



Mia Airiainen

Selvitys massanvaihtoista: Espoon kaupunkirata

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

29.10.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Mia Airiainen
Otsikko: Selvitys massanvaihtoista: Espoon kaupunkirata
Sivumäärä: 48 sivua
Aika: 29.10.2024

Tutkinto: Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Infrarakentaminen
Ohjaajat: Lehtori Jari-Pekka Mustonen
Työnjohtaja Jussi Vanhala

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Destia Oy:n kanssa ja sen tarkoituksena oli tehdä selvitys viiden viikon ratakatkon aikana tehdyistä massanvaihtoista Espoon kaupunkiradalla. Työ on ensisijaisesti laadittu vain hanketta koskeviin massanvaihtoihin, koska se käsittelee toteutuksen aikana esiin tulleita ongelmakohtia. Selvityksen perusteella on tarkoitus pystyä kiinnittämään huomiota näihin epäkohtiin hankkeella paremman työsuunnittelun saavuttamiseksi tulevien massanvaihtojen suhteen. Opinnäytetyö on toteutettu perehtymällä hankkeen lähtötietoihin ja työselostukseen, näiden perusteella tehtyihin työsuunnitteluihin ja aikataulutuksiin sekä tehty selvitys työn toteutuksesta.

Opinnäytetyö alkoi massanvaihtojen suorittamisella ja sen aikana ilmenneet isoimmat ongelmakohdat otettiin tarkasteluun. Ongelmakohtiin perehtyessä ilmi tulivat lähtötietojen epäkohdat sekä riittävän ja monipuolisen suunnittelun puuttuminen. Suunnittelussa perimmäisenä syynä oli ajanpuute, jolloin kaikkea ei keritty ottamaan huomioon. Puutteelliset suunnitelmat eivät kuitenkaan olleet kriittinen virhe toteutuksen onnistumisen kanssa vaan enemmän vaikuttivat tehokkuuteen ja logistiikan onnistumiseen. Suunnittelua kehittämällä voidaan suoritusta parantaa tulevaisuudessa. Lähtötietojen poikkeaminen todellisuudesta vaikutti massanvaihtojen onnistumiseen sekä resursseihin.

Jatkossa enemmän tulisi siis kiinnittää huomiota riittävään suunnittelu aikaan, perusteellisiin pohjatutkimuksiin ja maastokatselmuksiin sekä resurssien oikeanlaiseen mitoittamiseen ja hallintaan.

Avainsanat: Massanvaihto, pohjatutkimukset, työsuunnittelu

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Mia Airiainen
Title: Report of Soil Replacements: Espoo Rail Line
Number of Pages: 48 pages
Date: 29.10.2024

Degree: Bachelor of Construction Management
Degree Programme: Construction Site Management
Professional Major: Infrastructure Construction
Supervisors: Jussi Vanhala, Foreman
Jari-Pekka Mustonen, Senior Lecturer

This thesis was conducted in collaboration with Destia Oy and aimed to assess the replacement of soil carried out during a five-week railway shutdown on the Espoo Rail Line project. The report focuses primarily on replacements of soil specific to this project, addressing issues that emerged during the execution phase. Based on the findings, attention can be directed towards these issues to improve work planning for future projects of soil replacements. The thesis was completed by reviewing the project's initial data and work descriptions, work planning and scheduling based on this information, and an evaluation of the work execution.

The thesis began with the performance of soil replacement, and the most significant issues that arose during this process were examined afterwards. The review of these issues highlighted shortcomings in initial data and the lack of sufficient and diverse planning. The main reason for these planning gaps was time constraints, preventing all factors from being fully considered. Although the incomplete plans did not critically impact the project's success, they affected the efficiency and logistics of execution. By enhancing planning, performance can be improved in the future. The differences between initial data and actual conditions affected the success and resources of the soil replacements.

In the future, more attention should be paid to guaranteeing sufficient planning time, thorough ground investigations and site surveys, as well as appropriate resource allocation and management.

Keywords: Replacement of soil, soil survey, work planning

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	2
1.1	Opinnäytetyön tausta	2
1.2	Opinnäytetyön tavoite	2
1.3	Opinnäytetyön rajaukset	2
2	Espoon Kaupunkirata	3
3	Massanvaihdon teoriaa: pohjatutkimukset, massanvaihto ja rautatien rakentaminen	4
3.1	Pohjatutkimukset	4
3.1.1	Pohjatutkimusmerkinnät	5
3.1.2	Kairausmenetelmät	6
3.1.3	Painokairaus	6
3.1.4	Puristinkairaus	8
3.1.5	Heijarikairaus	9
3.1.6	Puristin-heijarikairaus	10
3.2	Massanvaihto	12
3.2.1	Massanvaihto kaivamalla	12
3.2.2	Massanvaihto pengertämällä	13
3.2.3	Täyttömateriaalit	13
3.2.4	Materiaalimenekin tarkkailu	14
3.3	Rautatien rakentaminen	16
3.3.1	Rajoitukset kaivutyölle	16
4	Massanvaihdon toteutus ESKAlla	17
4.1	Alueurakan rakenne	18
4.2	Massanvaihdon suunnittelu	18
4.3	Resurssit	20
4.4	Massojen ja resurssien seuranta	23
4.5	Työmaatiet	24
4.6	Paalulaatta PL15	25
4.6.1	Lähtötiedot	25
4.6.2	Paalulaatan PL15 toteutus	27

4.6.3	Maaperän poikkeavuudet	29
4.7	Koivuhovin asema	31
4.7.1	Lähtötiedot	32
4.7.2	Koivuhovin aseman massanvaihdon toteutus	33
4.7.3	Maaperän poikkeavuudet	34
	Lopputulos	39
4.8	Suurimmat ongelmakohdat	39
4.8.1	Suunnittelu	39
4.8.2	Alkukartoitukset	40
4.8.3	Resurssien ja massojen seuranta	41
4.8.4	Työmaatiet	42
5	Johtopäätökset	42
6	Pohdinta	43
	Lähteet	45
	Kuvalähteet	47

Lyhenteet

AU:	Alueurakka. Espoon Kaupunkirata-hanke jaettu eri alueurakoihin.
EKR:	Eteläinen keskiraide, nykyinen raide
ESKA:	Espoon kaupunkirata-hanke
EsR:	Eteläisin raide, nykyinen raide
KM/KMV:	Kilometriväli
m3ktd:	Todellinen kiintotilavuus
m3ktr:	Teoreettinen kiintotilavuus
PKR:	Pohjoinen keskiraide
PLV:	Paaluväli
PsR:	Pohjoisin raide, toimii hankkeen mittaraiteena
RATO:	Ratatekniset ohjeet
TKHJ:	Tietokannan hallintajärjestelmä. Ohjelmisto tiedon tehokkaan hakemisen, säilyttämisen ja päivittämisen toteuttamiseksi.

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Espoon kaupunkirata-hankkeelle on tulevina vuosina tulossa lisää suuria massanvaihtoja. Vuonna 2024 oli viiden viikon ratakatkolla tehdyt massanvaihdot ensimmäinen näin isossa mittaluokassa. Toteutuksen aikana huomattiin useita epäkohtia, joihin koettiin olleen mahdollisuus vaikuttaa jo ennen toteutusta. Epäkohdat liittyivät töiden suunnitteluun, aikataulutukseen ja toteutuksen hallintaan. Tämän takia tarkempi tarkastelu massanvaihtojen suhteen on tarpeellista, jotta tulevaisuudessa osataan kiinnittää paremmin huomiota tekijöihin, jotka vaikuttavat massanvaihtojen sujumiseen ja työtä saadaan tehostettua sekä työsuunnittelua parannettua.

1.2 Opinnäytetyön tavoite

Tavoitteena opinnäytetyössä on laatia läpikäynti siitä, mitkä asiat vaikuttavat suurien massanvaihtojen suunnitteluun, toteutukseen ja toteutuksen seurantaan. Opinnäytetyössä käydään läpi, kuinka massanvaihdot sujuivat ensimmäisellä ratakatkolla, oliko sen suunnittelussa otettu huomioon kaikki asiat ja mitkä asiat rakentamisessa vaikuttivat eniten työn suorittamiseen. Näiden avulla olisi tarkoitus mahdollistaa seuraavien massanvaihtojen parempi sujuminen ja tehokkaampi toteutus, kun epävarmuutta tuovat tekijät on kartoitettu.

1.3 Opinnäytetyön rajaukset

Opinnäytetyö rajautuu Espoon kaupunkiradalla tehtyihin massanvaihtoihin, joten sitä ei voida käyttää suoraan muihin massanvaihtojen toteutuksiin. Sisältöön ei kuulu kulujen arviointia tai tarkkojen kaivuumäärien laskemista ja analysointia.

Sisältöön ei myöskään kuulu kehittää konkreettisia toimintatapoja mitä käyttää tulevilla katkoilla tai määrittää silloin käytettäviä resursseja ja suunnittelua.

Rautatiealueella työskentelyyn liittyvät turvallisuustekijät on jätetty opinnäytetyöstä pois, koska keskittyminen on rataliikennekatkon aikana tehtävästä työstä, jolloin turvamääräykset eivät ole käytössä. Massanvaihtoihin liittyvät rajoitukset etäisyydessä koskevat radan stabiliteettiin vaikuttavia tekijöitä.

Opinnäytetyössä tarkastellaan tarjousvaiheessa urakoitsijalle annettuja työkohtaisia työselosteita, suunnitelmia ja kartoituksia niiltä osin mikä liittyvät massanvaihtoihin.

2 Espoon Kaupunkirata

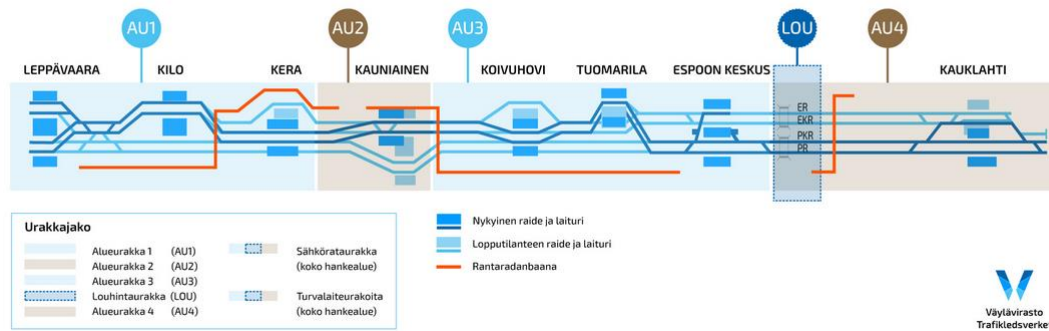
Espoon kaupunkirata on Väyläviraston, Espoon ja Kauniaisten kaupunkien hallinnoima hanke, jonka tarkoituksena on parantaa pääkaupunkiseudun junaliikennettä lisäämällä raiteiden määrää kahdesta neljään. Raiteita lisätään yhteensä noin 14 km matkalle Leppävaarasta Kauklahteen asti. Samalla uudistetaan asemien varustelutasoa sekä kehitetään liityntäpysäköintejä asemien luona. [1.]

Lisätyt raiteet mahdollistavat lähi- ja kaukoliikenteen junien erottamisen omille raiteilleen, jolloin junaliikenteen häiriöt pienentyvät sekä liikenne sujuvoituu. Tällä hetkellä kauko- ja lähiliikennejunat käyttävät samoja raiteita ja eri nopeuksilla kulkevat junat aiheuttavat liikennöinnin häiriöherkkyyttä. [1.]

Hankkeen rakentamissuunnittelu on alkanut jo vuonna 2021 ja rakentaminen aloitettiin alkuvuodesta 2024 [2.].

Hanke on jaettu erillisiin alueurakoihin (kuva 1), joita on yhteensä neljä kappaletta sekä lisäksi louhinta omana urakkanaan. Alueurakoilla on omat urakoitsijansa, jotka toteuttavat niillä olevat rakennustyöt. Näistä alueista kolmella, sekä louhintaurakalla, on aloitettu työt. [3.]

ESPOON KAUPUNKIRADAN URAKKAJAKO



Kuva 1 Kaupunkiradan urakkajako (Espoon kaupunkirata 2024).

Destian osuus hankkeella on AU3, tämä sisältää Koivuhovin, Tuomarilan ja Espoon keskuksen asemat ja niiden väliset alueet. Tällä alueella tehdään 4,5 km verran uutta kaksoisraidetta. Työt sisältävät pohjavahvistus- ja louhintatöitä, ja lankulun ja pyöräilyn väylien rakentamista sekä melusuojausten tekemistä. Tuomarilan ja Koivuhovin asema-alueille tehdään myös parannustöitä. [4.]

3 Massanvaihdon teoriaa: pohjatutkimukset, massanvaihto ja rautatien rakentaminen

3.1 Pohjatutkimukset

Pohjatutkimuksella yleisimmin puhutaan kokonaisuudesta, johon kuuluu vaaitus, rakennusalueen kartoitus ja varsinaiset pohjatutkimukset. Niiden tavoitteena on selvittää maaperäolosuhteet rakennuspaikalta, jotta suunnitellut rakenteen pohjarakennustyöt ja perustus rakenteet voidaan toteuttaa suunnitelmien mukaan ja turvallisesti. Tätä varten on tutkittava alueen maakerrokset ja niiden laatu, tutkia kallionpinta tai tiivis pohjakerros ja selvittää pohjaveden pintataso. Maaperän vedenläpäisevyys on myös pystyttävä selvittämään sekä päätellä pohjamaan routivuus. [5.]

3.1.1 Pohjatutkimusmerkinnät



Kuva 2 Tavallisimmat piirustusmerkit pohjatutkimuksista (Jääskeläinen 2011, s.237).

Pohjatutkimuksista tehdyille pisteille voidaan antaa symboli siitä, mitä piste esittää. Karttapiirustuksissa käytetään tavallisimmin kuvassa 2 olevia merkintöjä. Nämä kertovat millä kairauksella tutkimus on tehty, minkälainen näyte siitä on otettu ja mihin kairaus on päättynyt. [5.]

3.1.2 Kairausmenetelmät

Yleisimmät kairausmenetelmät kuvataan kuvassa 4, tässä myös listattuna niille sopivat käyttökohteet.

Kairausmenetelmän pääasiallinen käyttötarkoitus	Selvitettävä seikka	Kairausmenetelmät							
		Kallion pinnan sijainti	Tiiviin pohjakerroksen sijainti	Tiiviydeltään erilaisten maakerrosten rajat	Maakerrosten lujuus likimäärin	Maakerrosten lujuus tarkasti	Maakerrosten tiiviyys likimäärin	Maalajiryhmä	Lyöntipaaluupituuden arviointi
●	○	○	●	●	○		●	●	○
		○	●	○	○		●	○	●
			○	●	●		●	●	○
						●			
		○	●					○	○
		●	○						○

Kuva 3 Yleisimmät kairausmenetelmät ja niiden suositeltava käyttö pohjatutkimuksista (Jääskeläinen 2011, s.243).

Vaikka kairauksilla voidaan erottaa maakerroksia toisistaan, vaaditaan maalajin nimeämiseen aina näyte. Kairauksilla voidaan kuitenkin saada likimääräinen käsitys maalajiryhmästä, esimerkiksi käyttämällä paino- tai puristinkairausta. [5.]

Seuraavaksi käydään läpi tarkemmin paino-, heijari- ja puristinkairausta, koska näillä saadaan moninaisimmat tulokset maalajeista.

3.1.3 Painokairaus

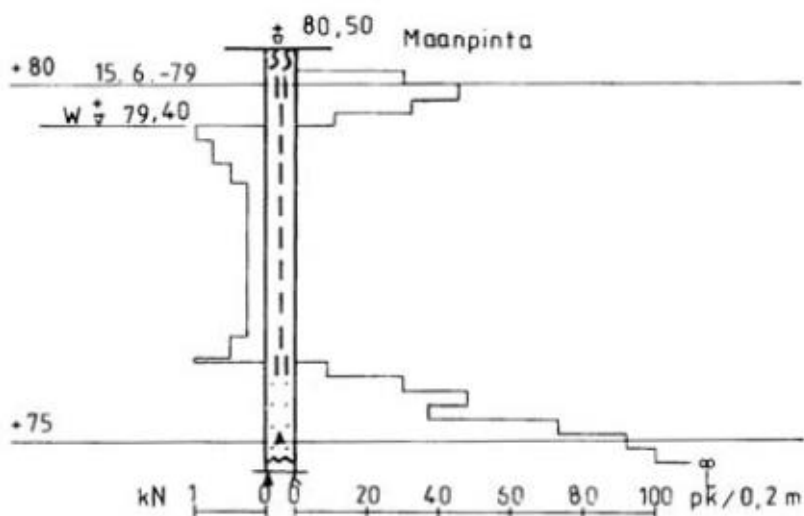
Suomessa yleisimmin käytetty kairausmenetelmä on painokairaus. Sitä voidaan käyttää pehmeistä aina keskitiiviiseen moreeniin asti. Se toteutetaan

liikkuvilla monitoimikairauskoneilla ja kairan päässä on kierteellinen kärki. Sen toiminta perustuu kolmeen eri toimintoon: pelkillä painoilla painumiseen, kiertämiseen ja lopuksi lyömiseen. [5.]

Painoilla painumisessa ideana on mitata minimipainomäärää millä kaira painuu. Kairaan luodaan kuormitussarja: 5–15–25–50–75–100 kg, nykylaitteilla tämä voidaan toteuttaa laitteiden hydraulikalla. Kaikki painumajaksot kirjataan ylös. Painoja vähennetään ja lisätään painuman nopeuden mukaan, jos se on yli 50 mm/s tulee painoja vähentää. Alle 20 mm/s nopeuksia voidaan odottaa vain täysillä painoilla. [5.]

Painumisen loputtua täysillä painoilla alkaa kiertäminen. Se mitataan puolikierröksinä ja mahdollisuuksien mukaan kiertoa tehdään niin kauan, että painumaa on 20 cm. Tässä välissä kirjataan ylös kärjen syvyys sekä puolikierrokset. Kiertämisen aikana kaira voi lähteä painumaan ilman kiertämistä, tällöin painot poistetaan ja aloitetaan uudelleen etsimään minimipainomäärää. Kiertämistä jatketaan taas sen jälkeen. [5.]

Kun on saavutettu tilanne, jossa kaira ei painu alaspäin enää kiertämälläkään aloitetaan kairan lyöminen. Ennen lyömistä kaikki painot otetaan pois ja väliinään käytetään tähän suunniteltua nuijaa. Lyömistä ei voida aloittaa ennen kuin pyörittämiseen on tarvittu yli 100 puolikierrosta 20 cm kohti. Kairaus päättyy, kun kaira ei painu enää edes lyömällä. [5.]



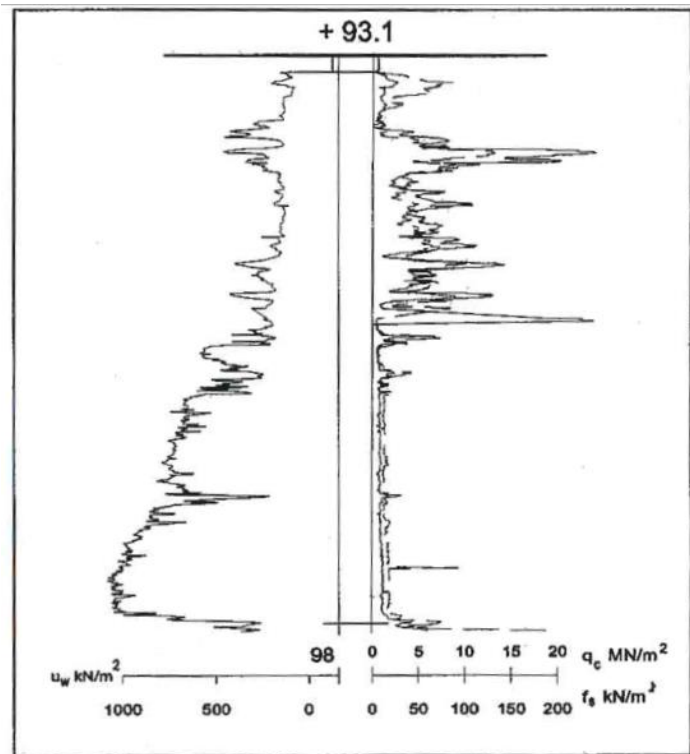
Kuva 4 Painokairausdiagrammi pohjatutkimuksista (Jääskeläinen 2011, s.249).

Painokairauksen diagrammissa (kuva 4) painoilla edennyt kairaus piirretään keskellä olevan maalajipylvään vasemmalle puolelle ja oikealle puolelle kiertämällä tulleet painumat. Mittakaava on kuvaajassa 1:100. [5.]

3.1.4 Puristinkairaus

Puristinkairauksessa sen perusidea on hyvin selkeä. Siinä kärkikappaletta puristetaan vakionopeudella maahan ja mitataan paljon voimia on vaadittu milläkin syvyydellä. Näillä mitatuilla voimilla voidaan kertoa maan ominaisuuksia. Puristinkairaus tarjoaa tarkempaa tietoa kuin painokairaus. Sen käyttökohteina ovat kivettömät ja pehmeät maat. Jos maalaji on soraa karkeampaa ei se Suomessa enää sovellu siihen. [5.]

Kairaukset suoritetaan joko monitoimikairoihin tai muihin koneisiin liitettävillä yksiköillä. Kairauksessa kärkeä painetaan maahan 20mm/s nopeudella ja sähköinen laitteisto suorittaa mittausta jatkuvasti. Laitteissa on määritelty suurin puristusvoima, jota ei saa ylittää. Kun tämä maksimivoima saavutetaan, niin puristinkairaus päättyy. [5.]



Kuva 5 Puristinkairauksen diagrammi pohjatutkimuksista (Jääskeläinen 2011, s.265).

Puristinkairauksessa diagrammin (kuva 5) vasemmalle puolelle muodostuu huokoisvesikuvio ja oikealle kärkivastuskuvio. Huokoisvesikuvioista voidaan nähdä, onko maalaji savipitoista koska tällöin huokoispaine on kohonnut, se kertoo myös, kun maa-aines muuttuu hienorakeisemmaksi. Lähtökohtaisesti kärkivastus kasvaa, kun maa muuttuu karkeammaksi ja tiiviimmäksi. [5.]

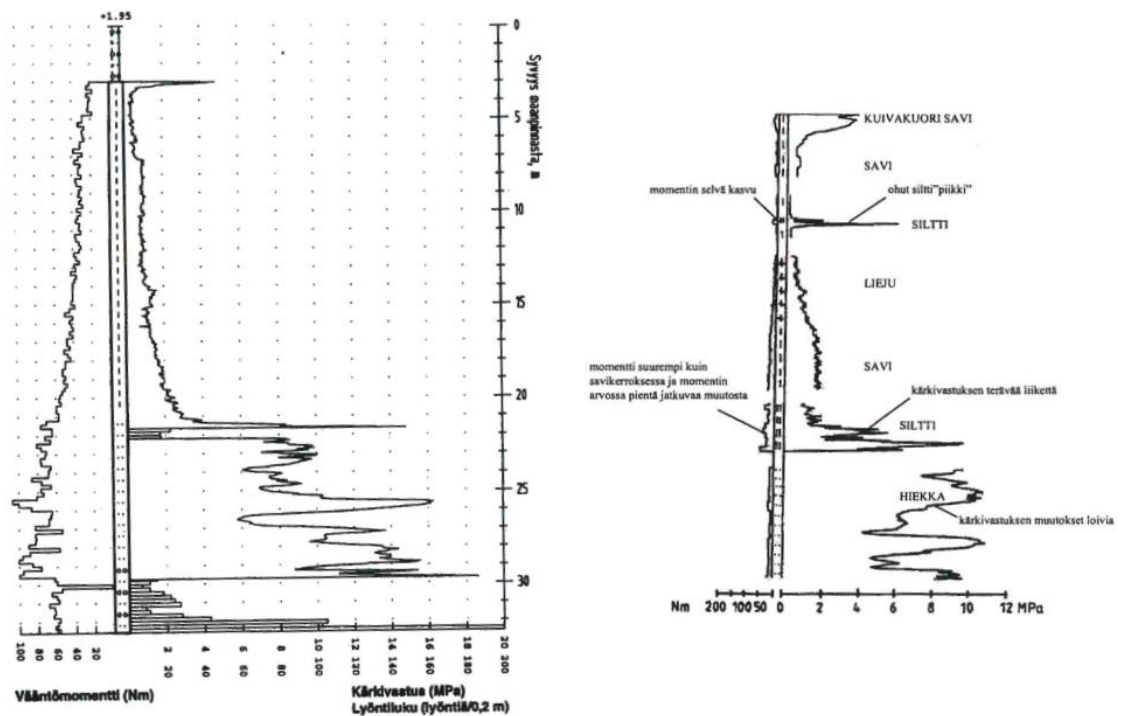
3.1.5 Heijarikairaus

Heijarikairaus sopii parhaiten tiiviille maalle. Jos maa on liian pehmeää tai löyhää ei sillä voida erottaa eri maakerroksia toisistaan tai mitata niiden ominaisuuksia luotettavasti. Tähän voidaan vaihtaa pohjatutkimuksissa, kun painokairauksella ei enää päästä kunnolla tunkeutumaan maahan. [5.]

Heijarikairauksessa tietyn painoista heijaria pudotetaan aina samasta korkeudesta kairatangon pidikettä vasten. Maan lujuusominaisuuksista saadaan

kattamaan koko maaperäasteikko pehmeistä maista aina kiviseen soraan. Kairaus aloitetaan alkukairauksella, jossa tiivis pintakerros poistetaan. Tämän jälkeen jatketaan puristiskairauksella, kunnes päästään suurimpaan saavutettavaan puristusvoimaan. Kun tämä on saavutettu, vaihdetaan heijarikairaukseen. [5.]

Jos heijarikairauksessa lyöntien määrä vähenee alle 5 lyöntiin 20 cm kohti tai sen alle, kun tarkastellaan 40 cm matkaa, niin kairauksessa vaihdetaan takaisin puristinkairaukseen. Puristin-heijarikairaus tulee aina päättää heijarikairaukseen. [5.]



Kuva 7 Puristin-heijarikairauksen diagrammi ja eri maalajien aiheuttamia vastuskuvia (Jääskeläinen 2011, s.269).

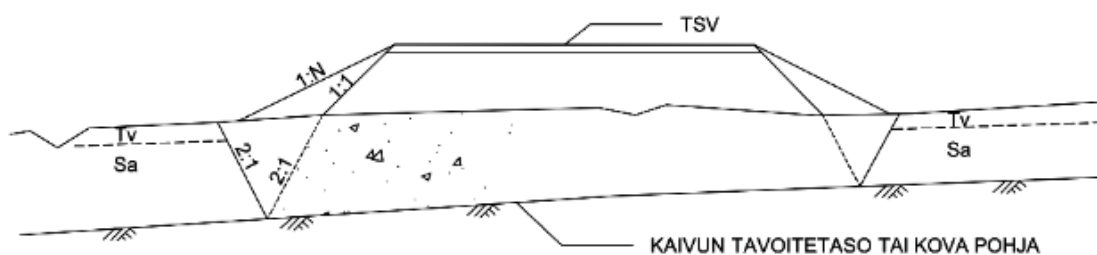
Maalajit voidaan tunnistaa lukemalla kärkivastuksen suuruutta sekä vääntömomentin ja kärkivastuksen suhdetta [5].

3.2 Massanvaihto

Massanvaihdolla tarkoitetaan huonosti kantavan tai paljon kokoonpuristuvan pohjamaan vaihtoa joko kokonaan tai osittain paremmin kantavaan materiaaliin. Se voidaan jakaa kahteen pääryhmään perusmaan poistotapojen perusteella: kaivamalla tai pengertämällä tehtävään massanvaihtoon. [6.]

3.2.1 Massanvaihto kaivamalla

Massanvaihdot voidaan tehdä joko kaivamalla kovaan pohjaan saakka tai määräsyvyyteen (kuva 8), tällöin kyseessä on osittainen massanvaihto. Kaivaminen rajoittuu 3–5 metrin syvyyteen, mutta myös 10 metriin pääseminen on mahdollista. Tämä tosin vaatii tarkkaa suunnittelua ja huomion kiinnittämistä työolosuhteisiin ja -turvallisuuteen. Tässä myös vaikutuksen ympäristöön ovat merkittävämmät. [7.]

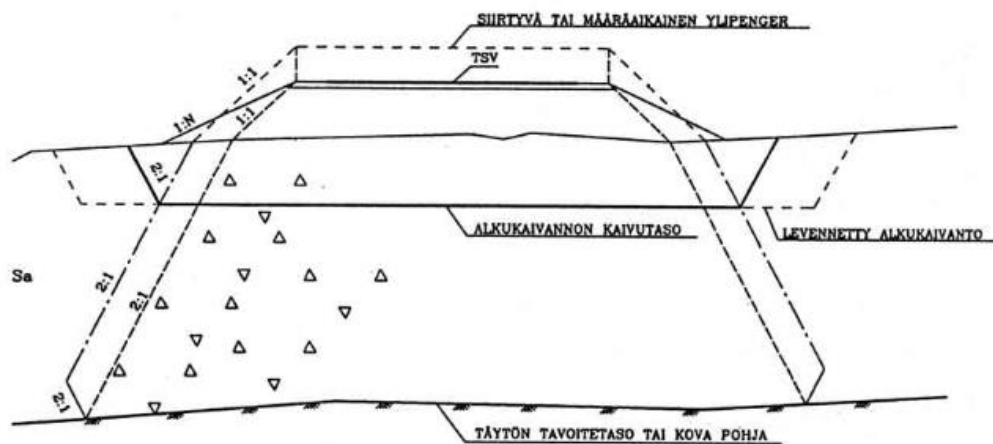


Kuva 8 Massanvaihto kaivamalla (Liikennevirasto 2011).

Koska kaivussyvyys on matala, soveltuu kaivamalla tehtävä massanvaihto parhaiten maastoon, jossa kova tai tarpeeksi kantava pohja on heti vaihdettavan massan alla. Näitä ovat matalat ja lyhyehköt pehmeiköt tai suot. Näissä tarpeeksi kantava pohja on usein välittömästi turpeen alla. Kaivamalla voidaan myös tehdä massanvaihdot paalutettujen alueiden päihin, jos paalupituudet ovat lyhyet sekä herkästi vaurioituvien rakenteiden läheisyyteen. [7.]

3.2.2 Massanvaihto pengertämällä

Kun massanvaihto tehdään pengertämällä, puhutaan pohjaantäytöstä. Tässä alueelle ajetaan täyttömateriaali syrjäyttää sekä puristaa pehmeät maa-ainekset penkereen eteen ja sivuille (kuva 9). Ylös nousseet massat kaivetaan pois pengertämisen aikana. Jotta pengerrys saadaan toimimaan, tulee maapohjan kuorimituksen olla vähintään murtotilakuorimituksen verran. [8.]



Kuva 9 Pengertämällä tehtävä massanvaihto (Liikennevirasto 2011).

Pengertämällä on mahdollista tehdä paljon syvempiä massanvaihtoja kuin kaivamalla. Tässä tavallisesti syvyydet ovat 5–10 metrin välillä, mutta onnistuneesti on toteutettu jopa melkein 20 metrin syvyisiä pohjaantäytöjä. [8.]

3.2.3 Täyttömateriaalit

InfraRYL määrittelee täytöille materiaalit, mutta näitä voidaan täydentää suunnitelma-asiakirjoissa.

Kaivamalla tehtyihin massanvaihtoihin täyttömateriaalina voidaan käyttää hiekamoreenia, hiekkaa tai karkeampia maalajeja tai louhetta. Louheen koolle on asetettu suurin sallittu raekoko (kuva 10). Tämä määräytyy etäisyyden mukaan

louhepenkereen yläpinnasta. Täytöissä tulee ottaa huomioon, tuleeko alueelle mahdollisesti paaluttamista, jolloin täyttömateriaali pitää olla sellaista, että paalut läpäisevät sen. [9.]

Etäisyys louhepenkereen yläpinnasta	Suurin sallittu lohkokoko, mm		
	≤ 1 m	1...3 m	> 3 m
Tie	250 ²⁾	600	900
Katu	250 ²⁾	600	900
Rata ¹⁾	250 ²⁾	300	300

¹⁾ Ratapenkereissä louhetta voidaan käyttää pengertäytteenä, kun penkereen korkeus on vähintään 1 m.

²⁾ Rakeisuusvaatimus on *luvun 21210 taulukon 21210:T5* mukainen.

Kuva 10 InfraRYLin määritelmä louheen raekoosta (InfraRYL 2024).

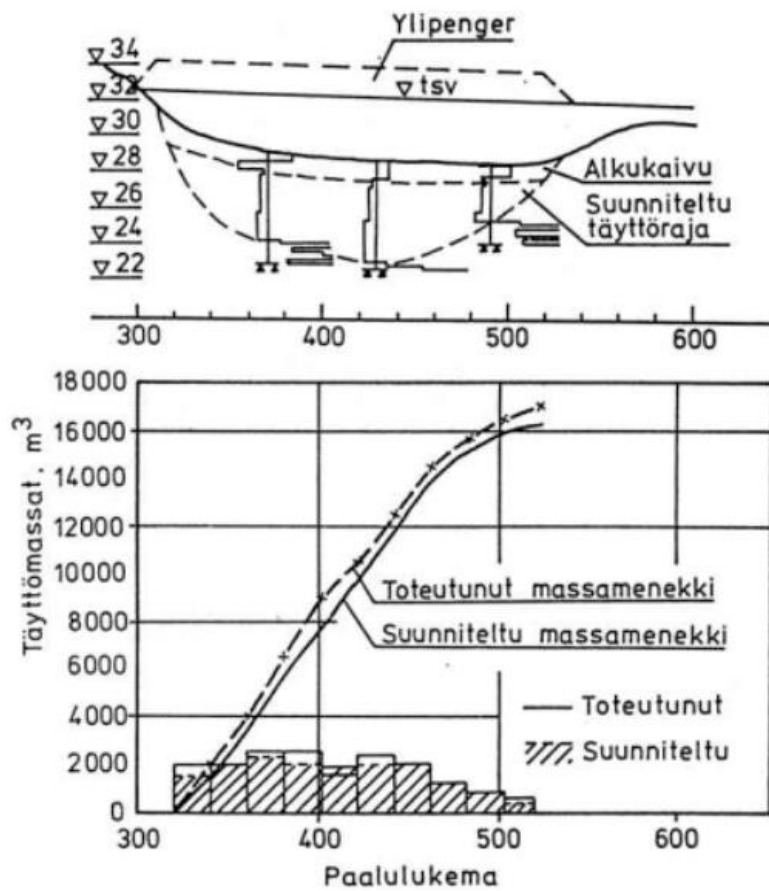
Pengertämällä tehtäviin vaihtoihin käytetään tierakenteissa karkeaa kitkamaata tai louhetta. Muuten täytöt tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaan [8].

Jos täytöissä halutaan käyttää uusiomateriaaleja, on näiden sovelluttava käyttökohteeseen tilaajan hyväksymien suunnitelmien mukaan teknisiltä ominaisuuksiltaan kuin maanrakennuskelpoisuudeltaan. [9.]

3.2.4 Materiaalimenekin tarkkailu

Massanvaihdossa menekkiä tulisi seurata, jotta voidaan havaita erot toteutuksen ja suunnitellun menekin välillä. Seuranta voidaan toteuttaa

massamenekkikäyrän avulla. Toteutuneet määrät voidaan myös selvittää laske-
malla leikkausmassojen määrät (kuva 11) tai ajoneuvokuormat. [7.]



Kuva 11 Massamenekkikäyrä (Liikennevirasto 2011).

Jos toteutuneet määrät ovat suurempia kuin suunnitellut, voi syynä olla pohja-
tutkimusten epätarkkuus, kaltevassa paikassa massojen liukuminen sivuille,
massojen ulottuminen syvemmälle kuin tavoitetaso. Kalliokohoumat, liian jyrkät
luiskat tai tavoitetasoa ylemmäs jääneet maamassat taas vähentävät toteutu-
neita määriä. [7.]

3.3 Rautatien rakentaminen

Liikenneviraston mukaan rautatie jaetaan aina joko uuteen tai vanhaan rataan. Määritelmässä uusi rata on uuteen paikkaan rakennettava junareitti, jossa sellaista ei aiemmin ole ollut. Vanhaksi radaksi katsotaan kaikki mikä ei ole uuden radan määritelmän mukaista. [10.]

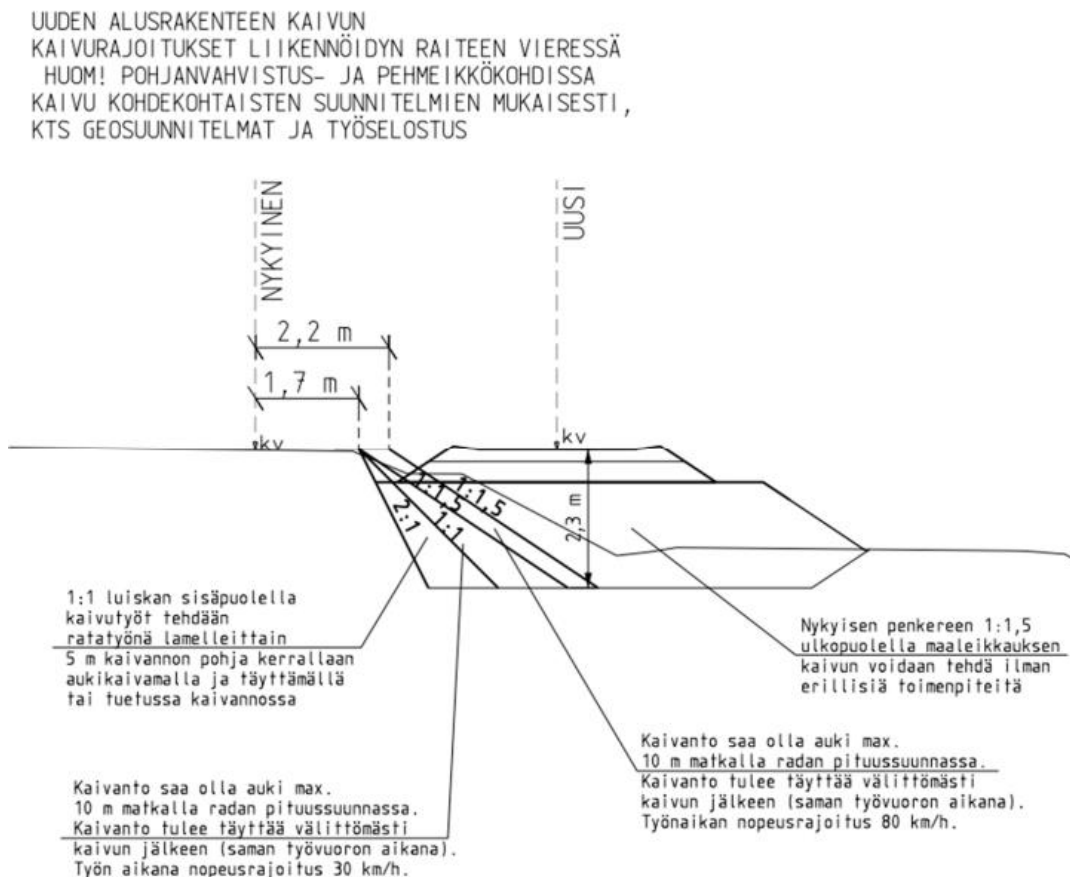
Vanhalle radalle suunniteltaessa uutta rakennetta tai vanhojen rakenteiden korvaamista uusilla, tulee rakenteet suunnitella kuin siihen rakennettaisiin uusi rakenne kokonaan. [10.]

Kun halutaan määrittää vanhan radan kykyä kestää kuormia tai halutaan korjata rakennetta, tulee rakenteet mitoittaa kuten uudelle radalle, mutta junakuormat määritellään standardin SFS-EN15528/15 mukaan. Täysin uutta rakennetta tehtäessä junakuormat lasketaan kuormakaavio LM71 mukaan. [10.]

3.3.1 Rajoitukset kaivutyölle

Ratatyölupa vaaditaan aina, jos kaivutyöt vaikuttavat rautatieliikenteeseen tai sen liikennöitävyyteen, radan vakauteen, raidegeometriaan tai sähkörataan. Kun kaivutöitä suoritetaan, on raiteen kuntoa ja stabiiliteettia seurattava. [11.]

Ratateknisissä RATO 13 määräyksissä ohjeissa on määritelty radan rakenteille toleranssit, joita niissä saa esiintyä siirtymien suhteen ja joita ei missään nimessä saa ylittää. Jos siirtymiä tulee radan rakenteisiin, tehdään näistä ilmoitus kunnossapitäjälle, joka arvioi virheluokan ja sen perusteella toimenpiteet. [12.]



Kuva 12 Työselosteessa oleva kaivurajoitus liikennöiden raitteen viereen (Ramboll Oy, Afry Oy 2023).

Jotta välttyttäisiin radan rakenteiden siirtymiltä, on suunnitelmissa määritelty radan viereen tehtäville leikkuille ohjeistukset luiskien kaltevuuksista sekä siitä, kauan kaivanto saa olla auki ja kuinka pitkältä matkalta (kuva 12).

4 Massanvaihdon toteutus ESKAilla

Opinnäytetyössä keskityn käymään läpi viiden viikon katkon aikana toteutetut massanvaihdot, jotka tehtiin vanhojen kiskojen alapuolelle ja viereen tehtävän paalulaatan alle sekä Koivuhovissa tehtyyn pienemmän alueen massanvaihtoon.

Ratakatkolla tarkoitetaan aikaa, jolloin junaliikenne on kokonaan lopetettu kiskoilta ja niihin liittyviä rakenteita on voitu purkaa rakennustöitä varten.

Ratarakenteet ja niihin liittyvä tekniikka on oltava palautettuna tiettyyn päivään mennessä, jotta ehditään testaamaan liikenteen toiminta. Vuonna 2024 ratakatko ajoittui aikavälille 24.6.–29.7.

4.1 Alueurakan rakenne

Alueurakka on sisäisesti selkeyden vuoksi jaettu kolmeen eri lohkoon maatoiden osalta. Muut taitolajit toimivat koko alueella, mutta maatoissa jokaisella loholla on omat työnjohtajansa ja yhteinen vastaavatyönjohtaja. Lohkojen alueet jakautuvat karkeasti seuraavanlaisesti

- Lohko 1 Kauniainen – Turunväylä
- Lohko 2 Turunväylä – Kirkkojärventie
- Lohko 3 Kirkkojärventie – Kaupunginkallion tunneli

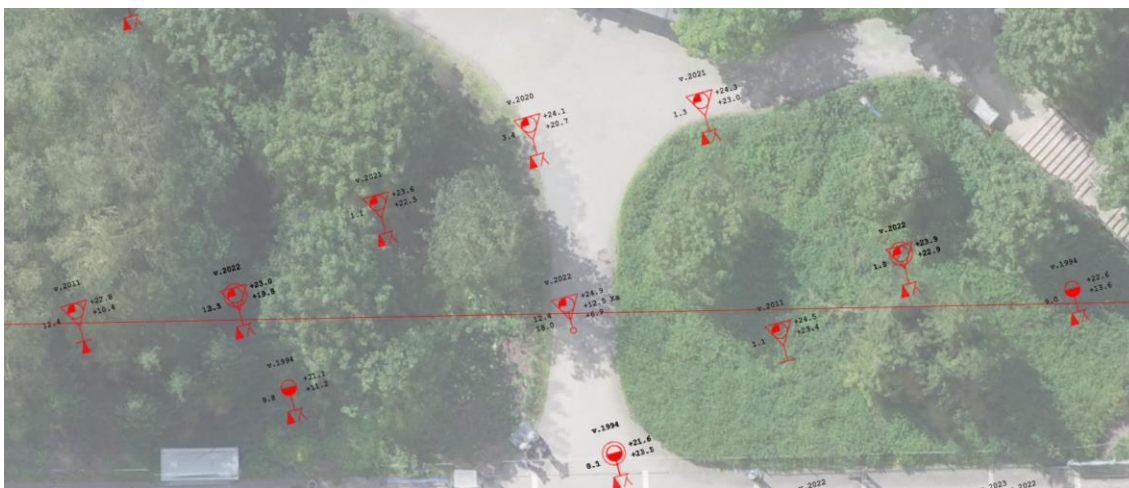
Tässä opinnäytetyössä keskityn lohko 1 alueella tehtäviin massanvaihtoihin.

4.2 Massanvaihdon suunnittelu

Massanvaihtojen suunnittelu perustui pitkälti teoreettiseen tietoon siitä, paljon massanvaihtoihin oli laskettu kuutioita tarjousvaiheessa. Määrät ovat tässä suuntaa antavia eikä täysin tarkkoja määriä ole mainittu.

Paalulaatta PL15 alue oli pituudeltaan n. 600 metriä ja suunniteltuja massanvaihtoja noin 35 000 m³ltr. Nämä massanvaihdot oli suunniteltu tehtäväksi 5–6 päivän sisällä kaivuiden aloituksesta. Tämän perusteella oli laskettu arviot koneiden tehoihin kaivuuta varten ja paljon niitä oli varattava kaivuuseen.

Koivuhovin massanvaihto lähtötietojen perusteella vaikutti helposti toteutettavalta, koska alueelle oli tehty jo massanvaihtoja sekä kairaustulosten mukaan syvyydet olivat osissa kohtaa matalia (kuva 13). Tämän vuoksi se suunniteltiin toteutettavaksi vasta kun PL 15 kaivuut ja täytöt oli suoritettu kokonaan.



Kuva 13 Koivuhovin aseman pohjatutkimuspisteitä (Infrakit 2024).

Koska työmaalla rakentaminen alkoi vasta noin 3kk ennen pitkää ratakatkoa, meni aikaa paljon työmaan aloittamiseen ja muihin rakennustöihin, jotka pohjussivat isoa katkoa. Suunnittelussa keskityttiin paljon PL 15 onnistumiseen, jolloin isompi kuva siitä, mitä alustavia töitä tämä voisi vaatia, jäi vähemmälle huomiolle. Tässä edelleen pohjauduttiin suunnittelussa teoriaan, koska työmaahan perehtyminen oli vielä vaiheessa ja ympäristö ei ollut vielä niin tuttu.

Ennen työmaan alkua tehtävässä suunnittelussa oli monia epävarmuustekijöitä. Massojen tarkkaa määrää ei vielä tiedetty, eikä poistettavien massojen materiaalilajia ja olisiko niistä hyötykäyttöön. Suunnittelu vaiheessa oli vielä epätietoisuutta siitäkin, minne kaivetut massat viedään, oli aikatauluttaminen haastavaa. Aikataulua muokattiin paljon kevään aikana, kun saatiin parempaa kuvaa työmaasta.

Katkon aikaisten kaivuiden suunnittelussa ohjelmistona käytettiin pääsääntöisesti Exceliä ja sen avulla aikataulutettiin päiväkohtaisesti 20 metrin välein kaivuiden etenemistä (kuva 14).



Kuva 14 Massanvaihtojen aikataulus 20 metrin välein päivätasolla (Työyhteisö 2024).

4.3 Resurssit

Resurssien määrää oli laskettu tarjousvaiheen materiaalien perusteella tehtyihin massalaskentoihin ja suunniteltuun työjärjestykseen. Kuvasta 15 voidaan nähdä, miten eri määrille oli alun perin laskettu tehot, kesto ja koneiden määrä sekä miten se on suhteessa seuraavaksi alkavaan työvaiheeseen.

Vuosi 2024	Kokonaismäärä	kapasiteetti	Ryhmä	kesto	Viikko 1							Viikko 2						
					ma	ti	ke	to	pe	la	su	ma	ti	ke	to	pe		
L1 - L4 (4kpl)																		
Maankaivu	4870 m3ktr	140 m3ktr/h	2 x KKH	1,5 vrk			x	x										
Paalutuslusta	830 m3tr							x	x									
L5 - L8 (4kpl)																		
Maankaivu	4870 m3ktr		2 x KKH						x	x								
Paalutuslusta	830 m3tr									x	x							
L9 - L12 (4kpl)																		
Maankaivu	4870 m3ktr		2 x KKH				x	x										
Paalutuslusta	830 m3tr							x	x									
L13 - L16 (4kpl)																		
Maankaivu	4870 m3ktr	280 m3ktr	KKH 2	1 vrk					x	x								
Paalutuslusta	830 m3tr									x	x							
L17 - L20 (4kpl)																		
Maankaivu	4870 m3ktr	280 m3ktr/h	KKH 3	1 vrk			x	x										
Paalutuslusta	830 m3tr							x	x									
L21 - L23 (3kpl)																		
Maankaivu	3652 m3ktr	280 m3ktr	KKH 3	1 vrk					x	x								
Paalutuslusta	830 m3tr									x	x							

Kuva 15 Alkuvaiheen aikataulutus ja koneiden tehot katkoa varten (Työyhteisö 2024)

Tela-alustaisia kaivinkoneita oli katkolle lopulta varattu kahdeksan kappaletta, jotka hoitivat paalulaatalla massanvaihtojen kaivuut ja täytöt. Kaivinkoneista 6 oli noin 25 tn painoluokkaa. Käytössä oli myös kaksi isompaa kaivinkonetta yksi 50 tn painoluokkainen (kuva 16) ja toinen 30 tn painoluokkainen hybrid.



Kuva 16 50 tn kaivinkone tekemässä kaivuita.

Näiden lisäksi käytössä oli pyöräalustainen kaivinkone, joka auttoi juoksevissa asioissa. Käytössä oli myös pitkäpuominen kaivinkone syvemmän kohdan kaivuussa paalulaatalla apuna. Kuopasta ei ollut mahdollista tavallisella koneella lastata suoraan auton kyytiin, joten tätä varten oli ensin läjitettävä kaivetut maat viereen ja siitä nostettava ne pitkäpuomilla auton lavalle (kuva 17).

Koivuhovin asemalla massanvaihdot katkon aikana suoritti pääsääntöisesti 30 t hybridi kone.



Kuva 17 Kaivinkone läjittää maat viereen, josta pitkäpuomi lastaa ne kyytiin

Suurien massamäärien takia hankkeelle oli suunniteltu iso määrä kuorma-autoja. Haasteeksi tässä tuli riittävän määrän saaminen, kun paalulaatan kuljetuksiin oli optimiksi määritelty n. 100 autoa. Kuitenkin samaan aikaan olisi muilta lohkoilta kuljetettava maita pois. Lopulta paalulaatalla ajossa oli parhaimmillaan 70–80 kuorma-autoa.

4.4 Massojen ja resurssien seuranta

Resurssien seuranta oli oleellisinta kuorma-autojen suhteen. Näiden perusteella oli tarkoitus seurata materiaalimenekin määrään ja kuinka massanvaihdot toteutuivat suunniteltuun verrattuna.

Näitä varten suunniteltiin käyttöön kuormien seurantalomake (kuva 18), johon autokuski merkkasivat itse viemänsä maalajin ja kuormien määrän. Tähän

merkattiin myös lavan kuutiokoko, jotta voitaisiin määritellä, paljon materiaalia on viety vastaanottoonpaikkaan. Lappujen palautus oli työnjohdolle päivittäistä joko fyysisen lapun tuomisena tai valokuvana päivän päätteeksi. Konekuskit otivat myös koneohjauksella tarkkeita kaivuista, joilla jälkikäteen mahdollista määrittää kaivettujen massojen määrät.

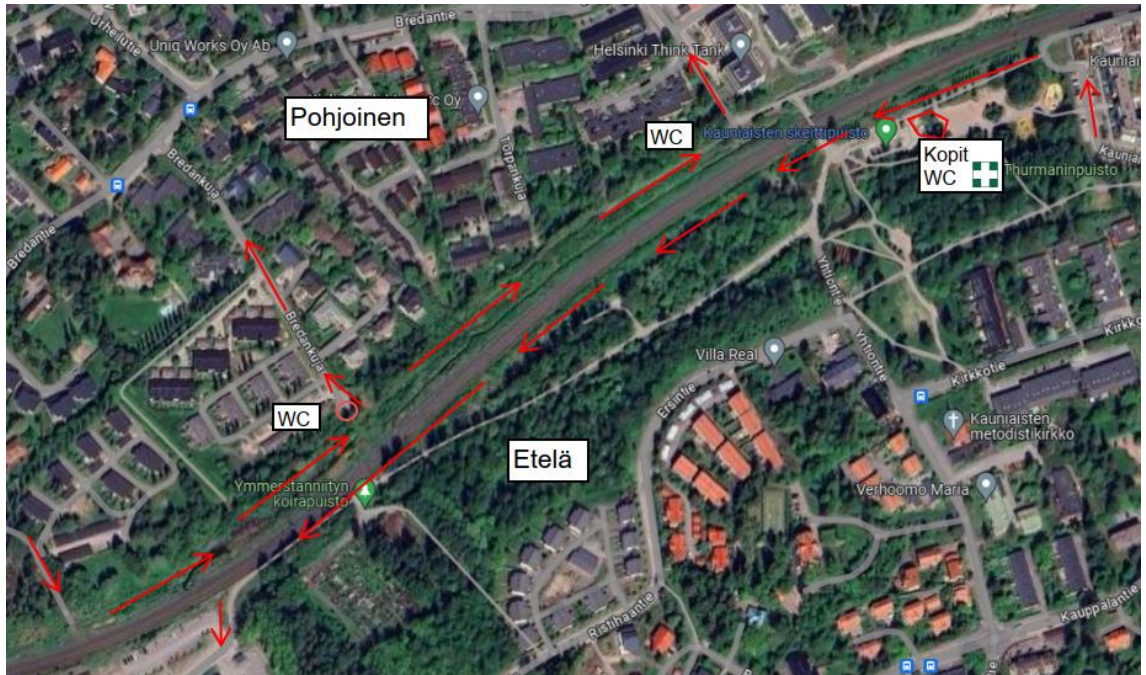
Auton tiedot		Rekisteri nro:			Lavan koko (m ³):		
Maalaji							
pvm	Savi	Moreeni	Louhe	Hiekka	Pintamaa	Muu:	Muu:

Kuva 18 Kuormien seuranta varten tehty lomake.

4.5 Työmaatiet

Työmaateitä rakennettiin radan molemmille puolille jo heti rakentamisen alettua. Näillä oli tarkoitus palvella katkon aikaista maanajoa ja radan luokse pääsemistä kuin myös muuta rakentamista. Ilman työmaateitä ei alueella olisi päästy rakentamaan maaperän pehmeiden takia. Työmaateistä puhuttiin joko pohjoisesta tai etelästä, jotta osattiin erottaa ne toisistaan.

Katkoa varten työmaatiet määriteltiin yksisuuntaisiksi, jotta liikenne olisi sujuvampaa eikä eteen tulisi tilannetta, jossa kaksi kuorma-autoa seisoo vastakkain (kuva 19).



Kuva 19 Kuorma-autoja varten tehty opaskartta ajosuunnista.

4.6 Paalulaatta PL15

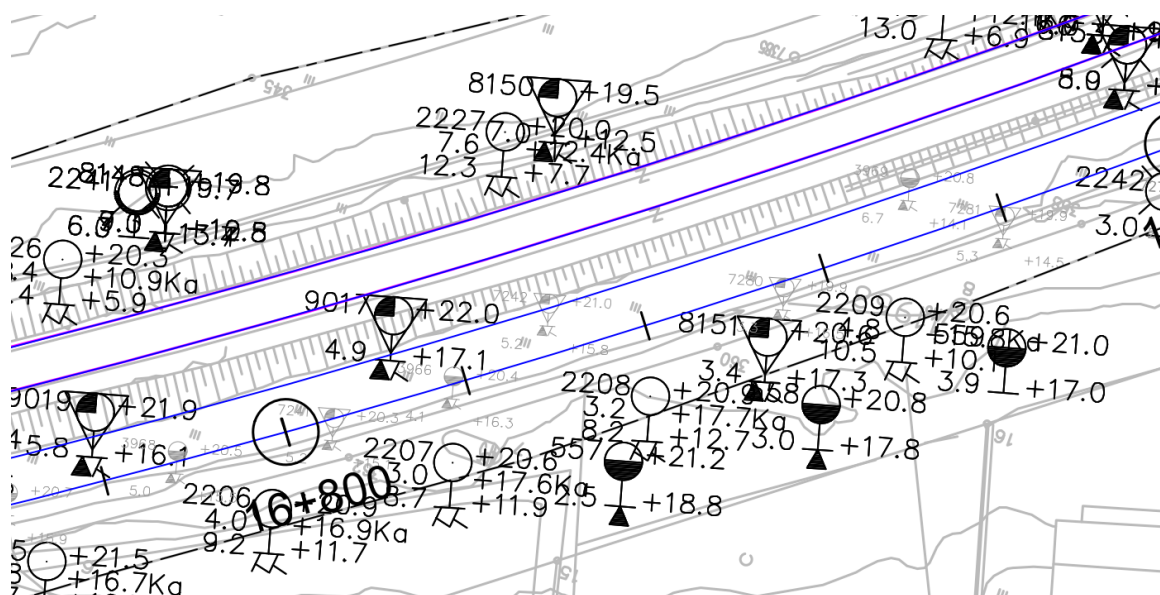
Paalulaatalta käsitellään massanvaihtojen osalta KMV16+660-17+255 väliä vanhojen raiteiden alueelta sekä niiden pohjoispuolelle tulevan uuden raiteen kohdalta.

4.6.1 Lähtötiedot

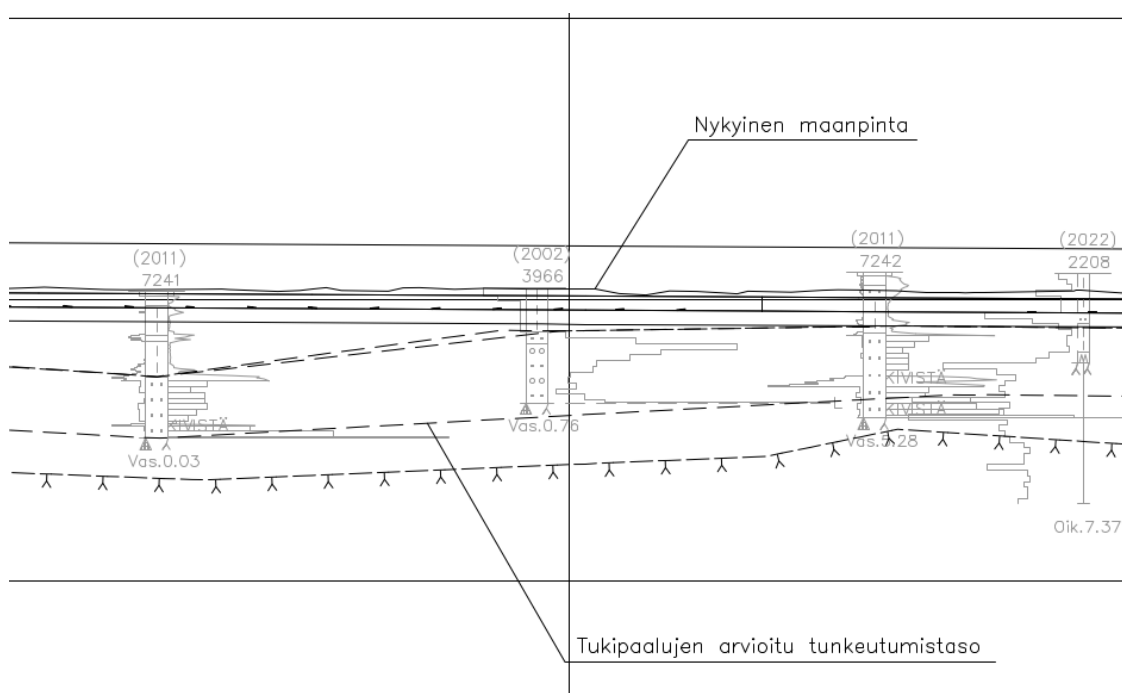
Paalulaatan alueella oli tehty ennen rakentamissuunnittelua pohjatutkimuksia sekä rakentamissuunnittelun aikana tehtyjä pohjatutkimuksia.

Kuvasta 20 näkyy, että alueella pohjatutkimukset on tehty pääsääntöisesti vanhojen raiteiden ulkopuoliselta alueelta. Kuvassa ylemmät siniset viivat ovat vanhat raiteet ja alemmat uudet raiteet.

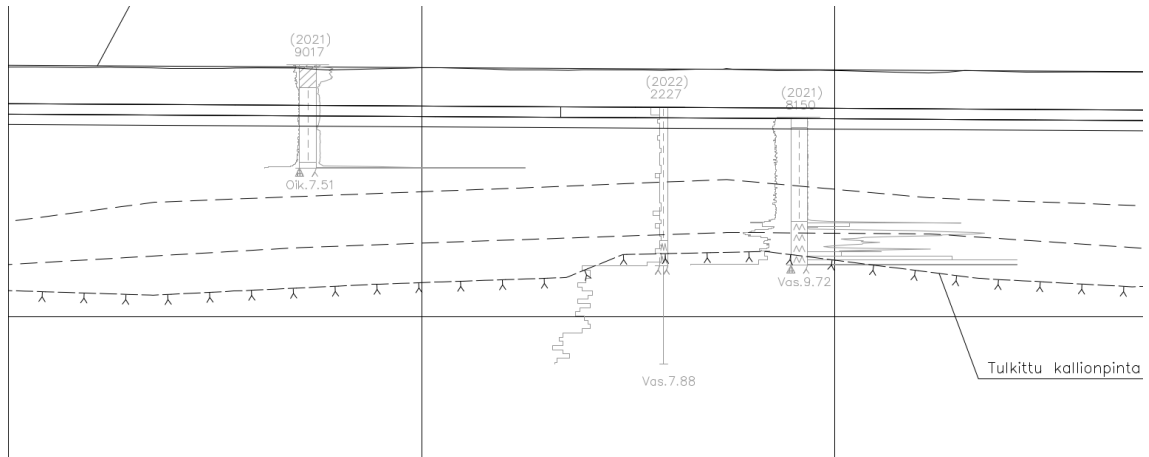
Kuvista nähdään, että näytteitä ei hirveästi ole otettu nykyisten raiteiden alueelta, vain ratapenkereen reunoilta. Myös uusien raiteiden alta näytteitä otettu harvakseltaan, kun taas tiheämpiä ottoja löytyy rata-alueen ulkopuolelta.



Kuva 20 Pohjatutkimusmerkinnät KM16+800-16+840 (Ramboll Oy, Afry Oy 2023).



Kuva 21 Geotekninen pituusleikkaus KM16+800-16+840, pohjoinen (Ramboll Oy, Afry Oy 2023).



Kuva 22 Geotekninen pituusleikkaus KM16+800-16+840, etelä (Ramboll Oy, Afry Oy 2023).

Kuvista 21 ja 22 nähdään kairauksista saatuja tuloksia, niissä vastukset ovat pienet ja maalajina savi. Osissa kohdissa maalaji vaihtuu karkeempaan, kun vastukset nousevat.

Seuraavan kappaleen kuvaus perustuu kokonaisuudessaan työkohtaiseen työselostukseen, joka käsittelee KMV 16+500-17+250 [13.]:

EsR ja EkR raiteiden osalta tällä osuudella on hyvin ristiriitaista tutkimustietoa ratapenkereen kohdalta. Tutkimusten perusteella paikoittain nykyiset raiteet vaikuttaisivat olevan perustettu massanvaihdolle tai pengeri on sortunut esim. rakennusvaiheessa. Muut kairaukset taas näihin verrattuna erilaista tietoa. Ne antavat kuvan, että radan rakennekerrokset ovat jokseenkin ohuet ja radan alla on kauttaaltaan pehmeitä maakerroksia. Täyttökerrosten alapuolella maalaji vaihtelee pääosin lihavasta savesta aina saviseen silttiin. Paikoittain se on määritelty liejuiseksi saveksi tai liejuksi humuspitoisuuden takia.

4.6.2 Paalulaatan PL15 toteutus

Paalulaatalla kaivuut aloitettiin pintamaiden poistolla, kun vanhat kiskot ja rata-pöllit oli saatu purettua pois tieltä. Maaleikkaukset päästiin aloittamaan kunnolla 25.6.

Aluksi maaleikkaukset tehtiin vanhojen kiskojen viereen, jotta saatiin koneita kantava rakenne saven tilalle (kuva 23). Tässä pohjoisen puolen raiteiden pohjat kaivettiin ja täyttöihin hyötykäyttettiin vanhan ratapenkan sepeliä. Näin saatiin tehtyä pohjoiselle puolelle paalutusalueita, jota voitiin käyttää myös työmaatienä. Täyttöihin käytettiin 0–90 kalliomursketta sekä vanhan radan ratasepeliä. Ratasepelin koko 32–60 mm, jonka vuoksi se sopi massanvaihtojen täyttöön. Louheen käyttö ei tähän sopinut, koska täytön läpi piti pystyä lyömään paaluja tulevaisissa työvaiheissa.



Kuva 23 Uuden radan kohdalle tehty massanvaihtoa ja vanhan radan rakenteet edelleen nähtävissä.

Toteutuneita kaivuita oli n. 40 000 m³ eli tämä vastaa hyvin sitä, mitä tarjousvaiheessa laskettu, kun otetaan huomioon ryöstökerroin maankaivuissa. Kaivuut etenivät aikataulullisesti suunnitelmien mukaisesti, vaikka alueella tuli muutama yllätys eteen.

4.6.3 Maaperän poikkeavuudet

Koska radan kohdalta kunnan pohjatutkimuksia ei ollut kartoitettu tuli sen alta kaivettavat rakenteet yllätyksenä. KMV 17+240 alueella maasta ilmeni louhikkoa (kuva 24), joka poikkesi huomattavasti siitä, mitä muuten kaivettu alueelta pois. Lähimmät kairaukset mitkä alueelle tehty oli ratapenkereen vierestä eikä täten tuonut ennakkotietoa siitä, mitä maalajia olisi tulossa vastaan. Tässä kaivuita jouduttiin syventämään, koska louhe piti kokonaisuudessaan poistaa. Alueelle tuli vielä paalulaattaa eikä paaluja olisi saanut lyötyä louheen läpi.



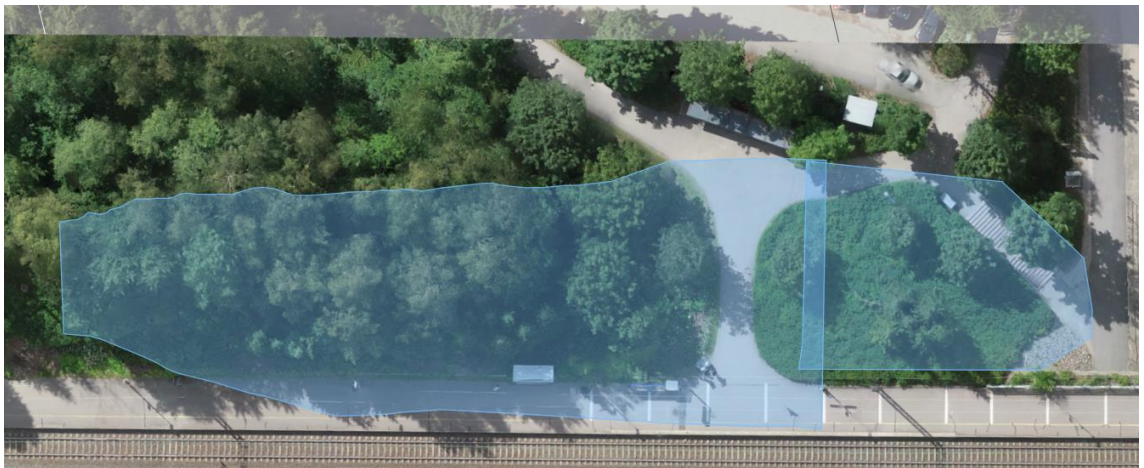
Kuva 24 Rakenteista vastaan tullutta louhetta (Vanhala 2024)

KMV 17+020 – 17+040 välille kaivettiin syvennetty kaivanto raiteiden alle tulevan kunnallistekniikan takia. Tälle alueelle ei myöskään ollut tehty pohjatutkimuksia vanhojen tai uusien raiteiden kohdille (kuva 25).

Syvää monttua kaivettaessa maaperä osoittautui löysäksi saveksi joka ei pysynyt kasassa (kuva 26). Kaivamisen yhteydessä samaan aikaan viereisistä alueista kaivantoon valui liejuista savea, joka täytti kaivantoa (kuva 26). Tämän vuoksi kaivannon muodostaminen oli haastavaa ja vei enemmän aikaa kuin oli suunniteltu sekä vaati koneiden alle enemmän vahviketta murskeesta. Myös huonon ja vetisen maa-aineksen kuljettaminen oli haastavampaa pois työmaalta.

4.7 Koivuhovin asema

Koivuhovin asemalle massanvaihdot oli suunniteltu uuden raideparin alle jääville alueille ja osaksi liityntäpysäköinnin kohdalle. Kuvassa 27 nähdään, minkälainen asema-alue oli ennen rakentamista ja mille alueella massanvaihdot oli suunniteltu.

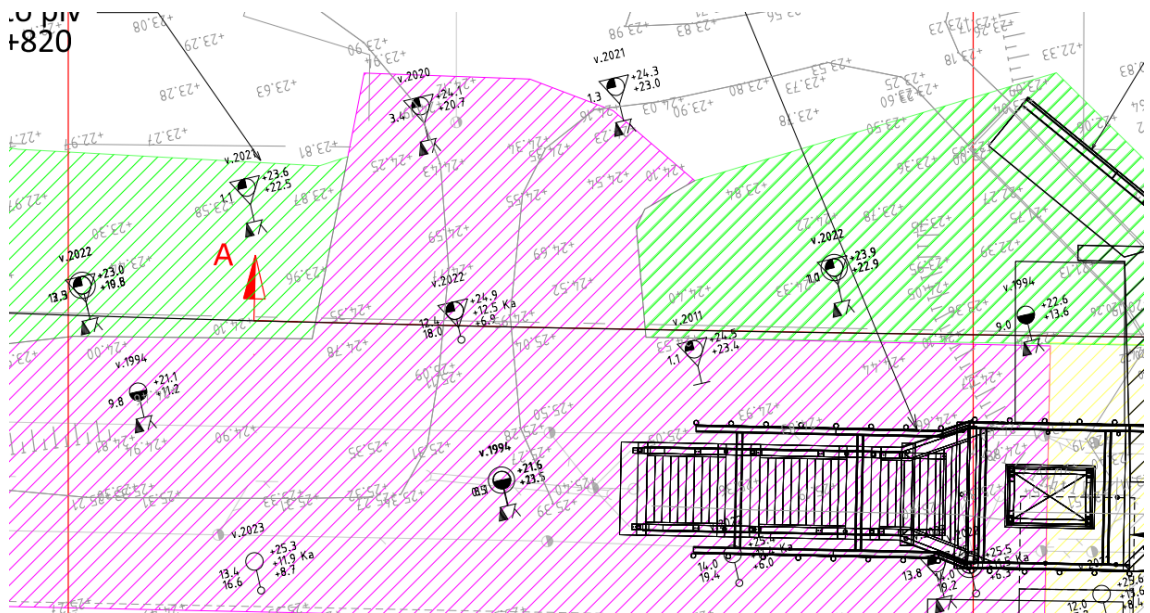


Kuva 27 Koivuhovin aseman kohdalle suunnitellun massanvaihdon malli Infrakitissä (Infrakit, 2023).

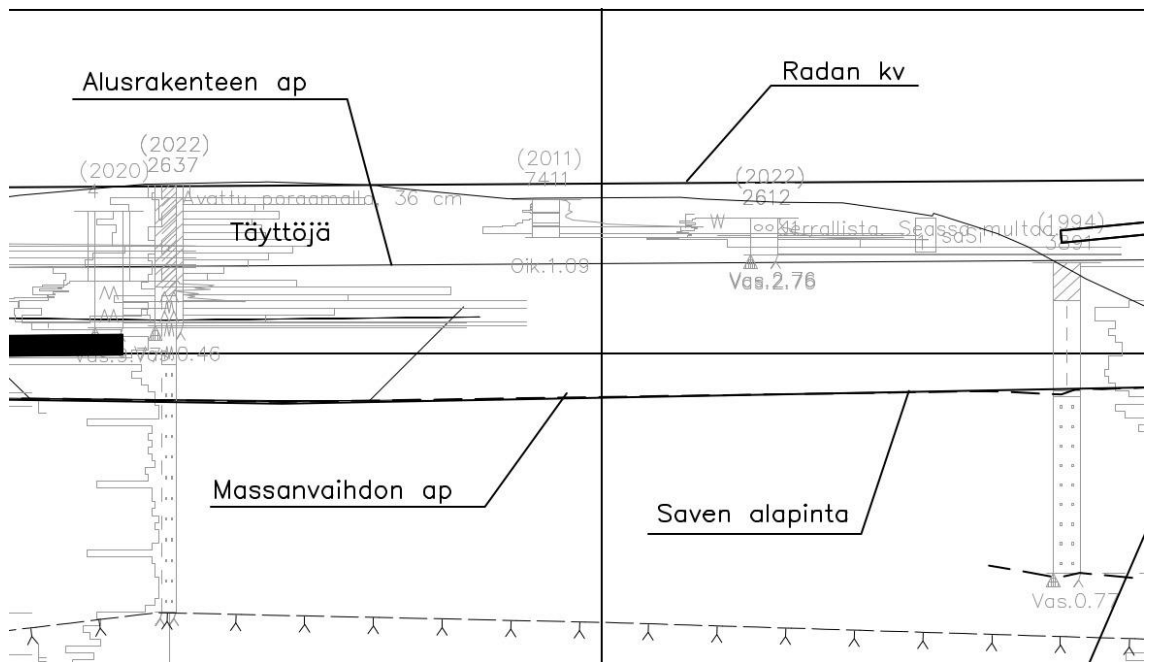
Laiturialueen rakenteita ei voitu tässä kohtaa vielä purkaa ja niiden alueelle tuleva ulottuma oli kaivannon luiska-alue, joten kaivantoa ei tarvinnut tehdä yhtä laajalle, koska luiskaus tehtiin jyrkempänä toteutuksessa.

4.7.1 Lähtötiedot

Koivuhovin alueelta oli laadittuna sillan geotekninen kartta, jossa oli määritelty, mihin alueella oli aiemmin tehty massanvaihtoja. Kuvassa 28 vihreällä on merkittynä suunnitellut massanvaihdot ja punaisella merkitty vanha massanvaihto-alue, joka on tehty routimattomalla kitkamaalla tai louheella.



Kuva 28 Vanhojen ja uusien massanvaihtojen alueet merkattuna karttaan (Ramboll Oy, Afry Oy 2023).



Kuva 29 Geotekninen pituusleikkaus KMV17+780-17+820 (Ramboll Oy, Afry Oy 2023).

Pohjatutkimusmerkinnöistä voidaan nähdä, että osa kairauksista ei mene syvälle maahan, jonka perusteella alueelle ei ole ajateltu tarvitsevan tehdä suuria massanvaihtoja. Työselosteessa mainintana kaivuiden syvyyteen oli pehmeiden maiden alapinta, eli rakenteisiin ei saisi jäädä savea tai savista silttiä.

Pituusleikkauksessa on ristiriitaa siihen verrattuna, että kuvassa 29 saven alapinta on merkattu paljon syvemmälle kuin tehdyt kairaukset. Kairausten perusteella siis saven pinnan tulisi olla korkeammalla. Näissä kairaukset lopetettu tiiviiseen maakerrokseen tai kiveen, lohkareeseen tai kallioon.

4.7.2 Koivuhovin aseman massanvaihdon toteutus

Koivuhovin massanvaihdon reuna-alue toteutettiin osin jo kevään aikana, kun alueelle rakennettiin varastotilaa. Katkolle massanvaihtoja jäi kuitenkin suurin osa radan stabiliteetin takia.

Toteutus aloitettiin, kun paalulaatan massanvaihdot ja rakenteet oli saatu tehtyä ja tämä ajoittui katkon kolmannelle viikolle. Kaivuuseen otettiin 30 t kaivinkone. Kaivuiden osalta massanvaihdot eivät menneet niin kuin oli suunniteltu. Maaperä oli erilaista kuin suunnitelmissa tuli ilmi ja kaivuita sekä logistiikkaa vaikeutti alueella olevan settiseinän rakentaminen samanaikaisesti.

Koska maaperä lähtötiedoista poikkesi niin paljon annetuista tiedoista, jouduttiin suunnitelmiin tehdä muutokset nopealla aikataululla. Osan alueen massanvaihdot vaihdettiin esikuormituspenkereeksi ja kaivussyvyyttä lisättiin. Näitä varten tehtiin katselmukset, joissa määriteltiin kaivuiden ulottumat. Seuraavassa kappaleessa käydään läpi tarkemmin kaivuiden poikkeamat ja niihin tehdyt ratkaisut.

4.7.3 Maaperän poikkeavuudet

Massanvaihdon aikana isoimmat poikkeavuudet tulivat ilmi kun kaivuuta aloitettiin vanhoilta massanvaihdon alueilta sekä siinä, mihin tasoon massanvaihdot oli suunniteltu vs mihin ne jouduttiin toteuttamaan, jotta savikerros saatiin kaivettua pois. Koekuopilla havainnoitiin, että savikerros ylsi pidemmälle kuin alkutiedoissa oli annettu ymmärtää ja näin ollen massanvaihtoja paikoitellen jouduttiin syventämään jopa 1,5 metrillä suunnitellusta. Näissä massanvaihdot tehtiin tasoon, jossa savi loppuu ja siltti alkoi.

Massanvaihdon alueelle tehtiin koekuoppa (kuva 30), jotta nähtäisiin ennen varsinaisia kaivuita, ylettyvätkö huonot maa-ainekset täälläkin mallia syvemmälle. Koekuoppa paljasti, että massanvaihdon mallin mukaisesti tehdyssä kaivuussa maalaji on edelleen savimainen. Tästä koekuoppaa syvennettiin noin 1 metrin verran, jotta nähtäisiin, muuttuuko maalaji kantavammaksi (kuva 31). Kuitenkin tässä syvyydessä maalaji vielä savea. Syvempää kuoppaa ei turvallisuus ja ylettävyys syistä voitu kaivaa.



Kuva 30 Massanvaihdon mallin mukaan tehty kaivuu, jossa edelleen savea rakenteissa.

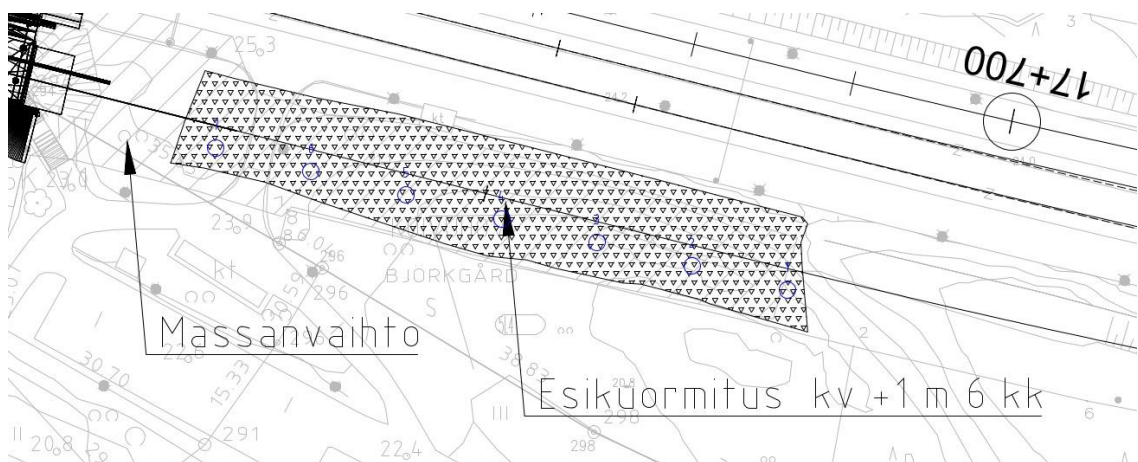


Kuva 31 Noin metrin verran mallin alta kaivettuna.

Koska osassa paikoissa kaivuut olisivat menneet niin syviksi, esimerkiksi kuvan 32 mukaan yli 2,3 m, suunnittelijat tekivät muutoksia alueen suunnitelmiin.



Kuva 32 Koneen ottama tarke, jossa kaivuut menevät 2,3 m alle mallin (Nime-
tön kaivinkone kuski 2024).



Kuva 33 Koivuhoviin suunniteltu esikuormituspenger (Ramboll Oy, Afry Oy
2024).

Uusien suunnitelmien mukaan osa massanvaihtoista tehtiin vain suunnitellun
mallin syvyyteen ja päälle rakennettiin esikuormituspenger (kuva 33). Näin

kaivuita ei tarvinnut suorittaa niin syväälle. Esikuormituspenker voitiin tehdä vain osalle aluetta, sillä sillan päätyyn tulevalle alueelle haluttiin vaihtaa massat silti kokonaan.

Vanhoilla massanvaihtoalueilla eteen tuli vajavaisesti tehtyjä massanvaihtoja eli niiden alle oli jätetty savea ja massanvaihtoihin käytetty todella suuria lohkareita (kuva 34). Lohkareiden poistaminen maasta lisäsi massanvaihtoihin ajateltua aikaa. Pohjatutkimuksissa tällä alueella nämä lohkareet ovat voineet näkyä kairausten loppumisena kiveen, kallioon ja lohkareeseen ja tämän vuoksi massanvaihdon syvyys poikennut suunnitelmasta.



Kuva 34 Vanhasta massanvaihdosta poistettuja lohkareita.

Vertauksena kuvassa 140 mm halkaisijaltaan oleva paalun pätkä. Tästä voidaan lohkoreiden päätellä olevan lähempänä metriä halkaisijaltaan.

Lopputulokset

Massanvaihdot sujuivat viiden viikon ratakatkolla suhteellisen hyvin. Isoin paine oli paalulaatan onnistumisessa missä massanvaihtojen suhteen onnistuttiin hyvin. Jokaisessa isossa projektissa tulee kuitenkin esiin ongelmatilanteita eikä kesällä tehdyt massanvaihdot olleet poikkeus. Kireä aikataulu ja suuret massat toivat itsessään jo haasteen työn tekemiseen. Suurimmat ongelmat kohdistuivat töiden suunnitteluun ennen katkoa, resurssien ja massojen seurantaan, logistiikkaan ja vajavaisiin sekä ristiriitaisiin alkukartoituksiin alueilla.

4.8 Suurimmat ongelmakohdat

4.8.1 Suunnittelu

Aika oli isoin tekijä suunnittelun suhteen. Koska työmaan aloituksen ja ratakatkon välillä oli vain muutamia kuukausia, ei suunnitteluun saatu tarpeeksi varattua aikaa eikä työmaa ja sen olosuhteet ja muut vaikuttavat tekijät olleet tulleet tutuksi. Nopeassa aikataulussa tehty suunnittelu altisti virheille ja johti siihen, että rakentamisen aikana ilmeni odottamattomia ongelmia, jotka vaativat lisää resursseja ja aikaa niiden korjaamiseen. Tällaisia olivat ainakin työmaatiet ja massanvaihtoa edeltävät työt, joita ei ollut suunniteltu riittävästi tai otettu huomioon kunnolla.

Isoimpia epävarmuustekijöitä olivat katuverkoston vetävyys kuljetuksien suhteen sekä vastaanottoaikan kyky ottaa maita vastaan. Katuverkoston vetävyyttä oli mahdoton ennustaa etukäteen, koska ei ollut tietoa siitä kuinka suuret automäärät pääsevät siellä liikkumaan ja miten ajoreitit menisivät. Samaan aikaan rakennettiin muillakin alueurakoilla ja tietoa heidän logistiikkansa määrästä ei ollut, joten tämä lisäsi epävarmuutta katuverkoston sekä vastaanottoaikan toimintaan.

Myös suppeat pohjatutkimusmenetelmät vaikeuttivat suunnittelun onnistumista. Kun ei tiedetä tarkasti, minkälaista maaperää on tiedossa, ei voida suunnitella kunnolla työhön tarvittavia resursseja ja aikaa.

Teoriaan pohjautuvassa suunnittelussa ei onnistuttu miettimään tarkasti koneiden resurssointi verrattuna toteutukseen. Tämän vuoksi koneita suunniteltiin suurempi määrä kuin lopulta olisi ollut tarve. Tarkemmalla suunnittelulla olisi voitu miettiä koneiden tarve tarkemmin sekä se, olisiko voitu panostaa enemmän koneiden tehoon määrän sijasta.

4.8.2 Alkukartoitukset

Alkukartoituksissa pohjatutkimusten suhteen oli kovaa vaihtelua. Paalulaatalla etenkin vanhan radan osilta kartoitukset olivat vähäisiä eikä alueelle ollut mahdollista tehdä koekuoppia ennen katkoa ja varmistaa minkälaista maata raiteiden alla on. Tämän vuoksi radan alla olevat rakenteet olivat paljon arvailujen varassa ja mahdollisuudet poikkeuksiin suuret.

Koivuhovissa pohjatutkimukset antoivat erilaisen kuvan siitä minkälaista maata ja rakenteita löytyi. Useassa pohjatutkimuksessa näkyi kairauksen päättäneen kiveen, lohkareseen tai kallioon ja kairauksen syvyys oli vain metrin luokkaa. Näissä kairauksia olisi voinut tehdä useampi lähekkäin, jolloin olisi saatu parempi kuva siitä, onko kyseessä vain suuri kivi vai oikeasti kantavampi rakenne, jota syvemmälle ei tarvitse mennä kaivamaan.

Poikkeamat pohjatutkimuksiin verrattuna toteumaan lisäsivät kaivamiseen käytettävää aikaa sekä kustannuksia, kun maata kaivettu huomattavasti enemmän kuin suunniteltu ja tähän kulunut myös enemmän aikaa. Koivuhovissa tavalliseksi massanvaihdoksi ajateltu alue muuttuikin haastavammaksi, kun kairausvyvyys lisääntyi ja suunnitelmia jouduttiin muuttamaan. Tämän vuoksi massanvaihtoa ei saatu kokonaisuudessaan toteutettua katkon aikana.

4.8.3 Resurssien ja massojen seuranta

Kuorma-autojen seuranta katkolla oli hyvin haastavaa. Autojen määrä oli niin suuri, että niiden kuormien seuraaminen päivätasolla oli mahdotonta. Ja koska kuorma-auto resursseja lainattiin eri lohkoille aina kasvaneen tarpeen mukaan, oli ajoittain epäselvää, paljonko autoja oli kullakin lohkolle ajossa. Tämä vaikutti kuormien seuraamiseen, kun kuormakirjoista ei aina selvinnyt mille lohkolle oli ajot suoritettu.

Autojen käyttöasteiden hallintaa ei pystytty toteuttamaan ja välillä oli huomattavissa jonottamista kuormaukseen, vaikka muualla olisi ollut koneita odottamassa. Autojen seurantaan olisi siis kehitettävä parempi hallinta, jotta näistä voitaisiin ottaa kaikki tehot irti. Koska autoille ei ollut mitään tiettyä konetta asetettu, joilta hakisivat kuormia, syntyi ruuhkaa ja olisi tarvittu parempaa reaaliaikaista koordinoitua autojen ohjaamiseen koneille. Resursseja voisi siis jatkossa lisätä kuljetuskapasiteetin hallintaan. Tällöin autoja pystyttäisiin ohjaamaan paikan päällä suoraan sinne, missä eniten tarvetta. Perehdyttämällä ei pystytty kaikkia opastamaan niin kattavasti, että pelkästään sillä olisi voinut saada logistiikan sujumaan ongelmitta.

Massojen seurannassa hankaluutta toi paperiset lomakkeet. Nämä olivat ajatuksena hyvä, mutta toteutuksessa muuttuivat työllistäviksi ja aikaa vieviksi eikä näillä pystytty seuraamaan miten massat toteutuivat. Toteutuneet määrät jäivät siis pelkästään koneiden ottamien tarkastuspisteiden varaan. Massojen seurantaan voisi hyödyntää jatkossa paremmin koneohjausta ja koittaa sen avulla saada pidettyä kirjaa kaivetuista massoista ja täytöistä materiaalilajeittain päivätasolla. Tämä vaatisi konekuskeille pidempää perehdytystä, jossa voitaisiin käydä tarkasti läpi, mitä kaikkia tarkkeita halutaan ja kuinka tiheästi. Myös asioiden läpikäyminen olisi laadukkaampaa, kun nämä hoidettaisiin rauhassa etukäteen, nyt perehdytys ja töiden läpikäynti tehtiin samana päivänä, kun työt piti aloittaa.

4.8.4 Työmaatiet

Työmaateiden käyttöä olisi pitänyt suunnitella paremmin. Ajatuksena oli, että kun autot pääsevät kahdesta kohdasta ulos, voisivat autot paremmin ohjautua koneille, kun osa pystyisi menemään pidemmälle muille koneille. Katkon aikana kuitenkin työmaatiet eivät toimineet niin hyvin kuin ajateltu. Näiden suhteen olisi pitänyt miettiä useampia kohtia, joista poistetun radan kohdalta olisi tehty ylityksiä, jolloin liikenne olisi kulkenut sujuvammin. Nyt ruuhkaisimpina aikoina jonot kasvoivat isoiksi, kun autot eivät päässeet jonosta pois muille koneille.

Jatkossa työmaateiden käyttöä olisi hyvä suunnitella tarkemmin ja miettiä miten siitä saataisiin kaikki hyöty irti ja kulku olisi mahdollisimman sujuvaa. Etenkin jos työmaatie on kapea, se helposti lähtee ruuhkautumaan ja massojen liikkuminen hidastuu kun autot seisovat turhaan jonossa, viitaten resurssien hallinnassa tulleisiin epäkohtiin.

5 Johtopäätökset

Toteutuksen aikana tulleista ongelmakohdista huomattiin kuinka suuri merkitys tarkoilla ja moninaisilla alkukartoituksilla on. Kun pohjatutkimukset ovat vajavaiset, suunnittelu ja työn toteuttaminen vaikeutuvat eteen tulevien yllätysten myötä. Pieniä muutoksia on helppo toteuttaa työn ohessa, mutta kun todellisuus ei vastaa lähtötietoja tässä nopeasti nousee työhön käytettävä määrä, joka lisää kustannuksia. Vaikka tutkimuksetkin maksavat tulisi miettiä jo ennen toteutusta, onko pienempi kustannus maksaa enemmän kattavista pohjatutkimuksista vai työn seisahduksesta, kasvaneista kaivuu ja täyttömääristä ja niihin liittyvistä muista kuluista.

Mahdollisuuksien mukaan rakennuspaikkaa olisi hyvä myös käydä katselmoimassa eri vuoden aikoina, jolloin on mahdollista nähdä niiden vaikutus ympäristöön. Esimerkiksi kesällä kuivana oleva peltoalue voi syksyllä olla pehmeää kosteikkoa. Tällöin jo perussuunnittelu töihin muuttuu selvästi, kun maaperä ei

kanna ja tulee ottaa enemmän huomioon työkohteisiin pääsy ja kuinka paljon tarvitaan, vaikka kuivatus toimenpiteitä.

Jotta päästään tarkkaan ja monipuoliseen suunnitteluun olisi teoriaan perustuvan suunnittelun lisäksi huomioitava rakentamiseen liittyvät alustavat työt sekä työmaatiet. Toimiva logistiikka jouduttaa työmaata ja etenkin asutusalueilla voi olla hankala saada toimivia ajoreittejä järjestettyä. Aikaisessa vaiheessa olisi hyvä myös määrittää mihin maat ajetaan ja onko käytössä varastopaikkaa, johon uudelleen käytettävät massat voitaisiin varastoida. Tällöin saadaan suunnittelussa otettua huomioon ajamiseen käytetty aika sekä aikataulutettua kauan alustavien töiden tekemiseen menee aikaa.

Haittaavana tekijänä aikataulujen suunnittelussa oli havaittavissa vääränlaisten ohjelmien käyttö. Aikataulutusta varten on olemassa monia eri ohjelmia ja olisi-kin hyvä, jos näitä osattaisiin paremmin hyödyntää. Excel on tiettyyn pisteeseen asti toimiva, mutta sitä ei ole tähän käyttöön suunniteltu, joten siitä tulee nopeasti kömpelö käyttöä ja epäselvä. Vaatiikin hieman kokeilua, jotta löydetään hyvä ja toimiva aikataulutushjelma, joka palvelisi monipuolisesti eri työvaiheiden aikataulutusta ja yhteensovitusta sekä reaaliaikaista seuraamista.

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitys ratakatkon aikana tehtyjen massanvaihtojen työn suunnitteluun ja toteutukseen liittyvistä ongelmakohdista, jotta näihin pystyttäisiin kiinnittämään parempaa huomiota jatkossa. Työsuunnittelun tärkeys korostui, kun tutkin massanvaihdossa ilmenneitä ongelmakohtia. Suunnittelu vaatii monitahoista yhteistyötä ja siinä olisi hyvä ottaa huomioon riittävä aika sekä resurssit, jotta toteutusvaiheen alkaessa olisi mahdollisimman monipuolisesti otettu huomioon alustavat työt ja riskitekijät. Oikeanlaisten ohjelmistojen käyttö nousi esille enemmän hankaloittavana tekijänä kuin ongelmana, olisi kuitenkin tärkeää löytää oikeat tavat tehdä suunnittelua sekä seurata toteutusta. Monet vanhat tavat ovat kuormittavia ja aikaa vieviä eikä niillä päästä tarkkoihin tuloksiin. Hankkeella tehdyt massanvaihdot olivat määrältään mittavia ja

aikataulu toteutukseen hyvin kireä. Tämän vuoksi resurssien ja työn etenemisen seuraaminen nousi isoon osaan ja tulevaisuutta helpottaakseen olisikin tähän tärkeä löytää toimivampia tapoja.

Opinnäytetyön toteuttamista vaikeutti asian laajuus ja aiheen rajaaminen niin, että se palvelee käyttötarkoitustaan. Aiheeseen olisi helposti mahdollista syventyä vielä enemmän, jolloin konkreettisesti otettaisiin enemmän kantaa, miten toimintaa voitaisiin parantaa sekä miten alueilla olevat muut työt vaikuttavat suunnitteluun ja rakentamisen toteuttamiseen sekä resurssien mitoittamiseen ja hallintaan. Aineiston etsiminen asiakirjoista tuotti välillä hankaluutta sekavien kansiopolkujen takia ja tietoa oli ripoteltu laajalti eri paikkoihin. Onneksi apua tietojen keräämiseen oli mahdollista saada mittauspuolelta sekä aikataulusuunnittelijalta.

Materiaalia kasatessa oli ajatuksena toteutukselle erilainen kokonaisuus, joka sitten kirjoittaessa muuttui enemmän toteutusta käsittelevämmäksi. Koen kuitenkin saaneeni kasaan hyvin keskeisiä asioita, joihin voidaan vaikuttaa tulevaisuudessa suunnittelussa sekä toteutuksessa.

Lähteet

- 1 Väylävirasto. 2023. Espoon kaupunkirata. Pdf-dokumentti. <https://vayla.fi/documents/25230764/35412616/RATA+Espoon+kaupunkirata_hankekortti+2023.pdf/64c4df6f-ec22-3a34-6c4e-bc3c9f62f59d/RATA+Espoon+kaupunkirata_hankekortti+2023.pdf?t=1700513796462>. Luettu 15.9.2024.
- 2 Väylävirasto. 2024. Espoon kaupunkirata – hankkeen rakentaminen alkaa. <<https://vayla.fi/-/espoon-kaupunkirata-hankkeen-rakentaminen-alkaa>>. Luettu 15.9.2024.
- 3 Väylävirasto. 2024. Espoon kaupunkiradan urakkajako. <<https://vayla.fi/espoonkaupunkirata/alueurakat>>. Luettu 15.9.2024.
- 4 Väylävirasto. 2024. <<https://vayla.fi/espoonkaupunkirata/koivuhovi-espoon-keskus-au3>>. Luettu 25.9.2024.
- 5 Jääskeläinen, Raimo: Geotekniikan perusteet. Tammertekniikka 2011.
- 6 InfraRYL. 2024. 18360 Massanvaihtoon kuuluvat täytöt. <https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_1/18360.html>. Luettu 30.8.2024
- 7 Liikennevirasto. 2011. Massanvaihdon suunnittelu. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf>. Luettu 30.8.2024.
- 8 InfraRYL. 2024. 18360.1 Massanvaihdon täyttömateriaali. <https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_1/18360.html#id18360.1>. Luettu 30.8.2024.
- 9 InfraRYL. 2024. 18360.1.2 Massanvaihdon täyttömateriaali, pengertämällä. <https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_1/18360.html#id18360.1>. Luettu 30.8.2024.
- 10 Liikennevirasto. 2018. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 radan rakenne. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-13_rato3_web.pdf>. Luettu 5.9.2024
- 11 Väylävirasto. 2023. Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-111_TURO_web.pdf>. Luettu 10.9.2024

- 12 Ratahallintokeskus. 2006. Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO). <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rato_13_radan_tarkastus.pdf>. Luettu 5.9.2024

- 13 Ramboll Oy, Afry Oy. 2023. Rakentamissuunnittelu 1, työkohtainen työselostus. Rajoitettu käyttöoikeus.

Kuvalähteet

Kuva 1 Väylävirasto. 2024. Espoon kaupunkiradan urakkajako. <<https://vayla.fi/espoonkaupunkirata/alueurakat>>. Luettu 15.9.2024.

Kuva 2–7 Jääskeläinen, Raimo: Geotekniikan perusteet. Tammertekniikka 2011.

Kuva 8–9 Liikennevirasto. 2011. Massanvaihdon suunnittelu. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf>. Luettu 30.8.2024.

Kuva 10 InfraRYL. 2024. 18360.1.2 Massanvaihdon täyttömateriaali, pengertämällä. <https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_1/18360.html#id18360.1>. Luettu 30.8.2024.

Kuva 11 Liikennevirasto. 2011. Massanvaihdon suunnittelu. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf>. Luettu 30.8.2024.

Kuva 12 Ramboll Oy, Afry Oy. 2023. Työkohtainen työseloste. Kuvakaappaus suunnitelmasta. Rajoitettu käyttöoikeus.

Kuva 13 Infrakit. 2024. Espoon kaupunkirata. Rajoitettu käyttöoikeus.

Kuva 14 Työyhteisö. 2024. Työn aikatauluttaminen. Kuvankaappaus sovelluksesta Excel.

Kuva 15 Työyhteisö. 2024. Alkuvaiheen aikataulu. Kuvakaappaus sovelluksesta Excel.

Kuvat 16–19 Airiainen, Mia. 2024. Oma valokuva.

Kuva 20 Ramboll Oy, Afry Oy. 2023. Pohjatutkimus kartta. Kuvakaappaus suunnitelmasta. Rajoitettu käyttöoikeus.

Kuva 21–22 Ramboll Oy, Afry Oy. 2023. Geologinen pituusleikkaus. Kuvakaappaus suunnitelmasta. Rajoitettu käyttöoikeus.

Kuva 23 Airiainen, Mia. 2024. Oma valokuva.

Kuva 24 Vanhala, Jussi. 2024. Valokuva.

Kuva 25 Ramboll Oy, Afry Oy. 2023. Pohjatutkimuskartta. Rajoitettu käyttöoikeus.

Kuva 26. Vanhala, Jussi. 2024. Valokuva.

Kuva 27 Infrakit. 2024. Espoon kaupunkirata. Kuvakaappaus sivulta. Rajoitettu käyttöoikeus.

Kuva 28 Ramboll Oy, Afry Oy. 2023. Sillan geotekninen kartta. Kuvakaappaus suunnitelmasta. Rajoitettu käyttöoikeus.

Kuva 29 Ramboll Oy, Afry Oy. 2023. Geotekninen pituusleikkaus. Kuvakaappaus suunnitelmasta. Rajoitettu käyttöoikeus.

Kuva 30–31 Airiainen, Mia. 2024. Oma valokuva.

Kuva 32 Nimetön kaivinkone kuski. 2024. Valokuva.

Kuva 33 Ramboll Oy, Afry Oy. 2024. Kuvakaappaus suunnitelmasta. Rajoitettu käyttöoikeus.

Kuva 34 Airiainen, Mia. 2024. Oma valokuva.

