



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

MASSOJEN HALLINTA- SUUNNITELMA

Savilahti-hanke

TEKIJÄ: Mikko Metsävainio

| | | | |
|---|------------|--------------------|----|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | | | |
| Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma | | | |
| Työn tekijä(t) Mikko Metsävainio | | | |
| Työn nimi Massojen hallintasuunnitelma | | | |
| Päiväys | 11.03.2020 | Sivumäärä/Liitteet | 24 |
| Ohjaaja(t) Kai Auvinen, lehtori, Mervi Heiskanen, lehtori | | | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Mestar, Kuopio | | | |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Kuopion kaupungin omistamalle liikelaitokselle Mestar. Opinnäytetyön tarkoituksena oli syventyä maanrakennusmassojen hallintasuunnitelman merkitykseen rakennushankkeen ja käytännön toteutuksen kannalta. Työssä perehdyttiin Kuopion Savilahti-hankkeeseen ja siellä syntyvien ylijäävien maa-ainesten hallintaan.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin suunniteltujen ja toteutuneiden massojen määriä. Lisäksi tutkittiin toteutuneiden massojen käyttöä sekä niiden seuranta suuressa projektissa. Maanrakennustöiden massojen hallintaa tarkasteltiin yleisimpien käytettävien maa-ainesten ja niiden geoteknisten ominaisuuksien osalta. Työssä tarkasteltiin myös yleisimpien maa-ainesten sekä kalliosta saatavan kiviaineksen käytettävyyttä sekä niiden tilavuuskertoimia. Tutkimusmateriaalina käytettiin tilaajalta saatua lähtöaineistoa, kirjallisuutta, sekä työmaalta saatuja havaintoja.</p> <p>Työn esimerkkikohteessa, Kuopion Savilahdessa (Sarastuskaari), vuosina 2019 - 2020 ylijäämämäärät olivat varsin suuria. Pitkiä kuljetusmatkoja hallittiin pengertämällä lähellä sijaitseva ranta virkistysalueeksi. Työssä tutkittiin suunniteltujen ja toteutuneiden massavirtojen toteutumista kohteessa sekä niiden vaikutusta urakkaan. Lisäksi vertailtiin massojen kuljetuskustannuksia. Savilahdessa Mestarille kuuluvilla alueilla tien rakennekerroksiin käytettiin uusiomateriaalina betonimursketta (BeM). Tämän käyttöä myös tarkasteltiin opinnäytetyössä. Uusiomateriaali saatiin valmistajalta työmaalle toimitettuna. Kustannuksiltaan BEM on edullinen ja samalla ekologinen teko, ehtyviä luonnonvaroja säästään. Työssä perehdyttiin myös betonimurskeen laatuominaisuuksiin, käytettävyyteen ja toimivuuteen tierakenteen materiaalina.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena selvisi, että maamassojen kuljetus ja pengertäminen lähialueelle oli edullisempaa kuin kuljettaminen maankaatopaikalle. Alueen pengertäminen edellytti luvittamista ja lisäsi rakentamiskustannuksia. Kuitenkin ylijäävien massamäärien ollessa näin suuria, tämä ratkaisu oli taloudellisesti kannattavampi. Työn tuloksista nähdään, kuinka paljon säästöä kuljetuskustannuksiin saatiin. Lisäksi betonimurskeen käyttö tienrakennekerroksena on edullista ja samalla ekologinen teko, jonka avulla säästetään ehtyviä luonnonvaroja.</p> | | | |
| Avainsanat Savilahti, massojen hallinta, betonimurske, tilavuuskertoimet, kuljetus kustannukset | | | |

| | | | |
|---|----------------|------------------|----|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering | | | |
| Author(s) Mikko Metsävainio | | | |
| Title of Thesis Plan for Managing Masses on Construction Sites | | | |
| Date | 11 March, 2020 | Pages/Appendices | 24 |
| Supervisor(s) Mr Kai Auvinen, Senior Lecturer, Ms Mervi Heiskanen, Senior Lecturer | | | |
| Client Organisation /Partners Mestar, Kuopio | | | |
| <p>Abstract</p> <p>This final project was made for a company called Mestar, which is a utility company owned by the city of Kuopio. The purpose of the project was to study the importance of a mass management plan for the construction project and its practical implementation. This thesis examines the Savilahti project in Kuopio, where Mestar has worked as a contractor in municipal engineering.</p> <p>First, the use of planned and realized masses and their monitoring on a larger scale was studied. Regarding mass management of earthworks, this thesis was focused on the most common soil types and geotechnical features of them. The usability of the most common soil and rock material and their volumetric coefficients were studied as well.</p> <p>In the target of this work in Savilahti, Kuopio, the surplus masses were quite large, and long-distance transportation was controlled by embanking the nearby beach as a recreational area. The success of planned and realized mass flows and their impact on the project were also studied. In addition, the costs of transporting the masses, comparing them to a landfill instead of embanking the area called Viinaniemi were studied. In Savilahti, in the areas that Mestar was responsible for, concrete aggregate was used as recycled material for road construction layers. The recycled material came directly to the site from the manufacturer. The material is inexpensive and at the same time ecological saving natural resources. The quality and properties of concrete aggregate and its function as a road structure were also discussed.</p> <p>As a result of this thesis, it was found out that transporting and embanking earth masses on the immediate area was cheaper than transporting them to a landfill site. The embankment of the area required licensing and increased construction costs. However, with such large amounts of surplus masses, this solution was economically more viable. The results of the work show how much savings were made in transportation costs. In addition, the use of concrete aggregate as a road construction layer is an inexpensive and at the same time ecological act that saves depleting natural resources.</p> | | | |
| Keywords Savilahti, mass management, concrete aggregate, volume coefficients, transport costs | | | |
| | | | |

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO | 5 |
| 1.1 | Tausta ja tavoitteet..... | 5 |
| 1.2 | Massat maanrakennustyömailla | 5 |
| 1.3 | Lyhenteet ja määritelmät..... | 6 |
| 2 | MASSAT..... | 7 |
| 2.1 | Maa-ainekset | 7 |
| 2.1.1 | Savi / Siltti | 8 |
| 2.1.2 | Hiekka..... | 8 |
| 2.1.3 | Sora / Murske | 9 |
| 2.1.4 | Moreeni | 9 |
| 2.1.5 | Sedimentti | 10 |
| 2.2 | Geotekninen luokittelu..... | 10 |
| 2.3 | Tilavuusmääritelmät..... | 10 |
| 2.4 | Uusiomateriaalit..... | 11 |
| 2.4.1 | Uusiomateriaali käyttö Savilahti..... | 11 |
| 3 | MASSAVIRTOJEN HALLINTA | 13 |
| 3.1 | Massavirtojen suunnittelu | 13 |
| 3.2 | Pohjatutkimukset | 13 |
| 3.3 | Massatasapaino | 14 |
| 4 | KUOPION SAVILAHTI..... | 15 |
| 4.1 | Savilahden alue | 15 |
| 4.2 | Massat ja käyttö | 16 |
| 4.2.1 | Massamäärät | 17 |
| 4.2.2 | Massalaskelma Sarastuskaari | 18 |
| 4.3 | Viinaniemi | 21 |
| 4.4 | Massojen kuljetuskustannukset..... | 22 |
| 5 | YHTEENVETO JA HYÖDYLLISYYS..... | 24 |
| | LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT | 25 |

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Kuopion Savilahti on rakentumassa täysin uudeksi keskittymäksi. Hankkeen tavoitteena on, että alueesta rakentuu tulevaisuudessa tunnettu opiskelu-, työskentely- ja asuinalue. Tämä vaatii rakentamisen kannalta mittavia maanrakennustöitä. Savilahden maastoprofiilin ja huonosti kantavan savisen maapohjan seurauksena alueelta syntyy noin 150 000 m³ ylitse jääviä maa-aineksia. Lisäksi alueelta syntyy louhinnasta noin 60 000 m³ kallioulouhetta. Työssä tutkitaan vaihtoehtoisia menetelmiä rakentamisesta syntyvien ylijäävien aineiden hyödyntämiseksi. Kuopion Savilahti hankkeessa ylijäämämassoilla rakennetaan alueen läheisyyteen uusi virkistysalue.

Opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä maanrakennustyömailla käytettävien maa-ainesten sekä kiviainesten hallintaan. Tavoitteena on tutkia Savilahden virkistysalueen rakentamisen vaikutuksia projektin kustannuksiin, ympäristövaikutukset ja liikenneturvallisuus huomioiden.

1.2 Massat maanrakennustyömailla

Maanrakennusalalla massoilla tarkoitetaan työmaalle tulevia, työmaalta pois vietäviä ja työmaan sisäisesti siirrettäviä maa-aineksia. Kalliomassojen määrät ja suunnittelu käsitellään erillään maamassoista. Maamassat koostuvat maaperästä, eli kaikesta irrallisesta kiinteän kallion päällä olevasta maa-aineksesta. Maamassoja ovat esimerkiksi savi, siltti, hiekka, sora ja Suomen yleisin maalaji moreeni. (Jääskeläinen 2011, 23.)

Yleensä maanrakennushankkeen suurin kustannus muodostuu kohteen massamäärästä ja niiden käytettävyydestä. Massojen hallinta tulisi olla hyvin suunniteltua, että toteutuksesta saadaan taloudellisesti kannattava ja toimiva. Ennen kuin toimivaa suunnitelmaa voidaan tehdä ja massamääriä laskea, tarvitaan maaperästä ja alueesta kuitenkin riittävästi tietoja. Tarvittavia lähtötietoja ovat pohjatutkimukset, joilla selvitetään alueen maaperän geotekniset ominaisuudet ja arvioidaan maa-lajikerrokset. Tämän jälkeen voidaan suunnitella tarvittavat toimenpiteet, jotta maapohjasta saadaan rakenteelle riittävän luja.

Maaperän ominaisuuksien perusteella voidaan suorittaa stabiliteetti-, kantavuus-, ja painumalaskelmat. Näiden laskelmien perusteella tehdään pohjanvahvistustarpeen arviointi. Lisäksi on otettava huomioon ympäristövaikutukset, massojen käyttö sekä aikataulus.

1.3 Lyhenteet ja määritelmät

TAULUKKO 1. Lyhenteet ja määritelmät (Rakennusteollisuus 2005, 6)

| Lyhenteet: | | Tilavuus määritelmät: | |
|------------|----------------------|------------------------|--|
| Sa | Savi | m ³ ktr | Teoreettinen kiintotilavuus |
| Si | Siltti | m ³ ktd | Todellinen kiintotilavuus |
| Hk | Hiekka | m ³ itd | Todellinen irtotilavuus |
| Sr | Sora | m ³ rtd | Todellinen rakennetilavuus |
| HkMr | Hiekkamoreeni | m ³ rtr | Teoreettinen rakennetilavuus |
| SrMr | Soramoreeni | | |
| Mr | Moreeni | Pinta-ala määritelmät: | |
| Msr | Murskesora | m ² tr | Teoreettinen suunnitelman mukainen pinta-ala |
| M | Murske | m ² td | Todellinen pinta-ala |
| E | Eloperäiset maalajit | | |
| M | Moreenimaalajit | | |
| BEM | Betonimurske | | |

Teoreettinen kiintotilavuus (m³ktr) = leikattavan maan tilavuus luonnontilaisessa tiiviydessä mitattuna piirustuksista teoreettisin mitoin käyttäen sovittuja määramittaussääntöjä.

Todellinen kiintotilavuus (m³ktd) = leikattavan maan tilavuus luonnontilaisessa tiiviydessä mitattuna todellisten leikkausmittojen mukaan.

Todellinen irtotilavuus (m³itd) = löyhtyneen maan tilavuus (esim. lavalle siirrettynä)

Todellinen rakennetilavuus (m³rtd) = valmiin rakenteen tilavuus tiivistettynä suunnitelmien mukaiseen tiiviyteen rakenteeseen. Määrät lasketaan/mitataan piirustuksista.

Teoreettinen rakennetilavuus (m³rtr) = suunnitellun rakenteen tilavuus tiivistettynä suunnitelmien mukaiseen tiiviyteen rakenteeseen. Määrät lasketaan/mitataan piirustuksista

2 MASSAT

2.1 Maa-ainekset

Maanrakennustöissä louhitaan, kaivetaan, kuljetetaan, jyrätään ja tasataan erilaisia maa-aineksia. Maa-ainekset poikkeavat toisistaan keskenään oleellisesti, esimerkiksi kaivettavuuden ja käyttöominaisuuksiensa suhteen. Koskemattomilla uusilla maa-alueilla maaperää joudutaan usein vahvistamaan, jotta saavutetaan riittävä kantavuus tulevalle rakenteelle. Suomessa yleisin menetelmä tälle on massanvaihto, eli routivat ja huonosti kantavat maakerrokset korvataan routimattomilla paremmin kantavilla materiaaleilla. Tässä työssä pohjanvahvistusmenetelmistä käsitellään vain massanvaihtoa ja siitä syntyvien massojen käyttöä.

Tien rakentamisessa eniten käytettävät materiaalit ovat hiekka, sora ja murske, jotka kuuluvat kivennäismaalajeihin. Kivennäismaalajit ovat peräisin kallioperästä irronneesta ja hienontuneesta kiivaineksesta. Suomessa sekä muualla aikanaan mannerjäätikön peittämällä alueella kivennäismaalajit ovat syntyneet jään sulamisen seurauksena. Kivennäismaalajit voidaan jakaa vielä kahteen ryhmään; lajittuneet (esim. hiekka) ja lajittumattomat (moreeni). Kivennäismaalajien lajitteet ja raekoot ovat esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kivennäismaalajien lajitteet ja raekoot (Tielaitos 1993, 15)

| Päälajite | | Alalajite | Rakeiden läpimitta mm |
|-----------|---------------------------|---|--|
| Nimi | Lyhenne | | |
| Savi | Sa | | <0,002 |
| Siltti | Si hSi keSi kaSi | Hieno siltti Keskisiltti Karkea siltti | 0,002-0,06 0,002-0,006 0,006-0,02 0,02-0,06 |
| Hiekka | Hk hHk keHk kaHk | Hieno hiekka Keskiahiekka Karkea hiekka | 0,06-2,0 0,06-0,2 0,2-0,6 0,6-2,0 |
| Sora | Sr hSr keSr kaSr | Hieno sora Keskisora Karkea sora | 2,0-60,0 2,0-6,0 6,0-20,0 20,0-60,0 |
| Kivet | Ki pKi sKi | Pienet kivet Suuret kivet | 60-600 60-200 200-600 |
| Lohkareet | Lo | - | >600 |

Tärkeimmät kiviaineksen ominaisuudet käyttökohteen kannalta ovat muun muassa (Kuula-Väisänen 2010, 8):

- raekokojakautuma (vaikuttaa mm. tiivistettävyyteen, routivuuteen, kapillaarisuuteen)
- rakeiden muoto
- kiviaineksen iskunkestävyys
- kiviaineksen kulutuskestävyys
- rapautuvuus (esim. jäädytys-sulatuskestävyys).

2.1.1 Savi / Siltti

Savi (lyhenne Sa) sisältää yli 30 painoprosenttia savimaalajitetta, joiden raekoko on alle 0,002 mm. Siltti (lyhenne Si) sisältää yli 50 painoprosenttia maa-aineksia, joiden raekoko lajitteesta on 0,002 - 0,06 mm. Molemmat ovat hienorakeisia maa-aineksia, jonka vuoksi vedenpitävyys ja routiminen ovat merkittäviä. Savi ja siltti ovat lujuusominaisuuksiltaan samankaltaisia huonosti kantavia koheesio maa-aineksia. Siltillä on myös tartuntavoimien aiheuttaman koheesion lisäksi kitkavoimia. (Jääskeläinen 2011, 22.) Kumpikaan ei sovellu rakennekerrokseen, vaan ne pyritään enimmäkseen poistamaan tarvittavaan rakennekerros syvyyteen asti. Näille aineksille pyritään yleensä keksimään työmailla muuta hyötykäyttöä, esimerkiksi tien luiskaukset, kasvualustat, meluvallit, joissa kantavuutta ei niin tarvita eikä routiminen ole ongelma. Mikäli käyttökohteita ei ole ajetaan kyseiset massat maankaatopaikalle, joka lisää kustannuksia.

2.1.2 Hiekka

Hiekka voidaan jakaa raejakauman mukaisesti (taulukko 2) hienoksi hiekaksi, keskihiekaksi tai karkeaksi hiekaksi. Hiekassa ei enää muodostu rakeiden välisiä tartuntavoimia, eli koheesiota vaan se lukeutuu kitkamaalajeihin. Rakeet koskettavat ja nojautuvat toisiinsa, mutta eivät sitoudu. Hiekka (lyhenne Hk) sisältää yli 50 painoprosenttia kivennäisainesta, joiden raekoko on 0,06 – 2 mm. Hieno hiekka (hHK) on pienen raekokonsa vuoksi routivaa, mutta keskihiekka ja karkea hiekka eivät enää pidätä vettä eikä tämän vuoksi myöskään roudi. (Jääskeläinen 2011, 91.) Hiekka on hyvä ja monikäyttöinen materiaali. Hiekkaa käytetään esimerkiksi tien suodatinkerroksena ja kunnallistekniikassa putkien suojana (kuva 1). Suodatinkerroksena hiekka estää rakennekerrosten ja pohjamaan sekoittumisen keskenään. Putkien suojana hiekka tiivistää rakenteen, estää routimista ja suojaa putkea kolhuilta.



KUVA 1. Hulevesiputki murskearinalla ja hiekkatäytöllä

2.1.3 Sora / Murske

Sora (lyhenne Sr) sisältää pääosin kiviainesta, joiden raekoko on 2,0 - 60 mm. Sora voidaan vielä luokitella raekokonsa puolesta hienoksi soraksi, keskisoraksi tai karkeaksi soraksi (taulukko 2). 60,0 - 600,0 mm raekooltaan olevia aineksia kutsutaan siis kiviksi (Jääskeläinen 2011, 20). Soraa valmistetaan myös murskaamalla, silloin käytetään nimitystä soramurske (lyhenne SrM). Kalliosta irti louhittua ja murskattua mursketta kutsutaan kalliomurskeeksi (lyhenne KaM). Useat geotekniset ominaisuudet paranevat raekoon kasvaessa yli 0,06 mm:n kokoiseksi. Vedenläpäisevyys kasvaa ja lujuusominaisuudet paranevat samalla kun raekoko kasvaa. Yleisesti ottaen saven kantavuus on heikompaa kuin hiekan ja hiekan kantavuus heikompaa kuin soran ja niin edelleen. Sora, soramurske ja kalliomurske eroavat toisistaan rakeiden muodon vuoksi. Luonnon muovaamassa sorassa rakeet ovat pyöristyneempi kuin tuotannollisesti valmistetuissa murskeissa. Tällä on vaikutusta materiaalin kantavuuteen ja leikkauslujuuteen. (Jääskeläinen 2011, 100.) Sora / murske ovat routimattomia hyvän kantavuuden omaavia aineksia.

2.1.4 Moreeni

Suomen yleisin maalaji moreeni (lyhenne Mr) sisältää kaikkia raekokoja. Aiemmissä kohdissa käsitellyt maalajit ovat lajittuneita maalajeja jääkauden sulamisvirtojen seurauksena, moreenit ovat lajittumattomia. Moreenit ovat syntyneet myös jääkauden seurauksesta, mutta sulamisvirrat eivät ole lajitelleet siinä olevia kallion osia muista maa-aineksista. Ominaisuuksiltaan moreenit poikkeavat niin oleellisesti lajittuneista aineksista, että ne luokitellaan Suomessa omaan luokkaansa. Moreeniksi luokitellaan, mikäli maalaji sisältää vähintään 5 % silttiä, sekä vähintään 5 % soraa. Moreenit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: silttimoreeni (SiMr), hiekkamoreeni (HkMr) ja soramoreeni (SrMr). Moreenien lajittelu perustuu myös muiden maa-ainesten tavoin rakeisuuteen. Rakeisuuskäyrän keskimääräinen raekoko määrittää moreenin luokittelun. (Jääskeläinen 2011, 24.)

2.1.5 Sedimentti

Sedimentti tarkoittaa veden, jäätikön tai tuulen vaikutuksesta muodostunutta maa-aines kerrostumaa. Järvien ja vesistöjen pohjassa sedimentti muodostumat ovat pääasiallisesti mutaa tai lietettä. (Jääskeläinen 2011, 292.)

2.2 Geotekninen luokittelu

Maalajit voidaan jakaa geoteknisesti neljään maalajiryhmään:

- Eloperäiset maalajit (E)
- Hienorakeiset maalajit (H)
- Karkearakeiset maalajit (K)
- Moreenimaalajit (M)

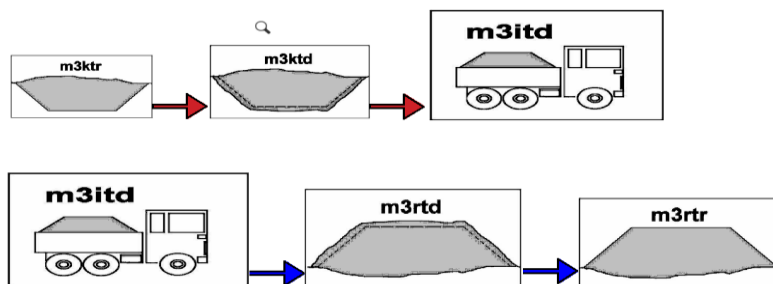
Geotekninen jaottelu taulukossa 3.

TAULUKKO 3. (Korhonen, Tammirinne, Gardemeister 1974, 11)

| Maalajiryhmä | Maalaji | Lyhennys | Lajitepitoisuus, paino-% | | | Raekoko d_{50} , mm |
|----------------------------|---------------|----------|--------------------------|------------|--------|--------------------------|
| | | | Savi | Hienoaines | Sora | |
| Eloperäiset maalajit | Turve | Tv | | | | |
| | Lieju | Lj | | | | |
| Hienorakeiset maalajit | Savi | Sa | > 30 | | | |
| | Siltti | Si | < 30 | > 50 | < 5 | < 0,06 |
| Karkearakeiset maalajit | Hiekka | Hk | | < 50 | < 50 | > 0,06...2 |
| | Sora | Sr | | < 5 | > 50 | > 2...60 |
| Moreenimaalajit | Silttimoreeni | SiMr | | > 50 | > 5 | < 0,06 |
| | Hiekkamoreeni | HkMr | | 5...50 | 5...50 | > 0,06...2 |
| | Soramoreeni | SrMr | | > 5 | > 50 | > 2 |

2.3 Tilavuusmääritelmät

Maalajit käyttäytyvät rakentamisessa eri tavoin ja etenkin suuria massamääriä käsiteltäessä tämä vaikuttaa oleellisesti toteutukseen. Kaivinkoneet ja kuljetuskalusto valitaan kaivettavan maa-aineksen, olosuhteiden ja massamäärien mukaisesti. Kaivettavan maa-aineksen kiintoteoreettinen, eli koskematon määrä ei ole sama, kuin leikatun massan määrä. Vastaavasti täyttöön tarvittava määrä tulee laskea tiivistymiskerrointa käyttäen (kuva 2). Tilavuuskertoimilla on merkittävä vaikutus toteutuksen suunnittelussa mutta tärkeämpi osa on kuitenkin oikein lasketut massamäärät. Suuntaa antavana esimerkkinä louhinnasta tuleva kalliomassa, jonka määrä louhinnan jälkeen lavalle siirrettäessä voi kasvaa jopa kaksinkertaiseksi.



KUVA 2. Massatilavuuksien kiertokulku

2.4 Uusiomateriaalit

Uusiomateriaaleilla voidaan korvata maarakentamisessa tarvittavia kiviaineksia. Näitä UUMA-materiaaleja saadaan vanhoista rakenteiden materiaaleista, esimerkiksi betonista tai tiilestä. Lisäksi uusiomateriaaleja saadaan ylijäämämaista, lievästi pilaantuneista maista, sekä teollisuuden sivutuotteista. Materiaalit voivat kelvata rakentamiseen sellaisenaan, korvaamaan kiviaineksia tai parantamaan käytettävän materiaalin ominaisuuksia. (Uusiomaarakentaminen.)

Suomessa käytetään rakentamiseen vuosittain yli 100 miljoonaa tonnia kiviaineksia. Tästä määrästä noin 70 - 80 miljoonaa tonnia on luonnon kiviaineksia. Maarakentamisen uusiomateriaali käyttöä olisi mahdollista lisätä Suomessa merkittävästi. Tämä edellyttäisi materiaalien tuotteistamista. Lisäksi tulisi kehittää rakentamistekniikkaa sekä tuotteen kaupallistamista. Uusiomateriaalien käyttäminen edellyttää ympäristölainsäädännön lupa- tai rekisteröintimenettelyjä. (Uusiomaarakentaminen.)

2.4.1 Uusiomateriaali käyttö Savilahti

Työn esimerkkikohteessa kuvassa 3 Kuopion Savilahdessa tienrakennekerrokseen käytetään uusiomateriaalina betonimurskettä (BeM). Betonimurske korvaa suodatinkerroksen sekä jakavan kerroksen. Sarastuskaaren alueella (paaluvälillä 300-870) betonimurskettä tullaan käyttämään arviolta noin 15 000 m³. Materiaalin valmistaa kuntien omistama palveluyhtiö Jätekuikko Oy. Jätekuikko vastaanottaa betonin / tiilen, murskaa sen ja varmistaa laadun vaadituilla laboratoriokokeilla. Betonimurskeesta voidaan rakentaa routimatonta ja kantava rakenne. Materiaalin on mahdollista lujittaa uudelleen maaperässä (Jätekuikko).

Kiviaineslaboratoriossa Jätekuikon lähettämät näytteet ovat läpäisseet kaikki vaaditut raja-arvot. Laboratoriotutkimusten mukaan materiaali on routimatonta. Lisäksi näytteistä tutkitut haitta-ainepitoisuudet läpäisevät MARA-vaatimukset. Kovettumisen osalta laboratoriotulokset kuitenkin vaihtelevat, eikä lujittumista voida todentaa laboratoriokokeilla.



KUVA 3. Betonimurske, Sarastuskaari

3 MASSAVIRTOJEN HALLINTA

3.1 Massavirtojen suunnittelu

Massatalouden suunnitteluvaiheessa huomioitavia asioita ovat muun muassa:

- Kaikki leikattavat massat pyritään hyödyntämään rakenteisiin tai alueen muuhun käyttöön.
- Kuljetus matkat tulisi minimoida.
- Alueen läjitys mahdollisuudet ja massojen hyödyntämiskohteet selvitettävä.
- Massojen laatu pyritään pitämään leikkauksissa mahdollisimman hyvänä.
- Leikattavia massoja tulisi olla mahdollisimmin vähän, kuitenkin tarpeeksi toteutukseen.

Massojen hyödyntäminen alueen rakenteisiin on varsin riippuvainen massojen laadusta. Huonompi laatusiakin maa-aineksia on kuitenkin monesti mahdollista hyödyntää kohteen muihin käyttötarkoituksiin. Mikäli leikattavien massojen määrä on suuri ja niitä ei saada hyödynnettyä, niin tällöin tulisi miettiä parantavia toimenpiteitä, esimerkiksi tielinjauksen muuttaminen. Kuopion Savilahdessa massavirtoja hallittiin pengertämällä alueen läheisyyteen uusi virkistysalue Viinaniemeen. Tällä toimenpiteelle kaikki ylimääräiset massat saadaan hyödynnettyä lähialueelle, säästään kuljetuskustannuksissa merkittävä summa. Kuljetusten minimoinnilla on myös ympäristöä säästäviä tekijöitä päästöjen vähentymisen ansiosta. Liikenneturvallisuus paranee ajojen vähentymisellä sekä tiet säästyvät suurien autojen rasitukselta.

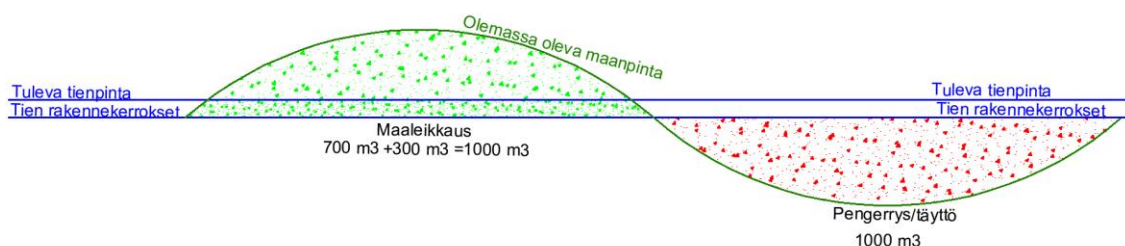
3.2 Pohjatutkimukset

Pohjatutkimus tarkoittaa maaperäntutkimustoimintaa, jolla tutkitaan alueen maaperän ominaisuuksia. Pohjatutkimuksen kokonaisuuteen sisältyy varsinaisten pohjatutkimusten lisäksi rakennettavan alueen kartoitus ja vaaitus. Nämä työt liittyvät kaikki toisiinsa jossain määrin, siksi ne yleensä kannattaa myös tehdä samalla kertaa ja saman yrityksen toimesta. Suunnitteluvaiheessa tarvitaan tutkitun maaperän lisäksi, myös kartta maanpinnan muodoista. (Jääskeläinen 2011, 236.)

Pohjatutkimusten olennaisin tavoite on selvittää alueen maaperäolosuhteet, niin että rakenne tai rakennus on mahdollista suunnitella luotettavasti ja toteutuksesta saadaan turvallinen. Tätä varten tulee selvittää alueen maaperä, kalliopinnan tai kantavan pohjakerroksen pinnan korkeus ja pohjavesipinnan korkeus. (Jääskeläinen 2011, 240.)

3.3 Massatasapaino

Tavoitteena on, että kaikki leikattavat massat saataisiin käytettyä täyttöihin, näin saavutettaisiin ideaali massatasapaino. Tämä on kuitenkin harvoin mahdollista. Edellä mainittua massatasapainoa tavoitellaan, mutta sekään ei yksistään riitä onnistuneeseen massavirtojen hallintaan. Kuvassa 4 on havainnollistettu tavoitteellista massatasapainoa. Massamääriä laskiessa täytyy leikattavassa määrässä ottaa huomioon maanpinnan lisäksi, myös tuleville rakennekerroksilla tarvittava tila.



KUVA 4. Havainnointi massatasapainosta

Rakenteisiin kelpaamattomat leikattavat massat pyritään hyödyntämään alueen muihin täyttöihin. Kaikkea leikattavaa massaa saadaan harvoin täysin hyödynnettyä samalle työmaalle, tällöin sille tulisi miettiä toissijainen käyttötarkoitus. Sitä parempi tilanne on mitä vähemmän huonolaatuista maata joudutaan leikkaamaan ja mitä lyhyempi on sen kuljetus seuraavaan kohteeseen. Huonolaatuisia massoja joudutaan kuitenkin monesti korvaamaan työmaan ulkopuolelta tuotavilla massoilla. Esimerkiksi tierakenteisiin tarvittavat hiekat ja murskeet tuodaan yleensä työmaan ulkopuolelta. Näistä kahdesta tekijästä, työmaalle tuotavista ja työmaalta pois vietävistä massoista syntyvät niin sanotut massavirrat. Työmaan kustannuksia ajatellen massavirrat tulisi minimoida niin hyvin kuin mahdollista.

4 KUOPION SAVILAHTI

4.1 Savilahden alue

Kuopion kaupungin Savilahti hankkeen myötä alue tulee muuttumaan täysin uuteen muotoonsa. Savilahti on Kuopion Saaristokaupungin jälkeen seuraava suuri ja haastava hanke. Alueelle tullaan rakentamaan muun muassa uutta asutusalueita, Savonian kampusalue, virkistys / urheilualueita ja toimistotiloja. Yksistään työpaikka ja kampusalueen myötä alueelle odotetaan noin 15 000 uutta toimijaa. (Savilahti.com 2020.) Hankkeen myötä kunnallistekniikka, kadut, kulkuyhteydet ja pysäköinti-alueet tulee rakentaa alueen kehittymisen mahdollistavalle tasolle.

Tässä opinnäytetyössä on tarkasteltu puolustusvoimien entisen varikon alueen läheisyydessä tehtyjä maanrakennustöitä, sekä alueen massojen suunnittelua ja käyttöä. Tälle alueelle (kuva 5) rakentuvat uudet kadut ovat Sarastuskaari, Hehkukatu, Loistekatu ja Sädekuja. Mestar toimii urakoitsijana tällä Sarastuskaaren alueella, rakentaen vesihuollon ja katujen rakennekerrokset. Mestarin kaksi työryhmää toimivat vierekkäisillä alueilla, näin ollen massojen varastointipaikat sekä käyttö ovat olleet osittain yhteisiä. Savilahden voisi kuvitella saaneen nimensä aikoinaan ansaitusti, sillä alueen maapohja on varsin pehmeää, savista sekä huonosti kantavaa monilta osin. Muun muassa tämän vuoksi alue on rakentamisen kannalta haasteellinen paikoitellen.



KUVA 5. Savilahti, Sarastuskaari 2019 (Mestar)

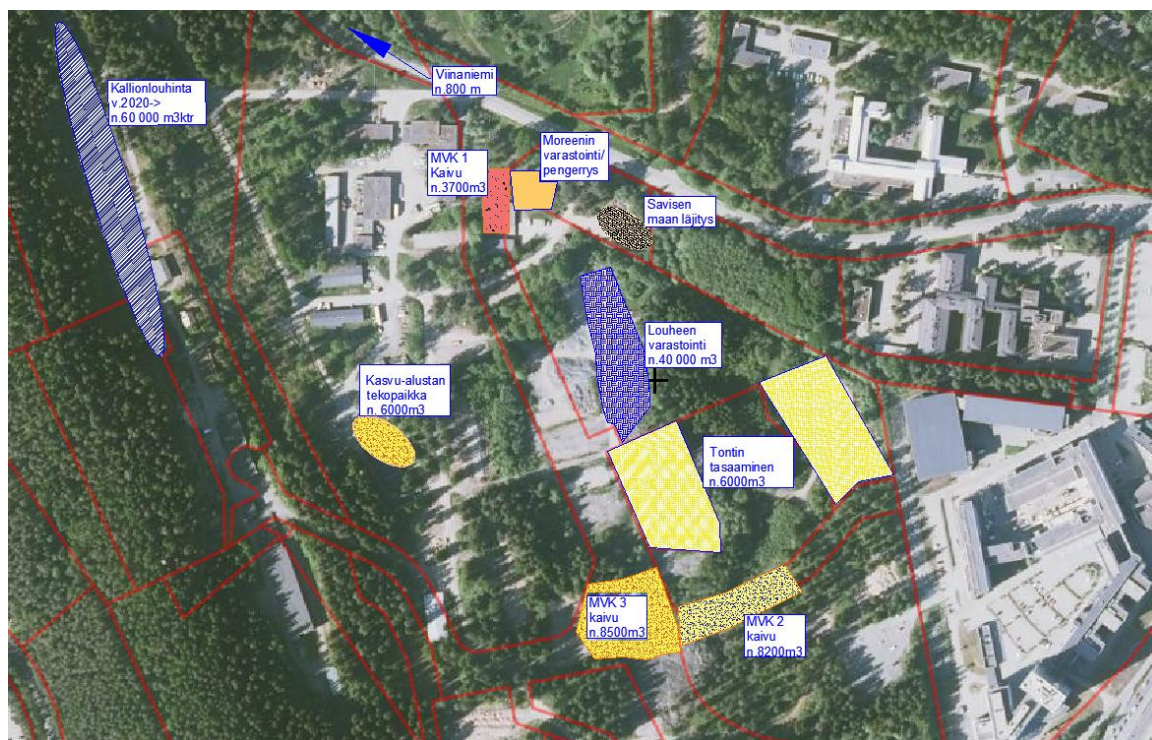
4.2 Massat ja käyttö

Opinnäytetyössä tutkitun alueen massamäärät olivat suuria ja paikoitellen huonolaatuisia. Niiden hallintaa ajatellen käyttökohteet oli otettu huomioon jo varhain suunnitteluvaiheessa. Massojen läjitysalueet, louhekasa, varastointipaikat sekä ylijäämämassojen käyttö oli toimivasti suunniteltu. Suuri osa tarvittavasta louheesta ajettiin alueelle jo hyvissä ajoin helpottamaan ja nopeuttamaan käyttöä. Louhetta on käytetty massanvaihtoalueilla ja Viinaniemen tukipenkereeseen. Tämän ensimmäisen louhepenkan koko oli noin 40 000 m³rtd (kuva 6).



KUVA 6. Sarastuskaaren louhepenkka (Mestar)

Rakennuttajalta saadun tiedon mukaan alueella tullaan vielä louhimaan kallioluolia. Louhinnasta muodostuu noin 60 000 m³tr louhetta. Luolien betonirakenteista valmistetaan betonimurskettä. Louhinnat ovat aloitettu tammikuussa vuonna 2020. Tulevan betonimurskeen ja kalliosta saatavan louheen käyttökohteet tarkentuvat myöhemmin. Louhetta on suunniteltu käytettäväksi ainakin Viinaniemen pengerrykseen ja betonimurskettä tulevien teiden rakennekerroksiin. Kuvassa 7 on esitetty massojen varastointialueet, sekä meneillään oleva louhintakohde.



KUVA 7. Sarastuskaaren massojen varastointipaikat (muokattu lähteestä Maanmittauslaitos)

4.2.1 Massamäärät

Tässä työssä tutkitulla Sarastuskaaren alueella suunnitellut ja toteutuneet massamäärät poikkeavat jossain määrin toisistaan. Tämä johtui huonosti kantavasta savisesta maalajikerroksesta, joka ylettyi paikoitellen arvioitua syvemmälle sekä laajemmalle. Lähinnä massanvaihtoalueilla (MVK) on eroa suunniteltujen ja toteutuneiden määrien kesken. MVK 1 on alueista massamäärältään pienin ja siinä kaivumäärä toteutui viimeisimpien suunniteltujen määrien mukaisesti. Massanvaihtoalueilla 2 ja 3 huonosti kantavaa maaperää (savi) esiintyi suunniteltua enemmän. Näin ollen toteutuneiden kaivumäärien olisi voinut olettaa kasvavan suunniteltuja suuremmiksi.

MVK 2 -alueella arvioitu savikerros meni lähes 2 metriä arvioitua syvempään noin 400 m² alueella. MVK 3 -alueella savikerros pysyi arvioidussa syvyydessä, mutta ylettyi noin 500 m² arvioitua laajemmalle alueelle. Näiden vuoksi kaivumäärien olisi tullut kasvaa massanvaihto alueilla yhteensä noin 2000 m³ktr suunniteltua suuremmaksi.

Tilaaajalta (7.2.2020) saatujen kartoitus mittausten perusteella toteutuneet kaivumäärät ovat kuitenkin olleet massanvaihtoalueilla yhteensä noin 5 000 m³ktr suunniteltua vähemmän. Suunnitellut massamäärät perustuvat arvioituihin maalajikerroksiin sekä pinta-alaan. Maalajikerrosten arviointiin vaikuttaa oleellisesti tulkitsijan lisäksi myös pohjatutkimuksissa tehtyjen kairausten määrä. Toteutuneet ja suunnitellut määrät kuitenkin harvoin täysin täsmäävät suurilla alueilla työskenneltäessä.

Savilahden tapauksessa suunnitelluista kaivumassojen määrän pienentymisestä ei ole haittaa käytännön toteutukseen. Maanleikkausta on joka tapauksessa enemmän kuin mitä alueella pengerrykseen tarvitaan. Heikommat sekä ylimääräiset leikattavat ainekset saadaan käytettyä Viinaniemen pengerrykseen. Mikäli leikattavaa tulisikin suunniteltua vähemmän, niin silloin Viinaniemen alue suipuu siinä suhteessa. Viinaniemen pengerrystä toteutetaan tahdistetusti sitä mukaan, kun massamäärät täsmentyvät töiden aikana. Kuvassa 8 näkyvät drone-kuvassa massanvaihtoalueet MVK1, MVK2 ja MVK3.



KUVA 8. Massavaihto menossa, Sarastuskaari (muokattu lähteestä Mestar)

4.2.2 Massalaskelma Sarastuskaari

Sarastuskaaren toteutuneet massamäärät ovat taulukossa 4. Pohjanvahvistusta tehtiin kolmella alueella, menetelmänä massanvaihto kaivaen ja täyttö louheella. Massanvaihtojen kaivumäärät ovat esitetty kohdissa MVK1, MVK2 ja MVK3. Maanleikkauksen määrä muodostuu tienrakennekerroksille ja putkikanaaleille tehdyistä leikkauksista. Pengerryksen määrä on alueen toteutuneiden täyttöjen määrä moreenilla. Leikattavasta määrästä vain osa on ollut kelpavaa alueen täyttöihin.

TAULUKKO 4. Massalaskelma Sarastuskaari

| Massalaskelma | | | | | |
|---|------------------|-----------------|--------------|-------|---------------------|
| GPS-kartoitusmittaus, 3D-Win ohjelma | | | | | |
| (MVK = Massanvaihto kaivaen) | | | | | |
| Massanvaihto 3 aluetta: | | Toteuma: | | | Suunniteltu: |
| | MVK 1 | 3676 | m3ktr | MVK 1 | 3700 m3ktr |
| | MVK 2 | 8179 | m3ktr | MVK 2 | 11 000 m3ktr |
| | MVK 3 | 8475 | m3ktr | MVK 3 | 10 800 m3ktr |
| | Yhteensä: | 20 330 | m3ktr | | 25 500 m3ktr |
| Maanleikkausta (Sarastuskaari pl 300-870, Hehkukatu, Loistekatu, Sädekuja ja Neulaniementie) | | | | | |
| Yhteensä: | | 55 122 | m3ktr | | |
| Pengerrystä (Sarastuskaari pl 300-870, Hehkukatu, Loistekatu, Sädekuja ja Neulaniementie) | | | | | |
| Yhteensä: | | 38 396 | m3ktr | | |
| Massat yhteensä: | | 113 848 | m3ktr | | |

Kuvassa 9 on esitetty tarkasteltavana ollut alue Sarastuskaaren paaluväleillä 300-870. Eroavaisuuksia suunniteltujen ja toteutuneiden määrien välillä on ollut lähinnä vain massanvaihto alueilla 2 ja 3. MVK2 ja MVK3 alueet sijoittuvat tulevan kiertoliittymän ja kahden alikulkusillan alueelle (kuva10).



Kuva 9. Opinnäytetyössä tarkasteltu Sarastuskaaren-alue (muokattu lähteestä Maanmittauslaitos)



KUVA 10. Massanvaihtoalueet MVK2 ja MVK3 Hehkukatu (muokattu lähteestä Mestar)

Massanvaihto alueiden täyttö tehtiin louheella ja siinä huomioitiin, että alueiden läheisiä rakennuksia on tarkoitus perustaa myöhemmin paaluttaen. Louhetäytön raja ei saanut ylettyä liian lähelle tulevia rakennuksia, ettei siitä ole haittaa myöhemmin paalutukselle. Tilanne hahmottuu suunnittelijan havainnekuvasta (kuva 11).

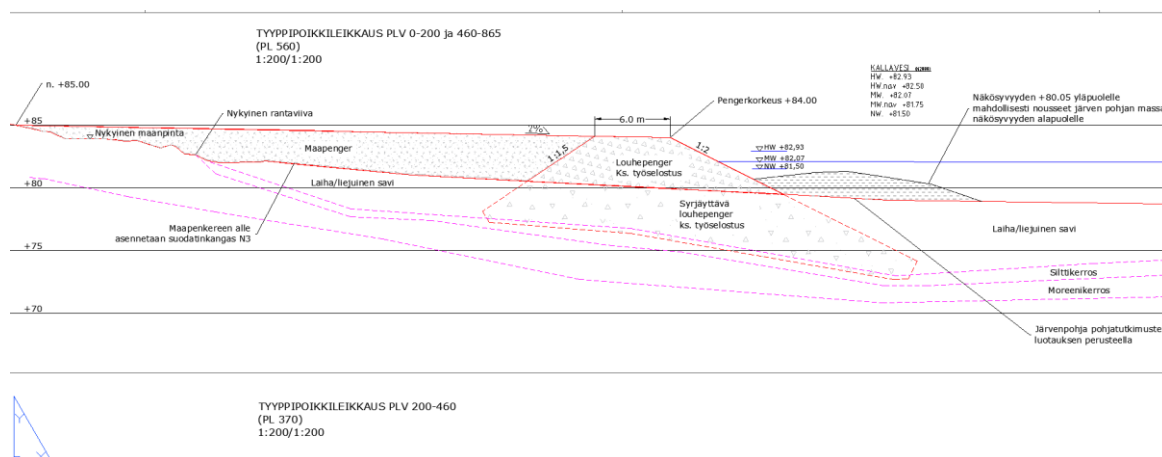


KUVA 11. Sarastuskaari (muokattu lähteestä Savilahti suunnittelu & rakentaminen)

4.3 Viinaniemi

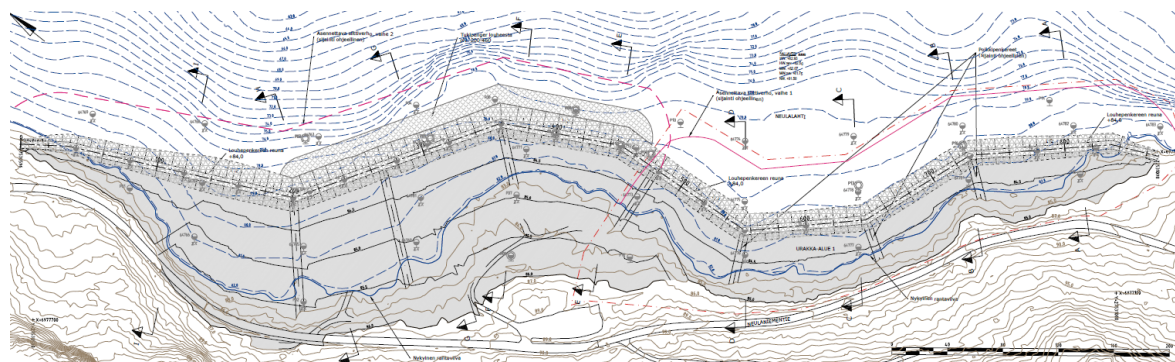
Savilahden maanrakentamisesta syntyvien ylijäävien maa-ainesten vuoksi alueelle on päätetty rakentaa virkistysalue pengertäen Viinaniemeen. Tämän myötä saadaan merkittävää hyötyä ylijäävien massojen kuljetukseen. Lyhyen kuljetusmatkan ansiosta kuljetuskustannuksissa saadaan säästöä noin miljoona euroa. Lisäksi lyhyestä kuljetusmatkasta syntyy merkittävästi vähemmän päästöjä, kuin jos ne kuljetettaisiin maankaatopaikalle Heinjoelle. Alueen liikenne rauhoittuu vähäisemmän kuorma-autoliikenteen ansiosta, jonka vuoksi myös meluhaittaa ja pölyhaittaa syntyy vähemmän.

Viinaniemen pengerrys on kuitenkin hyvin haastava kohde. Heikosti kantava maapohja vaatii reunapenkereen tekemisen täytettävälle alueelle. Reunapenkereet tehdään louheesta. Pohjamaa (kuva 12) koostuu järvenpohjasta alaspäin lueteltuna laihasta-savesta, ohuesta silttikerroksesta ja moreenista. Laihan / liejuisen savikerroksen paksuus on enimmillään järvenpohjasta alaspäin jopa 4 metriä. Reunapenkereen tekemisellä rajataan täytettävä alue, varmistetaan reunan stabiilitetti ja estetään sedimentin leviämistä alueen vesistöön. Lisäksi alue on varmistettava aiemman puolustusvoimien toiminnan vuoksi räjähteistä ja ylimääräistä kaivua on vältettävä. (FCG Työselostus 10.5.2019, 10.)

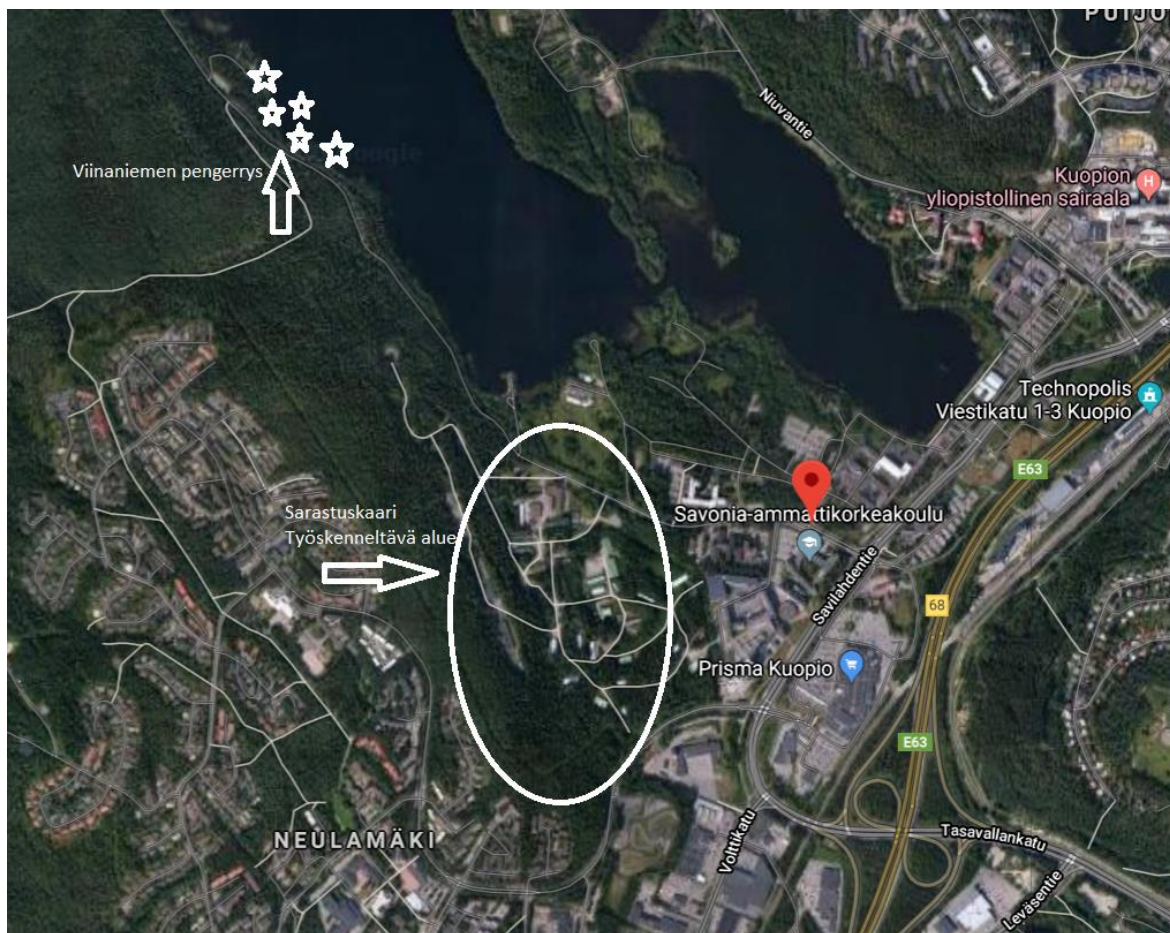


KUVA 12. Pengerrettävän alueen heikoimpia kohtia PL 560 (FCG poikkileikkaus, 2019)

Alue ositellaan pienempiin osiin päätypenkereiden ja poikkipenkereiden avulla. Näin voidaan seurata alueen massamenekkiä. Reunapengerrystä tehdään ylimääräisen käytössä olevan louheen myötä jaksoittain (kuva 13). Pengerrystä toteutetaan savilahdesta ylijäävien massojen mukaisesti.



KUVA 13. Viinaniemen pengerrys (FCG suunnitelmakartta 2019)



KUVA 14. Sarastuskaaren alue ja Viinaniemen sijainti. (Muokattu lähteestä Google maps)

4.4 Massojen kuljetuskustannukset

Viinaniemen pengerryksen kapasiteetti on suunniteltu koko Savilahti hanketta ajatellen. Suunnitellut massamäärät ovat 150 000 m³rtr moreenia ja 110 000 m³rtr louhetta. Kuten aiemmin mainittu, pengerryistä tehdään kuitenkin ylijäämämassoja toteuman mukaan vaihteittain. Tässä työssä tarkastellulta alueelta syntyy vain osa tulevasta kokonaisuusmassamäärästä.

Pengerretyn moreenipinnan mittaus on suoritettu 21.2.2020. Täyttöä on siihen mennessä ollut noin 50 000 m³. Kuljetuskustannuksia, polttoainekustannuksia sekä päästöjä on tässä työssä vertailtu edellä mainitun toteuman mukaisesti. Taulukossa 5 on vertailtu Heinjoen ja Viinaniemen etäisyyksistä johtuvia eroja polttoainekustannusten ja päästöjen osalta. Taulukossa 6 kuljetuskustannuksia on vertailtu kuorma-auton tuntiveloituksen ollessa 65 € / tunti. Matkan edestakainen kestoarvio perustuu työmaalta saatuihin havaintoihin.

TAULUKKO 5. Polttoainekustannukset ja päästöt

| Heinjoen läjitysalueelle | | | Viinaniemen pengerrys | | |
|-------------------------------------|--------------------|--------------|-------------------------------------|--------------------|-----------|
| Polttoaineen kulutus | 35 litraa / 100 km | | Polttoaineen kulutus | 35 litraa / 100 km | |
| | 1,35 € / litra | | | 1,35 € / litra | |
| Moreeni/ylijäämämaat | 50000 m3 | 1,7t / m3 | Moreeni/ylijäämämaat | 50000 m3 | 1,7t / m3 |
| Kuljetettava määrä | 87500 tonnia | | Kuljetettava määrä | 87500 tonnia | |
| Yksi kuorma | 18 tonnia | | Yksi kuorma | 18 tonnia | |
| Kuljetuksien määrä | 4861 kpl | | Kuljetuksien määrä | 4861 kpl | |
| Matka edestakaisin: | 32 km | | Matka edestakaisin: | 4 km | |
| Matka yhteensä: | 15556 km | | Matka yhteensä: | 19444 km | |
| Polttoaineen kulutus yhteensä | 54444 litraa | | Polttoaineen kulutus yhteensä | 6806 litraa | |
| Polttoaineen kustannukset (1,35€/l) | 73500 euroa | | Polttoaineen kustannukset (1,35€/l) | 9188 euroa | |
| Polttoaineen kustannukset €/m3 | 0,84 euroa / m3 | | Polttoaineen kustannukset €/m3 | 0,11 euroa / m3 | |
| Pienhiukkaspäästöt | 0,2 g / km | | Pienhiukkaspäästöt | 0,2 g / km | |
| Yhteensä: | 31 kg | | Yhteensä: | 4 kg | |
| CO2-päästöt | 1186 g / km | | CO2-päästöt | 1186 g / km | |
| Yhteensä: | 184489 kg | | Yhteensä: | 23061 kg | |
| | | EROTUS: | | | |
| | Matka | 136111 km | | | |
| | Polttoaine | 47639 litraa | | | |
| | Polttoaine € | 64313 euroa | | | |
| | Pienhiukkaspäästöt | 27 kg | | | |
| | CO2-päästöt | 161428 kg | | | |

TAULUKKO 6. Kuljetuskustannukset

| Heinjoen läjitysalueelle | | | Viinaniemen pengerrys | | |
|--------------------------------|-------------------|--------------|--------------------------------|------------------|-----------|
| Kuorma-auto tuntiveloitus | 65 € / tunti | | Kuorma-auto tuntiveloitus | 65 € / tunti | |
| | 1,1 € / minuutti | | | 1,1 € / minuutti | |
| Moreeni / ylijäämämaat | 50000 m3 | 1,7t / m3 | Moreeni / ylijäämämaat | 50000 m3 | 1,7t / m3 |
| Kuljetettava määrä | 87500 tonnia | | Kuljetettava määrä | 87500 tonnia | |
| Yksi kuorma | 18 tonnia | | Yksi kuorma | 18 tonnia | |
| Kuljetuksien määrä | 4861 kpl | | Kuljetuksien määrä | 4861 kpl | |
| Matka edestakaisin: | 45 minuuttia | | Matka edestakaisin: | 16 minuutti | |
| Matka yhteensä: | 218750 minuuttia | | Matka yhteensä: | 77778 minuuttia | |
| Kuljetuskustannukset | 240625 euroa | | Kuljetuskustannukset | 85556 euroa | |
| Kuljetuskustannukset € / tonni | 2,8 euroa | | Kuljetuskustannukset € / tonni | 1 euroa | |
| Kuljetuskustannukset € / m3 | 4,8 euroa / m3 | | Kuljetuskustannukset € / m3 | 1,7 euroa / m3 | |
| | | SÄÄSTÖÄ: | | | |
| | Säästöä | 3,1 € / m3 | | | |
| | Säästöä yhteensä: | 155069 euroa | | | |

5 YHTEENVETO JA HYÖDYLLISYYS

Opinnäytetyön tavoitteena oli antaa yleiskatsauksen maanrakennustyömaalla käytettävistä massoista sekä niiden hallinnan merkityksestä. Kaivukaluston valintaan vaikuttavat kaivettavuus, massamäärät, työskenneltävä tila ja kaivusvyvydet. Kuljetuskalusto valitaan massamäärien mukaisesti, toisinaan myös kuljetettavan materiaalin ominaisuuksien mukaisesti. Aikataulu määräytyy pääosin käytävissä olevien resurssien, massamäärien ja kuljetusmatkojen mukaisesti. Hankkeen talouden ja toimivuuden kannalta voidaan saada merkittävää hyötyä jo yksistään huolellisella ylijäämämassojen käytön suunnittelulla. Tilanne on sitä parempi ja edullisempi mitä lähemmäksi ylitse jäävät massat saadaan hyödynnettyä.

Työn esimerkkikohteessa Kuopion Savilahdessa, Viinaniemen pengerrys on ollut oivallinen ratkaisu ylijäämämassojen käyttöön. Uutta virkistysaluetta voisi olettaa tervetulleeksi valmistuvaan Savilahden keskittymään. Viinaniemen läheisyydessä ei toistaiseksi ole asutusta eikä vilkasta liikennettä. Näin ollen rakentamisesta ei aiheudu suurta haittaa alueella. Päästöjä syntyisi moninkertainen määrä kuljetusmatkojen kasvaessa, mikäli ylijäämämassat kuljetettaisiin Heinjoelle maankaatopaikalle. Kuljetuskustannuksissa pelkästään polttoaineiden osalta on säästetty noin 65 000 euroa tämän ratkaisun myötä, kun pengerryksestä on tehty vasta noin yksi kolmasosa. Tämän työn kustannusvertailuiden arvot kolminkertaistuvat, mikäli pengerryksestä myöhemmin tulee määrältään suunnitellun mukainen. Turvallisuuteen on saatu parannusta ottaen huomioon alueen keskeinen sijainti ja tarvittavien kuorma-autojen määrän väheneminen. Geoteknisesti Viinaniemi on kantavuuden ja stabiliteettiinsa kannalta haasteellinen, aika näyttää onnistumisen näiden osalta myöhemmin.

Opinnäytetyöstä saatujen tulosten perusteella saadaan yleistä käsitystä massavirtojen hallintaan vaihtoehtoisella menettelyllä. Työn esimerkkikohteessa vaihtoehtoinen ratkaisu on ollut Viinaniemen pengertäminen. Tämä on edellyttänyt luvittamista ja kasvattanut kustannuksia. Kuitenkin ylijäävien massamäärien ollessa näin suuria, tämä ratkaisu on taloudellisesti kannattavampi, kuin massojen kuljettaminen maankaatopaikalle. Säästöä syntyy noin miljoona euroa. Jatkossa tämän suuruusluokan hankkeissa, voidaan hyödyntää opinnäytetyössä esille tulleita tuloksia. Tuloksissa selviää, kuinka merkittävä summa säästöä voidaan suuressa projektissa saada yksistään kuljetusmatkojen lyhenemisellä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Jätekukko julkaisuaika tuntematon. Verkkojulkaisu. <https://www.jatekukko.fi/palvelut/kuopion-jatekeskus/jatteiden-kasittely/kiviainesten-kasittely.html>. Viitattu 20.2.2020.

Jääskeläinen, Raimo 2011. Geotekniikan perusteet. Jyväskylä: WS Bookwell Oy

Jääskeläinen, Raimo 2010. Maarakennuksen ja louhinnan perusteet. Porvoo: WS Bookwell Oy

Jääskeläinen, Raimo 2009. Pohjarakennuksen perusteet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Korhonen, Kalle-Heikki, Tammirinne, Markku, Gardemeister, Reijo 1974. Geotekninen maaluokitus. Otaniemi: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Pdf-tiedosto. Julkaistu 1974. https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/1970s/geotekniikan_tiedonanto_14.pdf. Viitattu 20.2.2020.

Kuula-Väisänen, Pirjo 2010. Kivi -ja maa-aineksen ominaisuuksien määrittäminen ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Luentoesitys. Tampereen Tekninen yliopisto. <https://docplayer.fi/384774-Kivi-ja-maa-aineksen-ominaisuuksien-maarittaminen-ja-soveltuvuus-eri-kayttotarkoituksiin-pirjo-kuula-vaisanen-tty-maa-ja-pohjarakenteet.html>. Viitattu 2.3.2020.

Maanmittauslaitos julkaisuaika tuntematon. Verkkojulkaisu. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>. Viitattu 3.3.2020.

Mestar 2019. Mestarin vuosi 2019. Verkkojulkaisu. Päivitetty 10.1.2019. <https://mestar.fi/tiedotteet/mestarin-vuosi-2019/>. Viitattu 19.3.2020

Rakenneteollisuus 2005. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2005. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/jasenpalvelu/sahkoiset-julkaisut/tyomaakansio/tyomaakansio-5.pdf>. Viitattu 5.3.2020.

Savilahti julkaisuaika tuntematon. Verkkojulkaisu. <http://www.savilahti.com/kuopion-kasvun-karkihanke>. Viitattu 5.3.2020.

Teknologian tutkimuskeskus 2018. Verkkojulkaisu. Päivitetty 13.9.2018. <http://lipasto.vtt.fi/yksikko-paastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kamaanskatu.htm>. Viitattu 6.3.2020.

Tielaitos 1993. Kehittämiskeskus Helsinki. Pdf-tiedosto. Julkaistu 22.3.1993. https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf2/yleiset_perusteet.pdf. Viitattu 19.2.2020.

Uusiomaarakentaminen 2018. Verkkojulkaisu. Päivitetty 24.5.2018. <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/mit%C3%A4-uusiomaarakentaminen>. Viitattu 19.2.2020.