

Anne Kangasaho
Vesa Vähäkuopus
Tommi Saviluoto
Jarkko Punnonen

Vantaan ratikka - Tikkurila

Raitioliikenteen runkomelu- ja tärinäselvitys

1 Johdanto

1.1 Kohdekuvaus

Vantaan ratikka on koko osuudeltaan kaksiraiteinen ja radan pituus on runsaat 19 kilometriä, joista noin 0,5 kilometriä sijoittuu Helsingin puolelle. Viihtyisä matka Vantaan ratikassa on sujuva, selkeästi hahmotettava ja kaupunkikuvallisesti korkeatasoinen. Ratikka parantaa merkittävästi poikittaisia yhteyksiä Itä-Vantaan, Tikkurilan ja Lentokentän välillä.



Kuva 1 Vantaan raitiotien pikaraitiotielinja. Yleissuunnitelma.

Vantaan ratikka kytkeytyy muuhun joukkoliikennejärjestelmään Pääradan, Kehäradan, metron ja Helsingin laajentuvan raitiotieverkoston kautta.

1.2 Suunnittelualue ja työn kuvaus

Tämä runkomelu- ja tärinäselvitys on laadittu Vantaan ratikan Tikkurilan osuudelle paaluvälille 8841-10400. Suunnittelualueelle sijoittuva raitiotien osuus alkaa likimäärin Kielotien ja Neilikkatien risteyksestä, etenee Kielotietä pitkin ja kääntyy Lummekujalle, jonka kautta rata etenee Ratakujan läpi alittaen pääradan. Pääradan alituksen jälkeen raitiotie etenee Jokiniemenkadun vierellä Hakunilan suuntaan. Tämän selvityksen suunnitteluosuus loppuu hieman ennen Keravanjoen ylitystä.

Osuuden runkomeluselvityksessä selvitettiin laskennallisen mallinnuksen keinoin runkomelun vaikutukset sekä arvioitiin rakenteellisen torjunnan tarve ja vaatimukset. Liikennetärinän osuudessa tutkittiin aiheuttaako raitiotie asukkaita häiritsevää tärinää huoneistoissa.

Selvitys laadittiin yllä esitetyllä Tikkurilan suunnittelualueelle.

Runkomelulla tarkoitetaan maaperän kautta rakennukseen siirtyvää värähtelyä, joka muuttuu ääneksi ja havaitaan kuuloaistilla. Liikennetärinä on matalamman taajuusalueen värähtelyä, jota ihminen ei pysty kuulemaan, mutta sen voi havaita epämiellyttävänä tärinänä tai irtonaisten asioiden räminänä.

1.3 Yhteystiedot

Anne Kangasaho, tekniikkavastaava

puh +358 44 750 0876

email anne.kangasaho@sitowise.com

Vesa Vähäkuopus, tärinä- ja runkomeluasiantuntija

puh +358 44 427 9590

email vesa.vahakuopus@sitowise.com

Jarkko Punnonen, tärinä- ja runkomeluasiantuntija

puh +358 020 7118 595

email jarkko.punnonen@sitowise.com

Tommi Saviluoto, akustiikka, tärinä- ja runkomeluasiantuntija

puh +358 45 232 5757

email tommi.saviluoto@sitowise.com

2 Lähtötiedot

2.1 Liikennöivä kalusto

Hankkeen tässä vaiheessa liikennöivä kalusto ei ole vielä tiedossa. Suunnittelussa on käytetty oletusta, missä liikennöivä kalusto tulisi olemaan sama, tai vastaava, kuin Kruunusillat-yhteyden pikaraitiotiellä (Škoda Transtech Smart Artic X54 & X75). Pitemmän raitiovaunun X75 suurimpana kokonaismassana on arvioissa pidetty 100tn ja akselipainon maksimina 125kN. Laskennoissa on otettu huomioon mahdollinen kaluston muutos.

2.2 Ajonopeudet

Raitiotieliikenteen laskennassa käytettävät ajonopeudet määritettiin hankkeen ratasuunnittelijoiden avulla. Liikennöintinopeus välillä vaihtelee 30 km/h ja 70 km/h välillä. Tunnelisuudella nopeus on suurimmillaan 30 km/h ja Jokiniementiellä välillä 50-70 km/h. Muilla osuuksilla ajonopeudelle käytettiin oletusta 40 km/h.

2.3 Ratarakenteet ja radan perustamistavat

Radalla käytetty tyypillinen rakenne on 2000 mm x 300 mm kiintoraidelaatta ja päällysrakenteen kokonaispaksuus on 500 mm. Alusrakenteena on noin 1 m paksu tasoitettu ja tiivistetty murskekerros, jonka alla on katuosuuksilla paalulaatta. Tunneliosuuksilla raiteet on perustettu murskekerrokselle peruskallion päälle.

2.4 Maaperä

Runkomelutasojen laskennassa ja eristystarpeen määrittelyssä on käytetty GEO-suunnittelijoiden tuottamaa aineistoa maaperän ominaisuuksista ja perustamistaparatkaisuista. Maaperätieto on viety GEO-suunnittelun toimesta pituusleikkauksiin, joista maaperätyypit on viety runkomelulaskentoihin. Paalulaatan paalujen pituudet on arvioitu pituusleikkauksista.

2.5 Rakennukset

Selvityksessä on huomioitu nykyinen maankäyttö sekä tiedossa oleva tuleva kaavoitettu maankäyttö. Kaavoitus on huomioitu runkomelun ja liikennetärinän osalta päivään 31.12.2021 asti.

Yksinkertaistuksen vuoksi laskenta on tehty olettaen, että kaikki rakennukset on perustettu jäykästi kallion varaan. Laskenta on tehty pääosin alimpaan maanpäälliseen kerrokseen. Tämä edustaa kriittisintä tilannetta. Niiden asuinrakennuksien osalta, jotka sijoittuvat raiteiden välittömään läheisyyteen on arvioitu tilanne alimmassa asuinkäyttöön suunnatussa kerroksessa.

Kaikki selvityksessä huomioidut kohteet on esitetty liitteen 1 runkomelukartassa.

3 Runkomelu

3.1 Suunnitteluperusteet runkomelun osalta

Runkomelun osalta suunnittelua ohjaavat VTT:n *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* -julkaisun [1] suositusarvot ja uuden asuinrakentamisen osalta *Ympäristöministeriön ohjeessa rakennuksen ääniympäristöstä* [2] esitetyt ohjearvot:

- asuin-, majoitus- ja potilashuoneistoissa 35 dB
- toimistotiloissa 45 dB.

Niillä osuuksilla, missä rata kulkee tunnelissa ovat vastaavat arvot 30 dB ja 40 dB.

3.2 Arviointimenetelmä runkomelun osalta

Runkomelun leviäminen ympäristöön on arvioitu laskentamallilla, joka huomioi liikennöivän kaluston ominaisuudet ja liikennöintinopeuden, ratarakenteet, perustamistavat ja alusrakenteet, maaperän radan alla ja ympäristössä sekä rakennukset ja niiden perustamistavat. Laskentamalli

on kalibroitu Helsingin kantaverkon alueella suoritettujen raitioliikenteen runkomelumittausten perusteella.

Laskennassa on huomioitu radan epäjatkuvuuskohdat ja vastakkaisiin suuntiin ajavien raitiovaunujen kohtaaminen. Arvioinnissa on huomioitu sekä kallion kautta että maan pintakerroksissa etenevä runkomeluheräte. Laskennassa on myös huomioitu rataa suunniteltu runkomelueristys alueittain.

Runkomelun leviäminen radasta ympäristöön ja läheisiin rakennuksiin on arvioitu 20 m välein suoritetulla laskennalla.

3.3 Runkomelun laskentatulokset

Runkomelu ylittää vaimentamattomana sovellettavat ohjearvot 30-70 metriä leveän vaikutusvyöhykkeen sisäpuolella riippuen sijaintikohdan maaperästä ja raitiotien nopeudesta. Vaimentamalla radasta syntyvää värähtelyä, pystytään runkomelun vaikutusalue kaventamaan radan välittömään läheisyyteen. Eniten runkomelu vaikuttaa radan tunneliosuuksilla ja pienin vaikutus on Jokiniementiellä.

4 Liikennetärinä

4.1 Suunnitteluperusteet liikennetärinän osalta

Liikennetärinän osalta suunnittelua ohjaa Ympäristöministeriön ohjeessa rakennuksen ääniympäristöstä [2] esitetty ohjearvo ja VTT:n *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa* [3].

Tärinän $v_{w,95}$ ohjearvo, eli asuutilassa esiintyvän värähtelyn tilastollinen enimmäisarvo mittaussyksyllä, on pienempi tai yhtä suuri kuin 0,30 mm/s.

Ohje rakennusten ääniympäristöstä käsittelee uudisrakennuksia, VTT:n suositusta sovelletaan uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa.

4.2 Arviointimenetelmä liikennetärinän osalta

Tärinän leviäminen ympäristöön on arvioitu soveltamalla VTT:n esittämää (Working papers 50, liite C, 2006) laskentamallia. VTT:n laskentamalli soveltuu lähinnä kauempana kuin 15 m etäisyydellä olevan värähtelyn arviointiin. Tätä pienemmillä etäisyyksillä on tehty lisäksi analyttisiin laskentamalleihin perustuvia arvioita.

Laskennassa on käytetty radan kuntokertoimena 1 ja varmuuskertoimena 2. Muutos tehollisarvoksi on tehty käyttäen kerrointa 0,6 minkä lisäksi mahdollista värähtelyn voimistumista rakennuksessa on arvioitu kertoimella 1,5.

Tärinä etenee parhaiten pehmeissä maalajeissa. Tikkurilan osuudella maaperän olosuhteet vaihtelevat. Pehmeimmillä alueilla rata tullaan perustamaan paalulaatan päälle, jolla on huomattava vaikutus tärinän vaimenemiseen.

VTT laskentamallin mukaisessa laskennassa maaperän on oletettu olevan pehmeimmillään normaalia koheesiomaata. Raitiovaunun liikennöintinopeus on asutuilla alueilla enintään 50 km/h. Jokiniementien osuudella nopeutena käytettiin 70 km/h, mutta tällä osuudella ei ole asuinrakennuksia raitiotien vaikutusvyöhykkeillä.

4.3 Liikennetärinän laskentatulokset

VTT:n laskentamenetelmällä tärinän tunnusluku asunnossa 15 m etäisyydellä liikennöintinopeuden ollessa 50 km/h on luokkaa 0,05-0,08 mm/s (normaali koheesioma). Maaperän ollessa kovempi tai liikennöintinopeuden pienempi on tärinän tunnusluku tätä pienempi. Kun paalulaatan vaimennusvaikutuksen arvioidaan olevan 50%, joka on konservatiivinen arvio, voidaan liikennetärinän riskin sanoa olevan erittäin pieni.

Lähempänä raiteita oleva tarkentava laskenta tehtiin tapauksessa, jossa maaperä on VTT:n luokituksen mukaista normaalia koheesiomaata ja liikennöintinopeus 50 km/h. Tärinätasoksi asunnossa on edellä kuvatussa tilanteessa arvioitu 10 m etäisyydelle raiteista 0,11 mm/s ja 5 m etäisyydelle 0,24 mm/s.

Tällä perusteella kaikissa suunnitellun väylän varrella olevissa rakennuksissa (etäisyys raiteeseen $\geq$ 5 m ja liikennöintinopeus $\leq$ 50 km/h) tärinätaaso on laskennallisesti arvioituna enintään 0,24 mm/s.

Tehtyjen laskelmien perusteella raitiotien liikennöinti ei aiheuta ohjearvon ylittävää tärinää väylän varrella oleviin tai kaavoitettuihin asuinrakennuksiin. Laskelmat on tehty tärinän kannalta kriittisimmillä maaperätyypeillä ja liikennöintinopeuksilla.

5 Tunnistettu torjuntatarve ja torjuntatoimenpiteet

5.1 Runkomelu

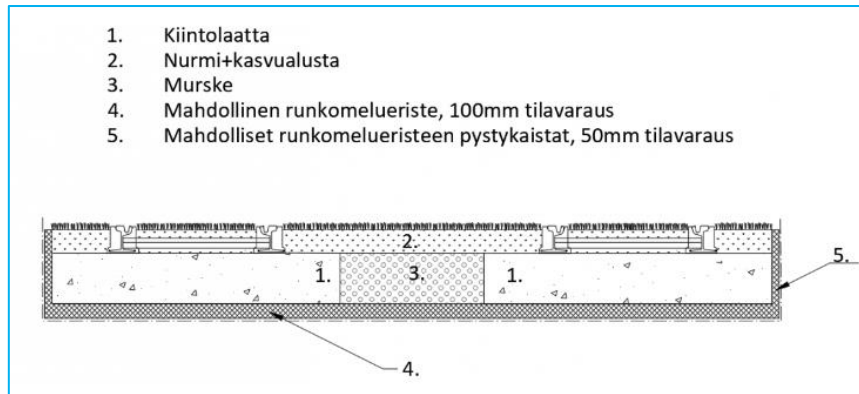
Radan varrelle sijoittuvissa rakennuksissa arvioidun runkomelutason ja suunnitteluperusteissa esitettyjen vaatimusten erotuksena on määritelty runkomelun vaimennustarve eri rataosuuksille. Runkomelueristyksen tarve on jaettu 5dB välein, ja tarve vaihtelee välillä 0...20dB. Eristystarpeet alueittain on esitetty liitteen 1 eristystarvekartassa. Kartassa on eristystarpeet ja suunniteltu runkomelun torjunta esitetty seuraavasti:

- Ei vaimennusta: alueet, joilla ympäröiviin rakennuksiin kohdistuva runkomelu alittaa suunnitteluperusteissa esitetyn vaatimuksen ilman erillisiä vaimennustoimenpiteitä.
- 5 dB: alueet, joilla rakennuksiin kohdistuva runkomelu alittaa suunnitteluperusteissa esitetyn vaatimuksen suunnitellun 5 dB-eristysratkaisun kanssa.
- 10 dB: alueet, joilla rakennuksiin kohdistuva runkomelu alittaa suunnitteluperusteissa esitetyn vaatimuksen suunnitellun 10 dB-eristysratkaisun kanssa.
- 15 dB: alueet, joilla rakennuksiin kohdistuva runkomelu alittaa suunnitteluperusteissa esitetyn vaatimuksen suunnitellun 15 dB-eristysratkaisun kanssa.
- 20 dB: alueet, joilla rakennuksiin kohdistuva runkomelu alittaa suunnitteluperusteissa esitetyn vaatimuksen suunnitellun 20 dB-eristysratkaisun kanssa.

Runkomelueristys esitetään toteutettavaksi kiintoraidelaatan alle asennettavalla runkomelueristysmateriaalilla. Ratkaisulla pystytään toteuttamaan vaimennusta suurimmillaan 15-25 dB riippuen valittavasta tuotetypistä.

Kaikilla runkomelueristetyillä rataosuuksilla myös laatan kylkeen pyritään asentamaan pystyeristyskaista, joilla osaltaan estetään raiteen kyljestä maan pintakerrokseen kytkeytyvää

värähtelyherätettä. Pystykaistat ulotetaan vähintään laatan yläpinnan tasalle. Pystykaistat asennetaan aina vähintään radan ulkoreunoille ja erityistapauksissa (20 dB vaimennusvaatimus) kummankin kiintolaatan molempiin kylkiin. Pystykaistojen sijoittelu voi osalla suunnittelualueesta osoittautua haastavaksi. Näiden paikkojen sijainnit täsmentyvät myöhemmin ja vaativat erillistarkastelun.



Kuva 2 Runkomeluvaimennuksen ohjeellinen sijainti. Pääkaupunkiseudun raitioteiden suunnitteluohje.

5.2 Liikennetärinä

Torjuntatarvetta ei tunnistettu.

5.3 Tärinäherkät laitteet suunnittelualueella

Forcit Consulting Oy on suorittanut tärinäherkkien laitteiden kartoituksen [4] suunnittelualueella 14.6.2022. Tärinäherkimpänä kohteena alueelta tunnistettiin Värитеhtaankatu 8:ssa sijaitsevat magneettikuvauslaitteet noin 60 metriä lähimmästä raiteesta etelään. Raitiotie ei alustavan tarkastelun perusteella aiheuta tältä etäisyydeltä laitteiden 0,1 G ohjearvon ylittävää tärinää.

Tärinän 0,25 G ohjearvon omaavia laitteita havaittiin lisäksi osoitteissa Neilikkatie 7, Ratakuja 5 ja Tikkurilantiellä, joista viimeisin sijaitsee noin 15 metriä lähimmästä raiteesta. Raitiotie ei alustavan arvion mukaan ylitä tärinän ohjearvoa 0,25 G 15 m etäisyydellä raiteesta. Muut edellä mainitut ohjearvon omaavat laitteet sijaitsevat kauempana radasta.

Kohteet on esitetty liitteessä 1.

Laitteiden inventointi suositellaan uusimaan ennen radan toteuttamista.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä selvityksessä on esitetty Vantaan ratikan Tikkurilan osuuden (pl. 8841-10400) raitiotien liikennöinnistä aiheutuvan runkomelun ja liikennetärinän arviointiperusteet, arviointimenetelmät, sekä torjuntatarpeiden laajuus ja ehdotettu torjuntatoimenpiteitä. Toimenpiteillä on pyritty varmistamaan, ettei raitiotien liikennöinnin alettua aiheudu kohdassa 3.1 ja 4.1 esitettyjen suunnitteluperusteiden ylityksiä runkomelun ja liikennetärinän osalta.

7 Virhelähteet

Suomessa tärinän ja runkomelun suuruutta on yleisesti arvioitu VTT:n tuottamien tutkimusten ja selvitysten mukaisesti. Tuotetussa kirjallisuudessa esitellään eri tarkkuustasojen laskennallisia menetelmiä, mittaushjeita ja ohjeellisia raja-arvoja niin tärinän kuin runkomelun osalle. Koska

maaperän värähtelyn arvioiminen on useista parametreista riippuvaista ja maaperän ominaisuuksien arviointi on haastavaa, perustuu arviointi usein kokemuseräiseen tietoon. Näin ollen runkomelun leviämisen laskentaan liittyy huomattava määrä epävarmuustekijöitä.

Runkomelun leviämislaskentojen kannalta oleellinen muuttuja on maaperän ominaisuudet. Verrattaessa esimerkiksi ilmateitse etenevään liikennemeluun, tai peruskalliossa etenevään runkomeluun, osittain maan pintakerroksissa ja osittain kalliossa kulkeutuva värähtely ei etene samalla tavalla homogeenisessa väliaineessa. Maaperäominaisuudet vaihtelevat jossain määrin myös vuodenaikojen mukaan. Maaperäominaisuuksia on tutkittu reitin varrelta, mutta tieto on aina jossain määrin yleistettyä, ja se voi muuttua äkillisesti sivusuunnassa poispäin radasta mentäessä. Lisäksi epävarmuutta aiheuttavat rakennuksien erilaiset ominaisuudet ja perustamistavat.

Nykyaikaisen raitiovaunun Suomen olosuhteissa tuottamaan värähtelyherätteeseen liittyy vielä epävarmuuksia. Myös kaluston ja ratarakenteiden kulumisen ajan mittaan vaikuttavat runkomeluherätteeseen. Tulevan kaluston osalta on oletettu, että se on hyvin saman tyyppinen kuin nykyinen laajasti käytössä oleva Artic-raitiovaunukalusto.

8 Liitteet

Liite 1: Suunniteltu runkomelun torjunta

Kartalla esitetty suunniteltu runkomeluntorjunta ja selvityksessä huomioidut kohteet ja oleellimmat tunnistetut tärinäherkät kohteet (14.6.2022) kartalla.

9 Viitteet

- [1] Maaliikenteet aiheuttaman runkomelun arviointi (Esiselvitys), VTT tiedotteita 2468. 2009.
- [2] Ääniympäristö – Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Ympäristöministeriö 2018.
- [3] Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT working papers 50.
- [4] Tärinäherkkien kohteiden kartoitus. Forcit Consulting Oy. 14.6.2022.

Liite 1: Suunniteltu runkomelun torjunta

