

Oulunlahden uusi liikennepaikka

Liikennemeluserveys

1613142.2

17.8.2017

Liikennelähtöinen
liikennemeluserveys
Oulunlahden liikennepaikka

Oulunlahden uusi liikennepaikka

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
1.1	Tilaaja	3
1.2	Tekijä	3
1.3	Selostuksen tarkoitus.....	3
2	LÄHTÖTIEDOT	3
2.1	Työn tausta ja lähtökohdat.....	3
2.2	Maastomalli, rakennukset ja melusteet.....	4
2.3	Liikenne.....	4
3	VAATIMUKSET	5
3.1	Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992.....	5
3.2	Melulle herkat alueet ja niillä noudatettavat vaatimukset.....	6
4	MALLINNUS.....	7
5	TULOKSET	7
	LÄHTEET.....	9

LIITTEET

LIITE 1.1	Meluvyöhykkeet nykytilanteessa v. 2018 päivällä (klo 7–22)
LIITE 1.2	Meluvyöhykkeet nykytilanteessa v. 2018 yöllä (klo 22–7)
LIITE 1.3	Meluvyöhykkeet lisäraiteella nykytilanteessa v. 2018 päivällä (klo 7–22)
LIITE 1.4	Meluvyöhykkeet lisäraiteella nykytilanteessa v. 2018 yöllä (klo 22–7)
LIITE 1.5	Erotusmelukartta nykytilanteessa v. 2018 päivällä (klo 7–22)
LIITE 1.6	Erotusmelukartta nykytilanteessa v. 2018 yöllä (klo 22–7)
LIITE 2.1	Meluvyöhykkeet ennustetilanteessa v. 2035 päivällä (klo 7–22)
LIITE 2.2	Meluvyöhykkeet ennustetilanteessa v. 2035 yöllä (klo 22–7)
LIITE 2.3	Meluvyöhykkeet lisäraiteella ennustetilanteessa v. 2035 päivällä (klo 7–22)
LIITE 2.4	Meluvyöhykkeet lisäraiteella ennustetilanteessa v. 2035 yöllä (klo 22–7)
LIITE 2.5	Erotusmelukartta ennustetilanteessa v. 2035 päivällä (klo 7–22)
LIITE 2.6	Erotusmelukartta ennustetilanteessa v. 2035 yöllä (klo 22–7)

1 JOHDANTO

1.1 Tilaaja

Liikennevirasto
PL 33
00521 Helsinki

Seppo Paukkeri
seppo.paukkeri@liikennevirasto.fi

p. 029 534 3361

1.2 Tekijä

A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Puutarhakatu 10, 33210 Tampere
puh. 0207 911 888, fax. 0207 911 778

DI Henry Niemi
henry.niemi@ains.fi

p. 0207 911 705

Ins. (AMK) Ulrika Nummelin
ulrika.nummelin@ains.fi

p. 0207 911 543

TkL Mikko Kylliäinen
mikko.kylliainen@ains.fi

p. 0207 911 394

1.3 Selostuksen tarkoitus

Tässä meluselvityksessä tutkitaan raideliikenteen tuottamia melutasoja tarkastelualueella sijaitsevien rakennusten tonteilla Oulussa, Oulunlahden uudella liikennepaikalla. Melulaskentojen tavoitteena on selvittää ohjearvot ylittävät melun leviämisalueet ja osoittaa mahdolliset suojaustoimenpiteitä edellyttävät alueet sekä melun torjumiseksi, että huomioimiseksi jatkosuunnittelun yhteydessä. Lisäksi arvioidaan aiemmin korotetun nykyisen meluesteen riittävyttä alueella.

2 LÄHTÖTIEDOT

2.1 Työn tausta ja lähtökohdat

Ouluun, Oulunlahteen suunnitellaan uusi liikennepaikka, nimeltään Oulunlahden liikennepaikka. Oulunlahden liikennepaikan ratasuunnitelman laatii Proxion Oy, jonka käynnissä olevaa suunnittelua tämä raideliikenteen meluselvitys palvelee. Oulunlahden liikennepaikan suunnittelu on osa Seinäjoki–Oulu-ratahanketta, jolla perusparannetaan nykyinen yksiraiteinen rata ja uusilla kaksoisraideosuuksilla kasvatetaan raideliikenteen kapasiteettia.

Selvityksessä päivitetään yksöisraiteen perusparantamista varten vuonna 2014 tehty ”Liminka–Oulu rakentamissuunnittelu, meluselvitys” (Vr Track Oy, 23.6.2014) vastaamaan suunniteltavaa liikennepaikan tilannetta. Yksöisraiteen rakentamissuunnitelmien mukaisesti vuonna

2016 alueella toteutetut toimenpiteet melun torjumiseksi toimivat selvityksen lähtökohtana. Toimenpiteistä Kiviniemen nykyinen meluvalli on korotettu, muita meluntorjuntatoimenpiteitä ei ole toteutettu.

Selvityksen tarkastelualue vastaa Oulunlahden liikennepaikan suunnittelualueetta, joka sijaitsee noin kilometrivälillä 746–748. Liikennepaikalle suunnitellaan yksi uusi vähintään 925 metrin hyötypituuden täyttävä sivuraide. Liikennepaikka sijaitsee noin kuusi kilometriä etelään Oulun rautatieasemalta rajautuen pohjoisessa Villiperänpolkuun ja etelässä Lentokentäntiehen. Liikennepaikka on sijoitettu kaksoisraiteen yleissuunnitelman mukaisesti nykyisen raiteen itäpuolelle (kaksoisraiteen sijoituspuoli). Alueella on asutusta sekä liiketoimintaa, joiden rakennuskanta säilyy myös tulevaisuudessa nykyisellään.

Suunnittelun ja lähtötietojen muuttuessa on tämä meluselvitys päivitettävä vastaamaan vallitsevia olosuhteita.

2.2 Maastomalli, rakennukset ja meluesteet

Melulaskentaa varten luotiin maastomalli, joka perustuu Liminka–Oulu-rakentamissuunnittelun meluselvityksen (Vr Track Oy, 23.6.2014) laskennoissa käytettyyn maastomalliaineistoon (korkeustiedot laskenta-alueen reunalla, liikenneväylien sijainnit ja vesistö) ja Proxion Oy:ltä saatuu aineistoon (06/2017), jota ovat Maanmittauslaitoksen laajemman alueen korkeusmalli, laserkeilausaineisto, mitattu maastomalli sekä uusien järjestelyjen osalta saatu Oulunlahden liikennepaikan rata- ja rakentamissuunnitelman (Proxion Oy, 7.7.2017) mukainen suunnitteluaineisto (Tekla Civil). Laskennat on esitetty liitekartoilla Oulun kaupungin käyttämässä koordinaatistossa (ETRS-Gk26).

Rakennusten sijainti-, korkeus- ja ominaisuustiedot (ml. rakennuksen käyttötarkoitustieto) on saatu Vr Track Oy:n tekemästä meluselvityksestä Liminka–Oulu rakentamissuunnittelua varten. Kaikkien rakennusten on oletettu pysyvän ennustetilanteen tarkasteluissa nykyisellään.

Laskennassa on lisäksi huomioitu selvitysalueella Kiviniemessä sijaitseva nykyinen melueste (Oulunlahden liikennepaikan ratasuunnitelman maastokäynnin raportti 20.6.2017, Proxion Oy), joka on Toukolankaaren asuinalueen ja radan väliin rakennettu meluvalli. Vallia on myöhemmin, vuonna 2016, yksöisraiteen rakentamissuunnittelun mukaisesti vielä korotettu, tarkoituksena parantaa alueella ratamelun torjuntaa.

2.3 Liikenne

Melun leviämistä tarkastellaan selvitysalueella nykytilanteen (v. 2018) ja ennustetilanteen (v. 2035) junaliikenteen liikennemäärillä ja ratajärjestelyillä sekä tehdään nykyisten ratajärjestelyiden (nykyinfra) tarkastelut ennustevuoden 2035 liikennemäärillä, että suunniteltujen ratajärjestelyiden (ennusteinfra) tarkastelut nykyvuoden 2018 liikennemäärillä. Tarkasteltavan alueen merkittävin melulähde on tulevaisuudessa nykyisellään säilyvä Seinäjoki–Oulu-päärata, jonka korkeusviivan taseus pysyy muuttumattomana sekä sen viereen, itäpuolelle, samaan korkotasoon rakennettava uusi lisäraide.

Raideliikenteen lähtötiedot perustuvat VR Track Oy:n suunnittelusta saatuihin tietoihin (M. Myllymäki 17.6.2017, päivitys 27.6.2017 ja 10.8.2017). Junien nopeutena käytetään lähtöaineistossa olleita todellisia nopeuksia, ei suositeltua nopeutta / nopeusrajoitusta. Junaliikenne on jaettu pääradalle ja lisäraiteelle niin, että suurin osa junista käyttää päärataa. Lisäraiteella ei ole oletettu kulkevan yöaikaan yhtäkään henkilöliikenteen junaa.

Melulaskennoissa käytetyt junatyypit, lukumäärät ja kokonaispituudet eri vuorokauden aikoina sekä junien todelliset nopeudet tarkastelualueen kohdalla raiteittain on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Liikenteelliset lähtötiedot.

Raide	Junatyyppi	Päivä (klo 7–22)		Yö (klo 22–7)		Todellinen nopeus (km/h)
		Junien lkm	Kok.pituus (m)	Junien lkm	Kok.pituus (m)	
NYKYLIIKENNE, NYKYRAIDE						
Päärata Seinäjäjoki-Oulu	Sr	2	395	3	395	140
	IC2	10	180	2	180	160
	F-Taju (suom. tavarajunat)	6	601	8	601	80
NYKYLIIKENNE, UUDET RAITEET						
Päärata Seinäjäjoki-Oulu	Sr	2	395	3	395	140
	IC2	8	180	2	180	160
	F-Taju (suom. tavarajunat)	2	601	4	601	80
Lisäraide Oulunlahti	Sr	0	395	0	395	60
	IC2	2	180	0	180	60
	F-Taju (suom. tavarajunat)	4	601	4	601	60
ENNUSTELIIKENNE, NYKYRAIDE						
Päärata Seinäjäjoki-Oulu	IC2	14	241	6	241	160
	F-Taju (suom. tavarajunat)	7	601	9	601	80
ENNUSTELIIKENNE, UUDET RAITEET						
Päärata Seinäjäjoki-Oulu	IC2	12	241	6	241	160
	F-Taju (suom. tavarajunat)	3	601	5	601	80
Lisäraide Oulunlahti	IC2	2	241	0	241	60
	F-Taju (suom. tavarajunat)	4	601	4	601	60

3 VAATIMUKSET

3.1 Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992

Valtioneuvoston päätöksessä 993/1992 [1] on määritelty melun A-painotetun ekvivalenttitason $L_{A,eq}$ enimmäisarvot ulko- ja sisätiloissa. Ohjearvoja sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyvyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. Päätöksessä määritetyt suurimmat sallitut äänitasot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Melutason suurimmat sallitut yleiset ohjearvot ulkona ja sisällä.

MELUTASON YLEISET OHJEARVOT (Vn, päätös 993/92)	Melun A-painotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso), L_{Aeq} , enintään	
	Päivällä klo 7-22	Yöllä klo 22-7
Ulkona		
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	45-50 dB ¹⁾
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet ja virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ³⁾
Sisällä		
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneet	45 dB	-

1) Uusilla alueilla melutason yöohjearvo on 45 dB.

2) Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa.

3) Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

3.2 Melulle herkät alueet ja niillä noudatettavat vaatimukset

Tonttien oleskelu- ja piha-alueilla noudatetaan valtioneuvoston päätöksen 993/1992 [1] mukaisia melutason ohjearvoja.

Raideliikenteen aiheuttamia melutasoja verrataan yleisiin ohjearvoihin. Niiden mukaan, kun kyseessä on rakennushanke jo olemassa olevaan rakennettuun ympäristöön, ei tarkasteltavalla selvitysalueella olevien asumiseen sekä hoito- ja oppilaitoksille osoitettujen korttelialueiden tonttien oleskelu- ja piha-alueilla saa liikenteestä aiheutuva A-painotettu keskiäänitaso ylittää päiväaikana ($L_{A,eq,7-22}$) 55 dB ja yöaikana ($L_{A,eq,22-7}$) 50 dB. Oppilaitoksiin ja vain päiväaikaan toimiviin hoitolaitoksiin ei sovelleta yöohjearvoa.

Suunnittelualueen pohjoisosa ja junaradan länsipuoli on painottunut asumiseen ja eteläosa liiketoimintaan. Suurin osa rakennuksista on kuitenkin asuinrakennuksia, joista yksittäiset sijaitsevat alueen eteläosassa lähellä junarataa ja kauimmillaan, noin 200 metrin etäisyydellä tiestä, on muutama suurempi Kiviniemen ja Oulunlahden asutusalue. Suunnittelualueen rajalla, luoteisosassa sijaitsee Oulunlahden koulu ja päiväkotit. Suunnittelualueella ei ole loma-asutusta.

4 MALLINNUS

Melulaskennassa on käytetty CadnaA 2017 -melunlaskentaohjelmaa, joka sisältää pohjoismaiset tieliikenne-, raideliikenne- ja ympäristömelun laskentamallit. Ohjelmistosta on voimassa oleva ylläpitösopimus, joka takaa, että käytössä on aina viimeinen versio ohjelmistosta. Melumallinnus perustuu lähtöaineistosta luotavaan kolmiulotteiseen maastomalliin. Ohjelmisto ottaa huomioon maan ja rakennusten pintojen akustiset ominaisuudet. Mallinnuksessa maanpinta on asetettu ääntä vaimentavaksi pinnaksi. Rakennukset, tiet ja vesistö eli ns. kovat pinnat ja alueet ovat ääntä heijastavia pintoja. Laskennassa huomioon otettavien heijastusten määrä on 2. Malli ei ota huomioon sääolojen vaihtelun vaikutusta melun leviämiseen.

Ohjelmisto laskee melun leviämisen maastossa ja rakennetussa ympäristössä liikennemäärien, junamäärien ja -pituuksien sekä ajonopeuksien perusteella. Melun keskiäänitasot on laskettu 2,0 metrin korkeudelta maanpinnasta. Laskennoissa on käytetty 5 m x 5 m tiheää laskentapisteruudukkoa.

5 TULOKSET

Liitteissä 1 ja 2 on arvioitu Seinäjoki–Oulu -pääradan ja Oulun liikennepaikan lisäraiteen raide-liikenteestä aiheutuvia meluvaikutuksia nyky- ja ennustetilanteessa v. 2035. Liitteissä on laskettu liikenteen aiheuttamat A-painotetut keskiäänitasot on laskettu päivä- ($L_{A,eq,7-22}$) ja yöaikaan ($L_{A,eq,22-7}$) nykytilanteessa. Selvitysalueen melumallinnuksen tulokset on havainnollistettu melukartoilla, joissa melun leviämistä kuvaavat eriväriset keskiäänitasojen vyöhykkeet 5 dB:n välein. Meluvyöhykkeet on esitetty kartoilla valtioneuvoston päätöksen ohjeavot ylittävältä osalta, eli silloin kun A-painotettu keskiäänitaso ylittää päiväajan kartoissa 55 dB ja yöajan kartoissa 50 dB.

Liitteissä on myös laskettu uusien raiteiden ja nykyisten raiteiden erotus vähentämällä uudella infralla lasketut keskiäänitasot nykyisellä infralla lasketuista tasoista. Tällöin melukartassa positiiviset arvot tarkoittavat, että muutokset infrassa lisäävät äänitasoja ja negatiiviset arvot sitä, että äänitasot pienenevät uuden raiteen seurauksena. Keskiäänitasojen erotus esitetty erivärisinä vyöhykkeinä 1 dB:n välein. Alle 1 dB muutokset on esitetty erotusmelukartoissa valkoisella, sillä näin pienet erotukset eivät ole aistinvaraisesti enää havaittavissa.

Selvitysalueella olevat rakennukset on eroteltu toisistaan siten, että asuinrakennukset on esitetty melukartoilla väriltään tummanharmaina ja kaikki muut rakennukset vaaleanharmaina, sisältäen aivan kartta-alueen rajalla sijaitsevan hoitolaitoksen (Oulunlahden päiväkotia) ja oppilaitoksen (Oulunlahden koulu).

5.1 Nykyliikenne v. 2018

Liitteen 1 melukartoista nähdään, että raideliikenteen aiheuttama melu ylittää vaatimukset suuremmalla alueella yöaikaan, jolloin yöajan tilannetta voidaan pitää mitoittavana. Koska päiväaikaan toiminnassa olevien hoito- ja oppilaitosten kohdalla sovelletaan päiväajan ohjearvoa, liitteestä nähdään, että Oulunlahden päiväkotia ja koulu eivät sijaitse melualueella eikä niillä tällöin ole meluntorjuntatarvetta.

Liitesivulla 1.2 on esitetty yöajan keskiäänitasot nykyisellä raideliikenteellä. Melukartasta nähdään, että nykytilanteessa valtioneuvoston päätöksen mukainen yöajan vaatimus ylittyy Toukolankaaren asuinalueen länsipuolella sekä Vasaraperäntien ja Kultasirkuntien varrella olevien asuinrakennusten kohdalla.

Liitesivulla 1.4 on esitetty yöajan keskiäänitasot nykyisellä raideliikenteellä tilanteessa, kun lisäraide on rakennettu. Lisäraiteella junien nopeus putoaa 60 km/h:iin, jolloin äänitasot putoavat koko suunnittelualueella. Vaatimukset ylittävä alue pienenee radan läheisyydessä, jolloin Kultasirkuntien ja Fiskarintien länsipuolella olevat asuinrakennukset ovat pääosin vaatimukset täyttävällä alueella.

Liitesivuilla 1.5 ja 1.6 on esitetty keskiäänitasojen muutokset päivä- ja yöaikaan, kun lisäraide toteutetaan. Melukartoista nähdään, että lisäraiteen lisäys pienentää äänitasoja radan ympäristössä enintään 2 dB, johtuen junien pienemmästä nopeudesta uudella raiteella.

5.2 Ennustettu liikenne v. 2035

Liitteen 2 melukartoista nähdään, että yöajan tilanne on mitoittava myös ennustetilanteessa, jolloin asuinrakennusten kohdalla tarkastellaan lähinnä yöajan keskiäänitasoja. Liitteestä nähdään myös, että Oulunlahden päiväkotia ja koulu eivät myöskään ennustetilanteessa sijaitse melualueella.

Liitesivulla 2.2 on esitetty yöajan keskiäänitasot ennustetulla raideliikenteellä tilanteessa, jossa lisäraidetta ei ole rakennettu. Melukartasta nähdään, että äänitasot kasvavat hieman verrattuna vastaavaan nykyliikenteellä laskettuun tilanteeseen (liitesivu 1.2).

Liitesivulla 1.4 on esitetty yöajan keskiäänitasot ennustetulla raideliikenteellä tilanteessa, kun lisäraide on rakennettu. Kuten nykytilanteessa, äänitasot putoavat lisäraiteen lisäyksen johdosta koko suunnittelualueella. Ennustetilanteen äänitasot lisäraiteella ovat tästä johtuen hieman pienemmät, kuin nykytilanteen äänitasot nykyisellä raiteella (liitesivu 1.2).

Liitesivuilla 2.5 ja 2.6 on esitetty keskiäänitasojen muutokset päivä- ja yöaikaan, kun lisäraide toteutetaan. Melukartoista näkee, että lisäraiteen lisäys pienentää äänitasoja radan ympäristössä enintään 2 dB, johtuen junien pienemmästä nopeudesta uudella raiteella.

6 YHTEENVETO

Tässä selvityksessä tutkittiin raideliikenteestä aiheutuvan raideliikennemelun leviämistä Oulunlahden uudella liikennepaikalla nyky- ja ennustetilanteessa v. 2035. Selvityksessä vertailtiin myös äänitasoja nykyisellä raideinfraalla ja tilanteessa, jossa uusi lisäraide on rakennettu. Selvityksessä ei ole laskettu tieliikennemelun leviämistä. Tieliikenteestä merkittävin osa kulkee radan suuntaisesti alueella Pohjantien (VT4) ja Limingantien kautta.

Suurimmat raideliikenteen meluhaitat ovat Toukolankaaren asuinalueen länsipuolella sekä Kultasirkun- ja Fiskarintien varrella. Näillä alueilla sijaitsee suurin osa kaikista yöajan ohjearvot ylittävistä asuinrakennuksista. Lisäksi Tikkasentien, Jukolantien, Visiolinjan, Takojantien sekä Vasaraperäntien varrella sijaitsee yksittäisiä asuinrakennuksia melualueella.

Melukartoista nähdään, että lisäraiteen rakentaminen pienentää raideliikenteen keskiäänitasoja, sillä lisäraiteelle ohjatun liikenteen arvioitu todellinen nopeus putoaa 60 km/h:iin jolloin

niiden tuottama melu pienenee. Äänitasot ylittävät kuitenkin edelleen valtioneuvoston päätöksen mukaiset ohjearvot useilla asuintonteilla (liitesivu 2.4). Kokonaismelutasoon alueella vaikuttavat alueen tiet, jotka sijaitsevat vähintään yhden korttelin etäisyydellä rautatiestä. Näiden teiden tuottaman liikennemelun leviämiseen ei voitaisi vaikuttaa radan varrelle tehtävin toimenpitein.

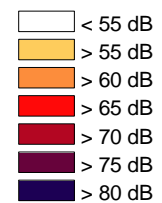
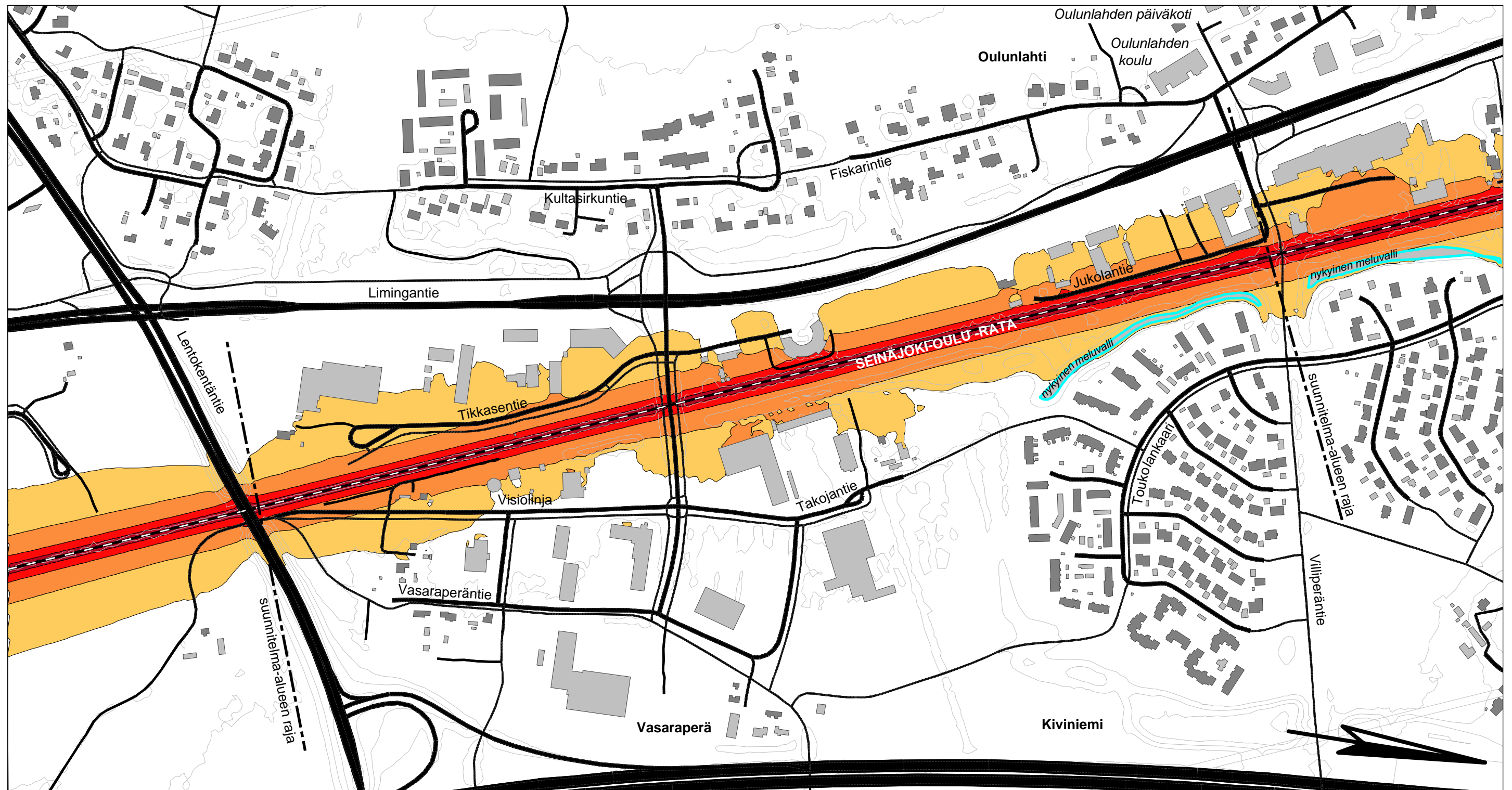
Tampereella 17.8.2017

A-INSINÖÖRIT SUUNNITTELU OY

Henry Niemi, akustiikkasuunnittelija
Ulrika Nummelin, suunnittelija
Mikko Kylliäinen, yksikönjohtaja

LÄHTEET

1. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. Suomen säädöskokoelma, nro 993/1992



keskiäänitasot laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu
Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Nykytilanne v. 2018, päivä (klo 7-22)

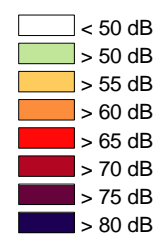
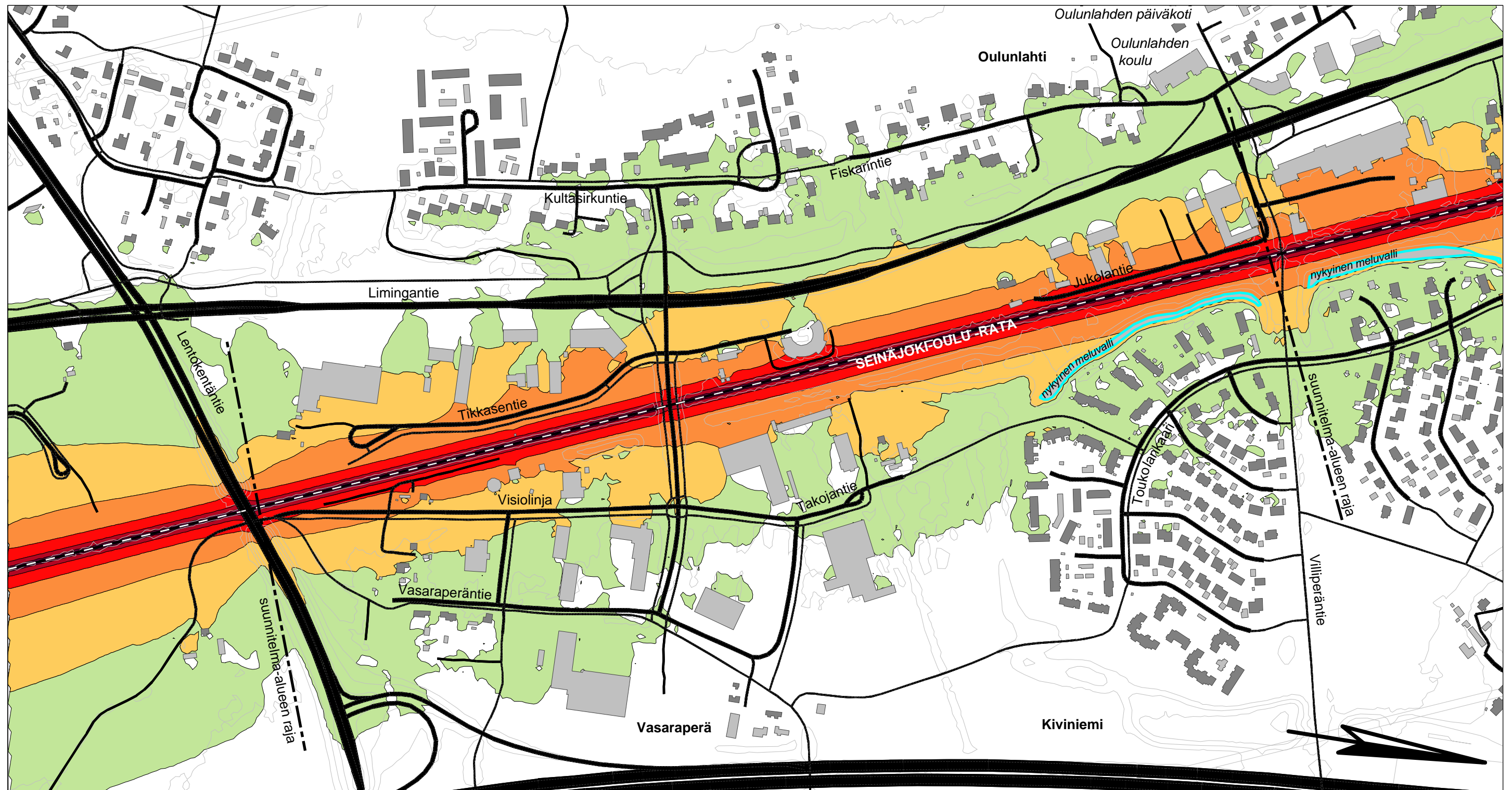
Junatyypit: Sr, IC2, TaJu

Todelliset nopeudet: pääraide 160 km/h, 140 km/h ja 80 km/h

Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys

17.08.2017

Henry Niemi, DI



keskiäänitasot laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Nykytilanne v. 2018, yö (klo 22-7)

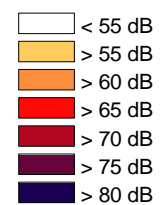
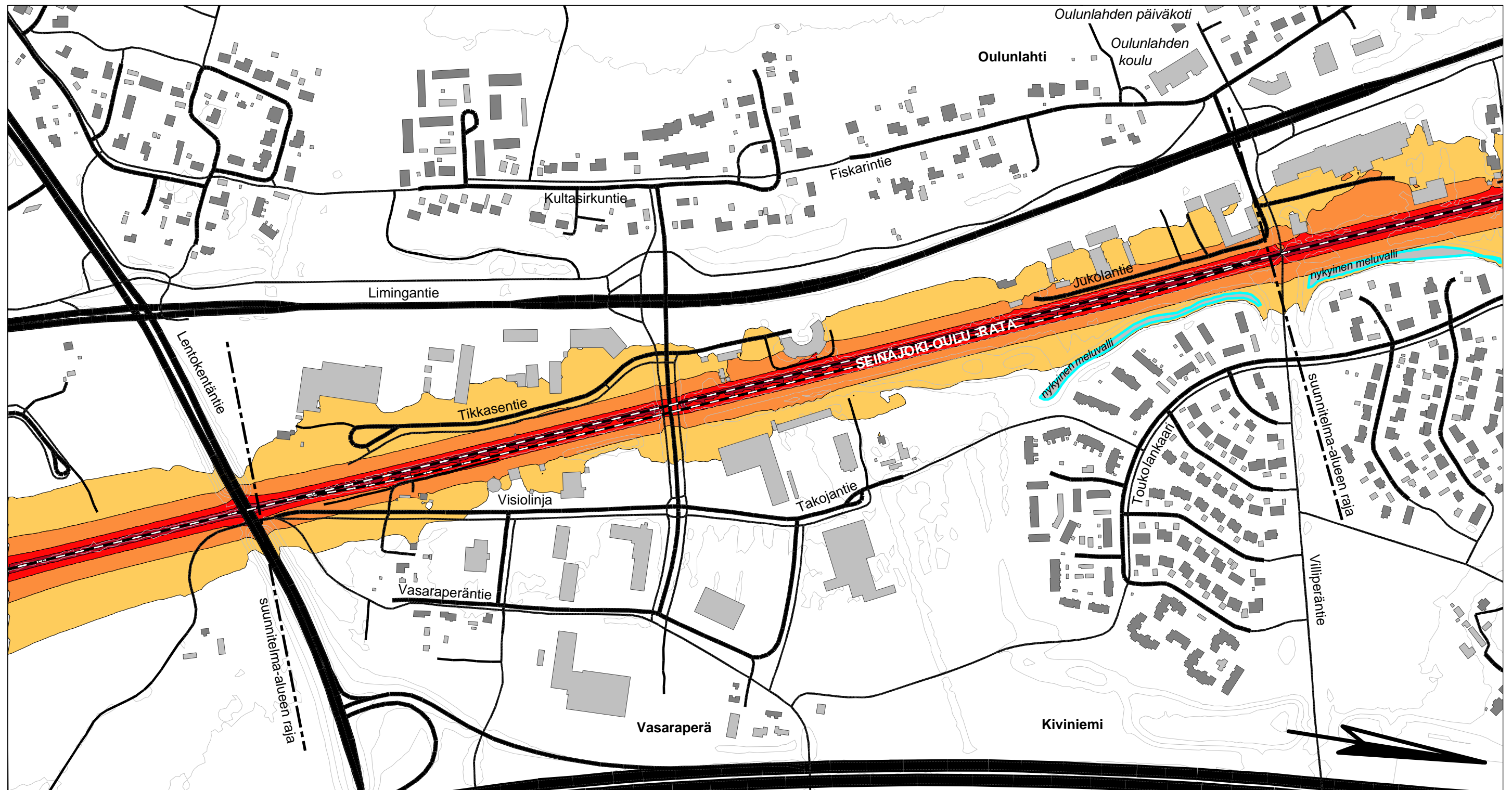
Junatyypit: Sr, IC2, TaJu

Todelliset nopeudet: pääraide 160 km/h, 140 km/h ja 80 km/h

Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys

17.08.2017

Henry Niemi, DI



keskiäänitasot laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu
Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Nykytilanne v. 2018, lisäraide, päivä (klo 7-22)

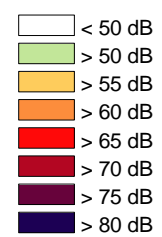
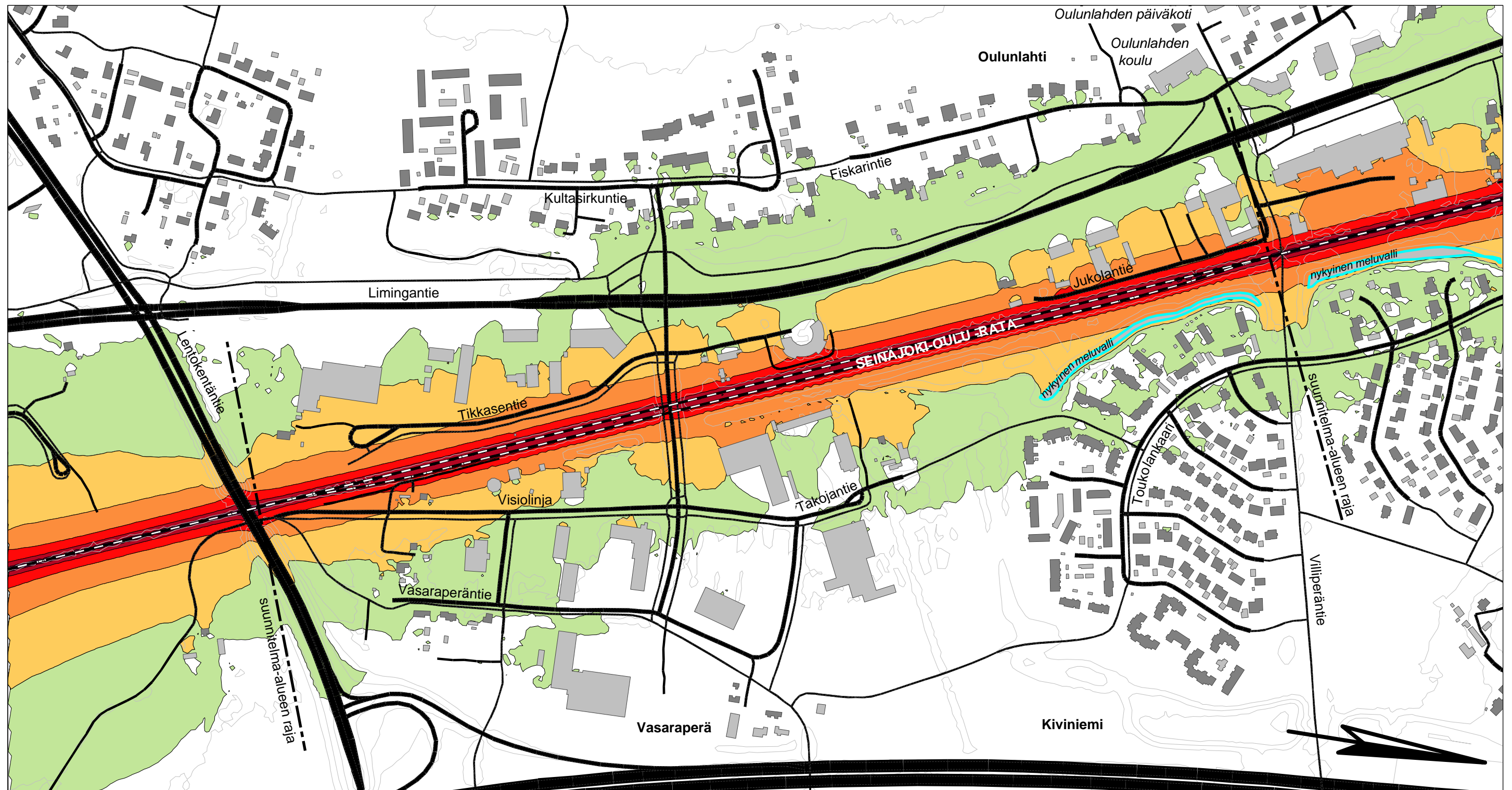
Junatyypit: Sr, IC2, TaJu

Todelliset nopeudet: pääraide 160 km/h, 140 km/h ja 80 km/h, lisäraide 60 km/h

Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys

17.08.2017

Henry Niemi, DI



keskiäänitasot laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu
Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Ennustetilanne v. 2035, lisäraide, yö (klo 22-7)

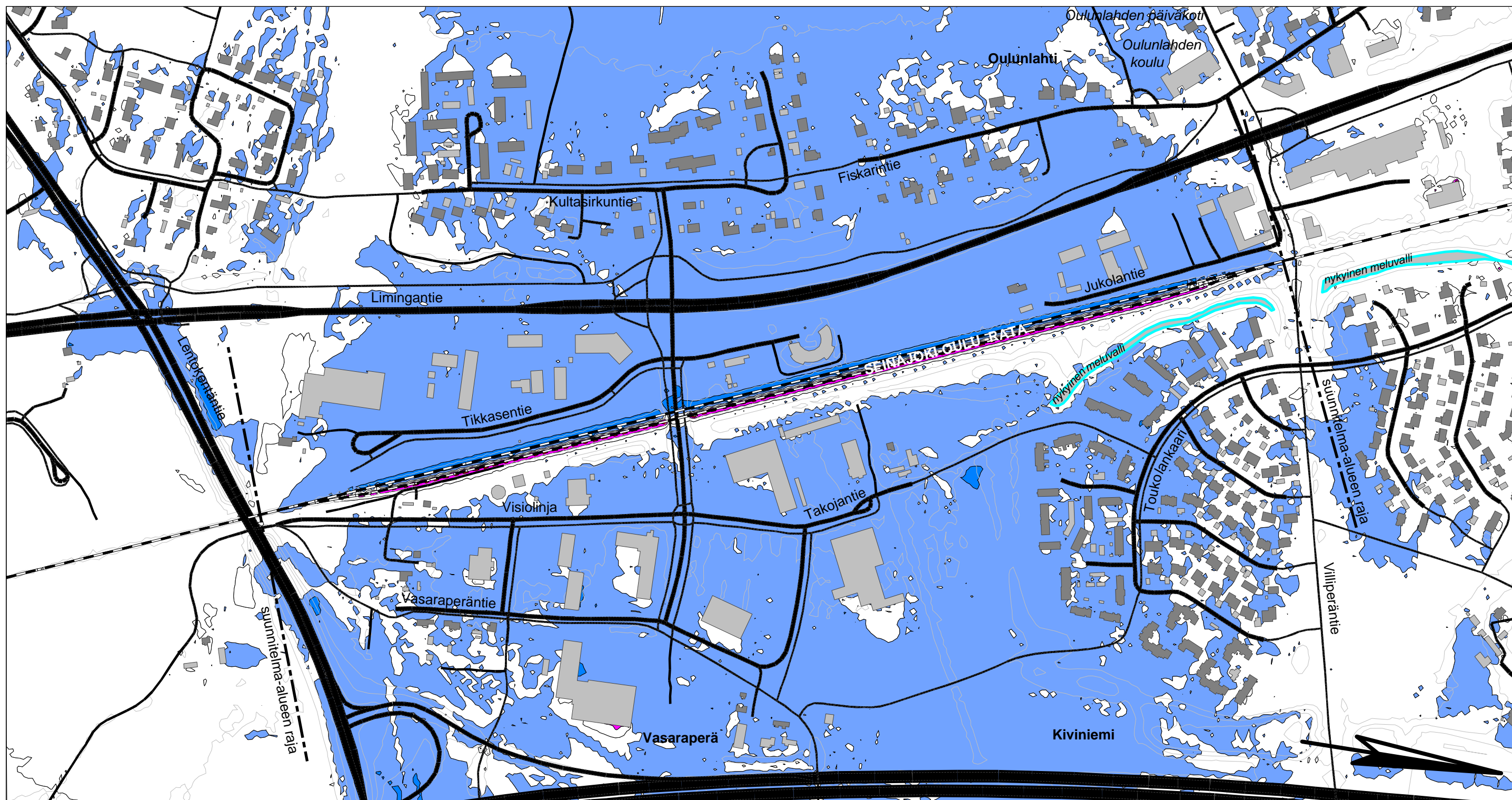
Junatyypit: Sr, IC2, TaJu

Todelliset nopeudet: pääraide 160 km/h, 140 km/h ja 80 km/h, lisäraide 60 km/h

Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys

17.08.2017

Henry Niemi, DI

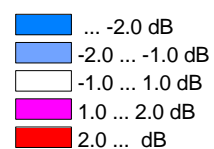


Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu
Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Nykytilanne v. 2018, nykyisen ja uuden infran vertailu, päivä (klo 7-22)

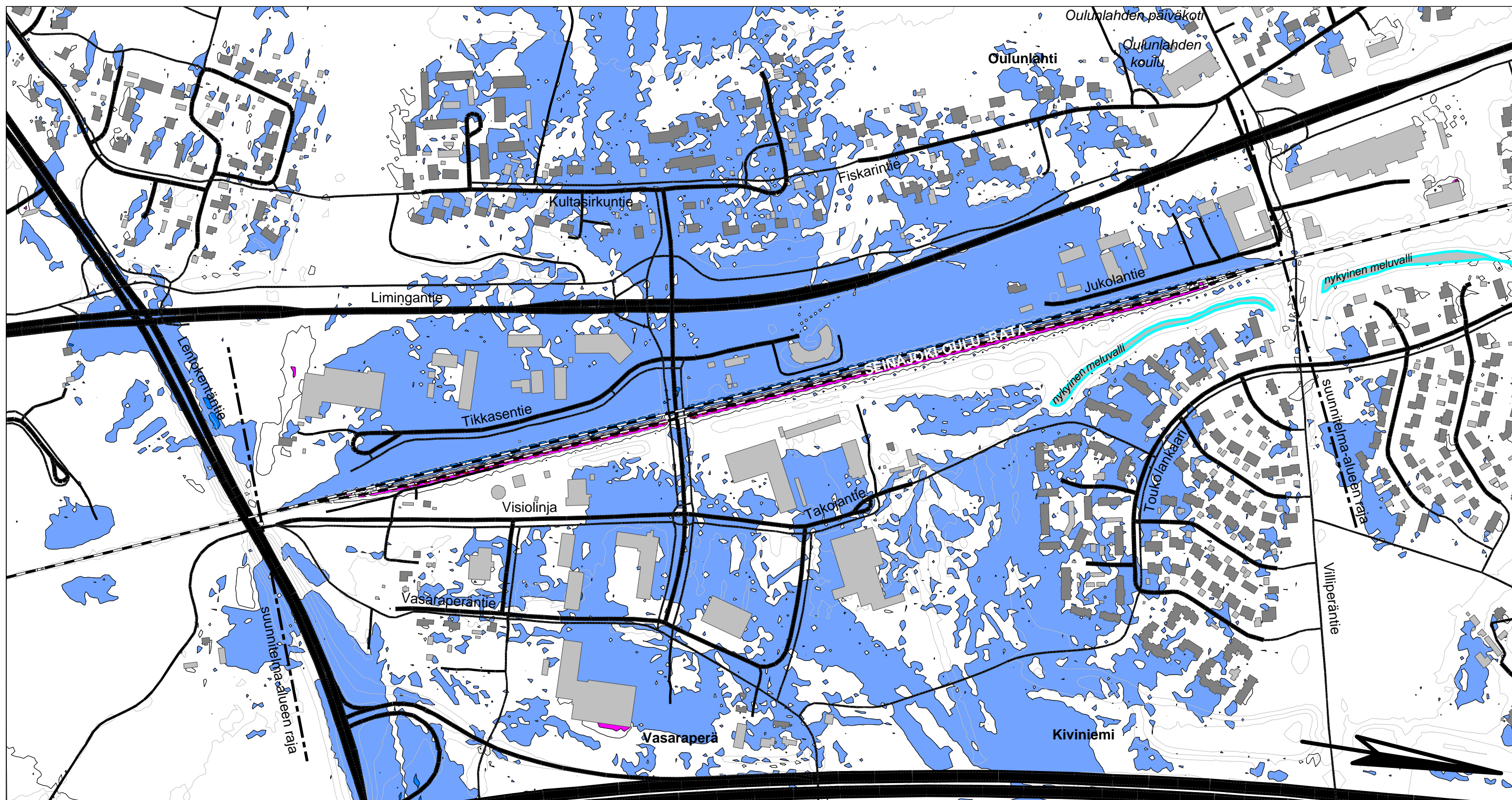
Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys



keskiäänitasojen
muutos, laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

17.08.2017
Henry Niemi, DI



Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu
Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Nykytilanne v. 2018, nykyisen ja uuden infran vertailu, yö (klo 22-7)

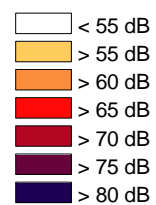
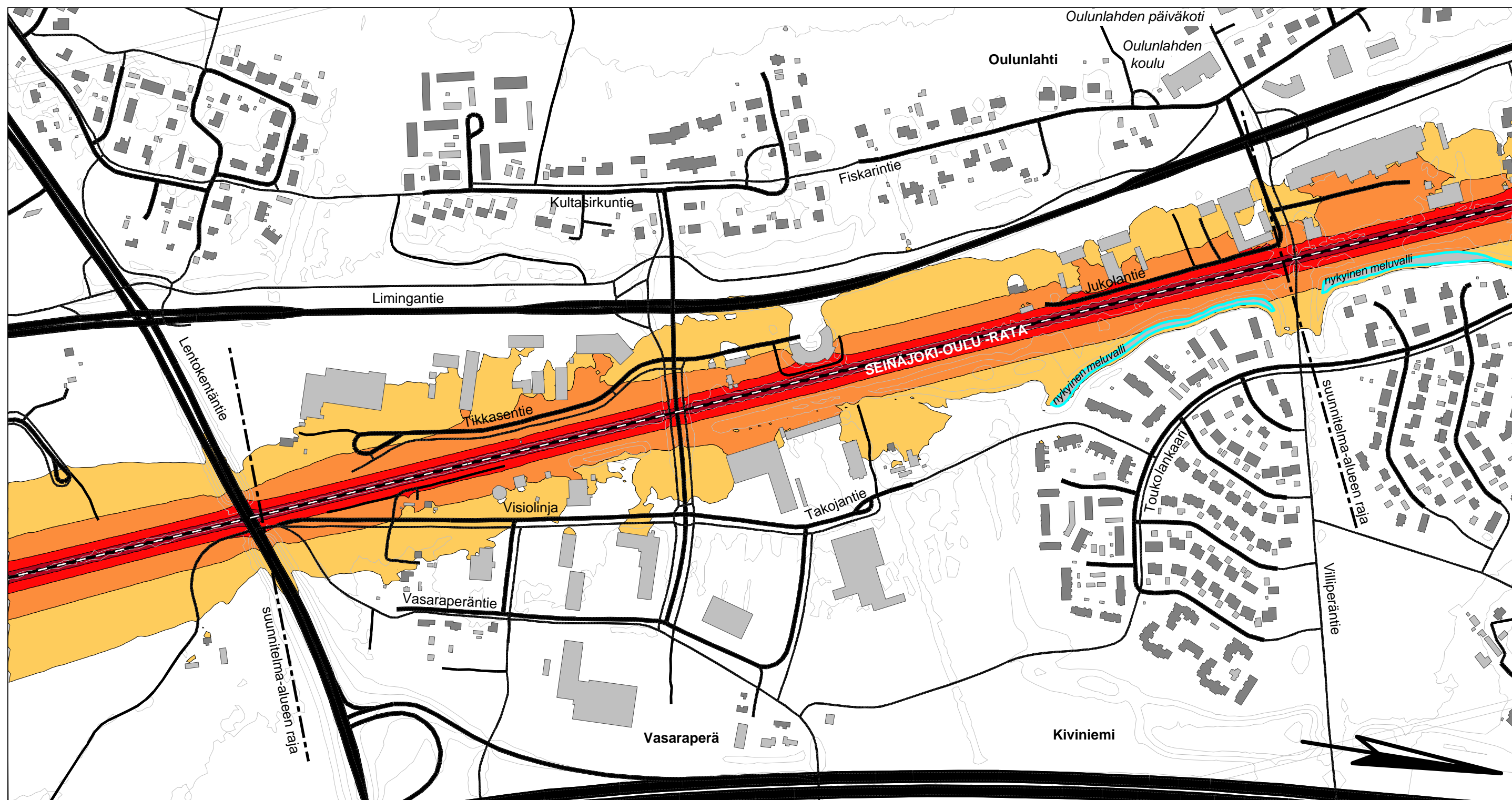
Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys

- ... -2.0 dB
- 2.0 ... -1.0 dB
- 1.0 ... 1.0 dB
- 1.0 ... 2.0 dB
- 2.0 ... dB

keskiäänitasojen
muutos, laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

17.08.2017
Henry Niemi, DI



keskiäänitasot laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu
Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Ennustetilanne v. 2035, päivä (klo 7-22)

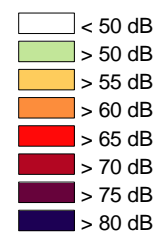
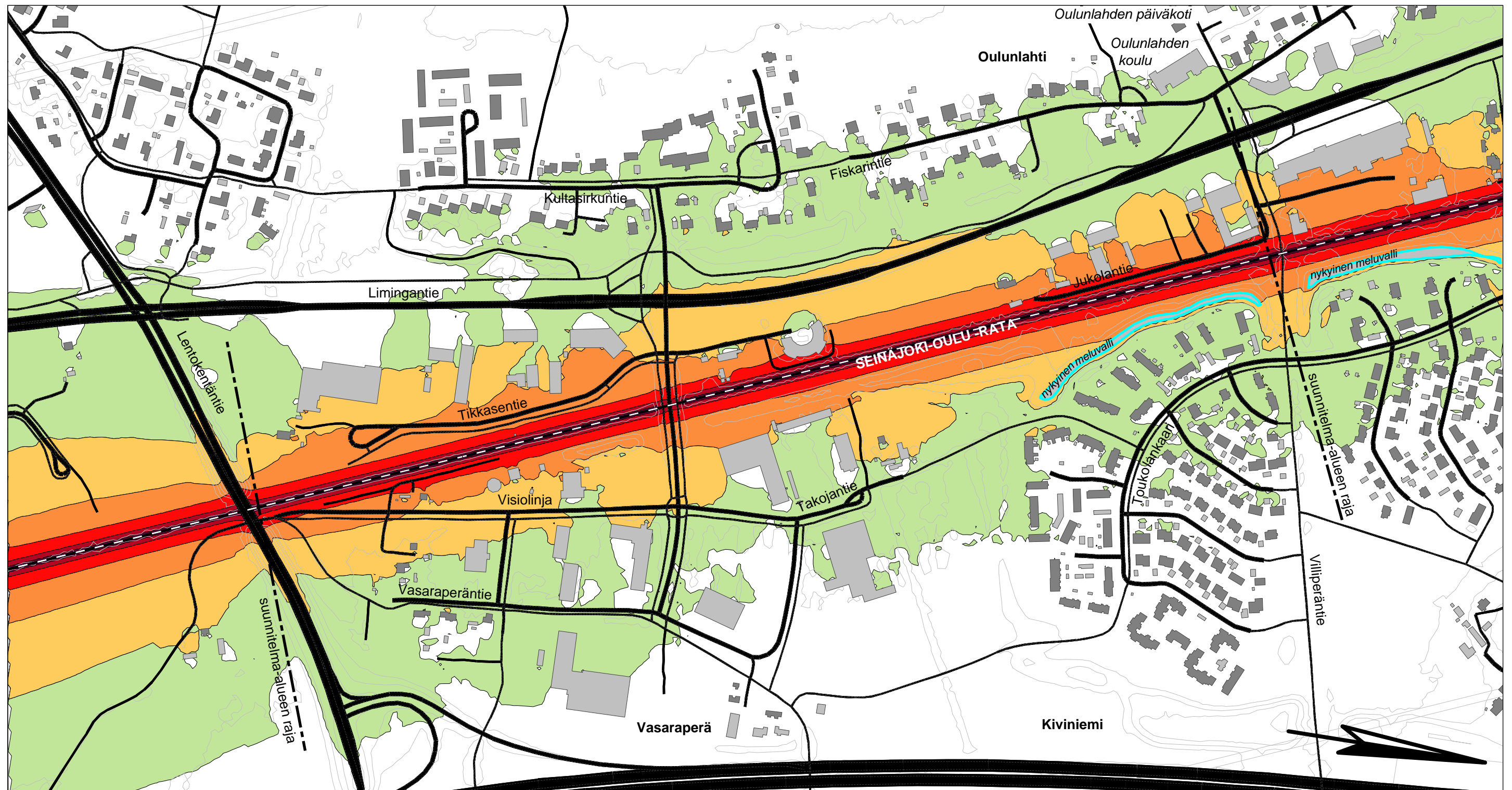
Junatyypit: IC2, TaJu

Todelliset nopeudet: pääraide 160 km/h ja 80 km/h

Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys

17.08.2017

Henry Niemi, DI



keskiäänitasot laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu
Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Ennustetilanne v. 2035, yö (klo 22-7)

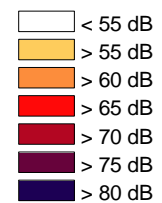
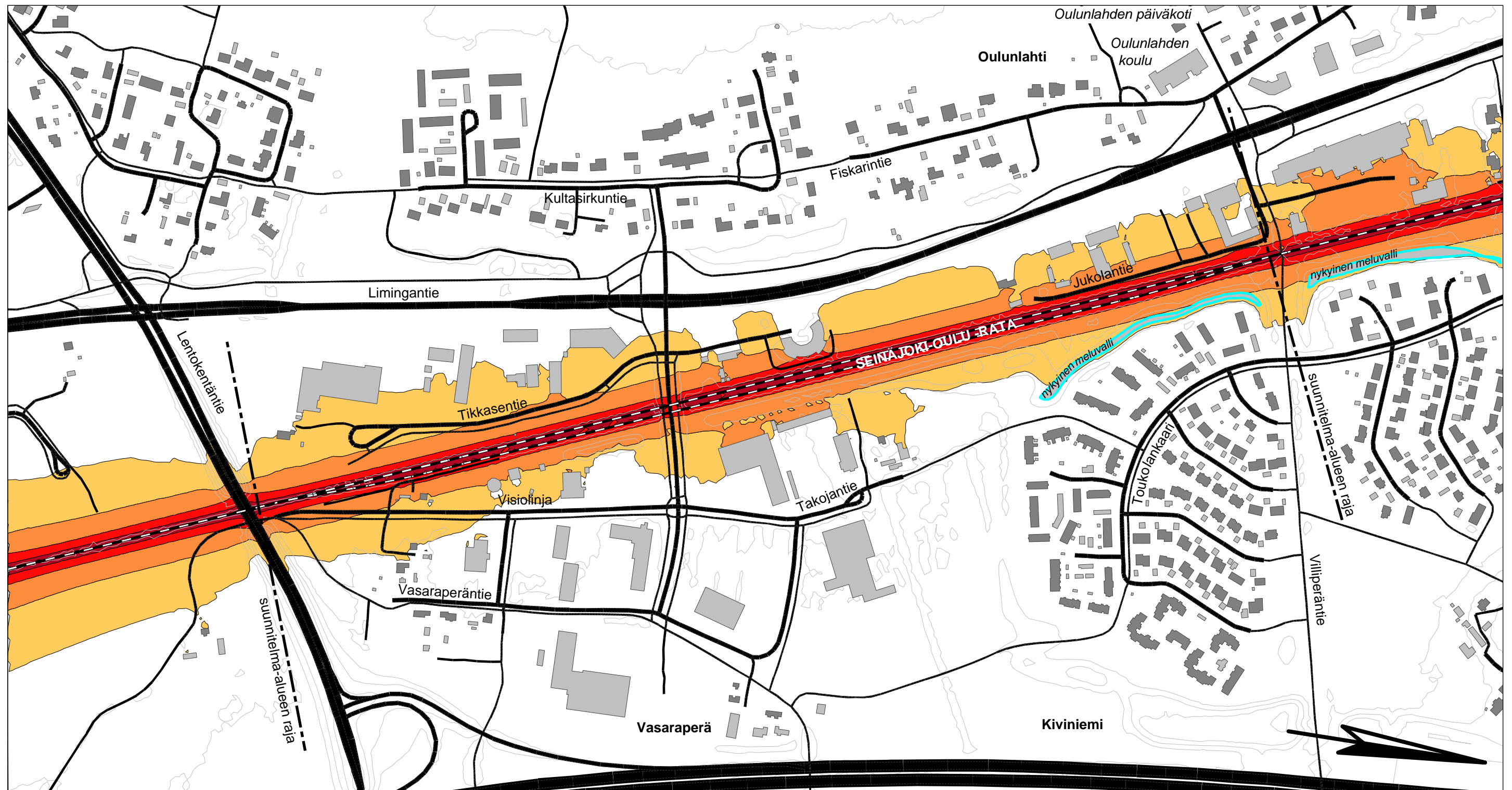
Junatyypit: IC2, TaJu

Todelliset nopeudet: pääraide 160 km/h ja 80 km/h

Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys

17.08.2017

Henry Niemi, DI



keskiäänitasot laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu
Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Ennustetilanne v. 2035, lisäraide, päivä (klo 7-22)

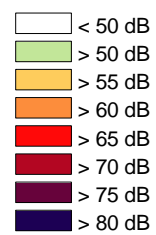
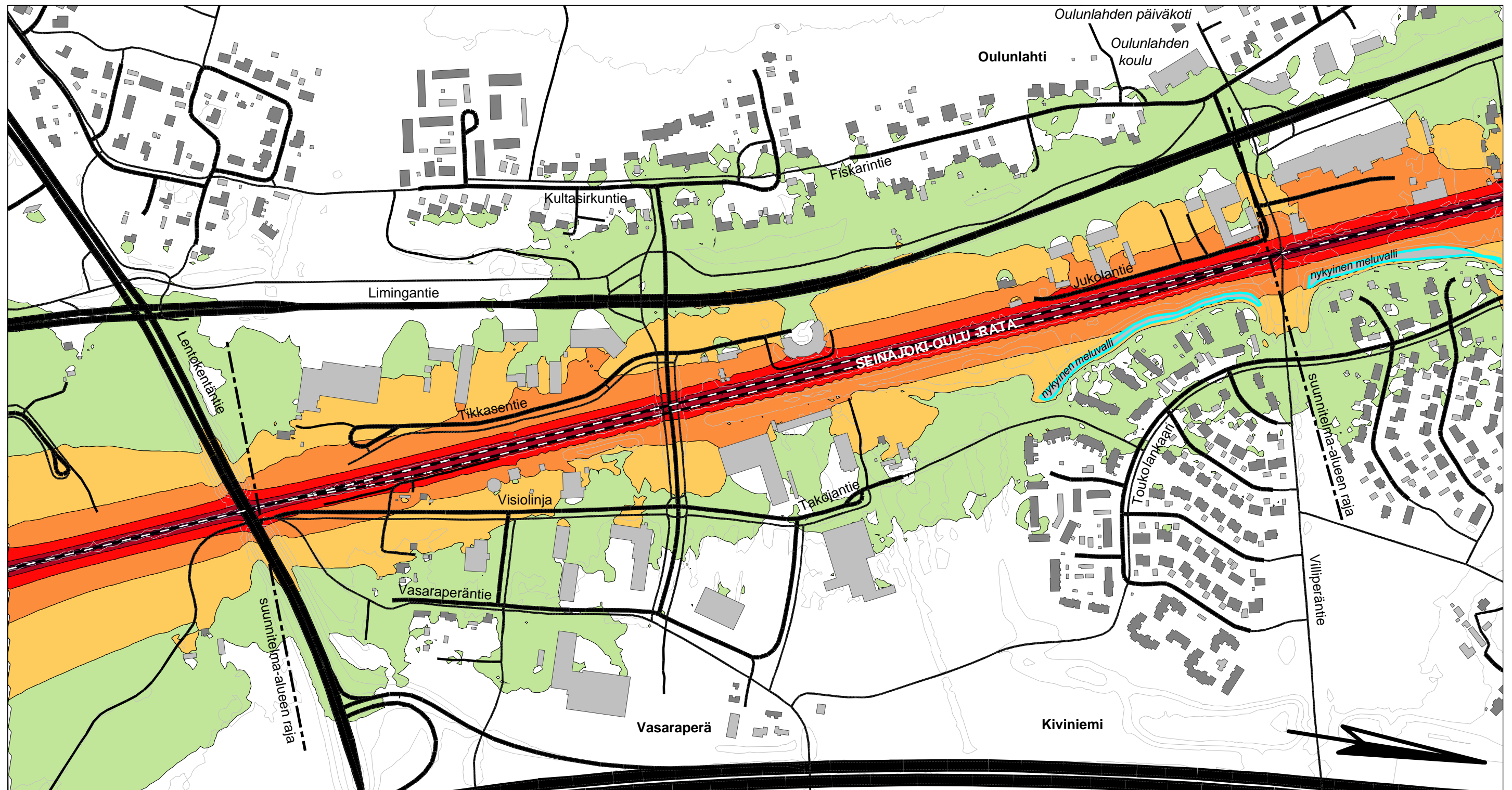
Junatyypit: IC2, TaJu

Todelliset nopeudet: pääraide 160 km/h ja 80 km/h, lisäraide 60 km/h

Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys

17.08.2017

Henry Niemi, DI



keskiäänitasot laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Ennustetilanne v. 2035, lisäraide, yö (klo 22-7)

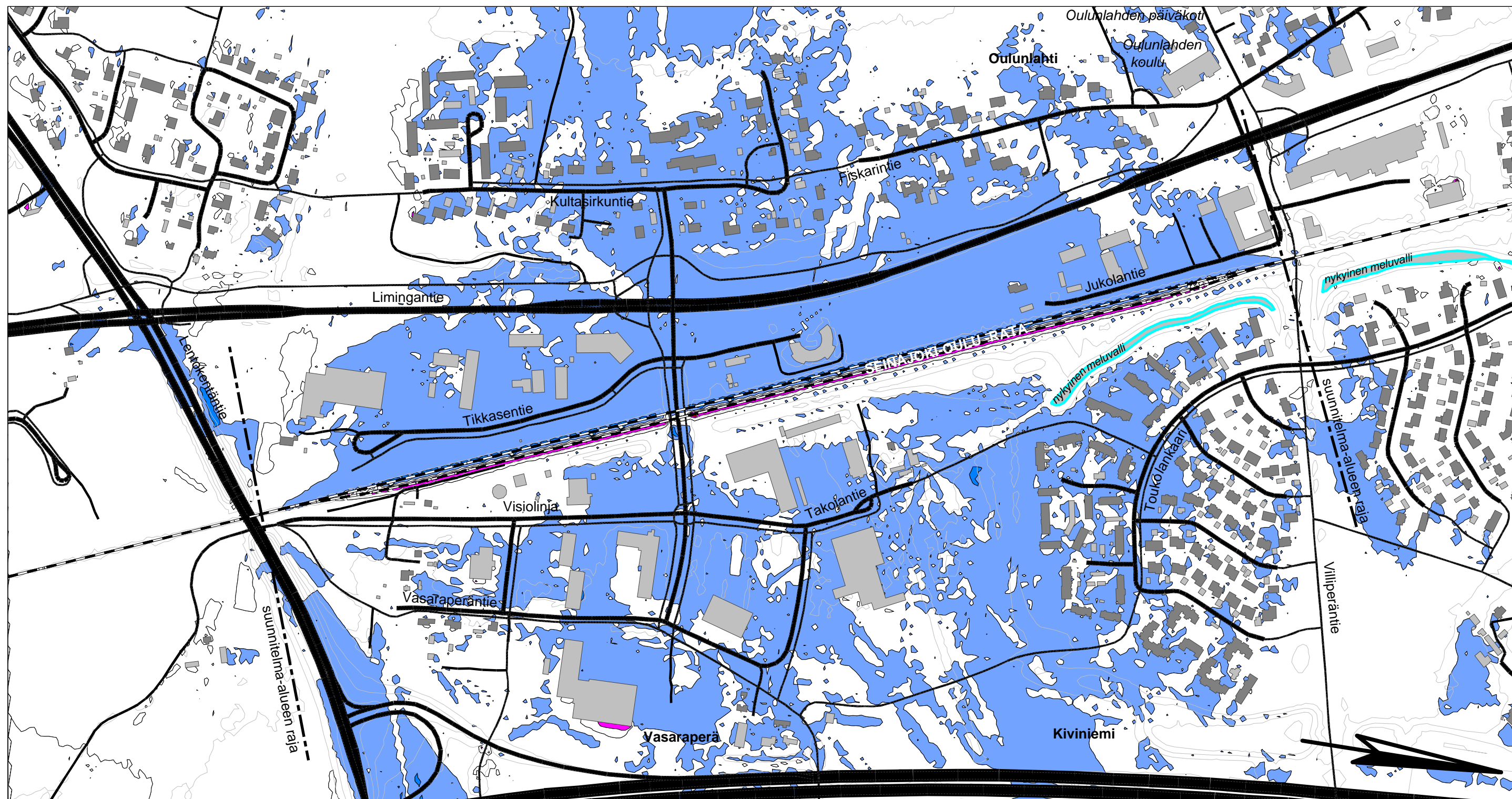
Junatyypit: IC2, TaJu

Todelliset nopeudet: pääraide 160 km/h ja 80 km/h, lisäraide 60 km/h

Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys

17.08.2017

Henry Niemi, DI

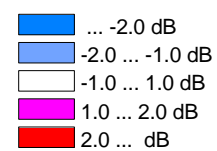


Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu
Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Ennustetilanne v. 2035, nykyisen ja uuden infran vertailu, päivä (klo 7-22)

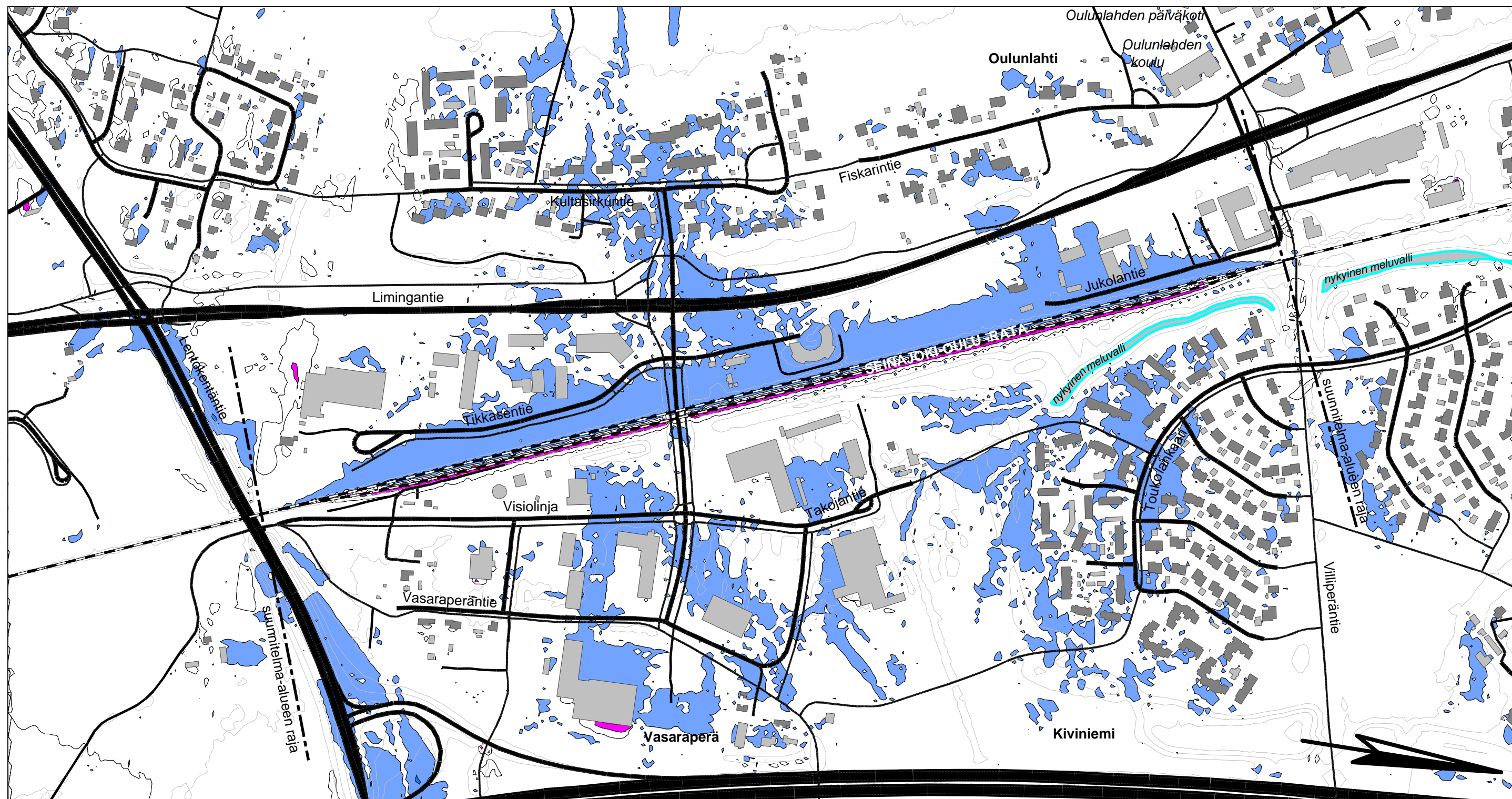
Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys



keskiäänitasojen
muutos, laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

17.08.2017
Henry Niemi, DI

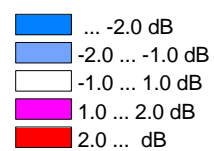


Oulunlahden uusi liikennepaikka, Oulu
Rakennussuunnitelma

MELUSELVITYS

Ennustetilanne v. 2035, nykyisen ja uuden infran vertailu, yö (klo 22-7)

Rakennukset: asuinrakennuksissa tummanharmaa väritys, muissa rakennuksissa vaaleanharmaa väritys



keskiäänitasojen
muutos, laskettu
+ 2.0 m korkeudelta
maanpinnasta

mittakaava 1:5000

17.08.2017

Henry Niemi, DI

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu

C-2 Tärinäselvitysten yhteenvetoraportti

Proxion noudattaa DNV:n sertifioimaa laatustandardin ISO 9001 mukaista toimintajärjestelmää. Toimintajärjestelmän edellytysten mukaisesti alla olevassa taulukossa on esitetty dokumentin tekijä, katselmoija ja hyväksyjä, jotka takaavat dokumentin laadunmukaisuuden.

Versio	Sisältö	Päivämäärä	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä
1.0	Tärinäselvitysten yhteenveto	13.10.2017	Elina Malassu	Jorma Immonen	Mikko Saarinen

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	3
2	AIEMMAT TÄRINÄSELVITYKSET	5
2.1	Seinäjoki–Oulu-radan palvelutason parantaminen.....	5
2.1.1	Yleissuunnitelma ja ympäristövaikutusten arviointiselostus, 2006	5
2.1.2	Ympäristötärinämittaukset, 2008.....	7
2.2	Kaksoisraide Liminka–Oulu, yleissuunnittelu.....	10
2.2.1	Ympäristötärinän täydentävä tärinäselvitys Oulun alueella.....	10
2.2.2	Ympäristötärinän vähentäminen.....	14
2.3	Ratahanke Seinäjoki–Oulu	16
2.3.1	Finnrock Consulting 2013-2014.....	16
2.3.2	Finnrock Consulting 2015.....	19
3	YHTEENVETO	21
4	KAAVAPROSESSI.....	23
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	25
6	LÄHDELUETTELO	26

1 JOHDANTO

Tässä yhteenvetoraportissa keskitytään vain Oulunlahden liikennepaikan suunnittelualueelta kmv 746+170–747+530 tai sen läheisyydestä tehtyihin tutkimuksiin. Suunnittelualueella on tärinärajoitus 50 km/h yli 3000 tonnin junille (Nopeuskaavio Ylivieska–Oulu, 2016 rev B). Muille junille nopeusrajoitukset ovat suunnittelualueella seuraavat:

- | | |
|-------------------------------------|-----------|
| - kallistuvakorinen kalusto | 200 km/h |
| - tavanomainen kalusto | 160 km/h |
| - tavarajunat 250 kN akselipainolla | 100 km/h. |

Suunnittelualueelle on myös määrätty asemakaavassa tärinäsuojaus radan itäpuolelle km 747+200 alkaen kohti pohjoista.

Oulunlahden liikennepaikan suunnittelualueelta ja sen läheisyydestä on tehty useita tärinäselvityksiä vuosien varrella. Seinäjoki–Oulu palvelutason parantamishankkeen yhteydessä tehdyssä ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa (YVA) on määritetty tärinäriskialueet, joihin myöhemmän tärinämittaukset ja -raportit perustuvat. Yleissuunnitelmaan ja ympäristövaikutusten arviointiin liittyviä selvityksiä on käsitelty tarkemmin kappaleessa 2.1.

Tärinämittauksilla määritetään tyypillisesti tärinän painotettu tehollisarvo v_{wj} , jonka avulla lasketaan tärinän tunnusluku laskemalla 15 mittauskerran suurimman tehollisarvon keskiarvo ja lisäämällä tähän otoksen keskihajonta 1,8-kertaisena. Kaava $v_{w,95} = \bar{v}_w + 1,8 * \sigma$

Tärinähaittojen arvioinnissa käytetään tyypillisesti VTT:n suosittelemaa, norjalaiseen standardiin perustuvaa värähtelyluokitusta, joka on esitetty taulukossa 1. Luokituksen perusteella arvioidaan tärinän vaikutusta asumismukavuuteen.

Taulukko 1. VTT:n suosittelema luokittelu tärinän vaikutuksista asumismukavuuteen.

Värähtely- luokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$V_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet. <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä.</i>	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyt, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä</i>	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä</i>	$\leq 0,60$

Ratateknisten ohjeiden osan 3 (RATO 3) mukaan vanhoilla radoilla sovelletaan värähtelyluokkaa D. Uusilla radoilla tai radoilla, joiden akselipainoa tai liikennöintinopeutta nostetaan, noudatetaan värähtelyluokkaa C. Hankkeissa voidaan kuitenkin arvioida sovellettavat tunnusluvut hanke- ja aluekohtaisesti.

Rakenteiden vaurioitumisen kannalta tärinän arvioimisessa käytetään usein taulukossa 2 esitettyä, VTT:n tiedotteen ”Suositus rakennusten vaurioitumisen kannalta, 2004” mukaista luokittelua.

Taulukko 2. VTT:n suosittelema luokittelu tärinän vaikutuksista rakennuksiin.

Alue	Alueen kuvaus	Heilahdusnopeuden resultantin huippuarvo rakennuksen perustassa v_{res} (mm/s)
V	Vauriot ovat mahdollisia <i>Kohonneen tärinäalttiuden alue</i>	$> 3,0$
H	Haitat ovat mahdollisia, vauriot epätodennäköisiä <i>Vähäisen tärinäalttiuden alue</i>	1,0 ... 3,0
E	Haitat epätodennäköisiä <i>Tärinä voidaan havaita, mutta vaurioriski on merkityksetön</i>	$< 1,0$

Rakenteiden vaurioitumista arvioidaan värähtelymittauksen kolmen suunnan resultantin huippuarvolla.

2 AIEMMAT TÄRINÄSELVITYKSET

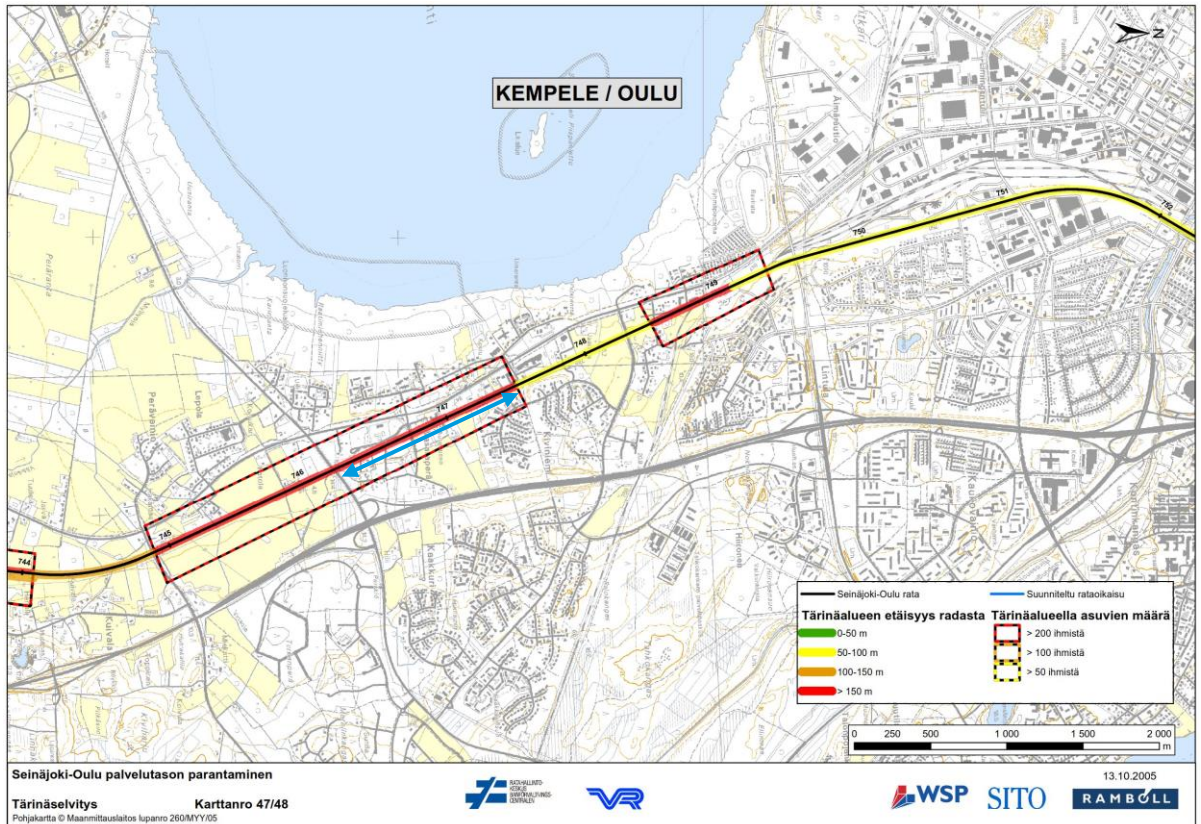
2.1 Seinäjoki–Oulu-radan palvelutason parantaminen

2.1.1 Yleissuunnitelma ja ympäristövaikutusten arviointiselostus, 2006

Seinäjoki–Oulu -radan palvelutason parantamisen yleissuunnitelman yhteydessä on tehty ympäristövaikutusten arviointi (YVA) vuonna 2006. YVA-selostuksessa on määritetty Seinäjoki–Oulu-rataosan merkittävät tärinäriskialueet. Tärinäriskialueet on määritetty laskennallisesti Madshusin menetelmällä, eikä alueiden määrityksessä ole otettu huomioon yleissuunnitelmavaiheen kohdekohtaisia mittauksia.

YVA-selostuksessa on määritetty Kempele–Oulu-välille kaksi tärinäriskialuetta: kmv 745+000–747+500 ja kmv 748+500–749+000. Nyt suunniteltava Oulunlahden liikennepaikka sijoittuu valtaosin ensin mainitulle tärinäriskialueelle. YVA-selostuksessa on arvioitu tärinäluokan D ulottuvan kyseisellä tärinäriskialueella 170–1200 m etäisyydelle radasta. Nykytilanteessa D-luokan tärinälle altistuvia ihmisiä arvioitiin olevan 150 ja vaihtoehdon 1 (VE1) toteutuessa 200. Tarkasteluvaihtoehdossa VE1 tavarajunien sallittu nopeusrajoitus nostettaisiin hankkeen toteuduttua tasolle 100 km/h, kun suurin sallittu nopeus lähtötilanteessa oli 80 km/h. Tärinäriskialueet Oulunlahden liikennepaikalla on esitetty kuvassa 1.

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto



Kuva 1. YVA-vaiheen tärinäriskialueet Oulunlahden liikennepaikan alueella. Sinisellä nuolella kuvattu Oulunlahden LP suunnittelualue.

Yleissuunnitelman yhteydessä on tarkasteltu mahdollisia tärinävaimennusratkaisuja. Tärinäriskialueelle kmv 745+000–747+500 on tarkasteltu vaihtoehtoina paalulaattaa, radan stabilointia, vaimennusseinää ja vastapenkereitä. Laskelmien tulokset on esitetty tiivistettynä taulukossa 3.

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto

Taulukko 3. Tärinävaimennusmenetelmien tiivistetty vertailu tärinäriskialueelle kmv 745+000–747+500 (Ympäristötärinän vaimennusratkaisujen optimointi, Ramboll, 2006).

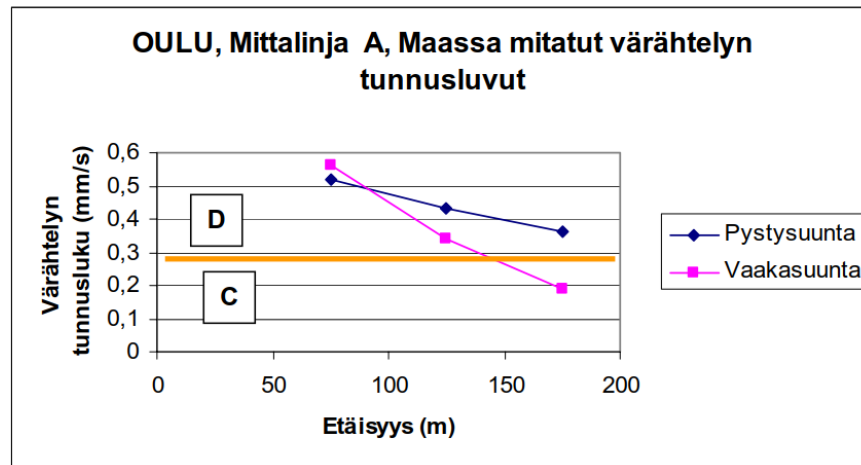
Tarkasteltu ratkaisu	Alueella ihmisiä kaikkiaan	Onnellisia ihmisiä	Onnellisten osuus kaikista	Yksikkökustannus €/hlö	Kustannus €
Paalulaatta vanhan radan alle	2810	2248	80 %	3371	7 578 869
Stabilointi vanhan radan alle	2810	1124	40 %	5396	6 065 625
Tärinävaimennusseinä radan vasemmalle puolelle	2810	360	13 %	2778	1 000 000
Tärinävaimennusseinä radan vasemmalle puolelle	2810	764	27 %	1309	1 000 000
Tärinävaimennusseinä radan molemmille puolille	2810	1124	40 %	1779	2 000 000
Vastapenger radan vasemmalle puolelle	2810	90	3 %	1750	157 500
Vastapenger radan oikealle puolelle	2810	191	7 %	825	157 500
Vastapenger radan molemmille puolille	2810	281	10 %	1121	315 000

Tärinävaimennusratkaisut on myös optimoitu yleissuunnitelman yhteydessä ja parhaaksi menetelmäksi on valittu tärinävaimennusseinä radan molemmille puolille.

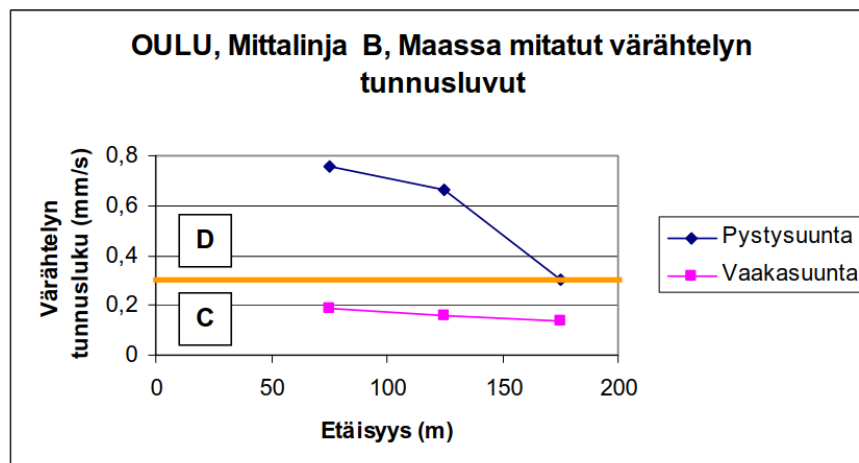
2.1.2 Ympäristötärinämittaukset, 2008

Geomatti Oy on tehnyt Oy VR-Rata Ab: toimeksiannosta ympäristötärinätarkastelut välillä Ylivieska–Oulu vuonna 2008. Mittauskohteet on valittu hankkeen YVA:ssa määrättyjen tärinäriskialueiden pohjalta. Suunniteltavan Oulunlahden liikennepaikan alueelle sijoitettiin kaksi mittauslinjaa, joiden sijainti on esitetty kuvassa 2. Mittalinjojen sijainti valittiin yhteistyössä Oulun kaupungin kanssa. Molemmilla mittalinjoilla tärinää mitattiin maasta kolmesta pisteestä, joiden etäisyydet rataan olivat 75, 125 ja 175 m. Mittauksissa käytettiin Instatel MiniMate Plus -tärinämittareita, jotka mittaavat heilahdusnopeutta kolmiaksisesti. Mittarit kiinnitettiin kiinteästi maahan. Mittaukset tehtiin 31.3.2008.

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto



Kuva 3. Maasta mitatut värähtelyn tunnusluvut mittalinjalla A. Oranssilla viivalla on kuvattu värähtelyluokkien C ja D rajaa (0,3 mm/s). (Geomatti 2008)



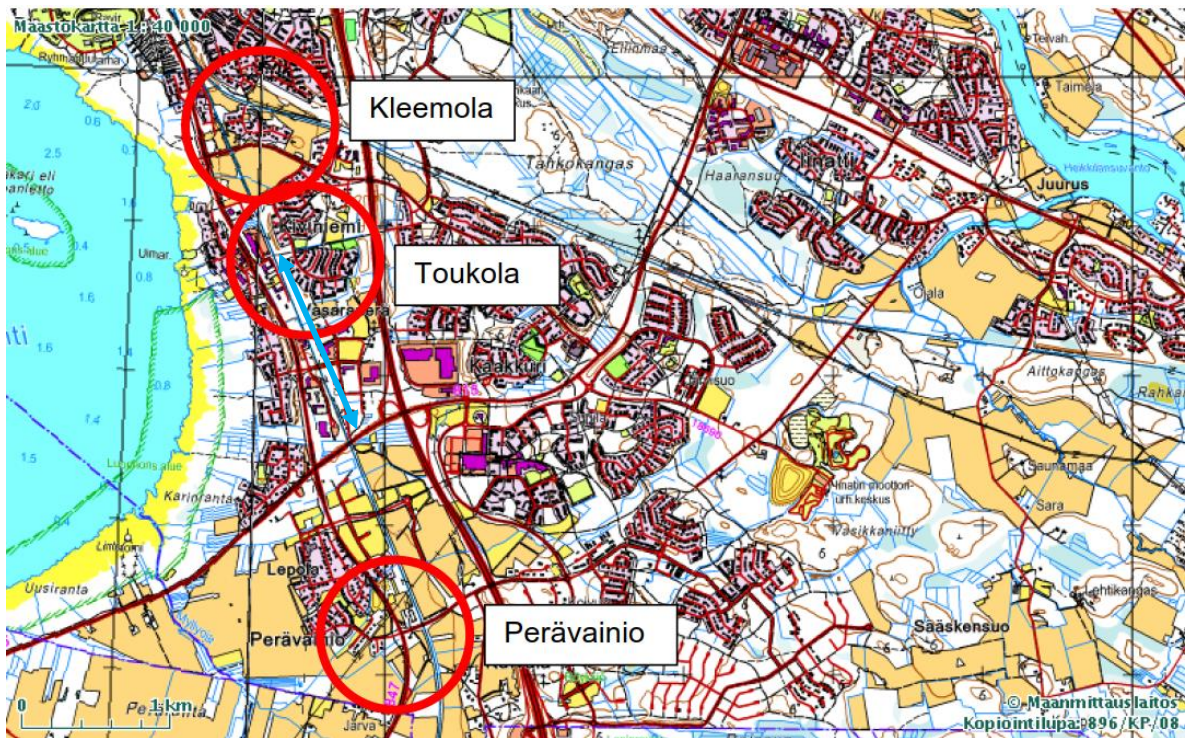
Kuva 4. Maasta mitatut värähtelyn tunnusluvut mittalinjalla B. Oranssilla viivalla on kuvattu värähtelyluokkien C ja D rajaa (0,3 mm/s). (Geomatti 2008)

Raportissa arvioidaan, että Oulunlahdessa D-värähtelyluokan raja on noin 200–300 m etäisyydellä radasta. Värähtelyluokan D alueella asuu noin 150–200 asukasta. RATO 3:n mukaisesti tulisi tavoitella värähtelyluokkaa C, jos radan liikennenopeutta tai akselipainoa nostetaan, tai jos rakennetaan uusi rata. Jotta värähtelyluokkaan C päästäisiin, ehdotetaan raportissa tärinävaimennusta paalulaatan avulla.

2.2 Kaksoisraide Liminka–Oulu, yleissuunnittelu

2.2.1 Ympäristötärinän täydentävä tärinäselvitys Oulun alueella

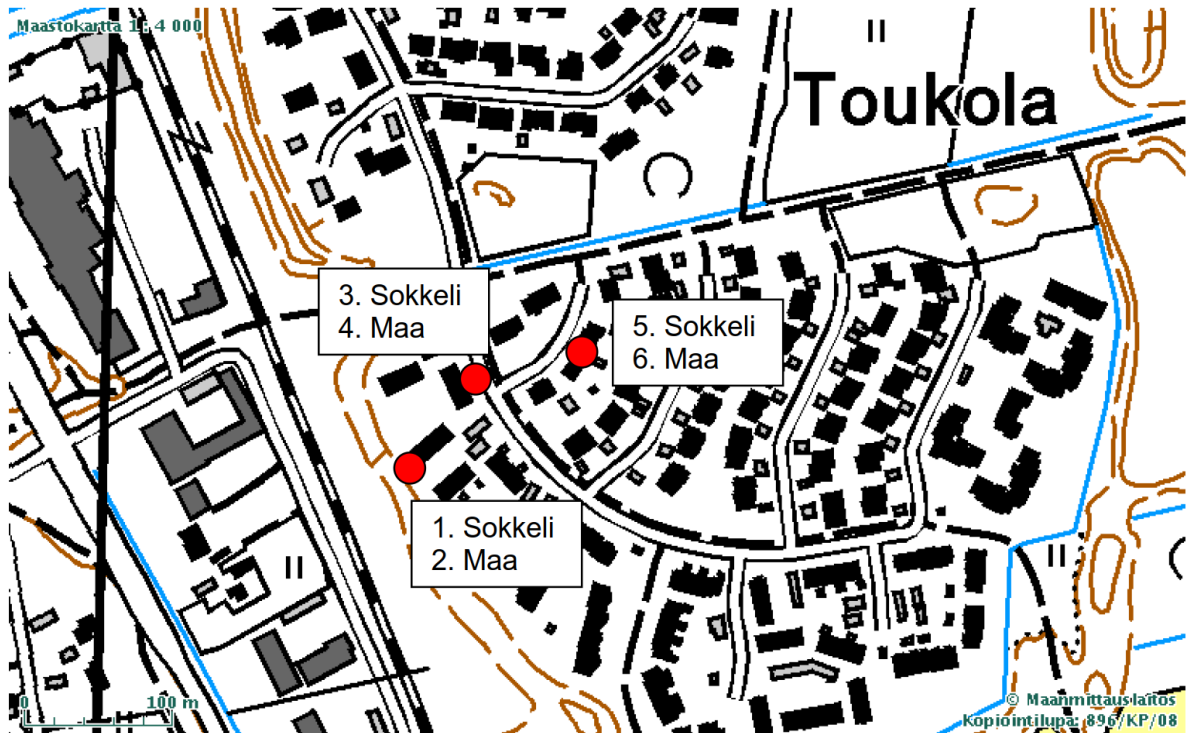
Liminka–Oulu kaksoisraiteen yleissuunnittelun yhteydessä Ratahallintokeskus on teettänyt Geomatti Oy:llä täydentäviä tärinätarkasteluja Oulussa. Tutkittavat kohteet olivat Kleemolan, Toukolan ja Perävainion asuinalueet (kuva 5), jotka valittiin tutkimuskohteiksi aiemmassa ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa määritettyjen tärinäriskialueiden pohjalta. Näistä kohteista Toukolan alue sijoittuu Oulunlahden liikennepaikan suunnittelualueen pohjoisosaan, radan itäpuolelle. Kleemolan alue sijoittuu suunnittelualueen pohjoispuolelle ja Perävainio suunnittelualueen eteläpuolelle.



Kuva 5. Vuoden 2009 tutkimuskohteet (Geomatti 2010). Sinisellä nuolella on merkitty Oulunlahden LP suunnittelualue.

Toukolassa mittauksia tehtiin kolmessa kohteessa, jotka on esitetty kuvassa 3. Kohteet olivat rivi- ja omakotitaloja. Mittauksia tehtiin kuudesta pisteestä, joista 3 tehtiin rakennuksen sokkelista ja 3 maasta talojen läheisyydestä. Kuvan 6 mukaisten mittapisteiden 1 ja 2 etäisyys radasta oli noin 60 metriä, mittapisteiden 3 ja 4 etäisyys noin 110 metriä ja pisteiden 5 ja 6 etäisyys oli noin 200 metriä. Mittauksissa käytettiin Instatel MiniMate Plus -tärinämittareita, jotka mittaavat tärinää kolmeen suuntaan. Mittaukset tehtiin 17.10.–19.10.2009.

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto



Kuva 6. Toukolan mittauspisteet 2009 (Geomatti 2010).

Lyhyestä mittausjaksosta ja määrätystä mittauksen käynnistävistä kynnysarvosta 0,3 mm/s johtuen yksikään tärinämittari ei rekisteröinyt vaadittua 15 mittaustapahtumaa. Värähtelyluokan laskennallinen määrittely vaatisi 15 mittaustapahtumaa. Raportissa on kuitenkin määritetty epäviralliset värähtelyluokat saatujen mittaustulosten perusteella. Tulokset on koottu taulukkoon 4.

Taulukko 4. Mittaustulokset Toukolan vuoden 2009 tärinämittauksista.

Mittauspiste	Mittarin sijainti	Etäisyys radasta [m]	Värähtelyarvo [mm/s]	Värähtelyluokitus (asumismukavuus)
MP1	Sokkeli	60	0,15	C
MP2	Maa	60	0,20	C
MP3	Sokkeli	110	0,12	B
MP4	Maa	110	0,15	C
MP5	Sokkeli	200	0,13	B
MP6	Maa	200	0,13	B

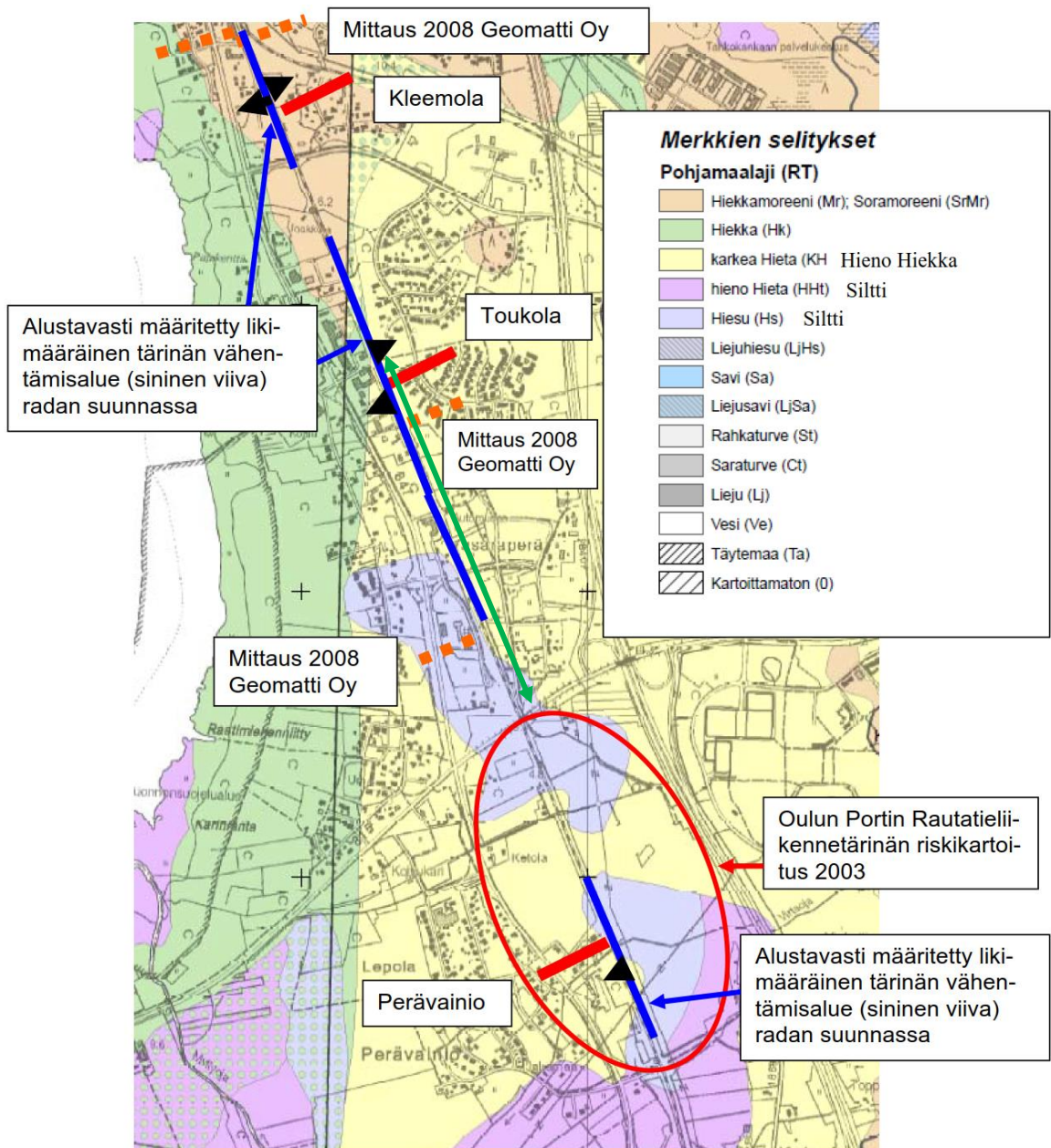
Raportissa arvioitiin tulosten perusteella, että yksikerroksisilla pientaloilla värähtelyluokkien C- ja D-raja on noin 50 m etäisyydellä radasta. Laskennallisesti määritettiin myös värähtelytasot kaksikerroksisessa asuinrakennuksessa. Värähtely tyypillisesti vahvistuu rakennuksen yläkerroksissa noin 1,5–2,5-kertaiseksi. Raportissa käytettiin vahvistumiskerrointa 2,5. Tällöin

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto

vastaava värähtelyluokkien C ja D välinen raja on noin 130 m etäisyydellä radasta. Laskelmien perusteella Toukolan mittauskohteissa tärinän arvioitiin olevan luokkaa D kaksikerroksisissa asuinrakennuksissa. Raportissa kuitenkin todetaan, että C- ja D-värähtelyluokkien rajaan liittyy lukuisia epävarmuuksia (mm. pohjasuhteet), joten rajaa ei ole esitetty kartalla edes likimääräisesti.

Raportissa on määritetty likimääräisesti alueet, joilla nähtiin tarve tärinän vaimentamistoimenpiteille. Alueet on esitetty kuvassa 7.

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto



Kuva 7. Kuvassa on yhtenäisellä punaisella viivalla kuvattu vuoden 2009 mittauslinjat. Oranssilla katkoviivalla on esitetty vuoden 2008 mittalinjat. Sinisellä, radansuuntaisella viivalla on merkitty likimääräiset alueet, joilla on tarve tärinän vaimentamiselle. Mustalla kolmiolla on merkitty radan puoli, jolla tärinäsuojausta tarvitaan. (Geomatti 2010). Vihreällä nuolella on merkitty Oulunlahden LP suunnittelualue.

Tärinän vaimentamistoimenpiteistä on tarkasteltu paalulaattaa ja tärinän eristysseinää. Ratapölkkyjen ja radan alle asennettavista vaimennuselementeistä todetaan, että ne eivät ole tehokkaita junaliikenteen alhaisesta taajuusalueesta johtuen.

Paalulaatan todetaan vähentävän ympäristöön leviävää tärinää noin 60...80 %. Oulunlahden pohjamaan ollessa suurelta osin hiekkaa, ovat paalulaatan hyödyt todennäköisesti arvion alarajoilla. Paalulaatan kustannusten arvioidaan olevan uudella radalla noin 2000...3000 €/ratametri ja vanhoilla, liikennöitävillä raiteilla noin kaksinkertainen. Oulunlahdessa paalulaatan arvioidaan siirtävän värähtelyluokkien C- ja D rajaa kaksikerroksisilla asuinrakennuksilla noin 50 m etäisyydelle radasta (ilman paalulaattaa raja noin 130 m). Yksikerroksisilla rakennuksilla raja olisi noin 20 m (ilman paalulaattaa noin 50 m).

Tärinäneristysseinä voidaan rakentaa pilaristabiloimalla tai teräsponsittiseinä, joista teräsponsittiseinä olisi Oulunlahden hiekkamaalla mahdollinen ratkaisu. Seinän pitäisi ulottua tärinän aallonpituuden syvyydelle ollakseen tehokas. Oulunlahdessa tämä tarkoittaisi noin 15 m syvyistä seinää. Hinnaksi arvioidaan 1000...1500 €/ratametri. Tärinä vähenee noin 50 % seinän välittömässä läheisyydessä, mutta vaikutus on vähäinen jo 50–80 metrin etäisyydellä.

Raportissa todetaan, että mittauksen perusteella junien aiheuttama tärinä ei aiheuta haittaa rakennuksille ja rakenteille.

2.2.2 Ympäristötärinän vähentäminen

Geomatti on tehnyt vuonna 2010 raportin ympäristötärinän vähentämisestä Liminka–Oulu kaksoisraiteen yleissuunnitelmaan. Raportissa on valittu tarkasteltavaksi menetelmäksi tärinäneristysseinä, jonka todetaan olevan selvästi edullisempi ratkaisu kuin paalulaatta. Eristysseinä voidaan myös rakentaa tarvittaessa vain toiselle puolelle rataa, mikä alentaa kustannuksia. Oulunlahden kohteessa ongelmaksi voi kuitenkin muodostua tiiviin pohjamaan ulottuminen lähelle maanpintaa. Tällöin tärinäneristysseinän syvyys voi jäädä vaillinaiseksi, jolloin sen tehokkuus heikkenee.

Vaihtoehtolaskelmat on kuitenkin tehty sekä paalulaatalle että sponsittiseinälle. Taulukkoon 5 on kerätty laskelman tulokset Toukolan kohdalta kmv 747+200–747+950. Paalulaatan yksikköhinnaksi on määritetty 2 500 €/raidemetri/raide ja sponsittiseinän hinnaksi 1 000 €/raidemetri/puoli.

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto

Taulukko 5. Tärinävaimennusratkaisujen hintavertailu Toukolan alueella, kmv 747+200–747+950.

	Tärinän vaimennustapa	Pituus [m]	Yksikköhinta paalulaatta [€/rd-m]	Yksikköhinta ponttiseinä/puoli [€/rd-m]	Hinta [€]
VE1	paalulaatta molempien raiteiden alle	750	2*2 500		3 750 000
VE2	ponttiseinä kaksoisraiteen molemmille puolille	750		2*1 000	1 500 000
VE3	ponttiseinä vain suojattavalle puolelle	750		1*1 000	750 000

Toukolan tutkimusalueella tärinäneristysseinää esitetään vertailun perusteella vain radan itäpuolelle. Laskelmissa on arvioitu, että alueella on 55 asuntoa ja asukasmäärä on keskimäärin 3 asukasta/asunto, jolloin alueella olisi 165 asukasta. Tällöin radan itäpuolelle rakennettavan eristysseinän kustannus olisi noin 4545 €/asukas.

2.3 Ratahanke Seinäjoki–Oulu

2.3.1 Finnrock Consulting 2013-2014

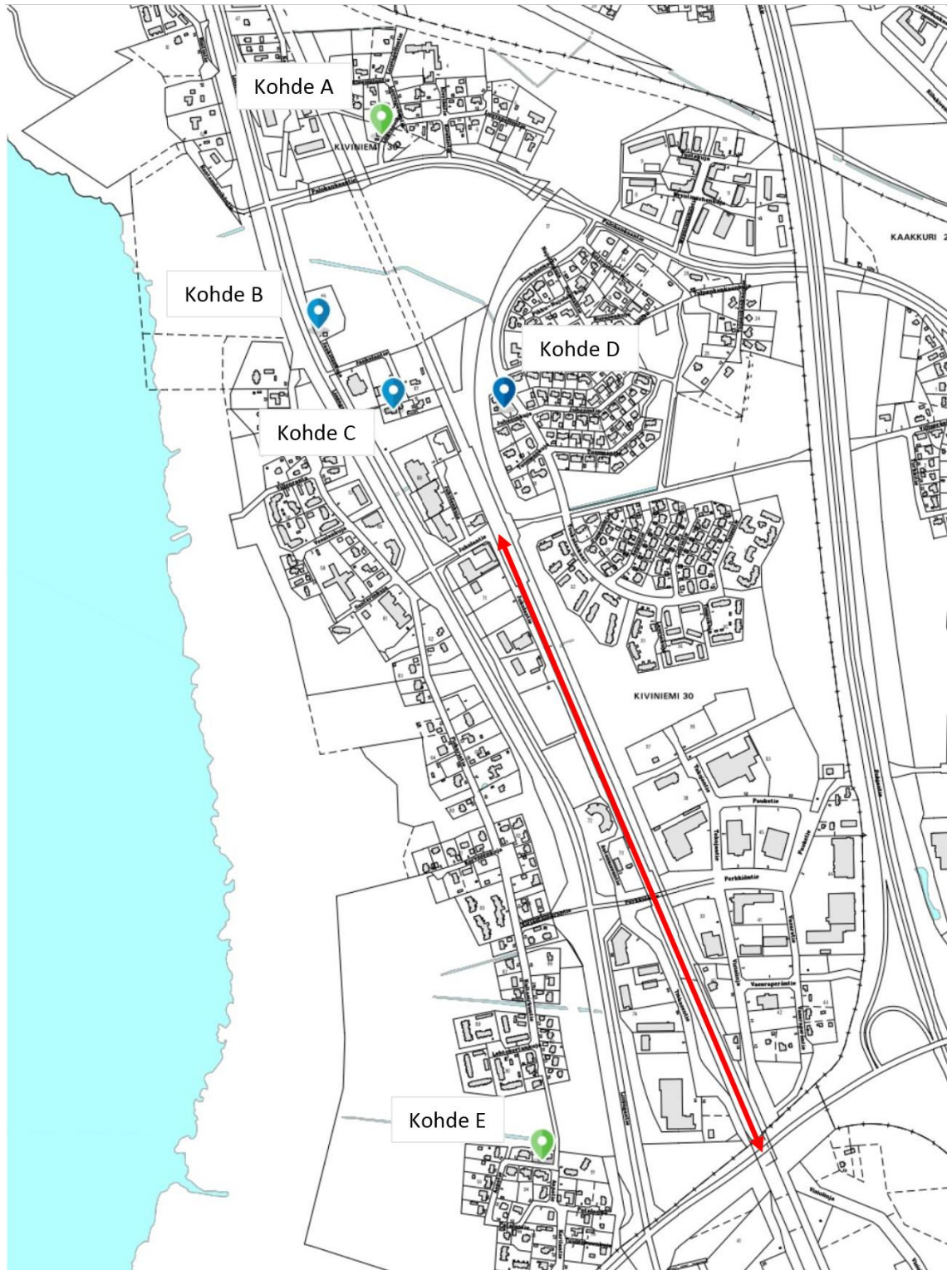
Finnrock Consulting on tehnyt Liikenneviraston toimeksiannosta vuonna 2014 liikennetärinämittauksia Seinäjoki–Oulu-ratahankkeen yhteydessä. Mittauksilla selvitettiin tärinätasot ennen radan perusparannusta. Mittauskohteita oli yhteensä 13 ja ne sijaitsivat Liminka–Oulu-rataosuudella. Näiden lisäksi raporttiin on yhdistetty vuonna 2013 tehtyjen mittausten tulokset, joista raportissa on otettu huomioon vain talon sokkelista tehdyt mittaukset. Oulunlahteen suunniteltavan liikennepaikan läheisyydessä tehtiin tärinämittauksia yhteensä viidestä kohteesta vuosina 2013–2014:

- Kohde A (2014),
- Kohde B (2014),
- Kohde C (2013),
- Kohde D (2014) ja
- Kohde E (2013).

Näiden mittauspisteiden sijainti on esitetty kartalla kuvassa 8.

Kaikki mittauskohteet olivat omakotitaloja. Vuoden 2014 mittaukset tehtiin kiinnittämällä etäluettavat Sigicon Infra -tärinämittarit messinkiankkureilla tutkittavien talojen sokkeleihin. Vuoden 2013 mittauksissa käytettiin etäluettavia Sigicon Infra Mini -tärinämittareita tai InstanTel Mimate plus -tärinämittareita. Vuoden 2014 mittauksissa mittausaika oli noin 10 vuorokautta.

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto



Kuva 1. Seinäjoki–Oulu-hankkeen tärinämittauskohteet Oulunlahden liikennepaikan läheisyydessä vuodelta 2014. (karttapohja Oulun Kaupunki, kartta.ouka.fi). Punaisella nuolella on merkitty Oulunlahden LP suunnittelualue.

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto

Kohteissa mitattiin kolmiaksisesti junien aiheuttamaa heilahdusnopeuden taajuuspainotettua tehollisarvoa. Mitatuista arvoista määritettiin värähtelyn tunnusluku johdantoluvussa esitetyn kaavan avulla. Arvoja verrattiin VTT:n ohjeissa esitettyihin luokkiin asumisviihtyvyyden ja rakenteiden vaurioitumisen kannalta. Tulokset on esitetty kootusti taulukossa 6.

Taulukko 6. Tärinämittaustulokset vuosilta 2013-2014 ennen radan perusparannusta (Finnrock Consulting).

Kohde	Mittauspisteet	Etäisyys radasta [m]	Värähtelyluokitus (asumisviihtyvyys)	Värähtelyarvo [mm/s]	Tärinäalttiuden luokka (rakennusten vaurioituminen)	Värähtelyarvo [mm/s]	Huomioita
Kohde A	sokkeli	70	B	0,15	H	0,57	
Kohde B	sokkeli	155	C	0,25	H	1,41	
Kohde C	2 kerros, sokkeli, piha	90	C	0,20	E	0,75	
Kohde D	sokkeli	80	D	0,33	E	0,98	
Kohde E	2 kerros, sokkeli, piha	400	B; >D	0,15; 0,68	E	0,52	Rakennus todennäköisesti resonoi: yläkerrassa yli D-luokan ohjearvon, maassa ja sokkelissa arvot luokkaa B

Raportissa kohteet on luokiteltu riskikohteisiin ja kohteisiin, joihin ei kohdistu tärinän kannalta suurta riskiä. Tärinä voi voimistua esimerkiksi rakennuksen resonoinnin vuoksi kohteissa, joissa on enemmän kuin yksi kerros. Riskikohteiksi on luokiteltu kohteet, joissa rakennuksen ensimmäisen kerroksen tärinäluokka oli vähintään tasoa D, jolloin tunnusluku ylemmissä kerroksissa voi ylittää D-luokan ohjearvon 0,60 mm/s. Kohde D on raportin mukaan luokiteltu riskikohteeksi. Kohde B ja kohde C on puolestaan luokiteltu kohonneen riskin kohteeksi.

Kohdetta E ei ole luokiteltu riskikohteeksi tai edes kohonneen riskin kohteeksi. D-luokan ohjearvon ylittävät tulokset saatiin toisen kerroksen mittauspisteestä, joka oli sijoitettu autokatoksen päälle. Kohteen mittausraportissa syyksi epäiltiin rakennuksen resonoinnista. Raportissa arvioidaan, että rakenteiden jäykistämällä esimerkiksi autokatoksen kohdalta voitaisiin vähentää värähtelyn vahvistumista rakennuksen yläkerrassa. Pihasta ja rakennuksen ensimmäisestä kerroksesta mitatut arvot olivat merkittävästi pienempiä kuin toisesta kerroksesta mitatut arvot.

2.3.2 Finnrock Consulting 2015

Vuonna 2015 Finnrock Consulting on tehnyt seurantamittauksia Seinäjoki–Oulu-ratahankkeelle. Tärinämittaukset ovat jatkoa vuosien 2013 ja 2014 mittauksille, jotka tehtiin ennen Liminka–Oulu-välin perusparannusta. Vuoden 2015 mittaukset on tehty perusparannuksen jälkeen. Mittausten tarkoituksena oli selvittää perusparannuksen vaikutuksia junaliikenteestä aiheutuvaa tärinään.

Mittaukset tehtiin samoista kohteista kuin vuosina 2013 ja 2014. Kohteiden sijainti on esitetty kuvassa 8. Kohteita oli suunniteltavat Oulunlahden liikennepaikan läheisyydessä viisi. Mittaukset tehtiin kuten vuonna 2014, eli etäluettavat Sigicom Infra -tärinämittarit kiinnitettiin messinkiankkureilla rakennusten sokkeleihin. Myös mitatut suureet olivat samoja.

Taulukossa 7 on esitetty Oulunlahden alueen tulokset.

Taulukko 7. Tärinämittaustulokset vuodelta 2015 radan perusparannuksen jälkeen (Finnrock Consulting).

Kohde	Mittauspisteet	Etäisyys radasta [m]	Värähtelyluokitus (asumisviihtyvyys)		Värähtelyarvo [mm/s] (asumisviihtyvyys)		Tärinäalttisuuden luokka (rakennusten vaurioituminen)		Värähtelyarvo [mm/s] (rakennusten vaurioituminen)	
			ennen	jälkeen	ennen	jälkeen	ennen	jälkeen	ennen	jälkeen
Kohde A	sokkeli	70	B	B	0,15	0,15	H	E	0,57	0,42
Kohde B	sokkeli	155	C	C	0,25	0,17	H	H	1,41	0,85
Kohde C	sokkeli	90	C	C	0,20	0,29	E	E	0,75	0,89
Kohde D	sokkeli	80	D	C	0,33	0,29	E	H	0,98	1,09
Kohde E	sokkeli	400	B	C	0,15	0,16	E	E	0,52	0,46

Taulukossa on verrattu vuoden 2015 tuloksia vuosien 2013–2014 mittauksiin. Positiiviset muutokset on kuvattu vihreällä ja negatiiviset muutokset punaisella tekstillä.

Raportissa on todettu kohteen A tilanteen pysyneen samana ennen ja jälkeen radan perusparannuksen. Kohteissa B ja D tilanne on parantunut perusparannuksen jälkeen. Kohteissa C ja E tärinä näyttää pahentuneen perusparannuksen jälkeen.

Raportissa on tarkasteltu myös sitä, millaiset junat aiheuttivat suurimmat tärinäherätteet tutkimuspisteissä vuosina 2014 ja 2015.

Raportissa on todettu, että koko tutkimusvälillä Liminka–Oulu vuonna 2014 mittauksissa merkittävintä tärinää aiheuttivat 2600–5200 tonnia painavat junat, jotka menivät kohti etelää. Vuoden 2015 tutkimuksissa merkittävimpien junien painot vaihtelivat enemmän kuin vuonna 2014. Esimerkiksi alle 3000 tonnia painavia junia oli enemmän ja jopa yksi IC aiheutti merkittäviä tärinätuloksia. Merkittävin osa junista oli kuitenkin myös vuonna 2015 tavarajunia, jotka painoivat 2700–5300 tonnia ja suuntasivat kohti etelää. Raportissa epäillään, että kevyiden tavarajunien suurempi osuus merkittävien junien listalla johtuu nopeusrajoituksista, jotka ovat riippuvaisia junan painosta. Suurimmat tärinätulokset aiheuttaneet junat vaihtelivat kohteittain.

3 YHTEENVETO

Oulunlahden liikennepaikan suunnittelualueella ja sen läheisyydessä on tehty useita tärinämittauksia vuosina 2008–2015. Mittaustuloksia on tarkasteltu asumismukavuuden kannalta ja luokiteltu tulokset VTT:n luokituksen mukaisesti luokkiin A–D, joista A edustaa parhaita olosuhteita ja D heikoimpia. RATO osan 3 mukaan uusilla radoilla ja niillä vanhoilla radoilla, joilla nostetaan liikennöintinopeutta tai sallittuja akselipainoja, noudatetaan kyseisen luokituksen tasoa C. Vanhoilla radoilla noudatetaan luokkaa D. Karttakuvassa 11 on esitetty vuosien 2008–2015 mittaustulosten luokittelu.

Tähdellä on merkitty Finnrock Consultingin mittauskohteet. Ensimmäinen kirjain kuvaa rakennuksen sokkelista tehtyjen mittaustulosten luokkaa ennen perusparannusta ja kauttaviivan jälkeinen kirjain perusparannuksen jälkeistä mittausta.

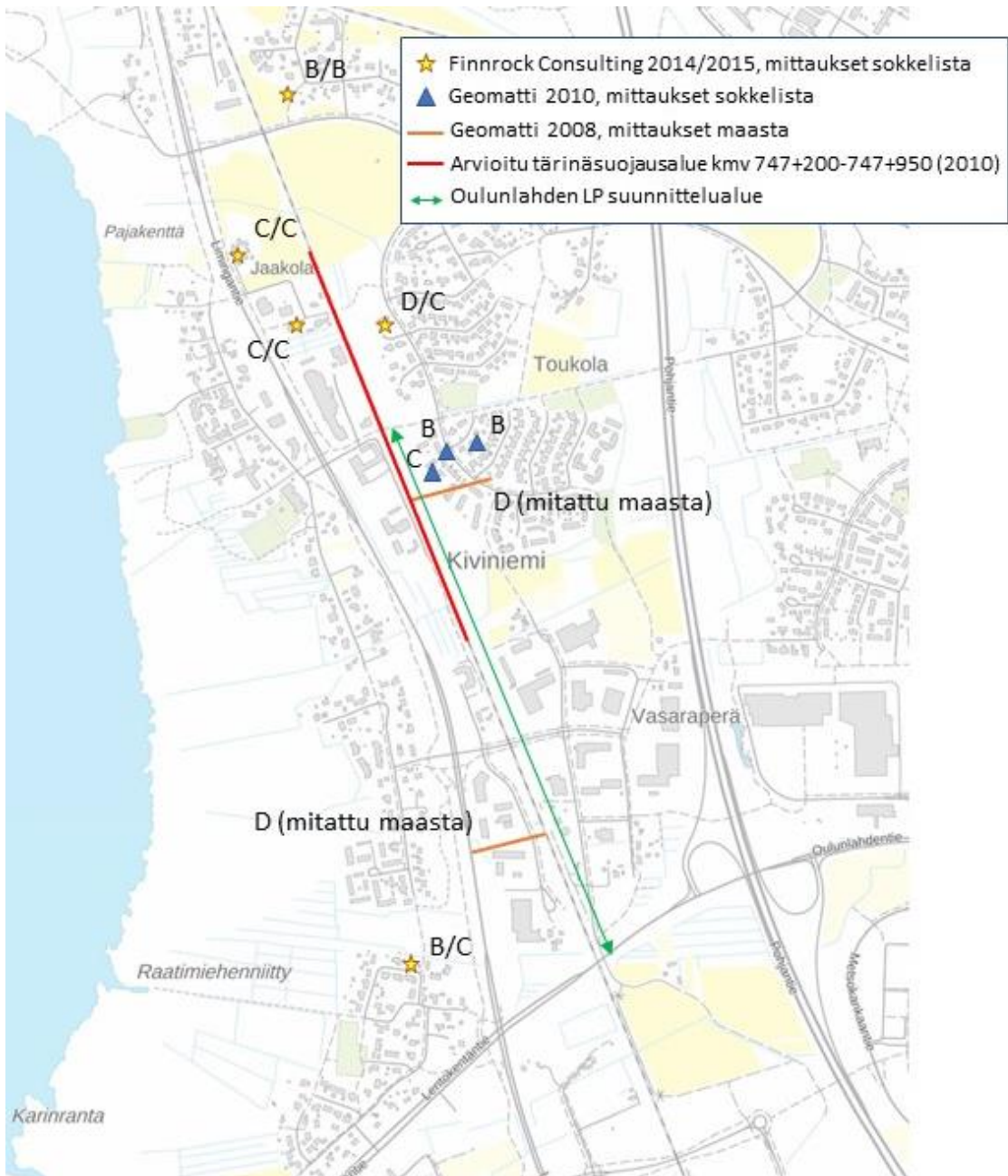
Sinisellä kolmiolla on merkitty Geomatti Oy:n mittauskohteita vuodelta 2010. Kartalla on esitetty rakennuksen sokkelista tehtyjen mittausten värähtelyluokat.

Oranssilla viivalla on kuvattu Geomatti Oy:n mittauslinjoja vuodelta 2008. Mittaukset tehtiin maasta 75 m, 125 m ja 175 m etäisyydeltä radasta. Kaikissa mittapisteissä tulokset sijoittuvat värähtelyluokkaan D.

Geomatti Oy:n vuoden 2010 selvityksessä tärinäsuojausta esitetään Toukolan alueelle kmv 747+200–747+950. Kustannusvertailun pohjalta tärinänvaimennusmenetelmäksi esitetään tärinäseinää radan itäpuolelle. Kustannusarvio noin 750 m pitkälle seinälle on noin 750 000 €.

Vuonna 2006 tärinänvaimennusta esitettiin YVA:n yhteydessä kmv 747+000–747+500. Tärinänvaimennusmenetelmiä verrattiin kustannusten ja menetelmästä saatavan hyödyn perusteella. Parhaaksi menetelmäksi todettiin tärinänvaimennusseinä radan molemmille puolille. Tärinänvaimennusseinän kustannuksiksi arvioitiin noin 2 000 000 €.

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto



Kuva 2. Vuosien 2008–2015 tärinämittauskohdeet ja tulokset asumismukavuuden suhteen.

4 KAAVAPROSESSI

Liikennevirasto on hakenut kaavamuutosta asemakaavaan Liminka–Oulu kaksoisraidetta ja Oulun kolmioraidetta varten vuonna 2010. Kaavaprosessi on kuvattu tarkemmin asemakaavan selostuksessa, ks. lähdeluettelo.

Kaavaselistuksessa todetaan seuraavaa (s. 11):

Yleissuunnitteluvaiheessa tärinäselvitykset ovat suuntaa antavia. Vaikka ympäristötärinän vähentämistä koskevassa raportissa on käsitelty tärinän vähentämiskeinon esimerkkinä tärinäseinää, laaditaan yleissuunnittelun jälkeisessä, toteutusta edeltävässä ratasuunnitteluvaiheessa tarkemmat tärinä- ja maaperäselvitykset ja samalla laaditaan tarkemmat tärinän suojaussuunnitelmat.

Viranomaisneuvottelussa todettiin seuraavaa (s.15):

4.3.4 Viranomaisyhteistyö

Viranomaisneuvottelu pidettiin 22.8.2012. Neuvottelussa käsiteltiin alustava kaavaehdotus, josta todettiin mm. seuraavasti:

- Liikennevirasto / Ehdottomien raja-arvojen asettaminen melun ja tärinän suhteen ei ole tavoite. Kolmioraidteen merkitys liittyy ennen kaikkea ratapiha-alueen käytettävyyteen, jota koskien käynnistetään tarveselvitys. Uusia meluvaimennuskokeiluja on parhaillaan meneillään. Myös kaluston kunto paranee koko ajan, millä on merkitystä meluhaitan määrälle.

- ELY-keskus / Melu- ja tärinävaikutukset on arvioitava, erityisesti Kiviniemessä, Mäntylässä ja Toukolassa, kyseiset arviot on tehty. Alueen jatkosuunnittelussa on varattava rautatiealueen ulkopuolelle mahdollisuus tehdä melu- ja tärinäsuojauksia, mikä on mainittava kaavaselistuksessa. Raideliikenteen melu- ja tärinäasioissa Liikennevirasto on asiantuntija. Myös olevien meluvallien kohdalle tulisi laittaa puuttuvat meluntorjuntamerkinnot. Kaksoisraide on kestävä kehityksen ja Oulun seudun yhdyskuntarakenteen kehittämisen kannalta merkittävä hanke. Alustavassa kaavaehdotuksessa esitetyn kaltaiset määräykset koskien melua ja tärinää ovat liian tiukkoja, koska selvitysten mukaan niitä ei voida toteuttaa. Vaikutusten arviointi on tärkeä. Siinä voidaan tuoda ilmi, etteivät kaavassa esitetyt suojaukset poista ongelmaa melun ja tärinän osalta. Kaavaratkaisu tulee perustella hyvin. Hankkeen merkitys on suuri koko kaupungille ja suhteessa isolle määrälle ihmisiä ja elinkeinoja.

- Oulun kaupunki / Raskas liikenne voidaan ohjata uudelle, perustustavaltaan tärinän huomioon ottavalle raiteelle, jolloin haitat pienenevät. Kaupunki esittää nopeusrajoituksen asettamista raskaalle junaliikenteelle tärinä- ja meluhaitan vähentämiseksi siihen asti, kunnes uusi raide on rakennettu ja otettu käyttöön.

Neuvottelussa sovittiin jatkotoimina, että kaavakarttaa täydennetään yleissuunnitelman mukaisilla melu- ja tärinäsuojauksella koskevilla kaavamerkinnoilla. Tehtyjä selvityksiä ei tarvitse täydentää. Kolmioraidteen osalta tarkempi tärinäsuojaus tulee määrittellä jatkosuunnittelussa, mikä asia tulee kirjata kaavaselistukseen. Kaavaselistukseen tulee kirjata myös tärinäselvityksen laatimistilannetta koskeva tieto ja perustelut, miksi selvitystä ei ole laadittu (mikäli tärinäselvitystä ei nykyisin puuttuvan raiteen vuoksi voida tehdä).

Lausunnot pyydetään ehdotuksesta kuten luonnosvaiheessa. Tarvittaessa voidaan pitää palaveri ehdotusvaiheen jälkeen.

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus esitti liikennetärinään liittyvän lausunnon kaavaluonnoksesta sen nähtävillä olon aikana vuonna 2011 (s. 19):

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu
C-2 Tärinäselvitysten yhteenveto

Ympäristönsuojeluyksikkö

Kaksoisraiteen ja kolmioraiteen rakentamisen aiheuttamien melu- ja tärinähaittojen vaikutukset on arvioitava, erityisesti Kiviniemessä (Toukolankarintie, Luuvapellontie, Kleemolantie), Mäntylässä ja Nokelassa. Alueen jatkosuunnittelussa on varattava rautatiealueen (LR) ulkopuolelle mahdollisuus tehdä selvitysten pohjalta melu- ja tärinäsuojausta. Tästä olisi hyvä laittaa maininta kaavaselostukseen.

Liikenneviraston lausunnossa ei otettu kantaa tärinään.

Asemakaavoitus vastasi ELY-keskuksen ja Liikenneviraston lausuntoihin seuraavaa (s. 20):

Asemakaavoituksen vastine lausuntoihin:

Asemakaavaehdotukseen lisätään yleissuunnitelman mukaisesti melu- ja tärinäsuojausta edellyttävät alueet radan varressa. Melusuojausten vaatimaan tilantarpeeseen on kaavassa varauduttu siten, että ne on mahdollista rakentaa joko rautatiealueelle tai siihen rajoittuvalle viheralueelle.

Kaavaselostuksen kohtaan 5.2 Ympäristön laatua koskevien tavoitteiden toteutuminen lisätään maininta siitä, että alueen jatkosuunnittelussa on varattava rautatiealueen (LR) ulkopuolelle mahdollisuus tehdä selvitysten pohjalta melu- ja tärinäsuojausta.

Kaavaprosessin aikana radan aiheuttamat tärinähaitat herättivät mielipiteitä ja huolta lähiseudun asukkaissa. Kaavoittajan vastineissa todetaan, että tarkemmat tärinäselvitykset tehdään ratasuunnitteluvaiheessa. Kaavoittaja toteaa myös, että uuden raiteen rakentaminen laadukkaasti voi jo itsessään vähentää tärinähaittoja. (s. 45, 46–47, 48)

Melu- ja tärinähaitat:

Asemakaavassa osoitetaan radan yleissuunnitelman mukaiset melu- ja tärinäsuojausta edellyttävät ratasuunnitelmat. Radan yleissuunnitelman jälkeen laadittavassa tarkemmassa, radan rakentamista edeltävässä ratasuunnitelmassa tarkentuvat suunnitelmat melu- ja tärinäsuojauksen osalta. Ratalain mukaan, joka ohjaa rautatien rakentamista, edellytetään että ratasuunnitelmaan on liitettävä arvio rautatien vaikutuksista sekä esitettävä ne toimenpiteet, jotka ovat tarpeen radan rakentamisen tai junaliikenteen haitallisten vaikutusten poistamiseksi tai vähentämiseksi. Lähtökohtana on, että uudet raiteet rakennetaan aiempaa laadukkaammin ja koska tärinää aiheuttava raskas liikenne on mahdollista ohjata uudelle raiteelle ongelmalueilla, voidaan olettaa että tärinähaitat voivat sen takia lieventyä. Tärinäongelmien hallinta on vaikeaa ja sen vuoksi saattaa tietysti jäädä myös ongelmapaikkoja. Myös asemakaavan jälkeen laadittava ratasuunnitelma laaditaan vuorovaikutuksessa asukkaiden kanssa eli ratasuunnitelmat tulevat nähtävillä ja niistä on mahdollisuus antaa mielipiteitä. Ratasuunnitteluvaiheeseen liittyviä tarkempia selvityksiä ja suunnitelmia ei päästä tekemään ennen kuin radan yleissuunnitelma on hyväksytty, ja yleissuunnitelmaa taas ei pystytä hyväksymään ennen kuin asemakaava on hyväksytty.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Uuden raiteen suunnitteleminen nykyisen raiteen itäpuolelle tuo rataa lähemmäs asutusta, mikä voi vaikuttaa havaittuihin tärinähaittoihin. Uuden ja vanhan raiteen raideväli tulee olemaan 9,0 m, joten etäisyysmuutos on verrattain pieni. Myös suunniteltavat vaihteet voivat lisätä tärinää. Uuden raiteen rakennepaksuus taas on suurempi, käytetyt materiaalit ovat parempia ja suurin sallittu nopeus on alhaisempi kuin nykyisellä raiteella, jolloin uudelta raiteelta syntyvät tärinähaitat ovat pienempiä kuin nykyisellä raiteella. Uusi raide mahdollistaa tiheämmän liikennöinnin radalla, mikä voi lisätä tärinähaittojen esiintymistiheyttä. Ratasuunnitelmassa todetaan, että uusi liikennepaikan raide ei kasvata junaliikenteestä aiheutuvan tärinän suuruusluokkaa nykyiseen verrattuna. Uuden liikennepaikan ratasuunnitelman mukainen sijainti mahdollistaa tärinäsuojaustarpeiden tarkastelun ja tarvittavien tärinäsuojaurakenteiden suunnittelun. Liikennepaikan siirtäminen esimerkiksi Oulunlahden ylikulkusillan eteläpuolelle pitäisi nykyiset tärinähaitat ennallaan, mutta mahdollistaisi silti tiheämmän liikennöinnin radalla.

Aiempien tärinäselvitysten perusteella ratasuunnitelman laatimisen yhteydessä todettiin mahdollinen tärinäsuojaustarve radan itäpuolella asemakaavaankin merkityllä alueella kmv 746+200–Villiperänpolun alikäytävä. Aiempien tärinämittausten ja -selvitysten perusteella tärinäsuojaustarvetta ja sen laajuutta ei voida kuitenkaan määrittää riittävällä tarkkuudella ja varmuudella koko suunnittelualueen osalta. Lopulliset tärinäsuojauskohteet määritetään lisämittausten perusteella. Tärinämittaukset tehdään suunnittelualueella syys–lokakuussa 2017. Mittauksista laaditaan erillinen raportti.

6 LÄHDELUETTELO

Ratatekniset ohjeet osa 3 Radan rakenne

Nopeuskaavio Ylivieska–Oulu, 2016 revisio B, VR Track

Asemakaava 564-2096 Kaksoisraide Liminka–Oulu, 2017, Oulun Kaupunki

Asemakaavan selostus, kaava 564-2096 Kaksoisraide Liminka–Oulu, 2017, Oulun Kaupunki

Seinäjoki–Oulu palvelutason parantaminen, Yleissuunnitelma, 2006, VR, Jaakko Pöyry Infra/JP-Transplan, Sito, Ramboll

- Ympäristövaikutusten arviointiselostus, 2006, JP-Transplan Oy, Ramboll Finland Oy, Sito Oy, Oy VR-Rata Ab, WSP LT-konsultit Oy
- Tärinäselvityskartat Vihanti–Oulu, 2005, VR, WSP, Sito, Ramboll
- Tärinävaimennusratkaisujen optimointi Vihanti–Oulu, 2006, Ramboll
- Tärinävaimennusratkaisujen optimointi Vihanti–Oulu, kohdekohtaiset vertailut, 2006, Ramboll
- Ympäristötärinämittaukset Ylivieska–Oulu, 2008, Geomatti Oy

Kaksoisraide Liminka–Oulu, yleissuunnittelu, 2010

- Ympäristötärinän täydentävä tärinäselvitys Oulun alueella, 2010, Geomatti Oy
- Ympäristötärinän vähentäminen, 2010, Geomatti Oy

Ratahanke Seinäjoki–Oulu

- Liikennetärinämittaus, ratahanke Seinäjoki–Oulu, 2014, Finnrock Consulting Oy
- Liikennetärinämittaus, ratahanke Seinäjoki–Oulu, seurantamittausraportti, 2015, Finnrock Consulting Oy
 - kohdekohtaiset mittauskortit

Oulunlahti liikennepaikka

Ratasuunnitelma, Oulu

Turvallisuusselvitys

Proxion noudattaa DNV:n sertifioimaa laatustandardin ISO 9001 mukaista toimintajärjestelmää. Toimintajärjestelmän edellytysten mukaisesti alla olevassa taulukossa on esitetty dokumentin tekijä, katselmoija ja hyväksyjä, jotka takaavat dokumentin laadunmukaisuuden.

Versio	Sisältö	Päivämäärä	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä
1.0	Turvallisuusselvitys	13.10.2016	Heidi Sunnari	K.Ristolainen	Mikko Saarinen

Sisällysluettelo

1 Yleistä	3
2 Hankkeen toteutukseen liittyvät riskit	3
3 Rakentamisen aikaiset työturvallisuusriskit	4
4 Rakentamisen aikaiset riskit rautatiejärjestelmälle	4
5 Käyttöönottovaiheen riskit rautatiejärjestelmälle.....	5
6 Käytön aikaiset turvallisuusriskit rautatiejärjestelmälle	5
7 Käytön aikaiset työturvallisuusriskit ja turvallisuustiedot käyttö- ja huolto-ohjeisiin	5

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu

1 Yleistä

Tämä turvallisuusselvitys on laadittu Oulunlahden liikennepaikan ratasuunnitelman yhteydessä. Toimeksianto liittyy Seinäjoki-Oulu ratahankkeeseen. Oulunlahden liikennepaikka sijoittuu rataosalle Ylivieska-Oulu km 746-747.

Turvallisuusselvitys on laadittu Seinäjoki-Oulu hankkeen turvallisuusohjeiden sekä Liikenneviraston "Riskienhallinta radan suunnittelussa" sekä "Turvallisuusselvityksen laadinta 4787/065/2011" -ohjeiden mukaisesti.

Riskien arviointi toteutettiin vaiheittain. Ensimmäisessä vaiheessa tekniikka-alojen vastaavat suunnittelijat kokosivat oman alansa riskejä haastatteluun ja pienissä työryhmissä. Työskentelyyn osallistuivat kaikki keskeiset tekniikka-alat. Riskien tunnistaminen toteutettiin 6-7/2017. Tämän jälkeen tunnistetut riskit koottiin taulukoihin, arvioitiin niiden luokitus ja tarvittavat toimenpiteet. Keskeisimpiä riskejä, niiden luokitusta ja toimenpiteitä käsiteltiin työkokousten yhteydessä sekä tekniikka-akakohtaisin haastatteluun. Riskienhallinnasta järjestettiin yksi tekniikka-alojen yhteinen työpaja 9.8.2017.

Riskienhallintaprosessin tuloksena on tämä turvallisuusselvitys sekä riskienhallintasuunnitelma, jossa on kuvattu riskien tunnistaminen, luokittelu ja toimenpiteiden määrittely.

Suurin osa tunnistetuista riskeistä on tavanomaisia rautatien rakentamishankkeisiin liittyviä riskejä. Lisäksi mukana on jonkin verran hanketason riskejä koskien ratasuunnitelman hyväksyntää sekä kolmansien osapuolien mukana oloa. Riskeille määritetyt toimenpiteet liittyvät pääasiassa työvaiheiden, työn keston ja työmenetelmien suunnitteluun sekä yleisiin turvallisuusmenettelyihin mm. ratatyötä, sekä väylien ja sähköradan läheisyydessä työskentelyä koskien. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu keskeisimpiä riskejä tarkemmin.

Ratasuunnittelun aikana ei havaittu turvallisuuspoikkeamia eikä toteutuneita riskejä.

2 Hankkeen toteutukseen liittyvät riskit

Oulunlahden liikennepaikan toteutus vaatii ratasuunnitelman hallinnollisen käsittelyn ja hyväksynnän. Ratasuunnitelman hyväksynnän kannalta aikataulu on kriittinen. Hankkeen toteutukseen ja ratasuunnitelman käsittelyyn liittyen on tunnistettu seuraavia riskejä:

- Ratasuunnitelman toteutuksen aikataulu on haasteellinen. Suunnitelmaratkaisujen vertailulle, vaihtoehtotarkasteluille ja sidosryhmien vuoropuhelulle on varattu vähän aikaa. Riskin hallitsemiseksi vuoropuhelua on käyty aktiivisesti ja dokumentoidusti keskeisimpien sidosryhmien suuntaan.
- Johtosiirtojen kustannusjako on vielä ratasuunnitelman laatimisen loppuvaiheessa kesken. Kaukolämpöputken siirrosta aiheutuvat kustannukset voivat vielä muuttua.
- Suunnitelmien hyväksyttävyyttä voi asettaa haasteeksi. Kaksoisraiteen kaavoitusvaiheessa kaupunki on saanut paljon palautetta mm. raideliikenteen tärinästä. Ratasuunnitelma sijoittuu hyväksytylle asemakaava-alueelle, mutta kaava edellyttää tärinäasioiden tarkempaa tarkastelua rata- ja rakentamissuunnittelun yhteydessä.
- Rakentaminen ja työskentely taajama-alueella vaativat tiettyjä lupamenettelyjä. Lupamenettelyjen laiminlyönti voi aiheuttaa viivästystä tai lisäkustannuksia työlle. Tarvittavat luvat on selvitettävä rakentamissuunnittelun yhteydessä (mm. laittilan rakennusluvan tarve ja tilapäisten varastoalueiden tarve kaupungin omistamilla tonteilla).

3 Rakentamisen aikaiset työturvallisuusriskit

Kohde on luonteeltaan tavanomainen ratasuunnittelukohde. Suunnittelukohde sijoittuu kuitenkin taajama-alueelle ja sisältää uuden alikulkusillan toteutuksen käytössä olevan tien päälle. Nämä lisäävät haastetta työvaiheiden toteutukselle ja rakennustyömaan turvallisuudelle. Rakentamisen kannalta merkittävimmiksi riskeiksi on tunnistettu seuraavat toimenpiteitä edellyttävät riskit:

Työmaan olosuhteet

- Työmaa sijoittuu liikennöidylle raiteelle ja sen välittömään läheisyyteen. Työmaasta voi aiheutua liikennehaittaa tai vaaratilanteita juna-, tie- ja kevyelle liikenteelle. Toisaalta tie- ja junaliikenne voi aiheuttaa vaaratilanteita työmaan henkilöille. Riskin hallitseminen edellyttää huolellista työvaiheiden, työmaaliikenteen sekä työalueiden suojaamisen ja merkitsemisen suunnittelua.
- Kohde on osa isompaa Seinäjoki-Oulu hanketta ja työvaiheiden sekä junaliikennettä koskevien nopeusrajoitusten asettaminen tehdään keskitetysti hankkeen kautta. Työraoista ja nopeusrajoituksista sopiminen tehdään ennakkoon ja työn mahdollisesti viivästyessä lisäkatkojen saanti on hankalaa.

Siltatyömaa

- Siltatyömaa sijoittuu liikennöidyn raiteen sekä ajotien ja kevyenliikenteenväylän läheisyyteen. Siltakohteen turvallisuuden ja työvaiheistuksen suunnittelu on toteutettava huolellisesti.

Tieliikenne

- Kohteen lähellä on paljon tienkäyttäjiä. Tienkäyttäjille voi aiheutua vaaratilanteita. Työnaikaiset liikennejärjestelyt on sovittava ja suunniteltava huolella. Tarvittaessa väyliä suljetaan kriittisten työvaiheiden ajaksi.

Onnettomuus- ja vaaratilanteet

- Työmaalla tapahtuva onnettomuustilanne voi aiheuttaa haittaa rata- ja tieliikenteelle sekä vaaratilanteen sivullisille. Riskin hallitsemiseksi kriittiset työvaiheet esim. siltatyömaalla on suositeltavaa toteuttaa ilta- ja yöaikaan, jolloin tieliikenne on hiljaista.

Vaaralliseksi tunnistettuja töitä ovat:

- Syvät kaivannot ja paalutustyöt siltakohteessa
- Rakentaminen käytössä olevan radan ja tieliikenteen läheisyydessä
- Työskentely jännitteisten johtojen läheisyydessä

4 Rakentamisen aikaiset riskit rautatiejärjestelmälle

Kohteen rakentamisen aiheuttamat riskit rautatiejärjestelmälle ovat tavanomaisia ratahankkeisiin liittyviä riskejä. Työvaiheet on suunniteltava liikenteen tarpeet ja muut ratahankkeen työt huomioiden. Keskeisiä tunnistettuja riskejä on kuvattu seuraavassa:

- Työkohteen sähköratatyöt katkaisevat jännitteen laajalta alueelta ja myös osalta Oulu-Kontiomäki rataa, koska 2x25 kV syöttöjohtimet kulkevat työalueen läpi.
- Kaapelivaurio aiheuttaa haittaa liikenteelle. Riski on kuitenkin tavanomaista pienempi, sillä kaapelit on sijoitettu aiemmassa urakassa kaapelikanaviin.
- Kaivu- ja paalutustyöt nykyisen ratapenkereen lähellä, ratapenkereen vakavuus kärsii. Ratapenkereen painuminen tai muu vaurio voi aiheuttaa merkittävää liikennehaittaa, nopeusrajoituksia tai liikennekatkoja.
- Työkohteessa on kolmansien osapuolien johtosiirtoja. Johtosiirtojen aikataulu voi vaikuttaa liikennepaikan rakentamiseen ja liikennepaikan rakentaminen voi johtosiirtojen takia viivästyä aiheuttaen pitkittynyttä liikennehaittaa.

5 Käyttöönottovaiheen riskit rautatiejärjestelmälle

Oulunlahden liikennepaikan käyttöönottoon liittyy uuden liikennepaikan perustaminen. Liikennepaikan perustaminen vaatii oman hallinnollisen prosessin ja aikaikkunan, johon on varattava riittävästi aikaa. Käyttöönottovaiheen riskinä on:

- Mikäli liikennepaikan perustaminen viivästyy, viivästyy myös uudesta kohtausraiteesta saatava liikenteellinen hyöty.
- Muutosten päivitys käyttöohjeisiin tai liikenteenohjauksen käyttöliittymiin viivästyy ja aiheuttaa viivytystä kohteen luovutuksessa liikenteelle.

6 Käytön aikaiset turvallisuusriskit rautatiejärjestelmälle

Ratasuunnitteluvaiheessa ei ole tunnistettu erityisiä käytön aikaisia turvallisuusriskejä rautatiejärjestelmälle.

7 Käytön aikaiset työturvallisuusriskit ja turvallisuustiedot käyttö- ja huolto-ohjeisiin

Ratasuunnittelun aikana ei ole tunnistettu käytön aikaisia työturvallisuusriskejä.

RISKIENHALLINTASUUNNITELMA

HANKE: Seinäjoki-Oulu, Oulunlahden liikennepaikan suunnittelu

SUUNNITTELUVAIHE: Ratasuunnitelma

OSALLISTUJAT: Heidi Sunnari, Juho Tenhunen, Sonja Sireni, Jyri Taivainen, Jonna Anias

PVM: 9.8.2017

I luokka

II luokka > Seurataan

III luokka > Toimenpiteet suunniteltava

IV luokka > Toimenpiteet meneillään olevassa suunnitteluvaiheessa

V luokka > Vaatii välittömiä toimenpiteitä

Nro	TUNNISTETTU RISKI	SEURAUUS	Todennäköisyys	Vakavuus	Suuruus	VARAUTUMINEN / TOIMENPIDE-EHDOTUS/SEURANTA	Vastuhenkilö	Päiväys
1	HANKKEEN TOTEUTTAMISEEN LIITTYVÄT RISKIT							
1.1	Hankkeessa tehtävien investointien hyödyntämiseen liittyvät riskit							
	Uusi liikennepaikka perustetaan osittain tulevaa kolmioraidetta varten, Kolmioraidteen toteutuksen ajankohta ei kuitenkaan ole vielä tiedossa	Uusi liikennepaikka jää vajaalle käytölle	2	3	Vähäinen	Seurataan tilannetta	Tilaja	
1.2	Hankkeen toteuttamatta jättämisen riskit							
2	PROSESSIN RISKIT							
2.1	Sopimus- ja vastuuriskit							
2.2	Säädösriskit							
2.3	Yhteiskunnalliset riskit							
2.4	Resurssit ja osaaminen							
	Ratasuunnitelman aikataulu haasteellinen, Suunnitteluun ei saada riittäviä resursseja	Suunnitelmia joudutaan korjaamaan seuraavassa suunnitteluvaiheessa, aikataulu- ja kustannusvaikutuksia	2	3	Vähäinen	Seurataan tilannetta	Suunnittelijan pp /suunnitteluttaja	
2.5	Lupariskit							
	Asemakaavassa varattu alue ei riitä uudeksi rautatiealueeksi	Ratasuunnitelman hyväksyminen ja toteutus viivästyy	2	3	Vähäinen	Seurataan tilannetta	Suunnittelijan pp	
	Laitetila ei sijoitu suoraan ratasuunnitelman suunnittelualueelle	Laitetilan sijoitus liittämisalueelle aiheuttaa vastustusta, ratasuunnitelman hyväksyntä ja toteutus viivästyy	2	3	Vähäinen	Laitetila pyritään sijoittamaan kaavassa merkitylle rautatiealueelle. Laitetilan sijoitukselle on kysytty kaupungin hyväksyntä.	Suunnittelijan pp	
	Ratasuunnitelmasta valitetaan korkeimpaan hallinto-oikeuteen	Ratasuunnitelmaa ei jostain syystä hyväksytä. Toteutus viivästyy.	2	3	Vähäinen	Seurataan tilannetta	Suunnitteluttaja	
2.6	Aikatauluriskit							
	Aikataulu kriittinen kaukolämpöputkien siirron suhteen. Siirtoa ei voi tehdä talvella, tehtävä ennakkoon.	Putken siirron viivästyminen voi viivästyttää hankkeen toteutusta	4	3	Kohtalainen	Riittävän varhainen tiedottaminen ja aikatauluista sopiminen. Asianomaisia informoitu 6/2017 ja putken siirtosuunnittelu käynnistetty kesällä 2017.	Suunnittelijan pp / Suunnitteluttaja	
	Ratasuunnitelman aikataulu haasteellinen	Välipäätösten saaminen kesälomakaudella hankalaa, välipäätösten puuttuminen aiheuttaa viivästyksiä suunnitteluun	4	3	Kohtalainen	Suunnittelija pyrkii keräämään välipäätöstä tarvitsevat asiat etukäteen kokouksiin.	Suunnitteluttaja	
2.7	Sidosryhmäriskit							
	Asukkaat vastustavat hanketta	Ratasuunnitelman hyväksyminen ja toteutus viivästyy	4	3	Kohtalainen	Huomioidaan riittävä vuorovaikutus ja tiedottaminen prosessissa. Kuvataan vaikutukset huolellisesti. Huomioidaan kaavassa merkitty tärinävaikutusten alue.	Suunnittelijan pp / Rakennuttaja	
2.8	Taloudelliset riskit							
	Yksikköhintatiedot virheellisiä/epätarkkoja -	Kustannusarvio ylittyy -> rahat ei riitä	3	3	Kohtalainen	Kustannusarviota verrataan hankkeen muihin liikennepaikkaurakoihin ja niiden toteutuneisiin hintoihin. Sidosryhmistä riippuvat kustannukset otetaan mukaan riskivarauksina (johtosiirtojen kustannuksiin pelivaraa)	Suunnittelijan pp	
2.9	Vaikutusten arvioinnin riskit							
3	SUUNNITTELUN RISKIT							
3.1	Lähtötiedot							
	Johtoteistä ei ole ajantasaisia suunnitelmia arkistossa	Seuraus aikataulupaineita kun suunnittelu joutuu selvittämään lähtötilannetta pitkään	3	2	Vähäinen	Pyydetään ajantasaisia tietoja rakennuttajalta. Tiedot löydetty ajoissa.	Suunnittelija	

	Pohjatutkimusten viivästyminen	Suunnittelu viivästyy, ratasuunnitelman luovutusaikataulu on pohjatutkimusten osalta kriittinen	3	3	Kohtalainen	Pohjatutkimusohjelman priorisointi tutkittavien pisteiden osalta	Suunnittelija
	Maaperästä ei saada häiriintymättömiä näytteitä	painumalaskemat epävarmoja -> toteutustavan valinta epävarma	2	3	Vähäinen	Seurataan tilannetta	Suunnittelija
3.2	Ratasuunnittelu						
	Vaihte Oulunlahden yks:n pilareiden läheisyydessä,	Törmäys siltapilareihin, vaihde epäjatkuvuuskohta.	3	3	Kohtalainen	Suunnittelun tulee tarkastaa riittävät etäisyydet. Oulunlahden ylikulkusillalle suunnitellaan törmäyssuoja.	Suunnittelija
	Vaihte Villiperänpolun ak:n läheisyydessä	Suistuminen -> putoaminen sillalta alas	2	3	Vähäinen	Etäisyydet tarkastettu, Ei tarvita toimenpiteitä	Suunnittelija
3.3	Geosuunnittelu						
	Tärinävoimennus menetelmä riittämätön, esim. tärinäseinä ei saada ulotettua tarpeeksi syväälle	Aiheutuu haittaa alueen ihmisille -> joudutaan tekemään lisätoimenpiteitä	3	3	Kohtalainen	Tärinäasiassa otetaan mukaan ulkopuolinen konsultti jolla laaja asiantuntemus arvioimaan toimenpiteitä	Suunnittelija
	Tärinäsuojausvaatimus on merkitty kaavaan kaksoisraiteelle	Tärinäsuojauksen tarpeellisuus ei ole yksiselitteinen. Suojaamatta jättäminen voi aiheuttaa vastustusta.	4	3	Kohtalainen	ks. Edellinen rivi	Suunnittelija
3.4	Tie- ja katusuunnittelu						
	Huoltoteiden liittymiä ei ole osoitettu kaavaan eikä teille ole varattu kääntöpaikkoja	Liittymien sijoittelusta valitetaan	2	3	Vähäinen	Seurataan tilannetta. Kaupungilta pyydetty mielipide liittymien sijoitteluun.	Suunnittelija
	Huoltotie halutaan kevyenliikenteenväyläksi	Suunnitelmia joudutaan muuttamaan, huoltoteiden kustannukset kasvavat	2	3	Vähäinen	Seurataan tilannetta. Kaupungilta pyydetty mielipide aiheeseen, ei ki-väylien lisäämistarvetta.	Suunnittelija
3.5	Siltasuunnittelu						
	Suunnittelukuorma on muuttunut yleissuunnitelman teon jälkeen ja on mahdollista, että sillan rakennepaksuutta joudutaan kasvattamaan	Siltamuutoksen takia joudutaan muuttamaan myös alittavan tien geometriaa -> aikataulu ja kustannusvaikutuksia	2	3	Vähäinen	Seurataan tilannetta. Tien tasausta ei ole tarvinnut muuttaa.	Suunnittelija
3.6	Asemien suunnittelu						
3.7	Tavararatapihat						
3.8	Liikennesuunnittelu						
	Uuden liikennepaikan käyttö jää vähäiseksi	Hanke ei ole kannattava. Ks. Kohta 1.1	3	2	Vähäinen	Ks. Kohta 1.1	Suunnittelija
3.9	Turvalaitesuunnittelu						
	Asetinlaitetila ei välttämättä mahdu rautatiealueelle,	Maanhankinta herättää vastustusta joka viivästyttää hanketta	2	3	Vähäinen	Pyritään sovittamaan kaavassa merkitylle paikalle	Suunnittelija
	Laitetilan mitoittaminen	Varaudutaanko kolmioraiteeseen riittävästi laitetilan tilankäytössä	2	3	Vähäinen	Varmistetaan mitoitus rakennuttajan puolelta	Suunnittelija
	Rajapinta Oulun asetinlaitteeseen on haasteellinen toteuttaa	Rajapinnan toteutus on ennakoitua kalliimpi	3	3	Kohtalainen	Varaudutaan toteutuksessa riittävään aikaikkunaan ja kustannusvaraan	Suunnittelija / Rakennuttaja
3.10	Sähköratasuunnittelu						
	Liikennepaikan pohjoispäässä silta ja tulevat vaihte- ja raidevaraukset aiheuttavat rajoitteita pylvässijoittelulle	Aiheutuu aikataulupaineita saada sopiva sijoittelu tai ylimääräisiä kustannuksia kun varaudutaan tuleviin rakentamishankkeisiin	2	3	Vähäinen	Seurataan tilannetta	Suunnittelija
	Varautuminen tuleviin hankkeisiin	Kaksoisraiteeseen ei ole sijoittelussa varauduttu riittävästi. Opastinsijoittelu suhteessa sähkörataan aiheuttaa ongelmia hyötypituuden saavuttamisessa.	3	2	Vähäinen	Ratasuunnitelmassa ei taloudellisesti kannata vielä varautua kolmioraiteen vaihesijoitteluun, koska vaihesijoittelu vaatisi portaalin perustamista ja suunnittelualueen laajentamista merkittävästi. Kustannukset tulevat vasta kolmion rakentamisen yhteydessä ajankohtaisiksi.	Suunnittelija
	Suunnitteluajataulu kriittinen, suunnitelmien yhteensovitukselle ja sisäiselle tarkastukselle on vähän aikaa	Suunnittelu viivästyy tai suunnitelmia joudutaan korjaamaan paljon rakentamissuunnitteluvaiheessa	3	3	Kohtalainen	Pylväspaikat tietomalliin	Suunnittelija
	Valaistus- ja vahvavirtasuunnittelun yhteensovitus muiden tekniikka-alojen kanssa	Aiheutuu viivästyksiä tai kustannusvaikutuksia kun suunnitelmia joudutaan päivittämään	3	2	Vähäinen	Pylväspaikat ja muuntajat tietomalliin	Suunnittelija
	Valaistuksen ja vaihteenlämmityksen mitoituksessa ei riittävästi varauduta tuleviin hankkeisiin	Muuntajissa ei ole laajennusvaraa kolmioraiteelle tai kaksoisraiteelle	2	2	Merkityksetön	Seurataan tilannetta	Suunnittelija
	Siltakohteen valaistusvaatimukset	Siltakohteessa ei tällä hetkellä omaa valaistusta. Valaistustasot jäävät riittämättömiksi.	2	2	Merkityksetön	Linjataan valaistustarve ratasuunnitelmassa	Suunnittelija

3.11	Muut erikoisjärjestelmät						
3.12	Tunnelien suunnittelu						
3.13	Muu suunnittelu						
	Työnaikaisten hulevesien laatu	Hienoaines tukkii kaupungin viemärin tai laskuojan	3	2	Vähäinen	Merkitään mahdolliset viivystysaltaat suunnitelmapakartalle.	Suunnittelija
4	YMPÄRISTÖRISKIT						
4.1	Maankäyttö ja yhdyskuntarakenne						
4.2	Ihmisten elinolot, viihtyvyys, terveys ja turvallisuus						
4.3	Melu						
	Meluvaikutukset muuttuvat	Junien pysähtyminen ja kiihdyttäminen on erilainen melulähde kuin ohijava juna. Meluvaikutukset arvioidaan väärin	3	3	Kohtalainen	Melulaskennan mukaan meluhaitat vähenevät koska laskenta perustuu junayksiköiden keskimääräiseen nopeuteen. Todellista meluvaikutusta on hankala laskennallisesti arvioida. Seurataan tilannetta ja suunnitelmasta saatavaa yleisöpalautetta.	Suunnittelija / Rakennuttaja
4.4	Tärinä						
	Tärinävaikutukset muuttuvat	Junien käyttäytyminen muuttuu. Tärinävaikutukset voivat myös muuttua, mutta muutosta on hankala ennustaa.	3	3	Kohtalainen	Tärinän määrä tulee laskennallisesti tippumaan nykyisestä, koska junien keskimääräinen nopeus laskee. Ratasuunnitelmassa selvitetään tärinäsuojauksen mahdolliset hyödyt kohteessa.	Suunnittelija
4.5	Maaperä						
	PIMA-löydökset	PIMA-löydökset viivästyttävät työvaiheita ja aiheuttavat kustannuksia	3	3	Kohtalainen	Tutkitaan mahdollinen pima-kohde ennakkoon ja suunnitellaan läjitys tai huoltotiehen sijoittaminen löydöksen mukaan	Suunnittelija
4.6	Pinta- ja pohjavedet						
4.7	Maisema ja kulttuuriympäristö						
	Maisemamuutos	Muutoksesta aiheutuu arvonalenemaa tai viihtyisyys vähenee.	2	3	Vähäinen	Muutoksia rautatiealueen ulkopuolella vältetään. Maisemavaikutus on paikallinen ja rajoittuu liikekiinteistöjen piha-alueisiin tai väyliin. Asuinkiinteistöjä vaikutusalueella on 1 kpl ja menetetty alue korvataan ratatoimituksessa.	Suunnittelija
4.8	Luonto ja luonnonvarat						
4.9	Ilmasto						
5	RAKENTAMISEN JA KÄYTÖN AIKAISET RISKIT						
5.1	Suunnitteluratkaisut, jotka ovat poikkeuksellisen hankalia teknisesti tai kustannuksiltaan						
5.2	Suunnitteluratkaisut, joiden soveltuvuus ja käytettävyys tulee selvittää						
5.3	Rakentamisen aikaiset riskit rautatieliikenteelle						
	Työ sijoittuu liikennöidylle raiteelle ja sen välittömään läheisyyteen, työmaasta aiheutuu liikennerajoitteita mm. nopeusrajoitus pääraiteelle	Työmaa aiheuttaa liikennehaittaa	3	3	Kohtalainen	Työvaihesuunnittelu ja toteutusaikataulu tehdään aikataulut huomioiden. Huomioidaan myös muut rataosalla tehtävät työt.	Rakennuttaja
	Siltatyömaa on liikennöidyn raiteen välittömässä läheisyydessä	Kaivinkoneen puomi käy liikennöidyllä raiteella, aiheuttaa vaaraa liikenteelle	3	3	Kohtalainen	Huomioidaan työnaikaisissa suunnitelmissa ja raiteen nopeusrajoituksena	Suunnittelija / Rakennuttaja
	Kaapelivaurio työn aikana	Kaapelivaurio kaivutöissä aiheuttaa merkittävää liikennehaittaa / työkatko menee pitkäksi	3	3	Kohtalainen	Huolellinen kaapeleiden suojaus, pyrkimys pitää kaapelit nykyisillä sijainneilla ja kaapelikanavissa. Kaapelinäytöt ja kaapeleiden merkinnät.	Suunnittelija / Urakoitsija
5.4	Rakennustyön riskit						
	Rakennuskohde on osa isompaa hanketta. Muut urakat voivat vaikuttaa toteutukseen.	Muiden urakoiden myötä kohteen toteutus viivästyy.	2	3	Vähäinen	Työvaihesuunnittelu ja toteutusaikataulu tehdään aikataulut huomioiden. Huomioidaan myös muut rataosalla tehtävät työt.	Rakennuttaja
	Työmaa-alue sijoittuu taajama-alueelle, rakentamisen aikaisille varastoalueille on vähän tilaa	Työmaaliikenne aiheuttaa vaaratilanteita tai työmaalle aiheutuu pitkiä kuljetusmatkoja	3	3	Kohtalainen	Alueet sovitaan kaupungin kanssa etukäteen ja osoitetaan ratasuunnitelmassa	Suunnittelija / Rakennuttaja
	Työkoneiden kulku, säilytys ja nousu raiteille	Työkoneiden kulku aiheuttaa haittaa muulle liikenteelle. Työkoneille ei ole säilytyspaikkoja työmaan lähellä.	3	2	Vähäinen	Ks. Edellinen rivi	Suunnittelija / Rakennuttaja
	Paalutustyöt väylien lähellä	Painumia tai sortumia nykyiseen raiteeseen tai tiehen. Paalu kaatuu väylälle.	3	3	Kohtalainen	Rakennusurakan työmaa- ja turvallisuussuunnittelu, väylien sulkeminen kriittisten työvaiheiden ajaksi, kriittisten työvaiheiden toteutus ilta-aikaan kun liikenne vähäistä.	Rakennuttaja
	Massanvaihtotarve kasvaa	Suunnitellut läjitysalueet eivät riitä, töihin kuluu enemmän aikaa. Läjitysalueet eivät riitä ja kuljetuksista aiheutuu kustannuksia.	3	3	Kohtalainen	Massanvaihto- ja läjitystarvetta arvioidaan riskiänsä kanssa. Pyritään hyödyntämään massat kohteen lähellä.	Suunnittelija / Urakoitsija

	Kolmansien osapuolien putki- ja johtosiirrot viivästyvät	Aiheutuu aikatauluvaikutuksia hankkeelle	4	3	Kohtalainen	Sidosryhmiä tiedotetaan hyvissä ajoin, Siirtosuunnittelu on käynnistynyt	Rakennuttaja	
	Työalueella menee 2x25 kV johtimet, työnaikainen riski	2x25 johtimet saattavat estää jännitekatkojen saamisen.	3	3	Kohtalainen	Selvitetään 2x25 johtimien vaikutukset, huomioidaan työmaasuunnitelmassa. Johtimet voivat vaikuttaa mm. jännitekatkojen saamiseen.	Suunnittelija / Rakennuttaja	
	Muuttunut alikulkukorkeus	Muuttunut korkeus jää huomioimatta, aiheutuu vaaraa työmaalle ja vaurioita ajoneuvoille	3	2	Vähäinen	Rajoitetusta korkeudesta sovitaan etukäteen ja merkitään selkeästi. Korkeus 4,5 m täytyy työnaikana.	Suunnittelija / Rakennuttaja	
	Sillan paalutuksen yhteydessä hienorakeiset maalajit häiriintyvä	Painumia tai sortumia nykyiseen raiteeseen	3	3	Kohtalainen	Huomioidaan työnaikaisissa suunnitelmissa ja raiteen nopeusrajoituksena	Suunnittelija / Rakennuttaja	
	Sillan yhteydessä syviä kaivantoja liikennöidyn raiteen viereen	Nykyiseen raiteeseen voi aiheutua painumia	3	3	Kohtalainen	Huomioidaan työnaikaisissa suunnitelmissa ja raiteen nopeusrajoituksena	Suunnittelija / Rakennuttaja	
	Uuden sillan paalujen lähellä kulkee paljon johtoja ja kuivatuslinjoja	Työnaikaisten vaurioiden riski korostuu, putkisiirrot tai rikkoutumiset vaikuttavat toteutusajankuluun	3	3	Kohtalainen	Kolmansia osapuolia tiedotetaan ajoissa	Suunnittelijan pp	
	Työkohteessa rakennetaan alikulkusilta jonka alla on tie ja kevyenliikenteenväylä. Työnaikaisesti kaistoja on suljettava ja alikulkukorkeutta rajoitettava.	Sivullisille aiheutuu vaaratilanteita. Kaistojen sulkeminen haittaa alueen liiketoimintaa.	3	2	Vähäinen	Ajokaistat pidetään käytössä työnaikana. Kaistoja suljetaan tarvittaessa ilta ja yöaikaan.	Suunnittelija / Rakennuttaja	
	Esikuormitus ei etene suunnitelmien mukaisesti, esikuormituspenkereiden seurantalokset puutteelliset	Rakentaminen viivästyy, riski jälkipainumiin kasvaa	3	3	Kohtalainen	Varaudutaan aikataulussa riskillisillä	Suunnittelija / Rakennuttaja	
	Rakennuskohde sijoittuu taajama-alueelle. Vaikutusalueella on jonkin verran asutusta, liiketiloja	Työmaa aiheuttaa tilapäistä taloudellista haittaa liiketoiminnoille ja häiriöitä asutukselle	3	3	Kohtalainen	Kaistojen sulkemisesta ja liikennejärjestelyistä sovittava ennakkoon ja tiedotettava osallisia.	Rakennuttaja	
5.5	Käytön aikaiset riskit							
	Tärinä- ja melumuutosten ennustaminen on hankalaa	Tärinä tai meluhaitta kasvaa	2	3	Vähäinen	Seurataan tilannetta	Rakennuttaja	
	Uusia vaihteita ja raiteita. Uuden liikennepaikan perustaminen.	Muutosten päivitys esim. käyttöohjeisiin tai käyttöliittymään viivästyy, sekaannuksia liikenteen hoidossa tai kunnossapidossa. Kohteen käyttöönotto viivästyy.	3	3	Kohtalainen	Muutosten päivitys ja tarvittavien lupien hakeminen vastuutetaan selkeästi	Rakennuttaja	

Proxion Plan Oy

Oulunlahti liikennepaikka, ratasuunnitelma, Oulu Tärinäselvitysraportti

13.10.2017
Geomatti Oy, työ 402



SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	3
2. MITTAUSKOHTEET	6
3. TÄRINÄMITTAUKSET.....	8
4. TÄRINÄMITTAUSTULOSTEN TARKASTELU.....	9
5. KOKEMUKSIA TÄRINÄNVAIMENNUKSESTA SUOMESSA.....	11
6. SUOSITUKSET.....	13
7. YHTEENVETO.....	16
Viitteet.....	18

LIITTEET

1. Mittauskohdetiedot
2. Tärinän kuvaamisen käsitteitä

1. JOHDANTO

Tässä tärinäselvityksessä käsitellään Oulunlahden liikennepaikan (kmv 746+170–747+530) suunnittelualueen lähiympäristön rautatieliikennetärinähaittoja. Suunnitelukohde sijaitsee Oulussa.

Suunnittelualueella on rautatieliikenteen ympäristöön leviävä tärinä koettu haitalliseksi. Tärinähaittoja on selvitetty ja mitattu useissa tärinäselvityksissä. Aiemmista lukuisista tärinäselvityksistä on tehty yhteenveto: Oulunlahti lp, Rata- ja rakentamissuunnitelma, Tärinäselvitysten yhteenveto, 13.10.2017.

Työn keskeinen tavoite on ollut selvittää radan lähiympäristön asuinrakennusten tärinänvaimennustarve. Tärinäselvityksen tärinäriskiarviointi perustuu lähinnä tärinämittauksiin ja osin laskennallisiin tarkasteluihin.

Tärinäselvityksessä lähtökohtana on VTT:n julkaisussa *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT, Working Papers 50, 2006*) esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Taulukko 1).

Tärinän suositusarvot perustuvat tärinän heilahdusnopeuden taajuuspainotetun tehollisarvon mittaamisen perusteella tilastollisesti määritettyyn värähtelyn tunnusluukuun $v_{w,95}$ (taulukko 1 ja liite 2). Taulukkoa ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (esim. toimistot, kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat).

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (VTT, Working Papers 50, 2006).

Luokka	Värähtelyolosuhteet	$v_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. Tärinää ei yleensä havaita.	< 0,10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. Tärinä voidaan havaita, mutta se ei ole yleensä häiritsevää.	< 0,15
C	Suositus uusien rakennusten ja uusien ratojen suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista kokee tärinän häiriönä.	< 0,30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista kokee tärinän häiriönä.	< 0,60

Ratateknisten ohjeiden (RATO) osa 3 ohjeistaa sovellettavan värähtelyluokan valintaa ratahankkeissa seuraavasti:

”Uusille radoille ja radoille, joilla liikennenopeutta tai akselipainoja nostetaan aikaisempaan verrattuna, sovelletaan tärinän tunnusluvun luokkaa C (ks. viite 19). Vanhoilla radoilla sovelletaan luokkaa D. Vertailu tärinän tunnuslukujen suhteen tulee tehdä erikseen sekä vaaka- että pystysuunnissa. Tapauskohtaisesti voidaan arvioida haitan kohtuullisuuden ja tärinähaitan pienentämisen keinojen käytettävyyden perusteella sovellettavat tunnusluvut hanke- ja aluekohtaisesti.”

Suunniteltava sivuraide on Ratateknisten ohjeiden (RATO) osan 3 luokittelun mukaisesti vanha raide, sillä se ei muodosta junareittiä paikkaan, jossa sellaista ei ennestään ole olemassa. Näin ollen noudatettava värähtelyluokkavaatimus on RATO 3 mukaisesti D.

Olemassa olevilla asuinalueilla värähtelyluokan C saavuttaminen voi osoittautua mahdottomaksi, sillä tärinävaimennusmenetelmien teho on rajallinen ja riippuu suuresti olosuhteista (esimerkiksi maaperä, asuinrakennusten perustamistapa sekä rakennusten rakennetekniset ratkaisut), eikä vaimennusmenetelmien tehoa voida luotettavasti arvioida etukäteen. Uusilla asuinalueilla C-luokka on helpommin saavutettavissa, kun koettuihin tärinähaittoihin voidaan vaikuttaa etukäteen esimerkiksi maankäytöllisellä suunnittelulla sekä perustamistapa- ja rakenneteknisillä vaatimuksilla.

Tästä syystä asuinrakennusten tärinävaimennussuunnittelun lähtökohdaksi on tässä hankkeessa valittu värähtelyluokkavaatimus D (taulukko 1).

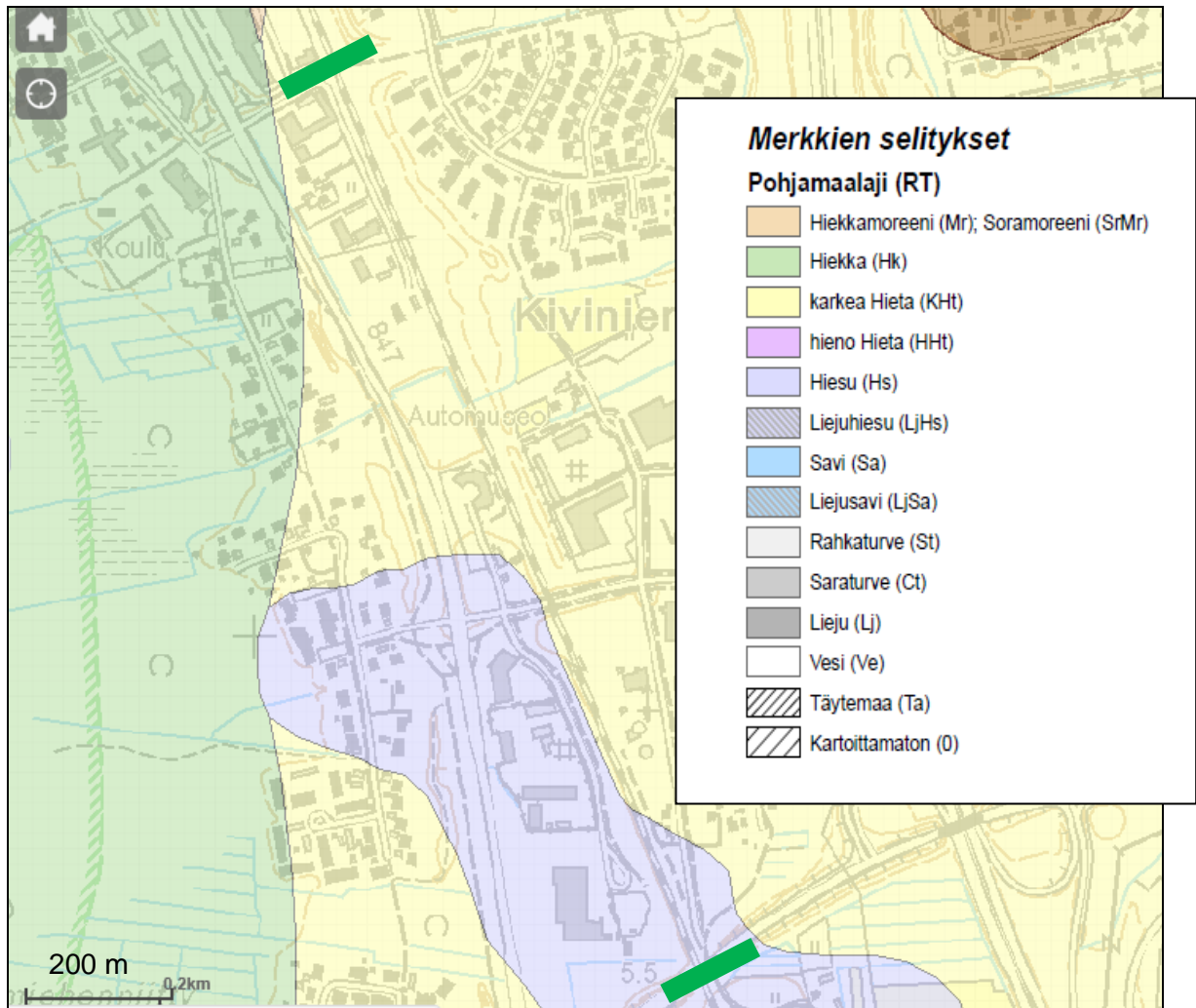
Tärinähaittoja poistetaan kuitenkin niin paljon kuin käytettävissä olevilla menetelmillä on mahdollista. Tärinävaimennusrakenteiden tehosta riippuen voidaan päästä paikoin jopa värähtelyluokkaan C, mutta jäljempänä esiteltävien tärinämittaustulosten perusteella C-luokan saavuttaminen koko alueella on nyky menetelmillä epätodennäköistä.

Yleensä radalta ympäristöön leviävä tärinä on suurinta hienorakeisilla maapohjilla lieju-, turve-, savi- ja siltti (hiesu, hieno hieta) kerrostumissa, joista tarkasteltavan alueen maaperä pääosin koostuu (kuva 1).

Radan pohjatutkimukset tukevat pääpiirteissään maaperäkarttatietoja. Suunnittelualueella radan alla ovat pohjasuhteet vaihtelevia. Paksuimmillaan pehmeät hienorakeiset kerrostumat ovat noin viisi–kymmenen metriä paksuja. Paikoitellen tiiviit maakerrokset nousevat maanpinnan tuntumaan.

Suunnittelualue on Muhoksen savikivimuodostuman päällä Limingan tasangolla, jossa maanpinta on lähellä merenpinnan tasoa, radan kohdalla noin + 6 m. Vaikka hienorakeisimmat kerrostumat ovat verrattain ohuita, on maakerrosten kokonaispaksuus suuri. Paikoin irtomaakerrosten paksuudeksi on mitattu yli 100 metriä. Maakerrosten alapuolella on Muhoksen savikivimuodostuma, jonka alapuolella on peruskallio yleensä satojen metrien syvyydessä. Savikivialue jatkuu radan suunnassa lähelle Oulua, jossa graniittikallion kohoavat lähelle maanpintaa Seinäjoki–Oulu ja Oulu–Kontiomäki ratojen risteyksen läheisyydessä. Paksut maakerrokset ja niiden alhaiset ominaistaajuudet, jotka lienevät lähellä rataliikennetärinän kuormitustaajuuksia, ovat

luultavasti osasyynä alueen korkeaan tärinätasoon. Liikennetärinän vahvistumisessa ja leviämisessä on alueen maankamara poikkeuksellinen.



Kuva 1. Ote GTK:n maaperäkartasta. Tarkasteltava rataosuus on rajattu vihrein viivoin.

Suurimman tärinän radan ympäristössä aiheuttavat yleensä raskaat ja pitkät tavarajunat, joita rataosalla liikennöi runsaasti. Vuonna 2016 tavaraliikenteen kokonaismäärä rataosalla oli noin 6 miljoonaa nettotonnia (Liikennevirasto: Tavaraliikenteen kuljetusvirrat 2016). Merkittävä osa tavarajunista oli kokonaispainoltaan yli 3000 tonnia. Näillä junilla on suunnittelualueella nykyisin nopeusrajoitus 50 km/h tärinähaittojen vuoksi.

Raskaiden tavarajunien akseleiden aiheuttama värähtelytaajuus noin 5 Hz on usein kaksikerroksisen pientalon vaakasuuntaisen ominaistajuuden – yleensä noin 4–6 Hz – kanssa samalla taajuusalueella, jolloin värähtely voi tässä resonanssitilanteessa vahvistua merkittävästi.

Tärinäselvityksessä on sovellettu myös VTT:n suositusta liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa (VTT 2006, *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, Working Papers 50*), jonka mukaan arviointi jaetaan kolmeen tasoon.

Arviointitaso1 perustuu VTT:n määrittelemiin turvaetäisyyksiin. Arviointitason 1 mukaan on suositeltava turvaetäisyys raskaasti liikennöityjen ratojen ympäristössä pehmeällä maalla jopa 500 metriä ja kiinteällä maapohjalla noin 100 metriä. Arviointitason 2 käyttö perustuu turvaetäisyyksien lisäksi laskennallisiin tarkasteluihin ja paikan päällä tehtäviin tarkentaviin mittauksiin. Arviointitasoon 2 laskennallisiin menetelmiin sisältyy usein niin suuria epävarmuuksia, että tärinämittauksiin perustuva arviointitaso 3 on usein perusteltua. Arviointitasoa 3 käytetään erityisesti silloin, kun tärinän arvioidaan vahvistuvan merkittävästi rakennuksissa. Arviointitaso 3 perustuu tarkempiin rakennuspaikkakohtaisiin tärinämittauksiin ja rakennusten värähtelytarkasteluihin.

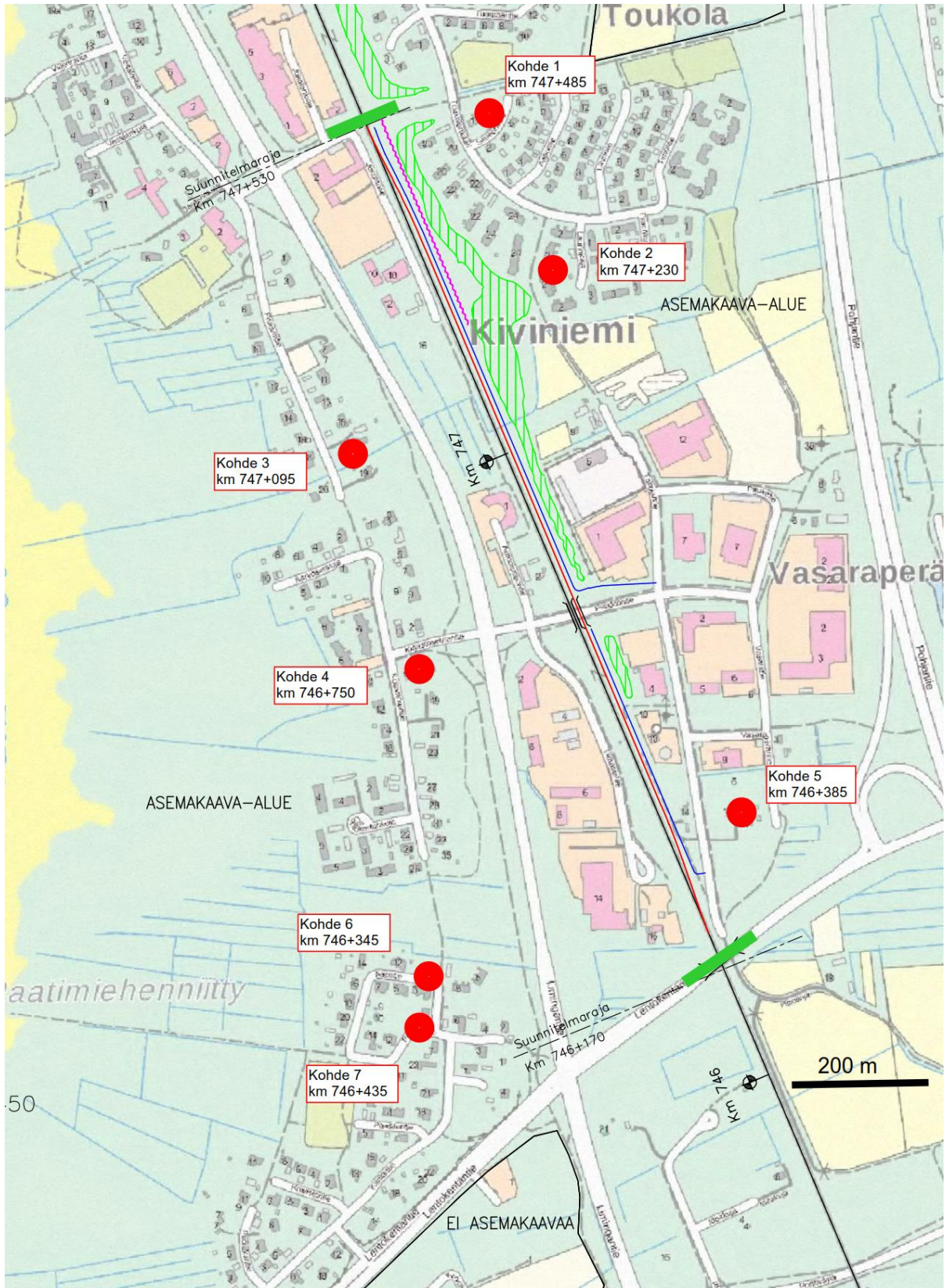
Tämän tarkastelun lähtökohtana on VTT:n suosituksen arviointitaso 3.

2. MITTAUSKOHTEET

Mittauskohteet on esitetty kuvassa 2 ja tarkemmin kohdekohtaisesti liitteessä 1.

Mittauskohteiksi valittiin kaksikerroksia pientaloja siten, että kohteet kattaisivat mahdollisimman hyvin suunnittelualueen. Mittauskohteita oli kaikkiaan seitsemän. Näistä jokaisessa mitattiin tärinää sekä rakennusten sokkeleista että toisesta kerroksesta, joissa tärinätasot ovat yleensä korkeimmat.

Parasta olisi ollut, että toisen kerroksen mittauspisteet olisivat olleet välipohjien keskellä, mutta käytännön syistä tämä ei ollut mahdollista asutuissa rakennuksissa, vaan mittauspisteet sijoitettiin yleensä seinien viereen. Tämä järjestely alentaa toisen kerroksen pystyvärähtelyjen arvoja. Keskeistä oli kuitenkin mitata rakennusten vaakasuuntaista kokonaisvärähtelyä, jonka tämä järjestely hyvin mahdollisti.



Kuva 2. Mittauskohteet on merkitty tekstein ja punaisin merkein. Tarkasteltava rataosuus on rajattu vihreän viivoin.

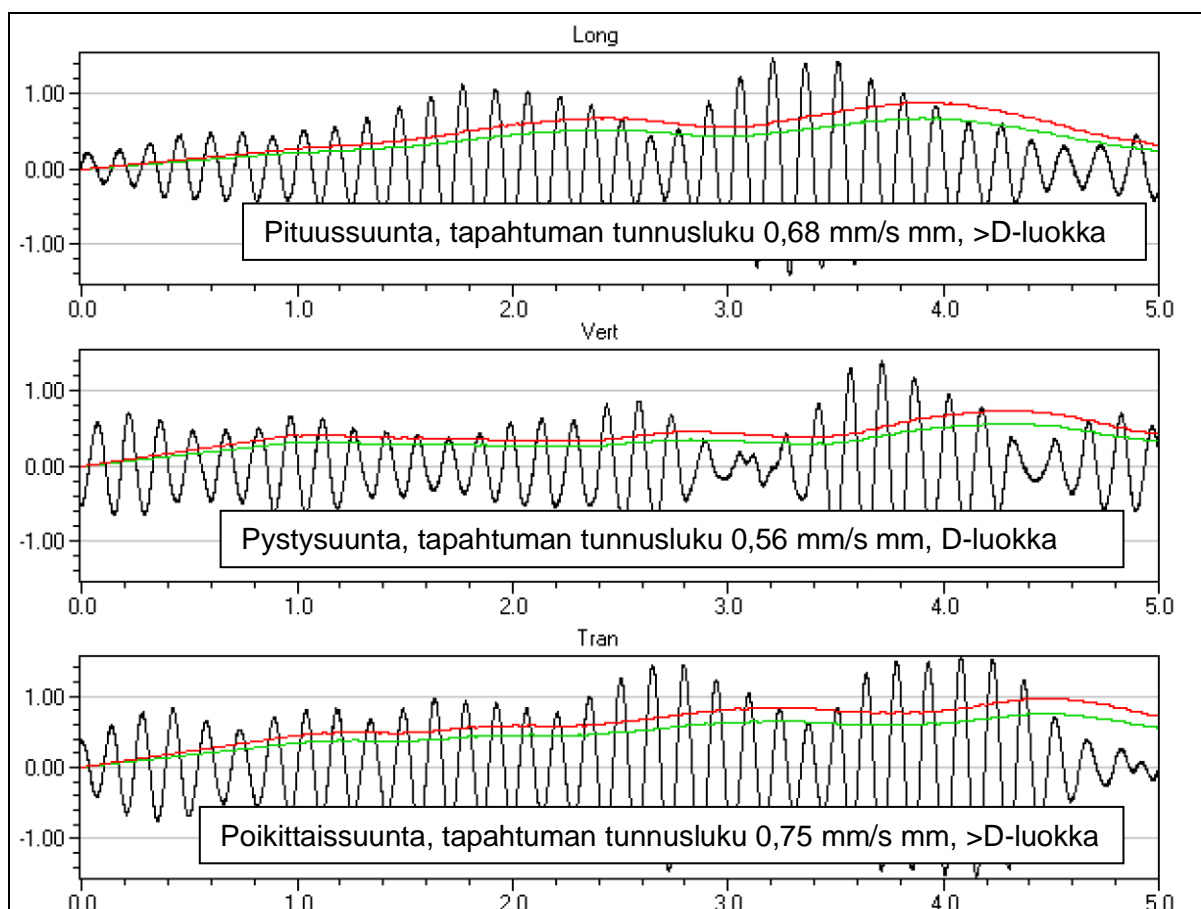
3. TÄRINÄMITTAUKSET

Tärinäselvityksen maastomittaukset tehtiin *VTT:n tiedotteessa 2278, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta* mukaan lukuun ottamatta mittausaikaa, joka oli tarjouksen mukaisesti noin viisi vuorokautta (suositus on viikko).

Tärinämittausten kenttätyöt teki Tärinämittaus Valtonen Oy. Tärinämittaukset tehtiin 10.9. klo 20.30 – 15.9.2017 klo 12 välisenä aikana. Tärinästä mitattiin heilahdusnopeudet (mm/s) ja taajuudet (Hz) Instantel MiniMate Plus -mittareilla kolmessa, toisiinsa kohtisuorassa suunnassa olevalla kolmikomponenttigeofonilla, pysty- (vert), pitkittäis- (long) ja poikittaissuunnissa (tran). Pitkittäissuunta (long) on radan suuntainen ja poikittaissuunta (tran) kohtisuoraan rataa vasten. Mittaukset käynnistyivät tärinän ylitettyä kynnyksiarvon 0,3 mm/s. Junan aiheuttamat tärinät tunnistettiin muista tärinälähteistä tärinäsignaalin ja tapahtuma-ajan perusteella.

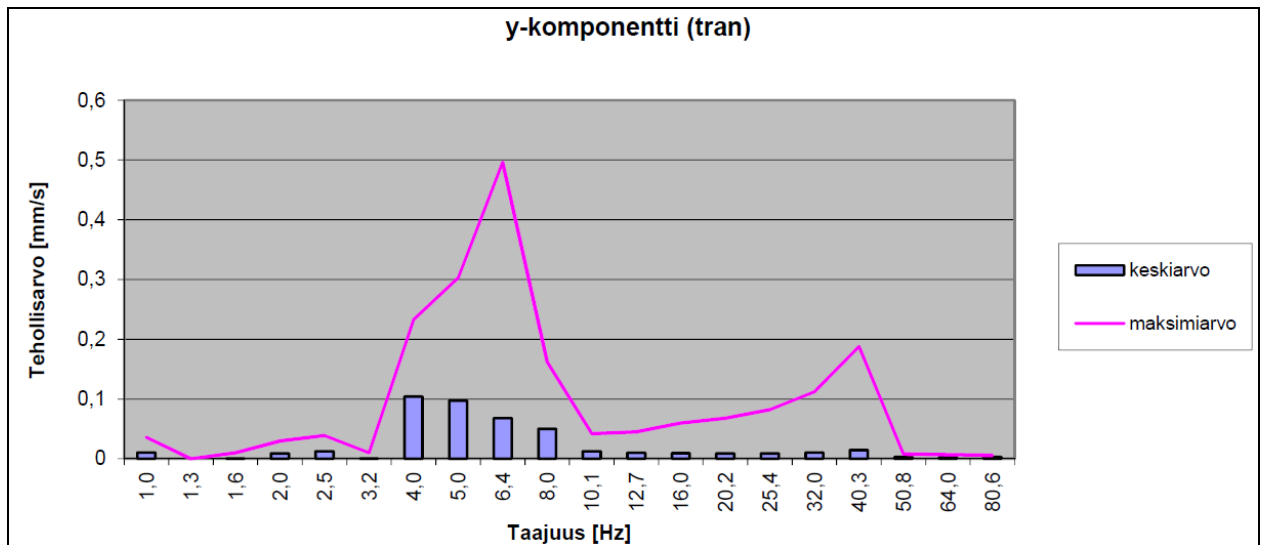
Mittaustulokset on kohde- ja tapahtumakohtaisesti esitetty liitteessä 1. Jokaisesta mittauspisteestä on tulosten tarkasteluun valittu mahdollisuuksien mukaan 15 suurimman tärinän aiheuttanutta tapahtumaa. Kohteen 7 sokkelin mittauspisteessä ei tärinä ylittänyt kertaakaan mittausten kynnyksiarvoa.

Kuvassa 3 on esitetty tyypillinen mittaustulos.



Kuva 3. Tärinämittaustulos kohteen 1 yläkerran mittauspisteessä MP2 (11.9 klo 11.13). Pystyakselilla heilahdusnopeus (mm/s) ja vaaka-akselilla aika sekunneissa. Jälkikäsitellyt taajuuspainotetut värähtelyn tunnusluvut on esitetty kuvassa tekstilaatikoissa.

Kuvassa 4 on esitetty tyypillinen tehollisarvon taajuustarkastelu.



Kuva 4. Kohteen 1 mittauspisteen MP2:n värähtelytapauhtumien taajuuskomponenttien maksi- ja keskiarvot poikittaissuunnassa (tran).

Sokkeleissa tärinä oli yleensä suurinta pysty (vert)- ja poikittaissuunnassa (tran) ja toisessa kerroksessa lähes aina vaakasuunnassa (tran).

Mittausten aikana suunnittelualueella liikennöi raskaita tavarajunia. Tärinän hallitseva taajuus oli 4–10 Hz. Usein suurin taajuus oli 4–6 Hz, joka on oletettavasti lähellä kaksoikerroksisen pientalon vaakasuuntaista ominaistaajuutta. Tällöin rataliikennetärinä ja rakennus ovat resonanssialueella.

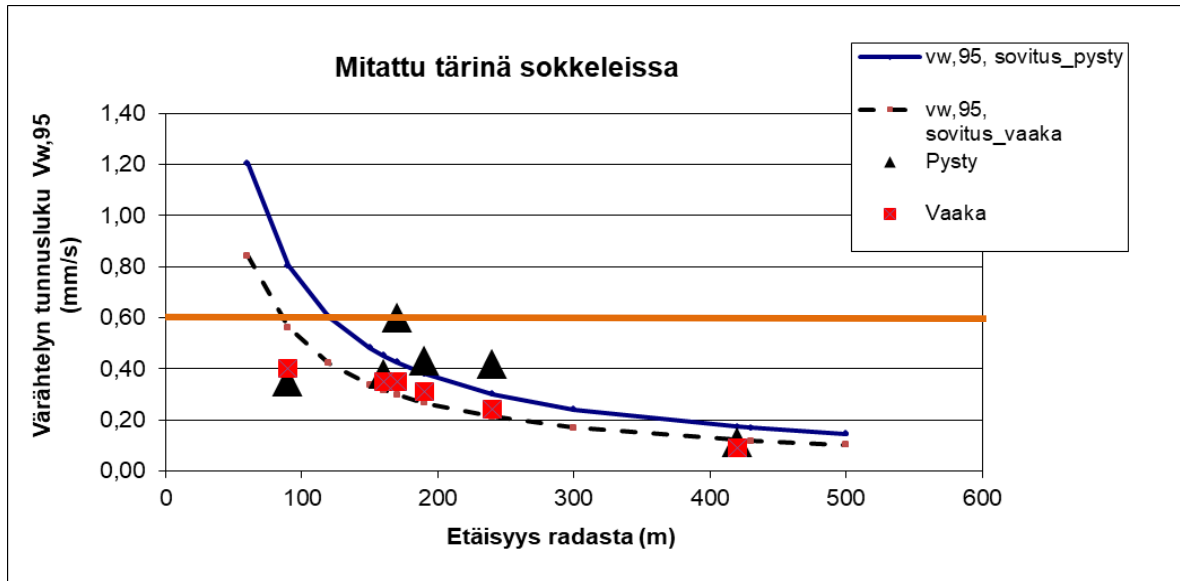
4. TÄRINÄMITTAUSTULOSTEN TARKASTELU

Nyt tehdyissä mittauksissa saatiin selvästi parempi käsitys asuinrakennusten toisten kerrosten tärinätasoista kuin aikaisemmin. Muuten tulokset vastasivat pääpiirteissään aiemmin tehtyjen mittauksien tuloksia.

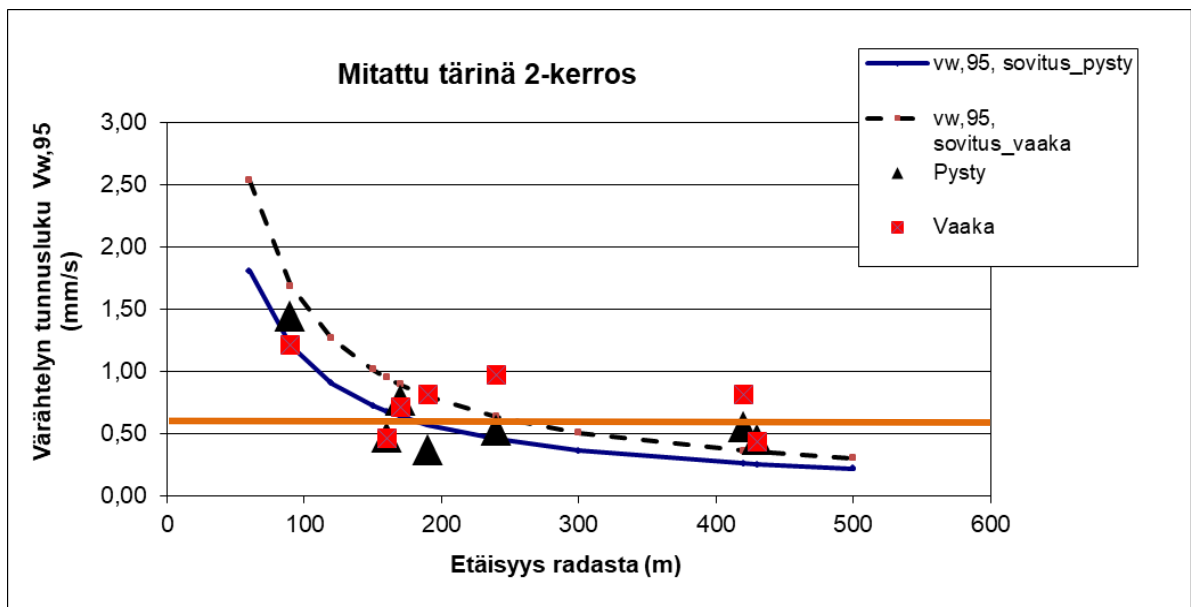
Tärinämittaustulosten perusteella määritetyt värähtelyn tunnusluvut on esitetty kohteittain taulukossa 2 ja kuvissa 5 ja 6.

Taulukko 2. Mitatut värähtelyn tunnusluvut (värähtelyluokat) kohteittain. Vaakasuunnaksi valittiin poikittais- ja pitkittäissuunnista se suunta, jossa tärinä oli suurinta.

Kohde	Sokkeli pysty	Sokkeli vaaka	2-kerros pysty	2-kerros vaaka
1	>D	D	>D	>D
2	D	D	D	D
3	D	D	D	>D
4	D	C	D	>D
5	D	D	>D	>D
6	B	C	D	>D
7	-	-	D	>D



Kuva 5. Kohteitten värähtelyn tunnusluvut sokkeleissa (MP1). Kuvassa on ruskealla viivalla merkitty D-luokan yläraja (0,6 mm/s).



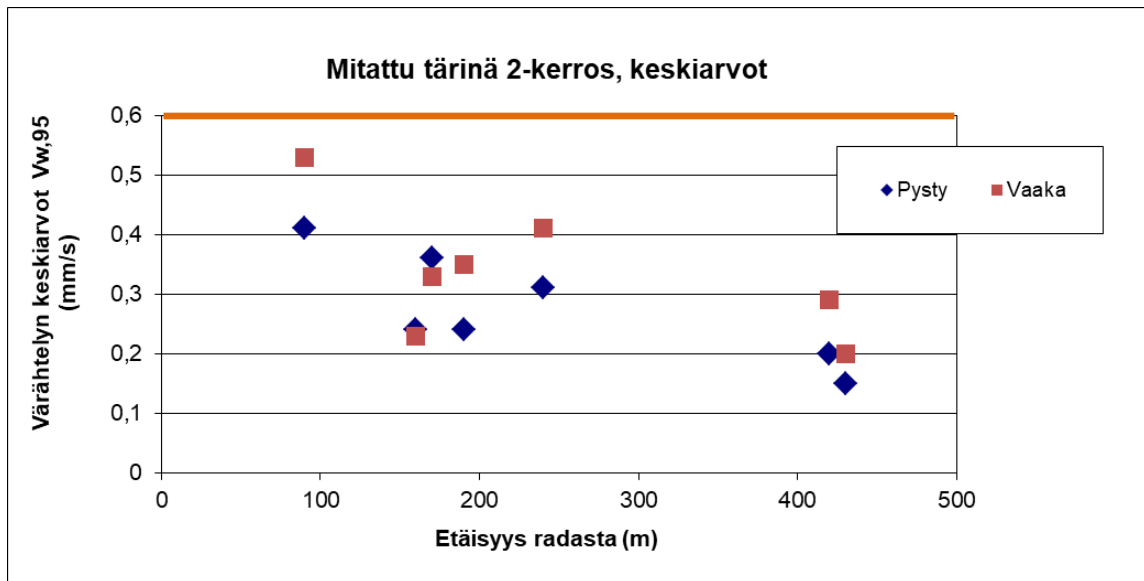
Kuva 6. Kohteitten värähtelyn tunnusluvut toisessa kerroksissa (MP2). Kuvassa on ruskealla viivalla merkitty D-luokan yläraja (0,6 mm/s).

Mittausten perusteella värinä vahvistui siirtyessään sokkelista toiseen kerrokseen yleensä kaksin–nelinkertaiseksi, kuten oli odotettuakin.

Vaakasuuruisen värähtelyn suuruus ylitti yhtä mitattua rakennusta lukuun ottamatta rakennusten toisessa kerroksessa suunnitteluvaatimuksena olleen D-luokan ylärajan (0,6 mm/s).

Värähtelyn tunnuslukujen määrittämisessä ovat keskihajonnat melko suuria (liite 1). Tämä puolestaan pyrkii kasvattamaan värähtelyn tunnuslukua (liite 2). Keskihajonta vähenisi, jos mittausaika olisi ollut pitempi ja raskaita junia olisi ollut enemmän. Toisaalta tämä olisi kasvattanut vastaavasti keskiarvoja ja vaikutus lopputulokseen olisi ollut joka tapauksessa vähäinen. Kuvassa 7 on esitetty vertailun vuoksi mittauskoh-

teiden tärinämittausten keskiarvot toisessa kerroksessa. Ne ovat aina selvästi pienempiä kuin värähtelyn tunnusluvut, jossa keskihajonta otetaan huomioon (liite 2).



Kuva 7. Kohteiden taajuuspainotettujen värähtelyiden keskiarvot toisessa kerroksissa (MP2). Kuvassa on ruskealla viivalla merkitty D-luokan yläraja (0,6 mm/s). Kuva on esitetty vertailun vuoksi ja sen perusteella ei voi tehdä tarkempia päätelmiä vaimennustarpeesta.

Värähtelyn tunnusluku ylitti yhtä kohdetta lukuun ottamatta D-luokan raja-arvon. Mitatut tärinäarvot ovat siten suurempia kuin asetettu suunnittelutavoite (D-luokka, taulukko 1).

Suunnitteluvaatimuksen D-luokan täyttyminen edellyttää tärinän vähentämistä koko alueella. Suurimmat vähennystarpeet ovat alueen pohjoisosassa radan itäpuolella.

5. KOKEMUKSIA TÄRINÄNVAIMENNUKSESTA SUOMESSA

Vaikka vaatimustaso on selkeä (D-luokka), on tärinänvähentämistoimenpiteiden määrittäminen selvitysalueella vaativaa. Tähän ovat syynä radan ympäristön korkea tärinätaaso, asutuksen hajanaisuus ja maapohjan vaihtelu. Lisävaikeutena on se, että tärinänvaimennuksesta on vielä vähän kokemuksia ja tutkimuksia.

Suomessa tärinän vähentämistratkaisuna on yleensä käytetty tärinäeristysseinää. Seinistä on kokemuksia viidestä kohteesta. Paalulaattaa pidetään tehokkaana tärinää vähentävänä ratkaisuna, mutta siitä on vielä vähemmän kokemuksia. Ratarakenteen alle asennettavilla tärinäeristysmateriaaleilla ei voida juurikaan alentaa suunnittelualueelle tyypillistä 4 – 8 Hz matalataajuisia tärinää. Jäljempänä tarkastellaan ratkaisumahdollisuuksia yksityiskohtaisemmin.

Sekä eristysseinän että paalulaatan toimintaan vaikuttavat liikennetärinän herätetaajuudet sekä rakenteiden ja maakerrosten ominaistajuudet. Niiden eristyskykyyn vaikuttavat siis voimakkaasti paikalliset olosuhteet.

Tärinäeristysseinä

Tärinäeristysseinä voidaan pehmeiköllä rakentaa pilaristabiloimalla tai teräspontti-seinä. Teräsponttiseinä on rakennettavissa myös hiekkamaahan. Tehokkaasti toimivan seinän syvyys on oltava noin aallonpituuden syvyinen, suunnittelualueella vähintään noin 15 metriä. Riittävän syvän eritysseinän rakentaminen voi olla vaikeaa, koska tiiviit maakerrostumat ulottuvat paikoin lähelle maanpintaa.

Eristysseinävaihtoehdon etuna on se, että se voidaan tehdä olemassa olevan radan viereen ja tarvittaessa vain toiselle puolelle rataa ja vaihteittain jopa ratarakentamisen jälkeen.

Julkaisussa: Pilaristabilointi- ja ponttiseinät: *Tärinäestekokeilujen alustavat tulokset ja jatkotutkimustarpeet, VTT Asiakasraportti VTT-CR-00691-15, 2015*, on koottu kokemuksia neljästä eri kohteesta:

Tärkeimmät johtopäätökset seinien käytöstä ovat: yhdelle puolelle rataa rakennetulla tärinäesteellä voidaan saavuttaa merkittävä tärinän vähennys (suurimmillaan noin 50 %) pehmeillä savialueilla, jos värähtelyssä hallitsee pystyvärähtely, savi-kerroksen paksuus on suuri (yli 15 m) ja etäisyys esteestä on pieni etäisyys ponttiseinään alle 20 m ja stabiloituun seinään alle 40 m). Muussa tapauksessa oleellisen parannuksen saavuttaminen on epävarmaa. Lisäksi huomautetaan, että jos haitta aiheutuu raskaasta tavarajunaliikenteestä, saavutettava pienennys ei yleensä riitä.

Keravan Ahjossa on eristysseinät rakennettu radan molemmin puolin ja niiden vaikutus on mittauksissa todettu hyvin vähäiseksi. Tähän ei ole voitu osoittaa selvää syytä.

Suunnittelualueella edellä kerrottuja otollisia tärinää vähentäviä olosuhteita ei yleensä ole: Maapohja ei ole pehmeää savea, pehmeimmilläänkin sitkeää savea, tärinässä ei hallitse pystyvärähtely – vaakavärähtelyn vähentäminen olisi keskeistä ja jos este rakennetaan radan viereen, ovat etäisyydet kohteisiin tyypillisesti 100 – 400 metriä.

Uusimmassa selvityksessä (Huhtala ym. 2017) kerrotaan stabilointirakenteella saavutetun noin 80 % vähennys vaakasuuntaisessa värähtelyssä, kun este on rakennettu rakennuksen eteen sen lähialueelle, noin 60 metrin etäisyydelle radasta. Ylimpänä maakerroksena oli selvityspaikalla noin 10 metriä pehmyttä savea. Lähteessä ei ole mainintoja tärinätasoista ja niiden taajuusalueista.

Paalulaatta

Paalulaatta vähentää yleisen lähinnä norjalaisista lähteistä saadun käsityksen mukaan ympäristöön leviävää tärinää noin 60...80 %. Arvio on kuitenkin likimääräinen. Hiekkamailla, joita on suunnittelualueella, lienee vähennys korkeintaan esitetyn alarajoilla. Tähän arvioidaan syyksi se, että hiekkamailla paalun vaippa välittää värähtelyä ympäröivään maahan, joka voi siirtyä viereisiin rakenteisiin. Tukipaaluilla pehme-

ässä savessa värähtely siirtyy enemmän paalun kärjen kautta kovaan pohjaan, josta se ei siirry samassa määrin enää ylempiin maakerrostumiin.

Paalulaatan erityisongelma suunnittelualueen tärinän vähentämisessä on se, että laatta pitäisi rakentaa suurimman tärinän aiheuttaman junaliikenteen alle, siis pääradan kohdalle. Ohitusraidetta käyttävät junat liikennöivät alhaisilla nopeuksilla, jolloin tärinätasot ovat alhaiset.

Paalulaatan vaikutuksesta on tehty pienimuotoinen selvitys (FCG, 2013). Sen mukaan paalulaatta vähensi tärinää yhdessä kohteessa suurimmillaan noin 30 – 70 %. Selvitykseen liittyy epävarmuuksia, koska mittausten aikaisia junatietoja ei ollut saatavissa ja mittauspisteitä oli suhteellisen vähän. Suurin vaikutus oli pystysuuntaisessa tärinässä. Samaisessa selvityksessä on pohdittu paalulaatan tärinän vähentämismahdollisuuksia yleispiirteisesti ja verrattu paalulaattaa koneperustukseen. Pystyvärähtelyssä paalulaatan ominaistajuus on junan akselitaajuuksiin nähden korkeavirtainen, ja se vähentää tärinää. Vaakavärähtelyssä paalulaattakokonaisuuden ominaistajuus on usein samalla taajuusalueelle junaliikenteen akseleiden herätetaajuuden kanssa, jolloin värähtelyn väheneminen voi olla pienempää.

6. SUOSITUKSET

Tärinänvaimennusratkaisuna tarkastellaan eristysseinää, koska paalulaatan rakentaminen ohitusraiteelle on tärinän vähentämisessä merkityksellistä.

Parhaassa tapauksessa eristysseinän voi arvioida vähentävän tärinää lähiympäristön asuinrakennuksissa 50 %. Näin suurta vähennystä voi kuitenkin saatujen kokemusten perusteella pitää ylärajan arvona ja voidaan arvioida, että vähennys olisi tätä selvästi vähäisempi.

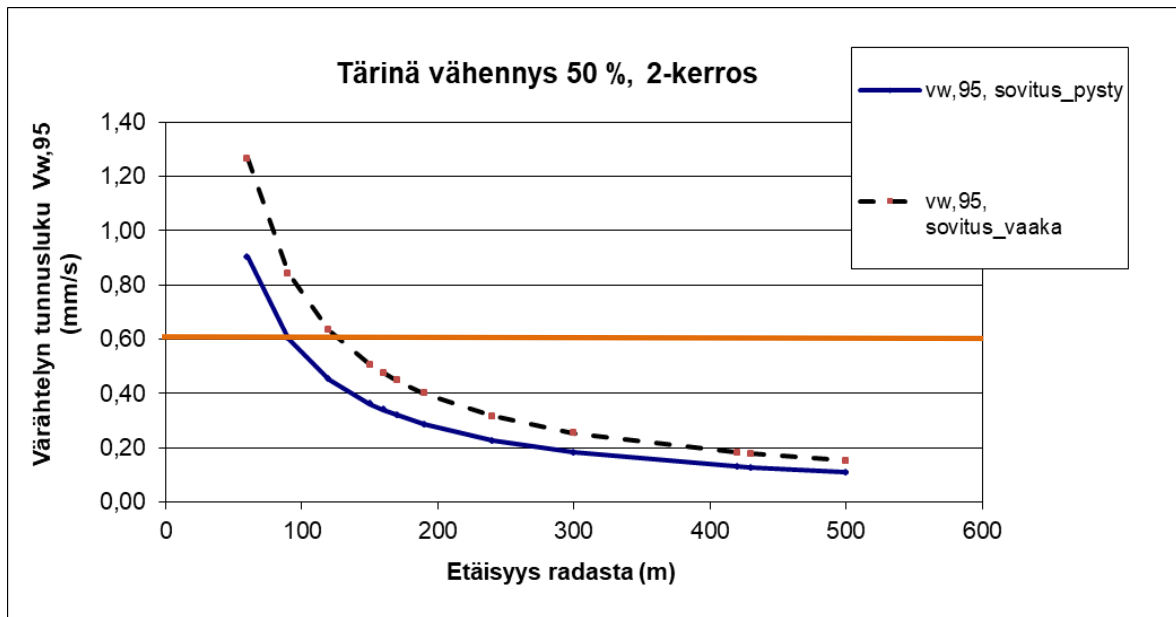
Taulukossa 3 on esitetty mitattujen kohteiden värähtelyn tunnusluvut, mikäli tärinä olisi vähentynyt puoleen (50 %). Ensimmäisen kerroksen värähtely täyttäisi silloin C-luokan vaatimukset. Toisessa kerroksessa värähtely täyttäisi suurelta osin C- tai D-luokan vaatimukset, mutta värähtelytaso olisi paikoin vielä liian korkea (suurempi kuin D-luokka).

Taulukko 3. Mitatut värähtelyn tunnusluvut kohteittain, mikäli tärinä vähenisi kauttaaltaan puoleen.

Kohde	Sokkeli pysty	Sokkeli vaaka	2-kerros pysty	2-kerros vaaka
1	D	C	D	D
2	C	C	C	C
3	C	C	C	D
4	C	B	C	D
5	C	C	>D	>D
6	A	A	C	D
7	-	-	C	C

Kuvassa 8 on esitetty värähtelyn tunnuslukujen arviointi mittausten perusteella tilanteessa, jossa värähtely saadaan eristysseinillä puolitettua. Kuvan tuloksista voidaan arvioida, että C- ja D-luokan raja olisi tällöin keskimäärin noin 250 metrin etäisyydellä

rajasta. Kun alueen rakennukset ja maapohja ovat vaihtelevia, kyse on siis keskiarvoista, yksittäiset rakennukset voivat poiketa niistä merkittävästi.

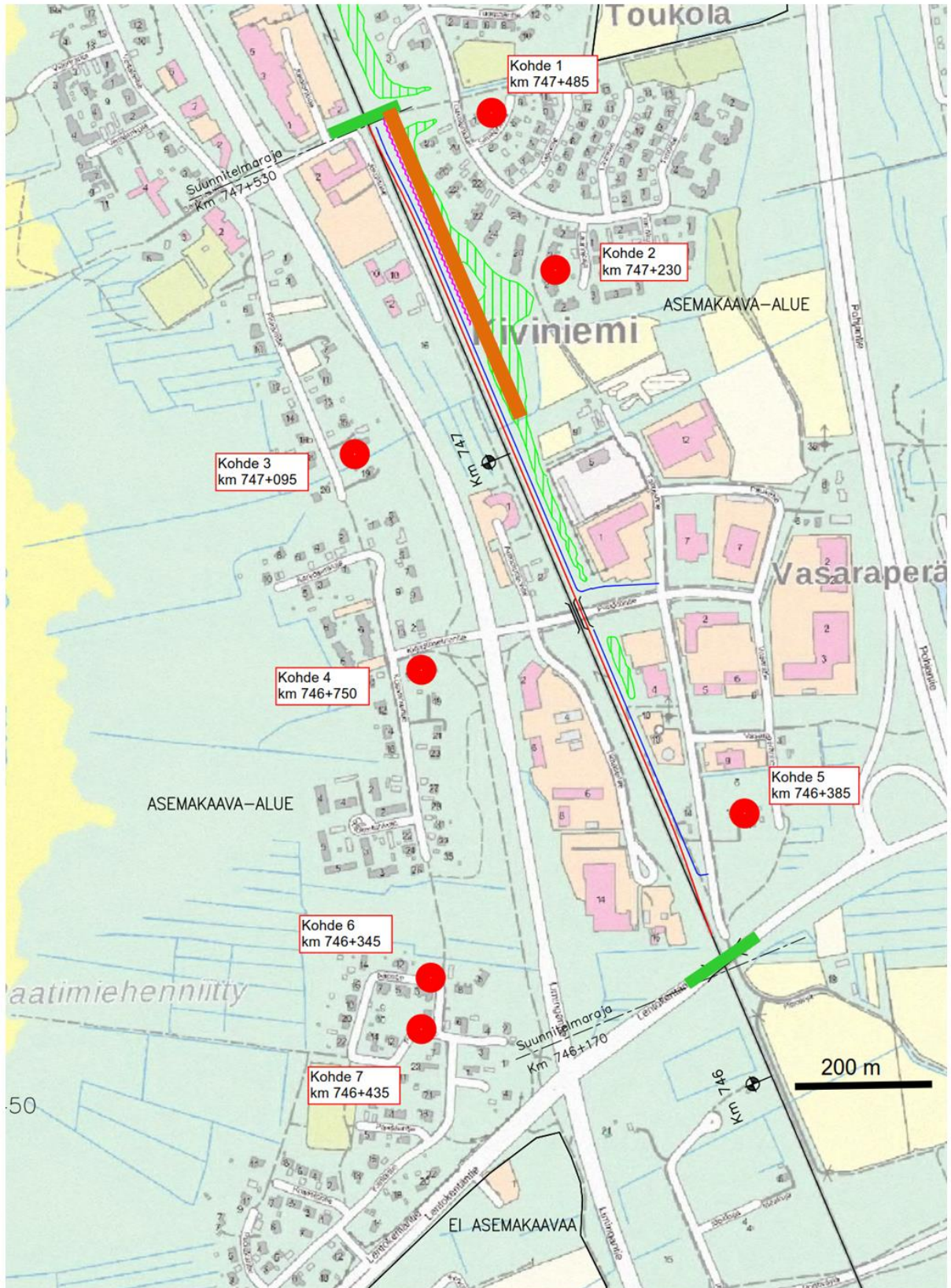


Kuva 8. Arvioidut värähtelyn tunnusluvut toisessa kerroksessa, kun värähtely on pienentynyt puoleen. Kuvassa on ruskealla viivalla merkitty D-luokan yläraja (0,6 mm/s).

Tärinämittaustulosten perusteella alueella on tärinänvaimennustarve radan länsipuolella koko tarkastelualueella Villiperänpolun alikäytävän ja Oulunlahden ylikulkusillan välillä. Radan itäpuolella vaimennustarve on alueen pohjoisosan asuinalueella sekä eteläosan asuinrakennusten kohdalla.

Koska valitun tärinävaimennusmenetelmän toimivuutta ei voida arvioida etukäteen luotettavasti, on suositeltavaa tehdä tärinänvaimennukseksi vaihteittain ja rakentaa ensimmäisessä vaiheessa koerakenne, jonka vaikutus tutkitaan.

Koerakenteen paikaksi ehdotetaan radan itäpuolen pohjoisosaa, jossa asuinrakennukset ovat lähimpänä rataa. Ehdotus koerakenteen sijainnista on esitetty kuvassa 9. Vaimennukseksi ehdotetaan rakennettavaksi noin 500 m matkalle teräsponteista, joiden pituus on alustavan arvion mukaan noin 15 m. Seinän sijoittamista mahdollisimman lähelle rakennuksia on syytä selvittää. Eristysseinän suunnittelussa ja rakentamisessa on syytä ottaa huomioon, että seinä ulottuu radan pituussuunnassa riittävän kauaksi suojattavista rakennuksista.



Kuva 9. Ehdotus tärinävaimennusmenetelmän koekohteen sijainnista on esitetty ruskealla viivalla. Koekohteessa tutkitaan valitun tärinävaimennusmenetelmän toimivuutta Oulunlahden alueella.

Tärinävaimennuksen suunnitteluratkaisun toimivuutta tulisi arvioida laskennallisesti sekä analyttisin että FEM-laskennoin. Nämä arvioinnit vaativat lähtötiedoksi riittävät pohjatutkimustulokset.

Saatujen kokemusten, joihin sisältyvät olennaisina asukaskyselyt, perusteella tullaan tekemään päätökset jatkotoimista. Jatkotoimien suunnittelussa otetaan huomioon rakennuskanta ja maankäytönsuunnitelmat sekä hyöty-kustannussuhde alueittain.

Suomessa on kokemuksia sekä teräsponteilla että stabiloimalla tehdyistä tärinäneristysseinistä. Niiden eristysvaikutus on ollut samaa suuruusluokkaa. Teräsponttiseinä soveltuu paikallisiin maaperäolosuhteisiin stabiloitiseinä paremmin.

7. YHTEENVETO

Tärinäselvityksessä käsitellään Oulunlahden liikennepaikan (kmv 746+170–747+530) suunnittelualueen rataosan haitalliseksi koettua rautatieliikennetärinää. Tärinähaittoja on selvitetty ja mitattu useissa aiemmissä tärinäselvityksissä, joista on tehty yhteenveto: Oulunlahti lp, Rata- ja rakentamissuunnitelma, Tärinäselvitysten yhteenveto, luonnos 17.8.2017.

Tärinäselvityksessä lähtökohtana on VTT:n julkaisussa: *Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT, Working Papers 50, 2006*) esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksista.

Työn keskeinen tavoite oli selvittää radan lähiympäristön asuinrakennusten tärinäsuojaustarve, jonka arvioimiseksi tilaaja on määritellyt vaatimukseksi värähtelyluokan D. Erityisesti tarkastellaan kaksikerroksisia rakennuksia, joissa vaakasuuntainen tärinä voi vahvistua merkittävästi.

Tärinäriskiarviointi perustuu lähinnä tärinämittauksiin. Mittauskohteiksi valittiin seitsemän kaksikerroksista pientaloa, jotka sijoittuvat kattavasti koko suunnittelualueelle. Jokaisessa kohteessa mitattiin tärinää sekä rakennusten sokkeleista että toisesta kerroksesta.

Nyt tehdyissä mittauksissa saatiin selvästi parempi käsitys asuinrakennusten toisten kerrosten tärinätasoista kuin aikaisemmin. Muuten tulokset vastasivat pääpiirteissään aiemmin tehtyjen mittausten tuloksia. Värähtelyn tunnusluku oli lähes kaikkien mitattujen rakennusten toisessa kerroksessa suurempi kuin asetettu suunnitteluvaatimus D-luokka (taulukko 1). Suunnitteluvaatimuksen D-luokan täytyminen edellyttää tärinän vähentämistä koko alueella. Suurimmat vähennystarpeet ovat alueen pohjoisosassa radan itäpuolella.

Tärinänsuojauksiksi suositellaan teräsponttieristysseinää. Aikaisempien kokemusten perusteella eristysseinän voi arvioida vähentävän tärinää lähiympäristön asuinrakennuksissa enintään 50 %. Näin suurta vähennystä voi kuitenkin saatujen kokemusten perusteella pitää ylärajan arvona ja voidaan arvioida että vähennys olisi tätä selvästi vähäisempi. Olisi suositeltavaa tehdä tärinäneristysseinä vaiheittain ja rakentaa ensimmäisessä vaiheessa koerakenne, jonka vaikutus mitataan. Koerakenteen paikka voisi olla radan itäpuolella sen pohjoisosassa, jossa asuinrakennukset ovat lähimpänä rataa ja jossa tärinätasot olivat suurimmat. Seinän sijoittamista mahdollisimman lähelle rakennuksia olisi selvitettävä. Eristysseinän suunnittelussa ja ra-

kentämissä on syytä ottaa huomioon että seinä sijoitetaan radan suunnassa riittävän kauaksi suojeltavista rakennuksista. Suojauksen suunnitteluratkaisun toimivuutta pitäisi arvioida laskennallisesta sekä analyttisin että FEM-laskennoin. Nämä arvioinnit vaativat lähtötiedoksi riittävät pohjatutkimukset.

Saatujen kokemusten, joihin sisältyvät olennaisina asukaskyselyt, perusteella tehtäisiin päätökset jatkotoimista. Jatkotoimien suunnittelussa otetaan huomioon rakennuskanta ja maankäytönsuunnitelmat

Matti Hakulinen

Matti Hakulinen

TKL

Viitteet

Breilin, O. ja Putkinen, N. 2012. Limingan Vesikari – syvin maaperäkairaus Suomessa, *Geologi* 64.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy. 2013. Seinäjoki – Oulu-radon palvelutason parantaminen, Nurmon paalulaatta.

Huhtala, T, Ruuhonen, M ja Kylliäinen, M. 2017. Stabilointirakenne liikennetärinän torjuntakeinona, *Akustiikkapäivät 2017*.

Liikennevirasto: Tavaraliikenteen kuljetusvirrat 2016.

Proxion Oy. 2017. Oulunlahti lp, Rata- ja rakentamissuunnitelma, Tärinäselvitysten yhteenveto, 13.10.2017.

Talja, S. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT:n tiedote 2278.

Talja, A. ja Törnqvist, J. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, 2006, VTT, Working Papers 50.

Talja, A., Törnqvist, J ja Niemeläinen, E. 2015. Tärinäestekokeilujen alustavat tulokset ja jatkotutkimustarpeet, VTT Asiakasraportti VTT-CR-00691-15.

LIITE 1, Mittauskohdetiedot

Kohde 1. Km 747+485, noin 180 m radan itäpuolella

Mittauspiste MP1 sokkelissa, MP2 yläkerrassa

MP1	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,14	0,45	0,21	11.9 klo 11.14
2	0,25	0,27	0,18	11.9 klo 21.48
3	0,34	0,27	0,22	12.9 klo 00.53
4	0,10	0,26	0,13	12.9 klo 11.27
5	0,25	0,21	0,14	12.9 klo 21.43
6	0,29	0,44	0,32	13.9 klo 00.55
7	0,22	0,2	0,18	13.9 klo 03.22
8	0,08	0,21	0,08	13.9 klo 13.03
9	0,12	0,18	0,12	13.9 klo 22.32
10	0,13	0,23	0,15	14.9 klo 00.20
11	0,14	0,48	0,18	14.9 klo 00.47
12	0,16	0,8	0,21	14.9 klo 11.57
13	0,38	0,52	0,31	15.9 klo 01.24
14	0,18	0,28	0,18	15.9 klo 03.33
15	0,13	0,24	0,17	14.9 klo 11.57
Keskiarvo	0,19	0,34	0,19	mm/s
Hajonta	0,19	0,165	0,062	
Tunnusluku	0,35	0,63	0,30	mm/s
Luokka	D	>D	D	

MP2	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,20	0,16	0,19	11.9 klo 07.44
2	0,75	0,65	0,68	11.9 klo 11.13
3	0,25	0,28	0,24	11.9 klo 21.47
4	0,18	0,14	0,21	12.9 klo 00.26
5	0,38	0,26	0,2	12.9 klo 00.52
6	0,23	0,1	0,16	13.9 klo 22.32
7	0,25	0,26	0,17	14.9 klo 00.20
8	0,43	0,53	0,3	14.9 klo 00.47
9	0,42	0,75	0,22	14.9 klo 11.57
10	0,32	0,19	0,29	14.9 klo 17.13
11	0,15	0,16	0,22	14.9 klo 23.19
12	0,48	0,66	0,21	15.9 klo 01.24
13	0,31	0,21	0,24	15.9 klo 03.43
14	0,22	0,26	0,28	15.9 klo 11.07
15	0,42	0,75	0,22	14.9 klo 11.57
Keskiarvo	0,33	0,36	0,26	mm/s
Hajonta	0,20	0,23	0,139	
Tunnusluku	0,71	0,77	0,51	mm/s
Luokka	>D	>D	D	

Kohde 2. Km 747+230, noin 170 m radan itäpuolella

Mittauspiste MP1 sokkelissa, MP2 yläkerrassa

MP1	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,14	0,33	0,13	11.9 klo 11.14
2	0,26	0,13	0,21	11.9 klo 21.43
3	0,34	0,16	0,16	12.9 klo 00.26
4	0,22	0,24	0,21	12.9 klo 00.53
5	0,27	0,19	0,14	12.9 klo 11.27
6	0,24	0,11	0,1	13.9 klo 11.28
7	0,30	0,16	0,12	14.9 klo 00.20
8	0,22	0,37	0,35	14.9 klo 00.47
9	0,23	0,11	0,15	14.9 klo 03.23
10	0,28	0,31	0,16	14.9 klo 11.57
11	0,26	0,14	0,11	14.9 klo 22.46
12	0,31	0,15	0,12	14.9 klo 23.19
13	0,31	0,37	0,28	15.9 klo 01.24
14	0,30	0,19	0,21	15.9 klo 03.34
15	0,00	0	0	
Keskiarvo	0,26	0,21	0,18	mm/s
Hajonta	0,26	0,09	0,07	
Tunnusluku	0,35	0,38	0,30	mm/s
Luokka	D	D	D	

MP2	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,46	0,19	0,15	11.9 klo 11.35
2	0,19	0,12	0,45	11.9 klo 21.47
3	0,13	0,09	0,31	12.9 klo 00.26
4	0,19	0,16	0,33	12.9 klo 11.26
5	0,26	0,5	0,17	13.9 klo 00.55
6	0,15	0,12	0,37	13.9 klo 03.22
7	0,22	0,14	0,3	13.9 klo 11.28
8	0,20	0,21	0,38	14.9 klo 00.20
9	0,21	0,41	0,28	14.9 klo 00.47
10	0,14	0,14	0,34	14.9 klo 03.23
11	0,18	0,39	0,26	14.9 klo 11.57
12	0,12	0,11	0,37	14.9 klo 22.46
13	0,12	0,4	0,14	14.9 klo 23.19
14	0,49	0,29	0,22	15.9 klo 01.25
15	0,42	0,27	0,2	15.9 klo 03.34
Keskiarvo	0,23	0,24	0,28	mm/s
Hajonta	0,12	0,13	0,14	
Tunnusluku	0,46	0,47	0,54	mm/s
Luokka	D	D	D	

Kohde 3. Km 747+095, noin 200 m radan länsipuolella

Mittauspiste MP1 sokkelissa, MP2 yläkerrassa

MP1	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,11	0,16	0,09	11.9 klo 01.57
2	0,15	0,17	0,05	12.9 klo 21.43
3	0,23	0,39	0,11	13.9 klo 00.55
4	0,10	0,16	0,06	13.9 klo 03.22
5	0,11	0,2	0,12	13.9 klo 11.13
6	0,15	0,24	0,09	14.9 klo 00.20
7	0,26	0,33	0,08	14.9 klo 00.47
8	0,12	0,16	0,1	14.9 klo 03.23
9	0,10	0,19	0,08	14.9 klo 11.27
10	0,34	0,48	0,11	14.9 klo 11.57
11	0,15	0,2	0,09	14.9 klo 22.46
12	0,13	0,21	0,07	14.9 klo 23.19
13	0,07	0,18	0,05	15.9 klo 01.15
14	0,31	0,39	0,11	15.9 klo 01.24
15	0,20	0,28	0,11	15.9 klo 03.34
Keskiarvo	0,17	0,25	0,09	mm/s
Hajonta	0,17	0,098	0,022	
Tunnusluku	0,31	0,43	0,13	mm/s
Luokka	D	D	B	

MP2	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,39	0,19	0,15	11.9 klo 11.13
2	0,21	0,2	0,1	11.9 klo 21.47
3	0,16	0,14	0,1	12.9 klo 00.26
4	0,54	0,39	0,17	12.9 klo 00.53
5	0,44	0,27	0,13	12.9 klo 11.27
6	0,61	0,33	0,14	13.9 klo 00.55
7	0,22	0,22	0,14	13.9 klo 03.22
8	0,15	0,2	0,14	13.9 klo 11.13
9	0,30	0,16	0,14	14.9 klo 00.20
10	0,62	0,34	0,16	14.9 klo 00.47
11	0,23	0,16	0,12	14.9 klo 03.24
12	0,26	0,19	0,13	14.9 klo 22.46
13	0,16	0,2	0,1	14.9 klo 23.19
14	0,64	0,29	0,21	15.9 klo 01.25
15	0,33	0,26	0,12	15.9 klo 03.34
Keskiarvo	0,35	0,24	0,14	mm/s
Hajonta	0,25	0,07	0,056	
Tunnusluku	0,81	0,37	0,24	mm/s
Luokka	>D	D	C	

Kohde 4. Km 746+750, noin 230 m radan länsipuolella

Mittauspiste MP1 sokkelissa, MP2 yläkerrassa

MP1	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,23	0,42	0,24	11.9 klo 01.57
2	0,07	0,32	0,23	11.9 klo 21.48
3	0,11	0,13	0,08	12.9 klo 00.27
4	0,15	0,29	0,12	12.9 klo 00.53
5	0,09	0,19	0,15	12.9 klo 03.47
6	0,20	0,41	0,17	12.9 klo 11.28
7	0,14	0,3	0,17	13.9 klo 00.56
8	0,17	0,34	0,19	13.9 klo 11.38
9	0,18	0,32	0,16	14.9 klo 00.20
10	0,10	0,25	0,12	14.9 klo 00.48
11	0,21	0,25	0,19	14.9 klo 03.24
12	0,15	0,3	0,18	14.9 klo 11.58
13	0,20	0,22	0,27	14.9 klo 22.46
14	0,08	0,15	0,08	15.9 klo 01.16
15	0,18	0,28	0,2	15.9 klo 03.34
Keskiarvo	0,15	0,28	0,17	mm/s
Hajonta	0,15	0,08	0,05	
Tunnusluku	0,24	0,42	0,27	mm/s
Luokka	C	D	C	

MP2	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,55	0,44	0,24	11.9 klo 01.57
2	0,49	0,2	0,18	11.9 klo 11.14
3	0,27	0,35	0,26	11.9 klo 21.48
4	0,14	0,27	0,19	12.9 klo 00.27
5	0,29	0,63	0,27	12.9 klo 00.53
6	0,35	0,16	0,34	12.9 klo 03.47
7	0,69	0,38	0,32	12.9 klo 11.27
8	0,49	0,38	0,33	13.9 klo 00.55
9	0,47	0,35	0,16	13.9 klo 11.28
10	0,53	0,25	0,34	14.9 klo 00.47
11	0,30	0,19	0,38	14.9 klo 03.24
12	0,50	0,25	0,41	14.9 klo 11.57
13	0,17	0,21	0,27	14.9 klo 22.47
14	0,58	0,37	0,44	15.9 klo 01.25
15	0,39	0,23	0,15	15.9 klo 03.34
Keskiarvo	0,41	0,31	0,29	mm/s
Hajonta	0,30	0,12	0,14	
Tunnusluku	0,97	0,53	0,55	mm/s
Luokka	>D	D	D	

Kohde 5. Km 746+385, noin 100 m radan itäpuolella

Mittauspiste MP1 sokkelissa, MP2 yläkerrassa

MP1	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,15	0,11	0,25	10.9 klo 21.44
2	0,22	0,26	0,51	11.9 klo 01.57
3	0,25	0,12	0,31	11.9 klo 03.54
4	0,32	0,34	0,27	11.9 klo 11.14
5	0,19	0,09	0,45	11.9 klo 21.49
6	0,29	0,13	0,26	13.9 klo 21.50
7	0,23	0,14	0,38	14.9 klo 00.21
8	0,33	0,46	0,2	14.9 klo 00.48
9	0,25	0,09	0,4	14.9 klo 03.24
10	0,20	0,1	0,36	14.9 klo 11.28
11	0,24	0,4	0,19	14.9 klo 11.58
12	0,19	0,13	0,38	14.9 klo 22.47
13	0,23	0,1	0,24	14.9 klo 23.20
14	0,33	0,2	0,23	15.9 klo 01.25
15	0,33	0,14	0,3	15.9 klo 03.35
Keskiarvo	0,25	0,19	0,32	mm/s
Hajonta	0,25	0,12	0,09	
Tunnusluku	0,35	0,40	0,48	mm/s
Luokka	D	D	D	

MP2	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,36	0,13	0,54	10.9 klo 21.40
2	0,51	2,19	0,59	11.9 klo 01.58
3	0,21	0,97	0,56	11.9 klo 03.54
4	0,29	0,74	1,39	11.9 klo 11.14
5	0,35	0,17	1,08	11.9 klo 21.49
6	0,56	0,18	0,51	13.9 klo 21.50
7	0,55	0,25	1,04	14.9 klo 00.21
8	0,90	0,26	0,41	14.9 klo 00.48
9	0,44	0,16	0,96	14.9 klo 11.28
10	0,53	0,08	0,31	14.9 klo 11.58
11	0,46	0,14	0,9	14.9 klo 22.47
12	0,41	0,14	0,51	14.9 klo 23.20
13	0,45	0,16	0,56	14.9 klo 23.20
14	1,29	0,3	0,95	15.9 klo 01.25
15	0,58	0,24	1,2	15.9 klo 03.35
Keskiarvo	0,53	0,41	0,77	mm/s
Hajonta	0,38	0,58	0,55	
Tunnusluku	1,21	1,44	1,76	mm/s
Luokka	>D	>D	>D	

Kohde 6. Km 746+345, noin 400 m radan länsipuolella

Mittauspiste MP1 sokkelissa, MP2 yläkerrassa

MP1	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,05	0,04	0,15	10.9 klo 21.44
2	0,08	0,12	0,17	11.9 klo 01.57
3	0,07	0,08	0,17	11.9 klo 03.54
4	0,06	0,07	0,13	11.9 klo 21.49
5	0,06	0,08	0,15	12.9 klo 03.47
6	0,04	0,03	0,11	12.9 klo 11.19
7	0,08	0,05	0,15	12.9 klo 22.23
8	0,08	0,08	0,17	13.9 klo 11.28
9	0,04	0,05	0,13	13.9 klo 22.34
10	0,05	0,08	0,19	14.9 klo 00.21
11	0,05	0,07	0,14	14.9 klo 03.25
12	0,07	0,07	0,14	14.9 klo 11.28
13	0,07	0,11	0,08	14.9 klo 22.47
14	0,06	0,06	0,13	14.9 klo 23.20
15	0,06	0,08	0,14	15.9 klo 03.35
Keskiarvo	0,06	0,07	0,14	mm/s
Hajonta	0,01	0,02	0,03	
Tunnusluku	0,09	0,11	0,19	mm/s
Luokka	A	B	C	

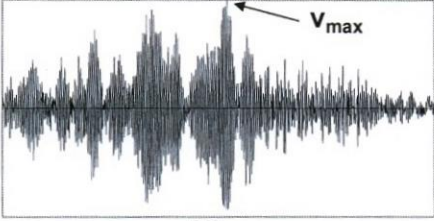
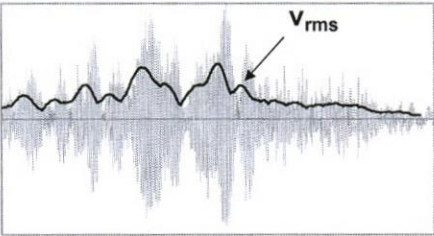
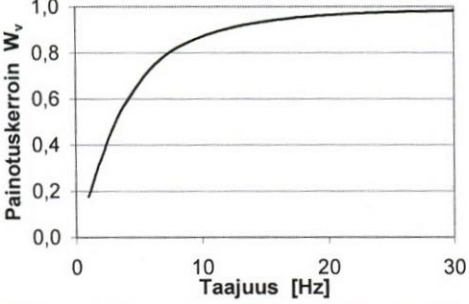
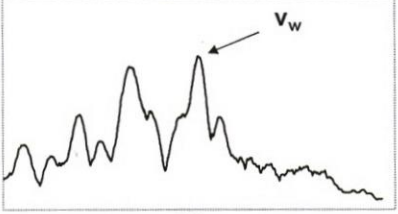
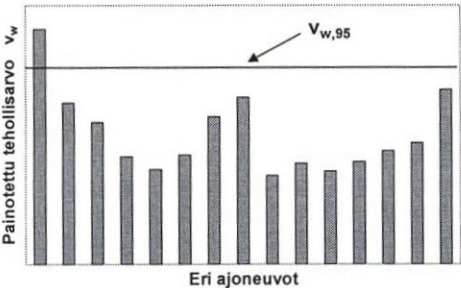
MP2	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,39	0,05	0,17	10.9 klo 21.44
2	0,72	0,28	0,22	11.9 klo 01.57
3	0,40	0,07	0,26	11.9 klo 03.54
4	0,12	0,12	0,39	11.9 klo 11.14
5	0,45	0,08	0,25	11.9 klo 21.49
6	0,15	0,32	0,44	12.9 klo 00.54
7	0,11	0,29	0,06	12.9 klo 03.47
8	0,48	0,14	0,19	14.9 klo 00.21
9	0,14	0,11	0,36	14.9 klo 00.47
10	0,33	0,07	0,09	14.9 klo 03.24
11	0,21	0,49	0,1	14.9 klo 11.28
12	0,33	0,12	0,09	14.9 klo 11.58
13	0,30	0,08	0,11	14.9 klo 22.47
14	0,06	0,33	0,33	14.9 klo 23.20
15	0,10	0,48	0,22	15.9 klo 01.26
Keskiarvo	0,29	0,20	0,22	mm/s
Hajonta	0,29	0,20	0,14	
Tunnusluku	0,81	0,55	0,47	mm/s
Luokka	>D	D	D	

Kohde 7. Km 746+280, noin 440 m radan länsipuolella

Mittauspiste MP1:ssä sokkelissa ei tuloksia, MP2 yläkerrassa

MP2	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	
Mittaus	Poikittainen	Pysty	Pitkittäinen	Aika
1	0,16	0,07	0,56	11.9 klo 21.49
2	0,18	0,04	0,43	12.9 klo 00.27
3	0,46	0,07	0,12	12.9 klo 00.54
4	0,18	0,05	0,51	12.9 klo 03.47
5	0,16	0,1	0,46	12.9 klo 22.23
6	0,51	0,11	0,13	13.9 klo 00.56
7	0,11	0,07	0,4	13.9 klo 03.33
8	0,21	0,06	0,4	13.9 klo 11.13
9	0,28	0,08	0,47	14.9 klo 00.21
10	0,06	0,09	0,4	14.9 klo 00.48
11	0,05	0,49	0,13	14.9 klo 03.24
12	0,09	0,52	0,21	14.9 klo 11.28
13	0,10	0,42	0,11	14.9 klo 11.58
14	0,20	0,07	0,5	14.9 klo 23.20
15	0,18	0,07	0,42	15.9 klo 03.35
Keskiarvo	0,20	0,15	0,35	mm/s
Hajonta	0,13	0,16	0,16	
Tunnusluku	0,43	0,45	0,63	mm/s
Luokka	D	D	>D	

LIITE 2. Tärinän kuvaamisen käsitteitä

	<p>Värähtelyn huippuarvo v_{max} [mm/s]</p> <p>Mitatun värähtelysignaalin itseisarvoltaan suurin arvo. Vakioamplitudisella värähtelyllä huippuarvo on sama kuin värähtelyn amplitudi.</p>
	<p>Värähtelyn tehollisarvo v_{rms} [mm/s]</p> <p>Mitatun värähtelysignaalin $v(t)$ tehollisarvo ajanhetkellä t_0 on</p> $v_{rms}(t_0) = \left\{ \frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [v(t)]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}},$ <p>jossa aikaikkunan pituus τ on 1 sekunti.</p>
	<p>Värähtelyn taajuuspainotus $W_v(f)$ [-]</p> <p>Mitatun signaalin eri värähtelykomponentit tehdään ihmisen herkkyyden suhteen samanarvoisiksi painottamalla värähtelykomponentteja taajuudesta riippuvalla painotuskertoimella.</p>
	<p>Painotettu värähtelyn tehollisarvo v_w [mm/s]</p> <p>Taajuuspainotetusta värähtelysignaalista $v_w(t)$ määritetty suurin tehollisarvo.</p>
	<p>Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]</p> <p>Painotetun värähtelyn v_w tilastollinen maksimi. Arvo perustuu yhden viikon ajalta 15 merkittävimmistä ajoneuvosta mitattuun värähtelyyn.</p>

Värähtelyn tunnusluku $v_{w,95} = v_{w,95, ka} + 1,8 \sigma$

$v_{w,95, ka}$
 σ

on 15 suurimman värähtelyn keskiarvo
on 15 suurimman värähtelyn keskihajonta