

3026 MÄKISENPELLON ASEMAKAAVAN MUUTOS, LEMPÄÄLÄ

TÄRINÄSELVITYS

ALKUSANAT

Tärinäselvitys on tehty Lempäälän kunnan toimeksiannosta marraskuussa 2021. Tavoitteena on ollut selvittää rautatieliikenteen mahdollisesti aiheuttamaa tärinähaittaa Mäkisenpellon asemakaava-alueella.

Tärinäselvityksen laatimisessa projektipäällikkönä ja tärinän arvioijana on toiminut DI Marja-Terttu Sikiö Destia Oy:n Liikenne ja kaupunkiympäristöyksiköstä. Paikkatietotarkastelut ovat tehneet FM Nina Lindroos ja FM Sini Yli-Öyrä.

Vantaalla marraskuussa 2021

Destia Oy

Liikenne ja kaupunkiympäristö

SISÄLLYS

1	SUUNNITTELUKOHDE	1
2	LIIKENNETÄRINÄN ARVIOINTI	4
2.1	Arviointimenetelmä	4
2.2	Tärinän suositusarvot	5
3	TÄRINÄTARKASTELU	8
3.1	Rakennusten vaurioriski	8
3.2	Asumisviihtyvyys	10
3.3	Runkomelu	10
4	YHTEENVETO JA SUOSITUKSET	11
5	LÄHTEET	13

1 SUUNNITTELUKOHDE

Alueen sijainti ja kaavaluonnos

Tärinäselvitys on laadittu Mäkisenpellon asemakaava-alueelle. Alue sijaitsee Harakkalassa Lempäälän kunnassa (kuva 1) Pappilantien ja Helsinki-Tampere pääradan välissä noin kilometrin etäisyydellä Lempäälän keskustasta pohjoiseen. Kaavamuutoksen tavoitteena on osoittaa suunnittelualueelle pientalorakentamista (kuva 2). Alueen koko on n. 1,29 ha.



Kuva 1. Alueen sijainti (Taustakartta MML 2021).

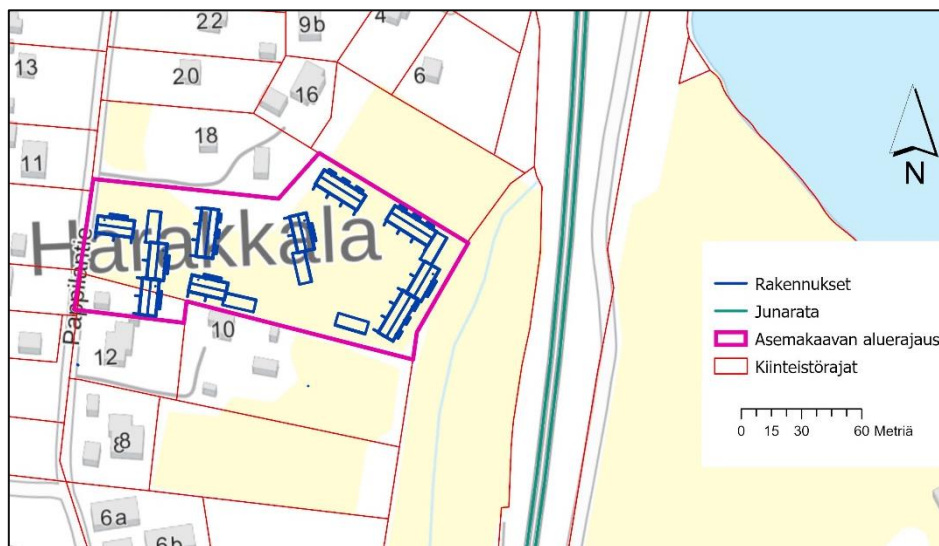


Kuva 2. Ote kaavaluonnoksesta (Lempäälän kunta 2021).

Kaavaluonnoksessa Mäkisenpellon alueelle on esitetty 2-kerroksisia rivitaloja (kuva 3). Kaavaluonnoksen perusteella rakennusmassaa voisi sijoittaa lähimmillään 53 metrin etäisyydelle lännen puoleisen raiteen keskilinjasta (kuva 4).



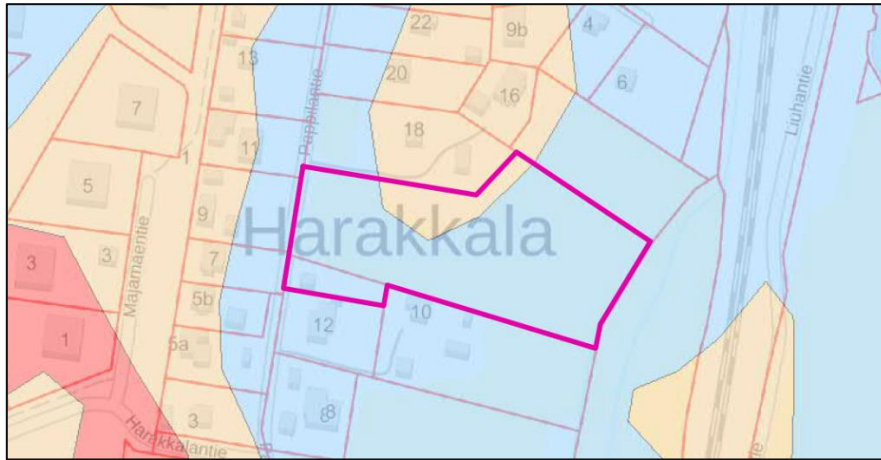
Kuva 3. Kaavaluonnoksessa esitetyt rakennukset (Lempäälän kunta 2021).



Kuva 4 Ote rakennusten sijoittelusta (Lempäälän kunta 2021)

Alueen maaperä

Alueen maaperä on Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) yleispiirteisen maaperäkartan mukaan radan ja kaava-alueen välillä savea (kuva 5). Alueella aikaisemmin tehtyjen pohjatutkimusten mukaan maan pinnalla on ohut kuivakuorikerros ja savikerroksen paksuus on 2-4,5 m. Saven leikkauslujuus on siipikairausten mukaan alle 25 kN/m².



Kuva 5 Kaava-alueen yleispiirteinen maaperäkartta. Sininen alue: savi, vaalean oranssi alue: hiekkamoreeni, punainen alue: kallioma. Aineistot: GTK:n avoimet paikkatietoaineistot, MAAPERÄ 1:20000 / 1:50000 © Geologian tutkimuskeskus 11/2021, MML:n avoimet paikkatietoaineistot, Maanmittauslaitoksen taustakartta ja kiinteistöjaotus, © Maanmittauslaitos 11/2021



Tutkimuspiste	Alhaisin leikkauslujuus
1	14,30
2	15,40
3	7,20
4	12,10

Kuva 6 Kaava-alueen läheisyydestä tehtyjen siipikairausten tutkimuspisteet ja leikkauslujuustulokset, taulukossa esitetty alhaisin leikkauslujuuden (kN/m^2) arvo. Aineistot: GTK:n avoimet paikkatietoaineistot, Pohjatutkimukset © Geologian tutkimuskeskus 11/2021, MML:n avoimet paikkatietoaineistot, Maanmittauslaitoksen taustakartta, © Maanmittauslaitos 11/2021

Tiedot junaliikenteestä

Junaliikennetiedot perustuvat NRC Group Finland Oy:ltä saatuihin tietoihin, joita on käytetty Lempäälän kunnan meluselvityksissä.

Taulukko 1 Raideliikenteen tiedot

Junatyyppi	Nopeus (km/h)	Pituus (m)	Junia päivässä (kpl)
Pendolino	170	206	17
InterCity	170	175	36
Sm4 taajamajuna	50	109	13
Muu henkilöjuna	140	180	11
Tavarajuna	70	390	17

2 LIKENNETÄRINÄN ARVIOINTI

2.1 Arviointimenetelmä

Tärinän arviointi on tehty VTT:n ohjeen Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, 2006 mukaisesti. Arvioinnissa on hyödynnetty myös VTT:n täydentävää ohjetta Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius, 2014. VTT:n ohjeistuksessa tärinän arviointi suositellaan tehtäväksi kolmella eri tasolla. Tarvittava arviointitaso riippuu halutusta tarkkuudesta. Arviointitaso 1 perustuu etäisyyksiin liikennetärinää aiheuttavasta kohteesta, arviointitaso 2 maaperätietojen perusteella tehtyyn laskennalliseen tarkasteluun ja arviointitaso 3 tärinämittausten perusteella tehtyyn laskennalliseen tarkasteluun. Tässä työssä arviointitaso on ollut 2. Runkomelun arvioinnissa on käytetty VTT:n ohjetta Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi.

Arvioinnin yhteydessä ei ole tehty maaperätutkimuksia. Maaperän ominaisuudet on arvioitu GTK:n maaperäkartan ja Liikenneviraston aikaisemmin tekemien pohjatutkimusten tulosten perusteella.

Liikennetärinä vaikuttaa yleensä eniten ja laajemmalla alueella asumismukavuuteen, mutta se voi joskus olla osasyynä myös rakennusten vaurioihin. Tärinä voi aiheuttaa myös maan kautta välittyvää haitallista runkomelua. Tässä raportissa on tarkasteltu tärinästä johtuvaa rakennusten vaurioriskiä alueella sekä tärinän vaikutusta asumismukavuuteen ja runkomeluun. Selvityksen yhteydessä ei ole tehty tärinän tai runkomelun mittauksia.

2.2 Tärinän suositusarvot

Rakennusten vaurioitumisriski

Rakennusten, rakenteiden ja laitteiden vaurioitumisriskiä voidaan arvioida tärinän vaikutusalueiden tarkastelun avulla (tärinäalueet V, H ja E). Haitallisuuden arvioinnin vertailuarvo on värähtelyn huippuarvo v_{max} (mm/s) (kaava 1). Tärinän vaikutusalueiden rajauksessa käytettävät värähtelyarvot pehmeälle savelle on esitetty taulukossa 2. Taulukon arvot perustuvat julkaisuun VTT-R-04703-14 "Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius".

Taulukko 2 Tärinäalueiden (V, H ja E) rajauksessa käytettävät värähtelyarvot maaperän värähtelylle.

Maalaji	v_{max} , mm/s, tärinäalue		
	V-alue	H-alue	E-alue
Pehmeä savi, leikkauslujuus <25 KN/m²	3	1-3	<1

- V-alue: Lähinnä rataa oleva alue, jolla maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille.
- H-alue: 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 asumismukavuutta.
- E-alue: Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta.

Maanpinnan värähtelyn huippuarvon v_G määrittely tehdään puoliempiirillä laskentakaavalla juna- ja maaperätietoihin perustuen. Värähtelyn huippuarvo tietyllä etäisyydellä radasta lasketaan seuraavasti:

$$v_G = v_0 \cdot \left(\frac{D_0}{D}\right)^B \cdot \left(\frac{S}{S_0}\right)^A \cdot \frac{G}{G_0} \cdot k_R \cdot F, \quad (\text{kaava 1})$$

- v_0 on värähtelyn perusarvo maassa etäisyydellä D_0 , junatyypin vaikuttaa
- D_0 on vertailuetäisyys 15 m raiteen keskilinjasta,
- D on tarkastelupisteen etäisyys raiteen keskilinjasta,
- B on maalajin perusteella määräytyvä etäisyyseksponentti,

- S on tarkasteltava junan nopeus,
- S_0 on 70 km/h,
- A on nopeuseksponentti, jonka arvo on 0,9-1,1 (keskimäärin 1,0),
- G on tarkasteltavan junan kokonaispaino
- G_0 on 2000 tn,
- k_R on radan kunnosta riippuva kerroin, joka on keskimäärin 1,0. Vanhoille yksiraiteisille radoille $k_R = 1,3$ ja uusille moniraiteisille radoille $k_R = 0,7$,
- F on varmuuskerroin, jonka arvo on 2.

Laskennallisesti määritettyjä maanpinnan värähtelyn huippuarvoja verrataan edellä esitetyn taulukon 2 mukaisiin värähtelyrajoihin.

Asumisviihtyvyys

Liikennetärinän asumisviihtyvyydelle aiheuttamaa haittaa arvioidaan käyttäen kriteerinä värähtelyn tunnuslukua $v_{w,95}$ (mm/s), joka kuvaa värähtelyn maksimiarvon odotusarvoa. Tunnusluvun perusteena ovat yhden viikon aikana mitatut 15 suurinta ajoneuvon aiheuttaman värähtelyn mittaustulosta. Tunnusluvun perusteella alueet voidaan jakaa taulukossa 3 esitettyihin neljään luokkaan (*VTT:n tiedote 2278 Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, Talja 2004*). Kun olemassa olevien väylien läheisyydessä laaditaan tai merkittävästi muutetaan kaavaa, sovelletaan luokkaa C.

Taulukko 3 VTT:n tiedotteessa 2278 annettu suositus normaalien asuinrakennusten värähtelyluokituksesta

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

Tarkemmat arviot asumisviihtyvyydelle aiheutuvasta haitasta edellyttävät VTT:n tiedotteen 2569 "Ohjeita liikennetärinän arviointiin" mukaan

värähtelyn mittaamista rakennuspaikalla. Koska suunnittelukohteella ei ole tehty värähtelymittauksia, ei mittauksiin perustuvaa arviointitapaa voida käyttää ja asumisviihtyvyyden arviointi on tehty perustuen VTT:n aikaisempaan julkaisuun ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa Working Papers 50, liite C, 2006”. Asumisviihtyvyyksvaikutuksen arvio on karkea, koska värähtelyn taajuussisältöä ei tunneta.

Asumisviihtyvyyden arvioinnin laskentakaava on sama, jota käytetään rakenteiden vaurioitumisalttiuden arviointiin (kaava 1). Arvioinnissa rakennukseen siirtyvässä värähtelyssä otetaan huomioon myös rakennuksen tyyppistä riippuva suurennuskertoimen k_b , jolla otetaan huomioon värähtelyn mahdollinen voimistuminen resonanssin vaikutuksesta. Suurennuskertoimen arvo on 2,0 lukuun ottamatta seuraavia rakennustyyppisiä: maanvaraiset lattiat, paaluille perustettu 1-kerroksinen rakennus sekä yli 5-kerroksinen rakennus – näille suurennuskertoimen arvo on 1,0. Resonanssin merkitys on suurin pehmeillä maa-alueilla, koska maaperän värähtelyn energia esiintyy siellä kapealla taajuuskaistalla, joka voi osua rungon tai lattian ominaistaajuusalueelle. Pehmeillä savella värähtelyssä vallitseva taajuus on tyyppillisesti alle 10 Hz. Paksuilla savikerroksilla ja erittäin pehmeillä savilla vallitseva taajuus on alhaisempi. Kerroksellisessa maaperässä värähtely voi olla voimakasta useilla eri taajuuksilla.

Asuintiloissa arvioitua värähtelyä verrataan taulukossa 3 esitettyihin raja-arvoihin. Luokituskriteerin on toteuduttava pystyvärähtelyn osalta rakennuksen kaikissa lattioissa ja vaakavärähtelyn osalta rakennuksen jokaisessa kerroksessa. Luokitus perustuu VTT:n tiedotteessa 2278 annettuihin suosituksiin värähtelyluokituksista. Luokituksen taustalla on Norjan standardi (NS 8176E, 1999) ja VTT:n mittaukset, julkaistu tiedotteessa 2278. Myös ohjeet (DIN 4150-2, 1999, Banverket 1997, FRA 1998) tukevat suosituksia.

Runkomelu

Runkomelu on maaperän kautta rakennukseen siirtyvää värähtelyä, joka muuntuu ääneksi. Runkomelu voi vaikuttaa asumisviihtyvyyteen. VTT:n tiedotteessa 2468 ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” (2009) on esitetty suositus runkomelutasojen raja-arvoiksi. Runkomelutason (L_{prm}) suositus asuinhuoneistoille on 30 tai 35 dB(A). Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmastoineristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

Runkomelun haitallisuutta voidaan selvittää mittaamalla melun enimmäisäänitasoja junan ohitustapahtuman aikana.

Haitallisuutta voidaan arvioida myös turvaetäisyyteen tai värähtelyn siirtotiehen perustuen. Runkomelun turvaetäisyydet eri maaperätyypeille on esitetty VTT:n tiedotteessa 2468/2009. Esitettyä etäisyyttä kauempana runkomelun tarkempi värähtelytarkastelu ei yleensä ole tarpeen. Turvaetäisyys pehmeälle maalle on esitetty taulukossa 5.

Runkomelun arvioinnin värähtelyn siirtotiehen perustuva menetelmä on esitetty VTT:n tiedotteessa 2468/2009. Arviointi perustuu liikenteen, ajoneuvon, väylän ja rakennuksen ominaisuuksiin ja etäisyyksiin. Koska selvitystä varten ei ole käytettävissä tarkempia tietoja radan, junakaluston ja tulevien asuinrakennusten ominaisuuksista, ei värähtelyn siirtotiehen perustuvaa arviointimenetelmää käytetä tässä yhteydessä. Arviointimenetelmän mukaan runkomelutasoa nostavat esimerkiksi junakaluston veturivetoisuus, suuri liikennöinti nopeus, junakaluston jousituksen jäykkyys, pyörien ja kiskojen kuluneisuus sekä radan epäjatkuvuuskohdat. Runkomeluhaittaa voidaan torjua esimerkiksi radan kiskojen ja pölkkyjen eristämällä tai rakennusten eristysratkaisuilla. Myös rakennuksen tyypillä on vaikutusta runkomeluun asuintiloissa.

Taulukko 4. Väylän ja rakennuksen välinen etäisyys, jota kauempana väylästä tarkempi värähtelytarkastelu ei yleensä ole tarpeen.

Liikennetyyppi	Pehmeä maa, pintaväylä, 35 dB
Lähijuna, 80 km/h	< 5 m
Lähijuna, 160 km/h	10 m
Sähkömoottorijuna, 220 km/h	15 m
IC-juna, 160 km/h	40 m
Tavarajuna, 100 km/h	60 m

3 TÄRINÄTARKASTELU

3.1 Rakennusten vaurioriski

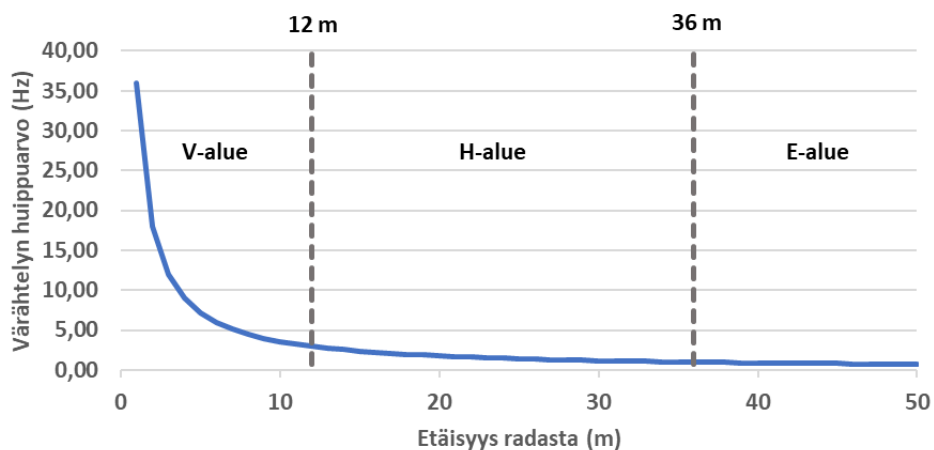
Tärinän värähtelytaso arvioitiin tavarajunaliikenteen perusteella. Tavarajunan suurimmaksi painoksi arvioitiin 2 000 tn ja suurimmaksi nopeudeksi 70 km/h. Laskentakaavan kertoimet valittiin tärinän suhteen mahdollisimman epäedullisiksi. Laskenta-arvona käytettiin seuraavia:

- Värähtelyn perusarvona v_0 käytettiin arvoa 1,20 mm/s (normaali koheesiomaa: savi, savinen siltti, siltti)
- nopeuseksponenttina A käytettiin keskimääräistä arvoa 1,0
- etäisyys eksponenttina B käytettiin arvoa 1,0

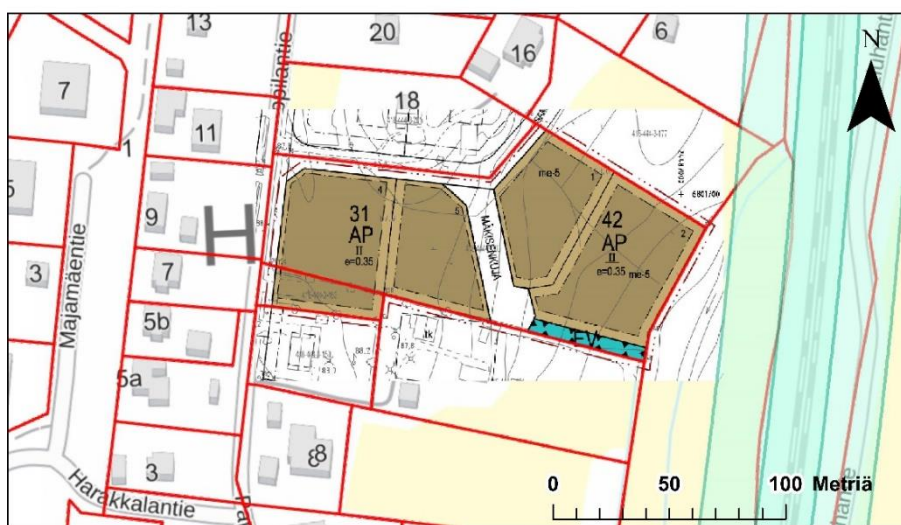
- radan kuntokertoimena k_R käytettiin keskimääräistä arvoa 1,0
- varmuuskertoimena F käytettiin arvoa 2.

Laskennallisesti määritettyjen maanpinnan värähtelyn huippuarvojen perusteella **V-alueen etäisyys radasta on 0-12 metriä** (kuvat 7 ja 8). Tällä alueella maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille.

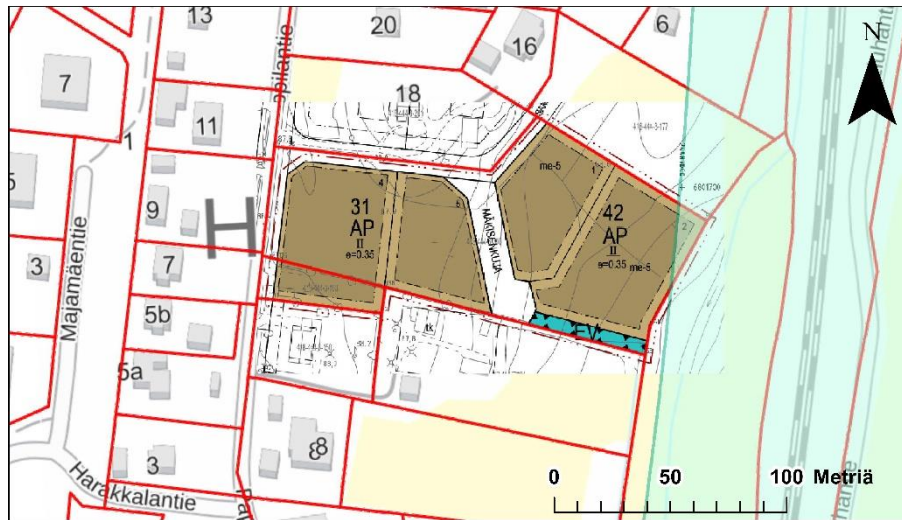
H-alueen etäisyys radasta on 12-36 metriä (kuvat 7 ja 8). Tällä alueella hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkempien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin yleensä selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asumismukavuutta.



Kuva 7 Maanpinnan värähtelyn laskennalliset huippuarvot ja V, H ja E-alueiden rajat



Kuva 8 Tärinäalueet V, H ja E esitettynä kartalla. (Aineistot: Maanmittauslaitoksen kiinteistörajat ja taustakartta, kaavarajaus Lempäälän kunta 2021)



Kuva 10 Alue, jolla etäisyys radasta on alle runkomelun turvaetäisyyden 60 m (Aineistot: Maanmittauslaitoksen kiinteistörajat ja taustakartta, kaavarajaus Lempäälän kunta 2021)

4 YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

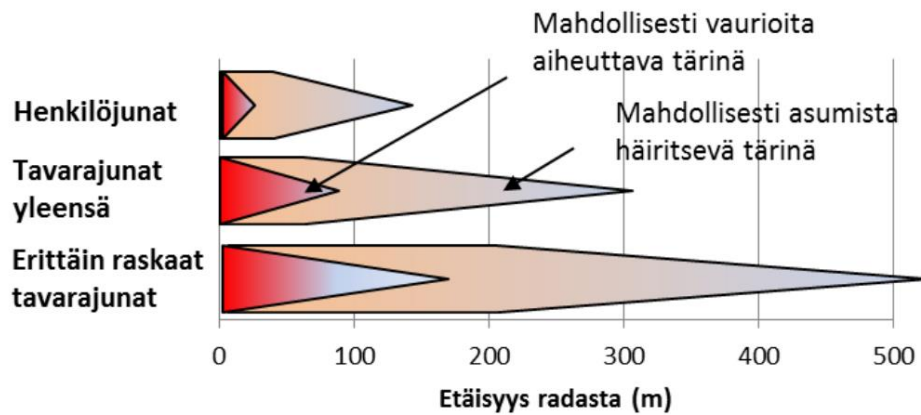
Yhteenveto

Tärinäselvityksen tavoitteena oli selvittää rautatieliikenteen mahdollisesti aiheuttama tärinähaitta Mäkisenpellon asemakaava-alueella. Tärinäselvityksen perusteella:

- Tärinästä johtuvan rakennusten vaurioriskin osalta asemakaava-alue sijoittuu E-alueelle, jossa tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumisviihtyvyyttä.
- Asumisviihtyvyyshaittaa voidaan selvityksen mukaan kokea kaava-alueen itäosassa.
- Runkomelun turvaetäisyys täyttyy lähes koko kaava-alueella. Turvaetäisyys ylittyy rakennusalan radan puoleisessa reunassa. Turvaetäisyyden täyttyminen voidaan huomioida siirtämällä rakennusmassaa jatkosuunnittelun yhteydessä hieman etäämmäs radasta.

Junaliikenteen tärinähaittojen arviointiin liittyy epävarmuustekijöitä, kuten esimerkiksi liikennöivän junakaluston tyyppi ja ominaisuudet, maaperän ominaisuuksien vaihtelu sekä mahdolliset epäjatkuvuuskohdat ja muut vauriot ratakoissa. Käytetyt arviointimenetelmät ovat likimääräismenetelmiä eikä tärinäselvityksen yhteydessä tehty tärinämittauksia, runkomelumittauksia tai lisäpohjatutkimuksia. Kuvassa 11 on esitetty VTT:n tutkimusraportissa (VTT-R-04703-14) esitetty arvio suurimmista etäisyyksistä,

joilla eri junatyypin aiheuttama liikennetärinä voi haitata asumista tai aiheuttaa rakennusten vaurioita. Kuvajan palkeissa kiilamaisella osuudella kuvataan epävarmaa aluetta, jolla maaperän ja rakennusten ominaisuudet vaikuttavat paljon lopputulokseen.



Kuva 11 Yleinen suuntaa-antava arvio suurimmista etäisyyksistä, joilla liikennetärinä voi haitata asumista tai aiheuttaa vaurioita. VTT:n tutkimusraportti: Liikennetärinä: Alueiden tärinäkarttoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius

Suosituks

Suositus asemakaavaan lisättäväksi määräykseksi tärinää koskien:

Alueella tulee huomioida raideliikenteen aiheuttama tärinä ja runkomelu. Asuinrakennuksissa esiintyvän liikennetärinän raja-arvosuositus on $w_{v,95} < 0,30$ mm/s. Rakennussuunnitelmassa tulee esittää rakennuskohtaiset ratkaisut ja toimenpiteet rakenteiden tärinän vähentämiseksi raja-arvon 0,30 mm/s alle.

5 LÄHTEET

Talja, A. (2004). Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. 50 s. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2004/T2278.pdf>

Talja, A. (2011). Ohjeita liikennetärinän arviointiin. VTT Tiedotteita 2569. 35 s. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2011/T2569.pdf>

Talja, A., & Törnqvist, J. (2014). Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Research Report Vol. VTT-R-04703-14 <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/VTT-R-04703-14.pdf>

Talja, A., & Saarinen, A. (2009). Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi: Esiselvitys. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Tiedotteita - Research Notes No. 2468 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2468.pdf>

VTT 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT working papers 50.

DESTIA

Destia Oy
Puhelin (vaihde) 020 444 11
www.destia.fi