-22 > 55 dB	502	765	751	
LAeq 22-7 > 50 dB	888	709	985	

Kokonaismelutasoja tarkasteltaessa Tuomiokirkon edustalle sijoittuvalla vaihtoehdolla ei ole vaikutusta melulle altistuvien asukkaiden määriin, koska autoliikenteen aiheuttamat melutasot Hämeenkadulla ja Uudenmaankadulla ovat vallitsevia ja aiheuttavat lähes saman suuruisen meluallistumisen molemmissa vaihtoehdoissa.

### 3.2.3. Raitiovaunuliikenteen meluntorjunta

Raitiovaunuliikenne aiheuttaa vähän melua suorilla rataosuuksilla. Merkittäviä meluvaikutuksia arvioidaan mahdollisesti syntyvän raitiotien jyrkissä kaarteissa ja vaihteiden kohdalla.

Raitiovaunuliikenne ei aiheuta pääsääntöisesti yksinään ohjearvojen ylityksiä asuinrakennusten pihojen oleskelualueilla, joten pelkästään raitiovaunuliikenteen meluun kohdistuvia meluntorjuntarakenteita ei tulosten perusteella voida pitää tarpeellisena. Raitiovaunuliikenteen meluntorjunta tulee mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon, mikäli katualueiden autoliikenteen aiheuttama melun torjunta on tarpeellista.

Raitiovaunujen aiheuttamaa mahdollista kaarrekirkuntaa tulisi ensisijaisesti pyrkiä torjumaan raitiovaunujen pyörien voitelulla. Kaarrekirkunnan mahdollinen muodostuminen ja torjuntakeinot tulisi ottaa huomioon raitiovaunukalustoa hankittaessa.

Tarvittaessa raitiovaunuliikenteen aiheuttamia meluhaittoja tulee lieventää asuinrakennusten julkisivuihin kohdistuvilla toimenpiteillä. Nämä mahdolliset toimenpiteet tulisi kohdistaa jyrkkien kaarteiden läheisyydessä sijaitseviin asuinhuoneistoihin, joihin mahdollisesti kohdistuu korkeita hetkellisiä melutasoja.

## 4. Johtopäätökset

- Raitiovaunuliikenteen meluvaikutukset kokonaismelutasoon jäävät yleensä vähäisiksi, sillä sen aiheuttama lisäys kokonaismelutasoon on tyypillisesti alle 1 dB suorilla katuosuuksilla, joissa raitiotielinjaus sijoittuu samaan katutilaan autoliikenteen kanssa.
- Laskennallisen tarkastelun perusteella raitiovaunuliikenteen merkittävät meluvaikutukset liittyvät jyrkissä kaarteissa mahdollisesti muodostuvan

kaarrekirskunnan aiheuttamaan meluun. Jyrkissä kaarteissa raitiovaunuliikenteen aiheuttama lisäys kokonaismelutasoon ( $L_{Aeq\ 7-22}$  /  $L_{Aeq\ 22-7}$ ) saattaa nousta yli 5 dB tason. Näillä raitiotieosuuksilla myös melun hetkelliset maksimitasot saattavat nousta sisätiloissa häiritsevälle tasolle.

- Raitiovaunuliikenne ei aiheuta pääsääntöisesti yksinään ohjearvojen ylityksiä asuinrakennusten pihojen oleskelualueilla, joten pelkästään raitiovaunuliikenteen meluun kohdistuvia meluntorjuntarakenteita ei tulosten perusteella voida pitää tarpeellisena. Raitiovaunuliikenteen meluntorjunta tulee mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon, mikäli katualueiden autoliikenteen aiheuttamaa melun torjunta on tarpeellista.
- Raitiovaunujen aiheuttamaa mahdollista kaarrekirskuntaa tulisi ensisijaisesti pyrkiä torjumaan raitiovaunujen pyörien voitelulla. Kaarrekirskunnan mahdollinen muodostuminen ja torjuntakeinot tulisi ottaa huomioon raitiovaunukalustoa hankittaessa.
- Kokonaismelutasoja tarkasteltaessa erot melualtistumisessa olivat vähäisiä tarkasteltujen vaihtoehtojen välillä. Pelkästään raitiovaunuliikenteen melua tarkasteltaessa Humalistonkadun vaihtoehdon liikenteen aiheuttama melualtistuminen oli vähäisempää kuin kahdessa muussa vaihtoehdossa.

Tampereella 11.11.2022



**Ilkka Niskanen**

Yksikön päällikkö / Business Unit Manager  
Akustiikka ja melu / Acoustics and Noise

M+ 358 40 840 4046

## 5. Viittaukset

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

Eurasto, Raimo. Ympäristöministeriö 2009: Meluselvityksen tarkkuuden parantaminen, Suomen ympäristö 26/2009.

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

Nordic Council of Ministers 1996b: Railway traffic noise. Nordic Prediction method - TemaNord 1996:524.

Tampereen kaupunki 2021: Tampereen raitiotieliikenteen meluohje ympäristömelumallinnuksia varten. AFRY raportti 15.6.2021.

Helsingin kaupunki 2019: Liikennemeluselvityksen laatiminen maankäytön suunnitteluun – Maankäytön suunnittelun yleisohje 9.9.2019.