

Viinikanlahden asemakaava nro 8755

Tärinäselvitys



Päiväys	17.3.2022
Tekijä	Vesa Vähäkuopus
Tarkastaja	Pekka Taina & Tiina Kumpula
Projektinnumero	YKK66762

Sisällys

1	Lähtökohdat.....	1
1.1	Johdanto	1
1.2	Suunnittelualue.....	1
1.3	Pohjasuhteet	2
1.4	Värähtelyn lähteet.....	2
2	Laskentaperusteet ja ohjearvot	3
2.1	Liikennetärinän ja runkomelun synty	3
2.2	Tärinä ja asumismukavuus	4
2.3	Rakenteiden vaurioitumisalttius	5
2.4	Runkomelu.....	6
3	Tärinämittaukset	6
4	Tulokset ja niiden käsittely	8
4.1	Asumismukavuus	8
4.2	Rakenteiden vaurioitumisalttius	10
4.3	Värähtelyn siirtyminen rakennukseen ja voimistuminen.....	11
4.4	Runkomelu.....	12
5	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	14
5.1	Liikennetärinä.....	14
5.2	Runkomelu.....	14
5.3	Suositukset kaavamääräyksiksi	15
6	Lähteet ja kirjallisuus	15

Kansikuva: Ilmakuva Viinikanlahdesta, maanmittauslaitos. 2022.



1 Lähtökohdat

1.1 Johdanto

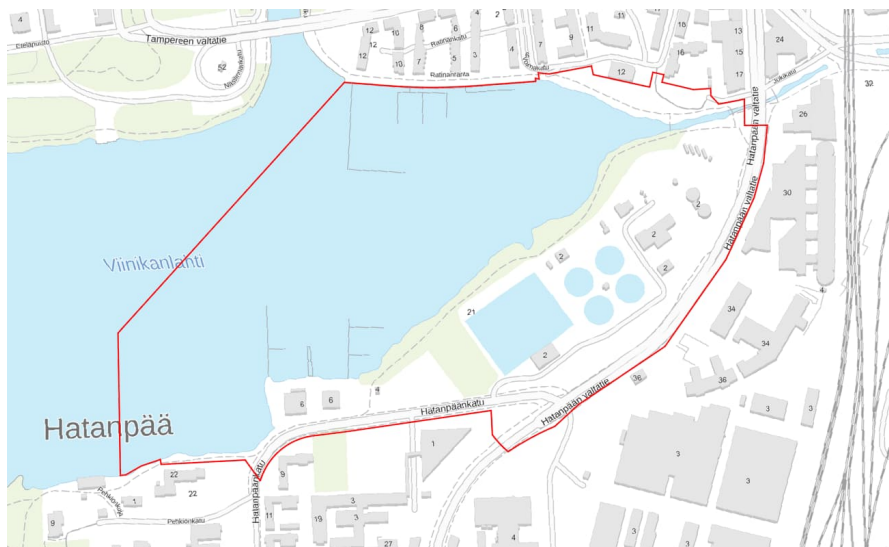
Tampereen kaupungin omistamalla, Viinikanlahden rannalle sijoittuvalle, maa-alueella on käynnissä asemakaavan muutostyö (Viinikanlahden asemakaava 8755). Kaupungin jätevedenpuhdistamo siirtyy 2020-luvulla Viinikanlahdesta Sulkavuoreen, minkä jälkeen Viinikanlahden eteläranta vapautuu keskustan laajentumisalueeksi. Asemakaavan tavoitteena on luoda asuinalue noin 3000 asukkaalle kaava-alueen kerrosalatavoitteen ollessa 150 000 k-m².

Tässä selvityksessä on arvioitu maaliikenteen tuottamaa tärinä- ja runkomeluriskiä kaavan suunnittelualueella perustuen mittauksiin ja laskennalliseen arvioon.

Työn tilaajana on Tampereen kaupunki, jossa yhteyshenkilönä on toiminut ympäristöasiantuntija Antonia Sucksdorff-Selkämaa. Selvityksen on laatinut Sitowise Oy, jossa vastuusuunnittelijana on toiminut Ins. AMK Vesa Vähäkuopus ja laadunvarmistajana DI, FISE aa-luokan tärinäasiantuntija Pekka Taina. Projekti-päällikkönä on toiminut B. Env. Man, Ins. AMK, FISE t-luokan akustiikkasuunnittelija Tiina Kumpula.

1.2 Suunnittelualue

Viinikanlahden asemakaava-alueen rajaus on muuttumassa vuonna 2019 valmistuneesta osallistumis- ja arviointisuunnitelmasta. Asemakaava-alueen rajaus tulee mukailemaan vuonna 2021 laadittua Viinikanlahden yleissuunnitelmaluonnosta. Yleissuunnitelmaluonnoksen likimääräinen rajaus on esitetty kuvassa 1.



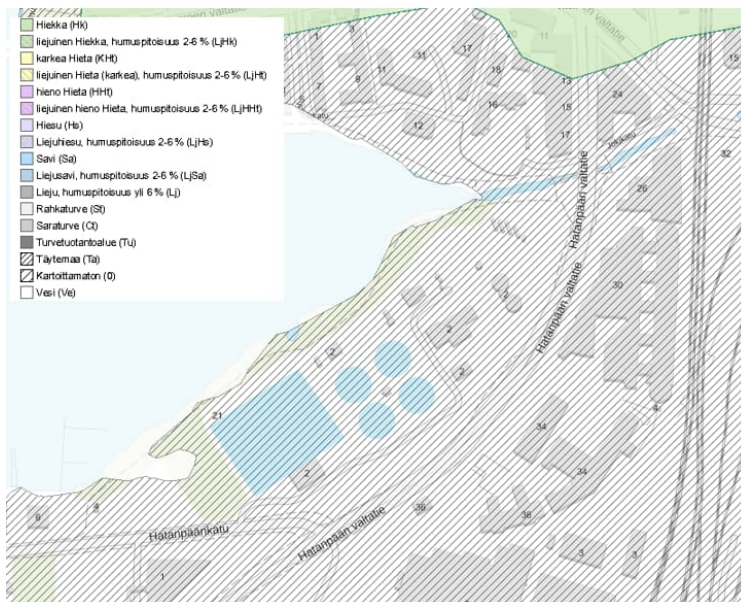
Kuva 1. Suunnittelualueen likimääräinen sijainti. Tampereen kaupunki.



1.3 Pohjasuhteet

Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartojen mukaan tarkasteltavan alueen maaperä on kartoittamatonta. Alueen pohjasuhteita on kuitenkin kuvattu kattavasti asemakaavatyöhön liittyvässä geoteknisessä rakennettavuusselvityksessä (Pöyry, 2019). Selvityksessä alueen maaperää kuvataan useassa eri vaiheessa tehdyksi hyvin tiivistyneeksi täyttömaaksi, minkä paksuus vaihtelee 2-10 metrin välillä. Täyttöjen alla oleva varsinainen alkuperäinen pohjamaa on selvityksen mukaan pääosin silttiä ja täytön alle jääneitä järvenpohjan sedimenttejä. Niin ikään selvityksessä todetaan, että suunnittelualueen rakennuksia ei voida perustaa tuntemattoman täyttömaan varaan vaan ne tullaan todennäköisesti perustamaan paalunvaraisesti. Keskimääräisen paalunpituuden ollessa 10...15 metriä. Maaperän värähtelyyn liittyvät ominaisuudet eivät ole edellä mainitun yleiskuvauksen perusteella arvioitavissa.

Kuvassa 2 on esitetty kartoittamattoman maaperäalueen suuruus. Suunnittelualueen osuus on miltei kokonaan täyttömaata.



Kuva 2. Alueen maaperä 1m syvyydellä (pohjamaalaji). Geologian tutkimuskeskus.

1.4 Värähtelyn lähteet

Suunnittelualueelle vaikuttava suurin tunnistettu maaliikenteen värähtelyn lähde on oletettavasti Helsinki-Tampere päärata ja siihen liittyvä Viinikan järjestelyratapiha. Tarkasteltava alue sijoittuu ratakilometrien 186 ja 187 väliin, Viinikan järjestelyratapihan ja Tampereen rautatieaseman välille. Pääradan liikenne on erittäin vilkasta ja monimuotoista. Eri junatyyppien ohituksia suunnittelualueen kohdalla tapahtuu vähintään 100 kappaletta vuorokaudessa. Nopeusrajoitus suunnittelualueen kohdalla on 80 km/h tunnissa henkilö- ja tavaraliikenteelle. Radan lähin etäisyys suunnittelualueelle on noin 120 metriä ja



Viinikanlahden yleissuunnitelmaluonnoksen (21.5.2021) mukaan lähimpiin taloihin noin 200 metriä. Rautatieliikenteen aiheuttama värähtely sijoittuu yleensä liikennetärinän ja mahdollisesti myös runkomelun taajuusalueille.

Pääradan lisäksi Tampereen raitiotien seudullisen yleissuunnitelman mukaan Tampereen ratikka voisi kulkea suunnittelualueen läpi Hatanpään valtatieä pitkin Pirkkalaan. Yleissuunnitelmassa tämän Koilliskeskus-Pirkkala raitiotieosueiden rakentamisvuosiksi on arvioitu 2025-2028. Tampereen ratikan etäisyys esitetyllä linjauksella lähimpiin rakennuksiin olisi noin 30-40 metriä ja sen nopeudeksi yleissuunnitelmassa on esitetty 40 km/h suunnittelualueen kohdalle. Tyypillisellä tavalla perustettu raitiotie ei yleensä kykene aiheuttamaan sellaisia maaperän värähtelytasoja, että se ylittäisi nykyisin asuntorakentamiselle asetettuja tärinävaatimuksia, mutta ilman torjuntatoimenpiteitä se voi mahdollisesti aiheuttaa asunnoissa havaittavaa runkomelua.

Tampereen ratikan tärinä- ja runkomelumittauksissa (Afry, 2021) on tutkittu Tampereen ratikan ensimmäisen vaiheen linjojen aiheuttamia värähtelyvaikutuksia kaupunkiympäristössä.

Edellä mainittujen mittauksien aikana rakennuksiin kiinnitetyillä mittalaitteilla ei havaittu asumismukavuutta tai rakenteiden vaurioitumista aiheuttavaa tärinää missään mittauspisteessä. Mittauksia suoritettiin sepeliradan ja kiintoraidelaitan osuuksilla mittauspisteiden ollessa lähimmillään noin 20 metrin etäisyydellä raidasta. Viinikanlahdella rakennukset tulevat puolestaan olemaan lähimmillään noin 30 metrin etäisyydellä radasta.

Runkomelun osalta ensimmäiseen vaiheen mittauksissa ei tarkasteltu tilanetta, missä rata ja rakennus olisivat joko suorassa tai paalujen kautta kallion kautta yhteydessä toisiinsa. Tilanne voi olla mahdollinen Viinikanlahdella.

Edellä mainittujen pääasiallisten värähtelylähteiden lisäksi tiiviissä kaupunkimaisemassa rakennuksiin voi vaikuttaa myös kumipyöräliikenteen väylille muodostuneet suuret epätasaisuudet tai hidastetöyssyt. Nämä voidaan havaita mitaustuloksista impulssimaisina satunnaisina mitaustuloksina.

2 Laskentaperusteet ja ohjearvot

2.1 Liikennetärinän ja runkomelun synty

Liikennetärinä koetun ilmiön aiheuttaa liikenneväylän epätasaisuus tai väylän pintaan kulkuneuvosta aiheutuvat muodonmuutokset. Liikennöintivälineen, liikennöintiväylän ja liikennöintiväylän alla olevan maaperän vuorovaikutuksessa maaperä joutuu värähtelytilaan, jonka ilmenemisen ihminen havaitsee tarkastelupisteessä liikennetärinä tai runkomeluna. Liikennetärinästä puhutaan, kun tärinää aiheuttavan värähtelyn taajuustaso sijoittuu pääosin ihmisen kuulokynnyksen alapuolelle. Tällöin ihminen aistii ilmiön joko rakennuksen tai rakenteiden pienenä epämukavana liikkeenä eli liikennetärinä.



Liikennetärinähaitat ovat tyypillisiä pehmeikköalueiden ongelmia ja niitä voidaan tarkastella joko asumismukavuuden tai rakenteiden kestävyuden kannalta. Tyypillisesti liikennetärinän vaikutukset rajoittuvat asumismukavuuden heikentymiseen. Tarkasteltavana suurena toimii asumismukavuuden osalta värähtelyn tehollisarvo ja sen tilastollinen esitys $v_{w,95}$.

Runkomelulla puolestaan tarkoitetaan suuremmilla taajuuksilla tapahtuvaa värähtelyä, joka rakennukseen siirryttyään säteilee huoneiden pinnoista ihmisen kuultavissa olevana meluna. Kummankin ilmiön syntytaapa ja siirtyminen maaperässä on siis samankaltainen. Runkomelun osalta tarkasteltava suure L_{ASmax} on A-painotettu enimmäisäänitaso slow-aikavakiolla tai sen tilastollinen arvo L_{prm} .

Liikennetärinän ja runkomelun arviointiin hyödynnetään ja vaatimuksien ja ohjearvojen perusteena käytetään yleisesti VTT:n ohjeistuksia, jotka ovat yhdenmukaisia "Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä, 2018" ohjeen kanssa. Ohje perustuu Ympäristöministeriön asetukseen 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä.

2.2 Tärinä ja asumismukavuus

Julkaisussa *Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius* esitetään kolme eri tarkastelutasoa käytettäväksi eri olosuhteissa:

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

Asumismukavuuden osalta tämä tärinäselvitys on laadittu 2. tarkastelutason mukaisesti. Lisäksi värähtelyn siirtymistä rakennuksiin ja vahvistumista on arvioitu tarkastelutason 3. mukaisesti.

Tärinän asumismukavuuden häiritsevyyden arviointiin käytetään VTT:n julkaisussa "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" esitettyä rakennusten värähtelyluokitusta, mikä on esitetty taulukossa 1. Ohjeessa rakennuksen ääniympäristöstä esitetyt asuntojen, majoitus- ja potilashuoneiden tärinän ohjearvot vastaavat VTT esittämää luokkaa C.



Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta.

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 värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä)	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla (Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,60$

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

$v_{w,95} = 15$ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo + $1,8 \times$ tapahtumien keskihajonta.

Taulukoituja tunnuslukuja sovelletaan asuinrakennuksille.

2.3 Rakenteiden vaurioitumisalttius

Tärinän vaikutusta suunnittelualueen rakenteeseen ja niiden kestävyden voidaan arvioida VTT:n tutkimusraportin "Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius" mukaisesti. Tutkimusraportin mukaiset tärinäalueiden rajat ja kuvaukset on esitetty taulukossa 2.

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



Vaurioitumisalttiuden tarkastelusuurena on suurimman värähtelytapahtuman aiheuttaman tärinääallon heilahdusnopeuden huippuarvo V_{max} . Tilastollista tarkastelua ei suoriteta.

2.4 Runkomelu

Suunnittelualan tulevien rakennuksien mahdollisesti havaittavia runkomelutasoja on arvioitu VTT:n tiedotteessa "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" esitetyllä laskennallisella menetelmällä, jossa huomioidaan mm. etäisyys, liikennevälinekalusto, ajonopeus, ja väylän kunto.

Taulukossa 3 on esitetty VTT esiselvityksessä *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi* annetut ohjearvot runkomelusta eri tapauksissa. Ohjeessa rakennuksen ääniympäristöstä esitetyt asuntojen, majoitus- ja potilashuoneiden runkomelun ohjearvot vastaavat VTT esittämiä arvoja.

Taulukko 3. Runkomelulle sallitut tilastolliset enimmäisäänitasot.

Rakennustyyppi	L_{prm} [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttisalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat, potilashuoneet, majoitustilat päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettavat huoneet	30/35 ²
Kokoontumis- ja opetustilat, luokahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huone- tilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänen- toistolaitteiden käyttöä, muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45 ²

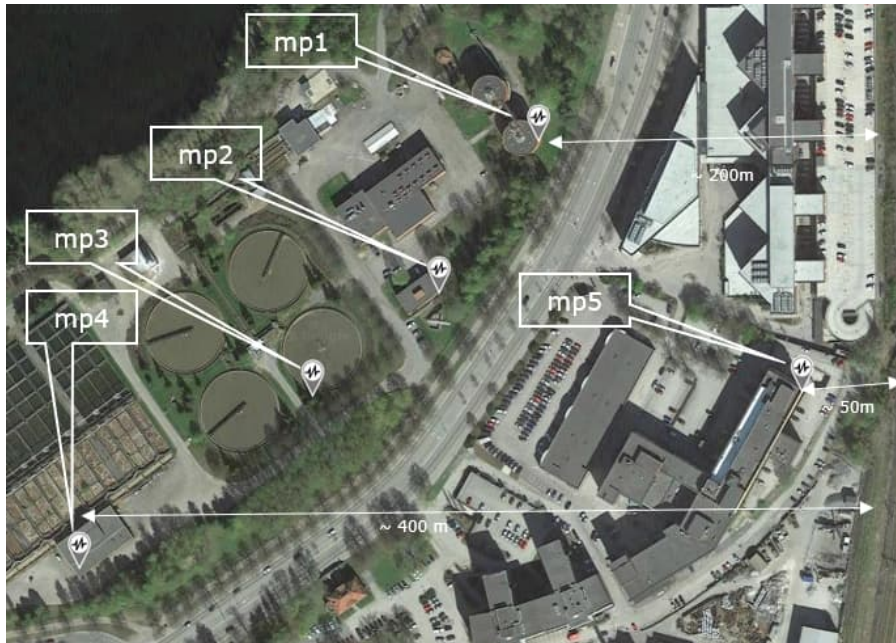
² Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmastoineristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutasojen tiukempaa raja-arvoa.

3 Tärinämittaukset

Alueella toteutettiin tärinämittaukset viidessä pisteessä aikavälillä 25.01.2022-02.02.2022. Tärinämittauksen toteutti Sitowise Oy:n alikonsulttina Forcit Consulting Oy. Neljä mittauspistettä sijoitettiin kaavan suunnittelualueelle, nykyisen jätevedenpuhdistamon alueelle, ja yksi mittauspiste pääradan läheisyyteen.

Mittareiden sijoittelu tarkastelualueelle toteutettiin kuvassa 3 ja taulukossa 2 esitetyllä tavalla.





Kuva 3. Mittauspisteet alueella.

Mittaukset toteutettiin miehittämättömänä mittauksena VTT:n ohjeen "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta, VTT, 2005" mukaisesti. Tärinämittareiden tyyppinä olivat kolmiaksaalisesti mittaavat geofonit, jotka sijoitettiin kaavan suunnittelualueella tällä hetkellä sijaitsevien rakenteiden perustuksiin pulttikiinnityksellä.

Mittareiden rekisteröintikynnys on 0,04 mm/s tehollisarvo ISO 2631-2 standardin mukaisesti taajuuspainotettuna. Maaperä oli mittausajankotana roudassa Pirkanmaan alueella noin 20-30 cm syvyyteen asti perustuen Ympäristöhallinnon verkkopalveluun.

Taulukko 4. Mittauspisteet alueella.

Mittauspiste	Lähin osoite	x,y [TM35]
mp1	Hatanpään valtatie 19	328045, 6821492
mp2	Hatanpään valtatie 32	327987, 6821415
mp3	Hatanpään valtatie 21	327914, 6821366
mp4	Hatanpään valtatie 23	327781, 6821275
mp5	Hatanpään valtatie 30	328184, 6821364

Tuloksista valittiin edustaviksi 15 merkittävintä tapahtumaa mittauspistekohtaisesti. Tämän jälkeen suoritettiin tunnuslukujen määrittäminen. Mittareiden asennus ja purkuhetkellä alueella ei huomattu mittaustulosten luotettavuuteen vaikuttavia tapahtumia. Muuten mittausta ei mittausaikavälillä valvottu tai tarkkailtu tuloksia aiheuttavaa liikennettä.

Kuvassa 4 on esitetty esimerkinomaisesti mittauskaluston kiinnitys mittauspisteessä mp4. Kalusto ja kiinnitystapa oli vastaava muissakin mittauspisteissä.





Kuva 4. Esimerkki geofonien kiinnityksestä.

Lyhin etäisyys suunnittelualueesta rautatieväylään on noin 200 metriä pisteestä mp1 mitattuna. Suunnittelualueen geometrian takia etäisyys rataan kasvaa edessä suunnittelualueen eteläpäästä kohti. Mittauspisteen mp4 etäisyys väylään on noin 400 metriä ja pisteissä mp2 ja mp3 noin 300m metriä. Mp5 on tarkkailupiste junaliikenteen havainnointiin noin 50 metrin etäisyydellä radasta. Mittauspisteet mp1-mp4 sijoittuvat kaavan suunnittelualueelle ja niiden sijainti esitettyyn rakennusmassoitteeseen on esitetty liitteessä 1.

4 Tulokset ja niiden käsittely

4.1 Asumismukavuus

Mittaustuloksista valittiin tyypillistä liikennettä edustamaan 15 suurinta tapahtumaa, joiden jokainen komponentti arvioitiin erikseen. Värähtelytapahtuma todettiin raideliikenteestä johtuvaksi pelkästään sen suuruuden ja taajuusominaisuuksien perusteella, koska tapahtumien yhdistämistä junien kulkutietoihin ei pystytty luotettavasti toteuttamaan. Syinä voivat olla esimerkiksi epätarkkuudet mittauslaitteiston aikatiedoissa tai virheet aikataulutiedoissa. On myös mahdollista, että havaitut värähtelytapahtumat eivät ole syntyneet aikataulutetusta liikenteestä vaan Viinikan järjestelyratapihan sisäisestä toiminnasta. Impulssimaiset toistuvat tapahtumat oletetaan suunnittelualueelta poistuvan jätevesipuhdistamon omasta toiminnasta johtuvaksi ja ne poistettiin tarkastelusta.

Mainittava määrä raideliikenteeseen viittavia tapahtumia saatiin tallennettua pelkästään mittauspisteistä mp3 ja mp4. Etäisyys huomioiden on kuitenkin mahdollista, että tapahtumat ovat lähtöisin muusta kuin raideliikenteestä.



Suunnittelualueen pohjoisosan mittauspisteissä mp1 ja mp2 ei tallennettu ai-noatakaan värähtelytapauhtumaa joka ominaisuuksien perusteella voisi olla raideliikenteestä johtuvaa. Mittauspisteessä mp5, joka on huomattavan lähellä päärataa, tallennettiin vain 1 raideliikenteeseen viittaava värähtelytapauhtuma. Tunnuslukulaskentaan liittyvät laskentaparametrit ja värähtelyluokitus on esitetty taulukossa 5. Hallitseva taajuus on keskiarvo merkitsevimmistä mitatuista tuloksista.

Taulukko 5. Asumismukavuuden tunnusluvut ja värähtelyluokka.

mp	etäisyys rautatiehen [m]	suurin tapahtuma (mm/s) $V_{w,rms,max}$	keskiarvo (mm/s)	keskihajonta (mm/s)	$v_w, 95$ (mm/s)	hallitseva taajuus (Hz)	luokitus
1V	200	< 0,04	-	-	-	-	A
1T	200	< 0,04	-	-	-	-	A
1L	200	< 0,04	-	-	-	-	A
2V	250	< 0,04	-	-	-	-	A
2T	250	< 0,04	-	-	-	-	A
2L	250	< 0,04	-	-	-	-	A
3V	320	0,09	0,07	0,01	0,10	15,6	A
3T	320	0,10	0,08	0,01	0,11	16,4	B
3L	320	0,04	0,03	0,01	0,04	15,8	A
4V	440	0,09	0,07	0,01	0,08	10,1	A
4T	440	0,09	0,03	0,02	0,06	10,5	A
4I	440	0,08	0,02	0,01	0,04	10,0	A
5V	50	0,10	-	-	0,10	24,1	A
5T	50	0,04	-	-	0,04	21,2	A
5L	50	0,04	-	-	0,04	28,6	A
V = pystysuunta T = kohtisuoraan väylästä L = väylän suuntaisesti							

Koska mittauksissa ei kyetty tallentamaan suurempia tärinätasoja, ja koska Hatanpään valtatiellä ei ole hidastetöyssyjä tai merkittäviä epätasaisuuksia voidaan olettaa tulosten kattavan myös kumipyöräliikenteen aiheuttaman tärinän.

Suunnittelualueen luokitus on asumismukavuuden kannalta paras mahdollinen A "Hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä)", paitsi pisteen mp3 osalta, jossa luokitus on B "Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyt, mutta ne eivät ole häiritseviä)". Alueen värähtelyluokitusta asumismukavuuden kannalta voidaan kokonaisuudessaan kuvata huomattavan laadukkaaksi.

Suunnitteilla olevan raitiotien asumismukavuuteen vaikuttavaa tärinää tarkasteltiin julkaisun "Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius" 1. tarkastelutason puoliempiirisiin laskentakaavoihin perustuvalla tarkastelumenetelmällä. Käyttämällä raitiovaunun painona 100 tonnia,



nopeutena 40 km/h ja oletusta missä rata on perustettu välimaalajien päälle, ei mainittavia tuloksia juuri saada esitettyä niiden pienuuden takia. Etäisyydellä 30 metriä raitiotien radasta on laskennallinen värähtelyn tehollisarvo 0,04 mm/s, minkä perusteella alueen värähtelyluokitus olisi A. Raitiotiellä ei siis voida sanoa olevan vaikutusta alueen asumismukavuuteen liikennetärinän kannalta.

4.2 Rakenteiden vaurioitumisalttius

Rakenteiden vaurioitumisen mahdollisuutta ei suunnittelualueella ole juurikaan olemassa värähtelyn pienen tason takia. Vaurioitumiseen vaaditaan huomattavasti suurempaa värähtelytasoa kuin asumismukavuuden merkittävään heikentymiseen.

Taulukossa 6 on esitetty mittausten perusteella arvioidut tärinäalueen luokitukset, joita voidaan käyttää arvioitaessa rakennuksen vaurioitumisalttiutta.

Taulukko 6. Tärinäalueen luokitus mittauspisteittäin, vaurioitumisalttius.

mp	etäisyys rautatiehen [m]	suurin tapahtuma (mm/s) V_{max}	hallitseva taajuus (Hz)	luokitus
1V	200	-	-	E
1T	200	-	-	E
1L	200	-	-	E
2V	250	-	-	E
2T	250	-	-	E
2L	250	-	-	E
3V	320	0,3	11,8	E
3T	320	0,1	12,6	E
3L	320	0,3	11,5	E
4V	440	0,2	9,4	E
4T	440	0,1	9,4	E
4L	440	0,1	10,4	E
5V	50	0,3	24,1	E
5T	50	0,1	21,2	E
5L	50	0,1	28,6	E
V = pystysuunta T = kohtisuoraan väylästä L = väylän suuntaisesti				

Tarkastelusuurena on suurimman mitatun värähtelytapahtuman heilahdusnopeuden huippuarvo. Luokitus on vaurioitumisalttiuden osalta koko alueen osalta paras mahdollinen E, jolloin "Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista". Vaurioitumisalttius on tarkastelun mukaan pieni myös tarkkailupisteiden mp5 kiinteistössä.



4.3 Värähtelyn siirtyminen rakennukseen ja voimistuminen

Tärinän arviointi suunnitteluvaiheessa olevassa rakennuksessa perustuu maaperän värähtelyn perustukseen siirtymisen tehokkuuden arviointiin sekä värähtelyn voimistumiseen rungossa ja välipohjissa. Tässä tapauksessa mittauspisteet olivat sijoitettuna rakenteisiin, joihin värähtelyn oletetaan siirtyvän samalla tehokkuudella kuin suunniteltaviin uusiin rakennuksiin. Tarkasteltavaksi jää siis mahdollinen voimistuminen rungossa ja välipohjissa.

Rungon ja välipohjien ominaisuuksien takia perustuksesta runkoon ja lattioihin siirtyvä värähtely voimistuu ja vaimenee taajuuskaistoittain. Värähtelyn ja tärinän voimistumista voidaan arvioida esimerkiksi VTT:n julkaisussa "Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius" esitetyn menetelmän avulla. Julkaisussa värähtelyn voimistumista rakennuksessa voidaan arvioida suurennuskertoimella. Menetelmä sopii käytettäväksi erityisesti silloin rakenteiden värähtelyä ei ole mahdollista mitata tai värähtelyn taajuussisältöä ei tarkemmin tarkastella.

Tässä selvityksessä valittiin tämä menetelmä koska junatietoihin varmuudella yhdistettyä värähtelytietoa ei ollut saatavilla. VTT:n tutkimusten mukaan vain harvoin värähtely voi voimistua tällä menetelmällä saatua arvoa suuremmaksi. Voimistumisen arviointi suoritetaan vain mittauspisteissä mp3 ja mp4, joissa raideliikenteeseen viittaavia tuloksia tallennettiin. Taulukossa 7 on esitetty VTT:n mukaiset värähtelyn vahvistumiskertoimet.

Taulukko 7. Värähtelyn vahvistumiskertoimet.

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

Taulukoissa 8 ja 9 on esitetty tarkasteltavien mittauspisteiden tunnusluvut ja luokitukset voimistumisen jälkeen. Pystysuuntaisen värähtelyn suurennuskertoimenä on aina k_B 3 perustuen välipohjien resonanssin mahdollisuuteen. Tässä selvityksessä vaakasuuntaisen värähtelyn suurennuskertoimenä on 1,5 koska suunniteltavien rakennusten kattotaso asettuu yli 4 kerroksen korkeudelle ja rungon resonanssitaajuus on tästä johtuen huomattavan matala. Näin ollen tarkasteltavaksi jää alapohjan taso suurennuskertoimella 1,5.



Taulukko 8. Värähtelyn vahvistuminen pystysuunnassa.

mittauspiste	pystysuunta $V_{w,95}$ (mm/s)	luokitus ilman voimistumista	$V_{w,95}$ (mm/s), voimistuminen 3x, pystysuunta	luokitus voimistumisen jälkeen
mp3	0,10	A	0,30	C
mp4	0,08	A	0,24	C

Taulukko 9. Värähtelyn vahvistuminen vaakasuunnassa.

mittauspiste	$v_{w,95}$ (mm/s) kohtisuoraan	$v_{w,95}$ (mm/s) radan suuntaan	luokitus ilman voimistumista	$V_{w,95}$ (mm/s), voimistuminen 1,5x	luokitus voimistumisen jälkeen
mp3	0,11	0,04	B	0,17	C
mp4	0,06	0,04	A	0,09	A

Värähtelyn voimistumisella ei ole suurta vaikutusta suunnittelualueen värähtelyluokitukseen. Mahdollisen voimistumisenkin jälkeen luokitus on edelleen heikoimmillaankin uusille alueille sovellettava C.

4.4 Runkomelu

Runkomelutarkastelu suoritetaan kahdessa kokonaisuudessa. Ensimmäisenä tarkastellaan pääradan aiheuttama runkomelurasitus suunnittelualueelle laskennallisesti. Sen jälkeen tarkastellaan suunnitteilla olevan raitiotien runkomelun vaikutus alueella. Kumipyörätieliikenteen runkomelua ei ole erikseen tarkasteltu, sen ilmoitettu riskietäisyys on vain muutamia metrejä liikenneväylästä.

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

Julkaisun mukaan värähtelyn perustaso saadaan kaavasta 1,

$$L_v[dB] = 103 - 14 \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) - 0,8 \cdot \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad (1)$$

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

Arvio sisätilojen runkomelutasosta (L_{prm}) saadaan kaavasta 2,

$$L_{prm}[dB] = L_v[dB] + \Sigma \Delta L_{v,i}[dB] \quad (2)$$

jossa värähtelyn perustasoon lisätään taulukossa 10 käytetyt korjaustekijät.



Taulukko 10. Käytetyt korjaustekijät

Korjaustekijä	Määrittely		Korjaustekijä, [dB]	
	Päärata	Raitiotie	Päärata	Raitiotie
Liikennetyyppi	Veturivetoiset junat	Sähkömoottorijunat	11 dB	0 dB
Ajonopeus	80 km/h	40 km/h	-2 dB	- 8 dB
Jousitus	Normaali jousitus	Normaali jousitus	0 dB	0 dB
Väylän kunto (oletetaan kulunut tilanne)	Kuluneet tai aaltomaiset kiskot	Kuluneet tai aaltomaiset kiskot	10 dB	10 dB
Radan eristämistapa	Ei eristystä	Ei eristystä	0 dB	0 dB
Väylän sijainti	Avorata	Avorata	0 dB	0 dB
Rakennuksen tyyppi	Kerrostalo	Kerrostalo	-10 dB	- 10 dB
Resonanssi	lattiat, seinät, katto	lattiat, seinät, katto	6 dB	6 dB
Muunto äänenpainetasoksi	vakiokorjaus	vakiokorjaus	- 28 dB	- 28 dB
Muunto A-painotetuksi äänenpainetasoksi	30–60Hz (keskitaajuusalue)	30–60Hz (keskitaajuusalue)	- 35 dB	- 35 dB
Varmuusmarginaali	vakiokorjaus	vakiokorjaus	6 dB	6 dB
$\Sigma \Delta L_{v,i} [dB]$			-42 dB	- 59 dB

Saatuja tuloksia verrataan julkaisussa esitettyyn suositukseen runkomelutason ohjearvoista, jotka on esitetty kappaleen 2.4 taulukossa 3. Tässä selvityksessä sovelletaan 35 dB runkomelun ohjearvoa majoitustiloille ja asuinhuoneistoille. Pääradan aiheuttama runkomelu vaimenee laskennallisen tarkastelun mukaan tasolle 35 dB noin 130 metrin etäisyydellä pääradasta, eikä siis ole suunnittelualueen kannalta erityisesti huomioitava seikka.

Suunnitteilla olevan raitiotien kannalta tilanne on mielenkiintoisempi. Esitetyillä laskentaparametreilla runkomelun 35 dB ohjearvo alittuu noin 30-40 metrin etäisyydellä raitiotien radan keskilinjasta ja voi siis mahdollisesti osalla suunnittelualueesta myös ylittää ohjearvon asuintiloissa. Tämän lisäksi laskennalliseen arvioon sisältyy raitiotien osalta vielä niin paljon epävarmuuksia, että sen vaikutus runkomeluun ja mahdollisesti myös liikennetärinänsä suositellaan tarkistettavaksi raitiotiehankkeen edetessä.

Tarvittaessa raitiotietä voidaan vaimentaa tavanomaisilla ratkaisuilla ratarakenteessa riittävästi, jotta 35 dB ohjearvo alittuu kaikissa suunnitelluissa asuintiloissa. Vaimennus suunnitellaan raitiotien ratasuunnittelun yhteydessä.



5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tampereen kaupungin tilauksesta arvioitiin Viinikanlahden asemakaavan 8755 suunnittelualueen tärinäolosuhteita. Selvitys käsitti valvomattomalla mittauksella toteutetun liikennetärinämittauksen aikavälillä 25.1-2.2.2022 ja lisäksi laskennallisia arvioita liittyen suunnittelualueen liikennetärinään ja runkomeluun.

5.1 Liikennetärinä

Vain osasta liikennetärinämittauspisteistä saatiin tason 0,04 mm/s ylittäviä tuloksia eli alueen tärinätaso todettiin jo mittaushetkellä pieneksi. Mittaustuloksista johdettujen tunnuslukujen perusteella suunnittelualue kuuluu heikoimmillaankin värähtelyluokkaan B "Hyvät asuinolosuhteet". Mikäli suunnitteilla olevissa rakennuksissa mahdollisesti tapahtuva tärinän voimistuminen huomioon ottaen, on luokitus heikoimmillaan C "*Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa*".

Rakenteiden vaurioitumisen osalta riskiä on lähes olematon ja suunnittelualue kuuluu luokkaan E "*Tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista*".

Suunnitteilla olevan raitiotien vaikutus asumismukavuuteen tarkasteltiin laskennallisesti ja todettiin pieneksi. Tärinän tehollisarvon taso oli laskennallisesti alle luokan A ohjearvon (0,1 mm/s) jo 30 metrin etäisyydellä raitiotiestä. Arvio on yhdenmukainen vuoden 2021 Tampereen raitiotien tärinä- ja runkomelumittausten kanssa, joissa liikennetärinää ei havaittu rakennusten mittauspisteissä.

Kaavan suunnittelualueen olosuhteita voidaan kokonaisvaltaisesti kuvata liikennetärinän osalta laadukkaiksi myös ennustetilanteessa.

5.2 Runkomelu

Runkomelun osuus suunnittelualueen värähtelyolosuhteisiin tarkasteltiin laskennallisesti pääradan ja suunnitteilla olevan raitiotien osalta. Pääradan liikenne ei kykene aiheuttamaan runkomelua suunnittelualueelle, vaan asuintiloille sovellettava 35 dB ohjearvo alitetaan VTT:n laskennallisen mallin perusteella noin 130 metrin etäisyydellä pääradasta. Suunnittelualueen lähimmät rakennukset ovat noin 200 metrin etäisyydellä pääradasta.

Suunnitteilla oleva raitiotie voi mahdollisesti aiheuttaa runkomelua suunnittelualueella. Laskennallisesti 35 dB runkomelutaso alitetaan noin 30-40 metrin etäisyydellä raitiotien esitetystä linjauksesta. Lähimmät asuinrakennukset ovat likimäärin samalla etäisyydellä linjauksesta useassa kohtaa Hatanpään valtatieä. Raitiotien ja rakennusten perustamistavoilla on huomattava vaikutus runkomelun suuruuteen.

Tampereen raitiotien tärinä- ja runkomelumittausten raportissa sekä Tampereen ratikan suunnitteluohjeessa kehoitetaan laatimaan erillinen runkomeluselvitys, jos rata ja/tai rakennukset ovat kalliolle perustettuja ja niiden keskinäinen



etäisyys alittaa 30 metriä. Viinikanlahdella voi toteutua tilanne missä rakennukset ja rata ovat paalunvaraisesti perustettuja ja sen kautta yhteydessä toisiinsa kallion välityksellä.

Kumipyöräliikenteestä ei todettu aiheutuvan alueelle tärinä- tai runkomeluhaittaa.

5.3 Suositukset kaavamääräyksiksi

Koska raitiotien toteutukseen suunnittelualueella sisältyy tässä vaiheessa vielä niin paljon epävarmuuksia, suositellaan kaavan suunnittelualueelle antamaan kaavamääräys, missä raitiotie veloitetaan toteuttamaan siten, että sen suunnittelualueelle tuottama runkomelu alittaa "Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä (2018) " julkaisussa esitetyn arvon L_{prm} 35 dB asuintiloissa. Vastaava määräys liikennetärinälle on saman julkaisun esittämä $v_{w,95} \leq 0,3$ mm/s. Samoja raja-arvoja esitetään käytettäväksi Tampereen ratikan suunnitteluohjeessa.

6 Lähteet ja kirjallisuus

Törnqvist & Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT.

Asko Talja. (2005). Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta. VTT.

Talja & Saarinen, A. 2009. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. VTT.

Talja & Törnqvist, J. 2014. Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisaltius. VTT.

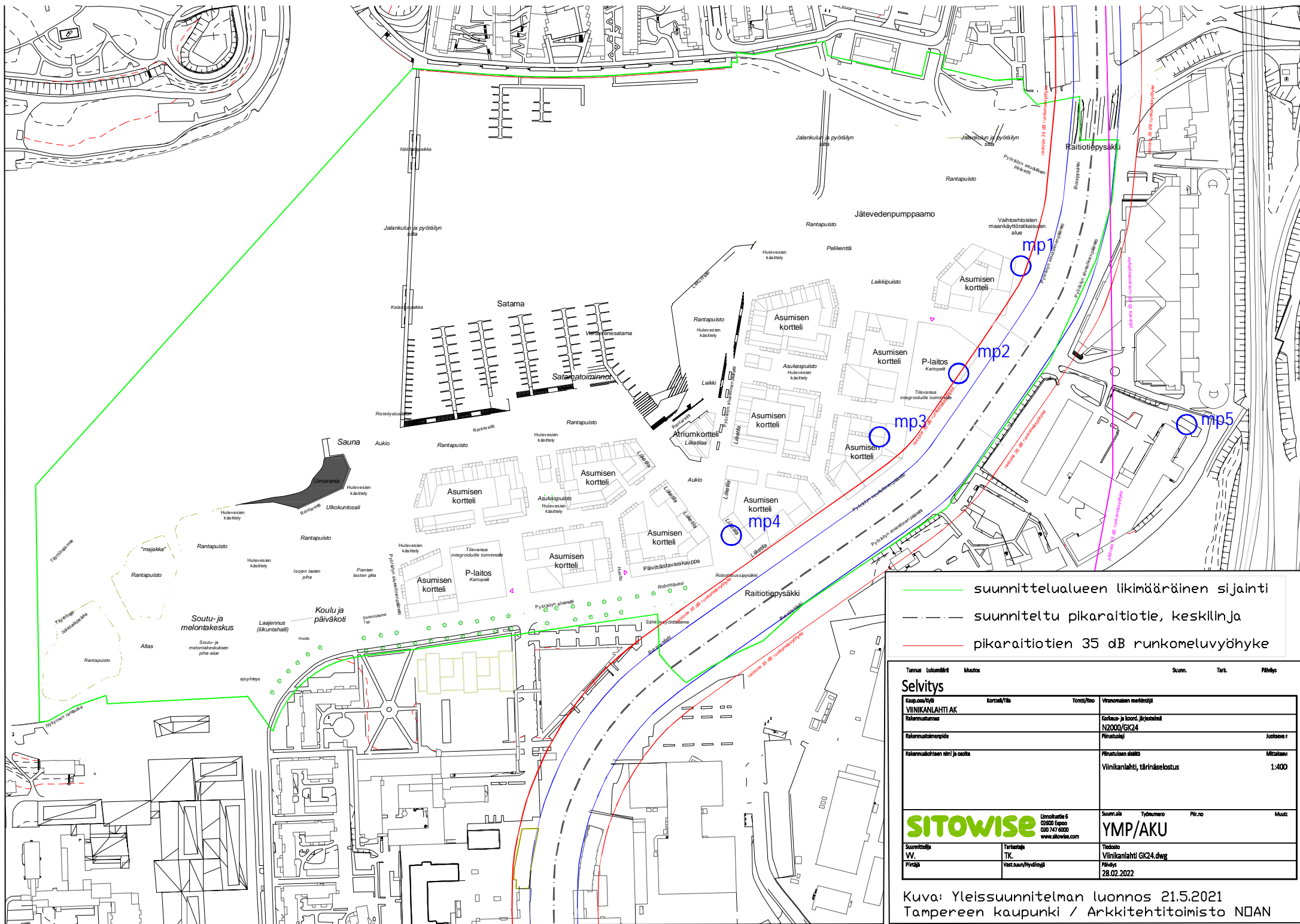
Talja & muut. 2008. Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi. VTT.

Afry. 2021. Tampereen ratikan tärinä- ja runkomelumittaukset. Tampereen kaupunki.

Tampereen Raitiotie Oy. 2020. Tampereen raitiotien suunnitteluohje.

Liite 1: Mittauspisteet ja runkomeluvyöhykkeet.





- suunnittelualueen likimääräinen sijainti
- - - suunniteltu pikaraitiotie, keskilinja
- pikaraitiotien 35 dB runkomeluyöhyke

Tunnus	Lukumäärä	Muutos	Suunn.	Tark.	Päiväys
Selvitys					
Kaup.osasto/työ	Kortteli/tila	Tontti/tila	Viranomaisen merkintä		
VIINIKANLAHTI AK					
Rakennustunnus	N2000/GK24		Korttel- ja liicort. kirjelmä		
Rakennusnumero			Piirustus	Juhoava r	
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö	Mittakaava	1:400
			Viinikanlahti, tärinäselustus		
SITOWISE			Suunn.ala	Työnumero	Piir.no
Linnankatu 6 02020 Espoo 020 747 6000 www.sitowise.com			YMP/AKU		
Suunnittelija	Tarjottaja	Tiedosto			
Vr.	TTC	Viinikanlahti GK24.dwg			
Piirustaja	Vast.suunnittelija	Päiväys			
		28.02.2022			

Kuva: Yleissuunnitelman luonnos 21.5.2021
Tampereen kaupunki / Arkkitehtitoimisto NDAN