

Jari Mononen

# Teräspaalaus talviolosuhteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (RKM)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

14.11.2013

Tekijä(t) Otsikko	Jari Mononen Teräspaalaus talviolosuhteissa
Sivumäärä Aika	20 sivua + 6 liitettä 14.11.13
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto Talonrakennustekniikka
Ohjaaja(t)	Tuntiopettaja Kai Kouvo Vastaava työnjohtaja Eero Hannopukki
<p>Työssä käsitellään marraskuussa vuonna 2012 aloitetun kohteen teräspaalutustyötä ja siihen liittyviä muita työvaiheita. Työssä otetaan kantaa myös olosuhteiden vaikutukseen paalutustyön etenemiseen. Työn tilaajana toimi NCC Rakennus Oy.</p> <p>Työn tarkoituksen oli helpottaa muita kokemattomia työnjohtajia paalutustyön eri vaiheiden käsittelyssä. Työssä on esitetty tietyn kohteen valinnat paalaus-, maanrakennus- sekä perustustöiden suorittamiseen talviolosuhteissa. Työssä esitellään myös paalutustyön tarvittava dokumentointi sekä työn laatuvaatimukset.</p>	
Avainsanat	teräs, paalaus, talvi

Author(s) Title	Jari Mononen Steelpoling in winter conditions
Number of Pages Date	20 pages + 6 appendices November 14 2013
Degree	Bachelor of Construction management
Degree Programme	Construction Management
Instructor(s)	Kai Kouvo, Lecturer Eero Hannopukki, Project Manager
<p>This thesis handles different stages of a certain sites steelpolingprocess. The works in the site started in November 2012. The thesis handles the effects of circumstances in the steelpolingprocess.</p> <p>Meaning of this thesis is to help out inexperienced construction managers to handle different stages of the process. The thesis takes a stand in quality and what documentary should one do to have a decent outcome of steelpolingprocess in wintercoditions.</p>	
Keywords	winter, steel, poling

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kohteen esittely	2
3	Paalutusmenetelmä	3
3.1	Paalutyypit	3
3.1.1	Lyöntipaalu	3
3.1.2	Porapaalu	4
4	Paalutustyö sekä rakennuksen perustamistavat	5
4.1	Mittaus	5
4.2	Kalusto	5
4.3	Kaivonrengasperustus	5
4.4	Maanvarainen perustus	6
4.5	Työn etenemisen seuranta	6
4.6	Tarkemittaus	6
4.7	Betonointi	6
4.8	Katselmoinnit	7
4.9	Laadunvarmistus	7
4.10	Laatuvaatimukset	7
5	Olosuhteet	8
5.1	Tontti	8
5.2	Pohjaolosuhteet	9
5.3	Talvirakentaminen	10
5.4	Pumppaamon rakennustöiden vaikutus paalutukseen	11
5.5	Työmaan sähköistäminen	13
6	Kustannukset	13
7	Muut liittyvät työvaiheet	14
7.1	Maanrakennus	14
7.2	Perustusten laudoitus, raudoitus sekä betonointi	15
7.3	Torninosturin perustaminen	17

7.4	Kapilaarikatko	18
8	Dokumentointi	18
8.1	Pöytäkirjat	18
8.2	Tarkemittaukset	18
8.3	Suunnitelmamuutokset	18
9	Yhteenveto	19
10	Lähteet	20

## Liitteet

Liite 1. Esimerkki lyöntipaalutuspöytäkirjasta

Liite 2. Esimerkki porapaalutuspöytäkirjasta

Liite 3. Esimerkki tarkemittauspöytäkirjasta

Liite 4. Esimerkki rakennesuunnittelijan tekemästä perustusmuutoksesta

Liitteet 5-6. Ruukin koetustodistukset

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoitus on selostaa teräspaalutuksen periaatteet sekä työvaiheet talviolosuhteissa. Opinnäytetyössä esitellään jo paalutetun kohteen ongelmatilanteita sekä olosuhteita. Työ on tehty helpottamaan kokemattomien paalutustyönjohtajien työtä ja selostaa miten, työssä tulee ottaa olosuhteet huomioon.

Paalutustyö suoritettiin aikavälillä marraskuu 2012 - helmikuu 2013. Paalutettava kohde sijaitsee Helsingin Konalassa. Kohteeseen kuuluu kaksi asuinkerrostaloa sekä autohalli.

Kohteen pääurakoitsijana sekä opinnäytetyön tilaajana toimii NCC Rakennus Oy. NCC konsernina on yksi Skandinavian suurimmista rakennusliikkeistä. Konsernin liiketoiminta-alueisiin kuuluu asuntorakentaminen, toimitilarakentaminen, kiinteistökehitys sekä infrarakentaminen.

Työn sisältö perustuu enemmän konkreettiseen tekemiseen kuin teoriaan. Työssä esitellään muun muassa kohde, työmenetelmät, olosuhteet, kustannukset, dokumentointi sekä paalutustyöhön liittyvä teoriaa.

## 2 Kohteen esittely

Kohteen nimi on Asunto-osakeyhtiö Helsingin Mango. Kohde sijaitsee Helsingin Konalassa Hartwallin vanhalla tontilla. Alueelle on rakennettu Mangon aloitukseen mennessä 8 joko asunto- tai kiinteistö-osakeyhtiötä ja rakenteilla on aloituksen aikaan kaksi. Asuntoja alueella tulee olemaan noin 720.

Kohde sijaitsee yhden rakenteilla olevan (As Oy Helsingin Meloni) sekä jo yhden luovutetun taloyhtiön (Ki Oy Helsingin Ajuri) välissä. Toisen puolen tontista rajaa kävelytie, jonka alla kulkee kunnallistekniikka. Tästä johtuen tontin kahdelle sivulle jouduttiin asentamaan teräspontit. Tällä mahdollistettiin, että Ajurin pelastustie sekä kunnallistekniikka säilyvät käyttökelpoisena rakennustyön ajan.

- **Kohde:** As Oy Helsingin Mango sekä Limonadikujan Autohalli osa 2/2
- **Asuntojen lukumäärä:** 32
- **Kokonaispinta-ala (As Oy Helsingin Mango):** 3 778 m<sup>2</sup>
- **Kokonaistilavuus (As Oy Helsingin Mango):** 9 906 m<sup>3</sup>
- **Paalujen lukumäärä:**
  - Lyöntipaalut: 287 kpl (854,84 metriä)
  - Porapaalut: 72 kpl (196,83 metriä)
- **Tilaaaja:** NCC Asuminen Oy
- **Pääurakoitsija:** NCC Rakennus Oy
  - Vastaava työnjohtaja: Eero Hannopukki
- **Paalutusurakoitsija:** Suomen Teräspaalaus Oy



- **Arkkitehtisuunnittelu:** Optiplan OY
  - Pääsuunnittelija: Harri Mäkiahho
  
- **Rakennesuunnittelu:** Optiplan Oy
  - Vastaava rakennesuunnittelija: Jukka Mattelmäki

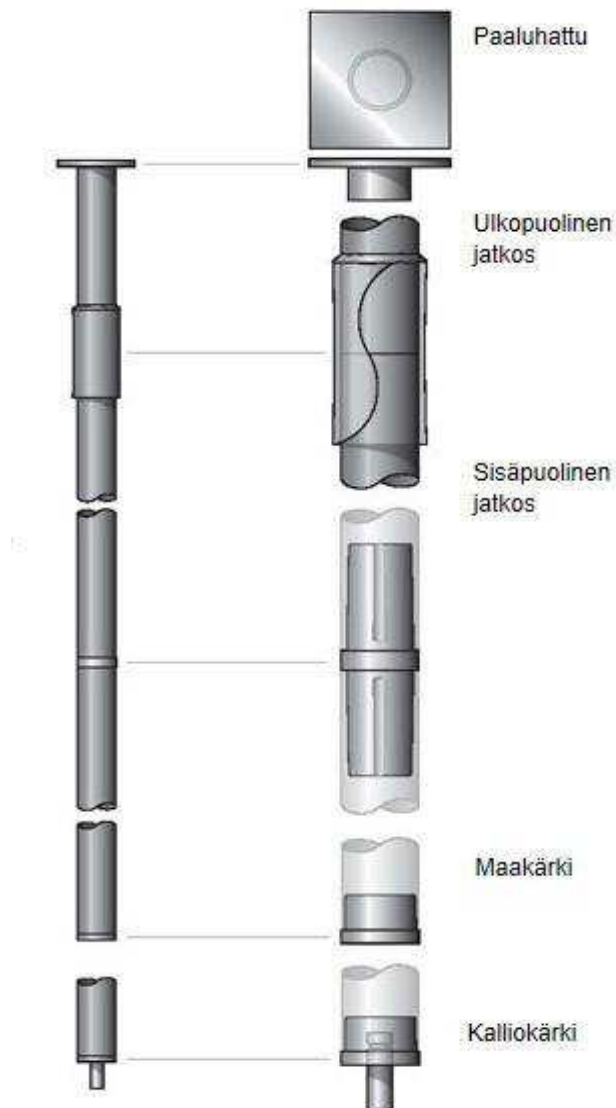
### 3 Paalutusmenetelmä

Paalutusmenetelmää käytetään perustusten vahvistamiseen sekä tukemiseen. Paalutusmenetelmä mahdollistaa rakennusten tekemisen kantamattomalle tai muuten riittämättömälle maaperälle. Paalujen avulla rakennusten perustukset tuetaan suoraan kantavaan maanperään. Paaluina käytetään teräsbetoni-, teräsputki- tai puupaaluja. Kyseisessä kohteessa käytettiin Ruukin RD140/10 (halkaisija 140 mm, putken seinämän vahvuus 10 mm) pituussaumahitsattuja teräsputkipaaluja.

#### 3.1 Paalutyypit

##### 3.1.1 Lyöntipaalu

Lyöntipaalutus perustuu siihen, että paalutuskoneella pystyyn nostettu paalu lyödään vasaran omaisella joko kaivinkoneeseen tai traktoriin kiinnitetyllä laitteella maahan. Paalua lyödään niin kauan, kunnes paalu on saavuttanut kantavan maaperän. Paaluina käytetään teräsbetoni- sekä teräsputkipaaluja. Lyöntipaalutus asettaa tosin paalutustyölle tiettyjä rajoituksia; teräsbetonipaaluilla paalun vähimmäispituus katkaisun jälkeen tulee olla kolme metriä ja teräsputkipaaluilla 1,5 metriä. Paalun sivuttaisliikkuminen estetään kalliokärjellä. Kalliokärki estää myös paalun vaurioitumisen, kun paalua lyödään kalliota vasten. Teräsputkipaalun rakenne on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Lyöntipaalun rakenne (1.)

### 3.1.2 Porapaalu

Porapaalut asennetaan nimensä mukaisesti kantavaan maaperään poraamalla. Porapaalutus on lyöntipaalutusta huomattavasti kalliimpi, mutta sitä käytetään, kun paalujen pituus alittaa lyöntipaalun vähimmäismitan. Paalun toiminta perustuu lyöntipaalun tavoin siihen, että paalun avulla rakennus tuetaan kantavaan maaperään. Kyseisessä kohteessa paalun poraussyvyys kallioon oli 0,5 metriä.

## 4 Paalutustyö sekä rakennuksen perustamistavat

### 4.1 Mittaus

Ennen kuin itse paalutustyö voidaan aloittaa, täytyy paalujen paikat merkitä maastoon. Kyseisessä kohteessa mittaus tehtiin robottitäkymetrillä ja paalujen paikat merkittiin maahan 6” nauloilla sekä maalilla. Paalujen paikat määrittää rakennesuunnittelija. Hän myös laatii paalukoordinaattilistauksen. Tämän sekä kaupungin antamien nurkkapisteiden perusteella paalut saadaan mitattua maastoon. Paalukoordinaattilistauksessa esitetään jokaisen paalun numero, X- ja Y-koordinaatti sekä katkaisukorko merenpinnasta. Kyseisessä kohteessa koordinaatit on sidottu Helsingin paikalliskoordinaatistoon, jonka 0-piste sijaitsee Kalliossa.

### 4.2 Kalusto

Itse paalutustyö tehtiin kolmella eri paalutuskoneella: traktorilla, jolla tehtiin lyöntipaaluksia, tela-alustaisella paalutuskoneella, jolla tehtiin lyönti- sekä porapaalutuksia sekä pienemmällä tela-alustaisella porapaalukoneella. Tällä koneella päästiin vain 2,5 metrin syvyyteen. Paalutusurakoitsijalla oli myös tela-alustainen vaunu materiaalien, kuten paaluhattujen siirtoa varten. Vaunulla siirrettiin myös lyhyehköt paalut. Täysimittaiset (6 metriä) paalut siirrettiin joko paalutuskoneen vinssillä tai kaivinkoneella. Paalujen suuruus ennen lyöntiä varmistettiin vatupassilla. Paalujen katkaisuun käytettiin kulmahiomakonetta. Katkaisukorko merkittiin paaluun tasolaserilla.

### 4.3 Kaivonrengasperustus

Pohjasuunnitelmien perusteella oli tiedossa, että joissain kohdissa paalujen pituus jää alle teräsputkilyöntipaalun vaatiman 1,5 metrin. Tämän takia alkuperäisissä rakennesuunnitelmissa tämä perustustapa oli määrätty käytettäväksi kyseisissä tilanteissa. Tästä kuitenkin luovuttiin, koska tarkat paikat, mihin kaivonrenkaat olisi jouduttu kaivamaan, eivät olleet tiedossa. Kaivonrengasperustus toimii kuten paalutus yleensä; rakennuksen perustus tuetaan kantavaan maaperään. Tämä olisi kuitenkin aiheuttanut suuria ongelmia aikataulusuunnitteluun ja itse paalutustyö olisi pysähtynyt kokonaan. Lisäksi kohteen maaperä oli erittäin löysää, joten jo 1,5 metrin kuoppa olisi ollut erittäin laaja maan sortumisen vuoksi ja kuopan läheisyyteen jo asennetut lyöntipaalut olisivat

saattaneet kaatua. Ennen paalutustöiden aloitusta perustustyyppi vaihdettiin porapaa-luihin.

#### 4.4 Maanvarainen perustus

Kohteessa tehtiin myös maanvaraisia perustuksia. Tämän aiheutti jo aikaisemmin rakennetun autohallin perustustapa. Viereinen autohalli oli maanvaraisesti perustettu, ja autohallin liikuntasaumojen sijainnit määräisivät myös, että tämän kohteen perustuksista osa olisi maanvaraisia. Maanvaraisten perustusten kohdalla suoritettiin massanvaihto ja kantavuus varmistettiin Loadman-kokeella.

#### 4.5 Työn etenemisen seuranta

Työn etenemistä seurattiin kerran viikossa. Itse seuraaminen suoritettiin paalutuspöytäkirjan perusteella. Siihen paaluttaja merkitsi paalun pisteen tunnisteeseen, lyötävän paalun pituuden sekä katkaisun jälkeen katkaistun paalun osan pituuden. Paalutuksen etenemistä seurattiin merkitsemällä perustussuunnitelmaan lyödyt pisteet vihreällä, katkaistut paalut punaisella ja tarkemitatut paalut sinisellä värillä. Tämä helpotti työn seuraamista sekä varmistettiin, että kaikki paalut tulevat asennetuksi.

#### 4.6 Tarkemittaus

Paalun katkaisun jälkeen tulee varmistaa, että paalu on suunnitellulla paikalla. Paalun lopullinen sijainti varmistetaan tarkemittauksella. Mittausmenetelmä on sama kuin paalun sijainnin merkinnässä maastoon. Tarkemittauksen tulokset lähetetään rakennesuunnittelijalle, joka tekee tarvittavat muutokset perustuskuviin esimerkiksi leventämällä anturaa, lisäämällä raudoitusta tai suunnittelemalla sidepalkkeja anturoiden väliin.

#### 4.7 Betonointi

Paalun katkaisun jälkeen paalut betonoitiin. Betonina käytettiin K30 #8 S4-rakennebetonia. Betonointi suoritettiin yleensä pumpaten, mutta myös nostoastiaa käytettiin, jos valettavia paaluja oli vähäinen määrä ja nosturi oli vapaana.

Betonoinnin tarkoitus on lisätä paalun puristuslujuutta ja jäykkyyttä sekä estää nurjahdamista että lommahtamista. Betonointi hidastaa myös pohjaveden aiheuttamaa korroosiota paalun sisäpuolella. Kohteessa käytettiin teräspaaluja paalujen vähäisen pituuden takia. Teräksellä on tunnetusti huonohko puristuslujuus, ja paaluille tulevat voimat ovat teoriassa paalun ollessa suorassa lähes pelkästään puristusta. Teräsbetonipaaluilla tämä työvaihe jää luonnollisesti väliin. Betonoinnin jälkeen paalun päähän asennettiin 200x200x10 paaluhattu. Paaluhattuun oli hitsattu pieni pätkä teräsputkea pitämään hattu paikallaan.

#### 4.8 Katselmoinnit

Ennen paalutustyön aloitusta suoritettiin Ajurissa katselmus, jossa kirjattiin jo vaurioituneet rakenteet, jotta välttyttäisiin mahdollisilta korjauksilta työn päätyttyä. Ajurin väestösuojaan asennettiin värinämittarit, jotta pystyttiin todistamaan, että lyöntipaalutuksen aiheuttama värinä ei aiheuttanut mahdollisia uusia vaurioita. Mitään moitteita Ajurista ei kuitenkaan tullut.

#### 4.9 Laadunvarmistus

Ennen työn aloitusta paaluttajan kanssa pidettiin aloituspalaveri, jossa määritettiin raja-arvot paalujen sijainnille ja suorudelle. Raja-arvot on määritelty lyöntipaalutusohjeessa (LPO-2005). Aloituspalaverissa käytiin läpi myös työjärjestys, aikataulu läpi työturvallisuutta koskevat asiat. Aloituspalaveripöytäkirjan allekirjoittivat sekä paalutusurakoitsija että pääurakoitsija.

#### 4.10 Laatuvaatimukset

##### Sijaintipoikkeamat (2.)

- Yksittäinen paalu 100 mm
- Yksittäinen paalu pienessä (4-8 paalua) paaluryhmässä 150 mm
- Yksittäinen paalu suuressa (> 8 paalua) paaluryhmässä 200 mm

- Paalurivin yksittäinen paalu 150 mm
  - Paalurivin painopisteen poikkeama riviin nähden kohtisuorassa suunnassa 50 mm
- Asento- ja suunta-poikkeama 40 mm/m, keskimäärin 20 mm/m
- Kaltevien paalujen poikkeama horisontaalisuunnassa 10° suunnitellusta

Paalutusurakoitsija varmistaa paalujen suoruuden vatupassilla ennen lyönnin aloitusta. Kaltevien paalujen oikean kaltevuuden määrittämiseen paaluvasarassa on oma työkalunsa.

## 5 Olosuhteet

### 5.1 Tontti

Asukkaiden hyvinvoinnin sekä pelastustien toimivuuden takia monttu jouduttiin rajaamaan teräsponteilla kahdelta sivulta, koska ympärille oli rakennettu tai oli rakenteilla muita taloyhtiöitä. [Kuva 2]



Kuva 2. Vasemmalla puolella As Oy Helsingin Meloni sekä suoraan edessä Ki Oy Helsingin Ajuri

## 5.2 Pohjaolosuhteet

Kohteen pohjaolosuhteet olivat vähintäänkin hankalat. Suurimmat hankaluudet aiheutti pohjavesi. Rakennusalueella ensimmäinen noin kolme metriä oli savea. Tämän jälkeen vastaan tuli erittäin juokseva siltti, jossa myös pohjavesi sijaitti. [Kuva 3] Kun savet oli poistettu, asennettiin suodatinkangas sekä mursketta, jotta paalutuskoneet pysyisivät pinnalla. [Kuva 4]



Kuva 3. Pohja maankaivuun jälkeen ennen paalutuspedin tekoa



Kuva 4. Suodatinkankaan sekä murskeen levitystä

Vastaavissa kohteissa lyöntipaalutuksen jälkeen on varmistuttava, että paalut ovat katkaisun jälkeen tarpeeksi pitkiä. Kyseisessä kohteessa tätä ei tehty jonka vuoksi 40 paalua jouduttiin vetämään ylös. Suurimman huolenaiheen aiheutti A-talon hissikuilun paalut, joiden lopullinen pituus jäi noin 1,4 metriin. Myös kuvassa 4 näkyvä alue kaivinkoneen ympärillä aiheutti saman huolen. Tässä paalutusurakoitsija ei hahmottanut, että paalun katkaisukorko on lähes kaksi metriä senhetkisen maanpinnan alapuolella pilarianturoiden korkeuden takia ja kerkesi lyömään sinne noin 30 paalua ennen kuin tämä kävi ilmi. Nämä paalut vaihdettiin porapaaluihin.

Paalutuksen jälkeen oli aika suorittaa paalujen katkaisu. Tässä vaiheessa työ hidastui huomattavasti, koska lähestulkoon kaikkien paalujen katkaisukorko oli pohjaveden pinnan alapuolella. Koska siltin poistaminen ei ollut järkevää, tämän hetkinen maanpinta oli paikka paikoin jopa 1,2 metriä liian korkea. Paalujen ympäristö jouduttiin kaivamaan auki ja pumppaamaan ylimääräinen vesi pois. Syntyneistä kuopista vesi pumpattiin nk. pääpumppaamoon, josta vesi taas siirrettiin kahdella suuremmalla pumpulla eteenpäin.

Korkean pohjaveden takia maan jäätyminen ei aiheuttanut paalutettaville kohteille tyyppillistä maan jäätymisestä aiheutuvaa paalujen nousua, koska maanpinta jäättyi vain noin 40 cm - 50 cm paksuudelta, joten routa ei saanut paaluja liikkumaan.

### 5.3 Talvirakentaminen

Noin viikko paalutustyön aloituksesta päästiin kokemaan talven tuomia mahdollisuuksia. Alussa oli pelkona, että lumi ja pakkanen pilaavat koko työn, mutta itse asiassa se myös paransi olosuhteita. Talven ja pakkasen ansiosta maan pinta jäättyi ja mahdollisti paalutuskoneen liikkumisen montussa.

Talvi myös aiheutti omat hankaluutensa. Useat paalut jouduttiin merkitsemään maaston monta kertaa joko sen takia, että merkit olivat kadonneet kokonaan, tai että lumipeitteen alta suoritettun etsinnän yhteydessä merkki oli siirtynyt.

Toinen talven aiheuttama haaste oli jää. Koska maanpinta oli ylempänä kuin paalujen katkaisukorko, jouduttiin maat poistamaan paalujen ympäriltä, jotta paalut päästäisiin katkaisemaan oikeasta korosta. Koska katkaisua ei välttämättä suoritettu heti, pohjavesi tasasi itsensä tehtyyn kuoppaan ja jäättyi. Tämä johtui myös siitä, että työmaa ei ollut osannut varautua tarvittavalla määrällä uppopumppuja. [Kuva 5]





Kuva 5. Jäätynyt pohjavesi

#### 5.4 Pumppaamon rakennustöiden vaikutus paalutukseen

Kunnallistekniikan ja autohallin lattian korkoerosta johtuen jouduttiin rakentamaan autohallin lattian alle pumppaamo. Pumppaamon alue jouduttiin eristämään omakseen teräsponteilla, koska pudotus senaikaisesta maanpinnasta oli noin kolme metriä. Tämä myös aiheutti sen, että paalutustyö jouduttiin keskeyttämään. Keskeytys itsessään ei aiheuttanut suurempia kustannuksia, koska autohallin toinen puoli oli vielä kokonaan suunnittelematta ja oli tiedossa, että se joudutaan myös paaluttamaan. Ylimääräiset kustannukset koostuivat turhasta mobilisaatiosta [Kuva 6]. Mobilisaatiolla tarkoitetaan kaluston tuontia työmaalle sekä kaluston poisvientä.

Johtuen pohjaveden tuottamista haasteista, pumppaamo kasattiin kokonaan maan päällä. Ensin valettiin kaksi suunnitelman mukaista pohjalaattaa, johon asennettiin lenkit nostoa sekä pumppaamokaivojen sitomista varten. Pumppaamo asennettiin torninosturilla paikalleen. [Kuva 7]



Kuva 6. Pumppaamon paikka pontattuna



Kuva 7. Pumppaamot kasattiin maanpäällä ja nostettiin kokonaisina osina oikeaan paikkaan

## 5.5 Työmaan sähköistäminen

Työmaa sähköistettiin viereisen työmaan (As Oy Helsingin Meloni) kanssa samalla 250 A pääkeskuksella. Paalutusvaiheessa asennettiin myös 160 A alakeskuksen torninosturia varten lähes keskelle työmaata. Tämä helpotti myös paalutus- sekä perustustyön aikaista pohjaveden pumppausta pois kohteesta. Ennen alakeskuksen asentamista apuna käytettiin viereisen autohallin sähköjä, sekä useampaa 32 A alakeskusta, joille virta otettiin pääkeskuksesta.

## 6 Kustannukset

Salassapitovelvollisuuden vedoten ei voida kertoa todellisia hintoja. Täten vertailu on tehty liittyen porapaalutuksen ja lyöntipaalutuksen hintaerosta. Vertailulukuna käytetään lyöntipaalutuksen liittyvien yksikköhintojen lukua 1 [Taulukko 1]

Perushinta tarkoittaa jokaisen pisteen aloitushintaa. Paalumetrit veloitetaan jokaisesta paalusta paalutusmetrien mukaan. Materiaalit sisältyvät myös paalometri-hintaan. Mittaus sisältää paalun merkitsemisen maastoon sekä tarkemittauksen paalusta. Mobiilisaatiolla tarkoitetaan kaluston siirtoa työmaalle sekä poisvientiä.



Taulukko 1

<b>Työ</b>	<b>Lyöntipaalaus</b>	<b>Porapaalaus</b>
Perusmaksu	1	1,46
Paalumetrit	1	1,55
Mittaus	1	1
Mobilisaatio	1	1,31

## **7 Muut liittyvät työvaiheet**

### 7.1 Maanrakennus

Kyseisessä kohteessa maanrakennus liittyi oleellisesti paalutustyöhön. Tämä aiheutti myös ongelmia työn suunnitteluun. Paalutustyötä ei voitu tehdä järjestyksessä, koska kaivinkoneiden piti päästä paalutetulle alueelle, johtuen siitä, että paalujen katkaisukorko oli nykyisen maanpinnan alapuolella. Pohjaa ei ollut järkevää alentaa paalujen katkaisukorkoon, johtuen maa-aineksesta sekä huonon maa-aineksen vastaanottoaikojen vähyydestä pääkaupunkiseudulla. [Kuva 8]



Kuva 8. Paalut ennen katkaisua

## 7.2 Perustusten laudoitus, rauditus sekä betonointi

Lyöntipaalutus mahdollisti myös perustusten tekemisen samaan aikaan. Paalutustyöstä aiheutuva värinä oli niin vähäistä, että työmaan johto päätti tehdä perustuksia samaan aikaan. Tämä oli osaltaan myös välttämätöntä, jotta liikkumien olisi mahdollista paalutettavalla alueella. Koska maanrakennuksen jälkeen paalutettava kohde muistutti lähinnä tykistökeskityksen jälkeisiä alueita johtuen kaikista montuista, anturoiden tekeminen oli välttämätöntä liikkumisen helpottamiseksi. Anturoiden muotitukseen käytettiin harvalaudoitusta sekä 50 mm paksua styroxia muotin alla, sivuilla sekä kovilla pakkasilä myös päällä. Pakkasen ollessa maltillista valun jälkeen betoni suojattiin olosuhteilta pakkasmatolla. [Kuvat 9-10]. Maanvaraisesta perustuksesta poiketen, paalut kantavat rakennuksen, joten anturan alla oleva styrox ei aiheuttanut rakennuksen painumista.



Kuva 9. Anturat ennen betonointia



Kuva 10. Anturat suojattuna pakkasmatolla. Mittamies merkkää tartuntojen sijainteja

Johtuen kireästä aikataulusta sekä lievistä tietoliikenneongelmista, työmaalla ei voitu aina odottaa rakennesuunnittelijan tekemiä mahdollisia muutoksia perustuksiin. Työ-



maalla pääteltiin rakennesuunnittelijan logiikka muutoksiin ja tehtiin muotit paalujen mukaan. Näin pystyttiin ennakoimaan jo mahdolliset levitykset anturoihin. Betonointia ei suoritettu ennen rakennesuunnittelijan muutoksia, koska muuten mahdolliset lisäraudoitukset olisivat jääneet toteuttamatta.

Anturoiden vierustäytön yhteydessä maahan asennettiin myös suunniteltu salaojitus, jolla saatiin myös pohjavesi kuriin.



Kuva 11. Paalut katkaisun ja betonoinnin jälkeen

### 7.3 Torninosturin perustaminen

Monesti paalutettavissa kohteissa myös torninosturin pohja paalutetaan sekä nosturille valetaan laatta. Tässä kohteessa pohjasuunnittelija sekä rakennesuunnittelija eivät nähneet tätä tarpeelliseksi. Työnmaan johdon näkökanta oli tosin hieman erilainen ja piti pohjaa kantamattomana. Työmaan johto päätti valaa nosturin alla olevat anturat valmiiksi ja tämän lisäksi asentaa pohjasuunnittelijan määräämät maakerrokset. Torninosturi asennettiin 12-metrinen nosturiradan päälle.

## 7.4 Kapilaarikatko

Koska paalujen katkaisukorot olivat pääosin pohjaveden pinnan alapuolella, myös anturoiden alapinta oli alttiina pohjavedelle. Betoni on tunnetusti kapilaarinen materiaali, joten kapilaarinen nousu on estettävä. Tämä ratkaistiin anturoiden päälle levitettävällä aineella nimeltä Vandex Super. Vandex Super on sementtipohjainen aine ja suunniteltu juurikin kapilaarisen nousun estämiseen. Aine levitettiin anturoiden päälle laudoituksen purun jälkeen katuharjalla.

# 8 Dokumentointi

## 8.1 Pöytäkirjat

Kun paalutustyö on saatu tietyltä kokonaisuudelta, esimerkiksi yhden talon paalut kokonaisuudessaan asennettua sekä tarkemitattua, vastaava rakennesuunnittelija vie paalutusurakoitsijan laatimat paalutuspöytäkirjat [Liite 1-2.] sekä tarvittavat perustusmuutokset rakennusvalvontaan arkistoitavaksi sekä leimattavaksi. [Liite 4.]

## 8.2 Tarkemittaukset

Tarkemittaus tulisi tehdä ennen paalujen betonointia. Tämä helpottaa paalujen katkaisua, jos paalun yläpinnan korko ei ole toleransseissa ja helpottaa myös paalun poistamista jos paalu on katkaistu liian alhaalta. Tarkkeita ei myöskään voi ottaa ennen paalun katkaisua, vaikka se teoriassa olisikin mahdollista. Tämä johtuu siitä, että paalu saattaa olla sen verran vinossa, että tulos tarkemittauksesta voi olla väärä. [Liite 3.]

## 8.3 Suunnitelmamuutokset

Tarkemittauksen jälkeen tulokset lähetetään vastaavalle rakennesuunnittelijalle, joka tekee tarvittavat muutokset perustuksiin. Muutokset ovat lähinnä anturoiden levennyksiä, rauditusmuutoksia tai anturoiden väliin tehtäviä sidepalkkeja. [Liite 4.]



## 9 Yhteenveto

Vastaavanlaisissa kohteissa, jossa pohjavesi on korkeammalla kuin anturan alapinta, on pohjaveden hallinta suunniteltava etukäteen tarkasti. Ennen rakenteiden suunnittelua, pohjasuunnittelija määrittää alueesta riippuen mille tasolle pohjavesi saadaan laskea ilman pelkoa siitä, että ympäröivät pihat tai puistoalueet eivät sorru. Pohjasuunnittelija myös laatii pohjavedenhallintasuunnitelman, jossa tiedot ilmenevät, mutta pohjaveden pumppauksen aikana on pohjaveden pintaa tarkkailtava. Kyseisessä kohteessa tarkkailu oli ulkoistettu yritykselle, joka laati myös pohjasuunnitelmat.

Jos paalutettava maasto on helposti jäätyvää, kuten saviset pellot yleensä ovat, on maan jäätyminen estettävä. Tässä kohteessa se ei ollut tarpeellista.

Työnjohtajan tulee myös varmistua, että hän itse tietää kaikkien tulevien työvaiheiden luonteen. Jokainen kohde on myös omanlaisensa, joten ennen työn aloitusta on kohteen erityispiirteisiin perehdyttävä tunnollisesti. Myös seuraaviin työvaiheisiin on valmistauduttava ja varsinkin ahtailla tonteilla on logistiikan toimivuudesta varmistuttava.


Erityisen haasteellisissa kohteissa työntekijöiden työmotivaatio on koetuksella, mutta hyvin valmistautunut ja asiansa osaava työnjohtaja saa työryhmistä maksimaalisen potentiaalin irti. Vaikkakin suurimman stressin aiheuttavat tekijät rakennustyömailla ovat yleensä ulkopuolisia, joko aikatauluihin tai olosuhteisiin liittyviä, pystyy työnjohtaja pelastamaan paljon.

Ennen kohteen aloitusta tulee myös varata tarvittava kalusto. Kyseisessä kohteessa ulkopuolisella paalutusurakoitsijalla oli urakkasopimuksen mukaisesti työvaiheisiin tarvittava kalusto, mutta lumityöt tai pohjaveden hallinta eivät kuuluneet paalutusurakoitsijalle, joten lehtipuhallin ja 20 uppopumppua tulivat tarpeeseen.

Yritykselle tuleva hyöty on auttaa kokemattomia työnjohtajia vastaavissa kohteissa. Opinnäytetyö esittelee yhden tavan tehdä teräspaalutustyötä talvella perustuksiin suhteessa korkealla olevan pohjaveden alueella sekä ahtaalla tontilla. Työ annetaan yrityksen käyttöön sekä kirjallisessa että sähköisessä muodossa ja yritys saa käyttää työtä parhaalla katsomallaan tavalla.

## 10 Lähteet

- 1 Kuva: [www.ruukki.fi](http://www.ruukki.fi)
- 2 RIL 223+2005, Lyöntipaalausohje LPO-2005. 2005. Suomen rakennusinsinöörien liitto Ry. S. 92

SUOMEN TERÄSPAALUTUS OY									
LYÖNTIPAALUTUSPÖYTÄKIRJA									
Kohde / tilaaja							Pöytäkirja nro		
As Oy Helsingin Mango, Limonadikuja 8 00390 Helsinki							1		
Perus-tiedot	Lyöntikalusto				BSP600			Paalutyyppe: RR140/10	
	Paaluttaja				Markku Koskinen			Valmistaja: RAUTARUUKKI	
							Kärkityyppe: kalliokärki		
Paalutus-tiedot	Nro	Paalu-tyyppi	Lyönti pvm	Painuma (mm/30sek) kolme viimeistä sarjaa	Paaluellementtien yhteispituus	Katkaistun paaluellementin pituus	Paalun lopullinen pituus	Valo näkyvä (m)	Huom. Rikkoutumiset, esteet, häiriöt poikkeamat, tarkastukset yms
	437	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	2,70	3,30	Pohja	
438	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	2,70	3,30	Pohja		
436	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	2,55	3,45	Pohja		
426	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	2,70	3,30	Pohja		
429	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,00	3,00	Pohja		
428	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	2,95	3,05	Pohja		
427	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,02	2,98	Pohja		
434	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	2,78	3,22	Pohja		
435	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	2,88	3,12	Pohja		
433	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	2,80	3,20	Pohja		
424	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,25	2,75	Pohja		
425	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,27	2,73	Pohja		
423	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,30	2,70	Pohja		
432	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,40	2,60	Pohja		
431	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,42	2,58	Pohja		
430	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	6,00	2,92	3,08	Pohja		
401	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	3,10	0,55	2,55	Pohja	Vinopaalu 5:1	
422	RR140/10	26.11.2012	1, 1, 1	3,14	0,88	2,26	Pohja		
421	RR140/10	12.12.2012	1, 1, 1	6,00	3,63	2,37	Pohja		
420	RR140/10	12.12.2012	1, 1, 1	6,00	3,77	2,23	Pohja		
419	RR140/10	12.12.2012	1, 1, 1	6,00	3,60	2,40	Pohja		
411	RR140/10	12.12.2012		6,00				Vedetty pois, alle 1,5m	
412	RR140/10	12.12.2012		6,00				Vedetty pois, alle 1,5m	
410	RR140/10	12.12.2012		6,00				Vedetty pois, alle 1,5m	
93	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,45	2,55	Pohja		
94	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,47	2,53	Pohja		
96	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,63	2,37	Pohja		
95	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,68	2,32	Pohja		
97	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,33	2,67	Pohja		
91	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,35	2,65	Pohja		
90	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,42	2,58	Pohja		
89	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,45	2,55	Pohja		
88	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,52	2,48	Pohja		
87	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,60	2,40	Pohja		
86	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,05	2,95	Pohja		
85	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,10	2,90	Pohja		
81	RR140/10	27.11.2012	1, 1, 1	6,00	3,14	2,86	Pohja		
Laatija 				Tarkastaja					
Pvm 11.1.2013				Pvm					



## Paalutarkkeet 29.01.13

Y + ylös - alas X + oikealla - vasemmalla

	Paalu	dA/dX	dB/dY	dZ
	229	-0.004	-0.013	+0.050
	230	+0.102	+0.025	+0.041
	237	+0.005	-0.023	+0.081
	238	+0.112	+0.059	+0.050
	242	+0.006	+0.061	+0.065
	243	-0.036	-0.014	+0.038
	253	-0.015	+0.077	+0.002
	254	+0.095	-0.201	+0.018
	255	-0.004	+0.374	+0.008
	258	-0.041	-0.063	+0.007
	259	-0.026	+0.010	+0.006
	260	+0.096	+0.046	+0.005
Min	N=12	-0.041	-0.201	+0.002
Max	N=12	+0.112	+0.374	+0.081
MinAbs	N=12	0.004	0.010	0.002
MaxAbs	N=12	0.112	0.374	0.081
Mean	N=12	+0.024	+0.028	+0.031
MeanAbs	N=12	0.045	0.081	0.031
StdDev	N=12	0.059	0.132	0.027





KOETUSTODISTUS

Nro AP13021.DAT

367730-001-001

EN 10204-2.2

Päivämäärä  
26.11.2012

Sivu

1

Ostaja SUOMEN TERÄSPAALUTUS OY PL 1 21201 RAISIO FINLAND	8074600	Toimitusosoite SUOMEN TERÄSPAALUTUS OY AS OY HGIN MANGO /NCC:N TYÖMAA LIMONADIKUJA 040 745 7719 MARKKU KOSKINEN 00390 HELSINKI	8074600
Tilauksennumero 367730		Tilauksen 21.11.2012	
Väliteema AS OY HELSINGIN MANGO		Lähetysnro 367730-001 26.11.2012	

## MERKINTÄ

Vaimistajan merkki	Tarkastajan leima	Teräslaji	Sulatus - koero	Puikunumero	Muut leimat
--------------------	-------------------	-----------	-----------------	-------------	-------------



XXXX-XX

## Tuote

PAALUELEMENTTI

Teräslaji

S440J2H

RAKENNETERÄS

Tekniset vaatimukset

RR PILE ELEMENT

## Tarkastus

## TUOTE-ERITTELY

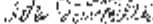
Sulatusno	Näytteenno	Nippu no	Kpl	m	kg	Nippu
Pos. 1	RR140/10-E	L= 6000				
41807	41807011329	A0034567				
57155	57155021169	A0034460 A0034461 A0034462 A0034467				
58549	58549041325	A0034471				
58552	58552021330	A0034463 A0034464 A0034550				
58552	58552031326	A0034465 A0034466				
59488	59488041503	A0034564 A0034565 A0034566				
Positiot yhteensä			140	840	28448	14
Positiot yhteensä			140	840	28448	14

Tuotteet on tarkastettu ja testattu ylläesitettyjen toimitusehtojen mukaisesti ja ne ovat asetettujen vaatimusten mukaisia.

## RUUKKI METALS OY

Pulkkilan tehdas

Laadunohjaus



Arto Törmälehto

www.ruukki.com	Postiosoite	Puhelin	Telefax
Ruukki Metals Oy	Lehtolantie 75 FI-02600 PULKKILA	+ 358 20 59 11	+ 358 20 59 27090
Yhtiön nimi	Suolaktienkatu 1	Kotipaikka	Y-tunnus
Ruukki Metals Oy	FI-00511 HELSINKI	HELSINKI	2389445-7



# RUUKKI

KOETUSTODISTUS

No

367730-001-001

EN 10204-2.2

Päivämäärä

26.11.2012

Sivu

2

Pos.	Sulatusno	CEV	Sulatusanalyysi %													
			C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Cu	Cr	N	Ti	Mo	Ni
1	41807	,28	,07	,21	1,19	,013	,005	,033	,038	,014	,027	,042	,004	,014	,004	,049
1	57155	,28	,06	,20	1,20	,012	,002	,032	,036	,013	,021	,047	,006	,017	,005	,039
1	58549	,28	,07	,21	1,18	,014	,006	,031	,037	,010	,021	,051	,005	,017	,005	,040
1	58552	,28	,06	,21	1,21	,012	,004	,032	,036	,010	,019	,046	,004	,016	,004	,037
1	59488	,27	,06	,21	1,19	,006	,006	,036	,035	,006	,017	,040	,004	,017	,004	,039

Pos.	Näytteennumero	Vetokoe	Istukko										
			P2	Rp0.2	Rm	A5	P3	oC	1(J)	2(J)	3(J)	AVG(J)	
			N/mm2	N/mm2	%								
1	41807011329	11	551	581	20	117	-40	310	314	304	309		
1	57155021169	11	545	571	20	117	-40	308	311	317	312		
1	58549041325	11	562	589	24	117	-40	296	298	191	232		
1	58552021330	11	557	582	20	117	-40	239	271	228	246		
1	58552031326	11	579	600	18	117	-40	274	294	265	278		
1	59488041503	11	564	587	19	117	-40	212	186	198	199		

Visuaalinen tarkastus sekä mitatarkastus on suoritettu toimintuehjen mukaisesti- Ei huomioita

**RUUKKI METALS OY**

Fuikkilan tehdas  
Laadunohjaus

*Arto Törmälehto*

Arto Törmälehto

CEV:  $C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15$

P2: 11-Perussisänsä palkittain

P3: 117-Istukkoasutus CV t x 10 mm, perussisänsä palkittain