

**UUSI KUIVATUS- JA TASAUSSUUNNITELMA RAITIOTIEVÄYLÄN
VIEREISELLE YHDISTETYLLE PYÖRÄTIELLE JA JALKAKÄYTÄVÄLLE**

Hermiankatu



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Liikenneala, insinööri (AMK)

Syksy, 2023

Anna Perkonoja

Liikenneala

Tiivistelmä

Tekijä Anna Perkonoja

Vuosi 2023

Työn nimi Uusi kuivatus- ja tasaussuunnitelma raitiotieväylän viereiselle yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle

Ohjaaja Oskar Eklöf

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella uusi kuivatus- ja tasaussuunnitelma Tampereen Ratikan Hermiankadun raitiotieosuuden vieressä sijaitsevalle yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle. Nykyinen ratkaisu mahdollistaa kevättalvisin hulevesien pääsyn väylältä raitiotielle, jolloin kiskoille jäätyvä hulevesi luo liikenneturvallisuusriskin raideosuudelle. Kuivatus- ja tasaussuunnitelma sisälsi hulevesikaivojen suunnittelun yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle tarkoituksena vähentää raitiotielle valuvaa hulevesimäärää väylältä ja ympäröiviltä alueilta. Suunnitelman tarkoituksena on lisätä raitiotieväylän turvallisuutta vähentäen raitiovaunun suistumisriskiä ja lisätä näin osuuden liikenneturvallisuutta sekä helpottaa Tampereen Ratikan Kunnossapitoallianssin työtä alueella.

Työ toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä, jossa laadittiin kolme vaihtoehtoluonnosta kuivatussuunnitelmasta sekä kuivatus- ja tasaussuunnitelma, joka eteni työn päätteeksi rakennussuunnitelmavaiheeseen ja toteutettavan suunnitelman tekoon. Suunnittelussa ei kajottu nykyiseen raitiotieväylään, vaan tavoitteena oli muokata reunustavaa aluetta raitiotieväylälle suotuisammaksi. Työssä käsitellään suunnittelukohteen nykytilaa, sen ongelmia, uutta suunnitelmaa ja siihen vaikuttaneita tekijöitä sekä suunnitelman merkitystä Tampereen raitiotiekokonaisuudelle.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Sweco Finland Oy. Aihe on Raitiotieallianssilta, jolta Tampereen kaupunki ja Tampereen Raitiotie Oy oli tilannut Hermiankadun raitiotieosuuden kuivatuksen ja tasauksen uudelleen suunnittelun takuutyönä. Aihe on ajankohtainen raitiotieliikenteen kasvavan suosion ja Tampereen ratikan jatkuvan kehityksen ja laajenemisen vuoksi.

Avainsanat Hulevesi, kevyen liikenteen väylä, raitiotie, raitiotieliikenne

Sivut 42 sivua ja liitteitä 5 sivua

Traffic and transport management

Abstract

Author Anna Perkonaja

Year 2023

Subject New drainage and levelling plan for the walking and cycling route following the tramway line

Supervisors Oskar Eklöf

The aim of this thesis was to design a new drainage and levelling plan for the walking and cycling route next to the Hermiankatu tramway section of Tampere Tram. The current solution enables rain and thaw water runoff from the walking and cycling route to reach the tramway in spring and winter, when the rain and thaw water runoff freezing on the rails creates a traffic safety risk for the rail section. The drainage and levelling plan included the design of street inlets for the walking and cycling route with the aim of reducing the amount of rain and thaw water runoff flowing onto the tramway from the route and the surrounding areas. The purpose of the plan is to increase the safety of the tramway by reducing the risk of a tram derailment and thus increase the traffic safety of the section and facilitate the work of the Tampere Tram Maintenance Alliance in the area.

The thesis was implemented as a project-based thesis, in which were prepared three alternative drafts of the drainage plan and a drainage and levelling plan. The drainage and levelling plan at the end of the thesis progressed to the construction plan phase and the creation of the plan to be implemented. The plan did not include changes to the existing tramway, but the aim was to modify the bordering area to make it more favorable for the tramway. This thesis explores with the current state of the planning site, its problems, the new plan and the factors that influenced it, as well as the importance of the plan for the Tampere tram system.

The commissioner of the thesis was Sweco Finland Oy. The thesis came from Tampere Tram Alliance which had received the project as a guarantee from the City of Tampere and Tampere Tramway Ltd.. The topic is topical due to the growing popularity of tram transport and the continuous development and expansion of the Tampere tram system.

Keywords Rain and thaw water runoff, walking and cycling routes, tramway, tram transport

Pages 42 pages and appendices 5 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tampereen Ratikka	2
2.1	Vaiheet ja eteneminen.....	2
2.2	Tulevaisuus	4
2.3	Vaikutukset.....	5
3	Kuivatus ja hulevedet.....	8
3.1	Hulevesien lainsäädäntö	9
3.2	Hulevesien hallintamenetelmiä.....	9
3.3	Hulevesiviemäreiden mitoitus ja sijoittelu.....	11
3.4	Tasaus.....	16
3.5	Kuivatus raitiotieympäristössä	18
4	Kunnossapito ja liikenneturvallisuus raideliikenteessä	20
5	Suunnittelukohteen lähtökohdat.....	22
5.1	Sijainti.....	23
5.2	Alueen kuvaus ja ongelmat	25
6	Suunnitelma.....	28
6.1	Käytetyt suunnitteluohjeet	28
6.2	Kuivatuksen ja tasauksen suunnittelu	29
6.3	Suunnitelmaluonnokset	29
6.3.1	VE1	30
6.3.2	VE2	31
6.3.3	VE3	31
6.4	Lopputulos	32
7	Yhteenveto	35
	Lähteet	39

Liitteet

Liite 1	Kuivatussuunnitelman vaihtoehtoluonnos 1
Liite 2	Kuivatussuunnitelman vaihtoehtoluonnos 2
Liite 3	Kuivatussuunnitelman vaihtoehtoluonnos 3
Liite 4	Kuivatuskartta
Liite 5	Tasauskartta

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella uusi kuivatus- ja tasaussuunnitelma Tampereen Ratikan Hermiankadun raitiotieosuuden vierellä kulkevalle yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle, koska alkuperäinen ratkaisu mahdollistaa kevättalvisin hulevesien pääsyn yhdistetylle pyörätieltä ja jalkakäytävältä raitiotien kiskoille ja jäätyminen, luoden samalla liikenneturvallisuusriskin raideosuudelle. Lisäksi kadunvarrella sijaitsevien kiinteistöjen pihalle kasatut lumet aiheuttavat keväällä runsaamman hulevesivaluman raitiotien väylän suuntaan, joka lisää kiskoille jäätyvän veden määrää. Kuivatus- ja tasaussuunnitelma sisälsi hulevesikaivojen suunnittelun yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle tarkoituksena vähentää raitiotielle valuvaa hulevesimäärää väylältä ja ympäröiviltä alueilta. Suunnitelman tarkoituksena on lisätä raitiotieväylän turvallisuutta vähentäen raitiovaunun suistumisriskiä ja lisätä näin osuuden liikenneturvallisuutta sekä helpottaa Kunnossapitoallianssin työtä.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Sweco Finland Oy. Aihe tuli Raitiotieallianssilta, jolta Tampereen kaupunki ja Tampereen Raitiotie Oy oli tilannut Hermiankadun raitiotieosuuden kuivatuksen ja tasauksen uudelleen suunnittelun takuutyönä todetun tarpeen vuoksi. Työ toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä, jonka tuloksena saatiin uusi kuivatus- ja tasaussuunnitelma halutulle Hermiankadun kevyen liikenteen väylän osuudelle. Suunnittelussa ei kajottu nykyiseen raitiotieväylään, vaan tavoitteena oli muokata reunustavaa aluetta raitiotieväylälle suotuisammaksi.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään suunnittelukohteen nykytilaa, sen ongelmia, suunnitelman vaihtoehtoluonnoksia, uutta suunnitelmaa ja siihen vaikuttaneita tekijöitä sekä suunnitelman vaikutusta raitiotieosuuden liikenneturvallisuuteen. Aihe on ajankohtainen raitiotieliikenteen kasvavan suosion ja Tampereen ratikan jatkuvan kehityksen ja laajenemisen vuoksi. Työssä käsiteltävä aineisto on rajattu Tampereen raitiotiehen, liikenneturvallisuuteen ja suunnittelun teoriaperustaan sekä itse suunnitelmaan. Työn suunnittelualueen ongelmat kuivatuksen suhteen painottuvat hulevesien hallintaan ja teoriassa syvennyttään hulevesien hallintaan vaikuttavaan lainsäädäntöön, teoriaan sekä menetelmiin katu- ja raideympäristössä. Työssä tarkastellaan tarkemmin suunnittelualueetta, itse suunnitelmaa sekä kuivatussuunnitelman vaihtoehtoja.

2 Tampereen Ratikka

9. elokuuta 2021 Tampereen katukuva muuttui, kun Tampereen Ratikka alkoi liikennöimään osana joukkoliikennettä. Tällä hetkellä liikennöiviä linjoja on kaksi, joista linja 1 liikennöi Kaupin kampus–Sorin aukio -väliä ja linja 3 kulkee Hervanta–Santalahti väliä. Kumpikin linja kulkee Tampereen keskustassa, jolloin linjat tukevat joukkoliikenneverkostoa bussilinjojen rinnalla. Ratikan avulla Tampereen keskustan ruuhkat vähentyvät, kun yksi raitiovaunu pystyy kuljettamaan saman matkustajamäärän kerralla kuin kolme bussia yhteensä. Raitiotieliikenteellä on vaikutusta keskustan liikenteen nopeutumiseen, ilmansaasteiden vähentymiseen ja kaupunkiympäristön viihtyvyyden lisääntymiseen. Raitiovaunujen täsmällisellä aikataululla on arkea sujuvoittava vaikutus ja yleinen mielipide ratikasta onkin myönteinen. Raitiotieliikenne tukee Tampereen kaupungin (2018) tavoitetta olla hiilineutraali kaupunki vuoteen 2030 mennessä, lisäämällä kestävän liikennemuotojen osuutta kaupungissa ja kannustamalla yhdyskuntarakenteen kasvua joukkoliikenteenvyöhykkeille sekä aluekeskuksiin. (Tampereen Ratikka, n.d.-b)

Tampereen Raitiotien suunnittelusta ja rakentamisesta vastaa Raitiotieallianssi, jonka tilaajaosapuolina ovat Tampereen kaupunki ja Tampereen Raitiotie Oy. Raitiotieallianssissa palveluntuottajaosapuolina ovat toimineet AFRY Finland Oy, NRC Group Finland Oy, Sweco Finland Oy ja YIT Suomi Oy. (Raitiotieallianssi, n.d.-b)

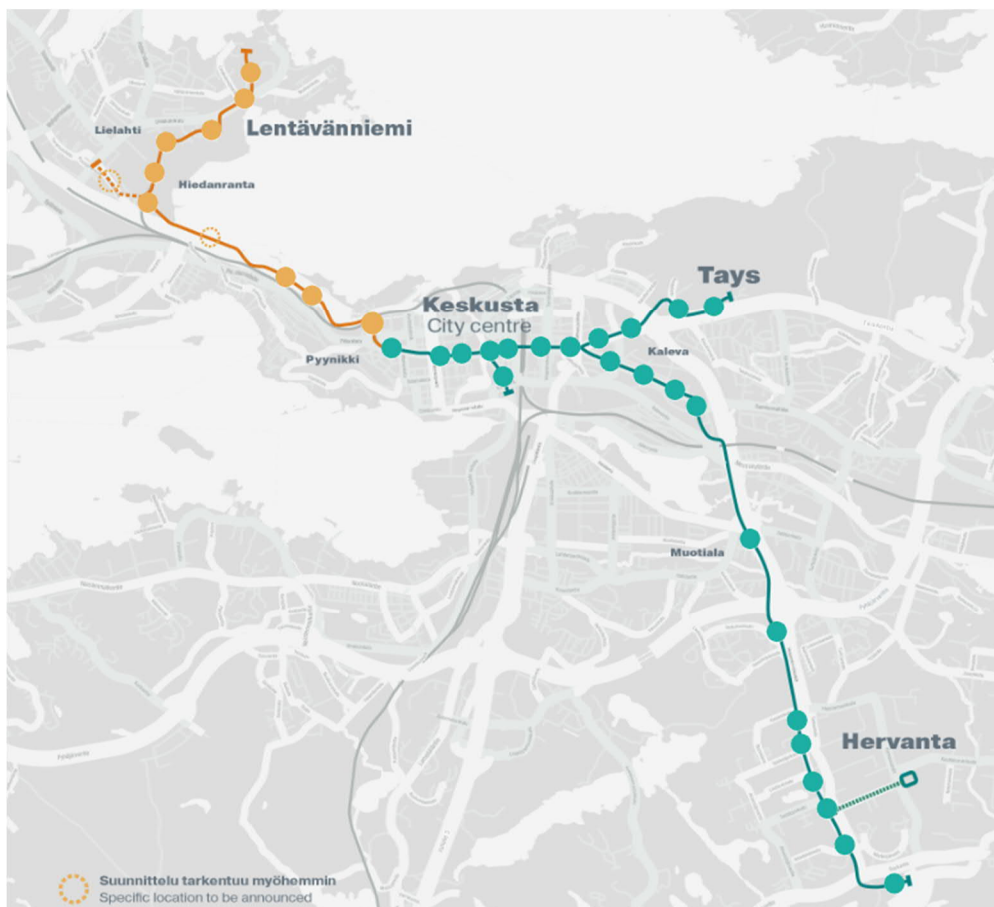
2.1 Vaiheet ja eteneminen

Ajatus Tampereen raitiotiestä on syntynyt vuonna 1907, mutta Tampereen Ratikan luonnostelu aloitettiin vasta 2000-luvun puolella. Maailmansota ja bussin valikoituminen kaupungin joukkoliikennemuodoksi ovat muun muassa hidastaneet raitiotieliikenteen kehitystä Tampereella. Käännekohta raitiotieliikenteen kehityksessä alkoi 2000-luvulle siirtyessä, kun havaittiin bussiliikenteen maksimikapasiteetin tulevan vastaan lähitulevaisuudessa, varsinkin Tampereen keskustan alueella. Luonnostelu pikaraitiotiestä aloitettiin vuonna 2001 ja seuraavana vuonna tehtiin myönteinen päätös raideliikenneselvityksestä ja selvitys laajeni seudulliseksi. Katuraitiotien yleissuunnitelma vaiheeseen edettiin vuonna 2010 ja kaupunginvaltuusto hyväksyi Tampereen raitiotien

yleissuunnitelman heinäkuussa 2014. Raitiotien rakentamisesta tehtiin valtuustossa myönteinen päätös marraskuussa 2016. (Raitiotieallianssi, n.d.-b)

Tampereen ratikan ensimmäisen osan linjojen rakennustyöt pääsivät alkamaan maaliskuussa 2017 ja jatkuivat vuoteen 2021. Tuona aikana toteutettiin raitiotie Pyynikintorilta Hervantaan sekä Tampereen yliopistolliselta sairaalalta Sorin aukiolle. Ensimmäisen osuudet on esitetty kuvassa 1 vihreällä. Ratikan kaupallinen liikennöinti linjoilla käynnistyi elokuussa 2021. Pyynikintorilta Lentävänniemeen jatkuva raitiotie kutsutaan raitiotien toiseksi osaksi ja sen rakentaminen tapahtuu vaiheittain. Kuvassa 1 osuus on merkitty oranssilla. Pyynikintorin ja Santalahden välinen osuus valmistui suunnitellussa ajassa ja liikennöinti aloitettiin osuudella 7. elokuuta 2023. Toisen osan Santalahdesta Lentävänniemeen osuuden rakennustyöt alkoivat keväällä 2022 ja osuuden liikennöinti on arvioitu alkavan alkuvuodesta 2025. Lentävänniemen liikennöinnin aloitukseen vaikuttavat Näsisaaren painumien eteneminen ja saaren rakennettavien siltojen aloitusaikataulut. (Raitiotieallianssi, n.d.-b)

Kuva 1. Tampereen raitiotien ensimmäiset linjat (mukaillen Raitiotieallianssi, n.d.-b).



2.2 Tulevaisuus

Tampereen raitiotien seudullisessa yleissuunnitelmassa kaavaillaan raitiotien laajentumista rakentamalla olemassa oleville ja rakenteilla oleville raitiotielinjoille jatkolinjoja vuoteen 2040 mennessä. Yleissuunnitelman tarkoituksena on kehittää yhtenäinen visio seudullisen raitiotiejärjestelmän kehittymisestä Tampereen, Pirkkalan, Ylöjärven ja Kangasalan kesken sekä suunnitella raitiotielle riittävä tilavaraus ja optimaalisin sijainti. Yleissuunnitelman laadinnalla ei suoranaisesti pyritä raitiotien rakentamiseen lähivuosina vaan sillä turvataan tarvittava tilavaraus sekä sijainti, ettei tulevaisuudessa ilmene esteitä rakentamiselle. Suunnitelmassa määritellään valmiiksi paikat pysäkeille, varikoille, sähkönsyöttöasemille ja mahdollisille silloille. Lisäksi katujen tilajaot eri liikennemuotojen kesken hahmotellaan ennalta. Samalla teknisten, taloudellisten ja ympäristöön vaikuttavien seikkojen selvittämisellä pystytään varmistamaan hankkeen toteutuskelpoisuus. (Tampereen Ratikka, 2021, s. 2)

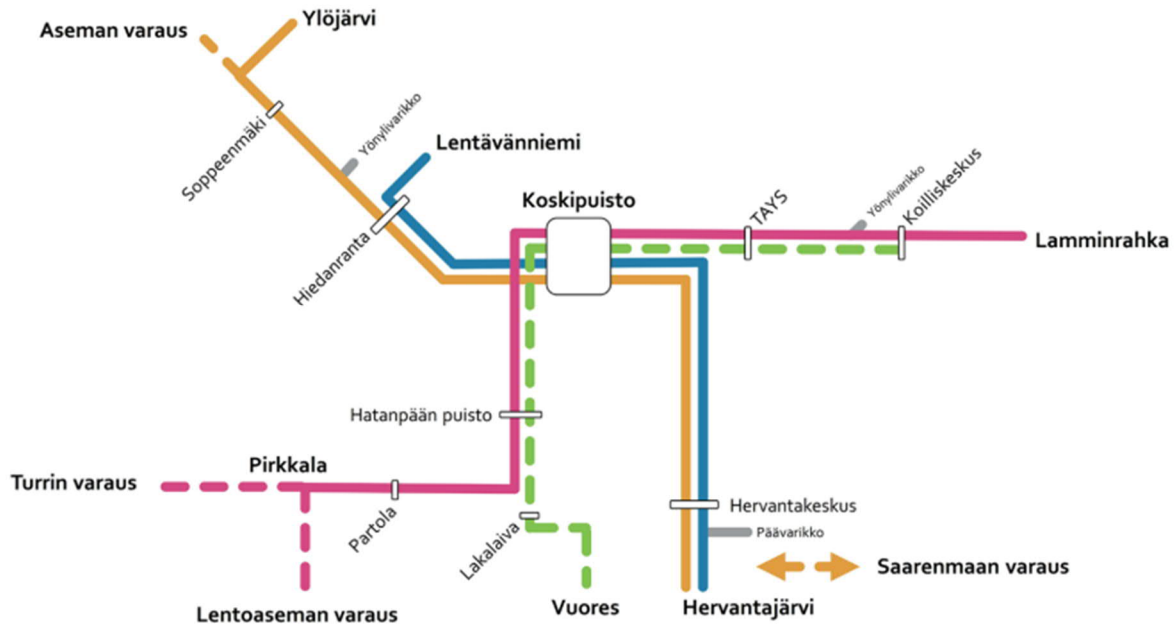
Yleissuunnitelman laadinnassa painottuivat Tampereen raitiotielle täsmennetyt viisi tavoitetta. Raitiotien tulee olla houkutteleva kulkumuoto suurelle matkustajamäärälle ja sen tulee olla toimiva kokonaisuutena. Lisäksi matka-aikojen tulee olla kilpailukykyiset. Tavoitteena toimivat myös luonnollisesti esteettömyys sekä saavutettavuus. Keskusta-alueen ulkopuolisia tavoitteita pohtiessa nousee liityntäliikenne ja siihen panostaminen yhdeksi tärkeimmistä tavoitteista. (Tampereen Ratikka, 2021, s. 9)

Kehitettävien ratalinjausten taustalla on vuonna 2018 aloitettu ”Raitiotien tulevaisuuden suunnat” -esiselvitys, jossa ideointia tehtiin yhteistyönä kuntien kanssa sekä kaavoissa mainittujen yhteystarpeita huomioiden. Kuntalaisten mielipiteitä hyödynnettiin linjavaihtoehtojen muodostamisessa useaan otteeseen. (Tampereen Ratikka, 2021, s. 35)

Lopullisiksi linjausvaihtoehdoiksi valikoituivat Sorin aukio–Pirkkalan keskusta, Kaupin Kampus–Lamminrahka, Lielähti–Ylöjärven Leijapuisto ja Hervanta–Tampereen Saarenmaa. Koko Tampereen raitiotieliikenteen linjastosta tavoitellaan muodostumaan seudullisen joukkoliikenteen runkolinja. Tämä edellyttää koko raitiotieverkon suunnittelua yhtenä kokonaisuutena, kun seudulliset linjat yhdistetään osaksi Tampereen nykyisiä ja rakenteilla olevia linjastoja ja näin muodostuvat Tampereen keskustan kautta liikennöivät heilurilinjat, jotka ovat kuvattuna Kuvassa 2. Tavoitteena on päästä kaikilla linjoilla 7,5 minuutin

vuoroväliin. Rinnakkain kulkevien linjojen osuuksilla vuoroväli olisi korkeintaan 5 minuuttia. (Tampereen Ratikka, 2021, ss. 42–43, 46)

Kuva 2. Seudullisen raitiotien linjasto ja linjausvaraukset (Tampereen Ratikka, 2021, s. 46).



2.3 Vaikutukset

Tampereen kaupungin toimesta toteutettu hanke ”Tampereen raitiotien vaikutusten arviointi” kokosi perusteellisempaa tietoa raitiotien vaikutuksista. Hankkeen tarkoituksena oli selvittää ja jakaa tietoa Tampereen seudun asukkaille ja elinkeinoelämälle sekä toimia pohjana Tampereen kaupungille, valtiolle sekä raitiotien suunnittelulle. Arvioinnissa tarkasteltiin raitiotien vaikutuksia ihmisiin, kaupunkikuvaan ja maisemaan, ympäristöön, alue- ja yhdyskuntarakenteisiin, liikenteeseen, elinkeinoon sekä talouteen. Edellä mainittuja vaikutuksia vertailtiin olemassa olevaan bussijärjestelmään ja sen kehittämismahdollisuuksiin. (Tampereen kaupunki, 2016, ss. 5, 8)

Raitiotien vaikutus ihmisiin on arvioitu näkyvän palveluiden ja virkistysalueiden saatavuuden parantumisella. Tiheän vuorovälin ansiosta joukkoliikenteen käyttö ja yhdistely on vaivattomampaa samalla luoden esteettömyydellään tasa-arvoa liikuntarajoitteisille sekä esimerkiksi lastenvaunujen kanssa kulkeville. Raitiotien ansiosta matka-aikojen luotettavuus paranee ja samalla bussiliikenteen matkat lyhenevät ja täsmällistyvät. Raitiotiellä on arvioitu

olevan myös liikenneturvallisuutta lisäävä vaikutus vähentäessään henkilövahinkoon johtavia liikenneonnettomuuksia. (Tampereen kaupunki, 2016, ss. 14, 16)

Raitiotien myönteiset vaikutukset kaupunkikuvaan on arvioitu suuremmiksi, mitä bussijärjestelmän kehittämällä saavutettaisiin, vaikka tämä tarkoittaisi, että puusto risteysalueilta poistettaisiin näkyvyyden parantamiseksi ja katulaitteisto kasvaisi ratasähköpylväillä, ajolangoilla sekä muilla teknisillä laitteistoilla. Tämä tarkoittaisi myös katujen tilanjaon muutoksia, mutta bussiin verrattuna raitiovaunu veisi vähemmän tilaa ja rakentamisesta johtuvien puiden uusiminen vaikuttaisi katukuvaan vaan väliaikaisesti. (Tampereen kaupunki, 2016, ss. 14, 26)

Liikenteen energiankulutukseen ja päästöihin raitiotiellä on vähentävä vaikutus, koska sen hiukkas-, typpioksidi- ja hiilidioksidipäästöt ovat matalammat kuin verrattavalla bussivaihtoehdolla. Raitiotiellä on arvioitu olevan myönteinen vaikutus etenkin pääkatujen ja Hervannan alueen ilmanlaatuun. Toisaalta raitiotien rakentamiseen vaaditaan enemmän materiaalia ja maamassojen siirtoa ja kuljettamista kuin bussiliikenteen kehittämiseen. Huomattavimmat luontovaikutukset kohdistuvat raitiotien rakentamisen myötä liito-oravien elinympäristöihin, mutta aiheutuvien haittojen tasaamisessa pyritään toimimaan poikkeuslupien velvoittamin keinoin. (Tampereen kaupunki, 2016, s. 14–15)

Alueelliset ja yhteiskuntarakenteelliset vaikutukset raitiotien myötä näyttäytyisivät arvion mukaan Tampereen saavutettavuuden parantumisella. Esimerkiksi keskustan lisäksi kaikki raitiotievyöhykkeen sisällyttämien alueiden saavutettavuus helpottuu ja keskustahakuiset toiminnot ja palvelut voivat sijoittua laajemmalle alueelle. Etenkin Lentävänniemen-Lielahden ja Hervannan eteläisten alueiden saavutettavuus parantuisi huomattavasti. Bussivaihtoehdossa palveluiden sijainti keskittyisi edelleen keskustaan, eikä saavutettavuutta saataisi kehitettyä laajemmalle alueelle. Vetovoimaisuuden ja imagon kehittämisen näkökulmasta Tampere personoituisi raitiotien kautta raideliikennekaupungiksi, jossa palveluiden saatavuus olisi helppoa myös muualta tuleville. (Tampereen kaupunki, 2016, s. 15)

Raitiotien kehittämisen uskotaan vaikuttavan matkustajamäärien huomattavaan kasvuun ja vuonna 2040 arvioituja joukkoliikenteen käyttäjiä olisi jo 110 000, mikä on 45 % koko seudun joukkoliikenteen matkustajista. Joukkoliikenteen suosion kasvun myötä lipputulot nousevat,

mikä on arvioitu määrällisesti merkittävästi suuremmaksi kuin bussiliikenteen kehittämisen saavutettavat tulot. Lisäksi raitiotien kehitys nähdään Tampereen kaupungille sekä koko raitiotien vaikutusalueella kiinteistötaloudellisena etuna ja tehostetulla maankäytöllä voidaan saavuttaa rahallisesti arvokkaammat hyödyt kuin bussilinjojen kehityksellä. (Tampereen kaupunki, 2016, s. 15)

Erillisselvityksessä tarkasteltiin raitiotiehanke tuomien muutoksien energia- ja materiaalitehokkuutta sekä vaikutusta ilmastonlämpenemisestä johtuviin muutoksiin. Tarkastelu on käyty maankäytön, katu- ja siltarakenteiden, maa- ja kiviainesten sekä kalustohankintojen osalta. Tarkastelun pohjalta on tehty suosituksia materiaali- ja energiatehokkaammista vaihtoehdoista, mitä raitiotien rakentamisessa voisi jatkossa hyödyntää. Raitioteiden rakentamisella on heikentävä vaikutus kasvillisuuden ja maaperän hiilivarantoihin, mutta näistä kertyneitä päästöjä tasataan jo ratikan ensimmäisenä käyttövuonna. Lisäksi tarkastelussa on tutkittu vaihtoehtoverailussa joukkoliikennekaluston käyttöä ja kapasiteetin eroja raitiotievaunujen ja bussien välillä. Vertailussa todettiin, että 25 raitiovaunun palvelutason saavuttamiseen tarvittaisiin jopa 225 bussia. Tästä voidaan todeta raitiotieliikenteellä olevan vähentävä vaikutus liikenteen energiankulutukseen ja päästöihin, kun yhden raitiovaunun kapasiteetti on bussikalustoon verrattuna noin kolminkertainen. (Tampereen kaupunki, 2016, s. 40)

3 Kuivatus ja hulevedet

Kuivatuksen suunnittelu kuuluu osana teiden- ja ratarakenteiden suunnittelutyötä. Kuivatuksella vesi ohjataan pois väylien pinnoilta ja rakenteista, minkä avulla parannetaan rakenteiden kantavuutta ja vähennetään niiden routivuutta. Kuivatus jaetaan pinta- ja syväkuivatukseen, joista pintakuivatuksella väylän pinnalle kertynyt sekä väylän ympäristöstä tuleva vesi ohjataan pois, jotta vältytään veden haitalliselta kulkeutumiselta väylärakenteiden läpi. Veden kertymisen estämiseksi tien tai kevyen liikenteen väylän pinnalle edellyttää riittävien sivukaltevuuksien käyttöä, jotta kuivatus toimisi tulevaisuudessakin tien pinnan kulumisesta huolimatta. Lisäksi pintakuivatuksessa hyödynnetään koururakenteita, sivu-, niska- tai laskuojia sekä hulevesiviemärintiä. Syväkuivatuksen tehtävä on kuljettaa vesi pois väylän alusrakenteista, jotta rakenteen kuormituskestävyys säilyisi ja routivuus pysyisi mahdollisen vähäisenä. Salaojat ovat yksi yleisimmistä syväkuivatuksessa käytetyistä menetelmistä. (Liikennevirasto, 2013a, ss. 10, 37)

Hulevesiksi luokitellaan sade- ja sulamisvedet, jotka on poisjohdettava maan pinnalta, rakennusten katoilta sekä muilta vastaavanlaisilta pinnoilta. Hulevesivalunnan muodostumiseen ja sen määrään vaikuttavat sateen intensiteetti sekä kesto, sadetta edeltäneen sateettoman ajan kesto, maanpinnan kaltevuus sekä maaperän ominaisuudet. Läpäisemättömän eli kovan pinnan osuus on yksi merkittävimmistä tekijöistä kesäsateiden aikaan, koska hulevesien muodostamaa pintavaluntaa ilmenee nopeammin ja runsaammin alueilla, missä läpäisemätöntä pintaa on paljon. Taajama-alueilla valunnan ajalliset vaihtelut ovat tämän vuoksi nopeammat ja voimakkaammat verrattuna luonnontilan alueisiin. (Kuntaliitto, 2012, ss. 10, 18)

Hulevesien hallinnalla tarkoitetaan kokonaisvaltaista ratkaisua, jolla tavoitellaan parantamaan rakennettujen alueiden hydrologista kiertoa eli veden kiertokulkua sekä palauttamaan valunnan laatu vastaavalle tasolle kuin ennen rakentamista. Toimivien ratkaisujen saavuttaminen vaatii laajaa, valuma-aluelähtöistä tarkastelua ja ensisijaisen tärkeitä on hulevesien syntypaikalla tehtävät toimenpiteet, joilla voidaan ehkäistä hulevesien muodostumista sekä niihin kohdistuvaa laatuhaittaa. (Kuntaliitto, 2012, s. 18)

3.1 Hulevesien lainsäädäntö

Vuonna 2014 voimaan astuneen uuden Vesihuoltolain mukaan hulevesien viemärointi ei lukeudu enää vesihuoltoon. Velvollisuus hulevesien viemäroinnin järjestämisessä on kunnalla, joka voi sopia viemäroinnin järjestämisen vesihuoltolaitoksen kanssa, jolloin vesihuoltolaitos voi soveltaa vesihuoltolakia huleveden viemäroinnissä. Lain tavoitteena on parantaa hulevesien hallintaa säässä ja vesistöissä tapahtuvien ääri-ilmiöiden lisääntyessä ja päällysteisien pintojen määrän kasvaessa rakentamisen myötä (Laki vesihuoltolain muuttamisesta 681/2014 § 13, § 17; ks. myös Melkas, 2015, s. 2).

Asemakaava-alueella kunta vastaa hulevesien hallinnan järjestämisestä, mutta voi myös ottaa hulevesien hallinnan järjestääkseen muiltakin alueilta. Kunnan määräämä monijäseninen toimielin voi antaa kuntaa tai kunnan osaa koskevia tarkempia määräyksiä hulevesien hallinnasta. Tällöin määräykset voivat koskea muun muassa hulevesien määrää ja laatua, hulevesien käsittelyä kiinteistöllä tai liittämistä kunnan hulevesijärjestelmään. (Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 682/2014 § 103 i, §103 j).

3.2 Hulevesien hallintamenetelmiä

Päätavoitteita hulevesien hallinnassa on taajamien kuivatus ja tulvien torjunta alueilla, joissa rakentamisen myötä on runsaasti vettä läpäisemätöntä pintaa. Hulevesien hallinnalla pyritään pohja- ja pintavesien suojeluun sekä myötävaikuttamaan vesien hyvän tilan saavuttamiseksi. Hallinnassa tulisi pyrkiä vesien virtaamisen tasoittamiseen sen sijaan, että lisättäisiin ylivirtaamia ja tulvia tai vähennettäisiin alivirtaamia. Tasoittavia ratkaisuja ovat muun muassa hulevesien imeyttäminen tai viivyttäminen. (Kuntaliitto, 2012, s. 20)

Hulevesien hallintamenetelmät jaetaan suodattamiseen, johtamiseen, viivyttämiseen, hidastamiseen ja viemärointiin. Läpäisevien päällysteiden käyttö maarakennuksessa on myös yksi hallintatapa. Luontainen ja tehokkain keino hulevesien hallintaan on imeyttää ne pohjaveteen rakentamattomia luonnonalueita, kuten painanteita tai imeytyskaivantoja hyödyntämällä, joissa maa-aines on läpäisevää ja joihin vesi pääsee imeytymään ilman tarvetta sen käsittelylle. Tämä edellyttää huleveden koostuvan pelkästään sadevedestä. Imeyttämisellä voidaan vaikuttaa rakentamisesta johtuvan pohjaveden pinnan alenemiseen.

Luonnonalueiden rakenteellinen suunnittelu ei ole yleensä tarpeen, mutta maa-aineksen vedenläpäisevyys ja sade- ja sulamisvesien määrän vaikutus veden lyhytaikaiseen nousuun alueilla tulee tarkastella sekä selvittää alueiden luontaiset ylivuotoreitit avouomiin tai hulevesijärjestelmään. (Kuntaliitto, 2012, ss. 82–83, 146)

Jos hulevedet koostuvat muista kuin pelkästään katoille kertyneitä vesistä, tulee pohjavesialueilla niiden laatu yhdessä pintamaan ja rakenteen puhdistuskyvyn kanssa arvioida. Lievästi likaiset hulevedet, kuten pihojen ja vähäliikenteisten katu- ja pysäköintialueiden hulevedet, voidaan johtaa sopiville biopidätysalueille eli laajemmille imeytys- ja suodatusalueille. Biopidätysalue rakentuu humuspitoisesta pintamaasta ja kasvillisuudesta, jotka tehostavat huleveden puhdistumista. Tekniikalla pyritään laskemaan ja suodattamaan hulevedet maarakenteen pinnalle, josta kiintoaine on vaivattomasti poistettavissa. Biologisen pintamaan ja juuriston tarkoitus on sitoa liukoiset haitta-aineet itseensä. Likaisemmat pääteiden hulevedet vaativat parempia ja laajempia biopidätysalueita kuin edellä mainitut pihakatujen hulevedet ja vaativat pohjavesialueilla esikäsitteilyä hiekan- ja öljynerotuskaivoissa ennen biopidätysalueelle pääsyä. Biosuodatuksen jälkeen pääteiden hulevesille on tarve pohjavesisuojukselle, jolloin suodatuksen läpi kulkenut vesi johdetaan salaajaa pitkin pohjavesialueen ulkopuolelle. (Kuntaliitto, 2012, s. 83)

Hulevesien suodattamista maaperän läpi voidaan hyödyntää sekä pohjavesialueilla, että vettä heikosti läpäisevillä maaperäalueilla, koska maaperällä on hulevettä suodattava vaikutus riippumatta veden laadusta, samalla viivyttyäen sen virtausta. Läpäisevien päällysteiden käytössä yhdistetään huleveden läpäisevä päällysrakenne sekä vettä ohjaavat ja viivyttävät rakennekerrokset sekä mahdollisesti hulevesien imeyttäminen pohjamaahan. Hallintamenetelmän valintaan vaikuttavat alueen kantavuusvaatimukset ja käyttö sekä hulevesien laatu. (Kuntaliitto, 2012, s. 83; Kokkila ym., 2002)

Hulevesiviemäröinnin tarkoitus on kerätä katu-, tie- ja piha-alue hulevedet sekä rakennusten katoille kertyneet hulevedet ja johtaa ne pois. Hulevesiviemärillä voidaan tarkoittaa avo-ojaa tai viemäriä, jonka tarkoitus on pelkästään huleveden johtaminen. Menetelmällä pyritään pintojen nopeaan kuivatukseen ja vesien johtamiseen alueilta, joissa hulevedet voivat olla haitaksi alueen käyttötarkoitukselle. Katutilassa maanalaisten hulevesikaivojen käytöllä saadaan tiiviimpi ja siistimpi katutila verrattuna avo-ojien käyttöön mahdollistaen samalla

enemmän pinta-alaa muiden toimijoiden käyttöön. Tiiviisti rakennetussa kaupunkitilassa maanalainen hulevesiviemäröinti voi olla myös ainut ratkaisu hulevesien hallittuun johtamiseen. (Kuntaliitto, 2012, ss. 10, 85)

Katutilassa hulevesien viivyttäminen kadun viherpainanteessa voi olla yksi hallintamenetelmä. Tällöin painanteen matalimpaan kohtaan asennetaan ylivuotokaivo, jonka reuna jää hieman korkeammalle painanteen pohjasta, jolloin huleveden pääsy kaivoon viivästyy ja vedelle jää tilaa muodostaa lammikko kaivon ympärille. (Kokkila ym., 2002)

Hallintamenetelmän valinta on usein tapauskohtaista ja siihen voivat vaikuttavaa käytettävä tila, alueen riskikohteet sekä esteelliset, että laadulliset tavoitteet. Ensisijaisena toimena tulisi suosia hulevesien imeyttämistä, koska sillä on vesien muodostumista ehkäisevä ja vähentävä vaikutus. Toissijaisina toimina tulisi suosia hulevesien viivyttämistä ja hallittua johtamista. Hulevesien johtamista hulevesiviemäriverkostoon tulisi välttää, jos hulevesien käsittely ja varastointi tontilla on mahdollista. Usein hulevesiviemärien hyödyntäminen on tilarajallisuuden, turvallisuuden sekä esteettisten tavoitteiden vuoksi ainut käytettävissä oleva hallintamenetelmä, koska tiiviissä rakennetussa ympäristössä on harvoin tarpeeksi tilaa avoimille tai paikallisille hulevesijärjestelmille. (Kuntaliitto, 2012, s. 141–142)

3.3 Hulevesiviemäreiden mitoitus ja sijoittelu

Rakennetun alueen hulevesiviemäriin mitoitus perustuu pääsääntöisesti rankkasademäärään, mutta lumen sulamisvesien määrä voi myös muodostaa merkittävän virtaaman hulevesiviemäriverkostoon. Viemäriin mitoitus suunnitellaan johtamaan hulevesivirtaamaan ilman padotuksen muodostumista, eli viemäriin tukkeutumista veden noustessa. Talviaikaisten hulevesien huomioimisessa on olennaisinta suunnitella rakenteet niin, ettei lumipeitteet ja hulevesien jäätyminen vaikuta merkittävästi järjestelmän toimivuuteen. (Kuntaliitto, 2012, ss. 109, 206)

Mitoitusvirtaama määräytyy valuma-alueen ominaisuuksien sekä mitoitusasteen keston ja rankkuuden pohjalta. Hulevesiviemäriin tavoitteena on johtaa tavanomaisten rankkasateiden virtaamat alueelta, eikä mitoituksessa yleensä huomioida poikkeukselliseksi luokiteltavien rankkasateiden virtaamia. Rankkemmilla sateilla on tällöin hulevesiviemäriin

sallittua padottaa ja vesi voi nousta hulevesikaivosta maan pinnalle. Padotuskorkeus eli hyväksytty taso veden nousulle on usein 10 cm liittymiskohdan maanpinnan tason yläpuolella ja korkeus tulee huomioida ympäröivien rakenteiden ja rakennusten suunnittelussa. Huomattavan rankkojen sateiden aikaan vesi voi nousta yli padotuskorkeuden, minkä vuoksi hulevesijärjestelmän suunnittelussa on olennaista huomioida mahdolliset tulvareitit niin, että tulviva vesi pääsee kulkeutumaan alueille, missä siitä ei muodostu haittaa. (Kuntaliitto, 2012, ss. 12, 206)

Hulevesiviemäriin mitoitustavaksi toimii sateen aiheuttama hetkellinen hulevesivirtaama päätetyllä todennäköisyydellä eli toistuvuudella. Mitoitustodennäköisyyden avulla pyritään pääsemään tasapainoon riskien ja kustannuksien kanssa, jolloin saadaan toimiva hulevesiverkosto mahdollisimman pienellä tulvariskillä ja samalla maltillisilla toteutuskustannuksilla. Mitoitustoistuvuuden määrittely voidaan tehdä tapauskohtaisten riskien tarkastelun tai järjestelmän haltijan ohjeistuksen avulla. (Kuntaliitto, 2012, s. 206)

Valumakerroin tarkoittaa pintavalumaksi päätyvän sadeveden osuutta ja määrää sadannasta, joka tulee ottaa huomioon kuivatusjärjestelmän mitoituksessa. Valumakertoimen suuruus määräytyy 0–1 välillä valuma-alueen pintamateriaalista, sen vedenläpäisevyydestä sekä sileydestä riippuen. Taulukossa 1 on eritelty eri pintamateriaalien valumakertoimia. Pinnan kosteusvajauksella, sateen kestolla sekä rankkuudella on myös vaikutusta, jonka vuoksi valumakerroin ei ole vakio vaan voi vaihdella alueen ja sen eri osien välillä ominaisuuksien perusteella. (Liikennevirasto, 2013a, s. 28)

Taulukko 1. Valumakertoimen määrittäminen pintamateriaalista (Liikennevirasto, 2013a, s. 29)

Pinnan tyyppi	Valumakerroin
Katto	0,80...1,00
Asfalttipäällyste	0,70...0,90
Tien nurmetettu luiska	0,40...0,60
Avoin kalliomaasto	0,30...0,50
Soratie, soraluiska	0,20...0,50
Nurmipintainen piha, puisto	0,10...0,40
Niitty, pelto, puutarha	0,10...0,30
Suo	0,05...0,15
Kumpuileva sekametsä	0,05...0,20
Tasainen metsämaasto	0,10...0,10
Tasainen sorakenttä	0,00...0,05

Valumakertoimen lisäksi hulevesien johtamisen suunnittelussa tarvitaan arvio veden virtaamisen nopeudesta valuma-alueen laidalta purkupisteelle. Taulukossa 2 on esitetty valuma-alueen pinta-alaan perustuva mitoitussateen kesto aika, jota voidaan yleisesti hyödyntää suunnittelussa.

Taulukko 2. Ohjeelliset kestoajat eri kokoisilla valuma-alueilla (Kuntaliitto, 2012, s. 209).

Valuma-alueen pinta-ala	Mitoitussateen kestoaika
< 2 ha	5 min
2...5 ha	10 min
5...20 ha	20 min
20...100 ha	60 min

Hulevesiviemärin mitoituksessa tulee huomioida muutokset valuma-alueen virtauksissa viemärin käyttöön aikana, jotta mitoitusvirtaaman johtaminen onnistuisi ilman virtausnopeuden kasvamista ja ilman padotusta myös myöhemmin. Viemärin tekninen käyttöikä vaihtelee 50–100 vuoden välillä, mutta hulevesivirtaaminen muutokset ovat yhteydessä valuma-alueen maankäyttöön ja muutoksiin, minkä vuoksi realistinen tarkastelu on mahdollista vain 20–40 vuotta eteenpäin. Mitoituksessa huomioitavia muutoksia ovat muun muassa ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät ja rankentuvat sateet, jotka vaikuttavat mitoitusvirtaaman kasvuun 20 %. Taulukossa 3 on esitetty sateen intensiteetin arvoja, joissa on huomioitu ilmastonmuutoksen vaikutukset. Sateen keston arviointiin auttaa edellä esitetyn taulukon arvot. (Kuntaliitto, 2012, s. 209–210)

Taulukko 3. Sateen intensiteetit [mm/min] keskimäärin noin 1 km²:n aluesadannalle ilmastonmuutoksen ennakoitu vaikutus otettuna huomioon (Kuntaliitto 2012, s. 210).

Keskimääräinen intensiteetti (l/s*ha)									
	Sateen kesto								
Toistuvuus	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1/1 a	140	96	94	60	40	22	13	8,3	5,0
1/2 a	200	144	120	73	50	25	16	10,0	6,0
1/3 a	220	156	133	86	56,4	28	17	10,6	6,2
1/5 a	260	180	146	100	64	30	19	11,6	7,0
1/10 a	280	216	187	120	77	36	23	13,1	8,3

Hulevesiviemärin mitoitusvirtaaman määrittäminen voidaan tehdä käsin laskemalla tai tietokoneavusteisesti mallintamalla. Käsinlaskenta soveltuu parhaiten pienempien valuma-alueille ja tällöin laskennassa käytetään mitoitussateen kestoajana valuma-alueen arvioitua kertymisaikaa. Mitoitusvirtaaman määrittely tapahtuu kaavassa 1. esitetyn laskukaavan mukaan.

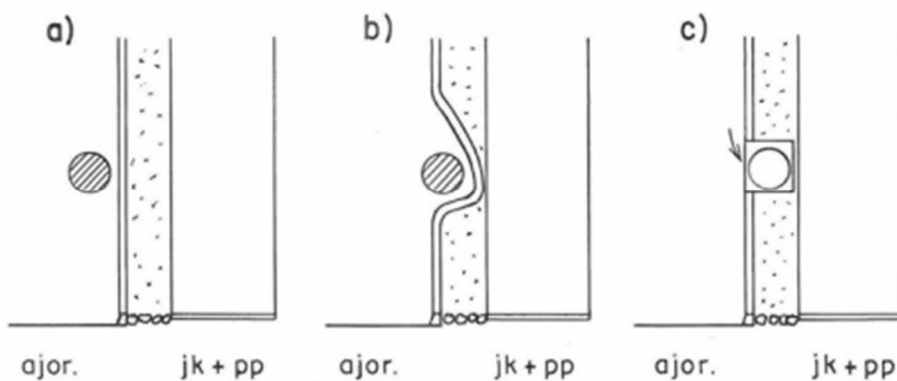
Kaava 1. Mitoitusvirtaaman määrittely käsin laskemalla (Kuntaliitto, 2012, s. 209).

$$Q = C * i * A \quad (1)$$

$Q = [l/s]$ mitoitusvirtaama
 $C =$ valuntakerroin
 $i = [l/(s*ha)]$ mitoitusateen keskimääräinen intensiteetti
 $A = [ha]$ valuma-alueen pinta-ala

Hulevesikaivojen sijoittelussa käytetään tien pituussuuntaista sijoittelutapaa, jolloin kaivojen väli toisiinsa nähden on pisimmillään 100 metriä ja jokaista kaivoa kohti olisi enimmillään 600–800 neliömetrin kokoinen päällystetty alue. Tilanteita, joissa 800 neliömetrin päällystetty alueen käyttö on mahdollista, ovat alueet, joissa on suuri pituuskaltevuus tai leveä piennar varustettuna täysikokoisella kaivonkannella. Kaivojen sijainti poikkileikkauksessa on tavallisemmin tien reunatuon vieressä. Muita sijoittelutapoja on muotoilla reunatuella kolo välikaistaan kaivoa varten tai välikaistaan upottava kitakaivo. Kuvassa 3 on kuvattu kaikki edellä mainitut kolme kaivon sijoittelutapaa tiehen nähden. (Liikennevirasto, 2013a, s. 62–63)

Kuva 3. Kaivojen sijainti poikkileikkauksessa (Liikennevirasto, 2013a, s. 63).



3.4 Tasaus

Tasaus kuvaa tien pinnan korkeusasemaa ja sen vaihtelevuutta tien pituussuunnassa.

Tasausviiva toimii kuvaajana, joka osoittaa korkeusvaihtelut. Väylän pinnan sivukaltevuus tarkoittaa ajoradan pinnan kaltevuutta kohtisuoraa linjausta vastaan kohtisuorassa tasossa.

Tielinjan kaarteisissa kohdissa sivukaltevuuden tehtävänä on myös kumota liikkuvaan ajoneuvoon vaikuttavaan keskipakoisvoima (Liikennevirasto, 2013b, ss. 41, 47; ks. myös Sivenius, 2020).

Pintakaltevuuksien suunnittelu on merkittävä osa pintakuivatuksen suunnittelua ja sen toimivuutta, kun pyritään johtamaan pintavedet pois väylän pinnalta. Väylän pintakaltevuuksien suunnittelulla tavoitellaan pääsääntöisesti sade- ja hulevesien johtamista pois väylän pinnalta. Tasauksen avulla kuivatuksen toimivuus tulisi säilyä, vaikka väylän pinta kokisi vuosien saatossa urautumista tai siihen muodostuisi painanteita. Pintakaltevuuksilla on kuivatuksen lisäksi vaikutus teiden ja kevyen liikenteen väylien liikenteellisiin ominaisuuksiin, liikenneturvallisuuteen sekä ulkonäköön. (Liikennevirasto, 2013a, s. 37–39)

Yksiajorataisien sekä kapeilla, täysin päällystettyjen kaksiajorataisien teiden ja tieosuuksien suorilla osuuksilla käytetään pääsääntöisesti kaksipuolista sivukaltevuutta. Muilla kaksiajorataisilla teillä suunnitellaan ajoradat omilla sivukaltevuuksilla, jolloin molempien pinnat viettävät pois keskikaistasta. Käytettävän sivukaltevuuden suuruus määräytyy ajoradassa käytetyn päällystetyypin mukaan: karkeampi päällyste vaatii suuremman vähimmäiskaltevuusarvon veden pois johtamiseksi kuin sileämpi päällyste. Taulukossa 1. on esitetty yleisempiä päällysteitä ja niiden kanssa suositeltavia sivukaltevuusarvoja. Pehmeikköalueilla ja tien kohdissa, joissa tien huomattava painuminen on todennäköistä, käytetään sora- ja PAB-V-teitä lukuun ottamatta 0,5–1,0 %-yksikköä suurempaa sivukaltevuutta kuin kuvan 3 taulukko ohjaa. (Liikennevirasto, 2013b, s. 47)

Taulukko 4. Ajoradan sivukaltevuus suoralla tiellä (Liikennevirasto 2013a, s. 40).

Päällystetyyppi	Sivukaltevuus %
AB, SMA, PAB-B	3,0
Valuasfaltti	3,0
Pintaukset	3,0
PAB-V	4,0
Sora	5,0

Kevyen liikenteen väylien tasauksen suunnitteluun soveltuvat samanlaiset sivukaltevuusarvot kuin muillakin teillä käytetystä päällystetyypistä riippuen, esimerkiksi asfalttikonkilla suositellaan käyttämään 3 %:n ja kivituhkalla 4 %:n kaltevuutta. Lisäksi pehmeikköalueilla ja koverissa taitteissa pätee samat kaltevuussuosituksat kuin ajoradoilla. Routimattomilla pohjamaa-alueilla voidaan käyttää suosituksia 0,5–1,0 %-yksikköä pienempiä kaltevuusarvoja. Kaarteilla ei ole vaikutusta kevyen liikenteen väylän sivukaltevuuteen. (Liikennevirasto, 2013a, s. 41–42)

3.5 Kuivatus raitiotieympäristössä

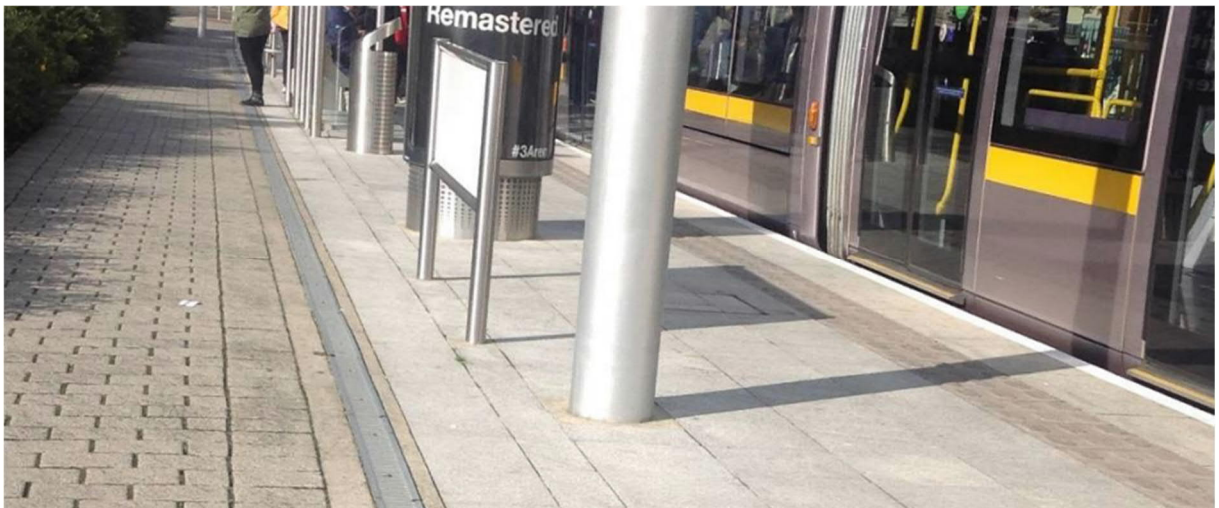
Raitiotien kiskoraiteen kuivatuksen suunnittelun periaatteet muistuttavat vahvasti kadun kuivatussuunnittelua. Raitiotien sepeliraiteen kuivatuksen suunnitteluperusteet sen sijaan muistuttavat enemmän rautateillä käytettäviä kuivatustekniikkoja. Raitiotieväylän molemmat kiskot pyritään yleensä suunnittelemaan samaan tasoon, jolloin raitiotielle tulee sivukaltevuutta pelkästään kiskojen ulkopuolelle. Urakiskojen kiskouriin kerääntyä hulevesiä ja niiden kuivatus toteutetaan viemäröinnin avulla, jota kutsutaan kiskourakuivatukseksi. Tällöin kiskojen väliin sijoitetaan kourukaivot, joiden kohdalle kiskouran pohjaan tehdään reiät ja nämä urakiskokaivot liitetään hulevesiviemäriin. Kaivojen suunnittelussa pätevät samanlaiset periaatteet kuin kadun hulevesikaivoissa ja kiskokaivot sijoitetaan radan alimpaan kohtaan sekä kaltevuuksista riippuen noin 100 metrin välein. Urakiskon pituuskaltevuus Tampereen Ratikan ohjeiden mukaan suositellaan olevan 2 % tai ainakin yli 1 % kuivatuksen toimivuuden takaamiseksi. Kriittisiin kuivatuspisteisiin voidaan tarvittaessa suunnitella lämmitys. Tällöin acodrain eli linjakuivatusjärjestelmä, purkuputki ja kokoojakaivo lämmitetään. (Tampereen Ratikka, 2022b)

Merkittävimpiä kohtia raiteiden kuivatussuunnittelussa on vaihdekohtien huomioiminen ja lisäkaivojen suunnittelu niiden läheisyyteen, jolloin turvataan vaihteiden luotettava toimivuus sillä, ettei vaihteiden kaivot ylikuormitu. Lisäkaivojen tarve korostuu kohdissa, joissa pituuskaltevuus on vaihteen kieliä kohti, jolloin lisäkaivo sijoitetaan ennen vaihteen etujatkosta. Kiskokaivon tarve kasvaa liittymäalueiden läheisyydessä, koska ylimääräistä hiekkaa ja soraa kertyy herkästi kiskouraan liittymäalueilla. (Tampereen Ratikka, 2022b)

Raitiotieradan sijoittelussa tulisi huomioida ympäröivä alue ja sijoittaa siihen nähden rata kulkemaan korkeammalla, jotta välttyttäisiin ylimääräisten hulevesien pääsy raitiotielle. Etenkin ympäröivän alueen sulamisvesien valuminen rata-alueelle tulisi estää, ettei etenkin urakiskoon pääse syntymään paannejäää eli maan pinnalle kerroksittain kertyvää jäämuodostumaa, joka voi muodostaa suistumisriskin. (Tampereen Ratikka, 2022b)

Irlannin pääkaupungissa Dublinissa raitiotieympäristön kuivatuksessa on hyödynnetty linjakuivatusta. Linjakuivatuksessa käytetyt elementit koostuvat suorakaiteen muotoisista linjakuivatuskouruista, joissa on ristikkokansi. Kourut yhdistetään hulevesiviemäristöön tai kunnalliseen viemärijärjestelmään. Kuvassa 4 on esitetty raitiotiepysäkin ja kevyen liikenteen väylän välinen kuivatus linjakuivatuksella. Kuvassa raitiotiepysäkki on kevyen liikenteen väylän kanssa samassa tasossa ja sijaitsee korkeammalla suhteessa raitiotieväylään. Linjakuivatuskourujen sijoittelulla pysäkin takareunan ja kevyen liikenteen väylän väliin on pyritty vähentämään hulevesivalumaa pysäkillä ja tästä raitiotien kiskoille. Kuvassa ei pysty erottamaan alueen kaltevuuksia, mutta mahdollisesti pysäkin pinta on suunniteltu kaatamaan kevyen liikenteen väylälle päin eli poispäin raitiokiskoilta.

Kuva 4. Raitiotiepysäkin kuivatus Dublinissa (Letbaner på strækninger, 2016, s. 123).



4 Kunnossapito ja liikenneturvallisuus raideliikenteessä

Raitiotieliikenne on osa Nyssen järjestämää Tampereen joukkoliikennettä ja tällä hetkellä kaupungin raitiotielinjastoja pyöritetään yhteensä 20:lla käytössä olevalla raitiotievaunulla. Sujuvan ja turvallisen liikenteen turvaamiseksi yhteisten liikennesääntöjen noudattaminen on liikennettä turvaava teko (Tampereen Ratikka, n.d.-a). Samalla raitiotieväylien kunnossapito on isossa roolissa turvatesaan raitiovaunujen aikataulun mukaista liikennöintiä. Tampereen ratikan kunnossapitoallianssi huolehtii raitiotien sekä normaalista että talviajan kunnossapidosta ja vastaa lisäksi kunnossapidon päivystystoiminnasta. Kunnossapitoallianssin vastuulla ovat myös sähkönsyöttöasemien ja varikon piha-alueen huolto ja ylläpito. NRC Finland Oy ja YIT Suomi Oy vastaavat Kunnossapitoallianssista, jonka tilaajana toimii Tampereen Raitiotie Oy. (Tampereen Ratikka, n.d.-c)

Raitiotien suunnittelussa tulisi käyttää kunnossapitoa suosivia ratkaisuja, joissa rata-alueiden hoito on mahdollista toteuttaa monella menetelmällä ja erilaisilla kalustoilla. Tämä tukisi raitiotien huoltovarmuutta ja kustannuksien maltillisuutta, kun tarvetta erikoisempien kalustojen hankkimiselle ei muodostuisi. Tällöin urakoitsijoiden hyödyntäminen olisi lisäksi helpompaa. Katusuunnittelun tasossa olisi hyvä huomioida etenkin lumen auraus ja sen siirron mahdollistaminen kohtuullisen nopeasti, jottei niistä aiheudu turhia katkoja raitiotieliikenteen aikatauluun. (Tampereen ratikka, 2022a)

Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta annetun lain muuttamisesta (547/2005 §3) määrittelee kunnossapidon tavoitteeksi huolehtia liikennöitävien väylien kunnan olevan tyydyttävä ja liikenneturvallisuuden edellyttämässä kunnossa. Kunnossapidon tason määräytymiseen vaikuttavat kadun liikenteellinen merkittävyys, liikennemäärät, sääolot ja niiden ennakoitavat muutokset, vuorokaudenaika sekä eri liikennemuotojen tarpeet, liikenneturvallisuus ja esteettömyys. Kadun kunnossapitoon sisältyy toimenpiteet, jotka ovat talvisin välttämättömiä kadun kunnossapidolle, kuten lumen ja jään poisto.

Sekä kaupungilla että tontinomistajalla on omat velvollisuutensa väylän puhtaana- ja kunnossapidossa. Vastuu kadun kunnossapidosta kuuluu kaupungille. Kunnossapidon tehtäviin lukeutuu rakenteellisten poikkeamien korjaus, roskien ja lehtien siivoaminen sekä viherkaistojen ja tontin rajaan rajautuvien viheralueiden siisteyden ylläpidon. Kunnan

talvikunnossapidon velvollisuuksiin sisältyvät katujen ajoradat, pyörätiet ja yhdistetyt kävely- ja pyörätiet sekä torit ja aukiot sekä niiden yhteydessä esiintyvät kävelytiet. Katujen, pyörä- ja kävelyteiden hiekotussepelin poisto kuuluu kaupungin tehtäviin. Kaupunki voi halutessaan ottaa hoitaakseen jalkakäytävien kunnossapidon myös muilla edellä mainitsemattomilla alueilla, kuten Tampereen kaupunki on tehnyt kaupungin pientalovaltaisilla asuinalueilla. (Tampereen kaupunki, 2023a)

Tontinomistajan velvollisuus on huolehtia tontin viereisen katuosuuden puhtaanapidosta aina tontin rajasta kadun keskiviivaan asti mukaan lukien jalankulkua vaikeuttavan lumen ja jään poisto. Lisäksi tontinomistajan tulee tarvittaessa poistaa jalkakäytävälle tai sen vierelle kertyneet lumivallit sekä huolehtia jalkakäytävän viereinen katuojaa ja sadevesikouru ovat lunettomia eivätkä ole jäätyneet. (Tampereen kaupunki, 2023a)

Talviaikaan kunnossapidon tulee huolehtia lumen ja jään tuomista muutoksista väylien kunnossapidossa. Kuntaliiton (2012, s. 100–101) ohjeistuksen mukaan päällystetyille pinnoille, kuten pysäköintialueiden kulmaan, lumen kasaamista olisi hyvä välttää, koska tällöin sulamisvedet valuvat suoraan hulevesiviemäriin aiheuttaen herkemmin tulvia ja viemärien roskaantumista.

5 Suunnittelukohteen lähtökohdat

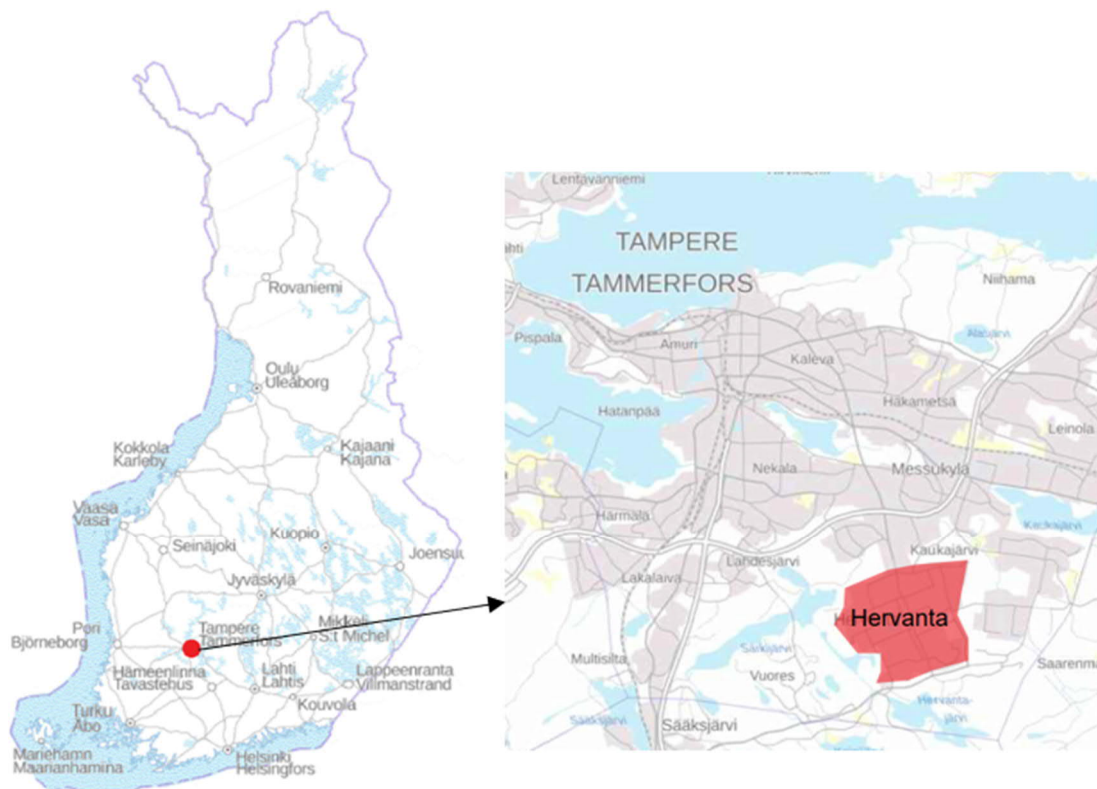
Tämän työn tavoitteena oli suunnitella uusi kuivatus- ja tasaussuunnitelma Tampereen Ratikan Hermiankadun raitiotieosuuden vieressä sijaitsevalle yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle. Nykyinen ratkaisu mahdollistaa kevättalvisin hulevesien pääsyn väylältä raitiotielle. Kriittinen ajankohta kestää tyypillisesti 2–3 viikkoa ja ajoittuu yleensä maaliskuulle, jolloin päivälämpötilat ovat plussalla ja yöllä pakkasella. Tällöin päivän aikana sulanut hulevesi jäätyy yöllä ja muodostaa paannejään raitiotien kiskoille ja lisää raitiovaunun suistumisriskiä sekä luo liikenneturvallisuusriskin raideosuudelle. Vaikka kunnossapitokalusto puhdistaa raiteen yöllä, saattaa raide jäättyä uudelleen ennen liikenteen käynnistymistä. Suurimmiksi ongelmakohtiksi ovat muodostuneet Hermiankadun raitiotiepysäkin itäisen pään ylityspaikka sekä pysäkin lähellä sijaitsevat tonttiliittymät. Jalankulku- ja pyöräilyväylän lisäksi hulevesiä kertyy myös ympäröiviltä alueilta ja kadunvarrella sijaitsevien kiinteistöjen pihoilta auratut lumikasat aiheuttavat keväällä runsaamman sulamisvesien valuman yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle, mikä lisää samalla huomattavasti raiteille valuvan veden määrä. Suunnitelman tarkoituksena on vähentää hulevesien pääsyä raitiotien kiskoille ja lisätä kyseisen raitiotieosuuden liikenneturvallisuutta. Lisäksi työllä pyritään vähentämään Kunnossapitoallianssin töitä kyseisellä raideosuudella.

Tampereen kaupunki ja Tampereen Raitiotie Oy on tilannut Hermiankadun raitiotieosuuden kuivatuksen ja tasauksen uudelleen suunnittelun takuutyönä Raitiotieallianssilta todetun tarpeen vuoksi. Työ on tehty Sweco Finland Oy:ssä. Suunnitelman mukaan Hermiankadun kuivatus ja tasoitus oli suunniteltu korjattavan syksyllä 2023, joten suunnitelma oli myös ajankohtainen ja tulevaa työelämää hyödyttävä.

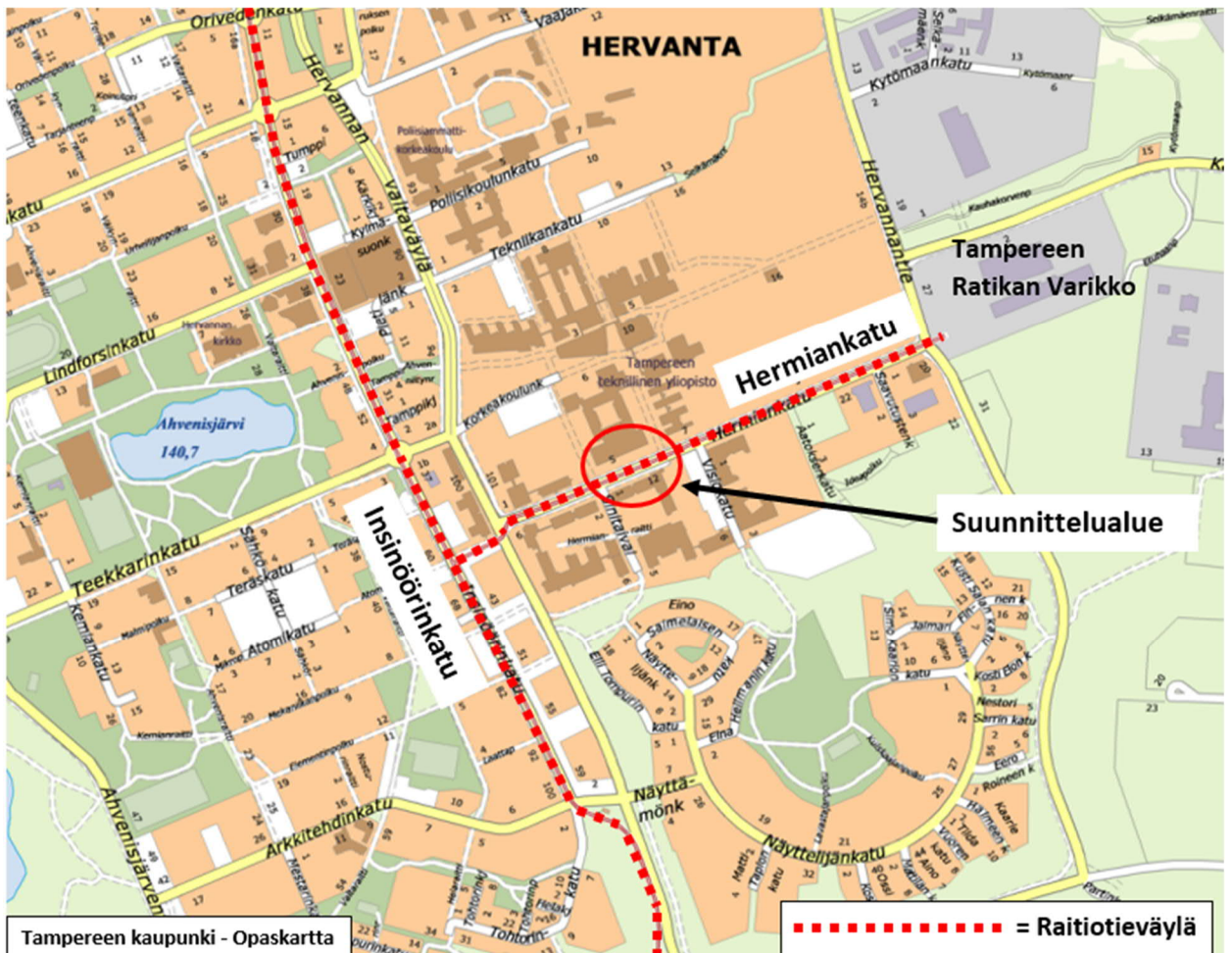
5.1 Sijainti

Suunnittelukohte sijaitsee Tampereella Hervannan kaupunginosassa, Hermiankadulla (kuva 5). Kuvassa 6 on esitetty tarkemmin suunnittelualue ja sen sijoittuminen Hermiankadulla. Tampereen Ratikan varikolta raitiovaunut kulkevat ylittäen Hervannantien ja kulkevat Hermiankatua pitkin liittyen raitiotielinjalle Insinöörinkadulla. Raitiovaunujen kulku varikon ja Hermiankadun raitiolinjan väliä on päivittäistä, koska jokainen raitiovaunu ajetaan varikolle vuoron päätteeksi päivittäiseen huoltoon ja säilytykseen yöksi (Tampereen Ratikka, n.d.-d). Hermiankadun raitiotiepysäkin pohjoispuoleinen yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle rajautuu Tampereen yliopiston, Hervannan kampusrakennuksen pysäköintialueeseen. Samassa rakennuksessa kampuksen yhteydessä sijaitsee myös päiväkot. Pysäköintialueen ja kevyen liikenteen väylän väliin sijoittuu noin kuuden metrin levyinen viheralue pysäköintialueen mitalta pois lukien tonttiliittymien kohdat.

Kuva 5. Suunnittelukohte sijaitsee Tampereella Hervannan kaupunginosassa (mukaillen Maanmittauslaitos, n.d.).



Kuva 6. Suunnittelukohteen tarkempi sijainti Hermiankadulla (mukailien Oskari-karttapalvelu, n.d.).



Tampereen Ratikan nykyiseen ja suunniteltuun raitiotielinjastoon nähden Hermiankadun raitiotiepysäkki sijoittuu merkittävään kohtaan linjan 3, kuvassa 7 esitetty sinisenä linjana, sekä päävarikon väliin. Tulevaisuudessa linjan 3 lisäksi Hervannasta Ylöjärvelle kulkee kuvan esittämä oransi linja. Suunnittelualue sijaitsee väyläosiolla, joka on olennaisessa osassa nykyisten osan 1 ja osan 2 liikennöintiä, jolloin sen toimivuudella on suuri merkitys liikennöinnin toimivuuteen, sujuvuuteen ja turvallisuuteen.

Kuva 7. Hermiankadun raitiotiepysäkin sijainti suhteessa nykyiseen ja suunniteltuun raitiotielinjastoon (mukaillen Tampereen Ratikka, 2021, s. 46)



5.2 Alueen kuvaus ja ongelmat

Suunnittelua varten kuvamateriaalia kerättiin joulukuusta 2022 alkaen Hermiankadun raitiotieosuudelta maastokäyntien yhteydessä. Työn aloituksessa hyödynnettiin myös Tampereen Ratikan kunnossapidon ottamia kuvia keväältä 2022, jotka toimitettiin takuutyön tilauksen yhteydessä. Keväällä 2023 kuvasato kasvoi tammikuussa ja huhtikuun alussa tehtyjen maastokäyntien myötä. Etenkin joulukuun maastokäynnin yhteydessä pystyi hahmottamaan kriittisimmät kohdat ja tasauksen matalimmat kohdat väylällä hulevesienkertymien myötä. Raitiotiepysäkin itäisen pään vieressä sijaisi yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän tasauksen matalin kohta, johon sulamisvedet kertyvät. Kuva 8 on otettu maastokäynnillä joulukuussa 2022, jolloin sulamisvedet olivat kertyneet juuri kyseiseen kohtaan. Huleveden runsaamman kertymisen myötä vesi pääsee pysäkin ylityspaikan kohdalta kulkeutumaan myös raitiotieväylälle. Hulevesien pääsyn kiskoille mahdollisti myös raitiotiepysäkin lähellä sijaitsevat tonttiliittymät, jotka kulkevat raitiotieväylän yli. Samanlaista ongelmaa ei todennäköisesti muodostuisi, jos raitiotieväylä sijaittisi viereistä väylää korkeammalla.

Kuva 8. Hulevesien kertyminen yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän matalimpaan kohtaan Hermiankadun raitiotiepysäkin viereen sekä ylityspaikan eteen.



Hermiankadun nykyinen raitiotieväylä sijaitsee kadun entisen katuväylän kohdalla. Nykyinen katu on sijoitettu entiselle viherkaistalle raitiotieväylän eteläpuolelle. Alkuperäisissä suunnitelmissa katusuunnitelmissa on esitetty pohjoispuolelle uusi eroteltu jalankulun- ja pyöräilyn väylä, mutta Hermiankadun rakentaminen lopputilanteeseen tapahtuu kuitenkin vaiheittain. Raitiotien rakentamisen kannalta ei ole ollut tarvetta muokata pohjoispuolen kevyen liikenteen väylää, joten parantaminen on jätetty toteutussuunnitelmien ulkopuolelle. Tyypillisesti kevyen liikenteen muokkaustarve toteutuu esimerkiksi johtosiirtojen takia. Tämän vuoksi yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän tasaukseen ja muutoksia väylän geometriaan tai sen sivukaltevuuteen ei tehty. Nykyisen väylän sivukaltevuus kaataa raitiotielle päin. Tampereen raitiotien suunnitteluohjeeseen viitaten (2023), suunnittelukohteen raitiotien radat eivät olleet ympäröivään alueeseen verraten korkeammalla, koska kyseisen väylän varrella tuli olla tonttiliittymiä väylän vierellä sijaitseville tonteille ja raitiotien geometria oli sidonnainen niihin. Kuvassa 9 on esitetty

tonttiliittymä, joka kulkee raitiotieväylän yli mahdollistaen hulevesien valumisen kiskoille risteämiskohdassa.

Kuva 9. Hulevesien pääsy raitiotielle tonttiliittymien kautta.



Hermiänskadun raitiotieosuus kuuluu Tampereen Ratikan ensimmäisen vaiheen suunnittelukohteisiin, jolloin kokemusta raitiotieväylien suunnittelusta tai mahdollisista kuivatusongelmista ei ollut ehtinyt kertymään ennestään tilaajille tai suunnittelijoille. Kyseiset ongelmat, mitkä tämän työn tarkoituksena on ratkaista, ovat ilmenneet Tampereen Ratikan ensimmäisinä talvina, kun hulevesien kertymisen vaikutus testiajoihin ja liikennöintiin huomattiin. Sulamisvesien jäätyminen raitiotienkiskoille on työllistänyt Kunnossapitoallianssia talvisin ja kiskoille jäänyt sulamisvesi on jouduttu käsivoimin poistamaan kiskoilta. Toimenpiteellä turvattiin raitiovaunujen turvallinen liikennöinti ja pyrittiin välttämään vaunujen suistuminen kiskoilta.

6 Suunnitelma

Tämän työn tavoitteena oli luoda kuivatus- ja tasaussuunnitelma Hermiankadun yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle ja tehdyn suunnitelman avulla Tampereen Ratikan oli mahdollista toteuttaa suunnitelman toteutus syksyllä 2023. Tilaajalle tuli suunnitteluvaiheen päätteeksi toimittaa suunnitelma kuivatuksesta kaivokortteineen.

Suunnittelussa käytettiin Novapoint 21.05 ohjelmaversiota ja Autocad Map 3D 2018-ohjelmistoa. Novapointin lisäohjelman Water and Sewer ominaisuutta käytettiin hulevesikaivojen ja putkistojen suunnittelussa ja Road Professional ominaisuutta katusuunnittelussa ja geometrian tarkastelussa.

6.1 Käytetyt suunnitteluohjeet

Työssä esitetyt suunnitteluluonnoksien perustana on käytetty pääsääntöisesti Kuntaliiton Hulevesioppaan -ohjetta vuodelta 2012, Liikenneviraston Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu -ohjetta vuodelta 2013, InfraRyl Hulevesiviemäristön -ohjeita vuodelta 2023 sekä Tampereen raitiotien suunnitteluohjetta vuodelta 2023.

Kuntaliiton Hulevesiopus käsittelee hulevesien merkityksen ja hallinnan tarpeen tiivistyvässä kaupunkirakenteessa. Oppaassa eritellään eri hulevesien hallintamenetelmät ja niiden mitoittamisen teoriaa. Opas on suunnattu kaikille yhdyskuntasuunnittelun ja yhdyskuntatekniikan parissa työskenteleville ammattilaisille ja opas sisältää myös ohjeistuksia yksittäisille kiinteistöille. (Kuntaliitto, 2012, s. 5)

Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelun ohje käsittelee tarkemmin kuivatuksen perusteita, menetelmiä sekä mitoituksen periaatteita tie- ja rataympäristöissä. Ohjeissa käsitellään myös tasauksen suunnittelun teoriaa ja merkitystä kuivatuksen toimivuuteen. (Liikennevirasto, 2013)

InfraRyl sisältää infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset ja ohjeistukset pidetään ajantasaisena päivittämällä kahden vuoden välein. Tässä työssä hyödynnettiin hulevesiviemäreiden laatuvaatimuksia kuten viemäri mitoituksia ja materiaalivalintoja. (InfraRyl, 2023)

Tampereen raitotien suunnitteluohje on raitiotien, katujen sekä maankäytön yleissuunnittelun ohje, joka on koostettu ensisijaisesti yleis- ja asemakaavoitusta sekä raitiotien yleis- ja katusuunnittelua varten. Ohje sisältää suositukset ja suunnitteluarvot niin geometrian, rakenteiden, teknisten järjestelmien, pysäkkien, liikenteen, katupoikkileikkausten kuin ympäristön suunnitteluun. (Tampereen Ratikka, 2023)

6.2 Kuivatuksen ja tasauksen suunnittelu

Suunnittelua aloittaessa kerättiin lähtötietoaineisto aiemmista alueen suunnitelmista ja käytettiin Tampereen kaupungilta saatua ajantasaista laserkeilausaineistoa, jonka avulla pystyttiin Hermiankadun raitioväylän vierellä kulkeva kevyen liikenteen väylä mallintamaan. Keilausten avulla hahmotettiin alueen kaltevuuksia ja pystyttiin tarkastelemaan kriittisimmät kohdat, jotka tuli huomioida suunnitelmassa. Yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän geometrian ja väylän mallintamisella pystyttiin varmistumaan suunnittelualueen matalimmasta kohdasta raitiotiepysäkin vieressä.

Keilausaineistojen avulla saatiin alueesta tasauskartta, jonka avulla pystyttiin tarkastelemaan alueen tasuseroja. Tasauskartan avulla pystyttiin todentamaan suunnittelualueen olevan melko tasainen etenkin raitiotiepysäkin vierellä.

6.3 Suunnitelmaluonnokset

Huhtikuussa 2023 esitettiin työn tilaajapuolen edustajalle kuivatussuunnitelman ensimmäinen luonnos Hermiankadun yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle. Luonnosta tuki myöhemmin Tampereen Raitiotieallianssilla toimivien rakentajien tekemä kuivatusehdotus, jossa oli paljon samankaltaisuutta kuin tekijän esittämässä luonnoksessa. Toukokuussa ehdotettiin aiemman luonnoksen paranneltu versio sekä toinen kuivatusvaihtoehto Hermiankadulle. Molemmissa luonnoksissa esitettiin väylälle hulevesikaivoja sekä korotettua reunatukea raitiotien puoleiselle väylän reunalle. Suunnitelmissa hulevesien purkuun hyödynnettiin jalankulku- ja pyöräilyväylällä sijaitsevia sadevesikaivoja.

Tässä luvussa esitellään tilaajalle esitetyt kaksi vaihtoehtoluonnosta sekä kolmas vaihtoehto laajempaa vertailua varten, koska tilaajalle esitetyt vaihtoehdot olivat pienempiä suunnittelukokonaisuuksia, mutta opinnäytetyöhön haluttiin tarkoituksella laajemman parannusehdotuksen näkökulma vertailtavaksi.

6.3.1 VE1

Liitteessä 1 on esitelty ensimmäinen kuivatussuunnitelman vaihtoehtoluonnos.

Luonnoksessa uusi kourukannellinen hulevesikaivo on sijoitettu yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän matalimpaan kohtaan eli raitiotiepysäkin pohjoispuolelle, lähelle raitiotiepysäkin itäistä ylityspaikkaa, johon väylän pintatasaus jo ennestään viettää. Uusi kaivolinja on suunniteltu kulkemaan yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän toiselle puolelle uuteen tarkastuskaivoon ja tästä kaivolinja jatkuu väylän suuntaisesti länteen, toiseen tarkastuskaivoon, josta vasta pystytään liittymään nykyiseen sadevesikaivoon. Kaivolinjan ylimääräisellä mutkalla on pyritty välttämään rakennus- ja kaivuutyöt aivan raitiotiepysäkkiä tukevien graniittisten paasikivien vieressä, jotta kivet säilyisivät nykyisillä paikoillaan ja välttyttäisiin raitiotiepysäkin purkamiselta ja korjaamiselta.

Pysäkin viereen on suunnitelmassa esitetty vaalealla sävyllä kourukaivolaattajana (liite 1), joka kerää hulevedet pysäkin reunasta ja kuljettaa kourukaivon luo. Tällä pyritään välttämään huleveden kertymistä pysäkin ylityspaikkojen eteen ja veden mahdollista pääsyä raitiotieväylälle. Kourujen käyttö on myös tutkittu vähentävän huleveden seisahtumista. Liitteessä on sinisellä esitetty yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän raitiotien puoleiseen reunaan reunakivi sekä luiskattu reunakivi kolmen tonttiliittymän kohdalle, jolloin hulevesi pyritään johtamaan pysäkin viereen sijoitettuun kourukaivoon laajemmalla alueelta eikä tällöin hulevesien valumista raitiotiekiskoille mahdollistuisi tonttiliittymien kohdallakaan.

Suunnitelmassa pinnantasauksen muutokset eivät ole merkittävät vaan ongelmaksi muodostuneiden hulevesien hallinta ratkaistaisiin pitkälti kourulaatan ja kaivojen asennuksilla alueella, jossa nykyinen ongelma on todettu sijaitsevan. Tasauksen vähäisellä muutoksella välttyään myös uudelleen rakennettavan alueen laajenemiselta, kun tasaus säilyy lähes ennallaan. Liitteessä uudelleen päällystettävä alue on esitetty punaisella, joka sisällyttää pysäkin viereisen alueen sekä väylän reunan, johon uusi reunakivi asennettaisiin.

6.3.2 VE2

Kuivatussuunnitelman toisessa vaihtoehtoluonnoksessa (liite 2) on esitetty kuivatusratkaisu, jossa uusi, rutiläkantinen hulevesikaivo on sijoitettu yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle raitiotiepysäkin itäiselle puolelle niin, ettei se sijaitse suoraan pysäkin tai ylityspaikan vieressä. Suunnitelmassa väylän tasausta pyrittäisiin muuttamaan sen verran, että väylän matalin kohta siirtyisi suunnitellun hulevesikaivon kohdalle. Koska alue on ennestään jo melko tasainen, pinnan tasauksen muokkaus voisi tapahtua pelkkää asfalttikerrosta muokkaamalla. Uusi kaivolinja yhdistettäisiin väylällä sijaitsevaan nykyiseen sadevesikaivoon, joka sijaitsee pysäkistä katsottuna itäisellä puolella. Väylän reunaan, kaivolinjan varrelle asennettaisiin 10 cm korkuinen reunakivi lukuun ottamatta kahta tonttiliittymää, joiden kohdalle asennettaisiin luiskattu kivi, kuten ensimmäisessä vaihtoehtoluonnoksessa. Luonnokseen reunakivilinjat on merkitty sinisellä. Reunakivetyksen avulla pyrittäisiin johtamaan tältä matkalta kertyvät hulevedet ja estettäisiin samalla tonttiliittymistä vesien pääsy raitiotielle.

Uuden tasauksen suunnitellussa huomioitaisiin yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän korkeustaso suhteessa raitiotiepysäkkiin. Mahdollinen korkoeron käänkö aivan pysäkin vieressä toisi haasteita, koska korkeusero väylän ja pysäkin välillä ei tulisi muuttua, jotta pysäkkiympäristö noudattaisi Tampereen Ratikan suunnitteluohjeita.

Lisäksi suunnitelmassa yhden hulevesikaivon mitoitus on mahdollisesti alueeseen nähden liian vähäinen, joten toisen kaivon suunnittelu olisi ollut vielä tarpeen. Suunnitelma ei palvele niinkään pysäkin läntisen puolen hulevesien hallintaa, vaikkakin kyseisessä kohdassa hulevesistä ei ole aiemmin muodostunut samanlaista ongelmaa kuin pysäkin itäisen ylityspaikan kohdalla. Ensimmäinen vaihtoehto (liite1) sen sijaan palvelee pysäkkiympäristöä myös läntisestä päästä.

6.3.3 VE3

Kolmannessa vaihtoehtoluonnoksessa (liite 3) suunniteltiin raitiotiepysäkin viereisen yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän pinnantasauksen kääntöä vastakkaiseen suuntaan nykyisestä ratkaisusta eli väylän sivukaltevuuden kääntöä pois päin raitiotiestä. Tällöin hulevesi johtaisi väylän toiseen reunaan, johon sijoittuisivat hulevesikaivot, koska katualueen

viherkaistalla ei ole tarpeeksi tilaa viherpainanteelle tai avo-ojalle. Lisäksi mahdollisuudet hulevesien johtamiselle parempaan paikkaan ei ole mahdollista avo-ojaa pitkin. Jotta hulevedet valuisivat hulevesikaivoon, olisi väylän reunaan asennettava 10 cm reunakivi, joka on esitetty liitteessä sinisellä värillä.

Suunnitelmassa huomioitaisiin väylän reunan säilyminen samassa tasossa raitiotiepysäkin paasikivien vieressä ja tästä tasosta sivukaltevuus kaataisi 2,5 % kaltevuudella väylän ulkoreunaan. Suunnitelmassa haasteeksi muodostuisi tonttiliittymät, joiden tasausta ei voisi muuttaa, jotta niiden toiminnallisuus säilyisi. Näin sivukaltevuus vaihtuisi vain pienellä alueella, mutta riittäisi estämään hulevesien pääsyn raitiotiepysäkille. Tasauksen muutoksesta huolimatta hulevesiongelma tonttiliittymien kohdalla säilyisi, joten niiden kohdassa hyödynnettäisi luiskattuja reunakiviä, kuten edellä mainituissa luonnoksissa. Lisäksi väylän toiseen reunaan tulisi sijoittaa myös reunakivi, jotta hulevesi johtaisi tonttien luota uusien kaivojen luokse. Väylällä sivukaltevuuden suunnan vaihtuminen tonttiliittymien kohdissa vaikuttaisi väylän liikennöitävyyden miellyttävyyteen.

6.4 Lopputulos

Tilaaajan kanssa päädyttiin toteuttamaan edellä esitetyistä kuvatusvaihtoehdoista ensimmäinen ja hulevesiviemäristön kuivatuskartan suunnittelu pääsi etenemään kesäkuun lopulla. Liitteessä 4 on esitetty luonnoksen pohjalta suunniteltu hulevesiviemäristön kuivatuskartta. Luonnokseen verrattuna lopulliseen kuivatussuunnitelmaan lisättiin ritiläkantinen hulevesikaivo raitiotiepysäkin länsipäähän ennen kourukaivolaatan alkua, jolloin länsipäästä sijaitsevan liittymän päästä asti kulkeutuva hulevesi kerättäisiin jo tässä kohtaa ilman kulkeutumista kourukaivon kautta.

Tarkistuskaivojen lopullinen sijoittelu kadun poikkileikkaukseen nähden (liite 4) ei ollut ihanteellinen, eikä Liikenneviraston (2013a, s. 63) ohjeistuksiin verrannollinen, kun ne lopullisessa suunnitelmassa sijoitettiin lähemmäs väylän keskilinjaa. Väylän ulkoreunassa ennestään kulkevat telekaapelit estivät kaivojen sijoittelun jalankulku- ja pyöräilyväylän reunaan, koska InfraRyl:n (2023) hulevesiviemäristön ohjeistuksen mukaan kaapeleihin tuli jättää vähintään metrin etäisyys hulevesiviemäriin nähden. Suosituksetäisyyden

noudattamisella pyrittiin välttämään etenkin rakennusvaiheen mahdolliset vahingot ja kustannusten nousu.

Hulevesiviemäristön putkiston suunnittelussa huomioitiin Hermiankadun raitiotiepysäkin länsipuolella sijaitseva nykyisen tarkastuskaivon korkotaso, johon uusi kaivolinja tuli yhdistää. Uuden linjaston hulevesien purkuun löytyi ratkaisu, kun tarkasteltiin Hermiankadun aiempia kuivatussuunnitelmia ja löydettiin suunnittelualueen vieressä menevä päälinja ja jalankulku- ja pyöräilyväylällä sijaitseva tarkastuskaivo. Kaivon korkeustietojen avulla pystyttiin tarkastelemaan, että korkeus riitti putkilinjan liittämiseen ja putkilinjan suunnittelussa tämä myös todennettiin.

Suunnittelussa tarkasteltiin Hermiankadun tämänhetkistä hulevesiviemäristöä.

Hermiankadulla ajotien hulevesiviemäristön putkikokona on käytössä 400 B/O ja raitiotien urakiskoraiteiden raidekaivojen viiksien koko on 160 B/O. Hermiankadulta hulevesiviemäriinlinjasto kulkee suunnittelualueen viereisen tontin pysäköintialueen läpi, jolloin uusien hulevesikaivojen yhdistäminen onnistuu kyseiseen linjaan. Suunnittelualueen viereisen tonttialueen hulevesiviemäristön putkikokot vaihtelivat 150–400 B/O välillä. Pääsääntöisesti katutilan alueella oli ennestään jo käytössä betoniputket

Putkiston mitoituksen määrittämiseksi tarkasteltiin suunnittelualueen mitoitusvirtaamaa Kuntaliiton Hulevesioppaan (2012, s. 210) ohjeiden mukaisesti hyödyntäen suunnittelualueen, eli valuma-alueen pinta-alaa ja sen ominaisuuksia sekä mitoitusasteen kestoaikaa. Tarkastelussa huomioitiin ilmastonmuutoksen ennakoitu vaikutus ja hyödynnettiin Kuntaliiton esittämän keskimääräinen intensiteetti viiden vuoden toistuvuudella. Putkien kaltevuuden määrittämisessä käytettiin oppaassa suositeltuja vähimmäiskaltevuuksia.

Hulevesikaivojen ja -putkistojen materiaalivalinnoissa käytettiin InfraRyl ohjeistuksia. Putkien liittyminen kaivoissa tarkasteltiin kaivolaskuria hyödyntämällä (Rudus, n.d.), jolloin voitiin varmistua putkien liittymisen onnistuvan kaivossa suunnitelluissa kulmissa ilman päällekkäisyyksiä. Kaivolaskurin avulla pystyttiin myös varmistumaan, että toinen tarkistuskaivo tuli olla 1000 mm halkaisijaltaan, jotta kolme liitettävää putkea mahtuivat kaivoon. Putkien korkeustasossa pyrittiin alle routarajan eli 1,6 m syvyyteen, jolloin pystytään turvaamaan, ettei vesi jäädy putkistoon. Putkien kaltevuuksia määritteli

Hulevesioppaan suosittelemat vähimmäis- ja enimmäiskaltevuudet. Putkikaltevuuksissa päädyttiin tässä suunnitelmassa 1–2 % kaltevuuksiin, jotta putkien korkeustasossa päästiin alle routarajan eli 1,6 m syvyyteen ja näin ollen Hulevesioppaassa rakentamismääräyskokoelman säädöksen mukaan tulisi pyrkiä vähintään 1 % kaltevuuteen, joka suunnitelmassa päätettiin pitää vähimmäiskaltevuutena.

Yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän tasauksen suunnittelu jäi valitun kuivatusluonnoksen myötä vähäiseksi ja tasauksen suurempia muutoksia ei nähty tarpeellisiksi sen jälkeen, kun päädyttiin sijoittamaan kourukaivo pysäkin reunaan väylän matalimpaan kohtaan (liite 5). Nykyinen väylä pysäkin kohdassa oli sivukaltevuudeltaan 2,5 % luokkaa, joka oli tarpeeksi kuivatuksen toimivuuden takaamiseksi. Kourukaivon toiminnan tueksi pysäkin reunaan tilaaja toivoi kourukivilaattaa, jotta hulevesi kulkeutuisi pysäkin ylityspaikkojen edestä kourukaivolle, välttämällä näin vesien kertymisen ylityspaikkojen tuntumaan. Lisäksi tasauksen muutosta rajasi raitiotiepysäkin reunapaasikivi, koska väylän tasauksen tuli säilyä samassa tasossa raitiotiepysäkin reunaan nähden.

Kourukivien ja -kaivojen muodostama kuivatusratkaisu on jo ennestään käytössä Tampereella Hämeenkadulla, jossa jalankulku- ja pyöräilyväylien hulevedet ohjataan kourukivillä ja kourukaivot johtavat veden pois kivikouruista. Ratkaisu oli tällöin ennestään toimivaksi ratkaisuksi todettu ja sen käyttöä Hermiankadulla tuki myös kuivatusratkaisujen yhtenäisyyttä Tampereen raitiotien ympäristössä. Kourulaattojen ja -kaivon käyttö Hermiankadun raitiotiepysäkin vieressä mahdollisti myös esteettömyyden säilymisen pysäkillä liikkuessa, kun pysäkin ja yhdistetyn pyörätien ja jalkakäytävän väliin ei rakenneta reunatukea, joka olisi muodostanut 4 cm korkeuseron edellä mainittujen pintojen välille.

7 Yhteenveto

Tämän työn tavoite oli luoda uusi kuivatus- ja tasaussuunnitelma Hermiankadun raitiotieväylän vierellä kulkevalle yhdistetylle pyörätielle ja jalkakäytävälle, tarkemmin Hermiankadun raitiotiepysäkin viereiselle osuudelle, josta hulevedet pääsivät valumaan raitiotien kiskoille asti muodostaen kevättalvisin paannejäätä urakiskoille ja aiheuttamaan liikenneturvallisuusriskin raitiotieliikenteelle. Suunnitelman tarkoituksena on estää hulevesien pääsy väylältä raitiotielle alueelle suunniteltujen hulevesikaivojen ja -rakenteiden avulla sekä muuttaa raitiotieympäristöä sen verran, että pahin hulevesienvaluma saadaan ohjattua pois raitiotieväylän ylityspaikan ja kevyen liikenteen risteyskohdasta, johon vesi on aiemmin kertynyt.

Työ oli hyödyllinen ja ilmeni suoraan tilaajan tarpeesta. Tampereen Ratikan laajentuessa Pirkkalaan ja Linnainmaalle sekä lisätessä liikennöintiään tulevaisuudessa Tampereella ja naapurikunnissa on hyvin olennaista, että nykyisen Hermiankadun reitti varikolle toimii eikä raitiotieosuudella esiinny liikenneturvallisuutta riskeeraavia tekijöitä, kuten tässä tilanteessa riskiä hulevesien pääsystä raiteille ja paannejään muodostumiselle. Raitiotien laajentumisen yhteydessä toteutetaan myös Hermiankadun toinen raide varikolle saakka. Hulevesikaivojen myötä myös Hermiankadun raitiotiepysäkin ympäristössä tapahtuu esteettisesti positiivinen muutos, kun hulevesi ei kerry raitiotiepysäkin pohjoispuolelle kevyen liikenteen väylän matalimpaan kohtaan, kuten aiempina vuosina.

Opinnäytetyö vaiheen päätyttyä kuivatussuunnitelma etenee rakennusvaiheen suunnitteluun ja sen myötä työssä esitetyn kuivatussuunnitelman muokkaukseen. Muokkauksen tarkoituksena on turvata raitiotiepysäkin paasikivien paikallaan pysyminen ja minimoida riskit pysäkin uudelleen rakentamiselle. Tämän vuoksi etenkin pysäkin viereen sijoitettavan hulevesikaivon syvyys tulee olemaan lähempänä pintaa, jotta kaivo asennus ei aiheuttaisi pysäkin paasikivien liikkumista. Muutoksien valmistuttua Tampereen Raitiotieallianssin on mahdollista toteuttaa Hermiankadun kuivatussuunnitelma syksyn aikana ennen tulevaa talvea ja mahdollisesti välttyä aiempina talvina ilmenneiltä hulevesiongelmilta. Suunnitelman toimivuus käytännössä pystytään todentamaan vasta tulevina talvina. Uuden kuivatussuunnitelman toteutuksen tulisi vähentää kunnossapidon töitä alueella, mutta tämä edellyttää edelleen tehokasta kunnossapitoa talvella, kun

lämpötila nousee nollan pintaan ja hulevedet lisääntyvät alueella, jotta ritilä- ja kourukaivo pysyvät auki ja puhdistettuina lumesta, jotta hulevesi pääsee ongelmitta virtaamaan kaivoihin. Toimivana kuivatussuunnitelma tukee raitiotieliikennettä myös kestäväen kehityksen näkökulmasta turvaamalla sen toimivuutta ja pidentämällä sen käyttöikä.

Suunnittelun aloitusvaiheessa näkemys suunnittelukohteen ongelmista oli pitkälti Tampereen Ratikan Kunnossapitoallianssin ottamien kuvien varassa, koska suunnittelu aloitettiin alkuvuodesta 2023, eli ennen kuin aiemman vuoden kevättalven tyypiset ongelmat ehtivät toistua. Päädyttyihin suunnitelmiin vaikuttivat alkuperäiset suunnitelmat, koska koko raitiotieväylää ei voitu suunnitella uudestaan, koska raitiotien tuli olla liikennekäytössä korjausten aikana eikä suunnittelualueeseen lukeutunut raitiotien väylä. Kuivatuksen suunnittelua rajasi alueen aiemmat suunnitelmat, raitiotiepysäkin korkeustaso ja sijainti sekä tonttiliittymien sijainnit, mikä toi osaltaan haasteita jo suunnittelun luonnosteluvaiheessa sekä itse lopullisen kaivolinjan suunnitteluun.

Kaivojen sijoittelu ohjeiden mukaan väylän reunaan oli haasteellista toteuttaa maan alla ennestään kulkevien telekaapeleiden ja johtojen vuoksi ja tällöin tarkistuskaivojen siirtäminen epäedullisempaan kohtaan kadun poikkileikkaukseen nähden oli parempi, kuin lisätä huomattavasti kustannuksia siirtämällä kaapeleita tai putkia kaivojen asennuksien yhteydessä.

Toisenlaisen kuivatusratkaisun valinta kohteeseen olisi voinut tuoda uudenlaisia haasteita. Teoriassa esitetyn Dublinissa käytetyn linjakuivatuskourunkäyttö olisi Suomen ilmastoon, etenkin pakkassäähän, voinut olla toiminnaltaan epäluotettava ja vaatinut toimiakseen saattolämmityksen. Lämmityksen järjestäminen olisi toisaalta lisännyt huomattavasti kustannuksia takaamatta ratkaisulle moitteetonta toimivuutta kriittisimpänä aikana. Laajemman kansainvälisen raitiotieympäristön kuivatuksen vertailua varten löytyi niukasti avointa materiaalia, jonka vuoksi vertailu jäi melko vähäiseksi.

Vaihtoehtoisten kuivatusratkaisujen pohdinnassa nousi lisäksi ehdotus viivytysohjeiden teosta raitiotiepysäkin vieressä olevalle viherkaistalle ja hulevesikaivon sijoituksesta painanteen pohjalle. Talvisin viherpainanteiden imeytymismahdollisuuksien toiminnassa on kuitenkin todettu haasteita maan ollessa jäässä, jolloin vesi ei pääse imeytymään maaperään. Ehdotetussa viivytysohjeissa voi olla samanlaisia ongelmia ja hulevesikaivo

voi jäädä helposti lumenpeittoon, jolloin veden johtaminen olisi heikentynyt. Tällöin painanne soveltuisi talvisaikaan lähinnä lumenläjitystilana, mutta ei ratkaisisi suunnittelualan lähtökohtaista ongelmaa eli sulamisvesien pääsyn estämistä raitiotien kiskoille. (Inha, L. 2010, s. 27–28)

Toiminnallisen opinnäytetyön eteneminen tapahtui vaihtelevasti aikataulusyistä, mikä näkyi loppuvaiheen kiireenä. Tässä työssä suunnitelma ei ehtinyt etenemään lopulliseen, toteutettavaan muotoonsa, sillä suunnitelma on yksittäinen kokonaisuus eikä siihen otettu huomioon rakennuttajan toivomia muutoksia. Aikatauluhaasteita syntyi viestinnän puutteiden vuoksi, jonka vuoksi työn etenemistä oli haastavaa suunnitella ennakkoon. Odotettavien lähtötietojen vuoksi itse suunnittelun aloitus ei onnistunut heti alkuvuodesta, kuten alkuperäisen suunnitelman mukaan tekijä oli pyrkinyt etenemään.

Tämä työ antoi käytännön kokemusta projektityöstä ja ymmärrystä, ettei projektit aina etene suoraviivaisesti maaliin vaan haastavampien kohteiden suunnittelussa voi tulla muutoksia useaan otteeseen. Tampereen Ratikalla ei ole ollut aiemmin vastaavanlaisia takuutöitä, joten tiedossa ei ollut yhtä ja tiettyä tapaa ratkaista tämänkaltaista ongelmaa, joten ideoita ja ehdotuksia tuli eritahoilta, joista suunniteltiin toimiva kokonaisuus. Koska tekijällä ei itsellä ollut kokemusta vastaavan suunnitelman teosta, kokeneempien suunnittelijoiden vinkit ja näkemykset vaikuttivat etenkin vaihtoehtoluonnosten laadinnassa. Suunnitelman allianssin takuutyönä tilanneet Tampereen kaupunki ja Tampereen Raitiotie Oy tekivät viimeisen päätöksen lopullisen suunnitelman valinnasta. Lopullisen kuivatussuunnitelman teossa tekijä perehtyi teoriaan ja toteutti suunnitelman ohjeistusten määrittämällä tavalla.

Työ oli ensimmäinen kuivatussuunnitelma, jonka tekijä on suunnitellut ja oli kokonaisuutena opettavainen ja hyödyllinen. Suunnittelutyön tuomasta kokemuksesta on varmasti hyötyä tulevalla työuralla vastaavanlaisten projektien parissa, sillä hulevesien hallinnan merkitys ja ymmärrys tulee ilmastonmuutoksen tuomien muutoksien myötä korostumaan. Novapoint ja Autocad -ohjelmistojen käytön syvempi oppiminen työn lomassa vei oman aikansa, mutta toi niiden käyttöön uutta varmuutta ja kokemusta, jolle on varmasti tarvetta myös jatkossa vastaavissa suunnitteluprojekteissa.

Mielenkiintoinen jatkotutkimusaihe voisi olla laajempi raitiotieympäristön kuivatusratkaisujen vertailu, koska aiheesta löytyy vain vähän avointa tietoa. Lisäksi raitiotieympäristön korjausrakentamisen ratkaisut ja niiden mahdollisuudet olisivat mielenkiintoisia ja hyödyllisiä aiheita, etenkin raitiotieverkoston lisääntyessä Suomessa ja sen toimivuuden ja turvallisuuden merkityksen kasvaessa osana joka päivästä liikkumista.

Lähteet

InfraRyl. (2023.) *Hulevesiviemärit*. [Vaatii käyttöoikeuden.] Haettu 3.7.2023 osoitteesta https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2023_1/31200.html#id31200.3.1

Inha, L. (2010). *Hulevesien hallinta rakennetuilla alueilla* [diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto].

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/6631/inha.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Kokkila, M., Jalonen, J. & Hell, K. (2002). *Hulevedet*. Suomen kuntatekniikan yhdistys SKTY. Haettu 19.1.2023 osoitteesta <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/hulevedet/>

Kuntaliitto. (2012). *Hulevesiopas*. <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas>

Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta annetun lain muuttamisesta 547/2005. Haettu 9.5.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050547>

Laki vesihuoltolain muuttamisesta 681/2014. Haettu 7.5.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140681>

Letbaner på strækninger. (2016). *Raitiotiepysäkin kuivatus Dublinissa* [kuva]. Moodle-tiedosto. [Vaatii käyttöoikeuden].

https://learn.hamk.fi/pluginfile.php/974470/mod_resource/content/0/Letbaner%20p%C3%A5%20str%C3%A6knings.pdf

Liikennevirasto. (2013a). *Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu*.

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121630/lo_2013-05_978-952-255-250-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liikennevirasto. (2013b). *Tie suuntauksen suunnittelu*.

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121680/lo_2013-30_978-952-255-340-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Maankäyttö- ja rakennuslaki (Alueidenkäyttölaki) 5.2.1999/132. Haettu 10.5.2023 osoitteesta <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Melkas, E. (2015). *Vesihuoltolain uudet säännökset*. Maa- ja metsätalousministeriö. Haettu 7.5.2023 osoitteesta <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/58604/Eriika+Melkas/9241be40-d264-4b3e-8203-b4d6d6bc1fd2>

Oskari -karttapalvelu. (n.d.). *Suunnittelukohteen tarkempi sijainti* [kuva]. Tampereen kaupunki. Opaskartta. Haettu 1.2.2023 osoitteesta <https://kartat.tampere.fi/oskari/#>

Raitiotieallianssi. (n.d.-a). *Suunnitteluperusteet*. Haettu 13.1.2023 osoitteesta https://www.ratikansuunnitteluohje.fi/wp-content/uploads/2021/10/LIITE1_Suunnitteluperusteet.pdf

Raitiotieallianssi. (n.d.-b). *Tampereen raitiotie*. Haettu 17.1.2023 osoitteesta <https://raitiotieallianssi.fi/tampereen-raiotie/>

Raitiotieallianssi. (n.d.-b). *Tampereen raitiotie ensimmäiset linjat* [kuva]. Haettu 17.1.2023 osoitteesta <https://raitiotieallianssi.fi/tampereen-raiotie/>

Rudus. (n.d.). *Kaivolaskuri*. <https://www.rudus.fi/laskurit/kaivolaskuri/kaivolaskuri>

Sivenius J. (2020). *Geometrinen suunnittelu*. <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/geometrinen-suunnittelu/>

Tampereen kaupunki. (2023a). *Kunnossapito*. Haettu 26.6.2023 osoitteesta <https://www.tampere.fi/liikenne-kadut-ja-kunnossapito/kunnossapito#kaupungin-kunnossapitovastuut>

Tampereen kaupunki. (2023b). *Talvikunnossapito*. Haettu 26.6.2023 osoitteesta <https://www.tampere.fi/liikenne-kadut-ja-kunnossapito/kunnossapito/talvikunnossapito>

Tampereen kaupunki. (2018). *Kestävä Tampere 2030 -kohti hiilineutraalia kaupunkia linjaukset*. https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-05/kestava_tampere_2030_linjaukset.pdf

Tampereen kaupunki. (2016). *Tampereen raitiotien vaikutusten arviointi*. Yhteenvetoraportti 2016.

https://www.raitio.org/vanhasivusto/ratikat/tampere/tiedostot/Raitiotieallianssi_arviointiraportti.pdf

Tampereen Ratikka. (2022a). *Raitiotien kalusto ja kunnossapito*. Tampereen raitiotien suunnitteluohje. Haettu 10.5.2023 osoitteesta <https://www.ratikansuunnitteluohje.fi/12-raiotien-kalusto-ja-kunnossapito/#12-2-raiotien-kunnossapito-ja-kunnossapitokalusto>

Tampereen Ratikka. (2022b). *Raitiotieradan rakenteet*. Haettu 10.5.2023 osoitteesta <https://www.ratikansuunnitteluohje.fi/8-raiotieradan-rakenteet/#8-4-radan-kuivatus>

Tampereen Ratikka. (2023). *Tampereen raitiotien suunnitteluohje*. Haettu 13.1.2023 osoitteesta <https://www.ratikansuunnitteluohje.fi/>

Tampereen Ratikka. (2021). *Seudullisen yleissuunnitelma*.

<https://www.tampereenratikka.fi/wp-content/uploads/2021/09/Tampereen-raiotien-seudullinen-yleissuunnitelma-19.2.2021-1.pdf>

Tampereen Ratikka (n.d.-a). *Liikenneturvallisuus*. Haettu 10.5.2023 osoitteesta <https://www.tampereenratikka.fi/tampereen-ratikka/liikenneturvallisuus/>

Tampereen Ratikka. (n.d.-b). *Ratikan tarina*. Haettu 13.1.2023. osoitteesta <https://www.tampereenratikka.fi/tampereen-ratikka/ratikan-tarina/>

Tampereen Ratikka. (n.d.-c). *Ratikan tekijät*. Haettu 10.5.2023. osoitteesta <https://www.tampereenratikka.fi/tampereen-ratikka/ratikan-tekijat/>

Tampereen Ratikka. (n.d.-d). *Tampereen Ratikan varikko*. Haettu 17.1.2023 osoitteesta <https://www.tampereenratikka.fi/varikko/>

Väylävirasto. (2021a). *Radan ympäristöohje*.

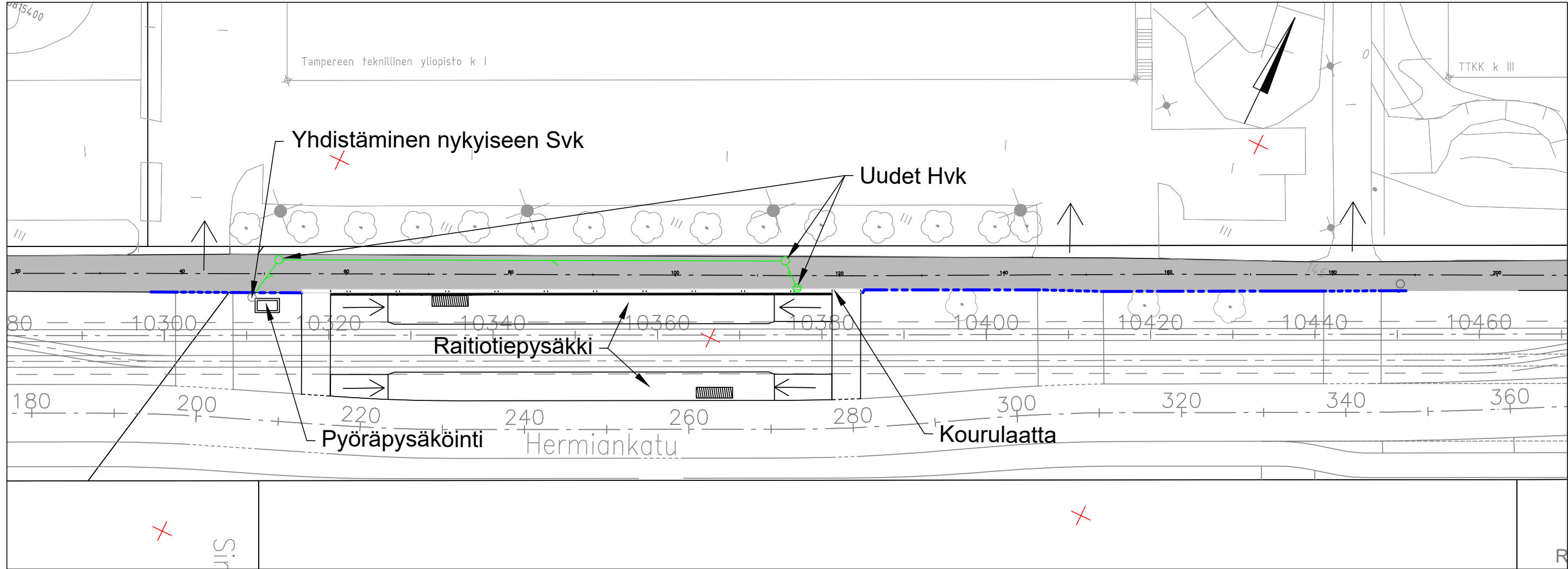
https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-26_radanpidon_ymparistooohje_web.pdf

Väylävirasto. (2021b). *Ympäristövaikutusten arviointi rata- ja tiehankkeissa.*

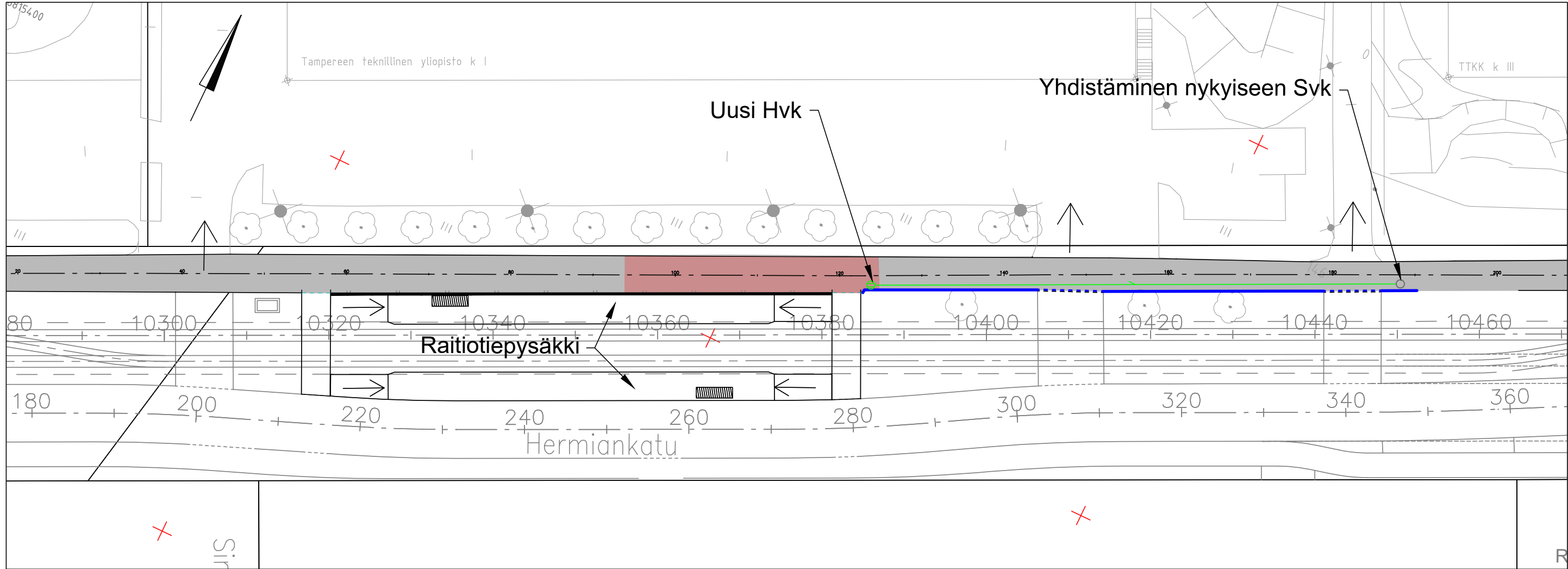
https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-

[02_yva_rata_tiehankkeissa_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-02_yva_rata_tiehankkeissa_web.pdf)

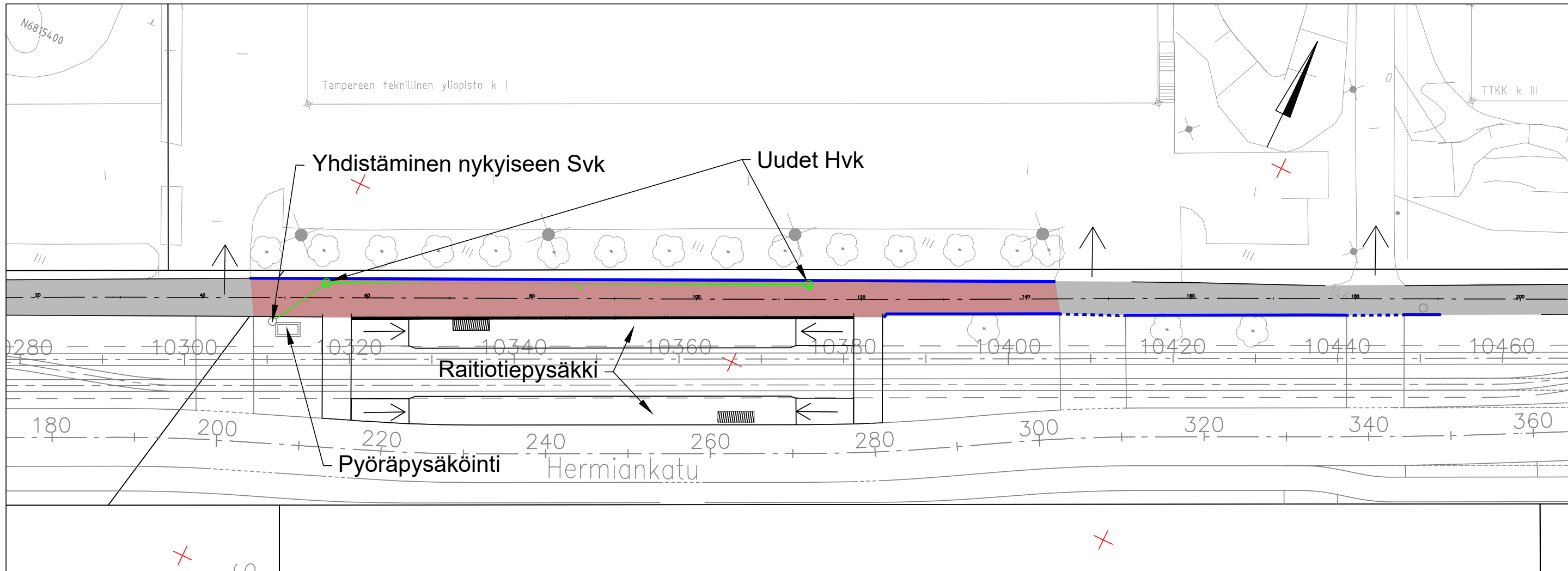
Liite 1: Kuivatussuunnitelman vaihtoehtoluonnos 1



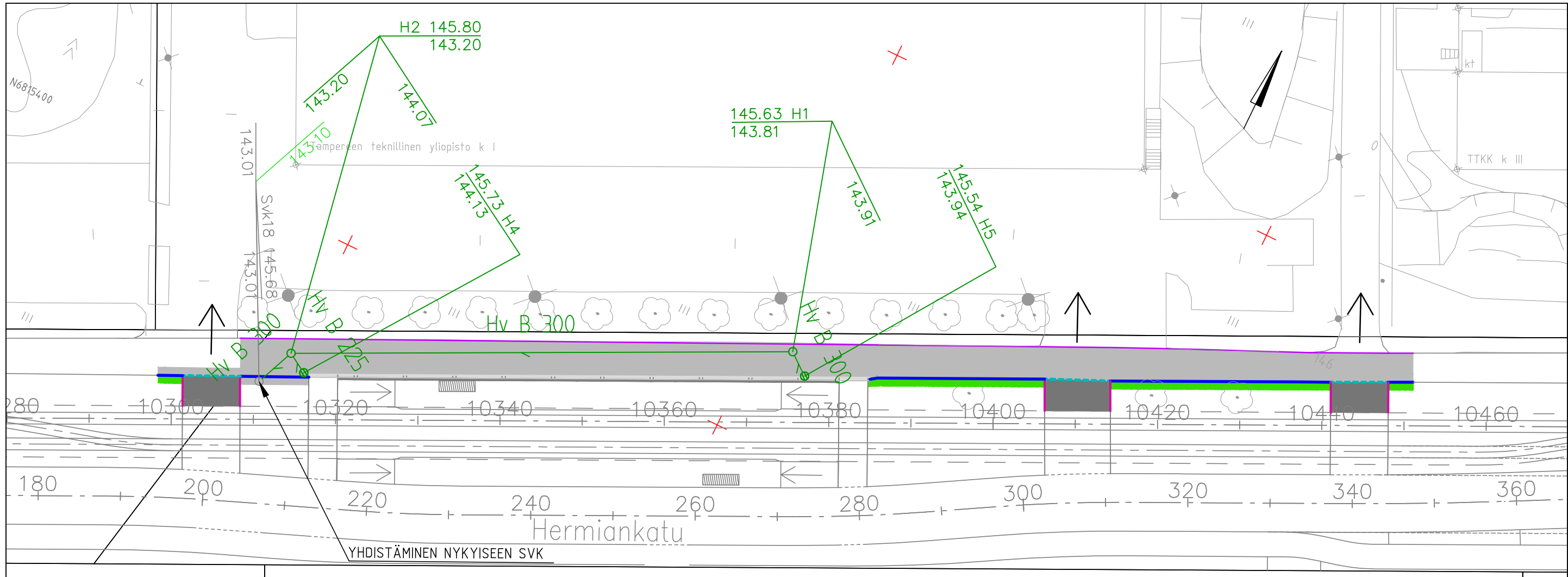
Liite 2: Kuivatussuunnitelman vaihtoehtoluonnos 2



Liite 3: Kuivatussuunnitelman vaihtoehtoluonnos 3



Liite 4: Kuivatuskartta



Liite 5: Tasauskartta

