

**Saimaan ammattikorkeakoulu**  
Tekniikka, Lappeenranta  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma  
Infratekniikan suuntautumisvaihtoehto

Mikko Kauppi

## **Rakennustyö tuotannossa olevaan tehtaaseen**

## **Tiivistelmä**

Mikko Kauppi

Rakennustyö tuotannossa olevaan tehtaaseen, 29 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Infratekniikan suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: Yliopettaja Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu, työpäällikkö Mikko Kankkunen, Kymecon Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia pinnoitepuristinsyvennyksen työmenetelmiä ja haasteita. Tavoitteena on löytää parannusehdotuksia toteutustavoille, jotka mahdollisesti nopeuttaisivat työn valmistumista.

Työ toteutettiin vaneritehtaaseen, jossa oli koko rakennustyön aikana tuotanto käynnissä. Pinnoitepuristinsyvennyksen pääurakoitsijana oli Kymecon Oy.

Varsinaiset rakennustyöt Kymecon Oy pääsi aloittamaan omalta osaltaan lokakuussa 2011. Ennen tätä vanha pinnoitepuristinkoneisto oli poistettu uuden syvennyksen tieltä ja uuden syvennyksen maanrakennustyöt olivat tehtyinä.

Projekti saatiin valmiiksi vuoden 2011 loppuun mennessä.

Kohteen haasteellisimpia asioita olivat vaneritehtaan tuotannon häiriöiden minimointi sekä kaivannon kuivanapito.

Idean opinnäytetyön aiheesta sain työskenneltyäni käsiteltävässä rakennusprojektissa työhön osallistuvana työnjohtajana. Suurin syy aiheen syntymiseen oli ajatus löytää vaihtoehtoja yleisille ja tavanomaisille toteutustavoille. Tässä opinnäytetyössä löysin muutamia varteenotettavia vaihtoehtoja liittyen väliaikaiseen tuentaan ja syvennyksen betoniseinän toteutukseen, joita käsittelen myöhemmin tässä työssäni.

Asiasanat: betoniseinä ,syvennys, tuki, toteutustapa,

## **Abstract**

Mikko Kauppi

Construction work in mill, 29 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Construction Management Degree

Infrared Technology

Bachelor's Thesis 2012

Instructors: Mr. Tuomo Tahvanainen, senior lecturer, Saimaa University of Applied Sciences. Mr. Mikko Kankkunen, technical manager, Kymecon Oy

The purpose of this final year project was to survey the work methods and challenges concerning a plating squeezer hollow placed in a mill in production. The objective was to find proposals for improvement for the methods and probably alternative choices to improve the final result both economically and timewise.

The main contractor for the plating squeezer hollow was Kymecon Oy. Kymecon Oy started their own actual constructions in October 2011. Before this the old plating squeezing machinery was removed because of the new hollow and the ground work for this new hollow was also completed. The project was completed at the end of the year 2011.

The challenging things in the building site were considered to be minimizing the disruptions of production and keeping the excavation dry, just to mention a few.

The idea of the last year project was created after working on the project as a construction project supervisor. The main reason for the creation of the topic was the idea of investigating the options for the general and conventional ways of implementation. This work found some very credible implementation options, which will be compared in this work. Implementation options consider the concrete wall and temporary bracket.

Keywords: concrete wall, hollow, bracket, method of implementation

# Sisältö

1 Johdanto .....	5
2 Kymecon Oy .....	6
3 Työmaa ja valmistelevat työt.....	7
4 Työturvallisuus .....	8
5 Työvaiheet .....	10
5.1 Purkutyö .....	10
5.2 Tuenta .....	11
5.3 Paalutus .....	12
5.4 Pohjalaatta .....	12
5.5 Seinät .....	13
6 Haittatekijät .....	16
7 Vaihtoehtoiset toteutustavat.....	18
7.1 Tuenta .....	18
7.2 Seinä .....	19
8 Yhteenveto.....	25
Kuvat.....	27
Lähteet.....	28

## Liitteet

Liite 1 Yleisaikataulu kasettimuottijärjestelmällä toteutettuna

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia Kymecon Oy:n toteuttaman pinnoitepuristinsyvennyksen valu- ja maanrakennustöitä sekä pohtia vaihtoehtoja käytetyille toteutustavoille. Uusien ja optimaalisten vaihtoehtojen löytyminen helpottaisi varsinkin kiireen alla työskentelyä. Työn sujussa nopeammin saavutetaan haluttu aikataulu pienemmällä vaivalla. Kyseisessä projektissa oli useita erilaisia työvaiheita. Työvaiheisiin kuului mm. purkutöitä, vaativia nostotehtäviä, valutöitä sekä tuentaa.

Ajatus opinnäytetyön aiheesta syntyi työaikana. Työskentelin syvennystyömaalla työhön osallistuvana työnjohtajana ja työvaiheita miettiessä heräsi mielessä kysymys siitä, voisiko jonkin kokonaisen työvaiheen tehdä toisin tai jopa paremmin. Työnaikana menetelmän vaihtaminen toiseen ei enää ole mahdollista, mutta ajatusta on hyvä jalostaa tulevaisuutta ajatellen, jolloin ideasta voi olla arvokasta hyötyä. Opinnäytetyössä tavoitteena pidän etenkin sitä, että löydän nyt käytettyjen työmenetelmien rinnalle varteenotettavia vaihtoehtoja, jotka voisivat parantaa työn lopputulosta. Lopputuloksen parantumisena voidaan pitää työn nopeampaa suorittamista, työn suorittamista pienemmällä budjetilla tai työn suorittamista menetelmillä, jotka parantavat työturvallisuutta.

Kaikki tässä opinnäytetyössä käsiteltävät rakentamiseen liittyvät työvaiheet ovat olleet osana pinnoitepuristinsyvennyksen rakentamista. Lisäksi tarkasteluun on otettu sellaisiakin työvaiheita ja toteutustapoja, joilla työtä olisi voitu suorittaa. Opinnäytetyössä ei erikseen käsitellä puristinlaitteiston perustuksien rakentamista, jotka myös sijoittuivat syvennykseen. Tärkeimpänä apuvälineenä tämän opinnäytteen tekemisessä pidän omaa työkokemusta työmaalta. Otin työmaalta paljon valokuvia muun muassa eri työvaiheista ja rakennustekniikoista. Näin ollen opinnäytteen laatiminen helpottui asioiden muistuesssa paremmin mieleen. Lisäksi käytössäni oli samat rakennussuunnitelmat ja piirustukset, jotka jo rakentamisen aikana olivat apuna.

Suoritettaessa rakennustyötä ahtaissa tiloissa, kuten tehtaan sisällä, on väistämättä tiedossa paljon erilaisia ongelmia toteutuksen suhteen. Tilan puute han-

kaloittaa esimerkiksi työkoneiden työskentelyä tai jopa estää tarvittavien koneiden käytön kokonaan.

Korkeat työmaakustannukset ovat väistämättä vaikuttaneet työn nopean suorittamisen korostumiseen. Tästä syystä vaihtoehtona perinteiselle paikanpäällä käsintehtynä muotille on tullut esimerkiksi TRIO-kasettimuottijärjestelmä. Lähtökohtaisesti juuri muottityöhön käytettävän ajan pienentäminen on ollut olennaisena syynä kyseisen muottijärjestelmän kehittämiseen. Toinen tärkeä asia on ollut pitää muottiin tarvittavien osien määrä mahdollisimman alhaisena. (PERI Suomi Ltd Oy 2012.).

Kyseisessä projektissa seinävalut tehtiin TRIO-seinämuottijärjestelmällä. Toisena perinteisempänä vaihtoehtona olisi voinut olla paikanpäällä sahatavarasta käsintehty seinämuotit. Lopulta toteutustavaksi valittiin järjestelmämuotit, koska ne ovat ennalta arvioiden nopeampi asentaa, kuin rakentaa paikanpäällä tehty sahatavaramuotti.

## **2 Kymecon Oy**

Kymecon Oy on lappeenrantalainen itsenäinen maa- ja vesirakennusalan yritys, joka on perustettu vuonna 1996. Kymecon Oy on toteuttanut monia eri rakennuskohteita teollisuuden, kuntien ja valtion rakennuttajaorganisaatioille. (Kymecon Oy 2012.)

Kymecon Oy on pienyritys, jossa työskentelee tavallisesti alle 10 työntekijää. Tarvittaessa työtilanteen niin vaatiessa työntekijämäärää kasvatetaan tarpeen vaatimaan kokoon. Yrityksellä ei ole omaa niin sanottua suurta kalustoa, esimerkiksi kaivinkoneita, vaan tällaisissa töissä käytetään aliurakoitsijoina luotettavia yhteistyökumppaneita haastavienkin projektien toteuttamiseen. (Kymecon Oy 2012.) Kiinteät ja pääomakulut ovat siis yrityksessä hyvin pienet, mikä lisää kilpailukykyä kiristyvässä markkinatilanteessa.

Kymecon Oy on vakiinnuttanut asiakaskuntansa Etelä-Karjalan sekä Etelä-Savon seuduilla.

Yrityksen osaamisalueiksi voidaan ainakin luetella:

- teollisuusrakentaminen
- maa- ja vesirakentaminen
- kunnallistekniikka
- erikoistyöt, kuten paalutukset ahtaissa tiloissa (Kymecon Oy 2012).

### **3 Työmaa ja valmistelevat työt**

Opinnäytetyön kohteena oleva työmaa sijaitsee Savonlinnassa, vuonna 1921 tuotantonsa aloittaneessa vaneritehtaassa ja sen viimeistelyhallissa. Savonlinnan vaneritehdas tuottaa koivuvaneria muun muassa kuljetusvälineeteollisuuteen, betonointiin ja muihin teollisiin loppukäyttökohteisiin. (UPM-Kymmene Wood Oy 2012.)

Uudistuksien kohteena olevalle tehdasalueelle oli juuri ennen tätä projektia valmistunut nykyaikainen 5500 m<sup>2</sup> tuotantohallirakennus. Tilojen lisääntyminen ja olosuhteiden parantuminen vaati myös uusien laitteiden hankintaa ja niiden asentamista, jotta tuotannon suunnitelmallinen kehittäminen olisi mahdollista.

Pinnoitepuristinsyvennyksen rakennustyötä edelsi vanhan puristinlaitteiston purkaminen. Purkamisen yhteydessä oli tehtaan kattoon tehtävä noin 4 m x 10 m kokoinen aukko (kuva 1) puristinlaitteiston osien ulosnostamista varten. Aukko oli vain väliaikaisesti eristettävä, sillä myöhemmin uudenkin puristimen laitteisto nostettiin sisään kyseisestä aukosta. Laitteiston purkamisen jälkeen vanhan syvennyksen betonirakenteet purettiin ja uuden syvennyksen maankaivutyöt päästiin aloittamaan. Maankaivutöiden tapahtuessa tuotannossa olevan tehtaan sisällä oli maan poisajoon kiinnitettävä erityistä huomiota.

Varsinkin tilanpuute ja tuotantoon liittyvä trukkiliikenne aiheuttivat haasteita sekä työturvallisuusriskejä. Oli myös harkittava työkoneiden sopivuus rajalliseen tilaan.



Kuva 1. Tehtaan vesikatto jouduttiin avaamaan nostotehtäviä varten

Työmaa sijaitsi kokonaisuudessaan vaneritehtaan sisätiloissa, joten olosuhteet eivät juuri muuttuneet työnaikana. Ainoa olosuhteisiin liittyvä muutos oli veden määrä kaivannossa, sillä sateisina päivinä vettä valui kaivantoon maan läpi runsaammin kuin sateettomina päivinä. Syvennys oli sisämitoiltaan 6 m leveä, 14,5 m pitkä ja 3,3 m syvä tehtaan lattiatasosta syvennyksen lattiaan. Uuden pinnoitusturistinkoneen perustuksien perustaminen tapahtui teräksisten porapaalujen varaan. Paaluja porattiin syvennykseen yhteensä 14 kappaletta. Syvennyksen lattialaatta perustettiin häiriintymättömän perusmaan varaan.

#### **4 Työturvallisuus**

Työturvallisuus on monen eri tahon yhteistoimintaa, jolla pyritään minimoimaan tapaturmat, vaarat ja vahingot. Kun työmaalla toimii useita eri työnantajia, urakoitsijoita ja aliurakoitsijoita, tulee heidän toimia yhteistyössä työturvallisuuden toteuttamiseksi.



Yksi tärkeimpiä valmisteltavia asioita ennen varsinaisten töiden aloittamista on työturvallisuuden suunnittelu ja kyseessä olevaan työhön liittyvien riskien minimointi. Rakennustyömaan asianmukainen ja hyvä turvallisuusjohtaminen edellyttää riskien ja työmaan vaarojen tunnistamista, analysoimista sekä niiden hallitsemista. On aina muistettava, että olosuhteet, työntekijät ja työmenetelmät voivat vaihtua hankkeen edetessä kesken kaiken. Viime vuosina on huomattavasti korostettu työturvallisuuden merkitystä työtapaturmien välttämiseksi. Tavoitteenahan on aina nolla tapaturmaa.

Kun kyseessä on tehtaan sisällä sijaitseva työkohde, on selvää, että tilaa tulee olemaan rajoitetusti. Tämä puolestaan johtaa monenlaisiin ongelmiin, niin materiaalien varastoinnin kuin myös työturvallisuudenkin osalta. Ahtaat tilat, noin 4 metriä syvä kaivanto, sekä työkoneet aiheuttavat monenlaisia työturvallisuusriskejä. Varsinkin muottityössä tehokas riskienarviointi on tarpeellista nopeasti muuttuvan ja vaarallisen työympäristön takia. Hyvin tärkeää on, että riskienarvioinnit ja turvallisuussuunnitelmat käydään työntekijöiden kanssa läpi perehdytyksen ja aloituspalaverin yhteydessä.

Työturvallisuuteen kiinnitettiin kyseisellä työmaalla erityistä huomiota. Tilaajan kanssa selvitettiin työympäristön riskitekijät sekä ennakoitiin työnsuorittamisesta mahdollisesti aiheutuvat riskit. Työmenetelmien merkitys työturvallisuuteen tiedostettiin myös. Esimerkiksi kasettiseinämuottien käyttäminen paikanpäällä käsintehdyn puutavaramuotin sijaan on turvallisuuden suhteen parempi ratkaisu. Kasettimuotin oikeaoppinen kasaaminen on loogista ja oikein kasattuna kasettimuottijärjestelmän pettäminen on erittäin epätodennäköistä. Kyseinen työmaa saatiin vietyä läpi ilman yhtään työtapaturmaa. Jokainen rakennustyöhön osallistunut työntekijä perehdytettiin työturvallisuuskurssilla.

Putoamisvaaran aiheuttava kaivanto eristettiin kaiteilla ja lippusiimoilla. Tarvittaessa käytettiin valjaita tai työskenneltiin telineiltä. Työmaalla jouduttiin nostelemaan koneilla suuriakin kappaleita, joten turvaetäisyydet oli huomioitava. Pakollisia henkilösuojaimia olivat mm. kypärä, turvakengät, CE-hyväksytyt suoja-lasit. Kuulonsuojausta oli käytettävä tehdastiloissa työn niin vaatiessa.

## 5 Työvaiheet

### 5.1 Purkutyö

Uuden puristimen tieltä väistynyt vanha puristinkoneisto purettiin pois kokonaisuudessaan. Purkutöistä vastasi M. Korhonen Oy. Puristin purettiin kappaleiksi tehtaan sisällä (kuva 2) ja nostettiin ulos kappale kerrallaan kattoon tehdystä aukosta autonosturilla (kuva 3).



Kuva 2. Vanha pinnoitepuristin purettiin kappaleiksi tehtaan sisällä



Kuva 3. Kappaleet nostettiin kattoon tehdystä aukosta ulos nosturilla

Kappaleiden leikkaamisen takia paloturvallisuusriskit oli huomioitava, ja niihin varauduttiin peitteillä ja kastelemalla pölyinen työympäristö huolellisesti ennen tulitöitä. Lisäksi ympäristöstä poistettiin tarpeetonta palokuormaa aiheuttava materiaali. Tulitöiden aikana oli pidettävä alkusammutuskalusto työpisteessä saatavilla.

## 5.2 Tuenta

Kattorakenteiden teräspilarit oli katkaistava aukaistavan syvennyksen ympäriltä. Ennen katkaisua asennettiin vahvistuspalkit teräspilarien molemmiin puolin, jotka myös esijännitettiin 30 mm alaspäin. Vahvistuspalkkeina käytettiin teräksisiä HEB-tyyppin leveälaippaisia I-palkkeja (kuva 4), joita käytetään usein suurissa rakenteissa pilareina ja pääkannatinpalkkeina. Palkkeja käytetään myös liittorakenteissa. Vahvistuspalkkien asennuksen jälkeen hitsattiin unp120-teräkset pilarien kylkeen. Kun vahvistuspalkit olivat hitsattuina pilareihin kiinni, voitiin katkaista pilarit pohjalevyjen yläpuolelta. Tuentatoimenpiteiden jälkeen voitiin aloittaa kaikkien vanhojen betonirakenteiden purkaminen ja maankaivutyöt.



Kuva 4. Molemmat HEB-vahvistuspalkit asennettuina

### 5.3 Paalutus

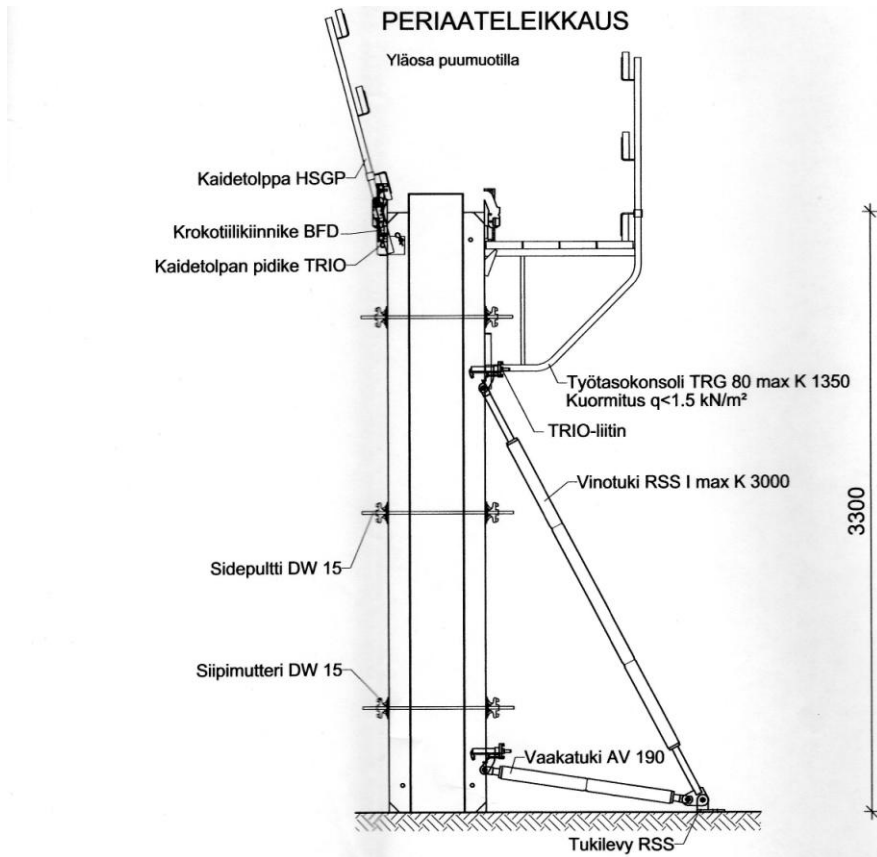
Pohjanrakennusmenetelmänä käytetään paalutusta, kun maaperä ei halutulla rakennusalueella ole tarpeeksi kantavaa. Rakennusten ja rakennelmien kuorma viedään pehmeiden kerrosten läpi aina kantavaan kovaan pohjaan saakka paalujen avulla. Paalutusta voidaan hyödyntää myös silloin, kun perustuksille tulee lisää kuormaa. (ITS Vahvistus Oy 2012.) Uusi pinnoitepuristin perustettiin kalliin porattujen teräksisten porapaalujen varaan. Yhteensä porattiin 14 porapaalua, joiden sallittu kantavuus  $P_{sall.}$  570 kN. Kaikkiin teräspalkkipaaluihin tehtiin korroosiosuojaus sisäpuolisella betonitäytöllä. Porapaalutustyön suoritti ITS Vahvistus Oy.

### 5.4 Pohjalaatta

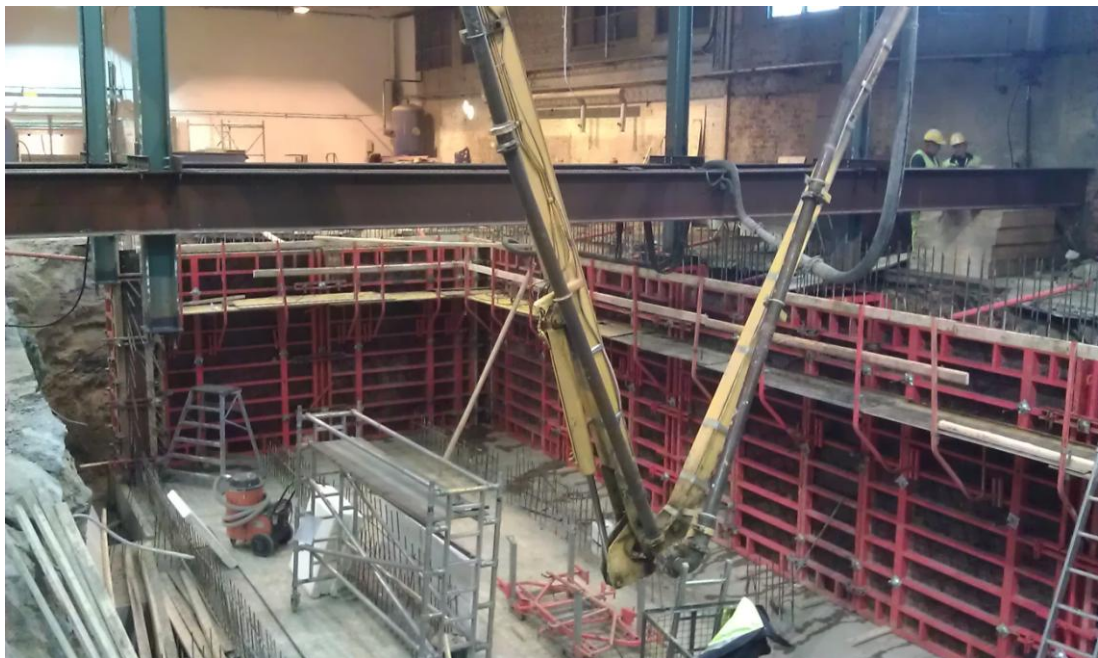
Syvennyksen vesitiivis pohjalaatta perustettiin häiriintymättömän perusmaan varaan. Pohjalaatan mitat olivat 6 m x 14,57 m ja paksuus 400 mm - 550 mm. Suojabetonin paksuus pintaan oli 35mm ja maata vasten 50mm. Pohjalaatan reunalaudoitukseen kului 2 työpäivää kahdelta työmieheltä ja raudoitukseen samoin 2 työpäivää kahdelta työmieheltä. Valuun kului 1 työpäivä kahdelta mieheltä.

## 5.5 Seinät

Nykyaikaisissa muottitekniikoissa, järjestelmämuoteissa tai muottitöissä käytetään yleensä järjestelmien vuokrattavia vakio-osia. Yksittäisten vakio-osien yhteensopivuudella on paljon erilaisia tärkeitä etuja rakennettaessa muottia. Merkittävimpänä etuna mainittakoon esimerkiksi se, että järjestelmällinen asennuslogiikka vähentää yksittäisten muottiosien asennusvirheiden mahdollisuutta. Lisäksi osien käyttökertojen määrä on moninkertainen, jolloin kaluston kustannukset pienenevät huomattavasti. On myös huomioitava, että käytettäessä järjestelmämuotteja työskentely on turvallisempaa. Kasettimuottijärjestelmiä käytetään lähes poikkeuksetta aina vuokramuotteina, joita toimitetaan vuokravarastoista työmaalle tarvittava määrä. Rakennustyömaiden nousseiden kulujen sekä kustannuksien takia vaaditaan yhä yksinkertaisempia ja sujuvampia muottijärjestelmiä. Muottityö on lähes aina sitä nopeampaa, mitä vähemmän erilaisia muotin osia tarvitsee käsitellä. PERI Suomi Ltd Oy:n TRIO-seinämuotit on kehitetty erityisesti muottityöhön käytettävän ajan vähentämiseksi. Tästä syystä PERIn suunnittelijat kehittivät monipuolisen muottijärjestelmän mahdollisimman pienellä määrällä erilaisia osia (kuva 5). (PERI Suomi Ltd Oy 2012.)



Kuva 5. Periaateleikkaus TRIO-elementti TR/4 3300 (PERI Suomi Ltd Oy 2011)



Kuva 6. Seinämuotit asennettuina raudoituksineen. Valu alkamassa

Muotit tuli ottaa oikeassa järjestyksessä sisätiloihin kaivannon välittömään läheisyyteen, koska niiden uudelleenjärjestely koneenkin kanssa olisi ollut haastavaa.

Syvennyksen seinät valettiin kahdessa yhtä suuressa osassa (kuva 6), joten muotteja ei tarvinnut tilata työmaalle kuin puolet koko tulevan seinän koosta (kuva 7). Muottien minimi vuokra-aika on 1 kuukausi ja tässä ajassa seinävalu saatiin tehtyä kokonaisuudessaan, joten seinät tehtiin puolella muottimäärällä. Muottimäärän puolittuminen tarkoitti toisin sanoen myös alennusta muottien vuokrakustannuksissa. Joka tapauksessa rajallinen määrä säilytystilaa olisi hankaloittanut suuremman muottimäärän varastointia työmaalla.



Kuva 7. Ensimmäinen puolikas seinästä valettu, jälkimmäinen raudoitettu ja muotitettu

Valettu betoniseinä vesieristettiin seinän ulkopuolelta kerabit 4100-bitumikermillä. Paljas betonipinta käsiteltiin primer-tartuntaliuoksella eristettävältä alueelta. Liuoksen kuivuttua seinälle asennettiin bitumikermi (kuva 8). Työn suorittaminen vaati tulityöluvan sekä normaalit toimenpiteet suoritettaessa tulitöitä, kuten alkusammutuskaluston ja sammutuspeitteen järjestämisen työmaal-

le. Koko syvennyksen betoniseinä eristettiin alareunastaan ympäriinsä ulkopuolelta.



Kuva 8. Bitumiliuos sivelty tartunnaksi ja bitumikermiä asennettuna

## 6 Haittatekijät

Aina, kun työskennellään ahtaissa tiloissa ja käytetään apuna isoja työkoneita sekä käsitellään suuria kappaleita, on hyvin mahdollista, että tilanpuute tulee olemaan merkittävä ongelma. Se voi olla haittatekijä sekä ajallisesti että rahallisesti, unohtamatta työturvallisuusriskejä ja sen mukanaan tuomia haittoja.

Kyseisellä työmaalla matala hallirakennus aiheutti paljon haittaa muun muassa siirreltäessä kurottajalla kasettimuotteja (kuva 9). Ahtaus ei pelkästään hidastanut työtä, vaan se myös lähestulkoon esti yhdessä väliaikaisten tukien kanssa muutaman kasettimuottikappaleen asennuksen koneen avulla. Muotteja jouduttiin siirtämään vetämällä HEB-vahvistuspalkkien ali, koska matala halli esti yläpuolisen siirtelyn palkkien kohdalla.





Kuva 9. Rakennuksen mataluus vaikeutti etenkin muottien siirtelyä

Päänvaivaa työmaalla aiheutti myös kaivantoon valuva vesi. Kaivantoon pyrki jatkuvasti vettä, koska syvennys oli kaivettu pohjavedenpinnan alapuolelle. Valuvan veden määrään vaikuttivat olosuhteet rakennuksen ulkopuolella. Lauhoina sadepäivinä vettä pyrki kaivantoon varsin runsaasti ja vesipumppujen käyttäminen oli välttämätöntä. Vedenpinnan nousu saatiin pysymään suurimmaksi osaksi hallinnassa muutamaa kertaa lukuun ottamatta, kun vesipumppujen virransaanti oli katkennut. Pahimmillaan pinta nousi noin 70 senttimetriin kaivannon pohjasta. Kaivantoon valunut vesi hankaloitti itse rakennustyön suorittamista kaivannossa. Vedenpinta aiheutti myös toisenlaisia ongelmia. Alimmat surriäät olisi pitänyt toteuttaa vedenpitävällä muottilukolla, koska niistä veden tuleminen syvennykseen pumppujen poistamisen ja täytön jälkeen aiheutti paljon ylimääräistä työtä. Lopulta reiät saatiin tukittua kumitiivisteillä vedenpitäviksi.

Konkreettisten työmaahaittojen lisäksi mainittakoon myös kiireellisyydestä aiheutuva haitta. Alkuperäisestä aikataulusta vähennettiin kokonainen kuukausi pois tilaajan toimesta. Aikataulua jouduttiin pohtimaan uudelleen sekä kirimään ja työmenetelmiä muuttamaan tehokkuuden parantamiseksi.

Yksi merkittävimpiä muutoksia oli muottijärjestelmän valinta, josta aiemminkin on mainittu. Lisäksi resursseja lisättiin yhdellä työmiehellä. Lopulta työ saatiin vietyä tiukemmankin aikataulun mukaisesti päätökseen.

## **7 Vaihtoehtoiset toteutustavat**

Edellä on lueteltu kyseisen rakennusprojektin merkittävimpiä toteutusvaiheita. Kyseisille toteutustavoille olisi voinut olla sellaisiakin vaihtoehtoja, jotka mahdollisesti olisivat parantaneet lopputulosta ajallisesti, taloudellisesti tai jopa molemmista näkökulmista.

### **7.1 Tuenta**

Kattorakenteiden väliaikainen tuenta HEB-palkkien avulla oli vaihtoehto, johon työn toteutuksessa päädyttiin. Tämä ratkaisu kuitenkin hankaloitti varsinkin seinämuottien asennustyötä, erityisesti niiden siirtelyä hyvin paljon.

HEB-palkkien sijaan olisi yhtenä vaihtoehtona voinut olla myös kattorakenteiden tuenta paalujen varaan, joka olisi voinut jäädä lopulliseksi tueksi. Tämä toteutusvaihtoehdon merkittävin etu olisi ollut se, että tilaa itse työn toteuttamiseen olisi jäänyt enemmän. Kaivannon yli ei olisi näin ollen tullut seinämuottien asennustyötä häiritseviä ja hidastavia palkkeja. On myös huomioitava, että HEB-palkit hidastivat myös muita toteutusvaiheita. HEB-palkit olivat keskeisellä paikalla viemässä tilaa jo ennestään ahtaasta ja tuotannossa olevasta tehdassalista. Käytännössä kattorakenteet olisi voitu väliaikaisesti tukea kallioon asti porrattavien teräspaalujen varaan paaluttamalla teräsputkipaalut teräksisten kattopilareiden viereen molemmin puolin. Paalujen ja kattopilareiden väliset liitokset olisi voitu liittää hitsaamalla. Erityisesti teräspaalut olisi ollut vartenotettava vaihtoehto kyseisen kaltaisissa olosuhteissa, kun tilaa on rajoitetusti. Asennuskalusto olisi ollut kevyttä, mikä olisi mahdollistanut alhaiset mobilisaatiokustannukset, operoimisen ahtaissakin tiloissa ja ympäristövaikutukset olisivat olleet vähäisiä. Vastaisuuden varalle paalujen varaan tukeminen olisi vartenotettava ja suositeltava toteutusvaihtoehto, kun halutaan nopeuttaa syvennyksen muottijärjestelmän asennustyötä aikataulusyistä.

Työjärjestys paalutuennassa on seuraava:

1. Aukaistaan lattia pilarien juuresta timanttileikkaamalla.
2. Porapaalut 140/10mm porataan kallioon pohjatutkijan ohjeen mukaiseen syvyyteen.
3. Hitsataan paalut pilarien kylkeen.
4. Paalut betonoidaan.
5. Puretaan kaikki vanhat betonirakenteet.
6. Kaivetaan peruskuoppa.
7. Valetaan uudet teräsbetonirakenteet ja täytetään kaivanto.

## 7.2 Seinä

Koko rakennusurakan työläin vaihe oli seinän kasettimuottien asennustyö. Kyseinen vaihe vei myös eniten aikaa ja työllisti jatkuvasti 3 työmiestä, joiden lisäksi aina nostotyössä apuna käytettiin kurottajanostinta (kuva 10). Vertailukohtaksi tässä tapauksessa voidaan ottaa perinteinen, sahatavarasta ja muottivanerista työmaalla tehty seinämuotti (kuva 11). Kasettimuottijärjestelmän etuja on etupäässä se, että asennusvirheille on pieni todennäköisyys ja kasettimuotin asennus etenee yleensä nopeammin kuin perinteinen sahatavaramuotin tekeminen.



Kuva 10. Järjestelmämuottien purkamista kurottajan avulla



Kuva 11. Puutavarasta tehty seinämuotti keskeneräisenä (Kymecon Oy 2012)

Vaihtoehtona perinteinen seinämuotti oli varteenotettava, mutta lopulta päätös kasettimuottijärjestelmän käytölle syntyi lähinnä työn kiristyneen aikataulun takia. Kasettimuottijärjestelmällä tehtynä suorakulmion muotoinen seinämuotti on yleensä nopeampi toteuttaa.

Toisaalta järjestelmämuoteissa on huonojakin puolia, joiksi voidaan lukea:

- lähtökohtaisesti kalliimpi vaihtoehto
- uusien asennuksessa käytettävien osien saaminen kadonneiden tilalle vie aikaa
- vaatii yleensä erillisen asennussuunnitelman
- mittavirheille ei juuri varaa
- muottikalusto vaatii aina työn jälkeen huolellisen puhdistuksen
- muottikaluston varastointi
- vaatii usein nostokalustoa.

Turvallisuusriskejä ovat:

- muotin kaatuminen
- työntekijän putoaminen muotilta
- muotin putoaminen noston aikana
- muotin heiluminen noston aikana
- muotin ja rakenteiden väliin joutumisen riski.

Ennalta arvioiden oltiin sitä mieltä, että kasettimuottijärjestelmä olisi nopeampi toteuttaa. Lisäksi paikanpäällä tehdyn muotin puutavaralle olisi aina työn jälkeen keksittävä jokin käyttötarkoitus. Pahimmassa tapauksessa puutavaralle ei löydetä mitään käyttöä valun jälkeen ja se joudutaan toimittamaan käyttökelvottomana hakkeeksi tai jopa kaatopaikalle.

Edellä mainittujen vaihtoehtojen lisäksi olisi voitu käyttää toteutusvaihtoehtona betonivalmisteista suurtukimuuriseinää. Elementeistä toteutettu tukimuuriseinä olisi jättänyt useamman työvaiheen pois itse työmaalla. Esimerkkejä työvaiheista, joita ei olisi tarvinnut työmaalla tehdä, ovat:

- muotin teko ja tukeminen
- raudoitus
- valutyö
- muotin purkaminen.

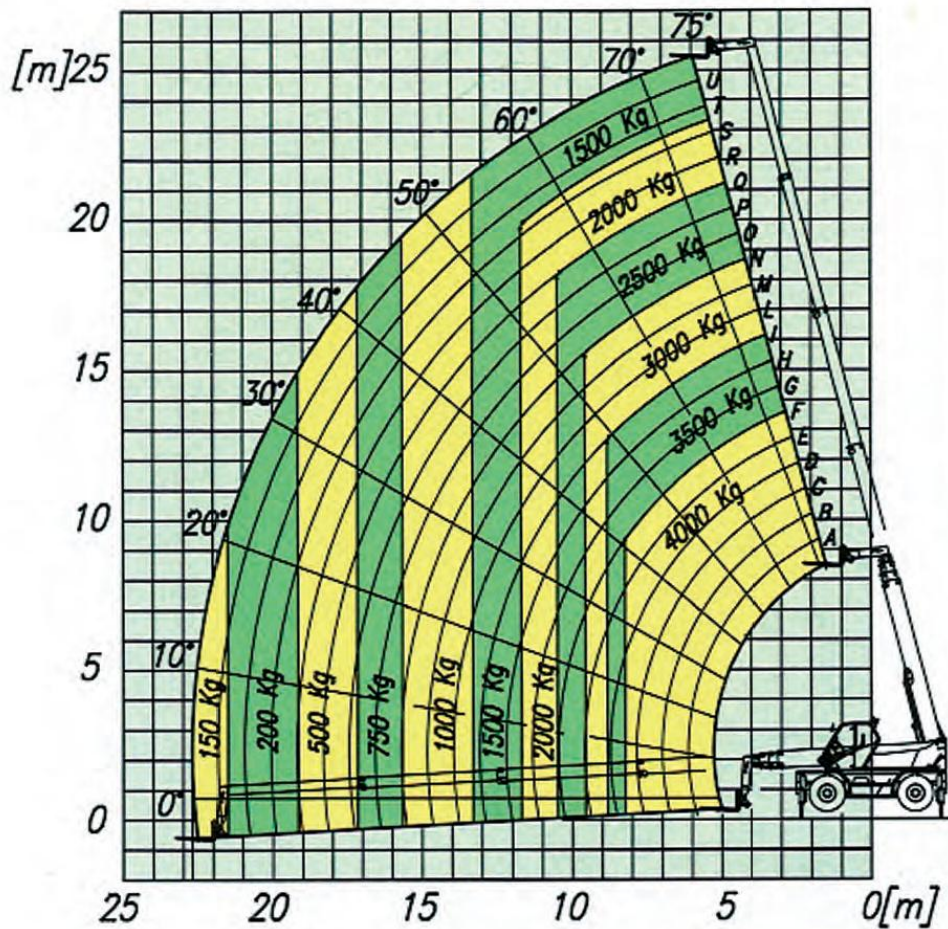
Elementtejä käytettäessä ei tarvitse miettiä valumuottien varastointia, pakkaamista ja puhdistamista. Myöskään puutavaramuotin purkamista ja puretun muotin uudelleen käyttöä tai kuljetusta kaatopaikalle ei tällöin tarvitse miettiä.

Suurin ongelma elementtejä käytettäessä olisi ollut tilanpuute tehdastiloissa. Kyseinen työmaa oli varsin matala, joten haasteellisinta olisi ollut löytää elementtien asennukseen kykenevä nosturi, joka mahtuu myös työskentelemään tehtaan sisällä.

Muottijärjestelmää asennettaessa käytettiin apuna Merlo Roto 40.25 MCSS-kurottajaa, jonka suurin nostokapasiteetti on 4000 kg (kuva 12). Kyseinen kone

pystyi sujuvasti työskentelemään tehtaan sisälläkin, koska koneen korkeus on vain 2990 mm. (Savonlinnan Rakennuskonevuokraamo Oy 2012.)

Kyseisellä koneella raskaiden tukimuurien (2000 mm x 3000 mm x 160 mm) siirtely ei olisi onnistunut tarvittavalle etäisyydelle syvennyksen reunalta käsin. Kolme metriä korkea tukimurielementti painaa 3660 kg (Rudus 2012) (kuva 13). Käytössä ollut kurottaja olisi pystynyt siirtämään 4000 kg:n taakan enintään 8 m:n päähän.



Kuva 12. Merlo Roto 40.25 MCSS (Savonlinnan rakennuskonevuokraamo Oy 2012)

Toisaalta kaivannosta olisi voinut luiskata yhden reunan riittävän loivaksi, jotta koneen olisi voinut ajaa syvennyksen pohjalle, nostella reunalta muutama elementti kerrallaan alas ja siirtää elementit paikoilleen. Koneen edestakaiseen siirtelyyn olisi puolestaan kulunut merkittävästi aikaa hukkaan. Kyseinen kurottaja ei olisi todennäköisesti kyennyt siirtämään kaikkia elementtejä paikoilleen syvennyksen reunalta käsin, koska aivan reunalle kurottajaa ei voi ajaa kaivannon reunan sortumavaaran takia.



Kuva 13. Suurtukimuuri h 3000 mm (Rudus 2012)

Paikanpäällä valetun betoniseinän etuja on sen vesitiiviys. Olosuhteet huomioon ottaen haluttiin valita toteutustavaksi paikanpäällä valettu betoniseinä sen vesitiiviyyden takia. Elementeistä toteutetussa seinässä joudutaan jokainen sauma tiivistämään erikseen. Tästä syystä vuotoriski olisi suurempi olosuhteissa, joissa vaaditaan ehdotonta vesitiiviyttä. Kyseisellä työmaalla voitiin todeta, kuinka todellinen vesivuotojen riski oli, sillä kaivannon täytön jälkeen oli havaittavissa pientä vuotoa muutamasta muottilukkojen reiästä (Kuva 15). Vuodot saatiin kuitenkin helpohkosti tukittua jälkeinpäin kumitiivisteillä, mutta vastaisuuden varalle on muistettava vesitiiviit muottilukot.



Kuva 14. Porapaalutus käynnissä



Kuva 15. Alimmat surireiät osoittautuivat vesivuodoille alttiiksi



## 8 Yhteenveto

Työmaan olosuhteet huomioon ottaen haluttiin valita toteutusvaihtoehdoksi mahdollisimman vesitiivis ratkaisu. Paikanpäällä valetussa teräsbetoniseinässä on huomattavasti vähemmän vesivuodoille arkoja saumoja, toisin kuin elementeistä toteutetussa vaihtoehdossa. Tästä syystä päätettiin toteuttaa syvennys paikanpäällä valamalla. Toki valutavalle olisi ollut useampikin vaihtoehto, kuten aiemmin mainittu, mutta kasettimuottijärjestelmä oli tässä tapauksessa onnistunein valinta. Lisäksi riskitekijöitä on huomattavasti vähemmän verrattuna suurtukimuureilla toteutettuun vaihtoehtoon. Esimerkkinä riskitekijästä mainittakoon vaativat nostotehtävät kurottajalla. Nostettavien taakkojen suuren painon takia kurottajan nostokyky olisi todennäköisesti loppunut kesken. Ongelmia, viivästyksiä tai jopa vaaratilanteita olisi voinut sattua suurtukimurielementtejä nosteltaessa.

Suurtukimuuriseinä olisi erittäin vartenotettava toteutusvaihtoehto olosuhteissa, jossa tilaa on käytössä enemmän ja pohjavedenpinta alhaisemmalla tasolla. Vesitiiviydeltä ei vaadita yhtä ehdotonta pitävyyttä, jos olosuhteet olisivat kuivemmat. Näin ollen olisi hyvinkin nopea tapa toteuttaa teräsbetoninen tukimuuriseinä esimerkiksi kyseisen kaltaisen syvennyksen ympärille.

Kiristyneen aikataulun takia muottijärjestelmä oli nopeampi vaihtoehto kuin paikanpäällä sahatavarasta rakennettu valumuotti. Resurssien puolesta ei juuri eroa eri vaihtoehtojen välillä ole, mutta sahatavaramuotti olisi jättänyt kurottajan tarpeen pois.

Perusteluita muottijärjestelmän valinnalle ovat:

- Paikanpäällä valettu seinä on elementtiseinää vesitiiviimpi ratkaisu.
- Muottijärjestelmän looginen asennusjärjestys pienentää asennusvirheiden riskiä, vertaa sahatavaramuotti.
- Muottitavaralle ei tarvitse löytää seuraavaa käyttötarkoitusta eikä jätettä synny.

Lopputuloksen optimoinnin kannalta jotain olisi kuitenkin voitu tehdä toisin. Väliaikainen tuennan HEB-palkit olisi voitu jättää asentamatta, jos kattorakenteiden teräksiset pilarit olisi tuettu porapaalujen varaan.

HEB-palkit hankaloittivat muottijärjestelmän asennusta hyvin paljon. Ilman palkkeja muotin asennus olisi sujunut huomattavasti nyt toteutunutta nopeammin. Kattorakenteet olisi kannattanut tukea porapaaluihin ja liittää hitsaamalla toisiinsa. Koko tarvittava porapaalukalusto olisi ollut valmiina työmaalla (kuva 14), koska pinnoituspuristimen perustukset rakennettiin teräksisten porapaalujen varaan. Näin ollen ei olisi tullut lisää kuljetuskustannuksia tämän takia. Kokonaispaalumäärän kasvaessa kustannukset lisääntyvät, mutta seinämuottijärjestelmän asennus nopeutuisi. Lisäksi HEB-palkit kavensivat jo ennestään rajallisia tiloja, sillä ne olivat keskeisellä paikalla työmaalla. On vielä muistettava ajankäytön tärkeys työmaalla, koska aika voidaan käsittää myös kustannuksina. Kattorakenteiden tuenta porapaaluilla olisi mielestäni ollut perusteltua ja järkevää, vaikka paalu- ja paalutustyömäärä kasvaisikin. Perusteluita paalutuennalle ovat:

- Väliaikaisten HEB- palkkien asennusta ja lopuksi niiden purkamista ei tarvitse tehdä.
- Kasettimuottijärjestelmän asennus sujuu huomattavasti nopeammin ja turvallisemmin.

## **Kuvat**

Kuva 1. Tehtaan vesikatto jouduttiin avaamaan nostotehtäviä varten, s. 8

Kuva 2. Vanha pinnoitepuristin purettiin kappaleiksi tehtaan sisällä, s. 10

Kuva 3. Kappaleet nostettiin kattoon tehdystä aukosta ulos nosturilla, s. 11

Kuva 4. Molemmat HEB-vahvistuspalkit asennettuina, s. 12

Kuva 5. Periaateleikkaus TRIO-elementti TR/4 3300 (PERI 2011), s. 14

Kuva 6. Seinämuotit asennettuina raudoituksineen. Valu alkamassa, s. 14

kuva 7. Ensimmäinen puolikas seinästä valettu, jälkimmäinen raudoitettu ja muotitettu, s. 15

Kuva 8. Bitumiliuos sivelty tartunnaksi ja bitumikermiä asennettuna, s. 16

Kuva 9. Rakennuksen mataluus vaikeutti etenkin muottien siirtelyä, s. 17

Kuva 10. Järjestelmämuottien purkamista kurottajan avulla, s. 19

Kuva 11. Puutavarasta tehty seinämuotti keskeneräisenä (Kymecon Oy), s. 20

Kuva 12. Merlo Roto 40.25 MCSS (Savonlinnan rakennuskonevuokraamo), s. 22

Kuva 13. Suurtukimuuri h 3000 mm (Rudus) , s. 23

Kuva 14. Porapaalutus käynnissä, s. 24

Kuva 15. Alimmat surrreiät osoittautuivat vesivuodoille alttiiksi, s. 24

## Lähteet

ITS Vahvistus Oy 2012. Paalutus/Teräspaalutus. <http://www.its-vahvistus.com/fi/palvelut/erikoisurakointi/paalutus>. Luettu 08.09.2012.

Kymecon Oy 2012. Yritysesittely. <http://www.kymecon.fi/>. Luettu 09.05.2012.

PERI Suomi Ltd Oy 2012. TRIO-kasettimuotit. [http://www.perisuomi.fi/tuotteet.cfm/fuseaction/showproduct/product\\_ID/1007/app\\_id/2.cfm](http://www.perisuomi.fi/tuotteet.cfm/fuseaction/showproduct/product_ID/1007/app_id/2.cfm). Luettu 09.05.2012.

PERI Suomi Ltd Oy 2011. Periaateleikkaus, pinnoituspuristimen seinämuotit.

Rudus 2012. Suurtukimuuri 3000 mm. <http://www.rudus.fi/tuotteet/pihakivituotteet/ttukimuurit/13871/suurtukimuuri-3000-mm>. Luettu 15.10.2012.

Savonlinnan Rakennuskonevuokraamo Oy 2012. Kurottajat, trukit, maansiirtokalusto. <http://www.rakennuskonevuokraamo.com/>. Luettu 08.09.2012.

UPM-Kymmene Wood Oy 2012. UPM Savonlinnan vaneritehdas. <http://www.upm.com/FI/UPM/UPM-Lyhyesti/Globaalitoiminnot/Tuotantoyksikot/Pages/UPM,-Savonlinnan-vaneritehdas.aspx>. Luettu 14.06.2012.

Liite 1 Yleisaikataulu kasettimuottijärjestelmällä toteutettuna

