

Iivari Rinta-Kanto

Maanvaraisen laatan pohjatöiden työsuunnittelun ja kustannushallinnan kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

28.9.2016

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	livari Rinta-Kanto Maanvaraisen laatan pohjatöiden työnsuunnittelun ja kustannushallinnan kehittäminen 29 sivua + 2 liitettä 28.9.2016
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaaja(t)	Työmaapäällikkö Mikko Kilponen Lehtori Mervi Toivonen
<p>Työn aiheena oli maanvaraisen laatan pohjatöiden työnsuunnittelun ja kustannushallinnan kehittäminen Kalasataman REDI-kauppakeskuksen työmaalla. Työn avulla pyrittiin luomaan uusia, sekä kehittämään ja parantamaan jo olemassa olevia keinoja pohjatöiden työnsuunnittelussa, sekä kustannushallinnassa.</p> <p>Työn referenssikohteena toimi SRV:n REDI-kauppakeskuksen työmaa, jossa työn tilaaja Destia Oy toimi pohjatöiden projektinhallintaurakoitsijana.</p> <p>Työ tehtiin etsimällä tietoa aiheesta, tutkimalla olemassa olevia työnsuunnittelu- ja kustannushallintamenetelmiä, sekä tarkkailemalla ja kehittämällä varsinaista työn edistymistä työmaalla. Työn tarkoituksena oli löytää parhaat ratkaisut töiden tehokkaaseen läpivientiin ja kulujen hallintaan, sekä kirjaukseen.</p> <p>Työn lopputuloksena oli tämä lopputyö ja sen sisältämä yhteenveto parhaista menetelmistä ja keinoista työnsuunnitteluun ja kustannustenhallintaan, laajuudeltaan suurella ja vaativalla pohjatyömaalla.</p>	
Avainsanat	Maanvarainen laatta, kustannushallinta, työnsuunnittelu, REDI

Author(s) Title Number of Pages Date	livari Rinta-Kanto The development of slab-on-grade ground work planning and cost management 29 pages + 2 appendices 28 September 2016
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction management
Specialisation option	Infrastructure
Instructor(s)	Mikko Kilponen, Site manager Mervi Toivonen, Lecturer
<p>The subject of this thesis was the development of slab-on-grade groundwork planning and cost management on Kalasatama REDI-shopping center construction site. The aim was to create new, as well as to develop and enhance the already existing means on the ground-work planning and cost management.</p> <p>Job reference for this thesis was SRV's REDI shopping center building site, in which the subscriber of the job, Destia Oy, acted as the project management contractor for the ground works.</p> <p>The work was done, by searching for information on the subject, by examining existing work planning and cost management methods, as well as by observing and developing the actual progress of work at the site. The purpose of the work was to find the best solutions for efficient work and expense management.</p> <p>The result of the work was this thesis, a summary of the best methods and ways of work planning and expense management on a large and demanding groundwork site.</p>	
Keywords	Slab-on-grade, work planning, cost management, REDI

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Projekti	1
1.2	Destia Oy	2
1.3	REDI	2
2	Maanvaraisen laatan pohjatyöt	4
2.1	Yleisesti	4
2.2	Alkutäytöt	4
2.3	Lopputäytöt	5
2.4	Kapillaarikerros	6
2.5	Maanvarainen laatta referenssikohteessa	7
3	Laatu	9
3.1	Valvonta ja osoittaminen	9
3.2	Valmiin alueen luovutus	9
4	Työnsuunnittelu	10
4.1	Työn kulku	10
4.2	Työnsuunnittelun ongelmakohdat	12
4.2.1	Töiden yhteensovittaminen	13
4.2.2	Mursketoimitukset	13
4.2.3	Suunnitelmat	14
4.2.4	Tila	18
4.3	Tietomallin hyödyntäminen työnsuunnittelussa	19
4.4	Työnjohto	21
4.5	Työryhmät	21
5	Kustannushallinta	22
5.1	Materiaalikustannukset	22
5.1.1	Materiaalikustannuksien seuranta	22
5.2	Työkustannukset	24
5.2.1	Työkustannuksien seuranta	24
5	Johtopäätökset	26

6	Yhteenveto	28
	Lähteet	29

Liitteet

Liite 1. Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma

Liite 2. 5/16 Sepelin rakeisuuskäyrä ja yhteenveto

Lyhenteet ja käsitteet

Loadman Kannettava pudotuspainolaite kantavuuskokeiden mittaamiseen

MV-laatta Maanvarainen laatta

RAM Rakennusammattimies

REDI Helsingin Kalasataman kauppa- ja elämyskeskus

TATE Talotekniikka

1 Johdanto

1.1 Projekti

Työn lähtökohtana oli kauppakeskus REDI:n maanvaraisen laatan pohjatyöt, työhön kuuluvien työvaiheiden työsuunnittelun ja kustannushallinnan ongelmakohtien löytäminen, nykyisten työsuunnittelun ja kustannushallinnan keinojen parantaminen, uusien tapojen sekä käytäntöjen luominen ja kehittäminen. Projektin oikeaoppinen hallinta ja läpivienti vaativat aina sujuvaa työsuunnittelua ja tarkkaa kustannusten hallintaa. Pyrkimyksenä olikin löytää työn referenssikohteeseen parhaiten sopivat ratkaisut. Oman piirteensä projektiin ja etenkin töiden yhteensovittamiseen toi kauppakeskus REDI:n työmaa, jossa toimittiin ahtaassa kaupunkiympäristössä, runkotöiden rakentuksessa ympärillä samanaikaisesti.

Työn tilaaja Destia Oy, toimi kohteessa projektinjohtourakoitsijana pohjatöiden osalta ja projekti itsessään toteutettiin suurimmilta osin aliurakoitsijan työryhmillä. Alkuvaiheessa työryhmiä oli yksi ja kohteen työalan kasvaessa työryhmiä lisättiin, jolloin pystyttiin etenemään asteittain useammassa projektin osa-alueessa samanaikaisesti. Urakkaan kuului maanvaraisen laatan pohjien teko kapillaarikerrokseen asti, pohjaviemäreiden arinoiden teko ja täyttö, sekä sähkösuojaputkien osalta arinoiden teko, putkien asennus ja täyttö. Pohjaviemäreiden asennus tehtiin SRV:n aliurakoitsijan erillisurakkana, mikä toi oman lisänsä työsuunnitteluun ja projektin läpivientiin.

Laajuudeltaan kohde oli varsinaisen MV-laatan osalta yhteensä noin 27,000 m², poisluettuna osa ilmanvaihdon konehuoneista, sekä ajotunnelien maanvaraisten laattojen pohjatyöt, joista kertyi lisäpinta-alaa noin 5000 m². Töiden yhteensovittaminen oli vaativaa rungon rakentuessa ympärillä, kahdeksan torni- ja parhaimmillaan kahdenkymmenen ajoneuvonosturin purkaessa kuormia ja työmaan muiden logististen palveluiden kulkiessa töiden tasolle kellarikerrokseen suurimman osan ajasta vain yhtä ajoväylää pitkin.

Projektin kustannukset syntyivät työvoimasta, maa-aineksesta, rakennusmateriaaleista ja työnjohdosta. Kohteen ongelmakohdat oli helppo huomata ja lähteä kehittämään etenkin työsuunnittelua ja toimitusten ennakointia sujuvammaksi ja täten edesauttaa kustannusten hallintaa. Yksi vaativimmista työsuunnitteluun liittyvistä asioista oli

mursketoimitusten saaminen työalueille ajallaan, alueen ollessa tilaltaan rajoitettu ja varastointipaikkojen sekä kulkureittien muuttuessa jatkuvasti.

1.2 Destia Oy

Destia on suomalainen infrastruktuuri- ja rakennusalan palveluyhtiö jonka moni muistaa vielä valtion omistamana tie- ja ratarakennusyhtiönä. Nykyään Destia on kuitenkin täysin yksityisessä omistuksessa oleva pörssiyhtiö. Destia rakentaa, ylläpitää ja suunnittelee liikenneväylien ja ratojen sekä liikenne- ja teollisuusympäristöjen lisäksi myös kokonais elinympäristöjä. Destia Oy:n palvelut ja osaaminen ulottuu aina maanalaisesta rakentamisesta kattavaan maanpäälliseen infrarakennustoimintaan, sekä energia- ja insinöörirakentamiseen. Monipuolisen osaamisen ansiosta Destia Oy pystyy toteuttamaan asiakkailleen suuriakin ratkaisuja. Näillä ratkaisuilla luodaan edellytykset turvallisuudelle ja sujuvalle liikkumiselle ja tehdään ympäröivästä maailmasta pala palalta toimivampaa. Destia Oy:n asiakkaita ovat teollisuus- ja liikeyritykset, kunnat ja kaupungit sekä valtionhallinnon organisaatiot. Kattava toimipaikkaverkko Suomessa takaa, että Destia on aina lähellä asiakkaitaan. [1.]

Destia Oy toimi Kalasataman REDI kauppa- ja elämyskeskuksen hankkeessa projektinjohtajana pohjatöiden osalta. Projektiin sisältyi pohjatyöt kokonaisuudessaan pitäen sisällään mm. louhinnat, ajotunnelit, pohja-anturat, salaojitukset ja maanvaraisen laatan pohjatyöt. Tässä työssä käsitellään projektin osalta maanvaraisen laatan pohjatöihin sisältyviä töitä ja siihen liittyviä työvaiheita.

1.3 REDI

SRV:n rakennuttama REDI nostattaa Helsingin Kalasataman kaupunginosaan kahdeksan korkeaa tornitaloa ja kantakaupungin suurimman kauppa- ja elämyskeskuksen. Kokonaisuuden nimi on merihenkisyydestä ja alueen historiasta pohjautuva REDI, joka valmistuttuaan tarjoaa kodin noin 2,000 asukkaalle, sekä kauppa- ja elämyskeskuksen kaikkien kaupunkilaisten käyttöön. REDI:n tornit nousevat Kalasataman rannoille seuraavan kymmenen vuoden kuluessa, osa valmistuu vuonna 2018 ja loput asteittain myytyjen asuntojen ja tilojen mukaisesti. Torneista kaksi, yksi toimisto- ja yksi hotelli-torni, kurottaa korkeimmillaan 132 metriä merenpinnasta. Tornien korkeus ja vaativuus

määrittivät osaltaan myös kohteen vaativia pohjatöitä. Kauppakeskus itsessään aukeaa kokonaisuudessaan vuonna 2018, jolloin myös ensimmäiset asukkaat pääsevät muuttamaan. Kaiken kaikkiaan koko REDI: n on määrä valmistua vuoteen 2022 mennessä. [2.]

REDI oli työkohteena erityisen mielenkiintoinen ja projektin aikana sai nähdä useita eri työvaiheita ja kohteen rakentuvan aina pohjalta tornien huipulle asti. Rungon rakentaminen pohjatöiden vanavedessä teki myös työstä osaltaan vaativaa, ontelo- ja pilari-kuormien purku tapahtui aivan työalueen vieressä ja vei osaltaan suuren määrän vapaasta varastointi- ja työtilasta työmaamontussa. Myös muu työmaaliikenne kuten muiden aliurakoitsijoiden autot, kurottajat, elementtifakit, kuukulkijat ja liukuvalumuottien varastointi ja siirtely tekivät logistisesta työnsuunnittelusta erityisen vaikeaa. Louhintaa kohteessa suoritettiin yhteensä yhdeksän eduskuntatalollisen verran, noin 900 000 kuutiota ja louhetta kuljetettiin kuorma-autoilla parhaimmillaan 200–300 kuormaa päivässä työmaalta pois.

2 Maanvaraisen laatan pohjatyöt

2.1 Yleisesti

Maanvaraisella laattalla käsitteenä tarkoitetaan maahan tukeutuvaa betonilaattaa. Maanvaraisessa laattassa betonilaatta tukeutuu joko kapillaarikerrokseen suoraan, tai kapillaarikerroksen ja betonilaatan välissä olevaan eristeeseen, kuitenkin niin että lähinnä betonia oleva kiviaines on kapillaarikerrokseen tarkoitettua sepeliä. Raekooltaan kapillaarisepeli on useimmiten halkaisijaltaan 6...8/16...32 millimetriä. Raekoon ollessa oikea se katkaisee maaperästä nousevan veden kapillaarisen nousun ja ohjaa sen salaojitukseen. Veden rakenteisiin nousemisen esto on äärimmäisen tärkeää ja sillä pyritään ehkäisemään mahdolliset home- ja muut rakenteisiin aiheutuvat ongelmat kuten halkeilu ja raudoitusterästen karbonatisoituminen. Referenssikohteen töissä käytetävän kapillaarisepelin raekoko oli 6/16. Kapillaarikerroksen alapuoliseen murskekerrokseen asennettiin kohteen talotekniikka sisältäen salaojituksen, sekä pohjaviemäri- ja sähkösuojaputket.

2.2 Alkutäytöt

Maanvaraisen laatan alapuolisen putkikaivannon alkutäyttö tehdään yleisesti sellaisella materiaalilla, joka sopii kaikille kyseisen kaivannon putkille. Jos kaivannossa risteää esim. sähkö-, viemäri- ja vesijohtoputkia, alkutäyttö tehdään kaikkien osalta samalla maa-aineksella. Täyttömateriaali ei saa olla vahingoittava putkien pinnoitteille, eikä sisältää aineita, jotka voivat vahingoittaa putkia tai liitosmateriaalia. Erityisesti putkien muhviilitosten kohdat tulee täyttää tarkasti ja tiivistää huolellisesti, sekä huolehtia ettei seassa ole isompia kiviä tai muuta sinne kuulumatonta materiaalia.

Alkutäyttö tehdään hiekasta, sorasta tai murskeesta, joka täyttää samat vaatimukset jotka on esitetty putken asennusalustan materiaalille. Tiivistämisen kannalta liian märkää materiaalia ei käytetä. Myöskään savea, liejua tai turvetta ei tule käyttää. Referenssikohteessa käytettiin 0/16 mm kalliomursketta josta tehtiin niin putkiarina, kuin alkutäytötkin.

Routivaa täyttömateriaalia ei voida käyttää ympärystyksenä liikennealueella. Liikenneitävän alueen ulkopuolella alkutäyttömateriaaliksi soveltuvat hiekka, sora, murske,

savi, siltti ja moreeni, joiden raekoko ei ylitä tasauskerrokselle asetettuja enimmäisarvoja. Arvot osoitetaan materiaalintoimittajalta saatavalla laatudokumentilla.

Ennen täyttöä tarkastetaan, että putket ovat vahingoittumattomat, oikeilla paikoillaan ja oikein asennetut. Putkissa ei saa olla kolhuja tai epämuodostumia, jotka ylittävät putkelle annetut toleranssiarvot. Myös täytön aikana huolehditaan, että putket eivät pääse liikkumaan tai vahingoittumaan. Alkutäyttömateriaali lasketaan kaivantoon varovasti, tasaisesti putkien molemmille puolille. Täyttömateriaalia ei saa tyhjentää auton lavalta suoraan putken ympärille, vaan se tulee tehdä osissa kaivinkoneella tai lapioiden.

Täytön ensimmäinen vaihe tehdään lapiotyönä tai muilla sellaisilla menetelmillä, että putket eivät siirry paikaltaan tai vaurioidu. Alkutäyttömateriaalia sullotaan kerroksittain putkien alle ja sivuille siten, että putki ei nouse tai siirry, eikä muuta muotoaan ja putken alempi puolisko tukeutuu tasaisesti alustaansa. Alkutäyttö on putken molemmilla puolilla suunnilleen samalla korkeudella ja pituussuunnassa samalla matkalla, täytön joka vaiheessa. Alkutäyttö tiivistetään kerroksittain täytön joka vaiheessa.

Alkutäytön tiiviiden tulee täyttää seuraavat tiiviysvaatimukset:

- tiiviyssaste ≥ 95 % (parannettu Proctor-koe) tai tiiviyssuhde $\leq 2,5$ (kannettava pudotuspainolaite).

Pienin sallittu yksittäinen mittaustulos saa olla tiiviyssasteen mittauksissa 92 % (parannettu Proctor-koe) tai tiiviyssuhteen mittauksissa 2,8 (kannettava pudotuspainolaite). [3.]

2.3 Lopputäytöt

Lopputäytöissä suurin sallittu kivien tai lohcareiden läpimitta on 2/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta, kuitenkin enintään 400 mm. Kalliokaivannot ja louhepenkereessä olevat kaivannot täytetään soralla tai vastaavalla routimattomalla murskatulla materiaalilla, kooltaan 0/200 tai vähemmän. Kohteessa oli käytössä murskattua kiviainesta kooltaan 0/90...0/200 sekä putkikaivannon kaivumaita, jotka oli jo kertaalleen hyväksytetty tilaajalla.

Kaivannon yli kulkevien louhepenkereiden kohdalla lopputäyttöön käytettävässä materiaalissa saa olla kooltaan maksimissaan 200 mm:n kiviä. Liikennöitävän alueen ulkopuolella lopputäyttöön käytetään yleensä kaivumaita. Ennen täyttötyön aloittamista huolehditaan, että täyttömateriaalissa ei ole lunta, jäätä tai jäätynyttä maata. Lopputäyttöön käytettyjen materiaalien kelpoisuus todetaan rakeisuustutkimuksilla. Materiaalin kelpoisuutta tarkkaillaan lisäksi silmämääräisesti työn aikana ja poistetaan epäkelpo materiaali.

Lopputäyttö tiivistetään sen sijainnista riippuen penkereen tai päällysrakenteen tiiviyshaatimusten mukaisesti.

Liikennöitävällä alueella lopputäyttö ulotetaan liikennealueen rakennekerrosten alapintaan, jolloin kivennäismaalla tehdyn lopputäytön tiiviyshaatimukset täyttää seuraavat vaatimukset:

- tiiviyshaste, keskiarvo > 90 % (parannettu Proctor-koe) tai
- tiiviyshsuhte < 2,8 (kannettava pudotuspainolaite).

Pienin sallittu yksittäinen mittaustulos saa olla tiiviyshasteen mittauksissa 88 % (parannettu Proctor-koe) ja tiiviyshsuhteen mittauksissa 3,0 (kannettava pudotuspainolaite).

Tiiviysh tulee olla sama kuin ympärillä olevan rakenteen tiiviysh. Liikennöidyn alueen ulkopuolella valmiin lopputäytön tiiviyshdet määräytyvät päälle tulevan rakenteen mukaan tai ne osoitetaan suunnitelma-asiakirjoissa. [4.]

2.4 Kapillaarikerros

Maanvaraisen lattian alle, tai lattian alla olevan eristeen alle tehdään vähintään 300 mm paksu kapillaarikatkerros. Kapillaarikatkerroksen paksuus on aina oltava vähintään 20 % suurempi kuin kerrokseen käytetyn kapillaarikatkokiviaineksen vedenousukorkeus määritettynä standardin SFS-EN 1097-10 mukaisesti. Kapillaarikatkerroksen yläpinnan taso saa poiketa suunnitelmien mukaisesta tasosta +0... - 20 mm. Projektissa asetettu poikkeamataso oli +0... -10 mm.

Kapillaarikatkokerroksen ja kaivantopohjan / pengerryksen väliin mahdollisesti tehtävän täyttökerroksen kantavuus-, tiiviys-, yläpinnan tason ja tasaisuuden vaatimus on sama kuin kaivantopohjan/pengerryksen. Kapillaarikatkokiviaineksesta määritetään kapillaarinen vedennousukorkeus standardin SFS-EN 1097-10 mukaisesti ja samasta testi- näytteestä hienoainespitoisuus standardin SFS-EN 933-1 mukaisesti. [5.]

2.5 Maanvarainen laatta referenssikohteessa

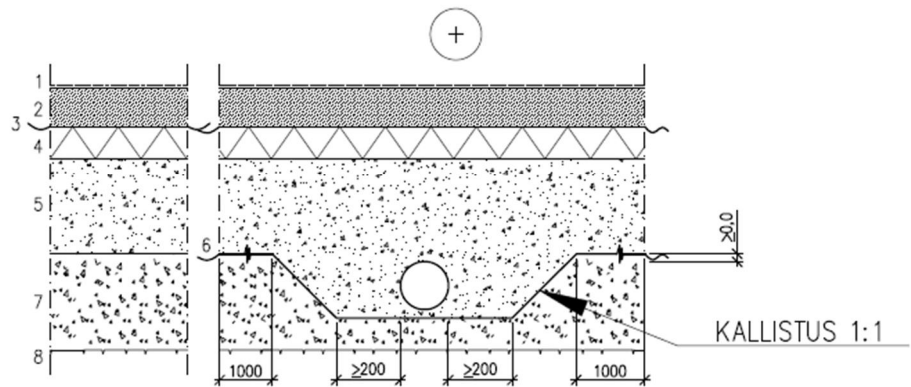
Maanvaraisen laatan pohjatyöt pitivät tässä projektissa sisällään täyttötöyt tekniikoineen kapillaarikerrokseen asti. Kapillaarikerroksen paksuus oli minimissään 300 mm ja maksimissaan 350 mm. Yläpinnan taso sai poiketa suunnitelmien mukaisesta tasosta +0...-10 mm, mittatarkkuutta oli kiristetty hieman maanrakennusalan yleisistä laatuvaatimuksista. Kapillaarikerroksen alapuolen mursketäyttö oli raekooltaan 0/90...200 alkutäytöstä riippuen ja se tukeutui louhittuun kalliopintaan. Putkien lopputäyttö tehtiin hienommalla maksimissaan 0/90 murskeella.

Varsinaisen mursketäytön sisään asennettiin suurin osa varsinaisesta talotekniikasta ja vain osa pintaputkista jäi kapillaarikerroksen sisään. Putkien noustessa kapillaarikerroksen pintaan ne suojattiin erikseen siihen soveltuvalla routasuojamatolla. Mursketäytössä sijaitseva talotekniikka asennettiin raekooltaan 0/16 murskeeseen, jonka suojatäytön paksuus oli minimissään 200 mm.

Työstettävä alue oli suurimmilta osin parkkialueen kuitubetonista pohjaa, joka tukeutui suoraan kapillaarikerrokseen (kuva 2) ja osittain varasto- ja huoltotilaa joilla kohdin teräsbetonilaatta tukeutui eristeeseen ja eriste kapillaarikerrokseen (kuva 1). Eristetyiltä teräsbetonoiduilta kohdilta betonilaatan pinta oli tasainen ja kuitubetonin osalta maanvaraisissa laatoissa oli kaadot hiekanerotus- tai linjakaivoihin.

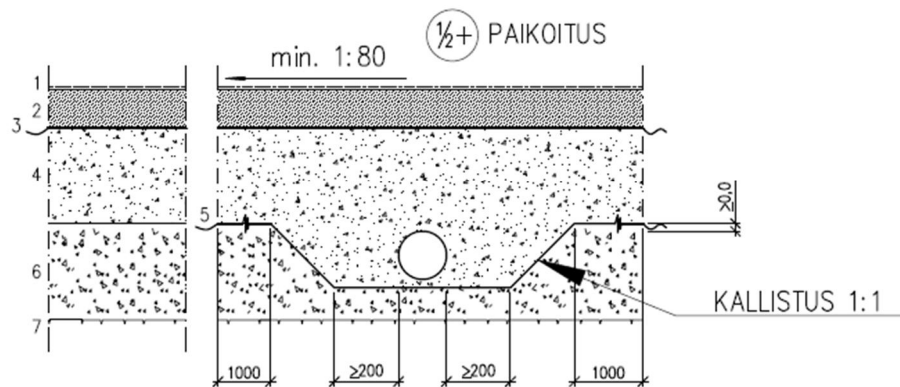
Maanvaraisen laatan paksuus vaihteli 120–480 mm välillä, riippuen raudoituksesta ja betonilaatan vahvistuksen tarpeesta. Suurimmassa osassa projektia laatan paksuus oli kuitenkin 120 mm ja vahvistettu 220 mm esim. nosturiperustusten ja sähköveto-kaivojen ympärillä.

1:20

(MUUT TILAT PAITSI PAIKOITUS, IV-KONEH. JA
MUUT TEKN.TILAT)

Kuva 1. Alapohjarakenne, maanvarainen laatta, kutistumasaumaton, muut kuin paikoitustilat. RAK-YL-YL-90001. Detalji AP1. Sweco Rakennetekniikka Oy.

1:20



Kuva 2. Alapohjarakenne, maanvarainen laatta, kutistumasaumaton, paikoitustilat. RAK-YL-YL-90001. Detalji AP 1-2. Sweco Rakennetekniikka Oy.

3 Laatu

3.1 Valvonta ja osoittaminen

Työn laadun valvonta projektissa oli tarkkaa ja työn laatu osoitettiin useilla eri keinoilla. Mittaustarkkeet otettiin mursketäyttöjen pinnasta, putkiarinoista, putkien yläpinnasta ja liitoksista, sekä kapillaarikerroksen yläpinnasta. Tilaajan mittaurakoitsija otti vielä erilliset tarkkeet putkiurakoitsijan asentamista putkista ja niin ikään kapillaarikerroksen yläpinnasta. Tarkkeilla pystyttiin osoittamaan kapillaarikerroksen vahvuudet eri kohdissa, pinnan kaadot kerääjäkaivoihin, putkien kaadot pumppaamoihin sekä arinan leveydet. Putkiurakoitsijan urakan puolesta putket myös kuvattiin, jolla kartoitettiin niiden kaadot ja varmistettiin että ne olivat kaikin puolin ehjiä.

Mursketäyttöjen yläpinnasta otettiin kantavuusmittaukset levykuormituskokeilla, ja putkiarinoista sekä kapillaarikerroksen valmiista pinnasta Loadman-mittauksin. Kaikki mittaukset otettiin tiivistetyistä pinnoista ja niiden tulokset tuli olla levykuormituskokeissa Infra RYL mukaiset tiiviyssuhde $<2,2$ ja Loadman-kokeissa tiiviyssuhde $<2,8$. Murske- ja sepelipinnan osalta kantavuusmittauksia otettiin 1 kpl / 300 m², sekä arinasta 1 kpl / 25 m. Työvaiheita valvottiin myös rahoittajan valvojan toimesta, erityisesti täyttö- ja tiivistystöiden osalta, ja pyydettyä tehtiin korjauksia sekä otatettiin lisäkokeita tarvittavan kantavuuden varmistamiseksi.

3.2 Valmiin alueen luovutus

Valmiiden osa-alueiden luovutukset tapahtuivat tilaajan, urakoitsijan, suunnittelijan ja rahoittajan edustajan kanssa erikseen sovituissa luovutustilaisuudessa. Mittaustarkkeet ja muu aineisto luovutettiin asianomaisille aina vähintään 24 tuntia ennen luovutusta. Kantavuuskokeiden tuloksiin haettiin erikseen suunnittelijan hyväksyntä ennen luovutustilaisuutta. Koko työalue oli jaettu kolmeentoista lohkoksi, joiden mukaisesti työ pyrittiin tekemään ja toteuttamaan, mutta todellisuudessa itse luovutettavat alueet vaihtelivat maanvaraisen laatan liikuntasauvojen mukaan, jotta alueita sai luovutettua valuaue kerrallaan. Näin ollen lohkoista tehtiin useampia osaluovutuksia. Kokonaisuudessaan lohkot pyrittiin tekemään lohkorajaa lähimpänä olevaan liikuntasaumaan, niin että suurin osa varsinaisesta lohkoalueesta pystyttiin kerralla luovuttamaan.

Luovutustilaisuudessa luovutettavan alueen pinta, työn laatu, leikkaukset ja dokumentaatio tarkistettiin ja kirjattiin mahdolliset korjaustoimenpiteet. Tämän jälkeen luovutusdokumentaatio allekirjoitettiin ja seuraavan työvaiheen työryhmät pääsivät töihin.

4 Työnsuunnittelu

4.1 Työn kulku

Työn kulku maanvaraisen laatan pohjatöissä kulki SRV:n saneleman aikataulun mukaisesti, pois lukien omista töistä riippumattomat kohteet, jotka piti tehdä alta pois muiden työvaiheiden jatkumisen turvaamiseksi. Pääpiirteittäin kulku eteni kuitenkin runko edellä, eli töissä pyrittiin mukailemaan ylemmän kerroksen ontelolaattojen valmistumista. Työt etenivät valmiiden ontelolaattojen alla ja aina uuden ontelokentän, ja sen valmistavien töiden valmistuessa, työt etenivät sen alle. Ontelolaattojen alla työskentely rajoitti omalta osaltaan myös työskentelyä, vaikuttaen koneiden kokoon ja kuormien toimittamiseen.

Ennen ontelolaattojen asennusta anturapohjiin asennettiin kantavat pilarit, tehtiin salaojitukset ja nostettiin alkutäytön pinta valmiin mursketäytön tasolle. Välissä valettiin pilarien tartuntojen suojavalut ja pilarien täyttövalut itsessään. Aina kuitenkaan aikataulu ei ollut kiveen kirjoitettu ja pilarivaluja sekä salaojia jouduttiin tekemään putki- ja pintatöiden ollessa jo käynnissä.

Työn teko ontelojen alla oli sujuvaa siltä osin, että työt sai tehdä säältä suojassa ja omalla alueella, sillä ehdolla, että muut valmistavat työt olivat valmiina ja myös muut urakoitsijat pysyivät aikataulussa. Putkikanaalien kaivumaasta saatiin täyttömaata tarvittaessa seuraavien alueiden murskepinnan nostoon, mikäli tämä oli taseuspinnaltaan vajaa. Alkutäyttöihin käytettävän murskeen sekä sepelin tuonti alueille tuotti kuitenkin ongelmia. Kuorma-autolla pystyttiin tuomaan kuormat vain ja ainoastaan ontelolaattojen ulkopuolelle ja ontelojen ulkopuolinen alue oli useimmiten toisen urakoitsijan työvaiheen työskentely-, purku-, tai varastointialue. Myös ontelojen asennuksen jälkeiset työt kuten saumavalut, työmaavalaistuksen asennus, sekä eristystyö haittasivat omalta osaltaan omien työryhmien etenemistä. Urakassa kului paljon työtunteja valmistavien työvaiheiden odotteluun ja koneiden- sekä tavaroiden siirtelyyn.

Varsinaiset työvaiheet maanvaraisen laatan työssä olivat

- Mursketäyttö työpintaan ja levykuormituskokeet
- Viemäri- ja sähkösuojaputkien kanaalin kaivu, arinoiden tasaaminen ja asennus sähkösuojaputkien osalta
- Tarkkeiden otto arinoista ja sähkösuojaputkista, sekä putkiurakoitsijan erilliset tarkkeet pohjaviemäreistä ennen täyttöä
- Murskepinnan tasaus, tiivistys ja tarkkeiden otto
- Kapillaaripinnan levitys, tasaus, kaatojen tekeminen ja tarkemittaus
- Luovutus tilaajalle.

Töiden yhteensovitus piti suunnitella niin, että putkiurakoitsijalle riitti tehtävää samanaikaisesti, kun putkiurakkaan liittymättömät työt hoidettiin varsinaisen putkien asennuksen aikana. Toiminta piti siis jakaa eri alueille siten, että yhdessä paikassa asennettiin putkea ja tehtiin putkiarinaa, kun taas toisessa paikassa tehtiin valmista pintaa tai asennettiin sähkösuojaputkea. Huomioon oli otettava myös risteävien putkilinjojen syvyydet ja suunnitella kaivutyö niin että putkiarinat kaivettiin pohjalta ylöspäin oikeassa järjestyksessä. Putkiurakan osalta ei myöskään lähes aina saatu putkea asennettua, vaikka arinaa olisi ollut valmiina, milloin osien puuttumisen ja milloin muiden töiden viedessä putkiurakoitsijan aikaa. Tällöin töitä piti jatkaa uudelle alueelle jättäen putki-kaivannot auki odottamaan asennustyötä. Ongelmia aiheutui myös ilta- ja viikonlopputöiden yhteensovituksesta, kun asennustyötä ei voinut hoitaa kerralla loppuun asti, ellei normaalista poikkeavia töitä ja työaikoja ollut erikseen sovittu putkiurakoitsijan kanssa. Urakka olisikin helpommin ja tehokkaammin viety läpi, jos putkiurakkaa ei olisi kilpailutettu erillisenä urakkana ja maanrakennuksen työryhmä olisi täten voinut hoitaa kaikki työvaiheet sisältäen putkien asennuksen.

4.2 Työsuunnittelun ongelmakohtat

Työn suunnittelussa ja etenemisen hallinnassa oli useita osa-alueita, joihin tuli varautua pienellä varoitusaajalla. Työmaan luonne ja ahtaissa tiloissa toimiminen toi tullessaan suurimman osa kohdatuista ongelmista.

Työsuunnittelun keskeiset ongelmat projektissa olivat

- töiden yhteensovittaminen
- mursketoimituksien varastointi
- suunnitelmapuutteet
- tilanpuute.



Kuva 3. Työmaan aluesuunnitelma. Kaikki mursketoimitukset ja koneiston kulku työmaamonttuun tapahtui portin 4 ja luoteessa olevan ajoluiskan kautta. Maanvaraisen laatan työalueena toimi pääosin kuvassa keltaisella väritetty alue.

4.2.1 Töiden yhteensovittaminen

Varsinaiseen maanvaraisen laatan pohjatöiden tekemiseen kuului putkiarinnan teko, asennus sähkösuojaputkien osalta, alkutäytöt, lopputäytöt, kapillaarikerros ja tarkkeiden otto sekä dokumentaatio omista työvaiheista. Risteäviä työvaiheita olivat mm. ontelojen asennus, ontelojen tuenta, valutuennat, kuilujen liukuvalut ja muottien teko, työvalojen asennus, radon- ja muut eristykset, pilariasennukset, vastaanotto pilarien ja ontelojen osalta ja salaojitusyöt. Päällekkäiset työt vaikuttivat työsaavutukseen omalta osaltaan, mutta ylimääräinen aika pyrittiin aina käyttämään mahdollisimman tehokkaasti seuraavien työalueiden valmisteluun sen ollessa mahdollista.

Työnsuunnittelua olisi huomattavasti helpottanut muiden urakoitsijoiden paikkaansa pitävät työaikataulut risteävistä töistä, joiden avulla niin omiin kuin ulkopuolisiin toimituksiin olisi voinut varautua. Monesti saapuvista kuormista ja tilan vapautumisesta tiesi vain kyselemällä muiden urakoitsijoiden työnjohdolta. Usein tapahtui myös niin, että tilavarausta tai siirtoa kysyttiin viideltä urakoitsijalta, mutta kuudennella urakoitsijalla olikin ontelokuorma tulossa. Yhteensovittamiseen olisikin tarvinnut yhtenäisen aikataulun suurimmista pohjatasolla tapahtuvista töistä ja kuormien purusta, jota olisi voinut hyödyntää esim. mursketoimitusten tilauksessa.

4.2.2 Mursketoimitukset

Työn vaatima murskemäärä oli valtava ja toimituksia työmaalle tehtiin lähes päivittäin. Työmaalla toimi oma kuljetusyhtiö joka ajoi työmaan sisäisiä siirtoja ja pieniä mursketoimituksia. Työn alkuvaiheessa tämä kuljetusyhtiö toi tarvittavat murskeet nuppikuormana SRV-Infralta Verkkosaaresta ja myöhemmässä vaiheessa Verkkosaaren varaston ehtyessä maa-aines tilattiin Rudus ja Seepsula Oy:ltä. Lopputäyttöihin käytettävää 0/90 mursketta oli saatavilla työmaan omasta välivarastosta. Kaikki muu murske, 0/90 kalliomursketta lukuun ottamatta, tilattiin ulkopuoliselta toimittajalta.

Putkiarinoihin tarvittavaa 0/16 kalliomursketta laskettiin työhön 400 tonnia /1000 m² ja kapillaarikerrokseen sepeliä 600 tonnia /1000 m². Kuormia oli siis keskimäärin 20 kpl x 0/16 / 1000 m² ja 30 kpl x 5/16 / 1000 m² (n. 20 tonnia/kuorma). Kasettikuormina mursketta saatiin n. 45 tonnia/kuorma. Neliöitä työssä valmistui keskimäärin 2000 m² / kk eli kuukauden työpäivillä pyöristettynä n. 100 m² yhdessä päivässä. Mursketta tarvittiin siis keskimäärin kaksi kuormaa päivässä ja sepeliä kolmesta neljään kuormaa päivässä,

todellisuudessa kuitenkin toimituksia oli enemmän ja maa-ainesta piti välivarastoida työmaalle, koska niitä ei läheskään aina saatu suoraan työalueelle. Välivarastointialueet sijaitsivat pääosin maan pinnalla, joten välimatka varastointi- ja työalueen välillä oli myös turhan pitkä. Työvaiheet edellyttivät sitä, että mursketta piti olla aina saatavilla. Kun tasauspintaa valmistui 1000–2000 m² alalla, tarvittiin nopealla toimituksella 600–1200 tonnia sepeliä. Työn sujuvuuden parantamiseksi mursketoimituksille olisi pitänyt olla selkeät varastointialueet työmaamontussa työalueiden välittömässä läheisyydessä koko projektin ajan, jolloin maa-ainesta olisi ollut koko ajan saatavilla. Projektin loppua kohden toimituksiin pystyttiin varautumaan alkua paremmin, mutta täyteen tehokkuuteen ei projektin aikana päästy.

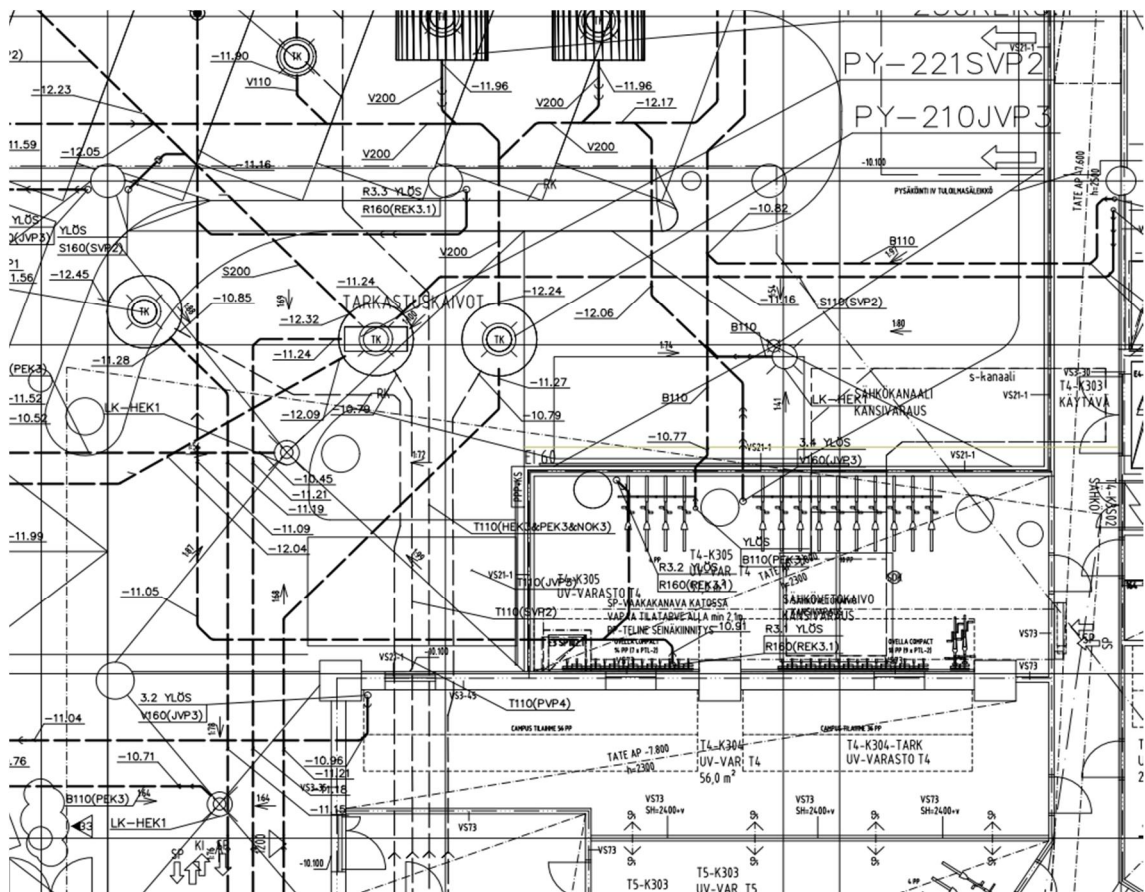
4.2.3 Suunnitelmat

Työhön tarvittavat suunnitelmat olivat selkeitä ja ne olivat projektipankin kautta helposti saatavilla koko projektin ajan. Suunnitelmat päivittyivät projektipankkiin tasaisin väliajoin ja päivityksiä oli helppo tarkkailla internetsivuston kautta. Suunnitelmissa oli osittain hold -osuuksia, jotka saatiin päivitykseen vasta työn aikana, mutta näihinkin löydettiin yleensä nopeasti ratkaisu, ottamalla yhteys suunnittelijaan. Projektipankin käyttöliittymä vaihtui työn puolesta välissä Project Info- versiosta BEM- versioon, mikä teki suunnitelmien tarkastelusta mobiilisti lähestulkoon mahdotonta. Toimiakseen mobiiliversio olisi vaatinut Silverlight-liitännäisen, jonka käyttö tilaajalla käytössä olevilla Android-pohjaisilla laitteilla ei ollut mahdollista. Toimivaa mobiiliversiota projektipankista olisi kaivattu, jotta suunnitelmien tarkastelu työmaa-alueella olisi ollut luontevampaa ja ennen kaikkea nopeaa.

Ongelmat suunnitelmien suhteen koituivatkin lähinnä aikataulutuksesta. Suunnitelmien aikataulutus projektipankkiin ei aina ollut ajan tasalla johtuen töiden yhteensovittamisesta ja tästä johtuen työt saatettiin aloittaa uudella työalueella ilman suunnitelmia. Tässä oli riskinä se, että uusi alue poikkesi vanhasta ja työtä tulikin tehtyä moneen kertaan suunnitelmien muuttuessa. Monesti alueelle jolle suunnitelmat olisi ollut, ei päässyt, tai vastaavasti tietty alue piti saada valmiiksi, jotta seuraavat työt päästiin aloittamaan. Joissain tapauksissa suunnitelmia myös päivitettiin jo luovutetulle alueelle, jonka seurauksena kuva päivittyi uudestaan, kun virheellinen päivitys piti poistaa. Päälekkäiset työvaiheet aiheuttivat myös itsessään suunnitelmamuutoksia, kun suunnitelmat muutettiin työmaatoteutuksen mukaisiksi.

4.2.3.1 Pohjaviemärisuunnitelmat

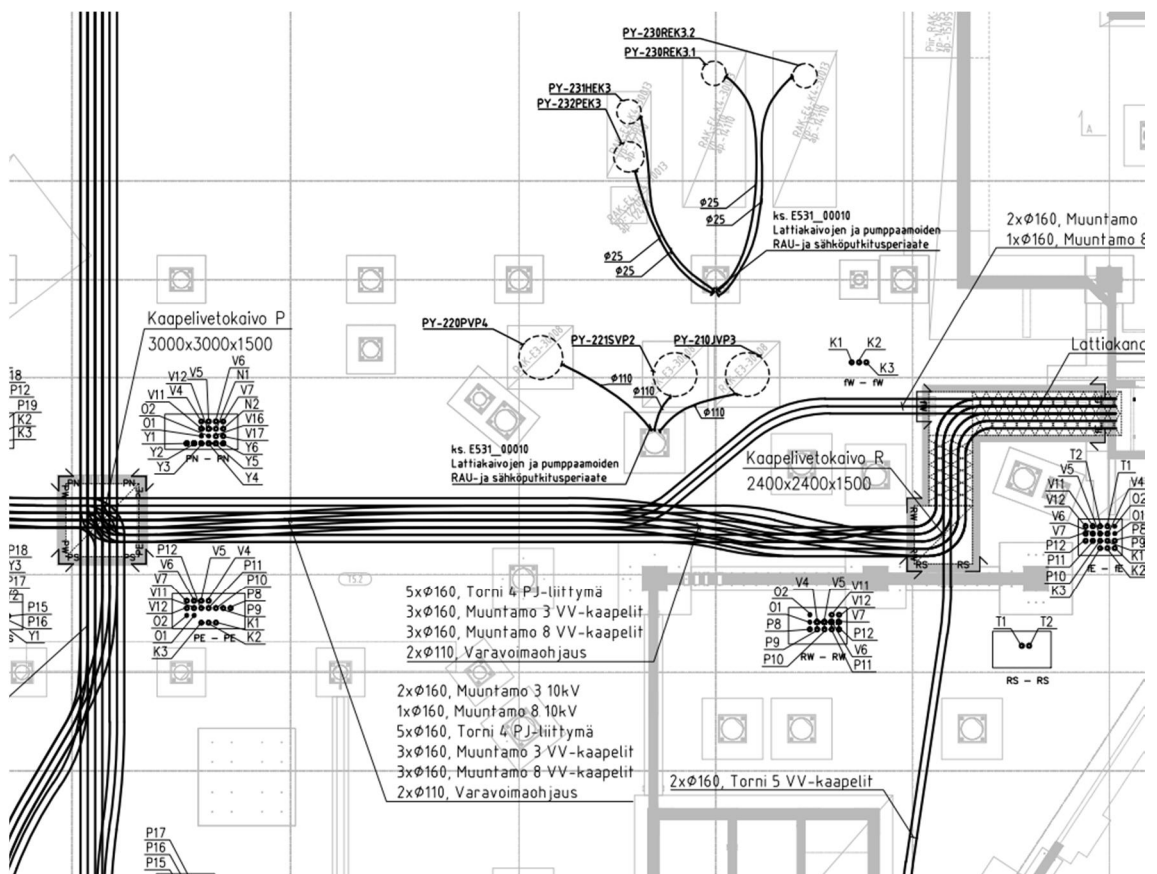
Pohjaviemärien suunnitelmissa (kuva 4) näkyi putkien ja kaivojen korot, pumppaamojen ja viemäreiden sijainnit, prosentuaaliset kaadot suuntineen, sekä putkien koot ja tyypit. Tekniikkaa pohjatyöhön kuului niin paljon, ettei kaikkea olisi saanut yhteen suunnitelmakuvaan mahdutettua. Pohjaviemärit kulkivat useissa kohdissa lähellä toisaan ja vaikka ne olisivat sijainneet samassa kaivukanaalissa, niin ne olivat useimmiten eri korossa keskenään. Työ piti suunnitella niin, että risteävät ja päällekkäiset linjat tehtiin oikeassa järjestyksessä. Suunnitelmissa tuli ottaa myös huomioon kaivojen ja pumppaamoiden korot ja havaita mahdolliset suunnitelmapuutteet.



Kuva 4. Pohjaviemärien työpiirustus lohkolta E3. LVI-122400-2K3P-06. Ramboll Oy.

4.2.3.2 Sähkösuunnitelmat

Sähkösuojaputkituksien osalta (kuva 5) suunnitelmista näimme putkien linjauksen ja tarkentavat koodit tietoineen. Varsinaisen koron sähköputkille määräsi sähkövetokaivojen läpivientien korot sekä viemäriinjastojen risteävät osuudet. Sähköputket tulivatkin pääasiallisesti pohjaviemäreitä alemmas, vaikka ne joissain tapauksissa ristesivät viemäriinjastojen kanssa. Pumppaamoihin tulevat sähköt johdettiin pääasiallisesti kapillaari-kerroksen sisällä, joiden asennuksen järjesti sähköurakoitsija. Yhdessä suojaputkilinjastossa saattoi olla putkia 2-40 kpl ja niiden väliin piti jäädä tiivistetty kerros asennushiekkaa. Parhaimmillaan putkipatteristot olivat yli metrin korkeita ja leveitä. Suunnitelmien mukaisten putkikoodien mukaan putkistoihin puhallettiin vetonarut työn valmistuttua odottamaan sähkökaapelien asennusta.



Kuva 5. Sähkösuojaputkien asennussuunnitelma lohkolta E3. E-162531-8K400. Ramboll Oy.

4.2.4 Tila

Tilan puute ja työn teko ahtaissa tiloissa oli yksi keskeisimmistä työsaavutukseen vaikuttavista ongelmista projektissa. Koko maankaivu- ja siirto piti toteuttaa maksimissaan 5-6 tonnia painavilla kaivinkoneilla ja saman kokoluokan kauhakuormaajilla. Työskentely tapahtui suurin osin ontelolaattojen alla, joten suurempien koneiden käyttö ei olisi ollut mahdollista. Työskentelytila oli etenkin korkeudeltaan hyvin rajoitettu. Kookkaamman kauhakuormaajan käyttömahdollisuus olisi ollut suotavaa, koska mursketoimitukset jouduttiin välivarastoimaan kauas työalueesta. Isommat koneet olisivat tuoneet isommat työsaavutukset ja aikataulussa pysyminen olisi ollut helpompaa. Murskeiden välivarastointi niin ikään johtui tilan puutteesta ja se olikin koko työn ajan keskeinen osa projektin luonnetta.



Kuva 7. Tilan puute pahimmillaan työmaa-alueella. Kulkuväylä työalueelle sijaitsi kuvan keskellä. Kuvassa havaittavissa kaksi ajoneuvonosturia, kaksi rekkaa, kuorma-auto, kurottaja sekä pakettiauto.

4.3 Tietomallin hyödyntäminen työsuunnittelussa

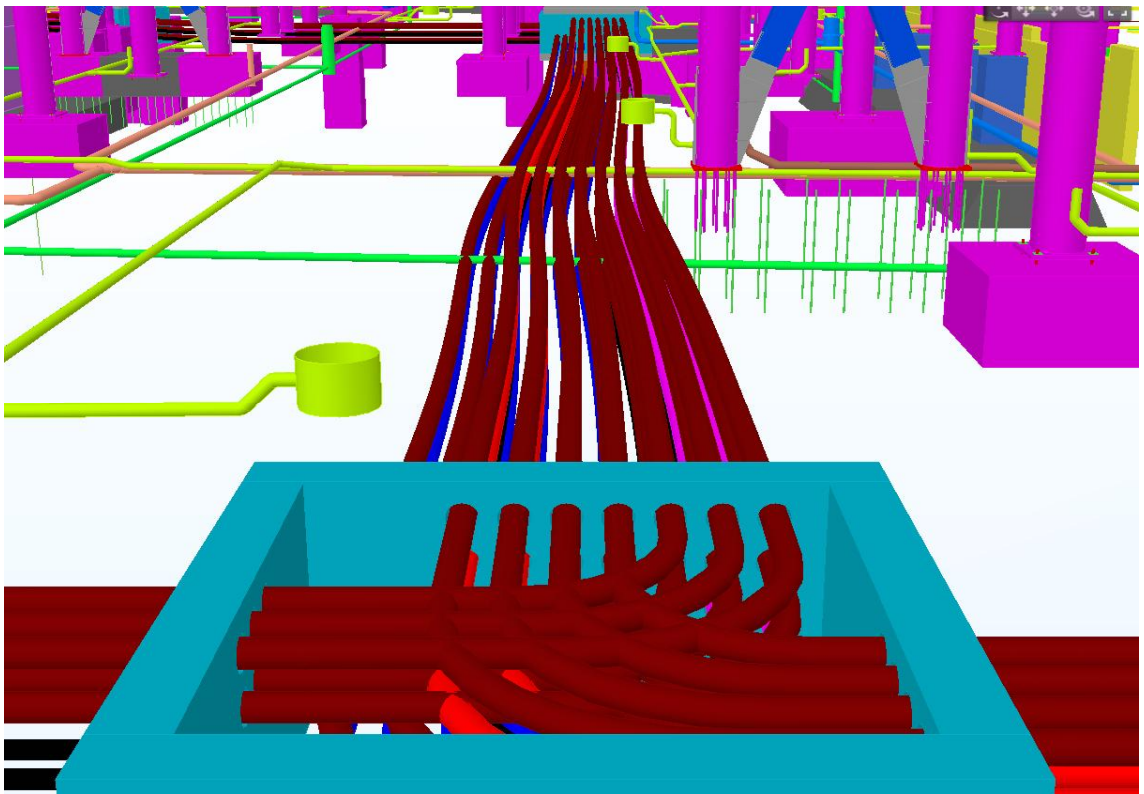
Kohteesta oli saatavilla laaja ja yksityiskohtainen tietomalli josta oli apua kohteen laajuuden hahmottamisessa ja työn ohjauksessa. Tietomalli piti sisällään arkkitehti-, rakenne- ja LVISA-suunnitelmat. Tietomalli toimi Trimblen Tekla BIM-Sight ohjelmalla ja hyödynsimme myös ohjelman mobiiliversiota Tekla Field 3D:tä kentällä ollessamme. Varsinaista tietomallinnusta ei työssä ollut, eikä sitä käytössämme olevalla ohjelmalla pystynyt tekemään, mutta yksinkertaisissa mittauksissa ja kokonaisuuden hahmottamisessa mallista oli apua. Hyöty huomattiin etenkin putkien horisontaalisessa hahmottamisessa työmaalla putkien risteämiskohtien ja kulmien osalta.

Field 3D:n avulla putkien suunnat ja kulmat nähtiin helposti ns. valmiissa rakenteessa kentällä kertavilkaisulla. Vaikka mobiiliversioon olikin saatavilla pelkät putkimallit, niin oli työtä helpottavaa, kun pystyi puhelimesta vilkaisemalla tarkistamaan putkien etenevän ja suunnan ilman suurempaa vaivaa. Työryhmällä oli myös käytössään taulutietokone, johon pystyimme lähettämään sähköpostilla kuvakaappauksen tietomallista hankalan kohdan tullessa eteen. Näin työryhmä pystyi hahmottamaan kokonaisuuden huomattavasti paremmin kuin kaksitasoisesta PDF-kuvasta. Kuvakaappauksia pystyi tekemään Windowsin leikkaustyökalulla tietomallista ja liittämään siitä suoraan sähköpostiviestiin. Kuva ongelmakohtasta ja siihen liittyvistä putkista oli täten nopea toimittaa työryhmälle tarvittaessa.

Alla olevassa kuvassa (kuva 8) näemme työmaan todellisen tilanteen ja seuraavassa kuvassa (kuva 9) näemme saman kohdan kuvakaappauksena tietomallista. Tietomallikuvasta huomaa sähköputkien kanssa risteävät salaoja- sekä viemäriinjat ja hahmottaa niiden sijainnin horisontaalisesti. Kuvan kohteessa salaojalinjat on kaivettu ensin, tämän jälkeen on asennettu sähkösuojaputkia kaksi kerrosta, viemäriinja sähköputkien päälle, kaksi kerrosta suojaputkia lisää ja päällimmäiseksi hiekanerotuskaivo putkilinjoihin.



Kuva 8. Edellispäivänä valettu sähkövetokaivo, joka on odottamassa putkien asennusta.



Kuva 9. Kuvan 8 sijainti tietomallissa. Kuvasta hahmottaa valmiin rakenteen, risteävät viemärit, sekä salaojat.

4.4 Työnjohto

Projektin työnjohdossa toimi työmaapäällikkö ja yksi työnjohtaja. Työtä tarkasteltiin erityisesti työnjohdon näkökulmasta ja työnjohdon olikin tärkeätä ymmärtää työn laajuus ja löytää parhaat keinot viedä projekti läpi. Osittain syystä josta tätä opinnäytetyötäkin alettiin tehdä. Oleellisena asiana projektissa ja sen johtamisessa oli löytää työryhmien sisäiset vahvuudet ja hyödyntää tätä projektin etenemisessä ja aikataulutuksessa. Oikein ja hyvin johdettu työ tuottaa tulosta, ja työn johtamisessa on monta asiaa joita voi tehdä väärin. Oikeaoppinen johtaminen vaatii myös paljon ihmistuntemusta, jotta voidaan löytää työryhmiin sopivat työntekijät ilman sisäisiä tai ulkoisia konflikteja. Kun työryhmien vahvuudet tiedetään, voidaan ryhmät sijoittaa näille parhaiten sopiviin töihin ja aikatauluttaa työt oikein. Oikea johtamistapa motivoi työntekijöitä ja kun motivaatio ja resurssit ovat kunnossa, kaikki toimii.

4.5 Työryhmät

Projektin aikana toimittiin suurimman osan ajasta kahden työryhmän voimin. Työryhmissä oli jonkin verran vaihtuvuutta lomien ja tauotetun vaihtuvuuden muodossa, mutta suurimmaksi osin ryhmien päätekijät pysyivät samana. Ryhmistä piti valikoida parhaat tekijät eri töihin ja miettiä soveltuvuus vahvuuksien mukaan. Ryhmien päätekijät loivat ryhmiin onneksemme pysyvän rungon ja ryhmistä erottui nopeasti niin sanotut työryhmien kympit. Kympit kehittyivät projektin aikana ymmärtämään työvaiheet, joka täten helpotti työnsuunnittelua itsessään. Opinnäytetyön teon loppuvaiheessa kapillaarikerroksen tasaukseen otettiin yksi työryhmä lisää, joka keskittyi vain kyseiseen työvaiheeseen.

5 Kustannushallinta

5.1 Materiaalikustannukset

Projektin materiaalikustannukset syntyivät maanvaraisen laatan pohjan osalta pääosin murskeesta putkiurakan ollessa jaettuna erilliseksi urakaksi. Kanaalien mursketäyttöihin oli arvioitu materiaalimenekiksi keskimäärin 10,000 tonnia 0-16 kalliomursketta ja kapillaarikerrokseen noin 18,000- 21, 000 tonnia 5-16 sepeliä. Kapillaarikerrokseen laajuudelta sepeliä oli varattu kaiken kaikkiaan 30,000 m² alalta 300–350 mm kerros. Sähkösuojaputkien osalta materiaalina toimi 110 ja 160 mm suojaputket, niiden kulma-liitokset, sekä liitosmuhvit tiivisteineen. Sähkösuojaputkien materiaalikustannukset olivat kuitenkin verrattain pieniä murskekustannuksien rinnalla. Yhteenlaskettuna putkea oli asennettavana koko projektissa noin 14800 m, sisältäen viemärit (4000m), salaojat (2300m) ja sähkösuojaputket (8500m).

5.1.1 Materiaalikustannuksien seuranta

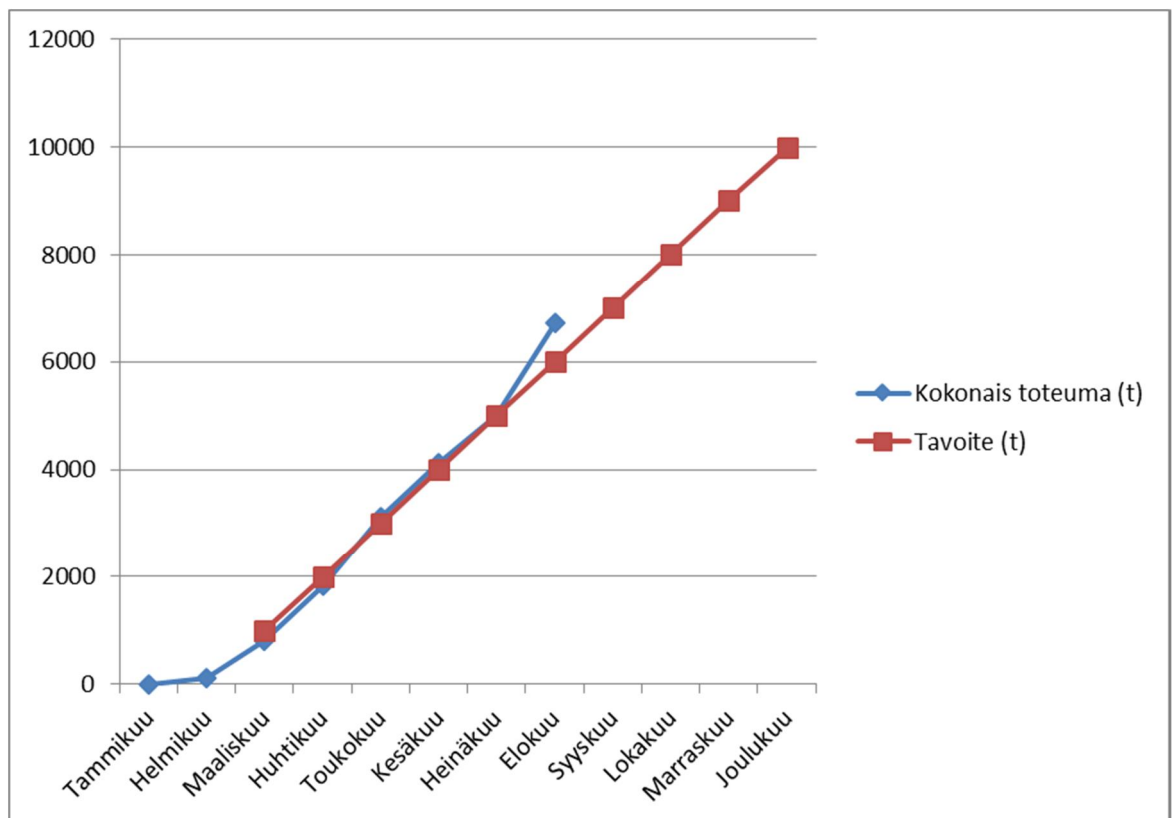
Projektin materiaalikustannuksia seurattiin murskemääräseurannalla sekä projektio-organisaation laskutusseurannalla. Kaikki materiaalit tilauksineen litteroitiin omille työ- ja paikknumeroilleen. Murskemääräseuranta tehtiin oman yksilöivän seurannan lisäksi myös projektioorganisaation puolesta ja siihen sisällytettiin koko pohjaurakan murskeet. Omaan seurantaan sisällytettiin työmaan sisäiset kuormat ja ulkopuolelta saapuvat kuormat, kun taas koko työmaan omassa seurannassa näkyi vain työmaan sisäisen kuljetusyhtiön kuormat. Seurantaan sisällytettävät murskeet olivat pääosin KaM 0-16 (asennushiekkaa) ja KaM 5-16 (sepeliä), sekä osittain täyttötöissä käytettyä 0-32 ja 0-55 kalliomursketta. Seuranta tehtiin Excel-pohjalle ja siihen sisällytettiin tonnimäärät, litteranumerot, hinnat, päivämäärät ja toimittajatiedot. Kaivannon kokonaistilannetta päivitettiin myös viikoittain viikkopalaverin työseurantaan, jolla havainnollistettiin kaivannon töiden prosentuaalista kokonaistilannetta.

KAIVANTO

Louhinta	443018	400	443418	m3ktr	9094	m3ktr		98 %
Luovutetut anturapohjat kaivannossa	6145,5	4	6149,5	m2	783,5	m2		89 %
Alkutäyttö	24250	2500	26750	m3	27250	m3		50 %
Salaojalinja 110 ja 160	1872	88	1960	m	704	m		74 %
Putki- ja viemärikanaali	2442	160	2602	m	2348	m		53 %
Kanaalin mursketäyttö	5641	292	5933	t	4067	t		59 %
Maanvaraisen laatan katkaisukerros valmis	8428	281	8709	m2	18291	m2		32 %
Maanvaraista laattaatyön alla			5652	m2				21 %
Maanvarainen laatta yhteensä			14361	m2				53 %

Kuva 10. Viikkopalaverin toteutuneet työmäärät kaivannon osalta.

Toimituksien päivittäisen seurannan pohjalta tehtiin tavoite- ja toteumakäyrät työmaalle toimitetuista sepeli- ja murskemääristä. Käyrien avulla pystyttiin ennustamaan murske-tarpeet ja tarkastelemaan reaaliaikaista tilannetta. Alla olevasta käyrästä (kuva 10) nähdään KaM 0/16 toteutuneet toimitukset elokuun loppuun mennessä ja ennuste vuoden loppuun.



Kuva 11. Tavoite- ja toteumakäyrä. KaM 0/16 toimitukset elokuun 2016 loppuun mennessä.

5.2 Työkustannukset

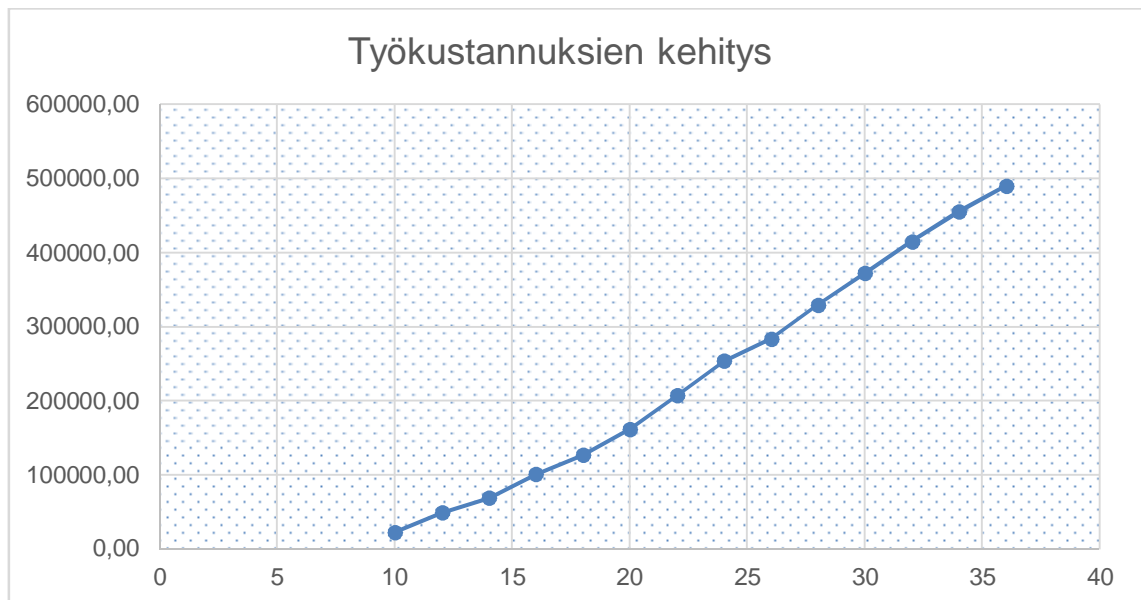
Työkustannukset projektissa syntyivät työryhmistä, joiden vahvuus oli suurimman osan projektia 2x KUP, 2x KKHT ja 4x RAM. Yksi työryhmä piti sisällään yhden 1,5-7 tonnia painavan kaivinkoneen, yhden 5-8 tonnia painavan kauhakuormaajan ja näiden perämiehet. Laitteistona työryhmien käytössä oli tämän lisäksi 2 kpl 500 kg tärylätettä, 1 kpl 100 kg tynnyrilätettä, 2 kpl tasolasereita vastaanottimiseen ja vuorotellen 2,5 sekä 9 tonnia painava valssijyrä. Osa koneista ja laitteista oli vuokrattu ja vuokrakoneiden laskutus tehtiin normaalin laskutuslitteroinnin kautta. Tuntikulultaan suurimmat kulut koituivat konetyöstä ja olikin syytä varmistaa, että koneilla oli koko ajan tehokasta työtä tehtävänä. Työryhmät työskentelivät pääosin ajalla 7-16 arkisin ja tarvittaessa töitä tehtiin myös iltaisin ja viikonloppuisin. Opinnäytetyön teon loppuvaiheessa kapillaarikerroksen tekoon palkattiin oma urakoitsijansa, joka keskittyi valmiin maanvaraisen laatan luovutettavan pinnan tekoon. Urakoitsija teki kapillaarikerroksen kaadot kaivoille ja tarvittavat vahvennukset, sekä viimeistelyn. Työ tehtiin neliöhinnalla luovutetun valmiin alueen neliöistä.

5.2.1 Työkustannuksien seuranta

Työryhmien työkustannukset laskettiin erilliselle Excel-pohjalle kahden viikon välein aliorakoitsijan tuntiappujen laskutuskuittauksen ohessa, jonka jälkeen niistä tehtiin mittausluettelo. Tuntilapuista eroteltiin ja yksilöitiin konetyötunnit sekä RAM-tunnit ja litteroitiin nämä oikeille tehtäville. Taulukkoon kirjattiin toteutuneet neliöt sekä jäljellä olevat neliöt verrattavaksi urakan kokonaisneliöihin. Kun mittausluettelo oli syötetty taulukkoon, päivittyi laskukenttään sen hetkinen neliöhinta valmiille neliömetrille maanvaraista laattaa. Hintaa vertaamalla edellisen mittausluettelon antamaan ennusteeseen ja hintaan pystyimme määrittelemään, ollaanko kustannuksissa edellä, pysytäänkö sallituissa rajoissa vai tarvitaanko toimenpiteitä paremman työtehon saavuttamiseksi.

Mittausluettelo		Kehitys				
nro 1	22 633,50	22 633,50		423 618,00	€	Laskutettu
nro 2	24 666,50	47 300,00		9 298,00	m ²	Luovutettu tilaajalle
nro 3	16 328,00	63 628,00		4 827,00	m ²	Työn alla
nro 4	26 348,50	89 976,50		14 125,00	m ²	Yhteensä
nro 5	25 920,00	115 896,50		29,99	€/ m ²	Reaaliaikainen hinta
nro 6	30 568,00	146 464,50				
nro 7	39 875,00	186 339,50		15 875,00	m ²	Jäljellä oleva ala
nro 8	38 579,00	224 918,50		476 101,65	€	Laskuttamatta, ennuste
nro 9	30 036,00	254 954,50		29,99	€/ m ²	Reaalihinta ennusteessa
nro 10	34 598,00	289 552,50				
nro 11	33 258,00	322 810,50		52,92	%	Jäljellä
nro 12	32 564,00	355 374,50				
nro 13	34 587,00	389 961,50		47,08	%	Tehty ja työn alla
nro 14	33 656,50	423 618,00				

Kuva 12. Mittausluettelon laskenta neliöhintaan. Mittausluetteloiden hinnat muutettu.



Kuva 13. Työkustannuksien viikkoseurannan kehitys.

5 Johtopäätökset

Työn lopputuloksena sisäistettiin ongelmat, joita pohjatyöprojektin eri vaiheissa oli kohdattu. Ongelmat olivat usein toistuvia ja johtuivat juurtuneista tavoista. Selkeimpänä ongelmakohtana nousi esiin mursketoimitusten tuonti työalueelle. Ongelmaan ei löytynyt työn aikana suoraa ratkaisua, mutta työryhmä kehittyi niin, että toimituksiin osattiin varautua paremmin työn loppua kohden. Paras vaihtoehto olisi ollut, jos toimituksille olisi voinut varata omat tilat työalueen vierestä koko projektin ajan. Tämä oli lähestulkoon mahdotonta projektin suuruuden ja samanaikaisesti tilan ahtauden takia. Projektista riippuen tulisi aina tarkastaa mahdollisuudet murskeen välittömään välivarastointiin tai välittömään toimitukseen tarpeen mukaan. Työn perusteella tuli hyvin selkeäksi, kuinka paljon työteho kasvaisi ja rahaa säästyisi, jos töitä pystyisi tekemään keskeytyksettä, ilman maa-aineksen hakemiseen välivarastoinnista kuluvaan aikaa.

Töiden yhteensovitus olisi vaatinut enemmän yhteistyötä eri urakoitsijoiden välillä ja niin omista, kuin muidenkin toimituksista olisi pitänyt olla selkeä aikataulu koko työmaahenkilöstön nähtävillä. Vähintäänkin päiväkohtaisista suurista kuormista olisi pitänyt kulkea selkeä informaatio kaikille osapuolille. Työmaan logistiikan järjestelyistä olisi voinut kehittää oman työnsä ja työmaa olisikin laajuutensa puolesta vaatinut omaa logistiikkayritystään. Työmaa jolla toimii useita kymmeniä eri aliurakoitsijoita ja joka on yhteinen siisti työmaa, tarvitsee toimiakseen tehokkaasti, yrityksen joka huolehtii työmaan siisteyden onnistumisesta. Siisteyden siirtäminen urakoitsijoiden omalle vastuulle vain harvoin toimii täydellisesti. Logistiikkayrityksen huolehtiessa siisteydestä myös ahdas tila jossa yhteen sovitetaan useita eri työvaiheita voi näyttää parhaat puolensa ja täysi työteho on myös saavutettavissa.

Suunnitelmien saatavuus oli työssä helppoa ja päivityksiin pystyi reagoimaan helposti projektipankin kautta. Projektipankin osalta työtä olisi helpottanut, jos pankista olisi ollut saatavilla mobiiliversio, jonka kautta suunnitelmien tarkistuksia olisi ollut helppo tehdä kentältä käsin. Nykyisen selaimen kautta toimivan version käyttö oli paikoin hankalaa ja se vaati asennettavaksi Silverlight-sovelluksen, jonka myötä käyttö Android-pohjaisella puhelimella oli paremman tietämyksen puutteessa mahdotonta. Vastapainona projektin tietomalli oli onneksemme laaja ja sen käyttö auttoi projektin suunnittelussa ja toteutuksessa, ja siitä oli saatavilla toimiva mobiiliversio.

Työnkulun ja suunnittelun osalta merkittävin muutos olisi ollut, jos putkiurakka olisi säilytetty maanvaraisen laatan pohjatöihin. Töiden yhteensovittaminen itsessään oli jo vaativaa ja se ei tehnyt projektin läpiviemisestä helpompaa, kun töitä piti sovittaa yhteen vielä pohjatyöurakan sisälläkin. Jos työ olisi tehty kokonaisurakkana, kaivu- ja putkityöt yhdessä, olisi voinut keskittyä yhteen työvaiheeseen kerrallaan, välittämättä siitä onko putkimiehelle työtilaa saatavilla koko ajan. Tämä olisi tuonut lisää työtehoa ja useassa eri työkohteessa toimiminen olisi ollut helpompaa. Myös ilta- ja viikonlopputöiden yhteensovitus olisi ollut tehokkaampaa, kun asennustyöt olisi voinut suorittaa kerralla ja yhdellä porukalla loppuun asti. Työn loppuvaiheessa kapillaarikerroksen tekoon otettu urakoitsija nopeutti valmiin pinnan valmistumista, mikä auttoi myös osaltaan aikataulussa pysymistä ja sen kirkistamista.

Projektin kustannushallintaan pystyttiin työn tuloksena luomaan uusia taulukoita, joita pystyttiin hyödyntämään kustannuksien suunnittelussa ja ennustamisessa. Taulukoiden avulla hahmotimme, pysyykö työn mursketoimitusten tavoitteet suunnitellun mukaisina ja mahdollisten korjausliikkeiden teko pystyttiin ennakoimaan. Murskeseurannan avulla nähtiin myös kustannuksien kehitys ja pystyttiin varautumaan tuleviin murskemääriin. Työkustannuksien seurantaan luodun taulukon avulla pystyttiin ennustamaan työn lopullinen hinta ja varautumaan siihen niin, että työn tavoitehintaa saavutetaan.

6 Yhteenveto

Tämän työn tuloksena onnistuttiin avaamaan ongelmat, joita kohdattiin kauppa- ja elämyskeskus REDI:n maanvaraisen laatan pohjatöiden työsuunnittelussa ja kustannushallinnassa. Ongelmiin ei välttämättä löydetty suoraa ratkaisua, mutta työn esiintuomiin asioihin oli helpompi varautua projektin jatkuessa ja ne olivat jatkossa esillä niin työn suunnittelussa, kuin varsinaisessa työnteossa. Työssä syntynyt määrä- ja laskentadokumentaatio auttoi projektin kustannusten ennustamisessa ja sen avulla pystyttiin varautumaan työn lopulliseen hintaan ja materiaali- sekä työkustannusten nousuun. Projekti itsessään oli tilaajalle ainutlaatuinen ja toimi eräänlaisena pilottihankkeena, kun rakennettiin rakennuksen sisäpuolisia tiloja. Projektin aikana käsitys tehtävästä työstä ja työmaasta kasvoi ja ongelmat ratkesivat helposti, kun niistä oli aikaisempi tieto olemassa. Kaiken kaikkiaan työstä oli apua ja konkreettista hyötyä nykyisen projektin ongelmien kartoituksessa ja täten tehokkaammassa läpiviennissä. Kerättyä tietoutta voidaan hyödyntää seuraavien projektien tarjousvaiheessa ja varsinaisen työn toteuttamisessa.

Loppuviisautena: Jos eläisimme valmiissa maailmassa - Mikään ei ikinä valmistuisi.

Lähteet

- 1 Verkkodokumentti. Destia. Destia – Toimivampi maailma. <http://www.destia.fi/yritys.html> Luettu 19.8.2016.
- 2 Verkkodokumentti. REDI. Mikä Redi? <http://www.redi.fi/mika-redi/> Luettu 19.8.2016.
- 3 InfraRYL 18320, Tekniset vaatimukset, alkutäytöt
- 4 InfraRYL 18330, Tekniset vaatimukset, lopputäytöt
- 5 MaaRYL 2232, Rakennuksen täyttöjen tekeminen



TYÖVAIHEEN TYÖ- JA LAATUSUUNNITELMA

Projekti, urakkaosa REDI, Kalasataman keskus	Laatija Mikko Kilponen
Tilaaaja SRV Rakennus Oy	Pvm. 10.2.2016
Työvaihe Kaaelikaivannot, Kaaelisuojaputki asennus.	Työvaihenumero
RESURSSIT <ul style="list-style-type: none"> o Käytettävä kalusto o Työryhmä o Käytettävät materiaalit 	1x KKht 5t 1x KUP 2x RAM 1x Tj Destia Maantiivistäjä 90kg/450kg Kaaelisuojaputket Ø110, Ø160x6000 TEL A SN10 Kiviaines: Alkutäyttö Kam #0-90, Arina Kam #0-16, Salaojitus kerros Se#6-16mm
VALMISTAVA VAIHE <ul style="list-style-type: none"> o Edelliset työvaiheet o Ilmoitukset ja informointi o Muut 	<ul style="list-style-type: none"> o Kaikkien urakoitsijoiden työntekijät on perehdytettävä ennen töiden aloittamista. o Perehdytykseen kuuluu SRV:n työmaaperehdytys sekä Destian työvaihekohtainen perehdytys. o Varmistetaan kaaeleiden ja muiden varottavien laitteiden sijainnista (nosturi nro1). o Materiaalit tarkastetaan ja varastoidaan asiaan kuuluvasti. o Materiaalit toimitetaan työkohteelle järkevissä erissä. o Työvaiheen aloituspalaveri on pidetty ja työntekijät perehdytetty dokumentusti. o Koneet ja laitteet tarkastettu, käyttöönottotarkastukset tehty

TYÖN SUORITUS <ul style="list-style-type: none"> o Menetelmät o Aikataulu o Vastuut o Informointi o Muut 	<ul style="list-style-type: none"> - Työt aloitetaan E3-osuudella suojaputkien ja viemäreiden kanaalien tekemisellä. - Kuvataan rakennetut salaojat. - Levypainomittaukset lähtötilanteesta. - Maaleikkaukset suoritetaan luiskattuna vähintään 1,0m leveänä. Kaapelive-tokaivojen muottien vaatima tila on huomioitava kanaaleissa. - 150mm kiviaines arina tiivistettynä. - Asennusalusta Kam#0-16 - Asennetaan suunnitelmien mukaisten kaapelisuojaputket - Salaojituskerros ulotetaan +200mm - Alkutäyttönä salaojitus kerros 6-16mm 300mm <p>Urakassa noudatetaan voimassa olevaa melulupaa. Meluvia töitä voi tehdä ma-pe klo 7:00-18:00 (melutaso sisätiloissa <35dB). Hiljaisempia töitä saa tehdä myös ilta-aikaan.</p>		
TURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖ			
RISKIEN ARVIOINTI <ul style="list-style-type: none"> • Liikenteen vaara • Varottavat laitteet ja rakenteet • Työhön liittyvät nostot ja muut vaaralliset työt • Kemikaalit • Sään muutokset • Alustan kantavuus • Muut 	Riskit	Toimenpide	Vastuu
	Koneiden työskentely ahtaissa oloissa	Työskentely läheisyydessä huomioitava.	Kuljettaja
	Näkyvyys asentajilla	Heijastavat vaatteet ja huollisuus.	Asentaja
	Pakokaasun määrän seuranta teltassa talviaikana	Tarvittaessa toimenpiteet	
MUUT TOIMENPITEET <ul style="list-style-type: none"> o Suojavälineet o Nostolaitteet o Käyttöönottotarkastukset o Turvallisuussuunnitelmat o Varottavat laitteet o Kemikaalit o Liikenteen ohjaus o 10 sekunnin sääntö o Turvallisuushavainnoista ilmoittaminen o Pohjavesialueet o Melun torjunta o Pölynsidonta o Jätehuolto 	<p>Varmistettava riskien arvioinnin toimenpiteiden lisäksi, että:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Työntekijöiltä vaaditaan työhön vaadittavien pätevyyksien voimassaolo. - Työntekijät käyttävät varoitusvaatteita sekä riskikartoitukseen perustuvia työssä vaadittavia henkilösuojaimia. - Jätteet toimitetaan asiaan kuuluvaan käsittelyyn. - Työmaalla pidetään viikoittain TR-mittaukset ja puutteet korjataan välittömästi. 		

TYÖVAIHEEN LAADUNVARMISTUS					
LAATUTEKIJÄ	VAATIMUS/ TOLERANSSI	MITTAUS- MENETELMÄ	MITTAUS- TIHEYS	DOKUMENTTI	MITTAUKSEN SUORITTAJA
Materiaalit, putket ja suodatinkangas	CE-merkintä/tmv.			CE-todistus	Materiaalitoimittaja
Arinan kantavuus	E2/E1 = <2,2	Pudotuspainolaitte	1kpl/25m	Mittaptk.	Exact Oy



Seutulan Kiviaineslaboratorio
puh.

RAKEISUUSYHTEENVETO

Työmaa: Tuupakka 1343/105964

Lajite: KaS 6/16

Työaika: 16

Seula #	.063	.125	.25	.5	1	2	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	56	63	90	Liiteys		
Kpl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Keskisarvo	2	2	.3	.4	.4	.5	.6	1.0	8.6	33.3	64.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	10.7		
Keskihajonta	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	1.4	2.9	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			

SISEMPI RAKEISUUSOHJELUE

Al. vaatimus	0				0	0	25	65	95	100
Yl. vaatimus	2				5	15	70	99	100	100

SISEMMÄN RAKEISUUSOHJELUEEN

Alitaa	0.0				0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0
Ylittää	0.0				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ULOMPI RAKEISUUSOHJELUE

Al. vaatimus
Yl. vaatimus

ULOMMAN RAKEISUUSOHJELUEEN

Alitaa
Ylittää



Pvm _____

Laati _____
Pertti Toikka