

# LÄNSIMETRON RUNKOMELUSELVITYS JA ERISTYSRATKAISUT

**Timo Peltonen<sup>1</sup>, Mats Backholm<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Akukon Oy  
Hiomotie 19  
00380 Helsinki  
timo.peltonen@akukon.fi

<sup>2</sup> Vibkon Oy  
Hiomotie 19  
00380 Helsinki  
mb@vibkon.fi

## Tiivistelmä

Länsimetron suunnittelussa on haluttu varmistaa, että metrolinjan aiheuttama värähtely ei aiheuta tärinä- tai runkomeluhaittoja ratalinjauksen ympäristössä. Helsingin Ruoholahdesta Espoon Matinkylään ulottuva metrolinja rakennetaan koko matkalta kalliotunneliin. Ratalinjauksen lähiympäristössä on satoja nykyisiä asuin-, koulu- ja toimistorakennuksia.

Runkomeluselvityksen tarkastelussa on huomioitu sekä nykyiset että tulevat rakennukset ja kaava-alueet. Runkomelun tavoitetasot on asetettu kohde- ja rakennuskohtaisesti, ja runkomelun vaimennustarpeet rataosuuksille on selvitetty koko ratalinjan kattavien leviämismallilaskentojen avulla.

Runkomelueristykselle on selvää tarvetta. Länsimetron lähes koko ratalinja eristetään lukuun ottamatta meren ja moottoritien alituksia. Ratarakenteisiin sijoitettava eristys jakautuu kolmeen eristysluokkaan, joilla eri rataosuuksille tarvittava eristys on optimoitu. Eristysmateriaaleja tarvitaan yhteensä yli 100 000 m<sup>2</sup>.

Radan runkomelueristyksellä päästään lopputulokseen, jossa runkomelu ei haittaa nykyistä toimintaa Länsimetron ratalinjauksen ympäristössä. Mitoituksessa on huomioitu myös tulevien alueiden kaavoitus niin, että runkomelu ei aseta maankäytön rajoituksia tulevalle asuin- tai toimistorakentamiselle ratalinjauksen varrella.

Metrotunnelien louhinta on meneillään. Rataan sijoitettavien runkomelueristeiden hankintakilpailu on käyty alkuvuodesta 2013, ja ensimmäiset eristysasennukset tehdään vuoden 2013 loppuilla.

## 1 JOHDANTO

Helsingin Ruoholahdesta Espoon Matinkylään ulottuvan Länsimetron metrolinjan pituus on noin 13,9 km, ja siihen tulee kahdeksan uutta asemaa. Rata toteutetaan kokonaisuudessaan maan alle kallioon louhittuna. Asemien välillä rata kulkee kahdessa rinnakkaisessa tunnelissa. Asemien väliin sijoittuu raiteenvaihtopaikkoja, ja Tapiolaan ja Matinkylään rakennetaan kääntöraiteet.



Kuva 1. Länsimetron linjaus ja asemat kartalla.

Länsimetron linjauksen yläpuolella ja välittömässä lähiympäristössä on satoja nykyisiä asuin-, koulu- ja toimistorakennuksia, jotka ovat alttiita metrolinjan runkomelulle. Lisäksi monille alueille kuten Koivusaareen, Keilaniemeen ja Otaniemeen varaudutaan myöhemmin toteuttamaan merkittävää uudisrakentamista. Radan ympäristössä on myös joitakin runkomelulle herkkiä erityiskohteita, kuten kirkkoja, kirjastoja ja salitiloja. Lisäksi Otaniemen ja Keilaniemen alueella on tieteellisessä käytössä olevia erikoistiloja ja tutkimuslaitteistoja, jotka ovat herkkiä runkomelulle tai erittäin vähäisellekin tärinälle. Näiden osalta tehtyä herkkien laitteiden tärinäselvitystä on kuvattu julkaisussa [1].

Tässä artikkelissa esitetään lyhyt kuvaus Länsimetron runkomeluseelvityksestä ja kohteeseen suunnitelluista runkomelun torjuntaratkaisuksista. Länsimetron suunnittelun osana tehdyllä runkoääniselvityksellä on haluttu varmistaa, että junaliikenne ei tule aiheuttamaan runkomeluhaittoja metrolinjan ympäristössä sijaitseviin nykyisiin tai kaavoitettuihin rakennuksiin ja kohteisiin. Työhön on kuulunut runkomelun raja-arvojen selvitys, haitalle mahdollisesti altistuvien alueiden ja kohteiden tunnistaminen sekä tarvittavien torjuntatoimenpiteiden suunnittelu ja mitoitus.

## 2 RUNKOMELUN ESIINTYMINEN

### 2.1 Runkomelu ilmiönä

Runkomelu on pientaajuista melua, joka aiheutuu rakennusrunkoon kytkeytyneestä värähtelystä. Huonetilojen rajapinnoissa esiintyvä värähtely on niin pientä, ettei sitä aistita tuntoaistin välityksellä tärinänä. Värähtelevät pintarakenteet säteilevät kuitenkin ääntä suurten kaiutinkalvojen tavoin, ja aiheuttavat tilaan korvin kuultavaa melua.

Raideliikenteen runkomelua esiintyy tyypillisesti noin 50–200 Hz taajuusalueella. Tätä pienemmillä taajuuksilla kuuloaistin herkkyys on niin pieni, ettei runkomelu yleensä aiheuta häiritsevää kuulohavaintoa. Suuremmilla taajuuksilla kallioperän häviöt puolestaan kasvavat jyrkästi.

### 2.2 Runkomelun leviäminen

Kalliotunnelissa kulkeva raideliikenne voi aiheuttaa runkomeluhaittoja tunnelin yläpuolelle ja lähiympäristöön. Kallioperä johtaa hyvin runkomelua, ja siinä etenevä värähtely vaimenee huomattavasti hitaammin kuin maaperässä.

Runkomeluhaitat rajoittuvat yleensä noin 100 m etäisyydelle ratalinjauksesta alueilla, joissa rakennukset ovat kallioperustaisia. Jos rakennukset on perustettu maavaraisesti tai paalujen varaan ilman kalliokontaktia, runkomelu kytkeytyy rakennuksiin heikommin eikä runkomelualuetta välttämättä esiinny edes suoraan ratatunnelin yläpuolella.

Vaihdealueilla runkomeluun liittyy myös kiskon epäjatkuvuuksista aiheutuvia kolahduksia. Näiden vaikutusalue jää kuitenkin paikalliseksi.

### 2.3 Runkomelun esiintymistiheys ja paikallinen vaihtelu

Runkomelua esiintyy vain hetkellisesti metron ohiajon aikana junan ohittaessa kohteen. Länsimetrolle suunniteltu liikennetiheys on kuitenkin varsin suuri; kahden minuutin vuorovälillä metron ohiajoja esiintyy joka minuutti, kun linjan molemmat suunnat huomioidaan. Nykyistä Helsingin metroa tiheämpi vuoroväli johtuu osaltaan siitä, että Länsimetron asemien käyttöönnoton myötä metrojunat ovat vain kahden yksikön mittaisia, kun nykyään Helsingissä liikennöidään myös kolmen yksikön pituisilla junilla.

Yksittäisistä ohiajoista aiheutuviissa runkomelutasoissa esiintyy luonnostaan hajontaa riippuen mm. ajonopeudesta sekä kaluston pyörien ja rataosuuden kiskojen kunnosta. Runkomelutaso voi vaihdella myös eri puolilla samaa rakennusta johtuen kallioperän, etäisyyden ja maapohjan vaihtelusta sekä rakennuksen perustamistavan ja huonetilojen akustisten ominaisuuksien erilaisista toteutustavoista. Näistä syistä mitoitusrajan luokkaa olevia runkomelutasoja esiintyy vain harvoissa huonetiloissa, ja niissäkin todennäköisesti vain osassa metrojunien ohiajoista. Useimmissa tiloissa runkomelutasot jäävät selvästi alle mitoituksessa käytettyjen tavoitetasojen.

Runkomelun syntymekanismia, leviämistä ja häiriövaikutuksia on kuvattu myös julkaisuissa [2], [3] ja [5].

## 3 RUNKOMELUN TAVOITETASOT

Suomessa ei toistaiseksi ole olemassa virallisia raja- tai ohjearvoja liikenteen aiheuttamalle runkomelulle. VTT on esiselvityksessään [4] esittänyt runkomelulle tavoitetasot, jotka vastaavat Kehäradan tunneliosuuden ja Savion tunnelin suunnittelussa aiemmin käytettyjä raja-arvoja [2 ja 3].

Länsimetron suunnittelussa käytetyt runkomelun tavoitetasot ovat VTT:n suosituksen kanssa yhteneväisiä, ja ne on esitetty *taulukossa 1*. Rataosuuksille tarvittava runkomelueristys on mitoitettu perustuen näiden tavoitetasojen täyttymiseen [5].

*Taulukko 1. Länsimetron suunnittelussa käytetyt runkomelun tavoitetasot  $L_{ASmax}$ .*

tilatyyppe	$L_{ASmax}$ , dB enintään
asunnot	30 dB
opetus- ja neuvottelutilat	35 dB
toimistot	40 dB

Meluerkissä erityistiloissa, kuten kirkoissa ja saleissa sekä tietyissä tutkimustiloissa hyväksyttävät runkomelutasot on selvitetty tapauskohtaisesti. Tavoitteena on ollut, ettei metron runkomelu aiheuta tilojen käytön kannalta merkittävää muutosta tilojen nykyiseen taustamelutasoon.

## 4 RUNKOMELUN ARVIOINTI JA TORJUNTATARPEEN MITOITUS

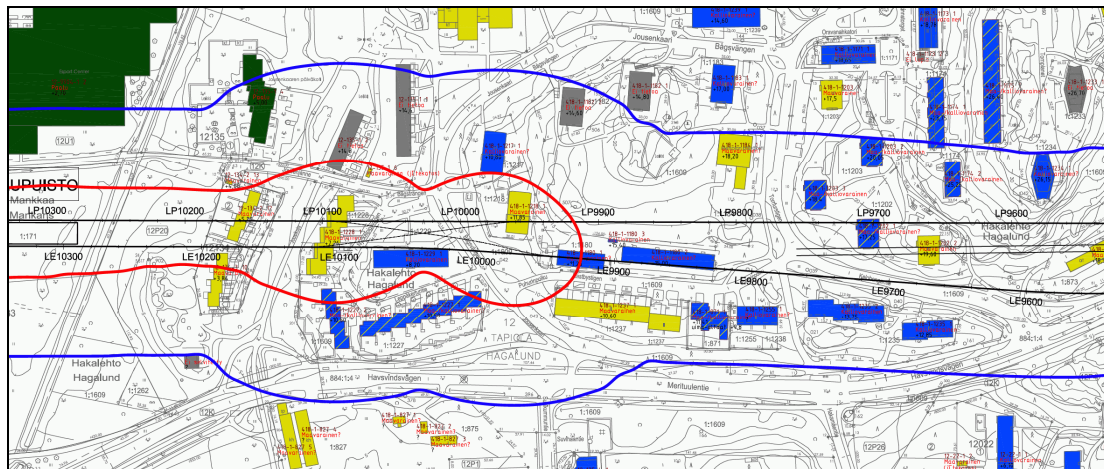
### 4.1 Runkomelun arviointi

Runkomelun leviämistä on tarkasteltu laskennallisesti käyttäen Akukonin ja Vibkonin kehittämää runkomelun laskentamallia [2]. Malli huomioi ratarakenteen ominaisuudet, kallioperän etäisyysvaimennuksen sekä kytkeytymisen kallioperästä maaperän ja perustusten välityksellä rakennukseen. Lisäksi tarkastelussa on huomioitu radalla liikennöivän kaluston pituus ja tyyppi sekä kohtaavien metrojunien summautuva vaikutus.

Runkomelualueiden laskennassa on käytetty myös mm. kalliopinta- ja maaperätietoja, rakennusten sijainti-, käyttötarkoitus- ja perustamistapatieitoja sekä kaavaehdotusten vaikutuksia. Rakennuskohtaista arviointia varten koko tarkastelualue läpikäytiin kenttäkäynneillä, joiden avulla selvitettiin mm. rakennusten alimpien asuin kerrosten sijainti ja täydennettiin lähtötietoaineistossa esiintyneitä puutteita.

### 4.2 Torjuntatarpeen arviointi

Runkomelun alueelliset torjuntatarpeet selvitettiin mallintamalla laskennallisesti runkomelun leviäminen ympäristöön. Laskenta aloitettiin selvittämällä ensin eristämättömän radan runkomelualueet. *Kuvassa 2* on esimerkki tällä tavalla lasketusta runkomelukartasta. Kuvaan on merkitty 30 dB ja 40 dB runkomelualueet. Laskenta kuvaa kalliovaraisesti perustetun rakennuksen alimmassa kerroksessa esiintyviä runkomelutasoja. Radassa olevien vaihteiden vaikutus näkyy runkomelualueiden paikallisena laajenemisena.



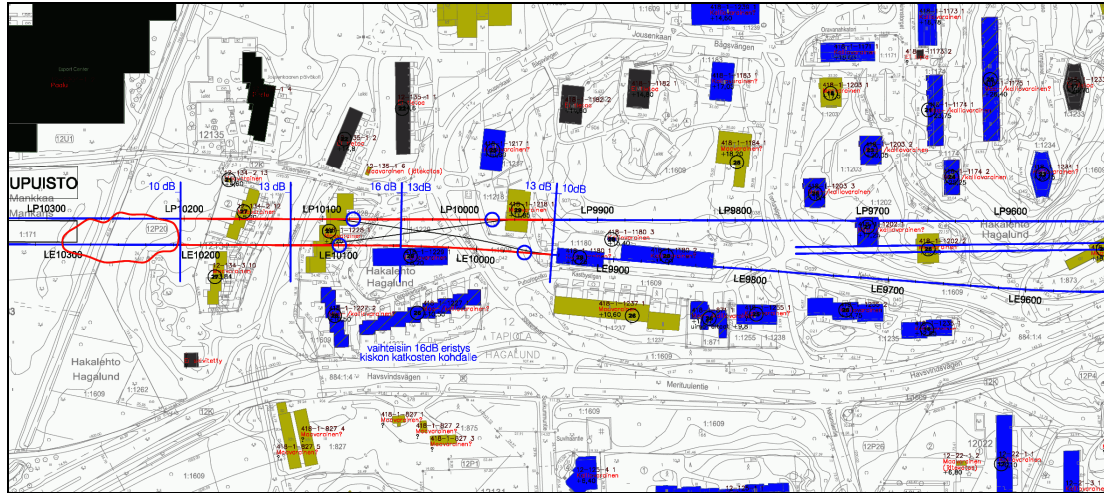
*Kuva 2. Esimerkki eristämättömälle radalle lasketuista runkomelualueista. Yli 30 dB runkomelualueelle sijoittuu paljon nykyisiä asuinrakennuksia.*

Kaikki runkomelualueille sijoittuvat rakennukset kartoitettiin tällä tavoin koko metrolinjan osalta. Rakennukset listattiin ja niille osoitettiin niiden käyttötarkoitukseen perustuvat runkomelun tavoitetasot. Runkomelun rakennuskohtaiset torjuntatarpeet muodostettiin tämän jälkeen laskemalla kallon pinnassa esiintyvät eristämättömän radan runkomelutasot kunkin rakennuksen kohdalle ja arvioimalla rakennuksen perustamistavasta ja mahdollisista kellari- tai pohjakerroksista aiheutuvan vaimennuksen vaikutukset.

Radan eristystarve mitoitettiin tämän jälkeen raide- ja ratasegmenttikohtaisesti niin, että kaikkien altistuvien kohteiden runkomelutasot saatiin tavoitearvojen alapuolelle. Myöhemmin rakennettaviksi osoitetuilla alueilla mitoituksen lähtökohdaksi otettiin, että run-

komelu ei ylitä asuin- tai toimistotilojen suositusarvoja olettaen, että rakennusten perustukset viedään kallioon asti. Eristysten sijoittelua ja eristysluokkien mitoitusta optimoitiin tässä yhteydessä useaan kertaan laskennallisesti.

Kuvassa 3 on esimerkki torjuntamitoituksen myötä lasketusta runkomelukartasta.



Kuva 3. Esimerkki samalle rataosuudelle mitoitetuista eristyksistä. Asuinrakennusten 30 dB runkomelualue yltää kallion pintaan nyt vain pienellä alueella kuvan vasemmassa laidassa.

## 5 ERISTYSRATKAISUT

Länsimetron ratalinjaus eristetään lähes kauttaaltaan lukuun ottamatta joitakin lyhyitä rataosuuksia, joita lähimmät runkomelulle altistuvat kohteet sijaitsevat niin kaukana, ettei radalta aiheutuvaa runkomelua tarvitse näillä kohdin erikseen torjua. Näitä ovat mm. menenalitukset ja moottoritien välitön lähiympäristö.

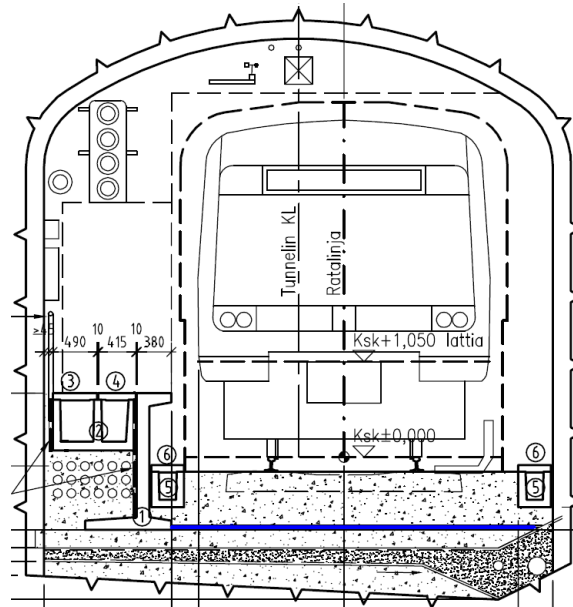
Eristysratkaisuna käytetään ratarakenteisiin sijoitettavia sepelinalusmattoja. Eristysten sijoitusperiaate on esitetty kuvassa 4. Eristykset on mitoituksessa jaettu kolmeen eri vaatimusluokkaan (10 dB, 13 dB ja 16 dB), jotka kuvaavat eristysmateriaalilla saavutettavaa lisäsvaimennusta metroradan ympäristössä esiintyviin runkomelutasoihin.

Länsimetron ratatunneleissa on eristettävää rataa yhteensä yli 26 km. Eristysmateriaalia tarvitaan yli 100 000 m<sup>2</sup>, josta 10 dB luokan eristystä on 87 %, 13 dB eristystä 10 % ja 16 dB eristystä noin 3 %. Eristysten suuren määrän vuoksi niiden materiaalikulustannukset ovat useita miljoonia euroja.

Koska eristystuotteiden eri valmistajien tuotteistaan antamat laskelmat ja testaustulokset ovat varsin vaihtelevia ja keskenään vaikeasti vertailtavia, Länsimetron eristeiden staattisille ja dynaamisille värähtelytekniisille ominaisuuksille muodostettiin eristysluokkakohdittaiset numeeriset vaatimukset, jotka asetettiin osaksi materiaalien teknisiä hankintakriteerejä. Näiden täyttyminen varmistettiin edellyttämällä valmistajat testaamaan tuotteensa kyseiset ominaisuudet standardin DIN 45673-5 [6] mukaisilla testeillä.

Rataan sijoitettavien runkomelueristeiden hankintakilpailu on käyty alkuvuodesta 2013, ja ensimmäiset eristysasennukset ratatunneleihin tehdään näillä näkymin vuoden 2013 loppuilla.





Kuva 4. Runkomelueristysten periaatteellinen sijoittelu ratarakenteisiin.

## KIITOKSET

Kirjoittajat haluavat kiittää työn tilaajaa Länsimetro Oy:tä sekä Sweco PM:n organisaatiota pitkäkestoisesta ja erittäin mielenkiintoisesta projektista, joka on mahdollistanut monipuolisen tutkimustyön tekemisen raideliikenteen runkomelun ja tärinän arvioinnissa. Työ jatkuu edelleen ainakin Länsimetron käyttöönottoon asti loppuvuodesta 2015.

## VIITTEET

- [1] PELTONEN T., MARKULA T., BACKHOLM M., Metroliikenteen ja herkkien tutkimuslaitteiden tärinäselvitys. *Akustiikkapäivät 2011*, 11.-12.5.2011, Tampere.
- [2] PELTONEN T. & BACKHOLM M., Raideliikenteen runkomelun mallintaminen ja arviointi. *Akustiikkapäivät 2009*, 14.-15.5.2009, Vaasa.
- [3] PELTONEN T., BACKHOLM M. & LAHTI T., Raideliikenteen melu- ja tärinätkimuksia. *Akustiikkapäivät 2005*, 26.-27.9.2005, Kuopio.
- [4] TALJA A. & SAARINEN A., Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. Esiselvitys. VTT Tiedotteita 2468, Espoo 2009.
- [5] PELTONEN T. et al., Länsimetro, Runkomeluselvitys rataosuudelle Ruoholahti-Matinkylä. Raportti AKUKON 093078-27. Akukon Oy, 30.3.2012.
- [6] DIN 45673-5:2010. Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – Teil 5: Labor-Prüfverfahren für Unterschottermatten. (Mechanical vibration - Resilient elements used in railway tracks - Part 5: Laboratory test procedures for under-ballast mats.).