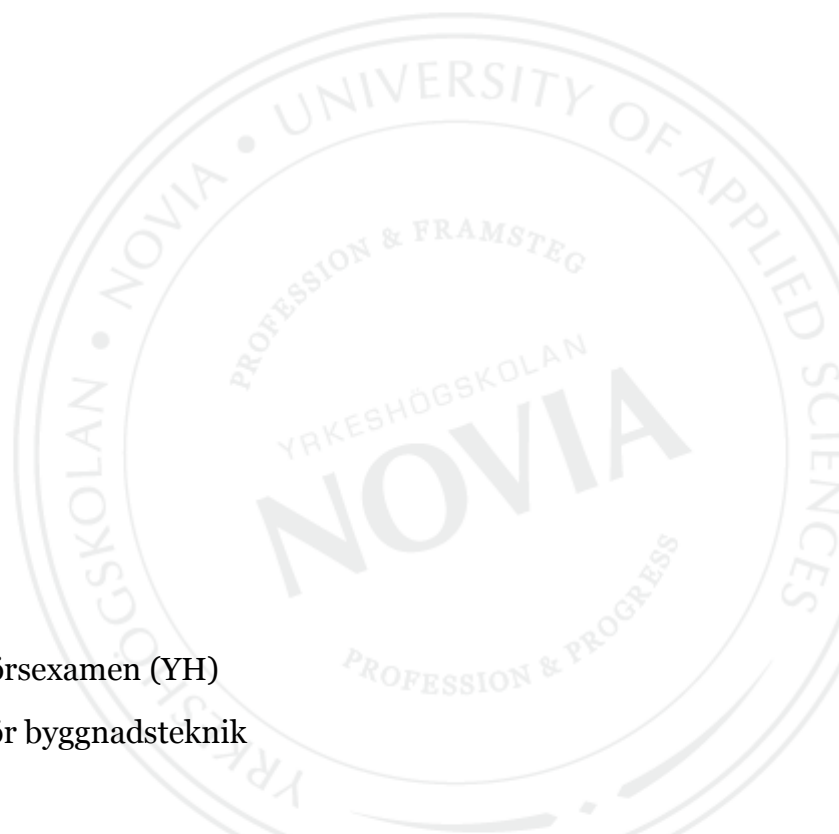


# **Stödväggar vid djupa schakt**

Anders Skutnabba

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)  
Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik  
Vasa 2011



## EXAMENSARBETE

Författare: Anders Skutnabba

Utbildningsprogram och ort: Byggnadsteknik, Vasa

Inriktningsalternativ: Produktionsteknik

Handledare: Allan Andersson

Titel: *Stödväggar vid djupa schakt*

---

Datum: 20.4.2011

Sidantal: 27

Bilagor: 5

---

### Abstrakt

Detta examensarbete är främst en sammanfattning av olika metoder för byggandet av stödväggar vid utförande av djupa schakt. Arbetet är gjort genom litteraturstudier. De metoder som behandlas är stålsponter, dammväggar och grävpålar samt jetinjektering, som också är fördjupningen. Alla metoder beskrivs allmänt och deras utförande, förankring samt egenskaper har undersökts. I arbetet finns även beskrivet ett grundförstärkningsprojekt och vilka arbeten som hör till huvudentreprenören i ett sådant.

---

Språk: svenska

Nyckelord: jetinjektering, schakt, stödväggar

---

Förvaras: Webbiblioteket Theseus.fi

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Anders Skutnabba

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantotekniikka

Ohjaaja: Allan Andersson

Nimike: *Tukiseiniä syvissä kaivannoissa*

---

Päivämäärä: 20.4.2011

Sivumäärä: 27

Liitteet: 5

---

### Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on pääasiassa yhteenveto erilaisista toimintatavoista tukiseinien rakentamisesta syvissä kaivannoissa. Työ on tehty kirjallisuustutkimuksena. Toimintatavat, joita työ käsittelee on teräspontti, patoseinät, kaivinpaalut ja suihkuinjektointi, joka on samalla myös syventymisosa työssä. Jokaista toimintatapaa esitellään yleisesti ja niiden menetelmät, ankkurointi ja ominaisuudet on tutkittu. Työssä on myös esitetty suihkuinjektointikohde ja siihen kuuluvat työt, jotka kuuluvat pääurakoitsijalle.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: suihkuinjektointi,kaivanto,tukiseinä

---

Arkistoidaan: verkkokirjastossa Theseus.fi

**BACHELOR ´S THESIS**

Author: Anders Skutnabba

Degree programme: Construction Technology, Vasa

Specialization : Building production

Supervisor: Allan Andersson

Title: *Supporting walls in deep excavations*

---

Date: 20.4.2011

Number of pages: 27

Appendices: 5

---

**Abstract**

This thesis work has mostly consisted of listing and summarizing the different methods of building supporting walls during deep excavation works. The thesis is a result of literature studies. The methods that are studied are steel sheets, dam walls, prebored piles and jet grouting, which is also my specialization area. All methods have been described generally and the work process, anchoring and their qualities have been studied. In the thesis there is also a chapter about a jet grouting project and the part of the job that is expected from a main contractor.

---

Language: Swedish

Key words: jet grouting, excavation, supporting walls

---

Filed at the web library Theseus.fi

## **Bilageförteckning**

**Bilaga 1:** Mötesprotokoll 1.6.2010

**Bilaga 2:** Dagbok över hjälparbeten gjorda av Lemminkäinen Talo Oy Forsström, sammansatt av Anders Skutnabba.

**Bilaga 3:** Redovisning över gjorda jetpålar av Lemminkäinen Infra.

**Bilaga 4:** Planritning över jetinjekteringsarbetet.

**Bilaga 5:** Skärning.

# Innehållsförteckning

Abstrakt

Tiivistelmä

Summary

Bilageförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Uppdragsgivare.....	1
1.2	Bakgrund.....	1
1.3	Målsättning.....	2
2	Djupa schakt.....	2
2.1	Allmänna planeringsprinciper.....	3
2.1.1	Omgivning.....	5
2.1.2	Grundförhållande.....	6
2.1.3	Grundvatten och torrhallning.....	6
2.1.4	Påverkan på närliggande byggnader.....	7
2.2	Stålsponter.....	8
2.2.1	Spontprofiler.....	8
2.2.2	Spontlås.....	9
2.2.3	Förankring.....	10
2.2.4	Beskrivning av arbetsutförande.....	11
2.2.5	Egenskaper.....	12
2.3	Dammväggar och grävpålar.....	13
2.3.1	Olika metoder.....	13
2.3.2	Beskrivning av arbetsutförande för grävpålar.....	15
2.3.3	Egenskaper.....	16
2.4	Jetinjektering.....	17
2.4.1	Beskrivning av utförande.....	18
2.4.2	Stödvägg med jetinjektering.....	19
2.4.3	Egenskaper.....	20
3	Grundförstärkning med jetinjektering vid Kulturfabriken och Vektia.....	20
3.1	Arbetsplats.....	20
3.1.1	Entreprenörer.....	21
3.2	Arbetsutförande.....	21
3.2.1	Planering och förberedelse.....	22
3.2.2	Tillvägagångssätt.....	23

3.2.3	Uppföljning och redogörelse .....	24
3.2.4	Utmaningar och svårigheter .....	25
4	Diskussion .....	26
5	Källor .....	27

## **1 Inledning**

Inledningsvis presenteras kort ingenjörarbetets uppdragsgivare men även bakgrunden till det. Jag kommer även kort att berätta om min målsättning. I det andra huvudkapitlet presenteras olika metoder för utförande av djupa schakt. Där utreds även eventuella skillnader mellan nämnda metoder samt fördelar och nackdelar. I det tredje kapitlet kommer jag att redogöra för grundförstärkningen av Kulturfabriken och Vektia i Jakobstad. I det kapitlet berättas också om, varför just den metoden valdes, om arbetsplaneringen, utförandet samt uppföljning. I slutkapitlet sammanfattas resultaten av arbetet.

### **1.1 Uppdragsgivare**

Uppdragsgivare och beställare för detta ingenjörarbete är Lemminkäinen Talo Oy Forsström. Företaget är en del av Lemminkäinen koncernen och dess verksamhet är byggnadsproduktion främst i Karlebynejden. Företaget bygger allt från offentliga byggnader till industribyggnader och sysslar både med sanering och nyproduktion. Bostadsproduktion i egen regi är också en stor del av verksamheten. År 2009 hade företaget en omsättning på 34,9 milj. € och sysselsatte 149 personer. Initiativet till detta ingenjörarbete togs av VD Karl-Johan Forsström. Tanken var att fördjupa sig i jetinjekteringsmetoden, men även granska vilka alternativ som fanns och varför just denna metod användes vid Kulturfabriken och Vektia, som under det senaste året varit min arbetsplats.

### **1.2 Bakgrund**

När man gör djupa schaktningar finns det flera tillvägagångssätt man kan använda sig av för att klara av det stora jordtryck som uppstår vid djupa schakt. Spontning är kanske den vanligaste, men som i vårt fall, kan man även använda sig av jetinjektering. Det faktum att grundförstärkningen vid Kulturfabriken och Vektia utfördes med jetinjektering är orsaken till detta ingenjörarbete. Min uppdragsgivare som för tillfället även är min arbetsgivare hade aldrig tidigare kommit i kontakt med jetinjektering och p.g.a. det fick jag vid sidan av mina andra arbetsuppgifter även på nära håll följa med utförandet av grundförstärkningen. Arbetsgruppen som utförde jetinjekteringen bestod av en arbetsledare och 4–5 arbetare.



### 1.3 Målsättning

Målsättningen med arbetet är att fördjupa sig i jetinjekteringsmetoden, men även andra metoder behandlas, speciellt deras för- och nackdelar. Genom att göra det hoppas jag få bättre insikt i utförandet av djupa schakt och grundförstärkning i allmänhet. Förhoppningen har från deras och min sida i stället varit att jag personligen skulle lära mig mer om nämnda metod samt alternativen till denna.

## 2 Djupa schakt

Grävande av schakt är ofta oundvikligt i samband med byggnadsarbeten. Grunder ska gjutas och nivåskillnaderna kan vara flera meter. När det även finns intilliggande vägar eller hus förvärrar detta situationen ännu mera. Omgivningen spelar med andra ord en stor roll i planeringskedet. Schakt delas vanligtvis in i två grupper: schakt med slänter eller schakt med stödvägg. (RIL 166 Pohjarakenteet 1986, 464.)



*Figur 1. Schakt med slänt (Uutelan Maansiirto Oy 2.3.2011 )*



*Figur 2. Schakt med stödvägg (Nykänen 2009, 10.)*

## **2.1 Allmänna planeringsprinciper**

Planeringen av stödväggar görs vanligtvis av en geoteknisk konsult, men när det är fråga om bestående konstruktioner ofta i samarbete med en konstruktionsplanerare. Enligt byggbestämmelsesamlingen delas planeringsobjekt in i tre olika klasser mycket krävande (AA), krävande (A) och lätt (B). Den säger också att stödkonstruktioner ska planeras och utföras så att de klarar av jordtrycket, vattentrycket och eventuella utomstående påfrestningar med tillräcklig säkerhet och att stödväggens rörelse är så minimal att den inte skadligt påverkar konstruktionen eller omgivningen. (Byggbestämmelsesamlingen B3, 1975)

Vid schaktningar med slänter bör lutningen vara gjord så att den är anpassad till jordartens egenskaper och schaktets djup. (RIL 166 Pohjarakenteet 1986, 464.). Slänter behandlas inte mera ingående i detta arbete.

Grundbyggnadsplaneringen framskrider under hela planeringstiden jämsides med den övriga konstruktionsplaneringen, detta illustreras i nedanstående tabell. Tabellen berör projekt av svårighetsgraderna AA- och A. För B-klassens svårighetsgrad krävs vanligtvis

inte mera än grunder, tjälisolering och regnvattenavledning. (Rantamäki & Tamminrinne 1979, 13)

Tabell 1. Olika skeden i byggnadsprocessen

Rakennus- hankkeen vaihe		Ennakkosuunnittelu		Luonnos- suunnittelu	Rakenne- suunnittelu	Raken- taminen	Käyttö
		Hanke- suunnittelu	Esi- suunnittelu				
Pohja- rakennus- suunnittelu	Tulostus	Pohjarakentamisen esisuunnittelu		Pohja- rakennus- luonnos	Pohja- rakennus- suunnitelma		
	Tehävä	Alueiden pohja- rakennus- erojen selvitys	Tontin pohja- rakennet- tavuus	- Maa- ja pohjara- kentamisen vaihtoehdot ja vertailu - Maa- ja pohjara- kentamisen periaate- ratkaisut	Perustus-, kaivanto-, maarakenne-, kuivanapito- ja suojaus- suunnittelu	Asian- tuntija- valvonta	Asian- tuntija- tarkkailu

(Rantamäki & Tamminrinne 1979, 13.)

Stödväggar används alltid när utrymmet är begränsat och man p.g.a. schaktets djup, närliggande vägar eller hus, eller bara byggplatsens marktyp och grundvattenförhållande, måste ha stödda konstruktioner. Oftast använder man sig av tillfälliga stödväggar, men stödväggen kan också bli en del av konstruktionen i schaktet och på så sätt permanent. Stödväggar förutsätter alltid att en grundundersökning utförts och att man på ett vettigt och ekonomiskt fördelaktigt sätt kan lösa problemet. Kostnaden för utförandet av stödväggar kan i många fall vara så omfattande att byggherren väljer att ändra sina planer helt för att undvika de stora kostnaderna. Ett egna-hemshusbygge som kräver stödväggar av olika slag är mycket ovanligt. (Jääskeläinen 2009, 181)

Grundvattennivån tillför ofta svårigheter när man utför djupa schakt. I tabell 2 som visas på följande sida finns rekommenderade val av stödväggar beroende på grundförhållandet och användningsändamålet. Jetinjektering finns inte som alternativ fast det behandlas i detta arbete.

Tabell 2. Rekommenderade stödväggstyper beroende på omgivning.

Vaatus tai olosuhdetekijä	Teräs-pontti-seinä	Combi-seinä	Putki-pontti-seinä	Kaivin-paalu-seinä	Kaivanto-seinä	Setti-seinä
<b>Käyttötarkoitus</b>						
- työnaikainen tukiseinä	X	(X)	(X)			X
- pysyvä tukiseinä	(X)	X	X	X	X	X
- tukiseinästä tulee osa lopullista rakennetta	(X)	X	X	X	X	(X)
<b>Vesitiiveysvaatus</b>						
- vesitiivis seinä	X	X	(X)	X	X	
- avovesiolosuhteet	X	X	(X)			
<b>Pohjasuhteet</b>						
- pehmeä tai vetelä	X	X	X	X	X	
- kiinteä ja kivetön	X	X	X	X	X	X
- kova ja kivinen		(X)	(X)	X		(X)
<b>Ympäristö ei saa liikkua tai painua</b>	(X)	X	X	X	X	(X)

X = seinä soveltuu yleensä käytettäväksi

(X) = seinää voidaan joskus käyttää

(RIL 181 Rakennuskaivanto-ohje 1989)

### 2.1.1 Omgivning

Det är först och främst omgivningen som avgör hur man utför en schaktning, med slänt eller stödvägg. Båda har sina för- och nackdelar. Vid mån av möjlighet föredrar man att använda slänter eftersom de innehåller mindre kostnader och man undviker de stora vibrationer och skakningar i jorden som t.ex. nedslagning av stålspontar genererar. Men i stadskärnor eller annars tätbebyggda områden är det oftast mycket stor brist på just utrymme och slänter är därför inte önskvärda i sådana fall. Det utrymme som slänter förbrukar används hellre till t.ex. tornkransbanor, förvaringscontainrar och sociala utrymmen eller varumottagningsplan. (RIL 181 Rakennuskaivanto-ohje 1989, 11)

Med stödväggar kan man i teorin ganska noggrant bestämma schaktets storlek, vilket i sin tur gör att man effektivt sparar utrymme. Man bör däremot noggrant kartlägga närliggande husfasader, vägars skick, ledningar och rör i marken på tomten och i närområdet. Man använder också vibrationsmätare för att följa med hur exempelvis spontning påverkar omgivningen. (RIL 181 Rakennuskaivanto-ohje 1989, 11)

### **2.1.2 Grundförhållande**

De viktigaste egenskaperna för en jordart vid schaktning är: grävbarhet och transportbarhet.

Med grävbarhet menas den klass som jordarten har beroende av sin kornstorlek, densitet och hållbarhet. I praktiken kan man från grundundersökningsresultaten fastställa klassen på jordarten. Transportbarhet syftar i sin tur på jordartens egenskaper att klara av transporter. Vid schaktningar används grävmaskiner och lastbilar för uppgrävning och transport av jordmassorna. En grovkornig jordart eller en jordart med litet innehåll av morän är material som är lätta att transportera. Också finkorniga men torra jordarter går att transportera med lastbil. En jordart däremot, som är finkornig och vattenmättad, kan av vibrationerna som uppstår under transporten bli nästan flytande. (Rantamäki & Tamminne 1979, 106)

Jordartens egenskaper påverkar också märkvärdigt vid utförandet av stödväggar. Jordarter som är finkorniga går relativt enkelt att t.ex. slå ner stålsponter i. Till skillnad från morän eller en jord som innehåller mycket stenar där förankringen i stället fäster bättre. (Rantamäki & Tamminne 1979, 117)

### **2.1.3 Grundvatten och torr hållning**

Grundvattennivån i Finland ligger i medeltal på 1,5–3 m djup. Schaktningar och grävningar som utförs under grundvattennivån bör undvikas. Vid schaktningar under grundvattennivån bör grundvattennivån alltid sänkas före schaktningen påbörjas. Ofta ställs även krav på övervakarna att granska sänkningen och godkänna den innan schaktningen påbörjas. Liknande krav kan också gälla uppföljning av grundvattennivån för att kontrollera att den hållits på önskad nivå. Den grundläggande tanken är alltså att alltid utföra grundningsarbeten ovanför grundvattennivån. (Jääskeläinen 2009, 189) Genom att sänka grundvattennivån ändrar man också på grundförhållandet för närliggande byggnader. Speciellt i finkorniga jordarter kan en sänkning medföra stora risker. På grund av dessa risker bör konstruktionsplanerna innehålla en utredning av grundvattnets ändringar och inverkan. Utredningen skall också ta ställning till hur en sänkning av grundvattennivån kan påverka byggnader i närheten samt metoder för att effektivt förhindra att skador uppstår. (RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeet 2004, 109)

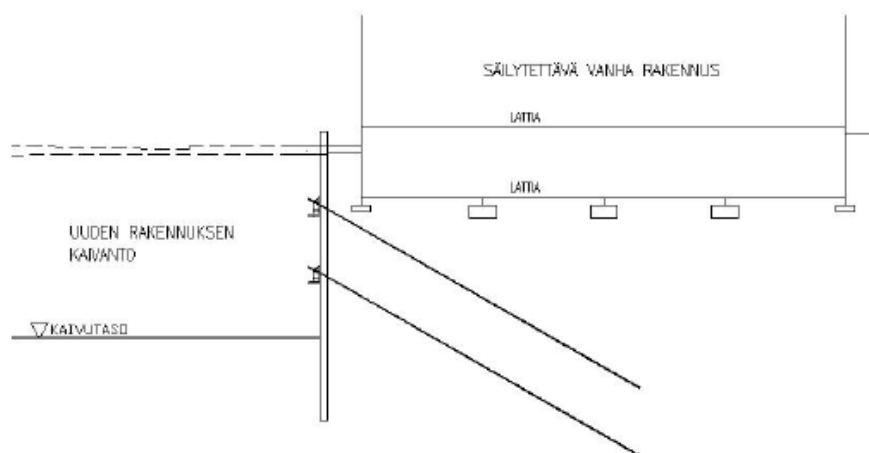
Att effektivt kunna omdirigera vattenströmmar är väsentligt för att undvika att hydrauliska brott i schaktbotten inte ska uppstå. Ett hydrauliskt brott uppstår när grundvattennivån är lägre i schaktet än utanför och jordmassan är tätare i botten av schaktet än vid sidorna. Vattenströmmarna försöker lyfta botten i schaktet och då uppstår hydrauliska brott. Med torrhallning minskar man även trycket på stödväggarna, vilket avsevärt underlättar arbetet i övrigt. (Jääskeläinen 2009, 189)

#### 2.1.4 Påverkan på närliggande byggnader

I Finlands byggbestämmelsesamling B3 i punkten 5.2.3 (2004) definieras kvalitetskraven som berör byggnadsschaktningar. Enligt den bör schaktningar följa grundbyggnads-, arbets- och kvalitetsplaner samt kunna presenteras tillförlitligt.

I praktiken kartläggs närliggande byggnader både före och efter schaktningen, för att konstatera eventuella skador som uppkommit med schaktningen. Under själva arbetet övervakas vibrationer och förflyttningar i jordmassorna genom mätningar. Jordtrycket är stort både i botten av schaktet och i kanterna mot stödväggar och dessa kan ha en skadlig inverkan på rör och ledningar samt närliggande byggnader, ifall stödväggen endast är tillfällig och tas bort i framtiden. (RIL 181 Rakennuskaivanto-ohje 1989, 11)

Nedanstående bild illustrerar tydligt hur nära ett schakt invid befintliga byggnader kan vara och att även förankringen kan utföra ett stort orosmoment med tanke på närliggande byggnader.



Figur 3. Förankringen kan innebära risker för närliggande byggnader. (Nykänen 2009, 15)

## 2.2 Stålsponter

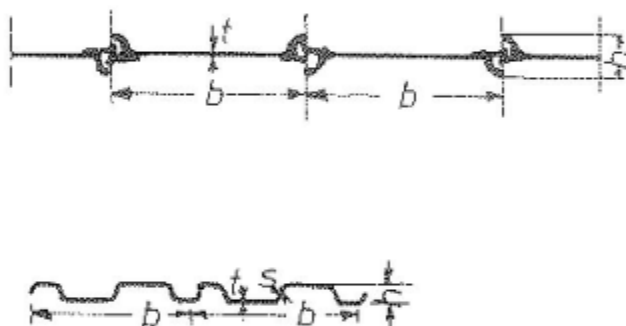
Stålsponter har sitt ursprung i stödväggar av trä. Träpålar slogs ner tätt intill varandra och bildade en väggliknande konstruktion. De första sponterna av järn gjordes av gjutjärn som ganska snabbt konstaterades vara för skört för att kunna användas som stödväggar. Sponter blev vanligt för ungefär hundra år sedan när materialutvecklingen gjort att man börjat använda stål. Stålsponter är den i världen mest använda metoden vid byggande av stödväggar i dagsläget. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 115)

Stålsponter och byggandet av stödväggar av dessa bygger alltså på samma princip som föregångaren av trä. Man slår ner plankor, i detta fall av stål, i marken tills de når en fast botten. Sponterna hålls ihop eftersom de är utformade med spontlås i kanterna och bildar en enhetlig konstruktion som till och med kan vara vattentät. För utförandet finns det många olika typer av spontprofiler och spontlås på marknaden som lämpar sig olika beroende på objektet. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 115)

### 2.2.1 Spontprofiler

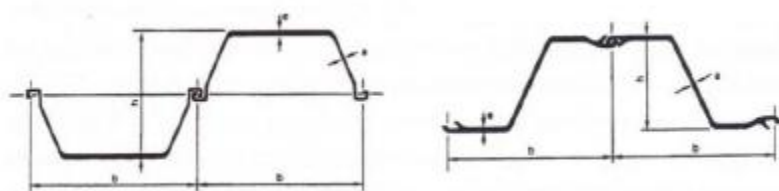
Stålsponter delas in i tre kategorier: lätta, tunga samt specialprofiler. Indelningen grundar sig på utformningen av profilen samt dess böjmotstånd. För utförandet av permanenta stödväggar lämpar sig alla typer utom lätta profiler. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 115)

**Lätta profiler** är skivaktiga och lågt korrugerade och har därför mycket lågt böjmotstånd jämfört med andra profiler. Profilen används således mest vid grunda schakt. En stödvägg av lätta stålprofiler bör också förankras tätare än andra profiler. Montering kan utföras både ”kant i kant” genom spontlås eller med överlappning. (RIL 166 Pohjarakenteet 1986, 470)



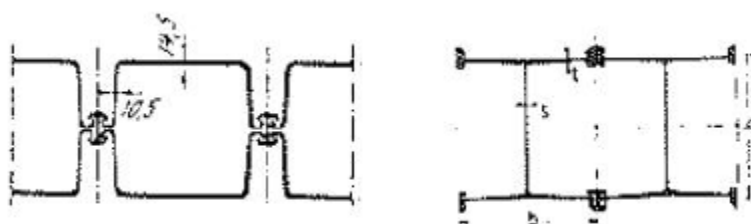
Figur 4. Två lätta profiler. (Nykänen 2009, 22)

**Tunga profiler** av typen Z eller U är de mest använda. U-profilen är mest använd i Finland. Själva sponten, eller låset, befinner sig på olika led i profilerna, vilket påverkar hela stödväggens stödmoment och bör beaktas redan i planeringsskedet. Böjmotståndet för tunga profiler är stort och p.g.a. det kan förankringarna vara på ett betydligt större inbördes avstånd än för t.ex. lätta profiler. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 115)



Figur 5. Två olika tunga profiler. (Hakulinen 2003, 58)

**Specialprofiler** har störst böjmotståndskapacitet av alla profiler och är lådformade I- eller H-profiler. Specialprofiler lämpar sig bra vid extremt djupa schakt där man vill undvika täta förankringar. Man kan även kombinera specialprofiler med tunga profiler av typen Z eller U och på så sätt få en Combi-stödvägg. (Hakulinen 2003, 58)

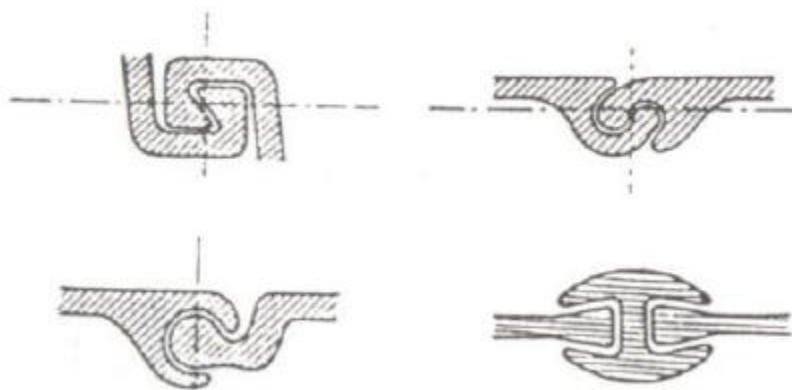


Figur 6. Två olika specialprofiler. (Nykänen 2009, 23)

### 2.2.2 Spontlås

Det finns olika typer av spontlås för olika typer av ändamål samt olika tillverkare. På följande sida visas några av de mest använda typerna. Till tillverkaren Larssens spontlås finns det även att fås en tilläggstätning som är utvecklad för att förbättra stödväggens vattentäthet. För utformande av hörn i en stödvägg finns skilda hörnprofiler med för ändamålet utvecklade lås, men den kanske mest använda metoden är att man svetsar ihop hörnet som gjorts av samma profiler som resten av stödväggen.

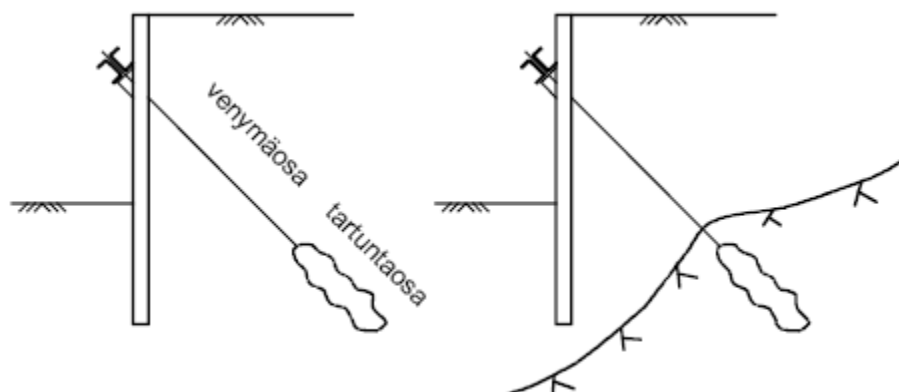




Figur 7. Olika typer av spontlås. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 116)

### 2.2.3 Förankring

Förankringen av stödväggen sker i det skede när alla sponter är färdigt nedkörda och man har inlett schaktningen. Även förankringen är en noga planerad åtgärd och beroende av sponttyp och schaktdjup. Förankringen sker oftast i två punkter. Förutom en fast infästning nertill bör också en vågrät stödbalk förankras, endera med injektering i jordmassorna eller i berget. Nertill är infästningen beroende på schaktdjupet. Om schaktningen inte utförs allt till fast botten (berg) kan en infästning helt enkelt garanteras genom att sponter slås ordentligt mycket djupare än schaktningsdjupet. Vid schaktning mot berg gjuts en stödbalk av betong som förankras i berget för att förhindra rörelse p.g.a. jordtrycket. Alla förankringar är förstås noga planerade och beräknade och bör utföras enligt de planer som finns för att på ett säkert sätt kunna utföra resterande arbeten i schaktet. (Jääskeläinen 2009, 183)



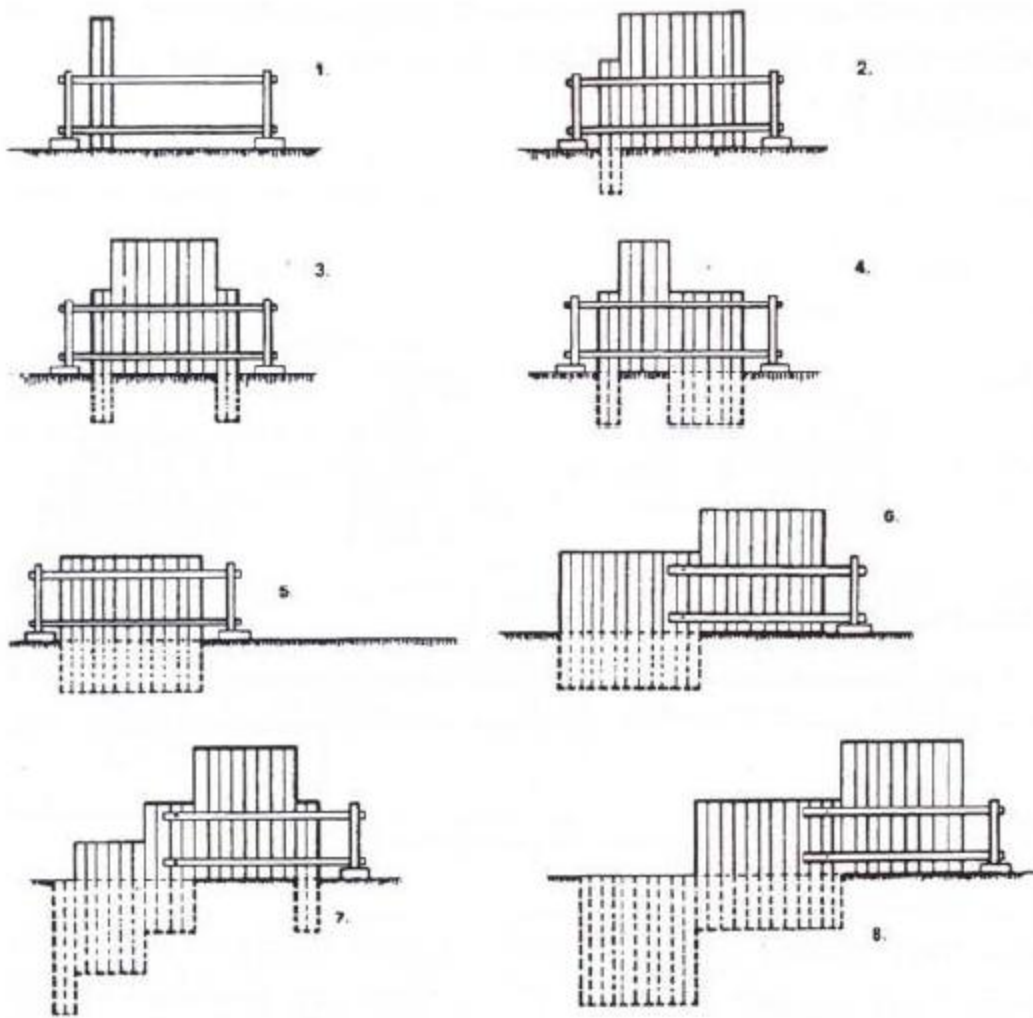
Figur 8. Till vänster friktionsförankring, till höger förankring i berg. (Hakulinen 2003, 67)

#### 2.2.4 Beskrivning av arbetsutförande

Vid utförande av stödväggar med stålsponter används pålningsmaskiner. Man kan använda en hydraulhammare eller genom vibrering driva ner sponten i marken. Innan själva spontningen börjas gör man en grundare ytschaktning för att få bort eventuella stenar som kan finnas i ytan. Denna schaktning görs som ett dike i vars botten en styrbalk placeras, för att vid spontningen styra sponterna så de hålls enligt den linje som planerats. Utan styrbalken finns det även risk att sponterna lossnar i från varandra eller att låsen bryts sönder ifall jorden är stenig. Förutom en styrbalk på marken har även spontmaskinen en styrskena som håller sponterna i linje. Man har alltså två stödpunkter för att få en så rak och exakt stödvägg som möjligt. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 116)

När stödväggen är nerslagen i marken kan man inleda själva schaktningen. Vartefter schaktningen utförs förankrar man stödväggen. Målet är att sponterna har slagits ner till önskat djup innan schaktningen inleds, men kan också vartefter man schaktar slås ner ytterligare i samband med förankringen. Ifall schaktbotten utgörs av berggrund bör nedre ändan av sponten förankras i berget. Det gör man genom att borra i berget och förankra en ståltapp som förhindrar att stödväggens nedre del förskjuts av jordtrycket. Efter schaktningen kan man ännu förstärka förankringen genom att platsgjuta en betongbalk mot stödväggens nedre del. (Jääskeläine 2009, 183)

Det finns två olika tillvägagångssätt när stålsponter slås ner. Att enskilt slå ner var och en är en metod, som har den nackdelen att sponterna vill dra snett och kostar hårt på spontlåsen. Den andra, och rekommenderade, är att väggen i sin helhet slås ner gradvis. Man börjar alltså med att slå ner sponterna så mycket att de hålls stående och därefter slås följande intilliggande på samma sätt. Tanken är att man i sektioner slår ner några sponter lite åt gången. På det viset fungerar de närliggande sponter också som en styrskena och det underlättar påfrestningarna som uppstår i låsen. Att låsen (skarvarna) hålls intakta är av mycket stor betydelse för slutresultatet både när det gäller hållfasthet och vattentäthet. På följande sida ses en illustration av just nämnda metod. (Hakulinen 2003, 63)



Figur 9. Stålsponning i sektioner. (Hakulinen 2003, 63)

### 2.2.5 Egenskaper

Stödväggar av stålsponter har sina nackdelar. Stålsponter passar inte i stenig eller grovkornig morän, eftersom stenar kan skada änden på sponten och förhindra återanvändning. Själva utförandet genererar också skakningar och vibrationer vilket kan vara skadliga för närliggande byggnader. Vid djupare schaktningar kräver också stålsponter en tät förankring som är krävande både ekonomiskt och tidsmässigt.

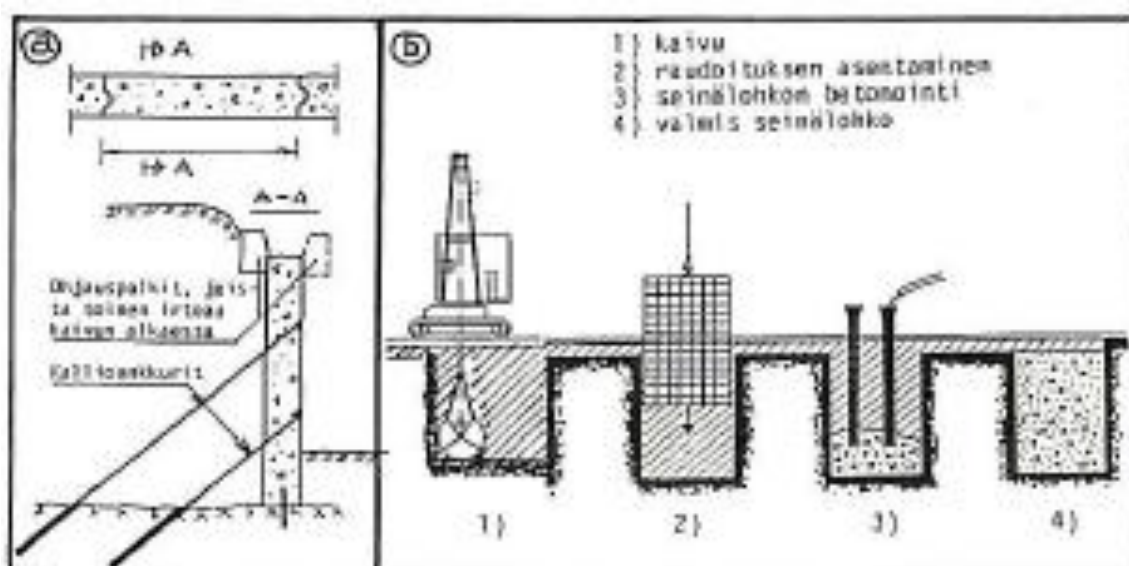
Själva arbetsutförandet är relativt snabbt och förmånligt och räknas som en fördel. Att även kunna återanvända sponter av stål gör att det är en ekonomiskt hållbar lösning. (Rantamäki & Tamminne 1979, 117)

## 2.3 Dammväggar och grävpålar

Dammväggar är gjorda av betong och är platsgjutna, armerade stödväggar som gjuts före schaktningen. Dammväggar är oftast en permanent konstruktion som senare blir en del av byggnaden och fungerar som dess grundmur. En dammvägg kan också vara vattentät och på så sätt undviker man problem med t.ex. grundvattensänkning. Dammväggen är styv och hållfast och är därför optimal vid extrema djup. På grund av styvheten kräver den också mindre förankring. (RIL 166 Pohjarakenteet 1986, 472)

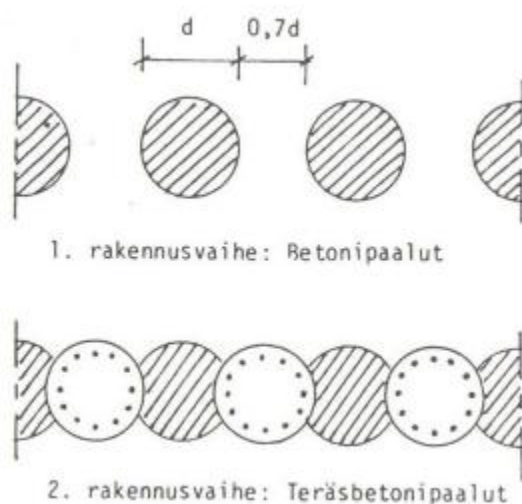
### 2.3.1 Olika metoder

Dammväggar delas i regel in i två olika grupper, beroende på stödväggens konstruktion och utförandesätt, dammväggar och grävpålar. Dammväggar utgörs av platsgjutna väggsektioner runt 5–7 meter långa, medan grävpålar är betongpålar med en diameter runt 0,7–1,2 meter vilka överlappar varandra och på så sätt att slutresultatet en sluten vägg. Oberoende av metod förankras väggen alltid mot berg genom att borra fast infästningen samt med förankring som liknar den som används t.ex. vid stödväggar av stålspont. Dammväggar kan även utföras i mycket hård och t.o.m. stenig jord. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 119)



Figur 10. Beskrivning av dammväggsbyggande. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 120)

Arbetet med dammväggar inleds innan schaktningen påbörjas. Först gjuter man styrbalkar på markytan för att säkerställa att den senare gjutna väggen hålls inom de ställda krav och toleranser som finns. Det är också en åtgärd som förstärker kanterna inför grävning. Under själva grävningen skall väggsektionen vara fylld av en betongvälling som bör fylla väggsektionen högre än grundvattennivån. Betongvällingen tränger in i jorden runt omkring väggsektionen och förstärker den så att man utan risken för ras skall kunna gräva ur ända ner till berget. När man grävt ur väggsektionen förankras den i berget samtidigt som man monterar armeringen. Under hela denna process skall den urgrävda sektionen alltså vara fylld av betongvälling. I ändarna monteras en stålprofil som har formen av ett spontlås. Gjutning utförs med en teknik som används vid undervattensgjutning. Man håller slangen hela tiden inne i redan utsläppt betong. På så sätt fyller man sektionen inifrån och överlopps betongvälling tas till vara och kan användas i en annan sektion. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 120)

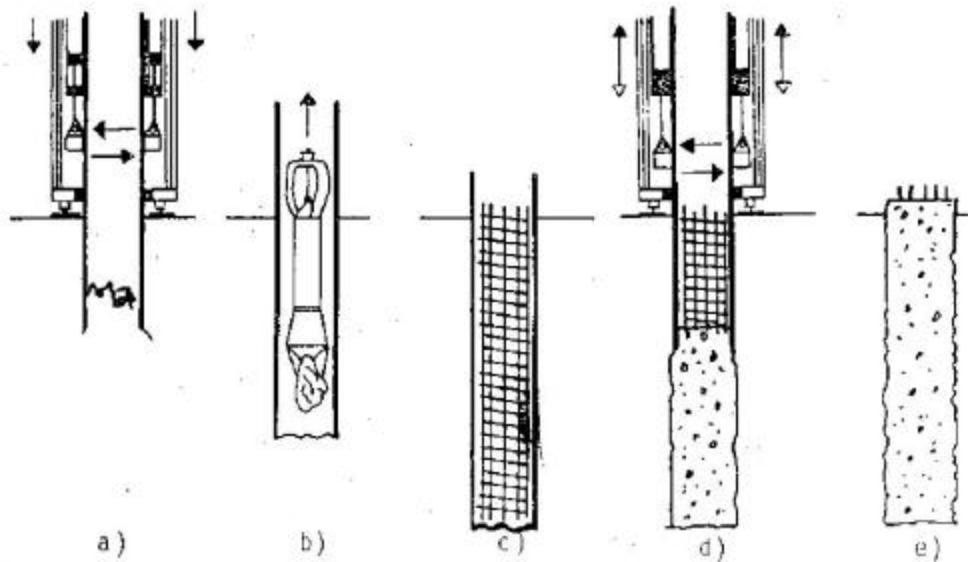


Figur 11. Beskrivning av grävpålsbyggande. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 120)

Grävpålar görs så att varannan av pålarna är armerade. Utgångsläget är detsamma som hos dammväggar, man börjar alltså med att gjuta styrbalkar på markytan. Sedan gör man de oarmerade pålarna. Deras centrumavstånd från varandra är 0,7–0,85 gånger diametern på pålen. Efter det görs de armerade pålarna som följaktligen överlappar de redan gjorda pålarna. Förankringen och själva arbetsförandet är liknande som hos dammväggar, men för grävningen kan man också använda sig av ett arbetsrör som stöder jordmassorna i grävålet. Arbetsutförandet för grävpålar förklaras mera ingående under rubrik 2.3.2.

### 2.3.2 Beskrivning av arbetsutförande för grävpålar

Här beskrivs själva arbetsutförandet för grävpålar steg för steg.



Figur 12. Beskrivning av olika skeden i grävpålsbyggande. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 91)

**a)**

Man börjar med att trycka eller slå ner ett arbetsrör i marken. Röret är öppet och ofta tandad nertill. Röret roterar också vilket underlättar inträngning i marken. Här kan man som redan nämnts också använda sig av betongvälling och då behövs inget arbetsrör.

**b)**

Jordmaterialet inne i röret tas bort samtidigt som röret trycks ner. Ifall man stöter på stora stenar kan man i värsta fall vara tvungen att spränga. Sprängning orsakar vibrationer och rörelser som kan vara skadliga för närliggande byggnader.

**c)**

Om pålen skall armeras utförs detta nu annars övergår man till skede d). Ofta förankras pålen nu i berget. Berget spolats med luft och vatten för att förbättra vidhäftning.

**d)**

Pålen gjuts och samtidigt lyfts arbetsröret försiktigt upp. Man vill säkerställa att pålen endast består av betong och att inte jorden blandas i. Gjutmetoden är samma som vid undervattengjutningar.

**e)**

Grävpålen är gjuten och man påbörjar grävningen av nästa. När alla oarmerade pålar är gjorda påbörjar man grävningen av de armerade mellan de färdigt gjutna pålarna.

(Rantamäki & Tammirinne 1979, 90)

### **2.3.3 Egenskaper**

En stödvägg gjord som dammvägg eller av grävpålar är mycket måttexakt och kan därför göras nära befintliga byggnader och på grund av sin styvhet fungerar den i så gott som alla fall som grundmur i den nya konstruktionen. Utförandet av sådana stödväggar kan också göras i en grovkornig och t.o.m. stenig jordart och man får en vattentät stödvägg som gör att man inte har problem med t.ex. grundvattensänkning. Arbetsmetoden av grävpålar är också nästan vibrationsfri, vilket gör att den lämpar sig bra i stadsmiljö där påverkan på omgivningen är en stor del av riskerna.

Byggandet av stödväggar med grävpålar och dammväggar är däremot en mycket långsam metod och kräver specialutrustning, vilket gör att det alltid är en dyr metod. Denna metod väljs alltid som sista utväg när andra metoder av olika orsaker visat sig vara olämpliga. (Rantamäki & Tammirinne 1979, 119)

## 2.4 Jetinjektering

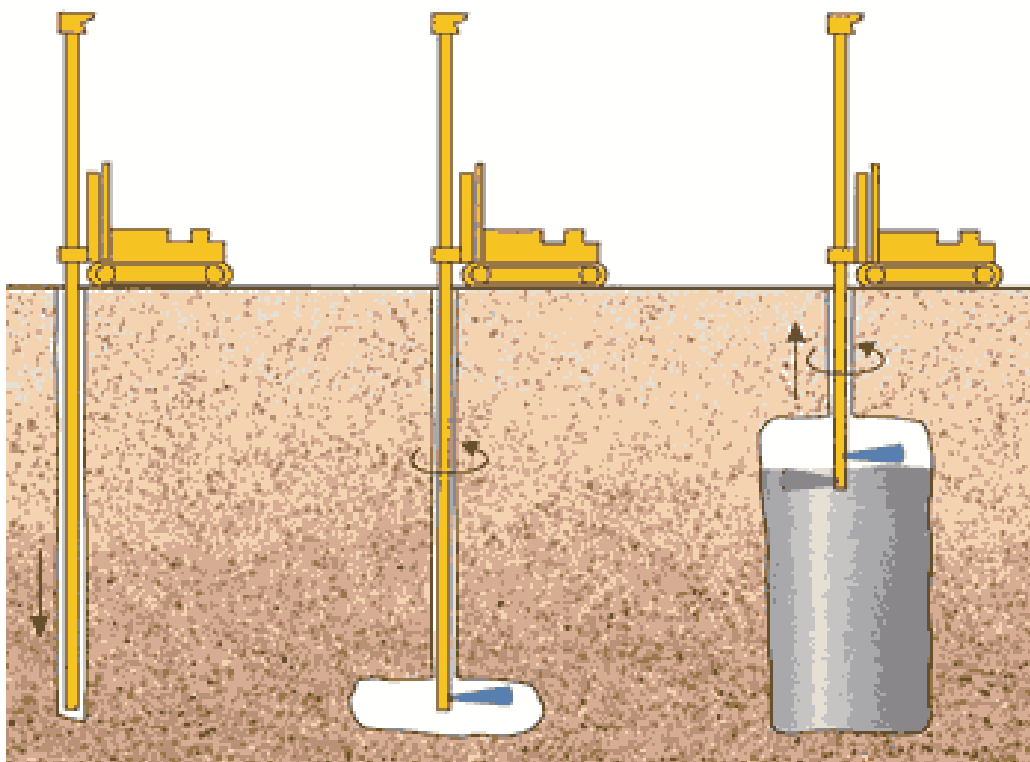
Jetinjektering uppfanns i början på 1970-talet i Japan. Metoden är en kombination av pålning och djupstabilisering. Den blev känd under namnet Jet Grouting (på finska suihkuinjektointi). Metoden går ut på att man injekterar en vattencementvälling under högt tryck, 400 – 500 bar, i marken där den blandas med det befintliga jordmaterialet och bildar en påle med en diameter mellan 0,4 – 2 meter. Diametern på jetpålen varierar beroende på jordmaterialet och vilken injekteringsmetod som används, olika metoder redogörs för i 2.4.1. Den slutliga hållfastheten för jetpålen är helt beroende av det befintliga jordmaterialet samt vattencementfördelningen som används. Enligt Lemminkäinen för man beroende på jordarten en tryckhållfasthet runt 5 MN/m<sup>2</sup>. (Svenska Geotekniska Föreningen, 2011)

Jetinjektering är i Finland främst använd vid grundförstärkning av gamla byggnader där av olika orsaker andra metoder inte varit lämpliga, oftast p.g.a. att jetinjektering inte orsakar vibrationer som kan vara skadliga för omgivningen. (Finnsementti, 2011)

I kapitel tre redogörs för ett jetinjekteringsprojekt i Jakobstad 2010.



### 2.4.1 Beskrivning av utförande



Figur 13. Illustration av jetinjektering. (Finnsementti, 2011)

Till skillnad från de andra metoder som tidigare redovisats behövs vid jetinjektering inga styrbalkar, eftersom det utförs med en borrhavn och borrhålets placering fås ganska exakt. Det första som görs är alltså ett borrhål till önskat djup varifrån jetpelaren skall börja. Man behöver inte borra allt till berget ifall det endast är fråga om stabilisering och inte en stödvägg. När man uppnått rätt djup börjar man att rotera och lyfta borkronan samtidigt som man under högt tryck injekterar vattencementvälling. Munstycket i borkronan gör att en fin stråle av vällingen luckrar upp jordmaterialet och blandas väl. När man injekterar endast vattencementvälling är det fråga om en enstegsmetod. Vartefter injekteringen utförs sköljs överlopps material upp ur borrhålet. Det tas till vara men kan inte återanvändas. För hantering av detta överskottsmaterial har man grävt en bassäng eller så använder man containrar för uppsamling. (Bilfinger Berger Foundations, 2011)

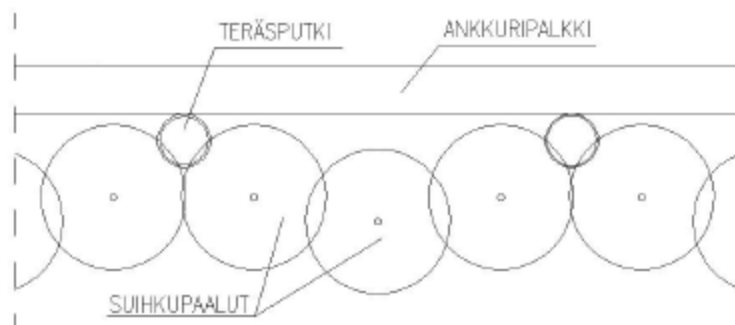
Ifall man vill öka diametern på jetpålen injekterar man enbart vatten innan man tillsätter cement. Vattenstrålen kan också omges av lufttryck. Denna metod kallas för trestegsmetoden. Vattenstrålen sköljer bort en stor del av det finaste materialet och luften minskar friktionen mellan kornen i jorden, vilket gör att jetstrålen får en större utbredning. (Bilfinger Berger Foundations, 2011)



Figur 14. Färdiga jetpilar. (Bilfinger Berger Foundations, 2011)

#### 2.4.2 Stödvägg med jetinjektering

Genom att placera jetpelare intill varandra får man en stödvägg. Sällan räcker endast jetpelare utan det görs i samband med andra metoder. Detta beror på att man inte kan armera jetpelare, vilket förminskar böjmotståndet avsevärt. Ifall man med jetpelare vill uppnå en vattentät stödvägg görs de med överlappning och ett centrumavstånd runt 75 centimeter. Oftast utförs planering och beräkning av de entreprenörer som valts eftersom de har bäst sakkännedom. I figur 15 visas hur man med hjälp av stålpelare gjort en stödvägg av jetpelare. Stålpelarna tar det största jordtrycket som fördelas via jetpelarna.



Figur 15. Jetpilar i kombination med stålpelare. (Nykänen 2009, 32)

### 2.4.3 Egenskaper

Jetinjektering orsakar nästan inga vibrationer alls och är med tanke på omgivningen en skonsam metod. Med mindre borragnar kan man utföra både förstärkning av gamla grunder samt stödväggar fast bristen på utrymme är stor. Jetinjektering behöver inga förberedande åtgärder eller schaktningar och kan utföras i nästan alla jordarter, även under grundvattennivån kan man utföra vattentäta konstruktioner.

Till de dåliga egenskaperna räknas främst det låga böjmotståndet vilket gör att en stödvägg måste göras tillsammans med andra metoder. Fastän borragnen är liten och t.o.m. kan borra inne i gamla hus kräver resten av stationen för utförandet mycket. På arbetsplatsen skall finnas plats för injektionspumpen, station för blandning av vattencementvälling, cementsilor samt bassänger eller containrar för tillvaratagandet av överskottsmaterial som sköljs upp under injekteringen. (Svenska Geotekniska Föreningen, 2011)

## 3 Grundförstärkning med jetinjektering vid Kulturfabriken och Vektia

I detta kapitel redogörs för ett grundförstärkningsprojekt i Jakobstad. Kulturfabriken och Vektia (senare Allegro) var namnet på projektet. Undertecknad arbetade under tiden 3.5.2010 – 4.3.2011 som arbetsledare på arbetsplatsen. Under sommaren utfördes grundförstärkning med jetinjektering av de gamla byggnaderna i kvarteret. Jetpålarna skall i ett senare skede fungera som stödväggar när en större schaktning inleds.

### 3.1 Arbetsplats

Kulturfabriken och Vektia var arbetsnamnet på campuskvarteret i centrala Jakobstad. Campuset fick vid grundstensmurningen officiellt namnet Allegro. Hela projektet är uppdelat i fyra skeden och Lemminkäinen Talo Oy Forsström som var min arbetsgivare fungerade som huvudentreprenör i skede ett och två. Vid färdigställandet kommer hela kvarteret att ha en yta runt 23 000 m<sup>2</sup>.

Skede ett var i sin helhet nyproduktion och skall i de senare skeden byggas ihop med resten av kvarteret. Skede två bestod av tre gamla hus redan sammanlänkade genom olika renoveringar genom åren, den äldsta delen är byggd 1797. Skede tre innehåller

renoveringen av de hus som står på andra sidan av kvarteret och skall liksom även skede två byggas ihop med den konsertsal som kommer på den gamla innergården.

Det är just byggandet av konsertsalen som är orsaken till schaktningen. På grund av att den omges av gamla byggnader som beroende av sin ålder har olika grundläggningssätt var jetinjektering den arbetsmetod som utgjorde minst risk för de övriga byggnaderna (Se bilaga 1.).

### 3.1.1 Entreprenörer

Jetinjekteringen blev beställd av byggherren av Lemminkäinen Talo Oy Forsström som skild entreprenad. Nedan klargörs för de inblandade parterna.

<b>Beställare</b>	Fastighets Ab Magnum/ c/o Stiftelsen för Åbo Akademi r.s
<b>Byggherre</b>	Fastighets Ab Magnum/ c/o Stiftelsen för Åbo Akademi r.s
<b>Projektledning</b>	Contria Oy / RAP
<b>Övervakare</b>	Insinööritoimisto Raimo Niskanen Oy
<b>Huvudplanerare</b>	Contria Oy / RAK
<b>Grundundersökning/konsult</b>	Talentek Oy
<b>Huvudentreprenör</b>	Lemminkäinen Talo Oy Forsström
<b>Entreprenör/Jetinjektering</b>	Lemminkäinen Infra Oy

### 3.2 Arbetsutförande

Här presenteras nu hur arbetet med jetinjekteringen förlöpte, från förberedande arbeten till redogörelse och uppföljning. Själva injekteringen och det praktiska utförandet tog runt åtta veckor där man arbetade måndag till torsdag och injekterade 6–7 pålar per dag. Till samma entreprenad hörde även montering av stålsponter på en raksträcka utmed Storgatan där schaktningsdjupet är som störst.

### 3.2.1 Planering och förberedelse

Eftersom jetinjekteringen i sin helhet utfördes av Lemminkäinen Infra Oy så bestod planeringen på arbetsplatsen främst av förberedande arbeten och en del kartläggning.

Innan beslutet tagits att man kommer att använda sig av jetinjekteringsmetoden fanns det en del frågor som måste redas ut. Bland annat var det mycket oklart på vilket djup de gamla grunderna befann sig på, alltså plushöjd för nedre kant av socklar. När dessa kartlagts och presenterats för byggherren samt planerarna, togs beslutet att jetinjektering var den bäst lämpade metoden. Ett anbud lämnades in och utförandet av injekteringen köptes av, som tidigare nämnts, Lemminkäinen Infra medan Lemminkäinen Talo Oy Forsström fungerade som huvudentreprenör.

Efter att entreprenadförhandlingarna blivit klara var följande skede planering och genomgång av arbetsplatsen samt de förberedande arbeten som krävdes av huvudentreprenören innan jetinjekteringsutrustningen kunde komma till arbetsplatsen. Dit hörde bland annat en vågrät plan av krossgrus för jetinjekteringsutrustning (ca 100 m<sup>2</sup>), samt grävningsarbete för ett så kallat injekteringsdike längs de husgrunder där injekteringen skulle utföras. Diket grävdes för att man vid injekteringen enkelt skulle kunna pumpa bort det överlopsmaterial som sköljs upp ur borrhålet.



*Figur 16. Jetinjekteringsstation vid campus Allegro. 11.6.2010*

### 3.2.2 Tillvägagångssätt

Efter att utrustningen monterats och tagits i bruk kunde arbetet inledas och det första som gjordes var att man grävde ner skyddsror i injekteringsdiket mot skede två. Detta gjordes så att inte injekteringsmassan skulle sprida sig i ytan av jordmaterialet och försvåra schaktningen. Nedre kant av rören var på samma djup som nedre kant av sockeln och där man ville att övre kant av jetpålen skulle vara. Denna metod användes inte för alla pålar utan endast där var schaktdjupet var störst (Se bilaga 5.).



*Figur 17. Förberedande arbeten färdigt gjorda. Mantling av gamla sockeln, skyddsror vid injekteringshål samt injekteringsdike grävt. 11.6.2010*

Injekteringen gjordes med några pålars intervall för att få starkast möjliga slutresultat. I övrigt utfördes injekteringen i två skeden. Först den norra delen av kvarteret och sedan den södra, för att på så sätt undvika långa flyttsträckor med borrhvagnen (Se bilaga 4.).

En stor del av arbetet var hanteringen av den överloppsmassa som sköljdes upp ur borrhålet i samband med injekteringen. En djup grop grävdes för detta ändamål och varje morgon skulle gropen tömmas för att på nytt fyllas under dagen. Vid brist på utrymme använder man sig också av flyttbara containrar.



*Figur 18. Grop för överslotts massa. 17.6.2010*

En del av de gamla husgrunderna hade kullerstenssocklar och blev innan injekteringsarbetet påbörjade mantlade med en betonggjutning, för att stabilisera grunden ytterligare. Det visade sig att mantlingsgjutningen kunde utföras med den överslotts massa som annars kördes bort och på så sätt spara på kostnaderna. Detta kräver förstås mycket extra planering och arbetskraft för att hinna med både mantling och injektering samtidigt.

### **3.2.3 Uppföljning och redogörelse**

Entreprenören överlämnade tabeller där varje jetpåle skilt redogörs för. Totalt gjordes 172 stycken jetpålar på kvarteret Allegro och varje påle redovisas i tabellen med sitt pålningsnummer, pålningsdjup och datum när den gjorts (Se bilaga 2.).

Jag gjorde en dagbok för att hålla reda på eventuellt hjälparbete av timmermän eller med grävmaskin. Hjälparbete som inte hörde till den ursprungliga entreprenaden fakturerades senare och därför var det viktigt att ha en noggrann dokumentation av arbetet (Se bilaga 3.).

### 3.2.4 Utmaningar och svårigheter

Som tidigare nämnt var jetinjektering en okänd och ny metod för de flesta inblandade. Detta bidrog till att det var svårt att veta vad som behövdes och vilka förberedande arbeten som var nödvändiga för att komma igång med injekteringen. En mycket viktig detalj som för övrigt gäller i stort sett för allt arbete på en byggarbetsplats var dokumentationen. Att i slutändan få reda på ett exakt timantal för vissa hjälparbeten är inte det lättaste och speciellt inte om dokumentationen inte är tillräckligt noggrann.

I detta fall var det inte brist på utrymme för utrustning och grop för överloppsmassa, men efter samtal med arbetarna som styr injekteringen framgick att det oftast är det största bekymret. Övriga arbeten och materialtransporter riskerar att bli lidande p.g.a. att det utrymme som finns på byggarbetsplatsen just går åt injekteringsarbetet.

Följaktligen kan inte jetinjekteringen bara betraktas som en skild åtgärd när man gör upp t.ex. en arbetsplatsplan, utan bör noga planeras och tas i beaktande i ett så tidigt skede som möjligt.



## 4 Diskussion

Sammanfattningsvis kan sägas att vid utförande av djupa schakt finns det många olika faktorer som måste beaktas. Valet av stödväggstyp är inte enkelt utan påverkas av omgivningen, grundningsförhållanden, jordarten och kanske främst eventuella kostnader för de olika metoderna. Eftersom byggandet av stödväggar kan tillföra mycket höga kostnader som kanske inte tagits i beaktande i ett tillräckligt tidigt skede, kan det kräva en fullständig ändring av planerna för att minska kostnaderna.

De olika metoder som beskrivs i arbetet är stålsponter, dammväggar och grävpålar samt jetinjektering. Arbetsmetoderna beskrivs och fördelar och nackdelar för dessa metoder presenteras. Som även nämns är kanske oftast en kombination av olika metoder det mest fördelaktiga valet. På så sätt uppnår man den mest effektiva typen av stödvägg, både med tanke på hållfasthet och ekonomin.

Jag hade inför påbörjandet av detta ingenjörarbete endast erfarenhet av jetinjekteringsmetoden och stålsponter. Kunskapen om dessa var även den mycket minimal. Under arbetets gång har jag genom främst litteraturstudier fått en större inblick i utförandet av ovan nämnda metoder och övriga egenskaper som är typiska vid stödväggsbyggande. Det har varit mycket lärorikt att på ett sakligt sätt försöka presentera detta ämne på ett sätt som gör det lättöverskådligt för läsaren.

## 5 Källor

Bilfinger Berger Foundations.(u.å) [http://www.foundation-engineering.bilfingerberger.com/C1257130005050D5/vwContentByKey/N276DL83645GPEREN/\\$FILE/Jet%20Grouting.pdf](http://www.foundation-engineering.bilfingerberger.com/C1257130005050D5/vwContentByKey/N276DL83645GPEREN/$FILE/Jet%20Grouting.pdf) (hämtat: 19.3.2011)

Finlands byggbestämmelsesamling. *B3 Pohjarakennus*, 1975

Finnsementti.(2003) <http://www.finnsementti.fi/stabilointi/suihkupaalutus.htm> (hämtat: 18.3.2011).

Hakulinen, M.(2003) *Teräs pohja- ja maarakentamisessa*. Undervisningsmaterial. Teräsrakenneyhdistys r.y.

Jääskeläinen, R.(2009). *Pohjarakennuksen perusteet*. Tammertakniikka

Nykänen, S. (2009). *Kaivantojen tukiseiniä suunnittelu ja toteuttaminen pysyvinä rakenteina*. Opublicerad avhandling för ingenjörsexamen. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Talonrakennustekniikka. Tammerfors

Rantamäki, M. & Tammirinne, M.(1979). *Pohjarakennus 465*. Otatiето

Suomen Rakennusinsinöörien liitto. *RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeet*, 2004

Suomen Rakennusinsinöörien liitto. *RIL 166 Pohjarakenteet*, 1986

Suomen Rakennusinsinöörien liitto. *RIL 181-1989 Rakennuskaivantoohje*, 1989

Svenska Geotekniska Föreningen.(u.å) <http://www.sgf.net/web/page.aspx?refid=177> (hämtat: 2.3.2011).

Uutelan Maansiirto Oy.(u.å) <http://www.uutelagroup.fi/tyomaat/tyomaat> (hämtat 2.3.2011)



## KULTURFABRIKEN & VEKTIA PERUSTUKSIEN VAHVISTUS SUIHKUPAALUTUKSELLA

**Aika:**

Tiistaina 1.6.2010 klo. 9.00.

**Paikka:**

Contria Oy, Rauhankatu 17, 65100 Vaasa

**Läsnä:**

Tom Eriksson	Contria Oy / RAP
Joel Johansson	Contria Oy / RAP
Raimo Niskanen	Insinööritoimisto Raimo Niskanen Oy / Valvoja
Risto Vuorenmaa	Contria Oy / RAK
Martti Sorkamo	Talentek Oy / GEO
Karl-Johan Forsström	Lemminkäinen Talo Oy Forsström / RU
Tommy Svanbäck	Lemminkäinen Talo Oy Forsström / RU
Kimmo Perkiö	Lemminkäinen Infra Oy / paalutusurakoitsija

**1 Tausta**

Kokouksen tarkoitus on selvittää mahdollisuudet ja tarkentaa menetelmät projektin vanhojen perustuksien vahvistamiseksi.

**2 Tarjous**

Urakoitsija (RU) on antanut alustavan tarjouksen paalutustyön tekemisestä. Sovittiin että urakoitsija päivittää tarjouksen tämän kokouksen pohjalta.

**3 Työn laajuus**

Todettiin että suihkupaalutus käytetään perustusvahvistusmenetelmänä:

- E-talon pihapuolella (mahdolliset vahvistukset E-talon päädyllä kadun puolella päätetään myöhemmin).
- D2-talon ulkoseinillä.
- D1-talon päädyssä ja pihasiipessä.
- A-talon pohjoispäädyssä.
- C-talon päädyssä.
- J-talon kohdalla kaivantoa varten asennetaan ponttiseinä.

**4 Suunnittelu**

Sovittiin että rakennesuunnittelija ja geosuunnittelija yhteistyössä paalutusurakoitsijan kanssa laativat paalukartan ja tarvittavat leikkaukset. Tilaaja vastaa laadituista suunnitelmista, urakoitsijalla normaali vastuut YSE:n mukaisesti.

Rakenne- ja geosuunnittelija totesivat että perustusvahvistusmenetelmänä suihkupaalutus on toimiva ratkaisu.

Suihkupaalut eivät tarvitse ulottua kalliolle asti, vaan ne toimivat myös kitkapaaluina.

**5 Suunnittelu-/ toteutusratkaisuja****5.1 Kallion kohdalla**

Niissä kohdissa jossa suihkupaalut loppuvat kallioon tulee liittymäkohta vahvistaa juuripalkilla.

**5.2 Ankkurointi**

Valmiit suihkupaalutusseinät ankkuroidaan siinä vaiheessa kun kaivuutyöt suoritetaan vieressä. Ankkurointitarve vähenee maan vastapaineella suihkupaalun edessä.

**5.3 Louhinta**

Kallio porataan irti talojen läheltä vaikka perustukset on vahvistettu suihkupaalulla.

**6 Toteutus**

Työ on mahdollista aloittaa vko 23 aikana aseman pystytyksellä. Arvioitu työaika on noin 6-8 viikkoa.

Tilaaja painotti että ennen kuin työ aloitetaan C-talon päädyssä on ilmoitettavaa tilaajalle.

Vasa 1.6.2010

Muistion vakuudeksi,

**CONTRIA OY /RAP**

Joel Johansson

Proejkti-insinööri

## Bilaga 2

### Dagbok för grundförstärkning

Datum		RAM	Konetyö	Työnjoh o	Lastbil
18.5 19.5	Utredning av plushöjd för nedrekant på sockel vid C-hus norrgavel och västsida och A-hus östsida.	6	12	4	
9.6 10.6 11.6	Skyddsror för injektering D1 sydgavel och E sydsida.		5		
14.6 15.6 16.6 17.6	Förberedande grävningsarbeten vid D1 och D2 innergård. Skyddsror och "dike" mot sockel. Samt bortgrävning av stenar vid sockel.		12		2x65
21.6 22.6 23.6	Förberedande grävningsarbeten E sydsida. Schaktning och ramp åt borravn.		6		
28.6 29.6 30.6 1.7 2.7	Grävningsarbeten för pumpmassor D1 och D2 innergård.		3,5		
6.7 7.7 8.7 9.7	Grävningsarbeten C västsida och norrgavel.		4		
	Arbete med högspänningskabel längs Storgatan mellan D1 och A. Grävd fram och övertäckt.	12	8		
12.7 13.7 14.7 15.7 16.7	Grävningsarbeten för mantling vid A-delens norrgavel och östsida.		4,5		
19.7	Grävning för sponter mot Storgatan, framgrävning av stenar, halva sträckan 3h och förberedande grävning C norrgavel 2h.		5		2x65
21.7	Timmermän formning av stödvägg C-delens norrgavel.	4			
23.7 26.7	Grävning för sponter mot Storgatan resterande del.		3		2x65
29.7 30.7 2.8 3.8	Grävning vid A östsida och förberedande grävning A östsida och norrgavel.		4		
	<b>Totalt</b>	<b>16</b>	<b>55</b>		<b>390</b>

## Bilaga 3

### Kulturfabriken och Vektia, Pietarsaari, Suihkupaalut

PVM	Paalunro.	Syvyys(m)	Syvyys sokkelin alapinnasta(m)	Nostonopeus(min/m)	Muuta
15.6.2010	107	4,20	3,00	5	(Lutzissa tod. Näk. numerolla 106!!)
15.6.2010	110	4,20	3,00	5	
15.6.2010	113	4,20	3,00	5	
15.6.2010	28	5,80	4,80	4	Kivi tai kallio
16.6.2010	22	4,80	3,80	4	Kivi tai kallio
16.6.2010	16	3,80	2,80	4	Kivi tai kallio
16.6.2010	10	6,28	5,28	4	
16.6.2010	32	9,33	8,33	4	Ei kalliota vastassa
16.6.2010	26	4,72	3,72	4	(kivi tai kallio?)
17.6.2010	20	5,60	4,60	4	
17.6.2010	14	3,20	2,20	4	
17.6.2010	109	4,20	3,00	5	400 bar, yläosa 100bar
17.6.2010	111	4,20	3,00	5	400 bar, yläosa 100bar
17.6.2010	115	4,20	3,00	5	400 bar, yläosa 100bar
21.6.2010	116	4,20	3,00	5	
21.6.2010	114	4,20	3,00	5	
21.6.2010	112	4,20	3,00	5	
21.6.2010	108	4,20	3,00	5	
21.6.2010	106	4,20	3,00	5	
21.6.2010	29	6,07	5,07	4	Kivi tai kallio
21.6.2010	24	9,20	8,20	4	
21.6.2010	87	5,50	5,00		
22.6.2010	86	5,50	5,00		
22.6.2010	88	5,50	5,00		
22.6.2010	42	6,26			
22.6.2010	46	5,46			(Lutzissa 44:n numerolla???)
22.6.2010	18	3,91		4	Kivi tai kallio
22.6.2010	12	4,78		4	Kivi tai kallio
23.6.2010	31	9,23			
23.6.2010	34	9,23			
23.6.2010	8	9,19			
23.6.2010	13	4,72			
23.6.2010	17	3,83			
23.6.2010	21	3,78			Kivi tai kallio
23.6.2010	27	5,22			Kivi tai kallio
23.6.2010	38	8,48			Kivi tai kallio
24.6.2010	25	9,21			
24.6.2010	23	4,56			
Paaluja yhteensä:		38 kpl			

### Kulturfabriken och Vektia, Pietarsaari, Suihkupaalut

PVM	Paalunro.	Syvyys(m)	Syvyys sokkelin alapinnasta(m)	Nostonopeus(min/m)	Muuta
28.6.2010	36	9,20			
28.6.2010	40	6,73			
28.6.2010	33	9,20			
28.6.2010	19	5,55			
28.6.2010	15	5,05			
28.6.2010	11	6,37			
29.6.2010	9	9,20			
29.6.2010	48	5,37			
29.6.2010	50	4,20			
29.6.2010	54	4,20			
29.6.2010	56	4,20			
29.6.2010	58	4,20			
29.6.2010	60	4,20			
29.6.2010	62	4,39			
29.6.2010	64	4,20			
30.6.2010	66	4,20			
30.6.2010	68	4,24			
30.6.2010	52	4,20			
30.6.2010	44	6,24			
30.6.2010	41	6,50			
30.6.2010	39	6,67			
30.6.2010	37	9,20			
30.6.2010	35	9,20			
1.7.2010	43	6,18			
1.7.2010	6	6,56			
1.7.2010	4	9,20			
5.7.2010	7	8,31			
5.7.2010	5	6,69			
5.7.2010	3	9,20			
5.7.2010	74	5,60			
5.7.2010	69	4,23			
5.7.2010	67	4,20			
6.7.2010	65	4,23			
6.7.2010	63	4,22			
6.7.2010	61	4,20			
6.7.2010	59	4,21			
6.7.2010	57	4,21			
6.7.2010	51	4,20			
6.7.2010	49	4,22			
6.7.2010	47	5,96			
6.7.2010	45	7,20			
6.7.2010	72	6,10			
Paaluja yhteensä:		42 kpl			

### Kulturfabriken och Vektia, Pietarsaari, Suihkupaalut

PVM	Paalunro.	Syvyys(m)	Syvyys sokkelin alapinnasta(m)	Nostonopeus( min/m)	Muuta
7.7.2010	71	6,10			Syvyys...
7.7.2010	70	4,20			
7.7.2010	73	6,22			
7.7.2010	75				
7.7.2010	90	6,00			
7.7.2010	92	5,50			
7.7.2010	94	5,51			
7.7.2010	96	5,50			
7.7.2010	98	5,57			
8.7.2010	100	5,52			
8.7.2010	102	5,50			
8.7.2010	104	5,51			
12.7.2010	105	5,56			
12.7.2010	101	5,51			
12.7.2010	103	5,51			
12.7.2010	99	5,51			
12.7.2010	97	5,51			
12.7.2010	95	5,56			
12.7.2010	93	5,51			
12.7.2010	91	5,51			
13.7.2010	89	5,52			
13.7.2010	83	5,50			
13.7.2010	85	6,02			
13.7.2010	81	5,50			
13.7.2010	79	5,52			
13.7.2010	77	5,50			
13.7.2010	75	5,52			
13.7.2010	30	5,84			
14.7.2010	84	6,04			4,50 mittaus aloitettu uudestaan
14.7.2010	82	5,50			
14.7.2010	80	5,51			
14.7.2010	78	5,57			
14.7.2010	76	5,52			
14.7.2010	177	8,79			
14.7.2010	174	8,96			
15.7.2010	171	8,68			
15.7.2010	176	8,72			
15.7.2010	175	9,04			
Paaluja yhteensä:		38 kpl			



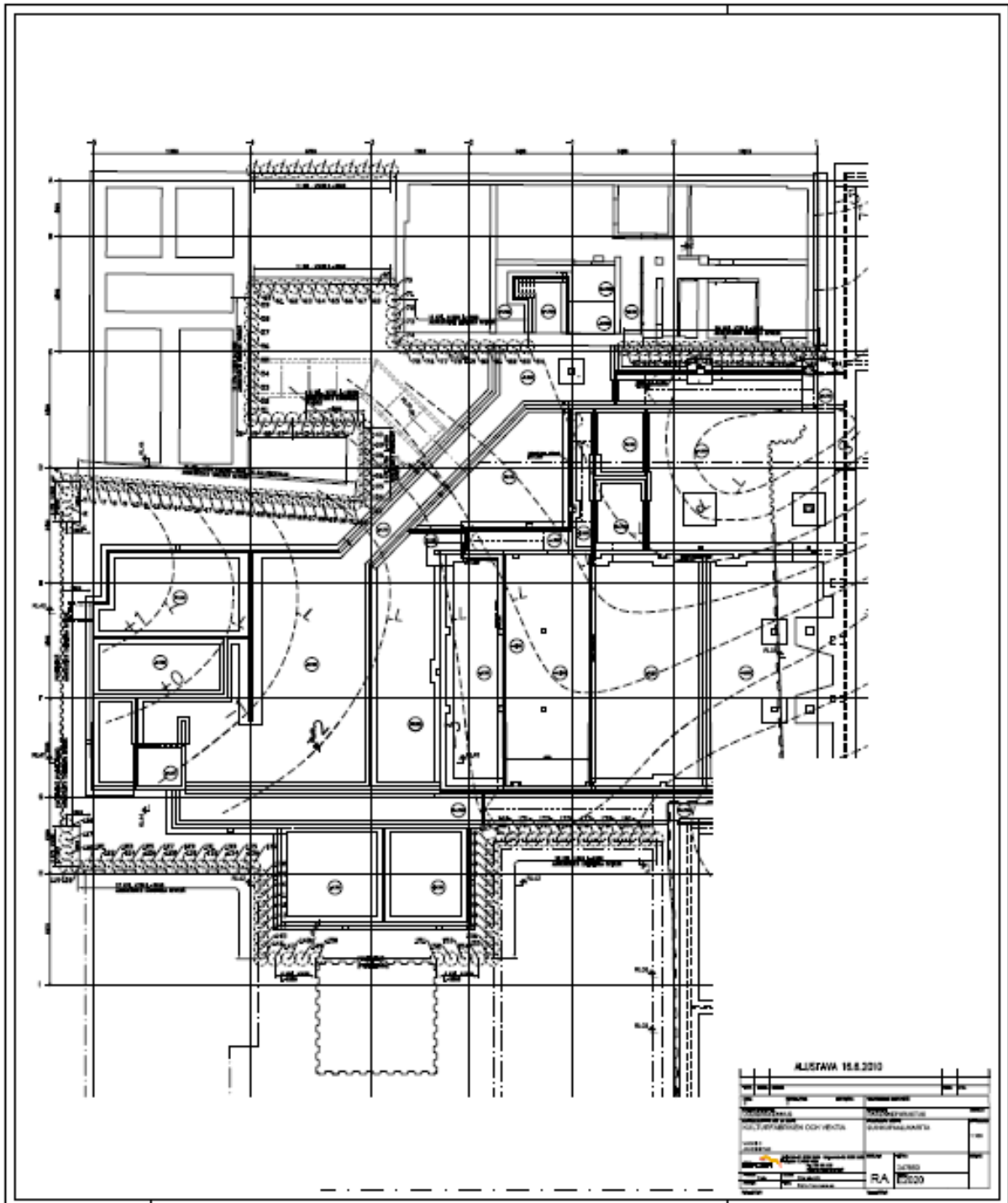
### Kulturfabriken och Vektia, Pietarsaari, Suihkupaalut

PVM	Paalunro.	Syvyys(m)	Syvyys sokkelin alapinnasta(m)	Nostonopeus(min/m)	Muuta
19.7.2010	173	8,89			
19.7.2010	169	8,90			
19.7.2010	167	9,08			
19.7.2010	156	8,00			
19.7.2010	155	7,00			
19.7.2010	154	7,01			
19.7.2010	153	7,02			
19.7.2010	152	7,03			
20.7.2010	168	8,83			Palvelimella numerolla 169?!
20.7.2010	170	8,95			
20.7.2010	172	8,81			
20.7.2010	147	6,27			
21.7.2010	144	5,48			
21.7.2010	141	5,10			
21.7.2010	148	5,34			Lutzissa numerolla 146???
21.7.2010	149	5,76			
21.7.2010	150	5,90			
21.7.2010	151	7,09			
21.7.2010	139	5,49			
21.7.2010	120	5,63			
21.7.2010	119	5,10			
21.7.2010	118	5,16			
22.7.2010	146	5,18			
22.7.2010	145	7,86			
22.7.2010	143	5,28			
22.7.2010	142	5,29			
26.7.2010	140				
26.7.2010					
26.7.2010					
26.7.2010					
26.7.2010					
26.7.2010					
26.7.2010					
Paaluja yhteensä:		kpl			





# Bilaga 4



# Bilaga 5

