



# **PROJEKTIN KUSTANNUSHALLINNAN KEHITTÄMINEN**

Miia Kari

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2011  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Infrarakentaminen  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Infrarakentaminen

KARI, MIIA: Projektin kustannushallinnan kehittäminen

Opinnäytetyö 59 s., liitteet 21 s.  
Toukokuu 2011

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa case- tyyppisesti työn tilaajan, VR-Track Oy:n, rakennusprojektin kustannusylityksiin johtavia syitä ja tuotannossa esiintyviä suurimpia ongelmia. Tarkkailutyömaalta pyrittiin löytämään kirjallisuudessakin usein esiintyvät rakentamisprosessin parantamiskohteet. Työmaakohtaisessa tiedonkeruussa käytettiin haastatteluita, työmaaseurantaa sekä yleisaikataulua ja kustannusseurantaa.

Tutkimustyössä esitellään case- tyyppisesti rakennusprojektiin liittyviä tuotannon ongelmia, joiden kautta syntyy myös kustannusylityksiä. Työn teoriaosuutta voi kuitenkin hyödyntää yleisesti rakennusprojekteissa soveltaen yrityksen omiin käytäntöihin.

Tutkimustulosten perusteella todettiin aikataulutuksen ja tuotannonohjauksen puutteiden aiheuttaneen huomattavan osan työvaiheiden kustannuspoikkeamista. Kehittämisehdotuksiin lukeutuvat muun muassa viikkopalaverien järjestäminen, aikataulutuksen ja tuotannon suunnittelun sekä ohjauksen tehostaminen. Myös turvallisempien ja tehokkaampien työmenetelmien löytäminen toisi markkinaetua ja edistäisi yrityksen kehitystä.

---

Asiasanat: rakennushankkeen kustannushallinta, kustannusseuranta, työmaan tuotannonohjaus, tuotannon suunnittelu

## ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences  
School of Construction Engineering  
Degree Programme in Civil Engineering

KARI, MIIA: The Development of Project Cost Management

Bachelor's thesis 59 pages, appendices 21 pages  
May 2011

---

The purpose of this thesis was to identify the case project's construction budget overruns and the biggest problems of the production process. The thesis is based on a case project of VR-Track Ltd. Improvement proposals have been found by monitoring the site and reading numerous books and other literature. Site specific data was collected by using interviews, site monitoring, general schedule and cost control.

The research presents a case with construction project-related production problems that also results in cost overruns. By adapting the company's own systems the theoretical contribution can be adjusted in general construction projects.

By analyzing the research results scheduling and production control deficiencies that caused a significant part of cost-stages of the deviations were found. Development proposals include weekly organized meetings, scheduling and production planning and control efficiency. The improvement of safer and more efficient working methods would promote the development of the company.

---

Key words: budget management in the building process, production planning, production supervision

## ALKUSANAT

Opinnäytetyön tekeminen on ollut ajoittain tuskallista, mutta suurimman osan aikaa olen nauttinut työn antamista haasteista. Laadin opinnäyteeni työmaakohtaisen tutkimusosuuden jo kesällä 2010, työ- ja opiskelukiireiden vuoksi pääsin kuitenkin aloittamaan varsinaisen kirjoittamisen vasta tammikuussa 2011. Puolen vuoden aikana kehittyneet ajatukset ja sen jälkeen tehty lähdeaineiston analyysi muotoutuivat tekstiksi kevään 2011 aikana. Useiden työmaan tuotantoa käsittelevien julkaisujen lukeminen ja ulkomaalaisen sekä kotimaisen kirjallisuuden vertaileminen aiheutti ajoittain ongelmia työn kannalta tärkeimpien asioiden erottamisessa. Kaikesta huolimatta tämä mielenkiintoinen aihe ja sen ympärille rakentamani kirjallinen työ on opettanut tekijäänsä enemmän kuin nämä tekstinä painetut sanat voivat lukijaansa koskaan opettaa.

Haluan kiittää Mikko Törmiä mielenkiintoisesta ja tulevaisuuden kannalta hyödyllisestä opinnäytetyön aiheesta. Kiitän erityisesti myös seurantatyömaan silloista projekti-insinööriä, Katja Pekkasta, huolellisista haastatteluvastauksista ja uudenlaisen näkökulman tuomisesta työmaaympäristöön. Tampereen ammattikorkeakoulun Reijo Rasmusta haluan kiittää kannustavasta ja määrätietoisesta opinnäytetyön ohjaamisesta. Lopuksi haluan kiittää perhettäni koko opiskeluaikani kestäneestä tuesta ja kannustuksesta, jota ilman en olisi tässä.

Tampereella 2.5.2011

Miia Kari

## SISÄLLYS

|   |    |
|---|----|
| 1 JOHDANTO .....  | 8  |
| 1.1 Työn tausta .....   | 8  |
| 1.2 Työn tavoitteet .....   | 9  |
| 1.3 Työn rajaus .....   | 10 |
| 1.4 Tutkimusmenetelmät .....  | 10 |
| 2 KUSTANNUSTEN MUODOSTUMISEEN JA KERTYMISEEN VAIKUTTAVAT<br>TEKIJÄT ..... | 12 |
| 2.1 Rakennusprojektin kustannushallinnan edellytykset.....                | 12 |
| 2.2 Urakkamuoto .....   | 14 |
| 2.2.1 Urakkamuodon vaikutus kustannushallintaan.....                      | 14 |
| 2.2.2 Tarjouksen riskivaraus.....   | 16 |
| 2.2.3 Lisä- ja muutostöihin varautuminen .....                            | 17 |
| 2.3 Kustannukset ja maksuerät .....                                       | 18 |
| 2.4 Tuotannon kustannusseuranta .....                                     | 19 |
| 2.4.1 Kustannusten kirjaaminen .....                                      | 19 |
| 2.4.2 Kustannuskertymien seuranta .....                                   | 20 |
| 2.4.3 Kustannuslajikohtainen tarkkailu .....                              | 20 |
| 2.4.4 Hankekustannusten seuranta .....                                    | 21 |
| 3 TUOTANNON SEURANTA JA OHJAUS .....                                      | 22 |
| 3.1 Aikataulut .....  | 22 |
| 3.1.1 Aikataulumuodot.....  | 22 |
| 3.1.2 Aikataulusuunnittelu .....  | 24 |
| 3.1.3 Yleisaikataulu .....  | 25 |
| 3.1.4 Rakentamisvaiheaikataulu.....                                       | 27 |
| 3.1.5 Viikkoaikataulu.....  | 27 |
| 3.2 Tuotannon ohjaus ja valvonta .....                                    | 28 |
| 3.2.1 Tuotannonsuunnittelun ja -hallinnan menetelmät .....                | 28 |
| 3.2.2 Tehtäväsuunnitelma .....  | 28 |

|   |    |
|---|----|
| 4 TYÖMAAN KUSTANNUSHALLINNAN KEHITTÄMISKOHTEET .....                    | 33 |
| 4.1 Kustannushallinnan kehittäminen .....                               | 33 |
| 4.1.1 Case -työmaan esittely .....                                      | 33 |
| 4.1.2 Työmaan tuotanto.....   | 34 |
| 4.1.3 Lisä- ja muutostöistä muodostuvien kustannusten osuus.....        | 34 |
| 4.2 Suunniteltujen ja toteutuneiden kustannusten erot .....             | 35 |
| 4.2.1 Vertailudiagrammit: suunnitellut ja toteutuneet kustannukset..... | 35 |
| 4.2.2 Kustannuspoikkeamien havaitseminen .....                          | 39 |
| 4.3 Kustannuserojen syntyminen.....                                     | 40 |
| 4.3.1 Urakassa syntyneet kustannuserot.....                             | 40 |
| 4.3.2 Haastatteluiden yhteenveto .....                                  | 40 |
| 4.3.3 Alihankintatyöt ja konevuokrat .....                              | 41 |
| 4.3.4 Henkilötyökustannukset.....                                       | 41 |
| 4.4 Työmaan henkilöstön tulospalkkio .....                              | 42 |
| 5 KUSTANNUSTAVOITTEISSA PYSYMISEN TYÖKALUT .....                        | 44 |
| 5.1 Tuotannonohjauksen ja tuotannosuunnittelun parantaminen .....       | 44 |
| 5.1.1 Tuotannonohjauksen merkitys.....                                  | 44 |
| 5.1.2 Tuotannonseurannan ja -ohjauksen kehittämiskohteet .....          | 44 |
| 5.1.3 Aikataulutuksen parantaminen .....                                | 45 |
| 5.1.4 Työvaiheiden ongelmat .....                                       | 46 |
| 5.1.5 Resurssien käyttö .....   | 49 |
| 5.1.6 Tilaajan toiminta .....   | 50 |
| 5.1.7 Tuotannon mittarit.....   | 50 |
| 5.2 Aikataulutustyökaluna PlaNet.....                                   | 53 |
| 6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....  | 54 |
| 6.1 Työn tulokset .....   | 54 |
| 6.2 Jatkoehdotukset.....  | 55 |
| 7 YHTEENVETO.....   | 57 |

LÄHTEET

LIITTEET

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

**Ennakkotarkkailu:** kustannustarkkailua, jonka tarkoituksena on tehtävien ja hankintojen taloudellisuuden varmistaminen ennen rakentamista

**Hankekustannukset:** työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset, jotka sisältyvät hanketehtäviin tai rakentamispalveluihin

**Hankesuunnittelu:** määrittelee hankkeen laajuuden, laatu- ja kustannustason sekä toteutusaikataulun

**Rakennussuunnittelu:** vaihe, jossa hankesuunnittelun pohjalta laaditaan piirustukset ja asiakirjat, joiden perusteella haetaan rakennuslupa ja järjestetään urakkakilpailu

**Rakentaminen:** hankkeen toteutusvaihe

**Käyttöönotto:** toteutusvaiheen jälkeen tehdään käyttöönotto-tarkastus, jonka perusteella päätetään rakennuskohteen käyttöönotosta

**Tuotannon suunnittelu:** sisältää hankkeen toteutuksen suunnittelun, jonka osia ovat työn, hankintojen, työmaan ja talouden suunnittelu

**Tulospalkkio:** peruspalkan lisäksi maksettava palkkio, jonka perusteena ovat palkkiojärjestelmän tavoitteiden saavuttaminen ja niiden ylittäminen

**Tuotannon mittarit:** työmaan suorituskykyä arvioivat mittarit

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

VR-Track Oy (entinen Oy VR-Rata Ab) on Suomen suurin radan rakentamiseen erikoistunut yritys. Niin rakennusyhtiönä kuin insinööritoimistonakin VR-Track kuuluu Suomen suurimpien yhtiöiden joukkoon. Yrityksen asiantuntijaosaaminen kattaa rautatietekniikan kaikki osa-alueet suunnittelusta hankkeen toteutukseen. Yritys on valtion omistama ja osa VR konsernia. Yhtiö toimii markkinatalouden kilpailuympäristössä kuten yksityisetkin yritykset. VR-Trackin asiakaskunta koostuu pääasiassa valtiosta, kunnista, satamista ja yrityksistä. Työt vaihtelevat pienemmistä kunnossapitotoista laajoihin useampivuotisiin ratahankkeisiin. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2009 noin 340 miljoonaa euroa ja henkilöstön määrä keskimäärin 2 400.

Nykyisin yrityksen päällysrakenneurakointi jakautuu kolmelle eri alueelle: Länsi-, Pohjois- ja Itä-Suomeen. Kunnossapidon osasto urakoi Liikenneviraston hallinnoiman rataverkon 12:sta kunnossapitohankkeesta 8:aa. Näiden lisäksi yrityksen palveluihin sisältyvät suunnittelu, materiaalipalvelut, maa- ja sillanrakentaminen sekä sähkörata ja turvalaitetyöt. Yritys on laajentanut toimintaansa myös kansainvälisillä markkinoilla.

Viime vuosikymmenen lopulla valtion rautatiet koki suuria muutoksia: VR:n organisaatio muuttui siten, että vuonna 1990 valtion virastona toiminut VR muuttui liikelaitokseksi ja vuonna 1995 valtion omistamaksi osakeyhtiöksi. Vuonna 1995 perustettiin myös VR-Yhtymä Oy:n tytäryhtiöt, joihin VR-Track Oy lukeutuu. VR:n muotoutuminen valtion virastosta palveluyritykseksi on vaatinut uudistuksia, saneerauksia ja henkilöstön työn sisällön muokkausta useaan otteeseen.

Kilpailutuksen myötä VR-Track Oy on joutunut uusien haasteiden eteen ja muuttamaan toimintatapaansa yksityisellä sektorilla toimivien yritysten suuntaiseksi. Nykyisin suurimman tilaajan Liikenneviraston rautatieosaston ja urakoitsijan välillä toimivat rakennuttajakonsultit, joka osaltaan ovat muuttaneet rakentamiskulttuuria rautateillä. VR-Trackin ja koko VR Groupin sisäiset muutokset ovat käynnissä, joten tulevaisuus näyttää yrityksen todellisen kilpailukyvyn ja mukautumiskyvyn kulloinkin vallitsevaan markkinatilanteeseen.

## 1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on tunnistaa case -pohjaisen tutkimuksen perusteella tuotannon ongelmakohdat ja tarjota työkalut kustannustehokkaampaan toteutukseen sekä määrittää sopivat tuotannon mittarit. Työssä tunnistetaan ja osoitetaan rakennushankkeen kehitystarpeet ja muutostavoitteet. Tavoitteeksi työlle asetettiin myös tulosten käytettävyys perusparannushankkeen toteutuksessa sekä selkeiden johtopäätösten saavuttaminen. Työn tarkoituksena on poimia ja kartoittaa työmaan tuotannon ja kustannusten kannalta haastavimmat työvaiheet ja tilanteet. Lopputuloksena syntyi case -pohjainen kartoitus seurantatyömaan yleisimmistä ongelmista. Suuressa roolissa toimivat myös toteutuksessa käytettävät aikataulut, joiden noudattaminen oli haasteellista seurantatyömaalla tehtyjen haastatteluiden perusteella. Kehitys- ja muutostarpeiden olemassaolo yleensä tiedostetaan, mutta asioiden tutkimiseen ei ole riittävästi aikaa tai niihin perehtyminen nähdään tarpeettomana.

### 1.3 Työn rajaus

Työ rajattiin siten, että kustannusseurantaan paneudutaan pääasiassa rakentamishankkeen tuotannon aikaisen ohjauksen kautta, jolloin työn tuloksena saataisiin kohderyhmää eli työnjohtajia ja vastaavia työnjohtajia hyödyttävä lopputulos. Tämän vuoksi teoriaosuus, käytännön havainnot ja johtopäätökset rajattiin lähinnä työmaan tuotantoon. Laskentavaiheessa tehtävistä työosuuksista kerrotaan vain sen verran kuin on nähty tarpeelliseksi projektin toteutusvaiheen sisältämisen kannalta. Teoriaosuudessa on kerrottu yleisesti työmaan tuotannon ohjauksesta ja aikataulutuksesta. Työmaaseurantaan ja haastatteluihin pohjautuvassa osuudessa käydään läpi seurantatyömaalla tehtyjä havaintoja sekä parannusehdotuksia, joita tulisi pystyä vertaamaan kirjallaisiin perustuvaan teoriaosaan.

### 1.4 Tutkimusmenetelmät

Haastattelut ja seurantatiedot perustuvat case -pohjaiseen työmaaseurantaan, joka toteutettiin Ilmalan ratapihalla sijaitsevalla Päälysrakenneurakka 8- työmaalla kesän 2010 aikana. Seurannan kohteena ollut urakka tehtiin yksikköhintoihin perustuen ja työn toteutti silloisen Oy VR-Rata Ab:n (nykyisin VR-Track) Etelä-Suomen yksikkö. Urakan tilaajana toimi Liikenneviraston rautatieosasto. Urakkasopimuksessa työn sisältöön kuului pääurakoitsijan hanketehtävät, kaapelikaivojen ja alitusputkien rakentaminen, päälysrakenteen ja vaihteiden uusiminen, erilaisten perustusten rakentaminen, louhinta ja paaluttaminen sekä tasoistusten asentaminen.

Tiedon keruussa työmaan työntekijöiden ja projektijohdon osalta käytettiin avointa haastattelua. Hanketta ja sen toteutusta koskevat kysymykset laadittiin erikseen työmaan työntekijöille ja toimihenkilöille. Työmaahenkilöstön haastattelulomake jaettiin paperiversiona työmaalla. Toimihenkilöille haastattelukysymykset lähetettiin sähköpostitse. Haastatteluun vastasivat kaikki työmaalla olleet kuusi työntekijää sekä projekti-insinööri ja työnjohtaja.

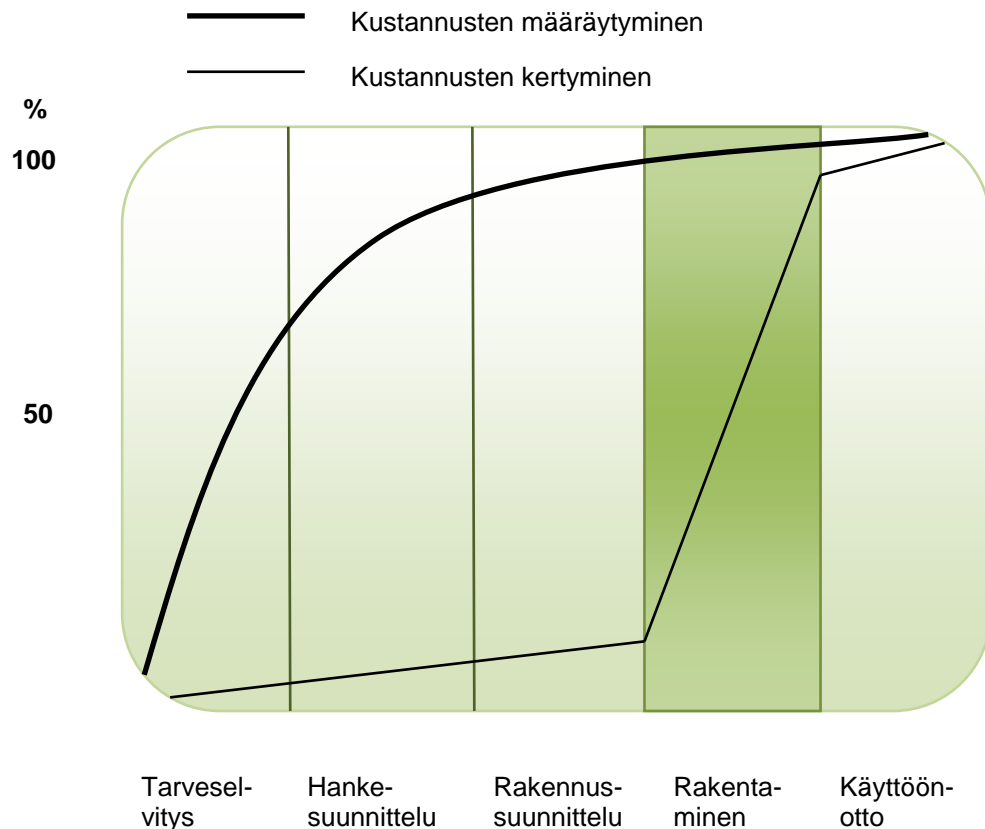
Työmaan seurantahavainnot tehtiin kahden viikon tarkemmalla seuranta-ajanjaksolla ja kuukauden ajan tehdyllä viikoittaisella tilannekatsauksella. Työmaakohtaisessa seurannassa kirjattiin kahden viikon aikana tehdyt työvaiheet, niihin käytetyt tuntimäärät ja resurssit. Seurannan aikana tehtiin havaintoja työjärjestyksestä, työntekijöiden ja koneiden määristä sekä kirjattiin mahdollisia parannusehdotuksia. Työmaaseurantaan liittyen kolmantena tutkimusmenetelmänä käytettiin laskenta-aikana määriteltyjen työryhmien koon ja työn etenemän vertaamista toteutuneeseen.

Luvuissa 2 ja 3 käsiteltävä teoriapohjainen osuus soveltuu yleisesti eri työmaille, kun taas luvut 4, 5 ja 6 käsittelevät seurantatyömaalla tehtyjä havaintoja. Tämän myötä kokonaisuuden tulisi antaa tarvittavat suuntaviivat ja työkalut kustannusten kertymisen seurantaan ja ohjaamiseen ratahankkeessa työnjohtajan osalta.

## 2 KUSTANNUSTEN MUODOSTUMISEEN JA KERTYMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

### 2.1 Rakennusprojektin kustannushallinnan edellytykset

Rakennushankkeen aikana sen suurin kustannuserä muodostuu itse rakentamisen aikana (kuvio 1). Tuotannonaikainen vaikutusmahdollisuus kustannusten muodostumiseen on kuitenkin vähäinen, sillä hankkeen laajuus ja laatuvaatimukset on määrätty tarkasti jo suunnittelun yhteydessä. Rakentamisvaiheessa kustannuksiin voidaan vaikuttaa lähinnä työmenetelmävalinnoilla ja toteutuksen jatkuvalla ohjauksella. Tuotannon aikaisen kustannuskertymän suuruuden vuoksi prosentuaalisesti pienetkin kustannussäästöt tai -ylitykset vaikuttavat projektin voitto- tai tappiotulokseen. Rakentamisen aikana työtä tulisikin ohjata aikataulun puitteissa vaadittaviin kustannus- ja laatutavoitteisiin. (Enkovaara, Haveri & Jeskanen 2006, 10)



Kuvio 1. Kustannusten kertyminen ja määräytyminen hankkeen eri vaiheissa. (Enkovaara 2006, 10).

Projektin seuranta ja valvonta tähtää jokaisella työmaalla suunnitteluvaiheessa asetettujen tavoitteiden saavuttamiseen. Seurannan ja valvonnan avulla voidaan todentaa työn toteutuminen suunnitellulla tavalla ja saada ennakkotietoa rakennusprojektin lopputuloksesta. Lisäksi jatkuva seuranta ja valvonta mahdollistavat riittävän aikaisen reagoitakyvyn tarvittaviin tuotannonohjauksen korjaustoimenpiteisiin. (Kankainen & Sandvik, 1999, 36.)

Rakennusprojektin hallinta voidaan jakaa neljään toisiaan seuraavaan vaiheeseen:

- tulevan työn suunnittelu ja työtehokkuuden arviointi
- toteutumien raportointi
- toteutumien vertaaminen suunnitelmaan ja tulevien toteutumien ennustaminen
- korjaavien toimien suunnittelu ja toteutus. (Turner 1999, 306.)

Hankkeen suunnitelmallinen toteuttaminen on kustannustehokkuuden kannalta oleellisinta. Hankkeen suunnittelun tulee olla loppuun viety ennen töiden aloitusta, jolloin hankkeen aikainen seuranta helpottuu. Rakentamisen aikana työnjohdolla ja projektijohdolla täytyy olla tarvittavat valmiudet, välineet ja mielenkiinto kustannusten jatkuvaan seurantaan.

Hyvän kustannushallinnan edellytykset:

- määrätiedot on eritelty osakohteittain
- kustannukset on yksilöity panostasolle
- valvottavilla nimikkeillä on yhteys aikataulu- ja hankintatehtäviin
- kustannusvalvonnan pääpaino työkauppojen, materiaaliostojen ja aliurakoita koskevien sopimusten ennakkovalvonnassa
- kustannushallinta on säännöllistä ja systemaattista, laskut tarkastetaan huolellisesti ja ajallaan
- kustannuspoikkeamien syyt selvitetään. (Kankainen & Siikanen 2004.)

## 2.2 Urakkamuoto

### 2.2.1 Urakkamuodon vaikutus kustannushallintaan

Tarjoustä tehtäessä kustannusarvioon sisällytetään yrityksen katetavoite, kustannustason muutosvaraus sekä kohteen ominaisuuksien perusteella määräytyvä riskivaraus. Riskien määrä on riippuvainen käytetystä urakkamuodosta, joka sisältää maksuperusteet, suunnitelmien laadun ja mahdollisen urakkajaon. (Lindholm 2009, 31.)

Maksuperusteiden mukainen riskien jako:



Kuvio 2. Urakkamuodon ja maksuperusteiden mukainen riskien jako. (Lindholm 2009, 33)

Kokonaishintaurakassa kustannus- ja määräriski on urakoitsijalla, jolloin urakoitsija vastaa kustannuksista hintojen ja määrien muuttuessa. Rakennusaikaiset lisä- ja muutostyöt hinnoitellaan urakkatarjoukseen liitetyn yksikköhintaluettelolla perusteella tai omakustannushintaan. Lisä- ja muutostöiden yksikköhinnat sisältävät työlajikustannusten lisäksi työmenekkeihin sidotut hankekustannukset sekä riskivaruksen ja työmaakatteen. (Lindholm 2009, 35.)

Yksikköhintaurakassa urakkahinta muodostetaan määräluettelon nimikkeiden määrien ja yksikköhintojen tulon perusteella. Suunnitelmien ei tarvitse olla täysin valmiita, mutta urakka-asiakirjoissa tulee olla rajattuna työn laatuvaatimukset, vallitsevat olosuhteet ja urakan todennäköinen laajuus. Näihin tietoihin nojautuen urakoitsija pystyy antamaan yksikköhintoihin perustuvan tarjoushinnan.

sa. Määrien muuttuessa urakkasumma muuttuu, jolloin määräriski on rakennuttajalla. Jos yksikköhintaurakka on laadittu siten, että kaikki käyttö- ja yhteiskustannukset kohdistetaan yksikölle, on urakoitsijalla myös osittainen määräriski. Tätä riskiä pienentää sellainen yksikköhintaurakka, jossa osa käyttö- ja yhteiskustannuksista on eritelty omana määränään. (Lindholm 2009, 36.)

Laskutyöurakassa rakennuttaja maksaa urakoitsijalle työn aiheuttamat todelliset kustannukset sitä mukaa kun ne syntyvät, jolloin kustannusriski on rakennuttajalla. Kustannusten kertyminen osoitetaan tosittein, kuten kuormakirjoin ja laskuin. Urakoitsijan tehtävänä on hankkeen aikana suunnitella, johtaa ja valvoa työn toteumista sekä huolehtia työvoiman ja tarvikkeiden hankinnasta. Urakka-  
muotona laskutyö edellyttää erittäin hyvää luottamusta rakennuttajan ja urakoitsijan välillä. (Lindholm 2009, 37.)

### 2.2.2 Tarjouksen riskivaraus

Riskivarauksella tarkoitetaan epäedullista, usein yllättäen esille tulevaa poikkeamaa työvaiheen normaalissa toteuttamisessa. Rakennustuotannossa riskejä voivat aiheuttaa yritys itse, rakennuttaja tai ulkoiset olosuhteet. Näiden tekijöiden aiheuttamiin riskeihin pyritään varautumaan tarjouslaskennassa tarjoushintaa korottavina riskivarauksina. Riskit joko jaetaan sopimusosapuolten kesken tai riskit siirretään toiselle osapuolelle sopimusteknisesti. Tyypillisiä rakennushankkeen kustannuslaskennassa määriteltäviä riskejä ovat tekniset, hallinnolliset ja sopimustekniset riskit, epätarkkuusriskit sekä kohteen erityispiirteistä johtuvat muut riskit. (Lindholm 2009, 34.)

Tekninen riski tarkoittaa vaikeaa työvaihetta, uuden menetelmän tai rakenneratkaisun aiheuttamaa riskiä. Suoritelaskelmaa tai muuta panospohjaista kustannusarviota laadittaessa teknisiin riskeihin voidaan varautua korottamalla työ- ja tarvikemenekkejä tai aliurakkahintaa.

Sopimustekniset riskit aiheutuvat laskenta-asiakirjoissa esiintyvistä vaikeasti hinnoiteltavista ehdoista. Tällaisia ehtoja ovat esimerkiksi poikkeaminen YSE:n menettelytavoista tai tavanomaisista urakkarajoista.

Epätarkkuusriski muodostuu määrälaskennan tai hinnoittelun epätarkkuudesta. Määrälaskennan epätarkkuutta voidaan välttää, jos tuotesuunnitelmat ovat täysin valmiit. Tuotesuunnitelmien ollessa huomattavan keskeneräiset, on riskivaraukselle arvioitava hinta. Hinnoittelun epätarkkuutta voidaan vähentää hankkimalla ennakkotarjouksia mahdollisimman monesta toimituksesta ja aliurakasta. (Lindholm 2009, 34.)

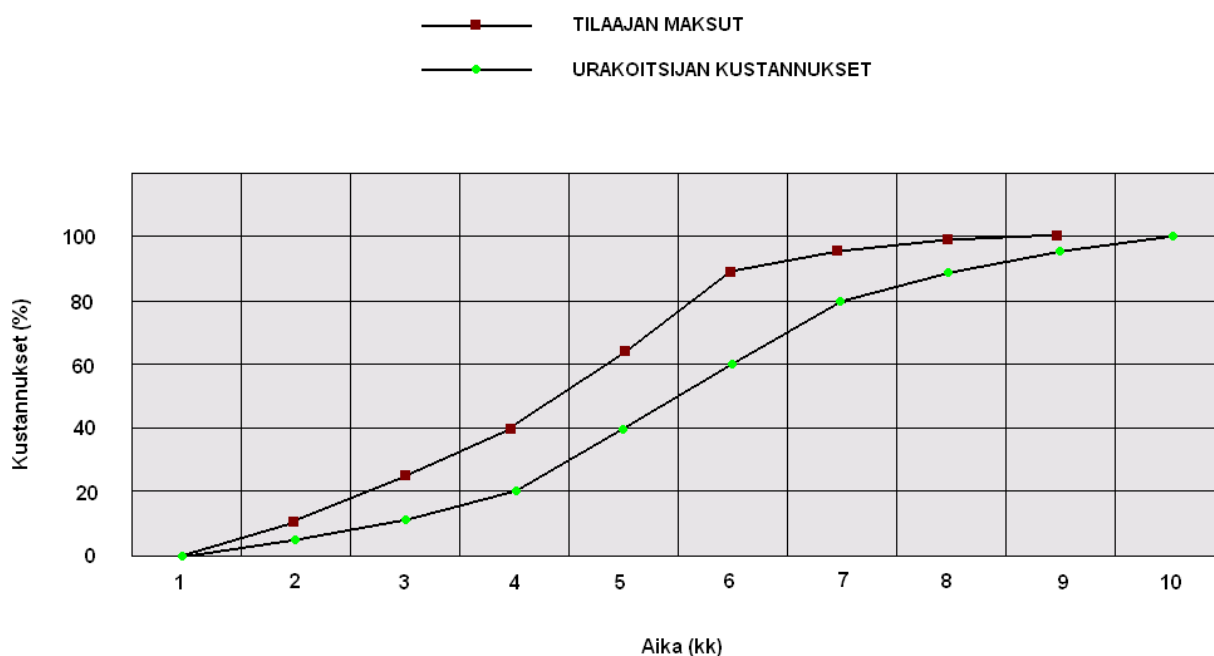
### 2.2.3 Lisä- ja muutostöihin varautuminen

Lisä- ja muutostöiden hallinta voidaan jaotella tarjous-, urakkaneuvottelu- ja aloituskokous-, toteutus- ja urakan vastaanottovaiheeseen. Näiden vaiheiden jälkeen lisä- ja muutostöitä koskevia kustannusvaatimuksia voi urakoitsija esittää myös taloudellista loppuselvitystä tehtäessä. Urakkaneuvottelun ja aloituskokouksen aikana tiedossa olevista muutostöistä sekä urakan aikana käytettävistä menettelyistä tulee sopia ennen töiden aloittamista. Toteutusvaiheessa urakoitsijan tulee tarjota suunnitelmiin merkittyä tai tilaajan ilmoittamaa muutostyötä kirjallisesti. Tarjous käsitellään neuvottelemalla ja hankinnat sekä työt käynnistetään vasta, kun kustannuksista ja urakka-ajan muutoksista on sovittu. Muutos- tai lisätyön aikana tehdyt työt sekä työn aiheuttamat aika- ja materiaalienekit tulee kirjata työmaapäiväkirjaan. Lopputuloksen tarkastamisen jälkeen urakotisija voi laskuttaa tilaajaa tehdystä työstä. (Kankanen 2004, Työpäällikön käsikirja, osa 9, 10.)

Hyvän lisä- ja muutostyökäytännön mukaisesti lisä- ja muutostöitä on kerällä suoritettavana kohtuullinen määrä työmaan kokoon nähden. Muutostöiden kustannus- ja aikatauluvaikutuksista tulisi myös sopia ennen muutostöihin ryhtymistä. Yleiset käytännöt asioiden hoidosta on hyvä sopia heti urakan alkuvaiheessa – ennen ensimmäisenkään lisä- tai muutostyön tarjoamista. Jos lisä- ja muutostöistä sovitaan vasta vastaanoton jälkeen, tulee käsittely olemaan hidas ja urakoitsijalle kallis. (Kankanen 2004, Työpäällikön käsikirja, osa 9, 19.)

## 2.3 Kustannukset ja maksuerät

Rakennushankkeen kustannuksia voidaan kuvata S-käyrällä, joka on hyvä apuväline tarkasteltaessa kustannusten kertymistä työmaan aikana. Työmaan suunnitelluista kustannuksista käytetään yleensä nimitystä tavoitearvio, joka ohjaa työmaan taloutta. S-käyrällä pystytään valvomaan toteutuneita tuloja sekä menoja ja ennustamaan projektin taloudellista onnistumista. (Lindholm 2009, 38.)



Kuvio 3. Työmaan suunnitellut tulot ja kustannukset. (Lindholm 2009, 39)

Työmaan tulo- ja menokuvaajassa (kuvio 3) maksuerät on kuvattu urakoitsijan ja tilaajan intressien mukaisena kompromissina. Maksuerätaulukkoa laadittaessa tilaajan ja urakoitsijan on sovittava ristiriitaisista intresseistään: tilaajan kannalta parhaassa tilanteessa maksut suoritetaan mahdollisimman myöhään – vasta sen jälkeen, kun työvaihe tai osasuoritus on valmistunut. Urakoitsijan kannalta tilanne on paras silloin, kun tilaaja suorittaa maksut ennakkoon, jolloin urakoitsija pystyy maksamaan työmaasta aiheutuvat kulut ilman lainarahaa tai suuria kiinnityksiä. (Lindholm 2009, 40.) VR-Trackin tilanteessa tilaaja tekee maksusuorituksen vasta rakennuttajakonsultin hyväksytyä kuukausittaiset maksuerät.

## 2.4 Tuotannon kustannusseuranta

### 2.4.1 Kustannusten kirjaaminen

Kustannusten kirjanpito voidaan tehdä kahdella eri tavalla: suoriteperusteisesti tai maksuperusteisen mukaisesti. Suoriteperusteisessa kirjaamistavassa tulot ja menot kirjataan aina, kun työ tai tavara luovutetaan tai vastaanotetaan. Kassa-perusteisena kirjaus tapahtuu silloin, kun työ tai tavara maksetaan. Työmaan kustannusseurannassa tulee noudattaa suoriteperusteista kirjanpitoa, jolloin työkustannukset kirjataan reaaliaikaisesti työn edistymisen mukaan. Hankinnat kirjataan toteutuneiksi hyväksytyjen laskujen ja kuormakirjojen perusteella – aliurakoiden kustannukset kirjataan toteutuneiksi hyväksytyjen maksuerien avulla. (Enkovaara 2006, 168).

#### 2.4.2 Kustannuskertymien seuranta

Kustannusseurannassa selvitetään hankkeen nykyinen tilanne sekä otetaan kantaa tilanteen kehittymiseen eli laaditaan ennuste. Seurannasta saatujen tietojen perusteella hankkeen kustannuskehitystä voidaan ohjata haluttuun suuntaan. Hankkeen kustannuksien kertymistä voidaan tarkkailla joko toteutuman avulla tai laskemalla lopputuloksen ennuste. Toteuman tarkkailulla pyritään siihen, että hankkeelle asetetut tavoitteet saavutetaan, kun taas ennusteen avulla pyritään hallitsemaan työn toteutukseen valittuja tuotantoratkaisuja ja resursseja. Toteuman tarkkailussa kuin myös ennusteessa tarkoituksena on hallita prosessin kulku niin hyvin, että tarvittavat muutokset voidaan tehdä ajoissa tavoitteen saavuttamiseksi. (Enkovaara 2006, 167.)

#### 2.4.3 Kustannuslajikohtainen tarkkailu

Toteumien tarkkailun myötä ohjataan työnkäyttöä, palkkaustapoja ja työmenetelmiä. Usein työnaikaiset muutokset palkkaustapaan ovat hankalia tai jopa mahdottomia, joten työmenetelmien parantaminen ja työnkäyttö eli resurssien ohjaus tuotantotehokkaasti ovat parhaat tavat ohjata myös kustannusten kertymistä. Palkkauksessa ylitöiden määrään voidaan vaikuttaa lisäämällä työntekijäresursseja sitä kaipaaville työvaiheille. (Enkovaara 2006, 171).

Aliurakan kustannusten valvonta tapahtuu aliurakkasopimuksen tekovaiheessa, jolloin aliurakan hintaa verrataan vastaavaan tavoitteeseen. Sovitun aliurakka-hinnan ja sitä vastaavan tavoitehinnan erotus kirjataan tulosennusteeseen. Aliurakan maksu tapahtuu joko maksuerissä työn edetessä tai työn valmistuttua kertasuorituksena. Jos aliurakan maksusuoritukset on sovittu tehtäväksi erissä, joudutaan aliurakasta muodostuvien kustannusten kertymistä valvomaan. Suu- rissa hankkeissa aliurakan etenemistä valvotaan määrittelemällä sille tarkkailu- hetken valmiusaste (VA %). (Enkovaara 2006, 174.)

Sopimushankintoihin lukeutuvat suuret hankintakokonaisuudet, joista on käyty läpi tarjousmenettely ja voittaneen tarjouksen perusteella on tehty tilaussopi-

mus. Hankintasopimusten raportoinnista vastaa normaalisti kaupan tehnyt henkilö. Hankintojen kustannustarkkailun tulisi olla jatkuvaa, eikä keskittyä vain tiettyihin seurantajaksoihin. (Lindholm 2009, 44.) Sopimushankintojen tarkkailussa hintaero pyritään selvittämään sopimushetkellä. Sopimusta tehtäessä selvitetään sopimushinta ja vastaava tavoiteosuus. Näistä hinnoista laskemalla saadaan tavoiteosuuden, sopimussumman ja mahdollisen varauksen erotuksella hintaero. Tällöin sopimushankinnasta saatavaksi tulosenusteeksi asetetaan hintaero. (Enkovaara 2006, 173.)

#### 2.4.4 Hankekustannusten seuranta

Hankekustannuksia seurataan kustannustarkkailulla: hankekustannuksien tehtäville ja hankinnoille muodostetaan tarkkailujaksoittain (2vk - 1kk) tavoitteet, joihin toteutuneita kustannuksia verrataan. Ennusteet lasketaan kustannustarkkailussa edellä mainittujen jaksojen mukaisesti. Hankekustannusten tehtävien kustannustarkkailusta saadut tulokset yhdistetään tehtävien tarkkailulaskelmaan. Vastaavasti hankekustannusten hankintojen kustannustarkkailun tulokset yhdistetään hankintojen tarkkailulaskelmaan. (Enkovaara 2006, 175.)

## 3 TUOTANNON SEURANTA JA OHJAUS

### 3.1 Aikataulutus

#### 3.1.1 Aikataulumuodot

Työmaalla jokainen aikataulu (yleis-, rakentamisvaihe-, viikko-, piirustus- jne. aikataulut) toteutetaan sen edellyttämällä rytmillä. Aikataulutuksen ja tuotannon seurannan kannalta tärkeää on merkitä toteutunut tilanne suunnitelmaan, jotta poikkeamat havaitaan helposti ja voidaan ryhtyä korjaaviin toimiin. Toteuma voidaan jana-aikataulussa merkitä piirtämällä todellista tilannetta vastaava jana suunnittelun alapuolelle tai käyttämällä päivitysviivaa.

(Koski 1995, 76.)

Hyvän aikataulun peruseriaatteet

- kohde on suunniteltu lohkoittain
- kriittisten tehtävien osalta aikataulumallina on paikka-aikakaavio
- tehtävillä on oikea tekninen toteutusjärjestys
- tehtävät on tahdistettu ja rytmitetty
- työmenekkien kireys on normaali (Ratu huomioitu)
- tehtävillä on varatyökohde (vapaa mesta) ja työkohteessa tehdään vain yhtä työtä kerrallaan
- tuotannon häiriöihin on varauduttu
- itselle luovutukselle on varattu aikaa
- betonirakenteiden kuivumiselle on varattu riittävästi aikaa
- urakkaohjelman reunaehdot on huomioitu
- aikataululle on laadittu riskianalyysi

(<http://www.mittaviiva.fi/ratufLOW>)

Alla esitetyssä taulukossa (taulukko1) on kuvattu rakennushankkeeseen kuuluvien aikataulujen laatijat, käyttäjät sekä kyseisen aikataulun normaali esitysmuoto. Esitysmuotoina ovat listattu PlaNet- ohjelmalla helposti tehtävät jana ja vinoviiva sekä hankinta-aikataulussa käytetyt symbolit. Aikataulun laatija sekä esitysmuoto voivat vaihdella suuresti eri projektien välillä. Laatija- kohdan alla esiintyvällä pääurakoitsijalla tarkoitetaan projektipäällikköä, projekti-insinööriä ja vastaavaa työnjohtajaa.

| Aikataulumuoto                | Laatija  | Käyttäjä   | Esitysmuoto |
|-------------------------------|--|--|-------------|
| <b>YLEISAIKATAULU</b>         | pääurakoitsija laatii yhdessä rakennuttajan ja aliurakoitsijoiden kanssa | kaikkien osapuolten käytössä                               | jana        |
| <b>RAKENNUSVAIHEAIKATAULU</b> | pääurakoitsija laatii yhdessä rakennuttajan ja aliurakoitsijoiden kanssa | kaikkien osapuolten käytössä → tarkennus yleis-aikatauluun | jana        |
| <b>VIKKOAIKATAULU</b>         | työnjohtaja laatii omista töistään                                       | omaan ja työnjohdon käyttöön                               | jana        |
| <b>VINOVIIVA-AIKATAULU</b>    | projekti-insinööri tai projektipäällikkö                                 | työnjohdolle työsuunnittelua varten                        | vinoviiva   |
| <b>KALUSTOAIKATAULU</b>       | pääurakoitsija   | omaan käyttöön / tiedoksi rakennuttajalle                  | jana        |
| <b>HANKINTA-AIKATAULU</b>     | pääurakoitsija   | omaan käyttöön / tiedoksi rakennuttajalle                  | symbolit    |

Taulukko 1. Aikataulumuodot, niiden laatijat, käyttäjät ja aikataulun esitysmuoto. Tekijän muokkaama. (Koskenvesa, Mäki & Olenius 2008, 37)

### 3.1.2 Aikataulusuunnittelu

Hankkeen aikataulusuunnitteluun sisältyvät vaiheet, kunkin vaiheen merkitys ja keskinäinen järjestys on riippuvainen projektin laajuudesta, teknisestä vaikeus-  
tasosta, kokonaiskestosta sekä aliurakoinnin määrästä ja työvoiman käyttöperi-  
aatteesta. Rakennushankkeet jakautuvat tyypillisiin kohteisiin ja erityiskohteisiin,  
jolloin myös aikataulusuunnittelussa noudatetaan kohteeseen soveltuvaa suun-  
nittelutapaa. Alla (kuvio 4) on esitetty tyypillisen rakennushankkeen aikataulu-  
suunnittelun osavaiheet.



Kuvio 4. Aikataulusuunnittelun osavaiheet. (Koskenvesa 2008, 19; Kankanen 1999, 16)

Hankkeen tuotannon kannalta parhaassa tilanteessa projektin toteutushenkilöstö osallistuu aikataulun suunnitteluun tai tekee aikataulun itse. Esitetyt aikataulun laadinnan seitsemän vaihetta (kuvio 4) eivät ole järjestykseltään kiinteät: usein aikataulusuunnittelussa joudutaan tarkistamaan aiempia suunnitteluvaiheita ja täten palaamaan työjärjestyksessä taaksepäin. (Kankanen 1999, 14.)

Sijoitettaessa tehtäviä aikatauluun, tulee sijoittelussa ottaa huomioon tahdistus, rytmitys ja työryhmien käytön jatkuvuus. Tahdistuksella ratkaistaan kuinka tehtävät saadaan kestoltaan yhtä pitkiksi – tasaisesti piteneviksi tai lyheneviksi – jotta rakennusajan käyttö olisi tehokasta ja tehtäväkokonaisuudet ohjattavissa. Rytmityksen avulla tehtävät pyritään saamaan jatkuviksi, vaikka suoritemäärät vaihtelisivatkin työkohteittain. Työryhmien käytön jatkuvuudella pyritään työllistämään projektille valitut työryhmät koko hankkeen ajan. Lisäksi on selvitettävä hankkeen kaluston ja työkohteiden riittävyys. (Kankanen 1999, 26.)

### 3.1.3 Yleisaikataulu

Yleisaikataulu laaditaan heti urakkasopimuksen solmimisen jälkeen yhteistyössä projektipäällikön, työmaainsinöörin ja vastaavan mestarin kesken. Päätoteuttajan laatima yleisaikataulu toimii mallina työmaan toteutukselle ja ajoituksen ohjaukselle. Aikataulussa tulee huomioida hankkeen pääresurssit, jolloin sitä voidaan käyttää lähtötietona työvoima-, hankinta- ja kalustosuunnitelmille. Myös tarkemman tason suunnitelmat, kuten rakennusvaihe- ja viikkoaikataulu tai tehtäväsuunnitelma laaditaan yleisaikataulun tietoihin nojautuen. Hankkeen onnistuminen edellyttää, että suunnitelma-aikataulu, hankinta-aikataulu sekä työmaan yleisaikataulu toimivat yhdessä. (Koskenvesa 2008, 27.)

#### Yleisaikatauluun vaadittavia lähtötietoja

- tekniset suunnitelmat
- sopimusasiakirjat
- lomapäivät ja vapaapäivät
- yleisaikataulun nimikkeet
- rakennuspaikan olosuhdetiedot
- määrälaskelmat ja kustannusarvio
- alustava yleisaikataulu
- tärkeimmät työmenetelmät
- käytettävissä olevat resurssit
- yrityskohtaiset jälkilaskentatiedot. (Koskenvesa 2008, 27.)

Yleisaikatauluun valitaan kohteen ominaisuudet huomioon ottaen noin 20-30 aikataulun kannalta tärkeintä tehtävää. Normaalisti yleisaikataulu esitetään jana- tai paikka-aikakaavion muodossa. Tehtävien keston tarkkuusvaatimus on 0,5 viikkoa ja tehtävien ajankohdan tulisi olla 1 viikko. (<http://www.mittaviiva.fi/ratufLOW>).

Yleisaikataulussa, joka tulee tilaajan käyttöön, esitetään aikataulutehtävä, suorittemäärä ja yksikkö, tehtävän kesto työvuoroina sekä ajoitus ja riippuvuudet. Tämän lisäksi aikataulun laadinnan pohjaksi selvitetään työmenekki tai työsäävutus, tehtävään valittu työryhmä sekä tehtävän nimikkeistötunnus. (Koskenvesa 2008, 28, 30; Kankanen 1999, 33.) Esimerkki yleisaikataulusta on esitetty liitteessä 6.

### 3.1.4 Rakentamisvaiheaikataulu

Rakentamisvaiheaikataulu laaditaan yleisaikataulun pohjalta pääurakoitsijan, rakennuttajan ja aliurakoitsijoiden yhteistyöllä. Rakentamisvaiheaikataulut laaditaan kaikkien rakennushankkeen osapuolten käyttöön, jotta yleisaikataulu saataisiin toteutumaan. Tämä aikataulumuoto antaa myös lähtötiedot viikkoaikataulujen laadintaan. Aikataulussa suunnitellaan myös tärkeimmät sivu- ja aliurakat yhteistyössä töiden toteuttajien kanssa. Suunnitteluvaiheessa sivu- ja aliurakoitsijat sitoutuvat toteuttamaan työt laaditun aikataulun mukaisesti. (Koskenvesa 2008, 28.)

Rakentamisvaiheaikataulun esitysmuoto on normaalisti jana- tai paikka-aikakaavio ja tehtävien keston tarkkuus 1 tv ja tehtävän ajankohta 0,5 viikkoa. Rakentamisvaiheaikataulun laadinta kuuluu työmaan henkilöstölle. (Koskenvesa 2008, 30.)

### 3.1.5 Viikkoaikataulu

Viikkoaikataulun avulla varmistetaan työmaan lyhyen aikavälin tavoitteiden toteutuminen, resurssien tehokas käyttö ja niiden riittävyys. Viikkoaikataulu toimii myös sivu- ja aliurakoitsijoiden toimintaohjeena. Vaadittujen tavoitteiden selvittäminen rakentamisvaihe- tai yleisaikataulusta kuuluvat vastaavan työnjohtajan tehtäviin. Tavoitteeksi voidaan asettaa jokin rakenne tai alue ja sen valmistamisajankohta. Aikataulua laadittaessa selvitetään miten tavoitteisiin päästään huomioiden käytettävissä olevat resurssit, niiden mahdollinen lisätarve ja vapautumiset. (Koskenvesa 2008, 31)

Viikkoaikataulu laaditaan tehtävästä riippuen 1-3 viikoksi eteenpäin. Jokaisen työvaiheen työnjohtaja laatii viikkoaikataulun erikseen omista töistään. Laaditut viikkoaikataulut sovitetaan toisiinsa ja yhdistetään toimivaksi kokonaisuudeksi vastaavan työnjohtajan johdolla. Työtehtävän onnistumiseen tarvitaan vapaa työkohte, suunnitelmat, koneet, kalusto, materiaalit ja henkilöresurssit sekä riittävästi aikaa työn laadukkaalle toteuttamiselle. Aikataulujen ja niiden mukaisen

suunnitelmallisen toiminnan tasoa voidaan seurata viikkotasolla suunniteltujen ja toteutuneiden tehtävien vertailulla. (<http://www.mittaviiva.fi/ratufLOW>.)

Viikkoaikataulun esitysmuodoksi soveltuu jana-aikataulu tai Excel -pohja työvaihetta selostavan tekstiosuuden kanssa. Työnkulun esitystarkkuus on 2 tunnin jaksoissa ja tehtävien keston tarkkuusvaatimus on 2-4 h.

(Koskenvesa 2008, 31.) Viikkoaikatauluesimerkki on liitteenä 7.

Viikkoaikatauluun merkitään tehtäväkohtaisesti

- tehtävän nimi ja työkohde
- sovittu määrätavoite
- resurssit, resurssi riippuvuudet ja resurssien siirtymiset tehtävästä toiseen
- tehtävän kesto. (Koskenvesa 2008, 32.)

## 3.2 Tuotannon ohjaus ja valvonta

### 3.2.1 Tuotannosuunnittelun ja -hallinnan menetelmät

Tuotannon ohjauksessa tarvitaan korjaavia toimia silloin kun työt eivät käynnisty ajallaan tai tehtävien tuotantonopeudet poikkeavat suunnitellusta. Korjaustoimet ovat välttämättömät myös silloin, kun tuotanto keskeytyy tai työt hajaantuvat useaan eri työlohkoon eivätkä työt valmistu ajallaan. (Kankainen, 1999, 40.) Tehtävien työsisällön tai määrän muuttuessa on kyseessä yleensä lisä- tai muutostyö, jolloin tuotanto on joko sovitettava alkuperäiseen aikatauluun tai työn toteutukselle varattava lisäaikaa.

### 3.2.2 Tehtäväsuunnitelma

Tehtäväsuunnitelma tulee laatia ajallisesti, laadullisesti tai taloudellisesti merkittävistä työvaiheista. Suunnitelmien tulisi olla yhteydessä tuotannolle määriteltäviin ongelmakohtiin, joten tuotannollisesti haastavista työvaiheista on syytä laa-

tia aina erillinen tehtäväsuunnitelma. Tehtäväsuunnitelman laatiminen kuuluu vastaavalle työnjohtajalle tai erikseen sovitulle vastuuhenkilölle.

Tehtäväsuunnittelua voidaan ajatella prosessina, joka koostuu kokonaisvaltaisesta suunnittelusta ja tähtää toteutuksen ohjaukseen suunnitelman mukaisesti. Tehtäväsuunnitelman teko kannattaa ajoittaa siten, että sen sisältöä voidaan käyttää jo aliurakoiden ja työvaiheeseen liittyvien sopimuksien laadinnassa ja kyseisen tehtävän aloituspalaverissa. (Koskenvesa 2008, 33.)

Tehtäväsuunnitelmaa vaativat työkokonaisuudet on yleensä määritelty työmaan laatusuunnitelmassa. Mikäli laatusuunnitelmassa ei ole eritelty kyseisiä tehtäviä, on työmaan johdolla vastuu päättää suunniteltavista työmaatehtävistä. Kriteereinä voidaan pitää tehtävän

- ajallista kriittisyyttä eli työn pitkäkestoisuutta tai tahdistavuutta muihin tehtäviin nähden
- taloudellista merkitystä eli työn aiheuttamien kustannusten suuruutta projektin kokonaiskustannuksiin nähden
- erityisen korkeita laatuvaatimuksia, jolloin tehtäväsuunnittelulla pyritään varmistamaan työn laatuvaatimusten saavuttaminen
- tuntemattomuutta työnjohdolle tai työntekijöille, jolloin harvinaisen tai erityisen vaativan tehtävän toteutukseen tarvitsee perehtyä tarkemmin
- esiintymistä yrityksen takuukorjauslistan kärkipäässä, jolloin tarkemmalla suunnittelulla ja laadunvarmistuksella voidaan vähentää takuukorjausten määrää. (Koskenvesa 2008, 34.)

Tehtäväsuunnitelman sisältöä laadittaessa selvitetään työkokonaisuuteen kuuluvat työnosat, ajalliset välitavoitteet ja kustannustavoite. Olennaista on selvittää myös tehtävän liittyminen muihin töihin ja työn toteutukseen tarvittavat resurssit, kuten työryhmät, materiaalit, koneet ja kalusto. Tehtävän aloitusedellytykset, laatuvaatimukset, mahdolliset ongelmat ja laadunvarmistustoimenpiteet tulee myös huomioida. (Koskenvesa 2008, 33.)

Lähtötietoina tehtäväsuunnittelussa käytetään tehtävää koskevia hankekohtaisia tai yleisiä asiakirjoja, joissa on kuvattu työn toteutus, laatuvaatimukset ja tehtävälle asetetut aikataululliset sekä taloudelliset tavoitteet. Käytettäviin asiakirjoihin lukeutuvat mm. urakkasopimusasiakirjat, työmaan laatusuunnitelma, rakennusselostus, työselostus, piirustukset, tavoitearvio, yleisaikataulu sekä yrityksen käyttämät yleiset ohjeet koskien yleisiä laatuvaatimuksia tai työmenekkejä. (<http://www.mittaviiva.fi/ratufLOW>.)

Tuotannosuunnittelun yleisimpiä ongelmakohtia tehtäväsuunnittelun yhteydessä ovat

- tehtävätason suunnitelmia tehdään liian harvoista tehtävistä: tarkempaa suunnittelua vaativia tehtäväkokonaisuuksia jätetään huomiotta
- suunnitelmat tehdään liian myöhään: työhön liittyvät sopimukset tehdään ennen tehtävän suunnittelua, tehtävään liittyvät tiedot eivät välity sopimusehtoihin
- suunniteltavat työlajit eivät ole yhteydessä potentiaalisten ongelmien analyysin kanssa: tehtäväsuunnittelu tehdään helpoista ja vähemmän tärkeistä töistä
- kohteen erityispiirteiden huomioiminen vähäistä: valmiita pohjia ja tietokantoja hyödynnetään kaavamaisesti
- tehtävien laatuvaatimuksia ei ole yksilöity: suunnitelmiin on kerätty karsimatta kaikki mahdollinen informaatio työhön liittyen, tehtäväsuunnitelmassa on edelleen viittauksia lähteisiin, työkohtaiset vaatimukset on esitetty tulkinnanvaraisesti
- suunnitelman tiedot eivät välity työntekijöille: tehtäväsuunnitelman sisältöä ei käydä läpi tehtävän aloituspalaverissa
- suunnitelmia ei käytetä hyväksi tuotannon valvonnan ja ohjauksen yhteydessä: suunnitelma on laadittu tilaajan vaatimuksesta ajattelematta hyötyä tuotannon ohjauksessa
- suunnitelmien toteutukseen ja hyödyntämiseen ei sitouduta: tehtäväsuunnitelman on tehnyt joku muu kuin työn toteutuksesta vastuussa oleva työnjohtaja. (Kankainen 2004, Työpäällikön käsikirja osa 4, 4)

Täydessä tehtäväsuunnitelmassa tulee esittää urakan kohdetiedot, työsisältö, aikataulu, työn kustannukset, laatuvaatimukset, usein esiintyvät ongelmat, logistiikka ja materiaalitiedot, kalusto sekä työturvallisuus ja laadunvarmistus. Kohdetiedoissa tulee olla mainittuna työmaa ja työmaan yhteystiedot. Työsisältö pitää sisällään tehtävän kuvauksen, urakoitsijan, vastaavan työnjohtajan ja työryhmän tiedot. Työsisällössä tulee eritellä myös työn laajuus, urakkarajat sekä tehtävän aloituksen mahdollistava alkutila, työn aikainen tilanne ja työsuorituksen jälkeinen lopputila.

Aikataulutuksessa esitetään tuotantonopeus, välitavoitteet, työmenekkilaskenta, vaadittava työryhmä sekä mahdollinen paikka-aikakaavio. Kustannusosiossa määritellään tavoitearvion työ-, materiaali- ja kalustokustannukset. Toteutuneista kustannuksista kirjataan tehtävän aikana samat tiedot kuin tavoitearviossakin eli työ-, materiaali- ja kalustokustannukset. Laatuvaatimusten osalta tehtäväsuunnitelmaan on merkittävät noudatettavat asiakirjat, toiminnalliset vaatimukset (sisältävät turvallisuusvaatimukset) sekä materiaali-, mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset.

Usein esiintyviin ongelmiin eli potentiaalisiin ongelmiin tulee listata toiminnalliset, tekniset ja hankinnalliset ongelmat. Logistiikan osalta kirjataan tehtävässä käytettävien materiaalien toimitukset ja varastointi sekä ympäristön osalta jätteiden käsittely työmaalla, ympäristön suojaus sekä määritetään melun ja pölyämisen torjumiskeinot. Logistiikkaosiossa tulee huomioida myös työn aikana tarvittava nosto- ja siirtokalusto. Koneiden, kaluston ja työvälineiden osalta tulee mainita tarvittavat työvälineet ja koneet sekä kohteen erityisvaatimukset niiden osalta. Työturvallisuuden osalta tulee määrittää tarvittavat suojaimet, erityis-suunnitelmien tarve sekä kohteen tai tehtävän sisältämät erityiset turvallisuusriskit. (RATU-kortisto).

Potentiaalisten ongelmien analyysi (POA) on osa tehtäväsuunnitelmaa, jossa tuotannon valvonnalle ja ohjaukselle pyritään määrittämään erityiset kiintopisteet kartoittamalla mahdolliset tuotannon ongelmat jo ennalta. Ongelmat tiedostamalla ja niihin varautumalla aikatauluviivästyksiltä voidaan välttyä ja tuotannolliset ongelmat voidaan poistaa lähes kokonaan. Tuotannon ongelmien enna-

kointiin soveltuu potentiaalisten ongelmien analyysi eli POA-menettely. Tässä menettelymallissa mahdollinen ongelmakohta nimetään, määritellään sen seuraus, kartoitetaan torjuntatoimet, määritellään vastuuhenkilö ja mahdollinen dokumentointitapa työn laadun varmistamiseksi.

Potentiaalisten ongelmien listauksen jälkeen riskikohtien todennäköisyys ja vakavuus määritellään, jotta ennen tuotannon aloitusta ja sen aikana osattaisiin kiinnittää huomiota oleellisiin ja vakavimpiin ongelmiin. (Kankainen 1999, 37.)

VR-Trackin käyttöön täydellinen tehtäväsuunnitelma soveltuu ainoastaan suuremmissa hankkeissa. Tehtäväkohtaisesta suunnitelmasta on mahdollista laatia kevyempi versio, joka toimii hyvin pienempien hankkeiden erityistarkkuutta vaativien tehtävien suunnittelussa.

## 4 TYÖMAAN KUSTANNUSHALLINNAN KEHITTÄMISKOHTEET

### 4.1 Kustannushallinnan kehittäminen

#### 4.1.1 Case -työmaan esittely

Oy VR-Rata Ab:n Etelä-Suomen yksikkö teetti kesällä 2010 seurantatutkimuksen PRU 8 -nimisen urakan toteutuksesta. Tässä osassa opinnäytetyötä on tarkoitus verrata seurannasta saatujen tietojen perusteella suunniteltuja kustannuksia toteutuneisiin, sekä pohtia mahdollisten kustannuserojen syitä. Päälyysrakenneurakka 8 toteutettiin yhtä aikaa Päälyysrakenneurakka 7:n ja Sorvihallin laajennuksen kanssa. Työvaiheita tahdistavat muiden työmaiden edistyminen ja niiden erityisvaatimukset.

Työmaa-alue sijaitsi vanhan kaatopaikan päällä, joten kaatopaikkajäte aiheutti ongelmia töiden turvallisuudelle sekä hankaloitti kaivettavan maan käsittelyä. Tiilaaja asetti kyseiseen, viiden kuukauden aikana toteutettavaan, työkohteeseen urakoitsijalle yhdeksän sakollista välitavoitetta. Työmaa sijaitsi Ilmalan ratapihan raiteen 776 kilometriltä 4+635 vaihteelle V847. Työmaa-alue on esitetty liitteessä 9.

Työmaalla käytettiin Infra 2006- nimikkeistöä ja määrälaskenta oli suoritettu kyseisen nimikkeistön määrämittausohjeen mukaisesti. Tässä luvussa käytetty materiaali on kerätty pääasiassa haastatteluilla työmaalta ja rakentamisen aikaisesta kustannusseurannasta sekä aikataulutuksesta ja hankkeeseen liittyvistä asiakirjoista.

#### 4.1.2 Työmaan tuotanto

Kustannusten muodostumiseen vaikuttavat työtehokkuus, työntekijä- ja kone- määrät, työntekijöiden kokemus, motivoituneisuus, työn toteutuminen suunnitelun ajanjakson puitteissa, sääolosuhteet, maalaji, maaperätutkimusten tarkkuus, sekä tilausketjun ja aliurakoitsijoiden pysyminen aikataulussa (materiaalitoimitukset ja työkoneiden saapuminen työmaalle sovittuna kellonaikana). Tärkeintä kuitenkin on työnjohdon käsitys työmaata rajoittavista tekijöistä, kuten kustannuksista, aikataulusta ja resursseista, sekä näiden yhteensovittamisen taidoista. Työnjohdon selkeät määräykset ja johdonmukainen töiden toteuttamisjärjestys ovat avainasemassa projektin onnistumisessa. Seurantatyömaalla suunnitellun toteuttamisjärjestyksen ja aikataulun noudattaminen olivat oleellisimpia kompassukiviä tuotannon ohjauksessa.

#### 4.1.3 Lisä- ja muutostöistä muodostuvien kustannusten osuus

Lopullista tilannetta muutos- ja lisätöiden osalta ei vielä tiedetä, sillä töihin liittyvät neuvottelut ovat edelleen kesken. Kesän aikana tehtyjä lisätöitä kertyi mm. vaihde- ja ratapohjan louhintatöistä, erilaisista koordinaattimuutoksista, alitusputkien määrän lisääntymisestä sekä ylimääräisen ylikäytävän asentamisesta. Urakka-ajan pidentymisen myötä työmaa jouduttiin keskeyttämään syksyllä lumen sataessa maahan odotettua aiemmin.

VR-Trackin oman kustannuseurannan mukaan lisätöiden osuus nostaa alkuperäistä urakkasummaa 9,5 %:lla ja muutostyöt 26,4 %. Lisäyötarjouksista suurin osa on jo hyväksytty rakennuttajakonsultin puolesta, mutta muutostöistä suurin yksittäinen menoerä on vielä hyväksymättä. Louhinnan lisääntyminen aiheutti urakoitsijalle suurimman yksittäisen muutostyökulun, jolle ei vielä puolen vuoden jälkeenkään ole saatu laskutuslupaa. Osa VR-Trackin lisä- tai muutostöiksi luokittelemista töistä on tilaajan edustajan tulkinnan mukaisesti urakkahintaan kuuluvia töitä. Esimerkiksi alitusputkien määrässä tapahtuneessa sekaannuksessa urakoitsija oli tehnyt tarvittavat laskelmat Infra 2006- nimikkeistön määrittämisohjeen mukaisesti. Tilaajan edustajan mukaan hinnoiteltavaksi annettu

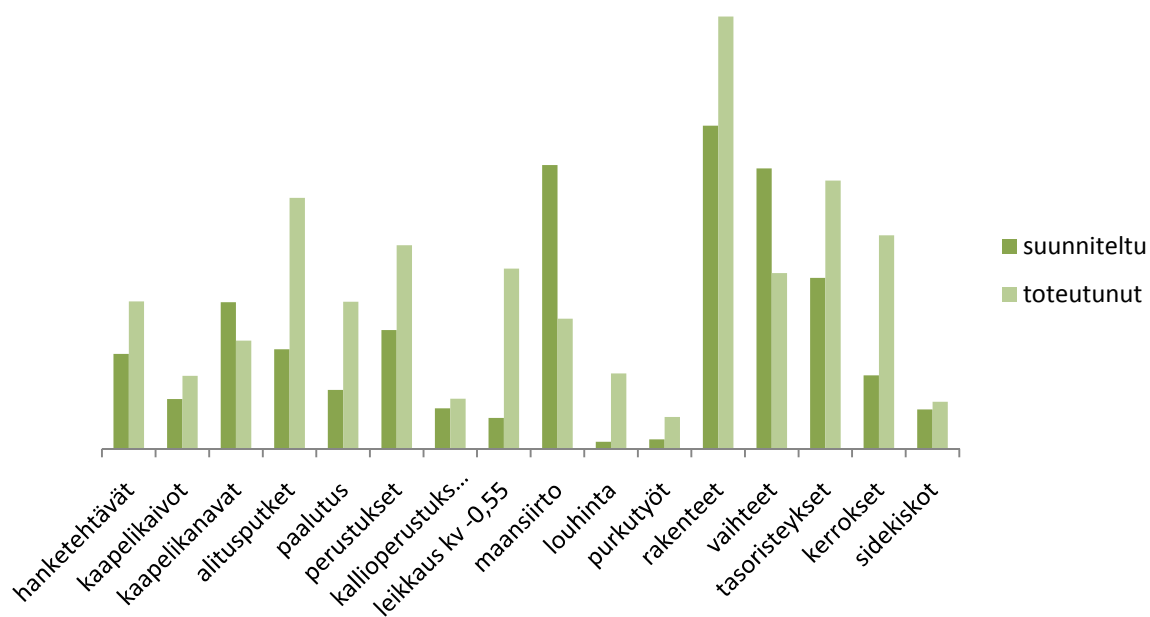
yksikköhintaluettelo on yksiselitteinen ja urakoitsija on syyllistynyt virheeseen. Tilaajan edustajan antama alitusputkilittera ei kuitenkaan ollut Infra 2006:n mukainen. Myöhemmin osapuolet päätyivät erimielisyydessä kompromissiratkaisuun.

## 4.2 Suunniteltujen ja toteutuneiden kustannusten erot

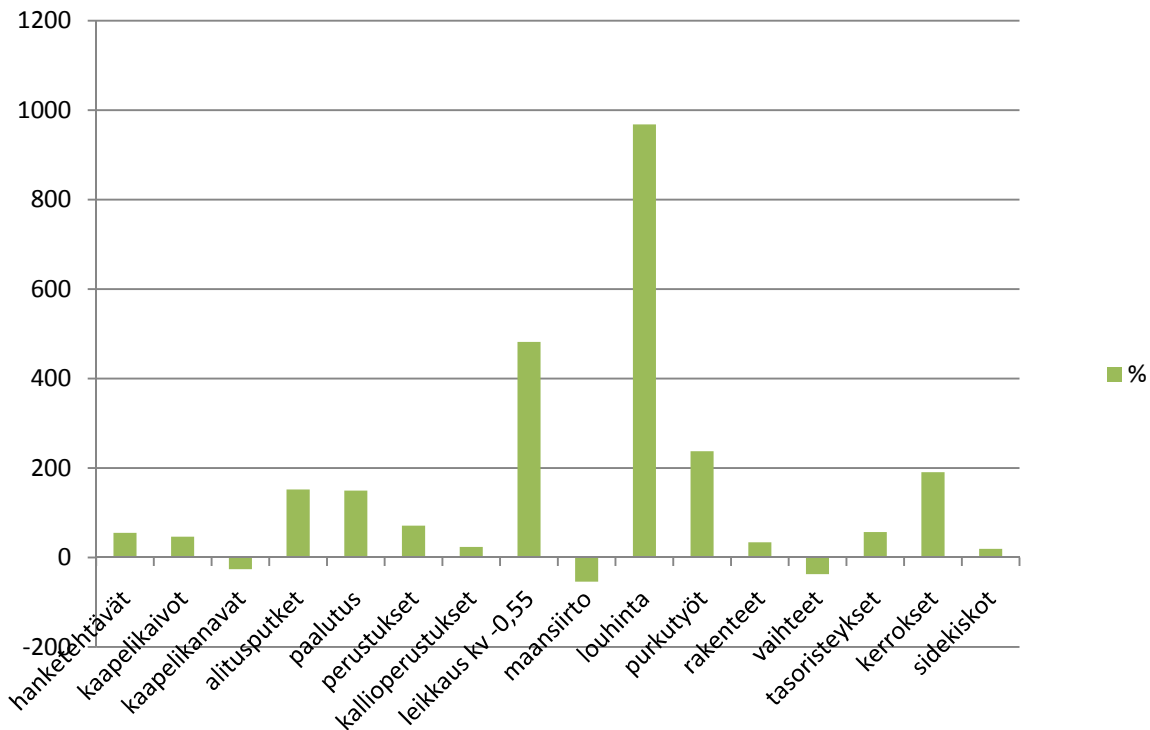
### 4.2.1 Vertailudiagrammit: suunnitellut ja toteutuneet kustannukset

Vertailudiagrammien visuaalisuuden avulla erot hankkeen suunniteltujen ja toteutuneiden kustannusten välillä on helppo ja nopea havaita. Hintatietojen naimioimisen vuoksi diagrammit on esitetty keskinäisten suuruusluokkien ja prosentuaalisten erojen avulla. Tällä tavoin hankeosien kustannustoteumia vertaamalla suunniteltuun voidaan hankkeesta muodostaa tarvittava kokonaiskuva.

Kuviossa 5 on esitetty hankkeen kokonaiskustannukset hankeosittain jaoteltuna. Toteutuneet kustannukset sisältävät muutos- ja lisätöistä aiheutuneet kulut, joten esimerkiksi louhinnan lähes 980 prosentin kasvu (kuvio 6) ei johdu hankkeen ohjauksesta tai kustannushallinnasta. Kuitenkin diagrammeista (kuviot 5 ja 6) on helppo havaita muutos- ja lisätöiden aiheuttamien kustannusten, tilanpuutteen ja työmäärän kasvaminen suhteessa siihen, ettei urakka-aikaa pidennetty merkittävästi lisätöiden suorittamiseksi. Työvaihekohtaiset tiedot on esitetty diagrammien jälkeen.



Kuvio 5. Projektin suunnitellut ja toteutuneet kustannukset hankeosittain. Toteutuneet kustannukset sisältävät lisä- ja muutostyöt.



Kuvio 6. Projektin toteutuneiden kustannusten prosentuaalinen ero suunniteltoon. Kustannuserot sisältävät myös lisä- ja muutostyöt.

Työvaihekohtaiset tiedot:

Määrämuutoksista johtuvat kustannusten muutokset

- Hanketehtävien kustannusten kasvu johtuu pääasiassa pidentyneestä urakka-ajasta.
- Kaapelikaivojen määrä lisääntyi, joten toteutunut hintakin kasvoi suhteessa tähän.
- Kaapelikanavissa puolestaan määrä laski, joten toteutunut hintakin aleni.
- Louhintatyö toteutui onnistuneesti, sillä louhinnan määrä kasvoi enemmän suhteessa toteutuneeseen hintaan
- Kallioperustusten toteutus sujui suunnitelmien mukaisesti, sillä louhinnasta aiheutunut lisätyö näkyy kuvaajassa (kuvio 4) kohonneina toteutuneina kustannuksina.
- Leikkaukset onnistuivat suunnitelmien mukaisesti, sillä määrät kasvoivat suhteessa enemmän kuin toteutunut hinta.
- Maansiirto ja kaivutyöt onnistuivat suunniteltua paremmin, vaikka määrät laskivatkin.
- Rakennetöissä määrät kasvoivat, joten myös toteutuksen hintakin nousi ja työ onnistui suunniteltua hieman paremmin.
- Kerrostöissä eli jakavan ja sitomattoman kerroksen sekä pintarakenteiden osalta työn määrä kasvoi, mutta suhteessa toteutuneet kulut kasvoi enemmän.
- Sidekiskojen osalta työn määrä lisääntyi ja työt onnistuivat suunniteltua paremmin.

Sopimusteknisestä virheestä johtuvat kustannusten muutokset

- Teräsbetonipaalujen määrä väheni, mutta aliurakan hinta pysyi alkuperäisen suuruisena aliurakkasopimuksen ja pääurakan urakkamuotojen yhteensopimattomuuden vuoksi.

#### Työsaavutuseroista johtuvat kustannusten muutokset

- Alitusputkien määrä kasvoi, mutta toteutuneet kustannukset nousivat suhteessa enemmän.
- Perustusten osalta työn toteutusnopeus oli arvioitu liian suureksi urakka-laskennan aikana, joten välitavoitteen saavuttamiseksi työntekijämäärää jouduttiin lisäämään.
- Raiteen ja vaihteen purkutöissä määrät kasvoivat, mutta kulut nousivat suhteessa enemmän.
- Tasoristeysten kohdalla työn suoritus oli arvioitu nopeammaksi kuin mitä oli mahdollista käytännössä toteuttaa, joten työvaiheen kulut kasvoivat suunnitellusta.

#### Alkuperäisillä määrillä toteutuneet työvaiheet

- Vaihteen asennuksen osalta määrät pysyivät alkuperäisinä, mutta toteutus tehtiin suunniteltua paremmin, joten työvaiheen kulut laskivat.

Työmaaseurannassa huomioitujen työvaiheiden osalta luvussa 5, kohdassa 5.1.4 on esitetty tarkemmat analyysit suunniteltua heikommin toteutuneista työvaiheista.

#### 4.2.2 Kustannuspoikkeamien havaitseminen

Kustannustavoitteissa pysyminen vaatii jatkuvaa seuranta ja ajantasaista tietoa kuluista ja niiden suhteesta asetettuihin kustannustavoitteisiin. Työn- ja projektinjohdon tietoisuus kustannuskertymistä sekä niihin negatiivisesti vaikuttavista tekijöistä mahdollistavat kustannuspoikkeamien havaitsemisen ja niiden korjaamisen. Toimistosta käsin kustannuserot huomataan vasta viiveellä, jolloin tuotannon korjaavien toimenpiteiden tekeminen on jo myöhäistä. Kustannuspoikkeamien pääasiallinen havainnointi tulee tapahtua työmaalla, josta työnjohdosta raportoi tilanteen projektinjohdolle ja korjaaviin toimiin ryhdytään välittömästi. Tämän vuoksi työnjohdon tulee olla perehtynyt myös työmaan talouteen – ei ainoastaan työmaan toteutukseen.

#### 4.2.3 Case- työmaan haastavimmat tehtävät

Kustannusylityksiltään suurimmiksi muodostuivat perustustyöt, alitusputkitukset, raiteen purku, teräsbetonipaalutukset sekä tasoristeykset. Kuitenkin suurin osa määrällisesti kasvaneista töistä, kuten louhinta, pysyi kustannuksiltaan kurissa. Louhintatyön pitkittymisen sivuvaikutuksena oli muiden töiden keskeyttäminen räjäytysten ajaksi. Louhintatyöt toteutettiin kahden eri aliurakoitsijan voimin, joten työt saatiin tehtyä ajallisesti kohtuullisen nopeasti. Kustannusylityksiin johtaneita syitä ja keinoja samanlaisten tilanteiden välttämiseksi on pohdittu luvussa 5, kohdassa 5.1.4.

### 4.3 Kustannuserojen syntyminen

#### 4.3.1 Urakassa syntyneet kustannuserot

Kustannuserot syntyvät usean eri osatekijän vaikutuksesta. Ilmalassa toteutetulla työmaalla kustannuspoikkeamia syntyi laskenta-aikana tehdyn virhearvion vuoksi, tuotannon korjaavien toimenpiteiden, resurssien käytön sekä työvaiheistuksen ja tunnistamattomien tai tunnistettujen ongelmien vuoksi. Myös työsuoritemenekin arviointi urakkakohteen ominaisuuksien ja haasteellisuuden perusteella jo tarjouslaskentavaiheessa on vaikeaa. Kuitenkin työryhmän työsuoritteen tulisi olla niin tarkasti laskettu, että tuotannon aikaisilla toimilla pienet laskennassa tapahtuneet virheet voidaan korjata. Positiiviseen suuntaan syntyviä kustannuseroja seurantatyömaalla kertyi työvaiheissa, joista työntekijämäärää ei vähennetty ja työt tehtiin alusta loppuun lähes suunnitelmien mukaisesti.

#### 4.3.2 Haastatteluiden yhteenveto

Työmaan toteutukseen liittyviin haastattelukysymyksiin vastasivat projekti-insinööri Katja Pekkanen, rataesimies Markku Ranta sekä työmaan ratatyöntekijät. Ainoastaan projektipäälliköltä ei saatu vastauksia haastattelukysymyksiin. Haastattelukysymykset lähetettiin sähköpostitse projekti-insinöörille ja rataesimiehelle, ratatyöntekijöille kysymykset jaettiin paperiversiona työmaalla. Projektinjohdolla ja työntekijöillä oli samansuuntaisia mielipiteitä työmaan aikataulun ja työvaihejärjestyksen noudattamisesta. Laadin haastattelukysymykset työmaaseurannan puolivälissä, jolloin koko urakka ja haastavimmat parannuskohteet olivat tulleet tarpeeksi tutuiksi.

Haastatteluiden ja työmaaseurannan perusteella oleellisimmaksi asiaksi nousi laadittujen aikataulujen noudattaminen tai niiden noudattamatta jättäminen. Luovussa 3 käsiteltävät aikataulut esitetään loogisessa järjestyksessä yleisimmästä tarkimpaan. Jokaiselle työmaalla työskentelevälle tulisi olla selvää, minkä vuok-

si aikatauluja tehdään ja miksi niiden noudattaminen on erityisen tärkeää hankkeen aikataulullisen ja kustannustehokkaan toteutuksen osalta. Hankkeen eri osapuolten molemminpuolinen informaatio ja sitoutuminen laadittuihin aikatauluihin on toteutuksen onnistumisen kannalta oleellista.

Osa haastatteluun vastanneista kannatti viikoittaisen työtehtävä- ja aikataulupalaverin järjestämistä työmaan henkilöstön kesken. Viikkopalaverilla saataisiin parhaassa tapauksessa työntekijät, niin kuin aikataulun laatijakin, noudattamaan suunniteltua toteutusta. (*Haastattelut 2010.*)

#### 4.3.3 Alihankintatyöt ja konevuokrat

Alihankintatöissä suurin yksittäinen kustannuspoikkeama muodostui teräsbeetonipaalutuksessa puutteellisen sopimuksen vuoksi. Paalutustyön hintaa ei sidottu paalumääriin tai metreihin, vaan urakkatarjous annettiin alkuperäisten paalujen hyötypituuksien mukaan. Paalutuksen vähentyessä alkuperäisestä määrästä aliurakoitsijan kiinteä urakkahinta pysyi, mutta pääurakoitsijan yksikköhintainen tarjoussumma laski. Alihankintatöissä kustannuseroja kertyi myös konetyön osalta. Työjärjestyksen jatkuvan muuttumisen vuoksi koneita ajatettiin työmaalla työpisteestä toiseen. Konetyön moninkertaiset kustannuskertymät ovat havaittavissa kustannuseurannan, työmaaseurannan ja haastatteluvastusten perusteella. Urakka-alueen laajuuden (pituuden) vuoksi koneiden siirtoajoon kului aikaa ja työpäivien aikana ilmaantuneita kiireellisiä töitä tehtiin eri osissa työmaata.

#### 4.3.4 Henkilötyökustannukset

Tarjousta jätettäessä työryhmän kooksi oli määritelty 3+1. Työmaan aloittamista lukuun ottamatta työryhmän kokoonpano vaihteli pääasiassa 4+1:n ja 5+1:n välillä. Työn alkuvaiheen aikatauluhallinnan ongelmat kertaantuivat urakan puolivälin jälkeen: työryhmäkoko kasvatettiin, jotta kiireisimmät työvaiheet saataisiin tehtyä ajallaan. Työntekijämäärän lisäyksellä työryhmä (5+1) jaettiin jopa kol-

melle eri työvaiheelle, jotta töitä pystyttiin tekemään samanaikaisesti. Työryhmän koko oli monen tehtävän osalta kuitenkin liian pieni tehokkaaseen työskentelyyn. Tästä seurasi usean yhtä aikaa aloitetun työvaiheen viivästyminen, sillä töitä ei pystytty saattamaan loppuun liian pieniin osiin jaetuilla työryhmillä.

#### 4.4 Työmaan henkilöstön tulospalkkio

Tulospalkkiota ja tuottavuuteen liittyviä palkitsemismenetelmiä on tutkittu laajasti erilaisissa organisaatioissa - niin yksityisellä kuin julkisellakin sektorilla. Yleisesti tulospalkkio koetaan hyväksi työmotivaation lisäksi, mutta todellisuudessa toimivat tulospalkkiojärjestelmät ovat harvassa. Tulospalkkiokäytäntö tulisi suunnitella huolellisesti ennen sen soveltamista työyhteisöön, jotta epäoikeudenmukaisuuksilta ja väärinkäsityksiltä vältyttäisiin. Palkkiojärjestelmän tulisi myös olla vain yksi työmotivaation lähde kaiken muun yrityksen sisäisen motiivoinnin ja työntekijöiden hyvinvoinnin lisäksi.

Tuotannon ohjauksen, tehtävien toteuttamiseen liittyvien suunnitelmien laatimisen ja kustannus seurannan lisäksi tuottavuutta voitaisiin parantaa työntekijöiden tulospalkkiojärjestelmällä. Palkitsemalla työmaan henkilöstö saataisiin motivoitua työn tehokkaampaan toteuttamiseen ja työn loppuunsaattamiseen. Tämän hetkinen työntekijöiden palkkausjärjestelmä ei tunne tulospalkkiota ja työn tekemisen lisäksi saatavaan palkkaan vaikuttavat vain tehtyjen työtuntien määrä: perustunnit ja ylityökorvaukset. Parhaassa tapauksessa tuotantoon ja tulokseen perustuvan palkitsemisjärjestelmän kautta saataisiin aikaiseksi pienimuotoisia innovaatioita tuotantomenetelmien parantamiseksi ja helpottamiseksi.

VR-Track Oy:n työmaaympäristöön soveltuva palkitsemistapa on perinteinen tuotantopalkkio, jonka tarjoamia mahdollisuuksia VR-Trackin projekteissa on hyödynnetty varsin vähän. Tulospalkkioluokkaan kuuluvan tuotantopalkkion tavoitteet voidaan sijoittaa taloudellisiin tunnuslukuihin, tehtävään liittyviin tavoitteisiin, kehitystavoitteisiin tai niiden yhdistelmiin (Tulospalkkaustyöryhmän raport-

ti). Palkkiojärjestelmän käytöstä voitaisiin päättää projektin sisäisesti, jolloin työryhmälle tiedotettaisiin tuotantopalkkion ehdoista ja toimihenkilöt sitoutuisivat seuraamaan tuotantopalkkioon liittyviä mittareita. Yrityksen tulisi määrittää tietyt tulospalkkiomittarit, joiden mukaan yksittäiset projektit voisivat seurata sisäistä palkkiotilannettaan. Prosenttiosuuksina tai kiinteinä summina maksettavat palkkiot voitaisiin määrittää kuitenkin projektikohtaisesti. Nämä projektikohtaiset tuotantopalkkiot olisi järkevää jaotella vain tietyille kriittisille työvaiheille, jolloin palkkiokäytäntö lisäisi tuotantonopeutta projektin kokonaissujuvuuteen vaikuttavissa työvaiheissa.

Tulospalkkauksen mittareita:

- liiketaloudellinen tulos
- tuottavuus
- kustannussäästö
- työturvallisuuden varmistaminen ja parantaminen
- kehitystavoite
- tuotannon läpimenoaika
- pääoman käytön tehostuminen
- käyttökate
- varastojen määrä tai arvo
- liikevaihto. (Tulospalkkaustyöryhmän raportti, liite 3)

Palkkiojärjestelmiin kuuluu olennaisesti myös järjestelmän tuomien etujen lisäksi tietyntyyliset haittatekijät. Mahdollisia ongelmia ovat yksilöpalkitsemisen vaikeus projektin tai tiimin sisällä sekä tilanteet, jolloin projektin tuotanto on ylittänyt palkkiorajan, mutta tulos on silti ollut negatiivinen. Olennaisena osana palkkiojärjestelmää tulee laatia mahdollisimman selkeät pelisäännöt: saavutettavissa olevat tuotantopalkkiorajat, jotka kuitenkin takaavat projektin säilymisen kannattavana ja mahdollistavat palkkioiden maksun.

## 5 KUSTANNUSTAVOITTEISSA PYSYMISEN TYÖKALUT

### 5.1 Tuotannonohjauksen ja tuotannosuunnittelun parantaminen

#### 5.1.1 Tuotannonohjauksen merkitys

VR-Trackin toimintamallissa vastaava työnjohtaja on tuotannonohjauksessa avainasemassa projektin läpiviennin kannalta. Vastaavan työnjohtajan tehtävä on toimia linkkinä työmaan ylimmän johdon sekä työmaahenkilöstön välillä. Projektin kannalta parhaassa tilanteessa vastaava työnjohtaja on osallistunut jo tarjouslaskentavaiheessa hankkeen suunnitteluun. Tällöin kaikki hankkeen osapuolet voivat sitoutua suunniteltuun työn toteutukseen ja toimistossa tehty ajatustyö siirtyy myös konkreettisesti työmaalle. Vastaava työnjohtaja yhdessä raatesimiehen tai työnjohtajan kanssa sitouttavat omalla toiminnallaan ratatyöntekijät projektin määrätietoiseen toteuttamiseen. Tässä tilanteessa sovitussa aikataulussa pitäytyminen on jokaisen hankkeen osapuolen tehtävä – niin projektin johdon, työmaanjohdon kuin ratatyöntekijöidenkin.

#### 5.1.2 Tuotannonseurannan ja -ohjauksen kehittämiskohteet

Kesän aikainen työmaaseuranta perustuu työmaalla tekemiini havaintoihin ja niiden vertaamiseen toteutuksen suunnitteluun. Osassa työvaiheita havainnoin erilaisia työtä hidastavia tekijöitä ja tunnistettujen tai tunnistamattomien riskien toteutumista. Viikkoseurannan aikana tein merkintöjä työnteen nopeudesta ja työntekijämäärästä. Parhaaseen työtehokkuuteen päästään, kun työntekijöiden määrä tehtävää kohden on sopiva: liian suuressa työryhmässä kaikille ei jää tekemistä ja työteho laskee, kun taas liian pienessä työryhmässä työsaavutus on heikko usean tehtävän jakautuessa harvalle työntekijälle.

### 5.1.3 Aikataulutuksen parantaminen

Aikataulutuksessa tärkeintä on, että töitä tekevät suunnittelevat itse aikataulut. Viikkoaikataulujen laatiminen kuuluu työnjohdolle ja vastaavalle työnjohtajalle, viikkoaikataulujen sovittaminen rakentamisvaihe aikatauluun ja yleisaikatauluun ovat projekti-insinöörin ja -päällikön tehtäviä. Aikataulusuunnittelun tulee olla avointa, jotta jokainen hankkeen osapuoli pysyy ajan tasalla töiden etenemisen ja mahdollisten aikatauluongelmien osalta. Vastuun jakaminen suuressa kuin keskisuuressakin työmaassa on ehdottoman tärkeää, sillä kaikkien työsuunnitelmien ja aikataulujen laatimisen ollessa vain yhden ihmisen vastuulla on tuotannonhallinnan ongelmat taattu.

Aikataulujen tekemisessä on hyvä muistaa, että suunnitellut aikataulut tehdään palvelemaan omaa tuotannon ohjausta – ei ainoastaan täyttämään tilaajan vaatimuksia. Tilaajan näkökulmasta on kuitenkin tärkeää saada rehelliset ja ajan tasalla olevat aikataulut ja suunnitelmat tilatusta hankkeesta. Kumpikaan osapuoli ei hyödy suunnittelemattomista aikatauluista – urakoitsija ei hallitse täysin toteutustaan ja tilaaja on tietämätön töiden etenemisestä.

Aikataulujen laadinnassa tulee jatkossa kiinnittää erityisesti huomiota aikataulun tekijöiden rooleihin: jos projektinjohto laatii kaikki aikataulut yleisimmästä tarkimpaan, on aikataulujen toteutuminen vaarassa. Työn toteutuksesta vastaavan henkilön eli vastaavan työnjohtajan tai rataesimiehen tulee laatia kohteen kaikki viikkoaikataulut. Projektinjohto puolestaan hoitaa viikkoaikataulujen pohjalta rakentamisvaihe aikataulun ja yleisaikataulun päivitykset. Viikkoaikataulujen päivittäminen useamman viikon eteenpäin hyödyttää projektin etenemistä toisin kuin viimehetkellä tehdyt aikataulupäivitykset.

#### 5.1.4 Työvaiheiden ongelmat

Tarjouslaskentavaiheessa suurimmat virhearviot oli tehty perustustöiden, alitusputkien, raiteen purkamisen, tasoristeysten ja teräsbetonipaalutusten osalta. Toisaalta työmaalla parempaan tilanteeseen päästiin anturakuoppien maainesten kuljetusten, tuennan ja lopputäytön osalta. Myös sidekiskolenkitykset, harus- ja kiskoeristystyöt, louhinta ja kaivojen rakentaminen osoittautuivat onnistuneiksi tehtäviksi. Tässä kappaleessa käsitellään kuitenkin tehtäväkokonaisuuksia, joissa esiintyi suurimpia hinnallisia eroja tarjouslaskennassa arvioidun ja työmaalla toteutuneen välillä.

#### Perustustyöt

Perustustöiden osalta tarjouslaskentavaiheessa työsuorituksen oletettiin olevan kaksi kertaa nopeampi kuin todellisuudessa annetulla työryhmällä oli mahdollista toteuttaa. Perustustöiden kustannukset kaksinkertaistuivat, koska työntekijöiden määrää täytyi lisätä, jotta työt saatiin toteutettua sovituksessa aikataulussa. Perustusmuotit valmistettiin käsityönä raudoituksesta ja muottilaudoituksesta lähtien. Muottien valmistamiseen oli varattu yksi mies, mutta todellisuudessa muottityön tekemiseen tarvittiin kaksi työntekijää.

Myös hankala pohjamaa ja orsivesipurkaumat aiheuttivat ongelmia perustuskaivantojen kuivana pidolle: maanvaraisten perustuslaattojen asentamista jouduttiin viivästyttämään, jotta perustuskaivannot saatiin pumpattua tyhjäksi vedestä. Normaaleissa pohjamaaolosuhteissa perustuksia olisi saatu tehtyä 1,5 tai 2 päivässä, mutta haasteellinen jätemaa yhdistettynä muottityön kestoon aiheuttivat pääasiassa kustannusten kaksinkertaistumisen. Muottituksen osalta työtä olisi voitu nopeuttaa tekemällä muotit kerralla valmiiksi. Muottien valmistus juuri ennen kyseisen perustuksen pohjalaatan valua aiheutti tilanteita, joissa muottityötä jouduttiin nopeuttamaan irrottamalla miehiä muista työtehtävistä muottien rakentamiseen. Tämä aiheutti suoraan viivästyksiä myös muihin samanaikaisesti käynnissä oleviin työvaiheisiin.

## Alitusputkityöt

Alitusputkitöiden määrä kasvoi 20 % alkuperäisestä, mutta kustannukset nousivat 150 %. Toteutuskustannusten osuuteen vaikuttivat pääasiassa 220 % kasvaneet työntekijäkulut sekä kaksinkertaistuneet eli 100 % nousseet konekulut. Laskennassa alitusputkitöihin oli arvioitu työnjohtaja, kaksi tai kolme ratatyöntekijää sekä yksi kaivinkone, mutta käytännössä työryhmä koostui työnjohtajasta, kolmesta tai neljästä ratatyöntekijästä sekä yhdestä tai kahdesta kaivinkoneesta ja kuorma-autosta.

Suurimpana tekijänä alitusputkitöiden kustannusten nousuun voidaan pitää perustustöiden työsaavutuksessa tehtyä virhearviota ja virheen korjaamiseen käytettyjä tuotannonohjauksen toimenpiteitä. Perustustöiden valmistuminen oli sidottu ensimmäiseen sakolliseen välitavoitteeseen, joten työvoimaa irrotettiin alitusputkitöistä välitavoitteen saavuttamiseksi. Kireän aikataulun puitteissa tuotannon korjaavana toimenpiteenä olisi pitänyt käyttää tarvittavan suurta lisämiehistystä perustustöiden tekemisessä. Korjaavana toimenpiteenä käytetty ratkaisu kertaantui myöhemmin alitusputkitöissä, sillä putkitöiden näennäisesti pitkällä toteutusjaksolla tekemättömiä töitä ei saatu kiirehdittyä suunnitellulla työryhmällä.

Työryhmävaje näkyi myöhemmin täysin samanlaisena tilanteena, kuin perustustöissäkin, alitusputkitöiden ollessa sidottuina myöhempään sakolliseen välitavoitteeseen. Alitusputkitöissä ainoaksi vaihtoehdoksi jäi työryhmän koon kasvattaminen ja työntekijämäärän lisääminen. Työryhmäkoon kasvattamisen vaikutukset näkyvät myös työmaaseurannan aikaisessa toteutuneessa työsaavutuksessa (katso liite 4). Suunniteltu työryhmäkoko olisi ollut sopiva työsuoritteensa puolesta ja työt olisi saatu ajallaan tehtyä, jos työntekijöitä ei olisi siirretty muihin tehtäviin alitusputkitöistä.

Alitusputkitöiden osalta yhteenvetona voidaan siis pitää sitä, että tuotannossa ilmenneen ongelman korjaamistoimenpiteen tulee olla suunniteltu ja sovitettu pidemmän aikavälin toimintaan. Toisin sanoen korjaava toimenpide ei saa aiheuttaa tuleville työvaiheille ongelmia, kuten työkoneiden seisotusta tai työntekijäresurssien kohdentamisvaikeuksia (työntekijöille ei ole riittävästi vapaita työkohteita).

## Paalutukset

Teräsbetonipaalutuksen kustannukset lähes kolminkertaistuivat, vaikka paalujen metrimäärä laski 23 prosenttia. Paalutustyövaiheen epäonnistuminen muodostui tunnistamattomista ja tunnistetuista riskeistä, joista liian moni pääsi toteutumaan. Ensimmäisenä suunniteltuna paalutuspäivänä paaluja kuljettanut kuorma-auto hajosi matkalla ja paalut saatiin työmaalle vuorokauden myöhässä. Paalutus saatiin käyntiin tehokkaasti, mutta myöhemmin mittaryhmän ohjeistamisen heikkouden vuoksi osa paalujen paikoista oli merkittämättä ja työt jouduttiin keskeyttämään merkintätöiden ajaksi. Kaikkia paalutuksia ei myöskään saatu kerralla tehtyä, koska osa perustuksista sijaitsi toisen urakoitsijan työmaa-alueella. Tässä tilanteessa työmaiden yhteensovituksen epäonnistuminen ja työvaiheiden päällekkäisyys aiheutti VR-Trackille huomattavia lisäkustannuksia. Paalutukset tehnyt aliurakoitsija jouduttiin tilaamaan työmaalle myöhemmin uudelleen.

Suurimmaksi kuluksi muodostui kuitenkin paalutustyön aliurakkasopimus, jonka hintaa ei ollut sidottu paalujen metrimääriin vaan kokonaishintaan. Paalujen metrimäärän puolittuessa urakkasopimuksen hinta pysyi alkuperäisen tarjoushinnan mukaisena, jolloin VR-Trackille aiheutuneet kulut nousivat tarjousopimuksen (yksikköhinnat) ja aliurakkasopimuksen (kokonaishinta) yhtenämättömyyden vuoksi.

## Raiteen ja vaihteen purku

Raiteen ja vaihteiden purkuun suunniteltu konetuntimäärä kasvoi nelinkertaiseksi, vaikka purettavan raiteen määrä ainoastaan kaksinkertaistui. Työntekijätunnit kasvoivat samassa suhteessa kuin purettavan raiteen määrään eli tuntimäärä kaksinkertaistui - eikä tällöin vaikuttanut kustannusten kasvuun. Konekustannusten noususta suurin osa johtui todennäköisesti niin sanotusta telamarssista eli koneiden ajattamisesta työmaalla eri tehtävissä, vaikka yhden työvaiheen hoitaminen kerralla olisi ollut tehokkaampaa. Varsinaista työvaiheseurantaa ei tehty purkutöiden aikana, joten tarkempaa analyysiä konekustannusten kasvusta ja työsuorituksen heikkoudesta ei voida tehdä.

## Louhintatyöt

Louhintatyövaihe onnistui kustannustensa puolesta suunnitellusti, mutta työvaiheen pitkittymisen vuoksi se vaikutti muihin samanaikaisesti käynnissä oleviin töihin. Räjähdyksen aiheuttamat työseisokit turva-alueen sisäpuolella eivät olleet pitkäaikaisia, mutta keskeyttivät päivän aikana useasti tärkeiden työvaiheiden suorittamisen. Työn toteutuksen aikana myös ajallisesti pidentyneiden tai lisääntyneiden töiden sivuvaikutukset tulee huomioida tuotannon suunnittelussa. Louhintatyö ei välttämättä yksin aiheuttanut yhdellekään työvaiheelle merkittäviä viivästyksiä, mutta pientenkin viivästystekijöiden määrän ollessa suuri, näkyy tilanne työvaiheen merkittävänä myöhästymisenä tai lisääntyneenä resurssimäärän tarpeena.

### 5.1.5 Resurssien käyttö

Urakan laskentavaiheessa määritellyn työryhmän (1+3) käyttö olisi ollut mahdollista suurimmassa osassa työvaiheita. Kuitenkin työryhmän koko vaihteli neljästä työntekijästä aina kahdeksaan työntekijään saakka. Laskentavaiheessa annettua työryhmää olisi tosin onnistuneessakin työn toteutuksessa ollut pakko täydentää tietyissä työvaiheissa yhdellä työntekijällä. Tällöin työryhmän koko olisi ollut 1+4 noin puolet työmaan toteutusajasta ja puolet 1+3.

Konekustannuksien muodostumiseen vaikutti pääasiassa koneiden siirtely työtehtävästä toiseen ja koneiden työjärjestyksen muuttaminen. Joissakin tilanteissa, tosin harvemmin, töiden keskeydyttyä työtilan eli vapaan mestan puute aiheutti työkoneiden seisottamista. Työvaiheen keskeytymisen jälkeen työryhmälle ja koneille tulisi aina olla vapaa työkohde, jonka parissa työskennellä niin kauan kunnes kiireellisempi tehtävä saadaan jatkumaan. Suunnitelmallisen työjärjestyksen ylläpitäminen ja yksittäisten työtehtävien tekeminen kerralla valmiiksi olisivat parantaneet koneiden työtehoa.

#### 5.1.6 Tilaajan toiminta

Ilmalan alueella tehtävät ratatyöt on paloiteltu tarkasti rajattuihin erillisiin urakoihin. Urakka-alueiden välitön läheisyys ja työmaiden sovittaminen aiheuttivat kuitenkin tarpeettoman paljon haittaa jokaiselle urakoitsijalle. Viereiset työmaat Päälysrakenneurakka 7 ja Sorvihallin laajennus olivat VR-Trackin työmaan välittömässä läheisyydessä. Kolmen eri urakoitsijan toiminta suurilla työkoneilla, tiukassa aikataulurajassa ja pienellä alueella aiheuttivat useaan otteeseen toisen töiden odotuttamista tai omien töiden nopeuttamista.

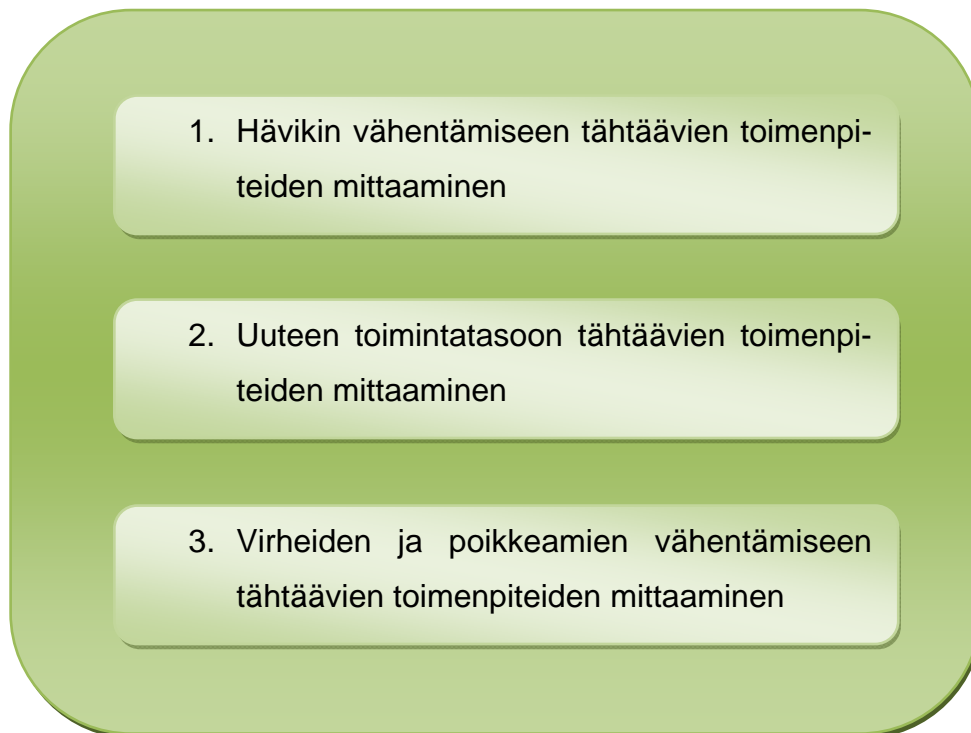
Tilaajan edustajana toimineella rakennuttajakonsultilla kului lisätöiden tilaamiseen tarjouksen vastaanottamisesta keskimäärin kuukausi. Tilauksen jälkeen urakoitsija on oikeutettu laskuttamaan lisätyön, mutta laskun maksusuoritus tehdään Liikennevirastosta 21 päivän viiveellä. Lisätöiden hyväksymisprosessin hitaus aiheuttaa VR-Trackille ylimääräisiä korkotulojen menetyksiä.

#### 5.1.7 Tuotannon mittarit

Tuottavuusmittarit voidaan jakaa fyysisiin ja jalostusarvopohjaisiin mittareihin (Lakka 2004, 9). Tässä kappaleessa keskitytään kuitenkin fyysisiin mittareihin, sillä mittareiden käyttökohde on työmaa, jossa fyysisten mittareiden soveltaminen on helpompaa. Suorituskyvyn mittaaminen kuuluu fyysisiin mittaustapoihin. Suorituskykymittauksissa olennaista ovat mittaussarjat (vrt. työmaan turvalli-

suusmittaus), jolloin tapahtunutta kehitystä voidaan seurata. Suorituskykymittauksessa on myös muistettava, että mittaus menettää merkityksensä, kun lopullinen tavoite on saavutettu ja tavoitteessa pysytään (vrt. oletetaan työmaan turvallisuusmittauksen olevan 100 %).

Työmaan suorituskykyä arvioivat tuotannon mittarit ryhmitellään kolmeen osaan:



Kuvio 7. Työmaan suorituskykyä arvioivat tuotannon mittarit. (Lakka 2004, 13).

Tilaajan ja urakoitsijan tavoitteita tukevia tuotannon mittareita ratatyömaalla ovat aikataulun mukaisesti luovutetut projektit, poikkeamaraportit ja MVR -mittarin tuottama indikaattori. Näistä mittareista virheiden ja poikkeamien vähentämiseen liittyvät aikataulussa luovutetut projektit ja poikkeamaraportit. MVR -mittauksen tulokset puolestaan pyrkivät tuottamaan tietoa uudelle toimintatasolle pääsemiseksi.

Sovitun aikataulun mukaisesti luovutetut projektit kasvattavat yrityksen luotettavuutta tilaajan näkökulmasta. Samalla VR-Track hyötyy kustannussäästöinä, sillä aikataulussa pysymisellä vältetään mm. mahdolliset sakot sekä saadaan työryhmä siirrettyä nopeammin uuden projektin pariin. Varsinkin yksikköhintaisessa urakassa töiden laadukas ja nopea toteuttaminen ovat eduksi niin urakoitsijalle kuin tilaajalle.

VR-Trackin käytössä oleva PORA -järjestelmä toimii konsernin sisäisenä poikkeamaraporttipankkina. Laadukkaan ja turvallisen toiminnan kannalta poikkeamista oppiminen ja poikkeamaan johtaneiden syiden poistaminen on ensiarvoisen tärkeää. Poikkeamien raportointi tilaajalle on myös osa avointa yhteistyötä ja laadun sekä turvallisuuden varmistamista jatkossa.

VR-Trackin työmailla työturvallisuusmittaukset tehdään viikoittain. Mittaustulosten korjauskohteiden vastuuhenkilöt nimetään ja vastuullinen on velvollinen korjaamaan havaitun turvallisuusriskin välittömästi. Viikoittaisesta seurannasta tehdään erillinen listaus, jonka avulla työmaan turvallisuustason kehitystä voidaan seurata. Liikennevirasto on puolestaan antanut MVR- mittauksen tuloksesta oman alarajansa, jonka jälkeen työturvallisuuden tasosta on tehtävä erillinen selvitys tilaajan rakennuttajakonsultille. Määräajoin tehtävä kalibrointimittaus on työmaan turvallisuusmittauksen kannalta oleellinen, sillä työmaan toteuttajan tekemä mittaustulos ei välttämättä ole tarpeeksi kriittinen.

## 5.2 Aikataulut työkaluna PlaNet

Rakennusprojektin aikataulusuunnittelussa työmaan työnjohtaja sekä vastaava työnjohtaja voivat käyttää PlaNet- ohjelmaa. Yritykseen hankitun PlaNet- ohjelman syvällisempi käyttö helpottaisi työstä aiheutuvien kustannuskertymien ja aikataulun pitävyyden muodostaman kokonaisuuden hallintaa. Aikataulu- ja resurssitietojen jatkuva päivittäminen antaisi hankkeen toteutustilanteesta reaaliaikaista tietoa ja samalla mahdollisuuden reagoida ajoissa tuotannon ohjaaviin toimenpiteisiin.

PlaNet- aikatauluohjelmalla työmaan vastaava työnjohtaja voi laatia karkean kustannusseurannan työmaalla. Aikataulun muuttumisen aiheuttamat lisäkustannukset tai kustannussäästöt saataisiin näkyviin reaaliaikaisesti merkitsemällä suurimmat kustannuserät (henkilö- ja konekustannukset) aikatauluohjelmaan. Työn tekemiseen käytettävän ajan pitkittyessä tai lyhentyessä nähtäisiin heti työvaiheelle aiheutuvat kustannukset aikataulujanaa muutettaessa. Työryhmän ja kustannusten merkintä PlaNet- aikataulussa on esitetty liitteessä 8.

Hyvällä aikataulusuunnittelulla ja ongelmiin varautumisella voidaan välttää suurin osa tuotannon häirtatekijöistä. Tällöin myös toteutuvien ongelmien aiheuttamat haitat voidaan minimoida. Tärkeintä siis on, että aikataulut tehdään ja ne tehdään palvelemaan työmaan toteutusta.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Työn tulokset

Työmaaseurannan tulosten analysoinnin perusteella saadut syyt kustannuspoikkeamille ovat osittain arvioihin perustuvia. Tuotannon aikaisten korjaavien toimenpiteiden ja työryhmien koon muutokset eivät ole dokumentoituina, sillä koko seurannan aikana työmaalta ei saatu viikkoaikataulua tai kunnollista työvaihesuunnitelmaa. Tämän vuoksi tuotannossa tapahtuneiden muutosten ajankohtaa ja syytä on hankala todentaa. Kuitenkin seurannan aikaisen havainnoinnin pohjalta voidaan sanoa, että työjärjestys ja töihin käytettävät työryhmäkoot muuttuivat lähes jatkuvasti töiden edetessä.

Työvaiheseurannassa saadut etenemätiedot perustuvat yhteen tai kahteen seuranta hetkeen työvaiheen aikana. Seurattavien työvaiheiden määrän ollessa suuri ja seurantaan käytettävän ajan ollessa rajallinen, voidaan olettaa, että saatujen etenemätietojen hajonta on erittäin suuri. Tulokset eivät ole yleistettävissä muille ratatyömaille etenemätietojen osalta. Kuitenkin esimerkit tuotannon korjaavien toimenpiteiden toteuttamisesta ja ongelmiin varautumisesta ovat sovellettavissa muille työmaille.

Saatujen tulosten perusteella voidaan sanoa, että laskenta-aikana tehdyt virheet voidaan paikata osittain tuotantovaiheessa hyvällä suunnittelulla ja tilanteeseen soveltuvilla korjaavilla toimenpiteillä. Ongelmat kuitenkin kertaantuvat käytettäessä tilanteeseen soveltumattomia ratkaisuja. Urakan aikataulun ollessa kireä ainoa keino tuotantonopeuden kasvattamisessa on työntekijämäärän lisääminen ja tilanpuutteessa töiden siirtäminen kahteen vuoroon. Hyvin toteutetunakin työmaan työryhmäkoko olisi tullut olemaan vain puolet urakka-ajasta suunnitellun, 1+3- kokoonpanon, mukainen. Toinen puolikas urakasta olisi ollut pakko tehdä 1+4- työryhmällä. Tällöin tuntimäärät olisivat olleet kuitenkin huomattavasti pienemmät kuin toteutuksen aikana jatkuvista työjärjestysten ja suunnitelmien muutoksista aiheutuneet tuntimäärien lisääntymiset.

## 6.2 Jatkoehdotukset

Rakentamisen katetason pysyminen matalalla tasolla voi johtua useista eri tekijöistä. Yksi näistä syistä on todennäköisesti yritysten sisäinen toimintatapa: rakennushankkeet pyritään mieltämään yksilöllisinä ja täten vaikeutetaan aiemmista hankkeista opittujen asioiden hyödyntämistä. Tulevien hankkeiden tuottavuutta voitaisiinkin parantaa ottamalla enemmän oppia aiemmissa hankkeissa tehdyistä virheistä. (Construction Process Improvement. 2008. p. 183). Myös innovatiivinen ilmapiiri sekä asioiden tarkastelu uudessa valossa luovat ja kannustavat uusiin käyttäytymis- ja työskentelymalleihin. Tämän lisäksi tilaajan toimintatavalla ja hankintakäytännöllä on oma osuutensa rakennusalan kehitykseen: kilpailu pelkän hinnan perusteella ei kannusta uusiin innovaatioihin.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan nykyisin käytettyjen kustannus- ja tuotannonohjausmenetelmien suorittamista. Construction Process Improvement- julkaisussa esitetyn mukaisesti jatkotutkimuksille olisi varmasti tarvetta. Yleisesti rakentamista on pidetty alana, joka ei ole parantanut tuottavuuttaan vuosikymmeneen, joten uusien toimintatapojen kehittäminen ja aiemmista hankkeista oppiminen voisivat ohjata yrityksen täysin uusille poluille.

Loppulaskennan aikana saadut tiedot eivät saa jäädä ainoastaan laskennan tekijän työpöydälle, vaan tulokset tulee julkaista yrityksen sisäisesti. Ainoastaan avoimella tiedon jakamisella koko yritys voi hyötyä paikallisesti toteutetun projektin loppulaskennan tuloksista.

Urakan aikaiset roolit ovat erittäin tärkeitä ja vastuullisten tehtävien jakautuminen selkeästi olennaista. Esimerkiksi aikataulutuksessa vastuun jakaminen myös työmaalle on ensiarvoisen tärkeää, jolloin rataesimiehet ja vastaava työnsuunnittelija yhteistyössä laativat viikkoaikataulut. Yleisaikataulua päivitetään projektinjohtajan toimesta tarvittaessa viikkoaikataulujen pohjalta.

Myös työmaalta tulevan raportoinnin tulee olla ajan tasalla, jotta projektinjohtajan tekemä kustannusseuranta pysyy tarvittavassa tarkkuudessa. Toisaalta myös varsinaisessa kustannusseurannassa tavoitellun yksikköhinnan sekä toteutu-

neen yksikköhinnan tulee näkyä. Yksikköhintoja vertailemalla kustannuspoikkeamat on helppo paikantaa ja havaita tarpeeksi nopeasti. Kustannusseurantaa tekevien tuleekin olla perehtyneitä kustannuspoikkeamien havaitsemiseen ja eri urakkamuodoissa käytettäviin kustannusseurantamenetelmiin.

Ehdotin jo kesällä 2010 työmaalle viikkopalavereiden pitämistä työryhmän kesken, jotta laaditut suunnitelmat ja aikataulut saatettaisiin myös työntekijöiden tietoon. Omalle työryhmälle pidettävät palaverit motivoivat myös työnjohtajia ja projektinjohtoa tekemään tuotantoa palvelevia suunnitelmia ja aikatauluja. Viikon aikana tehtävien töiden läpikäynti selkeyttää työntekijöiden käsitystä tulevan viikon työsuorituksen vaatimuksista ja tällöin helpottaa myös työskentelytahdin ylläpitämistä.

Jos työntekijöiden palkkiojärjestelmä halutaan joskus lanseerata VR-Trackille, kannattaa siitä tehdä erillinen ohje. Näin yritykselle saadaan vakiinnutettua sisäiset käytännöt palkitsemisen suhteen, eikä suuria alueellisia eroja pääse syntymään. Usein parhaat ja toteutuskelpoiset ideat syntyvät vahingossa, joten työntekijöitäkin kannattaisi kannustaa uusien työtapojen ja tekniikoiden etsimiseen. Työntekijät pitäisi totuttaa ajatukseen, jossa yrityksen menestys on aina myös työntekijän etu. Työntekijöiden palkitsemisessa tulee käyttää eri menetelmää kuin toimihenkilöiden palkitsemisessa: palkkio maksetaan jokaisessa tilissä – ei vasta projektin loputtua.

## 7 YHTEENVETO

Projektin kustannushallinnan kehittäminen sisältää kirjallisuus- ja Internet -lähteistä poimittuja tietoja kustannusten muodostumisesta ja tuloksellisen rakentamistavan mukaisia ohjeita tuotannon seurantaan ja ohjaukseen. Lähdemateriaaleista poimitut asiat on valittu seurantatyömaalla havaittujen ongelmakohtien perusteella. Teoriaosassa esitellään tuotannon kustannusseuranta, aikataulutusta sekä tuotannon ohjausta ja valvontaa hyvän rakentamiskäytännön mukaisesti. Kirjalähteistä muodostuva teoriaosuus on sovellettavissa kaikkiin rakennusprojekteihin.

Ilmalan ratapihalla toteutettuun Päälysrakenneurakka 8:n työmaahan liittyvät haastattelut, työmaaseuranta ja työnaikaiset havainnot esitetään teoriaosuuden jälkeen. Tässä urakkaan perustuvassa opinnäytetyön osassa työmaalta ja projektinjohdolta saatujen tietojen perusteella toteutuneita ja suunniteltuja työsuoritteita verrattiin toisiinsa. Vertailutietojen ja haastatteluiden pohjalta määriteltiin kustannuseroihin johtaneet tekijät, tuotannon mittarit ja pohdittiin toimenpiteitä, joilla suurimmat toteutuksen ja suunnitelmien väliset erot olisi voitu välttää. Ratkaiseviksi tekijöiksi muodostuivat työnjohdon perehtyneisyys työmaan talouteen sekä suunnitelmien ja aikataulujen laatiminen. Myös työjärjestyksen loogisuus ja tuotantoa korjaavien toimenpiteiden sovittaminen työmaan tilanteeseen edesauttavat työmaan onnistumista.

Tämä loppulaskennan tueksi laadittu case -pohjainen seuranta antaa ajateltavaa myös täysin erilaisten hankkeiden toteutukseen: laajuudesta, sijainnista tai vaikeusasteesta riippumatta työmaiden toteutuksessa pohditaan lopulta hyvin samanlaisia asioita.

## LÄHTEET

### Kirjallisuus

Atkin Brian, Borgbrant Jan, Josephson Per-Erik. 2008. Construction Process Improvement. John Wiley-Sons, Ltd. 322 p.

Enovaara E, Haveri H, Jeskanen P. 2006. Rakennushankkeen kustannushallinta. Rakennusteollisuuden Keskusliitto ja Rakennustietosäätiö RTS, 4. painos. 266 s.

Hirsjärvi S, Remes P, Sajavaara P. 2007. Tutki ja kirjoita. Kustannusosa-  
keyhtiö Tammi. Helsinki. 448 s.

Kankainen J, Sandvik T. 1999. 3. painos. Rakennushankkeen ohjaus. Helsinki. Rakennustietosäätiö ja Rakennusteollisuuden keskusliitto ry. 103 s.

Kankainen J, Siikanen P. 2004. Työpäällikön käsikirja. Rakennusteollisuus RT ry. 9 opasta.

Koskenvesa A, Mäki T, Olenius A. 2004 / 2008. Aikataulukirja. Helsinki. Rakennusteollisuus RT ja Rakennustietosäätiö RTS. 340 s.

Koski Hannu. 1995. Rakennushankkeen tuotannon suunnittelu ja –ohjaus. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu ja Rakennustieto Oy. 113 s.

Lindholm Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki. Suomen Rakennusmedia Oy. 56 s.

Ratu -kortisto: Tehtäväsuunnitelma

Turner, J.R. 1999. The handbook of project-based management 2<sup>nd</sup> edition, London, McCraw-Hill, 529 p.

### Internet

Rakennusteollisuus, Mittaviiva Oy,  
[http://www.mittaviiva.fi/ratuflow/1\\_2\\_aikataulut.html#alku\\_1\\_2\\_2\\_otsikot](http://www.mittaviiva.fi/ratuflow/1_2_aikataulut.html#alku_1_2_2_otsikot),  
luettu 17.1.2011

Hyvän aikataulun ominaispiirteet,  
[http://www.mittaviiva.fi/ratuflow/pdf/1\\_2\\_2\\_hyva\\_aikataulu.pdf](http://www.mittaviiva.fi/ratuflow/pdf/1_2_2_hyva_aikataulu.pdf),  
luettu 17.1.2011

Tulospalkkaustyöryhmän raportti,  
[www.sak.fi/suomi/ServiceServlet?type=attachment&source...id=435](http://www.sak.fi/suomi/ServiceServlet?type=attachment&source...id=435),  
luettu 25.2.2011

Rakennustyömaan tuottavuus, Antti Lakka 2004, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka,  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2004/W11.pdf>  
luettu 11.3.2011

### Haastattelut

Katja Pekkanen, projekti-insinööri / PRU 8

Markku Ranta, rataesimies / PRU 8

Työntekijöiden haastattelu / PRU 8

### Muut lähteet

Työmaaseuranta

Kustannusseuranta

Yleisaikataulu

Urakka-asiakirjat

## LIITTEET

### LIITE 1

#### Avoin haastattelu

#### Projekti-insinöörin ja rataesimiehen haastattelukysymykset

1. Mitkä seikat helpottaisivat oleellisesti työn etenemistä aikataulussa (poissulkien meistä riippumattomat syyt)?

Työt eivät voi edetä aikataulussa, jos aikataulu ei ole kaikkien työmaalla työskentelevien tiedossa. Ensimmäinen haaste onkin aikataulun läpikäyminen työmaaorganisaation kanssa niin, että jokainen työntekijä tietää tavoitteensa ja osaa priorisoida työtehtävät oikein. Suuri ongelma onkin aikataulun hallinta - työmaan johdon pitäisi osata hallita pitkän aikavälin aikataulua, keskipitkän keskipitkän aikavälin aikataulua ja jokaisen työntekijän lyhyen aikavälin aikataulua. Tällä tarkoitan sitä, että työmaan johdon täytyy tehdä yleisaikataulu, jonka mukaan laaditaan työvaihekohtaisia aikatauluja, joiden noudattaminen ja sisäistäminen puolestaan on työmaan rataesimiesten vastuulla. Lisäksi rataesimiesten tulisi huolehtia siitä, että työntekijät tietävät työtehtävänsä aina muutamaksi päiväksi eteenpäin.

Ilmalassa työn etenemistä aikataulussa vaikeuttivat erityisesti seuraavat asiat:

- yleisaikataulu ei ollut missään vaiheessa urakoitsijan todellinen työväline, vaan se laadittiin lähinnä tilaajaa varten
- varsinaisia keskipitkän aikavälin aikatauluja ei tehty lainkaan, eikä niitä käyty läpi työmaaorganisaation kanssa
- koska keskipitkän aikavälin aikatauluja ei ollut, niin työntekijätasolla ei ollut selvää kuvaa aikataulusta ja kaikki joutuivat juoksemaan paikasta toiseen sen perusteella, mitä työtehtäviä keksittiin milloinkin tehtäväksi

Jotta työt pysyvät aikataulussa, olennaista on se, että jokainen taso ottaa vastuuta aikataulussa pysymisestä. On selvää, että työmaan työnjohto ei voi ottaa tätä vastuuta, jos projektipäällikkö antaa määräyksiä ohi työnjohdon. Eli ohjeistuksien pitäisi aina sujua ylhäältä alaspäin ketjussa, ilman, että osia jätetään vä-

listä pois - eihän se niinkään voi toimia, että työnjohtaja antaa työntekijälle tietyn määräyksen, jota ei sitten toteuteta, koska projektipäällikkö antaa toisen eroavan määräyksen.

Eli töiden eteneminen aikataulussa vaatii selkeätä aikataulusuunnittelua, joka koostuu ainakin seuraavista osista

1. Työmaan yleisaikataulu
2. Työvaihekohtainen aikataulu (n. 2-3 viikon työt)
3. Työaikataulu (eli yksittäisten töiden priorisointi)

Projektin johdon on hallittava kaikki kohdat 1-3, työmaan työnjohdon kohdat 2-3 ja työntekijän kohta 3. Ilmalassa tuntui, että kukaan ei hallinnut yhtäkään kohtaa - ei se homma oikein toimi, jos yleisaikataulua ja työvaiheaikataulua päivitetään jälkijättöisesti sen mukaan, missä järjestyksessä minäkin päivänä keksitään tehdä töitä.

2. Minkälaisella työryhmällä työt olisi voitu toteuttaa pääosittain? Kuinka tämä eroaa suunnitellusta ja urakkalaskennassa arvioidusta?

Työryhmän koon osalta urakkalaskennassa ei siis mielestäni tapahtunut suurta virhearviointia. Kuten itsekin huomasit, työn etenemisen kannalta olennaisempaa on, että työmaalla osataan pitää koneiden työteho tarpeeksi korkealla (harvemmin se työvauhti merkittävästi paranee, vaikka siellä olisi tuplamiehitys).

Tosiasiahan on kuitenkin se, että työryhmän koko 1+3 ei missään määrin toteutunut. Kuitenkin se, miksi työntekijämäärää jouduttiin lisäämään, on mielestäni enemmän projektinhallinnan ja projektisuunnittelun huonoutta kun todellista työntekijätarvetta.

3. Mitä mieltä olet tilaajan ja urakoitsijan yhteistyöstä? Missä tilanteissa tilaajan pitäisi muuttaa toimintaansa ja missä urakoitsija voisi joustaa?

Suurin klikki urakoitsijan ja tilaajan välillä tuntuu olevan se, että vanhat VR:läiset eivät mitenkään voi hyväksyä sitä, että työmaalla on valvoja, joiden tehtävä on seurata työmaan etenemistä ja puuttua havaittuihin epäkohtiin. Tosiasia on kui-

tenkin se, että enää ratatyömaalla ei voida oikaista ja tehdä asioita miten halutaan kuten joskus 80-luvulla, vaan meillä on tietty normisto ja säännöt, joiden mukaan on toimittava. Jotta asiakassuhteet tilaajaan pysyvät hyvinä, niin valvojia on kuunneltava, ellei pystytä selvästi osoittamaan valvojan näkemyksen virheellisyyttä. Ja mitä parempina suhteet valvojiin pystyy pitämään, niin sitä helpompaa on myös saada omia näkemyksiään ajettua läpi.

Valvojen puolelta toivoisin hieman ammattitaitoisempaa ja käytännönläheisempää näkemystä. Valvoja on tilaajan edustaja työmaalla ja haluaa toki tehdä vaikutuksen tilaajaan - mutta valvonnan tehtävä on myös edesauttaa urakan valmistumista ja toimia yhteistyössä niin tilaajan kuin urakoitsijankin kanssa. Sen sijaan, että luetaan jokaista pilkkua normeista, niin työssä voitaisiin huomioida käytännön rajoitteet. Normit ovat yksiselitteiset, mutta lienee selvää, että käytännön vaatimukset eroavat riippuen siitä, onko radan suurin nopeus 140 km/h vai 20 km/h. Tarkoitus on rakentaa laadukasta ja turvallista rataa, mutta koska budjetti on rajallinen, niin rahasta kannattaisi ottaa täysi hyöty irti. Silloin voisi pohtia mm. sitä, kannattaako lähteä louhimaan 150m matkalta n. 10cm kalliota, jotta tukikerros saadaan oikeaan tasoon...

4. Pidetäänkö työntekijöiden kanssa esimerkiksi viikkopalavereja, joissa kerrotaan töiden edistymisestä suhteessa välitavoitteisiin ja joissa käydään esim. läpi viikon tärkeimmät työt?

Viikkopalaverien pitäminen on tietääkseni täysin projektikohtaista ja projektipäälliköstä riippuvaa. Mielestäni Ilmalan työmaalla olisi ehdottomasti kannattanut varata joka maanantai ensimmäiset 1-2h siihen, että viikon työt ja töiden priorisointi olisi käyty läpi koko työryhmän kanssa. Uskoisin, että myös koneurakoitsijoiden työteho nousisi, jos heille olisi heti viikon alusta selvää, mitä heiltä odotetaan viikon aikana. Viikkopalaverien pitäminen olisi varmasti myös kustannustehokasta, koska ne toimisivat vastuunsiirtäjänä projektinjohdosta työmaalle aikataulun osalta. Sen sijaan, että projektipäällikkö moneen kertaan juoksee työmaalla, niin työnjohto pystyisi itse organisoimaan työjärjestyksen ja töiden valmistumisen.

5. Miten työntekijöitä saataisiin motivoitua töihin ja työporukka saataisiin tekemään tehokkaasti töitä työpäivän viimeisenkin tunnin ajan?

Tämä lienee yksi VR:n olennaisimmista kehittämiskohteista. Jos on työryhmä, joilla kuukausipalkka on sama riippumatta siitä, millä teholla työtä tehdään, niin lienee selvää että motivointi on vaikeaa. Käytännössähän projektinjohdolla ei tällä hetkellä ole mitään sopivia välineitä (ei keppiä eikä porkkanaa) työmotivaation korottamiseksi. Projektilla on vastuu siitä, että työt tehdään ja mielellään tehdään tulostakin, mutta periaatteessa projektilla ei ole minkäänlaisia oikeuksia tehtyyn tulokseen.

Mielestäni kuviota pitäisi olennaisesti muuttaa. Jos projektilla tehdään tulosta, niin tietty prosenttiosuus siitä tuloksesta pitäisi aina jäädä projektille käytettäväksi, eli se voitaisiin jakaa erilaisina palkkioina työntekijöille. Bonuksen ei tarvitsisi olla kovin suuri, mutta olennaista on, että se voitaisiin taata työntekijöille aina, jos joku haastava työ saadaan ajoissa valmiiksi.

Toinen käyttökelpoinen vaihtoehto on sopia viikoittaisesta työmäärästä aina viikkopalaverissa. Kun viikolle sovitut työt tulevat valmiiksi, niin koko porukka saa lähteä viikonlopun viettoon. Työryhmä voisi myös itse päättää, tekeekö mieluummin joka päivä vähän pidempään, ettei perjantaina tarvitse tulla töihin vai pysyvätkö normaalissa rytmissä. Itse olisin tätä halunnut soveltaa myös Ilmassa.

## LIITE 2

### Avoin haastattelu

#### Ilmalan päällysrakenneurakka 8:n työntekijöiden haastattelu

1. Onko työmaan työnjako ja ohjeistus selkeää? Tiedätkö aamulla mitä tulit tekemään päivän aikana?

**Vastauksia:** Töiden tekemistä hankaloittaa suunnitellun työjärjestyksen muuttuminen ja uusien kiireellisten työvaiheiden ilmaantuminen päivän mittaa. Työnjako on selkeä, mutta työtehtävät keskeytyvät ja vaihtuvat jatkuvasti taas uusiin.

2. Työskenteletkö yleensä yhden työvaiheen parissa kerrallaan vai hoidatko päivän aikana useampia työvaiheita yhtä aikaa?

**Vastauksia:** Kyllä, ja tehtävät vaihtuvat siihen tahtiin, ettei jo aloitettuja töitä saada tehtyä valmiiksi.

3. Yleinen mielipide koko projektista: mikä on hyvin, missä olisi parantamisen varaa?

**Vastauksia:** Yksi työnjohtaja työmaalla toimii parhaiten - vastaavan mestarinkaan ei tarvitsisi olla aina paikanpäällä.

Työkalut voisi olla parempia ja nykyaikaisempia - helpottaisi ja nopeuttaisi työtä.

Työntekijöitä voisi olla enemmän tai vähemmän projektilla, aina työvaiheesta ja sen kiireellisyydestä riippuen.

Jos töitä ei voi toteuttaa resurssipuutteiden vuoksi nopeammin (lisätä työntekijöitä tai tehdä ylitöitä), looginen etenemisjärjestys nopeuttaisi työntekoa (ei telamarssia).

## LIITE 3

Työmaaseuranta: Ongelmien luokittelu  
Työmaa: Ilmalan päällysrakennearakka 8  
Ajankohta: Kesä 2010

Työmaaseurannan aikana tehty ongelmien luokittelu perustuu tunnistettujen ja tunnistamattomien ongelmien erottelemiseen ja niiden toteutumiseen työmaalla. Taulukointi on tehty jokaiselle seurannan aikaiselle työvaiheelle erikseen, jolloin työvaiheen ongelmat on kirjattu omaan taulukkoonsa. Ongelmille on määritelty kuusi erilaista luokitetta, jotka ovat

- suunnitelmiin tai asiakirjoihin liittyvät
- tekniset
- kalustoon liittyvät
- henkilöstöön liittyvät
- olosuhteet
- tiedonkulkuun tai ohjeistamiseen liittyvät ongelmat.

Taulukoinnin lisäksi jokaisesta työvaiheesta on laadittu lisäselvitys, jossa kerrotaan työmaan olosuhteista ja avataan työmaan tilannetta lukijalle. Osaan lisäselvityksistä on kirjattu myös huomioita työn toteutuksesta ja muutosehdotuksista.

## Perustusten paalutus

| Luokituksen selite                      | Numero |
|---|--------|
| suunnitelmiin / asiakirjoihin liittyvä  | 1      |
| tekniset ongelmat                       | 2      |
| kalustoon liittyvä                      | 3      |
| henkilöstöön liittyvä                   | 4      |
| olosuhteet                              | 5      |
| tiedonkulkuun / ohjeistamiseen liittyvä | 6      |

| Perustusten paalutus   | Luokite | Toteutuminen   |
|--|---------|--|
| <b>Tunnistettu ongelma</b>   |         |  |
| ylikireä aikataulu   | 1       | toteutui: muita töitä jouduttiin siirtämään  |
| osa paalutettavista perustuksista sijaitsi toisen urakoitsijan työmaalla | 1 + 6   | kaikkia paaluja ei päästy lyömään työmaiden sovittamattomuuden vuoksi                                      |
| <b>Tunnistamaton ongelma</b>   |         |  |
| paalukuljetus myöhästyi  | 3       | paalutus aloitettiin päivän myöhässä   |
| mittaryhmä aloitti merkinnät liian myöhään                               | 4 + 6   | aamun työtunteja ei käytetty tehokkaasti, sillä töitä ei päästy aloittamaan ennen merkintöjä               |
| paalupituudet eivät täsmänneet   | 1       | sukeltaneita ja ylipitkiä paaluja  |
| paalutuskoneen siirtoaika  | 5       | aikataulussa ei ollut tarpeeksi väljyyttä paalutuskoneen siirtoon, jolloin työvaiheen suoritus aika piteni |

### Lisäselvitys

Valonheitinmastojen perustusten paalutustyöt jouduttiin toteuttamaan erittäin tiukassa aikataulussa 2. sakollisen välitavoitteen vuoksi. Paalukuljetuksen myöhästyminen siirsi töiden aloitusta yhdellä työpäivällä, mutta työtahtia saatiin kiristettyä kohtuullisesti. Kallion pinnankorkeus vaihteli rajusti, joten tarkemmilla tutkimuksilla paalujen hyötypituus olisi saatu optimoitua paremmin. Riittävässä aikatauluväljyydessä huomioidaan koneiden siirtoaika työmaalla. Mittaryhmän ohjeistamisen tulisi kulkea päivän edellä aloitettavia töitä, jotta työryhmä ei joutuisi aamuisin odottamaan merkintöjen tekoa. Tilaajan tulisi kiinnittää huomiota enemmän työmaiden sovittamiseen.

## Perustuskuoppien teko

| Luokituksen selite                      | Numero |
|---|--------|
| suunnitelmiin / asiakirjoihin liittyvä  | 1      |
| tekniset ongelmat                       | 2      |
| kalustoon liittyvä                      | 3      |
| henkilöstöön liittyvä                   | 4      |
| olosuhteet                              | 5      |
| tiedonkulkuun / ohjeistamiseen liittyvä | 6      |

| Perustuskuoppien kaivu, muotitus, rauditus ja valu | Luokite | Toteutuminen   |
|--|---------|--|
| <b>Tunnistettu ongelma</b>                         |         |  |
| maaperän kaasut                                    | 5       | ei toteutunut  |
| orsivesipurkaumat                                  | 3 + 5   | toteutui: varautuminen puutteellista lietepumppujen osalta   |
| betoniauto myöhästyy kriittisessä työvaiheessa     |         | ei toteutunut, mutta joitakin valuja jouduttiin siirtämään seuraavalle viikolle                                |
| <b>Tunnistamaton ongelma</b>                       |         |  |
| pohjaveden pinnankorkeus                           | 2       | tartuntojen juottaminen kallioon suunniteltuun syvyyteen ei onnistunut pohjaveden virtauksen vuoksi            |
| muotitus- ja rauditustyön kesto                    | 1 + 6   | suunnitelmissa muotitukseen ja rauditukseen varattu aika ei riittänyt, joten muita töitä jouduttiin siirtämään |

### Lisäselvitys

Orsivesipurkaumiin ei oltu varauduttu tarpeeksi tehokkaalla lietepumpulla, joten työaika kului sopivan pumpun etsimiseen ja perustuskuopan kuivattamiseen. Kaivonrengasperustusten kalliotartuntojen juottamispiteutta jouduttiin lyhentämään virtaavan veden vuoksi. Suunnitelmissa pohjavedenpinnan todettiin olevan paljon syvemmällä kuin se todellisuudessa oli. Perustuslaattojen muotitus- ja rauditustyöhön varattiin liian vähän aikaa: työtä olisi voitu nopeuttaa tekemällä rauditukset ja muotit valmiiksi kerralla - ei yksitellen. Muotityön myöhästyminen aikataulusta aiheutti muottivalujen siirtämistä seuraavalle viikolle.

## Louhintatyöt

| Luokituksen selite                      | Numero |
|---|--------|
| suunnitelmiin / asiakirjoihin liittyvä  | 1      |
| tekniset ongelmat                       | 2      |
| kalustoon liittyvä                      | 3      |
| henkilöstöön liittyvä                   | 4      |
| olosuhteet                              | 5      |
| tiedonkulkuun / ohjeistamiseen liittyvä | 6      |

| Perustus- ja vaihdepohjan louhinta      | Luokite | Toteutuminen   |
|---|---------|--|
| <b>Tunnistettu ongelma</b>              |         |  |
| Kallion epätasalaatuisuus: rikkonaisuus | 5       | Osa alueesta jouduttiin uusimaan (kynsien louhinta)  |
| <b>Tunnistamaton ongelma</b>            |         |  |
| Kallion lustoisuus                      | 5       | Osa alueesta jouduttiin uusimaan (kynsien louhinta)  |
| Vaihdepohjan louhinta                   | 1       | Louhinnan määrä kasvoi reilusti ja hidasti noin 2 viikon ajan ympärillä tehtäviä muita töitä |
| Kuumuus                                 | 5       | Louhintatyöt hidastuivat merkittävästi, kun työviikon lämpötila oli 29-35 astetta            |

### Lisäselvitys

Alueella olevan kallion epätasalaatuisuus oli tiedossa aiempien louhintojen perusteella. Kallion lustoisuutta ei kuitenkaan oltu huomattu tutkimuksissa tai aiemmissa louhinnoissa, joten tilaaja vetosi louhinnan toteuttaneen porarin epäpätevyYTEEN. Alueen kallionpinnan korkeuden rajut vaihtelut ovat yleisesti tiedossa - kuitenkin vaihdepohjan alla olevaa kallionpinnan korkeutta ei oltu tutkittu riittävän tarkasti. Liikennevirasto on selvittänyt hallitsemansa rataverkon pohjamaan maatutkauksella ja tuloksista olisi ollut hyötyä Ilmalan ratapihan työsuunnitelmia laadittaessa.

## Vaihde-elementtien purku ja asennus

| Luokituksen selite                      | Numero |
|---|--------|
| suunnitelmiin / asiakirjoihin liittyvä  | 1      |
| tekniset ongelmat                       | 2      |
| kalustoon liittyvä                      | 3      |
| henkilöstöön liittyvä                   | 4      |
| olosuhteet                              | 5      |
| tiedonkulkuun / ohjeistamiseen liittyvä | 6      |

| Vaihde-elementtien purku ja asennus                           | Luokite | Toteutuminen   |
|---|---------|--|
| <b>Tunnistettu ongelma</b>                                    |         |  |
| Työntekijöiden myöhästely                                     | 4       | Ei toteutunut  |
| <b>Tunnistamaton ongelma</b>                                  |         |  |
| Vaihde-elementtien lastaus kuorma-autoon ohjeiden vastaisesti | 4 + 6   | Desec ei päässyt nostamaan vaihdelementtejä suorassa linjassa vaihdepohjalle: työn toteutus hidastui   |
| Sidekiskojen kiinnitys  | 6       | Sidekiskojen kiinnitykseen oli hankittu väärillä kierteillä olevia muttereita: kiinnitystyötä jatkettiin toisen vaihteen kiinnittämättömillä muttereilla |

### Lisäselvitys

Työmaalla työskennelleen koneenkuljettajan jatkuvaan myöhästelyyn jouduttiin puuttumaan useita kertoja. Huomautusten ja varoitusten myötä myöhästely väheni. Vaihde-elementtien lastauksesta oli annettu ohjeet, mutta tästä huolimatta aamun ensimmäiset elementit saapuivat työmaalle väärin lastattuina. Ohjeiden vastaisen lastaustavan vuoksi elementit jouduttiin purkamaan huoltotien kautta väärässä linjassa, joka hidasti oleellisesti työtä. Lastausohjeesta huomautettiin ja muut elementtikuormat saapuivat työmaalle oikein lastattuina. Työntekijät olivat hakeneet väärät mutterit sidekiskojen kiinnitykseen inhimillisen virheen ja ohjeistuksen puutteen vuoksi.

## LIITE 4

Työmaaseuranta: Työsaavutukset  
 Työmaa: Ilmalan päällysrakenneurakka 8  
 Ajankohta: Kesä 2010

Seuraavissa taulukoissa on toteutunutta työmaavahvuutta ja työsaavutusta verrattu suunniteltuun. Kaikissa tapauksissa laskennan aikaista työryhmän työsuoritetta ei saada verrattua suoraan toteutuneisiin työvaiheisiin, koska osa seuraavista töistä on tehtävän osavaiheita.

| Tehtävä  | Toteutunut              |                            | Laskenta-aikana arvioitu |                            |
|--|-------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
|  | Työryhmä                | Työryhmän työsaavutus / tv | Työryhmä                 | Työryhmän työsaavutus / tv |
| <b>Perustukset</b>   |                         |                            |                          |                            |
| Muottien rakentaminen (sis. raudoitustyön)   | 2 RTT                   | 1 kpl                      | RTT                      | 1 kpl                      |
| VHM perustusmontun kaivu, tasaus ja luiskaus   | 2 mittamies + RTT + KKH | 1 kpl                      | mittamies + RTT + KKH    | 1 kpl                      |
| Perustuslaatan valu  | 2 RTT + KKH             | 5 kpl                      | tieto ei saatavissa      |                            |
| VHM perustuksen asennus paalulaatalle  | 2 mittamies + RTT + KKH | 1 kpl                      | mittamies + RTT + KKH    | 2 kpl                      |
| <b>Lisäselvitys</b>  |                         |                            |                          |                            |
| Laskennallisesti yleisaikataulun ja suunnitellun perustusmäärän mukaan yhden perustuksen tekoon oli varattu 1,7 tv (maanvaraiset ja paalujen varaan rakennetut). Maanvaraisien perustuksen tekemiseen oli varattu aikaa keskimäärin 1,4 tv, koska muottityövaihe jäi kokonaan pois ja perustus laskettiin murskepedin päälle, jolloin työaikaakin kului vähemmän kuin paalutetuissa perustuksissa. Paaluperustuksien tekemiseen oli varattu keskimäärin 2,1 tv, joten tämä aika sisältää muotituksen ja siihen liittyvän raudoituksen, valun sekä varsinaisen laatan asennuksen. Perustustöiden etenemisessä tehdyn virhearvion vuoksi työryhmiä jouduttiin ottamaan lisää, jotta perustustyöt saatiin sakollisen välitavoitteen puitteissa valmiiksi. |                         |                            |                          |                            |

| Tehtävä  | Toteutunut         |                            | Laskenta-aikana arvioitu |                            |
|--|--------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
|  | Työryhmä           | Työryhmän työsaavutus / tv | Työryhmä                 | Työryhmän työsaavutus / tv |
| <b>Alitukset ja kaivot</b>   |                    |                            |                          |                            |
| Raiteiston alitusputket  | TJ + 3-4 RTT + KKH | 30,00 m                    | TJ + 2 RTT + KKH         | 23,60 m<br>(11,80 m)       |
| 10 putken patteri  | TJ + 3-4 RTT + KKH | 300 m                      | tieto ei saatavissa      |                            |
| 3 putken patteri   | 3 RTT + KKH        | 180 m                      | tieto ei saatavissa      |                            |
| Kaivojen asennus   | 3 RTT + KKH        | 1 kpl                      | 3 RTT + KKH              | 1 kpl                      |
| <b>Lisäselvitys</b>  |                    |                            |                          |                            |
| <p>Alitusputkien rakentamiseen oli varattu aikaa lähes koko projektin keston verran, jolloin kaikkia muitakin työvaiheita tehtiin samanaikaisesti. Yllä kuvattu raiteiston alitusputkitöiden työsuorite on saatu poikkeuksellisen suurella työryhmällä, sillä työryhmän kokoa jouduttiin kasvattamaan alitusputkitöiden sakollisen välitavoitteen saavuttamiseksi. Työryhmän koko vaihteli putkitustöissä kaivantoon tulevan putkimäärän ja töiden kiireellisyyden mukaan, mutta pääasiassa työryhmä koostui työnjohtajasta, 2-3:sta ratatyöntekijästä ja kaivinkoneesta. Työryhmän saavuttama työsuorite on paljon suurempi kuin laskettu työsuorite, koska todellisuudessa alitusputkitöissä oli pitkiäkin taukoja, jolloin rakennettiin mm. putkiin liittyviä kaivoja. Laskenta-aikana arvioitu työryhmän työsuorite (23,60m) on vain karkea arvio suoritteesta, kun alitustöissä pidettävät tauot huomioidaan. Seuran aikana alitusputkitöitä tehtiin ainoastaan suorilla linjoilla ja helpoissa olosuhteissa, jolloin työsuoritekin on suurempi kuin arvioitu. Kaivu- ja täyttötöihin käytetty aika ei eroa suuresti putkipatteristokokojen välillä, mutta putkien asennusvaiheen työsuorite muuttuu merkittävästi putkimäärän mukaan. Todennäköisesti suurin syyllinen alitusputkitöiden kustannusten nousuun on perustustöiden työsuoritteesta tehty virhearvio ja virheen korjaamiseen käytetyt toimenpiteet: ensimmäinen sakollinen välitavoite ohjasi perustustöiden valmistumista, jolloin välitavoitteen saavuttamiseksi työvoimaa irrotettiin putkitöistä.</p> <p>Kaivojen asennus toteutui kuten oli suunniteltukin.</p> |                    |                            |                          |                            |

| Tehtävä  | Toteutunut      |                           | Laskenta-aikana arvioitu |                           |
|--|-----------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
|  | Työryhmä        | Työryhmän työsuorite / tv | Työryhmä                 | Työryhmän työsuorite / tv |
| <b>Tukikerros ja ratapohja</b>   |                 |                           |                          |                           |
| Ratapohjan kaivu kv-tasoon   | KKH + 2 KA      | 70-90 m                   | KKH + KA                 |                           |
| Tukikerroksen rakentaminen   | mittamies + KUP | 100m                      | mittamies + KUP          |                           |
| <b>Lisäselvitys</b>  |                 |                           |                          |                           |
| <p>Ratapohjan leikkaus tasoon kv -0,55 onnistui suunnitelmien mukaisesti ja hinta nousi samassa suhteessa leikkauksen määrämuutoksen kanssa. Leikkaustyö oli tilattu kiinteähintaisena aliurakkana.</p> <p>Tukikerroksen rakentamisen osalta konetyöt ylittivät suunnitellut kustannukset, mutta kokonaisuutena työvaihe onnistui hyvin: työntekijätunnit pysyivät kurissa ja nousivat vain samassa suhteessa työmäärän mukaan. Konekustannusten nousu johtuu todennäköisimmin ns. telamarssista, sillä työkoneita ajatettiin aika-ajoin auttamaan muissa töissä tai suorittamaan kiireellisiä pienempiä tehtäviä.</p> |                 |                           |                          |                           |

| Tehtävä   | Toteutunut                        |                           | Laskenta-aikana arvioitu |                           |
|---|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
|   | Työryhmä                          | Työryhmän työsuorite / tv | Työryhmä                 | Työryhmän työsuorite / tv |
| <b>Raiteet</b>  |                                   |                           |                          |                           |
| Pöllitys + kiskostus + sidekiskot   | TJ + 3 RTT + KKH                  | 15 m                      | TJ + 2 RTT + KKH         |                           |
| Pulttien kiinnitys molemmin puolin, alukiinnitys tehty pulttikoneella   | RTT                               | 300m                      | tieto ei saatavissa      |                           |
| Sepelin levitys tuettaville raiteille   | KUP                               | 500m                      | KUP                      |                           |
| Raitteen tukeminen  | TJ + 4-5 RTT + 2 KKH + KUP + topa | 500 m                     | 2 RTT + topa             | 425 m                     |
| <b>Lisäselvitys</b>   |                                   |                           |                          |                           |
| Laskennallisesti uuden raitteen rakentamisessa työsuoritte oli oletettu olevan 46 m / tv. Työryhmän kooksi oli määritelty työnjohtaja + 2 ratatyöntekijää. Tukikerroksen ja päällysrakenteen asentamisen vaatiman suuren konetyömäärän perusteella voidaan olettaa laskennassa arvioitun päiväetenemän olleen juuri sopiva. Mies- ja konetyönä tehtävä rata-pölkkyjen ja kiskojen asennus vaatii paljon enemmän aikaa kuin tukikerroksen tai tuennan tekeminen konetyönä. Konetyötunnit ylittyivät hieman, mutta työntekijätunnit pysyivät sallituissa rajoissa, joten kokonaisuus oli onnistunut ja pysyi sallituissa kustannusrajoissa. |                                   |                           |                          |                           |

| Tehtävä   | Toteutunut                     |                           | Laskenta-aikana arvioitu         |                           |
|---|--------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|
|   | Työryhmä                       | Työryhmän työsuorite / tv | Työryhmä                         | Työryhmän työsuorite / tv |
| <b>Vaihteet</b>   |                                |                           |                                  |                           |
| Vaihdepohjan teko   | 2 KUP                          | 2 kpl                     | KUP                              | 1 kpl                     |
| Vaihde-elementtien purku kuorma-autosta   | TJ + RTT + Desec + KA          | 8 kpl                     | RTT + Desec + KA                 | 8 kpl                     |
| Vaihteiden asennus (2kpl): vaihteen nosto kuorma-autosta, elementtien asemointi ja liittäminen  | TJ + mittamies + 5 RTT + Desec | 2 kpl                     | TJ + mittamies + 3-4 RTT + Desec | 1 kpl                     |
| Välikiskojen pohja  | TJ + KKH + KA                  | 90 m <sup>2</sup>         | tieto ei saatavissa              |                           |
| <b>Lisäselvitys</b>   |                                |                           |                                  |                           |
| <p>Laskennallisesti vaihteen asennukseen oli varattu aikaa siten, että suunnitellulla työryhmällä saataisiin vaihteita asennettua 0,65 kpl / tv. Työt toteutuivat paremmin kuin laskenta-aikana oli arvioitu. Yllä olevat työsuoritteet ovat osia varsinaisesta vaihteen asennuksesta, joten toteutuneiden osasuoritteiden perusteella nähdään, että kokonaisuutena yhden vaihteen asennukseen meni vähemmän aikaa kuin oli alkujaan oletettu. Konekustannukset pieneni 34 % suunnitellusta ja henkilötyökustannukset väheni 36 %. Kokonaisuutena työt toteutuivat 37 % pienemmillä kustannuksilla kuin oli arvioitu.</p> |                                |                           |                                  |                           |

## LIITE 5

## Seurannan aikana toteutuneita päivävahvuuksia

## Päivä 1

Työntekijät

5 x ratatyöntekijä  
mittamies

Koneet

2 x kaivinkone  
pyöräkuormaaja  
täryjyrä

## Päivä 2

Työntekijät

vastaava työnjohtaja  
5 x ratatyöntekijä

Koneet

3 x kaivinkone  
täryjyrä

## Päivä 3

Työntekijät

vastaava työnjohtaja  
työnjohtaja  
mittamies  
5 x ratatyöntekijä

Koneet

3 x kaivinkone  
pyöräkuormaaja  
täryjyrä

## Päivä 4

Työntekijät

vastaava työnjohtaja  
työnjohtaja  
mittamies  
4 x ratatyöntekijä

Koneet

3 x kaivinkone  
kuorma-auto  
täryjyrä

## Päivä 5

Työntekijät

työnjohtaja  
4 x ratatyöntekijä

Koneet

2 x kaivinkone  
pyöräkuormaaja  
täryjyrä

## Päivä 6

Työntekijät

vastaava työnjohtaja  
työnjohtaja  
4 x ratatyöntekijä

Koneet

2 x kaivinkone  
pyöräkuormaaja  
tukemiskone + miehis-  
tö  
täryjyrä

**Päivä 7**Työntekijät

vastaava työntekijä  
työnjohtaja  
5 x ratatyöntekijä

Koneet

5 x kaivinkone  
2 x kuorma-auto  
pyöräkuormaaja  
täryjyvä

**Päivä 8**Työntekijät

työnjohtaja  
8 x ratatyöntekijä

Koneet

3 x kaivinkone  
2 x kuorma-auto  
pyöräkuormaaja  
Desec + kuljettaja  
täryjyvä

**Päivä 9**Työntekijät

työnjohtaja  
2 x mittamies  
4 x ratatyöntekijä

Koneet

2 x kaivinkone  
3 x kuorma-auto  
2 x pyöräkuormaaja  
Desec + kuljettaja  
täryjyvä  
hiup-auto

**Päivä 10**Työntekijät

vastaava työnjohtaja  
2 x työnjohtaja  
2 x mittamies  
5 x ratatyöntekijä

Koneet

3 x kaivinkone  
2 x kuorma-auto  
2 x pyöräkuormaaja  
Desec + kuljettaja  
täryjyvä  
hiup-auto

**Päivä 11**Työntekijät

vastaava työnjohtaja  
2 x työnjohtaja  
5 x ratatyöntekijä

Koneet

3 x kaivinkone  
3 x kuorma-auto  
2 x pyöräkuormaaja  
täryjyvä







## LIITE 9

Päällysrakenneurakka 8, urakka-alue, Ilmalan ratapiha

