

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Yhdyskuntatekniikka

Opinnäytetyö

Kai Iivonen

**PAIKALLA VALETTUJEN SUUAUKKORAKENTEIDEN
KUSTANNUSSELVITYS**

Työn valvoja yliopettaja Reijo Rasmus
Työn teettäjä Lemcon Infra Oy, projektipäällikkö Veli Taatila
Tampere 2007

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Iivonen Kai

Paikalla valettujen suuaukkorakenteiden kustannusselvitys

Tutkintotyö

60 sivua + 14 liitettä

Työn valvoja

yliopettaja Reijo Rasmus

Työn teettäjä

Lemcon Infra Oy

Työn ohjaaja

RI Veli Taatila

Helmikuu 2007

Hakusanat

Suuaukkorakenne, holvi, kustannus, paikalla valu

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkintotyön tarkoitus on laatia Lemcon Infra Oy:n Kallionrakentamisyksikön kahden Ruotsin rautatietunneliprojektin suuaukkorakenteiden jälkilaskenta, tehdä yhden jo käynnissä olevan rautatietunneliprojektin suuaukkorakenteiden kustannusarvio ja esitellä Suomessa E18 TYL:n käyttämää tieliikennetunnelin suuaukkorakenteen rakentamismenetelmää.

Tutkimus tehtiin perehtymällä projektien kirjanpitolietoihin Lemcon Finland filiaal Sverige Ruotsin toimipisteessä ja haastattelemalla suuaukkorakenteiden rakentamiseen osallistuneita osapuolia. Tietoja täydennettiin Internetistä ja kirjoista löytyvän teoria-aineiston avulla.

Tutkintotyöstä käy ilmi, että suuaukkorakenteiden rakentamisen tuotannonohjausta pitää tehostaa, jotta luotettavampaa kustannustietoa suuaukkorakenteista saadaan yhtiön tarjouslaskentaan ja projektipäälliköille. Tutkintotyön tulokset ovat arvioita eivätkä absoluuttisia totuuksia.

TAMPERE POLYTECHNIC
Department of Construction Technology
Civil Engineering
Iivonen Kai

Expense research of the arch in the opening of the tunnel

Final Thesis
Supervising Teacher
Commissioner
Supervisor
February 2007
Key words

60 pages, 14 appendices
Mr Reijo Rasmus
Lemcon Infra Ltd
Mr Veli Taatila, (BcSc)

Tunnel, arch, expense, concreting

ABSTRACT

The meaning of this final thesis is to research expense of arches in the opening of the tunnel. In thesis is performed actual cost calculation of two projects in Sweden and prepared cost estimate of one on going project also in Sweden. In thesis is presented also one construction method used in Finland by E18 TYL. This thesis is made for Lemcon Infra Ltd.

Accounting material of the on going project and two already finished projects were examined in Sweden. Participants of projects were interviewed. Theory from Internet and literature were also examined.

Thesis disclosures that production control in construction of arches must be developed that the company and project managers get reliable expense information. The results of the thesis are estimates, not absolute truth.

ALKUSANAT

Haluan kiittää työni tekemiseen osallistuneita henkilöitä: ohjaavaa opettajaa Reijo Rasmusta ja koko Lemcon Oy:n Torbacken-Hede -projektin henkilökuntaa, erityisesti työn valvojaa Veli Taatilaa, projektisihteeri Johanna Tuomistoa ja projekti-insinööri Olli Korhosta. Lisäksi haluan kiittää E18 TYL:n aluevastaavaa Pekka Illikaista.

Työssä on luottamuksellista tietoa suuaukkorakenteiden kustannuksista.

Tampereella 2. helmikuuta 2007

Kai Iivonen

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	6
2	Suuaukkorakenteen rakentamisen tarkoitus ja työmenetelmän periaatteet.....	9
3	Suuaukkorakenteen rakentamisen laatu ja laadunvarmistus	14
3.1	Työtä ohjaavat normit Ruotsissa.....	14
3.2	Betonitöitä koskevat vaatimukset	15
3.3	Rakennesakohtaiset vaatimukset	15
3.4	Laadunvarmistus	16
4	Kustannustarkkailun, jälkilaskennan ja tuotannon valvonnan tarkoitus	17
4.1	Kustannustarkkailu	17
4.2	Jälkilaskenta.....	18
4.3	Tuotannon valvonta	19
5	Åsan suuaukkorakenne.....	22
5.1	Kohde	22
5.2	Työmenetelmä.....	22
5.3	Kustannusarvio	25
5.4	Toteutuneet kustannukset.....	25
5.5	Analyysi	26
6	Åskottsbergin suuaukkorakenne	31
6.1	Kohde	31
6.2	Työmenetelmä.....	31
6.3	Kustannusarvio	31
6.4	Toteutuneet kustannukset.....	32
6.5	Analyysi	32
7	Torbacken-Heden suuaukkorakenne	37
7.1	Kohde.....	37
7.2	Työmenetelmä.....	37
7.3	Kustannusarvio	40
7.4	Kustannusten arviointi toteutuneen perusteella	40
8	E18 Lakianmäen suuaukkorakenne.....	45
8.1	Kohde	45
8.2	Työmenetelmä.....	45
8.3	Kustannusarvio	46
8.4	Kustannusten seuranta toteutuneen perusteella	47
9	Suuaukkorakenteen työmenetelmien ja kustannusten vertailu.....	48
9.1	Työmenetelmien vertailu	48
9.2	Kustannusten vertailu.....	49
10	Johtopäätökset.....	51
	Lähteet.....	55
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Lemcon Infra on toiminut Ruotsissa kalliorakentajana jo vuodesta 1994.

Toimialaan kuuluvat tunnelien louhinnat, ruiskubetonoinnit, tiivistystyöt ja sisustustyöt. Tunnelien suuaukkorakenteet eli porttaalit kuuluvat tunnelien sisustustöihin.

Tunneliin kuuluvien suuaukkorakenteiden kustannus on yleensä muutamien prosenttien luokkaa louhintaurakan sopimussummasta, joten suuaukkorakenteiden rakentamiseen ei ole kiinnitetty tähän mennessä suurta huomiota. Budjetti on laadittu yleensä työn tarjousvaiheessa eikä sitä ole tarkennettu, kun työ on saatu.

Tämän työn tavoitteena on selvittää suuaukkorakenteiden kustannukset ja niihin vaikuttavat tekijät sekä tuottaa kustannustietoa yhtiön tarjouslaskentaan ja projektipäälliköille. Tarkastelukohteena työssäni on kolme kohdetta Ruotsissa ja yksi kohde Suomessa. Ruotsin kohteet ovat Åsan rautatietunneli vuosilta 2002–04, Åskottsbergin rautatietunneli vuosilta 2004–2006 ja Torbacken-Heden rautatietunneli vuodelta 2006. Ruotsin kohteet ovat Ruotsin rataverkon kartalla merkittyinä kuvassa 1. Suomen kohde on E18 Lohja-Muurla -moottoritien tieliikennetunneli Karnaisissa.



Kuva 1 Ruotsin rataverkko ja kohteet

Työmaan kustannusseuranta on ollut kirjanpidon mukainen seuranta. On ollut vaikeaa suorittaa jälkilaskentaa, kun ei ole itse ollut mukana suurimmassa osassa projekteja. Olen ollut itse rakentamassa vain Torbacken-Hede -projektin eteläistä suuaukkorakennetta.

Olen tutkinut yhtiön kirjanpidosta työmaalle tilatun puutavaran, raudoituksen, muottitelineiden, betonin kuitit sekä tutkin rakennusammattimiesten työaikailmoitukset, joista sain toteutuneet kulut. Niitä vertasin budjettiin. E18-kohteesta Suomessa sain määräluettelon ja yksikköhinta-arvion, joista laadin tuotantolaskelman. Kaikkien neljän kohteen kaikkiin kuittitietoihin perehtymiseen ei ole aikaa, joten tarkkoja toteumatietoja ei ole mahdollista saada. Tutkintotyö rajataan käsittämään vain kustannusselvitys. Aikataulujen ja resurssien vertailua ei tehdä tässä työssä.

2 Suuaukkorakenteen rakentamisen tarkoitus ja työmenetelmän periaatteet

Tunnelin suuaukkorakenne rakennetaan pääosin neljästä syystä. Suuaukkorakenne vahvistaa suuaukon kalliota, estää mahdollisia kallioleikkauksen päältä putoavia kiviä putoamasta liikennöitävälle alueelle, toimii kuivatusrakenteena sekä parantaa suuaukon esteettisyyttä.



Kuva 2 Suuaukkorakenne Åsassa

Tunnelin suuaukolla kallio saattaa olla rikkonaista, joten teräsbetoninen suuaukkorakenne tukee kalliota. Toisaalta suuaukkorakenne saatetaan mitoittaa kalliota tukevaksi, vaikka se ei välttämättä tue kalliota.

Suuaukon ulkopuolisiin rakenteisiin rakennetaan yleensä kaukalo, johon mahdolliset putoavat kivet pysähtyvät. Kaukalossa on putoamista vaimentavaa kiviainesta, jottei putoava kivi kimpoa rakenteen ulkopuolelle ja liikennöitävälle alueelle.

Suuaukkorakenteeseen rakennetaan kuivatusjärjestelmä, jotta tunnelin suuaukolla valuvat vedet johtuisivat kuivatusjärjestelmään eivätkä valuisi liikennöitävälle alueelle. Vedet johdetaan kallion pinnalta kaukaloon, josta ne johdetaan rakennettuun kaivoon. Toinen vaihtoehto on rakentaa vain otsapalkki (Kuva 3), jolloin vaimentavaa kiviainesta eikä kuivatusjärjestelmää rakenneta. Tällöin vedet valuvat vapaasti seinää pitkin maahan ja sinne rakennettujen kallistusten mukaan kaivoihin.

Louhittu kallionpinta suuaukolla on rumannäköinen. Suuaukkorakenne rakennetaan ympäristöön sopivaksi ja esteettisesti miellyttäväksi.



Kuva 3 Suuaukkorakenteen otsapalkki valmiina rakenteena

Suuaukkorakenne rakennetaan yleensä neljässä osassa mutta muitakin ratkaisuja on. Ensin tehdään perustukset, sitten seinät, holvi ja lopuksi suuaukon reunapalkki. Rakenteeseen pitää tehdä ryöstöraudoitus tai täyttää kallion ryöstöt ruiskubetonilla, jos kallion pinnan ja rakenneraudoituksen paikan etäisyys toisistaan on yli rakennesuunnittelijan tai tilaajan määräämän rajan.

Suuaukkorakenteen rakentaminen alkaa kallion paljastamisella perustusten kohdalla. Kallion pitää olla puhdas, jotta betoni saa hyvän tartunnan kallioon. Kun kallion pinta on muotin toinen pinta, perustusten muottityöhön

kuuluu muotin kakkospinnan teko eli ”tuplaus” ja päätyjen muottityö eli ”päätytopparien” teko. Lopuksi muotti raudoitetaan ja betonoidaan.



Kuva 4 Suuaukkorakenteen perustus (antura) valmiina valuun

Perustusten valun jälkeen rakennetaan seinät. Seinän ja kallion pinnan väliin asennetaan yleensä suodatinkangas. Suodatinkangas asennetaan, jotta betoni ei halkeilisi, koska betonin ja kallion liikehdintä on erilaista. Kallio liikkuu enemmän luonnostaan kuin betoni. Muottityöt aloitetaan muotin päätytopparien teolla, minkä jälkeen tehdään raudoitus. Raudoituksen jälkeen tehdään muotin tuplaus ja seinät betonoidaan viimeiseksi.



Kuva 5 Suuaukkorakenteen seinä raudoittamisen jälkeen

Seinien rakentamisen jälkeen tehdään holvi. Sen muotille tehdään suuaukolle telineet, jotka pystytetään siten, että liikenne tunneliin säilyy. Tällöin suuaukon rakentamista voidaan suorittaa samanaikaisesti louhintatöiden ohella. Kun rakentamista suoritetaan louhintatöiden ohella, pitää ottaa huomioon tunneliin puhallettavan tuuletusilman putkirakenne suuaukkorakenteen telineiden suunnittelussa. Telineet ovat tällöin erikoisrakenne ja kalliimpi tavanomaisiin telineisiin verrattuna. Toinen vaihtoehto on tehdä telineet siten, että tunneli on läpiajamaton mutta tällöin rakentamista ei voida suorittaa louhintatöiden ohella.

Telineiden perustusten alla maa pitää olla painumaton ja oikeaan korkoon tasattu. Ennen muotin tekoa holvin raudoitus kiinnitetään kattoon juotettujen pulttien varaan. Telineiden päälle rakennetaan valittu muotti. Muottiin tehdään läpiviennit kuivatusjärjestelmän putkille, minkä jälkeen holvi betonoidaan.



Kuva 6 Suuaukkorakenteen holvin muottirakenteet (läpiajettava tunneli)

Holvin valun jälkeen rakennetaan suuaukon reunapalkki holvin päälle. Reunapalkkiin asennetaan kuivatusjärjestelmän putket ja kivien putoamiselta suojaavat rakenteet.

Suuaukkorakenteen voi rakentaa louhinnan aikana tai louhinnan jälkeen. Rakentamisessa louhinnan aikana pitää varmistaa, että liikenne tunneliin on mahdollinen. Yleensä rakentaminen on kalliimpaa louhinnan aikana mutta aikataulun kiinniottamisella saadaan kustannushyöty. Kokemusperäisesti voidaan sanoa, ettei suuaukkorakennetta kannata rakentaa, kun louhitaan alle 300 metrin päässä johtuen louhintatärinöistä.

3 Suuaukkorakenteen rakentamisen laatu ja laadunvarmistus /5; 9; 16; 17/

3.1 Työtä ohjaavat normit Ruotsissa

Suuaukkorakenteiden laatuvaatimukset ovat samanlaiset joka kohteessa riippuen rakenteen käyttötarkoituksesta. Periaate on aina sama. Tilaajaa sitovat normit ja tilaaja antaa urakoitsijalle suuaukon mitat sekä mitoitusperusteet normeihin viitaten. Näiden tietojen perusteella urakoitsija joko suunnittelee itse tai teettää suunnittelijalla suunnitelmat ja piirustukset.

Ruotsalainen tilaaja viittaa työselostuksessaan Banverketin tekemään BV Bro -normiin rautatietunnelien osalta ja Vägverketin Bro 2004 -normiin sekä Tunnel 2004 -normiin tieliikennetunnelien osalta. Kuitenkin tilaaja saattaa täydentää rautatietunnelin laatuvaatimuksia tieliikenteen normeilla ja päinvastoin.

Normit koskevat siltatöitä, ja niitä sovelletaan suuaukkorakenteisiin, koska suuaukkorakenteille ei ole omia normeja. Näiden siltaa koskevien laatuvaatimusten perusteella työt suoritetaan ja määrätään, mitä laadunvarmistuskokeita tehdään niiltä osin kuin tilaaja on niihin viitannut.

Jos tilaaja ei ole erikseen maininnut työselostuksessaan viittausta, niin pätee BBK 04 (Boverkets handbok om betongkonstruktioner). Tilaajan vaatimukset saattavat hieman poiketa toisistaan eri kohteissa, koska normeja on uusittu ja eri tilaajat vaativat erilaista laatua.

Suomessa sovelletaan SYL:a (Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset) tieliikennetunnelien suuaukkorakenteita rakennettaessa.

3.2 Betonitöitä koskevat vaatimukset

Betonitöiden laatuvaatimukset ovat BRO 2004 -julkaisun mukaisia Torbacken-Hede -projektissa. Muissa projekteissa saattaa olla hieman poikkeamia eri tilaajien vaatimuksissa mutta periaate on sama.

Halkeamien synnyn välttämiseksi pitävät seuraavat vaatimukset ottaa huomioon:

- Betonin lujuusluokka on C35/45 ja vesisementtisuhte on $< 0,45$ (Luvut C35 ja 45 tarkoittavat betonin lujuusluokkaa).
- Betoni on pakkasenkestävää, joten betonimassassa määrätty ilmämäärä on 4 - 7 %.
- Rakenne on vesitiivis, joka todetaan betonin valmistusmateriaalien hienoaineslaskelmalla betonitehtaalla.
- Muottipuutavaran paksuus on vähintään 22 mm.
- Muotin saa purkaa aikaisintaan neljän vuorokauden kuluttua valusta (Mitä alempi lämpötila, sen myöhemmin muotin saa purkaa).
- Lämpötilan mittaus ja kirjaus valupöytäkirjaan.

3.3 Rakenneosakohtaiset vaatimukset

Laatuvaatimuksia esitetään myös rakenneosakohtaisesti tarkennettuna.

Seinien rakentaminen:

- Kallion ja betonipinnan väliin kiinnitetään geotekstiili rakennepiirustusten mukaan.
- Seinämuotit kiinnitetään tukevasti kovan tuulen varalle.

Holvin rakentaminen:

- Muotin saa purkaa aikaisintaan seitsemän vuorokauden kuluttua valusta.
- Kallion ja betonipinnan väliin kiinnitetään geotekstiili rakennepiirustusten mukaan.

- Aloitetaan seinien lämmittäminen tai jäädyttäminen päivä ennen holvin valua riippuen ilman lämpötilasta.
- Lämmitys tai jäädytys lopetetaan kaksi päivää betonin kovettumisen alkamisen jälkeen.

3.4 Laadunvarmistus

Urakoitsija hyväksyttää tilaajalla suunnitelmat ja urakoitsija on velvollinen tekemään työn suunnitelmien mukaan. Urakoitsija varmistaa oman työnsä laadun yhtiön laatujärjestelmän avulla.

Ruotsissa suuaukkorakenteen rakentamisen työnjohtajana pitää olla ensimmäisen luokan betonityönjohtajan pätevyyden omaava henkilö, koska toimitaan siltoja koskevien normien mukaan.

Laadunvarmistus tehdään valuohjelman, tarkistuslistojen, valupöytäkirjan ja valun jälkeisten kokeiden avulla.

Valuohjelman (liite 1) tekemisellä varmistetaan oikean betonilaadun tilaus ja valun ajankohdan ilmoitus tilaajalle.

Tarkistuslistojen (liite 2) avulla tarkistetaan muotti ja rauditus. Muotista tarkistetaan puhtaus, sijainti, korkeusasema, oikea materiaali ja merkitään muut huomionarvoiset asiat. Raudoituksesta tarkistetaan materiaali, puhtaus, sijainti, suojabetonipaksuus, taivutukset, pituudet ja muut huomion arvoiset, jotka kirjataan tarkistuslistaan.

Valupäivänä täytetään valun valvontapäiväkirjaa (liite 3), johon ilman ja betonin lämpötila merkitään. Valuohjelmaan merkitään myös eri kokeet, jotka betonimassalle tehdään. Näitä ovat massan notkeusmittaus ja ilmapitoisuus. Ilmapitoisuuden mittauksella varmistetaan, että betoni on pakkasenkestävää. Valun valvonta ja silmämääräiset tarkistukset ovat myös laadunvarmistustekniikoita.

4 Kustannustarkkailun, jälkilaskennan ja tuotannon valvonnan tarkoitus

4.1 Kustannustarkkailu /1; s.167–168/

Kustannustarkkailulla pyritään varmistamaan hankkeen tavoitteenmukainen eteneminen. Tarkkailussa selvitetään hankkeen tilanne ja laaditaan ennusteen etenemisestä.

Hankkeen kustannuksia tarkkaillaan toteuman seuraamisen ja lopputuloksen ennusteen laskemisen keinoin. Tarkkailujärjestelmä laaditaan niin, että sen tuottaman tiedon perusteella tuotantoa voidaan ohjata niin, että se etenee tuotantosuunnitelmien mukaisesti ja asetetut tavoitteet täyttyvät.

Lopputuloksen ennusteen laskemisella selvitetään hankkeen poikkeamien merkitys ja toimenpiteiden tarpeen tiedostaminen. Laskeminen palvelee lisäksi yrityksen tulos- ja rahoitussuunnittelua. Lopputuloksen ennusteen laskemisella varmistetaan valittujen tuotantoratkaisujen ja toteutuneen tuotantokokonaisuuden hallinta. Hankkeen osat ja tehtävien ennusteet yhteenlaskettuna tulee toteuttaa hankkeen lopputuloksen ennusteen asetettu tavoite. Ennusteeksi asetetaan ennakoivan tarkkailun tulos, jota tuotannon edetessä korjataan toteutuneen tuotannon antaman tiedon perusteella.

Tuotannon kustannustarkkailussa hankkeen erilliskustannuksia tarkkaillaan työ-, hankinta- ja työmaatekniikan tehtävien osalta erikseen. Hankkeen kokonaisuuden hahmottamiseksi eri tarkkailujen raportit ja ennusteet kootaan hankkeen tuloksen tarkkailuksi.

Kustannustarkkailua varten määritellään käsite kirjaamisperuste. Kirjaamisperuste on periaate, jonka mukaan tulot ja menot kirjataan kirjanpitoon. Kirjanpilotapahtumat jaetaan suoriteperusteen tai kassa- eli maksuperusteen mukaan. Suoriteperusteisessa kirjanpidossa menot ja tulot kirjataan palvelusta tai tavaraa luovutettaessa/vastaanotettaessa. Kassaperusteisessa kirjaustavassa menot ja tulot kirjataan maksettaessa. Kustannustarkkailussa käytetään suoriteperusteista kirjanpitoa. Työkustannukset merkitään toteutuneiksi työn

etenemisen mukaan, hankintakustannukset merkitään toteutuneiksi hyväksytyjen laskujen sekä kuormakirjojen perusteella ja aliurakoiden hankintakustannukset merkitään toteutuneiksi hyväksytyjen maksuerien perusteella. Kustannukset käsitellään nettohintoina ilman arvonlisäveroa. Sidottuihin kustannuksiin lasketaan kaikki toteutuneet kustannukset, tehdyt työkaupat, ostetut ja tilatut, saapumattomat, tarvikkeet sekä tehtyjen sopimusten sopimushinnat. Sidottua kustannusta käytetään hankintakustannusten ennusteiden laskemiseen.

4.2 Jälkilaskenta /1; s.192–195/

Jälkilaskennan toteutus jakaantuu hankkeen aikana tapahtuvaan kustannustietojen järjestelmälliseen keräämiseen, hankkeen jälkilaskentapalaveriin ja hankkeen valmistuttua viitekansion keräämiseen. Jälkilaskennassa ei ole tarkoitus laskea hankkeelle uudelleen jälkikustannuslaskelmaa, vaan tavoitteen tietojen on tarkoitus ylläpitää hankkeen aikana.

Hankkeenaikainen jälkilaskenta tehdään tarkkailunimikkeen valmistuttua. Jälkilaskennalla kerätään tuotantolaskelmasta tarkkailunimikkeen suunnitellut kustannustiedot ja tuotannon kustannusvalvonnasta toteutuneet kustannustiedot. Hankkeenaikainen jälkilaskenta tuottaa palautetietoa yrityksen laskentajärjestelmän valvonnalle. Tarkkailunimikkeiden avulla tehdään jatkuvaa jälkilaskentaa kaikissa hankkeissa. Hankkeenaikaisessa jälkilaskennassa tarkkailunimikkeen työn valmistuttua varmistetaan, että

- tarkkailunimikkeen työ on todella valmistunut, kaikki siihen liittyvät kustannukset on laskutettu ja työ on loppuun laskutettu
- toteutuneet kustannustiedot ja hankintojen laskutukset on tarkistettu, palkanmaksut ovat kohdistettu oikeille litteroille ja mahdolliset virheet on korjattu
- suunnitelman määrätiedot vastaavat toteutunutta tuotantoa, kustannuslaskennan määrävirheet on korjattu, muutostöiden vaikutukset on päivitetty ja kustannuslaskennan määrävirheet on raportoitu

- suunnitelman kustannuslajitiedot on korjattu vastaamaan toteutunutta alihankinta-astetta
- syyt tavoitekustannusten ja toteutuneiden kustannusten eroihin on selvitetty
- tarkkailunimikkeen kelpoisuus kustannusjärjestelmän valvonnan kannalta on arvosteltu.

Hankkeen jälkilaskentapalaverissa käydään tarkkailunimikkeet läpi ja kirjataan ylös tuotantohenkilöstön tiedot niistä syistä, jotka aiheuttivat suunnittelujen ja toteutuneiden kustannusten välille eroja. Jälkilaskentapalaverin tarkoitus on yrityksen tuotantohenkilöstön ja kustannuslaskennan henkilöstön kustannustietouden lisääminen ja kustannuslaskennan kehittäminen. Palaveriin osallistuvat toteutuneen hankkeen työnjohto, työnsuunnittelijat, työmaanjohto ja kustannuslaskijat. Palaverissa käydään läpi hankkeen kustannusten tavoitteet ja toteumat. Erityistä huomiota kiinnitetään tavoitteiden ja toteutumien poikkeamiin. Työmaan henkilöstö esittää näkemyksensä poikkeamien syistä. Jos samat poikkeamat toistuvat useilla työmailla, on yrityksen etsittävä ratkaisu tuotantomenetelmiä kehittämällä. Jos kehitystä ei voida tehdä, on kustannuslaskentajärjestelmän tietokantoihin lisättävä poikkeamiin liittyvät kustannukset. Jälkilaskentapalaverissa selvitetään myös hankkeen lopullinen tulos. Jälkilaskennan avulla lopullisesta tuloksesta nähdään, mikä hankkeessa meni hyvin ja mikä meni huonosti.

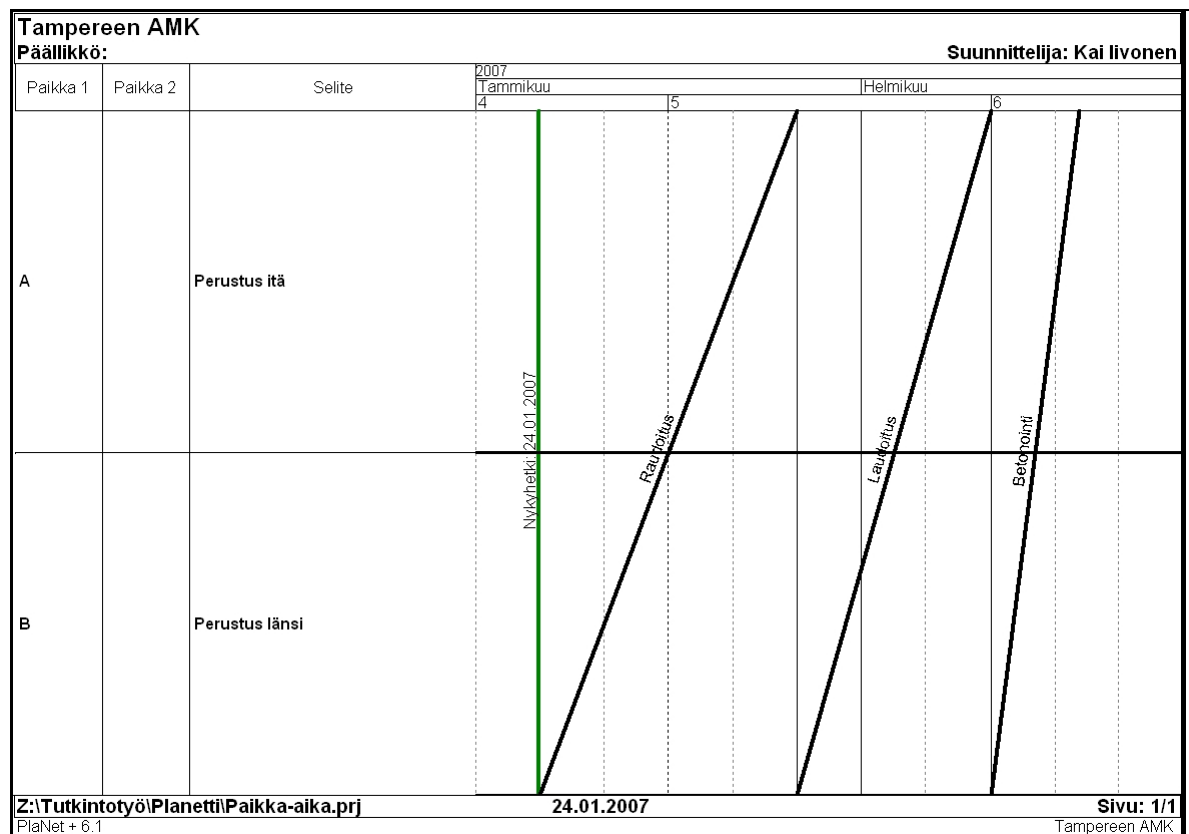
Hankkeen valmistuttua sen kustannustiedoista kootaan viitekansio. Kansioon kerätään tiedot kustannusten tavoitteista ja toteutumisista. Viitekohdekansio tehdään yrityksen kaikista toteutuneista kohteista. Hyvin sujuneet kohteet valitaan mallikohteiksi. Mallikohteen tietoja hyödynnetään uusien hankkeiden kustannuslaskennassa ja tuotannon suunnittelussa sekä kustannuslaskentajärjestelmän ylläpidossa.

4.3 Tuotannon valvonta /2; s.36,40,43/

Tuotannon valvonta on jatkuvaa toimintaa, jonka tehtävänä on hankkia tietoa toteutuneesta tuotannosta, verrata toteutunutta suunniteltuun tuotantoon sekä

raportoida tehdyt havainnot työmaan johdolle ohjauspäätösten tekoa varten. Työaikaisella valvonnalla selvitetään kohteen tuotannon toteutuksen eroaminen suunnitelmasta. Valvonta kohdistetaan koko tuotantoon ja yksittäisiin kriittisiin tehtäviin. Tuotantoa valvotaan seuraavia tekniikoita käyttäen:

- Tuotantoaikakaaviota tai paikka-aikakaaviota käytetään toteutuneen tuotannon edistymisen toteamiseen ja suunniteltuun vertaamiseen (Kuva 7).
- Vinjettikuvat osoittavat työkohteiden vapautumisen ja sitoutumisen (Kuva 8).
- Tuotannonarvolaskelmia osoittavat tuotannon arvon ja toteutuman (Kuva 9).



Kuva 7 Paikka-aikakaavio

VALVONTAVINJETTI		
TEHTÄVÄ	KOHDE	
	Perustus A	Perustus B
Kaivu kalliopintaan	24.01.2007	25.01.2007
Kallion paljastus/ valusauman karhennus	25.01.2007	25.01.2007
Raudoitus	28.01.2007	28.01.2007
Laudoitus	02.02.2007	02.02.2007
Betonointi	08.02.2007	08.02.2007
Muotin purku	13.02.2007	13.12.2007

Kuva 8 Valvontavinjetti

Laatija:		pvm:					
NIMIKE	yksikkö	SUUNNITELMA			TUOTANNONARVO		TOTEUTUNUT
		tehtävät yht.	valm.aste %	ttth	valm.aste %	ttth	ttth
TYÖ							
TELINETYÖT	m3						
MUOTTITYÖ	m2						
anturat	m2						
seinät	m2						
holvi	m2						
reunapalkki	m2						

Kuva 9 Tuotannonarvolaskelma

5 Åsan suuaukkorakenne

5.1 Kohde /3/

Åsa sijaitsee Etelä-Ruotsissa, Västkustbanalla, joka kulkee Malmöstä Göteborgiin. Kohde on Lekarekulle-Frillesås -rataosalla eli Åsan kylässä noin 30 kilometriä Göteborgin eteläpuolella. Rataosa on kaksi raideparinen. Tunnelitekniset työt aloitettiin lokakuussa 2002 ja lopetettiin toukokuussa 2004. Tunnelin pituus on 1850+1875 metriä, ja siihen kuuluvat rautatie- ja huolto-tunneli. Projektissa tilaajana toimi Banverket Västra Banregionen. Tarkastelen rautatietunnelin pohjoista ja eteläistä suuaukkoholvia. Tunnelipoikkileikkauksen teoreettinen pinta-ala on 118 m^2 .

5.2 Työmenetelmä

Tässä kohteessa perustuksen muotti tehtiin vaatimusten mukaan sahapuutavarasta ja rauditus työmaalla tehdystä raudoitteesta. Seinien muottina käytettiin PERI:n TRIO-muottijärjestelmää lautapintaisena. TRIO-suurkasettijärjestelmä (Kuva 10) tuettiin SB-tuilla (Stödböck, kuva 8) ja kasetit kiinnitettiin toisiinsa krokotiilikiinniikkeillä (Kuva 11).

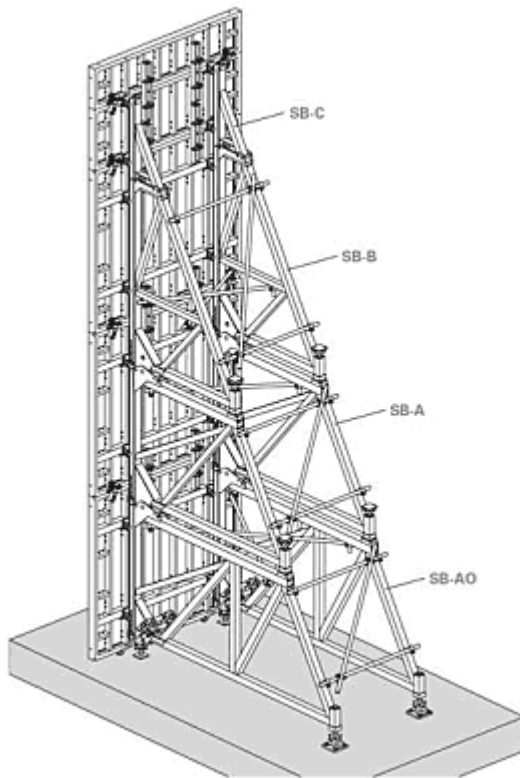
SB-tuet ovat kolmion mallisia ja ne tukevat muottia sen koko alalta muotin ulkopuolella. Itse tuki tukeutui maahan. Näin seinän läpi meneviä muottisiteitä ei käytetty eikä seinässä ole muottisiteiden jättämiä jälkiä. /7; 12; 13/



Kuva 10 Trio-muottijärjestelmä ja Stödböck-tukipukit



Kuva 11 Krokotiilikiinnike /12/



Kuva 12 Stödböck-tukipukki /12/

Holvissa telinetukena käytettiin PERI:n alumiinista MULTIPROP-pystytukijärjestelmää (Kuva 12). Tuki eli tyltty on teleskooppimainen, joka mahdollistaa yksittäisen tyltyn oikean korkeusaseman. Erimittaisten vaakakehien avulla tylyistä rakennettiin tukitorneja telinesuunnittelijan tekemän telinesuunnitelman mukaisesti. /11/ Tukitornien päälle rakennettiin rautapalkeista kehikko, joka kannatteli muottia. Muotti tehtiin holvin mallisista katto-ristikoista, jotka laudoitettiin ponttilaudalla. Holvin betonoinnin jälkeen reu-
napalkki rakennettiin kaaren varaan. /7/



Kuva 13 PERI-muottijärjestelmän Multiprop-tukitorneja

5.3 Kustannusarvio /4/

Tähän kohteeseen laadittiin budjetti kahdelle suuaukolle. Eteläisen suuaukkorakenteen rakentamiseen oli varattu 40 päivää. Työt oli suunniteltu alkavan toukokuun lopulla ja loppuvan heinäkuun puolessavälissä 2003. Pohjoisen suuaukkorakenteen rakentamisen suunniteltiin alkavan heti eteläisen suuaukkorakenteen jälkeen ja töiden loppuvan syyskuun puolessavälissä vuonna 2003. Myös pohjoisen suuaukkorakenteen rakentamiseen oli varattu 40 päivää.

5.4 Toteutuneet kustannukset /4/

Toteutuneet kustannukset olivat X XXX XXX SEK (liite 5). Tiedot keräsin Lemconin arkistosta suuaukkoholveille litteroitujen kuittien perusteella.

Palkkoja suuaukkorakenteen ammattirakennusmiehille maksettiin heinäkuusta joulukuuhun vuonna 2003.

Suuaukkorakenteiden rakentamisen vahvuus oli kaksi rakennusammattimiestä ja yksi rakennusmies.

5.5 Analyysi /4; 7/

Tämä analyysi on tehty taulukon 1 perusteella. Äsan suuaukkorakenteiden suunniteltu kustannus oli X XXX XXX SEK ja toteutunut kustannus oli X XXX XXX SEK. Määrä- ja hintaerot ovat suunniteltujen ja toteutuneiden määrien ja kustannusten eroja. Kahdesta suuaukkorakenteesta koitunut kustannusten ylitys oli XXX XXX SEK ja prosenteissa se on 29 %.

Työjohdon mukaan kustannuksiin vaikuttivat valvonnan vähäinen määrä, raudoituksen pieni määrä ja rakennusammattimiesten asenne.

Toisen suuaukkorakenteen holvin muotti jouduttiin rakentamaan uudestaan, kun lastausdumpperi ajoi sen rikki. Vakuutuksen korvaama summa otettiin huomioon suuaukkorakenteen lopullisissa kustannuksissa, joten ylitys ei selity onnettomuudella. Mutta määrä- ja hintaerot suunniteltujen ja toteutuneiden määrien ja kustannusten välillä selittyvät osin.

Taulukko 1 Äsan suuaukkorakenteen kustannukset. Yksikköhinnat ovat muutettu luottamuksellisista syistä.

NIMIKE	TARJOUSVAIHE				TEHTÄVÄ-SUUNNITTELU		TOTEUMA		
	määrä	yksikkö	yks.hinta	summa SEK	teor.määrä	tod.määrä	määrä	yks.hinta	summa SEK
Kaikki työtunnit	1808	h	100	180 800			2006	100	200 600
Muottimateriaali	476	m2	100	47 600	504	580	773	100	77 300
Raudoitusmateriaali	26208	kg	100,0	2 620 800	3258	3812	3812	100	381 200
Telineet	6	kk	100	600			8	100	800
Betonointimateriaali	174	m3	100	17 400	202	252	252	100	25 200
MUUT RAKENNUSTYÖT									
Nostotyöt		yks		0					500 000
Muut konetyöt		yks		500 000					500 000
Muut kustannukset		yks		500 000					500 000
YHTEENSA				3 867 200					2 185 100

Rakennusammattimiesten palkkoihin meni X XXX XXX SEK. Keskituntiansioksi muodostui XXX SEK, kun budjetoitu keskituntiansio oli XXX SEK/tunti.

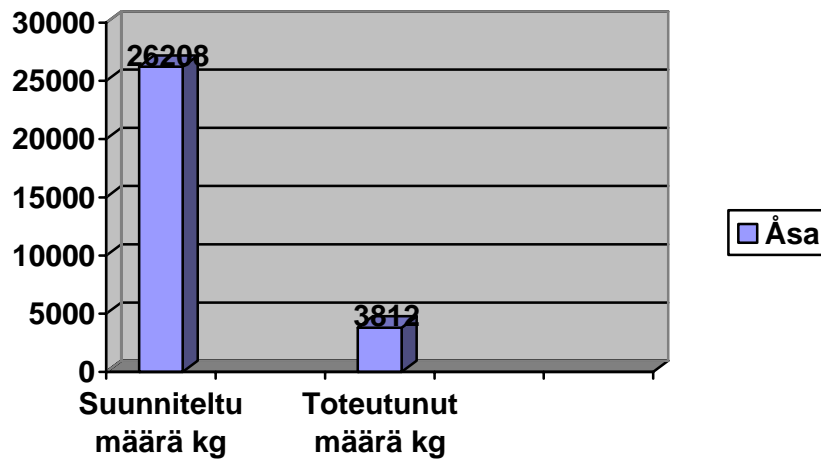
Rakennusammattimiesten tuntimäärän ylitys oli 198 tuntia eli 11 %. Kustannusylitys oli kuitenkin XXX XXX SEK, joka on 90 %. Tämä selittyy sillä, että rakennusammattimiehille maksettiin tulospalkkaa tuntipalkan lisäksi, jos työ edistyi suunniteltua nopeammin. Rakennusammattimiehet joutuivat tekemään toisen holvimuotin uudestaan, joten 198 tunnin ylitys ei ole kovin suuri.

Muotin puutavaraan kului XX XXX SEK, ja puutavaran neliöhinta oli XX SEK/ m^2 . Budjetoitu neliöhinta oli XXX SEK. Puutavaraa oli siis saatu huomattavasti halvemmalla kuin oli budjetoitu.

Muotin neliömäärän ylitys oli 297 m^2 (62 %). Tällöin kustannusylitys oli XX XXX SEK (19 %). Tarjousvaiheessa tehty budjetin mukainen neliömäärä oli pienempi kuin piirustusten mukainen. Tämä yhdessä onnettomuuden kanssa vaikutti toteutuneisiin neliömääriin. Muotin puutavaraa jouduttiin tilaamaan lisää.

Raudoituksen harjateräksiin rahaa kului XX XXX SEK. Harjateräksien yksikköhinta oli X SEK/kg, ja budjetoitu yksikköhinta oli X SEK/kg. Harjateräs oli siis kalliimpaa kuin oli arvioitu.

Harjateräksen tarve kohteessa arvioitiin toteutunutta isommaksi. Budjetissa arvio oli 26 208 kg, ja piirustusten mukainen arvo on 3 812 kg (hukkakerroin 1,17). Määräero piirustusten mukaisen ja tilatun harjateräksen välillä on 22 396 kg (Kuva 14). Tämä johtuu siitä, että urakoitsija käytti normienmukaista minimiraudoitusta ja tilaaja hyväksyi sen. Kustannuslaskutus oli XXX XXX SEK (85 %). Määrissä ja kustannuksissa oli selvä alitus.



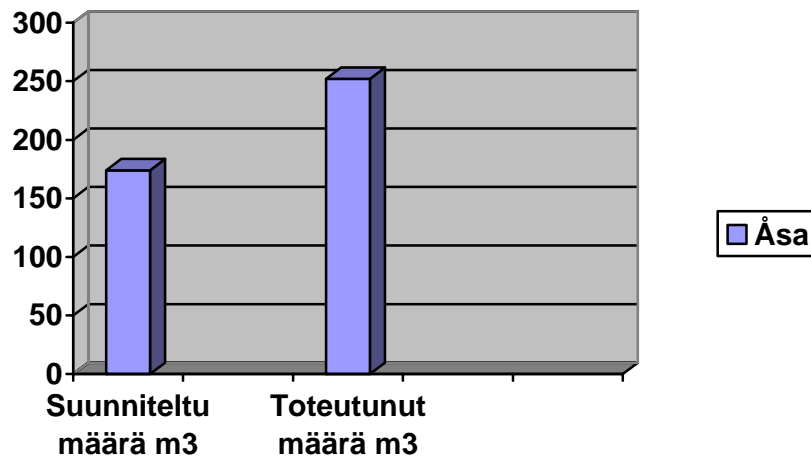
Kuva 14 Harjateräksen määrä kohteessa

Muottitelineitä suunniteltiin vuokrattavan kuuden kuukauden ajan työmaalle ja oletettiin sen maksavan XX XXX SEK. Kuukaudessa muottitelineiden kustannukset olivat suunnitellun mukaan X XXX SEK. Muottitelineet olivat vuokralla kahdeksan kuukautta XX XXX SEK kuukausivuokralla ja maksa-neet yhteensä XXX XXX SEK. Kustannusylitykseksi muodostui XXX XXX SEK (471 %).

Muottitelineitä pidettiin kauemmin työmaalla, koska toinen holvimuotti jou-duttiin tekemään uudestaan.

Betonin kokonaishinnaksi tuli XXX XXX SEK. Betonia valettiin 252 m³ ja sen yksikköhinta oli X XXX SEK/m³. Budjetoitu kuutiahinta oli X XXX SEK ja kustannusarvio XXX XXX SEK. Määräilytys piirustusten mukaisen ja tilatun betonin välillä oli 78 m³ (Kuva 15). Kustannusylitykseksi muodos-tui XXX XXX SEK (105 %).

Betonia ostettiin kalliimmalla kuin oli suunniteltu, ja betonin suuri yksikkö-hinta vaikuttaa tästä syystä huomattavasti kustannuksiin.



Kuva 15 Betonin määrä kohteessa

Muihin rakennustöihin oli budjetoitu XXX XXX SEK, ja näiltä osin toteutuneita kustannuksia oli XXX XXX SEK. Kustannusylitys oli XXX XXX SEK eli 28 %. Näihin muihin rakennustöihin kuuluvat nostot, muut konetyöt ja muut kustannukset.

Nostoihin oli budjetoitu X SEK ja rahaa kului XXX XXX SEK. Vastaavasti muihin konetöihin budjetoitiin XXX XXX SEK ja näiden kustannukset olivat XXX XXX SEK.

Muut kustannukset olivat XXX XXX SEK, kun niille oli budjetoitu XXX XXX SEK. Niihin kuuluvat rakennustarvikkeet, huolto ja muut alaurakat.

Rakennustarvikkeisiin rahaa kului yli kymmenkertainen määrä suunniteltuun. Rakennustarvikkeiksi luokitellaan rautakauppatavarat. Yksilöity selvitys päätettiin jättää tekemättä, koska se olisi vaatinut kohtuuttomasti aikaa.

Suurimmat kustannuseroja aiheuttavat tekijät tässä kohteessa olivat seuraavat:

- rakennusammattimiehille maksettu tulospalkka tuntipalkan lisäksi
- + teräksen vähäisempi käyttö

- muottitelineiden korkeammat vuokratkustannukset
- betonin määrän lisääntyminen
- muiden kustannusten lisääntyminen.

Rakennusammattimiehille maksetut palkat vaikuttavat eniten koko suuauk-
korakenteen rakentamisen kustannuksiin ja kustannusten ylitykseen.

Lemcon laskutti molemmista suuaukkorakenteista yhteensä X XXX XXX
SEK ja lisäksi lisä- ja muutostöistä XXX XXX SEK. Lisä- ja muutostyöt ai-
heutuivat pääosin kallioryöstöjen ruiskubetonoinnista. Tulos oli positiivinen
XXX XXX SEK eli 15 %, joten suuaukkorakenteiden rakentaminen oli kan-
nattavaa.

6 Åskottsbergin suuaukkorakenne

6.1 Kohde /14/

Åskottsberg sijaitsee Länsi-Ruotsissa, Botniabanalla. Se on Sundsvall-Umeå -rataosalla, Utnäsin kylässä eli noin 100 kilometriä Sundsvallin pohjoispuolella. Rataosa on yksiraideparinen. Tunnelitekniset työt aloitettiin viikolla 23 vuonna 2004 ja lopetettiin kesäkuussa 2006. Tunnelin pituus on 3000 metriä. Projektissa tilaajana toimi Botniaban Ab. Tarkastelen rautatietunnelin pohjoista ja eteläistä suuaukkorakennetta. Tunnelileikkauksen teoreettinen pinta-ala on 70 m^2 .

6.2 Työmenetelmä

Työmenetelmä oli sama kuin Åsan suuaukkoholveissa. Ensin tehtiin perustukset, sitten rakennettiin seinät ja seinien jälkeen holvirakenne. Lopuksi rakennettiin reunapalkki. Muotit ja muottitelineet toimittivat PERI. Osa raudoituksesta tilattiin tehdasvalmisteisena raudoitteena.

6.3 Kustannusarvio /4/

Tähän kohteeseen oli laadittu budjetti kahdelle suuaukolle. Pohjoisen suuaukkorakenne oli suunniteltu rakennettavan 40 päivässä syys- ja lokakuussa vuonna 2004. Etelän suuaukkorakenne suunniteltiin tehtävän myös 40 päivässä syys- ja lokakuun aikana vuonna 2005.

Kohteessa tehtiin muutostöitä tilaajan vaatimuksesta. Kahden viisimetrisen suuaukkorakenteen sijasta rakennettiin yksi viisimetrisen ja yksi 12 metrisen suuaukkorakenne.

6.4 Toteutuneet kustannukset /4/

Toteutuneet kustannukset ovat X XXX XXX SEK (liite 6). Tiedot olen kerännyt Lemconin arkistosta suuaukkoholveille litteroitujen kuittien perusteella.

Ammattirakennusmiesten palkkatietojen mukaan pohjoisen suuaukkorakenne tehtiin marraskuusta 2004 tammikuuhun 2005 ja etelän suuaukkorakenne heinäkuusta syyskuuhun vuonna 2005.

Työt tehtiin 3 - 5 ammattirakennusmiehen vahvuudella. Työkoneet vuokrattiin ja lainattiin.

6.5 Analyysi /4; 7/

Åskottsbergin suuaukkorakenteiden suunniteltu kustannus oli X XXX XXX SEK ja toteutunut kustannus oli X XXX XXX SEK. Määrä- ja hintaerot ovat suunniteltujen ja toteutuneiden määrien ja kustannusten eroja. Kustannusylijitys kahden suuaukkorakenteen osalta oli X XXX XXX SEK, ja prosentteina se on 54 %.

Kustannuksia ei pystytty seuraamaan tarvittavalla tarkkuudella. Rakennusammattimiesten tunteja tarkistettaessa löytyi väärin litteroituja tunteja. Myös materiaalienekit olivat liian isoja verrattaessa piirustuksiin. Teen arvion suunnitellun ja toteutuneen kustannuksen välillä perustuen piirustusten perusteella tehtyihin laskelmiin ja Lemconin arkiston kuittitietoihin. Arvio esitetään taulukossa 2.

Arvioon perustuen toteutuneet kustannukset olivat X XXX XXX SEK ja kustannusylijitys oli XXX XXX eli 34 %. Arviossa on yritetty huomioida pohjoisen suuaukkorakenteen suunnitelmamuutos viisimetrisestä 12 metriseksi. Hintaero selittyy muutostöistä aiheutuvilla kustannuksilla ja arvion lähtötietojen epätarkkuudella.

Taulukko 2 Åskottsbergin suuaukkorakenteen kustannukset. Yksikköhinnat ovat muutettu luottamuksellisista syistä.

NIMIKE	TARJOUSVAIHE				TEHTÄVÄ- SUUNNITTELU	TOTEUMA			
	määrä	yksikkö	yks.hinta	summa SEK	teor.määrä	tod.määrä	määrä	yks.hinta	summa SEK
Kaikki työtunnit	2256	h	100	225 600			2715	100	271 500
Muottimateriaali	410	m ²	100	41 000	442	508	510	100	51 000
Raudoitusmateriaali	20550	kg	100,0	2 055 000	23748	27785	27800	100,0	2 780 000
Telineet	6	kk	100	600			10	100	1 000
Betonointimateriaali	150	m ³	100	15 000	155	193	200	100	20 000
MUUT RAKENNUSTYÖT									
Nostotyöt		yks		500 000					500 000
Muut konetyöt		yks		500 000					500 000
Muut kustannukset		yks		500 000					500 000
YHTEENSA				3 837 200					4 623 500

Rakennusammattimiesten palkkoihin meni X XXX XXX SEK. Keskituntiansioksi muodostui XXX SEK. Budjetoitu keskituntiansio oli XXX SEK/tunti.

Rakennustyöntekijöiden tuntiylitys oli 459 tuntia eli 20 %. Kustannusylitys oli XXX XXX SEK eli 95 %.

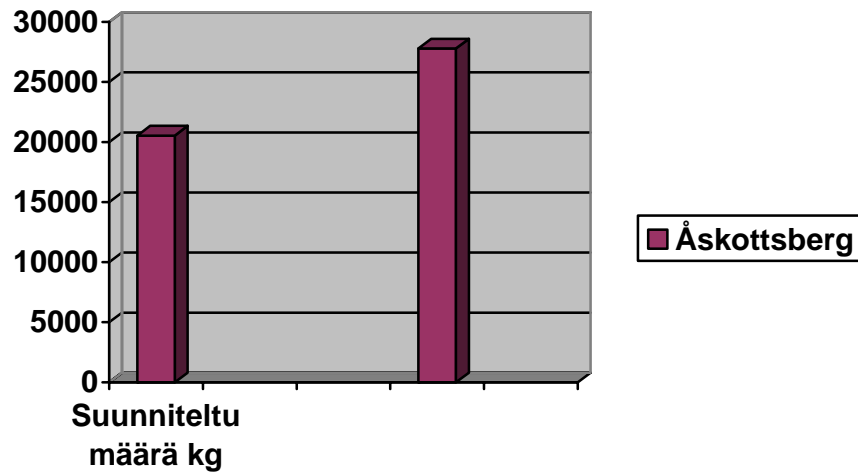
Muotin puutavaraan kului XX XXX SEK ja puutavaran yksikköhinta oli XX SEK/m². Budjetoitu neliökustannus oli XXX SEK. Puutavaraa saatiin huomattavasti halvemmalla kuin oli budjetoitu.

Muotin neliömääräylitys oli 100 neliometriä (24 %). Kustannusaliitus oli kuitenkin XX XXX SEK (36 %) johtuen halvemmalla hankitusta puutavarasta kuin oli suunniteltu.

Raudoituksen harjateräksiin rahaa kului XXX XXX SEK. Yksikköhinta oli XX SEK/kg, kun budjetoitu yksikköhinta oli XX SEK/kg. Harjaterästä hankittiin kalliimmalla kuin oli suunniteltu.

Budjetissa arvio oli 20 550 kg ja piirustusten mukainen arvo on 27 800 kg (hukkakerroin 1,17). Määräylitys piirustusten mukaisen ja arvioidun harjate-

räsmäärän välillä oli 7 250 kg (35 %). Kustannusylitykseksi muodostui XX XXX SEK (51 %).



Kuva 16 Harjateräksen määrä kohteessa

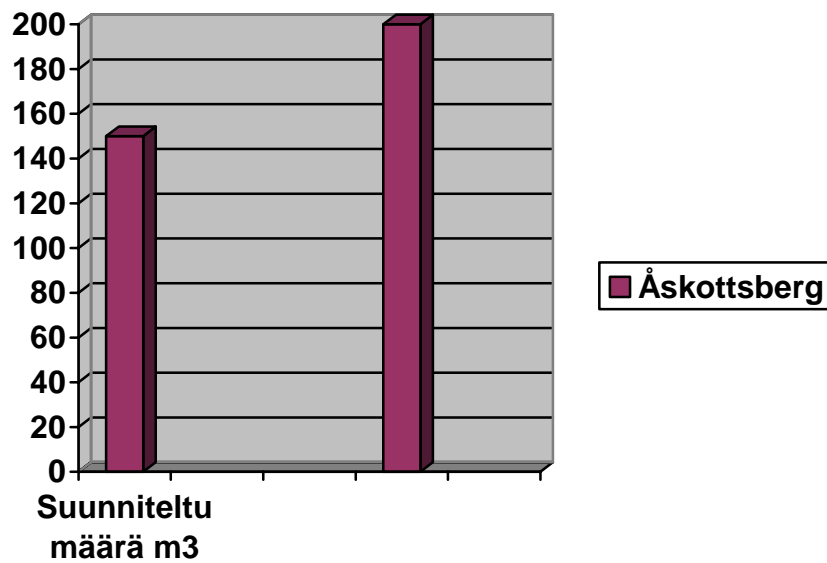
Muottitelineitä oli suunniteltu vuokrattavan kuuden kuukauden ajan työmaalle ja arvioitu sen maksavan XXX XXX SEK. Kuukaudessa muottitelineet maksaisivat suunnitellun mukaan XX XXX SEK.

Muottitelineet olivat vuokralla 10 kuukautta XX XXX kuukausivuokralla ja maksoivat yhteensä XXX XXX SEK. Kustannusylitykseksi muodostui X XXX SEK (1 %).

Muottitelineet unohdettiin palauttaa, kun työ oli tehty eikä niitä enää tarvittu työmaalla.

Budjetoitu kuutiohinta oli X XXXSEK. Arvion mukaan betonia olisi valettu 200 m³ (hukka 1,25) suuaukkoholveihin X XXX SEK yksikköhinnalla. Kustannusarvio oli XXX XXX SEK.

Määräilylitys budjetin ja arvion mukaisen betonin välillä on 50 m³ (33 %). Kustannusylitykseksi muodostuu XX XXX SEK (19 %). Budjetoitu ja toteutunut yksikköhinta pitävät hyvin paikkansa.



Kuva 17 Betonin määrä kohteessa

Muihin rakennustöihin oli budjetoitu XXX XXX SEK, ja näiltä osin toteutuneita kustannuksia oli XXX XXX SEK. Kustannusaliitus oli XX XXX SEK eli 7 %. Muihin rakennustöihin kuuluvat nostot, muut konetyöt ja muut kustannukset.

Nostoihin oli budjetoitu XXX XXX SEK ja rahaa kului XXX SEK. Vastavasti muihin konetöihin budjetoitiin XXX XXX SEK ja näiden kustannukset olivat XXX XXX SEK.

Muut kustannukset olivat XXX XXX SEK, kun niille oli budjetoitu XXX XXX SEK. Niihin kuuluvat rakennustarvikkeet, muottilukot, pulttaus, huolto, veden pumppaus, lämmitys ja muut alaurakat.

Yksilöity selvitys päätettiin jättää tekemättä myös tässä kohteessa, koska se vaatisi kohtuuttomasti aikaa. Åskottsbergin suuaukkorakenteen tarkkojen todellisten kustannusten selvittämiseksi täytyisi arkistoja käydä tarkemmin läpi ja tarkistaa kaikki kuitit.

Suurimmat kustannuseroja aiheuttavat tekijät tässä kohteessa olivat seuraavat:

- rakennusammattimiesten tuntimäärän ja yksikköhinnan korkeampi arvo
- + puutavaran alempi yksikköhinta
- teräksen määrän lisääntyminen
- muottitelineiden turha vuokran maksu
- betonin määrän lisääntyminen
- + muiden kustannusten vähentyminen.

Rakennusammattimiehille maksetut palkat vaikuttavat eniten koko suuaukkorakenteen rakentamisen kustannuksiin ja kustannusten ylitykseen.

Lemcon laskutti pohjoisen suuaukkorakenteesta X XXX XXX SEK ja etelän suuaukkorakenteesta X XXX XXX SEK. Lisäksi lisä- ja muutostöistä XXX XXX SEK. Lisä- ja muutostyöt aiheutuivat pääosin kallioryöstöjen ruiskubetonoinnista. Tulos oli positiivinen XXX XXX SEK eli 14 %, joten suuaukkorakenteiden rakentaminen oli kannattavaa.

7 Torbacken-Heden suuaukkorakenne

7.1 Kohde /8/

Kohde sijaitsee Etelä-Ruotsissa, Nygårdin kylässä. Nygårdin kylä sijaitsee noin 40 kilometriä Göteborgin pohjoispuolella. Torbacken-Hede -projekti on Göteborgin ja Trollhättanin välisen kaksoisraiteisen rautatien rakentamisen osaprojekti käsittäen 7,5 kilometriä rautatietä, josta noin kolme kilometriä on tunnelia. Projektin tilaajana toimii Banverket. Suuaukkorakenteen perustusten tekeminen aloitettiin kesällä 2006. Tunnelileikkauksen teoreettinen pinta-ala on 123 m^2 .

7.2 Työmenetelmä

Suuaukkorakenteen rakentaminen alkoi kallion paljastamisella perustusten kohdalla. Kallio puhdistettiin painevettä ja – ilmaa käyttäen. Perustusten tuplaus ja päätytopparit tehtiin sahapuutavarasta. Perustusten raudoitus tehtiin raudoitteesta. Ryöstöraudoitus hitsattiin ja rakenneraudoitus sidottiin eloksoidulla teräksellä.

Perustusten valun jälkeen rakennettiin seinät. Ensiksi asennettiin suodatin kangas kallion ja tulevan seinän väliin. Kallioon juotettiin pultteja, joihin hitsattiin I-palkkiristikko (Kuva 18). Ristikoon hitsattiin mutterit. Ristikko rakennettiin ja mutterit hitsattiin ristikkoon, koska tämän rakenteen avulla muottisiteiden paikat saadaan juuri niille kohdin kuin oli suunniteltu. Muottisiteet olivat komposiittia, joten ei haittaa, että muottisiteet ovat valun jälkeen valmiissa betonipinnassa, koska komposiittitanko ei ruostu.

Muotin päätytopparit tehtiin sahapuutavarasta. Toimiva raudoitus sidottiin raudoitteesta ja raudoituksen jälkeen tehtiin muotin tuplaus. Tuplaus tehtiin muottielementtinä, joka rakennettiin paikalla itse ja nostettiin paikalleen ajoneuvonosturilla.



Kuva 18 I-palkkiristikko muottisiteiden kiinnitykseen

Holvin raudoitus tehtiin esivalmistetusta raudoitteesta, ja raudat sidottiin kattoon juotettuihin pultteihin ennen muotin tekemistä. Holvin rakentamisessa käytettiin Cuplok-telinejärjestelmää.

Cuplok-telinejärjestelmä on galvanoitu, monikäyttöinen terästelinejärjestelmä, johon kuuluvat erikseen pystysuorat osat ja vaakasuorat osat. Osat kiinnitetään toisiinsa lukkolaitteella. Lukkolaite koostuu kahdesta kupista. Siinä on kiinteä alakuppi, joka on hitsattu pystysuoraan ennalta määrättyin välein sekä liikkuva yläkuppi, joka lukittuu haluttuun paikkaan vasaralla lyömällä. Cuplokin vaakasuoran osan voi asentaa mihin kulmaan vain nolasta 360 asteeseen. /10/

Cuplok-telinejärjestelmän päälle rakennettiin teräksisistä I-palkeista perustukset tuille, jotka kannattelevat puisia kattotuoleja. Kattotuolit toimivat muottina holville. Telinemuotti on kuvassa 19. Muotti rakennettiin tunnelin suuaukolla tunnelin ulkopuolella ja työnnettiin muotin ollessa valmis oikealle paikalleen.

Holvin telinejärjestelmän suunnittelu ja tavaran toimitus oli aliurakoitsijalla. Telineet piti suunnitella niin, että liikenne tunneliin ei saanut häiriintyä.

Muottiin tehtiin läpiviennit kuivatukselle. Holvi betonoitiin pumppaamalla betoni valuputken avulla muottiin. Betoni tiivistettiin putkeen asennetulla täryttimellä eli vibralla, koska tavanomainen vibraus muotin ja kallion välissä ei olisi onnistunut.



Kuva 19 Holvin telinemuotti (Cuplok-telinejärjestelmä, I-palkit ja kattotuolit)



Kuva 20 Cuplok-telinejärjestelmän osia /10/

Holvi valun jälkeen rakennettiin suuaukkorakenteen reunapalkki. Muotti tehtiin sahapuutavarasta ja raudoitettiin.

7.3 Kustannusarvio /4/

Tähän kohteeseen laadittiin budjetti kahdelle suuaukkorakenteelle. Aikataulu ei laadittu. Kahden ensimmäisen kuukauden aikana työmaalla oli kaksi ammattirakennustyömiestä sekä kaksi rakennustyömiestä. Projektin loppuajan työmaalla on kolme ammattirakennustyömiestä. Työkoneita tilataan tarpeen mukaan työmaalle vuokrausfirmasta.

7.4 Kustannusten arviointi toteutuneen perusteella /4/

Tuotannonarvolaskelma materiaaleille on esitelty taulukossa 4. Suunnitellut ja toteutuneet kustannukset on koottu taulukkoon 3, jossa on kustannusarvio kahdelle valmiille suuaukkorakenteelle.

Ennuste on tehty suunniteltujen kustannusten ja jo toteutuneiden kustannusten perusteella. Toteutuneet kustannukset ovat lokakuun 2006 tilanne. Etelän suuaukkorakenteen puutavara, teräkset, muottitelineet, vuokratkalusto sekä perustusten ja seinien betoni ovat laskutettu. Holvin ja reunapalkin betonia ei ole vielä laskutettu mutta ne on arvioitu. Pohjoisen suuaukkorakenteen puutavara ja teräkset ovat jo työmaalla varastoituna.

Suuaukkorakenteiden valmiusaste on 43 %. Tehtäväsuunnittelun mukainen kustannus olisi X XXX XXX SEK ja ennusteen mukaan X XXX XXX SEK. Kustannusylitys olisi siis X XXX XXX SEK.

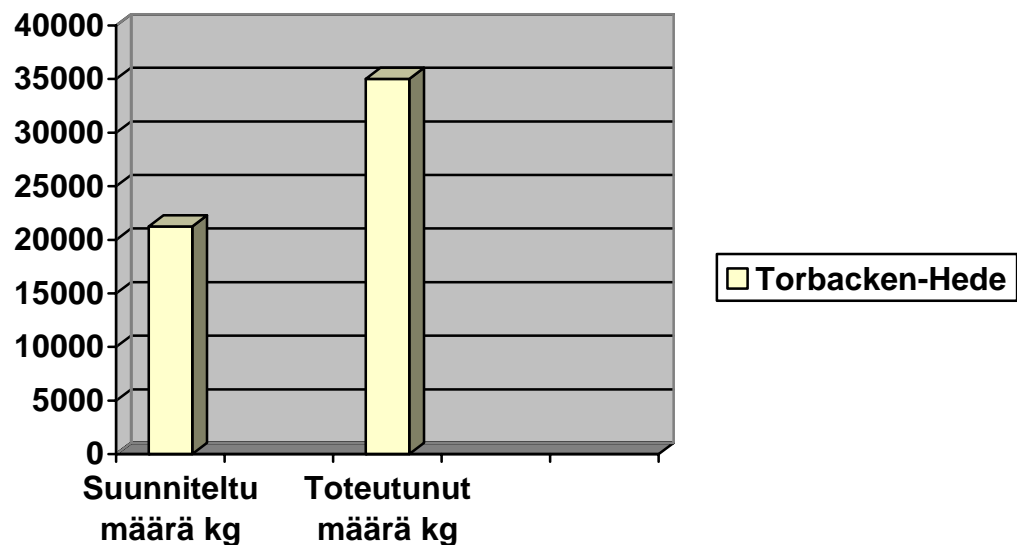
Taulukko 3 Torbacken-Heden suuaukkorakenteen kustannusarvio (lokakuu 2006). Taulukkoa on muutettu luottamuksellisista syistä.

ARVIO 2 rakennetta					
	Tehtäväsuunnittelu	Toteuma	Ennuste	Valm.%	Tulos
SEK	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	43 %	XXXXXX

Taulukko 4 Torbacken-Heden suuaukkorakenteiden tuotannonarvolaskelma

NIMIKE	yksikkö	SUUNNITELMA			TUOT. ARVO		TOT.
		teht. yht.	valm. %	määrä	valm. %	määrä	määrä
MATERIAALI							
muotti	m ²	646	100 %	646	100 %	646	601
raudoitus	ton	21,233	100 %	21,2	100 %	21,2	35,007
telineet	kk	6	67 %	4	57 %	3,4	4
betonointi	m ³	213	28 %	60	25 %	53	86

Etelän suuaukkorakenteen raudoituspiirustusten mukaan terästä on 7 751 kg. Olettaen, että pohjoiseen rakennetaan samanlainen rakenne kuin etelään, kokonaisteräsmääräksi tulee 21 233 kg (hukka 1,17). Työmaalle on tilattu yhteensä 35 007 kg terästä. Raudoite on arvioitu maksavan X SEK/kg ja toteutunut on X SEK/kg. Esivalmistettu raudoite on arvioitu maksavan X SEK/kg mutta kustannus on ollut X SEK/kg.



Kuva 21 Harjateräksen määrä kohteessa

Sahapuutavaran suunniteltu määrä oli 646 m² ja työmaalle on tilattu 601 m². Budjetoitu kustannus on XX XXX SEK ja toteutunut XX XXX SEK. Suunniteltu yksikköhinta on XX SEK/m² ja toteutunut on XX SEK/m².

Puutavaraa on käytetty tunnelin mittapatoihin ja ruiskubetonin testitauluihin. Puutavaraa on saatu yksikköhinnaltaan halvemmalla mutta tavaraa on tilattu enemmän kuin oli suunniteltu. Silti kustannukset alittuvat, eivät kuitenkaan ratkaisevasti.

Betonia käytetään ennusteen mukaan 344 m^3 ja oli suunniteltu käytettävän 213 m^3 . Betonin yksikköhinta on ollut rännillä valettaessa $X \text{ XXX SEK/m}^3$ ja pumpulla valettaessa $X \text{ XXX SEK/m}^3$. Rännivalu on budjetissa arvioitu maksavan $X \text{ XXX SEK/m}^3$ ja pumpulla $X \text{ XXX SEK/m}^3$. Rännivalu on ollut kalliimpaa mutta pumppuvalu halvempaa kuin oli suunniteltu.

Kustannusylitys tapahtuu ennusteen mukaan, koska betonia valetaan enemmän.

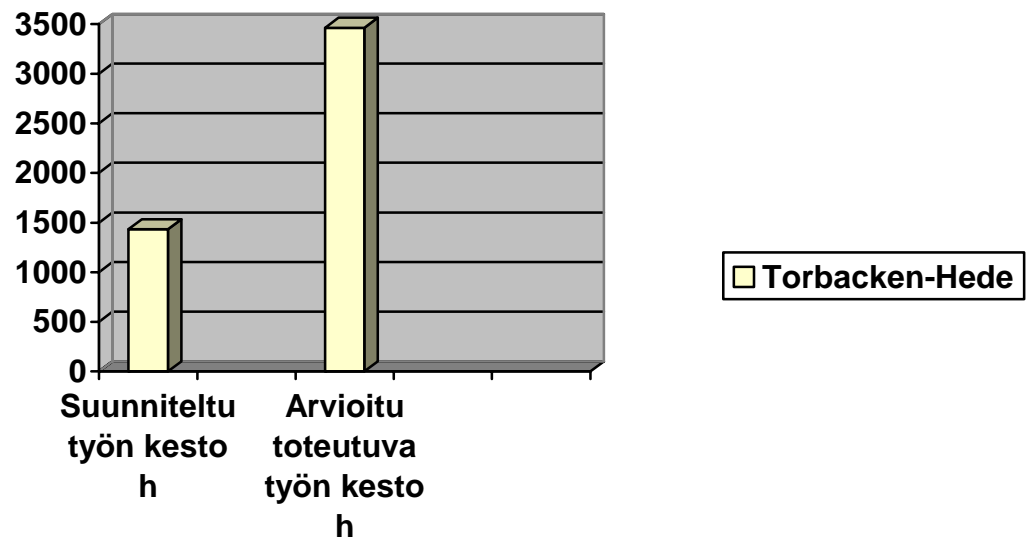
Muottitelineiden vuokrat ja muotti ovat budjetoitu maksavan XXX XXX SEK ja olevan työmaalla kuusi kuukautta. Kuukausikustannukseksi tulee siis XX XXX SEK/kk . Lokakuuhun 2006 mennessä muottitelineet ovat olleet neljä kuukautta työmaalla ja maksaneet XXX XXX SEK . Kuukausikustannus on XX XXX SEK . Seinien valutelineet kuuluvat muottikustannuksiin.

Rakennusammattimiesten keskituntiansioksi on arvioitu XXX SEK/tunti . Arvion mukaan kahden suuaukkorakenteen rakentaminen kestäisi 1433 tuntia. Työn kustannus olisi XXX XXX SEK .

Työn valmiusasteen ollessa 38 % työhön olisi budjetin mukaan pitänyt kulua 545 tuntia. Todellisuudessa on kulunut 1558 tuntia ja työkustannukset ovat XXX XXX SEK ja tuntikustannus on XXX SEK . Ennusteen mukaan työn kustannus olisi $X \text{ XXX XXX SEK}$ ja työ kestää 3462 tuntia. Se on XXX XXX SEK enemmän kuin budjetissa.

Etelän suuaukkorakenne muutettiin viisimetrisestä seitsemänmetriseksi. Tämä aiheuttaa lisätyötä. Myös tunneissa saattaa olla merkitty kesäaikaisten rakennusmiesten tunnit. Olen pyrkinyt ottamaan huomioon nämä asiat en-

nusteessa mutta virheen mahdollisuus on olemassa. Rakennusammattimiehille menee enemmän aikaa suuaukkorakenteen rakentamiseen kuin oli suunniteltu. Tämä johtuu siitä, että työmaalla oli kaksi kirvesmiestä eikä yhtään raudoittajaa. Kirvesmiesten raudoittaessa raudoitus kestää kauemmin ja kustannukset nousevat.



Kuva 22 Suuaukkorakenteen työn kesto

Suurimmat kustannuseroja aiheuttavat tekijät tässä kohteessa olivat seuraavat:

- rakennusammattimiesten tuntimäärän lisääntyminen
- + puutavaran vähäisempi määrä
- teräksen määrän lisääntyminen
- muottitelineiden korkeammat kustannukset
- + betonin määrän lisääntyminen

Rakennusammattimiehille maksetut palkat vaikuttavat eniten koko suuaukkorakenteen rakentamisen kustannuksiin ja kustannusten ylitykseen.

Lemcon laskutti etelän suuaukkorakenteesta X XXX XXX SEK ja lisäksi lisä- ja muutostöistä XXX XXX SEK. Lisä- ja muutostyöt aiheutuivat pääosin kallioröyrystöjen ruiskubetonoinnista. Pohjoisen suuaukkorakenteesta arvioi-

daan saatavan X XXX XXX SEK. Tulos olisi positiivinen X XXX XXX
SEK eli 32 %, joten suuaukkorakenteiden rakentaminen olisi kannattavaa.

8 E18 Lakianmäen suuaukkorakenne

8.1 Kohde /15/

E 18 -hankkeessa rakennetaan noin 50 kilometriä pitkä kaksiajoratainen ja nelikaistainen moottoritie Muurlan ja Lohjan välille tie- ja liittymäjärjestelyineen. Maaston ja ympäristönäkökohtien vuoksi moottoritielle tulee seitsemän tietunnelia, jotka kaikki ovat kalliotunneleita. Tunneleiden yhteispituus on 5,2 kilometriä ja pisin on Karnaisten 2245 metriä pitkä tunneli. Kaikki moottoritietunnelit ovat kaksoistunneleita. Ajoneuvotunnelit yhdistetään toisiinsa palo- ja savuosastoiduilla yhdystunneleilla.

Lakianmäki on Muurlassa. Tarkastelen yhtä Lakianmäen tunnelin läntistä suuaukkorakennetta. Tunnelipoikkileikkauksen teoreettinen pinta-ala on 108 m^2 ja suuaukkorakenne on kokonaisuudessaan tunnelin ulkopuolella. Suuaukkorakenteen pituus on seitsemän metriä.

8.2 Työmenetelmä /6/

Tunnelin louhinnan alkaessa suuaukolle tehdään molemmille sivuille hyllyt, joihin valetaan louhintapalkit (Kuva 23). Näin poraaminen helpottuu tunnelin reuna-alueilla, kun voidaan porata tasaista pintaa vasten. Saadaan myös siisti jälki suuaukkorakenteen seinälle. Louhintapalkit toimivat myöhemmin holvin muotin tukena.

Suuaukkorakenteen tekeminen alkaa vasta, kun tunneli on louhittu läpi. Tässä kohteessa ei tehdä lainkaan perustuksia eikä suuaukkorakenne ylety tunnelin sisään. Seinien tekeminen rajoittuu vain tunnelin ulkopuolelle ja holvin perustuksena ollessa louhintapalkki niin siniä ei tarvitse tehdä kuin reunapalkille.

Kun seinät on valettu, niin pystytetään PERI-telineet (MULTIPROP). Telineet pystytetään niin, että liikenne tunneliin säilyy. PERI:n palveluun kuuluu telinesuunnitelmat ja telineiden toimittaminen.

Telineiden päälle asennetaan Rannilan profiilipelti muotiksi. Muotti tuetaan louhintapalkkiin ropuilla (pikanauloilla). Tämän jälkeen pystytetään PERI:n telineet myös reunapalkille. Tehdään reunapalkin päätytoppari, raudoitetaan holvi sekä osa reunapalkista. Valetaan koko holvi ja osa reunapalkista. Sitten jatketaan reunapalkin muotin tekeminen loppuun ja valetaan.

Tässä kohteessa on asetettu vaatimuksia suuaukkorakenteen esteettisyydelle ja reunapalkin kulmia viistetään. Tämä aiheuttaa lisätöitä muotin ja raudoituksen tekoon. Puumuotti rakennetaan sahatavarasta ja osa raudoituksesta on tehdasvalmisteista raudoitetta ja osa on raudoitetta.



Kuva 23 Lakianmäen pohjoinen suuaukkorakenne rakentamisvaiheessa

8.3 Kustannusarvio /6/

Määrälaskelma on tehty tähän kohteeseen mutta budjettia ei ole tehty.

Työryhmässä on kuusi ammattirakennustyömiestä. Työkoneena heillä on kuorottaja. Kohteen aluevastaava on suunnitellut, että seitsemässä viikossa kuusi miestä tekee kaksi holvia ja kaksi reunapalkkia.

8.4 Kustannusten seuranta toteutuneen perusteella

Kustannusarvion mukaan yksi suuaukkorakenne maksaa XX XXX € Kustannusarvio on tehty määrälaskelman perusteella. Kustannusarvio on melko karkea ja antaa käsityksen, mitkä suuaukkorakenteen kustannukset ovat tällä työmenetelmällä.

Suurin kustannus olisi rakennusammattimiesten palkat. Betoni, poimulevy ja raudoitus maksavat myös huomattavan summan. Muottitelineiden kustannukset ovat yllättävän pienet muihin kohteisiin verrattaessa.

Tarkempi tarkastelu vaatisi toteutunutta kustannustietoa ja tarkempaa budjetin laatimista.

9 Suuaukkorakenteen työmenetelmien ja kustannusten vertailu

9.1 Työmenetelmien vertailu

Åsassa, Åskottsbergissä ja Torbacken-Hedellä työmenetelmä on sama. Muottimateriaalissa, muottitelineissä, raudoituksen määrässä ja raudoituksen materiaalin valmiusasteessa on eroja. Nämä vaikuttavat työsuoritukseen ja sen nopeuteen sekä olennaisesti kustannuksiin. Lakianmäen tunnelin suuaukkorakenteen rakentamista on vaikea verrata näihin, sillä siellä suuaukkorakenteen rakentamista on vaikea verrata näihin, sillä siellä suuaukkorakenteen ei ulotu tunnelin sisään ollenkaan. Työmenetelmä on periaatteeltaan aivan toisenlainen, koska holvi on helpompi valaa ja aikaa rakentamiseen kuluu vähemmän.

Åsassa ja Åskottsbergissä perustusten muotissa käytettiin sahapuutavaraa, samoin Torbacken-Hedellä. E18-kohteessa perustuksia ei tehdä lainkaan.

Seinien rakentamisessa on eroja. Åsassa ja Åskottsbergissä oli PERI:n TRIO-muotti lautapinnalla ja tukena SB-tuki. Torbacken-Hedellä tehtiin sahapuutavarasta ja komposiittimuottisiteet kiinnitettiin seinän rakenteeseen jäävään teräspalkkiristikoon. E18-kohteessa seinät tehtiin sahapuutavarasta.

Holvin muottitelineissä käytettiin Cuplok-järjestelmää Torbacken-Hedellä ja PERI:n MULTIPROP-järjestelmää Åsassa ja Åskottsbergissä. Kaikissa kolmessa kohteessa käytettiin kattoristikoita lautapinnalla holvimuottina. E18-kohteessa profiilipeltimuotti tukeutuu louhintapalkkeihin ja PERI:n MULTIPROP-pystytukijärjestelmään.

Ruotsin kohteissa reunapalkki tehdään holvin valun jälkeen mutta E18-kohteessa holvista valetaan ensin osa ja toinen osa holvista valetaan reunapalkin kanssa samanaikaisesti.

9.2 Kustannusten vertailu

Tähän on koottu indeksillä korjatut toteutuneet kustannukset. Korjaus on tehty lokakuulle 2006. Åsan suuaukkorakenteen toteutunut kustannus on X XXX XXX SEK, Åskottsbergin arvioon perustuen toteutuneet kustannukset ovat X XXX XXX SEK, Torbacken-Heden kustannukset ennusteen mukaan olisivat X XXX XXX SEK ja E18-kohtessa kustannus kahdelle suuaukolle olisi XXX XXX € joka on XXX XXX SEK (9,0801 SEK/€ otettu 29.11.2006).

Paremmien kohteiden kustannuksia pystyy vertaamaan, kun lasketaan suuaukkorakenteelle kustannukset metriä kohti. Nämä kustannukset ovat esitetty taulukossa 5. Siitä näkee, että kustannukset ovat nousseet projektien edetessä mutta ovat olleet suuruusluokaltaan samoja. Nousu johtuu tilaajien vaatimustason noususta. Taulukosta 5 näkee myös, että Lakianmäen suuaukkorakenne on huomattavasti kustannuksiltaan alhaisempi kuin Ruotsin kohteet.

Taulukko 5 Kustannukset per metri (korjattu indeksillä lokakuulle 2006). Taulukkoa on muutettu luottamuksellisista syistä.

Kohde	Asa	Askottsberg	TH	Lakianmäki
SEK/m	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXX

Paras tulos saavutetaan todennäköisesti Torbacken-Hede -projektissa eli 32 %. Projekti on kuitenkin vielä käynnissä, joten arvio perustuu ennusteeseen. Åsassa ja Åskottsbergissä tehtiin myös hyvät tulokset. Lakianmäestä ei ole saatu tietoa. Tulokset ovat taulukossa 6.

Taulukko 6 Tulokset kohteissa. Taulukkoa on muutettu luottamuksellisista syistä.

Kohde	Asa	Askottsberg	TH	Lakianmäki
Kustannus	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	-
Tulos	XXXXX	XXXXX	XXXXXX	-
Tulos %	15 %	14 %	32 %	-

Åsan suuaukkorakenteen rakentaminen on sujunut kohtalaisesti suunnitelmiin verrattaessa. Tulos oli kuitenkin hyvä. Reiluja kustannusylityksiä oli muottitelineiden, betonin ja muiden töiden sekä rakennusammattimiesten työn kustannusten osalta. Kohteessa rakennusammattimiehille on maksettu tulospalkkaa tuntipalkan lisäksi työn edetessä nopeammin kuin oli suunniteltu. Pitää myös kuitenkin ottaa huomioon, että toinen holvimuotti jouduttiin tekemään uudestaan. Harjaterästä arvioitiin käytettävän enemmän kuin käytettiin ja tässä oli selvä kustannusaliitus. Muottitelineitä on pidetty kauemmin työmaalla, koska toinen holvimuotti jouduttiin tekemään uudestaan.

Åskottsbergissä rakentaminen on sujunut pääosin suunnitellusti mutta rakennusammattimiesten työn kustannukset ylittyivät reilusti. Telinekustannuksissa olisi säästetty, jos telineitä ei olisi unohdettu työmaalle.

Torbacken-Heden kustannukset näyttävät ylittyvän ennusteen mukaan mutta pitää odottaa projekti loppuun ennen kuin voi ottaa kantaa kokonaiskustannuksiin. Ennusteen mukaan tulos olisi kuitenkin erittäin hyvä. Rakennusammattimiehillä menee enemmän aikaa suuaukkorakenteen rakentamiseen kuin oli suunniteltu mutta materiaalien ja työmaatekniikan kustannukset ylittävät vain hieman suunnitellun.

E18-kohde on huomattavasti halvempi, koska perustuksia ei tehdä lainkaan eikä rakenne ylety tunnelin sisälle. Seinärakenne on erilainen eikä vaadi niin suurta työtä kuin Ruotsin kohteissa. Lisäksi rakenne on helpompi valaa.

PERI:n muottijärjestelmä näyttäisi olevan halvempi kuin Britekin Cuplok, jota on käytetty Torbacken-Hedellä.

10 Johtopäätökset

Tässä työssä on tehty jälkikustannuslaskelmat Åsasta ja Åskottsbergistä. Tutkimuksen jälkilaskentatiedot ovat epätarkkoja.

Torbacken-Hede-projektista on tehty tehtäväsuunnitelma viiden metrin pituiselle suuaukkorakenteelle ja toteuman perusteella laadittu ennuste kohteen kustannuksista ja tuloksesta.

E18-kohteen Lakianmäen suuaukkorakenteesta on tehty tuotantolaskelma. Kohteessa käytettyä työmenetelmää profiilipeltimuotista kannattaa kehittää käytettäväksi myös suuaukkorakenteessa, joka ylettyy tunnelin sisään. Käytettäessä profiilipeltiä muotin purkutyötä ei tarvitse suorittaa.

Työssä kävi ilmi, että suuaukkorakenteiden rakentamisen kustannustarkkailua pitää tehostaa. Lisäksi työmenekkiä on seurattava, jotta saadaan tarkempi työmenekki suuaukkorakenteen rakentamiselle ja tehtyä tarkempi tehtäväsuunnitelma.

Myös telinemuottikustannukset kattavat ison osan suuaukkorakenteiden kustannuksista, joten muottijärjestelmän valitsemiseen ja vuokra-ajan minimoimiseen pitää kiinnittää huomiota..

Kustannuksia syntyy myös pulttaamisesta, kaivuista, nostoista, henkilönostimista, rakennustarvikkeista, lämmittämisestä, huollosta ja viimeistelytyöistä. Nämä suuaukkorakenteen muut työt kustantavat myös ison osan suuaukkorakenteen rakentamisesta.

Hankkeen tietoja ylläpidetään tarkkailulaskelmien ja tuotannon valvonnan keinoin. Suuaukkorakenteen rakentamisesta vastaavan laatii tehtäväsuunnitelma, jonka toteutumista rakentamisen työnjohtaja seuraa ja raportoi vastaavalle esimerkiksi kahden viikon välein. Vastaava voi toteutuneen perusteella

tehdä ohjauspäätöksiä. Näin saamme tietoa kohteen tuotannon toteutumisen ja suunnitelman eroista.

Tehtäväsuunnitelma laaditaan silloin, kun hanke on saatu, jotta sen tuottaman tiedon perusteella tuotantoa voidaan ohjata. Tällä varmistamme, että tuotanto etenee tuotantosuunnitelmien mukaisesti ja asetetut tavoitteet täyttyvät.

Liitteissä 4-7 on esitetty tuotannon valvonnan seuraamiseen lomakkeita. Kustannustarkkailua varten laaditaan tehtäväsuunnitelma. Sen perusteella on hyvä tehdä myös kustannus-määrä -kuvaaja. Toteutumaa tarkkaillaan projektin etenemisen aikana.

Suuaukkorakenteen työnjohtaja täyttää valvontavinjettiä ja työn seurantalistaa, jotka ovat liitteessä 4. Työnjohtaja täyttää vinjettiä ja seurantalistaa työn edistyessä ja niiden avulla työnjohtaja raportoi vastaavalle työn edistymisen. Vinjetistä ja seurantalistasta näkee työkohteen tilanteen, vapautumisen, sitoutumisen, alkamis- ja loppumisajankohdan ja käytetyt työntekijätunnit.

Materiaaleille ja työmaatekniikalle on seurantalistaa myös liitteessä 4, joista näkee rakennusosaan käytetyt materiaalmäärät ja mitä alaurakoita on tehty. Saamme siis tuotannon etenemisen tietoa ja mahdollisesti asetettujen välitavoitteiden saavuttamisesta tietoa. Toteuman kustannustarkkailun tietoa on hyvä esittää graafisesti myös vastaavan laatimassa kustannus-määrä -kuvaajassa.

Suuaukkorakenteen rakentamisen vastaava tekee työnjohtajan raporttien perusteella tuotannonarvolaskelmaa. Esimerkki on esitelty liitteessä 5. Siitä näkee suunnitellun ja tuotannon arvon sekä toteutuneet työntekijätunnit ja myös hankitut materiaalit.

Jälkilaskennan helpottamiseksi työnjohtajan on hyvä täyttää materiaali- ja alaurakoiden seuraamislomaketta. Se on esitetty liitteessä 6. Siitä näemme:

- kuka on toimittanut materiaalia
- milloin materiaali on toimitettu
- mihin materiaalia on käytetty
- mitä materiaali on
- kuinka paljon materiaalia on tilattu
- mikä on materiaalin yksikköhinta
- mikä on materiaali kokonaishinta.

Liite 7 on paikka-aikakaavio perustuksen rakentamisesta. Vastaava työnjohtaja tekee kaavioon aikataulun kunkin osakohteen rakentamisesta yleisaikataulun perusteella. Työnjohtaja merkitsee samaan kaavioon toteutuneen työn. Näemme siis kaaviosta tehtävien yhteensovituksen, tuotantonopeuden ja kohteen rakentamistilanteen sekä voimme arvioida toteutunutta tietoa suunniteltuun.

Tämän kustannusselvityksen perusteella suuaukkorakenteen perustukset kannattaa tehdä sahapuutavarasta ja raudoitteesta.

Seinät kannattaa rakentaa sahapuutavasta, tehdasvalmisteista raudoitteista ja muottisiteille kannattaa rakentaa ristikko, joka jää rakenteeseen.

Holvien muottiteline kannattaa tehdä PERI:n MULTIPROP-telinejärjestelmällä, muotti kattotuoleista ja rauditus tehdasvalmisteisista raudoitteista.

Reunapalkki kannattaa rakentaa sahapuutavarasta. Raudoitustyössä ei kannata käyttää esivalmistettuja raudoitteita.

Erityistä huomiota tulee kiinnittää työntekijätuntien tarkkailuun, muottitelineiden vuokra-ajan minimoimiseen, betonihukan minimoimiseen sekä resursien mitoitukseen ja valvontaan.

Sopiva työryhmän koko on 2 – 3 rakennusammattityömiestä ja 1 – 2 rakennusmiestä. Koneet sekä laitteet kannattaa vuokrata.

Lähteet

Painetut lähteet

- 1 Enkovaara, Haveri, Jeskanen, Rakennushankkeen kustannushallinta. Rakennusteollisuuden Keskusliitto ja Rakennustietosäätiö 1998.
- 2 Kankainen, Sandvik, Rakennushankkeen ohjaus. Rakennustietosäätiö ja Rakennusteollisuuden Keskusliitto ry 2004.
- 3 Korhonen, Kari, Beskrivning av etapp Åsa tunneln, 2004.
- 4 Lemcon Ltd filial Sverige. Tietokanta, 2006.
- 5 Vägverket Konsult, Arbetsbeskrivning, Projekt Torbacken-Hede, 2006.

Haastattelut

- 6 Illikainen, Pekka, aluevastaava. Haastattelu 12.10.2006. E18 TYL.
- 7 Taatila, Veli, projektipäällikkö. Keskustelut syksyllä 2006. Lemcon Ltd Finland, filial Sverige.

Sähköiset lähteet

- 8 Banverket. [www-sivu]. [otettu 6.11.2006] Saatavissa: <http://www.banverket.se/templates/StandardTtH2591.asp>
- 9 Banverket. [BV Bro]. [otettu 19.12.2006] Saatavissa: <http://ida.banverket.se/bvdokextern/ViewPdfDoc.aspx?vaultid=90&docid=30>
- 10 Patent Construction Systems. [www-sivu]. [otettu 6.11.2006] Saatavissa: http://www.peshd.com/products/scaffolding/product_view.php?DataSchemeID=10&ContentID=9
- 11 PERI Suomi Ltd Oy. [www-sivu]. [otettu 6.11.2006] Saatavissa: <http://www.perisuomi.fi/pystytuot.html>
- 12 PERI Suomi Ltd Oy. [www-sivu]. [otettu 6.11.2006] Saatavissa: <http://www.perisuomi.fi/seinamuotit.html>
- 13 PERI Suomi Ltd Oy. [www-sivu]. [otettu 6.11.2006] Saatavissa: <http://www.perisuomi.fi/tuet.html>
- 14 Projekt Botniabanan. [www-sivu]. [otettu 6.11.2006] Saatavissa: <http://www.botniabanan.se/templates/BotniaStandardPage.aspx?id=3864>

- 15 Tiehallinto. [www-sivu]. [otettu 6.11.2006] Saatavissa:
<http://alk.tiehallinto.fi/e18>
- 16 Tiehallinto. [SYL 3 Betonirakenteet]. [otettu 20.12.2006] Saatavissa:
http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl3_2005v.pdf
- 17 Vägverket. [Bro 2004]. [otettu 19.12.2006] Saatavissa:
<http://www.vv.se/filer/publikationer/4.pdf>