

Espoonatori

Tärinä- ja runkomeluserveys

1619467.4A

31.8.2022

Alkuperäinen raportti: 14.1.2022
Rev. A: 31.8.2022

Lisätty Espoonatorin länsipuolelle suunniteltujen rakennusten arviointi.
Tarkennettu Espoon kaupunkiratahankkeen ja raitiotien vaikutusten arviointia.

TIIVISTELMÄ

Tässä selvityksessä tutkitaan raideliikenteen aiheuttamia tärinä- ja runkomelutasoja kohteen Espoontori täydennysrakentamisen osalta. Kohde sijaitsee Espoon keskuksessa rautatien varrella. Selvitystä varten on kohteessa toteutettu värähtelymittaukset 12-15.11.2021. Mittaukset suoritettiin olemassa olevien rakennusten alapohjalaattojen ja perustusten päältä.

Kohteessa sovellettavat tärinän ja runkomelun tavoitearvot on esitetty kappaleessa 3.1. Rataosan liikennetiedot sekä alueen maaperä ja kohteen perustamistavat on kuvattu kappaleessa 4. Käytetty mittausmenetelmä perustuu VTT:n ohjeistuksiin ja on kuvattu tarkemmin kappaleessa 5. Mittaustulosten perusteella on suoritettu laskennallinen arvio kohteessa saavutettavista tärinä- ja runkomelutasoista kappaleessa 6 esitettyjen arviointimenetelmien mukaisesti.

Kappaleessa 7 on esitetty tulokset tärinän ja runkomelun osalta sekä liitteessä 1 tulokset laskettuna 15 junaohituksen perusteella. Tulosten perusteella kohteeseen suunnitella olevissa rakennuksissa tärinä- ja runkomelutasot täyttävät nykytilanteessa liikennöivien junien suhteen asuin- ja liiketiloilta vaaditut ohjearvot. Ennustetilanteessa Espoon kaupunkiradan liikennöinti-tietojen mukaan laskennallisesti arvioituna tärinätasot täyttävät tarkastelluissa kortteleissa tavoitearvot. Ennustetilanteessa kaupunkiradan liikennöinti-tietojen mukaan arvioituna on mahdollista, että raideliikenteen runkomelutasot ylittävät tarkastelluissa kortteleissa sovellettavat runkomelun tavoitearvot. Näin ollen kohteen jatkosuunnittelussa sekä kaavamääräyksissä tulee edellyttää, että rakennusten suunnittelu toteutetaan siten, että runkomelun tavoitetasot alitetaan myös radan ennustetilanteen mukaisella liikennöinnillä. Mahdolliset runkomeluntorjunnan toimenpiteet tulee yhteensovittaa Espoon kaupunkiradan suunnittelun kanssa. Runkomeluntorjunta voidaan toteuttaa rakennusten perustuksiin asennettavilla eristimillä. Vaihtoehtoisesti runkomeluneristys voidaan toteuttaa rautatien ratarakenteessa.

Mittaustuloksista lasketut arviot tärinä- ja runkomelutasoista perustuvat mittausajankohdan olosuhteisiin ja liikennöintiin. Mikäli esimerkiksi liikennöivässä kalustossa, radan kunnossa, ratarakenteessa, maaperässä tai rakennusten perustamistavassa tapahtuu muutoksia, niiden vaikutukset tärinä- ja runkomelutasoihin tulee tarkistaa.

Espoossa 31.8.2022

A-INSINÖÖRIT SUUNNITTELU OY



Arttu Yli-Pietilä
akustiikkasuunnittelija



Tero Jalkanen
projektipäällikkö



Timo Huhtala
suunnittelujohtaja

Espoonatori

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
1 JOHDANTO	4
1.1 Tilaaaja	4
1.2 Tekijät	4
1.3 Kohde ja selvityksen tarkoitus	4
1.4 Käytetyt merkinnät ja lyhenteet	4
2 TÄRINÄN JA RUNKOMELUN LEVIÄMINEN MAA- JA KALLIOPERÄSSÄ	5
3 TÄRINÄÄ JA RUNKOMELUA KOSKEVAT OHJEARVOT	5
3.1 Kohteessa sovellettavat vaatimukset	7
4 LÄHTÖTIEDOT	7
4.1 Kohde	7
4.2 Maaperä sekä radan ja rakennusten perustamistapa	8
4.3 Rata ja liikennöinti	8
5 MITTAUKSET	9
6 ARVIOINTIMENTELMÄT	11
6.1 Tärinä	11
6.2 Runkomelu	12
7 TULOKSET JA PÄÄTELMÄT	12
7.1 Tärinä	12
7.2 Runkomelu	13
LIITTEET	14
LÄHTEET	15

1 JOHDANTO

1.1 Tilaaja

Kiinteistö Oy Espoon Asemakuja 2 c/o Cromwell Finland Oy

Eino Hankela p. 040 588 5681
e.hankela@cromwellpropertygroup.fi

1.2 Tekijät

A-Insinöörit Suunnittelu Oy
 Bertel Jungin aukio 9, 02600 Espoo
 puh. 0207 911 888, fax. 0207 911 778

DI Arttu Yli-Pietilä p. 040 575 5668
arttu.yli-pietila@ains.fi

Ins AMK Tero Jalkanen p. 050 320 6777
tero.jalkanen@ains.fi

DI Timo Huhtala p. 040 643 3762
timo.huhtala@ains.fi

1.3 Kohde ja selvityksen tarkoitus

Rakennuskohde: Espoontori
 Osoite: Kamreerintie 3
 02770 Espoo

Tehtävä: Tärinä- ja runkomeluselvitys

Tässä selvityksessä arvioidaan raideliikenteen tuottamia tärinä- ja runkomelutasoja kohteessa Espoontori. Selvitys perustuu suunnittelualueella 12-15.11.2021 tehtyihin värähtelymittauksiin. Arviointi perustuu VTT:n ohjeessa *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa* esitettyyn arviointitasoon 2 [1].

1.4 Käytetyt merkinnät ja lyhenteet

Akustisista mitta- ja tunnusluvuista käytetään taulukon 1.1 mukaisia merkintöjä.

Taulukko 1.1. Akustiset mitta- ja tunnusluvut.

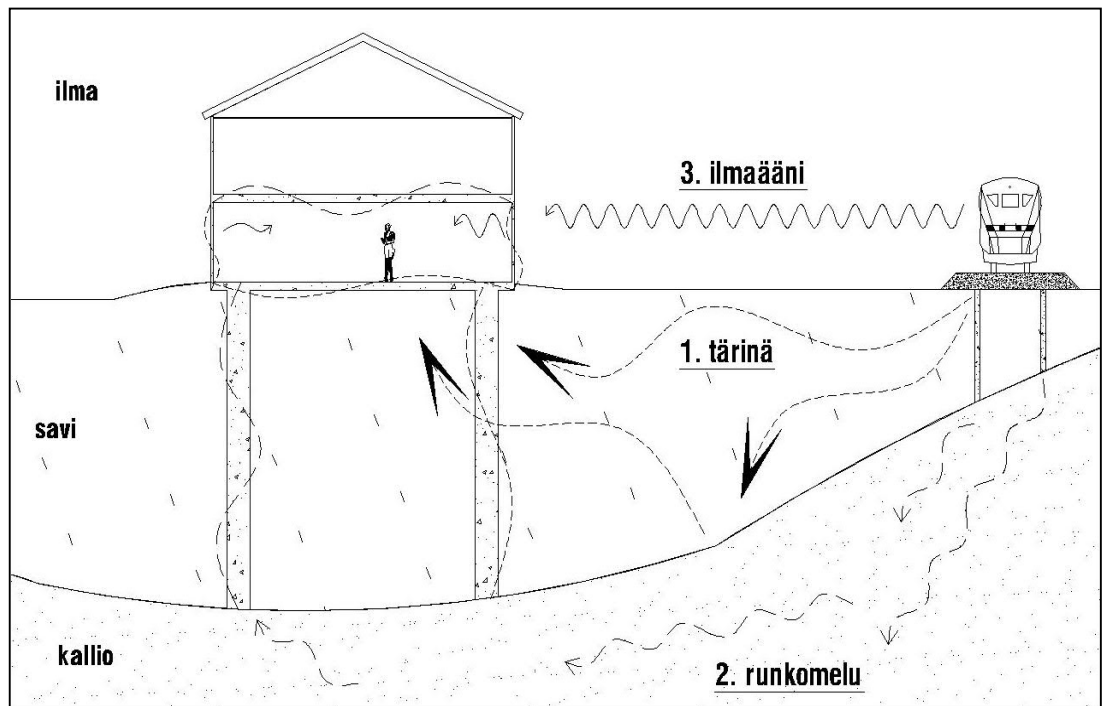
Merkintä	Selitys
$V_{w,95}$	Ohjearvoon verrannollinen värähtelyn tilastollinen enimmäisarvo [mm/s]
$V_{w,RMS, max}$	taajuuspainotetun (ISO 2631-2) värähtelysignaalin tehollisarvon enimmäisarvo [mm/s]
L_{prm}	Ohjearvoon verrannollinen runkomelun laskentasuure [dB]
L_v	Mitattu maaperän värähtelyn nopeustaso (värähtelytaso) [dB]
L_{vASmax}	A-painotetun värähtelyn enimmäistaso [dB]

2 TÄRINÄN JA RUNKOMELUN LEVIÄMINEN MAA- JA KALLIOPERÄSSÄ

Raideliikenteen maaperään aiheuttama värähtely ilmenee pehmeiden maalajien alueilla rakenteiden liikkeenä, jonka ihminen aistii tuntoaistinsa välityksellä värähtelyä (kuva 2.1). Värähtelyn kannalta ongelmallisimpia ovat yleensä raskaimmat tavarajunat. Kovilla maalajeilla maaperän värähtelysisältö on suurempitaajuisista ja amplitudiltaan pienempää, jolloin värähtelyä ei yleensä ylitä ihmisen havaintokynnystä.

Rakenteiden värähtely saattaa ilmetä rakennuksissa runkoääninä silloin, kun maalaji on kova. Runkoäänen ihminen aistii kuuloaistinsa välityksellä pienitaajuisena meluna. Runkomelu leviää tehokkaimmin ratarakenteesta ympäristöön kalliota pitkin. Mikäli ratarakenne sekä rakennukset on paalutuksin tuettu kallioperään, runkomelua voi ilmetä myös pehmeiden maalajien alueilla. Hyvin lyhyillä etäisyyksillä sekä värähtelyä että runkomelua voivat olla häiritseviä.

Maaperän lisäksi värähtely- ja runkomelutasoihin voivat paikallisesti vaikuttaa huomattavasti ratarakenteen mahdolliset kaarteet, kallistukset sekä epäjatkuvuuskohdat kuten esimerkiksi vaihteet tai tukirakenteen muutokset siltojen ja alikäytävien yhteydessä.



Kuva 2.1. Periaatekuva raideliikenteen aiheuttaman värähtelyn ja runkomelun etenemisestä eri maalajeissa.

3 TÄRINÄÄ JA RUNKOMELUA KOSKEVAT OHJEARVOT

Rakennusten ääniympäristöä koskevassa asetuksessa [2] todetaan, että rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon rakennuspaikan melu- ja värähtelyolosuhteet. Rakennuksen ääniympäristöä koskeva olennainen tekninen vaatimus täyttyy, jos rakennuksen melu- ja värähtelytorjunta sekä ääniolosuhteet suunnitellaan ja toteutetaan tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen asetuksen mukaisesti.

Asetuksen sovellusohjeessa [3] on annettu asuntojen, majoitus- ja potilashuoneiden osalta tärinän $v_{w,95}$ ohjearvoksi enintään 0,30 mm/s, joka vastaa VTT:n luokituksessa [4] luokkaa C. Rakennusten tärinäluokittelun raja-arvot sekä kuvaukset häiritsevyydestä on esitetty taulukossa 3.1. Tunnusluku $v_{w,95}$ on määritelty tilastollisesti siten, että satunnaisesti ohi ajavan junan aiheuttama värähtely ei ylitä ylärajaa 95 % todennäköisyydellä.

Taulukko 3.1. VTT:n tärinäluokitus sekä kuvaus olosuhteista [4].

Värähtelyluokka	Kuvaus olosuhteista	$v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet. <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse tärinää.</i>	≤ 0,10
B	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet. <i>Ihmiset voivat havaita tärinän, mutta se ei ole yleensä häiritsevää.</i>	≤ 0,15
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää tärinää häiritseväenä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	≤ 0,30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää tärinää häiritseväenä ja voi valittaa häiriöstä.</i>	≤ 0,60

Luokka C edustaa vähimmäistasoa, johon tulee pyrkiä uusien rakennusten ja alueiden suunnittelussa. Yksittäiset olemassa olevien väylien varrella sijaitsevat uudisrakennukset tai väylän vähäiset muutokset arvioidaan kuitenkin luokan D mukaan [4]

Runkomelun osalta ääniympäristöasetuksen sovellusohjeessa [3] annetaan ohjearvoksi L_{prm} maaperäisen runkomelutason osalta 30 dB ja avoradoilla 35 dB. VTT:n vuonna 2009 julkaisemassa esiselvityksessä *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* [5] on esitetty taulukon 3.2 mukaiset suositukset runkomelun ohjearvoiksi. Tunnusluku L_{prm} on määritelty tilastollisesti siten, että 95 % mittaustuloksista alittaa kyseisen arvon.

Taulukko 3.2. VTT:n suositukset runkomelutasojen ohjearvoiksi [5].

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"> • luokahuoneet, 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 asemakaavassa on annettu määräys rakennuksen ulkovaipan äänenistävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason vaativampaa raja-arvoa.

3.1 Kohteessa sovellettavat vaatimukset

Tärinän ja runkomelun osalta sovelletaan ääniympäristöasetuksen sovellusohjeen mukaisia ohjearvoja. Tärinän tunnusluku $v_{w,95}$ saa olla enintään

- 0,30 mm/s (luokka C) asuinhuoneistoissa
- 0,60 mm/s (luokka D) toimistoissa ja liiketiloissa sekä muissa tiloissa, joissa ihmiset ovat liikkeessä

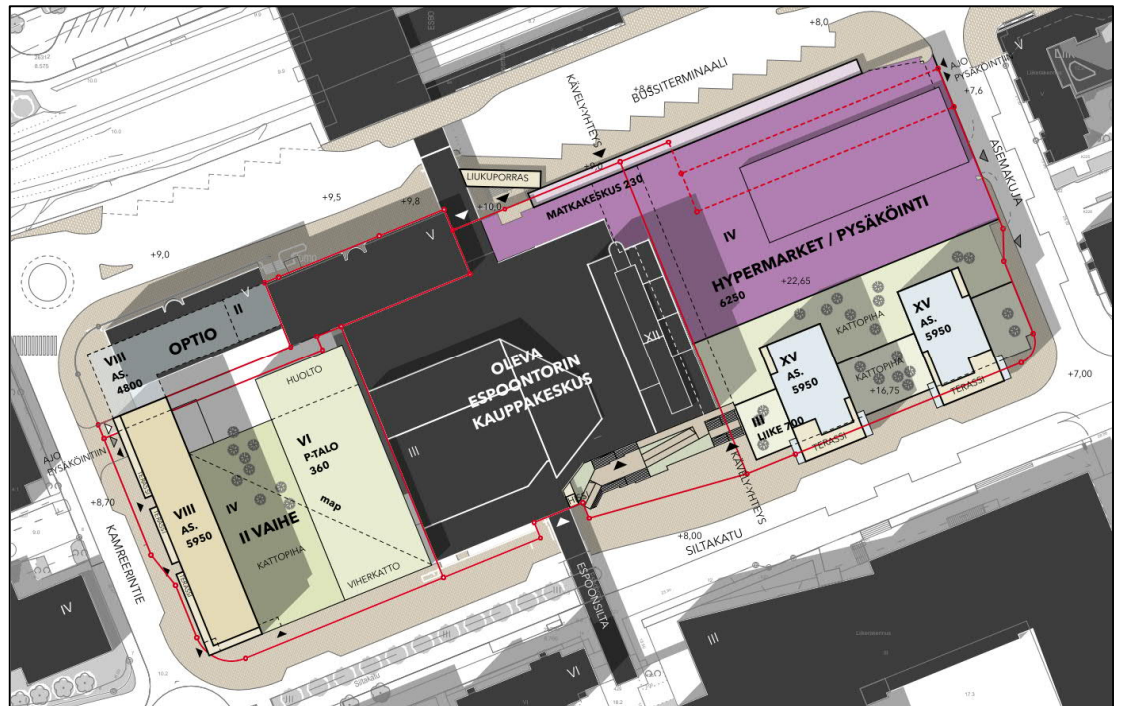
Kohteen meluselvityksessä (AINS 1619467.3 Espoontori, liikennemeluselvitys, 14.1.2022) on esitetty rakennusten julkisivuille ulkovaipan ääneneristävyysvaatimuksia. Näin ollen runkomelun osalta ohjearvona on tunnusluku $L_{p_{rm}}$ enintään

- 30 dB asuinhuoneistoissa
- 40 dB liiketiloissa

4 LÄHTÖTIEDOT

4.1 Kohde

Tarkasteltavat suunnitteilla olevat kohteet sijaitsevat nykyisen Espoontorin kauppakeskuksen itä- ja länsipuolilla Kamreerintien, Siltakadun sekä Asemakujan rajaamalla alueella. Pohjoisessa tarkastelualue rajoittuu Espoon rautatieasemaan. Nykyisen Espoontorin kauppakeskuksen itäpuolelle on suunnitteilla hypermarket-ruokakauppa, jonka alle tulee kolme pysäköintikerrosta. Hypermarketin päälle Siltakadun puolelle on suunnitteilla 15-kerroksiset asuintalot. Nykyisen Espoontorin kauppakeskuksen länsipuolelle on suunnitteilla Kamreerintien suuntaisesti 8-kerroksinen asuintalo. Lisäksi länsipuolen asuinkortteliin on suunnitteilla pysäköintihalli. Kuvassa 4.1 on esitetty suunnitteilla olevat rakennukset Espoontorin kauppakeskuksen vieressä. Kuvassa 4.1 esitettyä Espoontorin kauppakeskuksen länsipuolelle sijoittuva Optio-rakennus on jätetty tämän hetkisen tiedon mukaan pois suunnitelmasta, joten sitä ei ole tässä tarkastelussa tarkemmin arvioitu (L-arkkitehdit, 1575 Espoontori, Alustava, 11.08.2022).



Kuva 4.1. Espoontorin täydennysrakentaminen (L-arkkitehdit, 1575 Espoontori, Alustava, 11.08.2022).

4.2 Maaperä sekä radan ja rakennusten perustamistapa

Kohteen rakennettavuus selvityksen (A-Insinöörit Civil Oy, Espoontorin kauppakeskus, Rakennettavuus selvitys, Työnro 210087, 3.12.2021, alustava) mukaan Espoontorin itäpuolisen korttelin alueella maaperä koostuu n. 1...1,5 m pintarakennekerroksesta, jonka alapuolella on n. 8...12 m paksuinen savikerros. Savikerroksen alla on ohut siiltinen kerros, jonka alla on paksu löyhä hiekka kerros. Kalliota peittää tiivis moreenikerros. Kallionpinta on pohjatutkimuksessa varmistettu porakonekairauksin tasojen -7,10...-23,16 välillä. Rakennettavuus selvityksen mukaan rakennuksen runko ehdotetaan perustettavaksi tukipaalujen välityksellä kantavan pohjan tai kallion varaan.

Espoontorin kauppakeskuksen länsipuolen korttelin alueelta ei ollut pohjatutkimustietoja käytävissä tätä selvitystä laadittaessa. GTK:n maankamara palvelun perusteella maaperä on alueella savea ja hiesua (<https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>). Nykyisen Espoontorin kauppakeskuksen länsipuolella sijaitseva pysäköintitalo on perustettu vanhojen rakennepiirustusten perusteella paalujen varaan.

Rautatien pohjanvahvistussuunnitelman (Proxion Oy, 12.7.2022) perusteella nykyiset raiteet on perustettu pilaristabiloinnille tarkasteltujen korttelien alueella.

4.3 Rata ja liikennöinti

Kohteen suunnitteluala sijaitsee rantaradan Espoon rautatieaseman eteläpuolella. Rataosuu- della liikennöi henkilökaukoliikenteen sekä lähijunaliikenteen kalustoa. Kaikki nykyisellä rata- osuudella liikennöivät lähijunat pysähtyvät Espoon aseman kohdalla, jolloin niiden aiheuttamat värähtelytasot eivät ole niin merkittäviä kuin aseman ohiajajien kaukoliikenteen junien aiheut-

tamat värähtelytasot. Tässä selvityksessä tarkasteltujen Espoon aseman ohittavien kaukojunien ajonopeudet vaihtelivat avoimen junaliikenteen havaintojärjestelmän perusteella 60...120 km/h välillä.

Espoon kaupunkiratahanke

Espoon kaupunkiratahankkeen myötä Espoontorin kohdalla kaksi eteläisintä raidetta tulevat olemaan tiheään lähijunaliikenteen käytössä ja kaksi pohjoisempaa raidetta tulevat olemaan kaukojunaliikenteen sekä nopeamman lähijunaliikenteen käytössä.

Espoon kaupunkiratahankkeen suunnitteluperusteiden mukaan kahdella eteläisemmällä raiteella lähijunaliikenteen mitoitusajonopeus on Espoontorin kohdalla 100 km/h. Kaukoliikenne-raitteilla mitoitusajonopeus on Espoontorin kohdalla 130 km/h. Lisäksi kaukoliikenne-raitteilla vaarudutaan suunnitteluperusteiden mukaan kallistuvakorisen kaluston ja raidegeometrian mahdollistamalle ajonopeudelle 160 km/h.

Tässä raportissa Espoon kaupunkiratahankkeen vaikutuksia on arvioitu mittaustulosten perusteella laskennallisilla korjauksilla ennustetilanteen ajonopeudet huomioiden. Laskennallisissa korjauksissa kahdella eteläisimmällä raiteella liikennöivänä junatyypinä on käytetty lähijunaa Sm5, jonka painona on tarkastelussa käytetty kolmen junayksikön maksimipainoa matkustajien kanssa: $3 \times 195\,080\text{ kg} = 586\text{ t}$ (Pääkaupunkiseudun Junakalusto Oy, 20.1.2022). Kahdella pohjoisemmalla raiteella liikennöivänä junakalustona on käytetty IC2-junaa, jonka painona on käytetty raskaimman radalla vuonna 2021 liikennöineen henkilöjunan painoa 658 t (Väylävirasto, 8.7.2022).

Espoon keskuksen raitiotie

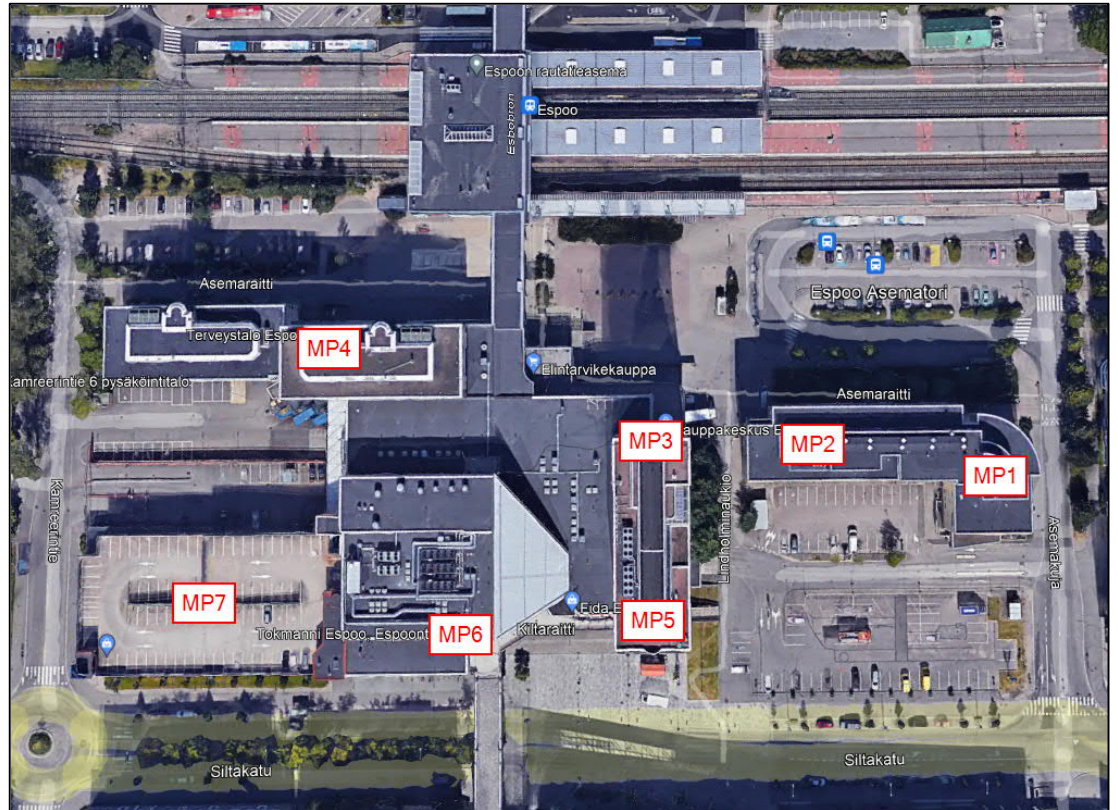
Espoon keskuksen itäpuolelle on suunnitteilla raitiotielinjaus Sunantien ja Siltakadun kautta Espoon keskuksen asematoria kohti. Raitiotien päätepysäkki sijaitsee tämänhetkisen tiedon mukaan Asemakujan itäpuolella, joten tässä raportissa tarkastellut korttelit eivät sijoitu raitiotien välittömään läheisyyteen. Raitiotien sijoituessa olemassa olevien rakennusten läheisyyteen, on suositeltavaa, että mahdollinen runkomeluneristys toteutetaan raitiotien ratarakenteessa.

5 MITTAUKSET

Mittaukset suoritettiin VTT:n suositusten mukaisesti [4], [5], sillä erotuksella, että mittausajanjaksena käytettiin kahta arkipäivää ja viikonloppua. Tutkimusten [6] perusteella lyhyemmältä mittausjaksolta saatavat tulokset ovat luotettavia, jos liikennöinti toistuu samanlaisena päivittäin ja mittausjakson ajankohta ja pituus valitaan huolellisesti suhteessa rataosalla liikennöivään kalustoon. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mittausjaksoon sisältyvät kaikki erilaiset junatyypit sekä riittävä määrä ennalta merkitsevimmiksi arvioituja junatyyppejä.

Mittaukset suoritettiin Syscom:in itsenäisillä mittausyksiköillä MR3000. Värähtelyä mitattiin pystysuuntaan sekä molempiin vaakasuuntiin, joista toinen sijoitettiin radan suuntaisesti ja toinen rataa vasten kohtisuoraan. Mittauspisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 5.1. Mittaukset suoritettiin perjantaina 12.11.2021 sekä maanantaina 15.11.2021 miehitettyinä ja viikonlopun (13-14.11.2021) yli mittaukset suoritettiin automaattisesti ei-miehitettyinä.

Kuvassa 5.1 on esitetty mittarien sijainnit. Mittarit MP1...MP6 sijoitettiin olemassa olevien kiinteistöjen alimmille lattiatasoisille. Olemassa olevat kiinteistöt on perustettu paaluvaraan vanhojen rakennesuunnitelmien mukaan. Mittarit MP1 ja MP2 sijoitettiin Asemakuja 2 toimistorakennuksen 1. kerroksen (katutaso) lattialle seinien viereen. Mittarit MP3...MP6 sijoitettiin Espoontorin liikekeskuksen kellaritilojen alapohjan betonilaatalle seinien viereen. Mittari MP7 sijoitettiin paaluille perustetun pysäköintilaitoksen ryömintätilaan betonisen pilarianturan päälle.



Kuva 5.1. Mittauspisteiden sijainnit. Kaikissa mittauspisteissä mitattiin värähtelyä kolmeen suuntaan.



Kuva 5.2. Värähtelymittarin asennus. Mittarit asennettiin päistään pyörästettyjen kierretankojen varaan.

6 ARVIOINTIMENTELMÄT

6.1 Tärinä

Mitatuille nopeussignaaleille tehtiin taajuuspainotus sekä laskettiin tehollisarvon huippuarvot VTT:n suosituksen mukaisesti [4]. Huippuarvojen osalta valittiin 15 mittausta, joiden perusteella määritettiin tilastolliset tärinän tunnusluvut $v_{w,95}$ alapohjalaatassa seinien vieressä (MP1...MP4) sekä perustuksessa (MP7).

Tärinä voi voimistua rakennuksen rungossa ja lattioissa resonanssin seurauksena. Resonanssin toteutuminen edellyttää, että herätetaajuus osuu rakenteen ominaistajuudelle, jolloin rakenne värähtelee voimakkaasti. Edellä kuvattu ilmiö ovat voimakkaasti taajuudesta riippuvainen. Alapohjasta ja perustuksesta mitatuista tärinätasoista laskettiin rakennuksissa saavutettavat tärinätasot ottaen huomioon tärinän voimistuminen edettäessä rakennuksen runkoon ja lattioihin. Arviointi tehtiin VTT:n ohjeen *Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi* mukaisesti [8].

Tärinän voimistumista rakennuksen rungossa ja lattioissa arviointiin ns. yleisen voimistumisen sekä resonanssitarkastelun mukaisesti. Resonanssitarkastelu perustuu pahimpaan mahdolliseen tilanteeseen, jolloin rungon tai lattioiden ominaistajuus voimistaa tärinää.

6.2 Runkomelu

Mitatuista nopeustasoista laskettiin A-painotetut runkomelutasot VTT:n ohjeen *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* mukaisesti [5]. Laskennassa otettiin huomioon rakennustyyppi, rakennusten perustamistapa, resonanssin vaikutus sekä turvamarginaali. Turvamarginaalina käytettiin ehdotetun 6 dB sijaan 3 dB, koska mittaustulokseen sisältyy jo suuri osa laskentamenetelmän muuttujista. 15 raideliikenteen värähtelyä edustavaksi arvioidun junan ohituksen osalta laskettiin runkomelun tilastollinen tunnusluku L_{prm} .

7 TULOKSET JA PÄÄTELMÄT

Yleisesti ottaen kohteessa mitatut värähtelytasot olivat alhaisia ja näin ollen junien ohiajojen aiheuttamat värähtelytasot eivät erottuneet selvästi värähtelyn taustatasosta. Mitatuista junien ohiajoista valittiin laskennalliseen tarkasteluun junan ohituksia sellaisilla ajanhetkillä, jolloin värähtelyn taustatason tai muun kiinteistön käytöstä sekä muusta liikenteestä aiheutuneiden häiriöiden vaikutus olisi mittaustuloksille mahdollisimman vähäinen. Mittarien MP5 ja MP6 tuloksista ei pystytty luotettavasti havaitsemaan junien ohiajojen aiheuttamaa värähtelyä, joten näiden mittarien osalta mittaustulokset hylättiin.

7.1 Tärinä

Mittaustulosten perusteella lasketut tärinätasot alapohjalaatassa seinien vierellä sekä p-talon perustuksessa on esitetty taulukossa 7.1. Liitteessä 1 on esitetty 15 raideliikenteen värähtelyä edustavaksi arvioidun junan ohiajon osalta lasketut tärinätasot. Mittaustuloksissa oli havaittavissa myös muusta kuin raideliikenteestä aiheutuvaa värähtelyä.

Taulukko 7.1. Tärinän tunnusluvut mittauspisteittäin alapohjassa ja perustuksessa.

Mittauspiste	Tärinän tunnusluku alapohjalaatassa $v_{w,95,ap}$ [mm/s]		
	Radansuuntaisesti	Rataa vasten kohtisuoraan	Pystysuuntaan
MP1	0,01	0,01	0,01
MP2	0,01	0,01	0,01
MP3	0,01	0,01	0,01
MP4	0,01	0,01	0,01
MP7	0,02	0,01	0,01

Rakennuksessa resonanssitarkastelun sekä yleisen voimistumisen perusteella arvioidut tärinätunnusluvut on esitetty taulukossa 7.2.

Taulukko 7.2. Tärinän tunnusluvut rakennuksessa mittauspisteittäin.

Mittauspiste	Tärinän tunnusluku rakennuksessa		
	$v_{w,95,runko}$ [mm/s]		$v_{w,95,lattia}$ [mm/s]
	Radansuuntaisesti	Rataa vasten kohtisuoraan	Pystysuuntaan
MP1	0,02	0,02	0,05
MP2	0,01	0,02	0,04
MP3	0,01	0,02	0,05
MP4	0,01	0,02	0,03
MP7	0,05	0,03	0,02

Rakennuksen rungon sekä lattioiden osalta korkein tärinätaaso on mittaustulosten perusteella 0,05 mm/s. Näin ollen mitatut rakennukset sijoittuvat tärinäluokkaan A. Suunnitellut uudet rakennukset sijoittuvat arkkitehtisuunnitelmien mukaisesti Espoontorin nykyisen kauppakeskuk- sen itäpuolella Siltakadun varteen, jolloin etäisyys rautatiehen on suurempi kuin mittareissa MP1...MP4. Näin ollen itäpuolen uusien rakennusten osalta raideliikenteen aiheuttamat tärinätaasot alittavat luokan C (0,30 mm/s) vaatimuksen. Espoontorin nykyisen kauppakeskuk- sen länsipuolelle suunnitellut asuinrakennukset sijaitsevat alustavien arkkitehtisuunnitelmien mu- kaan lähimmillään n. 80 m etäisyydellä kaukoliikenteen junaraiteesta. Mittauspiste MP4 sijaitsi n. 57 m etäisyydellä kaukoliikenteen junaraiteesta. Korkein rakennuksessa arvioitu tärinätaaso on mittarin MP4 tulosten perusteella 0,03 mm/s. Näin ollen Espoontorin länsipuolelle sunni- teltujen asuinrakennusten osalta raideliikenteen aiheuttamat tärinätaasot alittavat luokan C (0,30 mm/s) vaatimuksen.

Rautatiestä kauimmas sijoittuvassa mittauspisteessä MP7 havaittiin radansuuntaisesti ja rataa vasten kohtisuorissa suunnissa voimakkaampia tärinätaasoja kuin rataa lähemmissä mittaus- pisteissä. Mittarin MP7 voimakkaammat vaakasuuntaiset tärinätaasot ovat oletettavasti aiheu- tuneet muusta kuin raideliikenteestä. Kuitenkin myös mittauspisteen MP7 häiriöitä sisältävät tulokset täyttävät tärinäluokan C (0,30 mm/s) vaatimuksen selvästi.

Espoon kaupunkiratahanke

Mitatuille tärinätaasoille tehtiin VTT:n laskentamallin [1] mukaisesti laskennallinen korjaus ottaen huomioon tulevaisuudessa kaupunkiradalla liikennöivän lähi- ja kaukoliikenteen kaluston kap- paleessa 4.3 esitetyt kaupunkiradan suunnitteluperusteiden mukaiset nykytilanteessa liiken- nöivästä kalustosta poikkeavat tiedot. Laskennallisesti korjattujen mittaustulosten perusteella Espoon kaupunkiradan liikennöinnin seurauksena tärinätaasot täyttävät kappaleessa 3.1 esite- tyt vaatimukset nykyisen Espoontorin kauppakeskuk- sen itä- ja länsipuolelle suunnitteilla ole- vissa uudisrakennusten kortteleissa. Näin ollen korttelien jatkosuunnittelussa ei ole tarpeen ottaa huomioon tärinätorjunnantoimenpiteitä.

7.2 Runkomelu

Taulukossa 7.3 on esitetty arvioidut runkomelutasot mittauspisteittäin viiden alimman kerrok- sen osalta. Liitteessä 1 on esitetty 15 raideliikenteen värähtelyä edustavaksi arvioidun junan ohituksen ajalta arvioidut runkomelun enimmäistasot alimmassa kerroksessa.

Taulukko 7.3. Runkomelun tunnusluvut L_{prm} mittauspisteittäin eri kerroksissa.

Mittaus- piste	Mittaussuunta	Runkomelun tilastollinen tunnusluku L_{prm} [dB(A)]				
		alin krs	+1. krs	+2. krs	+3. krs	+4. krs
MP1	radansuuntaisesti	<30	<30	<30	<30	<30
	rataa vasten kohtisuoraan	31	<30	<30	<30	<30
	pystysuuntaan	<30	<30	<30	<30	<30
MP2	radansuuntaisesti	32	<30	<30	<30	<30
	rataa vasten kohtisuoraan	34	32	30	<30	<30
	pystysuuntaan	32	30	<30	<30	<30
MP3	radansuuntaisesti	<30	<30	<30	<30	<30

	rataa vasten kohtisuoraan	<30	<30	<30	<30	<30
	pystysuuntaan	<30	<30	<30	<30	<30
MP4	radansuuntaisesti	<30	<30	<30	<30	<30
	rataa vasten kohtisuoraan	<30	<30	<30	<30	<30
	pystysuuntaan	32	<30	<30	<30	<30
MP7	radansuuntaisesti	<30	<30	<30	<30	<30
	rataa vasten kohtisuoraan	<30	<30	<30	<30	<30
	pystysuuntaan	<30	<30	<30	<30	<30

Alustavien arkkitehtisuunnitelmien mukaan Espoontorin nykyisen kauppakeskuksen itäpuolelle suunnitteilla olevissa rakennuksissa alimmat asunnot sijaitsevat Siltakadun puolella alin + 1 krs kerroskorkeudella. Kaikkien muiden mittauspisteiden paitsi MP2 osalta alin + 1 krs kerroskorkeudella arvioidut runkomelutasot täyttävät asuntojen vaatimusarvon $L_{prm} = 30$ dB. Rataa lähimmät suunnitellut rakennukset sijaitsevat Espoontorin itäpuolen korttelissa n. 34 m kauempana radasta kuin mittauspiste MP2. VTT:n laskentamallin [5] mukaisesti etäisyyskorjaus huomioiden myös MP2 mittauspisteen tulosten perusteella arvioidut runkomelutasot täyttävät vaatimusarvon $L_{prm} = 30$ dB rataa lähimmissä Espoontorin itäpuolisissa asunnoissa. Arkkitehtisuunnitelmien mukaisesti alimmat liiketilat sijaitsevat suunnitteilla olevissa Espoontorin itäpuolen rakennuksissa alimmassa kerroksessa. Kaikissa mittauspisteissä alimman kerroksen osalta mittaustulokset alittavat liiketilojen runkomelun vaatimusarvon $L_{prm} = 40$ dB.

Alustavien arkkitehtisuunnitelmien mukaan Espoontorin nykyisen kauppakeskuksen länsipuolelle suunnitteilla olevissa rakennuksissa alimmat asunnot sijaitsevat alin + 1 krs kerroskorkeudella. Espoontorin länsipuolelle sijoittuvien mittauspisteiden osalta alin + 1 krs kerroskorkeudella arvioidut runkomelutasot täyttävät asuintilojen runkomelun vaatimusarvon $L_{prm} = 30$ dB. Alustavien arkkitehtisuunnitelmien mukaan länsipuolen korttelissa alimmat liiketilat sijaitsevat alin + 1 krs kerroskorkeudella. Näin ollen länsipuolen liiketilojen osalta mittaustulokset alittavat liiketilojen runkomelun vaatimusarvon $L_{prm} = 40$ dB.

Espoon kaupunkiratahanke

Mitatuille runkomelutasoille tehtiin VTT:n laskentamallin [5] mukaisesti laskennallinen korjaus ottaen huomioon tulevaisuudessa kaupunkiradalla liikennöivän lähi- ja kaukoliikenteen kaluston kappaleessa 4.3 esitetyt kaupunkiradan suunnitteluperusteiden mukaiset nykytilanteessa liikennöivästä kalustosta poikkeavat tiedot. Laskennallisesti korjattujen mittaustulosten perusteella Espoon kaupunkiradan ennustetilanteen liikennöinnin seurauksena runkomelutasot voivat ylittää kappaleessa 3.1 esitetyt vaatimustasot nykyisen Espoontorin kauppakeskuksen korttelissa sekä sen itä- ja länsipuolelle suunnitteilla olevissa kortteleissa. Näin ollen korttelien jatkosuunnittelussa ja kaavamääräyksissä on syytä edellyttää rakennusten toteuttaminen siten, että runkomelun vaatimusarvot täyttyvät myös kaupunkiradan ennustetilanteessa. Runkomeluntorjunnan ratkaisut tulee yhteensovittaa Espoon kaupunkiradan suunnittelun kanssa. Runkomeluntorjunta on mahdollista toteuttaa myös rautatien ratarakenteessa.

LIITTEET

1. Mittaustulokset mittauspisteittäin (10 s.)

LÄHTEET

1. Törnqvist, J. ja Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. Espoo, VTT Working papers 50.
2. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä, nro 796/2017.
3. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. 2018. Helsinki, ympäristöministeriö.
4. Talja, A. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamista ja luokituksesta. Espoo, VTT Tiedotteita 2278.
5. Talja, A. ja Saarinen, A. 2009. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. Esiselvitys. Espoo, VTT Tiedotteita 2468.
6. Huhtala, T. 2006. Mittausjakson pituuden vaikutus maaperästä mitatun maaperästä mitatun raideliikenteen värähtelyn asuntoihin aiheuttaman haitan arvioinnissa. Teknillinen korkeakoulu, Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto.

Mittaustulokset, tärinä MP1

Etäisyys raiteen keskilinjasta n. 95 m

Mittaussuunta x (radansuuntaisesti).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
13.11.21 05.38.35	0,007	länsi	HV 10051
12.11.21 22.05.56	0,006	itä	IC972
13.11.21 13.55.50	0,005	länsi	IC955
13.11.21 22.05.58	0,005	itä	IC972
12.11.21 19.55.22	0,005	länsi	IC971
13.11.21 18.19.14	0,005	itä	IC964
13.11.21 19.55.11	0,005	länsi	IC971
12.11.21 23.34.41	0,004	itä	IC980
13.11.21 09.55.34	0,004	länsi	IC947
13.11.21 10.58.39	0,004	länsi	IC949
12.11.21 16.04.56	0,004	itä	S960
13.11.21 08.56.53	0,003	länsi	IC945
14.11.21 08.52.33	0,003	länsi	IC945
13.11.21 19.25.38	0,003	itä	S966
12.11.21 11.55.08	0,003	länsi	S951

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaussuunta y (rataa vasten kohtisuoraan).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
13.11.21 22.05.58	0,012	itä	IC972
12.11.21 19.55.22	0,009	länsi	IC971
13.11.21 05.38.35	0,009	länsi	HV 10051
13.11.21 13.55.50	0,007	länsi	IC955
13.11.21 19.55.11	0,006	länsi	IC971
13.11.21 18.19.14	0,006	itä	IC964
13.11.21 08.56.53	0,005	länsi	IC945
12.11.21 22.05.56	0,005	itä	IC972
13.11.21 19.25.38	0,005	itä	S966
13.11.21 10.58.39	0,005	länsi	IC949
12.11.21 16.04.56	0,005	itä	S960
12.11.21 23.34.41	0,005	itä	IC980
13.11.21 09.55.34	0,005	länsi	IC947
13.11.21 11.55.33	0,004	länsi	S951
14.11.21 08.52.33	0,004	länsi	IC945

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaussuunta z (pystysuunta).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
13.11.21 22.05.58	0,017	itä	IC972
12.11.21 19.55.22	0,016	länsi	IC971
13.11.21 13.55.50	0,006	länsi	IC955
13.11.21 08.56.53	0,005	länsi	IC945
14.11.21 08.52.33	0,005	länsi	IC945
12.11.21 16.04.56	0,004	itä	S960
13.11.21 10.58.39	0,004	länsi	IC949
12.11.21 11.55.08	0,004	länsi	S951
13.11.21 09.55.34	0,003	länsi	IC947
13.11.21 19.55.11	0,003	länsi	IC971
13.11.21 11.55.33	0,003	länsi	S951
13.11.21 19.25.38	0,003	itä	S966
13.11.21 05.38.35	0,002	länsi	HV 10051
13.11.21 18.19.14	0,002	itä	IC964
12.11.21 22.05.56	0,002	itä	IC972

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaustulokset, runkomelu MP1

Etäisyys raiteen keskilinjasta n. 95 m

Liite 1 s.2

Mittaussuunta x (radansuuntaisesti).

aika	L _{pAS,max} [dB(A)]	suunta	junatyyppi
13.11.21 19.25.38	28	itä	S966
13.11.21 19.55.11	27	länsi	IC971
13.11.21 18.19.14	26	itä	IC964
12.11.21 19.55.22	25	länsi	IC971
12.11.21 11.55.08	25	länsi	S951
12.11.21 22.05.56	24	itä	IC972
12.11.21 16.04.56	23	itä	S960
13.11.21 10.58.39	23	länsi	IC949
13.11.21 08.56.53	23	länsi	IC945
12.11.21 23.34.41	22	itä	IC980
13.11.21 09.55.34	22	länsi	IC947
13.11.21 05.38.35	22	länsi	HV 10051
13.11.21 13.55.50	21	länsi	IC955
13.11.21 11.55.33	20	länsi	S951
14.11.21 08.52.33	20	länsi	IC945

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L _{prm} [dB(A)]
alin kerros	<30
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaussuunta y (rataa vasten kohtisuoraan).

aika	L _{pAS,max} [dB(A)]	suunta	junatyyppi
12.11.21 23.34.41	28	itä	IC980
13.11.21 19.25.38	27	itä	S966
12.11.21 16.04.56	25	itä	S960
12.11.21 22.05.56	24	itä	IC972
13.11.21 19.55.11	24	länsi	IC971
13.11.21 18.19.14	24	itä	IC964
12.11.21 19.55.22	22	länsi	IC971
13.11.21 10.58.39	22	länsi	IC949
12.11.21 11.55.08	19	länsi	S951
13.11.21 22.05.58	18	itä	IC972
13.11.21 11.55.33	16	länsi	S951
13.11.21 13.55.50	16	länsi	IC955
13.11.21 08.56.53	16	länsi	IC945
14.11.21 08.52.33	15	länsi	IC945
13.11.21 09.55.34	15	länsi	IC947

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L _{prm} [dB(A)]
alin kerros	31
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaussuunta z (pystysuunta).

aika	L _{pAS,max} [dB(A)]	suunta	junatyyppi
13.11.21 19.25.38	29	itä	S966
13.11.21 18.19.14	24	itä	IC964
12.11.21 19.55.22	23	länsi	IC971
12.11.21 11.55.08	21	länsi	S951
12.11.21 23.34.41	19	itä	IC980
12.11.21 22.05.56	19	itä	IC972
12.11.21 16.04.56	19	itä	S960
13.11.21 19.55.11	19	länsi	IC971
13.11.21 10.58.39	17	länsi	IC949
13.11.21 22.05.58	17	itä	IC972
14.11.21 10.02.33	15	itä	S948
13.11.21 09.55.34	15	länsi	IC947
14.11.21 08.52.33	15	länsi	IC945
13.11.21 11.55.33	15	länsi	S951
13.11.21 08.56.53	15	länsi	IC945

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L _{prm} [dB(A)]
alin kerros	<30
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaustulokset, tärinä MP2

Etäisyys raiteen keskilinjasta n. 86 m

Mittaussuunta x (radansuuntaisesti).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
13.11.21 05.38.36	0,006	länsi	HV 10051
12.11.21 19.55.27	0,006	länsi	IC971
13.11.21 19.55.10	0,005	länsi	IC971
12.11.21 22.05.54	0,005	itä	IC972
13.11.21 22.06.00	0,005	itä	IC972
13.11.21 08.56.58	0,005	länsi	IC945
13.11.21 13.55.52	0,005	länsi	IC955
12.11.21 20.06.06	0,004	itä	IC968
13.11.21 10.58.43	0,004	länsi	IC949
14.11.21 08.52.32	0,004	länsi	IC945
13.11.21 09.55.34	0,004	länsi	IC947
12.11.21 23.34.41	0,004	itä	IC980
13.11.21 11.55.33	0,004	länsi	S951
12.11.21 11.55.08	0,003	länsi	S951
14.11.21 10.02.31	0,003	itä	S948

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaussuunta y (rataa vasten kohtisuoraan).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
13.11.21 05.38.36	0,012	länsi	HV 10051
12.11.21 19.55.27	0,008	länsi	IC971
13.11.21 19.55.10	0,008	länsi	IC971
13.11.21 13.55.52	0,007	länsi	IC955
13.11.21 10.58.43	0,007	länsi	IC949
12.11.21 22.05.54	0,007	itä	IC972
13.11.21 22.06.00	0,006	itä	IC972
12.11.21 20.06.06	0,006	itä	IC968
13.11.21 08.56.58	0,006	länsi	IC945
14.11.21 08.52.32	0,006	länsi	IC945
12.11.21 23.34.41	0,006	itä	IC980
13.11.21 11.55.33	0,005	länsi	S951
14.11.21 10.02.31	0,005	itä	S948
12.11.21 11.55.08	0,005	länsi	S951
13.11.21 09.55.34	0,005	länsi	IC947

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaussuunta z (pystysuunta).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
13.11.21 22.06.00	0,010	itä	IC972
13.11.21 13.55.52	0,008	länsi	IC955
12.11.21 19.55.27	0,007	länsi	IC971
13.11.21 08.56.58	0,007	länsi	IC945
13.11.21 19.55.10	0,007	länsi	IC971
14.11.21 08.52.32	0,007	länsi	IC945
13.11.21 05.38.36	0,007	länsi	HV 10051
13.11.21 09.55.34	0,006	länsi	IC947
13.11.21 10.58.43	0,006	länsi	IC949
12.11.21 22.05.54	0,005	itä	IC972
13.11.21 11.55.33	0,004	länsi	S951
12.11.21 11.55.08	0,004	länsi	S951
14.11.21 10.02.31	0,004	itä	S948
12.11.21 20.06.06	0,003	itä	IC968
12.11.21 23.34.41	0,003	itä	IC980

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaustulokset, runkomelu MP2

Etäisyys raiteen keskilinjasta n. 86 m

Liite 1 s.4

Mittaussuunta x (radansuuntaisesti).

aika	$L_{pAS,max}$ [dB(A)]	suunta	junatyyppi
12.11.21 20.06.06	31	itä	IC968
12.11.21 19.55.27	31	länsi	IC971
12.11.21 23.34.41	31	itä	IC980
13.11.21 19.55.10	28	länsi	IC971
13.11.21 09.55.34	26	länsi	IC947
12.11.21 22.05.54	26	itä	IC972
14.11.21 10.02.31	26	itä	S948
13.11.21 13.55.52	26	länsi	IC955
14.11.21 08.52.32	25	länsi	IC945
13.11.21 22.06.00	25	itä	IC972
12.11.21 11.55.08	24	länsi	S951
13.11.21 08.56.58	24	länsi	IC945
13.11.21 10.58.43	24	länsi	IC949
13.11.21 11.55.33	24	länsi	S951
13.11.21 05.38.36	23	länsi	HV 10051

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L_{prm} [dB(A)]
alin kerros	32
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaussuunta y (rataa vasten kohtisuoraan).

aika	$L_{pAS,max}$ [dB(A)]	suunta	junatyyppi
12.11.21 20.06.06	33	itä	IC968
12.11.21 19.55.27	33	länsi	IC971
13.11.21 19.55.10	32	länsi	IC971
12.11.21 23.34.41	31	itä	IC980
14.11.21 10.02.31	28	itä	S948
14.11.21 08.52.32	28	länsi	IC945
13.11.21 22.06.00	28	itä	IC972
13.11.21 09.55.34	27	länsi	IC947
13.11.21 13.55.52	27	länsi	IC955
12.11.21 22.05.54	26	itä	IC972
12.11.21 11.55.08	26	länsi	S951
13.11.21 08.56.58	25	länsi	IC945
13.11.21 10.58.43	25	länsi	IC949
13.11.21 11.55.33	25	länsi	S951
13.11.21 05.38.36	24	länsi	HV 10051

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L_{prm} [dB(A)]
alin kerros	34
+ 1 krs	32
+ 2 krs	30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaussuunta z (pystysuunta).

aika	$L_{pAS,max}$ [dB(A)]	suunta	junatyyppi
12.11.21 20.06.06	34	itä	IC968
12.11.21 19.55.27	31	länsi	IC971
13.11.21 13.55.52	29	länsi	IC955
14.11.21 08.52.32	29	länsi	IC945
13.11.21 19.55.10	28	länsi	IC971
13.11.21 22.06.00	28	itä	IC972
12.11.21 23.34.41	27	itä	IC980
13.11.21 09.55.34	27	länsi	IC947
13.11.21 10.58.43	27	länsi	IC949
14.11.21 10.02.31	27	itä	S948
13.11.21 11.55.33	26	länsi	S951
12.11.21 11.55.08	25	länsi	S951
13.11.21 08.56.58	25	länsi	IC945
13.11.21 05.38.36	24	länsi	HV 10051
12.11.21 22.05.54	24	itä	IC972

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L_{prm} [dB(A)]
alin kerros	32
+ 1 krs	30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaustulokset, tärinä MP3

Etäisyys raiteen keskilinjasta n. 81 m

Mittaussuunta x (radansuuntaisesti).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
13.11.21 13.56.17	0,006	länsi	IC955
12.11.21 19.55.31	0,004	länsi	IC971
13.11.21 19.55.16	0,004	länsi	IC971
12.11.21 16.05.13	0,004	itä	S960
13.11.21 05.38.39	0,004	länsi	HV 10051
13.11.21 10.58.45	0,004	länsi	IC949
13.11.21 09.55.42	0,004	länsi	IC947
14.11.21 08.52.36	0,003	länsi	IC945
13.11.21 22.06.01	0,003	itä	IC972
13.11.21 18.19.08	0,003	itä	IC964
13.11.21 08.57.00	0,003	länsi	IC945
13.11.21 19.25.44	0,003	itä	S966
14.11.21 10.02.32	0,003	itä	S948
12.11.21 20.06.11	0,003	itä	IC972
12.11.21 23.34.39	0,003	itä	IC980

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaussuunta y (rataa vasten kohtisuoraan).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
13.11.21 13.56.17	0,010	länsi	IC955
13.11.21 05.38.39	0,009	länsi	HV 10051
13.11.21 19.55.16	0,006	länsi	IC971
13.11.21 08.57.00	0,005	länsi	IC945
13.11.21 10.58.45	0,004	länsi	IC949
12.11.21 16.05.13	0,004	itä	S960
13.11.21 09.55.42	0,004	länsi	IC947
12.11.21 19.55.31	0,004	länsi	IC971
12.11.21 20.06.11	0,004	itä	IC972
13.11.21 18.19.08	0,004	itä	IC964
12.11.21 23.34.39	0,004	itä	IC980
13.11.21 22.06.01	0,004	itä	IC972
13.11.21 19.25.44	0,003	itä	S966
14.11.21 08.52.36	0,003	länsi	IC945
13.11.21 11.55.32	0,003	länsi	S951

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaussuunta z (pystysuunta).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
12.11.21 16.05.13	0,014	itä	S960
13.11.21 13.56.17	0,012	länsi	IC955
13.11.21 19.55.16	0,010	länsi	IC971
13.11.21 18.19.08	0,008	itä	IC964
14.11.21 08.52.36	0,008	länsi	IC945
13.11.21 10.58.45	0,008	länsi	IC949
12.11.21 19.55.31	0,007	länsi	IC971
13.11.21 09.55.42	0,007	länsi	IC947
13.11.21 08.57.00	0,006	länsi	IC945
13.11.21 05.38.39	0,006	länsi	HV 10051
13.11.21 11.55.32	0,006	länsi	S951
13.11.21 22.06.01	0,006	itä	IC972
13.11.21 19.25.44	0,005	itä	S966
14.11.21 10.02.32	0,005	itä	S948
12.11.21 23.34.39	0,005	itä	IC980

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaustulokset, runkomelu MP3

Liite 1 s.6

Etäisyys raiteen keskilinjasta n. 81 m

Mittaussuunta x (radansuuntaisesti).

aika	L _{pAS,max} [dB(A)]	suunta	junatyyppi
13.11.21 13.56.17	27	länsi	IC955
13.11.21 08.57.00	25	länsi	IC945
13.11.21 10.58.45	23	länsi	IC949
13.11.21 11.55.32	23	länsi	S951
13.11.21 19.25.44	22	itä	S966
12.11.21 16.05.13	22	itä	S960
13.11.21 18.19.08	22	itä	IC964
14.11.21 10.02.32	22	itä	S948
13.11.21 22.06.01	22	itä	IC972
13.11.21 19.55.16	21	länsi	IC971
13.11.21 09.55.42	21	länsi	IC947
12.11.21 19.55.31	21	länsi	IC971
13.11.21 20.57.10	21	länsi	S967
12.11.21 20.06.11	21	itä	IC972
13.11.21 05.38.39	19	länsi	HV 10051

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L _{prm} [dB(A)]
alin kerros	<30
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaussuunta y (rataa vasten kohtisuoraan).

aika	L _{pAS,max} [dB(A)]	suunta	junatyyppi
13.11.21 08.57.00	25	länsi	IC945
13.11.21 13.56.17	22	länsi	IC955
13.11.21 11.55.32	22	länsi	S951
13.11.21 10.58.45	21	länsi	IC949
12.11.21 16.05.13	20	itä	S960
12.11.21 19.55.31	20	länsi	IC971
13.11.21 22.06.01	20	itä	IC972
13.11.21 09.55.42	20	länsi	IC947
13.11.21 19.55.16	20	länsi	IC971
13.11.21 18.19.08	20	itä	IC964
13.11.21 19.25.44	19	itä	S966
13.11.21 20.57.10	19	länsi	S967
14.11.21 10.02.32	19	itä	S948
12.11.21 20.06.11	19	itä	IC972
13.11.21 05.38.39	18	länsi	HV 10051

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L _{prm} [dB(A)]
alin kerros	<30
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaussuunta z (pystysuunta).

aika	L _{pAS,max} [dB(A)]	suunta	junatyyppi
13.11.21 08.57.00	28	länsi	IC945
12.11.21 16.05.13	27	itä	S960
12.11.21 19.55.31	27	länsi	IC971
13.11.21 11.55.32	27	länsi	S951
13.11.21 13.56.17	27	länsi	IC955
13.11.21 18.19.08	27	itä	IC964
12.11.21 20.06.11	26	itä	IC972
13.11.21 10.58.45	26	länsi	IC949
12.11.21 23.34.39	26	itä	IC980
13.11.21 09.55.42	26	länsi	IC947
13.11.21 22.06.01	26	itä	IC972
13.11.21 19.55.16	25	länsi	IC971
13.11.21 05.38.39	25	länsi	HV 10051
14.11.21 10.02.32	25	itä	S948
14.11.21 08.52.36	25	länsi	IC945

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L _{prm} [dB(A)]
alin kerros	<30
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaustulokset, tärinä MP4

Etäisyys raiteen keskilinjasta n. 55 m

Mittaussuunta x (radansuuntaisesti).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
13.11.21 05.38.40	0,01	länsi	HV 10051
13.11.21 11.03.21	0,01	itä	IC950
12.11.21 16.05.13	0,01	itä	S960
12.11.21 20.06.10	0,01	itä	IC968
14.11.21 08.52.36	0,01	länsi	IC945
13.11.21 22.05.58	0,00	itä	IC972
12.11.21 22.05.54	0,00	itä	IC972
13.11.21 19.55.16	0,00	länsi	IC971
13.11.21 09.55.46	0,00	länsi	IC947
13.11.21 19.25.46	0,00	itä	S966
13.11.21 10.58.44	0,00	länsi	IC949
14.11.21 10.02.29	0,00	itä	S948
13.11.21 08.57.08	0,00	länsi	IC945
12.11.21 23.34.41	0,00	itä	IC980
12.11.21 11.55.08	0,00	länsi	S951

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaussuunta y (rataa vasten kohtisuoraan).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
12.11.21 20.06.10	0,01	itä	IC968
12.11.21 23.34.41	0,01	itä	IC980
12.11.21 22.05.54	0,01	itä	IC972
13.11.21 08.57.08	0,01	länsi	IC945
14.11.21 10.02.29	0,01	itä	S948
13.11.21 05.38.40	0,01	länsi	HV 10051
13.11.21 22.05.58	0,01	itä	IC972
13.11.21 10.58.44	0,01	länsi	IC949
13.11.21 11.03.21	0,01	itä	IC950
13.11.21 19.55.16	0,01	länsi	IC971
14.11.21 08.52.36	0,01	länsi	IC945
12.11.21 16.05.13	0,01	itä	S960
13.11.21 19.25.46	0,01	itä	S966
13.11.21 09.55.46	0,01	länsi	IC947
12.11.21 19.55.37	0,00	länsi	IC971

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaussuunta z (pystysuunta).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
13.11.21 10.58.44	0,01	länsi	IC949
14.11.21 08.52.36	0,01	länsi	IC945
13.11.21 19.55.16	0,01	länsi	IC971
12.11.21 16.05.13	0,01	itä	S960
13.11.21 09.55.46	0,01	länsi	IC947
13.11.21 08.57.08	0,01	länsi	IC945
12.11.21 19.55.37	0,01	länsi	IC971
13.11.21 11.03.21	0,01	itä	IC950
13.11.21 11.55.42	0,01	länsi	S951
13.11.21 22.05.58	0,01	itä	IC972
12.11.21 11.55.08	0,01	länsi	S951
13.11.21 05.38.40	0,01	länsi	HV 10051
12.11.21 22.05.54	0,01	itä	IC972
14.11.21 10.02.29	0,01	itä	S948
12.11.21 23.34.41	0,01	itä	IC980

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,ap}$ 0,01 mm/s

tärinäluokka A

Mittaustulokset, runkomelu MP4

Liite 1 s.8

Etäisyys raiteen keskilinjasta n. 55 m

Mittaussuunta x (radansuuntaisesti).

aika	$L_{pAS,max}$ [dB(A)]	suunta	junatyyppi
12.11.21 11.55.08	27	länsi	S951
13.11.21 11.03.21	25	itä	IC950
13.11.21 10.58.44	25	länsi	IC949
13.11.21 19.55.16	24	länsi	IC971
13.11.21 19.25.46	24	itä	S966
13.11.21 09.55.46	23	länsi	IC947
14.11.21 10.02.29	22	itä	S948
14.11.21 08.52.36	22	länsi	IC945
13.11.21 08.57.08	22	länsi	IC945
13.11.21 11.55.42	21	länsi	S951
12.11.21 16.05.13	20	itä	S960
12.11.21 19.55.37	20	länsi	IC971
12.11.21 20.06.10	19	itä	IC968
12.11.21 23.34.41	19	itä	IC980
13.11.21 22.05.58	18	itä	IC972

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L_{prm} [dB(A)]
alin kerros	<30
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaussuunta y (rataa vasten kohtisuoraan).

aika	$L_{pAS,max}$ [dB(A)]	suunta	junatyyppi
12.11.21 11.55.08	29	länsi	S951
13.11.21 10.58.44	26	länsi	IC949
13.11.21 19.25.46	24	itä	S966
13.11.21 11.03.21	24	itä	IC950
13.11.21 19.55.16	24	länsi	IC971
13.11.21 11.55.42	23	länsi	S951
12.11.21 16.05.13	23	itä	S960
14.11.21 08.52.36	23	länsi	IC945
13.11.21 09.55.46	23	länsi	IC947
14.11.21 10.02.29	22	itä	S948
13.11.21 08.57.08	21	länsi	IC945
12.11.21 20.06.10	21	itä	IC968
12.11.21 19.55.37	20	länsi	IC971
12.11.21 23.34.41	19	itä	IC980
12.11.21 22.05.54	19	itä	IC972

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L_{prm} [dB(A)]
alin kerros	<30
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaussuunta z (pystysuunta).

aika	$L_{pAS,max}$ [dB(A)]	suunta	junatyyppi
12.11.21 11.55.08	30	länsi	S951
13.11.21 11.55.42	29	länsi	S951
13.11.21 09.55.46	29	länsi	IC947
13.11.21 19.55.16	29	länsi	IC971
12.11.21 16.05.13	28	itä	S960
13.11.21 19.25.46	28	itä	S966
13.11.21 11.03.21	28	itä	IC950
13.11.21 10.58.44	28	länsi	IC949
14.11.21 10.02.29	28	itä	S948
14.11.21 08.52.36	28	länsi	IC945
13.11.21 08.57.08	27	länsi	IC945
12.11.21 19.55.37	25	länsi	IC971
12.11.21 20.06.10	24	itä	IC968
12.11.21 23.34.41	24	itä	IC980
13.11.21 22.05.58	22	itä	IC972

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L_{prm} [dB(A)]
alin kerros	32
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaustulokset, tärinä MP7

Etäisyys raiteen keskilinjasta n. 124 m

Mittaussuunta x (radansuuntaisesti).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
14.11.21 23.06.06	0,020	itä	IC974
15.11.21 05.47.40	0,019	länsi	S941
14.11.21 08.52.37	0,014	länsi	IC945
14.11.21 20.02.50	0,013	itä	S968
12.11.21 23.34.40	0,013	itä	IC980
15.11.21 08.03.22	0,011	itä	IC944
13.11.21 19.55.22	0,008	länsi	IC971
15.11.21 00.27.43	0,008	itä	TYO 70025
12.11.21 22.05.53	0,007	itä	IC972
15.11.21 07.05.20	0,007	itä	IC942
14.11.21 20.56.58	0,007	länsi	IC967
13.11.21 22.05.59	0,007	itä	IC972
13.11.21 05.38.42	0,006	länsi	HV 10051
13.11.21 20.57.19	0,006	länsi	S967
15.11.21 04.38.32	0,006	länsi	HV 10045

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,perustus}$ 0,02 mm/s
 tärinäluokka A

Mittaussuunta y (rataa vasten kohtisuoraan).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
15.11.21 05.47.40	0,011	länsi	S941
15.11.21 00.27.43	0,010	itä	TYO 70025
14.11.21 08.52.37	0,010	länsi	IC945
15.11.21 07.05.20	0,010	itä	IC942
13.11.21 19.55.22	0,010	länsi	IC971
15.11.21 08.03.22	0,009	itä	IC944
13.11.21 09.55.47	0,009	länsi	IC947
14.11.21 23.06.06	0,008	itä	IC974
14.11.21 20.56.58	0,008	länsi	IC967
15.11.21 04.38.32	0,008	länsi	HV 10045
12.11.21 22.05.53	0,007	itä	IC972
13.11.21 05.38.42	0,007	länsi	HV 10051
14.11.21 20.02.50	0,007	itä	S968
13.11.21 22.05.59	0,007	itä	IC972
12.11.21 23.34.40	0,006	itä	IC980

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,perustus}$ 0,01 mm/s
 tärinäluokka A

Mittaussuunta z (pystysuunta).

aika	$v_{w,rms,max}$ [mm/s]	suunta	junatyyppi
15.11.21 05.47.40	0,006	länsi	S941
14.11.21 23.06.06	0,005	itä	IC974
15.11.21 08.03.22	0,004	itä	IC944
14.11.21 08.52.37	0,004	länsi	IC945
14.11.21 20.02.50	0,003	itä	S968
13.11.21 09.55.47	0,003	länsi	IC947
13.11.21 19.55.22	0,003	länsi	IC971
14.11.21 20.56.58	0,002	länsi	IC967
12.11.21 23.34.40	0,002	itä	IC980
15.11.21 00.27.43	0,002	itä	TYO 70025
13.11.21 20.57.19	0,002	länsi	S967
13.11.21 05.38.42	0,002	länsi	HV 10051
13.11.21 22.05.59	0,002	itä	IC972
15.11.21 04.38.32	0,002	länsi	HV 10045
15.11.21 07.05.20	0,002	itä	IC942

 tärinän tunnusluku $v_{w,95,perustus}$ 0,01 mm/s
 tärinäluokka A

Mittaustulokset, runkomelu MP7

Etäisyys raiteen keskilinjasta n. 124 m

Liite 1 s.10

Mittaussuunta x (radansuuntaisesti).

aika	$L_{pAS,max}$ [dB(A)]	suunta	junatyyppi
15.11.21 07.05.20	24	itä	IC942
15.11.21 08.03.22	24	itä	IC944
13.11.21 09.55.47	22	länsi	IC947
12.11.21 22.05.53	22	itä	IC972
14.11.21 20.02.50	22	itä	S968
14.11.21 23.06.06	22	itä	IC974
13.11.21 22.05.59	20	itä	IC972
15.11.21 05.47.40	20	länsi	S941
14.11.21 08.52.37	20	länsi	IC945
12.11.21 23.34.40	20	itä	IC980
13.11.21 20.57.19	17	länsi	S967
14.11.21 20.56.58	17	länsi	IC967
13.11.21 19.55.22	17	länsi	IC971
15.11.21 05.51.24	16	länsi	HV 10021
15.11.21 00.27.43	16	itä	TYO 70025

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L_{prm} [dB(A)]
alin kerros	<30
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaussuunta y (rataa vasten kohtisuoraan).

aika	$L_{pAS,max}$ [dB(A)]	suunta	junatyyppi
15.11.21 08.03.22	24	itä	IC944
15.11.21 07.05.20	23	itä	IC942
14.11.21 20.02.50	23	itä	S968
12.11.21 22.05.53	23	itä	IC972
13.11.21 22.05.59	22	itä	IC972
13.11.21 09.55.47	22	länsi	IC947
12.11.21 23.34.40	21	itä	IC980
14.11.21 23.06.06	21	itä	IC974
14.11.21 08.52.37	19	länsi	IC945
14.11.21 20.56.58	18	länsi	IC967
14.11.21 01.10.32	18	itä	HV 10040
15.11.21 05.47.40	18	länsi	S941
13.11.21 19.55.22	16	länsi	IC971
13.11.21 20.57.19	15	länsi	S967
15.11.21 04.38.32	15	länsi	HV 10045

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L_{prm} [dB(A)]
alin kerros	<30
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30

Mittaussuunta z (pystysuunta).

aika	$L_{pAS,max}$ [dB(A)]	suunta	junatyyppi
14.11.21 20.02.50	17	itä	S968
14.11.21 20.56.58	16	länsi	IC967
15.11.21 08.03.22	16	itä	IC944
15.11.21 07.05.20	16	itä	IC942
12.11.21 22.05.53	15	itä	IC972
13.11.21 22.05.59	15	itä	IC972
12.11.21 23.34.40	14	itä	IC980
13.11.21 09.55.47	14	länsi	IC947
14.11.21 23.06.06	14	itä	IC974
14.11.21 08.52.37	14	länsi	IC945
13.11.21 19.55.22	13	länsi	IC971
15.11.21 00.27.43	13	itä	TYO 70025
15.11.21 05.51.24	12	länsi	HV 10021
15.11.21 05.47.40	12	länsi	S941
13.11.21 20.57.19	12	länsi	S967

Ohjearvoon verrannollinen
runkomelutaso L_{prm}

kerros	L_{prm} [dB(A)]
alin kerros	<30
+ 1 krs	<30
+ 2 krs	<30
+ 3 krs	<30
+ 4 krs	<30
+ 5 krs	<30
+ 6 krs	<30
+ 7 krs	<30
+ 8 krs	<30
+ 9 krs	<30
+ 10 krs	<30