

564–2499 Heikkilänkankaan pellot

Tärinäselvitys



Päiväys	10.9.2021
Tekijä	Vesa Vähäkuopus
Tarkastaja	Jussi Kurikka-Oja
Projektinnumero	YKK66411

Sisällys

1	Taustatiedot	3
2	Lähtötiedot	3
	2.1.1 Pohjasuhteet	3
	2.1.2 Liikennetiedot	4
3	Menetelmät ja laskentaperusteet	4
	3.1.1 Tärinän synty	4
	3.1.2 Tärinän arviointi asumismukavuuden kannalta	5
	3.1.3 Tärinän arviointi rakenteiden vaurioitumisalttiuden kannalta	6
4	Tärinämittaukset ja tulokset	6
	4.1.1 Maaperän tärinämittaukset	6
	4.1.2 Runkomelun laskennallinen arviointi	8
5	Tulosten arviointi ja johtopäätökset	11
6	Yhteenveto	12
7	Kirjallisuus	12

1 Taustatiedot

Heikkilänkankaan kaupunginosassa (33) on käynnissä asemakaavan muutos sekä kaavoittamattoman alueen asemakaavoitus. Tavoitteena on täydentää aluerakennetta ympäristöönsä sopivalla pienatalovaltaisella asuinrakentamisella. Hankkeen valmisteluaineistossa (OAS Tahkokankaan pellot 564–2499, Oulun kaupunki 14.6.2021) aluetta ja suunnittelutyötä kuvataan seuraavasti.

”Suunnittelualueena ovat kiinteistöt 31:22 ja 37:12 sekä alueella olevat korttelialueet, lähivirkistysalueet, maisemapelto- tai niittyalueet ja katualueet. Suunnittelualueetta rajaavat Vesijaontie, Säaskensuontie, Kyytipojantie, Kyytipojankuja, Hollikyydintie, ympäröivät korttelialueet, rata (Oulu-Kontiomäki), Juurusoja sekä sen varressa olevat yksityisomistuksessa olevat kiinteistöt. Suunnittelualueen koillisosassa on voimajohto (110 kV, Fingrid Oyj, Leväsuo-Pikkarala) sekä alakoulu ja kunnallinen päiväkotikoti. Suunnittelualue on n. 44 ha:n suuruinen ja se on Oulun kaupungin omistuksessa.”

”Kaavatyössä otetaan huomioon suunnittelualueetta koskevat strategiat, päätökset, kaavat, selvitykset ja suunnitelmat. Lisäksi kaavatyötä varten tehdään tarvittavat selvitykset ja suunnitelmat suunnittelun edetessä. Kaavatyön yhteydessä suunnittelualueelle tehdään mm. luontoselvitys, maisemaselvitys, hulevesiselvitys, maaperäselvitys (mm. sulfidimaat), toimintahistoriaselvitys (mm. pima), meluselvitys, värinäselvitys, liikuntareittitarkastelu, massatasapainotarkastelu, viherkerrointarkastelu, lumitilatarkastelu ja hiilijalanjätkilaskelmat.”

Tämä raportti on laadittu tukemaan alueen maankäytön suunnittelua tutkimalla ja kuvaamalla alueen värinäolosuhteita perustuen värinämittauksiin.

Työn on tilannut Oulun kaupunki, jossa yhteyshenkilönä on toiminut Saija Ränä. Sitowise Oy:ssä työstä on vastannut Ins. AMK Kirsi-Maarit Hiekka, värinäasiantuntijana on toiminut Ins. AMK Vesa Vähäkuopus. Värinämittaukset on suorittanut Forcic Consulting Oy.

2 Lähtötiedot

2.1.1 Pohjasuhteet

Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkarttojen mukaan suunnittelualueen maaperä on suurimmaksi osaksi hienoa hietaa (HHT), jonka lisäksi etelästä alueelle ulottuu liejuhiesun (LjHs) alue. Alueen voidaan maaperätietojen perusteella arvioida olevan jokseenkin otollisia värinän leviämiseksi. Alueen eteläpuolella sijaitseva rautatieväylä on rakennettu penkereelle. Tällä voidaan olettaa värinää vaimentava vaikutus. Radan tarkempaa perustamistapaa ei tutkittu.



Kuva 1. Tarkastelualueen maaperäolosuhteet. Suunnittelualueen likimääräinen sijainti sinisellä. Rautatie katkoviivalla.

2.1.2 Liikennetiedot

Tarkasteltava alue sijoittuu Oulu-Kontiomäki radan läheisyyteen, joka on samalla tarkastelualueen ainoa mainittava tärinälähde. Nopeusrajoitus junille on 120 km/h. Ohikulkutietojen perusteella toteutuneet matkustajajunien nopeudet olivat 120 km/h ja tavarajunien 80 km/h. Radalle on asetettu yli 3000 tonnin massaisille junille 45 km/h nopeusrajoitus tärinäongelmien takia välille 762+800-763+800. Maantieteellisesti rajoitusalue sijoittuu tarkastelualueen itä-laidalle ja sen ulkopuolella. Rajoituksesta johtuen painavien junien nopeus myös suunnittelualueen kohdalla oli tarkasteltujen junien osalta 40–60 km/h.

Oulu-Kontiomäki on vilkkaasti liikennöity rautatieosuus. Mittausjakson aikana tarkastelualueen ohitti useita kymmeniä tavara- ja henkilöjunia joista vain pieni osa aiheutti mittauskalustolla havaittavaa maaperän värähtelyä.

3 Menetelmät ja laskentaperusteet

3.1.1 Tärinän synty

Tärinänä koetun ilmiön aiheuttaa liikenneväylän epätasaisuus tai väylän pintaan kulkuneuvosta aiheutuvat muodonmuutokset. Liikennöintiväliin, liikennöintiväylän ja liikennöintiväylän alla olevan maaperän vuorovaikutuksessa maaperä joutuu värähtelytilaan, jonka ilmenemisen ihminen havaitsee liikennetärinä.

Rakennuksien kohdalla värähtely siirtyy rakennuksen perustusten kautta runkoon ja lattiaihin, joissa vaimenemista ja voimistumista voi tapahtua.

Tärinähaitat ovat tyypillisiä pehmeikköalueiden ongelmia ja niitä voidaan tarkastella joko asumismukavuuden tai rakenteiden kestävyyskannalta. Tyypillisesti liikennetärinän vaikutukset rajoittuvat asumismukavuuden heikentymiseen, joka muodostuu mitoittavaksi tekijäksi. Tarkasteltavana suureena toimii maan heilahdusnopeuden huippu- tai tehollisarvo. Värähtelyn tapahtuessa korkeammalla taajuustasolla kykenee ihminen aistimaan värähtelyn myös rakennuksen sisäpinnoista säteilevänä runkomeluna.

3.1.2 Tärinän arviointi asumismukavuuden kannalta

Tärinän häiritsevyyden arviointiin käytetään VTT:n julkaisussa *”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa”* (VTT, 2006) esitettyä rakennusten värähtelyluokitusta. Uusia rakennuksia ja väyliä suunniteltaessa suositeltavana tavoitetasona värähtelyn suhteen käytetään yleisesti luokkaa C asuinrakennuksille.

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksista, VTT 2006.

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä)	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyitä, mutta ne eivät ole häiritseviä)	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla (Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,60$

Rakennusten värähtelyluokituksessa rakennukset on jaettu luokkiin A-D tärinän tunnusluvun $v_{w,95}$ perusteella. Tunnusluku perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyn taajuuspainotettuihin tehollisarvoihin ja niiden perusteella laskettuun keskiarvoon ja hajontaan seuraavasti:

$v_{w,95} = 15$ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo + $1,8 \times 15$ suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta. Taulukoituja tunnuslukuja sovelletaan asuinrakennuksille.

Määrittelytavan mukaan tunnusluku on tilastollinen arvo, jonka alle 95 % tärinätapahtumista jää. Tästä johtuen tärinä voi olla havaittavaa ja jopa häiritsevää, vaikka tärinän voimakkuus olisi uusien rakennusten osalta sovellettavan C-luokan rajan tasalla.

Julkaisussa *”Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius”* (VTT, 2014) esitetään kolme eri tarkastelutasoa käytettäväksi eri olosuhteissa:

1. Alustava juna- ja maaperätietoihin perustuva rajausta perustuen puoliempiiriisiin laskentakaavoihin.
2. Tarkennettu tärinämittauksiin perustuva rajausta, joka perustuu tunnetusta junaliikenteestä mitattuun maaperän värähtelyyn.
3. Rakennuksessa esiintyvän värähtelyn arviointi, jolloin arvioidaan tarkat vaikutukset alueella olevaan tai suunniteltavaan rakennuskantaan.

Tämä selvitys on laadittu 3. tarkastelutason mukaisesti.

3.1.3 Tärinän arviointi rakenteiden vaurioitumisalttiuden kannalta

VTT:n tutkimusraportissa (VTT, 2014) esitetään taulukossa 2 esitetyt värähtelyrajat maaperälle. Alueiden luokitusta voidaan hyödyntää arvioitaessa rakennusten vaurioitumisalttiutta. Tyypillisesti asumismukavuus häiriintyy huomattavasti ennen kuin rakenteiden kestävyys vaarantuu.

Taulukko 2. Rakenteiden vaurioitumisalttiuus, VTT 2014.

Tärinä-alueet	Kuvaus	Hallitseva taajuus, Hz	Värähtely V_{max} mm/s
V	Lähinnä rataa oleva alue, jolla maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille	alle 10 10...20 20...50 yli 50	3 4,2 6 7,2
H	Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin yleensä selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asuinmukavuutta. Vaurioitumisriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit	alle 10 10...20 20...50 yli 50	1-3 1,4-4,2 2-6 2,4-7,2
E	Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta.	alle 10 10...20 20...50 yli 50	alle 1 alle 1,4 alle 2 alle 2,4

4 Tärinämittaukset ja tulokset

4.1.1 Maaperän tärinämittaukset

Alueella toteutettiin tärinämittaukset aikavälillä 20.-30.8.2021. Mittausjärjestelyistä vastasi Sitowise Oy:n alikonsulttina Forcit Consulting Oy. Mittauspisteiden toteutunut sijainti on esitetty kuvassa 2. Kaikki pisteet olivat maaperämittauksia, kiinteistä rakenteista ei mitattu.

Raideliikennetapahtuman tunnistaminen tehdään tärinän voimakkuuden, kes-
ton, taajuussisällön, muiden mittauspisteiden samanaikaisten tulosten sekä rai-
deliikennetietojen perusteella.



Kuva 2. Toteutuneet mittauspisteet.

Taulukossa 3 on esitetty tärinämittauksiin perustuvat alueen tunnusluvut
suunta-akseleittain, suurin taajuuspainottamaton heilahdusnopeus sekä väräh-
telyn hallitseva taajuus. Mikäli suurinta heilahdusnopeutta tai hallitsevaa taajuutta
ei ole ilmoitettu ei mittauspisteessä ole tapahtunut mittausherkkyyden (0,04
mm/s RMS) ylittävää toimintaa. Tällöin alueen värähtelyluokitus on siltä osin
paras mahdollinen asumismukavuuden ja vaurioitumisen kannalta.

Taulukko 3. Mittaustulosten yhteenveto.

Mit- taus- piste	Kohti- suoraan (X) $V_{w, 95}$ (mm/s)	Pysty- suunta (Z) $V_{w, 95}$ (mm/s)	Radan suun- taan (Y) $V_{w, 95}$ (mm/s)	Tärinän maksimi V_{max} (mm/s)	Etäi- syy- sataan m	Hallitseva taajuus Hz	Luokitus (asumismuka- vuus)	Luokitus (vaurioitu- misalttius)
1	0.064	0.029	0.089	0.2 (Y)	90	5,8	A	E
2	0.036	0.018	0.028	-	250	-	A	E
3	0.020	0.022	0.019	-	450	-	A	E
4	0.204	0.138	0.272	0.6 (Y)	50	7,4	C	E
5	0.037	0.033	0.045	-	250	-	A	E
6	0.010	0.010	0.020	-	400	-	A	E
7	0.071	0.037	0.057	-	350	-	A	E

Lähinnä rataa olevan mittauspisteiden MP1 ja MP4 suurimmat tulokset ovat aika-
taulutietojen pohjalta raideliikenteestä aiheutuvia. Suurimmat tulokset aiheutti-
vat tavarajunat T5256 (28.8.2021), (T5252 28.8.2021), T5256 (29.8.2021) ja T
5252 (27.8.2021) ja ne olivat selvästi erotettavissa mittaustuloksista. Mittaus-
pisteissä 2,3,5,6,7 tulokset olivat alle mittausherkkyyden ja taajuustietoja tai
suurinta heilahdusnopeutta ei tästä johtuen ole saatavilla. Näiden mittauspistei-
den osalta tunnusluvut voivat sisältää liikenteeseen kuulumatonta värähtelyä
esim. ohikulkijoista, kumipyöräliikenteestä tai eläimistä.

Maaperästä mitattua tunnuslukua ei voi suoraan hyödyntää alueen maankäyt-
töä suunniteltaessa, sillä se ei ota huomioon värähtelyn mahdollista voimistu-
mista rakennuksessa. Voimistumista voidaan arvioida kertomalla todennettu vä-
rähätelytaso suurennuskertoimella k_B kuvan 5 (VTT, 2014) mukaisesti.

Rakennusosa	Värähtelyn suunta	Suurennuskerroin k_B
Perustus	Kaikki suunnat	1,0
Maanvarainen lattia,	Kaikki suunnat	1,0
Alapohja, paaluperustus	Vaakasuunta	1,5
Ala- ja välipohjat	Pystysuunta	3,0
Kattotaso, enintään 2 kerrosta	Vaakasuunta	3,0
Kattotaso, 3–4 kerrosta	Vaakasuunta	2,0
Kattotaso, yli 4 kerrosta	Vaakasuunta	1,0

Kuva 3. Värähtelyn vahvistumiskertoimet.

Toimimalla näin mittauspisteen 4 värähtelyn tunnusluku $v_{w, 95}$ nousisi tasolle
~0,8 mm/s (vaakasuunta, 1–2 krs. talo) ja luokitus olisi heikompi kuin luokkien
C ja D vaatimukset. Mittauspisteen 4 etäisyydelle radasta ei voi täten suositella
asuinkäyttöön tulevien rakennusten rakentamista ilman erityistä tärinältä suo-
jautumista ja sen suunnittelua.

Värähtelyn vaimeneminen maaperässä on etäisyysriippuvaista ja sitä voidaan
arvioida empiirisillä kaavoilla hyödyntäen kahdessa eri mittauspisteessä toden-
nettua värähtelytulosta. Siirryttäessä kohti mittauspistettä 5 maaperän väräh-
tely pienenee ja voimistuminen rungossa huomioiden tarvittava turvaetäisyys
rataan saavutetaan laskennallisesti noin 150 m etäisyydellä Oulu-Kontiomäki
radasta. Tätä lähemmäksi rakennuksia ei suositella sijoitettavaksi ilman erillistä
tärinäntorjunnan suunnittelua.

4.1.2 Runkomelun laskennallinen arviointi

Selvitys on laadittu VTT:n julkaisussa "*Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun
arviointi*" (VTT, 2009) esitetyn arviointitason 2 perusteella. Menetelmä perustuu
arvioituun värähtelyn nopeustasoon, mutta se ei kuitenkaan edellytä tarkkaa

tietoa värähtelyn taajuusspektristä eikä spektrin muuttumisesta värähtelyn siirtymisreitillä.

Julkaisun mukaan värähtelyn perustaso saadaan kaavasta 2,

$$L_v[dB] = 103 - 14 \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) - 0,8 \cdot \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad (2)$$

etäisyydellä d tarkasteltavan raiteen reunasta, d_0 on vertailuetäisyys 10 m.

Arvio sisätilojen runkomelutasosta (L_{prm}) saadaan kaavasta 3,

$$L_{prm}[dB] = L_v[dB] + \Sigma \Delta L_{v,i}[dB]$$

jossa värähtelyn perustasoon lisätään liikenteestä riippuvat korjaustekijät koskien:

- Liikennettä (junatyyppi, nopeus, ajoneuvon ominaisuudet)
- Väylän kuntoa
- Radan eristämiskäsitteitä
- Väylän sijaintia (avorata, tunneli, ilmarata)
- Kohderakennusta (tyyppi, perustus, resonanssi)
- Syntyvää äänenpainetta (muunto äänenpainetasoksi, maaperän vaikutus)

Saatuja tuloksia verrataan julkaisussa esitettyyn suositukseen runkomelutason ohjearvoista.

Taulukko 4. Suositus runkomelutasojen ohjearvoiksi

Rakennustyyppi	L_{prm} [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat, potilashuoneet, majoitustilat päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet	30/35 ²
Kokoontumis- ja opetustilat, 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 ²
² Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.	

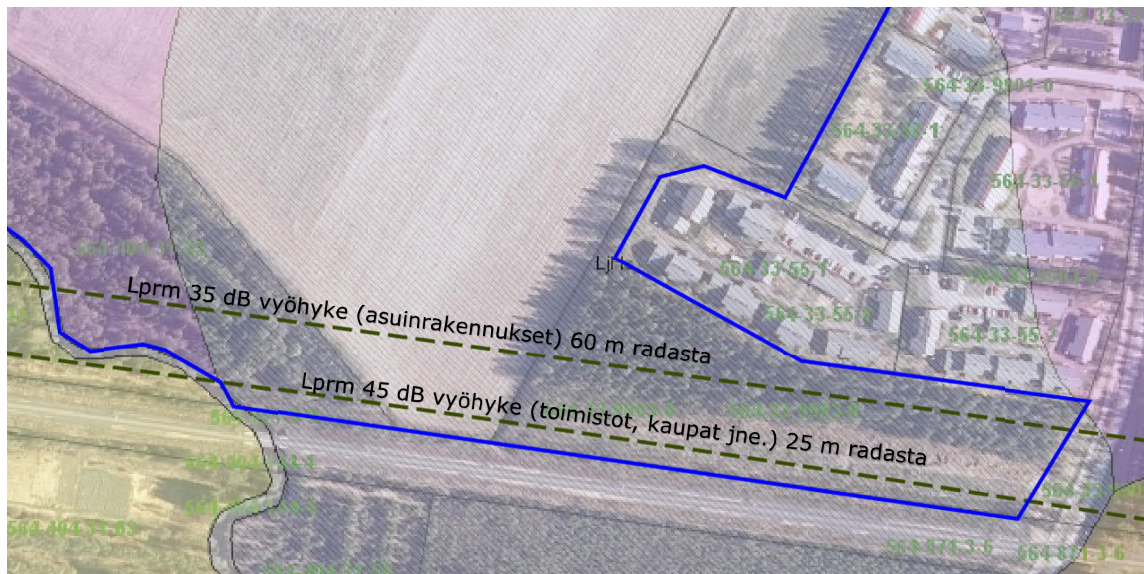
Tässä selvityksessä sovelletaan 35 dB runkomelun ohjearvoa majoitustiloille ja asuinhuoneistoille. 35 dB ohjearvo esitetään käytettäväksi myös Ympäristöministeriön ohjeessa rakennusten ääniympäristöstä. 45 dB ohjearvo voidaan soveltaa mahdollisille myymälöille ja ravintolatiltoille.

Runkomelun arvioinnissa käytettiin seuraavia korjaustekijöitä ΔL_v :

Taulukko 5. Käytetyt korjaustekijät

Korjaustekijä	Määrittely	korjaustekijä, [dB]
Liikennetyyppi	Veturivetoiset junat	+11 dB
Ajonopeus	80 km/h	-2 dB
Kaluston ominaisuudet	Normaali jousitus	+ 0 dB
Väylän kunto	Kuluneet tai aaltomaiset kiskot	+10 dB
Radan eristämistapa	Ei eristystä	+ 0 dB
Väylän sijainti	Avorata	+ 0 dB
Rakennuksen tyyppi	Puutalo 1–2 krs.	-5 dB
Rakenneosien resonanssi	Vakiokorjaus	+ 6 dB
Muutos äänenpainetasoksi	Vakiokorjaus	-28 dB
Muutos A-painotetuksi äänepainetasoksi	Värähtelyn hallitseva taajuus alle 30 Hz	-50 dB
Varmuusmarginaali	Ohjeen mukainen vakiokorjaus	+6 dB

Laskennallisen arvion perusteella runkomelutason 35 dB asumiskäytön ohjearvo alitetaan 60 m etäisyydellä radasta. Toimistoille, kauppoille ja näyttelytiloille sovellettava 45 dB ohjearvo alitetaan laskennallisesti 25 m etäisyydellä radasta.



Kuva 4. Runkomelun vaikutusvyöhykkeiden ulkorajat kartalla esitettynä kuvassa.

5 Tulosten arviointi ja johtopäätökset

Liikennetärinä (asumismukavuus ja vaurioitumisalttius)

Mittaustulosten perusteella alueen maaperän värähtelytaso ei ole erityisen suuri. Maaperästä mitatut tulokset ja tärinän tunnuslukujen perusteella laadittu luokitus asettaa alueen luokkiin A-C asumismukavuuden kannalta. Luokitus on paras mahdollinen A kaikkialla muulla paitsi mittauspisteessä 4, jossa luokitus on C. Junaliikenteestä aiheutunut tärinä oli yli havaintokynnyksen ainoastaan mittauspisteissä 1 ja 4. Muualla värähtelytaso ei ylittänyt laitteiden havainnointikynnystä (0,04 mm/s RMS).

Maaperästä mitattu värähtely oli huomattavan kapeakaistaista ja painottui terssikaistoille 8 ja 10 Hz.

Alue, jolla asumismukavuusluokan C (<0,3 mm/s) raja-arvo ylittyy laskennallisesti, ulottuu noin 150 m etäisyydelle Oulu-Kontiomäki radan keskilinjasta. Arviossa on huomioitu värähtelyn voimistuminen rakennuksen rungossa ja värähtelyn siirtyminen täysimääräisesti rakennuksen perustukseen maaperästä.

Tätä lähemmäksi rakennuksia ei suositella sijoitettavaksi ilman erillistä tärinän torjunnan suunnittelua. Etäisyys on laskettu liejuhiesun (LjHs) alueen mittauslinjan tuloksista, mutta sitä voidaan soveltaa myös alueen hienon hiedan (HHT) alueelle MP1 läheisyydessä.

Rakenteiden kestävyys ei vaarannu suunnittelualueella mittauspistettä 4 kauemmaksi radasta (~50 m) siirryttäessä nykyisten mittausten perusteella.

Runkomelu

Laskennallisen arvion perusteella runkomelutason 35 dB asumiskäytön ohjearvo alitetaan siirryttäessä 60 m etäisyydellä radasta. Toimistoille, kaupoille ja näytelytiloille sovellettava 45 dB ohjearvo alitetaan 25 m etäisyydellä radasta.

Runkomelu ei ole tyypillisesti pienirakeisten ja pehmeidenmaalajialueiden ongelma. Värähtelyt todettiin huomattavan kapeakaistaiseksi ja painottuvaksi taajuusalueelle, jolla ihminen ei juurikaan kykene havaitsemaan ilmiäneeiksi muutunutta värähtelyä.

6 Yhteenveto

Kuvassa 5 on esitetty suunnittelualueen värähtelyvyöhykkeet asumismukavuuden ja runkomelun kannalta. Ohjeellisena etäisyytenä voidaan pitää laskennallista vähintään 150 m etäisyyttä radan keskilinjasta, jota lähemmäs siirryttäessä maaperän värähtely on erikseen huomioitava rakennussuunnittelussa. Runkomelun arviointi ja torjunta tulee sisällyttää huomiointiin siirryttäessä lähemmäksi kuin 60 m radasta. Värähtelyn torjunnan suunnittelu käsittää yleisesti erilaisia vaimennusratkaisua, katkoja maaperässä tai rakennusten suunnittelua vältellen rakenneratkaisuja, joiden ominaistajuudet sattuvat samalle alueelle kuin maaperässä liikkuvat värähtelyt.

Koska ihmisten asumismukavuus voi häiriintyä, vaikka luokan C ohjearvoa (0,3 mm/s) ei ylitetä, voidaan suositella radan nykyisen nopeusrajoituksen länsipään ulottamista myös suunnittelualueen kohdalle noin kohtaan 761+500 mikäli tälle nähdään tulevaisuudessa tarvetta.



Kuva 5. Vaikutusvyöhykkeiden ulkorajat kartalla esitettynä kuvassa.

7 Kirjallisuus

- VTT (2005). *Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta.*
 VTT (2006). *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa.*
 VTT (2009). *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi.*
 VTT (2014). *Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius.*