

**SITOWISE**

# Liikennetärinäselvitys

Liminka–Oulu kaksoisraide  
Ratasuunnitelma

31.05.2024

## Sisällysluettelo

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Johdanto .....                                 | 3  |
| 1.1   | Hankkeen lyhyt esittely .....                  | 3  |
| 1.2   | Tärinäselvitys välillä Liminka-Oulu .....      | 3  |
| 2     | Lähtötiedot .....                              | 4  |
| 2.1   | Raideliikenne nykytilanteessa .....            | 4  |
| 2.2   | Maaperäolosuhteet ja pohjanvahvistukset.....   | 4  |
| 3     | Liikennetärinän ja runkomelun arviointi .....  | 4  |
| 3.1   | Ohjearvot .....                                | 4  |
| 3.2   | Liikennetärinän laskentaparametrit .....       | 6  |
| 4     | Tarkastelut .....                              | 7  |
| 4.1   | Liikennetärinän torjunta .....                 | 8  |
| 4.1.1 | Yleiset periaatteet.....                       | 8  |
| 4.1.2 | Liikennetärinälle altistuvat rakennukset ..... | 8  |
| 4.1.3 | Liikennetärinän torjunta .....                 | 9  |
| 5     | Yhteenveto ja johtopäätökset.....              | 10 |
| 6     | Lähteet .....                                  | 11 |

Liitteet:

Karttaliite 1 Raideliikenteen laskennallinen liikennetärinävaikutus nyky- ja ennustetilanteessa



# 1 Johdanto

## 1.1 Hankkeen lyhyt esittely

Suunnittelukohteena on kaksoisraiteen laatiminen Limingan liikennepaikan eteläpuolelta Ouluun, yhteensä noin 27 km matkalle. Suunnittelukohde on osa Tampere–Oulu suunnitteluhanketta. Kaksoisraiteen suunnittelu jatkaa vuosina 2007–2017 Seinäjoki–Oulu ratahankkeessa tehtyjä kehittämistoimenpiteitä.

Tämän ratasuunnitelman suunnittelualue alkaa Limingan liikennepaikan eteläpuolelta, mutta varsinainen kaksoisraide alkaa kohdasta 727+880 Limingan liikennepaikalta. Suunnittelualueen pohjoisrajana on läntisellä raiteella V071 ja itäisellä raiteella V073 takajatkot etelän suuntaan Oulun liikennepaikalla. Nykyiselle raiteelle esitetään toimenpiteitä siinä laajuudessa, että raiteen geometria täyttää mitoitussnopeudelle 200 km/h asetetut vaatimukset.

Ratasuunnitelman tavoitteena on parantaa rataosan välityskykyä sekä sujuvoittaa nopean henkilöliikenteen ja hitaamman liikenteen yhteensovittamista poistamalla Liminka–Oulu rataosuuden pullonkaulavaikutus. Lisäksi huomioidaan Liminka–Oulu välillä esiintyviä melu- ja tärinäongelmia suunnitelmien laajuuden mahdollistamalla tavalla.

Tulevaisuuden tavoitteena on rakentaa kaksoisraide Tampereelta Ouluun, uusi lisäraide Kokkola–Ylivieska rataosalle sekä varautua Oulun lähiliikenteen kehittämiseen, siten että Liminka-Oulu ratasuunnitelmassa seisakevaraukset on huomioitu.

## 1.2 Tärinäselvitys välillä Liminka-Oulu

Ratasuunnitelman suunnitteluperusteissa hankkeen tavoitteiksi on asetettu raideliikenteen osalta muun muassa:

- Mahdollistaa hankkeen osalta kaksiraiteinen sekaliikenteen rata Liminka-Oulu välille.
- Raiteiden ratageometrian tavoitenopeus on 200 km/h.

Tärinän ja runkomelun osalta suunnitteluperusteissa on todettu, että suunnittelussa noudatetaan Väyläviraston ohjetta 27/2021 "Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 20 Ympäristö ja rautatiealueet" [1]. Em. ohjeessa viitataan värähtelyjen osalta lisäksi ratateknisten ohjeiden osaan 3 (radan rakenne) [2].

Liikennetärinän osalta on hankkeessa lisäksi todettu, että haittaa ei pahenneta, vaan suunnitelmien mahdollistamalla tavalla sitä pyritään vähentämään.

Tässä selvityksessä kuvataan Liminka-Oulu rataosuuden nykytilanteen liikennetärinän taso ja tilanne kaksoisraiteen rakentamisen jälkeen. Selvitys on laadittu laskennallisesti, mutta siinä on hyödynnetty aikaisempien vuosien



liikennetärinämittaustietoa. Tämän jälkeen on arvioitu tarvittavia suojaustoimenpiteitä ja arvioitu niiden vaikutusta.

## 2 Lähtötiedot

### 2.1 Raideliikenne nykytilanteessa

Liminka-Oulu rataosan liikenne on nykytilanteessa sekaliikennettä. Tampereen ja Oulun välillä kulki syksyllä 2019 yhteensä 19 henkilöliikenteen junaa vuorokaudessa. Junat olivat markkinaehtoista Helsingistä Tampereen kautta kulkevaa liikennettä, joiden määräasemat olivat Oulu tai Rovaniemi.

Tavaraliikenteen kuljetusvirrat koostuvat nykytilanteessa Liminka-Oulu välillä pääosin metalliteollisuuden raaka-aineista ja nyt lakanneesta transitioliikenteestä. Transitioliikenteen loppumisen vuoksi tavaraliikenteen volyyymi on pienentynyt tasolle muutama tavarajuna per vuorokausi. Tästä syystä myös koettujen liikennetärinäongelmien haitta on vähentynyt oleellisesti.

Raidegeometrian sallima nopeus Liminka-Oulu välillä on nykyään Liminka-Oulu välillä suurimmillaan 200 km/h henkilöjunaliikenteelle ja 100 km/h tavarajunaliikenteelle.

### 2.2 Maaperäolosuhteet ja pohjanvahvistukset

Liminka-Oulu väli on kokonaisuutena arvioiden hienorakeisten maalajien aluetta. Pitkien pehmeikköjen välillä on joitakin yksittäisiä karkearakeisia alueita. Nykyinen raide on pääasiallisesti perustettu maanvaraisesti lyhyiden paalulaattojen ja vastapenkereiden avulla. Maaperää voidaan kuvata liikennetärinän leviämisen jokseenkin kannalta otolliseksi. Runkomelun osalta hienorakeinen maaperä ei juurikaan mahdollista sen vaikutusta rata-alueen ulkopuolelle.

## 3 Liikennetärinän ja runkomelun arviointi

### 3.1 Ohjeavot

Liikennetärinän huomioimisesta ratahankkeessa käsitellään ratateknisten ohjeiden (RATO) osissa 3 ja 20.

Em. ohjeiden mukaisesti liikennetärinän arvioitua tasoja verrattiin VTT:n tiedotteen 2278 "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta" [3] mukaisiin ohjearvoihin (Taulukko 1).

RATO 20 mukaisesti vanhoilla radoilla sovelletaan luokkaa D, mikäli liikennöintinopeuksia tai sallittuja akselipainoja ei nosteta. Tämän ehdon mukaisesti Liminka-Oulu välin liikennetärinän ohjearvon luokituksena, pitäisi olla luokka C, sillä rataosuudella sallittuja akselipainoja ja nopeutta nostetaan.

RATO 3 [2] toteaa asiaan liittyen seuraavasti: "Tapauskohtaisesti voidaan arvioida haitan kohtuullisuuden ja tärinähaitan pienentämisen keinojen käytettävyyden



perusteella sovellettavat tunnusluvut hanke- ja aluekohtaisesti”. Tähän perustuen liikennetärinän ohje- ja vertailuarvona on käytetty luokkaa D.

Taulukko 1 Värähtelyluokitus

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

Yksittäisissä kohteissa voi värähtelyluokan D saavuttaminen osoittautua haastavaksi, koska vaimennusratkaisujen tai pohjanvahvistuksen vaimennustehokkuutta ei voida luotettavasti arvioida etukäteen, minkä lisäksi olemassa oleva raide aiheuttaa jo nykyisellään tärinärasitusta ympäristöön. Vastaavasti suojaamisen yhteydessä yksittäisissä kohteissa suojaamisen kustannukset ylittävät helposti suojattavan kohteen rahallisen arvon.

Tärinän vaikutusta suunnittelualueen rakenteiseen ja niiden kestävyys voidaan arvioida VTT:n tutkimusraportin [4] mukaisesti. Värähtelyn hallitseva taajuus maaperässä arvioitiin alueen maaperän perusteella. Tutkimusraportin mukaiset tärinäalueiden rajat ja kuvaukset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2 Tärinäalittiusluokat rakenteiden vaurioitumisen kannalta

| Tärinäalueet | Kuvaus   | Hallitseva taajuus (Hz)                 | $V_{max}$ (mm/s)     |
|--------------|--|---|----------------------|
| V            | Lähinnä rataa oleva alue, jolla maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille. | alle 10<br>10...20<br>20...50<br>yli 50 | 3<br>4,2<br>6<br>7,2 |



|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| H | Hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on kuitenkin yleensä selvästi havaittavaa ja häiritsee usein asuinmukavuutta. Vaurioitumisriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja käytetyt rakennusmateriaalit. | alle 10<br>10...20<br>20...50<br>yli 50 | 1-3<br>1,4-4,2<br>2-6<br>2,4-7,2         |
| E | Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista, mutta voi häiritä asumismukavuutta.  | alle 10<br>10...20<br>20...50<br>yli 50 | alle 1<br>alle 1,4<br>alle 2<br>alle 2,4 |

Suunnittelun tässä vaiheessa ei suoritettu tärinämittauksia alueella. Alueelta on olemassa huomattava määrä tärinämittaustietoa vuosilta 2014-2022, joita hyödynnettiin liikennetärinän arvioinnissa.

Runkomelu on pääasiallisesti karkearakeisten ja kallioalueiden ongelma. Tässä hankkeessa nykyinen raide uusi kaksoisraide sekä niitä lähellä sijoittuvat rakennukset sijoittuvat hienorakeiselle maaperälle, joka ei mahdollista runkomelua aiheuttavan värähtelyn tehokasta leviämistä. Tästä syystä runkomelua ei ole tarkasteltu erikseen. Runkomelun ei arvioida ylittävän missään asuinrakennuksessa VTT:n esittämää ohjearvoa  $LP_m$  35 dB [5].

### 3.2 Liikennetärinän laskentaparametrit

Liikennetärinän arvioinnissa on hyödynnetty VTT:n tutkimusraportissa [4] esitettyä laskentamallia. Paikallisesti mallin parametrejä on muokattu perustuen vuosien 2014-2022 liikennetärinämittauksiin. Laskentamallin avulla voidaan huomioida radalla liikkuvan kaluston ominaisuudet (massa, nopeus), maaperän ominaisuudet sekä raiteiston kunnan vaikutus tärinään. Laskennassa epävarmuus on huomioitu käyttämällä varmuuskertoimena (FoS) arvoa 2.

Mitoittavana junatyypinä asumismukavuuden arvioinnissa on käytetty 4500 tonnin massaista tavarajunaa etenemässä nopeudella 70 km/h. Vaurioitumisalttius on arvioitu tavarajunan massalla 6000 tonnia etenemässä vastaavasti nopeudella 70 km/h. Junien massatiedot perustuvat toteumatietoihin vuosilta 2021-2022. Henkilöjunan tärinävaikutus on huomattavasti pienempi, sillä niiden massa on selvästi alle 1000 tonnia. Tästä syystä niiden vaikutuksia ei ole arvioitu erikseen.

Laskentamallin parametrit on esitetty kaavassa 1:

$$v_{z,max} = v_{z,15} \cdot k_D \cdot k_S \cdot k_G \cdot k_R \cdot F \quad (1)$$



missä

$v_{z,max}$  = laskennallinen tärinän pystyheiladusnopeus maan pinnalla halutussa tarkastelupisteessä.

$v_{z,15}$  = pystysuora vertailuheiladusnopeus maassa etäisyydellä  $D=15$  metriä raiteen keskilinjasta

$k_D$  = etäisyyskerroin  $(D_{15m}/D)^B$  (B kuvaa vaimenemisen tehokkuutta maaperässä)

$k_S$  = junan nopeuskerroin (laskettu arvolla tavarajuna 70 km/h)

$k_G$  = junan painokerroin (laskettu arvolla tavarajuna 4500/6000 t)

$k_R$  = radan kuntokerroin (1; normaalikuntoinen raide)

$FoS$  = varmuuskerroin (2,0)

Tässä tarkastelussa värähtelyn oletetaan siirtyvän täydellä vaikutuksella rakennusten perustuksiin, jonka jälkeen mahdollisia voimistumisia ei ole huomioitu.

Vaihdetulle massalle perustetut raideosuudet on käsitetty laskentamallissa karkearakeiselle maaperälle perustetuiksi. Stabiloidulle maaperälle perustetut rataosuudet on käsitetty välimaalajille perustettuna. Paalulaatan vaikutus on huomioitu laskemalla ensin tärinävaikutus paikallisella maaperällä. Tämän jälkeen tärinävaikutus on puolitettu paalulaatan vaikutuksesta.

## 4 Tarkastelut

Liikennetärinäongelma syntyy pääasiassa suurimassaisten tavarajunien vaikutuksesta ympäristöön. Olemassa olevat merkittävimmät pohjanvahvistus ja paalulaattarakenteet nykyisen raiteen osalta on huomioitu laskennassa. Suurella osalla tarkasteltavaa linjausta rata on nykyisellään perustettu maanvaraisesti tai pieneltä osin vaihdetun massan tai paalulaattojen päälle. Ennustetilanteessa ratasuunnitelmassa esitettävät pohjanvahvistusratkaisut on huomioitu.

Seuraavaksi on esitetty etäisyydet, joita lähempänä rataa sovellettava ohjearvon luokka D voi ylittyä tavarajunaliikenteellä.

- Pehmeikköalueilla (tarkastelualueen savi-, ja silttialueet) Luokka D ( $\leq 0,6$  mm/s rms) ohjearvo ylitetään laskennallisesti alle 80 metrin etäisyyksillä radasta.
- Välimaalajien (sisältäen stabiloidut alueet) alueella (tarkastelualueen hietä- ja hiekka-alueet) luokka D ( $\leq 0,6$  mm/s rms) ohjearvo ylitetään laskennallisesti alle 45 metrin etäisyydellä radasta.



- Karkearakeisten maalajien (sisältäen vaihdetun massan varaan perustetut raidealueet) luokka D ( $\leq 0,6$  mm/s rms) ohjearvo ylitetään laskennallisesti alle 30 metrin etäisyyksillä radasta.

Yllä esitettyjä vaikutusalueita voidaan hyödyntää arvioitaessa nykyisen sekä tulevan raiteen tärinävaikutuksia ympäristöön.

Rakennusten vaurioitumisalttius tarkastellaan värähtelyaallon huippuarvon mukaisesti. Pehmeikköalueilla (savi, siltti) vaurioituminen voi laskennallisesti tapahtua alle 45 metrin etäisyydellä radasta. Välimaa-alueilla (hieno hiekka- ja hieta-alueet) laskennallisesti vaurioituminen voi tapahtua alle 20 metrin etäisyyksillä radasta. Karkearakeisilla (karkea hiekka, sora, moreenialueet) vaurioitumisen raja on 15 metriä lähimmästä raiteesta. Kootusti yllä mainitut etäisyydet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3 asumismukavuuden ja vaurioitumisen vyöhykkeiden laajuudet

| Maalaji / pohjanvahvistus              |  |  |      |         | Värähtely-<br>luokka D | Vaurioituminen<br>(V-vyöhyke) |  |
|--|--|--|------|---------|------------------------|-------------------------------|--|
| Tärinäherkkä koheesiomaa               | ljSa   | l.jSi  | Lj   |         | -*                     | -*                            |  |
| Normaali koheesiomaa                   | Sa   | saSi   | Si   |         | 80m                    | 45m                           |  |
| Välimaalajit                           | karkeaSi   | hkSi   | siHk | hienoHk | 45m                    | 20m                           |  |
| Karkearakeinen                         | Hk   | Sr   | HkMr | SrMr    | 30m                    | 15m                           |  |
| Lj = lieju<br>Sa = savi<br>Si = siltti | lj = liejuinen<br>sa = savinen<br>si = silttinen | <i>*maaperälle ei voida perustaa rataa ilman geoteknisiä toimenpiteitä</i> |      |         |                        |                               |  |

## 4.1 Liikennetärinän torjunta

### 4.1.1 Yleiset periaatteet

Pääasiallisesti Liminka-Oulu rataosuus on harvaanasuttua maisemaa, joten yksittäisiä liikennetärinälle altistuvia kohteita ei ole mahdollista suojata. Vastaavasti Limingan ja Kempeleen liikennöintipaikoilla liikennetärinälle laskennallisesti altistuvat kohteet sijoittuvat alueelle, jolla ei olla toteuttamassa parannuksia rataa. Koska ratarakenteeseen ei osoiteta toimenpiteitä, ei liikennepaikoille ole myöskään esitetty ratarakenteeseen liikennetärinään liittyviä toimenpiteitä.

### 4.1.2 Liikennetärinälle altistuvat rakennukset

Nykytilanteessa vaikutusvyöhykkeen D sisälle sijoittuu kokonaisuudessaan 33 asuin- tai lomarakennusta. Suurin osa rakennuksista sijoittuu Limingan ja Kempeleen liikennepaikkojen läheisyyteen. Loput altistuvista rakennuksista ovat yksittäisiä





kohteita Limingan ja Oulun välillä. Vaurioitumisvyöhykkeen (V-alue) sisälle sijoittuu 1 asuinrakennus kohdassa 728+700. Kohteesta ei ole tiedossa olevia huomioita tai mittaustuloksia liikennetärinä liittyen.

Ennustetilanteessa kaksoisraiteen rakentamisen jälkeen vaikutusvyöhykkeen D sisälle sijoittuu 29 asuin- tai lomarakennusta. Vaurioitumisvyöhykkeen sisälle sijoittuu 1 rakennus kohdassa 728+700. Kohteesta ei ole tiedossa olevia huomioita tai mittaustuloksia liikennetärinä liittyen

Suurimmat laskennallisesti altistuvat rakennusryhmät sijoittuvat Limingan liikennepaikan läheisyyteen noin km 728+500 ja vastaavasti Kempeleen liikennepaikalle noin kohtaan km 741+100.

Loput liikennetärinälle laskennallisesti altistuvat kohteet ovat yksittäisiä rakennuksia ratasuunnitelma-alueen varrella.

#### 4.1.3 Liikennetärinän torjunta

Rataosuudelle tullaan toteuttamaan paalulaatalle perustettavaa raidetta uuden kaksoisraiteen, sekä vanhan raiteen perustamiseen liittyen yhteensä noin 1400 ratametriä. Paalulaatan laajuudessa on pyritty huomioimaan liikennetärinälle altistuvat kohteet paalulaattaa vaativien pehmeikköjen läheisyydessä.

Raiteen paalulaattaperustus on tehokas keino vähentää liikennetärinää. Väyläviraston kesällä 2023 teettämässä tutkimuksessa [6] paalulaatan liikennetärinää vaimentava vaikutus todettiin huomattavaksi. Vaimennusvaikutuksen tehokkuus on tutkimuksen perusteella suurin radan läheisyydessä ja pehmeillä maaperillä.

Liminka-Oulu liikennetärinäselvityksessä vähennysvaikutuksen on arvioitu olevan jokaisessa värähtelyn suuntakomponentissa 50%, ja se perustuu edellä mainittuun tutkimukseen sekä aikaisempiin tutkielmiin aiheesta (mm. [7]) Käytännössä raiteiden perustaminen paalulaatalle poistaa liikennetärinäongelman paalulaatalle perustetun radan läheisyydessä.

Taulukko 4 Liikennetärinän vaimennuskohteet

| PL # | Tyyppi                      | Paaluväli       | Pituus [m] |
|------|-----------------------------|-----------------|------------|
| PL1  | Paalulaatta, kumpikin raide | 727+873-728+000 | 127        |
| PL2  | Paalulaatta, kumpikin raide | 730+968-731+046 | 78         |
| PL3  | Paalulaatta, kumpikin raide | 734+272-734+317 | 45         |
| PL4  | Paalulaatta, kumpikin raide | 740+383-740+563 | 180        |
| PL5  | Paalulaatta, kumpikin raide | 744+620-744+835 | 215        |



|      |                             |                 |      |
|------|-----------------------------|-----------------|------|
| PL6  | Paalulaatta, kumpikin raide | 744+888-745+656 | 769  |
| Yht: |                             |                 | 1414 |

Rataosuudelle on aikaisemmin toteutettu ns. tärinäestorakenne välillä km 747+000-747+500. Rakenteen vaikutuksia on tutkittu aiemmissa suunnitteluvaiheissa, joiden yhteydessä vaikutuksen todettiin olevan vaihtelevia. Osassa värähtelyn suuntakomponenteissa vaimenemista tapahtui, mutta myös värähtelyn lievää voimistumista havaittiin. Arviointiepävarmuus liikennöinnin muuttumisen takia ennen ja jälkeen rakentamisen oli kuitenkin huomattava.

Paalulaatalle perustettujen raiteiden läheisyydessä on tulevaisuuden rakennushankkeissa huomioitava runkomelun etenemisen mahdollisuus, mikäli rakennuksia toteutetaan joko suoraan tai paalunvaraisesti kallion tai kovan pohjan varaan.

## 5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Ratasuunnitelmassa nykyisen raiteen viereen toteutetaan uusi raide. Kasvanut välityskyky nostaa liikennetärinä tapahtumien määrää, mutta ei välttämättä vaikuta juurikaan liikennetärinä tapahtuman kokemuksen tuntemukseen. Tapahtumien määriä ei huomioida liikennetärinää arvioitaessa.

Liikennetärinän torjunnassa tavoitearvona oli luokan D ( $v_{w,95} < 0,6$  mm/s) ohjearvon alittaminen. Lisäksi tarkasteltiin vaurioitumisen mahdollisuutta radan läheisyydessä. Varsinaisia viranomaisten antamia raja-arvoja liikennetärinälle ei kuitenkaan ole olemassa.

Suunnitelma-alueen liikennetärinän riskialueelle sijoittuvat rakennukset ovat joko yksittäisiä rakennuksia liikennöintipaikkojen ulkopuolella tai pientalojen asukaskeskittymiä Limingan ja Kempeleen liikennöintipaikkojen läheisyydessä.

Liikennepaikoilla määrätään ei olla esittämässä toimenpiteitä, mistä syystä myöskään liikennetärinän torjuntaa ei olla esittämässä liikennepaikoille. Vastaavasti yksittäisiä kohteita Liminka-Oulu välillä ei ole mahdollista suojata. Yksittäisen kohteen suojaamisen kustannukset paalulaatalla ylittävät pääsääntöisesti suojattavan kohteen rahallisen arvon.

Ratasuunnitelman alueelle on esitetty paalulaattaperustusta noin 1400 ratametriä, joista osa parantaa alueen liikennetärinätilannetta. Paalulaattaperustusta on osittain laajennettu siten, että suojausvaikutus on laajentunut asuinalueiden kohdalla.

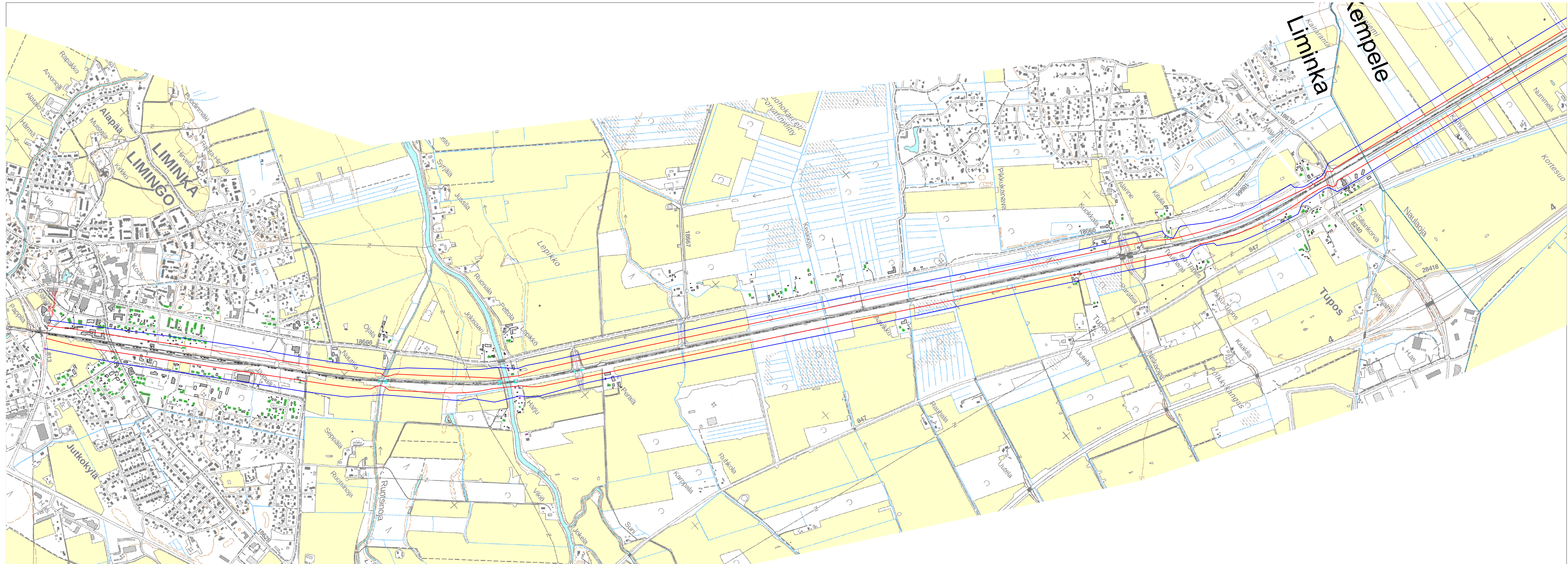
Tulevaisuuden rakennushankkeissa paalulaatalle perustettujen raiteiden läheisyydessä on huomioitava runkomelun riski, mikäli suunniteltavat rakennukset toteutetaan joko suoraan tai paaluperustettuina kovan pohjan tai kallion varaan.



## 6 Lähteet

- [1] Väylävirasto, 2021. Ratatekniset ohjeet (RATO) Osa 20: Ympäristö ja rautatiealueet. Väylävirasto.
- [2] Liikennevirasto, 2018, Ratatekniset ohjeet (RATO) Osa 3: Radan rakenne. Liikennevirasto.
- [3] Talja, Asko. 2004. VTT tiedotteita 2278: Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT.
- [4] Talja & Törnqvist, 2014. VTT tutkimusraportti 04703-14: Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius. VTT.
- [5] Talja & Saarinen, 2014. VTT tiedotteita 2468: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. VTT.
- [6] Taina, Vähäkuopus & Punnonen, 2024. Paalulaatta tärinän torjunnassa: Vaimennus- ja alusrakenteena. Väyläviraston julkaisu 79/2024.
- [7] Talja ym., 2009. VTT tutkimusraportti VTT-R-00963-09: Tärinäesteet liikennetärinän vaimentamisessa. VTT.

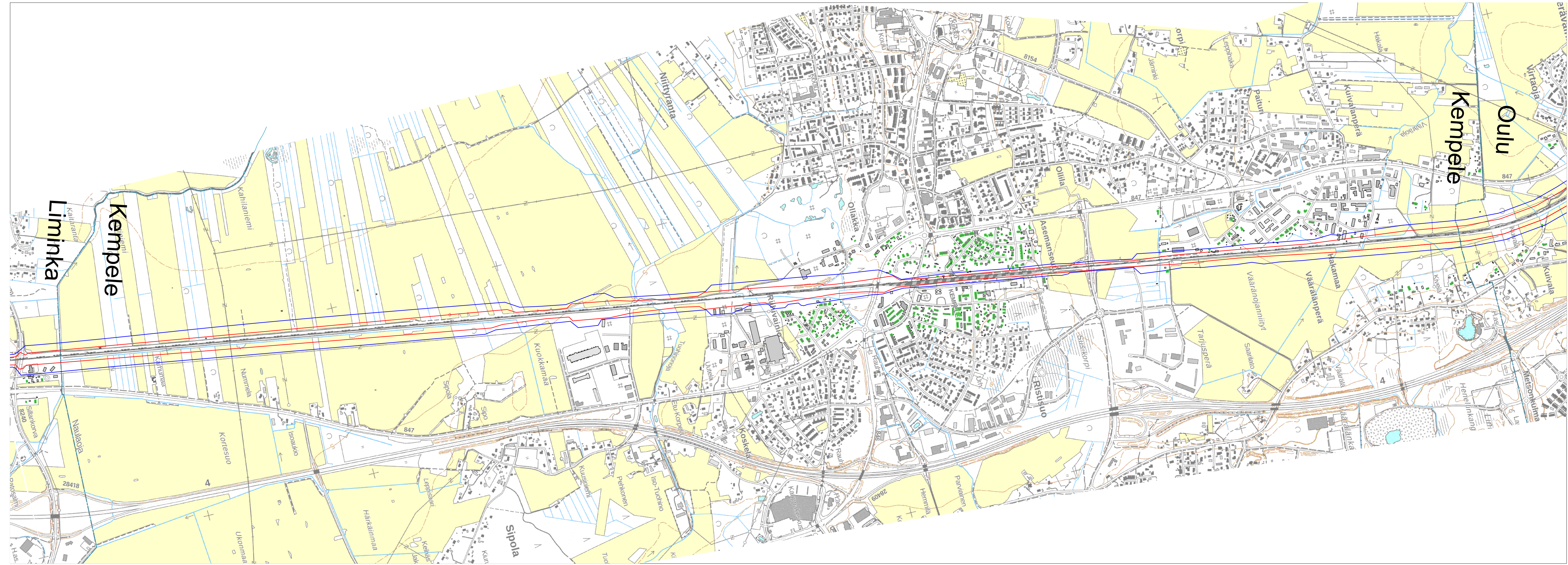




— 0,6 mm/s D-luokan laskennallinen vaikutusalue  
 — vaurioitumisalttiuden riskialue (V-alue)

□ asuinrakennus  
 □ lomarakennus  
 □ muu rakennus  
 □ nykyiset paalulaatat

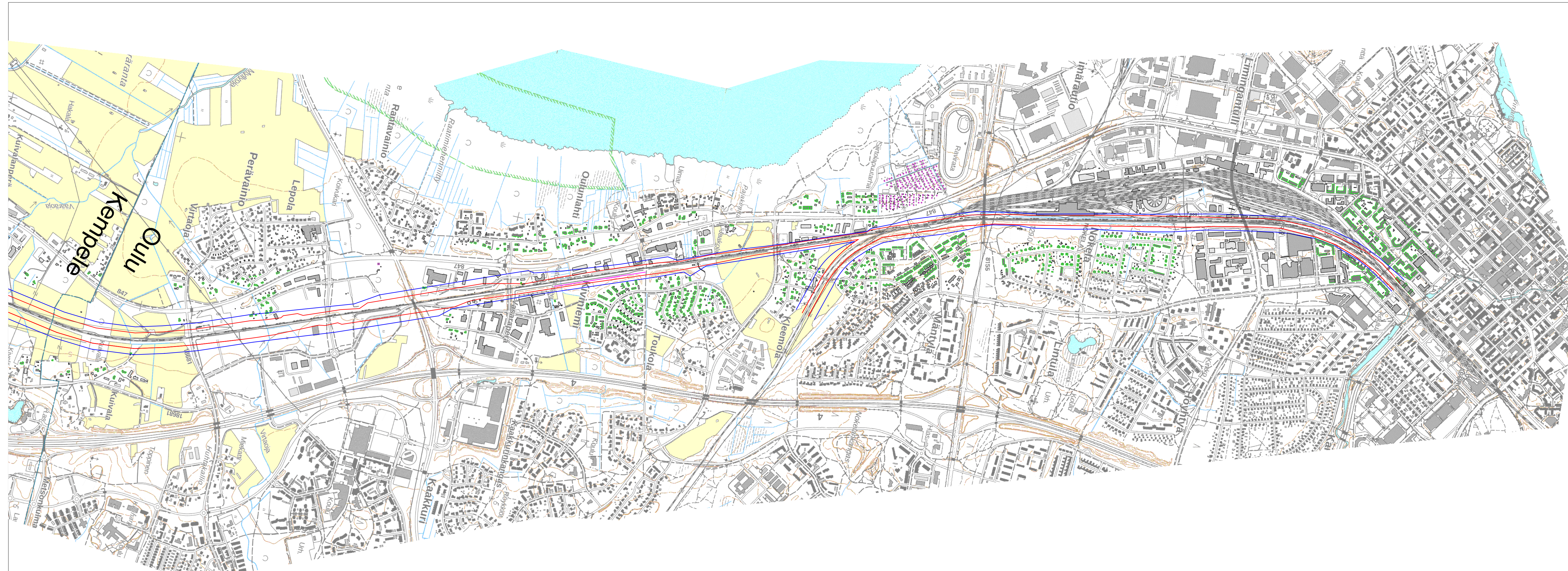
| Muut.      | Selitys   | Pvm   | Tehnyt | Pvm         | Hyv.   |
|------------|---|---|--------|-------------|--------|
| Tilaaaja   |   | Hanke tai rataosa   |        |             |        |
|            |   | <b>RATAHANKE TAMPERE–OULU</b><br><b>Kaksoisraiteen ratasuunnitelma</b><br><b>Rataosuus Liminka–Oulu</b> |        |             |        |
| Toimittaja |    | Suunnitteluvaihe  |        |             |        |
|            |   | <b>Ratasuunnitelma</b><br>Piirustuksen sisältö  |        |             |        |
|            |   | Liikennetärinävaikutukset   |        |             |        |
|            |   | Liminka-Oulu rataosan nykyinen- ja ennustetilanne   |        |             |        |
| Piirt.     | 31.5.2024   | Vesa Vähäkuopus   |        |             |        |
| Suunn.     | 31.5.2024   | Vesa Vähäkuopus   |        |             |        |
| Tark.      | 31.5.2024   | Anne Kangasaho / Pekka Taina  |        |             |        |
| Hyv.       | 31.5.2024   | Anne Kangasaho / Pekka Taina  |        |             |        |
| Tarkastaja |    | Mittakaava  |        | 1:12000     |        |
|            |   | Koordinaatti- ja korkeusjärj.   |        | GK26/N2000  |        |
|            |   | Rataosan nro  |        | 008         |        |
| Tark.      | 31.5.2024   | Xxx Xxx / Welado  | Paikka | Laji        | Numero |
| Hyv.       | 31.5.2024   | Xxx Xxx / Väylävirasto  | 3600   | 73          | XXXX   |
|            |   |   |        | Muut. Lehti | Lehtiä |
|            |   |   |        | 1           | 6      |



— 0,6 mm/s D-luokan laskennallinen vaikutusalue  
 — vaurioitumisalttiuden riskialue (V-alue)

□ asuinrakennus  
 □ lomarakennus  
 □ muu rakennus  
 □ nykyiset paalulaatat

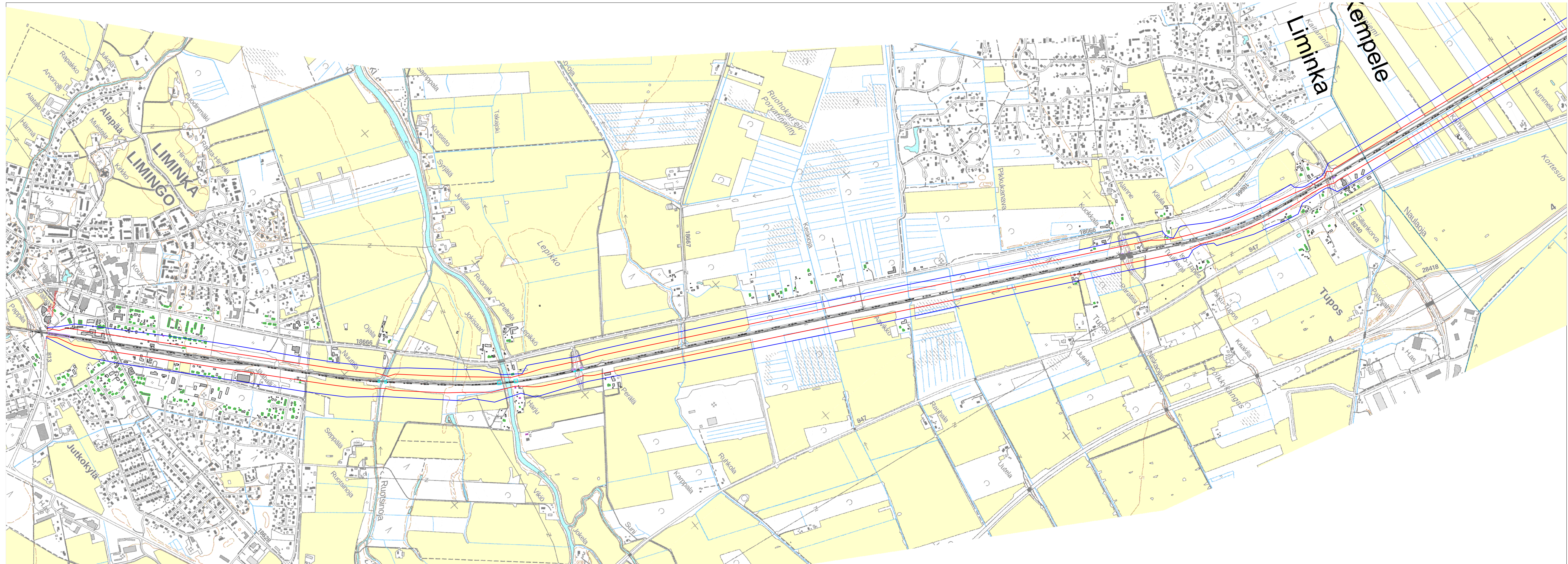
| Muut.      | Selitys   | Pvm   | Tehnyt | Pvm        | Hyv.   |
|------------|---|---|--------|------------|--------|
| Tilaaaja   |   | Hanke tai rataosa   |        |            |        |
|            |   | <b>RATAHANKE TAMPERE–OULU</b><br><b>Kaksoisraiteen ratasuunnitelma</b><br><b>Rataosuus Liminka–Oulu</b> |        |            |        |
| Toimittaja |    | Suunnitteluvaihe  |        |            |        |
|            |   | <b>Ratasuunnitelma</b><br>Piirustuksen sisältö  |        |            |        |
|            |   | Liikennetärinävaikutukset   |        |            |        |
|            |   | Liminka-Oulu rataosan nykyinen- ja ennustetilanne   |        |            |        |
| Piirt.     | 31.5.2024   | Vesa Vähäkuopus   |        |            |        |
| Suunn.     | 31.5.2024   | Vesa Vähäkuopus   |        |            |        |
| Tark.      | 31.5.2024   | Anne Kangasaho / Pekka Taina  |        |            |        |
| Hyv.       | 31.5.2024   | Anne Kangasaho / Pekka Taina  |        |            |        |
| Tarkastaja |    | Mittakaava  |        | 1:12000    |        |
|            |   | Koordinaatti- ja korkeusjärj.   |        | GK26/N2000 |        |
|            |   | Rataosan nro  |        | 008        |        |
| Tark.      | 31.5.2024   | Xxx Xxx / Welado  | Paikka | Laji       | Numero |
| Hyv.       | 31.5.2024   | Xxx Xxx / Väylävirasto  | 3600   | 73         | XXXX   |
|            |   |   | Muut.  | Lehti      | Lehtiä |
|            |   |   | -      | 2          | 6      |



— 0,6 mm/s D-luokan laskennallinen vaikutusalue  
 — vaurioitumisalttiuden riskialue (V-alue)

- asuinrakennus
- lomarakennus
- muu rakennus
- nykyiset paalulaatat

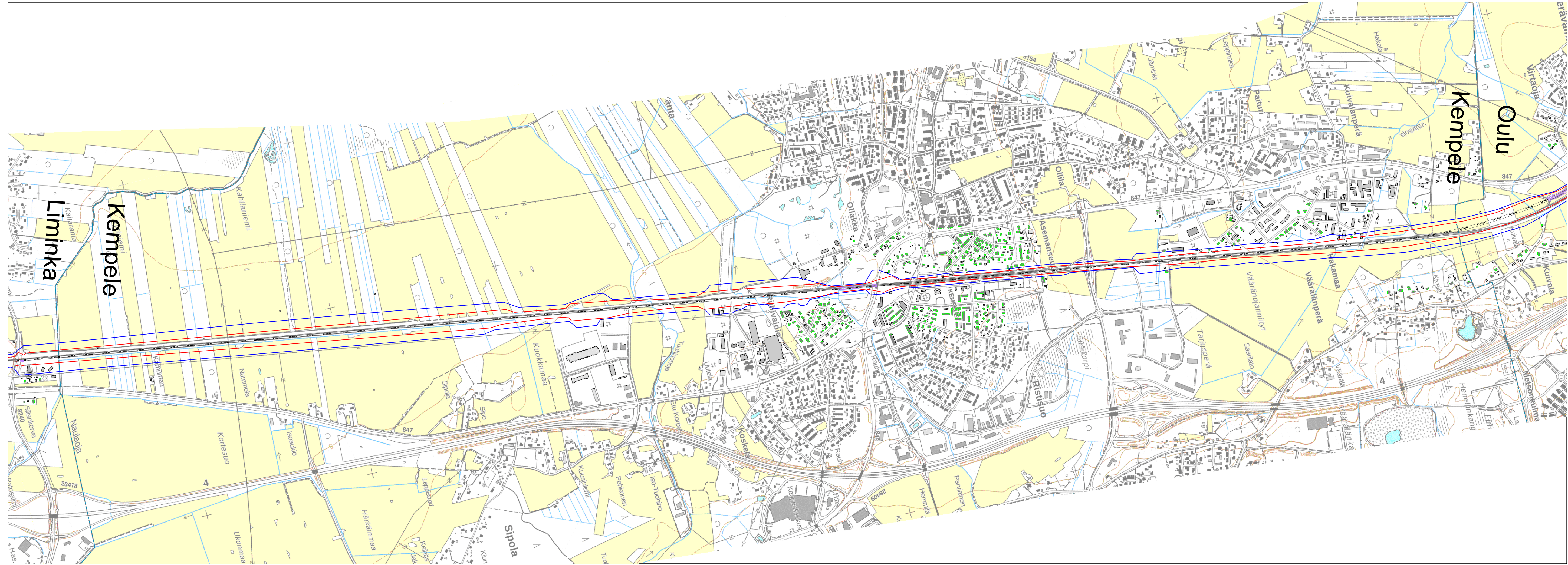
|            |   |   |            |      |        |       |       |        |
|------------|---|---|------------|------|--------|-------|-------|--------|
| Muut.      | Selitys   | Pvm   | Tehnyt     | Pvm  | Hyv.   |       |       |        |
| Tilaaja    |   | Hanke tai rataosa<br><b>RATAHANKE TAMPERE–OULU</b><br>Kaksoisraiteen ratasuunnitelma<br>Rataosuus Liminka–Oulu  |            |      |        |       |       |        |
| Toimittaja |    | Suunnitteluvaihe<br><b>Ratasuunnitelma</b><br>Piirustuksen sisältö<br>Liikennetärinävaikutukset<br>Liminka-Oulu rataosan nykyinen- ja<br>ennustetilanne |            |      |        |       |       |        |
| Piirt.     | 31.5.2024   | Vesa Vähäkuopus   |            |      |        |       |       |        |
| Suunn.     | 31.5.2024   | Vesa Vähäkuopus   |            |      |        |       |       |        |
| Tark.      | 31.5.2024   | Anne Kangasaho / Pekka Taina  |            |      |        |       |       |        |
| Hyv.       | 31.5.2024   | Anne Kangasaho / Pekka Taina  |            |      |        |       |       |        |
| Tarkastaja |    | Mittakaava  | 1:12000    |      |        |       |       |        |
|            |   | Koordinaati- ja korkeusjärj.  | GK26/N2000 |      |        |       |       |        |
|            |   | Rataosan nro  | 008        |      |        |       |       |        |
| Tark.      | 31.5.2024   | Xxx Xxx / Welado  | Paikka     | Laji | Numero | Muut. | Lehti | Lehtiä |
| Hyv.       | 31.5.2024   | Xxx Xxx / Väylävirasto  | 3600       | 73   | XXXX   | -     | 3     | 6      |



— 0,6 mm/s D-luokan laskennallinen vaikutusalue  
 — vaurioitumisalttiuden riskialue

- asuinrakennus
- lomarakennus
- muu rakennus
- nykyiset paalulaatat
- uudet paalulaatat

| Muut.   | Selitys   | Pvm   | Tehnyt | Pvm   | Hyv.   |       |       |        |
|---|-----------|---|--------|---|--------|-------|-------|--------|
|   |           | Hanke tai rataosa<br><b>RATAHANKE TAMPERE–OULU</b><br>Kaksoisraiteen ratasuunnitelma<br>Rataosuus Liminka–Oulu  |        |   |        |       |       |        |
|    |           | Suunnitteluvaihe<br><b>Ratasuunnitelma</b><br>Piirustuksen sisältö<br>Liikennetärinävaikutukset<br>Liminka-Oulu rataosan nykyinen- ja<br>ennustetilanne |        |   |        |       |       |        |
| Piirt.  | 31.5.2024 | Vesa Vähäkuopus   |        |   |        |       |       |        |
| Suunn.  | 31.5.2024 | Vesa Vähäkuopus   |        |   |        |       |       |        |
| Tark.   | 31.5.2024 | Anne Kangasaho / Pekka Taina  |        |   |        |       |       |        |
| Hyv.  | 31.5.2024 | Anne Kangasaho / Pekka Taina  |        |   |        |       |       |        |
| Tarkastaja<br>   |           | Mittakaava<br>1:12000   |        | Koordinaatti- ja korkeusjärj. Rataosan nro<br>GK26/N2000<br>008 |        |       |       |        |
| Tark.   | 31.5.2024 | Xxx Xxx / Welado  | Paikka | Laji  | Numero | Muut. | Lehti | Lehtiä |
| Hyv.  | 31.5.2024 | Xxx Xxx / Väylävirasto  | 3600   | 73  | XXXX   | -     | 4     | 6      |

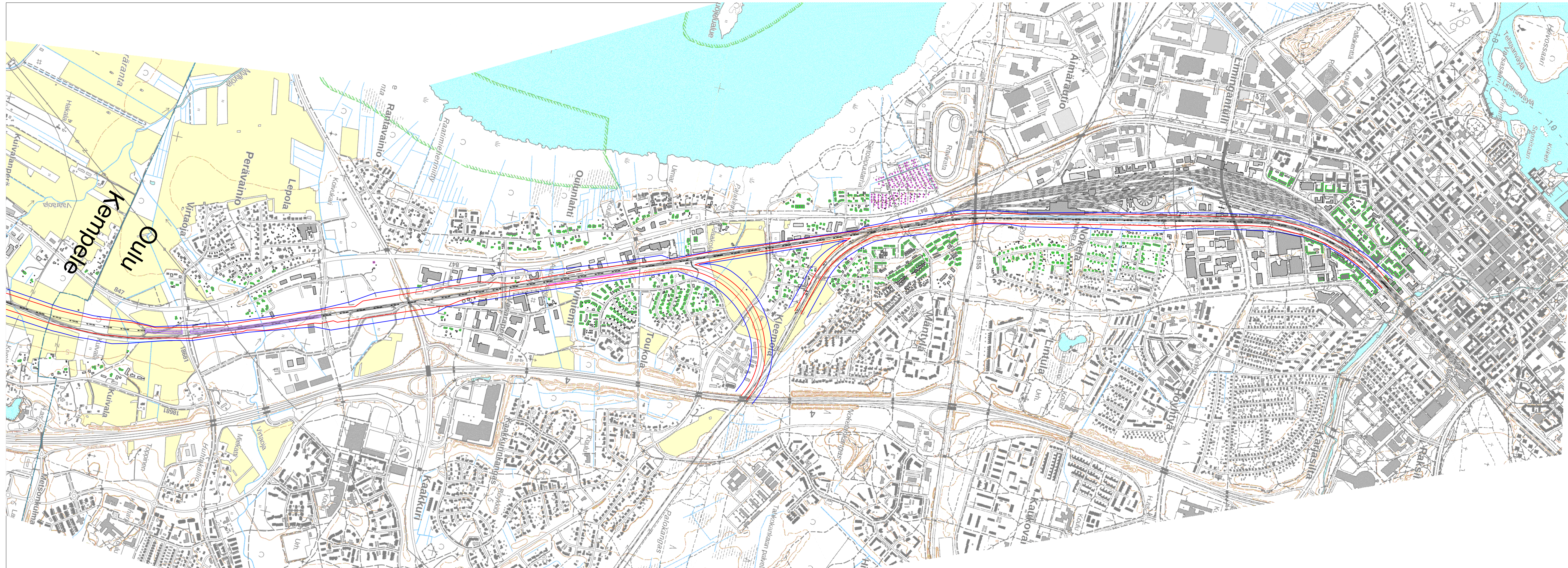


— 0,6 mm/s D-luokan laskennallinen vaikutusalue  
 — vaurioitumisalttiuden riskialue

□ asuinrakennus  
 □ lomarakennus  
 □ muu rakennus  
 □ nykyiset paalulaatat  
 □ uudet paalulaatat

| Muut.   | Selitys   | Pvm   | Tehnyt | Pvm                           | Hyv.       |
|---|-----------|---|--------|-------------------------------|------------|
|   |           | Hanke tai rataosa<br><b>RATAHANKE TAMPERE–OULU</b><br>Kaksoisraiteen ratasuunnitelma<br>Rataosuus Liminka–Oulu  |        |                               |            |
|    |           | Suunnitteluvaihe<br><b>Ratasuunnitelma</b><br>Piirustuksen sisältö<br>Liikennetärinävaikutukset<br>Liminka-Oulu rataosan nykyinen- ja<br>ennustetilanne |        |                               |            |
| Piirt.  | 31.5.2024 | Vesa Vähäkuopus   |        |                               |            |
| Suunn.  | 31.5.2024 | Vesa Vähäkuopus   |        |                               |            |
| Tark.   | 31.5.2024 | Anne Kangasaho / Pekka Taina  |        |                               |            |
| Hyv.  | 31.5.2024 | Anne Kangasaho / Pekka Taina  |        |                               |            |
| Tarkastaja  |           |    |        | Mittakaava                    | 1:12000    |
|   |           |   |        | Koordinaati- ja korkeus järj. | GK26/N2000 |
|   |           |   |        | Rataosan nro                  | 008        |
| Tark.   | 31.5.2024 | Xxx Xxx / Welado  | Paikka | Laji                          | Numero     |
| Hyv.  | 31.5.2024 | Xxx Xxx / Väylävirasto  | 3600   | 73                            | XXXX       |
|   |           |   | Muut.  | Lehti                         | Lehtiä     |
|   |           |   |        | 5                             | 6          |





— 0,6 mm/s D-luokan laskennallinen vaikutusalue  
 — vaurioitumisalttiuden riskialue

- asuinrakennus
- lomarakennus
- muu rakennus
- nykyiset paalulaatat
- uudet paalulaatat

| Muut.   | Seitys    | Pvm  | Tehnyt | Pvm                           | Hyv.       |
|---|-----------|--|--------|-------------------------------|------------|
|   |           | Hanke tai rataosa<br><b>RATAHANKE TAMPERE–OULU</b><br><b>Kaksoisraiteen ratasuunnitelma</b><br><b>Rataosuus Liminka–Oulu</b>   |        |                               |            |
|    |           | Suunnitteluvaihe<br><b>Ratasuunnitelma</b><br>Piirustuksen sisältö<br><b>Liikennetärinävaikutukset</b><br><b>Liminka-Oulu rataosan nykyinen- ja</b><br><b>ennustetilanne</b> |        |                               |            |
| Piirt.  | 31.5.2024 | Vesa Vähäkuopus  |        |                               |            |
| Suunn.  | 31.5.2024 | Vesa Vähäkuopus  |        |                               |            |
| Tark.   | 31.5.2024 | Anne Kangasaho / Pekka Taina   |        |                               |            |
| Hyv.  | 31.5.2024 | Anne Kangasaho / Pekka Taina   |        |                               |            |
| Tarkastaja  |           |   |        | Mittakaava                    | 1:12000    |
|   |           |  |        | Koordinaatti- ja korkeusjärj. | GK26/N2000 |
|   |           |  |        | Rataosan nro                  | 008        |
| Tark.   | 31.5.2024 | Xxx Xxx / Welado   | Paikka | Laji                          | Numero     |
| Hyv.  | 31.5.2024 | Xxx Xxx / Väylävirasto   | 3600   | 73                            | XXXX       |
|   |           |  |        | Muut. Lehti                   | Lehtiä     |
|   |           |  |        | -                             | 6   6      |