

Minna Santaholma, Timo Peltonen

3.12.2024

Madekoski, Oulu, asemakaava

Asiakas: Oulun kaupunki, yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut

Yhteyshenkilö: Saija Räinen

MADEKOSKEN ASEMAKAAVAN RUNKOMELU- JA TÄRINÄSELVITYS**YHTEENVETO**

Oulussa valmistellaan uutta asemakaavaa Oulujokivarren alueella. Madekoski-Heikkilänkankaan kaavoitettava alue sijaitsee Oulu–Kontiomäki-radan läheisyydessä, joten raideliikenteen aiheuttamat runkomelu- ja tärinäolosuhteet alueella tulee selvittää. Tässä raportissa runkomelua ja tärinää mallinnettiin alueella laskennallisesti.

Runkomelun riskialue asuinrakennusten osalta ylittää noin 165 metrin ja tärinän riskialue resonanssilanteissa noin 93 metrin päähän radasta. Runkomelun riskialue asuinrakennuksille laajenee noin 220 metrin etäisyydelle radasta, mikäli rakennukseen suunnitellaan kelluvia lattiarakenteita, jotka voivat vahvistaa runkomelua. Kaavassa tulee näitä etäisyyksiä lähempänä rataa edellyttää runkomelun ja/tai tärinän huomiointia rakennusten suunnittelussa.

Runkomelun ja tärinän laskentamallinnukseen liittyy epävarmuustekijöitä ja riskialueet voivat todellisuudessa olla tässä mallinnettuja pienempiä. Runkomelun ja tärinän leviämistä junaradan ympäristöön voidaan tutkia tarkemmin kohteessa tehtävillä värähtelymittauksilla.

1 TAUSTA

Oulussa valmistellaan uutta asemakaavaa (kaavanumero 564-2565) Oulujokivarren alueella. Asemakaavoitettava alue sijaitsee pääosin maantien 22 (Kainuuntie) ja Oulujoen välissä, ja alueiden läheisyydessä lounaispuolella kulkee Oulu–Kontiomäki-rata. Kaavoitettava alue on kahdessa osassa: Pikkaralan (noin 147 ha) ja Madekoski-Heikkilänkankaan (noin 152 ha). Tässä raportissa keskitytään Madekosken-Heikkilänkankaan kaavoitettavaan alueeseen.

Tavoitteena on laatia alueille osayleiskaavan periaatteiden mukainen asemakaava. Alueille on suunniteltu lisää asumista, myös nykyistä lähempänä Kainuuntietä ja junarataa. Osana asemakaavatyötä tulee varmistaa raideliikenteen aiheuttamat runkomelu- ja tärinäolosuhteet kaava-alueella. Tässä selvityksessä raideliikenteen runkomelua ja tärinää on arvioitu laskennallisesti.

2 RAIDELIIKENTEEN AIHEUTTAMA RUNKOMELU JA TÄRINÄ

Raideliikenne synnyttää ympäristöönsä värähtelyä, joka välittyy radan perustusten kautta ympäröivään maaperään. Värähtely etenee maaperän kautta rakennuksiin, joissa se leviää rakennusrungon välityksellä eri huonetiloihin. Huoneessa värähtely voi aiheuttaa kuultavissa olevaa runkomelua tai havaittavaa tärinää. Tärinä on tunto- tai tasapainoaistilla havaittavaa pienitaajuisia värähtelyä (taajuusalue 1...80 Hz), ja runkomelu on värähtelyn aiheuttamaa korvin kuultavaa ilmäääntä (taajuusalue 16...500 Hz).

Pienitaajuinen tärinä etenee pehmeässä maaperässä tehokkaasti radan ympäristöön, mutta vaimenee kitkamailla melko nopeasti.

Tärinää suuremmilla taajuuksilla esiintyvä raideliikenteen runkomeluheräte voi aiheuttaa rakennusten sisätiloissa runkomelua. Toisin kuin tärinä, runkomelu etenee kalliossa ja myös kitkamaalajeissa tehokkaasti.

3 OHJE- JA SUOSITUSARVOT

Kaava-alueen rakennuksiin tuleviin asuintiloihin sovelletaan Ympäristöministeriön [1] asettamia runkomelun ja värinän ohjearvoja, jotka perustuvat asetukseen rakennusten ääniympäristöstä 796/2017. Muissa rakennuksissa suositellaan käyttämään standardin SFS 5907:2022 [2] luokan A2 raja-arvoja tai VTT:n esittämiä [3] raja-arvoja.

Avoradalla kulkevasta raideliikenteestä asuintiloihin kantautuva runkomelutaso L_{prm} ei saa ylittää 35 dB, eikä liikennetärinän ohjearvo $v_{w,95}$ saa ylittää 0,3 mm/s. Koulujen opetustiloissa vastaavat suositusarvot ovat 40 dB ja 0,6 mm/s, liiketiloissa 45 dB ja 0,6 mm/s. Kyseisten tilastollisten ohjearvojen katsotaan täyttyvän, kun 95 % raideliikenteen ohiajojen aiheuttamista runkomelun enimmäistasoista $L_{A\text{Smax},16...500\text{Hz}}$ ja värinän enimmäisarvoista $v_{w\text{mSmax}}$ ei ylitä ohjearvon mukaista lukuarvoa.

Tärinän arvioinnissa rakennusten vaurioitumisriskin kannalta voidaan raja-arvoina käyttää VTT:n esittämiä [4] värinäalueiden värähtelyrajoja, jotka on listattu taulukossa 1. Värähtelyrajat on ilmoitettu maaperässä esiintyvän värinän enimmäisarvoina, ilman taajuuspainotuksia. Tyypillisesti värinän ohjearvot asumismukavuuden kannalta ylittävät selvästi aiemmin kuin rakenteiden kestävyys vaarantuu.

Taulukko 1: Rakennusten vaurioitumisalttiuden värinäalueiden rajauksessa käytettävät värähtelyrajat maaperän värähtelylle $v_{z\text{max}}$.

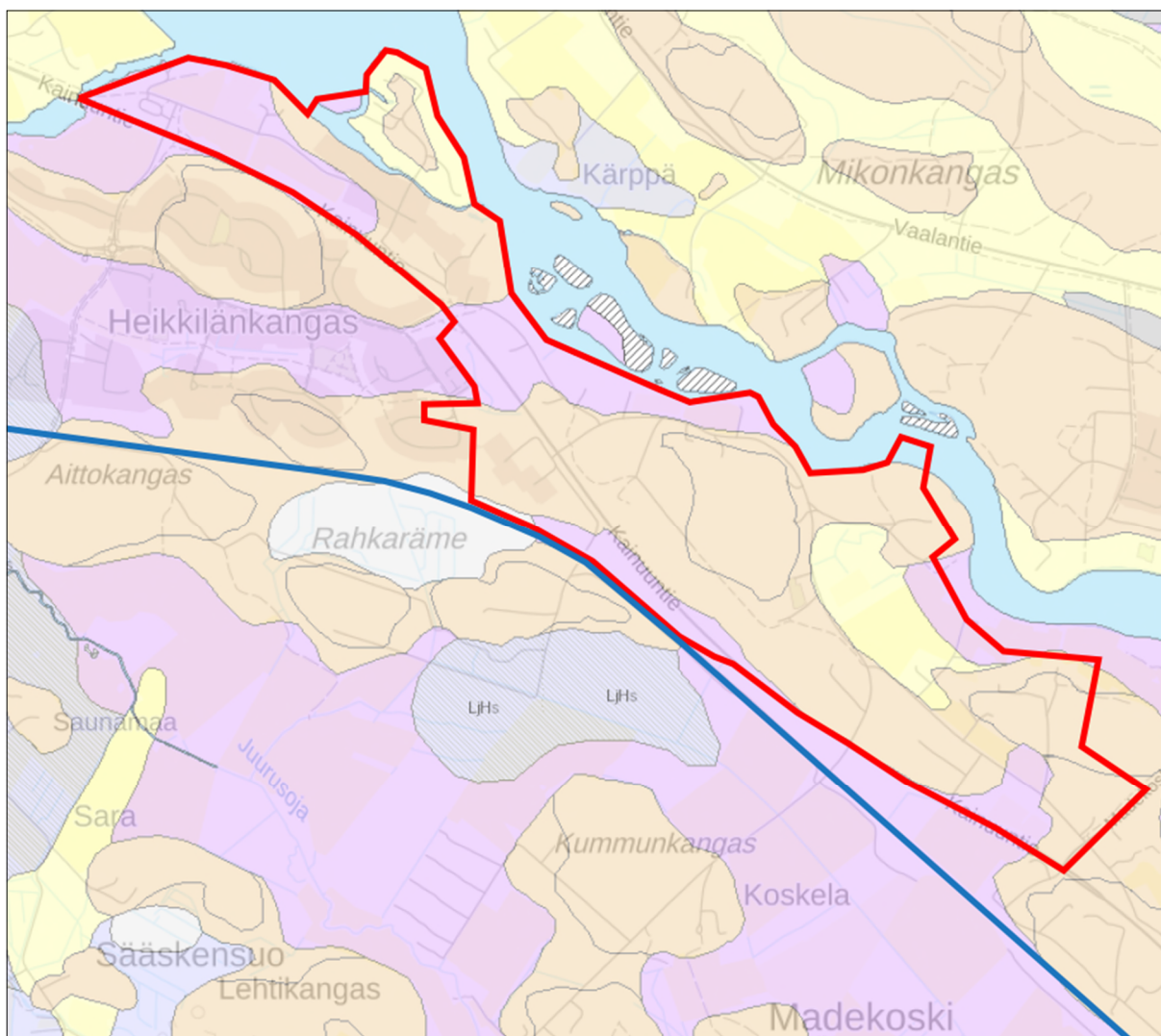
tärinäalue	kuvaus	hallitseva taajuus	värähtelyraja $v_{z\text{max}}$
V	Lähinnä rataa oleva alue, jolla tärinä voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille.	<10 Hz	3 mm/s
		10–20 Hz	4,2 mm/s
		20–50 Hz	6 mm/s
		>50 Hz	7,2 mm/s
H	Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu käyttöä haittaavia vaurioita, jos tärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä kuitenkin on yleensä selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asumismukavuutta.	<10 Hz	1–3 mm/s
		10–20 Hz	1,4–4,2 mm/s
		20–50 Hz	2–6 mm/s
		>50 Hz	2,4–7,2 mm/s
E	Tärinä ei aiheuta vaurioita normaalikuntoisille rakenteille, mutta voi häiritä asumismukavuutta, mikä on tarkasteltava erikseen.	<10 Hz	<1 mm/s
		10–20 Hz	<1,4 mm/s
		20–50 Hz	<2 mm/s
		>50 Hz	<2,4 mm/s

4 LÄHTÖTIEDOT

4.1 Maaperä

GTK:n maaperäkartan mukaan maaperä Madekosken kaavoitettavalla alueella on vaihtelevasti hienoa hietaa ja hiekkamoreenia. Alueella on joitakin moreenimuodostumia ja junaradan kohdalla pienellä alueella myös rahkaturvetta. Paikoin maaperä on karkeaa hietaa. Alueen maaperäkarta on esitetty kuvassa 1.

Maaperän mahdollisista kerroksista tai peruskallion esiintymissyvyydestä ei ole tarkkaa tietoa, sillä alueella ei ole vielä tehty tarkempia maaperätutkimuksia.



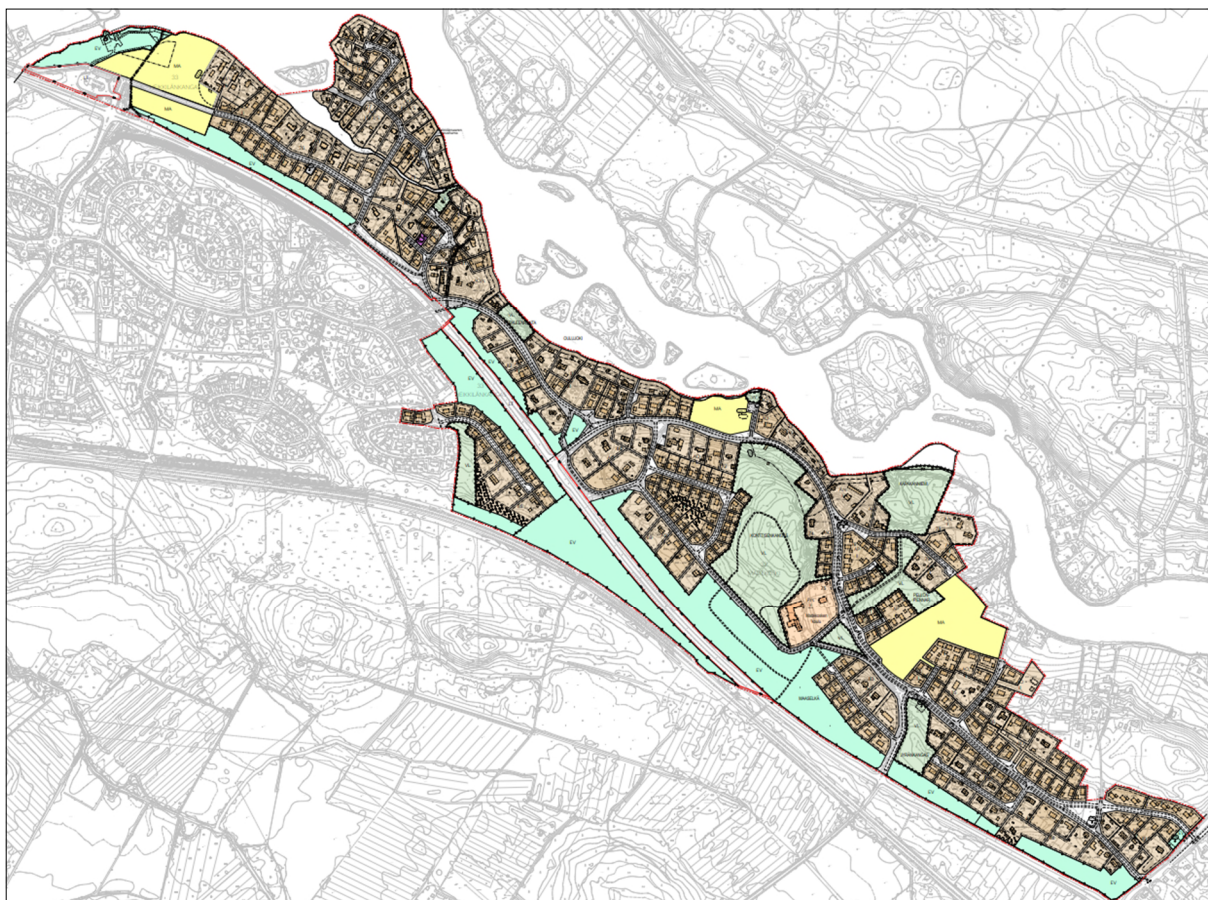
Kuva 1: Madekosken kaavoitettavan alueen maaperä. Kaavoitettava alue rajattu suuntaa antavasti punaisella ja junaradan sijainti merkitty sinisellä. Maaperätyypit värin mukaan ovat hieno hiekkamareeni (vaaleanpunainen), hiekkamareeni (vaaleanruskea), rahkaturve (vaaleanharmaa), karkea hiekkamareeni (keltainen) ja liejuhiesu (siniharmaa LjHs). (Lähde: Paikkatietoikkuna, maaperä 1:20 000, 26.11.2024)

4.2 Suunnitellut rakennukset ja perustamistavat

Kaavoitettavalla alueella on nykyisellään omakotiasumista, vapaa-ajan asumista ja jonkin verran maataloutta. Alueella on myös koulu. Valtaosin alue on rakentamatonta pelto- ja metsämaata.

Asemakaavan luonnoksessa [5] asumista lisätään selvästi nykyiseen verrattuna. Valtaosin uusille tonteille on suunniteltu omakotiasumista, paikoin myös yhtiömuotoista pientaloasumista. Väylien ja tonttien väliin on suunniteltu suojaviheralueita. Alueella säilytetään viheralueita virkistykseen sekä maisemallisesti arvokkaita peltoalueita. Kaavaluonnos on esitetty kuvassa 2.

Rakennusten mahdollisista perustamistavoista ei ole tällä hetkellä tarkempaa tietoa. Asuinrakennukset on oletettu pääosin maanvaraisesti perustetuiksi.



Kuva 2: Heikkilänkangas-Madedosken asemakaava-alue, jossa ruskeat alueet ovat asumista ja viihdyttävää alueita vihreäalueita. Suojaviheralueet on merkitty turkoosilla ja maisemallisesti arvokkaat alueet keltaisella. Alueen koulu on merkitty oranssilla. [5]

4.3 Raideliikenne

Oulu–Kontiomäki-rata sijaitsee lähimmillään aivan Madedosken kaavoitettavan alueen vieressä. Lähin asumiseen kaavoitettava tontti on suunniteltu noin 50 metrin päähän raiteista.

Radan liikenne koostuu Fintrafficin Digitraffic-palvelun tietojen mukaan kaukojuna- ja tavarajunaliikenteestä. Tämänhetkinen säännöllinen kapasiteetti koostuu noin 14–21 junasta päivässä, joista 5–14 on tavarajunia ja 7–8 IC- tai pendolinojunia. Junaliikenteen mahdollisista muutoksista tulevaisuudessa ei ole tarkempaa tietoa, mutta matkustaja- ja tavarajunien suhteellisten osuuksien on arvioitu pysyvän melko samanlaisina. Junien tarkalla lukumäärällä ei ole runkomelun ja tärinä arvioinnin kannalta merkitystä, sillä käytettävä suure ja ohjearvo viittaavat 95-persentiiliin eivätkä keskimääräisiin tasoihin ja arvoihin, kuten melun tapauksessa.

Digitrafficin aineistojen perusteella junien ajonopeudet kaavoitettavan alueen kohdalla ovat tyypillisesti tavarajunille noin 70...90 km/h ja matkustajajunille noin 100...125 km/h. Ajonopeus riippuu esimerkiksi liikennetilanteesta ja ajoittain junat kulkevat tätä hitaammin.

Junaradan tarkasta perustamistavasta ei ole tietoa. Rata on oletettu maanvaraisesti sepelipenkereen päälle perustetuksi. Rata on kaavoitettavan alueen kohdalla yksiraiteinen.

5 RUNKOMELUN JA TÄRINÄN MALLINNUS

Raideliikenteen aiheuttamaa runkomelua ja tärinää on tässä raportissa arvoitu laskennallisesti perustuen alueen tietoihin maaperästä, rakennuksista ja junaliikenteestä sekä laskennallisiin malleihin [3,6,7] runkomelun ja tärinän etenemisestä. Mallinnuksessa on lisäksi hyödynnetty vastaavissa kohteissa vastaavalla junakalustolla tehtyjen värähtelymittausten tuloksia.

5.1 Raideliikenteen runkomelu

Raideliikenteen aiheuttamaa runkomelua mallinnettiin pohjautuen VTT:n esittämään laskennalliseen menetelmään [3], jonka avulla voidaan arvioida runkomelutasoja eri etäisyyksillä raideväylästä. Mallin parametrit määritettiin vastaavissa kohteissa vastaavalla junakalustolla tehtyjen värähtelymittausten tuloksista.

Raideliikenteen runkomelu tulee huomioida Madedosken alueen asemakaavoituksessa. Runkomelun mallinnustulokset on esitetty alla.

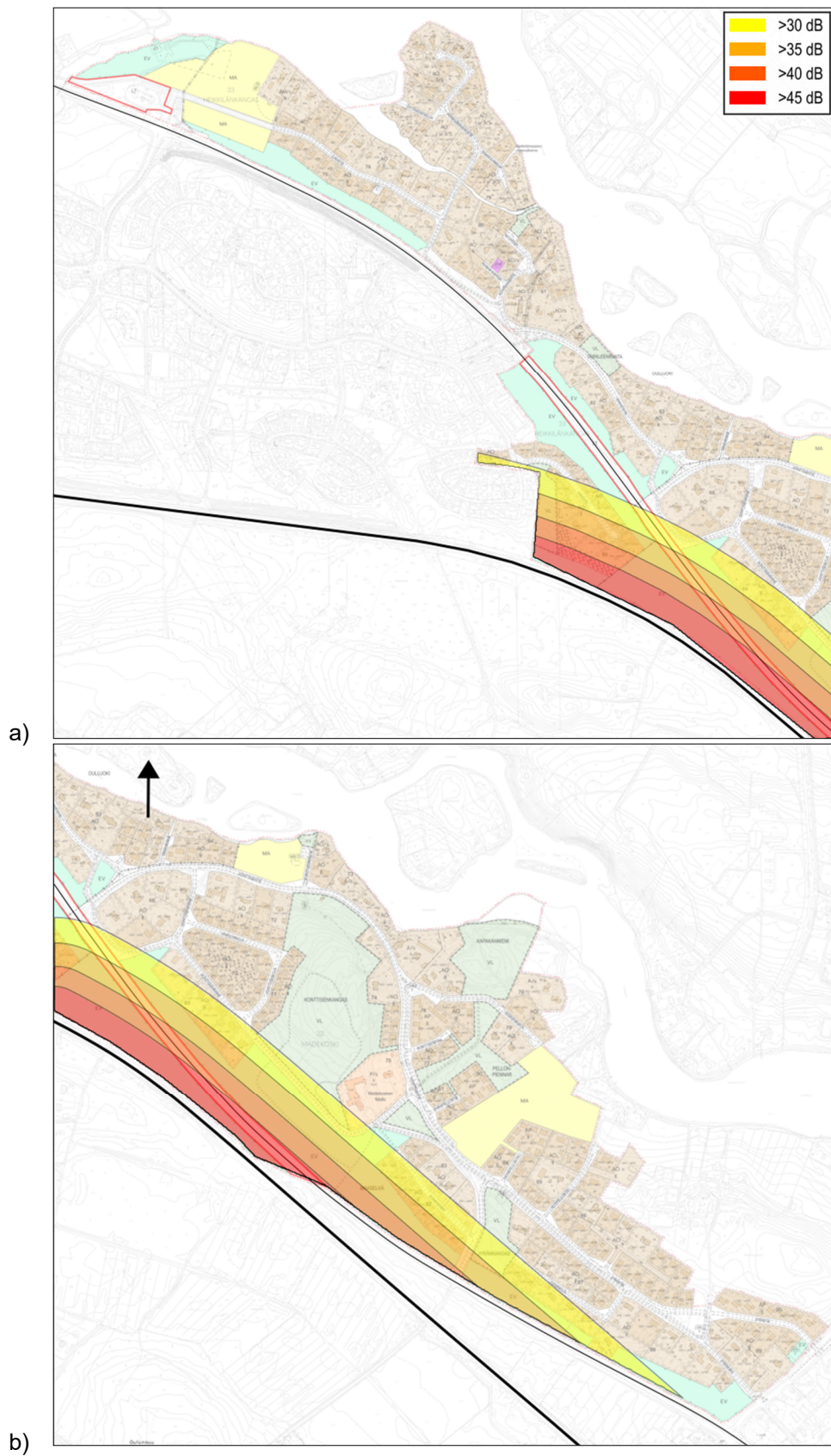
5.1.1 Mallinnustulokset

Mallinnuksen tulokset rakennusten ensimmäisessä kerroksessa on esitetty *kuvassa 3* ja tämän selvityksen liitteenä olevissa piirustuksissa 241602-810-1 ja 241602-810-3. Rakennusten ylemmissä kerroksissa runkomelu on tyypillisesti 1...2 dB/kerros pienempää. Madedosken alueen muodon vuoksi mallinnustulokset on jaettu kahteen osaan, jotka menevät osittain päällekkäin.

Asumiselle asetettu runkomelun ohjearvo $L_{pm} \leq 35$ dB täyttyy yli 165 metrin etäisyydellä radasta. Vastaava etäisyys koulujen opetustilojen suositusarvolle 40 dB on 116 metriä ja liiketilojen suositusarvolle 45 dB noin 73 metriä. Runkomelun riskialueella sijaitsee merkittävä osa yhteensä 14 kaavoitetusta asuintontista, joista viidellä on olemassa oleva asuinrakennus.

5.1.2 Kelluvien lattiarakenteiden vaikutus

Kelluvat lattiarakenteet, kuten lämpölattiat, voivat vahvistaa rakennuksen sisätiloissa esiintyviä runkomelutasoja, koska ne vahvistavat rakenteissa esiintyvää värähtelyherätettä omalla resonanssitaajuudellaan. Vahvistus voi olla luokkaa 5 dB, mikä tarkoittaisi, että runkomelun *kuvan 3* riskialueet siirtyisivät yhden käyrän verran kauemmas radasta. Asuinrakennusten riskialue yltäisi tällöin noin 220 m päähän radasta. Runkomelun riskialueella olisi tässä tilanteessa merkittävä osa 33 kaavoitetusta asuintontista, joista 13 tontilla on olemassa oleva asuinrakennus.



Kuva 3: Junaliikenteen runkomelun L_{pm} , dB, mallinnustulokset rakennuksen alimmassa kerroksessa. Kuvat a) ja b) menevät osittain päällekkäin, sillä mallinnusalue jaettiin kahteen osaan.

5.2 Raideliikenteen tärinä

Raideliikenteen tärinää mallinnettiin pohjautuen VTT:n junaliikenteelle esittämään malliin [6]. Mallin parametrit määritettiin vastaavissa kohteissa vastaavalla junakalustolla tehtyjen värähtelymittausten tuloksista. Tärinä mallinnettiin olettaen resonanssitilanne maaperän ja rakennuksen värähtelyn välillä.

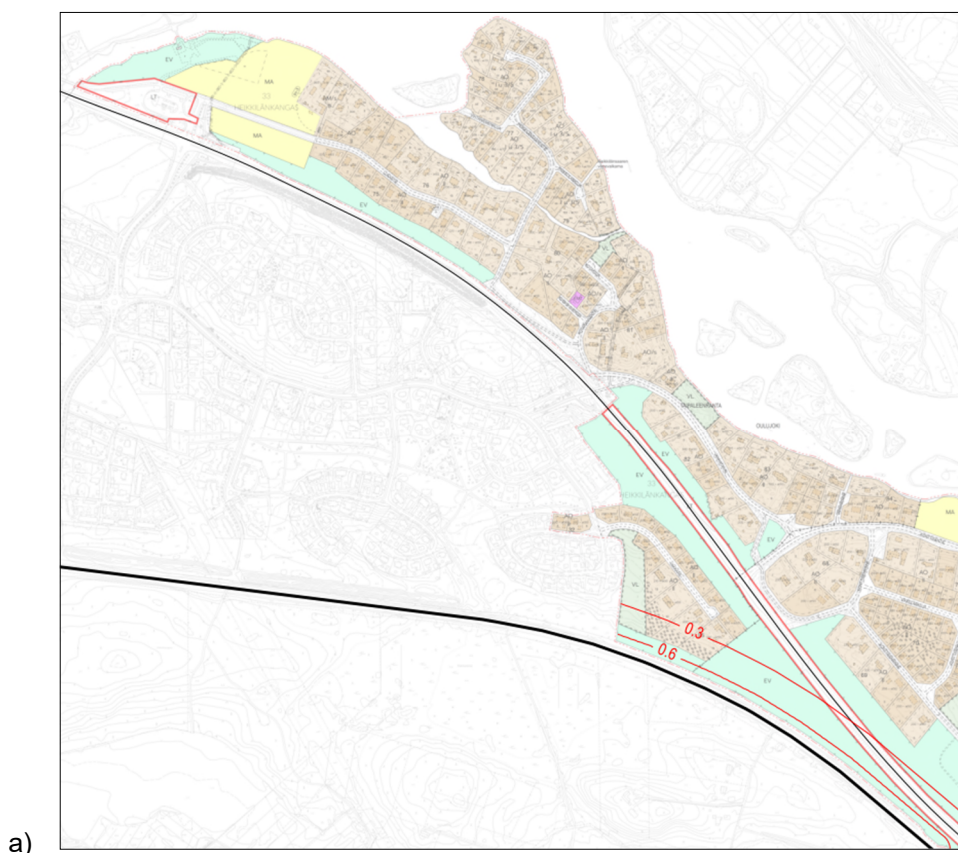
Raideliikenteen tärinä tulee huomioida Madedosken alueen asemakaavoituksessa. Tärinän mallinnustulokset on esitetty alla.

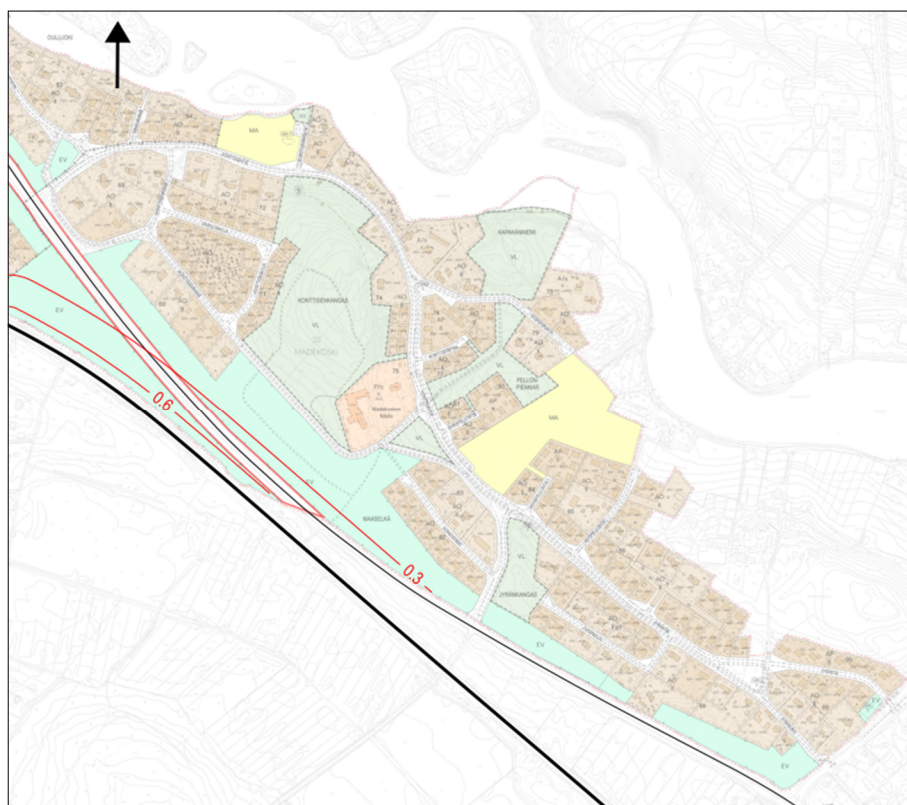
5.2.1 Asumismukavuus

Mallinnuksen tulokset asumismukavuuden kannalta on esitetty *kuvassa 4* ja tämän selvityksen liitteenä olevissa piirustuksissa 241602-810-2 ja 241602-810-4. Madedosken alueen muodon vuoksi mallinnustulokset on jaettu kahteen osaan, jotka menevät osittain päällekkäin.

Asumiselle asetettu tärinän ohjearvo $v_{w,95} \leq 0,3$ mm/s täyttyy yli 93 metrin etäisyydellä radasta. Vastaava etäisyys koulujen opetustilojen ja liiketilojen suositusarvolle 0,6 mm/s on 34 metriä. Tärinän riskialueella resonanssitilanteessa sijaitsee merkittävä osa yhteensä 3 kaavoitetusta asuintontista, joilla on jo olemassa oleva asuinrakennus. Uusilla kaavoitettavilla tonteilla junaliikenteen tärinä täyttää asuintilojen tärinän ohjearvon.

Tilanteessa, jossa rakennuksen rakenteet eivät resonoi maaperässä esiintyvän junan värähtelyn kanssa, on rakennuksessa esiintyvä tärinä merkittävästi tässä mallinnettua pienempää. Asuintilojen ohjearvon arvioidaan tällöin täyttyvän jo radan ja sitä lähimmäksi suunnitellun tontin välisellä alueella.





b)

Kuva 4: Junaliikenteen tärinän $v_{w,95}$, mm/s, mallinnustulokset maaperän ja rakennuksen värähtelyn resonanssitilanteessa. Kuvat a) ja b) menevät osittain päällekkäin, sillä mallinnusalue jaettiin kahteen osaan.

5.2.2 Vaurioitumisriskit

Raideliikenteen tärinän ei arvioida olevan riski kaavoitettavan alueen rakennusten vaurioitumisen kannalta. Tärinän enimmäistason v_{zmax} arvioidaan alittavan taulukossa 1 listatun alimman värähtelyrajan 1 mm/s junaradan ja sitä lähimpänä olevan tontin välisellä alueella.

5.3 Mallinnuksen epävarmuustekijät

Laskennalliseen mallinnukseen liittyy aina suhteellisen merkittäviä epävarmuuksia, vaikka mallinnus pohjautuisikin vastaavassa kohteessa vastaavanlaisella junakalustolla tehtyihin mittauksiin. Erot esimerkiksi maaperätyypeissä ja niiden kerrostumissa voivat vaikuttaa merkittävästi värähtelyn etenemiseen junaradalta asuinrakennuksiin. Mallinnuksen parametrit on myös valittu pahimman tilanteen mukaan, jotta runkomelun ja tärinän riskialueista saadaan riittävän kattava kuva. On siis mahdollista, että nyt kaavoitettavalla alueella todellisuudessa esiintyvä junaliikenteen runkomelu tai tärinä on mallinnettua pienempää.

Tarkemman arvion runkomelusta ja tärinästä voi muodostaa kohteen eri osissa tehtävien värähtelymittausten pohjalta. Kerralla koko tarkasteltavan alueen laajuudelta toteutetuilla mittauksilla saadaan tarkin kuva runkomelu- ja tärinäolosuhteiden tilanteesta ja vaihtelusta kaavoitettavalla alueella.

6 SUOSITUS KAAVAMERKINNÖISTÄ

Raideliikenteen aiheuttama runkomelu tulee huomioida asuinrakennusten suunnittelussa, mikäli rakennukset sijoittuvat alle 165 metrin etäisyydelle junaradasta. Mikäli asuinrakennukseen suunnitellaan kellaruvia rakenteita, kuten lämpölattioita, tulee runkomelu huomioida rakennuksen sijaitessa alle 220 metrin etäisyydellä radasta. Runkomelutasojen tarkemmaksi selvittämiseksi runkomelun vaikutusalueella suositellaan tarkentavia värähtelymittauksia.

Raideliikenteen aiheuttama värinä tulee huomioida asuinrakennusten suunnittelussa, mikäli rakennukset sijoittuvat alle 93 metrin etäisyydelle lähimmästä junaraiteesta. Värinän tarkemmaksi selvittämiseksi värinän vaikutusalueella suositellaan tarkentavia värähtelymittauksia.

7 TORJUNTAPERIAATTEET JA JATKOTOIMENPITEET

Kaava-alueen asuinrakennuksissa, jotka sijoitetaan mahdollisesti runkomelun 35 dB vaikutusalueen sisälle voidaan runkomelua torjua seuraavilla tavoilla:

- toteuttamalla rakennusten perustukset runkomeluvaimentimien varaan
- asentamalla runkomeluvaimennusta ratarakenteeseen

Kaava-alueen asuinrakennuksissa, jotka sijoitetaan mahdollisesti värinän 0,3 mm/s vaikutusalueen sisälle voidaan värinää torjua seuraavilla tavoilla:

- mitoittamalla perustusten, rakennusrungon sekä ala- ja välipohjien ominaistuuksia vältettävien maaperän ominaistuuksien ulkopuolelle
- toteuttamalla rakennuksen ja radan väliin värinän torjuntaan soveltuva yhtenäinen ja riittävän leveä kalkkistabilointikaista

Kaava-alueen asuinrakennusten sopivat torjuntaperiaatteet tulee varmistaa asuinrakennusten suunnittelun yhteydessä. Runkomelun ja värinän riskialueiden laajuutta sekä värähtelyn ominaisuuksia suositellaan tarkennettavan kohteessa tehtävin värähtelymittauksin ennen torjuntasuunnittelun aloittamista, jotta toteutettavat torjuntatoimet pystytään valitsemaan ja mitoittamaan oikein.

Minna Santaholma
Akustikko, DI

Timo Peltonen
johtava akustikko, DI, FISE PV (akustiikka)

VIITTEET

1. Ääniympäristö – Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. 2018.
2. Standardi SFS 5907:2022 Rakennusten akustinen suunnittelu ja laatuluokitus.
3. Talja A., Saarinen A. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. Esiselvitys. VTT Tiedotteita 2468. Espoo, 2009.
4. Talja, A., Törnqvist, J. Liikennetärinä: Alueiden värinäkartoitusta ja rakenteiden vaurioitumisalttius. VTT tutkimusraportti VTT-R-04703-14. 2014.
5. Oulun kaupunki. Heikkilänkangas-Madedoski, asemakaava. 13.11.2024.

6. Törnqvist, J. ja Talja, A., ym. Suositus liikennetärinän arvoimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT Working papers 50. Espoo 2006.
7. Talja A., Ohjeita liikennetärinän arviointiin. VTT Tiedotteita 2569. Espoo 2011.

LIITTEET

LIITE A Mallinnuskuvat

LIITE A MALLINNUSKUVAT

- 241602-810-1 Madedoski - junan runkomelu, uusi kaava, rev A 26.11.2024
- 241602-810-2 Madedoski - junan tärinä, uusi kaava, rev A 26.11.2024
- 241602-810-3 Madedoski - junan runkomelu, uusi kaava, rev A 26.11.2024
- 241602-810-4 Madedoski - junan tärinä, uusi kaava, rev A 26.11.2024

**Madekoski, junan
runkomelu, uusi kaava**

Mallinnettu junaliikenteen aiheuttama runkomelu asunnossa, ilmoitettuna runkomelun tunnusluvulla L_{pm}, dB. Tunnusluku kuvaa junien ohiajojen aiheuttaman runkomelun enimmäistason 95-persentiiliä.

Käyrän 30 dB etäisyys radasta n. 220 m
Käyrän 35 dB etäisyys radasta n. 165 m
Käyrän 40 dB etäisyys radasta n. 116 m
Käyrän 45 dB etäisyys radasta n. 73 m

Mallinnusalueen reunoilla esiintyvä käyrien kaartuminen kohti junarataa liittyy mallinnusalueen rajaukseen ja mallinnusmenetelmän rajoituksiin eivätkä näin kuvaa todellisia mallinnustuloksia.

Revisio A

AKUKON

Akukon Oy

SUUN

MSa

MITTAKAAVA

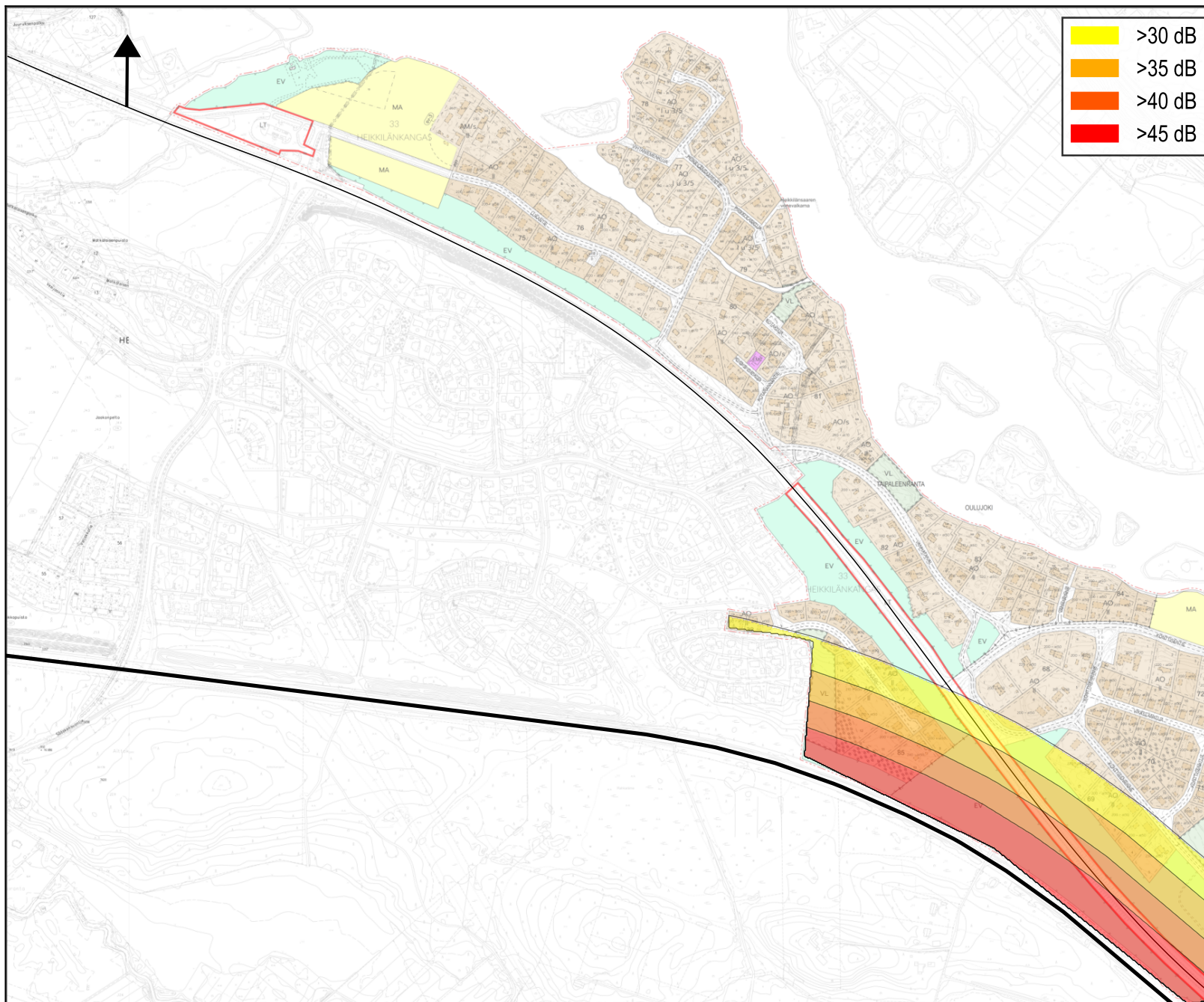
--

PÄIVÄYS

26.11.2024

PAPERIKOKO

A4



**Madekoski, junan
tärinä, uusi kaava**

Mallinnettu junaliikenteen aiheuttama tärinä asunnossa, ilmoitettuna tärinän tunnusluvulla v_{w95} , mm/s. Tunnusluku kuvaa junien ohiajojen aiheuttaman tärinän enimmäisarvon 95-persentiilillä. Mallinnuksessa on oletettu resonanssitilanne rakennuksen ja maaperän värähtelyn välillä.

Käyrän 0,3 mm/s etäisyys radasta n. 93 m
Käyrän 0,6 mm/s etäisyys radasta n. 34 m

Mallinnusalueen reunoilla esiintyvä käyrien kaartuminen kohti junarataa liittyy mallinnusalueen rajaukseen ja mallinnusmenetelmän rajoituksiin eivätkä näin kuvaa todellisia mallinnustuloksia.

Revisio A

AKUKON

Akukon Oy

SUUN

MSa

MITTAKAAVA

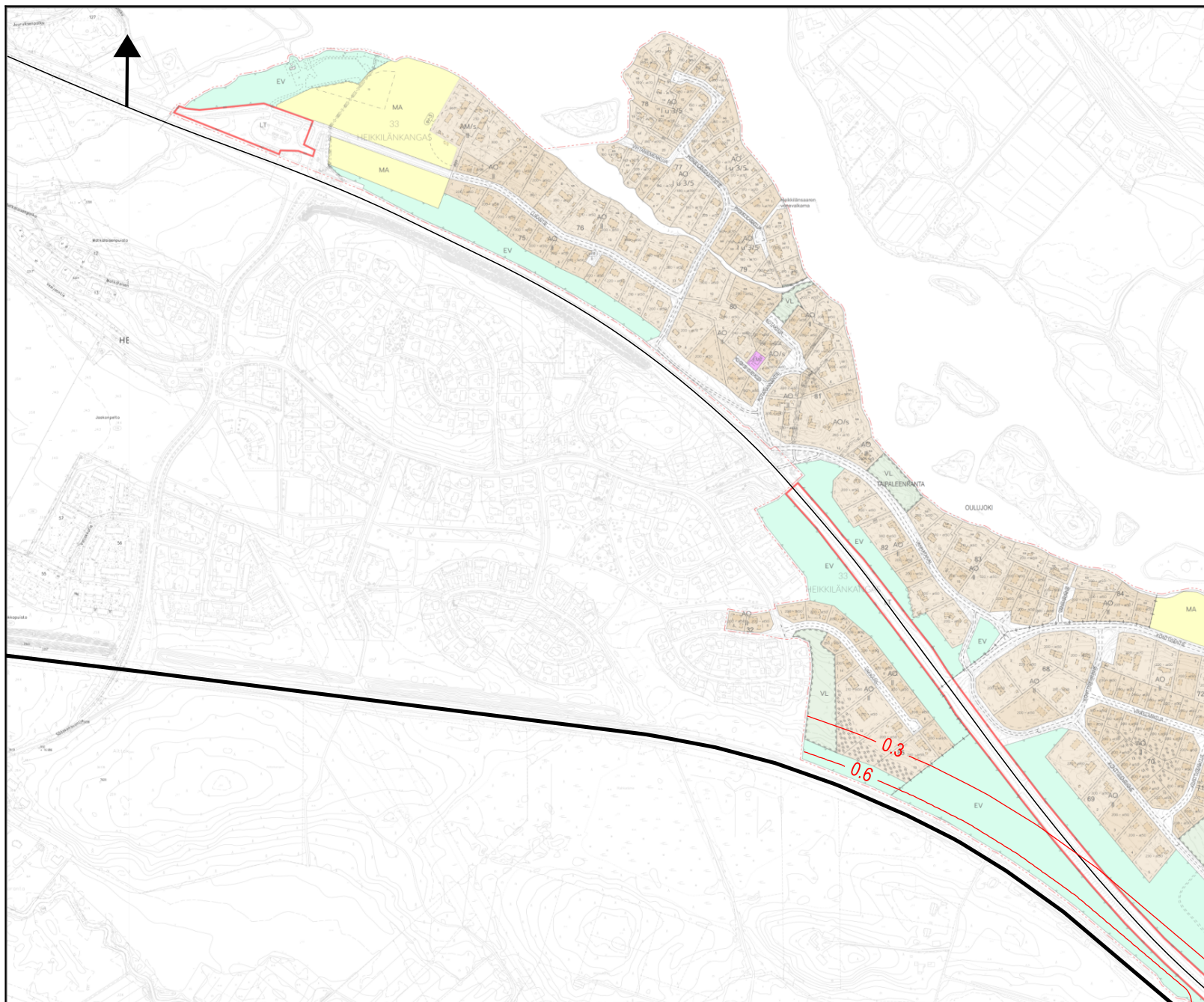
--

PÄIVÄYS

26.11.2024

PAPERIKOKO

A4



**Madekoski, junan
runkomelu, uusi kaava**

Mallinnettu junaliikenteen aiheuttama runkomelu asunnossa, ilmoitettu runkomelun tunnusluvulla L_{pr,m}, dB. Tunnusluku kuvaa junien ohiajojen aiheuttaman runkomelun enimmäistason 95-persenttiä.

Käyrän 30 dB etäisyys radasta n. 220 m
Käyrän 35 dB etäisyys radasta n. 165 m
Käyrän 40 dB etäisyys radasta n. 116 m
Käyrän 45 dB etäisyys radasta n. 73 m

Mallinnusalueen reunoilla esiintyvä käyrien kaartuminen kohti junarataa liittyy mallinnusalueen rajaukseen ja mallinnusmenetelmän rajoituksiin eivätkä näin kuvaa todellisia mallinnustuloksia.

Revisio A

AKUKON

Akukon Oy

SUUN

MSa

MITTAKAAVA

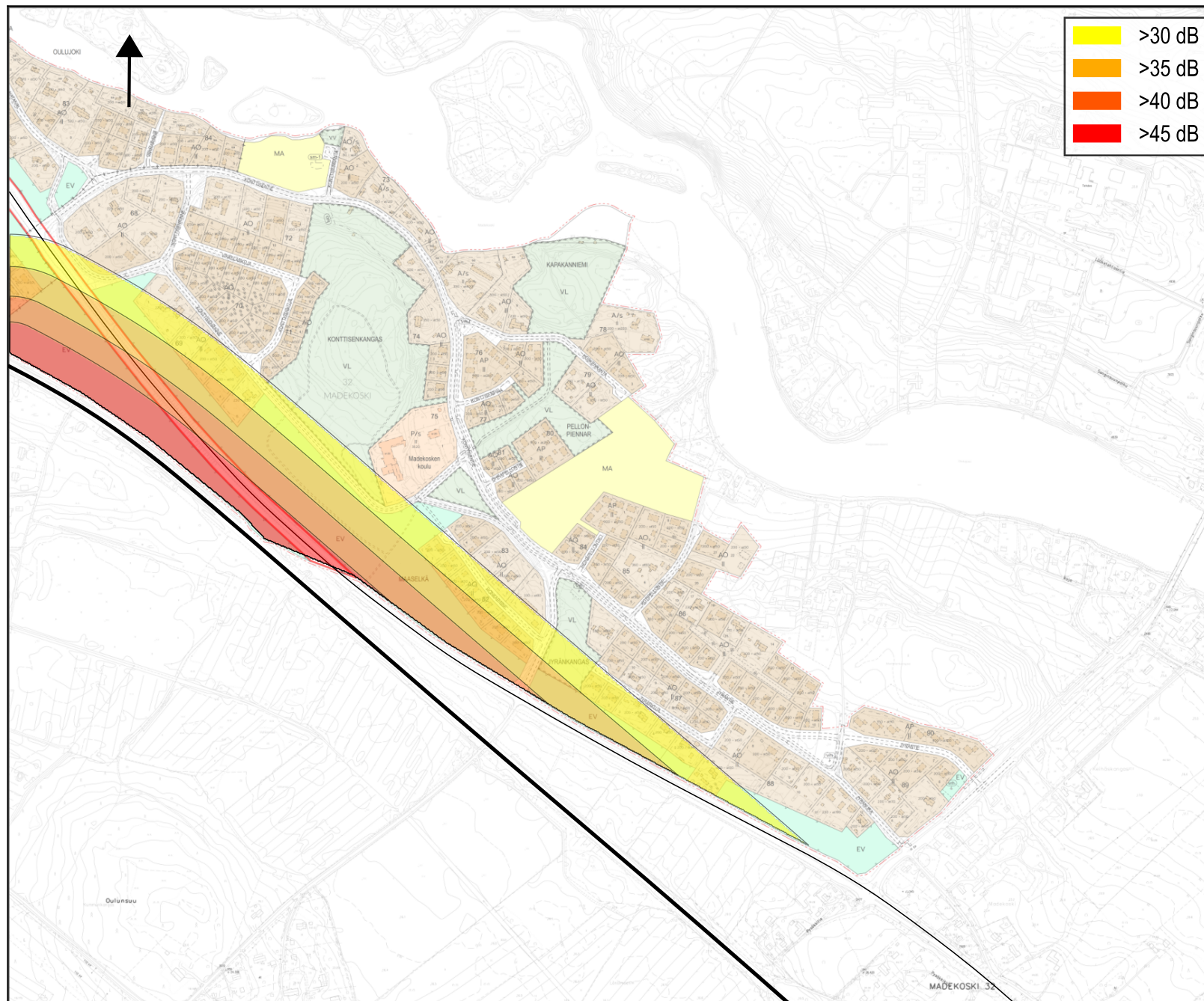
--

PÄIVÄYS

26.11.2024

PAPERIKOKO

A4



**Madekoski, junan
tärinä, uusi kaava**

Mallinnettu junaliikenteen aiheuttama tärinä asunnossa, ilmoitettuna tärinän tunnusluvulla v_{w95} , mm/s. Tunnusluku kuvaa junien ohiajojen aiheuttaman tärinän enimmäisarvon 95-persentiilillä. Mallinnuksessa on oletettu resonanssitilanne rakennuksen ja maaperän värähtelyn välillä.

Käyrän 0,3 mm/s etäisyys radasta n. 93 m
Käyrän 0,6 mm/s etäisyys radasta n. 34 m

Mallinnusalueen reunoilla esiintyvä käyrien kaartuminen kohti junarataa liittyy mallinnusalueen rajaukseen ja mallinnusmenetelmän rajoituksiin eivätkä näin kuvaa todellisia mallinnustuloksia.

Revisio A

AKUKON

Akukon Oy

SUUN

MSa

MITTAKAAVA

--

PÄIVÄYS

26.11.2024

PAPERIKOKO

A4

