

Master's Program in Geoengineering

# Kadun rakennekerrosten uudelleenkäyttäminen ja kierrättäminen kadun rakennekerroksissa

---

Iiro Ristikankare

Diplomityö  
2024



---

**Tekijä** Iiro Ristikankare

---

**Työn nimi** Kadun rakennekerrosten uudelleenkäyttäminen ja kierrättäminen kadun rakennekerroksissa

---

**Koulutusohjelma** Georakentamisen maisteriohjelma

---

**Vastuuopettaja/valvoja** Prof. Nina Raitanen

---

**Työn ohjaaja(t)** DI Henry Gustavsson, DI Timo Birling

---

**Yhteistyötaho** Helsingin kaupunki

---

**Päivämäärä** 28.08.2024 **Sivumäärä** 70 + 24

**Kieli** suomi

---

### Tiivistelmä

Uusiomateriaalien avulla voidaan edistää materiaalitehokkuutta sekä vähentää neitseellisen kiviaineksen kulutusta. Infrarakentamisessa käytettyjä uusiomateriaaleja on tutkittu runsaasti viimeisten 30–40 vuoden aikana. Pois kaivettujen kadun rakennekerrosten uudelleenkäyttämistä on kuitenkin tutkittu Suomessa erittäin rajallisesti. Aihetta ei ole Suomessa ohjeistettu ja kirjallista materiaalia on tuotettu hyvin vähän. Tässä diplomityössä tarkastellaan katurakenteesta pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämistä kadun kantavissa ja jakavissa kerroksissa. Diplomityö tehtiin toimeksiantona Helsingin kaupungille.

Työn kirjallisuuskatsausta täydennettiin asiantuntijahaastatteluilla kirjallisen materiaalin puutteen vuoksi. Kirjallisuuskatsauksessa lisäselvitystä vaatineiden teemojen pohjalta tehtiin haastattelututkimus, jossa haastateltiin infrarakennusalan tilaajia ja urakoitsijoita. Haastattelututkimus toteutettiin puolistrukturoituna teemahaastatteluna. Haastattelututkimuksen perusteella maa-ainesten uudelleenkäyttäminen kadun kantavissa ja jakavissa kerroksissa on tällä hetkellä pienimuotoista Suomessa. Haastatteluiden perusteella uudelleenkäyttämisen ohjeistaminen sekä välivarastointi- ja jalostusalueiden parempi saatavuus edistäisi maa-ainesten uudelleenkäyttämistä rakennekerroksissa.

Laboratoriotutkimusten tavoitteena oli selvittää, millaista materiaalia kadun kantavissa ja jakavissa kerroksissa on käytetty Helsingissä. Laboratoriotutkimuksissa arvioitiin rakennekerrosnäytteiden routivuutta määrittämällä kiviaineksen rakeisuus seulomalla. Rakennekerrosnäytteitä kadun nykyisestä kantavasta ja jakavasta kerroksesta otettiin neljästä eri kohteesta Helsingin alueelta. Rakennekerrosnäytteiden laatu oli vaihtelevaa ja huomattava osa näytteistä oli routivia. Lisäksi osassa näytteistä oli seassa erilaista jätettä ja orgaanista materiaalia.

Haastattelu- ja laboratoriotutkimusten perusteella merkittävä haaste pois kaivettujen maa-ainesten kierrättämisessä on materiaalien heikko laatu sekä laadun vaihtelevuus. Tämän vuoksi suunnitteluvaiheessa korostuu laadukas suunnittelutyö sekä kattavien rakennekerrostutkimusten tekeminen.

---

**Avainsanat** uusiomateriaalit, kadun rakennekerrokset, maa-ainesten uudelleenkäyttäminen, kadun rakennekerrosten uudelleenkäyttäminen

---

---

|                              |                                                                             |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Author</b>                | Iiro Ristikankare                                                           |
| <b>Title of thesis</b>       | Reuse and recycling of street structural layers in street structural layers |
| <b>Programme</b>             | Master's Programme in Geoengineering                                        |
| <b>Thesis supervisor</b>     | Prof. Nina Raitanen                                                         |
| <b>Thesis advisor(s)</b>     | MSc. Henry Gustavsson, MSc. Timo Birling                                    |
| <b>Collaborative partner</b> | City of Helsinki                                                            |
| <b>Date</b>                  | 28.08.2024                                                                  |
| <b>Number of pages</b>       | 70 + 24                                                                     |
| <b>Language</b>              | Finnish                                                                     |

---

### Abstract

The use of recycled materials can promote material efficiency and reduce the consumption of virgin aggregates. Recycled materials used in infrastructure construction have been extensively studied over the last 30-40 years. However, the reuse of excavated street structural layers has been very limitedly studied in Finland. In addition, there are no guidelines on this topic in Finland, and very little written material has been produced. This master's thesis examines the reuse of excavated soil materials from street structures in the base and sub-base layers of streets. The City of Helsinki commissioned this thesis.

Due to the lack of written material of studied topic, the literature review was supplemented with expert interviews. Based on the themes that required further investigation from the literature review, an interview study was conducted with clients and contractors in the infrastructure construction sector. The interview study was carried out as a semi-structured thematic interview. Based on the interview study, the reuse of soil materials in the base and sub-base layers of streets is small-scale in Finland. According to the interviews, providing guidelines for reuse of excavated soil material and improving the availability of interim storage and processing areas would promote the reuse of soil materials in structural layers.

The aim of the laboratory studies was to determine the quality of excavated soil materials and their technical properties used in the base and sub-base layers of streets in Helsinki. The laboratory tests studied the frost susceptibility of the soil samples by determining the gradation of the aggregates. Soil samples were taken from the current base and sub-base layers of four different sites in the Helsinki area. The quality of the soil samples varied, and a significant portion of the samples were frost-susceptible. Additionally, some of the soil samples contained various waste materials and organic material.

Based on the interview and laboratory studies, a significant challenge in recycling excavated soil materials is the poor and variable quality of the materials. Therefore, planning and comprehensive ground investigations are emphasized during the planning phase.

---

**Keywords** recycled materials, structural layers of the street, reuse of soil materials, reuse of street structural layers

---

# Sisällys

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Esipuhe.....                                                                                     | 7  |
| Symbolit ja lyhenteet.....                                                                       | 8  |
| Symbolit .....                                                                                   | 8  |
| Sanasto .....                                                                                    | 8  |
| 1    Johdanto.....                                                                               | 10 |
| 1.1    Työn taustaa .....                                                                        | 10 |
| 1.2    Työn tavoitteet.....                                                                      | 11 |
| 1.3    Työn rajaus .....                                                                         | 11 |
| 1.4    Tutkimusmenetelmät ja työn rakenne .....                                                  | 12 |
| 2    Kadun päällysrakenne .....                                                                  | 15 |
| 2.1    Kadun päällysrakenteen rakennekerrokset ja materiaalit .....                              | 15 |
| 2.2    Kadun kantavan kerroksen ja jakavan kerroksen<br>materiaalivaatimukset InfraRYL:ssä ..... | 17 |
| 2.2.1    Sitomaton kantava kerros.....                                                           | 17 |
| 2.2.2    Jakava kerros.....                                                                      | 18 |
| 2.3    Vanhojen katujen rakennekerrokset ja niiden kartoittaminen.....                           | 20 |
| 2.4    Jätehierarkia ja maa-aineksen jäteluonne .....                                            | 22 |
| 2.5    Katuluokat ja kadun päällysrakenteen mitoittaminen .....                                  | 24 |
| 3    Kadun rakennekerrosten uudelleenkäyttäminen .....                                           | 27 |
| 3.1    Pois kaivettujen maa-ainesten hyödyntäminen Suomessa.....                                 | 27 |
| 3.1.1    Pois kaivettujen maa-ainesten hyödyntäminen Tampereella ...                             | 28 |
| 3.1.2    Esimerkkejä maa-ainesten uudelleenkäyttämisestä<br>rakennekerroksissa Tampereella ..... | 30 |
| 3.1.3    Pois kaivettujen maa-ainesten hyödyntäminen Helsingissä .                               | 32 |
| 3.2    Pois kaivettujen maa-ainesten hyödyntäminen Pohjoismaissa....                             | 33 |
| 3.2.1    Tanska.....                                                                             | 33 |
| 3.2.2    Ruotsi .....                                                                            | 34 |
| 3.2.3    Norja .....                                                                             | 35 |
| 3.3    Pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämisen haasteet ...                           | 35 |
| 3.4    Kiviaineksen jalostaminen.....                                                            | 36 |
| 4    Haastattelututkimus ja sen tulokset.....                                                    | 38 |
| 4.1    Haastattelututkimuksen taustaa.....                                                       | 38 |

|     |                                                                    |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2 | Haastatellut osapuolet .....                                       | 38 |
| 4.3 | Maa-ainesten uudelleenkäyttämisen ohjeistaminen .....              | 41 |
| 4.4 | Maa-ainesten välivarastointi, jalostaminen sekä kierrätysalueet .. | 42 |
| 4.5 | Tilaajan asema maa-ainesten uudelleenkäyttämisessä .....           | 44 |
| 4.6 | Kaivettujen maa-ainesten laadun vaihtelevuus .....                 | 45 |
| 4.7 | Kaupunkien erilaiset olosuhteet ja intressit .....                 | 46 |
| 5   | Laboratoriotutkimukset .....                                       | 47 |
| 5.1 | Rakeisuuden ja routivuuden määrittäminen seulomalla .....          | 47 |
| 6   | Tutkimuskohteet ja rakennekerrosnäytteet .....                     | 49 |
| 6.1 | Kuninkaantammentie .....                                           | 50 |
| 6.2 | Katajanokanlaituri 4 .....                                         | 51 |
| 6.3 | Porkkalankatu .....                                                | 53 |
| 6.4 | Tattariharjuntie .....                                             | 55 |
| 7   | Laboratoriotutkimusten tulokset .....                              | 58 |
| 7.1 | Kuninkaantammentie .....                                           | 58 |
| 7.2 | Katajanokanlaituri 4 .....                                         | 60 |
| 7.3 | Porkkalankatu .....                                                | 61 |
| 7.4 | Tattariharjuntie .....                                             | 62 |
| 8   | Tuloksien analysointi ja johtopäätökset .....                      | 63 |
|     | Lähteet .....                                                      | 67 |
|     | Liite 1. Haastattelukysymykset .....                               | 71 |
|     | Liite 2. Testiraportit .....                                       | 72 |
|     | Liite 3. Maanäytteiden tutkimusilmoitukset .....                   | 84 |

## Esipuhe

Tämä diplomityö tehtiin toimeksiantona Helsingin kaupungille. Kiitos, että kiinnostuitte aiheesta ja mahdollistitte työn tekemisen. Iso kiitos kuuluu WSP:n Timo Birlingille, jolta sain idean työn aiheesta. Kiitos lisäksi kaikille muille aiheesta vuosi sitten WSP:ltä ideoimassa mukana olleille henkilöille.

Haluan kiittää kaikkia työn ohjausryhmän jäseniä heidän asiantuntemuksestaan ja kiinnostuksestaan työtä kohtaan. Annoitte arvokkaita kommentteja koko diplomityöprosessin ajan. Erityiskiitokset työn valvonnasta Aalto-yliopiston professori Nina Raitaselle sekä työn ohjaamisesta Henry Gustavssonille Aalto-yliopistosta ja Timo Birlingille WSP:ltä.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni ja kavereitani kaikesta arvokkaasta tuesta ja avusta mitä olette antaneet läpi koko opintojeni.

Helsingissä, 28.8.2024  
Iiro Ristikankare

## Symbolit ja lyhenteet

### Symbolit

|       |                                                          |
|-------|----------------------------------------------------------|
| $d$   | Kiviaineksen rakeisuuden alaraja millimetreissä          |
| $D$   | Kiviaineksen rakeisuuden yläraja millimetreissä          |
| $G_A$ | Kantavan kerroksen murskeen rakeisuusluokka InfraRYL:ssä |
| $G_O$ | Kantavan kerroksen murskeen rakeisuusluokka InfraRYL:ssä |
| $G_c$ | Jakavan kerroksen murskeen rakeisuusluokka InfraRYL:ssä  |
| $G_p$ | Jakavan kerroksen murskeen rakeisuusluokka InfraRYL:ssä  |
| $LA$  | Kiviaineksen iskunkestävyyttä kuvaava Los Angeles -luku  |

### Sanasto

|        |                                               |
|--------|-----------------------------------------------|
| AB     | Asfalttibetoni                                |
| ABK    | Kantavan kerroksen asfalttibetoni             |
| ABS    | Sidekerroksen asfalttibetoni                  |
| Asf    | Asfaltti                                      |
| Helen  | Helsingin energia                             |
| Hm     | Humusmaa                                      |
| Hk     | Hiekka (Geotekninen maalajiluokitus)          |
| HkMr   | Hiekkamoreeni (Geotekninen maalajiluokitus)   |
| hkSiTä | Hiekkainen siltti (täyttömaa)                 |
| hkSr   | Hiekkainen sora (Geotekninen maalajiluokitus) |
| HkTä   | Hiekka (täyttömaa)                            |
| HSY    | Helsingin seudun ympäristöpalvelut            |
| Hu     | Humus                                         |
| huHk   | Humuksinen hiekka                             |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| InfraRYL        | Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset                                                                                                                                                                                          |
| Maa-aines       | Kallio- tai maaperästä pois kaivettua tai irrotettua ainesta, jota saadaan rakentamisen tai vastaavanlaisen toiminnan yhteydessä.                                                                                                   |
| Sa              | Savi (Geotekninen maalajiluokitus)                                                                                                                                                                                                  |
| saSi            | Savinen siltti (Geotekninen maalajiluokitus)                                                                                                                                                                                        |
| Si              | Siltti (Geotekninen maalajiluokitus)                                                                                                                                                                                                |
| siHk            | Silttinen hiekka (Geotekninen maalajiluokitus)                                                                                                                                                                                      |
| SMA             | Kivimastiksfalitti                                                                                                                                                                                                                  |
| Sr              | Sora (Geotekninen maalajiluokitus)                                                                                                                                                                                                  |
| SrTä            | Sora (täyttömaa)                                                                                                                                                                                                                    |
| srHk            | Sorainen hiekka (Geotekninen maalajiluokitus)                                                                                                                                                                                       |
| srHkMr          | Sorainen hiekkamoreeni (Geotekninen maalajiluokitus)                                                                                                                                                                                |
| srHkTä          | Sorainen hiekka (täyttömaa)                                                                                                                                                                                                         |
| Stara           | Helsingin kaupungin rakentamispalveluliikelaitos                                                                                                                                                                                    |
| Tä              | Täyttömaa                                                                                                                                                                                                                           |
| Uusiomateriaali | Varsinaisesta käytöstään poistettu materiaali, teollisuuden sivutuote, teollisuuden prosesseissa syntynyt jäte tai ylijäämämaa, jota voidaan sellaisenaan tai jalostettuna käyttää korvaamaan luonnonkiviainesta maarakentamisessa. |

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn taustaa

Rakennettu ympäristö kuluttaa noin puolet kaikesta louhitusta materiaalista Euroopan unionissa. Tämän lisäksi rakennussektori tuottaa noin kolmannuksen Euroopan unionin vuotuisista jätteistä. (Euroopan komissio, 2021.) Euroopassa käytettiin 4,2 miljardia tonnia kiviaineksia vuonna 2019, mutta vain seitsemän prosenttia tästä koko määrästä oli kierrätettyä kiviainesta (Sweco, 2023). Euroopan unioni on sitoutunut olemaan hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä ja vähentämään nettopäästöjä 90 prosenttia verrattuna vuoden 1990 tasoon vuoteen 2040 mennessä. Tavoitteiden saavuttamiseksi Euroopan komissio lanseerasi vuonna 2020 uuden strategian materiaalitehokkuuden parantamiseksi ja ilmastovaikutusten vähentämiseksi. Yhtenä strategian tavoitteena on edistää kiviaineksen turvallista ja kestävää käyttöä sekä lisätä kiviaineksen kierrättämistä (Euroopan komissio, 2021).

Kiviaineksen kierrättämisellä ja uudelleenkäytännöllä on päästöjen vähentämisen lisäksi mahdollista saavuttaa huomattavia säästöjä infrarakennushankkeiden materiaalikustannuksissa. Jos kierrätetyn kiviaineksen osuutta kasvatettaisiin seitsemästä prosentista kahteenkymmeneen prosenttiin, voisivat infrarakennusalan eri osapuolet Euroopassa säästää jopa kuusi miljardia euroa vuositasolla rakentamisen raakamateriaalikustannuksissa (Sweco, 2023).

Helsingin kaupunkistrategiassa hiilineutraaliustavoite on vuodessa 2030. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää päästöjen vähentämistä kaikilla osaluilla, mukaan lukien rakentamisessa. Infrarakentamisessa rakennusmateriaalit ovat merkittävä hiilijalanjäljen aiheuttaja. Lisäksi maa-aineksien kuljettaminen paikasta toiseen aiheuttaa päästöjä, jotka edelleen lisäävät rakentamisen aiheuttamaa hiilijalanjälkeä. Tämän vuoksi kiviainesten ja myös muiden rakentamisessa käytettävien luonnonvarojen käyttöä tulee tehostaa. Merkittävänä keinoina päästöjen vähentämisessä infrarakentamisessa ovat materiaalitehokkuus sekä uusiomateriaalien hyödyntäminen. Suomessa erilaisten uusiomateriaalien käytöstä infrarakentamisessa on jo runsaasti kokemuksia ja aihetta on tutkittu merkittävästi viimeisen 30–40 vuoden aikana. Pois kaivettujen kadun rakennekerrosten uudelleenkäytännöstä kadun rakennekerroksissa on kuitenkin melko vähän kirjallista aineistoa ja tutkimustietoa.

Helsingissä rakennushankkeissa syntyy vuosittain runsaasti kadun rakennekerroksista pois kaivettuja maa-aineksia, kun katuja korjataan tai puretaan. Tällä hetkellä näitä pois kaivettuja maa-aineksia uudelleenkäytetään useasti

sellaisiin rakennuskohteisiin, joihin kelpaisivat mahdollisesti teknisiltä ominaisuuksiltaan heikompilaatuisemmatkin materiaalit. Lisäksi Helsingissä on valtava pula maa-ainesten läjityspaikoista ja pois kaivetuille maa-aineksille pitäisi löytää uudelleenkäyttökohteita. Mikäli pois kaivetut rakennekerrokset olisivat teknisiltä ominaisuuksiltaan sopivia uudelleenkäytettäväksi kadun rakennekerroksissa, säästäisi tämä neitseellistä kiviainesta sekä vähentäisi kiviaineksen kuljettamisen aiheuttamia päästöjä.

## **1.2 Työn tavoitteet**

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää, voisiko Helsingissä ja Suomen muissa suurimmissa kaupungeissa kadun rakennekerroksissa käytettyjä ja pois kaivettuja kiviaineksia käyttää uudelleen kadun kantavissa ja jakavissa kerroksissa. Lisäksi työn tavoitteena oli selvittää tämänhetkisiä kokemuksia ja toimintatapoja rakennekerrosten uudelleenkäyttämisestä. Tämän diplomityön lähtökohtana toimivat seuraavat tutkimuskysymykset:

- Millainen on pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämisen nykytilanne Suomen suurimmissa kaupungeissa? Uudelleenkäytetäänkö näitä pois kaivettuja maa-aineksia kadun rakennekerroksissa?
- Millaiset edellytykset pääkaupunkiseudulla on pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämiseksi kadun rakennekerroksissa? Mitkä ovat suurimmat haasteet ja esteet maa-ainesten uudelleenkäyttämisen näkökulmasta?
- Kuinka pois kaivetun maa-aineksen uudelleenkäyttäminen olisi taroituksenmukaisinta tehdä tilaajan ja urakoitsijan näkökulmasta?
- Minkä laatuista materiaalia Helsingin katujen ja väylien nykyiset kantavat ja jakavat kerrokset sisältävät?

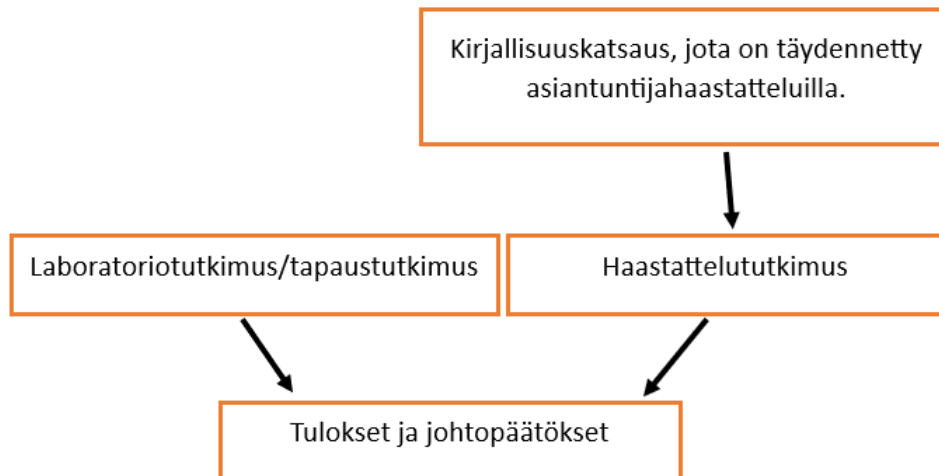
Työn tavoitteena oli tuottaa maa-ainesten uudelleenkäyttämisestä kirjallista tutkimusaineistoa aihepiirin mahdollista ohjeistamista sekä jatkotutkimusta varten.

## **1.3 Työn rajaus**

Tässä työssä tarkasteltiin ainoastaan pois kaivettujen kadun rakennekerros-materiaalien uudelleenkäyttämistä kadun rakennekerroksissa. Työssä ei tarkastella pois kaivettavia kadun pintarakenteita, kuten asfalttia. Työssä tarkasteltiin kyseisten maa-aineksien soveltuvuutta uudelleenkäytettäväksi erityisesti katujen sitomattomiin kantaviin kerroksiin ja jakaviin kerroksiin. Työstä on rajattu ulkopuolelle kaikki muut kadunrakentamisessa käytettävät uusiomateriaalit. Työssä ei käsitellä pilaantuneita maa-aineksia.

## 1.4 Tutkimusmenetelmät ja työn rakenne

Diplomityön rakenne on esitetty kuvassa yksi. Kuvan nuolet kuvaavat työn tutkimusosuuksien järjestystä sekä työn aikana kerätyn aineiston siirtymistä työn seuraavien vaiheiden lähtötiedoiksi.



Kuva 1. Työn rakenne ja tutkimusosuuksien järjestys.

Aihepiiristä on toistaiseksi tuotettu huomattavan vähän kirjallista materiaalia Suomessa ja Pohjoismaissa. Suurin osa tiedosta on suullista tietoa, jota ei ole kirjallisissa lähteissä. Tämän vuoksi kirjallisuuskatsausta on täydennetty haastattelemalla useita alan asiantuntijoita Suomesta ja Pohjoismaista.

Asiantuntijahaastatteluiden tavoitteena on tuottaa uutta tietoa hyödyntämällä heidän erikoistietämystään tai -osaamistaan tutkittavasta teemasta. Asiantuntija voidaan määritellä hyvin laajasti, mutta usein ajatellaan, että asiantuntijuus voi perustua ammattiin, instituutioon tai tieteeseen. Tämä tarkoittaa, että asiantuntijalla on sellaista erityisosaamista tai -tietoa, jota maallikolla ei ole. Usein asiantuntijahaastatteluiden tavoitteena on päästä selville esimerkiksi tutkimuksen kohteena olevien asioiden ja aihepiirien nykytilasta. (Hyvärinen ym. 2017.) Kirjallisuuskatsauksen yhteydessä tehtyjä asiantuntijahaastatteluja hyödynnettiin aineistonkeräysmenetelmänä kirjallisuuskatsausta varten. Asiantuntijahaastatteluiden tavoitteena oli pois kaivettujen maa-aineksien uudelleenkäyttämisen nykytilan selvittäminen Suomessa ja Pohjoismaissa sekä maa-aineksen jäteluonteen arvioiminen.

Asiantuntijahaastattelut ovat useasti puolistrukturoidun haastattelun muunnelmia, joita saatetaan kutsua myös avoimiksi haastatteluiksi englannin kielessä. Avoimissa haastatteluissa haastattelua ohjaavat vain ennalta sovitut

teemat. (Hyvärinen ym. 2017.) Kirjallisuuskatsauksen yhteydessä tehdyt haastattelut toteutettiin avoimina haastatteluina, joissa asiantuntijoita haastateltiin ainoastaan spesifistä teemasta, josta haastateltavan oletettiin omaavan erityistä tietoa tai osaamista. Haastatteluiden teemat, haastatellut asiantuntijat, heidän organisaationsa sekä haastattelujen päivämäärät on esitetty taulukossa yksi.

Taulukko 1. Kirjallisuuskatsauksen yhteydessä haastatellut asiantuntijat, heidän organisaationsa sekä haastattelujen teemat ja päivämäärät.

| Asiantuntija                       | Organisaatio        | Haastattelun teema                                                            | Päivämäärä |
|------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Petri Leppänen & Ville-Pekka Oldén | Tampereen kaupunki  | Tampereen nykytilanne sekä kokemukset rakennekerrosten uudelleenkäyttämisestä | 12.1.2024  |
| Heli Lehtinen                      | Helsingin kaupunki  | Maa-aineksen jäteluonne                                                       | 2.2.2024   |
| Dansani Vasant-han Muttuvelu       | Aalborgin yliopisto | Rakennekerrosten uudelleenkäytön nykytila Tanskassa                           | 21.2.2024  |
| Bernardita Lira                    | WSP Sweden          | Rakennekerrosten uudelleenkäytön nykytila Ruotsissa                           | 4.3.2024   |

Työssä tehtiin lisäksi kirjallisuuskatsauksen ja työn tutkimuskysymysten pohjalta suunniteltu erillinen haastattelututkimus, jossa haastateltiin eri rakennusalan osapuolia. Haastattelututkimuksen tavoitteena oli löytää näkökulmia kirjallisuuskatsauksessa esiin nousseisiin ja lisäselvitystä vaatineisiin teemoihin ja kysymyksiin. Tavoitteena oli selvittää tilaajien ja urakoitsijoiden edellytyksiä pois kaivetun maa-aineksen kierrättämiselle kadun rakennekerroksissa. Lisäksi tavoitteena oli vahvistaa kirjallisuuskatsauksessa esiin nousseita haasteita pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämisessä. Tavoitteena oli myös löytää uusia näkökulmia ja ajatuksia aihepiiriin eri osapuolilta.

Haastattelututkimuksen lajityyppinä käytettiin teemahaastattelua, joka on puolistrukturoitu haastattelumenetelmä. Puolistrukturoidussa haastattelussa ei haastateltavalle anneta valmiita vastausvaihtoehtoja, vaan vastausvaihtoehdot jätetään avoimiksi. Puolistrukturoidussa haastattelussa kysymykset ovat kaikille haastateltaville samat. Haastattelijan on kuitenkin halutessaan mahdollista muuttaa kysymysten järjestystä haastattelujen välillä. (Hirsjärvi & Hurme, 2022.)

Puolistrukturoitu haastattelumenetelmä mahdollistaa paremman vuorovaikutuksen haastattelijan ja haastateltavan välille strukturoituun haastatteluun verrattuna. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu

haastattelumenetelmä, sillä haastattelun teema-alueet ovat kaikissa haastatteluissa samat (Hirsjärvi & Hurme, 2022). Työn puolistrukturoiduissa haastatteluissa esitetyt kysymykset on esitetty liitteessä yksi. Haastattelut suoritettiin Microsoft Teams-ympäristössä ja ne nauhoitettiin. Haastattelut tallennettiin mp4-formaattiin ja ne litteroitiin tämän jälkeen käyttäen apuna Microsoft Word 365 transcribe-työkalua, joka nopeuttaa litterointia manuaaliseen litterointiin verrattuna.

Haastattelujen litteroimisen jälkeen aineisto analysoitiin teemoittelemalla, joka on kvalitatiivinen analyysimetodi. Teemoittelussa tarkastellaan aineistosta esiin nousevia piirteitä ja teemoja, jotka nousevat esiin useissa eri haastatteluissa. Teemoittelussa esiin nousevat teemat liittyvät yleensä ainakin joltain osin teemahaastattelun kysymysten lähtökohtana toimineisiin teemoihin. Lisäksi esiin voi nousta myös uusia ja kiinnostavia teemoja aineiston analysoimisen yhteydessä. (Hirsjärvi & Hurme, 2022.)

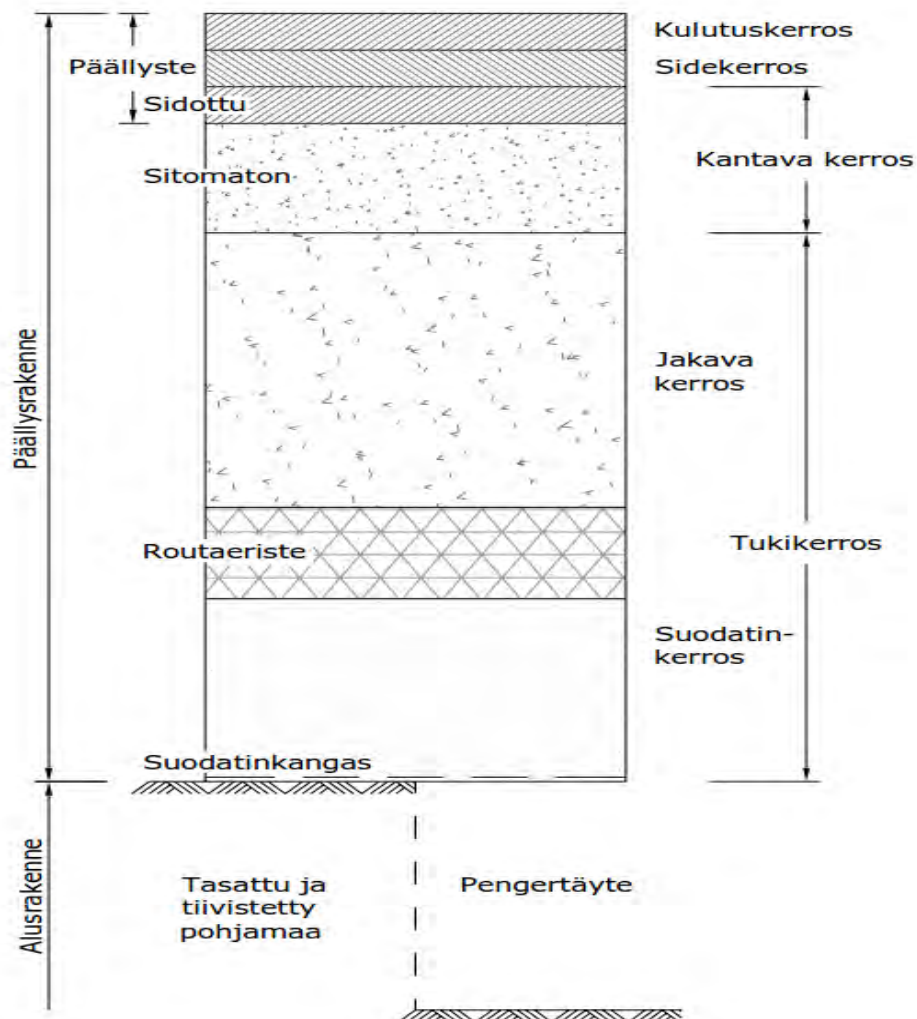
Laboratoriotutkimusten avulla tutkittiin rakennekerroksista pois kaivettujen kiviainesten soveltuvuutta uudelleenkäytettäväksi kadun kantavissa ja jakavissa kerroksissa. Rakennekerrosnäytteistä määritettiin rakeisuudet seuloamalla maa-aines laboratoriossa. Rakeisuuden määrittämisellä voidaan arvioida maa-aineksen maalaji sekä sen mahdollinen routivuus. Näiden maa-aineksen ominaisuuksien avulla pystytään arvioimaan materiaalin soveltuvuutta uudelleenkäytettäväksi kadun rakennekerroksissa. Rakeisuustuloksia verrattiin myös InfraRYL:n kantavan ja jakavan kerroksen materiaalien sallittuihin rakeisuustulosten vaihteluväleihin.

Lisäksi nykyisten rakennekerroksien kiviaineksille olisi hyödyllistä tehdä Los Angeles -testi. Los Angeles -testillä tutkitaan karkean kiviaineksen, kuten esimerkiksi sitomattoman kantavan kerroksen murskeiden iskunkestävyyttä ja kulutuskestävyyttä. Tässä työssä Los Angeles -testiä ei tehty logististen haasteiden vuoksi. Los Angeles -testiä koskevan standardin SFS-EN 1097-2-2:2020:en mukaan testin tekemiseen täytyy 5 kg:n laboratorionäytteen kokoamista varten olla 15 kg kiviainesta, jonka raekoko on 10 mm ja 14 mm välillä. Tällöin yhden kiviainesnäytteen laboratorioon tuotava kokonaismassa olisi ollut todennäköisesti selvästi yli 100 kg, sillä kyseisiä rakeisuuksia oli kerättyjen näytteiden kokonaispainosta keskimäärin 5–15 %. Näytteet voisi esiseuloa tarvittavaan raekokoon jo työmaalla laboratorioon vietävän näytteen pienentämiseksi, mutta tämä vaatisi työmaalle erillisen seulontalaitteen ja prosessi tulisi suunnitella etukäteen niin, että seulonta saataisiin suoritettua kiireisessä työmaaympäristössä.

## 2 Kadun päällysrakenne

### 2.1 Kadun päällysrakenteen rakennekerrokset ja materiaalit

Kadun päällysrakenne tarkoittaa kaikkia alusrakenteen yläpuolella olevia rakennekerroksia. Alusrakenteella tarkoitetaan päällysrakenteen alla sijaitsevaa pohjamaata tai maapengertä, jonka päälle päällysrakenne rakennetaan. Päällysrakenne koostuu kulutuskerroksesta, sidekerroksesta, sidotusta tai sitomattomasta kantavasta kerroksesta, jakavasta kerroksesta, mahdollisesta routaeristeestä sekä suodatinkerroksesta. Päällysrakenteessa ei kuitenkaan aina ole kaikkia edellä mainittuja kerroksia samassa rakenteessa. Tavanomainen kadun päällysrakenne ja sen eri rakennekerrokset on esitetty kuvassa kaksi.



Kuva 2. Kadun rakennekerrokset (Katu 2020, 2020).

Kadun rakenteessa voi olla yksi tai useampia päällystekerroksia. Lisäksi yksi päällystekerros voi olla sidottu kantavan kerroksen yläosa, jonka materiaalina käytetään yleensä kantavan kerroksen asfalttibetonia (ABK). Päällimmäisen päällystekerroksen eli kulutuskerroksen materiaalina käytetään yleensä asfalttibetonia (AB) tai vilkkaasti liikennöidyillä kaduilla kivimastik-sasfalttia (SMA). Sidekerros tehdään tavanomaisesti sidekerroksen asfaltti-betonista (ABS). Ylimmän päällystekerroksen eli kulutuskerroksen tehtävä on luoda tasainen pinta liikenteelle. Alemman tai alempien päällystekerrok-sien tehtävä on estää veden kulkeutuminen kadun pinnalta alempiin raken-nekerroksiin.

Kantavan kerroksen materiaalina käytetään tavallisesti sora- tai kalliomurs-ketta, jonka maksimiraekoko on 32–64 mm. Kantavassa kerroksessa on myös mahdollisuutena käyttää käyttökohteeseen soveltuvia uusiomateriaa-leja korvaamaan luonnonkiviaineksia. Kantavan kerroksen tavoite on kadun kantavuuden lisääminen sekä tasaisen ja tiiviin alustan luominen sen yläpuo-lella oleville päällystekerroksille. Kantava kerros voidaan tehdä osittain tai kokonaan stabiloituna. (Katu 2020, 2020.) Stabiloinnissa katurakenteen kuormituskestävyyttä sekä käyttöikää parannetaan sekoittamalla sideainetta kiviainekseen.

Jakavan kerroksen materiaalina käytetään tavallisimmin mursketta, jonka maksimiraekoko on 63 mm tai 90 mm. Myös suurempien rakeisuuksien käyttö on mahdollista jakavassa kerroksessa, mikäli sen käyttö täyttää jaka-valle kerrokselle asetetut laatuvaatimukset ja ei ole haitaksi työnaikaiselle lii-kenteelle. (Katu 2020, 2020.) Kuten kantavissa kerroksissa, niin myös jaka-vissa kerroksissa voidaan käyttää uusiomateriaaleja luonnonkiviainesten si-jaan. Kadun jakavan kerroksen tehtävä on lisätä katurakenteen kantavuutta ja jakaa katurakenteeseen kohdistuvat kuormat laajemmalle alueelle.

Suodatinkerroksen materiaalina käytetään luonnonkiviaineksia tai uusioma-teriaaleja. Vaihtoehtona on myös korvata suodatinkerros käyttämällä suoda-tinkangasta ja jakavan kerroksen materiaalia. Tällöin tukikerroksen koko-naispaksuuden täytyy kuitenkin pysyä samana. Tällaista ratkaisua käytetään muun muassa tilanteissa, joissa suodatinkerroksen materiaalia ei ole saata-villa tai pohjamaan kantavuus on rakennuskohteessa heikko. (Katu 2020, 2020.) Kadun suodatinkerroksen päätehtävänä on estää ylempien raken-nekerroksien materiaalien sekoittuminen alusrakenteen materiaalien kanssa. Lisäksi suodatinkerros lisää omalta osaltaan katurakenteen kantavuutta ja routakestävyyttä.

## 2.2 Kadun kantavan kerroksen ja jakavan kerroksen materiaaivaatimukset InfraRYL:ssä

Suomessa kadunrakentamisessa käytettävien rakennekerrosten tekniset materiaaivaatimukset on asetettu InfraRYL:ssä, joka sisältää infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Kadun kantavan kerroksen ja jakavan kerroksen materiaaleille ja alustoille, rakennekerrosten rakentamiselle sekä rakennekerrosten rakentamisen ympäristövaikutuksille on asetettu vaatimuksia InfraRYL:ssä. Lisäksi InfraRYL:ssä on annettu vaatimuksia liittyen jakavan kerroksen sekä sitomattoman ja sidotun kantavan kerroksen kelpoisuuden osoittamiseen katu- ja tierakenteissa.

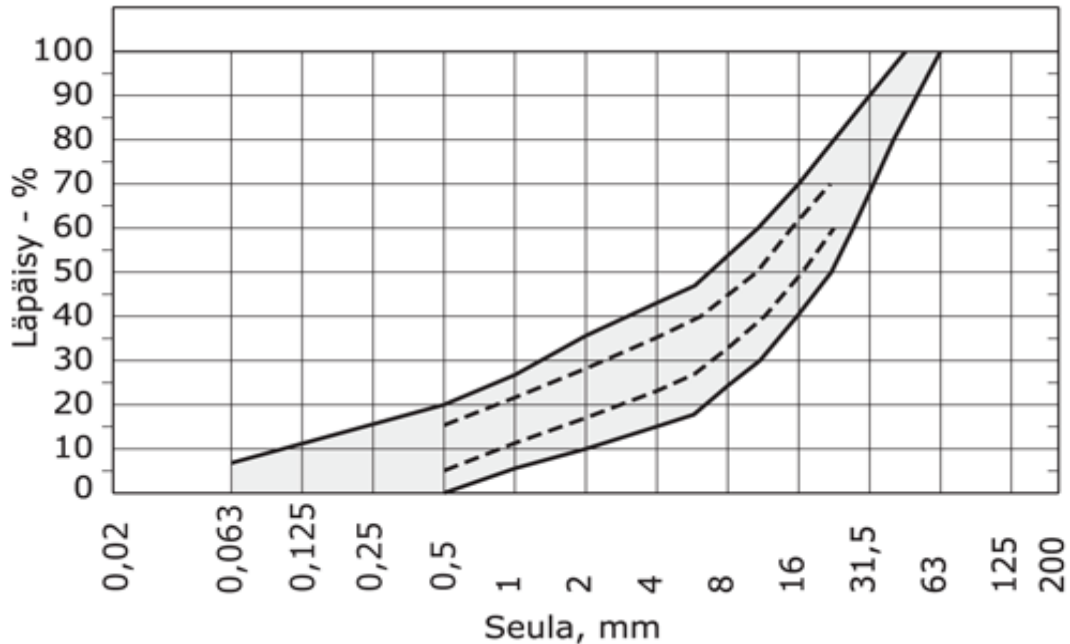
### 2.2.1 Sitomaton kantava kerros

Kadun sitomattoman kantavan kerroksen rakennusmateriaalin kelpoisuus pitää osoittaa CE-merkinnällä, suoritustasoilmoituksella sekä rakennusmateriaalin rakeisuuden tutkimustuloksilla tapauksissa, joissa materiaalin laadunvarmistus on tehty standardin SFS-EN 13242 mukaisesti. Mikäli tuotetta ei ole mahdollista CE-merkitä, täytyy materiaalin täyttää SFS-EN 13242 mukaiset vaatimukset sekä lisäksi materiaalien tuoteominaisuuksien on täytettävä InfraRYL:n luvussa 21310.1 esitetyt vaatimukset. Tällaisissa tapauksissa tuote valmistetaan käytännössä rakennuskohteessa suoraan hyödynnettäväksi. (InfraRYL, 2023.)

InfraRYL:n (2023) mukaan sitomaton kantava kerros voidaan rakentaa kalliomurskeesta, soramurskeesta tai uusiomateriaalista. Uusiomateriaalien käyttäminen kadun sitovassa kantavassa kerroksessa on mahdollista tilaajan hyväksynnällä, jos uusiomateriaali on teknisiltä ominaisuuksiltaan ja maarakennuskelpoisuudeltaan soveltuva käyttökohteeseen. InfraRYL:n sitomattoman kantavan kerroksen kiviaineksen vaatimukset perustuvat standardiin SFS-EN 13242 ja rakeisuusvaatimukset standardiin SFS-EN 13285.

Sitomattomassa kantavassa kerroksessa on mahdollista hyödyntää standardissa SFS-EN 13285 määritettyjä rakeisuuksia: 0/32, 0/40, 0/45, 0/56 sekä 0/63. Kantavan kerroksen murskeiden rakeisuus on standardissa SFS-EN 13285 määritetyn rakeisuusluokan  $G_0$  tai  $G_A$  mukainen. Rakeisuusluokka päätetään aina hankekohtaisesti ja se määritetään standardin SFS-EN 933-1 mukaisella pesuseulonnalla niin useasti kuin on tarpeen materiaaivaatimusten toteutumisen varmistamiseksi. Testaustiheys on kuitenkin vähimmillään kerran päivässä tai kerran 5000 tonnia kiviainesta kohden. Sitomattoman kantavan kerroksen enimmäisraekoko on kuitenkin enintään kolmasosa kerralla tehtävän rakennekerroksen paksuudesta. Kuvassa kolme on esitetty esimerkki kantavaan kerrokseen sopivan murskeen  $G_0$  0/45

raekokojakaumasta. InfraRYL:ssä on esitetty taulukkomuodossa kantavan kerroksen murskeiden rakeisuustulosten keskiarvojen sallitut vaihteluvälit. (InfraRYL, 2023.)



Kuva 3. Kantavaan kerroksen sopivan murskeen  $G_0$  0/45 raekokojakauma (InfraRYL, 2023).

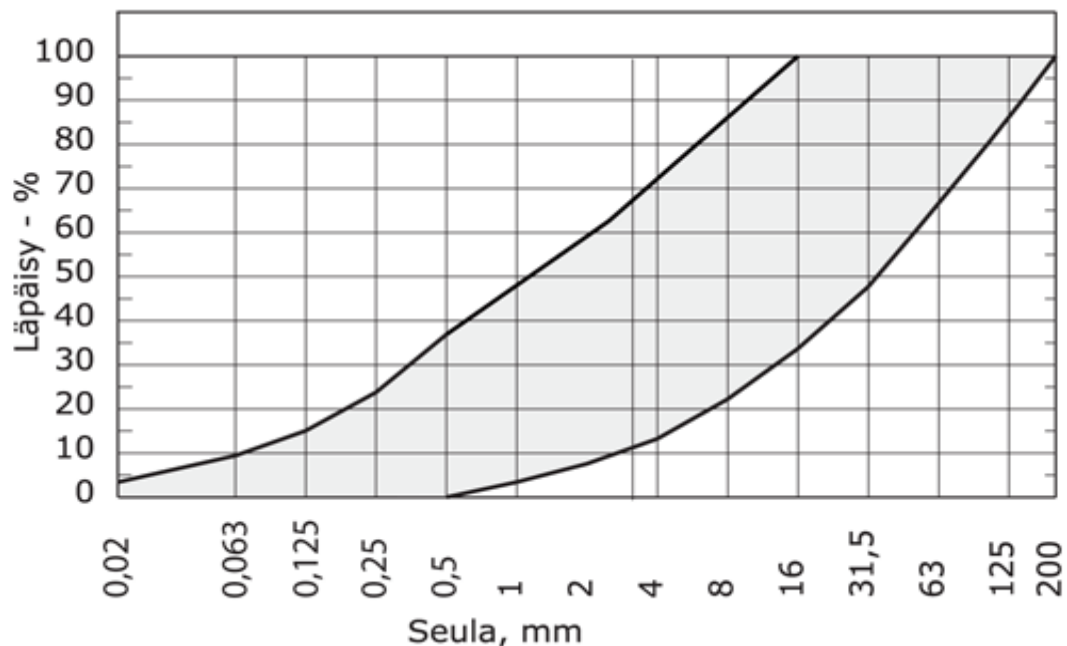
Sitomattoman kantavan kerroksen materiaalin Los Angeles -luku on oltava  $LA_{30}$ . Hankekohtaisesti tilaajan hyväksynnällä voidaan kuitenkin käyttää myös luokkia  $LA_{35}$  ja  $LA_{40}$ . Uusiomateriaalien Los Angeles -luvulle ei ole vaatimusta, mutta luku täytyy kuitenkin ilmoittaa. Uusiomateriaalien tapauksessa Los Angeles -luvun vaikutuksesta rakenteen toimivuuteen ja pitkäaikaiskestävyyteen ei ole vielä tarpeeksi tutkimusaineistoa. (InfraRYL, 2023.)

## 2.2.2 Jakava kerros

Jakavan kerroksen materiaalina voidaan käyttää luonnonsoraa, kalliomursketta tai soramursketta. Lisäksi uusiomateriaalien hyödyntäminen jakavassa kerroksessa on mahdollista, mikäli ne soveltuvat teknisiltä ominaisuuksiltaan ja maarakennuskelpoisuudeltaan käyttökohteeseen. Uusiomateriaalien hyödyntäminen täytyy tehdä tilaajan hyväksymän suunnitelman mukaisesti. Käytettyjen kiviainesten täytyy olla tasalaatuista ja kiviaineksessa ei saa olla savea tai haitallisia epäpuhtauksia, kuten orgaanista ainetta tai humusta. Jakavan kerroksen enimmäisraekokona käytetään enintään 50 % tehtävän rakennekerroksen paksuudesta. Jakavan kerroksen kiviaineksen vaatimukset perustuvat standardiin SFS-EN 13242 ja rakeisuusvaatimukset standardiin SFS-EN 13285. (InfraRYL, 2023.)

Kadun jakavan kerroksen rakennusmateriaalin kelpoisuus osoitetaan CE-merkinnällä, suoritustasoilmoituksella sekä rakennusmateriaalin rakeisuuden tutkimustuloksilla silloin, kun materiaalin laadunvarmistus on tehty standardin SFS-EN 13242 mukaisesti. Mikäli tuote tehdään työmaalla suoraan käytettäväksi tai tuotteen ylempi seulakoko on  $D > 90$  mm, täytyy materiaalin täyttää standardin SFS-EN 13242 vaatimukset. Lisäksi materiaalien tuoteominaisuuksien on täytettävä InfraRYL:n luvussa 21210.1 esitetyt vaatimukset. (InfraRYL, 2023.)

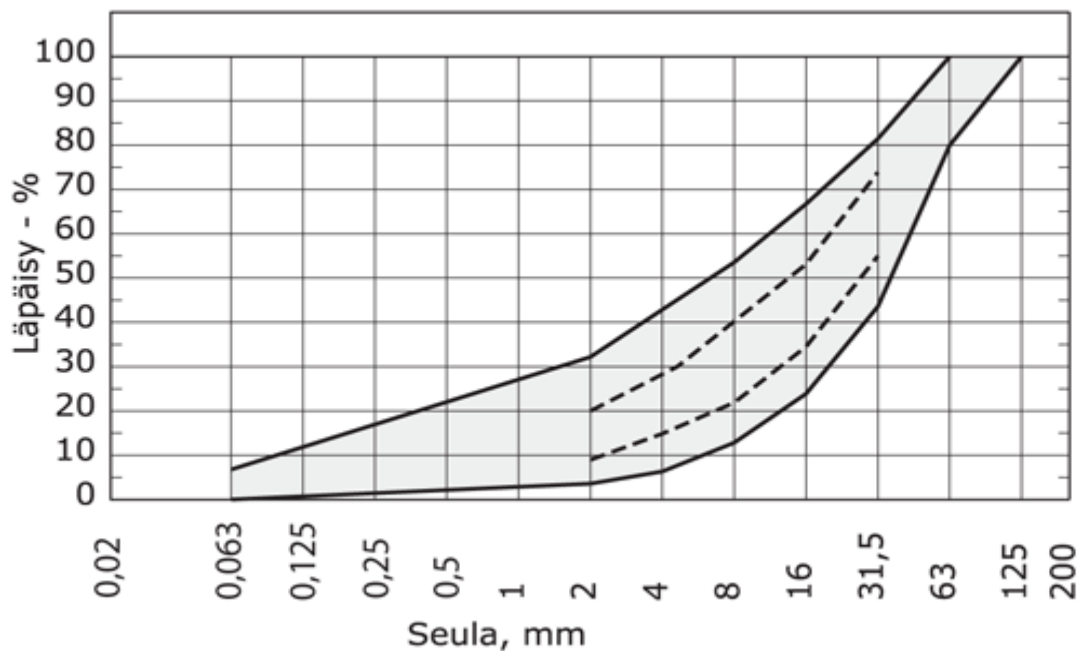
Luonnonsoraa jakavaan kerrokseen käytettäessä jokaisesta näytteenotto-kohteesta otetaan vähintään kaksi näytettä ja muuten luonnonsoran rakeisuus tutkitaan pesuseulonnalla kerran 5000 tonnia kiviainesta kohden. Kuvassa neljä on esitetty kadun jakavaan rakennekerrokseen käytettävän luonnonsoran rakeisuusvaatimukset. Jakavan kerroksen kiviaineksen raekoko täytyy olla  $d = 0 \dots 2$  mm ja  $D = 16 \dots 125$  mm. (InfraRYL, 2023.)



Kuva 4. Jakavan kerroksen luonnonsoran rakeisuusvaatimukset (InfraRYL, 2023).

Jakava kerros voidaan rakentaa myös murskeesta, jolloin murskeena voidaan käyttää soramursketta, kalliomursketta tai uusiomateriaalia. Murskeiden raekoon vaatimukset ovat standardissa SFS-EN 13285 määritetyt rakeisuusluokat  $G_p$  tai  $G_c$ . Murskeiden rakeisuuden sallitut vaihteluvälit on esitetty InfraRYL:ssä. InfraRYL:n (2023) mukaan jakavan kerroksen murskeissa voidaan käyttää rakeisuuksia 0/32, 0/40, 0/45, 0/56, 0/63, 0/80 sekä 0/90. Lisäksi suurirakeisempia murskeita 0/125, 0/180 ja 0/250 voidaan käyttää, mikäli rakennekerroksen kerrospaksuus on riittävä sekä näiden

murskeiden käyttö täyttää InfraRYL:ssä esitetyt valmiille rakenteelle asetetut vaatimukset. Lisäksi suurirakeisempien murskeiden hyödyntämisestä rakennuskohteessa ei saa olla haittaa työnaikaisen liikenteen hoitamiselle. Kuvassa viisi on esitetty esimerkki jakavassa kerroksessa käytetyn kalliomurskeen 0/63  $G_p$  rakeisuusjakaumasta.



Kuva 5. Esimerkki jakavan kerroksen kalliomurskeen 0/63  $G_p$  rakeisuusjakaumasta (InfraRYL, 2023).

Jakavassa kerroksessa käytettävien murskeiden ja uusiomateriaalien Los Angeles -luvulle ei toistaiseksi ole vaatimuksia InfraRYL:ssä. Luku on tästä huolimatta kuitenkin ilmoitettava näille materiaaleille. Jakavan kerroksen kiviaineksen tulee kestää jäädytys- ja sulamisrasituksia ja kiviaines ei saa olla rapautunutta tai rapautumisherkkää. Luonnonkivien rapautuminen ja jäätymis-sulamiskestävyys tutkitaan petrografisella tutkimuksella ja vedenimeytystestillä. (InfraRYL, 2023.)

### 2.3 Vanhojen katujen rakennekerrokset ja niiden kartoittaminen

Rakennekerrospaksuudet voivat olla etenkin vanhoilla kaduilla hyvinkin poikkeavia verrattuna nykypäivänä mitoitettuihin katujen päällysrakenteisiin. Lisäksi paikoin kalliopinta saattaa olla hyvinkin lähellä päällystekerrosta ja rakennekerroksien paksuus voi jäädä hyvin pieneksi tällaisissa paikoissa. Vanhojen katujen rakennekerroksien materiaalit poikkeavat usein

teknisiltä ominaisuuksiltaan nykyään käytetyistä InfraRYL:ssä asetetuista materiaalien teknisistä laatuvaatimuksista.

Poikkeavien rakennekerrospaksuuksien ja materiaalien lisäksi pois kaivettu maa-aines saattaa sisältää esimerkiksi jätettä tai muuta siihen kuulumatonta materiaalia. Lehtimäki (2023) havaitsi diplomityössään, että Helsingin alueella yleisimmät maa-aineksessa olevat jätejakeet ovat tiilen ja betonin palat. Näiden jätteeksi luokiteltavien maa-aineksien hyödyntäminen koetaan haasteelliseksi, jolloin ne usein kuljetetaan työmaalta maankaatopaikoille tai läjitysalueille (Lehtimäki, 2023).

Pois kaivettujen rakennekerrosten kiviainesten laatu on aina tärkeätä selvittää, sillä laatu voi olla hyvinkin vaihtelevaa. Kiviaineksen laatu voi olla hyvin poikkeavaa etenkin rakennuskohteissa, joissa rakennekerrokset ovat iältään vanhoja. Rakenteista pois kaivettujen ja potentiaalisesti uudelleenkäytettäväksi soveltuvien kiviainesten määrän ja laadun karkea arvioiminen edellyttää tietoa kadun nykyisistä rakennekerroksista, jota tutkitaan päällysrakennetutkimusten avulla. Lisäksi ennen urakan aloittamista on mahdollista kartoittaa nykyisten rakennekerroksien paksuuksia maatutkauksen avulla. Tampereen kaupunki on kartoittanut katujen rakennekerrospaksuuksia maatutkaimen avulla useissa rakennuskohteissa viimeisten parin vuoden aikana ja on nyt lisäksi kehittämässä karttatyökalua tehdyistä maatutkauksista suunnittelun tueksi (Oldén, 12.1.2024).

Maatutkauksien tulokset ovat olleet hyödyllisiä esimerkiksi arvioitaessa sitä, mitkä rakennekerrokset kadun saneerausurakassa täytyy vaihtaa miltäkin alueelta (Oldén, 12.1.2024). Rakennekerroksista saatavien maa-aineksien määrien suuruusluokan arvioiminen on myös mahdollista, kun tiedetään rakennekerrosten likimääräiset paksuudet. Lisäksi maatutkauksen tuloksilla voidaan löytää vaivattomasti kohteet, joiden rakennekerrokset tulee määrittää uudestaan suunnittelun yhteydessä.

Oldénin (12.1.2024) mukaan maatutkauksen tuloksia on tarkoituksenmukaista tarkastella muiden lähtötietojen tukena suuressa mittakaavassa, sillä esimerkiksi maanalainen tekniikka saattaa vääristää maatutkauksien tuloksia yksittäisissä tutkimuspisteissä. Maatutkaus vaikuttaisi Tampereen kaupungin kokemusten perusteella soveltuvan suunnittelussa uudelleenkäytettäväksi kelpaavien maa-aineksien määrien suuruusluokan arvioimiseen, mutta siitä ei ole korvamaan rakennekerrostutkimuksia.

## 2.4 Jätehierarkia ja maa-aineksen jäteluonne

Jätteen luokiteltavien maa-aineksen hyödyntämisen haasteellisuus johtuu merkittävästi nykyisen lainsäädännön tulkitsemisen haasteellisuudesta. Suomessa ei ole lakia tai asetusta, jossa säädettäisiin suoraan jätteen luokiteltavista maa-aineksista sekä niiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Jätteen luokiteltavien maa-ainesten hyödyntämisen tapauksessa täytyykin soveltaa ja tulkita useita lakeja sekä asetuksia. Merkittävänä haasteena on maa-aineksen jäteluonteen arvioiminen, johon ei lainsäädännössä ole olemassa selkeää linjausta.

Kadun rakennekerroksista pois kaivettu maa-aines saatetaan tietyin edellytyksin luokitella jätteenä, jolloin sen uudelleenkäyttäminen vaatii ympäristölupaa. Pois kaivettujen maa-aineksen ja maa-ainesjätteen uudelleenkäyttämiseen kytkeytyy olennaisesti jätelaki (17.6.2011/646).

Ympäristöministeriö (2015, s. 11) lausuu jätelain soveltamisalasta maa-ainekseen seuraavasti: ”Jätelaki ei sovelleta maa-ainekseen, jota ei pidetä jätteenä. Tällaisen maa-aineksen käsittelyyn tai käyttöön ei siten myöskään vaadita ympäristölupaa jätteen ammattimaisena tai laitospaikkana käsittelemiseksi.”

Jätelain (17.6.2011/646) 5 § mukaista yleistä jätteen määritelmää sovelletaan, kun arvioidaan pois kaivetun maa-aineksen jäteluonnetta. Jäteluonteen arvioinnissa käytetään useita perusteita, joiden kaikkien täytyessä maa-ainesta ei voida pitää jätelain (17.6.2011/646) mukaisena jätteenä. Pois kaivettua maa-ainesta ei luokitella jätteenä, mikäli sen jatkokäyttö on varmaa ja suunnitelmallista, maa-aineksen haitta-ainepitoisuudet eivät aiheuta ympäristön pilaantumista tai vaaraa ympäristön pilaantumiselle sekä maa-aines pystytään hyödyntämään sellaisenaan ilman käsittelyä tai muita muuntamistoimia (Ympäristöministeriö, 2015, s. 7–9).

Mikäli kaikki maa-aineksen jäteluonteen perusteet pois kaivetulle materiaalille täyttyvät ja maa-ainesta ei voida tällöin pitää jätelain (17.6.2011/646) mukaisena jätteenä, täytyy maa-aineksen kuitenkin täyttää kaikki sitä koskevat tuotelainsäädännössä asetetut vaatimukset. Mikäli tällaisia vaatimuksia ei ole asetettu lainkaan lainsäädännössä, tulee kaivetun maa-aineksen täyttää kyseiselle materiaalille asetetut yleiset tekniset vaatimukset. (Ympäristöministeriö, 2015, s. 7.)

Jätelain (17.6.2011/646) 2 luvun 8 § mukaan kaikessa toiminnassa on noudatettava etusijajärjestystä mahdollisimman hyvin. Jätehuollossa noudatettu etusijajärjestys on esitetty kuvassa kuusi. Jätehuollossa pyritään aluksi vähentämään syntyvän jätteen määrää ja sen haitallisuutta. Mikäli jätettä syntyy, jäte pyritään valmistelevaan uudelleenkäyttöä varten ja vasta tämän jälkeen kierrättämään. Mikäli jätteen kierrättäminen ei ole mahdollista, niin jäte hyödynnetään ensisijaisesti energiana tai viimeisenä vaihtoehtona loppukäsittellään.



Kuva 6. Jätteenhuollon etusijajärjestys (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2016).

Pois kaivetun maa-aineksen tapauksessa etusijajärjestyksen mukaan ensin pyritään vähentämään jätteen määrää ja haitallisuutta. Mikäli pois kaivettuja maa-aineksia kuitenkin syntyy, pyritään ne uudelleenkäyttämään ensisijaisesti kaivupaikalla tai toissijaisesti kohteen ulkopuolella toisessa maarakennuskohteessa. (Ympäristöministeriö, 2015, s. 12.)

Helsingissä on runsaasti vanhaa täyttömaata, joka sisältää paljon rakennusjätettä. Tämä maaperässä oleva tiili- ja betonijäte on vanhaa ja sitä on mahdollista seuloa erilleen muusta maa-aineksesta, sillä tiilenkappaleet hajoavat pieniksi palasiksi seulomisprosessissa. Täten rakennuskohteiden täytöissä on asianmukaista hyödyntää ainoastaan sellaista pois kaivettua täyttömaata, joka sisältää vain pieniä määriä tiili- ja betonijätettä sekä muuten täyttää hyötykäytön sekä täyttömaan kriteerit. (Lehtinen, 2.2.2024.) Kyseistä täyttömaata kutsutaan kaupunkimoreeniksi. Kaupunkimoreenia löytyy eniten

uuteen käyttöön otettavien alueiden rakennustyömailta ja resurssiviisautta ajatellen tämän maan uudelleenkäyttäminen olisi järkevää, ellei siitä ole vaaraa ympäristölle tai ihmisille (Huhtinen ym., 2018). Kaupunkimoreenin hyödyntäminen maarakentamisessa on mahdollista seuraavasti (Lehtinen, 2.2.2024).

- Materiaali hyödynnetään sellaisenaan, mikäli keskimäärin raekokoa #150 mm suuremmasta materiaalista alle 10 % on rakennusjätettä. Mikäli jätettä on #150 mm raekokoa suuremmassa materiaalissa enemmän kuin 10 %, jätteet erotellaan maa-aineksesta seulomalla. Tällöin seula-alite, josta on seulottu pois suurikokoiset kappaleet, hyödynnetään vastaavalla tavalla siihen soveltuvassa käyttökohteessa kuin vastaava maa-aines tai seulaylite, jossa on betoni- tai tiilijätettä.
- Maamassasta poistetaan suuret jätekappaleet, joiden poisto on mahdollista kauhatarkkuudella.
- Lisäksi kaupunkimoreenin hyödyntämisessä on noudatettava muita ympäristöluvan mukaisia periaatteita, kuten että hyödynnettävän materiaalin on oltava maarakennusteknisesti sopivaa, materiaalitarpeen on oltava todellinen sekä hyödynnettävä materiaali ei saa sisältää puuta tai muuta jätettä yli yhtä prosenttiyksikköä.

Lehtisen (2.2.2024) mukaan materiaalin roskaisuudesta ei ole toistaiseksi olemassa selkeää linjausta ja asiaa ollaan tarkastelemassa muun muassa hiekotushiekan osalta tällä hetkellä.

## **2.5 Katuluokat ja kadun päällysrakenteen mitoittaminen**

Suomessa kadut voidaan luokitella usealla tavalla, joista vakiintuneimmat ovat hallinnollinen luokitus, toiminnallinen luokitus sekä rakennetekninen luokitus. Rakennetekninen luokittelu on suunnittelunormi, jonka tavoitteena on varmistaa, että kadut täyttävät liikenteen kuormitus-, turvallisuus- ja sujuvuusvaatimukset. (Katu 2020, 2020.) Rakenneteknisen luokittelun tapauksessa kadut luokitellaan niiden liikenneteknisen merkityksen perusteella. Suomessa käytetyt rakennetekniset katuluokat, niiden kuvaukset ja liikennemäärät on esitetty taulukossa kaksi.

Taulukko 2. Suomessa käytetyt katuluokat (Katu 2020, 2020, muokattu).

| Katuluokka | Kuvaus                                                                                 | Liikennemäärä<br>(ajon. / vrk) |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1          | Erittäin raskaasti liikennöity pääkatu (ajokaistoja 2+2)                               | > 30 000                       |
| 2          | Raskaasti liikennöity pääkatu (ajokaistoja 2+2)                                        | 10 ... 30 000                  |
| 3          | Pääkatu, kokooja- tai vilkasliikenteinen kerrostaloalueen asuntokatu (ajokaistoja 1+1) | 2500 ... 10 000                |
| 4          | Asuntokatu tai pientaloalueen kokoojakatu, raskaiden ajoneuvojen pysäköintialueet      | 500 ... 2 500                  |
| 5          | Pientaloalueen asuntokatu tai huoltoliikenteen väylät, henkilöautojen pysäköintialueet | 10 ... 500                     |
| 6          | Jalkakäytävät, pyörätiet, puistotiet; ei ajoneuvoliikennettä                           |                                |

Kadun päällysrakenteen mitoittamisessa tärkeät rakennettavien rakennekerroksien paksuuteen vaikuttavat ominaisuudet ovat rakennekerroksien kantavuus sekä alusrakenteen routivuus. Katu 2020 -ohjeen (2020) mukaan kadun päällysrakenteen suunnittelu sisältää karkeasti seuraavat alla esitetyt vaiheet:

1. Katuluokan valitseminen taulukosta 2 liikenneteknisen merkityksen pohjalta.
2. Pohjatutkimusten perusteella valitaan alusrakenneluokka sekä E-moduuli alusrakenneluokalle.
3. Kartoitetaan alusrakenteen routivuusominaisuudet.
4. Valitaan mitoittettava rakennetyyppi. Rakennetyyppi riippuu siitä, mitä materiaaleja käytetään rakenteessa.
5. Aiemmin valitun katuluokan ja alusrakenneluokan perusteella valitaan mitoittamistaulukko InfraRYL:n valmiiksi mitoitetuista taulukoista. Toisena vaihtoehtona on mitoittaa rakenne alusta alkaen Väyläviraston ohjeen *Tierakenteen suunnittelu* (2018) mukaan.
6. Tarkistetaan rakenteen routamitoitus.
7. Asetetaan rakenteen vaadittava kantavuusvaatimus, joka kantavan ja jakavan kerroksen päältä täytyy saavuttaa.
8. Asetetaan InfraRYL:stä sitomattomien kerrosten tiiveysvaatimus.

Edellä esitettyjen päällysrakenteen suunnitteluvaiheiden lisäksi on suunnittelussa huomioitava myös kadun tulevat painumat sekä kadun penkereen stabiiliteettiin liittyvät seikat (Katu 2020, 2020).

Edellä esitetyistä kadun päällysrakenteen suunnitteluvaiheista voidaan havaita, että kadun päällysrakenteen mitoittamisessa kiviainesten mekaaniset vaatimukset eivät muutu katuluokittain, vaan ovat samat kaikissa katuluokissa ja siten InfraRYL:n mukaiset. Huomioitavaa on kuitenkin, että InfraRYL:n mukaisista vaatimuksista voidaan hankekohtaisesti poiketa, mikäli tilaaja näin haluaa.

### 3 Kadun rakennekerrosten uudelleenkäyttäminen

Pois kaivettujen maa-ainesten hyödyntämisestä ja uudelleenkäyttämisestä kadun rakennekerroksissa on tuotettu Suomessa ja Pohjoismaissa huomattavan vähän kirjallista aineistoa verrattuna uusiomateriaaleihin. Ainoa suoraan tähän aiheeseen liittyvä suomenkielinen kirjallinen työ on Nurmen vuonna 2020 kirjoittama kandidaatintyö *Rakenteesta pois kaivettavien materiaalien uudelleenkäyttö kadun- ja tienrakennuksessa* (Nurmi, 2020). Lisäksi Lehtosen vuonna 2013 kirjoittama opinnäytetyö *Maa-ainesten uusiokäyttö kadun rakentamisessa, Tampereen Infran rakentamispalvelut* (Lehtonen, 2013) käsittelee eri maa-ainesten uusiokäyttämistä laajemmasta näkökulmasta.

Maa-ainesten uudelleenkäyttämistä rakennekerroksissa ei ole myöskään Suomessa toistaiseksi ohjeistettu. Tietoa ja kokemuksia aiheesta on kuitenkin joillain kaupungeilla ja aineistona tässä osiossa on tämän vuoksi haastateltu Tampereen kaupungin asiantuntijoita, joilla on kokemuksia pois kaivettujen rakennekerrosten uudelleenkäyttämisestä kadun rakennekerroksissa. Lisäksi Tampereen kaupungilla on kokemuksia kiertotaloutta infrahankkeissa edistävästä hankintamallista. Tässä työn osiossa on haastateltu lisäksi asiantuntijoita Pohjoismaista sekä Helsingin kaupungilta.

#### 3.1 Pois kaivettujen maa-ainesten hyödyntäminen Suomessa

Suomessa pois kaivetut maa-ainekset viedään lähtökohtaisesti maanläjitysalueelle tai uudelleenkäytetään samassa tai toisessa rakennuskohteessa esimerkiksi erilaissa täytöissä, pengerryksissä ja meluvalleissa. Koivuniemen (2013, s. 115) tutkimuksen perusteella kitkamaiden uudelleenkäyttäminen oli jo 10 vuotta sitten hyvällä tasolla Suomessa ja maa-aineksen sijoituksen ja uudelleenkäyttämisen kannalta suurempi ongelma olivat pehmeät pohjamaat sekä pehmeät ylijäämämassat. Vaikka pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttäminen toissijaisissa uudelleenkäyttökohteissa on Suomessa hyvällä tasolla, saattaisi osalla näistä maa-aineksista olla potentiaalia uudelleenkäytettäväksi myös muissa käyttökohteissa, joissa on perinteisesti hyödynnetty neitseellistä kiviainesta. Suomessa pois kaivettujen maa-aineksien uudelleenkäyttäminen kadun rakennekerrosten materiaalina näyttäisi olevan toistaiseksi melko harvinaista ja menettely ei ole vakiintunutta (Nurmi, 2020).

### 3.1.1 Pois kaivettujen maa-ainesten hyödyntäminen Tampereella

Tampereella kadun rakennekerrosten uudelleenkäyttäminen lähti liikkeelle kaupungin tavoitteesta säästää rakentamiskustannuksissa. Kierrättämistä tehtiin aiemmin usein vain tapauksissa, joissa se oli taloudellisesti tarkoituksenmukaista ja kannattavaa. Myöhemmin Tampereen kaupungin uuden kaupunkistrategian hiilineutraaliustavoitteen seurauksena intressiksi muodostui enemmän ympäristönäkökulma. (Leppänen, 12.1.2024.)

Tampereella monissa rakennusurakoissa on pyritty hankkimaan kierrätettyjä kiviaineksia markkinoilta. Tampereella Kieppi-hankkeessa urakoitsijoiden kanssa järjestetyssä markkinavuoropuhelussa kävi ilmi, että urakoitsijoilta löytyi tällaisia uudelleenkäytettäväksi soveltuvia maita, mutta niiden uudelleenkäyttämistä rakennuskohteissa ei ole vaadittu eikä näistä kiviaineksista ole maksettu. (Leppänen, 12.1.2024.)

Infrarakentamisen kiertotalouden edistämiseksi Tampereen kaupunki on käyttänyt joidenkin rakennusurakoiden tarjouspyynnöissä laatuvaatimuksina asiakastytyväisyyskyselyä, tarjotun urakan ja liikennehaitan arvioitua kestoa sekä perinteisistä laatuvaatimuksista poikkeavaa urakan tarjoajan täyttämää arviointityökalua, joka sisältää pisteytettävät kiertotalouskriteerit, urakassa käytettävän kaluston päästöluokat sekä maa-ainesten kuljetusmatkan. (Leppänen, 2021.) Taulukossa kolme on esitetty Tampereen kaupungin arviointityökalu ja arviointityökalussa käytetyt kiertotalouskriteerit urakan tarjoajan pisteyttämiseen. Arviointityökalun kriteerien tavoitteena ovat jätteen määrän vähentäminen, neitseellisten luonnonvarojen säästäminen, hiilidioksidipäästöjen ja muiden ympäristöhaittojen vähentäminen sekä urakan tarjoajan osaamisen varmistaminen.

Urakan toteuttamisen jälkeen katsotaan kiertotalouskriteereiden hankkeessa toteutuneet lukuarvot ja verrataan näitä tarjousvaiheessa annettuihin lukuihin. Urakan tilaaja on oikeutettu saamaan hyvityksen urakoitsijalta siltä osin, kun tarjouspyynnön laatuarvioinnin pisteytys ei vastaa toteutuneen urakan pisteytystä (Leppänen, 2021). Tällöin tilaajalle maksettava hyvitys lasketaan yhtälön yksi mukaan.

$$\text{Hyvitys euroina} = \text{Tarjoushinta} * 0,30 : \text{Laatupiste} \quad (1)$$

Taulukossa kolme esitetyn Tampereen kaupungin tarjousvaiheen arviointityökalun tavoitteena on motivoida urakoitsijoita järjestelmällisesti keräämään käyttökelpoinen pois kaivettu maa-aines talteen uudelleenhyödynnettäväksi (Leppänen, 12.1.2024).

Taulukko 3. Tampereen kaupungin tarjousvaiheessa käyttämä arviointityökalu (Leppänen, 2021, muokattu).

|               | Kriteeri                                                                                                                                                                           | Vastaus                                   | Pisteet | Tavoite                                   |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------|-------------------------------------------|
| <b>Osio 1</b> | <b>Täytä ensin suunnitteluvaiheen massatalousselvitys (omalla välilehdellään). Massatalousselvitykseen annetut tiedot siirtyvät automaattisesti arviointityökalun kohtiin 1–4.</b> |                                           |         |                                           |
| 1             | Urakatoteutuksissa muodostuvista maa- ja kiviaineksista hyödynnetään syntypaikalla <u>vähintään</u>                                                                                | 0 %                                       | 0       | Jätteen määrän vähentäminen               |
| 2             | Urakassa syntyviä ylijäämämaita <b>hyödynnetään</b> urakan ulkopuolella <u>vähintään</u>                                                                                           | 0 %                                       | 0       | Jätteen määrän vähentäminen               |
| 3             | Urakassa hyödynnetään hankkeen ulkopuolelta tulevia <b>uusiomateriaaleja</b> <u>vähintään</u>                                                                                      | 0 %                                       | 0       | Neitseellisten luonnonvarojen säästäminen |
| 4             | Kierrätysasfaltin osuus hankkeella käytettävistä asfalttimassoista                                                                                                                 | 0 %                                       | 0       | Neitseellisten luonnonvarojen säästäminen |
| <b>Osio 2</b> | <b>Täytä tähän osioon vastaussarakkeen alavetolaatikosta tarjottavaa ratkaisua vastaava vastausvaihtoehto. Kaava antaa pisteet valitun vastauksen perusteella.</b>                 |                                           |         |                                           |
| 5             | Kaikki kivi- ja maa-ainekset, tai korvaavat materiaalit, kuljetetaan kohteelle tai kohteesta muualle etäisyydeltä (ilmoita sopiva matkaväli)                                       | 0–20 km                                   | 0       | CO2 päästöjen vähentäminen                |
| 6             | Tarjoajalla on sertifioitu ympäristöjärjestelmä (valitse kyllä/ei)                                                                                                                 | kyllä                                     | 0       | Muiden ympäristöhaittojen vähentäminen    |
| 7             | Kaikki ajoneuvot ja kalusto hankkeella täyttävät päästöluokat (valitse valikosta)                                                                                                  | autot vähintään Euro 6 ja kalusto Stage 4 | 0       | Muiden ympäristöhaittojen vähentäminen    |
| 8             | Tarjoaja on toteuttanut uusiomateriaaleilla vähintään yhden referenssin (kyllä/ei)                                                                                                 | kyllä                                     | 0       | Tarjoajan osaaaminen                      |

Mikäli urakoitsija ei hyödynnä uudelleenkäytettäväksi soveltuvia, hankkeessa pois kaivettuja maa-aineksia kohteessa tai muualla, on Tampereen kaupunki tarjonnut yksittäisissä hankkeissa urakoitsijalle maa-ainesten välivarastointipaikan, johon maa-ainekset voidaan kuljettaa. Tällöin varastoon tilaajan omaisuudeksi kuljetetut uudelleenkäytettäväksi kelpaavat maa-ainekset voidaan luokitella hankkeen toteutuneessa pisteytyksessä kaivumaiden hyötykäytöksi. (Tampereen kaupunki, 2023.) Leppänen (12.1.2024) korostaa, että edellä esitetty menettely vaatii, että välivarastointipaikka on saatavilla ja näin ei välttämättä ole jokaisessa urakassa.

Uudelleenkäytettyjen kiviainesten tekniset vaatimukset Tampereella rakennusurakoissa ovat samat kuin neitseelliselle kiviainekselle eli InfraRYL:n mukaiset, jolloin materiaalin soveltuvuus on osoitettava näytetuloksilla (Tampereen kaupunki, 2023). Tällöin urakoitsija on vastuussa uudelleenkäytetystä kiviaineksesta samalla tavalla kuin se olisi vastuussa neitseellisestä kiviaineksesta. Tampereella rakennekerrosratkaisuihin on voitu poiketa InfraRYL:stä ja vaihtoehtoisten rakennekerrosratkaisuiden käyttäminen on ollut mahdollista. Urakoitsijan vastuu laadunvarmistuksesta ei myöskään poikkea millään tavalla, vaikka urakassa olisikin käytetty kadun rakennekerroksissa pois kaivettuja ja uudelleenkäytettyjä kiviaineita. (Leppänen, 12.1.2024.)

Tampereella ei toistaiseksi ole kirjallista ohjeistusta maa-ainesten uudelleenkäyttämiseen kadun rakennekerroksissa. Tampereella pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämisestä kadun rakennekerroksissa onkin ennemmin muodostunut vaihteleva käytäntö, joka riippuu huomattavasti rakennuskohteesta sekä rakennuttajasta. (Oldén, 12.1.2024; Leppänen, 12.1.2024.)

### **3.1.2 Esimerkkejä maa-ainesten uudelleenkäyttämisestä rakennekerroksissa Tampereella**

Tampereen kaupunki on uudelleenkäyttänyt kadun rakennekerroksista pois kaivettuja kiviaineita kadun jakavissa rakennekerroksissa. Pois kaivettuja kiviaineita on uudelleenkäytetty kadun jakavassa kerroksessa Rongankadulla tilanteessa, jossa uusi katurakenne liittyy nykyiseen katurakenteeseen. Tällöin hankkeessa uutta neitseellistä mursketta on täytynyt tuoda vain kadun kantavaan kerrokseen. (WSP, 2022a.) Neitseellistä kiviainesta on käytetty jakavassa kerroksessa ainoastaan sellaisessa tilanteessa, jossa pois kaivettua uudelleenkäytettävää materiaalia ei ole ollut riittävästi saatavilla rakennuskohteessa. Massojen uudelleenkäyttämisen etuna on kiviaineksen kuljettamisen tarpeen väheneminen sekä neitseellisen kalliokiviaineksen louhimisen tarpeen pieneneminen.

Ajoina

Pysäkkisivyennys

Jalkakäytävä + odotustila

Katualueen raja

Mittalinja

Tsv +0.00

Nyk. maanpinta

+0.10

0.030

-0.11

0.025

-0.03

+0.13

+0.26

Betonikivi 0.08

Asennushiekka 0.03

Kantava kerros, KaM 0/32 0.15

Betonikivi 0.08

Asennushiekka 0.03

Kantava kerros, KaM 0/32 0.15

Jakava kerros, Sr 0/56 nyk. kerrosmateriaaleista 0.94

Suodatinkangas N3

AB 16 40mm

AB 22 50mm

ABK 31 60mm

Kantava kerros, KaM 0/32 0.20

Jakava kerros, Sr 0/56 nyk. kerrosmateriaaleista 0.85

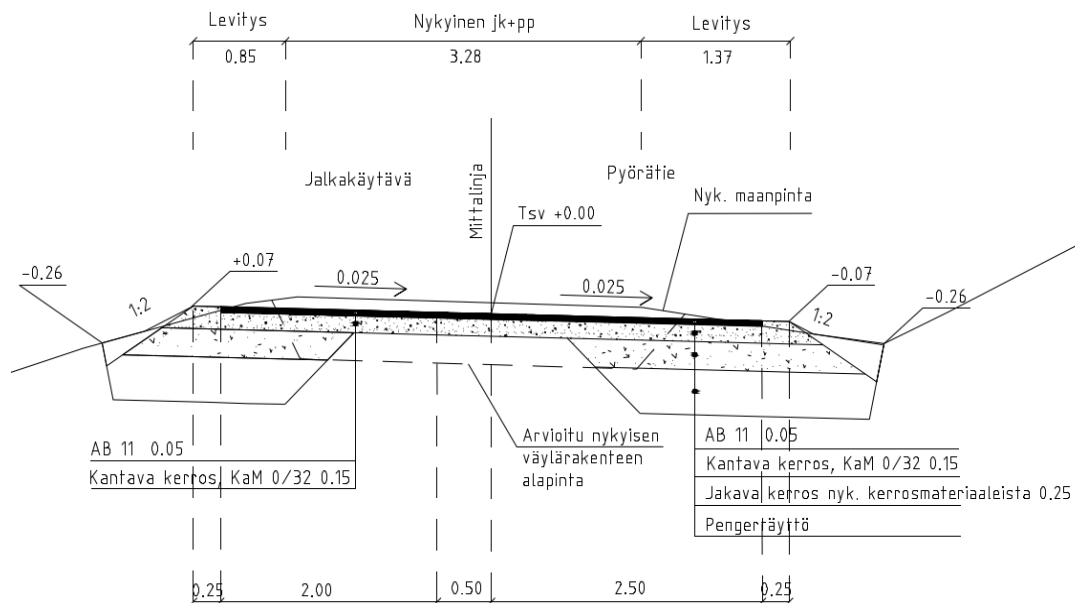
Suodatinkangas N3

3.50

3.00

5.53

Nykyisiä rakennekerroksia on uudelleenkäytetty myös toisessa kohteessa Tampereella. Sammon valtatie vieressä kulkevaa kevyen liikenteen väylää levennettiin ja osassa uutta väylärakennetta hyödynnettiin nykyisen väylän rakennekerrosmateriaaleja (WSP, 2022b). Myös tässä kohteessa näitä kiviaineksia uudelleenkäytettiin kadun jakavassa kerroksessa. Kuvassa kahdeksan on esitetty tyyppipoikkileikkauskuva toteutetun ratkaisun periaatteesta. Levityksen kohdalla rakennettiin aluksi pengertäytty nykyisen väylän rakennekerrosten alapintaan asti kuvan kahdeksan mukaisella tavalla. Tämän jälkeen nykyisen väylän rakennekerrokset levitettiin tasaiseksi pinnaksi koko uuden väylän leveydelle ja tiivistettiin. Lopuksi toteutettiin loput jakavan kerroksen yläpuoliset rakennekerrokset eli kantava kerros sekä päällystekerros.



Kuva 8. Tyyppipoikkileikkaus kevyen liikenteen väylästä, jossa on uudelleen-käytetty nykyisiä rakennekerrosmateriaaleja jakavassa kerroksessa (WSP, 2022b, muokattu).

### 3.1.3 Pois kaivettujen maa-ainesten hyödyntäminen Helsingissä

Helsingin rakennusurakoissa syntyvät ylijäämämaat sekä laadultaan rakentamiseen kelpaamattomat maat kuljetetaan rakennuskohteesta ympäristöluvan varaiseen maiden vastaanottoaikaan tai kaatopaikalle. Pois kaivettu maa-aines voidaan kuljettaa myös hyödynnettäväksi toiseen rakennuskohteeseen, mikäli se on laadultaan kelpoista siellä käytettäväksi. (Helsingin kaupunki, 2021a.)

Helmikuusta 2011 alkaen Helsingin kaupungilla ei ole ollut maanlajitusaluetta käytössään. Vuonna 2009 perustettiin maa-ainesten koordinaatio-ryhmä, jonka tavoitteena oli, että kaupungin omilla työmailla ei muodostuisi ylijäämämassoja. Käytännössä tämä tarkoittaisi, että kaikelle pois kaivettavalle ja louhittavalle materiaalille on löydettävä uusi käyttökohde. (Helsingin kaupunki, 2019.)

Vuonna 2014 Helsingin kaupunki perusti massakoordinaattorin toimen ja sittemmin myös muut suuret kaupungit Suomessa ovat perustaneet vastaavanlaisia toimia, joiden tehtävänä on kaupunkien maamassojen hallitseminen (Vento, 2019). Lisäksi Helsingissä laadittiin samoihin aikoihin ensimmäinen kaivumaiden hyödyntämisen kehittämis- ja toimenpideohjelma vuosille 2014–2017. Helsingin kaivumaiden hyödyntämisen kehittämisohjelman tavoitteena oli kaivumaiden vähentäminen ja materiaalitehokkuus, kaivumaiden uudelleenkäytön edistäminen sekä ylijäämämaiden

loppusijoituksen turvaaminen (Helsingin kaupunki, 2019). Kehittämisohjelman toimenpiteiden ansiosta kaivumaiden hyötykäyttö vakiintui Helsingissä vuosien 2014–2019 välillä. Vuonna 2014 kaivumaiden hyötykäyttö oli 350 000 tonnia vuodessa, kun vuonna 2019 se oli noussut jo 1 869 603 tonniin vuodessa. Kehittämisohjelman toimenpiteiden ansiosta Helsingin kaupunki säästi vuosien 2014–2019 aikana 32 miljoonaa euroa, 4,5 miljoonaa litraa polttoaineita sekä 11 300 tonnia hiilidioksidipäästöjä. (Helsingin kaupunki, 2024.)

Helsingin kaupunki laati vuonna 2019 uuden toimenpideohjelman, jossa asetettiin seuraavat uudet tavoitteet kaivumaiden, kiviainesten sekä purkumateriaalien käyttämiselle (Helsingin kaupunki, 2019).

- kaivumaiden määrän vähentäminen
- rakennusmateriaalien uudelleenkäyttämisen ja kierrättämisen parantaminen
- rakentamisesta johtuvien hiilidioksidipäästöjen sekä ympäristöhaittojen vähentäminen
- kaivumaiden loppusijoituksen turvaaminen

Helsingin kaupunki ottaa ilmaiseksi louheita ja kitkamaita vastaan ja tarjoaa niitä sitten ilmaiseksi urakoitsijoille, jotka yrittävät keksiä niille uudelleenkäyttökohteita (Vento, 2019).

## **3.2 Pois kaivettujen maa-ainesten hyödyntäminen Pohjoismaissa**

### **3.2.1 Tanska**

Tanskassa neitseellisen kiviaineksen saatavuus on heikompaa kuin muissa Pohjoismassa ja kiviainesta täytyy tuoda maahan Ruotsista ja Norjasta. Kiviaineksen kuljettaminen muista maista tekee sen käyttämisestä kallista ja lisäksi kuljettamisen aiheuttamat päästöt ovat merkittävä ongelma. Tämän vuoksi Tanskassa kiviaineksen uudelleenkäyttämiseksi ja kierrättämiseksi sekä muiden uusiomateriaalien hyödyntämiseksi kadun rakennekerroksissa sekä muussa infrarakentamisessa on ollut useita motivaatiotekijöitä. (Muttuvelu, 21.2.2024.)

Tanskassa uudelleenkäytetään pienissä määrin kadun rakennekerroksista pois kaivettuja kantavia ja jakavia kerroksia. Sen sijaan laajemmin Tanskassa kadun sitomattomissa kantavissa kerroksissa hyödynnetään vanhojen katu-  
jen päällysteistä sekä betonirakenteista jalostettua murskattua materiaalia. Tällä materiaalilla korvataan neitseellistä kiviainesta kadun rakennekerroksissa. Murskatun asfaltin ja betonin käyttäminen kantavissa kerroksissa on

paljon yleisempää pois kaivetun kiviaineksen uudelleenkäyttämiseen verrattuna, sillä kyseisiä uusiomateriaaleja on määrällisesti paremmin saatavilla kuin rakennekerroksista pois kaivettua kiviainesta. (Muttuvelu, 21.2.2024.)

Tanskassa on useita vuosikymmeniä sitten rakennettu kadun rakennekerrokset poikkeavalla tavalla nykypäivään verrattuna. Rakennekerrokset tehtiin vuosikymmeniä sitten Macadam-tyyppisiksi ja nämä rakennekerrokset sisälsivät paljon suuria kiviä. Lisäksi päällimmäisissä kerroksissa käytettiin sideainetta. Sideaineen käyttämisen sekä poikkeavan rakeisuuden ja rakenteen vuoksi näiden useita vuosikymmeniä sitten rakennettujen katujen rakennekerrokset eivät ole kelvollisia uudelleenkäytettäväksi. Tällaisissa tilanteissa Tanskassa on usein kaivettu pois kaikki rakennekerrokset ja rakennettu kohteen rakennekerrokset kokonaan uudelleen neitseellisestä kiviaineksesta. Vaihtoehtoisesti kadulle on rakennettu ainoastaan uudet päällysterrokset nykyisten rakennekerrosten päälle, mikäli se on ollut riittävä toimenpide. (Muttuvelu, 21.2.2024.)

Muttuvelun (21.2.2024) mukaan Tanskassa kierrätetylle kiviainekselle ja sen uudelleenkäyttämiseksi ei ole olemassa kirjallista ohjeistusta. Sen sijaan muille uusiomateriaaleille, kuten murskatulle asfaltille ja betonille on laadittu ohjeistus. Tanskassa kierrätetyn kiviaineksen hyödyntäminen rakennusurakoissa riippuu suuresti kuntien tahtotilasta. Pois kaivetun kiviaineksen tekninen soveltuvuus uudelleenkäytettäväksi osoitetaan määrittämällä kiviaineksen rakeisuus. Tämän jälkeen tilaaja hyväksyy pois kaivetun kiviaineksen uudelleenkäyttämisen rakennekerroksissa. Rakennetun katurakenteen kantavuutta seurataan rakentamisen jälkeen erityisen tarkasti rakennuskohteissa, joissa on käytetty uusiomateriaaleja rakennekerroksissa. (Muttuvelu, 21.2.2024.)

### **3.2.2 Ruotsi**

Pilaantumattomia maa-aineksia kaivettiin pois Ruotsissa 5 100 100 tonnia vuonna 2016. Tästä määrästä noin puolet kierrätettiin ja puolet vietiin kaatopaikalle. Edellä esitettyihin lukuihin ei kuitenkaan ole laskettu mukaan kierrättämistä, joka tapahtui suoraan saman kohteen sisällä. (Hale, ym., 2021.)

Ruotsissa pois kaivettu maa-aines pyritään käyttämään saman projektin sisällä mahdollisimman pitkälle (Lira, 4.3.2024). Lähtökohtaisesti Ruotsissa pois kaivetut maa-ainekset luokitellaan jätteeksi, mikäli jätteen määritelmä täytyy tai maa-ainesta ei luokitella sivutuotteeksi. Kuitenkin maa-ainesta ei luokitella jätteeksi, mikäli se uudelleenkäytetään samassa kohteessa kohdittuun ajan sisällä. Mikäli maa-ainekselle ei kohteessa ole uutta käyttötarkeitusta, se luokitellaan jätteeksi. (Hale, ym., 2021.)

Eri rakennekerrosmateriaalien rakeisuudet tutkitaan rakennekerrosnäytteiden avulla ennen katurakenteen avaamista ja rakennekerroksien pois kaivamista. Tavoitteena on selvittää, kuinka paljon materiaalia soveltuisi uudelleenhyödynnettäväksi ja kuinka paljon kiviainesta täytyy mahdollisesti jalostaa, jotta se soveltuisi teknisiltä ominaisuuksiltaan käytettäväksi kantavissa ja jakavissa kerroksissa. Pois kaivetun kiviaineksen tekniset vaatimukset ovat Ruotsissa samat kuin neitseelliselle kiviainekselle. (Lira, 4.3.2024.)

### **3.2.3 Norja**

Norjassa kaivettiin pois 2 593 000 tonnia pilaantumattomia maa-aineksia vuonna 2018. Tästä määrästä peräti 98 % vietiin kaatopaikalle kyseisenä vuonna. Vuonna 2017 vastaava kaatopaikalle vietyjen pois kaivettujen maa-ainesten osuus oli 79 %. Kyseiset suuret luvut johtuvat siitä, että Norjassa rakennus- ja purkuhankkeissa pois kaivettu maa-aines luokitellaan lähtökohtaisesti jätteeksi. (Hale, ym., 2021.)

Norjassa pilaantumattomien maa-aineksien uudelleenkäyttäminen vaatii vapautuksia pilaantuneita maa-aineksia koskevasta sääntelystä ja tämän vapautuksen voi myöntää ainoastaan Norjan ympäristökeskus. Vapautuksen saamisen kriteereinä on, että uudelleenkäytettävää materiaalia on riittävä määrä ja että materiaali on ominaisuuksiltaan soveltuvaa uudelleenkäytettäväksi. (Hale, ym., 2021.)

## **3.3 Pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämisen haasteet**

Helsingin kaupungin massakoordinaattorin Mikko Suomisen mukaan maa-ainesten kierrättämisessä olisi kysyntää selville pelisäännöille, termistölle sekä käsitteille. Hänen mukaansa eri rakennusalan osapuolet käsittävät maa-ainesten kierrättämiseen liittyviä asioita nykyään eri tavoilla ja osapuolien tulkinnat perustuvat usein oman sidosryhmän lähtökohtiin. (Vento, 2019.)

Rakennustyömailla on havaittu useita haasteita maa-aineksien pois kaivamisessa ja talteen keräämisessä sekä niiden uudelleenkäyttämisen koordinoimisessa. Tanskassa rakennekerrosten talteen keräämisessä haasteeksi on muodostunut eri kiviaineksien sekoittuminen rakennekerroksista pois kaivettaessa (Muttuvelu, 21.2.2024). Nurmen (2020) suorittamissa urakoitsijoiden haastatteluissa myös Suomessa maa-ainesten sekoittuminen koettiin ongelmaksi. Rakennekerrosten maa-aineksien sekoittuminen keskenään sekä pohjamaan kanssa pienentää uudelleenkäytettäväksi soveltuvan maa-aineksen määrää. Maa-aines olisikin tarkoituksenmukaista kaivaa maasta kerroksittain lajittelevana kaivuna, jolloin maa-aineksen uudelleenkäyttäminen olisi helpompaa ja tehokkaampaa.

Rakennuttamisen kiireinen aikataulu koetaan usein merkittäväksi ongelmaksi, joka estää massatalouden hyödyntämisen täysimääräisesti (Huhtinen ym., 2018). Nurmen (2020) tekemissä rakennusalan eri osapuolten haastatteluissa pois kaivetun maa-aineksen laadun selvittäminen koettiin hankalaksi kiireisessä työmaaympäristössä.

Tampereen kaupungin urakoissa haasteeksi kadun rakennekerrosten uudelleenkäyttämisessä on muodostunut kiviaineksen välivarastointipaikkojen puuttuminen kohtuullisen ajomatkan päässä (Leppänen, 12.1.2024). Myös Helsingissä laajojen kierrätysalueiden puute on noussut ongelmaksi, ja urakoitsijat eivät ole pystyneet hallitsemaan pois kaivettuja maa-aineksia, sillä heillä ei ole jatkuvasti käynnissä urakoita, joissa näitä maa-aineksia voisi uudelleenkäyttää (Vento, 2019).

Välivarastointipaikkojen puute sekä massojen kuljettaminen lisäävät hankkeen kustannuksia ja vaikuttavat osapuolien intresseihin kierrättää pois kaivettuja kiviaineksia. Maa-ainesten kierrättämiseen on lisäksi Tampereella vaikuttanut kiviaineksen hinta. Tampereen alueella kiviaines on ollut kohtuullisen edullista ja lisäksi sitä on ollut kohtuullisen matkan päässä saatavilla. Tällöin kiviainesten uudelleenkäyttämällä on ollut vähäisesti taloudellista kannustinta. (Leppänen, 12.1.2024.)

Leppänen (12.1.2024) korostaa, että urakoitsijan puolelle ei ole tarkoituksenmukaista kasata liikaa vastuuta urakan tarjousvaiheessa, eikä myöskään itse urakassa liittyen kiviainesten uudelleenkäyttämiseen. Liian suuret vaatimukset kiviaineksen kierrättämiselle heikentävät kilpailua, sillä urakoitsijoiden kiinnostus tarjota kohdetta pienenee, mikäli urakoitsijalle asetetut vaatimukset kiviainesten uudelleenkäyttämisestä asetetaan liian korkeiksi. Tarjouspyynnössä kiviaineksen kierrättämiselle asetettuja vaatimuksia pitää tarkastella kriittisesti etenkin rakennusurakoissa, joissa nykyisistä rakennekerroksista ja maaperästä on vähäiset lähtötiedot. Tällaisissa kohteissa uudelleenkäytettäväksi kelpaavien kiviainesten määrien arvioiminen on usein hankalaa. (Leppänen, 12.1.2024.)

### **3.4 Kiviaineksen jalostaminen**

Kiviaineksen jalostusmenetelmät voidaan jakaa mekaanisiin jalostusmenetelmiin, kemiallisiin jalostusmenetelmiin sekä näitä yhdisteleviin menetelmiin. Mekaaniset jalostusmenetelmät pyrkivät parantamaan kiviaineksen ominaisuuksia. Mekaanisia jalostusmenetelmiä ovat kiviaineksen seulominen, kuivaaminen, murskaaminen, karkean kiviaineksen lisääminen sekä hienoaineksen pois peseminen. Kemiallisilla jalostusmenetelmillä tarkoitetaan stabilointimenetelmiä, joilla parannetaan materiaalien lujuutta ja

jäykkyyttä sekä vähennetään kiviaineksen herkkyyttä roudalle ja kosteudelle. (Korkiala-Tanttu ym., 2010, s. 25.)

Mikäli laboratoriotutkimusten perusteella rakennekerroksista pois kaivettu kiviaines ei mekaanisten ominaisuuksiensa vuoksi täyttäisi rakennekerroksien kiviainekselle asetettuja teknisiä vaatimuksia, saattaa vaihtoehtona olla kuitenkin jalostaa kiviaines rakennekerrokseen teknisiltä ominaisuuksiltaan sopivaksi. Käytännössä pois kaivettujen rakennekerroksien uudelleenkäyttämisen tapauksessa tämä tarkoittaisi kiviaineksen seulomista eli kiviaineksen jakamista eri raekokoihin haluttujen mekaanisten ominaisuuksien saavuttamiseksi. Myös mahdollinen jäte on joissain tapauksissa mahdollista poistaa kiviaineksen seasta seulomalla.

Kiviaineksen seulomisen lisäksi kiviainesta voidaan myös murskata tarvittaessa pienempään raekokoon, jolloin se tavallisesti seulotaan murskaamisen jälkeen. Myös kiviaineksen välppäys on mahdollista. Välppäyksessä kiviaineksen seasta poistetaan suurimmat kivet ja lohkareet. Pois kaivettujen kiviainesten välppäys, murskaaminen ja seulominen olisi kuljetusten minimoimisen kannalta tarkoituksenmukaisinta suorittaa paikan päällä työmaan välittömässä läheisyydessä liikkuvilla murskaus- ja seulontalaitteilla. Tällöin kiviaineksia ei tarvitsisi kuljettaa muualle jalostettavaksi. Kyseinen menettely on usein kuitenkin tiiviisti rakennetuilla kaupunkialueilla hyvin hankalaa työmaa-alueen rajallisen tilan vuoksi sekä työmaan läheisyydessä sijaitsevien tukitoiminta-alueiden puuttumisen vuoksi. Lisäksi kiviaineksen jalostamisen aiheuttama melu ja pöly asuttujen alueiden välittömässä läheisyydessä aiheuttavat häiriötä ihmisille. Näistä syistä maa-aineksen jalostaminen tehdään usein työmaiden ulkopuolella erikseen sille tarkoitetuilla alueilla.

## **4 Haastattelututkimus ja sen tulokset**

### **4.1 Haastattelututkimuksen taustaa**

Tämän työn teemahaastattelun kysymykset muodostettiin seuraavien työn kirjallisuuskatsauksessa esiin nousseiden teemojen pohjalta:

- pois kaivetun maa-aineksen uudelleenkäyttämisen ohjeistaminen ja sen vaikutus maa-aineksen uudelleenkäyttämiseen
- tilaajan ja urakoitsijan roolit, vastuut sekä vaikuttamiskeinot pois kaivetun maa-aineksen uudelleenkäyttämässä
- pois kaivetun maa-aineksen laadun ja soveltuvuuden osoittaminen sekä maa-aineksen välivarastointi ja jalostaminen
- pois kaivetun maa-aineksen uudelleenkäyttämisen logistiset haasteet

### **4.2 Haastatellut osapuolet**

Rakennekerroksien uudelleenkäyttämässä ovat vuorovaikutuksessa useat rakennusalan osapuolet, joista merkittävimmät ovat tilaajat sekä urakoitsijat. Usein jokaisella osapuolella on käsiteltäviin aihepiireihin ja teemoihin näkökulma omasta perspektiivistään, jolloin ainoastaan yhtä osapuolta haastatteleamalla kokonaiskuva aihepiiristä saattaisi jäädä kapeaksi. Näiden seikkojen vuoksi haastateltavia pyrittiin valitsemaan mahdollisimman monipuolisesti eri rakennusalan organisaatioista.

Haastattelututkimuksen kysymyssarja (Liite 1) sekä haastattelusuostumuskysely lähetettiin sähköpostilla kahdeksalle eri rakennusalan organisaatiolle. Haastatteluja tehtiin lopulta 11 kappaletta ja haastattelututkimukseen osallistui yhteensä 19 henkilöä kahdeksasta eri organisaatiosta. Haastatteluun osallistui täten henkilöitä jokaisesta tutkimukseen kutsutusta organisaatiosta. Osasta organisaatioista haastateltiin useita eri henkilöitä, jotta saataisiin mahdollisimman laaja otanta vastauksia organisaatioiden eri asemassa olevilta asiantuntijoilta. Heidät haastateltiin aikataulujen puitteissa joko samanaikaisesti tai erillisissä haastatteluissa. Haastattelujen nauhoitetuksi tavoitekestoksi asetettiin 20–50 minuuttia, riippuen haastatteluun samanaikaisesti osallistuneiden henkilöiden määrästä. Toteutuneet nauhoitettujen haastatteluiden kestot vaihtelivat lopulta 15–57 minuutin välillä.

Haastateltavat osapuolet koostuivat infrarakennusalan tilaajista sekä urakoitsijoista. Tutkimukseen osallistuneet henkilöt työskentelivät useissa eri asemassa organisaatioissa. Haastateltavat organisaatiot valikoituivat työn ohjausryhmän suositusten pohjalta. Haastateltavat henkilöt organisaatioista

pyrittiin valitsemaan henkilöiden aihepiirin asiantuntemuksen sekä osaamisen perusteella. Suosituksia haastatteluun soveltuvista henkilöistä saatiin niin työn ohjausryhmän sisältä, kuin myös haastateltavien organisaatioiden sisältä. Organisaatiossa kutsu haastattelututkimukseen välitettiin usein eteenpäin sellaisille henkilöille, joilla oletettiin olevan paras tietämys ja osaaminen aihepiiristä. Haastattelututkimuksessa haastateltujen rakennusalan asiantuntijoiden organisaatiot, työnkuvat organisaatioissa sekä tehtyjen haastatteluiden päivämäärät ja kestot on esitetty taulukossa neljä.

Haastattelut aloitettiin esittäytymisellä ja haastattelututkimuksen lyhyellä esittelyllä sekä haastattelun suostumuslomakkeen läpikäymisellä. Tämän jälkeen käytiin läpi kysymyssarjan kysymykset. Kysymyssarjan kysymykset käytiin pääosin samassa järjestyksessä, sillä haastattelun useat kysymykset linkittyivät toisiinsa. Kysymysten järjestyksen muuttaminen olisi tehnyt haastattelusta sekavan. Muutamissa haastatteluissa kysymysten järjestystä kuitenkin hieman vaihdettiin tapauksissa, joissa haastateltavien vastaukset sivusivat merkittävästi jotain toista haastattelun kysymystä, jolloin toiseen kysymykseen siirtyminen oli luontevaa. Useissa haastatteluissa kysyttiin haastateltavien antamien vastausten perusteella muutamia jatkokysymyksiä sekä tarkentavia kysymyksiä joihinkin heidän vastauksiinsa. Haastattelujen lopuksi haastateltaville tarjottiin vielä mahdollisuus vapaasti kommentoida aihetta.

Taulukko 4. Haastateltujen henkilöiden edustamat organisaatiot, työnkuvat organisaatioissa sekä haastattelujen päivämäärät ja kestot.

| Haastattelu | Organisaatio       | Haastateltavien työnkuva                                                            | Päivämäärä | Kesto   |
|-------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------|
| H1          | Helsingin kaupunki | 3 kpl projektinjohtaja                                                              | 29.4.2024  | 33 min. |
| H2          | Helsingin kaupunki | 1 kpl projektinjohtaja                                                              | 19.4.2024  | 21 min. |
| H3          | Helsingin kaupunki | 1 kpl projektinjohtaja                                                              | 30.4.2024  | 42 min. |
| H4          | Tampereen kaupunki | 1 kpl rakennuttajainsinööri,<br>1 kpl geotekniikkainsinööri<br>1 kpl hankeinsinööri | 15.4.2024  | 55 min. |
| H5          | Vantaan kaupunki   | 1 kpl projektinjohtaja<br>1 kpl projekti-insinööri                                  | 23.4.2024  | 22 min. |
| H6          | Espoon kaupunki    | 1 kpl projektinjohtaja                                                              | 6.5.2024   | 23 min. |
| H7          | Espoon kaupunki    | 1 kpl projektinjohtaja                                                              | 19.4.2024  | 21 min. |
| H8          | Stara              | 1 kpl rakennuspäällikkö<br>1 kpl palvelupäällikkö                                   | 18.4.2024  | 47 min. |
| H9          | Helen              | 1 kpl tekninen päällikkö<br>1 kpl hankepäällikkö                                    | 15.4.2024  | 57 min. |
| H10         | HSY saneeraus      | 1 kpl yksikön päällikkö                                                             | 24.4.2024  | 15 min. |
| H11         | Väylävirasto       | 2 kpl asiantuntija                                                                  | 6.5.2024   | 36 min. |

Haastatteluissa nousivat esiin seuraavat teemat:

- Pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämisen ohjeistamisen tarve sekä mahdollisen ohjeistuksen sisältö.
- Työmaalla ja sen läheisyydessä maa-aineksen jalostamisen ja väli-varastoinnin vaikeus. Kierrätys- ja välivarastointialueiden puute kaupunkialueilla sopivien etäisyyksien päässä.
- Pois kaivetun maa-aineksen heikko ja rakennuskohteittain vaihteleva laatu.
- Kierrätysalueiden merkitys maa-aineksien välivarastoimisessa ja jalostamisessa.
- Tilaajan ja urakoitsijan väliset mahdolliset ristiriidat sekä epävarmuustekijät.
- Eri kaupunkien poikkeavat olosuhteet ja intressit pois kaivettujen rakennekerrosten kierrättämiselle.

Haastatelluilla osapuolilla oli vaihtelevasti kokemusta hankkeista, joissa on uudelleenkäytetty pois kaivettuja maa-aineita kadun rakennekerroksissa. Haastatelluista asiantuntijoista 37 % oli ollut osallisena hankkeissa, joissa pois kaivettuja maa-aineita on uudelleenkäytetty kadun rakennekerroksissa. Käyttökohde oli tällöin ollut kadun jakava kerros. Kaksi henkilöä tästä joukosta ei kuitenkaan tarkasti muistanut rakennuskohdetta, jossa materiaaleja olisi uudelleenkäytetty. Haastateltavilta ei kysytty heidän kokemustaan rakennekerrosten hyödyntämisestä toissijaisiin uudelleenkäyttökohteisiin, kuten täyttöihin tai pengerryksiin. Kuitenkin 37 % haastatteluista nostettiin haastateltavan toimesta esille, että haastateltavalla on kokemusta rakennekerrosten uudelleenkäyttämisestä toissijaisissa käyttökohteissa. Toissijaisista käyttökohteista nostettiin esille pengerrykset, kaivantojen lopputäytöt sekä luiskaukset. Yksi haastateltava nosti lisäksi esille, että oli aikaisemmin urallaan ollut hankkeessa mukana, jossa katuja ja katuliittymiä oli siirretty hyvin lyhyen matkan ja tämän siirretyn kadun rakentamisessa oli käytetty vanhan kadun rakennekerrosmateriaaleja.

Haastateltavien työnkuvalla tai organisaatiolla ei haastatteluiden perusteella näyttänyt olevan vaikutusta kokemukseen kadun rakennekerrosten uudelleenkäyttämisestä. Molemmilla osapuolilla, sekä tilaajilla että urakoitsijoilla, oli kokemusta rakennekerrosten uudelleenkäyttämisestä kadun rakennekerroksissa.

Haastateltujen osapuolten vastaukset olivat lopulta melko homogeenisia, vaikka eri haastatteluissa nousikin esiin erilaisia teemoihin liittyviä ajatuksia ja ideoita kysymysten avointen vastausvaihtoehtojen seurauksena. Isoista asiakokonaisuuksista, kuten uudelleenkäyttämisen ohjeistamisen

tarpeellisuudesta, välivarastointialueiden merkityksestä sekä taloudellisesta kannustimesta urakoitsijan toimintaa ohjaavana tekijänä oltiin lähes yksimielisiä. Tulokset olisivat saattaneet olla erilaisia ja vastaukset keskenään poikkeavampia, jos haastateltujen tilaajien joukossa olisi ollut pienempiä kaupunkeja ja urakoitsijoiden joukossa pienempiä yrityksiä, joilla on mahdollisesti erilaiset resurssit maa-ainesten kierrättämisen toteuttamiseen.

### **4.3 Maa-ainesten uudelleenkäyttämisen ohjeistaminen**

Kaikkien haastateltujen asiantuntijoiden mielestä pois kaivettujen maa-aineksien uudelleenkäyttäminen tulisi selkeästi ohjeistaa, mikäli se on mahdollista. Tällä hetkellä maa-aineksien uudelleenkäyttö nojaa vahvasti projektipäälliköiden sekä suunnittelijoiden osaamiseen ja kokemukseen. Haastatellut asiantuntijat arvioivat, että selkeä ohjeistus sekä systemaattinen toimintatapa edistäisivät ja mahdollistaisivat nykyistä paremmin pois kaivettujen maa-aineksien hyödyntämisen kadun rakennekerroksissa. Yhdessä haastatteluista nostettiin lisäksi esille, että mahdollinen ohjeistaminen ja sen vaatimukset eivät saisi kuitenkaan olla liian tiukkoja ja rajoittaa liikaa maa-ainesten uudelleenkäyttämistä.

Lähtökohtaisesti uudelleenkäytettävän maa-aineksen teknisten ominaisuuksien tulisi täyttää InfraRYL:ssä rakennekerrokselle asetetut laatuvaatimukset. InfraRYL:stä on kuitenkin mahdollista poiketa, mikäli hankkeen tilaaja niin haluaa. Haastatteluista 27 % mainittiin, että olisi tarkoituksenmukaista arvioida, voisiko InfraRYL:n vaatimuksista hieman poiketa järjestelmällisesti tapauksissa, joissa uudelleenkäytetään pois kaivettuja maa-aineita kadun rakennekerroksissa. Kaikki haastatteluissa kyseisen asian esiin nostaneet osapuolet olivat tilaajia. Tällöin ohjeistaminen voisi sisältää InfraRYL:stä hieman poikkeavat ja kevennetyt tekniset vaatimukset käytetyille kiviaineksille. Jakavan kerroksen vaatimukset miellettiin InfraRYL:ssä melko tiukoiksi. Yhden tilaajan haastattelussa nostettiin esille ajatus, voisiko esimerkiksi jakavan kerroksen rakeisuusvaatimukset uudelleenkäytettäville kiviaineksille olla hieman kevyemmät InfraRYL:n vaatimuksista. InfraRYL:n vaatimuksista vähän poikkeavaa materiaalia voitaisiin tällaisissa tapauksissa käyttää esimerkiksi jakavan kerroksen alaosassa ja neitseellistä materiaalia voitaisiin käyttää lähempänä kadun pintaa, jossa kuormitukset ovat isommat. Kantavan kerroksen laatuvaatimuksista joustamista ei nähty tarkoituksenmukaiseksi missään olosuhteissa.

Lähtökohtana InfraRYL:n materiaalivaatimuksista poikkeamiselle olisi selvittää, voitaisiinko InfraRYL:ssä asetetuista rakennekerrosten materiaalien teknisistä vaatimuksista joustaa joissakin uudelleenkäyttökohteissa ilman, että katurakenteen toimivuus heikentyisi. Lisäksi pitäisi selvittää, edistäisikö näiden kevennetyjen teknisten vaatimusten asettaminen ja ohjeistaminen

pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämistä joissakin kadun rakennekerroksissa. Ohjeistuksessa voitaisiin tällöin määritellä millaista materiaalia kussakin kohteessa saisi käyttää ja kuinka paljon ja miten materiaalien ominaisuudet saisivat poiketa InfraRYL:stä.

Haastatteluiden pohjalta ohjeistuksen toivottiin sisältävän seuraavat aihepiirit:

- Millaista pois kaivettua materiaalia saa käyttää, missä rakenteissa ja millaisessa kohteessa.
- Materiaalin tekniset vaatimukset, mikäli poikkeaisivat InfraRYL:stä.
- Pois kaivetun maa-aineksen laadun sekä materiaalin homogeenisuuden kontrollointi ja todentaminen. Suoritettavat kokeet pois kaivetulle kiviainekselle sekä kiviaineksen testaamistiheys ja laadunvarmistus.
- Pois kaivettujen maa-aineksien hyötykäyttämisen etusijajärjestys. Ohjeistuksen tulisi sisältää järjestys, jossa pois kaivetut maa-ainekset yritetään uudelleenkäyttää eri käyttökohteisiin.

Yhdessä haastattelussa nostettiin myös esille, että ohjeistus voisi sisältää yksinkertaiset ohjeet työmaalle pois kaivettujen maa-ainesten laadun ja tyyppin havainnointiin jo työmaalla. Tämä olisi tärkeää, jotta maa-ainesten uudelleenkäyttämisen prosessi työmaalla olisi mahdollisimman sujuva ja jottei mahdollisille maa-aineksen kierrätysalueille vietäisi turhaan sellaista pois kaivettua materiaalia, joka ei jalostettunakaan kelpaisi uudelleenkäytettäväksi. Maa-aineksen laatu saattaa kohteen sisälläkin vaihdella huomattavasti. Etenkin vanhojen katujen rakennekerrokset voivat olla laadultaan sellaisia, että niiden uudelleenkäyttäminen kadun rakennekerroksissa on mahdollonta. Tällaisissa kohteissa työmaalla olisi järkevintä todeta materiaalin laatu heikoksi ja viedä se suoraan läjitykseen tai maankaatopaikalle, mikäli sille ei urakassa löydy toissijaista uudelleenkäyttökohdetta.

#### **4.4 Maa-ainesten välivarastointi, jalostaminen sekä kierrätysalueet**

Haastattelututkimuksen perusteella välivarastointi- ja kierrätysalueiden puuttuminen kohtuullisen välimatkan päässä kaupunkialueista on merkittävä haaste maa-ainesten uudelleenkäyttämisessä. Haastatteluista 82 % uskottiin, että kiviaineksen jalostaminen työmaalla on vähintään melko hankalaa. Merkittävämmäksi syyksi mainittiin, että jalostaminen on hankalaa tiiviisti rakennetulla kaupunkialueella sopivien alueiden ja tilan puutteen vuoksi. Lisäksi kiviaineksen jalostaminen aiheuttaa melua ja pölyä, joiden haitat ihmisille korostuvat tiiviissä kaupunkiympäristössä. Haastatteluista

18 % nostettiin esille, että pois kaivettujen maa-ainesten jalostaminen on ylipäättään tarkoituksenmukaista ja taloudellisesti kannattavaa lähinnä hankkeissa, joissa jalostettavaa materiaalia on suuria määriä.

Yhdessä tilaajan haastattelussa nostettiin kuitenkin esille, että kiviaineksen työmaajalostus on kehittynyt huomattavasti edellisen kymmenen vuoden aikana. Haastattelussa todettiin, että jalostaminen on kaupunkialueillakin mahdollista ympäristönsuojelumääräysten puitteissa ja sopivan tukitoiminta-alueen löytyessä työmaan välittömästä läheisyydestä. Lisäksi 27 % haastatteluista nostettiin esiin, että maa-aineksen jalostaminen ja välivarastointi työmaan välittömässä läheisyydessä on mahdollista suurissa aluerakentamisen kohteissa. Tällaisten kohteiden tapauksissa usein on kuitenkin ongelmana se, että kyseisissä kohteissa ei ole ennestään olemassa kadun rakennekerroksia, jolloin myös potentiaalisia uudelleenhyödynnettäviä maa-aineksia on kohteessa vähän. Yhdessä haastattelussa nostettiin lisäksi esiin, että urakoitsijoilla on vaihtelevasti resursseja kiviaineksen jalostamiseen työmaalla. Haastatellut osapuolet olivat yksimielisiä, että edellä esitettyjen seikkojen vuoksi järjestelmällinen kiviaineksen välivarastointi ja jalostaminen olisi tarkoituksenmukaista tehdä sille varatuilla kierrätysalueilla kohtuullisen lyhyen matkan päässä työmaasta. Tällaisten alueiden saatavuudessa on kuitenkin kaupungeissa ollut merkittäviä ongelmia ja sopivia alueita ei ole ollut saatavilla kohtuullisten kuljetusmatkojen sisällä.

Pois kaivetun maa-aineksen hyödyntäminen välittömästi saman kohteen sisällä on mahdollista hyvin rajallisesti ja vain harvoissa tapauksissa. Usein työmaalla pois kaivetut maa-ainekset laitetaan suoraan kuorma-auton lavalle ja viedään välittömästi seuraavaan paikkaan. Mikäli maa-ainesten hyödyntäminen kohteen sisäisesti tai toisessa kohteessa ei ole välittömästi mahdollista, olisi tarkoituksenmukaisinta viedä nämä pois kaivetut maa-ainekset lähimmälle kierrätysalueelle. Kierrätysalueilta ne voitaisiin kuljettaa uudelleenkäytettäväksi sellaisenaan tai kierrätysalueella tehdyn jalostamisen jälkeen. Kierrätysalueille voitaisiin tuoda pois kaivettuja maa-aineksia useista eri kohteista. Kahdessa haastattelussa nostettiin esiin, että mahdollisesti järkevin menettely kierrätysalueilla olisi, että maa-ainekset olisivat valmiina lajiteltuna kasoissa niiden käyttötarkoituksen mukaan. Tämä toiminta vaatisi pois kaivettujen maa-aineksien tarkkaa koordinointia ja laadun dokumentointia kierrätysalueella. Tällä menettelyllä voitaisiin varmistua, että uudelleenkäytettävä maa-aines on soveltuvaa teknisiltä ominaisuuksiltaan kuhunkin käyttökohteeseen.

Yhdessä tilaajan haastattelussa painotettiin, että kaavoitusvaiheessa tulisi huomioida mahdollinen kalliokiviaineksen jalostaminen rakentamisen yhteydessä ja tälle toiminnalle tulisi osoittaa paikka alueella. Haastattelussa korostettiin, että tällaisen kalliokiviaineksen murskaaminen ja käyttäminen

urakassa tulisivat olla etukäteen suunniteltuja prosesseja ja sisällytetty urakkaan tarjousvaiheessa. Lisäksi tarjouspyyntöasiakirjojen tulisi olla mahdollisimman selkeitä erimielisyyksien välttämiseksi.

Yhdessä tilaajan haastattelussa tuotiin esille ajatus, jossa kiviaineksen toimittaja ottaisi pois kaivettuja maa-aineksia vastaan ja jalostaisi nämä maa-ainekset uudelleenkäytettäväksi kierrätystuotteeksi. Haastattelussa arvioitiin, että kiviaineksen tuotteistaminen tällä tavalla helpottaisi huomattavasti tällaisten kiviainesten uudelleenkäyttämistä, sillä kiviaineksen laatu sekä soveltuvuus rakennekerroksiin olisi tällöin todennettu. Lisäksi kiviaineksen toimittajalla olisi todennäköisesti jo valmiina olemassa laadunvarmistusmenetelmät sekä kalusto ja resurssit kiviaineksen testaamiseen sekä jalostamiseen.

#### **4.5 Tilaajan asema maa-ainesten uudelleenkäyttämisessä**

Haastatteluiden perusteella merkittävin urakoitsijan toimintaa ohjaavaa motivaatiotekijä on raha tai taloudellinen hyöty. Haastatteluista henkilöistä 91 % mainitsi rahan tai taloudellisen edun urakoitsijan toimintaa ohjaavaksi tekijäksi. Yhdessä tilaajan ja yhdessä urakoitsijan haastattelussa nostettiin esille mahdollisen rahallisen bonuksen tai kompensaation antaminen maa-aineksien kierrättämisestä urakoitsijalle urakan valmistuttua. Kahdessa haastattelussa todettiin urakoitsijoiden arvostavan taloudellisten motivaatiotekijöiden lisäksi ennakoitavuutta hankkeissa. Tampereen kaupungin malli kiertotalouskriteereiden tuomisesta tarjousvaiheeseen arviointityökalun avulla arvioitiin kahdessa haastattelussa motivoivaksi toimintatavaksi. Tampereen mallia arvioitiin tehokkaaksi, sillä mallissa urakoitsija on sitoutunut toteuttamaan tarjousvaiheessa urakkaan tarjoamansa kiertotalouskriteerit. Muutoin se on velvoitettu maksamaan tilaajalle hyvityksen toteuttamattomista kiertotalouskriteereistä.

Kahdessa tilaajan haastattelussa todettiin, että osalla kaupungeista on tiukka ohjeistus, jolla rajoitetaan pois kaivettujen maa-aineksien uudelleenkäyttämistä esimerkiksi kadun rakennekerroksissa. Haastatteluista 27 % korostettiin lisäksi, että pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenhyödyntäminen täytyy olla esitetty suunnittelun lopputuotteena. Tämä tarkoittaisi muun muassa, että ympäristöasiakirjassa ja työselostuksessa täytyy olla ohjeistettu ja velvoitettu maa-ainesten uudelleenkäyttäminen.

Hankkeen suunnitteluvaiheessa täytyy kartoittaa kadun nykyiset rakennekerrokset sekä rakennekerrosten materiaalien laatu rakennekerrostutkimusten avulla tarpeeksi laajasti, jotta toteutettavat rakennekerrosratkaisut saada esitettyä suunnitelmadokumenteissa. Tällöin urakoitsija pystyy laskemaan ja arvioimaan tarjoustaan antaessaan mahdollisten

uudelleenhyödynnettäväksi soveltuvien maa-ainesten osuudet ja määrät. Haastatteluista 27 % kuitenkin todettiin, että rakennuskohteisiin tehtävät rakennekerrostutkimusten tulokset ovat harvoin täysin aukottomia ja urakan aikana saattaa tulla yllätyksiä pois kaivetun maa-aineksen laadussa.

Mikäli urakan aikana pois kaivettujen rakennekerrosten laatu poikkeaa lähtötiedoista, tulee tilaajalla olla valmiina toinen suunnitelma maa-aineksien uudelleenhyödyntämisestä. Ratkaisu voisi olla esimerkiksi maa-aineksien kuljetus välivarastoitavaksi. Lisäksi tällaisissa tilanteissa tilaajan tulisi mahdollisuuksien mukaan tulla taloudellisesti vastaan urakoitsijaa, jotta urakoitsijalla olisi mahdollisuus uudelleenkäyttää nämä maa-ainekset. Muuten riskinä on, että pois kaivetut maa-ainekset ajetaan työmaalta suoraan läjitykseen.

Kaksi tilaajaosapuolta nosti esiin haastatteluissa, että pois kaivettuja maa-aineksia uudelleenkäytettäessä tulee varautua erityisesti tilaajan ja urakoitsijan välisiin erimielisyyksiin. Tällaisissa hankkeissa riskinä tilaajan kannalta on, että urakoitsija alkaa siirtämään vastuuta tilaajan puolelle ja urakoiden kustannukset nousevat huomattavasti. Urakoitsija voisi tällöin vedota esimerkiksi puutteellisiin rakennekerrostutkimustuloksiin, mikäli ei pääsisi tarjouksessa antamiinsa kiertotaloustavoitteisiin ja olisi velvoitettu maksamaan tilaajalle kompensatiota urakan päätyttyä. Tarjousvaiheessa pitäisi-kin esittää mahdollisimman kiistattomasti, miten toimittaisiin tällaisissa tapauksissa. Toisessa näistä haastatteluista kuitenkin korostettiin, että uusien menettelytapojen käyttöönotossa tulee joka tapauksessa yllätyksiä, joihin ei voi varautua. Ensimmäisten urakoiden jälkeen tuleekin arvioida uutta menettelytapaa ja ryhtyä tarvittaessa korjaus- ja muutostoimenpiteisiin.

Yhdessä haastattelussa todettiin, että tilaajan tulisi pystyä tarjoamaan lähtökohtaisesti maa-ainesten kierrätysalue urakoitsijalle käyttöön urakan ajaksi. Sopivien kierrätysalueiden saatavuus arvioitiin myös lähtökohdaksi Tampereen kaupungin kaltaisen arviointityökalun käyttämiselle tarjouksen pisteyttämisessä, sillä vain harvalla urakoitsijalla uskottiin olevan omasta takaa sopivia kierrätysalueita.

#### **4.6 Kaivettujen maa-ainesten laadun vaihtelevuus**

Yhdessä tilaajan haastattelussa ja yhdessä urakoitsijan haastattelussa nostettiin myös esiin Helsingin alueen maa-ainesten heikko laatu sekä laadun vaihtelevuus kohteissa, joissa on vuosikymmeniä sitten rakennettua kaupunkiympäristöä. Nykyisiä rakenteita pois kaivettaessa on havaittu, että puhtaita kiviaineksia on hyvin harvoissa paikoissa ja maa-aines sisältää usein esimerkiksi asfalttia tai muuta ylimääräistä materiaalia. Lisäksi Helsingin alueella

esiintyy paljon savea. Puhdasta moreenia on kokemusten perusteella hyvin harvoissa paikoissa.

Vanhoissa rakennekerroksissa on lisäksi käytetty aiemmin hiekkaa ja tuhkaa, jolloin näiden maa-aineksien uudelleenkäyttäminen ei ole rakennekerroksissa mahdollista ja nämä materiaalit sopivat lähtökohtaisesti paremmin toissijaisiin uudelleenkäyttökohteisiin. Tällaisissa vanhoissa rakennuskoh-teissa uudet rakennekerrokset rakennetaankin yleensä neitseellisestä kiviai-neksesta tai betonimurskeesta ja pois kaivetut maa-ainekset käytetään koh-teen sisällä toissijaisiin käyttökohteisiin, kuten lopputäyttöihin.

#### **4.7 Kaupunkien erilaiset olosuhteet ja intressit**

Haastatteluista 18 % nostettiin esille, että eri kaupungeissa vallitsee erilaiset olosuhteet, minkä seurauksena myös pois kaivettujen rakennekerroksien ki-viaineksien uudelleenkäyttämiseksi ja kierrättämiseksi on erilaisia intressejä. Esimerkiksi Espoossa maanlajitusalueiden saatavuus on ollut parempi kuin Helsingissä ja Espoossa ylijäämämaista on ylitarjontaa tällä hetkellä. Tällöin on mahdollista hyödyntää ainoastaan parhaat ylijäämämaat uudelleen-käytettäväksi ja huonompi maa-aines viedä suoraan maanlajitusalueelle. Yli-tarjontaa on etenkin kallioulouheesta, jota jalostetaan paljon urakoiden yhtey-dessä. Espoossa maanlajitusalueita on rakennettu siten, että rakennettavien maanlajitusalueiden alta louhitaan kalliota hyvin syväälle, jolloin myös tällai-sista kohteista syntyy runsaasti kallioulouhetta, jolle tarvitsee löytää käyttö-kohteita.

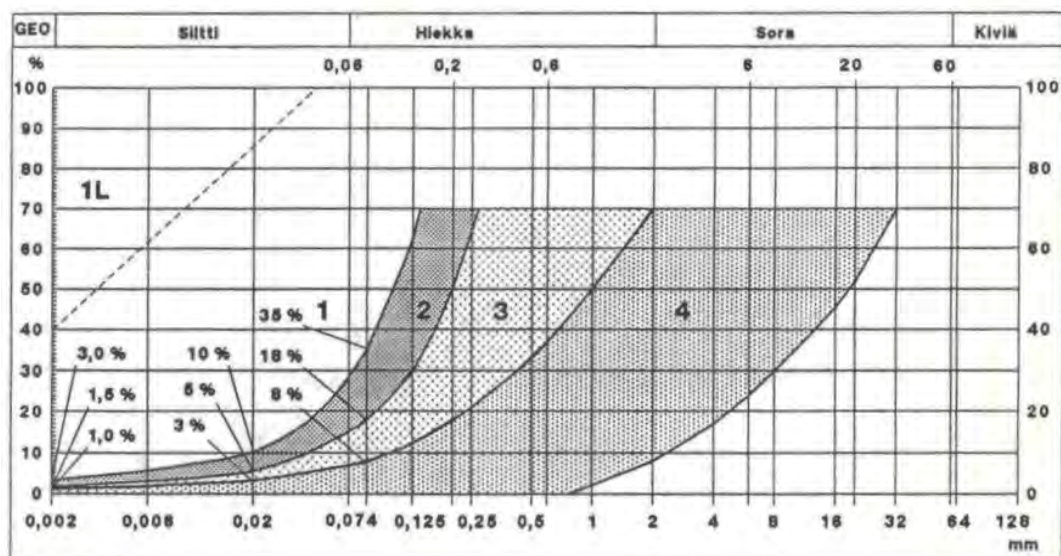
Helsingissä tilanne on huomattavasti erilainen ja kaupungissa ei ole kohtuul-listen välimatkojen sisällä paikkoja mihin ylijäämämaita voisi viedä. Tällöin intressit pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämiseksi ovat suurem-mat ja pois kaivetuille maa-aineksille tulisi löytää uudelleenkäyttökohteita kaupungin sisällä, jotta välttyttäisiin maa-aineksien kuljetuksilta kauas kau-pungin ulkopuolelle.

## 5 Laboratoriotutkimukset

### 5.1 Rakeisuuden ja routivuuden määrittäminen seulomalla

Kiviaineksen routivuutta voidaan laboratorio-olosuhteissa arvioida määrittämällä kiviaineksen rakeisuus kuivaseulomalla kiviaines. Rakeisuuskäyrän avulla on mahdollista erotella routivat kiviainekset routimattomista. Kiviaineksen sisältämien erikokoisten rakeiden painosuhteiden määrää kutsutaan rakeisuudeksi. Mikäli kiviaines sisältää myös hienoaainesta runsaasti, kiviaines pesuseulotaan. Pesuseulonnan aikana kiviaineksesta irronneen hienoainekseen määrä otetaan huomioon lopuksi rakeisuuskäyrää määritettäessä.

Kuvassa yhdeksän on esitetty rakeisuustaulukko, jonka avulla voidaan arvioida kiviaineksen routivuutta. Maalaji on routiva, mikäli sen rakeisuuskäyrä on alueella yksi. Maalaji on lisäksi routiva, mikäli sen rakeisuuskäyrä on alueella kaksi, kolme tai neljä ja mikäli rakeisuuskäyrän alapää ei pääty sen vasemmalla puolella olevan rajakäyrän yläpuolelle. Alueella 1L olevat maalajit ovat lievästi routivia.



Kuva 9. Maalajin routivuus rakeisuuden perusteella (Tielaitos, 1993).

Laboratorioon tuodut rakennekerrosnäytteet kuivattiin aluksi 105 °C, kunnes niistä ei haihtunut enää vettä. Kuivaamisen jälkeen näytteet jäähdytettiin ja näytteen koko pienennettiin edustavaksi näytteeksi seulontaa varten. Samalla näytteistä poistettiin isoimmat kivet ja näyte katkaistiin 16 mm. Seulalle 32 mm jääneet kivet otettiin kuitenkin huomioon rakeisuuskäyrää määritettäessä ja punnittiin erikseen ennen seulonnan aloittamista. Seulontaa varten katkaistujen ja pienennettyjen näytteiden koot olivat noin 4–5 kg.

Näytteiden tarkat massat kirjattiin muistiin. Seulonnassa kiviainesta tärytettiin 12 minuuttia, jonka jälkeen kullekin seulalle jäänyt kiviaines punnittiin. Seulasarjassa käytetyt seulojen koot olivat 0,063, 0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 11,2 16,0 sekä 32 mm. Seulonnan jälkeen punnittujen massojen avulla laskettiin näytteiden rakeisuuskäyrät.

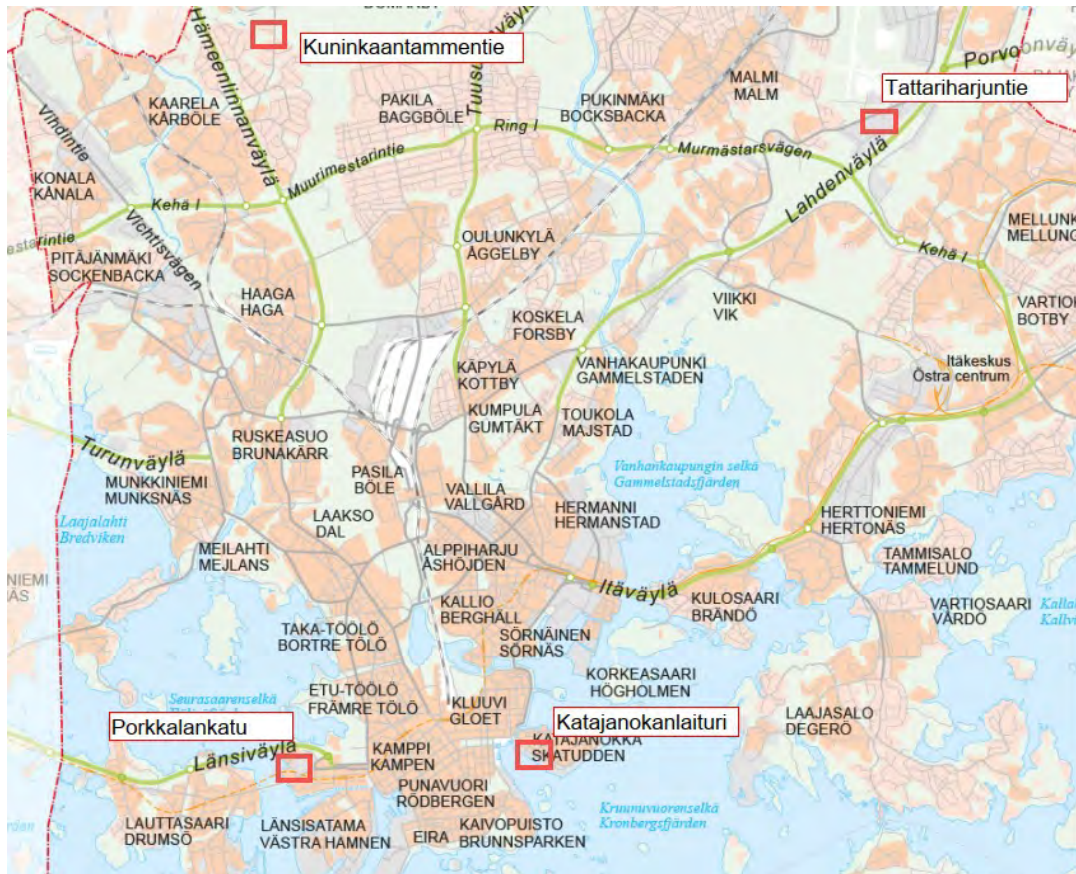
Rakeisuuden määrittäminen tehtiin kuivaseulonnalla standardin SFS-EN 933-1 mukaisesti ja testiraportit on esitetty liitteessä kaksi. Laboratorionäytteiden seulonnassa käytetty Scanteknikin tärytinlaite Aalto-yliopiston pohjarakennuslaboratoriossa on esitetty kuvassa kymmenen.



Kuva 10. Rakeisuuden määrittämisessä käytetty tärytinlaite (Ristikankare, 2024).

## 6 Tutkimuskohteet ja rakennekerrosnäytteet

Tavoitteena oli kerätä rakennekerrosnäytteitä kadun kantavasta ja jakavasta kerroksesta muutamasta erilaisesta kadunrakennuskohteesta Helsingin alueelta. Tutkimuspisteiden tavoitemääräksi asetettiin 10–15 ja tavoitteena oli ottaa yhdestä tutkimuskohteesta näytteet aina muutamasta eri tutkimuspisteestä. Rakennekerrosnäytteitä otettiin lopulta neljästä eri tutkimuskohteesta yhteensä 17 eri tutkimuspisteestä. Jokaisesta pisteestä otettiin näytteet vähintään kadun nykyisestä kantavasta ja jakavasta kerroksesta. Kuvassa 11 on esitetty tutkimuskohteiden sijainnit kartalla. Tutkimuskohteet valittiin kadun katuluokan sekä aikataulullisesti sopivassa vaiheessa olevien urakoiden pohjalta. Tavoitteena oli saada rakennekerrosnäytteitä mahdollisimman erilaisista katukohteista.



Kuva 11. Tutkimuskohteiden sijainnit Helsingissä. Karttakuva tulostettu Helsingin kaupungin karttapalvelusta. Palvelu saatavissa <https://kartta.hel.fi/>.

## 6.1 Kuninkaantammentie

Kuninkaantammen alue sijaitsee Kaarelan kaupunginosassa Luoteis-Helsingissä. Helsingin kaupungin karttapalvelun ortokuvien perusteella Kuninkaantammentie on ollut olemassa kyseisellä paikallaan jo vuonna 1943. On siis mahdollista, että osa kadun rakennekerrosmateriaaleista on iältään jopa 80 vuotta vanhoja, mikäli rakennekerroksia ei ole vaihdettu välissä. Alueelle on suunniteltu tulevaisuudessa nykyistä asuinaluetta täydentävää uudisrakentamista. Tällä hetkellä alueelle rakennetaan uusia katuja sekä parannetaan nykyisiä katuja palvelemaan paremmin alueen tulevaisuuden asuntotuotantoa. Alueella sijaitseva Kuninkaantammentie on luokiteltu osittain paikalliseksi kokoojakaduksi ja osittain tonttikaduksi (Helsingin kaupunki, 2021b).

Kuninkaantammen kohteesta kaikki näytteet on otettu Kuninkaantammentieltä, josta on otettu yhteensä 11 koekuoppänäytettä. Koekuoppänäytteet on otettu aikavälillä 23.–25.10.2023. Koekuoppien 1001–1005 sijainnit on esitetty ilmakuvassa 12 ja koekuoppien 1006–1011 sijainnit ilmakuvassa 13. Kaikki Kuninkaantammentien rakennekerrosnäytteet on ottanut Taratest ja rakennekerrosnäytteet on tutkittu Helsingin kaupungin rakentamispalvelun katu- ja maalaboratoriossa helmikuussa 2024. Laboratoriotutkimuksissa näytteistä määritettiin rakeisuus, routivuus, maalaji sekä näytteen vesipitoisuus.



Kuva 12. Kuninkaantammentien koekuoppien 1001–1005 sijainnit kartalla. Ortokuva tulostettu maanmittauslaitoksen karttapaiikka -palvelusta. Palvelu saatavissa <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaiikka/>.



Kuva 13. Kuninkaantammentien koekuoppien 1006–1011 sijainnit kartalla. Ortokuva tulostettu maanmittauslaitoksen karttapaiska -palvelusta. Palvelu saatavissa <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaiska/>.

## 6.2 Katajanokanlaituri 4

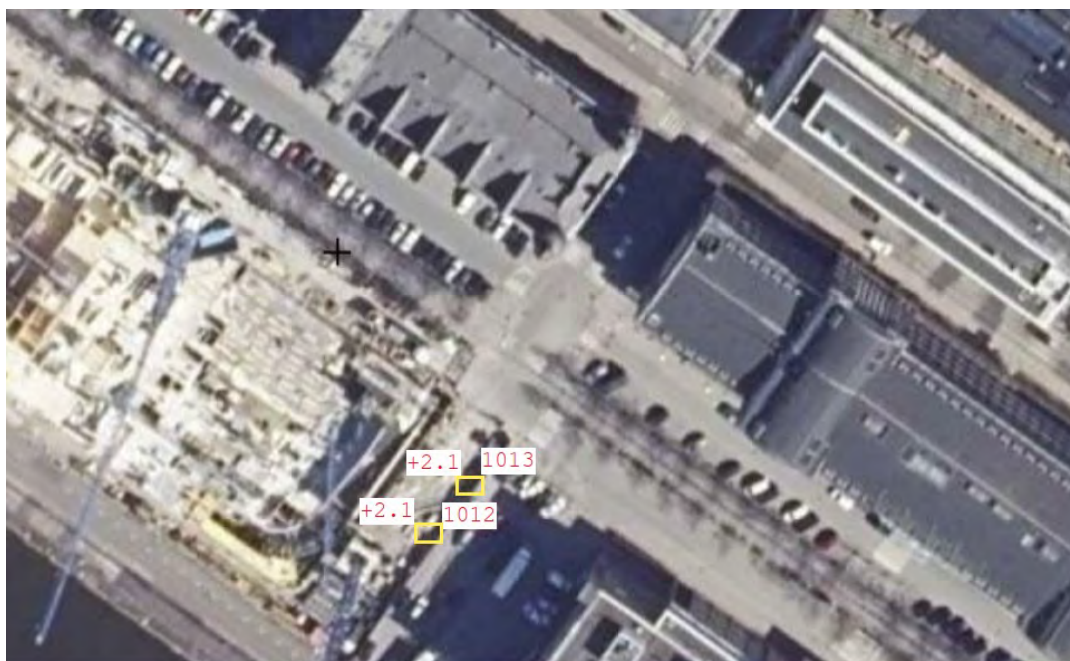
Katajanokka on tiheästi rakennettu alue Etelä-Helsingissä. Osoitteeseen Katajanokanlaituri 4 valmistuu kesällä 2024 uusi toimitalo. Toimitalo rakennetaan nykyisen vanhan purettavan toimitilarakennuksen sekä sen viereisen parkkipaikan paikalle. Urakkaa edeltänyt tilanne parkkipaikasta ja entisestä toimitilarakennuksesta vuodelta 2020 on esitetty kuvassa 14. Kohteen nykyisten rakennekerrosten ikää on hankalaa arvioida. Helsingin kaupungin karttapalvelun ortokuvista kuitenkin selviää, että vuonna 1950 parkkipaikan kohdalla oli rakennus. Vuonna 1956 tämä rakennus oli purettu ja paikalle oli rakennettu nykytilanteen kaltainen parkkipaikka. Parkkipaikan rakennekerrokset voivat olla siis jopa 1950-luvulla rakennettuja, mikäli niitä ei ole vaihdettu myöhemmin.

Toimitalon rakentamisen yhteydessä sen välittömässä läheisyydessä kaivettiin putkikaivantoa, jolloin nykyisen parkkipaikan katurakenne avattiin. Putkikaivannon kohdalla otettiin kahdesta kohdasta rakennekerrosnäytteet rakennekerroksista 10.6.2024. Rakennekerrosnäytteiden ottopaikkojen 1012 ja 1013 sijainnit on esitetty ilmakuvassa 15. Molemmista tutkimuspisteistä otettiin erilliset näytteet nykyisestä kantavasta ja jakavasta kerroksesta. Rakennekerrosnäytteet tutkittiin Aalto-yliopiston pohjarakennuslaboratoriossa kesäkuussa 2024. Katajanokalta otetut näytteet kuivaseulottiin

laboratoriossa ja rakeisuustulosten avulla arvioitiin rakennekerrosnäytteiden routivuus sekä maalaji.



Kuva 14. Työmaata edeltänyt tilanne. Kuva tulostettu Google Maps -palvelusta. Palvelu saatavissa [6 Katajanokanlaituri – Google Maps](#).



Kuva 15. Katajanokan rakennekerrosnäytteiden 1012 ja 1013 ottoaikkojen sijainnit kartalla. Ortokuva tulostettu maanmittauslaitoksen karttapaikka -palvelusta. Palvelu saatavissa <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>.

Kuvassa 16 on vasemmalla esitetty pisteen 1012 näytteenottoaikan rakennekerrokset ja oikealla pisteen 1013 näytteenottoaikan rakennekerrokset.

Näytteenoton aikana havaittiin heti, että nykyisten rakennekerrosten laatu on vaihteleva ja rakennekerrokset sisältävät sinne kuulumatonta materiaalia. Molempien jakavan kerroksen näytteiden seassa oli yksittäisiä tiilen paloja ja pieniä oksan paloja. Lisäksi pisteen 1012 kantavassa kerroksessa oli seassa asfalttia. Molemmissa kohteissa oli lisäksi sekä kantavassa että jakavassa kerroksessa yksittäisiä noin 10 cm halkaisijaltaan olevia kiviä. Lisäksi pisteen 1013 jakavan kerroksen seassa oli pätkiä reunakiveä. Pisteestä 1013 oli ehditty poistaa jo päällystekerrokset päältä. Silmämääräisesti arvioituna molemmat jakavan kerroksen materiaalit olivat soraista hiekkaa ja molemmat kantavan kerroksen materiaalit soraa.



Kuva 16. Vasemmalla pisteen 1012 nykyiset rakennekerrokset ja oikealla pisteen 1013 nykyiset rakennekerrokset Katajanokalla (Ristikankare, 2024).

### 6.3 Porkkalankatu

Helsingin kaupunki parantaa vuonna 2024 Porkkalankatua ja Itämerenkattua Helsingin Ruoholahdessa. Hankkeessa edistetään pyöräilyn ja kävelyn sujuvuutta sekä turvallisuutta kyseisellä alueella. Osoitteessa Porkkalankatu 44 kaivettiin urakan yhteydessä putkikaivantoa, jolloin auki kaivetusta katurakenteesta otettiin nykyisen ajoradan rakennekerroksista kahdesta kohdasta rakennekerrosnäytteet 25.6.2024. Rakennekerrosnäytteet otettiin kadun nykyisestä kantavasta ja jakavasta kerroksesta ja niiden ottopaikkojen 1014 ja 1015 sijainnit on esitetty ilmakuva 17. Helsingin kaupungin

karttapalvelun ortokuvista selviää, että Porkkalankatu oli rakennettu jo vuonna 1943. Kadun rakennekerrokset on tämän jälkeen vaihdettu todennäköisesti useasti, joten kadun rakennekerrosten ikä ei ole tiedossa.

Porkkalankadulta otetut rakennekerrosnäytteet kuivaseulottiin Aalto-yliopiston pohjarakennuslaboratoriossa kesäkuussa 2024 ja rakeisuustulosten avulla arvioitiin pois kaivettujen rakennekerrosten routivuus sekä maalaji.



Kuva 17. Porkkalankadun rakennekerrosnäytteiden 1014 ja 1015 ottopaikkojen sijainnit kartalla. Ortokuva tulostettu maanmittauslaitoksen karttapalvelusta. Palvelu saatavissa <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>.

Kuvassa 18 vasemmalla on esitetty kuva pisteen 1014 näytteenottopaikan rakennekerroksista ja oikealla kuva pisteen 1015 näytteenottopaikan rakennekerroksista. Työmaalla silmäämäärisesti arvioituna molempien tutkimuspisteiden kantavan kerroksen materiaali oli soraa ja molempien tutkimuspisteiden jakavan kerroksen materiaali hiekkaa.



Kuva 18. Vasemmalla pisteen 1014 nykyiset rakennekerrokset ja oikealla pisteen 1015 nykyiset rakennekerrokset Porkkalankadulla (Ristikankare, 2024).

## 6.4 Tattariharjuntie

Tattariharjuntie sijaitsee Malmin peruspiirissä Koillis-Helsingissä. Helsingin kaupungin karttapalvelun ortokuvien perusteella Tattariharjuntielle kulki väylä jo vuonna 1932. Ortokuvien perusteella katu rakennettiin uudelleen sekä laajennettiin 1970-luvulla sekä 2000-luvun alussa. Kadun nykyiset rakennekerrokset saattaisivat olla rakennettu näiden jomman kumman rakentamisen yhteydessä. Tattariharjuntielle käynnistyi kadunrakennusurakka keväällä 2024. Urakassa toteutetaan Tattariharjuntielle uudet pyörätie- sekä ajokaistajärjestelyt palvelemaan alueen läheisyyteen kaavoitettua tulevaisuuden asuntorakentamista. Tattariharjuntielle, välillä Takoraudantie – Valuradantie purettiin nykyisiä kaukolämpöputkia heinäkuussa, jolloin nykyinen Tattariharjuntien katurakenne kaivettiin auki ajoradan kohdalta. Nykyisen ajoradan rakennekerroksista kahdesta kohdasta otettiin rakennekerrosnäytteet 18.7.2024. Rakennekerrosnäytteet otettiin molemmista pisteistä kadun nykyisestä kantavasta ja jakavasta kerroksesta. Rakennekerrosnäytteiden ottopaikkojen 1016 ja 1017 sijainnit on esitetty ilmakuvassa 19.



Kuva 19. Tattariharjuntien rakennekerrosnäytteiden 1016 ja 1017 ottopaikkojen sijainnit kartalla. Ortokuva tulostettu maanmittauslaitoksen karttapaiikka -palvelusta. Palvelu saatavissa <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaiikka/>.

Kuvassa 20 on esitetty pisteen 1016 nykyiset rakennekerrokset. Kuvassa 21 on esitetty pisteen 1017 näytteenottopaikat työmaalla. Tässä pisteessä näytteet otettiin kahdesta kasasta, joihin kiviainekset oli vasta kaivettu kaivinkoneella. Nykyisestä katurakenteesta kaivettiin lajitellen kasoihin nykyinen kantava ja jakava kerros. Syvempää ja isompaa kaivantoa ei tähän kohtaan ollut mahdollista tehdä työmaalla. Nykyisten rakennekerrosten paksuutta ei tästä kohdasta siten pystytty työmaalla mittaamaan.

Tattariharjuntieltä otetut rakennekerrosnäytteet kuivaseulottiin Aalto-yliopiston pohjarakennuslaboratoriossa heinäkuussa 2024, minkä jälkeen raakeisuustulosten avulla arvioitiin pois kaivettujen rakennekerrosten routivuus sekä maalaji. Työmaalla silmämääräisesti arvioituna molempien kantavien kerrosten materiaali oli soraa. Piste 1016 jakavan kerroksen materiaali oli silmämääräisesti arvioituna hiekkaa. Piste 1017 jakavan kerroksen näyte otettiin jakavan kerroksen yläosasta, joka silmämääräisesti arvioituna oli hiekaista soraa. Lisäksi pisteen 1017 jakavan kerroksen seassa oli mahdollisesti sekoittunut kantavan kerroksen materiaalia. Jätejakeita ei havaittu materiaalin seassa näytteenottamisen yhteydessä.



Kuva 20. Tattariharjuntien pisteen 1016 nykyiset rakennekerrokset (Ristikankare, 2024).



Kuva 21. Vasemmalla kuvassa pisteen 1017 kantavan kerroksen pois kaivettu maa-aines Tattariharjunttiellä ja oikealla kuvassa pisteen 1017 jakavan kerroksen pois kaivettu maa-aines (Ristikankare, 2024).

## 7 Laboratoriotutkimusten tulokset

Taulukkoihin viisi, kuusi, seitsemän ja kahdeksan on merkitty punaisella näytteet, joita ei voi selvästi sellaisenaan uudelleenkäyttää kadun kantaviin tai jakaviin kerroksiin. Tällaisia olivat routivat, jätettä tai orgaanista ainetta sisältävät näytteet, sekä näytteet, joilla oli korkea vesipitoisuus. Muutamat pienet asfaltin palat näytteen seassa sallittiin. Loppujen näytteiden potentiaalia uudelleenkäytettäväksi arvioitiin vertaamalla näytteiden rakeisuuksia InfraRYL:n jakavan ja kantavan kerroksen murskeiden rakeisuusluokkien sallittuihin vaihteluväleihin. Taulukkoihin on keltaisella merkitty näytteet, joiden rakeisuustulosten vaihteluväli ei täytä jakavan kerroksen murskeille InfraRYL:ssä asetettua rakeisuusluokkaa  $G_p$  tai  $G_c$  millään kokojakaumalla. Vaalealla vihreällä on merkitty taulukkoihin ne näytteet, jotka täyttävät rakeisuuden perusteella jonkin kokoluokan jakavan kerroksen murskeen vaatimukset luokista  $G_p$  tai  $G_c$ , mutta ei kuitenkaan mitään kantavan kerroksen rakeisuusluokkaa. Tummalli vihreällä on merkitty ne näytteet, jotka täyttivät jonkun jakavan kerroksen luokan lisäksi myös kantavan kerroksen rakeisuusluokan  $G_A$  kokojakaumalla 0/32, 0/40, 0/45 tai 0/56.

### 7.1 Kuninkaantammentie

Kuninkaantammen koekuopista 1001–1011 saatujen rakennekerrosnäytteiden tulokset on esitetty yhteenvetotaulukossa viisi, jossa on esitetty tutkimuspisteet, rakennekerrosnäytteiden alku- ja loppusyvyydet, maalajien GEO-luokitus, routivuus sekä mahdolliset lisähuomiot. Näytteiden routivuudet on arvioitu Helsingin kaupungin rakentamispalvelun katu- ja maalaboratoriossa rakeisuuskäyrien perusteella. Rakeisuuskäyrät on esitetty maa- näytteiden tutkimusilmoituksissa liitteessä kolme.

Taulukon viisi tuloksista voidaan nähdä, että pois kaivettujen rakennekerrosten laatu Kuninkaantammentiellä oli erittäin vaihtelevaa. Suurin osa pois kaivetusta maa-aineksesta oli täytemaata. Merkittävä osa koekuopista testatuista rakennekerrosten rakennekerrosnäytteistä oli lisäksi routivia. Rakennekerrosnäytteissä oli lisäksi seassa paljon ylimääräistä materiaalia, kuten johdon paloja sekä orgaanista materiaalia. Taulukosta viisi nähdään, että 66 % Kuninkaantammen näytteistä oli selvästi sellaisia, joita ei suoraan voi hyödyntää uudelleen rakennekerroksissa. Lisäksi 14 % näytteistä ei täyttänyt mitään jakavan kerroksen murskeen rakeisuusluokkaa. Näytteistä 20 % täytti jakavan kerroksen rakeisuusluokan  $G_p$  tai  $G_c$  kokojakaumalla 0/32, 0/40, 0/45 tai 0/56. Näytteistä 14 % täytti kantavan kerroksen murskeiden rakeisuusluokan  $G_A$  kokojakaumalla 0/32, 0/40, 0/45 tai 0/56.

Taulukko 5. Yhteenvetotaulukko Kuninkaantammen rakennekerrosnäytteiden tuloksista.

| Tutkimuspiste | Alkusyvyys (m) | Loppusyvyys (m) | Maalaji GEO | Routivuus  | Huom.                                 |
|---------------|----------------|-----------------|-------------|------------|---------------------------------------|
| <b>1001</b>   | 0,13           | 0,28            | SrTä        | routimaton | Asf seassa                            |
|               | 0,28           | 0,9             | SrTä        | routimaton |                                       |
|               | 0,9            | 1,2             | Hk          |            | Sr+Si seassa                          |
| <b>1002</b>   | 0,13           | 0,53            | SrTä        | routimaton | Asf+lehtiä seassa                     |
|               | 0,53           | 1,1             | Hk          |            | Si seassa                             |
| <b>1003</b>   | 0,15           | 0,35            | srHkTä      | routimaton | Asf seassa                            |
|               | 0,35           | 0,65            | HkTä        | routiva    |                                       |
|               | 0,65           | 0,75            | HkTä        | routiva    | huHk. Hiiltä seassa                   |
|               | 0,75           | 1,2             | Hk          | routiva    | Tä?                                   |
| <b>1004</b>   | 0,15           | 0,35            | srHkTä      | routimaton | Asf seassa                            |
|               | 0,35           | 0,75            | SrTä        | routimaton |                                       |
|               | 0,75           | 0,95            | huHk        |            | Sr+Si seassa                          |
|               | 0,95           | 1,3             | Hk          |            | Hu+Si seassa                          |
| <b>1005</b>   | 0,13           | 0,23            | srHkTä      | routimaton | Asf seassa                            |
|               | 0,23           | 0,93            | SrTä        | routimaton | Asf seassa                            |
|               | 0,93           | 1,2             | saSi        |            | Hk+rauta saostuma seassa              |
| <b>1006</b>   | 0,1            | 0,2             | saHkTä      | routiva    | Tä. Asf seassa                        |
|               | 0,2            | 0,9             | SrTä        | routimaton |                                       |
|               | 0,9            | 1               | siHk        | routiva    | Hm. Tä?                               |
|               | 1              | 1,2             | saSi        | routiva    | Tä?                                   |
| <b>1007</b>   | 0,06           | 0,36            | SrTä        |            | Hk+Si+Asf seassa                      |
|               | 0,36           | 0,51            | hkSiTä      | routiva    | Hu+juuria seassa                      |
|               | 0,51           | 1,2             | HkTä        |            | Si+Sr+juuria+laastia seassa           |
| <b>1008</b>   | 0,04           | 0,24            | HkTä        | routiva    | Asf seassa                            |
|               | 0,24           | 0,54            | SrTä        | routimaton |                                       |
|               | 0,54           | 1               | huHk        |            | Sr+Si seassa                          |
| <b>1009</b>   | 0,04           | 0,19            | srHkTä      | routiva    | Asf seassa                            |
|               | 0,19           | 0,59            | SrTä        | routimaton | Asf+oksia+johdon paloja+lehtiä seassa |
|               | 0,59           | 1,1             | HkTä        | routiva    | Hu+keraamia+juuria seassa             |
| <b>1010</b>   | 0,1            | 0,35            | srHkTä      | routimaton | Asf seassa                            |
|               | 0,35           | 1,05            | SrTä        | routimaton | Asf seassa                            |
|               | 1,05           | 1,2             | Hk          | routiva    | Tä?                                   |
| <b>1011</b>   | 0              | 0,1             | srHk        | routiva    | Tä?                                   |
|               | 0,1            | 0,7             | SrTä        | routimaton |                                       |
|               | 0,7            | 1               | saSi        | routiva    | Tä?                                   |

Yhteenvedona Kuninkaantammentien näytteistä voidaan todeta, että suurin osa Kuninkaantammentien nykyisistä rakennekerrosmateriaaleista ei ole sellaisenaan, eikä todennäköisesti myöskään jalostettuna kelpoista materiaalia uudelleenkäytettäväksi kadun rakennekerroksissa. Sen sijaan kyseisiä maa-aineksia voitaisiin uudelleenkäyttää kohteen sisällä esimerkiksi täyttöihin.

## 7.2 Katajanokanlaituri 4

Katajanokalta otettujen rakennekerrosnäytteiden 1012 ja 1013 tiedot on esitetty yhteenvedotaulukossa kuusi, jossa on esitetty tutkimuspisteet, rakennekerrosnäytteiden alku- ja loppusyvyydet, maalajien GEO-luokitus, routivuus sekä mahdolliset lisähuomiot. Rakennekerrosnäytteiden rakeisuuskäyrät on esitetty rakennekerrosnäytteiden testiraporteissa liitteessä kaksi.

Taulukon kuusi tuloksista voidaan nähdä, että molemmat Katajanokalta kantavasta kerroksesta otetut näytteet olivat rakeisuuden perusteella routimattomia. Lisäksi pisteestä 1013 otettu jakavan kerroksen näyte oli routimaton. Rakeisuuden perusteella pisteestä 1012 otettu jakavan kerroksen näyte oli routiva. Pisteestä 1012 jakavan kerroksen materiaali oli soraista hiekkamoreenia ja pisteestä 1013 materiaali soraista hiekkaa. Pisteestä 1012 kantavan kerroksen materiaali oli soraa ja pisteestä 1013 kantavan kerroksen materiaali hiekkaisista soraista. Molemmista pisteistä otetuista jakavan kerroksen näytteistä löytyi yksittäisiä tiilenpalasia sekä pieniä oksien palasia. 50 % Katajanokanlaiturilta otetuista näytteistä oli selvästi soveltumattomia uudelleenkäytettäväksi rakennekerroksissa. Pisteestä 1013 kantavan kerroksen näyte ei ollut soveltuvaa uudelleenkäytettäväksi jakavaan kerrokseen materiaalin rakeisuuden vuoksi. Pisteestä 1012 kantavan kerroksen näyte oli rakeisuuden perusteella arvioituna soveltuvaa uudelleenkäytettäväksi kadun jakavassa kerroksessa. Lisäksi pisteestä 1012 kantavan kerroksen näyte täytti myös InfraRYL:n kantavan kerroksen rakeisuusluokan  $G_A$  0/32. Tällöin se olisi rakeisuuden perusteella soveltuvaa uudelleenkäytettäväksi kadun kantavassa kerroksessa.

Taulukko 6. Yhteenvedotaulukko Katajanokan rakennekerrosnäytteiden tuloksista.

| Tutkimuspiste | Alkusyvyys (m) | Loppusyvyys (m) | Maalaji GEO | Routivuus  | Huom.                 |
|---------------|----------------|-----------------|-------------|------------|-----------------------|
| <b>1012</b>   | 0,06           | 0,23            | Sr          | routimaton | Asf seassa            |
|               | 0,23           | 0,53            | srHkMr      | routiva    | Tiiltä + oksia seassa |
| <b>1013</b>   | 0,00           | 0,10            | hkSr        | routimaton |                       |
|               | 0,10           | 0,39            | srHk        | routimaton | Tiiltä + oksia seassa |

### 7.3 Porkkalankatu

Osoitteesta Porkkalankatu 44 otettujen rakennekerrosnäytteiden 1014 ja 1015 tiedot on esitetty yhteenvedotaulukossa seitsemän, jossa on esitetty tutkimuspisteet, rakennekerrosnäytteiden alku- ja loppusyvytykset, maalajien GEO-luokitus, routivuus sekä mahdolliset lisähuomiot. Liitteessä kaksi on esitetty rakennekerrosnäytteiden testiraportit.

Taulukon seitsemän tuloksista nähdään, että rakeisuuden perusteella arvioituna kaikki Porkkalankadulta otetut rakennekerrosnäytteet ovat routimattomia. Molempien pisteiden kantavan kerroksen materiaali oli rakeisuuden perusteella arvioituna soraa. Pisteiden 1014 jakavan kerroksen materiaali oli rakeisuuden perusteella soraista hiekkaa ja pisteen 1015 jakavan kerroksen materiaali hiekkamoreenia. Molemmista pisteistä otetuissa kantavan kerroksen näytteissä oli muutamia pieniä asfaltin paloja seassa. On mahdollista, että nämä asfaltin palat joutuivat materiaalin sekaan katurakennetta avattaessa. Lisäksi pisteestä 1014 otetussa jakavan kerroksen näytteessä oli pieniä oksan tai juuren paloja seassa. Pisteiden 1014 ja 1015 jakavan kerroksen näyte oli selvästi rakennekerroksissa uudelleenkäytettäväksi soveltumaton orgaanisten kappaleiden vuoksi. Pisteiden 1014 ja 1015 jakavan kerroksen näyte ei ollut soveltuva kantavaan tai jakavaan kerrokseen käytettäväksi, sillä sen rakeisuus ei täyttänyt mitään InfraRYL:n kantavan tai jakavan kerroksen rakeisuusluokkaa. Pisteiden 1014 ja 1015 kantavan kerroksen näytteet olivat jakavaan kerrokseen uudelleenkäytettäväksi soveltuvia rakeisuuden perusteella arvioituna. Lisäksi nämä näytteet täyttivät myös InfraRYL:n kantavan kerroksen rakeisuusluokan  $G_A$  0/32 ja olivat rakeisuuden perusteella siten soveltuvia uudelleenkäytettäväksi kadun kantavassa kerroksessa.

Taulukko 7. Yhteenvedotaulukko Porkkalankadun rakennekerrosnäytteiden tuloksista.

| Tutkimuspiste | Alkusyvyys (m) | Loppusyvyys (m) | Maalaji GEO | Routivuus  | Huom.                   |
|---------------|----------------|-----------------|-------------|------------|-------------------------|
| 1014          | 0,15           | 0,30            | Sr          | routimaton | Asf seassa              |
|               | 0,30           | 0,65            | srHk        | routimaton | Oksia tai juuria seassa |
| 1015          | 0,15           | 0,30            | Sr          | routimaton | Asf seassa              |
|               | 0,30           | 0,70            | HkMr        | routimaton |                         |

## 7.4 Tattariharjuntie

Yhteenvedotaulukossa kahdeksan on esitetty Tattariharjuntien pisteistä 1016 ja 1017 otettujen rakennekerrosnäytteiden tulokset. Taulukossa on esitetty tutkimuspisteet, rakennekerrosnäytteiden alku- ja loppusyvyydet, maalajien GEO-luokitus, routivuus sekä mahdolliset lisähuomiot. Liitteessä kaksi on esitetty rakennekerrosnäytteiden testiraportit, joissa on esitetty rakeisuus-käyrät.

Taulukosta kahdeksan nähdään, että kaikki Tattariharjuntieltä otetut rakennekerrosnäytteet olivat routimattomia rakeisuuden perusteella arvioituna. Piste 1016 kantavan ja jakavan kerroksen materiaalien maalajit olivat sorasta hiekkaa. Pisteestä 1017 otetun kantavan kerroksen materiaali oli soraa ja jakavan kerroksen materiaali oli hiekkaista soraa. Jätejakeita ei havaittu maa-ainesten seassa. Piste 1017 rakennekerrosnäyte otettiin jakavan kerroksen yläosasta ja rakennekerroksia kaivinkoneella pois kaivettaessa osa näytteestä saattoi sekoittua kantavan kerroksen maa-ainesten kanssa. Piste 1016 kantavan ja jakavan kerroksen näytteet eivät olleet rakeisuuden perusteella soveltuvia uudelleenkäytettäväksi kadun kantavassa tai jakavassa kerroksessa. Piste 1017 kantavan ja jakavan kerroksen näytteet sen sijaan olivat soveltuvia jakavaan kerrokseen. Rakeisuuden perusteella lisäksi pisteen 1017 kantavan kerroksen näyte täytti InfraRYL:n kantavan kerroksen rakeisuusluokan  $G_A$  0/32 ja olisi rakeisuuden perusteella siten soveltuvaa uudelleenkäytettäväksi kadun kantavassa kerroksessa.

Taulukko 8. Yhteenvedotaulukko Tattariharjuntien rakennekerrosnäytteiden tuloksista.

| Tutkimuspiste | Alkusyvyys (m) | Loppusyvyys (m) | Maalaji GEO | Routivuus  | Huom.                                                        |
|---------------|----------------|-----------------|-------------|------------|--------------------------------------------------------------|
| 1016          | 0,17           | 0,32            | srHk        | routimaton |                                                              |
|               | 0,32           | 1,05            | srHk        | routimaton |                                                              |
| 1017          | -              | -               | Sr          | routimaton |                                                              |
|               | -              | -               | hkSr        | routimaton | Sekoittunut osittain mahdollisesti kantavan kerroksen kanssa |

## 8 Tuloksien analysointi ja johtopäätökset

Työn ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli selvittää, millainen on pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämisen nykytilanne Suomen suurimmissa kaupungeissa ja uudelleenkäytetäänkö näitä maa-aineksia ylipäättään kadun rakennekerroksissa. Työn haastattelututkimuksen tulokset vahvistivat kirjallisuuskatsauksessa esiin noussutta arviota siitä, että pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttäminen kadun rakennekerroksissa on toistaiseksi pienimuotoista Suomen isoimmissa kaupungeissa. Vain noin kolmasosa haastatelluista henkilöistä oli ollut mukana hankkeessa, jossa pois kaivettuja rakennekerroksia on uudelleenkäytetty kadun rakennekerroksissa. Tällä hetkellä pois kaivetut maa-aineet päätyvätkin usein toissijaisiin käyttökohteisiin tai suoraan läjitykseen.

Työn toisena tutkimuskysymyksenä oli selvittää edellytyksiä, haasteita ja esteitä koskien maa-ainesten uudelleenkäyttämistä kadun rakennekerroksissa pääkaupunkiseudulla. Suurimmiksi haasteiksi ilmenivät välivarastointialueiden puuttuminen kohtuullisten ajomatkojen sisällä sekä pois kaivettujen rakennekerrosmateriaalien vaihteleva laatu. Lisäksi uudelleenkäyttämisen ohjeistamisen sekä yhteisten toimintamallien ja käytäntöjen puuttuminen koettiin uudelleenkäyttämistä vaikeuttaviksi tekijöiksi. Haastattelututkimuksen perusteella rakennusalan osapuolet arvioivat, että pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämisen ohjeistaminen edistäisi ja helpottaisi näiden maa-ainesten uudelleenkäyttämistä rakennekerroksissa. Työn pohjalta maa-ainesten uudelleenkäyttämisen ohjeistaminen nähdään ajankohdattaiseksi tulevaisuudessa.

Tämän työn pohjalta nousi esiin muutamia jatkotutkimusaiheita, jotka toisivat lisää tukea mahdollisen ohjeistuksen laatimiseen. Tässä työssä ei arvioitu rakennekerrosten uudelleenkäyttämisen kustannus- tai päästövaikutuksia, joiden tarkasteleminen olisi tärkeää maa-ainesten uudelleenkäyttämisen tarkoituksenmukaisuuden arvioimiseksi. Lisäksi olisi kiinnostavaa selvittää, miten esimerkiksi nykyisen jakavan kerroksen uudelleenkäyttäminen vaikuttaisi hankkeen kustannuksiin, verrattuna siihen, että jakava kerros rakennettaisiin betonimurskeesta.

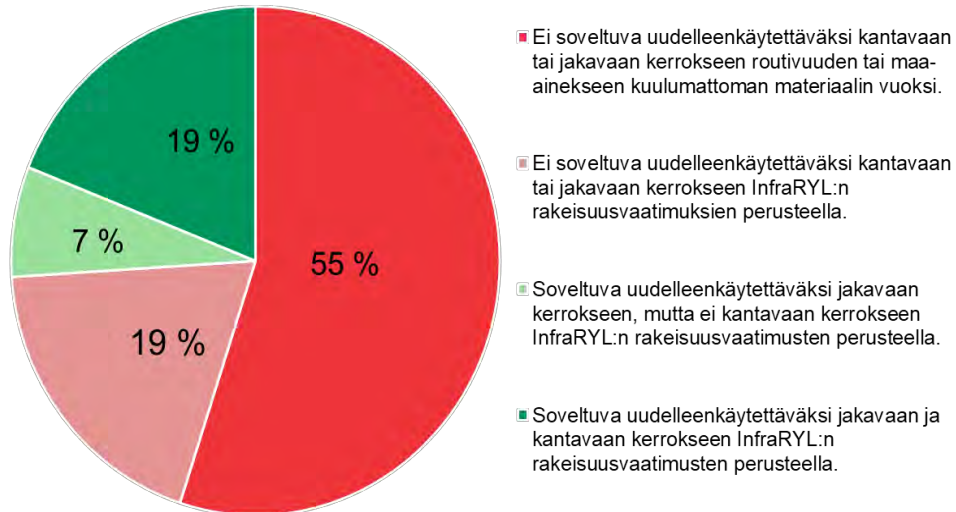
Aiheen ohjeistamisen kannalta olisi hyödyllistä suunnitella ja rakentaa pilottikohde, jonka pohjalta voitaisiin laatia ohjeistus sekä toimintaohjeet rakennekerrosten uudelleenkäyttämistä. Pilottikohde voisi olla esimerkiksi kevyen liikenteen väylä tai katuluokan neljä tai viisi katu. Pilottikohteessa olisi järkevintä hyödyntää uudelleenkäytettyjä rakennekerroksia väylän jakavassa kerroksessa. Pilottikohteessa uudelleenkäytettävät jakavan kerroksen materiaalit voisivat olla samasta kohteesta tai toisesta kohteesta hankittuja.

Kolmantena tutkimuskysymyksenä oli selvittää, kuinka pois kaivetun maa-aineksen uudelleenkäyttäminen olisi tarkoituksenmukaisinta tehdä tilaajan ja urakoitsijan näkökulmasta. Haastattelututkimuksen perusteella maa-ainesten uudelleenkäyttäminen tulisi tehdä kierrätysalueiden kautta, mikäli näitä materiaaleja ei pystytä hyödyntämään välittömästi kohteen sisällä tai toisessa kohteessa. Tällaisten alueiden saatavuudessa on kuitenkin ollut huomattavia vaikeuksia kaupungeissa. Pois kaivettujen maa-ainesten välivarastointi sekä jalostaminen suoraan kohteessa koettiin haastattelututkimuksen perusteella vaikeaksi tilan puutteen sekä jalostamisen asuinympäristölle aiheuttamien häiriötekijöiden, kuten melun ja pölyn vuoksi.

Työn neljäntenä tutkimuskysymyksenä oli selvittää, millaista materiaalia Helsingin katujen ja väylien nykyiset kantavat ja jakavat kerrokset sisältävät. Haastattelututkimuksen ja laboratoriotutkimusten perusteella haasteeksi kadun rakennekerrosten uudelleenkäyttämisen kannalta nousi esiin nykyisten rakennekerrosten, etenkin jakavien kerrosten vaihteleva laatu Helsingin alueella. Laboratoriotutkimuksissa selvisi, että merkittävä osa Helsingin alueella eri kohteista tutkituista nykyisistä rakennekerroksista otetuista rakennekerrosnäytteistä oli routivia. Lisäksi rakennekerroksista pois kaivetun maa-aineksen seassa oli useissa tapauksissa jätettä tai muuta sinne kuulumatonta materiaalia.

Työn laboratoriotutkimuksessa tutkituista rakennekerrosnäytteistä 55 % oli edellä esitettyjen seikkojen vuoksi selvästi soveltumattomia uudelleenkäytettäväksi kadun kantavaan tai jakavaan kerrokseen. Lisäksi 19 % näytteistä ei täyttänyt InfraRYL:ssä asetettuja kantavan tai jakavan kerroksen rakeisuusvaatimuksia. Rakennekerrosnäytteistä 26 % oli soveltuvia uudelleenkäytettäväksi kadun jakavaan kerrokseen rakeisuuden perusteella arvioituna. Lisäksi kaikista näytteistä 19 % täytti myös InfraRYL:n kantavan kerroksen murskeiden rakeisuusvaatimuksen  $G_A$  jollakin raekokojakaumalla. Täten ainoastaan jakavaan kerrokseen soveltuvia rakennekerrosnäytteitä oli 7 % kaikista näytteistä. Kuvassa 22 on esitetty yhteenveto tutkittujen rakennekerrosnäytteiden soveltuvuudesta uudelleenkäytettäväksi kadun kantavaan ja jakavaan kerrokseen.

### Tutkittujen näytteiden soveltuvuus uudelleenkäytettäväksi kantavaan ja jakavaan kerrokseen



Kuva 22. Tutkittujen näytteiden soveltuvuus uudelleenkäytettäväksi kadun kantavaan ja jakavaan kerrokseen.

Tuloksia tarkasteltaessa täytyy muistaa, että 72 % laboratoriotutkimuksen näytteistä oli Kuninkaantammentieltä, jossa rakennekerrosten laatu oli hyvin heikko ja suurin osa näytteistä selvästi soveltumattomia uudelleenkäytettäväksi kadun rakennekerrokseen. Tämä nostaa uudelleenkäytettäväksi soveltumattomien näytteiden osuutta huomattavasti yhteenvedossa. Jos joka kohteesta olisi otettu saman verran näytteitä, olisi rakennekerrokseen uudelleenkäytettäväksi soveltuvien näytteiden määrä ollut todennäköisesti suurempi.

Kantavan kerroksen tapauksessa täytyy muistaa, että InfraRYL:ssä on asetettu sille enemmän vaatimuksia kuin jakavalle kerrokselle, jolloin vaikka materiaali olisi rakeisuuden perusteella soveltuvaa kantavaan kerrokseen uudelleenkäytettäväksi, eivät materiaalille asetetut muut vaatimukset välttämättä kuitenkaan täyty. Tämän vuoksi ainakin aluksi pois kaivettuja rakennekerroksia olisi tarkoituksenmukaista käyttää jakavassa kerroksessa sen pienempien laatuvaatimusten vuoksi.

Rakennekerrokseen selvästi soveltumattomat pois kaivetut maa-ainekset on järkevämpää käyttää kohteen sisällä tai toisessa kohteessa toissijaisesti käyttökohteisiin, kuten erilaisiin täyttöihin. Laboratoriotutkimuksissa kuitenkin selvisi, että useissa tapauksissa pois kaivettu maa-aines oli hyvin lähellä täyttää jakavan kerroksen murskeille InfraRYL:ssä asetetut rakeisuusvaatimukset. Tällaisissa tilanteissa on tarkoituksenmukaista pohtia hankekohtaisesti, voisiko kyseisiä materiaaleja kuitenkin uudelleenkäyttää jakavassa

kerroksessa, etenkin jos rakennuskohde on kevyen liikenteen väylä tai liikennemäärältään pieni katu.

Nykyisten rakennekerrosten vaihtelevan laadun vuoksi laadukkaat ja kattavat lähtötiedot ovat tärkeässä asemassa maa-ainesten uudelleenkäytökeläpoisuuden arvioimisessa. Hankekohtaisesti tulee kuitenkin arvioida, kuinka pitkälle rakennekerrostutkimukset ja nykyisten rakennekerrosten laadun kartoittaminen tulee viedä kustannuksia ajatellen. Lähtötiedot ovat hyvin harvoin täysin aukottomia ja urakan aikana tulee usein yllätyksiä liittyen nykyisten rakennekerrosten materiaalien laatuun. Maa-ainesten uudelleenkäyttäminen tulee sisällyttää kaikkiin suunnitelmadokumentteihin, jotta urakan tarjousvaiheessa urakoitsija osaa ottaa huomioon maa-ainesten uudelleenkäyttämisen tarjousta jättäessään. Tampereen kaupungin käyttämän arviointityökalun hyödyntäminen urakan tarjousvaiheessa vaikuttaisi toimivalta menettelytavalta tuoda kiertotalouskriteerit osaksi urakkaa.

Työssä onnistuttiin tuottamaan kirjallista tutkimusaineistoa toistaiseksi Suomessa hyvin vähän tutkitusta aiheesta aihepiirin mahdollista ohjeistamista ja jatkotutkimusta varten. Työn haastattelututkimuksella sekä kirjallisuuskatsausta täydentävillä asiantuntijahaastatteluilla onnistuttiin keräämään laaja aineisto asiantuntijoiden näkemyksiä ja kokemuksia pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämiseen liittyvistä teemoista.

## Lähteet

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (2016). *Jätekuljetusten valvonnan kehittämishanke*. Viitattu 2.2.2024. <https://www.ely-keskus.fi/varsinais-suomi-jatekuljetusten-valvonnan-kehittamishanke>

Euroopan komissio. (2021). *Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs - Buildings and construction*. Viitattu 30.3.2024. [Buildings and construction - European Commission \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/buildings/)

Hale, S.E., A. J, Roque., Okkenhaug, G., Sørmo, E., Lenoir, T., Carlsson, C., Kupryianchyk, D., Flyhammar, P., Žlender, B. (2021). *The Reuse of Excavated Soils from Construction and Demolition Projects: Limitations and Possibilities*. Sustainability 2021, 13(11), 6083; <https://doi.org/10.3390/su13116083>

Helsingin kaupunki. (2019). *Kaivumaiden, kiviaineksen ja purkumateriaalien hyödyntämisen periaatteet maarakentamisessa*. Viitattu 24.12.2023. [https://www.hel.fi/static/public/hela/Kaupunkiymparistolautakunta/Suomi/Paatos/2019/Kymp\\_2019-09-24\\_Kylk\\_26\\_Pk/F4DA6958-5784-C9DE-8CEA-6D3E2FD00000/Liite.pdf](https://www.hel.fi/static/public/hela/Kaupunkiymparistolautakunta/Suomi/Paatos/2019/Kymp_2019-09-24_Kylk_26_Pk/F4DA6958-5784-C9DE-8CEA-6D3E2FD00000/Liite.pdf)

Helsingin kaupunki. (2021a). *Kaivumaiden ja kiviaineksen käsittelyohje*. Viitattu 24.12.2023. <https://www.hel.fi/static/liitteet/ymk/Kaivuohje.pdf>

Helsingin kaupunki. (2021b). *Katuverkon toiminnallista luokitusta koskevat periaatteet*. Viitattu 21.4.2024. <https://dev.hel.fi/paatokset/asia/hel-2021-010056/kylk-2021-32/>

Helsingin kaupunki. (2024). *Maamassojen ja purkumateriaalien hyödyntäminen maarakentamisessa*. Viitattu 2.1.2024. <https://helsinginilmasto-teot.fi/kaupungin-ilmastotyomaamassojen-ja-purkumateriaalien-hyodyntaminen-maarakentamisessa/>

Hirsjärvi, Sirkka & Hurme, Helena. (2022). *Tutkimushaastattelu: teema-haastattelun teoria ja käytäntö* (2. p). Gaudeamus Oy. ISBN 978-952-345-821-3.

Huhtinen, T., Palolahti, A., Räisänen, M., Torppa, A. (2018). *Kiviaineshuollon kehittäminen*. Ympäristöministeriön raportteja 13/2018. Viitattu 2.1.2024. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4791-3>

Hyvärinen, M., Nikander, P., Ruusuvuori, J., Aho, A. L. (2017). *Tutkimus-haastattelun käsikirja*. Vastapaino. ISBN 978-951-768-611-2.

InfraRYL. (2023). Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennus-tieto Oy. Viitattu 17.12.2023. [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/infra-ryl/2024\\_1/](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/infra-ryl/2024_1/)

Jätelaki 17.6.2011/646. Finlex. [viitattu 3.1.2024]. Saatavissa: [Jätelaki 646/2011 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX ®](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasainen_lainsaadanto/646/2011)

Katu 2020. (2020). *Kadun rakennekerrokset ja materiaalit*. Viitattu 9.12.2023. <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/kadun-rakennekerrokset-ja-materiaalit/>

Korkiala-Tanttu, L., Eskola, P., Juvankoski, M., Kivikoski, H., Kiviniemi, M. (2010). Heikkolaatuisten luonnonmateriaalien hyötykäytön tehostaminen – moreeni tehokkaaseen hyötykäyttöön. *Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa. Tuloksia UUMA-ohjelmasta 2006–2010. Ympäristöministeriön raportteja 12/2010*. [https://www.motiva.fi/files/7913/YM\\_13-2010\\_Uusiomateriaalien\\_kaytto\\_maarakentamisessa\\_Tuloksia\\_UUMA-ohjelmasta\\_2006-2010.pdf](https://www.motiva.fi/files/7913/YM_13-2010_Uusiomateriaalien_kaytto_maarakentamisessa_Tuloksia_UUMA-ohjelmasta_2006-2010.pdf)

Koivuniemi, M. (2013). *Ylijäämämaiden hyötykäyttö ja loppusijoitus suurimmissa kaupungeissa* [Diplomityö, Oulun yliopisto] [https://ygoforum.fi/wp-content/uploads/2020/03/Ylijaamamaiden\\_hyotykaytto\\_loppusijoitus\\_diplomityo\\_Maiju\\_Koivuniemi.pdf](https://ygoforum.fi/wp-content/uploads/2020/03/Ylijaamamaiden_hyotykaytto_loppusijoitus_diplomityo_Maiju_Koivuniemi.pdf)

Lehtimäki, J. (2023). *Jätteellisten maa-ainesten hyödyntäminen* [Diplomityö, Aalto-yliopisto] <https://aaltodoc.aalto.fi/items/a24dc5ae-8af5-4cac-b291-12a6f500d64b>

Lehtinen, H. (2.2.2024). Ympäristötarkastaja. Helsingin kaupunki. Iiro Ristikankareen tekemä haastattelu [muistiinpanotallenne].

Lehtonen, K. (2013). *Maa-ainesten uusiokäyttö kadun rakentamisessa, Tampereen Infran rakentamispalvelut*. [Opinnäytetyö, Hämeen ammatti-korkeakoulu] [Lehtonen\\_Kirsi.pdf \(theseus.fi\)](#)

Leppänen, P. (2021). Tampereen kaupunki. *Yliopistonkadun rakennusurakka* luentomateriaali. Viitattu 30.1.2024.

Leppänen, P. (12.1.2024). Rakennuttajainsinööri. Tampereen kaupunki. Iiro Ristikankareen tekemä haastattelu [videotallenne].

Liikennevirasto. (2018). *Tierakenteen suunnittelu*. Liikenneviraston ohjeita 38/2018. Viitattu 5.6.2024. [lo\\_2018-38\\_tierakenteen\\_suunnittelu\\_web.pdf \(vaylapiivi.fi\)](https://www.vaylapiivi.fi/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf)

Lira, B. (4.3.2024). Johtava infrasuunnittelija. WSP Sweden. Iiro Ristikankareen tekemä haastattelu [muistiinpanotallenne].

Muttuvelu, D. V. (21.2.2024). Tohtorikoulutettava. Aalborgin yliopisto. Iiro Ristikankareen tekemä haastattelu [videotallenne].

Nurmi, A. (2020). *Rakenteesta pois kaivettavien materiaalien uudelleenkäyttö kadun- ja tienrakennuksessa* [Kandidaatintyö, Tampereen yliopisto] <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/121197/NurmiAkseli.pdf?sequence=2>

Oldén, V-P. (12.1.2024). Geotekniikkainsinööri. Tampereen kaupunki. Iiro Ristikankareen tekemä haastattelu [videotallenne].

Suomen standardisoimisliitto. (2013). *Kiviainesten geometrysten ominaisuuksien testaus. Osa 1: Rakeisuuden määrittäminen. Seulontamenetelmä*. (SFS-standardi nro SFS-EN 933-1).

Suomen standardisoimisliitto. (2018). *Sitomattomat kiviainesseokset. Tuotevaatimukset*. (SFS-standardi nro SFS-EN 13285:2018).

Suomen standardisoimisliitto. (2020). *Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation*. (SFS-standardi nro SFS-EN 1097-2:2020:en).

Suomen standardisoimisliitto. (2022). *Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset*. (SFS-standardi nro SFS-EN 13242:2003 + A1:2008/Korjaus:2022).

Sweco. (2023). *Kierrätettävät materiaalit infrarakentamisessa – Tie kohti hiilineutraalia tulevaisuutta*. Viitattu 16.2.2024. [UrbanInsight\\_Report\\_No3\\_221208\\_FI \(sweco.fi\)](https://www.urbaninsight.fi/UrbanInsight_Report_No3_221208_FI (sweco.fi))

Tampereen kaupunki. (2023). Ympäristöasiakirja, Viinikankatu – Ratapihankatu.

Tielaitos. (1993). *Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset – Yleiset perusteet*. Viitattu 7.6.2024. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/133612/tie2052.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vento, M. (2019). *Maamassat laitetaan nyt kiertoon koordinoitusti*. Kuntatekniikka-verkkolehti. Viitattu 30.1.2024. <https://kuntatekniikka.fi/2019/08/20/maamassat-laitetaan-nyt-kiertoon-koordinoidusti/>

WSP. (2022a). Rongankatu. Rakennussuunnitelma.

WSP. (2022b). Sammon valtatie, jalkakäytävä ja pyörätie välillä Linnainmaan VT9 – Hipunkulma. Katu- ja rakennussuunnitelma.

Ympäristöministeriö. (2015). *Kaivetut maa-ainekset – jäteluonne ja käsittely*. Viitattu 2.2.2024. [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/YM\\_Maa-ainesmuistio\\_FINAL\\_03072015-5E488047\\_B25B\\_45E4\\_AAE2\\_6495FBB53B5B-110447.pdf](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/YM_Maa-ainesmuistio_FINAL_03072015-5E488047_B25B_45E4_AAE2_6495FBB53B5B-110447.pdf)

## Liite 1. Haastattelukysymykset

1. Oletteko olleet koskaan osallisena hankkeessa, jossa pois kaivettuja maa-aineksia on uudelleenkäytetty **kadun rakennekerroksissa** korvaamaan neitseellistä kiviainesta?
2. Olisiko pois kaivetun maa-aineksen uudelleenkäyttämisen ohjeistamiselle kysyntää tulevaisuudessa?
3. Millä tavoin tämä ohjeistaminen käytännössä edistäisi maa-aineksen kierrättämistä ja uudelleenkäyttämistä? Mitä ohjeistaminen muuttaisi nykytilanteeseen verrattuna?
4. Miten käytännössä pois kaivetun maa-aineksen soveltuvuus uudelleenkäytettäväksi tulisi tutkia kiireisessä työmaaympäristössä, jossa pois kaivettu materiaali halutaan usein siirtää nopeasti seuraavaan paikkaan?
5. Mikäli pois kaivettu maa-aines ei sellaisenaan olisi soveltuvaa uudelleenkäytettäväksi, olisiko kiviaineksen jalostaminen mahdollista työmaalla? Kuinka kiviaineksen seulominen olisi mahdollista toteuttaa työmaaympäristössä? Mitä vaatimuksia jalostaminen asettaa työmaalle?
6. Millä toimenpiteillä tilaaja pystyisi edistämään pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämistä? Tulisiko tilaajan urakan tarjousvaiheessa käyttää kiertotalouskriteereitä perinteisten laatuvaatimusten ohella hankkeen kilpailuttamisessa?
7. Mitkä toimenpiteet lisäisivät urakoitsijoiden motivaatiota pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämiseen?
8. Väliavarastointipaikkojen heikko saatavuus kaupungeissa on ilmennyt ongelmaksi pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenhyödyntämisessä. Onko työmailla ilmennyt muita logistisia haasteita tai ongelmia liittyen pois kaivettujen maa-ainesten uudelleenkäyttämiseen?
9. Pois kaivettuja maa-aineksia uudelleenkäytettäessä on riski, että uudelleenkäytettävä materiaali ei olekaan rakennekerrokseen laadultaan soveltuvaa, etenkin jos pois kaivettavat rakennekerrokset ovat vanhoja. Tilaajan täytyy tällöin luottaa, että urakoitsija huolehtii maa-aineksen laatuvaatimuksista. Kuinka tilaaja pystyy varmistumaan siitä, että myös tällaisilla materiaaleilla rakennettaessa katurakenne täyttää sille asetetut laatuvaatimukset?

## Liite 2

|           |                                |                            |                   |           |                            |           |
|-----------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| <b>A!</b> | Aalto-yliopisto                | Sivu <b>1</b> ( <b>2</b> ) | Käsittelijä _____ | IRI _____ | pvm _____                  | 13.6.2024 |
|           | Insinööritieteiden korkeakoulu |                            | KUIVASELONTA      |           | Työ N:o _____<br>13.6.2024 |           |

|                                        |  |  |                                |  |  |
|----------------------------------------|--|--|--------------------------------|--|--|
| Näytteenottoaikka: Katajanokka         |  |  | Piste, paalu: 1012             |  |  |
| Tutkimus: jakava kerros, kuivaseulonta |  |  | Käsittelijä: Iiro Ristikankare |  |  |
| Putki N:o _____                        |  |  | Syvyys: 0,23-0,53 m            |  |  |

| SEULONTA   |                        |          |                |         |          |
|------------|------------------------|----------|----------------|---------|----------|
| Astia, g   | Astia + kuiva näyte, g |          | Kuiva näyte, g |         |          |
| -          | -                      |          | 4622,1         |         |          |
| Seula      | Seulalle jäi           |          | Kumulatiivinen | Läpäisy |          |
| mm         | g                      | %        | %              | g       | %        |
| 64         | 0                      | 0,00 %   | 0,00 %         | 4616,3  | 100,00 % |
| 32         | 633                    | 13,71 %  | 13,71 %        | 3983,3  | 86,29 %  |
| 16         | 287,2                  | 6,22 %   | 19,93 %        | 3696,1  | 80,07 %  |
| 8          | 379,8                  | 8,23 %   | 28,16 %        | 3316,3  | 71,84 %  |
| 4          | 356                    | 7,71 %   | 35,87 %        | 2960,3  | 64,13 %  |
| 2          | 300,4                  | 6,51 %   | 42,38 %        | 2659,9  | 57,62 %  |
| 1          | 293,4                  | 6,36 %   | 48,74 %        | 2366,5  | 51,26 %  |
| 0,5        | 375,4                  | 8,13 %   | 56,87 %        | 1991,1  | 43,13 %  |
| 0,25       | 611,4                  | 13,24 %  | 70,11 %        | 1379,7  | 29,89 %  |
| 0,125      | 569,7                  | 12,34 %  | 82,45 %        | 810     | 17,55 %  |
| 0,063      | 253                    | 5,48 %   | 87,93 %        | 557     | 12,07 %  |
| Pohja+pesu | 557                    | 12,07 %  | 100,00 %       | 0       | 0,00 %   |
| Summa:     | 4616,3                 | 100,00 % |                |         |          |

|         |        |        |      |    |
|---------|--------|--------|------|----|
| D85     | D60    | D50    | D10  | Cu |
| 28,7 mm | 2,7 mm | 0,9 mm | 0 mm |    |

HUOM
SEULONNASSA KÄYTETTIIN YLLÄ OLEVIEN SEULOJEN LISÄKSI MYÖS SEULOJA 12,5, 11,2 JA 5,6.



|               |                      |
|---------------|----------------------|
| KUIVASEULONTA | Työ N:o<br>12.6.2024 |
|---------------|----------------------|

Näytteenottopaikka: Katajanokka Piste, paalu: 1013

Tutkimus: jakava kerros, kuivaseulonta Käsittelijä: Iiro Ristikankare

Putki N:o \_\_\_\_\_ Syvyys: 0,10-0,39 m

## SEULONTA

| Astia, g   |              | Astia + kuiva näyte, g |                | Kuiva näyte, g |          |
|------------|--------------|------------------------|----------------|----------------|----------|
| -          |              | -                      |                | 4160,5         |          |
| Seula      | Seulalle jäi |                        | Kumulatiivinen | Läpäisy        |          |
| mm         | g            | %                      | %              | g              | %        |
| 64         | 0            | 0,00 %                 | 0,00 %         | 4160,5         | 100,00 % |
| 32         | 247,3        | 5,94 %                 | 5,94 %         | 3913,2         | 94,06 %  |
| 16         | 177          | 4,25 %                 | 10,20 %        | 3736,2         | 89,80 %  |
| 8          | 238,8        | 5,74 %                 | 15,94 %        | 3497,4         | 84,06 %  |
| 4          | 293,3        | 7,05 %                 | 22,99 %        | 3204,1         | 77,01 %  |
| 2          | 360,2        | 8,66 %                 | 31,65 %        | 2843,9         | 68,35 %  |
| 1          | 481,2        | 11,57 %                | 43,21 %        | 2362,7         | 56,79 %  |
| 0,5        | 702          | 16,87 %                | 60,08 %        | 1660,7         | 39,92 %  |
| 0,25       | 792,6        | 19,05 %                | 79,13 %        | 868,1          | 20,87 %  |
| 0,125      | 549,6        | 13,21 %                | 92,34 %        | 318,5          | 7,66 %   |
| 0,063      | 186,6        | 4,49 %                 | 96,83 %        | 131,9          | 3,17 %   |
| Pohja+pesu | 131,9        | 3,17 %                 | 100,00 %       | 0              | 0,00 %   |
| Summa:     | 4160,5       | 100,00 %               |                |                |          |

|        |        |        |        |    |
|--------|--------|--------|--------|----|
| D85    | D60    | D50    | D10    | Cu |
| 9,3 mm | 1,3 mm | 0,8 mm | 0,1 mm |    |

SEULONNASSA KÄYTETTIIN YLLÄ OLEVIENTE SEULOJA LISÄKSI MYÖS SEULOJA 12,5, 11,2 JA 5,6.



---

Piste, paalu: 1014

Käsittelijä: Iiro Ristikankare

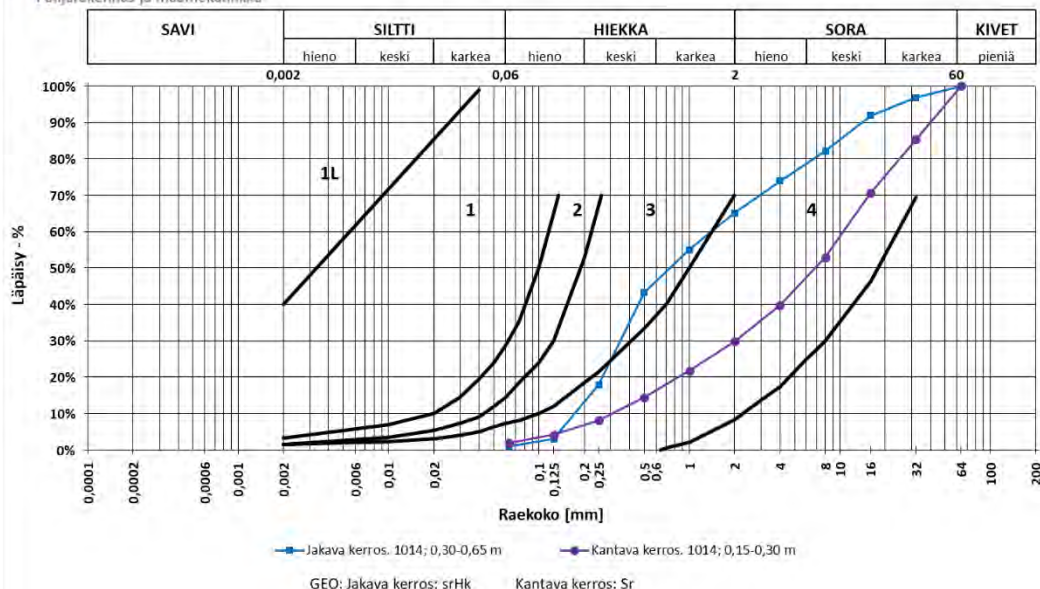
Syvyys: 0,30-0,65 m

## SEULONTA

| Astia, g        |              | Astia + kuiva näyte, g |                         | Kuiva näyte, g |          |
|-----------------|--------------|------------------------|-------------------------|----------------|----------|
| -               |              | -                      |                         | 5057,9         |          |
| Seula<br><br>mm | Seulalle jäi |                        | Kumulatiivinen<br><br>% | Läpäisy        |          |
|                 | g            | %                      |                         | g              | %        |
| 64              | 0            | 0,00 %                 | 0,00 %                  | 5055,5         | 100,00 % |
| 32              | 157,9        | 3,12 %                 | 3,12 %                  | 4897,6         | 96,88 %  |
| 16              | 253,4        | 5,01 %                 | 8,14 %                  | 4644,2         | 91,86 %  |
| 8               | 491,5        | 9,72 %                 | 17,86 %                 | 4152,7         | 82,14 %  |
| 4               | 416,8        | 8,24 %                 | 26,10 %                 | 3735,9         | 73,90 %  |
| 2               | 442,1        | 8,74 %                 | 34,85 %                 | 3293,8         | 65,15 %  |
| 1               | 509,1        | 10,07 %                | 44,92 %                 | 2784,7         | 55,08 %  |
| 0,5             | 600,3        | 11,87 %                | 56,79 %                 | 2184,4         | 43,21 %  |
| 0,25            | 1281,3       | 25,34 %                | 82,14 %                 | 903,1          | 17,86 %  |
| 0,125           | 750,8        | 14,85 %                | 96,99 %                 | 152,3          | 3,01 %   |
| 0,063           | 104,1        | 2,06 %                 | 99,05 %                 | 48,2           | 0,95 %   |
| Pohja+pesu      | 48,2         | 0,95 %                 | 100,00 %                | 0              | 0,00 %   |
| Summa:          | 5055,5       | 100,00 %               |                         |                |          |

|         |        |        |        |    |
|---------|--------|--------|--------|----|
| D85     | D60    | D50    | D10    | Cu |
| 10,4 mm | 1,5 mm | 0,8 mm | 0,2 mm |    |

SEULONNASSA KÄYTETTIIN YLLÄ OLEVIENT SEULOJEN LISÄKSI MYÖS SEULOJA 12,5, 11,2 JA 5,6.



Piste, paalu: 1015

Käsittelijä: Iiro Ristikankare

Syvyys: 0,30-0,70 m

## SEULONTA

| Astia, g   |              | Astia + kuiva näyte, g |                | Kuiva näyte, g |          |
|------------|--------------|------------------------|----------------|----------------|----------|
| -          |              | -                      |                | 3720,3         |          |
| Seula      | Seulalle jäi |                        | Kumulatiivinen | Läpäisy        |          |
| mm         | g            | %                      | %              | g              | %        |
| 64         | 0            | 0,00 %                 | 0,00 %         | 3717,5         | 100,00 % |
| 32         | 100,1        | 2,69 %                 | 2,69 %         | 3617,4         | 97,31 %  |
| 16         | 164,5        | 4,43 %                 | 7,12 %         | 3452,9         | 92,88 %  |
| 8          | 116,4        | 3,13 %                 | 10,25 %        | 3336,5         | 89,75 %  |
| 4          | 85,5         | 2,30 %                 | 12,55 %        | 3251           | 87,45 %  |
| 2          | 107,8        | 2,90 %                 | 15,45 %        | 3143,2         | 84,55 %  |
| 1          | 159,4        | 4,29 %                 | 19,74 %        | 2983,8         | 80,26 %  |
| 0,5        | 242,6        | 6,53 %                 | 26,26 %        | 2741,2         | 73,74 %  |
| 0,25       | 928,5        | 24,98 %                | 51,24 %        | 1812,7         | 48,76 %  |
| 0,125      | 1240,8       | 33,38 %                | 84,62 %        | 571,9          | 15,38 %  |
| 0,063      | 385,9        | 10,38 %                | 95,00 %        | 186            | 5,00 %   |
| Pohja+pesu | 186          | 5,00 %                 | 100,00 %       | 0              | 0,00 %   |
| Summa:     | 3717,5       | 100,00 %               |                |                |          |

|        |        |        |        |    |
|--------|--------|--------|--------|----|
| D85    | D60    | D50    | D10    | Cu |
| 2,3 mm | 0,4 mm | 0,3 mm | 0,1 mm |    |

SEULONNASSA KÄYTETTIIN YLLÄ OLEVIENT SEULOJEN LISÄKSI MYÖS SEULOJA 12,5, 11,2 JA 5,6.



|           |                                                             |                            |                   |                      |           |                                |
|-----------|-------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|-----------|--------------------------------|
| <b>A!</b> | <b>Aalto-yliopisto</b><br>Insinööritieteiden<br>korkeakoulu | Sivu <b>1</b> ( <b>2</b> ) | Käsittelijä _____ | Iiri _____           | pvm _____ | 19.7.2024                      |
|           |                                                             |                            |                   | <b>KUIVASEULONTA</b> |           | Työ N:o _____<br><br>19.7.2024 |

Pohjarakennus ja maamekaniikka

---

|                                               |                                       |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Näytteenottopaikka: <u>Tattariharjuntie</u>   | Piste, paalu: <u>1016</u>             |
| Tutkimus: <u>jakava kerros, kuivaseulonta</u> | Käsittelijä: <u>Iiro Ristikankare</u> |
| Putki N:o _____                               | Syvyyss: <u>0,32-1,05 m</u>           |

### SEULONTA

| Astia, g | Astia + kuiva näyte, g | Kuiva näyte, g |  |  |  |
|----------|------------------------|----------------|--|--|--|
| -        | -                      | 3482,8         |  |  |  |

| Seula      | Seulalle jäi |          | Kumulatiivinen | Läpäisy |          |
|------------|--------------|----------|----------------|---------|----------|
|            | g            | %        |                | g       | %        |
| mm         |              |          | %              |         |          |
| 64         | 0            | 0,00 %   | 0,00 %         | 3480    | 100,00 % |
| 32         | 0            | 0,00 %   | 0,00 %         | 3480    | 100,00 % |
| 16         | 88,8         | 2,55 %   | 2,55 %         | 3391,2  | 97,45 %  |
| 8          | 300,4        | 8,63 %   | 11,18 %        | 3090,8  | 88,82 %  |
| 4          | 443,2        | 12,74 %  | 23,92 %        | 2647,6  | 76,08 %  |
| 2          | 580,6        | 16,68 %  | 40,60 %        | 2067    | 59,40 %  |
| 1          | 753,1        | 21,64 %  | 62,24 %        | 1313,9  | 37,76 %  |
| 0,5        | 736,4        | 21,16 %  | 83,41 %        | 577,5   | 16,59 %  |
| 0,25       | 322,5        | 9,27 %   | 92,67 %        | 255     | 7,33 %   |
| 0,125      | 144,9        | 4,16 %   | 96,84 %        | 110,1   | 3,16 %   |
| 0,063      | 63,6         | 1,83 %   | 98,66 %        | 46,5    | 1,34 %   |
| Pohja+pesu | 46,5         | 1,34 %   | 100,00 %       | 0       | 0,00 %   |
| Summa:     | 3480         | 100,00 % |                |         |          |

|        |        |        |        |    |
|--------|--------|--------|--------|----|
| D85    | D60    | D50    | D10    | Cu |
| 6,8 mm | 2,1 mm | 1,6 mm | 0,3 mm |    |

HUOM Seulonnessa käytettiin yllä olevien seulojen lisäksi myös seuloja 12,5, 11,2 JA 5,6.

## Liite 2

**Aalto-yliopisto**  
Insinööritieteiden korkeakoulu  
Pohjarakennus ja maamekaniikka

Sivu 2 (2) Käsittelijä IRI pvm 19.7.2024

KUIVASEULONTA Työ N:o 19.7.2024

Näytteenottoaikka: Tattariharjuntie Piste, paalu: 1016  
 Tutkimus: kantava kerros, kuivaseulonta Käsittelijä: Iiro Ristikankare  
 Putki N:o Syvyys: 0,17-0,32 m

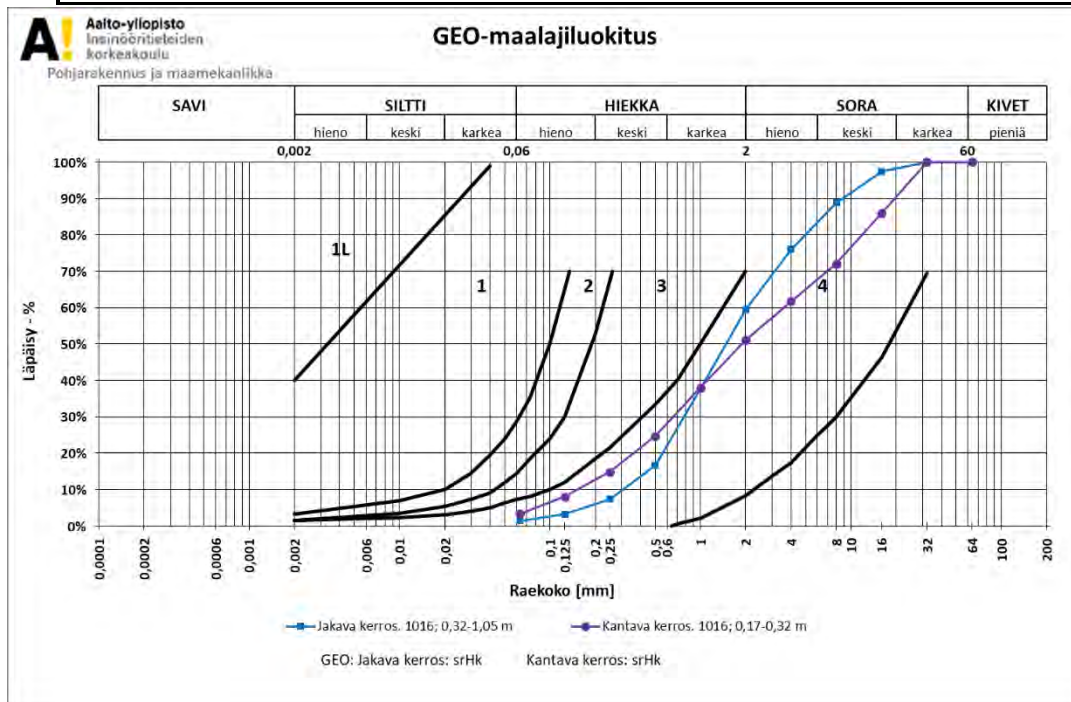
**SEULONTA**

| Astia, g | Astia + kuiva näyte, g | Kuiva näyte, g |
|----------|------------------------|----------------|
| -        | -                      | 3584,5         |

| Seula<br>mm | Seulalle jäi |          | Kumulatiivinen<br>% | Läpäisy |          |
|-------------|--------------|----------|---------------------|---------|----------|
|             | g            | %        |                     | g       | %        |
| 64          | 0            | 0,00 %   | 0,00 %              | 3583,7  | 100,00 % |
| 32          | 0            | 0,00 %   | 0,00 %              | 3583,7  | 100,00 % |
| 16          | 501,5        | 13,99 %  | 13,99 %             | 3082,2  | 86,01 %  |
| 8           | 499,4        | 13,94 %  | 27,93 %             | 2582,8  | 72,07 %  |
| 4           | 370,7        | 10,34 %  | 38,27 %             | 2212,1  | 61,73 %  |
| 2           | 381          | 10,63 %  | 48,90 %             | 1831,1  | 51,10 %  |
| 1           | 469,9        | 13,11 %  | 62,02 %             | 1361,2  | 37,98 %  |
| 0,5         | 477,9        | 13,34 %  | 75,35 %             | 883,3   | 24,65 %  |
| 0,25        | 353          | 9,85 %   | 85,20 %             | 530,3   | 14,80 %  |
| 0,125       | 242,3        | 6,76 %   | 91,96 %             | 288     | 8,04 %   |
| 0,063       | 170,3        | 4,75 %   | 96,72 %             | 117,7   | 3,28 %   |
| Pohja+pesu  | 117,7        | 3,28 %   | 100,00 %            | 0       | 0,00 %   |
| Summa:      | 3583,7       | 100,00 % |                     |         |          |

| D85     | D60    | D50    | D10    | Cu |
|---------|--------|--------|--------|----|
| 15,4 mm | 3,7 mm | 1,9 mm | 0,2 mm |    |

HUOM SEULONASSA KÄYTETTIIN YLLÄ OLEVIEN SEULOJEN LISÄKSI MYÖS SEULOJA 12,5, 11,2 JA 5,6.



Liite 2

Aalto-yliopisto

Insinööri-  
tieteiden  
korkeakoulu

Pohjarakennus ja maamekaniikka

Sivu1 ( 2 )

KäsittelijäIRI

pvm19.7.2024

KUIVASEULONTA

Työ N:o19.7.2024

Näytteenottoaikka: Tattariharjuntie

Piste, paalu: 1017

Tutkimus: jakava kerros, kuivaseulonta

Käsittelijä: Iiro Ristikankare

Putki N:o

Syvyys: Otettu kasasta

SEULONTA

| Astia, g   | Astia + kuiva näyte, g |          | Kuiva näyte, g |         |          |
|------------|------------------------|----------|----------------|---------|----------|
| -          | -                      |          | 3848,2         |         |          |
| Seula      | Seulalle jäi           |          | Kumulatiivinen | Läpäisy |          |
| mm         | g                      | %        | %              | g       | %        |
| 64         | 0                      | 0,00 %   | 0,00 %         | 3847    | 100,00 % |
| 32         | 478,1                  | 12,43 %  | 12,43 %        | 3368,9  | 87,57 %  |
| 16         | 705,1                  | 18,33 %  | 30,76 %        | 2663,8  | 69,24 %  |
| 8          | 518,6                  | 13,48 %  | 44,24 %        | 2145,2  | 55,76 %  |
| 4          | 352,3                  | 9,16 %   | 53,39 %        | 1792,9  | 46,61 %  |
| 2          | 232,9                  | 6,05 %   | 59,45 %        | 1560    | 40,55 %  |
| 1          | 217,9                  | 5,66 %   | 65,11 %        | 1342,1  | 34,89 %  |
| 0,5        | 329,9                  | 8,58 %   | 73,69 %        | 1012,2  | 26,31 %  |
| 0,25       | 407,3                  | 10,59 %  | 84,28 %        | 604,9   | 15,72 %  |
| 0,125      | 271,1                  | 7,05 %   | 91,32 %        | 333,8   | 8,68 %   |
| 0,063      | 163,8                  | 4,26 %   | 95,58 %        | 170     | 4,42 %   |
| Pohja+pesu | 170                    | 4,42 %   | 100,00 %       | 0       | 0,00 %   |
| Summa:     | 3847                   | 100,00 % |                |         |          |

| D85     | D60     | D50    | D10    | Cu |
|---------|---------|--------|--------|----|
| 29,8 mm | 10,5 mm | 5,5 mm | 0,1 mm |    |

HUOM

SEULONASSA KÄYTETTIIN YLLÄ OLEVIENTEULOJEN LISÄKSI MYÖS SEULOJA 12,5, 11,2 JA 5,6.



# Liite 3. Maanäytteiden tutkimusilmoitukset

**STARA**  
HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU  
HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST

KTR / Katu- ja maalaboratorio

**Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024**

Projekti / SAP

21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506

Koord.järjestelmä

ETRS-GK25

Huomiot

Kohde

KUNINKAANTAMMENTIE

Kork.järjestelmä

N2000

Piste

1001

Koord. N

6683427,469

Suunnittelija

EK / E. Kaamasaaari

Koord. E

25493663,713

Näytteenottaja

KONSULTTI: Tarastes Oy

Koord. Z

35,479

Tutkijat

H. Pinola, R. Hammar

Koord. Z vp.

| Astia | Alkusyvä.<br>[m] | Loppusyvä.<br>[m] | Näytteenotin | H3H1 | St | Sk<br>[kPa] | F<br>[%] | γw<br>[kN/m³] | γd<br>[kN/m³] | e | w<br>[%] | Maalaji GEO | Maalaji ISO | Maalaji<br>epävirat | Huom.           |
|-------|------------------|-------------------|--------------|------|----|-------------|----------|---------------|---------------|---|----------|-------------|-------------|---------------------|-----------------|
|       | 0,13             | 0,28              | R            |      |    |             |          |               |               |   | 1,7      | SrTä        | Gr ¹        |                     | Asf seassa      |
|       | 0,28             | 0,90              | R            |      |    |             |          |               |               |   | 2,3      | SrTä        | saGr ¹      |                     |                 |
|       | 0,90             | 1,20              | R            |      |    |             |          |               |               |   | 12,9     | Hk          |             |                     | Sr+Si<br>seassa |

Tulostettu: 26.2.2024 9:08:39  
Ohjelminä: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1001

¹ Määritetty rakennuskuukaudin perusteella.

Sivu: 1/2

**STARA**  
HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU  
HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST

KTR / Katu- ja maalaboratorio

**Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024**

Projekti / SAP

21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506

Alkusyvyys

0,13

Loppusyvyys

0,28

Maalaji GEO

SrTä

Maalaji ISO

Gr ¹

Routivuus

routimaton ¹

Käyrän tyyppi

-----

Kohde

KUNINKAANTAMMENTIE

0,13

0,28

SrTä

Gr ¹

routimaton ¹

-----

Piste

1001

0,28

0,90

SrTä

saGr ¹

routimaton ¹

-----

Suunnittelija

EK / E. Kaamasaaari

Näytteenottaja

KONSULTTI: Tarastes Oy

Tutkijat

H. Pinola, R. Hammar

Savi

Siili

Hiekka

Sora

100 %

90 %

80 %

70 %

60 %

50 %

40 %

30 %

20 %

10 %

0 %

0,0006

0,002

0,006

0,02

0,06

0,125

0,2

0,5

2

6

20

60

Raekoko [mm]

Läpäisy [%]

Tulostettu: 26.2.2024 9:08:39  
Ohjelminä: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1001

¹ Määritetty rakennuskuukaudin perusteella.

Sivu: 2/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |                   |              |         |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|---------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Koord.järjestelmä | ETRS-GK25    | Huomiot |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | Korkjärjestelmä   | N2000        |         |
| Piste          | 1002                                      | Koord. N          | 6683493,085  |         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaamasari                         | Koord. E          | 25493743,566 |         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    | Koord. Z          | 34,649       |         |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      | Koord. Z vp.      |              |         |

| Astia | Alkusyvä.<br>[m] | Loppusyvä.<br>[m] | Näytteenotin | H3H1 | St | S <sub>k</sub><br>[kPa] | F<br>[%] | yw<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | yd<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | e | w<br>[%] | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Maalaji<br>epäviral. | Huom.               |
|-------|------------------|-------------------|--------------|------|----|-------------------------|----------|----------------------------|----------------------------|---|----------|-------------|-------------------|----------------------|---------------------|
|       | 0,13             | 0,53              | R            |      |    |                         |          |                            |                            |   | 2,1      | S/Tä        | saGr <sup>1</sup> |                      | Asf-levyä<br>seassa |
|       | 0,53             | 1,10              | R            |      |    |                         |          |                            |                            |   | 10,7     | Hk          |                   |                      | Si seassa           |

Tulostettu: 26.2.2024 9:07:08  
Ohjelmaa: GeoCenter 1.0.8558  
Tiedostonimi: 21004\_1002

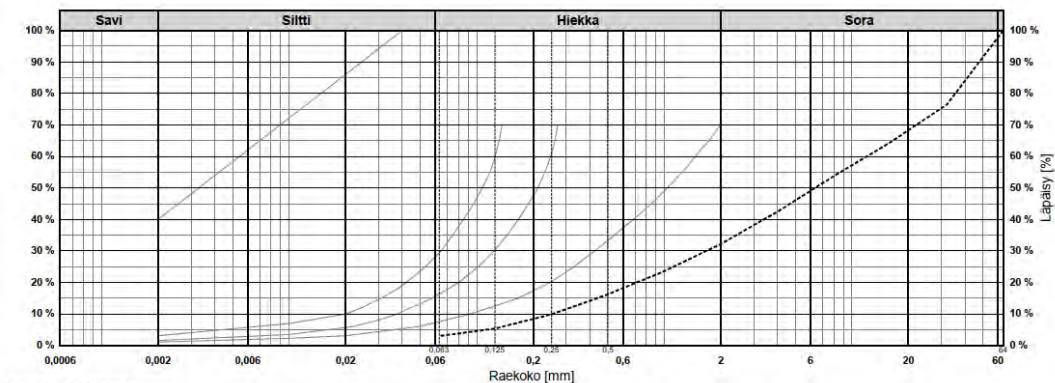
<sup>1</sup> Määritetty rakennuskaikyn perusteella.

Sivu: 1/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |            |             |             |                   |                         |               |
|----------------|-------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Alkusyvyys | Loppusyvyys | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Routivuus               | Käyrän tyyppi |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | 0,13       | 0,53        | S/Tä        | saGr <sup>1</sup> | routimaton <sup>1</sup> | -----         |
| Piste          | 1002                                      |            |             |             |                   |                         |               |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaamasari                         |            |             |             |                   |                         |               |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    |            |             |             |                   |                         |               |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      |            |             |             |                   |                         |               |

<sup>1</sup> Määritetty rakennuskaikyn perusteella.



Tulostettu: 26.2.2024 9:07:08  
Ohjelmaa: GeoCenter 1.0.8558  
Tiedostonimi: 21004\_1002

Sivu: 2/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |                   |              |         |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|---------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Koord.järjestelmä | ETRS-GK25    | Huomiot |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | Korkjärjestelmä   | N2000        |         |
| Piste          | 1003                                      | Koord. N          | 6683553,768  |         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaarnasaari                       | Koord. E          | 25493816,479 |         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    | Koord. Z          | 33,964       |         |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      | Koord. Z vp.      |              |         |

| Astia | Alkuv. [m] | Loppuv. [m] | Näytteenotin | H3/H1 | St | Sk [kPa] | F [%] | Vw [kN/m <sup>3</sup> ] | yd [kN/m <sup>3</sup> ] | e | w [%] | Maalaji GEO     | Maalaji ISO       | Maalaji epäviral. | Huom.              |
|-------|------------|-------------|--------------|-------|----|----------|-------|-------------------------|-------------------------|---|-------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|       | 0,15       | 0,35        | R            |       |    |          |       |                         |                         |   | 2,6   | srHkTa          | grSa <sup>1</sup> |                   | Asf seassa         |
|       | 0,35       | 0,65        | R            |       |    |          |       |                         |                         |   | 4,4   | HkTa            | grSa <sup>1</sup> |                   |                    |
|       | 0,65       | 0,75        | R            |       |    |          |       |                         |                         |   | 17,9  | HkTa            | Sa <sup>1</sup>   |                   | huik. hiltä seassa |
|       | 0,75       | 1,20        | R            |       |    |          |       |                         |                         |   | 11,2  | Hk <sup>1</sup> | Sa <sup>1</sup>   |                   | Tä?                |

Tulostettu: 26.2.2024 9:07:15  
Ohjelmisto: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1003

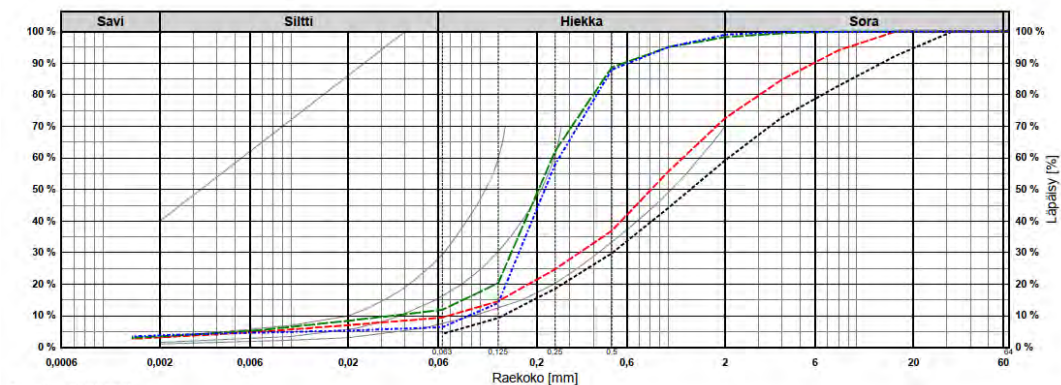
<sup>1</sup> Määritetty rakennuskuokien perusteella.

Sivu: 1/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |          |           |                 |                   |                         |               |
|----------------|-------------------------------------------|----------|-----------|-----------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Alkuvuus | Loppuvuus | Maalaji GEO     | Maalaji ISO       | Routavuus               | Käyrän tyyppi |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | 0,15     | 0,35      | srHkTa          | grSa <sup>1</sup> | routimaton <sup>1</sup> | -----         |
| Piste          | 1003                                      | 0,35     | 0,65      | HkTa            | grSa <sup>1</sup> | routiva <sup>1</sup>    | -----         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaarnasaari                       | 0,65     | 0,75      | HkTa            | Sa <sup>1</sup>   | routiva <sup>1</sup>    | -----         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    | 0,75     | 1,20      | Hk <sup>1</sup> | Sa <sup>1</sup>   | routiva <sup>1</sup>    | -----         |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      |          |           |                 |                   |                         | -----         |

<sup>1</sup> Määritetty rakennuskuokien perusteella.



Tulostettu: 26.2.2024 9:07:15  
Ohjelmisto: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1003

Sivu: 2/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |                   |              |         |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|---------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Koord.järjestelmä | ETRS-GK25    | Huomiot |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | Korkjärjestelmä   | NZ000        |         |
| Piste          | 1004                                      | Koord. N          | 6683604,899  |         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaarnasaari                       | Koord. E          | 25493912,385 |         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    | Koord. Z          | 32,163       |         |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      | Koord. Z vp.      |              |         |

| Astia | Alkuv. [m] | Loppuv. [m] | Näytteenotin | H3/H1 | St | Sk [kPa] | F [%] | γw [kN/m³] | γd [kN/m³] | e | w [%] | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Maalaji epävir. | Huom.        |
|-------|------------|-------------|--------------|-------|----|----------|-------|------------|------------|---|-------|-------------|-------------------|-----------------|--------------|
|       | 0,15       | 0,35        | R            |       |    |          |       |            |            |   | 3,3   | srHkTä      | grSa <sup>1</sup> |                 | Asf seassa   |
|       | 0,35       | 0,75        | R            |       |    |          |       |            |            |   | 1,0   | SrTä        | Gr <sup>1</sup>   |                 |              |
|       | 0,75       | 0,95        | R            |       |    |          |       |            |            |   | 32,8  | huHk        |                   |                 | Si+Sr seassa |
|       | 0,95       | 1,30        | R            |       |    |          |       |            |            |   | 25,4  | Hk          |                   |                 | Hu+Si seassa |

Tulostettu: 26.2.2024 9:07:21  
Ohjelmaa: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1004

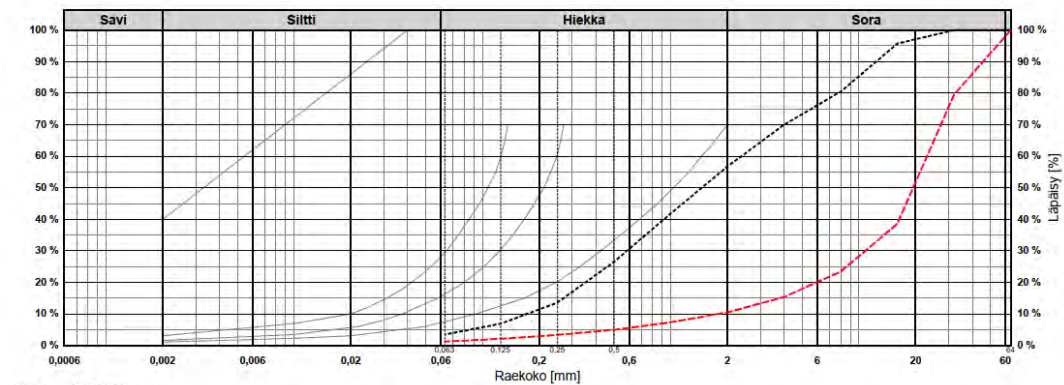
<sup>1</sup> Määritetty rakennuskaikyrin perusteella.

Sivu: 1/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |            |             |             |                   |                         |               |
|----------------|-------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Alkuvyvyys | Loppuvyvyys | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Routivuus               | Käyrin tyyppi |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | 0,15       | 0,35        | srHkTä      | grSa <sup>1</sup> | routimaton <sup>1</sup> | -----         |
| Piste          | 1004                                      | 0,35       | 0,75        | SrTä        | Gr <sup>1</sup>   | routimaton <sup>1</sup> | -----         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaarnasaari                       |            |             |             |                   |                         |               |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    |            |             |             |                   |                         |               |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      |            |             |             |                   |                         |               |

<sup>1</sup> Määritetty rakennuskaikyrin perusteella.



Tulostettu: 26.2.2024 9:07:21  
Ohjelmaa: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1004

Sivu: 2/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |                   |              |         |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|---------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Koord.järjestelmä | ETRS-GK25    | Huomiot |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | Korkjärjestelmä   | N2000        |         |
| Piste          | 1005                                      | Koord. N          | 6683631,715  |         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaamasari                         | Koord. E          | 25494000,085 |         |
| Näyteenottaja  | KONSULTTI: Taratest Oy                    | Koord. Z          | 30,885       |         |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      | Koord. Z vp.      |              |         |

| Astia | Alkuv. [m] | Loppuv. [m] | Näyteenotin | H3/H1 | St | Sk [kPa] | F [%] | γw [kN/m³] | γd [kN/m³] | e | w [%] | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Maalaji epäviral. | Huom.                  |
|-------|------------|-------------|-------------|-------|----|----------|-------|------------|------------|---|-------|-------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|       | 0,13       | 0,23        | R           |       |    |          |       |            |            |   | 3,5   | srHkTa      | grSa <sup>1</sup> |                   | Asf seassa             |
|       | 0,23       | 0,93        | R           |       |    |          |       |            |            |   | 4,9   | SrTa        | saGr <sup>1</sup> |                   | Asf seassa             |
|       | 0,93       | 1,20        | R           |       |    |          |       |            |            |   | 22,1  | saSi        |                   |                   | Hkeraita saost. seassa |

Tulostettu 26.2.2024 9:07:27  
Ohjelmaa GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi 21004\_1005

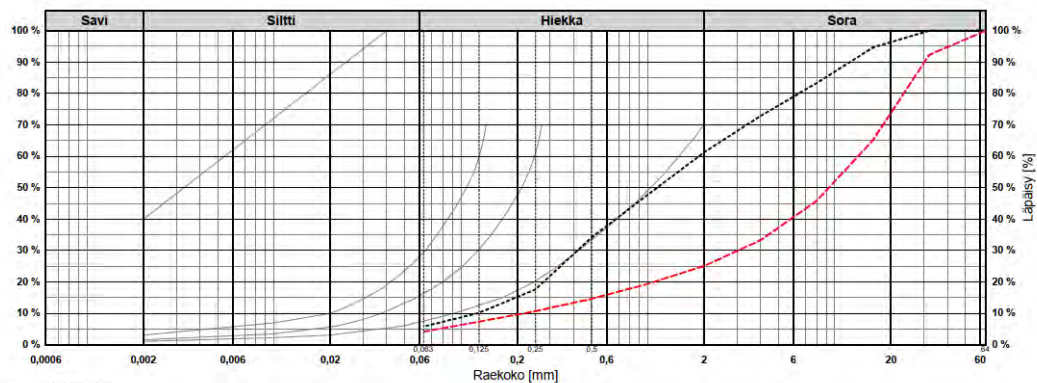
<sup>1</sup> Määritetty rakennevaakkyrjän perusteella.

Sivu: 1/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |            |             |             |                   |                         |               |
|----------------|-------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Alkuvyvyys | Loppuvyvyys | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Routivuus               | Käyrän tyyppi |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | 0,13       | 0,23        | srHkTa      | grSa <sup>1</sup> | routimaton <sup>1</sup> | -----         |
| Piste          | 1005                                      | 0,23       | 0,93        | SrTa        | saGr <sup>1</sup> | routimaton <sup>1</sup> | -----         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaamasari                         |            |             |             |                   |                         |               |
| Näyteenottaja  | KONSULTTI: Taratest Oy                    |            |             |             |                   |                         |               |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      |            |             |             |                   |                         |               |

<sup>1</sup> Määritetty rakennevaakkyrjän perusteella.



Tulostettu 26.2.2024 9:07:27  
Ohjelmaa GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi 21004\_1005

Sivu: 2/2

Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |                   |              |         |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|---------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Koord.järjestelmä | ETRS-GK25    | Huomiot |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | Korkjärjestelmä   | N2000        |         |
| Piste          | 1006                                      | Koord. N          | 6683656,421  |         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaarnasaari                       | Koord. E          | 25494099,748 |         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Tarastei Oy                    | Koord. Z          | 34,472       |         |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      | Koord. Z vp.      |              |         |

| Astia | Alkuv. [m] | Loppuv. [m] | Näytteenotin | H3/H1 | St | Sk [kPa] | F [%] | vw [N/mm <sup>2</sup> ] | vd [kN/m <sup>2</sup> ] | e | w [%] | Maalaji GEO       | Maalaji ISO         | Maalaji epävir. | Huom.          |
|-------|------------|-------------|--------------|-------|----|----------|-------|-------------------------|-------------------------|---|-------|-------------------|---------------------|-----------------|----------------|
|       | 0,10       | 0,20        | R            |       |    |          |       |                         |                         |   | 8,8   | saHkTä            | grsaCl <sup>1</sup> |                 | Tä. Asf seassa |
|       | 0,20       | 0,90        | R            |       |    |          |       |                         |                         |   | 0,5   | SrTä              | Gr <sup>1</sup>     |                 |                |
|       | 0,90       | 1,00        | R            |       |    |          |       |                         |                         |   | 40,9  | siHk <sup>1</sup> | saciSi <sup>1</sup> |                 | Hm. Tä?        |
|       | 1,00       | 1,20        | R            |       |    |          |       |                         |                         |   | 31,3  | saSi <sup>1</sup> | saciSi <sup>1</sup> |                 | Tä?            |

Tulostettu: 26.2.2024 9:07:33  
Ohjelmisto: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1006

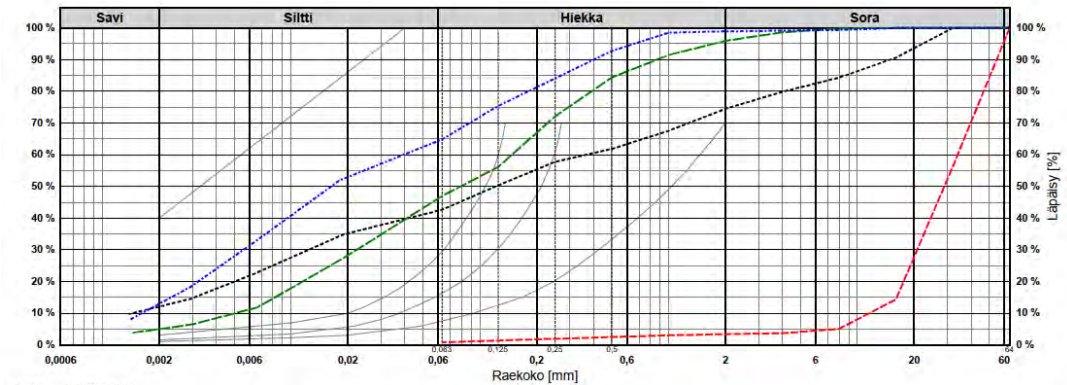
<sup>1</sup> Määritetty rakennuskierrän perusteella.

Sivu: 1/2

Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |          |           |                   |                     |                         |                |
|----------------|-------------------------------------------|----------|-----------|-------------------|---------------------|-------------------------|----------------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Alkuvuus | Loppuvuus | Maalaji GEO       | Maalaji ISO         | Routivuus               | Kierrän tyyppi |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | 0,10     | 0,20      | saHkTä            | grsaCl <sup>1</sup> | routiva <sup>1</sup>    | -----          |
| Piste          | 1006                                      | 0,20     | 0,90      | SrTä              | Gr <sup>1</sup>     | routimaton <sup>1</sup> | -----          |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaarnasaari                       | 0,90     | 1,00      | siHk <sup>1</sup> | saciSi <sup>1</sup> | routiva <sup>1</sup>    | -----          |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Tarastei Oy                    | 1,00     | 1,20      | saSi <sup>1</sup> | saciSi <sup>1</sup> | routiva <sup>1</sup>    | -----          |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      |          |           |                   |                     |                         | -----          |

<sup>1</sup> Määritetty rakennuskierrän perusteella.



Tulostettu: 26.2.2024 9:07:34  
Ohjelmisto: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1006

Sivu: 2/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |                   |              |         |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|---------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR-90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Koord.järjestelmä | ETRS-GK25    | Huomiot |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | Kork.järjestelmä  | N2000        |         |
| Piste          | 1007                                      | Koord. N          | 6683665,971  |         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaarnasaari                       | Koord. E          | 25494194,284 |         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    | Koord. Z          | 38,573       |         |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      | Koord. Z vp.      |              |         |

| Astia | Alkuvy-<br>[m] | Loppuvy-<br>[m] | Näytteenotin | H3/H1 | St | SK<br>[kPa] | F<br>[%] | Vv<br>[kNm <sup>3</sup> ] | Yd<br>[kNm <sup>3</sup> ] | e | w<br>[%] | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Maalaji epävirall. | Huom.                          |
|-------|----------------|-----------------|--------------|-------|----|-------------|----------|---------------------------|---------------------------|---|----------|-------------|-------------------|--------------------|--------------------------------|
|       | 0,06           | 0,36            | R            |       |    |             |          |                           |                           |   | 3,1      | SrTa        |                   |                    | Hk+Si+Aaf<br>seassa            |
|       | 0,36           | 0,51            | R            |       |    |             |          |                           |                           |   | 8,3      | hkSiTa      | saSi <sup>1</sup> |                    | Hu+juuria<br>seassa            |
|       | 0,51           | 1,20            | R            |       |    |             |          |                           |                           |   | 16,1     | HkTa        |                   |                    | Si+Sr+juuria+H<br>aafia seassa |

Tulostettu  
Ohjelmaa  
Tiedostonimi

26.2.2024 9:07:41  
GeoCenter 1.0.8858  
21004\_1007

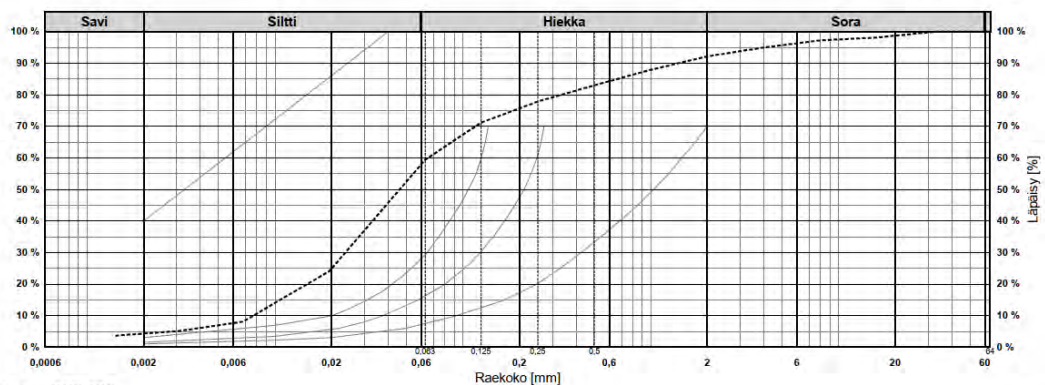
<sup>1</sup> Määritetty rakitusluokan perusteella.

Sivu: 1/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |            |             |             |                   |                      |               |
|----------------|-------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------------|----------------------|---------------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR-90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Alkuvyvyys | Loppuvyvyys | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Routivuus            | Käyrän tyyppi |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | 0,36       | 0,51        | hkSiTa      | saSi <sup>1</sup> | routiva <sup>1</sup> | -----         |
| Piste          | 1007                                      |            |             |             |                   |                      |               |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaarnasaari                       |            |             |             |                   |                      |               |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    |            |             |             |                   |                      |               |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      |            |             |             |                   |                      |               |

<sup>1</sup> Määritetty rakitusluokan perusteella.



Tulostettu  
Ohjelmaa  
Tiedostonimi

26.2.2024 9:07:41  
GeoCenter 1.0.8858  
21004\_1007

Sivu: 2/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |                   |              |         |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|---------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR-90KK-60009.02.06.28 V.6814506 | Koord.järjestelmä | ETRS-GK25    | Huomiot |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | Kork.järjestelmä  | N2000        |         |
| Piste          | 1008                                      | Koord. N          | 6683708,093  |         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaamasaari                        | Koord. E          | 25494291,997 |         |
| Näyteenottaja  | KONSULTTI: Taraste Oy                     | Koord. Z          | 34,824       |         |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      | Koord. Z vp.      |              |         |

| Astia | Alkuv. [m] | Loppuv. [m] | Näyteenotin | H3/H1 | St | Sk [kPa] | F [%] | γw [kN/m³] | γd [kN/m³] | e | w [%] | Maalaji GEO | Maalaji ISO | Maalaji epäviral. | Huom.        |
|-------|------------|-------------|-------------|-------|----|----------|-------|------------|------------|---|-------|-------------|-------------|-------------------|--------------|
|       | 0,04       | 0,24        | R           |       |    |          |       |            |            |   | 4,4   | HkTä        | grSa ¹      |                   | Asf seassa   |
|       | 0,24       | 0,54        | R           |       |    |          |       |            |            |   | 3,7   | SrTä        | Gr ¹        |                   |              |
|       | 0,54       | 1,00        | R           |       |    |          |       |            |            |   | 19,9  | huHk        |             |                   | Sr+Si seassa |

Tulostettu: 26.2.2024 9:07:47  
Ohjelma: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1008

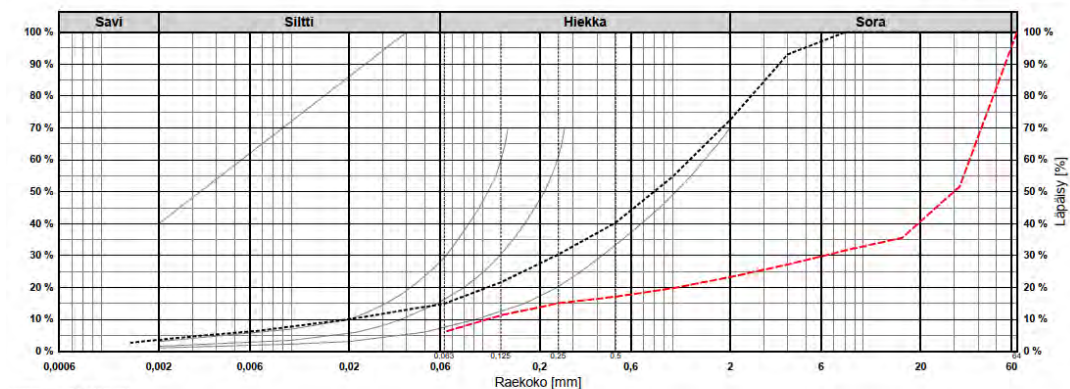
¹ Määritetty rakennuskuivän perusteella.

Sivu: 1/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |              |               |             |             |              |               |
|----------------|-------------------------------------------|--------------|---------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR-90KK-60009.02.06.28 V.6814506 | Alkuvuuyvyys | Loppuvuuyvyys | Maalaji GEO | Maalaji ISO | Routivuus    | Käyrän tyyppi |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | 0,04         | 0,24          | HkTä        | grSa ¹      | routiva ¹    | -----         |
| Piste          | 1008                                      | 0,24         | 0,54          | SrTä        | Gr ¹        | routimaton ¹ | -----         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaamasaari                        |              |               |             |             |              |               |
| Näyteenottaja  | KONSULTTI: Taraste Oy                     |              |               |             |             |              |               |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      |              |               |             |             |              |               |

¹ Määritetty rakennuskuivän perusteella.



Tulostettu: 26.2.2024 9:07:48  
Ohjelma: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1008

Sivu: 2/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |                   |              |         |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|---------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Koord.järjestelmä | ETRS-GK25    | Huomiot |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | Kork.järjestelmä  | N2000        |         |
| Piste          | 1009                                      | Koord. N          | 6683733,587  |         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaamasari                         | Koord. E          | 25494288,633 |         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    | Koord. Z          | 35,210       |         |
| Tutkijat       | H. Pinda, R. Hammar                       | Koord. Z vp.      |              |         |

| Astia | Alkuv. [m] | Loppuv. [m] | Näytteenotin | H3H1 | St | Sk [kPa] | F [%] | γw [kN/m³] | γd [kN/m³] | e | w [%] | Maalaji GEO | Maalaji ISO         | Maalaji epävirall. | Huom.                               |
|-------|------------|-------------|--------------|------|----|----------|-------|------------|------------|---|-------|-------------|---------------------|--------------------|-------------------------------------|
|       | 0,04       | 0,19        | R            |      |    |          |       |            |            |   | 6,1   | srHkTä      | grSa <sup>1</sup>   |                    | Aaf seassa                          |
|       | 0,19       | 0,59        | R            |      |    |          |       |            |            |   | 3,6   | SrTä        | saGr <sup>1</sup>   |                    | Aaf-oksangrannos<br>kallista seassa |
|       | 0,59       | 1,10        | R            |      |    |          |       |            |            |   | 13,8  | HkTä        | grsiSa <sup>1</sup> |                    | Hu+keräamia+<br>juuria seassa       |

Tulostettu: 26.2.2024 9:07:53  
Ohjelma: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1009

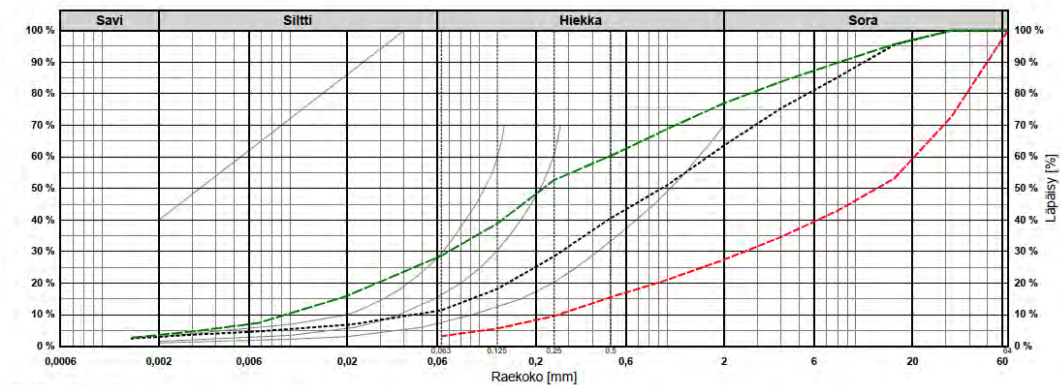
<sup>1</sup> Määritetty ratkaisusuokäytin perusteella.

Sivu: 1/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |            |             |             |                     |                         |               |
|----------------|-------------------------------------------|------------|-------------|-------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Alkuvuuyys | Loppuvuuyys | Maalaji GEO | Maalaji ISO         | Routivuus               | Käyrän tyyppi |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | 0,04       | 0,19        | srHkTä      | grSa <sup>1</sup>   | routiva <sup>1</sup>    | -----         |
| Piste          | 1009                                      | 0,19       | 0,59        | SrTä        | saGr <sup>1</sup>   | routimaton <sup>1</sup> | -----         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaamasari                         | 0,59       | 1,10        | HkTä        | grsiSa <sup>1</sup> | routiva <sup>1</sup>    | -----         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    |            |             |             |                     |                         |               |
| Tutkijat       | H. Pinda, R. Hammar                       |            |             |             |                     |                         |               |

<sup>1</sup> Määritetty ratkaisusuokäytin perusteella.



Tulostettu: 26.2.2024 9:07:53  
Ohjelma: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1009

Sivu: 2/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |                   |              |         |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|---------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Koord.järjestelmä | ETRS-GK25    | Huomiot |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | Korkjärjestelmä   | N2000        |         |
| Piste          | 1010                                      | Koord. N          | 6683767,503  |         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaamasaari                        | Koord. E          | 25494290,557 |         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    | Koord. Z          | 34,470       |         |
| Tutkija        | H. Pinola                                 | Koord. Z vp.      |              |         |

| Astia | Alkusyvä. | Loppusyvä. | Näytteenotin | H3/H1 | St | Sa | F | γ <sub>w</sub> | γ <sub>d</sub> | e | w    | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Maalaji epävirall. | Huom.      |
|-------|-----------|------------|--------------|-------|----|----|---|----------------|----------------|---|------|-------------|-------------------|--------------------|------------|
|       | 0,10      | 0,35       | R            |       |    |    |   |                |                |   | 4,6  | srHkTä      | saGr <sup>1</sup> |                    | Asf seassa |
|       | 0,35      | 1,05       | R            |       |    |    |   |                |                |   | 1,8  | SrTä        | Gr <sup>1</sup>   |                    | Asf seassa |
|       | 1,05      | 1,20       | R            |       |    |    |   |                |                |   | 15,4 | Hk          | grSa <sup>1</sup> |                    | Tä?        |

Tulostettu: 26.2.2024 9:07:59  
Ohjelmaa: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1010

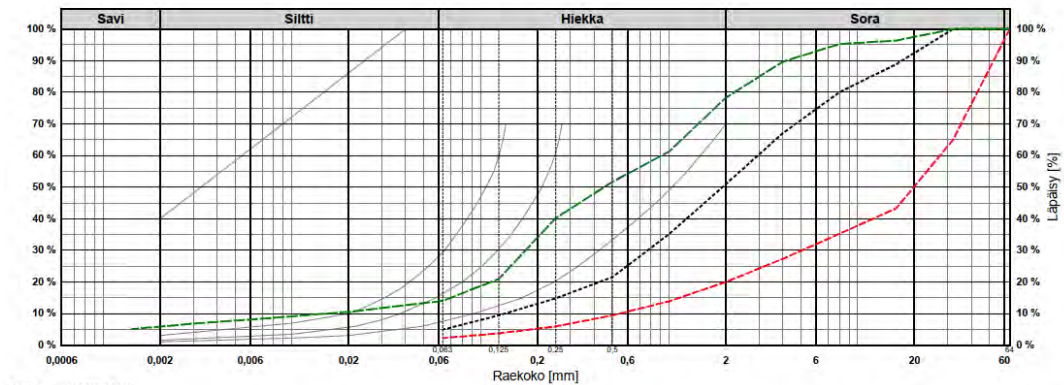
<sup>1</sup> Määritetty roiskeusluokan perusteella

Sivu: 1/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |            |             |             |                   |                         |               |
|----------------|-------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Alkusyvyys | Loppusyvyys | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Routavuus               | Käyrän tyyppi |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | 0,10       | 0,35        | srHkTä      | saGr <sup>1</sup> | routimaton <sup>1</sup> | -----         |
| Piste          | 1010                                      | 0,35       | 1,05        | SrTä        | Gr <sup>1</sup>   | routimaton <sup>1</sup> | -----         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaamasaari                        | 1,05       | 1,20        | Hk          | grSa <sup>1</sup> | routiva <sup>1</sup>    | -----         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    |            |             |             |                   |                         |               |
| Tutkija        | H. Pinola                                 |            |             |             |                   |                         |               |

<sup>1</sup> Määritetty roiskeusluokan perusteella

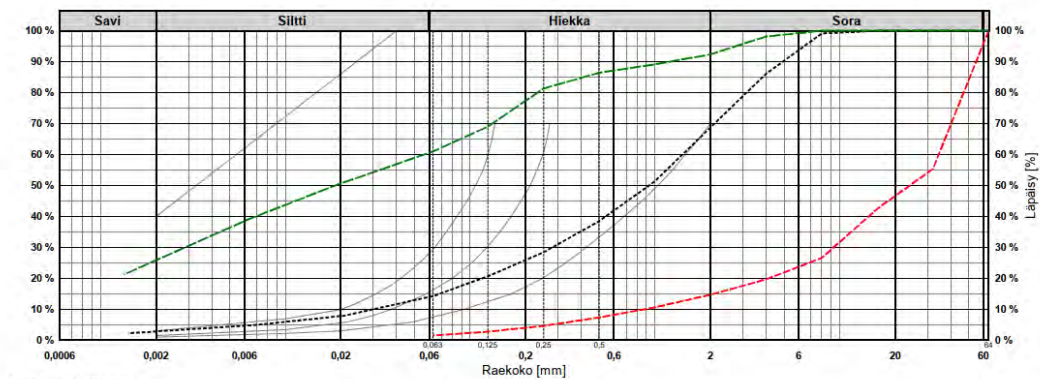


Tulostettu: 26.2.2024 9:08:00  
Ohjelmaa: GeoCenter 1.0.8658  
Tiedostonimi: 21004\_1010

Sivu: 2/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |            |             |             |                   |                         |               |
|----------------|-------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Alkusyvyys | Lopussyvyys | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Routivuus               | Käyrän tyyppi |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | 0,00       | 0,10        | srHk        | grSa <sup>1</sup> | routiva <sup>1</sup>    | -----         |
| Piste          | 1011                                      | 0,10       | 0,70        | SrTa        | Gr <sup>1</sup>   | routimaton <sup>1</sup> | -----         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaarnasaari                       | 0,70       | 1,00        | saSi        | saCl <sup>1</sup> | routiva <sup>1</sup>    | -----         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    |            |             |             |                   |                         |               |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      |            |             |             |                   |                         |               |

<sup>1</sup> Määritetty rakennuskuokijän perusteella.Tulostettu: 26.2.2024 9:08:06  
Ohjelmaa: GeoCenter 1.0.8958  
Tiedostonimi: 21004\_1011

Sivu: 2/2

## Maanäytteiden tutkimusilmoitus - 26.2.2024

|                |                                           |                   |              |         |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------|---------|
| Projekti / SAP | 21004 / PRR:90KK-60009.02.06.28 V:6814506 | Koord.järjestelmä | ETRS-GK25    | Huomiot |
| Kohde          | KUNINKAANTAMMENTIE                        | Kork.järjestelmä  | N2000        |         |
| Piste          | 1011                                      | Koord. N          | 6683738,488  |         |
| Suunnittelija  | EK / E. Kaarnasaari                       | Koord. E          | 25494373,058 |         |
| Näytteenottaja | KONSULTTI: Taratest Oy                    | Koord. Z          | 30,408       |         |
| Tutkijat       | H. Pinola, R. Hammar                      | Koord. Z vp.      |              |         |

| Astia | Alkusyv.<br>[m] | Lopussyv.<br>[m] | Näytteenotin | H3/H1 | St | Sk<br>[kPa] | F<br>[%] | Vw<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Vd<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | e | w<br>[%] | Maalaji GEO | Maalaji ISO       | Maalaji<br>epävirall. | Huom. |
|-------|-----------------|------------------|--------------|-------|----|-------------|----------|----------------------------|----------------------------|---|----------|-------------|-------------------|-----------------------|-------|
|       | 0,00            | 0,10             | R            |       |    |             |          |                            |                            |   | 6,9      | srHk        | grSa <sup>1</sup> |                       | Tä?   |
|       | 0,10            | 0,70             | R            |       |    |             |          |                            |                            |   | 1,7      | SrTa        | Gr <sup>1</sup>   |                       |       |
|       | 0,70            | 1,00             | R            |       |    |             |          |                            |                            |   | 20,3     | saSi        | saCl <sup>1</sup> |                       | Tä?   |

Tulostettu: 26.2.2024 9:08:06  
Ohjelmaa: GeoCenter 1.0.8958  
Tiedostonimi: 21004\_1011<sup>1</sup> Määritetty rakennuskuokijän perusteella.

Sivu: 1/2