



# Ratalaatan päällä olevat kiveykset

Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Liikenneala (AMK)

Kevät 2025

Lauri Nousiainen

Koulutus Liikenneala  
Tekijä Lauri Nousiainen  
Työn nimi Ratalaatan päällä olevat kiveykset  
Ohjaajat Noora Eklöf (HAMK), Jari Nihtilä (WSP Finland)

Tiivistelmä  
Vuosi 2025

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ratalaatan päällä olevien kiveyksien perustamis- ja saumaustapoja. Olemassa olevista kiveys- ja saumausratkaisuista oli tarkoituksena valikoida toimivimmat ja tehdä niistä tyyppikuvat. Opinnäytetyö rajattiin pitämään sisällä kadun pintamateriaalit.

Työssä tehtiin kolme maastokäyntiä Helsingin kantakaupungin luonnonkivipintaisille kaduille, joissa on raitiotieliikennettä. Maastokäyntien tarkoituksena oli kartoittaa, minkälaisia ongelmia kaduilla on, minkälaisilla kaduilla ongelmia esiintyy, miten ongelmat esiintyvät, mitä saumausaineita ja mitä kivityyppejä kyseisillä kaduilla on käytetty.

Opinnäytetyötä varten haastateltiin luonnonkiviin liittyen suunnittelunkiveys- ja kunnossapidon asiantuntijoita. Haastatteluita järjestettiin ennen ja jälkeen maastokäyntien. Haastatteluiden tarkoituksena oli saada ymmärrys, että mitä kaikkia ongelmia kaduilta löytyy ja miten ne esiintyvät. Haastatteluiden tarkoituksena oli myös saada tietoa siitä, miten kadut tulisi perustaa ja mitä materiaaleja tulisi käyttää.

Maastokäyntihavaintojen ja haastatteluiden perusteella tehtiin tyyppikuvat AutoCAD-ohjelmistolla. Tyyppikuvia tehtiin kolme kappaletta, joista kaksi oli tyyppipoikkileikkauksia ja kolmas periaatekuva. Tyyppikuvien tarkoituksena on olla tulevaisuuden projektien suunnittelun apuna.

Työn tuloksena voidaan todeta, että kiveyksillä tehtyjen katujen rakentaminen vaatii paljon huolellisuutta ja ammattitaitoa. Saumojen leveyksien pitää pysyä tarpeeksi kapeina ja oikeaa saumausaineen määrää on vaikea valvoa. Valvontaa ja työn tekoa helpottamaan päädyttiin käyttämään koko kiven korkeudelta samaa saumausainetta. Samalla päädyttiin luopumaan noppakivien käytöstä, sillä noppakivien ja muiden pienempien kivien on havaittu painuvan tai irtaavan nupukiviä herkemmin.

Avainsanat rataaatta, kiveys, saumaus  
Sivut 36 sivua ja liitteitä 2 sivua

DP	Traffic and Transport Management	Abstract
Author	Lauri Nousiainen	Year 2025
Subject	Paving over track slab	
Supervisors	Noora Eklöf (HAMK), Jari Nihtilä (WSP Finland)	

---

The aim of the thesis was to investigate the foundation and sealing methods of the paving on top of the track slabs. The aim was to select best solutions from the existing paving and sealing solutions and make standard drawings out of them.

Three field visits were made to the natural stone-surfaced streets of Helsinki, where there is tram traffic. The purpose of the field visits was to identify what kind of problems there are on the streets, what kind of streets have problems, how the problems occur, what sealants and what types of stone have been used on the streets.

Experts working with paving and maintenance work were interviewed for the thesis. Experts were interviewed for the thesis. Interviews were arranged before and after the field visits. The purpose of the interviews was to gain an understanding of all the problems that can be found on the streets and how they occur. The purpose of the interviews was also to obtain information on how streets should be established and which materials should be used.

Three pictures were drawn, depicting the typical pavement solutions, two of which were typical cross-sections and the third was conceptual drawing. The purpose of the typical pictures depicting typical solutions is to help design in future projects.

As a result of the thesis, it can be stated that the construction of paved streets requires a lot of care and professionalism. The widths of the joints must remain narrow enough, and it is difficult to control the appropriate amount of sealant. The drawings also include a suggestion of using the same sealant for the entire height of the stone to facilitate site supervision and work flow. Additionally, the use of dice stones is not recommended, as dice stones and other smaller stones have been found to sink or come loose more easily in comparison than larger stones.

Keywords track slab, paving, sealing  
Pages 36 pages and appendices 2 pages

# Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Raitiotieradan rakenne.....	2
2.1	Pohjalaatta.....	2
2.2	Nurmikiveys.....	3
2.3	Noppakiveykset.....	4
2.4	Nupukiveykset.....	5
2.5	Luonnonkivinen reunatuki.....	7
3	Raitiotien huolto ja kunnossapito.....	8
4	Haastattelut ja maastokäynnit.....	9
4.1	Asiantuntijahaastattelu ennen maastokäyntejä.....	10
4.2	Ensimmäinen maastokäynti.....	12
4.2.1	Tehtaankatu.....	13
4.2.2	Telakkakatu.....	15
4.2.3	Bulevardi.....	17
4.3	Toinen maastokäynti.....	19
4.3.1	Porthaninkatu.....	19
4.3.2	KaPa-hanke: Leonkatu.....	21
4.4	Kolmas maastokäynti.....	23
4.4.1	Aleksanterinkatu.....	23
4.4.2	Mikonkatu.....	25
4.5	Maastokäynti havaintojen läpikäynti ja toinen asiantuntijahaastattelu.....	26
5	Kokemukset muualta Suomesta.....	28
5.1	Raide-jokeri.....	28
5.2	Tampereen ratikka.....	29
6	Tyypikuvat raitiotiekadun kiveyksestä ja saumauksesta sekaliikennekadulla.....	30
6.1	Tyypipoikkileikkaukset.....	31
6.2	Periaatekuvat.....	32
7	Johtopäätökset.....	34
8	Yhteenveto.....	35
	Lähteet.....	37

## Kuvat

Kuva 1 Raitiotieradan poikkileikkaus (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 23) .....	2
Kuva 2 Nurmikiveysradan poikkileikkaus (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 19) .....	3
Kuva 3 Nurmikiveys ja ratakiskojen kapeiden välien betonointi Nihdin alueelta.....	4
Kuva 4 Noppakiveys Laivurinkadulta .....	5
Kuva 5 Tehtaankadun nupukiveys .....	6
Kuva 6 Nupukiviradan poikkileikkaus .....	7
Kuva 7 Leonkadun upotettu reunatuki asfaltin ja nupukiveyksen rajapinnassa .....	8
Kuva 8 Ensimmäisellä maastokäynnillä otettujen kuvien sijainnit. Karttapohjana käytetty Microsoft Bing-mapsia (Microsoft, n.d.a). .....	12
Kuva 9 Bitumisauma irtoillut paloina Tehtaankadulla .....	13
Kuva 10 Tehtaankadulla suojatien painuneita noppakiviä kiskon vieressä ja kiskojen välissä .....	14
Kuva 11 Tehtaankadulla kiskon viereinen bitumisauma puuttuu ja irronneita kiskon viereisiä juoksukiviä on korjattu asfaltilla .....	15
Kuva 12 Telakkakadun painunutta ja liikkunutta nupukiveystä .....	16
Kuva 13 Telakkakadulla suojatien nupukiviä käännetty 90° .....	17
Kuva 14 Bulevardin ja Hietalahdenkadun risteyksen suojatie tehty nupukivistä .....	18
Kuva 15 Nupukivien uutta bitumointia ja nupukivien painuminen kiskopariin .....	18

Kuva 16 Toisella maastokäynnillä otettujen kuvien sijainnit. Karttapohjana käytetty Microsoft Bing-mapsia (Microsoft, n.d.a). .....	19
Kuva 17 Rata-alueen nupukiveys Porthaninkadulla .....	20
Kuva 18 Epoksikvartsihiekkasauman valahtaminen nupukivien väliin .....	21
Kuva 19 Leonkadun nupukivien ja betonisaumojen murtumat.....	22
Kuva 20 Kolmannella maastokäynnillä otettujen kuvien sijainnit. Karttapohjana käytetty Microsoft Bing-mapsia (Microsoft, n.d.a). .....	23
Kuva 21 Aleksanterinkadun mittatarkasti sahatuista nupukivistä tehty suojatie .....	24
Kuva 22 Aleksanterinkadun nupukivien painuminen .....	25
Kuva 23 Mikonkadun rataakiskojen kapea väli betonoitu ja kaivojen läheisyydessä olevien kiveysten painuminen .....	26
Kuva 24 Tampereen raitiotiepysäkin kivien painuminen havainnollistettu vatupassin avulla .....	30
Kuva 25 Kadun tyyppi- ja poikkileikkaus .....	32
Kuva 26 Kadun periaatekuva 1 .....	33
Kuva 27 Kadun periaatekuva 2 suojatien kohdalta.....	34

## **Liitteet**

- Liite 1. Tyypipiirustus
- Liite 2. Aineistonhallintasuunnitelma

# 1 Johdanto

Helsingin kantakaupungin alueella luonnonkivipintaisilla raitiotieliikennöidyillä kaduilla luonnonkiveykset eivät ole kestäneet liikenteen kulutusta. Luonnonkivipäälysteisillä kaduilla kiskon viereiset saumaukset eivät ole kestäneet ja pahimmissa tapauksissa kivet ovat voineet jopa irtailla. Suurimmat ongelmat havaittiin sekaliikennekaduilla, jossa kulkevat niin ajoneuvo- kuin raitiovaunuliikenne. Suurimmaksi ongelmien aiheuttajaksi on havaittu kadun routiminen, jossa vesi pääsee kadun kerrosten läpi ja aiheuttaa niin sanotun ”pumppaus”-efektin veden jäätyessä ja sulaessa. Routiminen nostaa kadun kiviä ylöspäin ja heikentää kadun rakennetta ja pahimmissa tapauksissa kunnossapidon kalusto irrottaa kadun pinnasta nousseet kivet.

Opinnäytetyössä tutkittiin raitiotien rataalaatan päällä olevien kiveyksien perustamis- ja saumaustapoja. Työn tavoitteena oli selvittää, mikä olemassa olevista kiveys- ja saumausratkaisuista on toimivin, sekä tehdä niiden pohjalta tyyppikuvat, joita voidaan käyttää suunnittelun pohjana. Työ rajattiin kadun pintamateriaaleihin ja ratkaisuihin ei oteta kantaa raitioteiden kantavaan rakenteeseen. Työn tilaajina olivat Helsingin kaupungin kaupunkiympäristö ja Helsingin kaupunkiliikenne Oy.

Opinnäytetyössä suoritettiin kolme maastokäyntiä, jotka ajoittuivat vuoden 2024 lokamarraskuulle. Maastokäyntien tarkoituksena oli kartoittaa luonnonkivipäälystettyjen katujen ongelmia ja hyväksi todettuja ratkaisuja. Tilaajilta saatiin maastokäyntien kohteita, joissa ongelmia oli ilmaantunut. Maastokäyntien kohteiksi valikoitui myös katuja, joissa ei ollut havaittu ongelmia, koska haluttiin saada tietoa, miksi nämä kadut ovat pysyneet hyvässä kunnossa.

Maastokäyntien lisäksi opinnäytetyötä varten haastateltiin kiveyksien ja radan kunnossapidon sekä suunnittelun asiantuntijoita. Asiantuntijat koostuivat Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön, Helsingin kaupunkiliikenne Oy:n ja Tampereen ratikan asiantuntijoista. Haastatteluiden tavoitteena oli selvittää mistä johtuvat maastokäynneillä havaitut ongelmat ja mahdollisesti ratkaista ne. Haastatteluja tehtiin sekä ennen että jälkeen maastokäyntien.

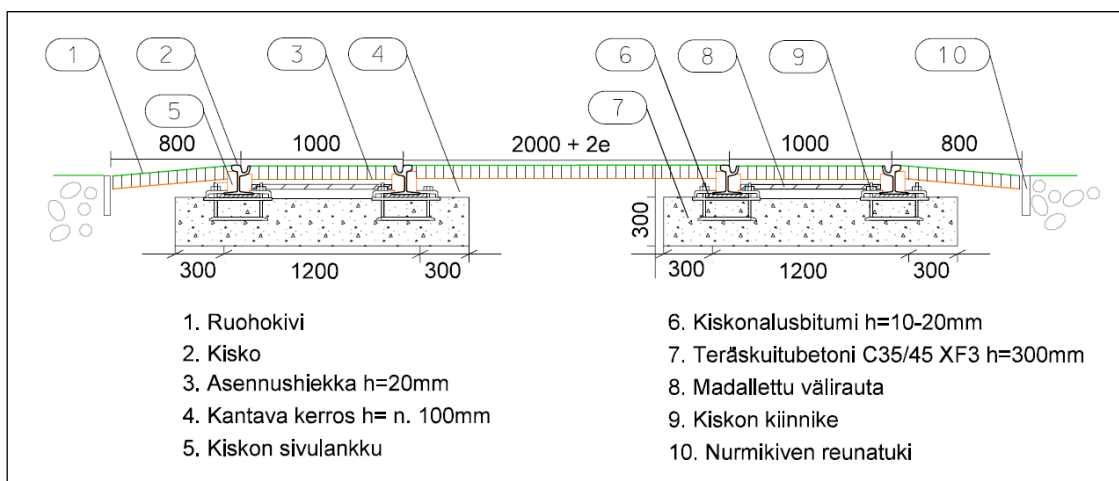


Muottina voidaan käyttää muottilevyä, maakaukaloa tai betonipölkkyjä. Muotin betoni tiivistetään täryttämällä. Erikoisrakenteet asennetaan erillisten suunnitelmien mukaan. Kaikissa muottiratkaisuissa betonin yläpinnan on täytettävä poikkileikkauksen vaatimukset ja pohjalaatan yläpinta tasataan hiertämällä. Betoniroiskeiden puhdistus kiskourista on tehtävä heti betonitöiden päätyttyä ja samalla muottimateriaalit on poistettava. (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 24)

## 2.2 Nurmikiveys

Nurmikiveystä (Kuva 2) rakennettaessa pohjalaatan päälle asennetaan sepeli, asennushiekka ja päällystyskivi. Nurmikiven reikiin asennetaan TerraCottem-maanparannusaine. TerraCottem-maanparannusaine edistää juuriston kehitystä, vähentää kastelun tarvetta jopa 50 % ja aktivoi kasvualustan mikrobitoimintaa (Mustilan puutarha, n.d.a). Tämän jälkeen reikiin asennetaan multa, johon istutetaan nurmiseos. Ratakiskon molemmille puolille asennetaan sivulankut, jotka estävät lähimpänä kiskoa olevan kiven vajoamisen kiskon alle. (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 19)

Kuva 2 Nurmikiveysradan poikkileikkaus (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 19)



Kantavassa kerroksessa kiviaineksena käytetään sepeliä, jonka raekoko on 0–16 mm. Asennushiekkana käytetään Kunnallisteknisten töiden yleisen työselostuksen (KT-02) mukaista asennushiekkaa, jonka päälle nurmikivet asennetaan. Tarvittaessa nurmikivet sahataan sopivan kokoiseksi. (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 19)

Nurmikivien (Kuva 3) saumanleveys vaihtelee 10–30 mm välillä. Nurmikivissä on asennusnystyrät, joka määrittää sauman leveyden. Nurmikivien saumausaineena käytetään multahiekkaseosta, jossa on sekoitettuna nurmikonsiemenet. Saumauksessa voidaan käyttää myös pienirakeista sepeliä, jolloin nurmikiveyksen vedenläpäisykyky paranee. (Helsingin kaupunki, n.d.a)

Kuva 3 Nurmikiveys ja ratakiskojen kapeiden välien betonointi Nihdin alueelta



### 2.3 Noppakiveykset

Infraryl-ohjeiden mukaan noppakiven sivumitat ovat yleensä 50 mm, 90 mm tai 140 mm. Asennushiekkakerrosta käytetään sitomattomien ja sidottujen kerrosten päällä. Kiveyksen (Kuva 4) asennushiekkakerroksen paksuus määräytyy käytettävien kivien mukaisesti ja se levitetään kivien asennusalustaksi. Kivet lyödään kevyesti laskuvasaralla paikalleen ja asennushiekkakerroksen pintaosa tiivistetään kivien asentamisen jälkeen. Saumat täytetään kuivalla saumaushiekalla ja kiveys tiivistetään koneellisesti esimerkiksi tärylevyllä. Kivet asennetaan niin, että saumanleveydeksi tulee enintään 10 mm (Helsingin kaupunki, 2024, s. 13). (InfraRYL, n.d.-b)

Kuva 4 Noppakiveys Laivurinkadulta



Noppakivet, joiden sivumitta on 90 mm tai sen alle, asennetaan maakostean betoniin ja kohdissa, joissa kivien tulee pysyä paikallaan. Maakostealle betonille asennettua kiveystä saa kuormittaa vasta kun asennuskerros on riittävän luja. (InfraRYL, n.d.-b)

Bitumisaumausta käytettäessä saumat jätetään hieman leveämmäksi (10–15 mm) kuin normaalisti. Saumat täytetään saumaushiekalla niin, että saumoihin jää noin 30–50 mm syvä bitumointivara. Kun kivet eivät enää havaittavasti liiku saumat täytetään bitumiseoksella. Saumoista poistetaan tarvittaessa saumaushiekkaa, jotta bitumisaumaus voidaan tehdä tasakorkeana. Saumaus tehdään ilman, että kiveyksen pinta tahriintuu. (InfraRYL, n.d.-b)

## 2.4 Nupukiveykset

Nupukivien (Kuva 5) asennuksessa käytetään aina maakostea asennusbetonia. Asennettavien nupukivien korkeuden tulee olla 130–140 mm (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018). Kivet tulee asentaa niin, että saumanleveydeksi tulee enintään 10 mm (Helsingin kaupunki, 2024). Valmis nupukiveys on kiskon kanssa samassa tasossa (0– (-5) mm). Kiskoja molemmille puolille asennetaan sivulankut, jotta kiskoa lähimpänä olevat kivet eivät pääse nojaamaan kiskoa vasten. Kiskon ja nupukivien välinen saumaus tehdään bitumilla. Saumauksessa käytetään Ratasaumoa tai muuta vastaavaa bitumiseosta ja saumaus tehdään kuivaan saumaan tarvittaessa kuivattamalla. Jos saumauksen aikana

bitumia päätyy kiskon pinnalle, on se poistettava välittömästi. Bitumisauman korkeuden on oltava vähintään 1/3 kiven korkeudesta. Jos kiveyksessä (Kuva 5) havaitaan painaumia tai muita virheitä, on ne korjattava ennen saumausta. Saumausta ei saa suorittaa sateella (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 21).

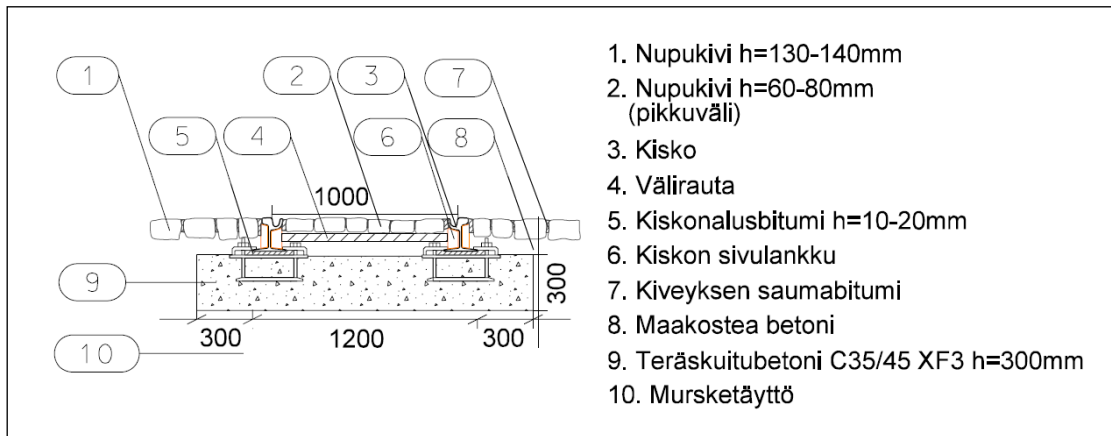
Kuva 5 Tehtaankadun nupukiveys



Radan molemmin puolin käytetään kiskon vieressä kulkevaa nupukivistä tehtyä juoksukiviriviä (Kuva 6). Juoksukivirivi on radan suuntainen ja kivien leveys on 180 mm, pituus 200–300 mm,

sekä korkeus 120-150 mm. Asennettaessa kivien asennusvälin tulee olla  $12 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 21)

Kuva 6 Nupukiviradan poikkileikkaus



## 2.5 Luonnonkivinen reunatuki

Luonnonkivestä (Kuva 7) tehty reunatuki asennetaan maakosteaan betoniin, johon se sullotaan huolellisesti. Tiivistäminen sullomalla onnistuu helposti, kun asennusbetoni käytetään kahden tunnin kuluessa valmistumisesta. Betoni voidaan peittää, jotta kosteus ei haihdu betonista liian nopeasti. Viistereunatuken suositeltavat mitat ovat InfraRYL-ohjeen mukaan seuraavat: leveys on 170 tai 220 mm, korkeus 270 mm ja pituus 900–2500 mm ja suorareunakiven suositeltavat mitat ovat: leveys 80 tai 170 mm, korkeus 250 tai 270 mm ja pituus 900–2500 mm (InfraRYL, n.d.-b).

Reunatukena voidaan käyttää myös vanhoja reunakiviä. Jos käytetään vanhojen reunakiviä, tulee kivien päät katkaista tai piikata tarvittaessa, jotta saadaan siisti lopputulos. Puretut reunatuet voidaan asentaa takaisin tai hyödyntää myöhemmin uudelleen esimerkiksi toisella työmaalla. (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 22)

Kuva 7 Leonkadun upotettu reunatuki asfaltin ja nupukiveyksen rajapinnassa



### 3 Raitiotien huolto ja kunnossapito

Raitioteiden luotettava toiminta on joukkoliikennejärjestelmän kannalta tärkeää ja hyvin huollettu raitiotie liikennöi aikataulun mukaisesti. Raitiotien kunnossapito pitää sisällään hoitotoimenpiteet, tarkastukset ja huollot, sekä tarvittaessa korjaukset. Huollon kannalta kriittisiä osia tulee olla varastossa niiden hajoamisen varalta.

Rataa suunniteltaessa rakenteissa ja materiaalivalinnoissa tulisi kiinnittää huomiota radan elinkaareen ja materiaalien päästöihin. Elinkaariaskelmilla voidaan varmistaa, että raitiotiejärjestelmästä tulee aikaa ja ympäristöolosuhteita kestävä sekä mahdollisimman pieni hiilijalanjälki. Radan elinkaarta saadaan pidennettyä valitsemalla laadukkaat materiaalit, suunnittelemalla rata helposti huollettavaksi ja kunnossapidettäväksi ja käyttämällä energiaa säästäviä ratkaisuja. Suunnittelussa materiaalien ilmastovaikutuksia saadaan pienennettyä kierrättämällä asfaltit, reunatuet, noppa- ja nupukivet, käyttämällä kantavassa ja jakavassa kerroksessa kierrätettyä kiviainesta, sekä suosimalla vähäpäästöistä betonia. Radan pitkällä

elinkaarella ja ympäristövaikutusten minimoimisella on samankaltaiset tavoitteet. Pitkä elinkaari ja ympäristövaikutusten huomioiminen muun muassa käyttämällä kierrätettyjä materiaaleja säästävät kustannuksissa pitkällä ja lyhyellä aikavälillä. (Tampereen Ratikka, 2024, ss. 57-58) (Tampereen ratikka, 2024)

Kunnossapidon kannalta suunnitteluratkaisuissa tulisi välttää erikoiskalustoa vaativia ratkaisuja, koska jos rata-alueita voidaan kunnossapitää monenlaisilla välineillä ja menetelmillä, se mahdollistaa laajemman urakoitsijoiden käytön. Näin on mahdollista saada matalammat kustannukset ja parannettua raitiotien huoltovarmuutta. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon Suomen talviolosuhteet, jotta lumi voidaan aurata ja siirtää pois rata-alueelta turvallisesti ilman liikennekatkoja. Lumitilojen ja talvihoidon suunnittelussa pitää ottaa huomioon, että yli metrin korkean lumikasan pitää olla neljän metrin päässä radan keskilinjasta katsottuna. Etäisyys radan keskilinjasta lähimmän puun keskipisteeseen tulee olla 5 m. (Tampereen ratikka, 2024)

Kunnossapidossa käytetään monipuolisia laitteita, jotka mahdollistavat kunnossapidon lyhyen ajanjakson puitteissa. Laitteiden ollessa monipuolisia, jokaiseen tehtävään ei tarvita erillistä työkonetta, joka vähentää liikennehaittoja rata-alueella. Raitioteiden kunnossapidossa käytetään kumi- ja kiskopyörillä varustettuja kaksitieajoneuvoja, sekä katuhuollon normaaleja ajoneuvoja. Ajoneuvoihin voidaan liittää kunnossapidossa tarvittavia lisälaitteita kuten harjat, pesurit, aurat ja nurmikoneiden leikkuupäät. Raiteita voidaan myös hioa kiskonhiontalaitteella. (Tampereen ratikka, 2024)

## 4 Haastattelut ja maastokäynnit

Opinnäytetyötä varten haastateltiin kiveyksien ja radan kunnossapidon sekä suunnittelun asiantuntijoita. Haastattelun pohjana oli strukturoidut haastattelukysymykset, mutta haastattelu toteutettiin avoimena haastatteluna. Haastattelut toteutettiin Teams-kokouksina ja ennen haastatteluita lähetettiin haastateltaville kysymykset, jotta he pystyivät perehtymään aiheeseen, sekä tarvittaessa selvittämään vastaukset kysymyksiin. Haastateltavina oli Helsingin kaupunkiympäristön, Kaupunkiliikenne Oy:n ja Tampereen ratikan asiantuntijoita. Ennen opinnäytetyön haastattelututkimusten toteutusta laadittiin aineistonhallintasuunnitelma, joka on esitetty liitteessä 2.

Ensimmäinen haastattelu toteutettiin ennen ensimmäistä maastokäyntiä, jotta maastokäynneillä osattiin kiinnittää huomiota tärkeisiin asioihin. Toinen haastattelu

toteutettiin maastokäyntien jälkeen, jossa läpikäytiin havaitut ongelmat. Raidejokerin ja Tampereen ratikan kunnossapitoasiantuntijoiden kanssa pidettiin vielä erilliset haastattelut edellä mainittujen maastokäyntien ja haastatteluiden pohjalta. Tarkoituksena oli kartoittaa, minkälaisia ratkaisuja kyseisissä raitioteissa on käytetty ja mitä ongelmia he ovat havainneet.

Opinnäytetyötä varten suoritettiin kolme maastokäyntiä Helsingin kantakaupungin kohteisiin, joissa raitiotien pintamateriaalina on käytetty kiveyksiä. Ensimmäinen maastokäynti oli 24.10.2024, toinen keskiviikkona 6.11.2024 ja kolmas torstaina 14.11.2024.

Maastokäynneillä havainnoitiin silmämääräisesti, että mitä ongelmia kivetetyillä kaduilla oli ja Ongelmakohdat dokumentoitiin valokuvaamalla. Valokuvat sisälsivät paikkatiedon. Huomiota kiinnitettiin erityisesti myös, että siihen, mitä saumausainetta kivien välissä oli käytetty, mikä oli käytetyn saumausaineen sauman korkeus, mitä kivityyppiä oli käytetty, oliko kiviä irronnut tai painunut ja miten radan pikkuvälin kiveys oli toteutettu. Muutamista kadun saumoista otettiin myös näytepalat.

#### **4.1 Asiantuntijahaastattelu ennen maastokäyntejä**

Ensimmäinen asiantuntijahaastattelu pidettiin 15.10.2024. Haastattelua varten asiantuntijoina oli kiveysasiantuntija ja kunnossapidon asiantuntija. Molemmilla asiantuntijoilla on monien vuosien kokemus omasta alastaan. Ennen haastattelua haastateltaville soitettiin ja pohjustettiin aihetta, että mitä haastattelu koskee. Lisäksi lähetettiin etukäteen seuraavat kysymykset:

- Mitä on tunnistettu ongelmakohdiksi? Mikä on silloin ollut kiveystyyppi, perustamis- ja saumaustapa?
- Onko eri kivityyppien kanssa ollut ongelmia? Entä saumojen kanssa?
- Onko tietyn tyyppisillä kaduilla enemmän ongelmia? Onko jollain katutyypillä selkeästi vähemmän tai ei ollenkaan ongelmia
- Mitä katuja/aluetta meidän tulisi teidän mielestänne käydä tutkimassa?
- Mihin asioihin meidän tulisi kiinnittää huomiota maastokäynneillä

Haastattelussa selvisi, että vilkkaalla ajoneuvoliikenteellä on vaikutusta kivikaduilla olevien kiveyksien painumiseen. Kaduilla on tehty myös paljon radan alituksia ja näiden kaivantojen tiivistäminen on jäänyt paikoin vaillinaiseksi, josta on aiheutunut painaumuksia. Välillä pohjalaatan viereiset kivet ovat painuneet. On havaittu, että yksittäisiä radanviereisiä

juoksukiviä on useasti noussut, joka voi johtaa kivien irtoamiseen. Kyseiset juoksukivet ovat yleensä normaalia nupukiveä suurempia.

Yleensä ongelmakohteet ovat olleet yksittäisiä, mutta ongelma helposti laajenee, jos yksittäinen kivi irtoaa. Ratikan vaihde- ja risteysalueella kiviä joudutaan sahaamaan, jolloin kivistä tulee pienempiä, eivätkä ne silloin pysy välttämättä yhtä hyvin kiinni kuin isommat kivet. Todettiin, että mitä isompia kivet ovat, sitä paremmin ne pysyvät kiinni. Routa voi nostaa kiviä ja kunnossapitotehtäviä suorittaessa nousseet kivet saattavat irtoilla.

Haastattelussa todettiin myös, että saumojen oikea leveys on tärkeää kivien asennuksessa. Liian leveät saumat aiheuttavat liikaa väljyyttä kivien välissä, joka voi johtaa heikompaan rakenteeseen ja kivien irtoamiseen. Vanhat nupukivet pysyvät paremmin, koska saumat ja kivet on asennettu tiiviimmin. Tärkeää on myös oikean saumamateriaalin käyttö.

Saumausaineesta riippumatta vesi ei pääse pois radan pikkuvälistä, joka johtaa kivien nousemiseen veden jäätyessä ja sulaessa. KaPa-hankkeessa radan pikkuväliin on asennettu vedenpoistoputki, jolla vesi johdettiin pois pikkuvälistä. Betonin on huomattu olevan kestävin materiaali pikkuvälissä.

Epoksikvartsihiekkasaumat ovat kestäneet pääsääntöisesti hyvin, mutta oikean tekotavan oppimiseen on mennyt vuosia aikaa. Ylijopaikoilla epoksikvartsihiekkasauman tulee olla  $\frac{3}{4}$  kiven koosta ja muilla paikoilla vähintään 30 mm. Saumaustyö tulisi tehdä hyvän sään vallitessa, jotta saumaan saadaan paras kestävyys. Epoksikvartsihiekkasauma on kallis sauma-aine ja siitä puuttuu elastisuus.

Kiskojen väli ja kiskon viereiset juoksukivet ovat yleensä bitumisaumattuja. Riittävän paksu bitumisauma kestää hyvin ja huonosti tehty bitumisauma saattaa irrota verkkona. Ongelma näkyy varsinkin talvella, kun bitumisaumat kovettuvat. Ilman bitumisaumaa imuauto imee sauman alla olevan saumaushiekan.

KaPa-hankkeessa radan rakenteissa on käytetty kalossikumia, joka on korvannut reunalankun ja bitumisauman. Kalossikumeja on erilaisia, joista osa eristää radasta aiheutuvaa tärinää ja osa toimii hajavirtaeristeenä.

Kaarteissa ja risteyksissä kiveyksiin kohdistuu ajoneuvoliikenteestä myös sivuttaista liike-energiaa, jonka takia kivet irtoilevat helpommin kuin suorilla osuuksilla. Kaarteissa kiskoihin kohdistuva lämpölaajeneminen saattaa myös vaikuttaa asiaan. Vaihdealueilla ja kaartuvissa

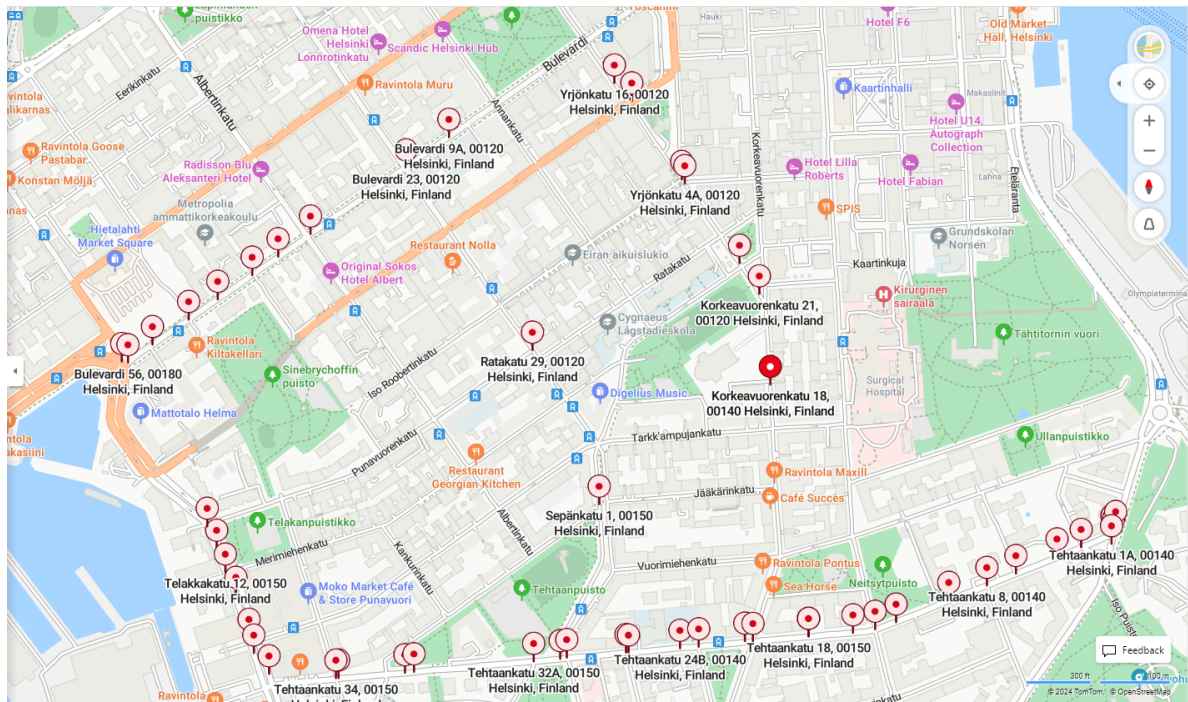
radan kohdissa tulisi suosia betonia päällystemateriaalina. Betoni tukevoittaa radan rakennetta ja tekee siitä muutenkin kestävämmän.

Haastattelussa nousi esille kivillä tehdyn kadun käyttöikään vaikuttavia tekijöitä. Kivityön laadulla on suuri merkitys ja kivien laadun tulisi olla hyvä. On huomattu, että vanhemmat kivet ovat kestäneet uusia kiviä paremmin. Ladottuihin kivriveihin tulisi valita samankokoiset kivet. Erikokoiset kivet aiheuttavat muun muassa sauman leveyden vaihtelua, joka taas heikentää kivien kiinni pysymistä. Liian kireät aikataulut saattavat näyttäytyä työn laadun heikkenemisenä. Sauma-aineen valinnalla on olennainen merkitys kiveyksen kestävyteen ja oikea sauma-aine tulee valita kohteen vaativuuden mukaan.

## 4.2 Ensimmäinen maastokäynti

Ensimmäinen maastokäynti toteutettiin Tehtaankadulla, Telakkakadulla ja Bulevardilla torstaina 24.10.2024. Sää oli selkeä. Ongelmakohteista otettiin valokuvia koordinaattitietoineen ja valokuvien sijainnista tehtiin kartta (Kuva 8). Valokuvat on merkattu karttaan punaisilla ympyröillä.

Kuva 8 Ensimmäisellä maastokäynnillä otettujen kuvien sijainnit. Karttapohjana käytetty Microsoft Bing-mapsia (Microsoft, n.d.a).



#### 4.2.1 Tehtaankatu

Tehtaankatu on vilkas sekaliikennekatu, jossa kulkee raitiovaunu- ja ajoneuvoliikennettä. Tehtaankadulla on paikallinen kokoojakatu ja vuonna 2019 sen keskimääräinen vuorokausiliikenne (KAVL) oli 4200 ajoneuvoa, joista raskaan liikenteen osuus oli 294 ajoneuvoa (7 %) (Helsingin kaupunki, 2025). Tehtaankadun havainnointi aloitettiin Laivasillankadun ja Tehtaankadun risteyksestä. Havainnointia suoritettiin Telakkakadulle asti.

Laivasillankadun ja Tehtaankadun risteyksessä on kaartuvat kiskot, jossa kiskojen lämpölaajuminen aiheuttaa suurempaa räsitusta kiveyksiin ja muihin rakenteisiin. Risteuksen bitumisaumoista havaittiin irronneita paloja suojatien noppakiveyksistä ja kiskon vierestä niin, että saumaushiekka on tullut kivien välistä esiin (Kuva 9).

Kuva 9 Bitumisauma irtoillut paloina Tehtaankadulla



Tehtaankadulla suurimmat ongelmat huomattiin noppakivillä tehdyissä suojateissa (Kuva 10) ja kiskonvierussaumoissa. Suojateiden kiveys oli tehty 90 mm x 90 mm kokoisilla valkoisilla ja mustilla noppakivillä. Suurimmassa osassa suojateitä saumausaineena oli käytetty bitumia, mutta sen pysyminen on ollut heikkoa ja bitumisaumanleveys vaihteli huomattavasti noppakivien välillä. Huomattiin myös, että kiskon viereinen noppakivirivi oli usein osittain painunut ja bitumisauma irronnut.

Kuva 10 Tehtaankadulla suojatien painuneita noppakiviä kiskon vieressä ja kiskojen välissä



Kiskon viereisen sivulankun päällä tulisi olla bitumikerros, joka suojaa sivulankkua sään ja kunnossapidon aiheutuvasta kulutuksesta. Tehtaankadulla havaittiin, että kiskon viereinen sivulankku on pitkiä matkoja näkyvissä ja bitumisauma saattaa puuttua kokonaan (Kuva 11). Havaintoina oli myös bitumisaumojen irtoaminen verkkona, nupukivien painuminen pikkuvälissä, satunnaisten nupukivien irtoaminen, nupukivien painuminen kaivon kansien vieressä ja asfaltin painuminen isojen juoksukivien vieressä.

Kuva 11 Tehtaankadulla kiskon viereinen bitumisauma puuttuu ja irronneita kiskon viereisiä juoksukiviä on korjattu asfaltilla



Tehtaankadun kiveyksien saumaus oli tehty bitumilla. Bitumisaumasta otettiin näytepala ja sen leveys oli 20 mm ja syvyys oli 7 mm. Helsingin kaupungin ohjeiden mukaan noppakivien ja nupukivien saumanleveyden tulisi olla 10 mm (Helsingin kaupunki, 2024). Noppakivien bitumisauman syvyyden tulisi olla 30–50 mm ja nupukivien bitumisauman syvyyden tulisi olla 1/3 nupukiven korkeudesta. Ratojen yleisen työselosteen mukaan radanviereisen bitumisauman leveyden tulisi olla 30 mm ja syvyyden 30 mm (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018).

#### 4.2.2 Telakkakatu

Telakkakatu on vilkkaasti liikennöity alueellinen kokoojaku, jossa raitiotie- ja ajoneuvoliikenne on eroteltu. Uusin liikennemäärien data on vuodelta 2013, jolloin Telakkakadulla keskimääräinen vuorokausiliikenne (KAVL) oli 17000 ajoneuvoa, josta raskaan liikenteen osuus oli 510 ajoneuvoa (3 %) (Helsingin kaupunki, 2025). Muihin katuihin verrattuna Telakkakatu on paljon paremmassa kunnossa kuin muut maastokäynnin kadut, joka selittyy sillä, että Telakkakatu saneerattiin täysin raitiotien rakentamisen yhteydessä 2019–2020 aikana. Telakkakadun havainnointi aloitettiin Tehtaankadun ja Telakkakadun risteyksestä. Havainnointi lopetettiin Mallaskadun kohdalla, jossa raitiotien kiveykset lopuivat ja asfalttipinta alkoi.

Telakkakatu on ulkonäöllisesti hyvässä kunnossa, mutta tarkemmin havainnointia suorittaessa huomattiin, että Telakkakadun kiveykset ovat painuneet kiskoparien välissä Tehtaankadun Mallaskadun välisellä osuudella. Kiveyksen painumisen yhteydessä nupukivet ovat myös liikahtaneet, eivätkä kivet ole enää kohtisuorassa raiteisiin nähden (Kuva 12). Haastateltavat asiantuntijat kertoivat, että alueen tonttien rakentamisen yhteydessä työnaikainen liikenne on ohjattu ajamaan kiveysten päältä, jonka seurauksena nupukivet ovat painuneet. Varsinkin raskas liikenne on aiheuttavat kivien nupukivien painumista.

Kuva 12 Telakkakadun painunutta ja liikkunutta nupukiveystä



Telakkakadulla suojatiet on tehty sahatuista nupukivistä tiililadonnalla. Kivien saumaus on tehty kapeana bitumisaumana. Tiililadonnassa kivet ladotaan niin, että aina seuraavan kivrivin sauma alkaa aikaisemmin tehdyn kivrivin keskeltä. Telakkakadulla raitiotien raiteen kohdalla nupukiviä on käännetty 90° (Kuva 13) tarpeen vaatiessa, jotta tyhjä tila saadaan täytettyä eikä sauman leveyttä tai kivien kokoa tarvitse muuttaa juurikaan.

Kuva 13 Telakkakadulla suojatien nupukiviä käännetty 90°



#### 4.2.3 Bulevardi

Bulevardi on vilkas sekaliikennekatu, jossa kulkee raitiovaunu- ja ajoneuvoliikennettä. Bulevardi on paikallinen kokoojakatu ja vuonna 2018 sen keskimääräinen vuorokausiliikenne (KAVL) oli 5800 ajoneuvoa, joista raskaan liikenteen osuus oli 464 ajoneuvoa (8 %) (Helsingin kaupunki, 2025). Bulevardin havainnointi aloitettiin Hietalahdenrannan risteyksestä ja lopetettiin Erottajankadulla.

Maastokäynnillä havaittiin, että Bulevardilla toistuu samat ongelmat kuin Tehtaankadulla. Bulevardi oli kuitenkin silmävaraisesti paremmassa kunnossa kuin Tehtaankatu, joka saattaa johtua siitä, että katua on uudelleen bitumoitu. Bulevardin ja Hietalahdenkadun risteuksen suojatie oli tehty nupukivistä (Kuva 14). Kyseenomaisessa risteyksessä raitiotien kiskot risteävät ja näissä kapeissa väleissä nupukivet ovat painuneet. Kapeisiin kiskon väleihin on tehty pieniä sahattuja tai lohkottuja nupukiviä, joista irronneita on korjattu asfaltilla. Muut suojatiet Bulevardilla oli tehty noppakivillä, kuten Tehtaankadulla. Silmämääräisesti havainnoituna nupukivillä tehty suojatie on kestänyt paremmin kuin noppakivillä tehty. Bulevardilta otettiin bitumisaumasta näytepala, joka oli 30 mm leveä ja 12 mm syvä. Luvussa 5.1.1 on mainittu Helsingin kaupungin ja RYT-ohjeen viitearvot bitumisauman leveydelle, sekä syvyydelle.

Kuva 14 Bulevardin ja Hietalahdenkadun risteuksen suojatie tehty nupukivistä



Suurimmat ongelmat mitä Bulevardilla havaittiin, oli suojateiden nupu- ja noppakivien painuminen erityisesti raiteiden vieressä ja nupukivien painuminen isolta alueelta kiskopariien välissä (Kuva 15). Muita ongelmia, joita Bulevardilla havaittiin, oli kiskon viereisen bitumisauman irtoaminen pitkiltä matkoilta jättäen sivulankun näkyviin, noppakivillä tehtyjen suojateiden huono kunto, satunnaisten nupukivien irtoaminen, pikkuvälin bitumisauman irtoaminen verkkona ja nupukiveyksen painuminen kaivon kohdalla.

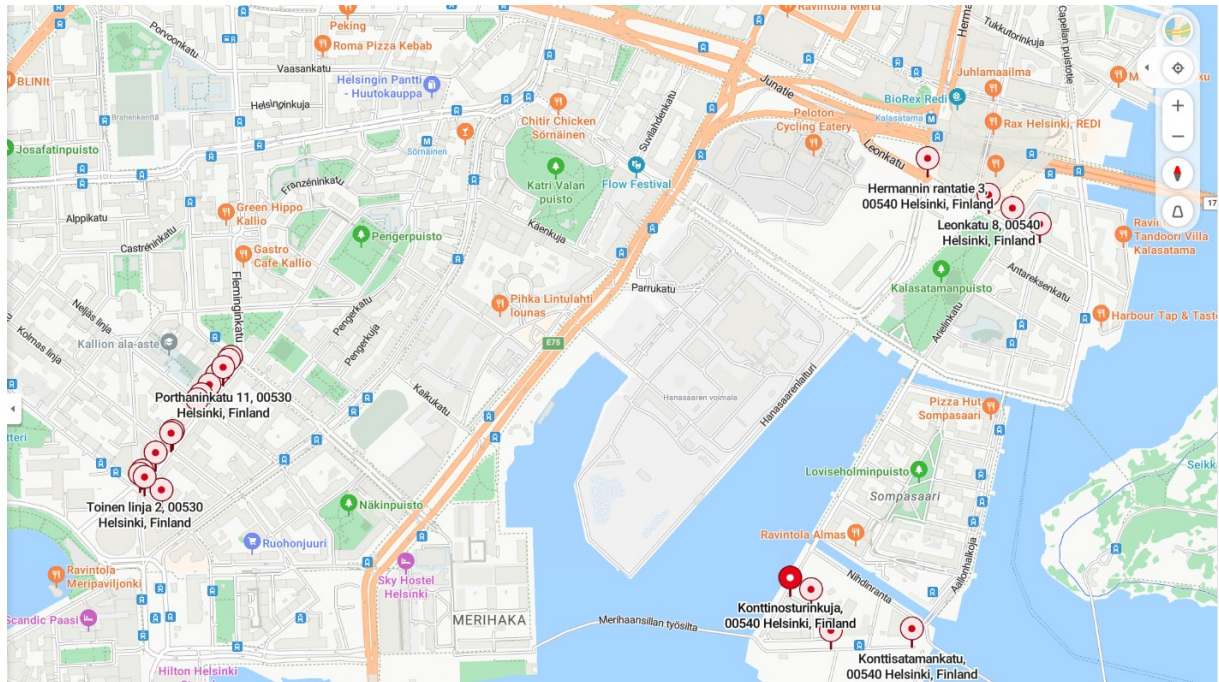
Kuva 15 Nupukivien uutta bitumointia ja nupukivien painuminen kiskopariien



## 4.3 Toinen maastokäynti

Toinen maastokäynti toteutettiin ~~torstaina~~ 6.11.2024 sään ollessa selkeä. Ongelmakohteista otettiin valokuvia koordinaattitietoineen ja valokuvien sijainnista tehtiin kartta (Kuva 16). Valokuvat on merkattu karttaan punaisilla ympyröillä.

Kuva 16 Toisella maastokäynnillä otettujen kuvien sijainnit. Karttapohjana käytetty Microsoft Bing-mapsia (Microsoft, n.d.a).



### 4.3.1 Porthaninkatu

Porthaninkatu on vilkas sekaliikennekatu, jossa kulkee raitiovaunu- ja ajoneuvoliikennettä. Porthaninkatu on paikallinen kokoojakatu ja vuonna 2018 sen keskimääräinen vuorokausiliikenne (KAVL) oli 5800 ajoneuvoa, joista raskaan liikenteen osuus oli 464 (8 %) ajoneuvoa (Helsingin kaupunki, 2025). Porthaninkadun havainnointi aloitettiin Viidennen linjan risteyksestä ja lopetettiin Toisen linjan risteykseen.

Muista kaduista poiketen Porthaninkadun katualueella on käytetty noppakiviä ja rata-alueella nupukiviä. Suojateiden kohdilla ja kiskoalueella kiveykset on tehty tiililadonnalla ja muualla kadun puolella kaariladonnalla. Suojatien reunoja rajaamaan oli tehty yksi nupukivirivi. Kiveyksissä saumausaineena on käytetty epoksikvartsihiekkää ja jälkeempään korjailtu bitumilla. Bitumisaumasta ja epoksikvartsihiekkasta otettiin näytepalat. Bitumisauma oli noin

15 mm leveä ja 25 mm syvä, kun taas epoksikvartsihiekkasauma oli 25 mm leveä ja 20 mm syvä. Rata-alueella kiskon vieressä on käytetty kolmea nupukiveä juoksukivenä ja pikkuvälissä oletetun väliraudan kohdalla on käytetty kapeampaa nupukiveä (Kuva 17). Katua on viimeisimmän tiedon mukaan korjattu lokakuussa 2024.

Kuva 17 Rata-alueen nupukiveys Porthaninkadulla



Suurimmat ongelmat mitä Porthaninkadulla havaittiin, liittyivät katualueen kiveyksiin. Katuvälillä todettiin kaariladonnassa poikkeamia, joissa noppakivet olivat irronneet noin 0,5 m<sup>2</sup> kokoisista alueista noin 2 m<sup>2</sup> kokoisiiin alueisiin. Muita ongelmia mitä Porthaninkadulla havaittiin, oli epoksikvartsisaumojen valahtaminen sauman väliin (Kuva 18) tai koko sauman irtoaminen, nupu- ja noppakiveyksien painuminen ja noppakivien irtoaminen suojatiekiveyksistä.

Kuva 18 Epoksikvartsihiekkasauman valahtaminen nupukivien väliin



#### 4.3.2 KaPa-hanke: Leonkatu

Leonkatu on vuoden 2022 lopussa valmistunut sekaliikennekatu. Leonkadun liikennemääriä ei ole saatavilta, sillä viimeisimmät tiedot liikennemääristä on vuodelta 2019. Leonkatu kuuluu Kalasatamasta Pasilaan-hankkeeseen, joka valmistui vuonna 2024. KaPa-hankkeessa rakennettiin 4,5 km pitkä raitiotie Nihdistä Kalasataman kautta Pasilaan ja sillä varmistettiin sujuva joukkoliikenne yhteys alueen asukkaille ja työmatkalaisille. Ennusteiden mukaan vuonna 2040 Kalasatamassa asuu 25 000 asukasta ja alueella käy töissä 10 000 ihmistä. (WSP Finland, n.d.a)

Leonkadun on tehty pääosin nupukivistä ja poikkeuksena muihin katuihin verrattuna kadun molemmissa reunoissa kulkee asfaltoitu pyöräkaista. Asfalttia reunustaa yksi nupukivirivi asfaltin molemmilla puolilla. Asfaltin ja kiveyksen kohdatessa Leonkadulla on käytetty upotettua reunakiveä materiaalien välissä tukevoittamaan rakenteita. Kiskon vieressä on käytetty kalossikumia ja bitumia. Kiskoparien välissä ja pikkuvälissä kiskon vieressä on yksi nupukivistä tehty juoksukivirivi. Saumausaineena Leonkadulla on käytetty märkäbetonia. Märkäbetonisaumasta otettiin näytepala, joka oli 20 mm leveä ja 17 mm syvä.

Yllättävää Leonkadulla oli se, että sieltäkin havaittiin ongelmia. Suurimmaksi ongelmaksi huomattiin nupukivien ja betonisaumojen murtuminen etenkin kiskon vieressä (Kuva 19). Alueella, missä ei ollut ajoneuvoliikennettä, ei havaittu nupukivien ja betonisaumojen murtumista.

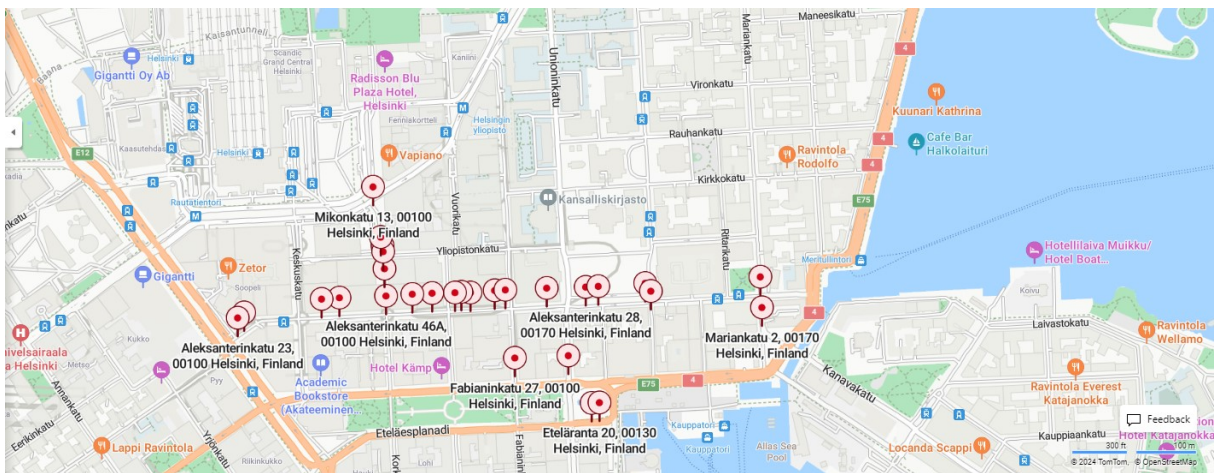
Kuva 19 Leonkadun nupukivien ja betonisaumojen murtumat



## 4.4 Kolmas maastokäynti

Kolmas maastokäynti toteutettiin 14.11.2024 sään ollessa selkeä. Maastokäynnillä havainnointiin katujen perustamistapaa, mitä saumausainetta on käytetty, mitä kivityyppiä on käytetty, onko kiviä irronnut ja miten radan pikkuväli on tehty. Ongelmakohteista otettiin valokuvia koordinaattitietoineen ja valokuvien sijainnista tehtiin kartta (Kuva 20).

Kuva 20 Kolmannella maastokäynnillä otettujen kuvien sijainnit. Karttapohjana käytetty Microsoft Bing-mapsia (Microsoft, n.d.a).



### 4.4.1 Aleksanterinkatu

Aleksanterinkadun itäpää on sekaliikennekatu, jossa kulkee raitiovaunu- ja ajoneuvoliikenne ja sen peruskorjaus on valmistunut vuonna 2003 (Turun Sanomat, 2003). Aleksanterinkadun katuluokka on paikallinen kokoojakatu Pohjoisrannasta Unioninkadulle, lukuun ottamatta lyhyttä katualuetta Mariankadulta Snellmaninkadulle, jossa Aleksanterinkatu on tonttikatu. Aleksanterinkadun länsipää Unioninkadulta Mannerheimintielle on tonttikatu ja se on sallittu vain raitiotie- ja huoltoliikenteelle (jakeluautot, taxit ynnä muu sellainen). Itäpäähän liikennemäärät on mitattu vuonna 1992 ja kadun keskimääräinen vuorokausiliikenne (KAVL) oli 4800, joista raskaan liikenteen osuus oli 144 ajoneuvoa (3 %) (Helsingin kaupunki, 2025). Länsipään liikennemäärät on mitattu vuonna 1996 ja kadun keskimääräinen vuorokausiliikenne (KAVL) oli 1700, joista raskaan liikenteen osuus oli 68 (4 %) ajoneuvoa (Helsingin kaupunki, 2025). Aleksanterinkadun havainnointi aloitettiin Mannerheimintieltä ja lopetettiin Mariankadulle, jossa raitiotien raiteet päättyvät.

Aleksanterinkatu on silmämääräisesti todella hyvässä kunnossa ottaen huomioon sen, että katu on jo yli 20 vuotta sitten peruskorjattu. Katu on kauttaaltaan lämmitetty ja koko kadun mitalta kulkee yhtenäinen pohjalaatta. Aleksanterinkadun kiveykset on tehty nupukivistä ja suojatiet mittatarkasti sahatuista nupukivistä (Kuva 21). Suojatiet ovat säilyneet erinomaisessa kunnossa. Saumausaineena on käytetty märkäbetonia ja myöhemmin saumoja on korjattu bitumilla.

Kuva 21 Aleksanterinkadun mittatarkasti sahatuista nupukivistä tehty suojatiet



Aleksanterinkadun suurimmaksi ongelmaksi havaittiin nupukivien painuminen pysäkkien kaivojen kohdalla (Kuva 22). Maastokäyntien jälkeisessä haastattelussa selvisi, että kadun alla olevat katulämmitysjakotukit vuotivat hieman vettä, joka aiheutti kadun routimisen ja nupukivien painumisen. Muita ongelmia kadulla oli nupukivien irtoaminen jakotukkien kohdalla, radan viereisten juoksukivien betonisaumojen murtuminen ja radan betonikannen murtuminen.

Kuva 22 Aleksanterinkadun nupukivien painuminen



#### 4.4.2 Mikonkatu

Mikonkatu on suurimmaksi osaksi kävelykatua, joka muuttuu Yliopistonkadun pohjoispuolella sekaliikennekaduksi, jossa kulkee raitiotie- ja ajoneuvoliikennettä. Mikonkatu on tonttikatu ja vuonna 2001 sen keskimääräinen vuorokausiliikenne (KAVL) oli 3400 ajoneuvoa, joista raskaan liikenteen osuus oli 102 ajoneuvoa (3 %) (Helsingin kaupunki, 2025). Mikonkadun havainnointi aloitettiin Aleksanterinkadulta ja Kaivokadun risteykseen missä Mikonkatu päättyy.

Mikonkatu on pääsääntöisesti hyvässä kunnossa. Erikoispiirre kadulla on, että siellä kulkee kahdet raiteet vierekkäin, jossa kapeat raiteiden väliin jääneet kaistaleet on betonoitu (Kuva 23). Kävelykadun osuus on tehty luonnonkivilaatoista ja niiden saumauksessa on käytetty märkäbetonia. Yliopistonkadun pohjoispuolen osuus on tehty nupukivillä ja saumausaineena on käytetty bitumia.

Mikonkadun suurimmat ongelmat havaittiin olevan kaivojen läheisyydessä, jossa kiveykset ovat painuneet (Kuva 23). Toinen ongelma havaittiin kahden kiskon välisessä kapeassa betonoinnissa, josta noin 5 metrin matkalta betoni oli huonossa kunnossa.

Kuva 23 Mikonkadun ratakiskojen kapea väli betonoitu ja kaivojen läheisyydessä olevien kiveysten painuminen



#### **4.5 Maastokäynti havaintojen läpikäynti ja toinen asiantuntijahaastattelu**

Toinen asiantuntijahaastattelu pidettiin 3.12.2024. Haastatteluun osallistui samat asiantuntijat kuin edeltäväänkin haastatteluun, sekä lisäksi kutsuttiin uusi asiantuntija radan kunnossapidosta. Haastattelun alkuun esiteltiin PowerPoint-esitys maastokäyntien havainnoista, jonka jälkeen keskusteltiin havaituista ongelmista.

Bitumi kestää huonosti sivulankun päällä, varsinkin jos sivulankun päälle ei mahdu riittävän korkeaa saumaa. Myöskään sivulankun viereisen nupukiven bitumi ei tahdo kestää. Yleisesti ottaen saumausaineita on käytetty sauman pystysuunnassa paljon vähemmän, mitä ohjeen mukaan tulisi käyttää. Vanhat sivulankut on tehty kiskoprofiilin mukaan, mutta nykyään käytetään matalampaa sivulankkua. Sivulankku on painekyllästettyä puuta ja se asennetaan rataaatan päällä olevaan bitumiin, johon se tarttuu kiinni. Lankun päällä oleva bitumi suojaa sitä.

Noppakiveyksillä tehdyillä suojaiteilla kivet irtoavat ja painuvat nupukiviä enemmän. Varsinkin kiskon viereiset kivet painuvat ja irtoavat herkemmin. Nykyään suojaiteita ei enää tehdä noppakivillä vaan nupukivillä. Noppakivissä on huomattu muiden puutteiden muassa myös materiaalin heikkoutta varsinkin mustissa kivissä.

Yrjönkadun ja Korkeavuorenkadun risteyksessä lyhyellä katuosuudella nupukiviä oli irronnut isommalta alueelta vain vuoden ajanjaksolla. Nupukivien irtoilu johtui mahdollisesti siitä, että kadun rataosuus on tehty topparatana. Topparadassa ei ole kiskojen alla pohjalaattaa, vaan kiskot asennetaan suoraan tiivistetyn murskeen päälle.

Telakkakadun eteläpuolella tonttien rakentamisen yhteydessä liikenne on päästetty rata-alueelle. Tämä on johtanut nupukivien painumiseen ja liikkumiseen kiskoparien välissä.

Porthaninkadun kiveykset on alun perin saumattu epoksikvartsihiekkalla. Epoksikvartsihiekkasaumauksia on irronnut, joita on jälkeempään käyty korjaamassa bitumilla. Saumoja oli myös valahtanut nupukivien väliin ja pohdittiin mistä se voisi johtua. Pohdinnoissa nousi esille ajatus, jossa kiveyksen alla virrannut vesi on kuluttanut sauman alaosan, jolloin sauman yläosa on valahtanut kivien väliin.

Leonkadun saumaukset on tehty epoksikvartsihiekk- ja märkäbetonisaumauksella. Epäiltiin, että raskaasta liikenteestä johtuva paine kalossikumia vasten olisi aiheuttanut murtumat betonisaumoissa. KaPa-hankkeessa Nihdin alueella ratojen kapeat välit on betonoitu. Nihdissä havaittiin luonnonkiveyksen mustumista. Mustuminen johtuu kaarrerasvan käytöstä. Kaarrerasva on joutunut kiveykselle viereisen työmaaliikenteen takia. Kaarrerasvaa käytetään melun vaimentamiseen ja se vaikuttaa myös kiskon kulumiseen. Kaarrerasvan käyttö pienentää raitiovaunuista johtuvaa melua huomattavasti.

Aleksanterinkatu on pysynyt kauttaaltaan hyvässä kunnossa. Kadulla kulkee raitiotieliikenteen lisäksi vain pääosin huoltoliikennettä, mutta itäpäässä myös ajoneuvoliikennettä. Raitiotiepysäkkien kohdalla ajoradan kiveykset ovat painuneet. Poikitusten kohdalla on katulämmityksen jakotukit. Painumiseen saattaa vaikuttaa se, että jakotukkien kohdalla katu on kaikkein lämpimin ja usein katulämmityksen putket hieman vuotavat.

Todettiin, että kiveyksien paras saumanleveys olisi 2–8 mm. Jo yli 10 mm leveä sauma on ylileveä, eikä kiveys pysy enää tarpeeksi tiiviinä. Osa asiantuntijoista piti betoni- ja epoksikvartsihiekkasaumausta riskirakenteena, koska sauman rikkoutuessa ei kiveystä tulla

korjaamaan enää samaan laatuun. On myös havaittu, että märkäbetonisaumoilla tehty kiveys on työläs purkaa.

## 5 Kokemukset muualta Suomesta

Maastokäyntien jälkeen opinnäytetyötä varten haastateltiin käyttökokemuksia Raide-jokerilta ja Tampereen ratikalta. Haastattelut suoritettiin Team-kokouksena ja ennen kokousta haastateltaville toimitettiin kysymyksiä, jotta asiantuntijat pystyivät perehtymään aiheeseen ja vastaamaan kysymyksiin perusteellisemmin. Tampereen ratikka ja Raide-Jokeri ovat pikaraitioiteita ja ne toimivat pääsääntöisesti omalla erotetulla raitiotieväylällä.

### 5.1 Raide-jokeri

Raide-Jokeri on pikaraitiotie, joka toimii Helsingin Itäkeskuksen ja Espoon Keilaniemen välillä. Raide-Jokeri rakennettiin korvaamaan runkobussilinja 550:n, koska se ei enää pystynyt vastaamaan kasvavaan matkustajamäärään. Raitiotien pituus on noin 25 km, joista 16 km sijoittuu Helsinkiin ja 9 km Espooseen. Liikennöinti Raide-Jokerilla alkoi 21.10.2023. (Raide-Jokeri, n.d.a)

Raide-Jokerin kunnossapidosta vastaava henkilöä haastateltiin 9.12.2024, joten Raide-Jokeri oli ehtinyt liikennöidä reilun vuoden verran. Haastattelun alussa todettiin, että Raide-Jokeri on ehtinyt liikennöidä niin vähän aikaa, että mahdolliset ongelmakohdat eivät ole vielä tulleet esiin. Kiveyksiä on käytetty melko vähän Raide-Jokerin rakentamisessa ja pääsääntöisesti yliajettavia kiveyksiä on käytetty erottelemaan joukkoliikenne ja muu ajoneuvoliikenne toisistaan. Muuten kiveyksiä on käytetty suojateiden reunoissa, eikä kiveyksien kunnossa ole aikana havaittu ongelmia.

Havaittuja ongelmia oli kaksi. Ensimmäinen liittyi risteysalueisiin, joissa oli paljon kääntyvää liikennettä. Näissä risteyksissä kalossikumin ja asfaltin välinen sauma oli havaittu ongelmalliseksi. Kalossikumin viereen tehty asfaltti murtuu osittain.

Toinen ongelma liittyi luonnonkivistä tehtyihin reunatukiin. Reunatuista on lähtenyt paloja ja kunnossapidon mielestä uudemmat luonnonkiviset reunatuet eivät ole yhtä kestäviä kuin vanhemmat graniittiset reunatuet. Haastateltava pohti, johtuiko vanhojen graniittisten reunakivien kestävyys siitä, että niiden reunat ovat ajan kuluessa pyöristäneet kulutuksesta.

## 5.2 Tampereen ratikka

Tampereen ratikka rakennetaan vastaamaan kaupungin tarpeita. Raitiotie tukee kaupungin kasvua ja kehitystä, sekä lisää kaupungin houkuttelevuutta. Samalla se helpottaa asukkaiden liikkumista Tampereen kaupunkiseudulla. Tampereen ratikka on pikaraitiotie, jonka ensimmäisen osan pituus on 15 km. Ensimmäinen osa toimii Pyynikintorilta Hervannan järvelle, sekä haarautuu Yliopistolliselle keskussairaalalle. Ensimmäisen osan liikennöinti aloitettiin 9.8.2021. Tampereen raitiotien toinen osa ulottuu Pyynikintorilta Lentävänniemeeseen. Toinen osa rakennetaan kahdessa osassa 2 A ja 2 B. Osa 2 A toimii välillä Pyynikintori-Santalahti ja se aloitti liikennöinnin 8.2023. Osa 2 B on tarkoitus valmistua vuoden 2025 tammikuussa, jolloin osa 2 olisi kokonaisuudessaan valmis.

Tampereen ratikan kunnossapidosta vastaavaa henkilöä haastateltiin 17.12.2024. Haastattelussa selvisi, että suurempia ongelmia ei kiveysten kanssa ole ollut. Ja kuten Raide-Jokerissa, kiveyksiä on käytetty melko vähän Tampereen ratikassa. Suurimmat kiveykset ovat Hämeenkadulla ja se on kokonaan kiveyksillä tehty, mutta se on sallittu vain huolto-, taksi- ja linja-autoliikenteelle, joten kulutus on vähäistä. Kiveyksien saumanleveytenä on 20 mm ja ne on saumattu märkäbetonilla. Hämeenkadun kadun alla kulkee yhtenäinen betonilaatta ja kivien materiaalina on käytetty graniittisia nupukiviä.

Tampereen ratikan käyttökokemus raitiotiellä käytetyissä kiveyksissä on ollut hyvä. Muutamia kiviä oli päässyt painumaan, mutta suurempia ongelmia ei ole esiintynyt. Kivien painumista on havaittu muun muassa betonilaatan päättyessä raitiotiepysäkeillä (Kuva 24). Muita havaittuja ongelmia on sokeiden ohjauksivien murentuminen ja radan betonointien kulumat. Betoni ei ole kestänyt suurta risteävää liikennettä ja näihin kohtiin on ilmestynyt ajouria.

Kuva 24 Tampereen raitiotiepysäkin kivien painuminen havainnollistettu vatupassin avulla



## 6 Tyypikuvat raitiotiekadun kiveyksestä ja saumauksesta sekaliikennekadulla

Opinnäytetyössä tyypikuvat tehtiin Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön ja Helsingin kaupunkiliikenne Oy:n toiveesta. Tyypikuvien tekoa varten opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mikä olemassa olevista kiveys- ja saumausratkaisuista on toimivin ja tehdä näiden pohjalta tyypikuvat. Tyypikuvien on tarkoitus olla suunnittelun apuna kiveyksillä tehtyjä raitiotiekatuja suunniteltaessa. Tyypikuvat toteutettiin maastokäyntien, olemassa olevien suunnitelmien ja haastatteluiden perusteella. Haastattelut loivat vankan tietopohjan, jonka perusteella tyypikuvasuositukseen päädyttiin. Työ on rajattu kadun pintamateriaaleihin ja ratkaisuihin ei oteta kantaa raitioteiden kantavaan rakenteeseen. Tyypikuvat tehtiin AutoCAD-ohjelmistolla ja ne löytyvät liitteestä 1. Tyypikuvat ovat vielä luonnosvaiheessa ja niiden viimeistelyä jatketaan edelleen.

Tyypikuvissa katu on kuvattu sekaliikennekaduksi, jossa kulkee molempiin suuntiin raitiotie- ja ajoneuvoliikenne. Tyypikuvia tehtiin kolme kappaletta, joista yksi on tyypipoikkileikkaus ja loput kaksi on periaatekuvia. Tyypipoikkileikkauksessa esitetään kadun poikkileikkaus ja

periaatekuivissa kadun pintamateriaalit esitetään ylhäältä päin. Kaikki kuvat on tehty 1:100 mittakaavaan. Tyypikuviin on otettu huomioon ratkaisut, jotka maastokäynneillä ja asiantuntijahaastatteluiden perusteella on todettu parhaaksi ja kestävimmäksi ratkaisuksi.

## 6.1 Tyypipoikkileikkaukset

Kadun tyypipoikkileikkauksessa (Kuva 25) näytetään kadun pintamateriaalit ja betoninen rataaatta. Kuvissa ei näytetä kadun rakennekerroksia, jotka alkavat rataaatan alapuolelta. Kadun mitoituksena on käytetty Raitioteiden yleisessä työselostuksessa olevaa kadun poikkileikkauksen mittoja. Tyypikuivissa esitetyt ratkaisut ovat suosituksia ja niitä tulisi vielä käytännössä testata. (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 23).

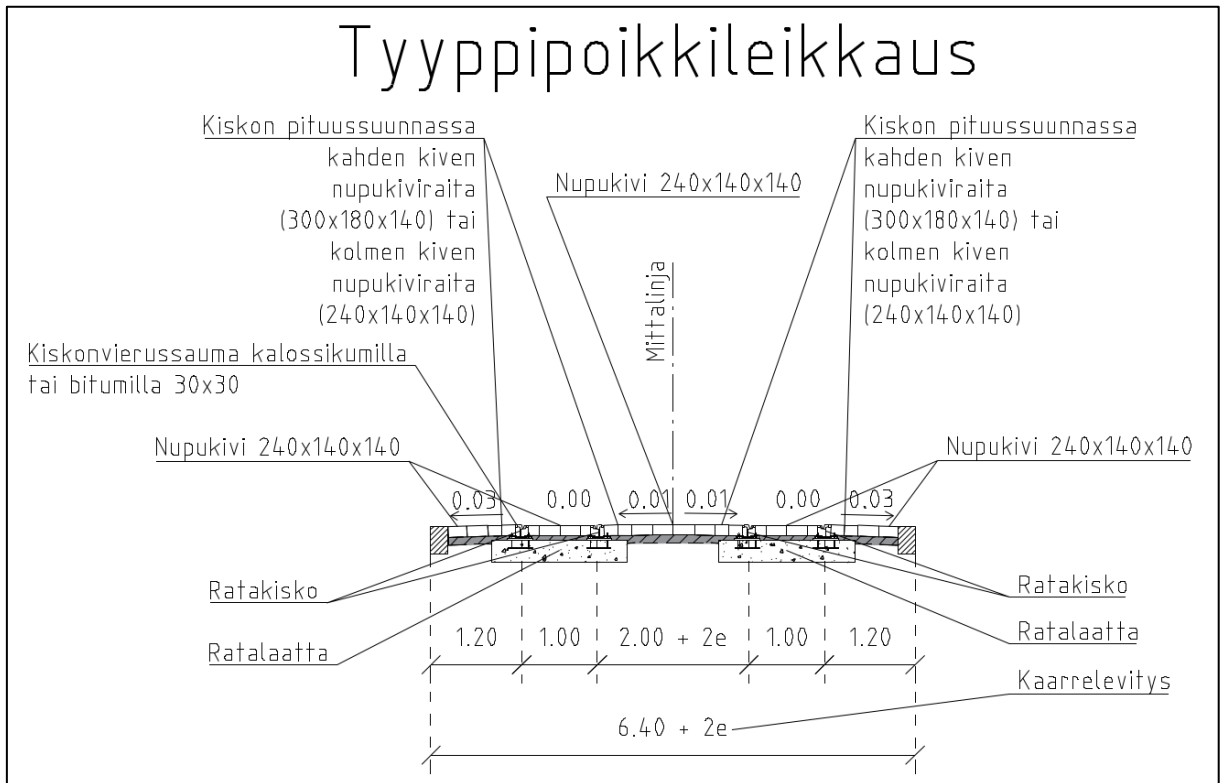
Tyypikuvassa (Kuva 25) kadun minimileveydeksi on määritetty  $6,4 \text{ m} + 2e$ , jossa  $e$ :llä tarkoitetaan radan kaarrelevitystä. Radan kaarrelevityksen kaava on  $e = \frac{12,5}{R}$ , jossa  $R$  = pääkaaren säde (Helsingin kaupunki, 2025). Tyypikuvassa mittalinja on kadun keskellä radan isossa välissä. Kadun molemmista reunoissa on 1,20 metriä leveä katualue, joka alkaa reunatuesta. Katualue päättyy kadun molemmilla puolilla rataaakiskojen keskelle, jossa kiskojen välinen etäisyys kiskon keskeltä on 1,00 m. Kiskojen välinen seuraava alue on radan isoväli, jonka leveys on  $2,00 \text{ m} + 2e$ . Kadun sivukaltevuudet ovat kadun reunoissa 3 %, radan pikkuvälissä 0 % ja kiskopariien välissä 1 %.

Tyypikuivissa sekaliikenteisillä kiveyksillä tehdyillä kaduilla suositellaan käytettäväksi nupuja noppakivien saumaukseen bitumia kiskopariien välissä, pikku välissä ja nupukiviraidoissa. Tähän päädyttiin Leonkadun havaintojen perusteella, jossa havaittiin murtumia betonisaumoissa vain muutaman vuoden käytön jälkeen. Bitumi on saumaaineista elastisin, joten rataaakiskojen lämpölaajeneminen tai muut kiveykseen sivuttaisliikettä aiheuttavat voimat eivät riko bitumisaumaa. Kiveysten saumanleveydessä päädyttiin käyttämään 10 mm leveää saumaa, koska haastatteluiden perusteella yli 10 mm leveä saumanleveys olisi jo ylileveä.

Aleksanterinkadulla ja Leonkadulla käytettiin nupukiviä juoksukivinä radan pikkuvälissä rataaakiskojen vieressä. Tämän havaittiin olevan hyvä ratkaisu ja juoksukiviä päädyttiin käyttämään myös tyypikuivissa. Tyypikuivissa suositellaan käytettävän pikkuvälissä yhtä nupukiveä ja muualla kahta isoa nupukiveä tai kolmea pientä nupukiveä rataaakiskon vieressä. Kaikki kadun kiveykset asennetaan märkäbetoniin.

Maastokäynneillä havaittiin nupukivien ja asfaltin rajapinnassa asfaltin murtumista. Tätä torjumaan tyyppikuvissa päätettiin nupukiven ja asfaltin rajapintaan asentaa upotettu reunatuki.

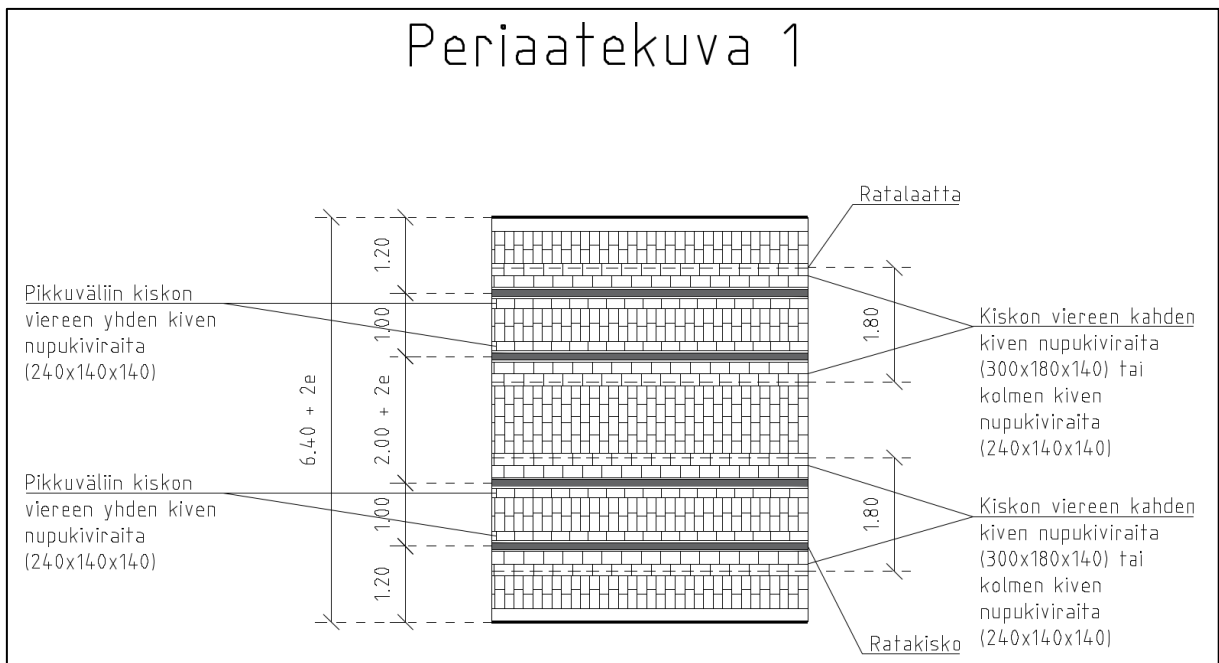
Kuva 25 Kadun tyyppipoikkileikkaus



## 6.2 Periaatekuvat

Kadun periaatekuvassa (Kuva 26) näytetään kadun pintamateriaalit ja katkoviivalla esitetään ratalaatan sijainti kiveyksen alla. Kadun pintamateriaalina on käytetty nupukiviä, joka on tyyppillisin pintamateriaali tämän tyyppisissä kaduissa Helsingissä. Radan vieressä pikkuvälissä on käytetty yhtä normaalikokoista nupukiveä (240 x 140 x 140 mm) juoksukivenä ja muualla radanvieressä on käytetty kahden ison nupukiven juoksukiviriviä (300 x 180 x 140 mm).

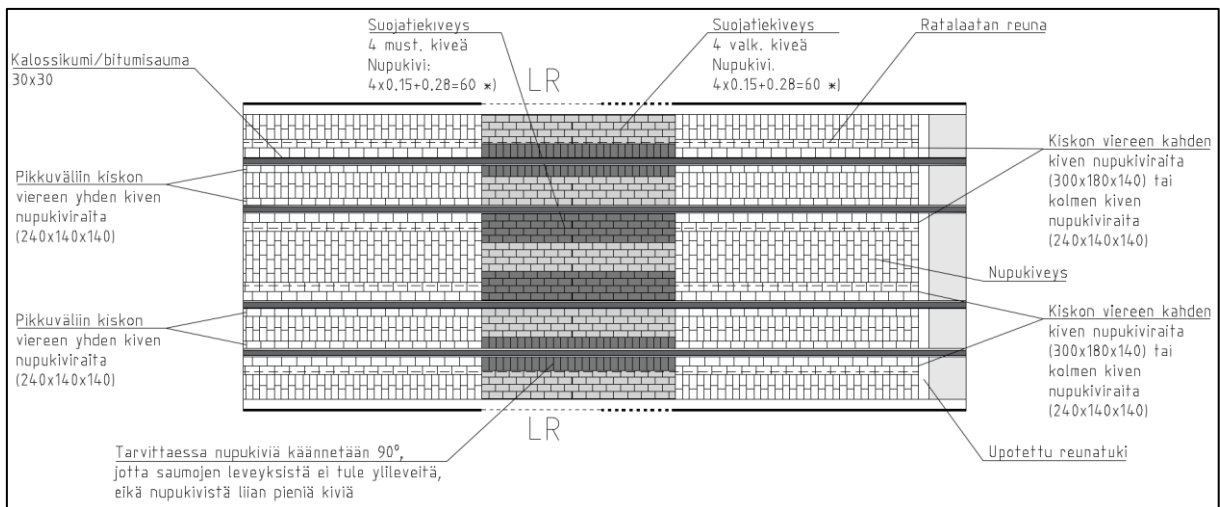
Kuva 26 Kadun periaatekuva 1



Periaatekuvassa suojatien kohdalla (Kuva 27) poikkeaa muista kuvista sillä, että siinä ei enää näy kadun mittoja ja suojatie sekä asfalttipinta on korostettu mustavalkoisilla rasterialueilla. Periaatekuvassa esitetään, miten kiveyksistä tehty katu liittyy asfalttipintaan ja kuinka suojatie sovitetaan kiveykseen. Kuvassa on selitetty tarkemmin minkä värisiä ja kokoisia kiviä tulisi käyttää, mitä materiaaleja käytetään ja mitä toimenpiteitä vaaditaan.

Suojatiekiveys esitetään neljä nupukiveä korkeana ja sen raidoituksena käytetään valkoisia ja mustia nupukiviä. Yhden suojatieraidan leveyden on ajateltu olevan noin 600 mm. Osa suojateiden kivistä on käännetty 90°, jotta saumanleveydet pysyvät 10 mm leveinä ja ettei nupukivien koko pienene liikaa. Suojatien kohdalla reunatuki on tehty luiskatusta ja madalletusta reunatuista Helsingin kaupungin ohjeen mukaan, jossa luiskattu reunatuki on vähintään 2,5 m pitkä ja madallettu reunatuki on 1,5–2,0 m pitkä. Periaatekuvassa luiskattu reunatuki on esitetty katkoviivalla ja sen lisäksi katkoviivan yläpuolelle on lisätty LR-kirjaimet. Madallettu reunatuki on esitetty paksulla katkoviivalla. Kaikkien nupukivien ladonta on esitetty ½ riviladontana, jossa aina seuraan kivistä nupukivi aloitetaan kiven puolesta välistä. Ratakiskon viereen on esitetty tulevan kalossikumi tai 30 x 30 mm kokoinen bitumisauma. Asfalttipinnan ja kiveyksen väliin on esitetty upotettu reunatuki. Kuvassa ei ole esitetty erillisiä kiveyksen saumoja, vaan saumat on lisätty kiveyksen leveyksiin.

Kuva 27 Kadun periaatekuva 2 suojatien kohdalta



## 7 Johtopäätökset

Maastokäyntihavaintojen perusteella voidaan todeta, että noppakivillä tehtyjä suojetiekiveyksiä ei tulisi jatkossa enää tehdä. Havaintojen perusteella ne kestävät huomattavasti huonommin kuin nupukiveyksillä tehdyt suojetiet ja haastatteluissa osattiin myös kertoa, että suojetieissä käytetyt mustat noppakivet kestävät valkoisia noppakiviä heikommin. Noppakivien laaduissa saattaa siis olla laadullisia eroja.

Maastokäynneiltä otetuista saumojen korkeuksissa havaittiin suuria eroja ohjearvoon verrattuna. Osa saumankorkeuden mataluudesta selittynee sillä, että jälkepäin saumoja korjattaessa, ei saumausainetta lähdetä väkisin ujuttamaan kivien väliin, vaan saumausainetta laitetaan niin paljon kuin sitä korjauksen yhteydessä sinne mahtuu. Kivien välissä jo olemassa olevaa saumausainetta on hyvin vaikea saada pois ja sen poistaminen vaatisi hitaasti toteutettavaa käsityötä. Saumankorkeuden ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan sillä, että yksinkertaistettaisiin ohjetta niin, että koko saumankorkeus olisi samaa saumausainetta. Tällä hetkellä ohjeissa sauman korkeutena käytetään 1/3 kiven korkeudesta (RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos, 2018, s. 21). Ainakin allekirjoittaneelle 1/3 kiven korkeudesta on vaikea hahmottaa ja varsinkin silloin, kun kiveys on jo ladottu maahan ja sauman korkeuden mittaaminen on hankalaa. Maastokäynneillä havaittiin vaihtelua myös saumausaineiden leveyksissä. Havaitut ongelmat eivät olleet niin räikeitä kuin saumankorkeuksissa, vaan saumanleveydet vaihtelivat 20–25 mm välillä ohjearvon ollessa 10 mm (Helsingin kaupunki, 2024). Sahattuja nupukiviä käytettäessä saumauksissa voidaan käyttää vielä kapeampaa 5 mm leveää saumaa.

Telakkakadun maastokäynnillä havaittiin nupukivien painumista kiskopariien välissä satojen metrien matkalla. Tämän syyksi pääteltiin raskaan työmaaliikenteen ohjaaminen nupukiveykselle. Pohdittiin, että tätä estämään voitaisiin tehdä väliaikainen asfaltointi nupukivien päälle, jotta raskaan liikenteen kuormitus jakautuisi tasaisemmin koko rata-alueen päälle. Suodatinkangasta voitaisiin käyttää asfaltin alla, jotta väliaikainen asfaltointi olisi helpompi purkaa.

Ratalaatta voidaan rakentaa yhtenäisenä koko radan tai koko kadun mittaisena, kuten Aleksanterinkadulla ja Tampereen ratikassa. Tämä kasvattaa kustannuksia, koska betonin laatan tekemiseen tarvitaan huomattavasti enemmän. Hyvänä puolena kadun pysyminen huoltovapaampana ja kadun korjaamiskustannusten säästäminen tätä kautta.

Maastokäynneillä havaittiin kaivojen kohdalla kiveyksien painumista. Osa painumista johtuneet putkien ja johtojen saneerauksista, joissa katua ei olla saatu ennallistettua niin hyvin kuin kadun rakentamisen aikana.

Haastatteluissa selvisi myös, että työmailla kiveyksistä tehdään malliladonnat, mutta ne tehdään ilman saumausta. Ohjeistusta työmailla pitäisi muuttaa niin, että malliladonnat tehdään saumausten kanssa. Haastatteluiden perusteella selvisi myös, että saumausaineita ei olla aina käytetty oikein, joten työselostuksessa tulisi korostaa saumausaineen käytön vaatimuksia.

## 8 Yhteenveto

Helsingin kantakaupungin raitiotieverkko on vanhaa ja muun muassa kaikkien katujen perustamistavoista ei ole varmuutta. Katujen parissa toimii monia eri toimijoita, joten työn laatu saattaa vaihdella eri toimijoiden välillä. ja varsinkin katujen ennallistamisessa on havaittu ongelmia. Työ tehdään joko liian kiireellä tai työn tekijällä ei välttämättä ole kokemusta tehdä kiveyksiä oikein, joka johtaa pahimmassa tapauksessa kiveysten heikkoon tiivistämiseen ja kiveyksen elinkaaren lyhenemiseen. Tämä esiintyy muun muassa katujen alitusten kohdalla kivien painumisena.

On havaittu, että työn laadulla on suuri merkitys kiveyksiä tehdessä ja uusien saumausaineiden oikeanlaisessa käytössä voi mennä aikaa jopa vuosia. Maastokäynneillä havaittiin, että usein saumausaineita oli käytetty liian vähän kuin olisi pitänyt käyttää. Kivien saumausta helpottamaan päätimme käyttää tyyppikuvissa samaa saumausainetta koko kiven korkeudelta. Tämä helpottaa työn tekemistä sekä sen valvontaa. Aikaisemmin

työmailla kivien ladonnoista on tehty koevedokset ilman saumaisaineita, joten lisäsimme tyyppikuvaan ohjeistuksen, jossa kiveysten koevedokset tulisivat tehdä saumojen kanssa. Pyrimme myös korostamaan, että saumanleveyyden leveyden tulisi olisi olla maksimissaan 10 mm leveä.

Rata-alueen kivien saumoissa päädyttiin suosittelemaan bitumia sen elastisuuden takia. Leonkadun maastokäynnillä havaittu vain muutaman vuoden vanhojen betonisaumojen murtuminen johti tähän päätökseen. Kivityypeistä päädyttiin suosittelemaan nupukiviä. Haastatteluiden perusteella isompien kivien kiinnipysyminen on todennäköisempää kuin pienempien kivien. Noppakivillä tehdyissä suojateissa havaittiin useilla kaduilla varsinkin kiskonviereisten kivien painumista ja haastatteluissa selvisi, että mustissa noppakivissä on myös laatuongelmia. Aleksanterinkadulla ja Leonkadulla käytettiin radan pienessä välissä kiskon vieressä yhtä nupukivillä tehtyä juoksukiviriviä.

Radan kaarekohdat on todettu hankaliksi muun muassa lämpölaajenemisen takia ja useiden rataiskojen risteäminen aiheuttaa rata-alueelle kapeita välejä. Haastatteluiden ja havaintojen perusteella rataiskojen kapeissa väleissä kiveykset pysyvät huonosti ja päädyttiin johtopäätökseen, että rataiskojen väliset kapeat välit tulisi betonoida. Samalla betonointi tukevoittaa radan rakennetta.

Kiveysten koko saumankorkeudelta märkäbetonilla saumaamisessa on Tampereen ratikalta hyviä kokemuksia. Toki Tampereen ratikassa on tehty myös koko kadun mittainen rataalaatta kuten Helsingissä Aleksanterin kadulla. Koko kadunmittainen rataalaatta nostaa kustannuksia, koska oman karkean arvioni mukaan käytettävän betonin määrä kasvaa vähintään noin kolmanneksella. Kuitenkin koen, että koko kadun mittaista rataalaatta tulisi harkita suunnitelmissa, sillä maastokäyntien perusteella 20 vuotta vanha Aleksanterinkatu oli Helsingin kantakaupungin kiveyksillä tehdyistä raitiotiekaduista kaikista parhaimmassa kunnossa.

Liikenteen määrällä on vaikutusta kiveyksillä tehtyjen katujen kuntoon ja varsinkin kaartuvilla kadun osuuksilla kiskoihin ja katuun vaikuttavat lisäksi sivuittainen liike-energia. Maastokäynneillä havaittiin, että kaduilla missä oli vähäistä tai ei ollenkaan ajoneuvoliikennettä, kadut olivat paremmassa kunnossa. Kaduilla, missä on vähäistä tai ei ollenkaan ajoneuvoliikennettä, voitaisiin harkita rakennettavan korkealuokkaisempaa kaupunkiympäristöä, missä pintamateriaalina käytettäisiin esimerkiksi luonnonkivilaattaa.

## Lähteet

Helsingin kaupunki. (4. 1 2024-a). *Helsingin katurakenteiden suunnitteluperiaatteet*.

Helsingin kaupunki. (31. 1 2025-b). *Helsingin karttapalvelu*. <https://kartta.hel.fi/>

Helsingin kaupunki. (3. 3 2025-c). *Raitioteiden suunnitteluohje*. <https://raitiotieohje.fi/>

Helsingin kaupunki. (n.d.-d). *Nurmisaumatut kiveykset ja nurmikivet*.

<https://kaupunkitilaohje.hel.fi/kortti/nurmikivet/>

InfraRYL. (n.d. -a). *Rakennustieto.fi*.

[https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_2/Liite\\_18\\_Kadun\\_normipaallysrakenteet\\_1d542c7b-ab77-453d-8061-83fdb1a2f89.html](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_2/Liite_18_Kadun_normipaallysrakenteet_1d542c7b-ab77-453d-8061-83fdb1a2f89.html)

InfraRYL. (n.d.-b). *Rakennustieto.fi*.

[https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024\\_1/21430.html#id214322](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_1/21430.html#id214322)

Microsoft. (n.d.). *Bing maps*. [https://www.bing.com/maps?osid=ed297243-344f-452f-bd4b-](https://www.bing.com/maps?osid=ed297243-344f-452f-bd4b-7e3bbe6eb21b&cp=60.163175%7E24.936914&lvl=14.7&v=2&sV=2&form=S00027)

[7e3bbe6eb21b&cp=60.163175%7E24.936914&lvl=14.7&v=2&sV=2&form=S00027](https://www.bing.com/maps?osid=ed297243-344f-452f-bd4b-7e3bbe6eb21b&cp=60.163175%7E24.936914&lvl=14.7&v=2&sV=2&form=S00027)

Mustilan puutarha. (n.d.). *Terracottem* <https://www.mustilapuutarha.fi/Terracottem-200-g>

Raide-Jokeri. (n.d.). *Raide-Jokeri* <https://raidejokeri.info/>

RYT, Helsingin kaupungin liikennelaitos. (18. 12 2018). *Raitioteiden rakentaminen: Ratojen yleinen työselostus RYT 2018*.

Tampereen Ratikka. (16. 9 2024). *Pirkkala-Linnainmaa-raitiotien toteutussuunnitelma*.

Tampereen ratikka. (31. 12 2024). *Tampereen ratikka*. <https://www.tampereenratikka.fi/>

Turun Sanomat. (4. 10 2003). *Uudistunut Aleksanterinkatu avattiin Helsingissä*

<https://www.ts.fi/uutiset/1073920316>

WSP Finland. (n.d.). *Kalastamasta Pasilaan*.

<https://www.wsp.com/fi-fi/projects/kalastamasta-pasilaan>



## Liite 2. Aineistohallintasuunnitelma



### OPINNÄYTETYÖN AINEISTONHALLINTASUUNNITELMA

#### **Tutkimusaineiston tallennus ja säilytys**

Tutkimusaineisto tallennetaan ja säilytetään WSP:n verkkolevyillä. Valmis tuote arkistoidaan Helsingin kaupungin ProjectWise järjestelmään. Tietoturvasta huolehditaan käyttämällä suojattuja yhteyksiä ja vahvoja salasanoja.

Haastatteluja käytetään työssä aineistonkeräysmentelmänä, joiden avulla osataan maastokäynneillä kiinnittää huomio olennaisiin asioihin. Haastattelut myös auttavat ymmärtämään minkälaisia haasteita kiveyksillä tehdyillä raitiotiekauduilla on. Haastatteliijoilta on kysytty saako haastattelun nauhoittaa ja saako haastattelua käyttää opinnäytetyössä. Molempiin kysymyksiin on vastattu myöntävästi.

#### **Henkilötietojen ja arkaluontoisten tietojen käsittely**

Opinnäytetyössä ei käsitellä henkilötietoja, eikä työ sisällä salassa pidettävää tietoa.

#### **Opinnäytetyöaineiston omistajuus**

WSP omistaa opinnäytetyön aineiston ja tulokset. Toimeksiantajalle toimitetaan vain tyyppikuvat.

#### **Opinnäytetyöaineiston jatkokäyttö työn valmistumisen jälkeen**

En halua, että opinnäytetyötä jatkokäytetään| Opinnäytetyö säilytetään tietoturvallisesti vuoden ajan opinnäytetyön hyväksymispäivästä, jonka jälkeen aineisto hävitetään tietoturvallisesti.