

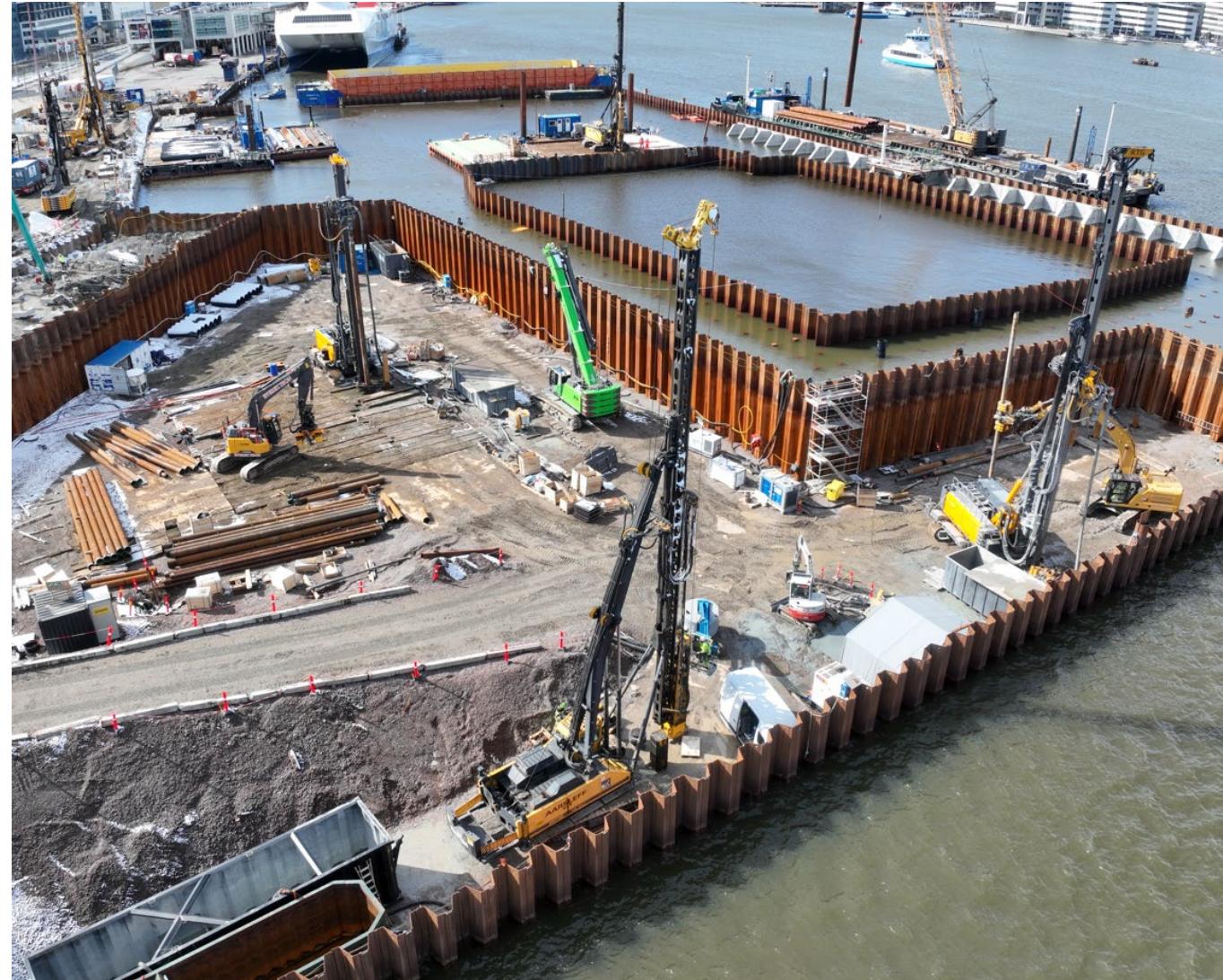
Masthuggskajen Halvö på pålar

Jack Doran - Aarsleff

Håkan Eriksson - GeoMind

AGENDA

- Person/Project Introduction
- What Geomind and Aarsleff is delivering in the project.
- What are the risks in project Ground conditions/Global stability
- Change of design, WHY?
- Key Achievements so far in Project
- Focus on drilled Steel piles



Introduction



PÅLDAG 24

pålgrundläggning

Introducing Masthuggskajen

New peninsula into the Göta Älv.

Project will include 3 building cores
with a number of buildings

Pile deck surrounding the buildings
and ship crash barrier.

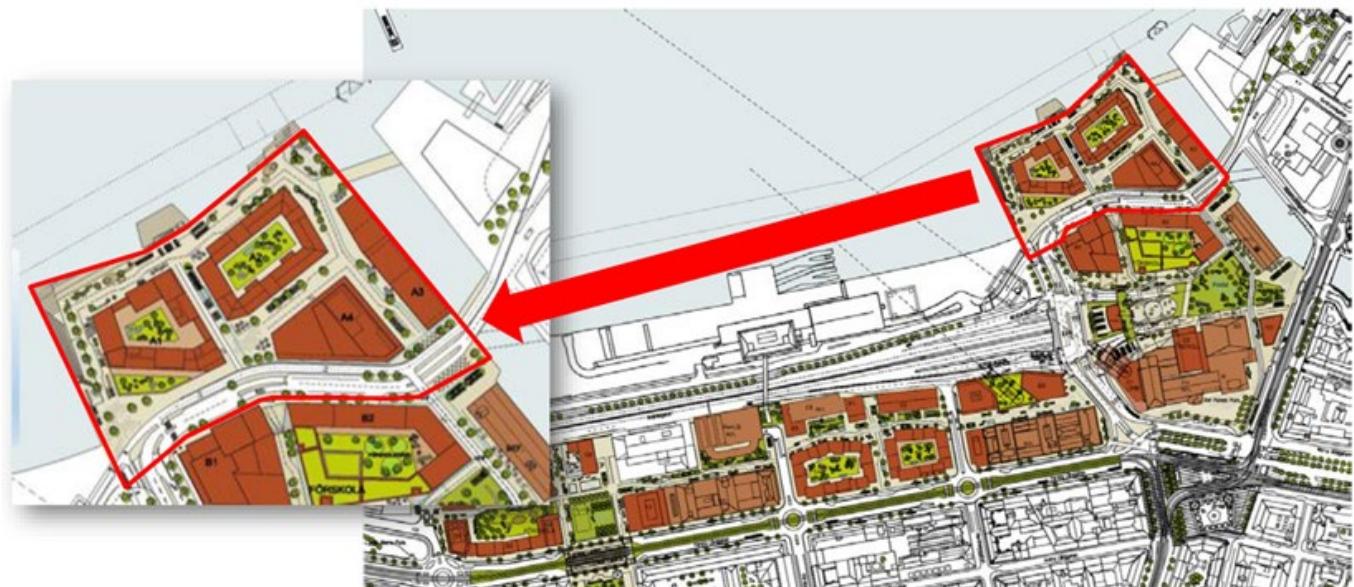


Client – Älvstranden

Design – Part Aarsleff / Part Client

Contract Value – SEK 1,35 Billion
(117 Million Euros)

Project Handover October 2025



PÅLDAG 24

pålgrundläggning

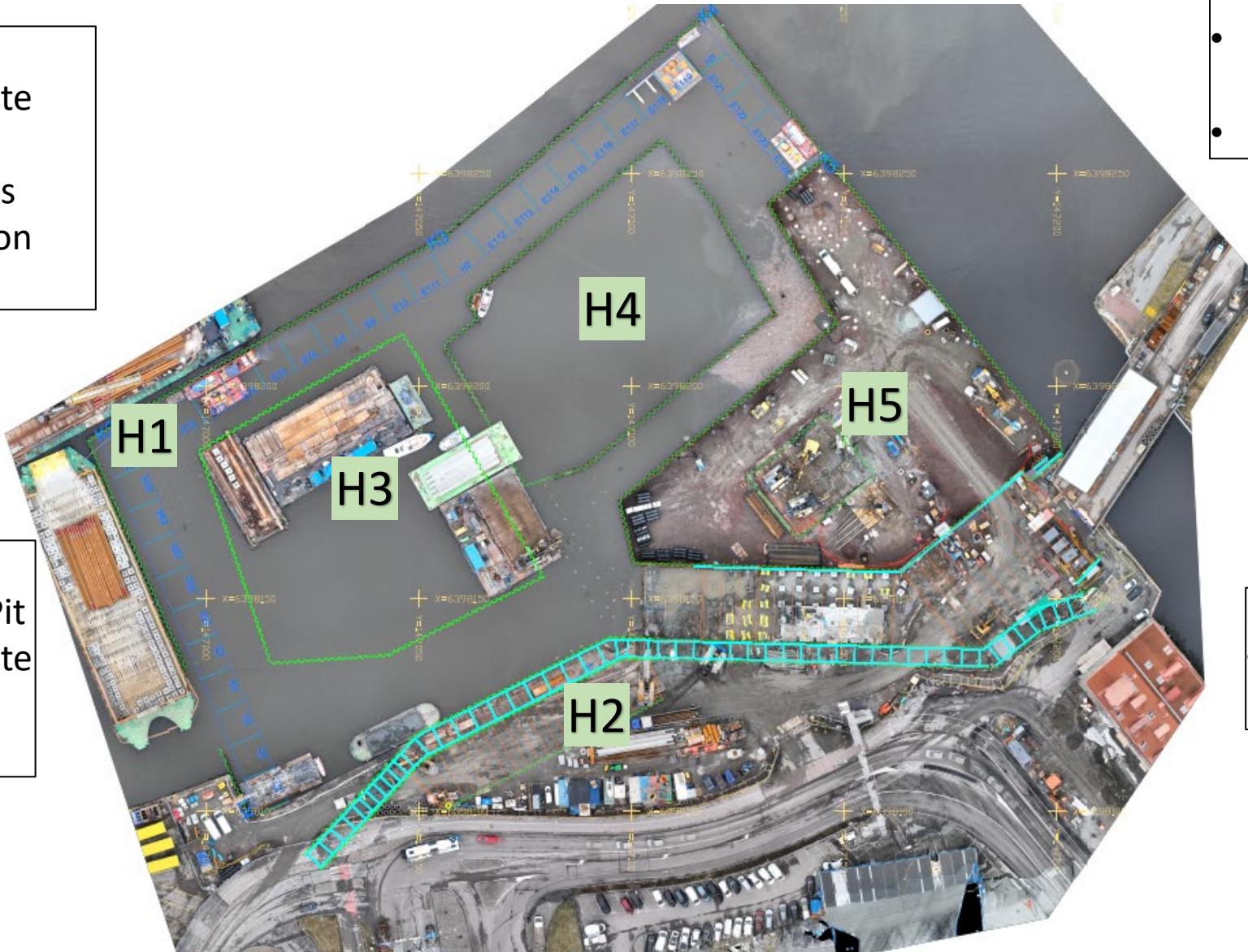
What Aarsleff are Delivering

H1

- Pile deck on concrete and steel piles
- Ship crash barrier as prefab L-elements on piles.

H3

- Sheet pile around Pit
- Underwater concrete slab
- Concrete piles



H4

- Sheet pile around Pit
- Underwater concrete slab
- Drilled Steel Piles

H5

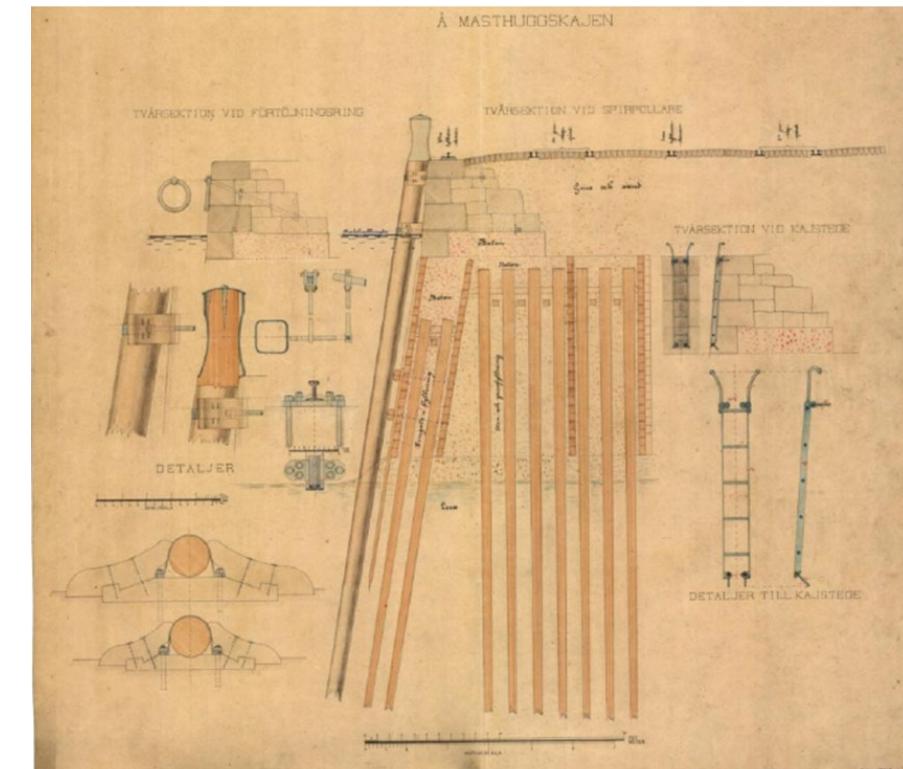
- Sheet pile around Pit
- Underwater concrete slab
- Drilled Steel Piles
- 2 level basement carpark

H2

- New D1400 Sewage Line on pile deck

What were the risks in the project

- Previous use – Port for the export of iron.
- Construction of dock facilities 200 years ago
- Some archeological finds
- Gothenburg clay – global instability
- Lots of wooden piles 14 piles per Sq m – 20m long
- Ground pollution



PÅLDAG 24

pålgrundläggning

Achievements so far in the project

Grumlingspont

211 nos environmental sheet pile around site – Design by Aarsleff – **100%** complete

Sheet piles around building pits.

650 no sheet piles around H2, H3, H4 and H5 - **80%** complete

Pile Deck

115no D323 RD steel piles – Average length 40m – Designed by Aarsleff – **100%** complete

818no 400x400 concrete piles – 52m long – **75%** complete

H5 piling

320no D406 RD steel piles average length 70m – **40%** complete.

Precast Concrete L-Wall

35no L-Walls - **50%** complete

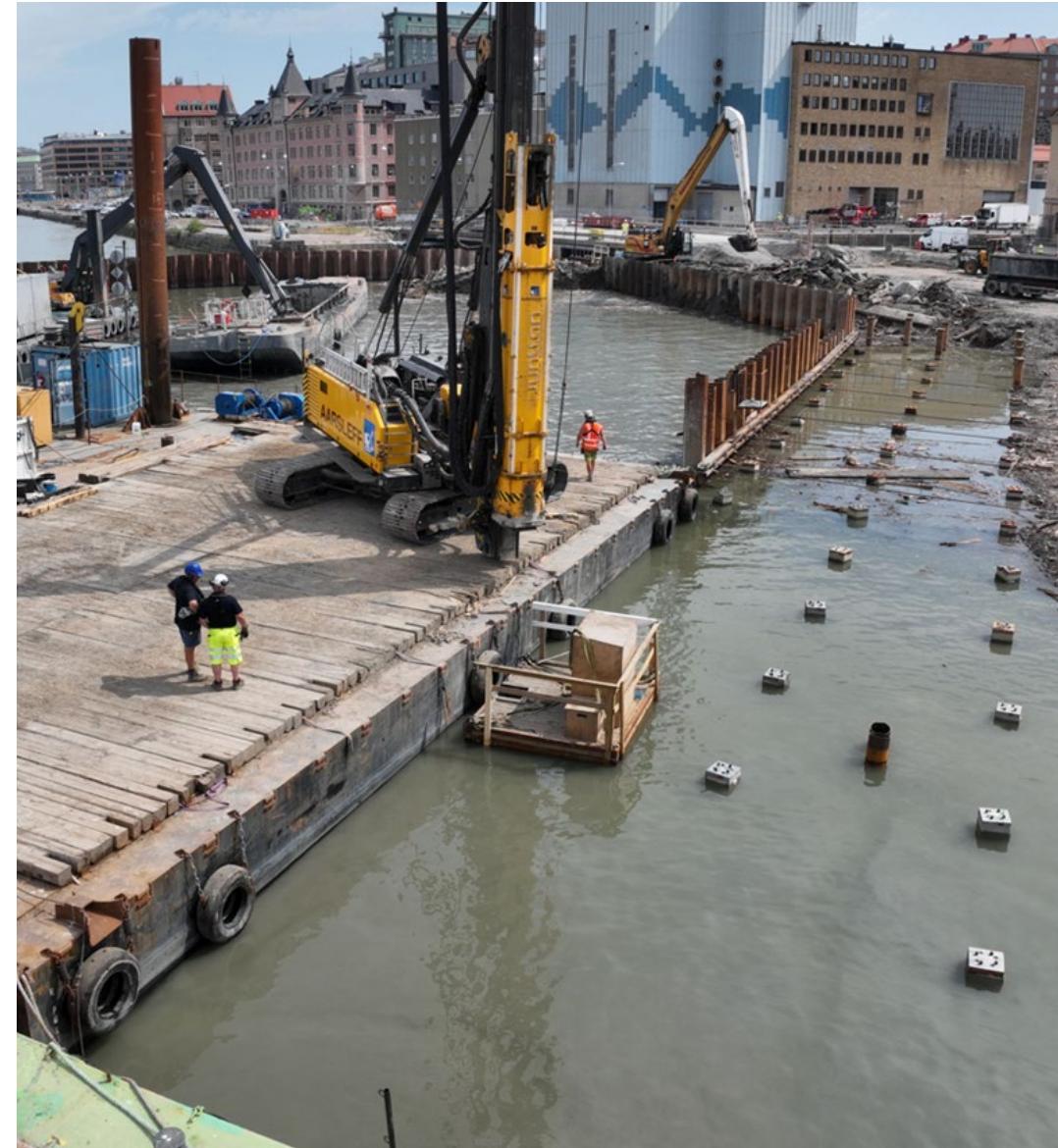
109no 300x300 concrete piles under L-elements – **95%** complete

280no double 610mm diameter Steel piles – **45%** complete

Precast Pilecaps/Deckelements

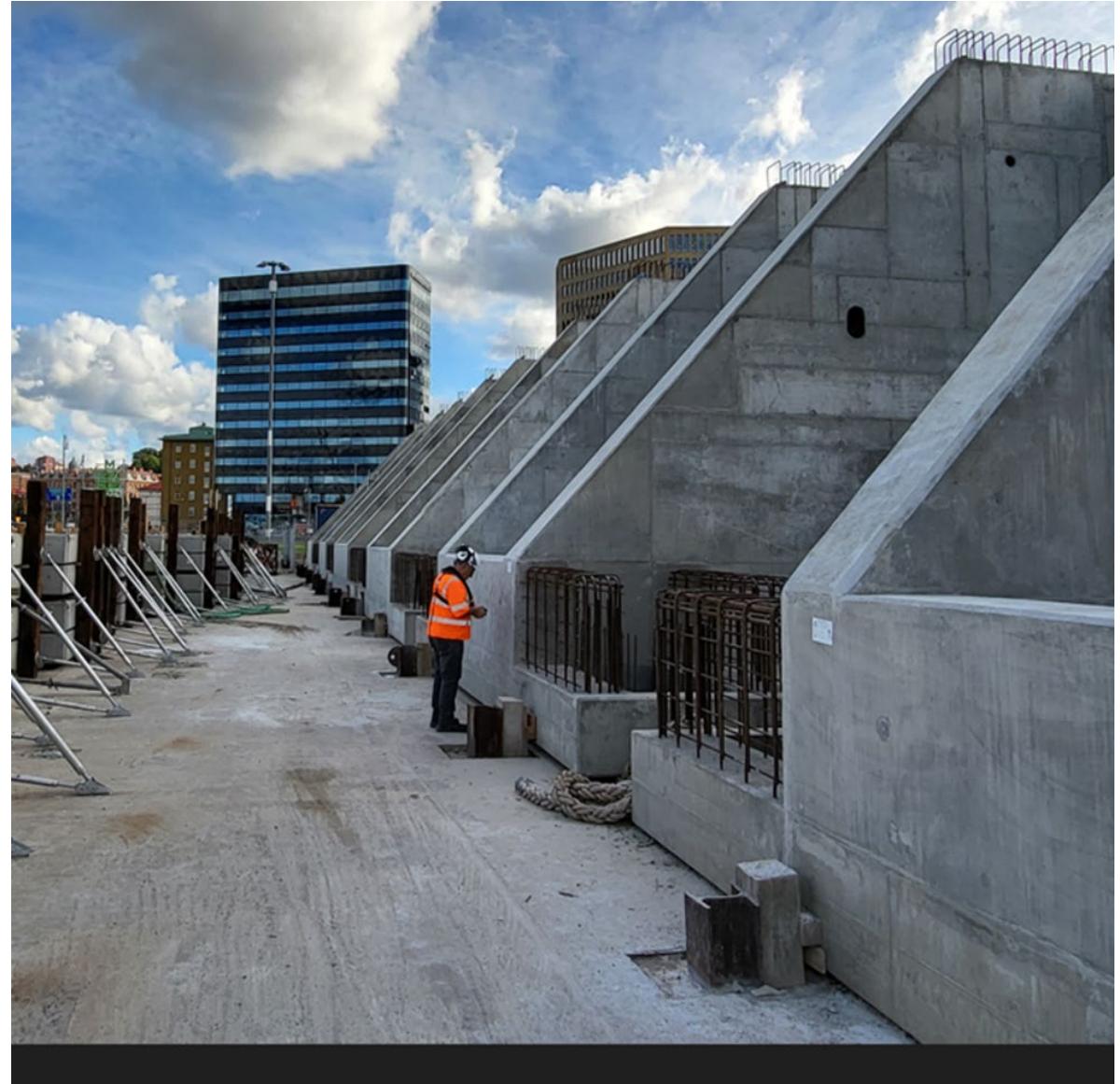
Pilecaps 91no installed – 10% complete

Deckelements 52no installed – 10% complete



H1: L - element

- Aarsleff manufactured 35nr L-elements in Poland
- Shipped to Sweden
- Each element over 7m high and weigh 200T
- Drive free hanging 610mm diameter steel piles through element



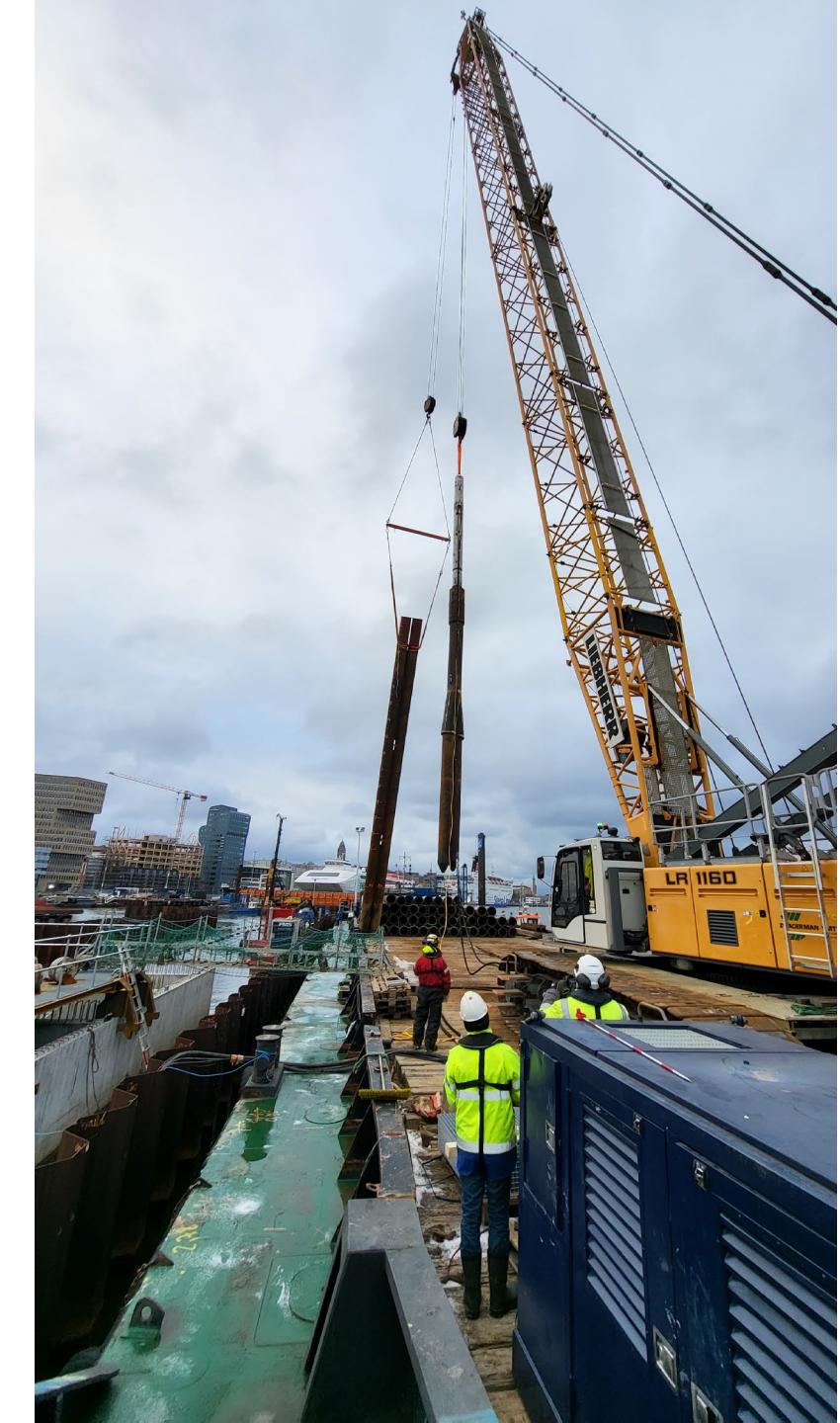
PÅLDAG 24

pålgrundläggning

H1: Installing L-elements with Lodbrok Crane



Stig Weis



H3 – Building Pit

- 151nr Sheet piles – **Aarsleff Design**
- 128nr Concrete Piles – **Client Design**
- 18nr Driven Steel Piles – **Client Design**
- Underwater concrete slab
- Dewatering Pit
- Significant Design change from tender



PÅLDAG 24

pålgrundläggning

H4 – Building Pit

- 146no Sheet piles – **Aarsleff Design**
- 89no 406mm RD steel piles – Length +80m
- 39no 323mm RD steel piles – Length +80m
- **Piles Client Design**
- Underwater concrete slab
- Dewatering

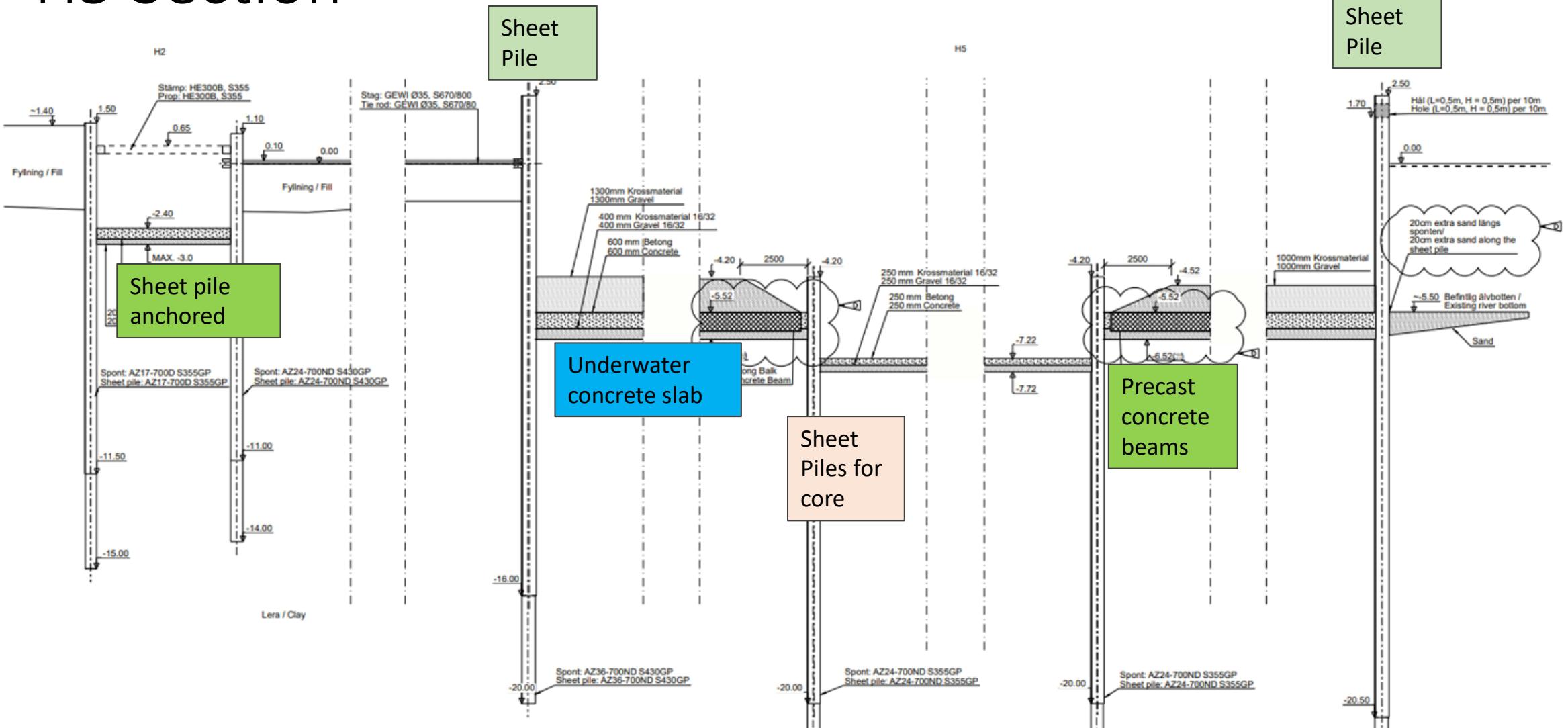


H5 – Building Pit

- 238no Sheet piles around Pit – **Aarsleff Design**
- 60no Sheet piles inside Pit – **Aarsleff Design**
- 298no 406mm Drilled steel piles – 60m Long
- ***Significant redesign of piles, change for Aarsleff***
- Significant works to stop movements during construction
- Underwater concrete slab 4500m²/3000m³
- Aarsleff is constructing and casting 2 level carpark underneath the waterlevel in H5.
- Critical Path for Project

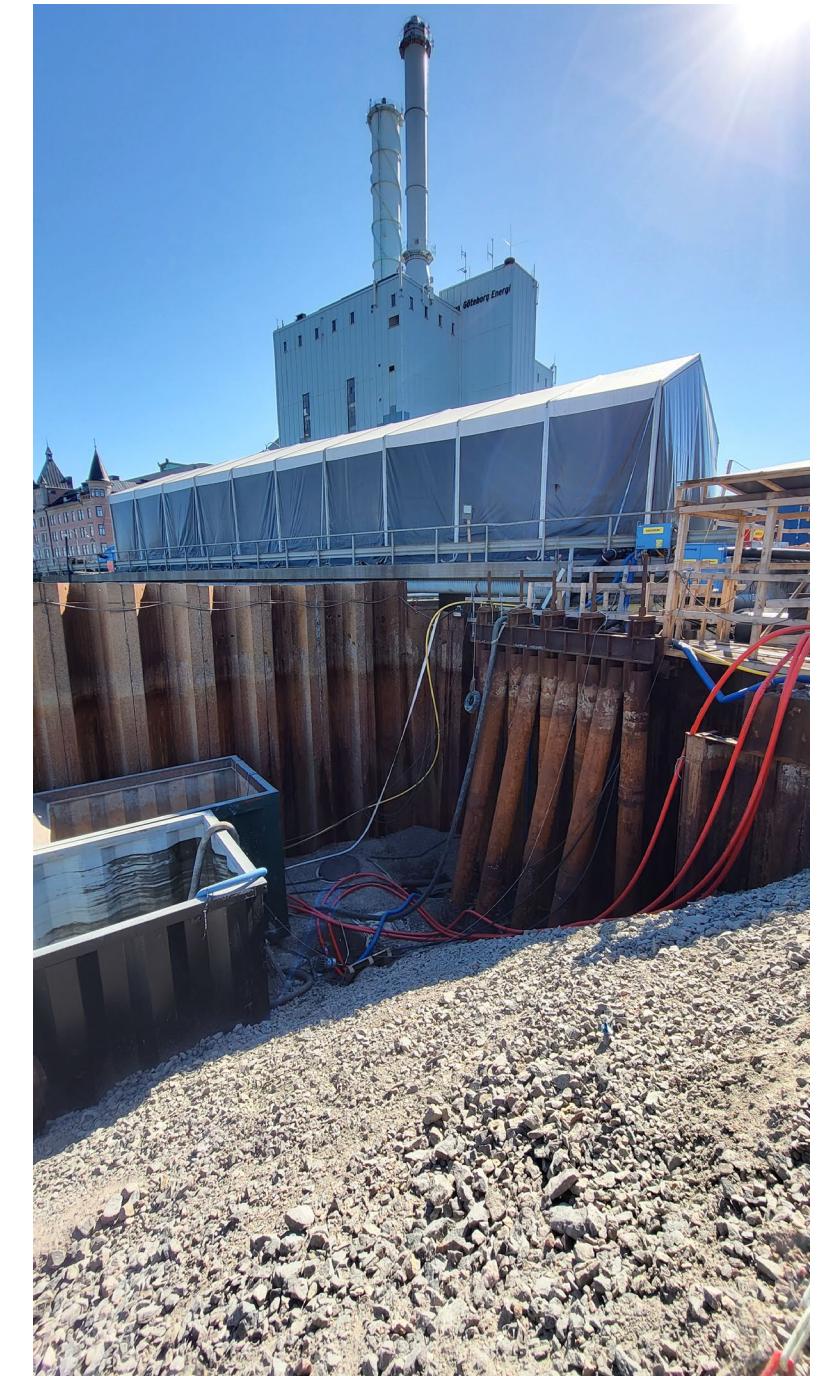


H5 Section



Movement Controls

- Daily Monitoring Regime of Surrounding buildings
- Detailed 4D modelling by Aarsleff
- Dynamic support of close structures
- Movements during dewatering as expected



Usual method for Installing Steel piles in Gothenberg

- Compressed Air and water
- Standard rods, air through middle, mud through outside
- Mud can be collected and settle

Advantages

- Simple to maintain
- 2 man crew for drilling

Disadvantages

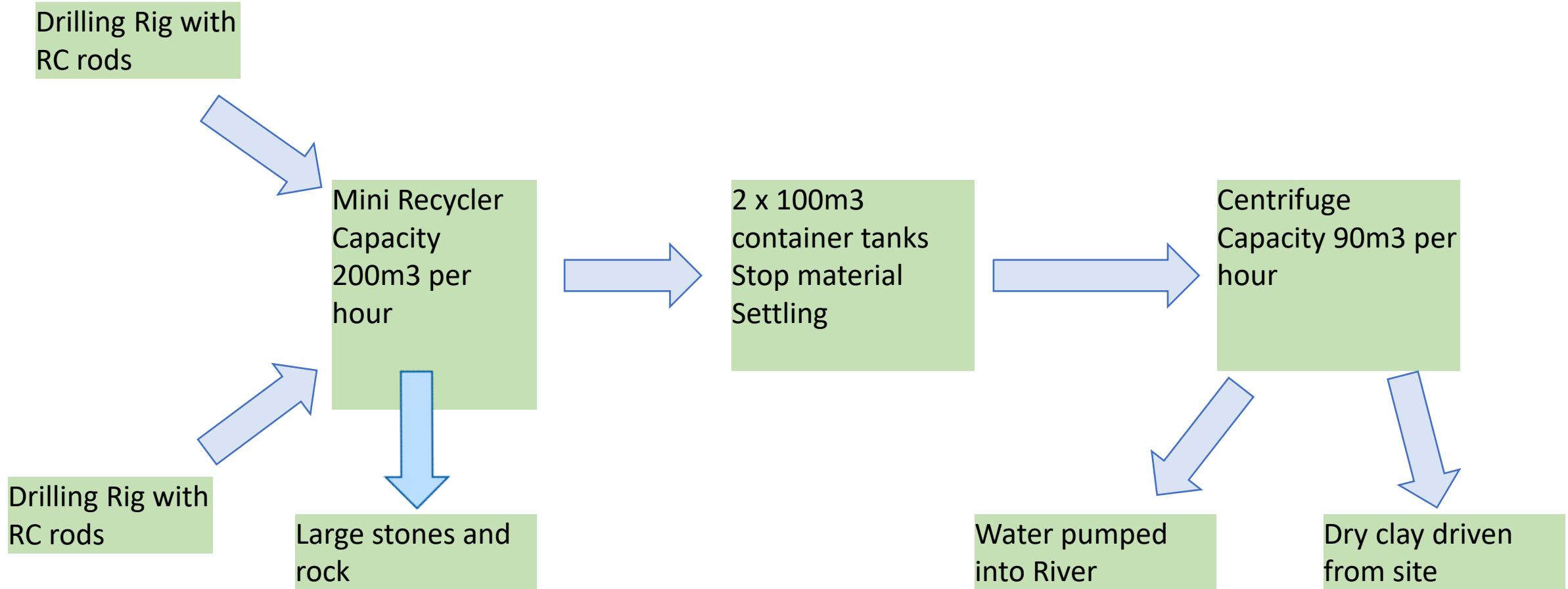
- Very messy
- Needs space to be able to collect and dry out mud



PÅLDAG 24

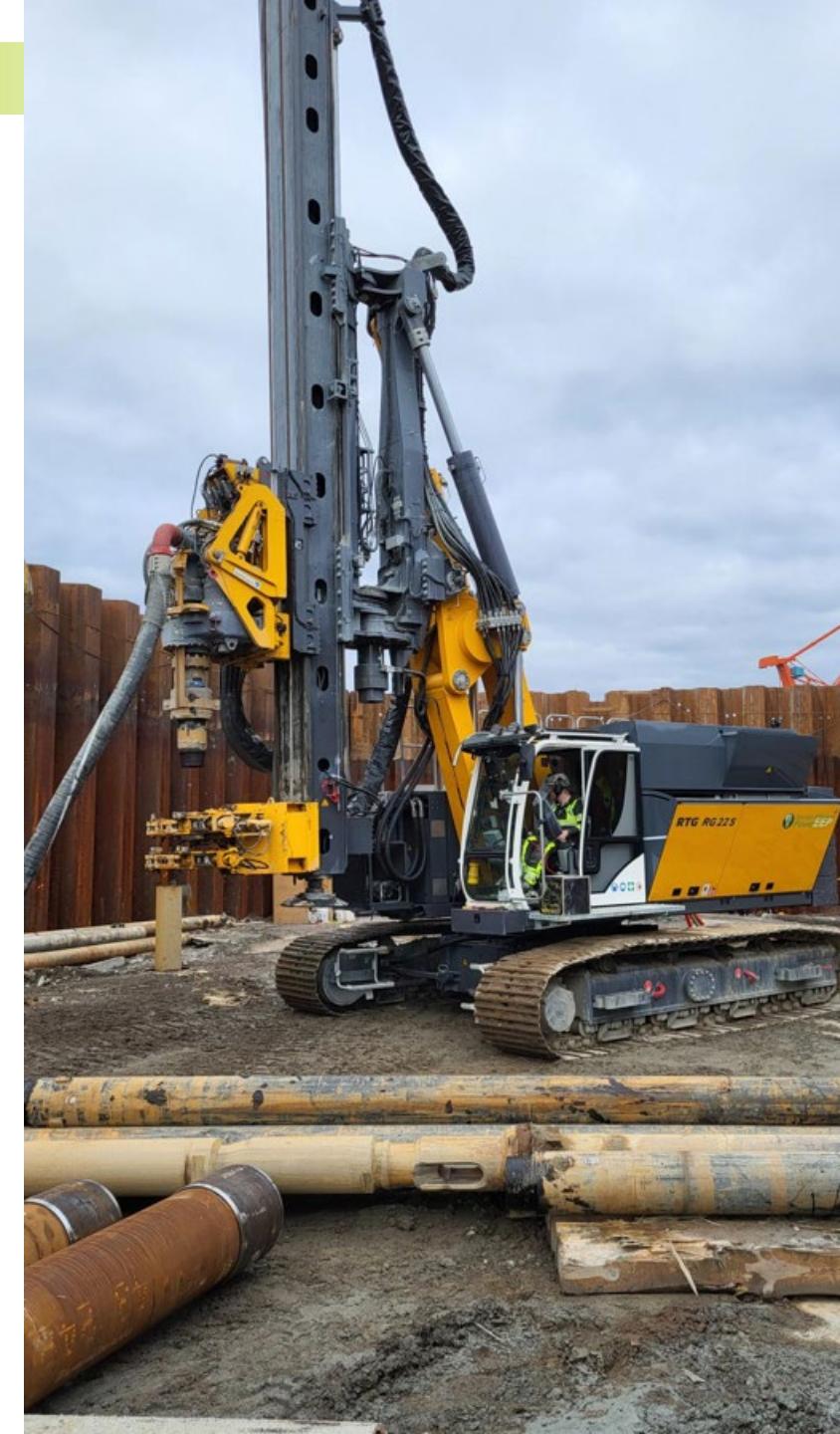
pålgrundläggning

Drilling + Mud Handling Concept



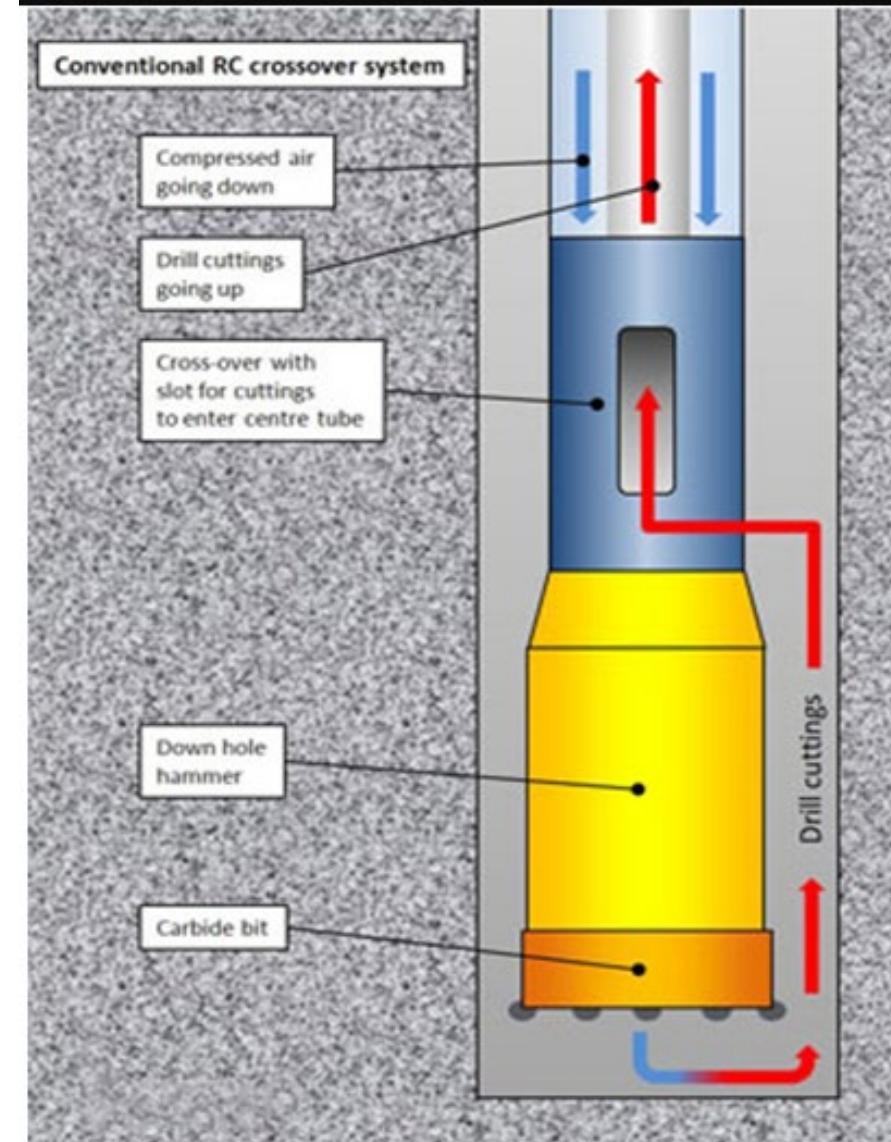
Drilling Rigs

- 2nr Drilling rigs
- Rented from Bauer for project
- RM20 and RG 22
- Versatile rigs that can be fitted for different techniques
- Brand new rigs for project



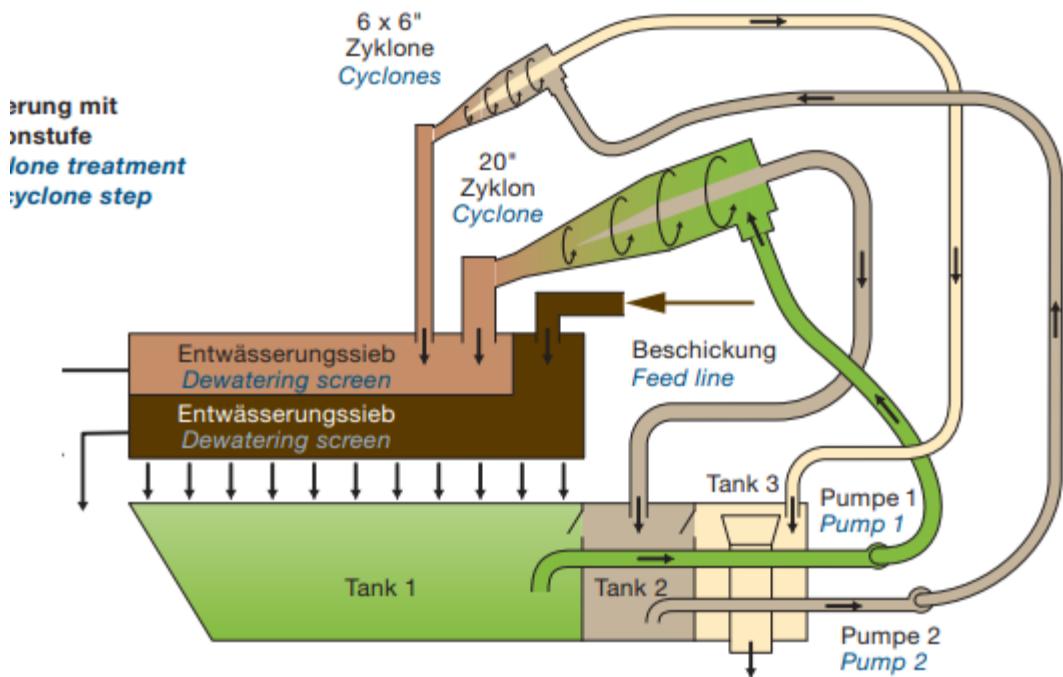
Reverse Circulation System

- RC system captures mud within rod
- Allows mud to be handled in closed system
- Retro fitted onto the head of the Bauer rigs
- Need to create seal at base of pile



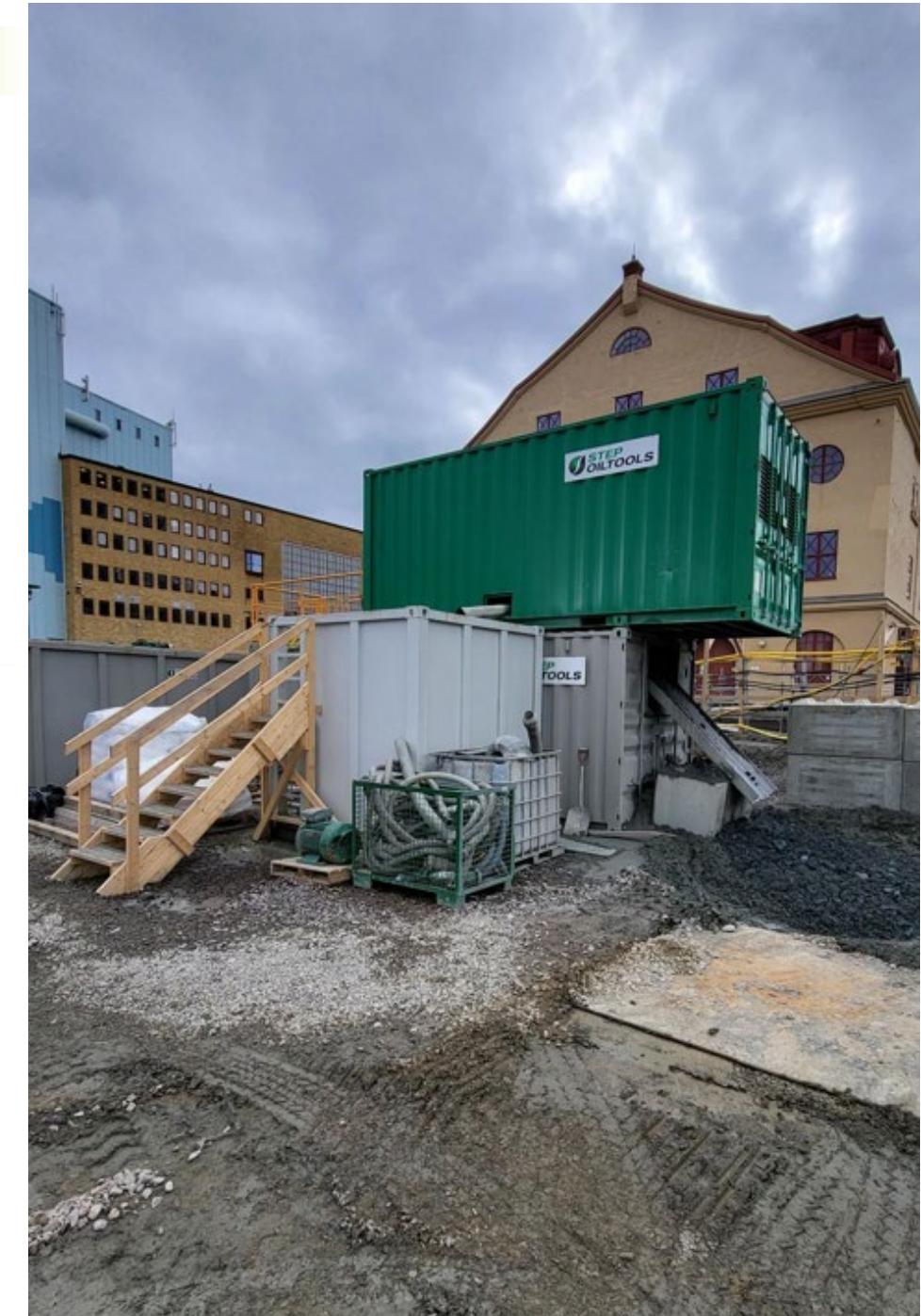
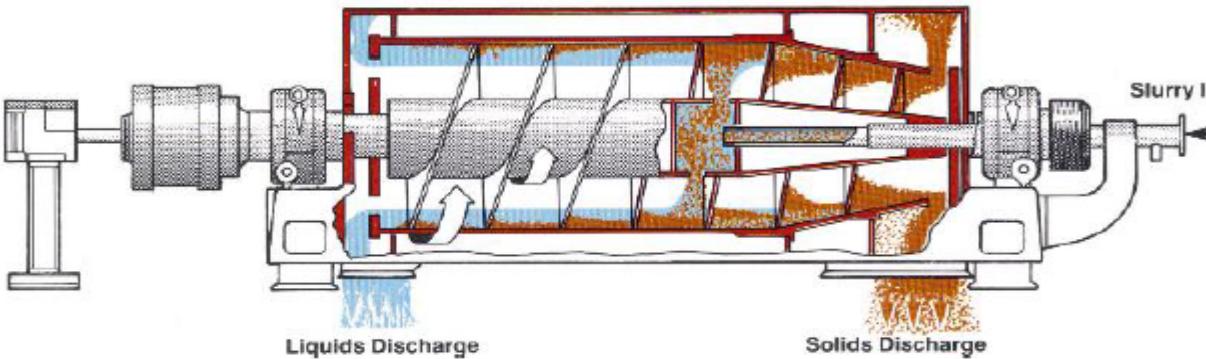
Mini Recycler

- Mud is collected from rig and goes to mini recycler via 6 inch pipes
- Mud is passed through two screens (coarse and fine)
- Through cyclones to separate particles through centrifugal force
- Filters up to 20 microns
- New recycler has capacity up to 200m³ per hour

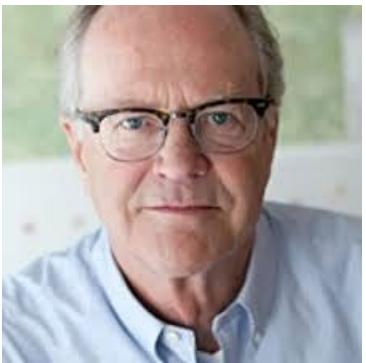
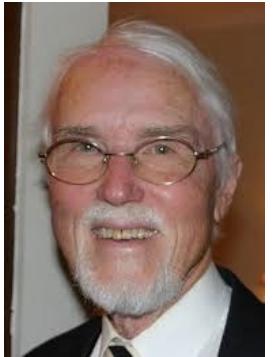


Centrifuge

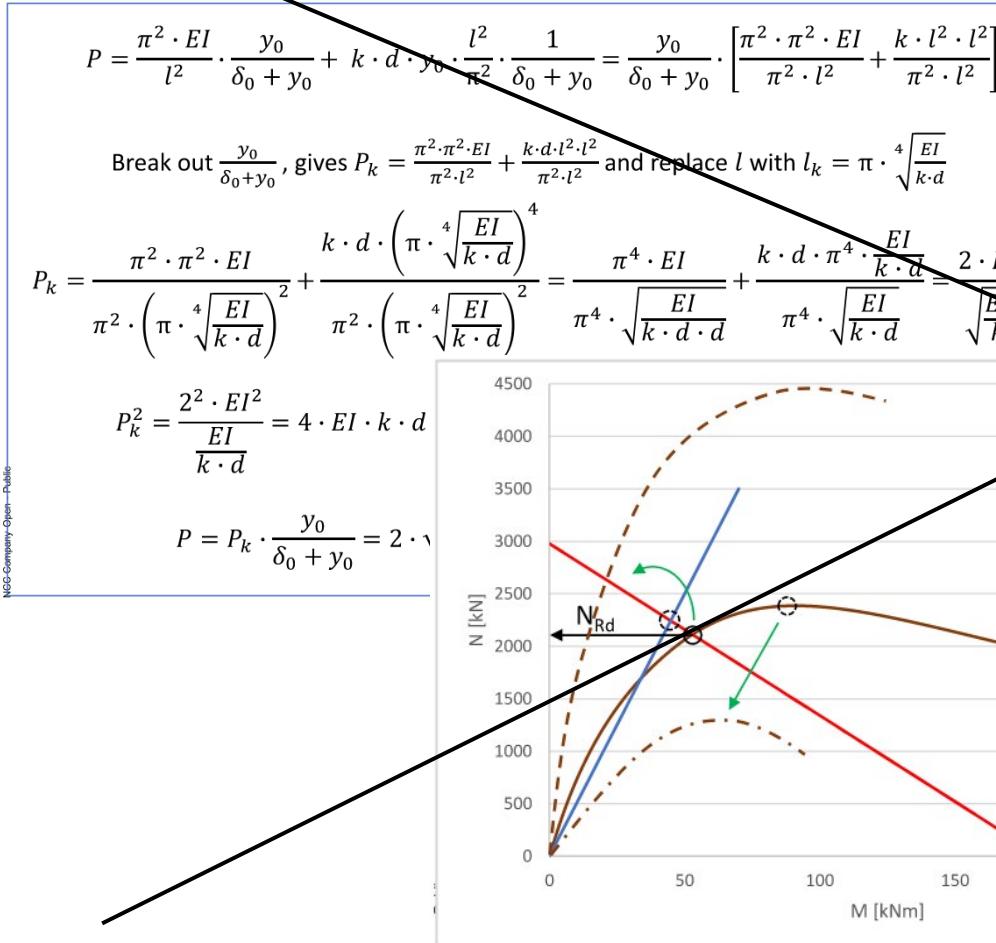
- Fine Mud is pumped from mini recycler to 2 pcs 100m³ buffer containers
- Mud is then pumped to centrifuge system
- Centrifuge used centrifugal force to separate fine clay particles with water
- Operates at 2000 G Force
- Centrifuge has a mud capacity of 90m³ per hour



Influencers

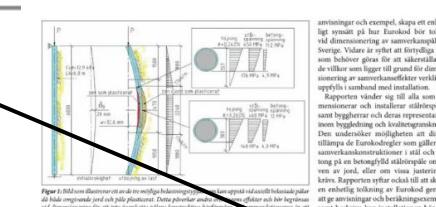


Gråmulen, halvsur



Pile type	no joints	one joint ¹⁾
bored (drilled) steel and composite steel-concrete piles	$L_{hd}/400$	$L_{hd}/200$
driven steel and composite steel-concrete piles	$L_{hd}/300$	$L_{hd}/150$
precast concrete piles	$L_{hd}/300$	$L_{hd}/150$
cast in situ concrete piles	$L_{hd}/150$	
timber piles	$L_{hd}/100$	$L_{hd}/100$

Samverkanspålar av stål och betong
Ny rapport nr 108 från Pålkommissionen är på väg att lanseras under våren 2024

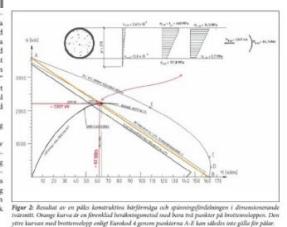


De dimensioneringsregler som Eurocode 4 föreskriver för pilar i kombination med betong är närmast konsernativa för pilar som kräver att placeras i vikt tillverkningsutrymmen. Särskilt då vi har att göra med pilar som knäcker ut i glaciärt finkorniga jordar, som vi har här i Sverige. Samtidigt är det inte helt tydligt vad som måste göras i utfranförande för att säkerställa att de föreskrivna dimensioneringarna är korrekta. Detta beror på att både stål och betong på det sätt som krävs för att samverka mellan stål och betong ska äga rum. För att säkra konkurrensen under lika villkor har branchen efterfrågat ett förflyttande kring dessa frågor.

Utanundergraden av pilar som svenska samhällsbyggnad ökar i sakt med den ökande konkurrensen. En sikt är att minska undergrunden för att konstruktionsberäkningar hos stål och betong uppsätts i en jämförbarhet med betong och betonpilar. Detta krävs att berget rengörs från sand och borkas innan betongen tillförs. I samband med att anläggning tillförs betongen till grunden är det viktigt med att anläggningen sker sannolikt ingående i konstruktionsberäkningarna. Exempel på resultat i breifigatan är att betongen är jämförbar med betongen.

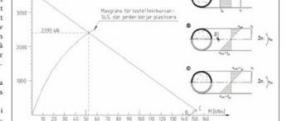
Nya riktlinjer för dimensionering i breifigatan för tvåvägs pålägg
Under de strömningar som gjorts har Pålkommissionen landat i att analokommentatorer vid dimensionering av samverkanspålar och ej. En liknande studie för breifigatan är på gång men det son redan visat att länkfläckpålar ska beräknas med ekvivalentdimensionerad tillståndsförändring för att hämja till pilarpålar och ompröva jord. Vid dimensioneringen av breifigatan är det viktigt att utvärdera alla förutsättningar för att beräkningarna är korrekta. Detta beror på att breifigatan är en viktig parameter för beräkningarna.

Nya riktlinjer för dimensionering i breifigatan för tvåvägs pålägg
De ovan nämnda rekommendationerna vid dimensionering av samverkanspålar gäller för alla typer av stålspålar, samverkan eller ej. En liknande studie för breifigatan är på gång men det son redan



Figur 1. Bild som illustrerar en del av de nya rekommendationerna för dimensionering av samverkanspålar som kräcker ut i glaciärt finkorniga jordar, som vi har här i Sverige. Bilden visar att förställiga som behöver göras för att säkerställa att de föreskrivna dimensioneringarna är korrekta.

Figur 2. Resultat av två nya beräkningssätt för att hämja till pilarpålar och ompröva jordplattor vid breifigatan. Den yttre kurvan är breifigatettskiva enligt Eurocode 4 i givet positioner A-B där sådana inte gäller för plattorna.



Figur 3. Resultat av två nya beräkningssätt för att hämja till pilarpålar och ompröva jordplattor vid breifigatan med två punkter i varje beräkning. Detta visar att hämjan till pilarpålar är mindre än för plattorna vid breifigatan.

Riktlinjer
[1] Bengtsson, P.-E., Bengtsson, Å. & Fredriksson, A., 1995. Rapport 84. Beräkning och dimensionering av pälspålar i vikt tillverkningsutrymmen. Rapport 84. Drottningholms tekniska nämndområden.

[2] Gjessing, V., Shamsoddini, N. & Choi, Y.S., 2004. Concrete-filled Tubular Column, Part I – Experimental Investigation. Journal of Structural Engineering, 130(4), pp.499–508.

[3] Gjessing, V., Shamsoddini, N. & Choi, Y.S., 2006. Eurocode 4 Dimensioning of Concrete-filled Tubular Columns. Journal of Structural Engineering, 132(1), pp.10–16.

Referenser
[1] Bengtsson, P.-E., Bengtsson, Å. & Fredriksson, A., 1995. Rapport 84. Beräkning och dimensionering av pälspålar i vikt tillverkningsutrymmen. Rapport 84. Drottningholms tekniska nämndområden.

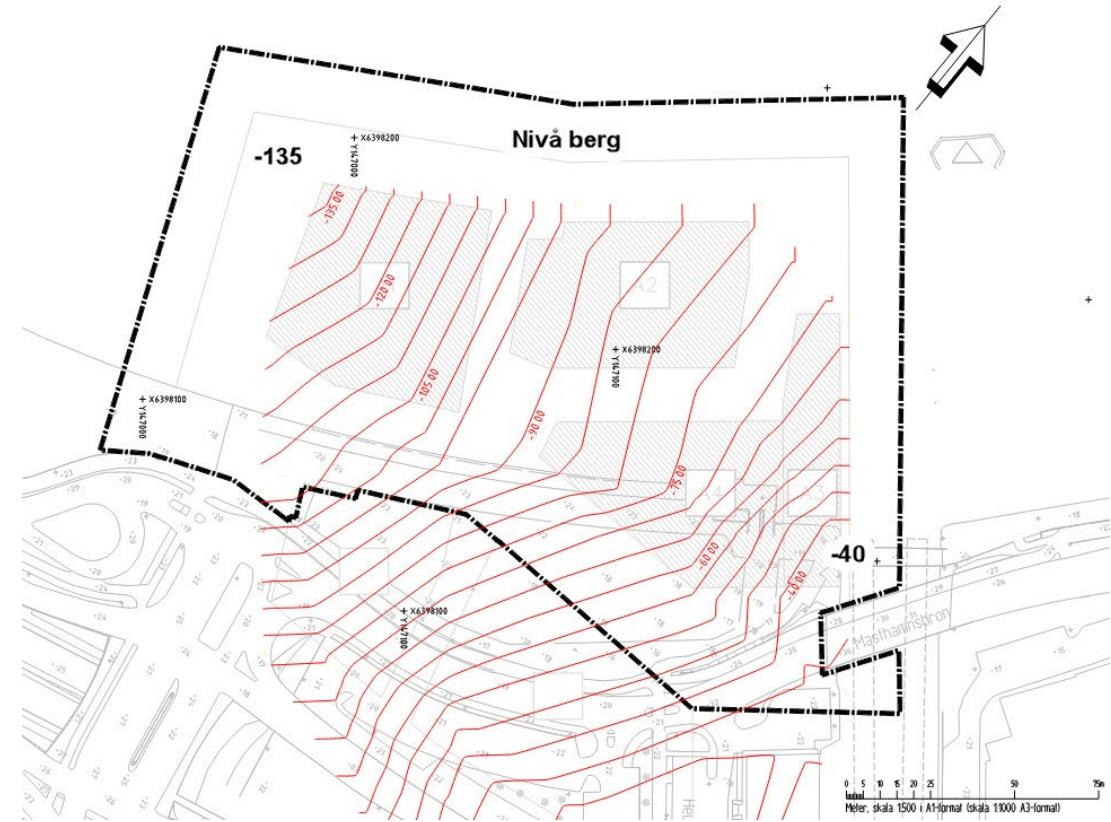
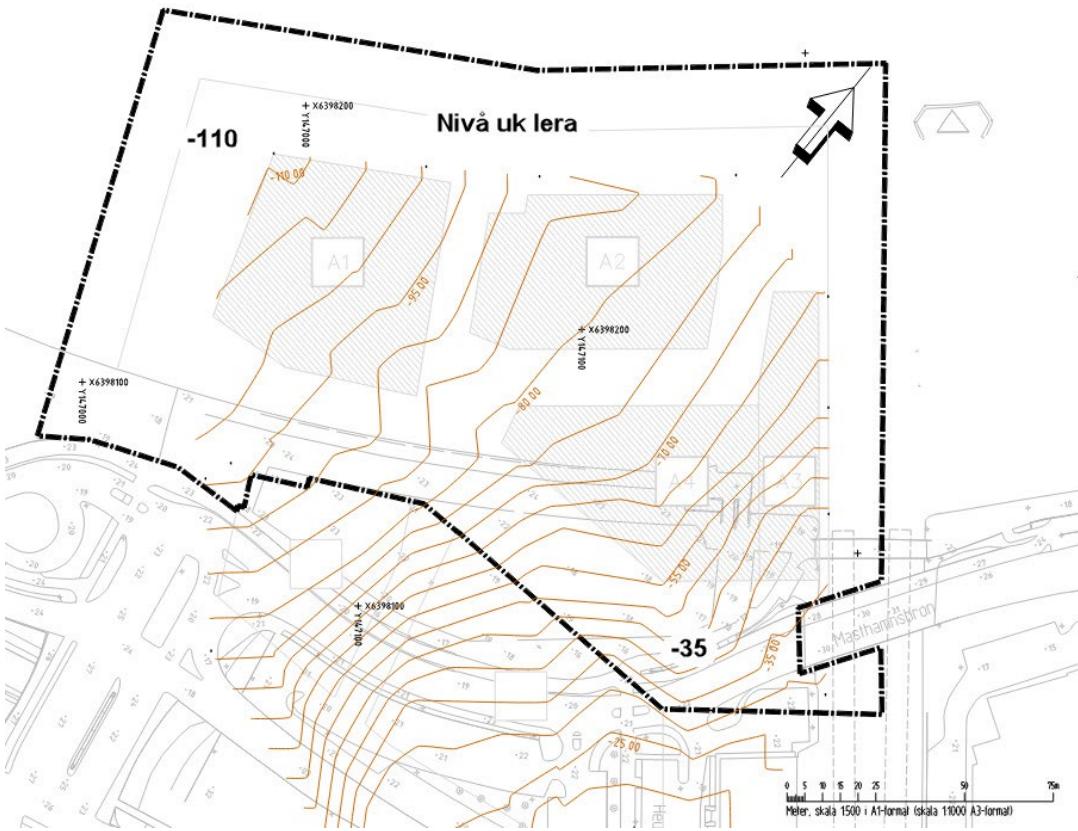
[2] Gjessing, V., Shamsoddini, N. & Choi, Y.S., 2004. Concrete-filled Tubular Column, Part I – Experimental Investigation. Journal of Structural Engineering, 130(4), pp.499–508.

[3] Gjessing, V., Shamsoddini, N. & Choi, Y.S., 2006. Eurocode 4 Dimensioning of Concrete-filled Tubular Columns. Journal of Structural Engineering, 132(1), pp.10–16.

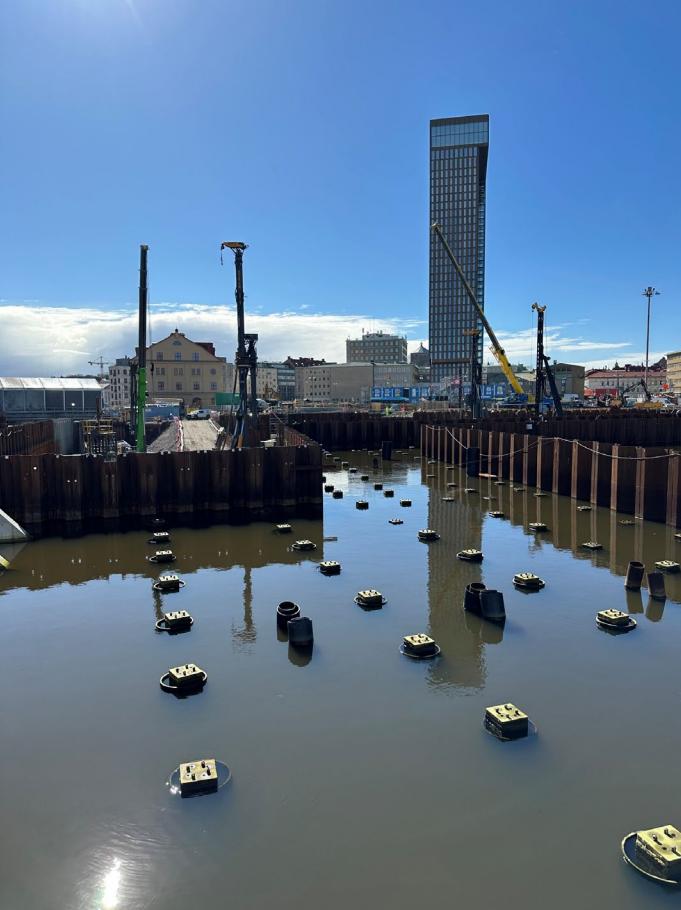
PÅLDAG 24

pålgrundläggning

Nivåer för lera & berg



Vilka utmaningar förväntade vi oss?



Tekniska utmaningar

- Byggskede pålar/plattor
- Massundanträngning
- Stabilitet
- Hinder i mark

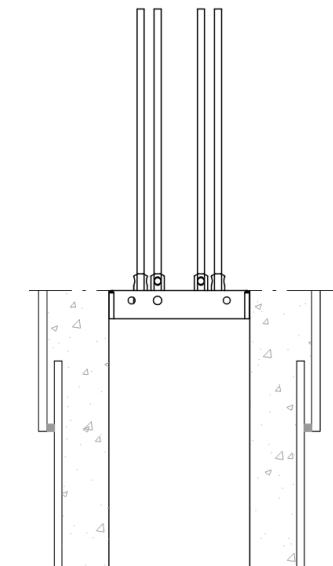
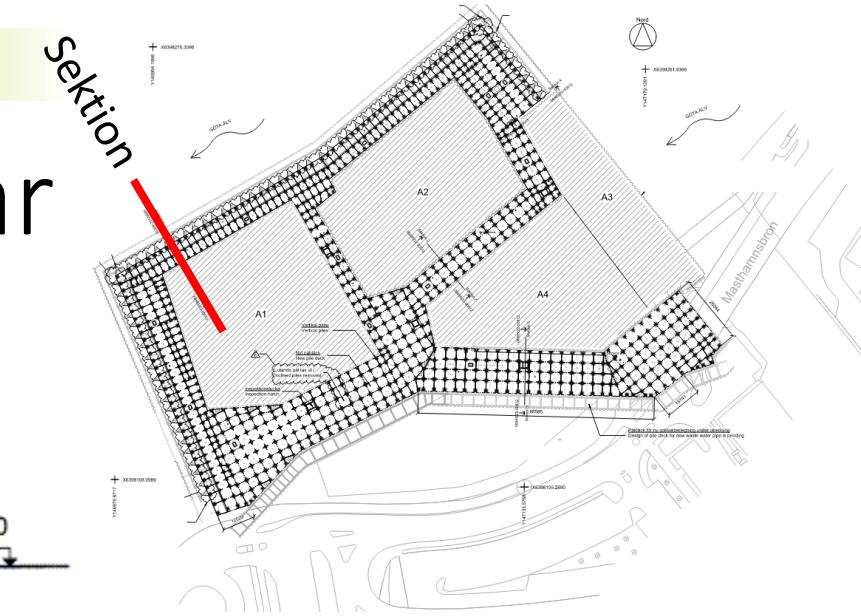
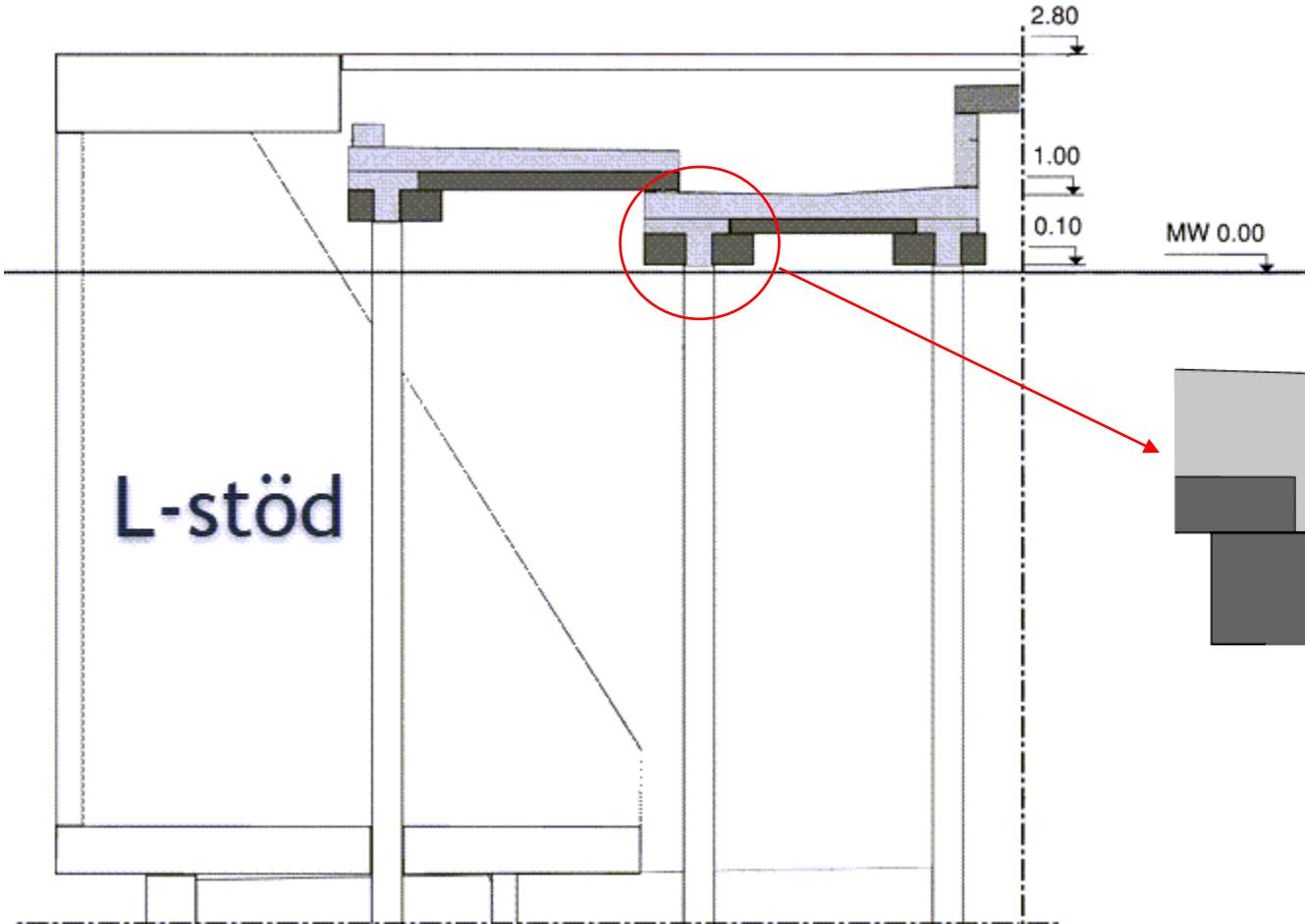
Praktiska utmaningar

- Logistik
- Samverkan parter
- Arbetsmiljö, säkerhet

PÅLDAG 24

pålgrundläggning

Påldäck H1 – Vertikala pålar

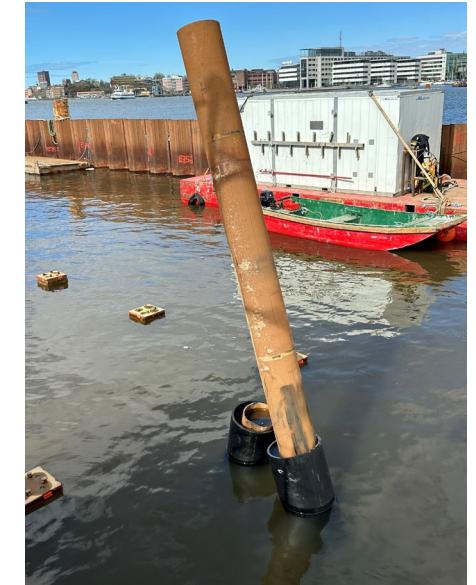
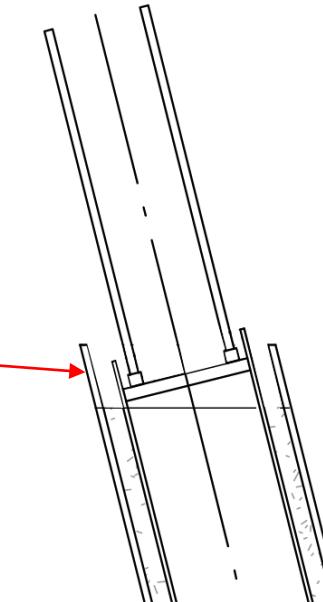
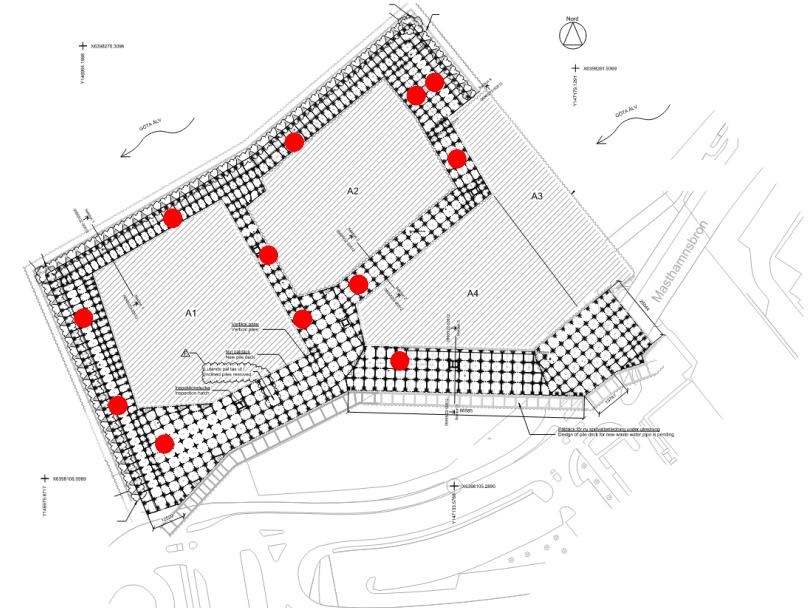
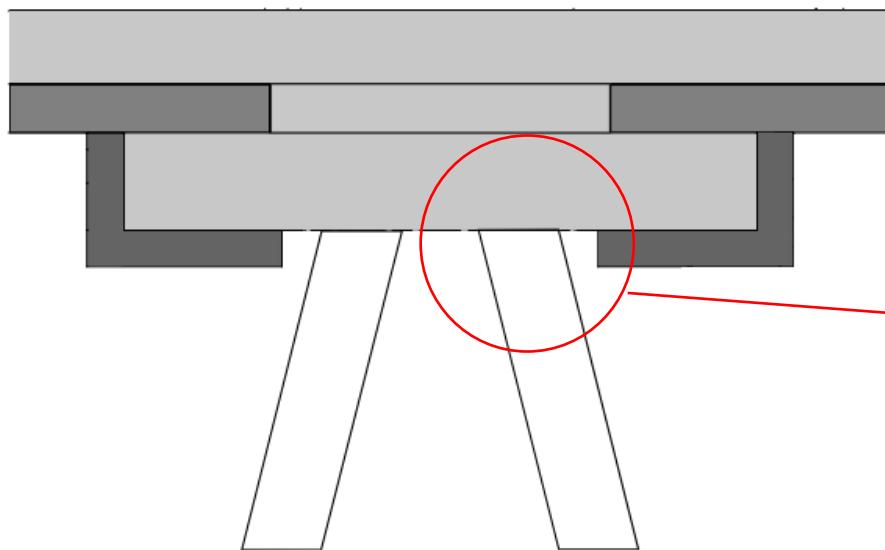


PÅLDAG 24

pålgrundläggning

Påldäck H1 – Lutande pålar

- Stålörspålar parvis – transversella krafter
 - Trafiklaster
 - Jordrörelser
- Områden med liten sättning => lågt ΔM



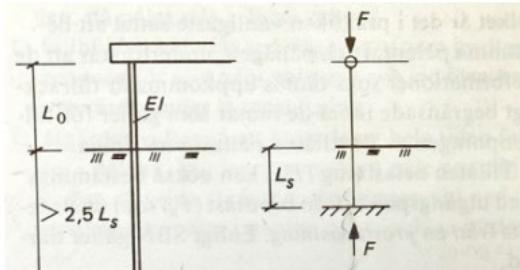
PÅLDAG 24

pålgrundläggning

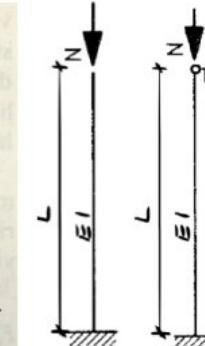
Påldäck H1

- Byggskede (A)

- Pålar utan horisontellt stöd i påltopp
- Laster: Pålplattor och däckelement



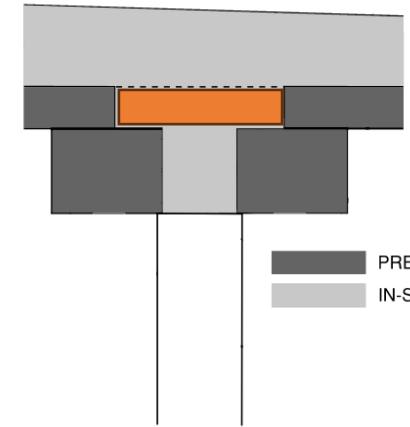
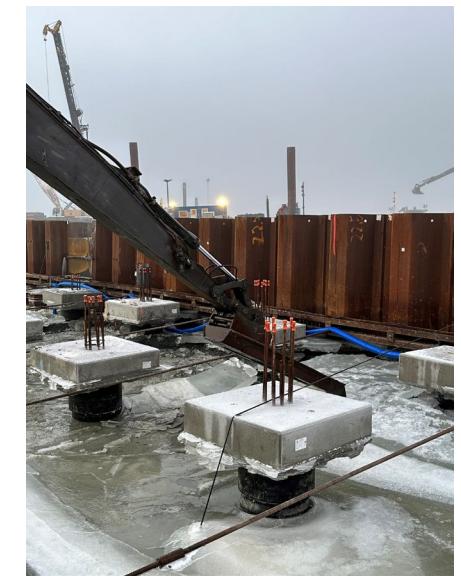
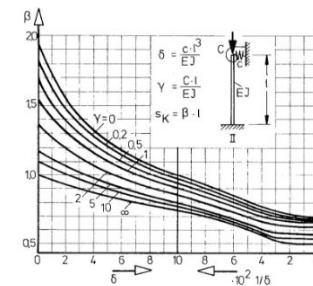
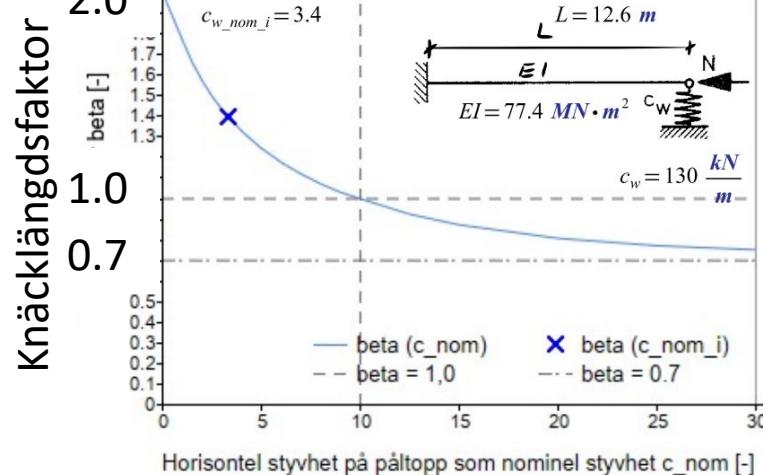
Figur G13:32b Knäcklast för delvis fritt stående pålar [8]



(A) (B)

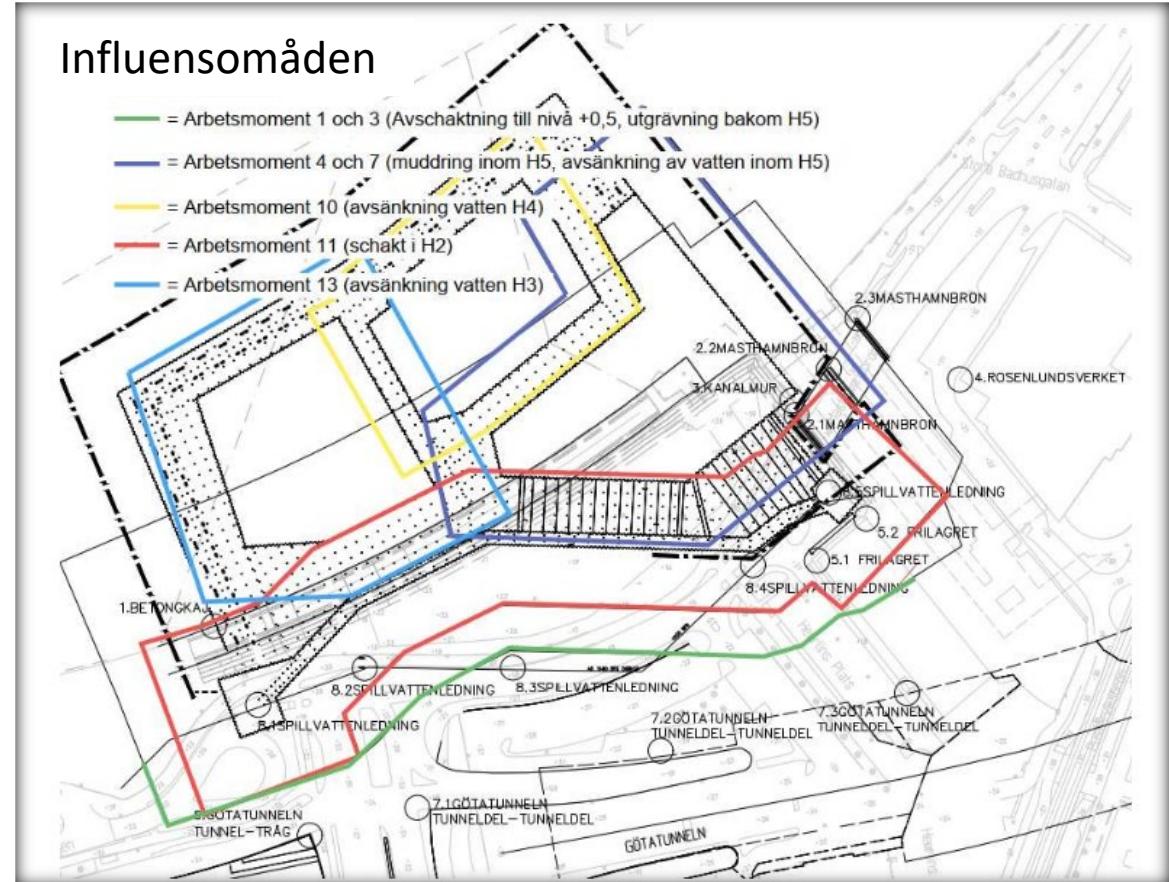
- Byggskede (B)

- Pålar med horisontellt stöd i påltopp
- Stöd genom in-situ gjutning av ursparning i däckelement.

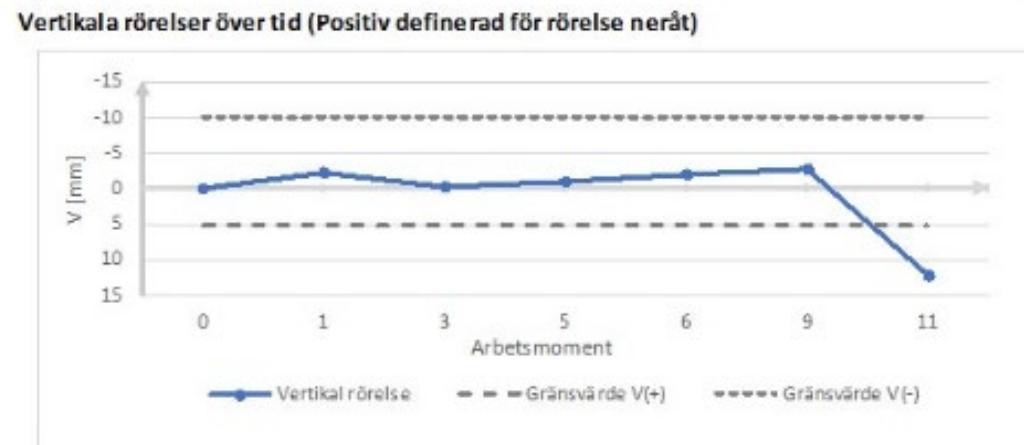
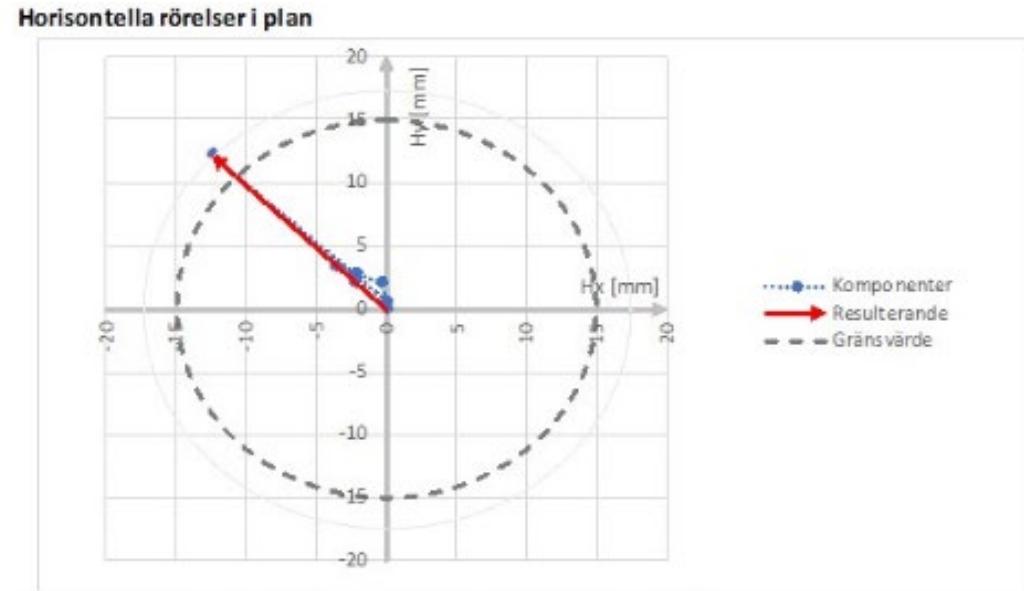


Förväntade rörelser - Prognos

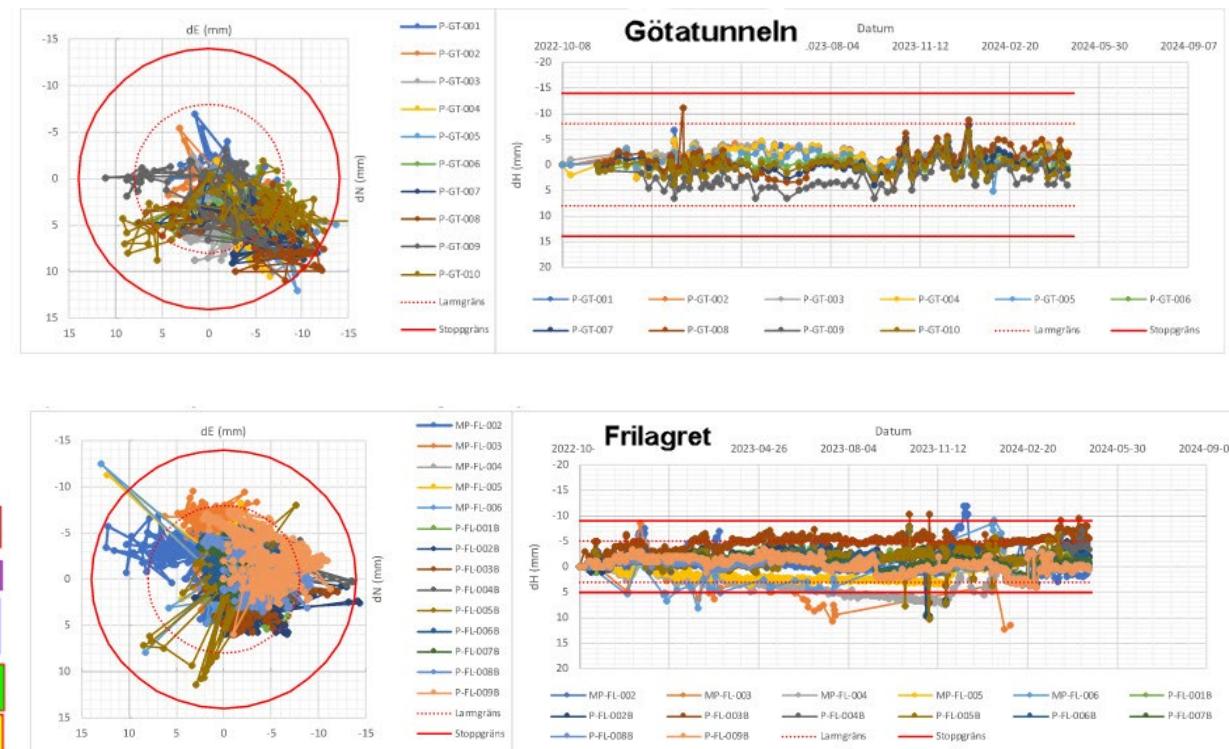
Arbetsmoment	Tillhör
1. Avschaktning till nivå +0,5 i H1-1, H1-8 och H1-9	Bilaga 3
2. Installation betongpålar i H1-4 (alla)	Bilaga 1
3. Utgrävning bakom spont H5	Bilaga 3
4. Muddring resterande del av H5	Bilaga 2
5. Installation betongpålar i H1-1 och H1-3	Bilaga 1
6. Installation av betongpålar i H5, pålar i H4 och stålpålar till L-element i H1-4	Bilaga 1
7. Avsänkning av vatten i H5	Bilaga 2
8. Installation betongpålar i H1-2	Bilaga 1
9. Installation pålar till L-element i H1-6, H1-7 och H1-9 och installation av pålar i H2	Bilaga 1
10. Avsänkning av vatten i H4	Bilaga 2
11. Schakt i spont H2	Bilaga 2
12. Installation betongpålar i H1-5, H1-6, H1-7, H1-8 och H1-9	Bilaga 1
13. Avsänkning av vatten i H3	Bilaga 2
14. Installation av pålar i H3	Bilaga 1



Förväntade rörelser - Prognos



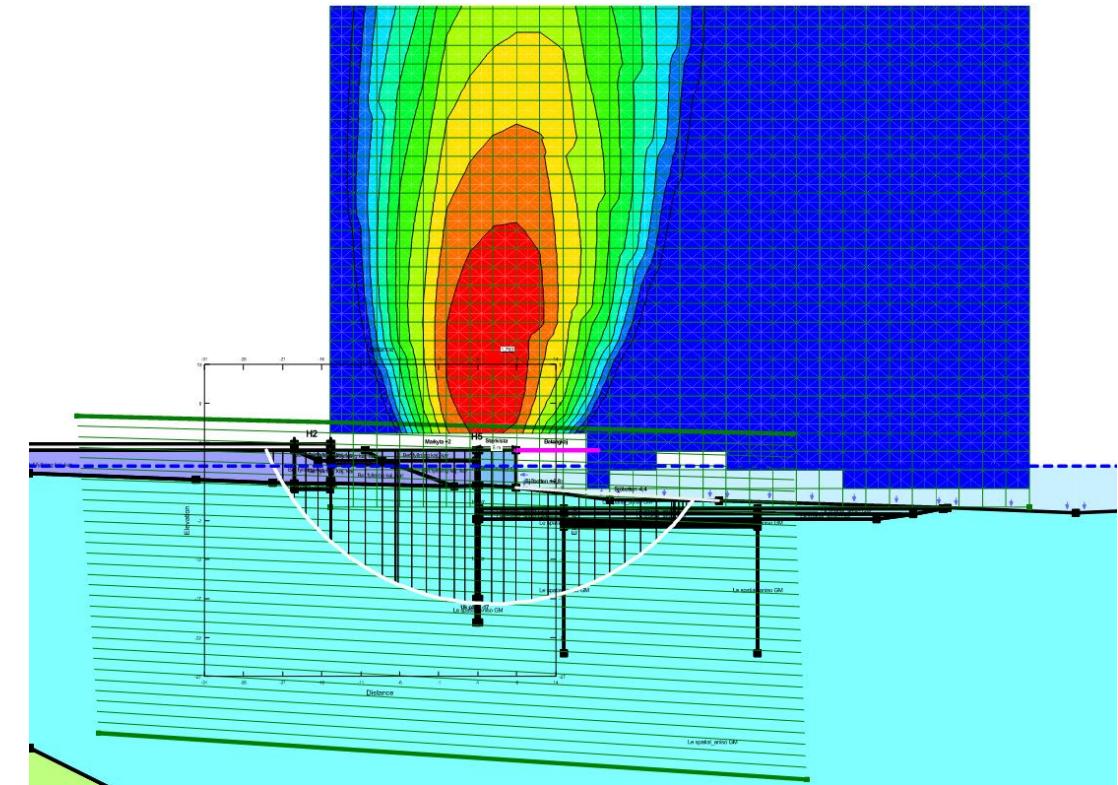
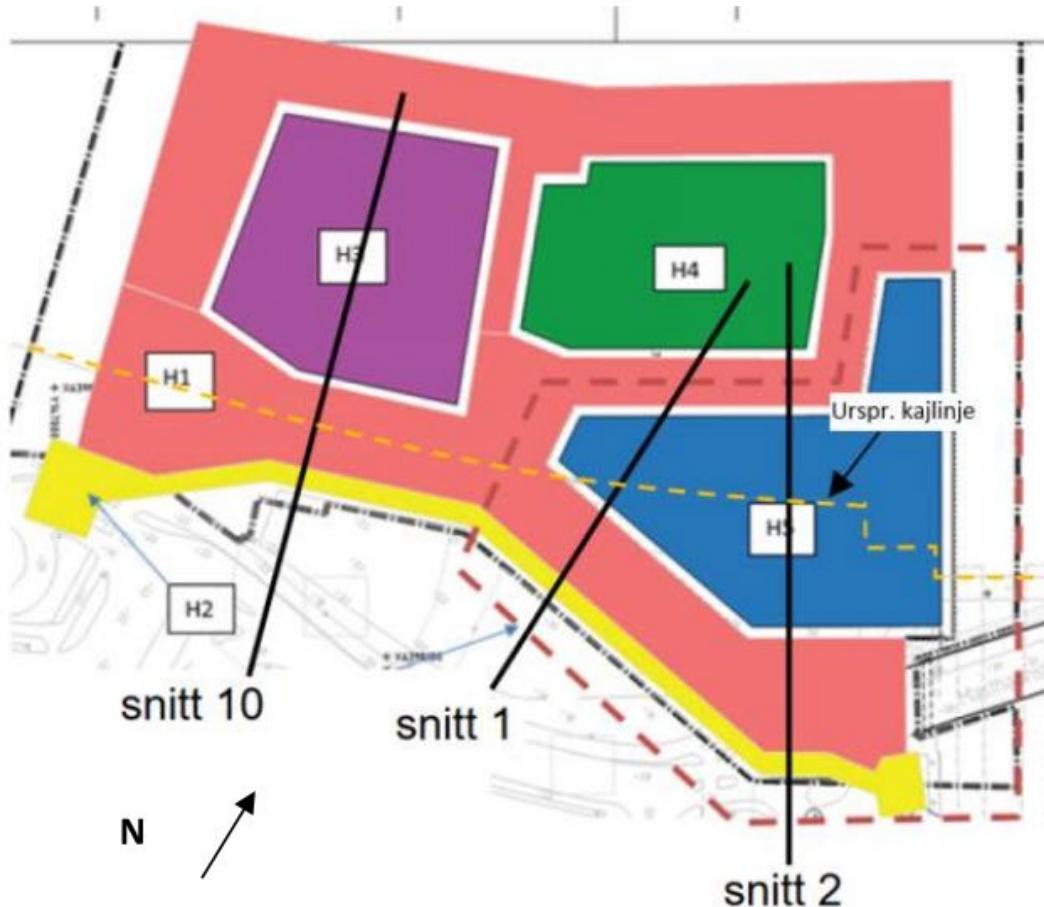
Rörelser - veckorapport



PÅLDAG 24

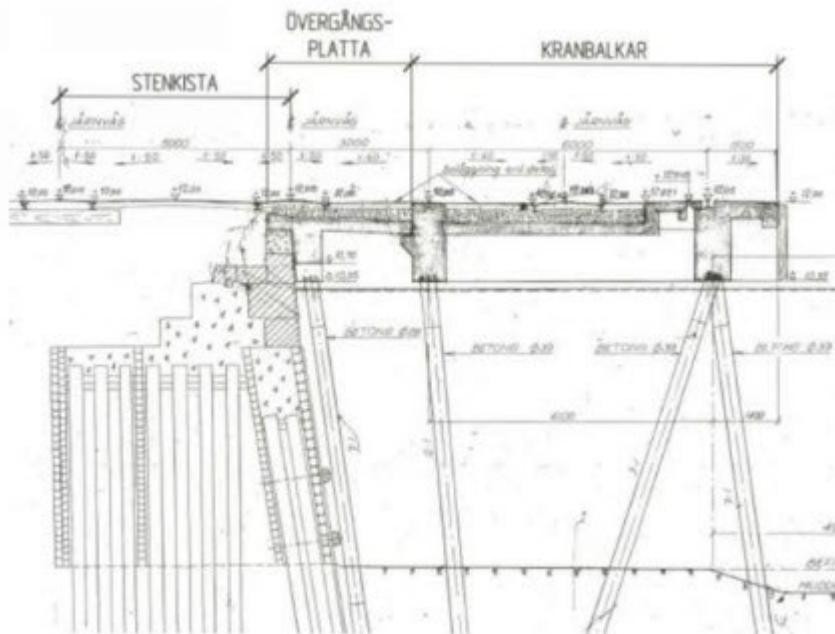
pålgrundläggning

Stabilitet - sektioner

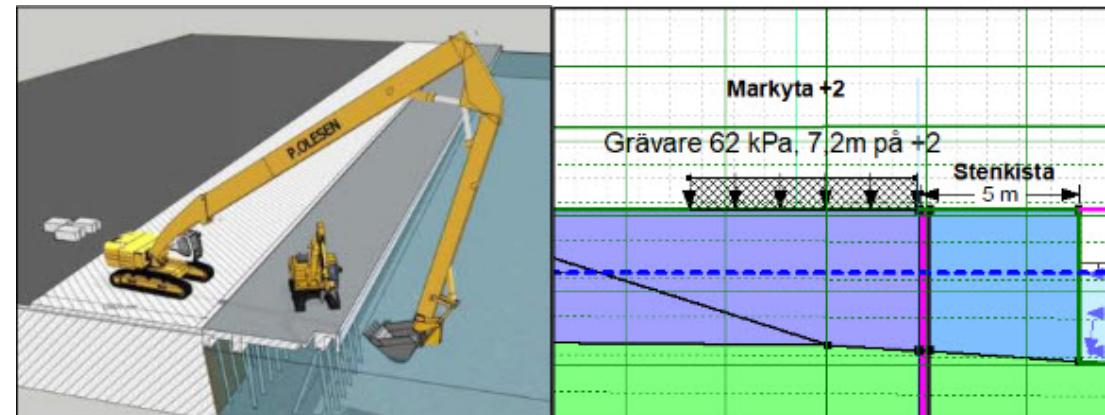


Lokal stabilitet

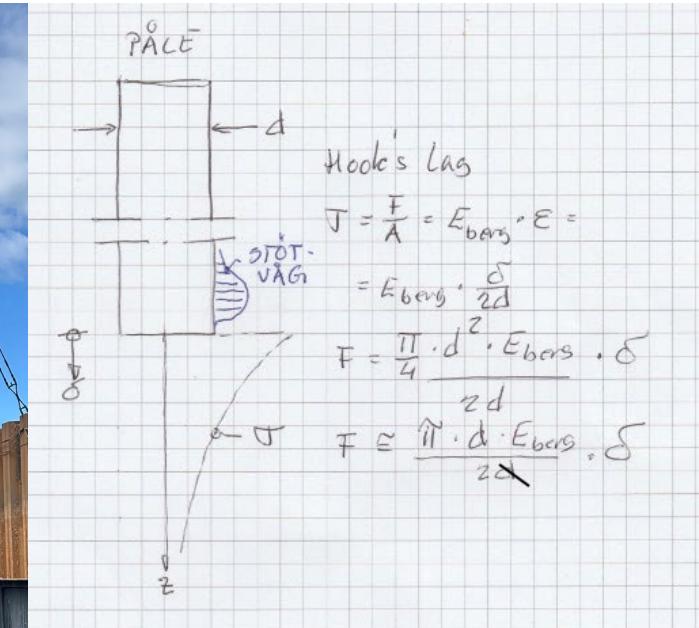
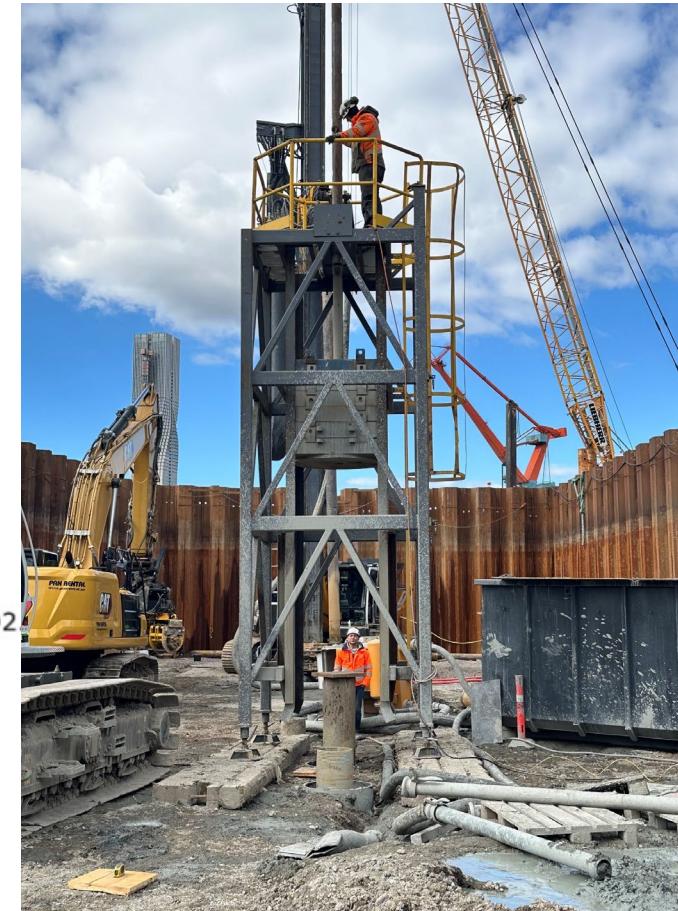
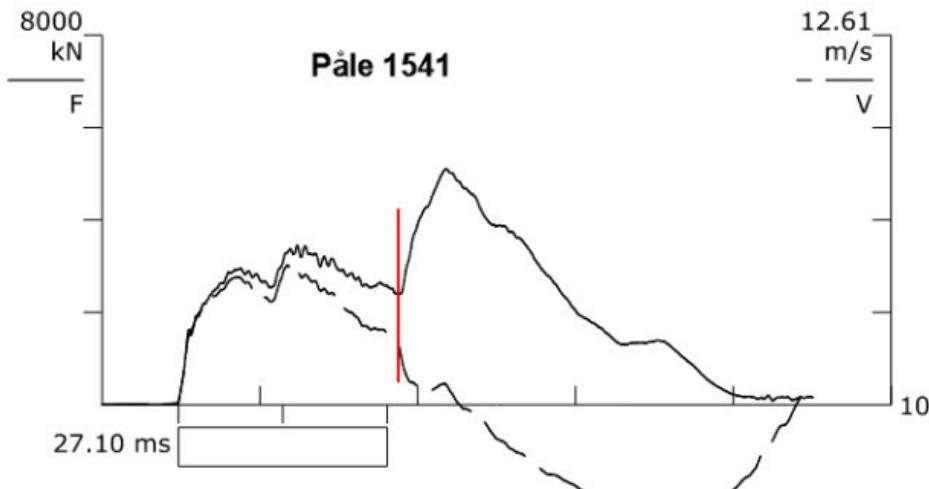
Kaj – etappvis påbyggnader



Demolering av kajer

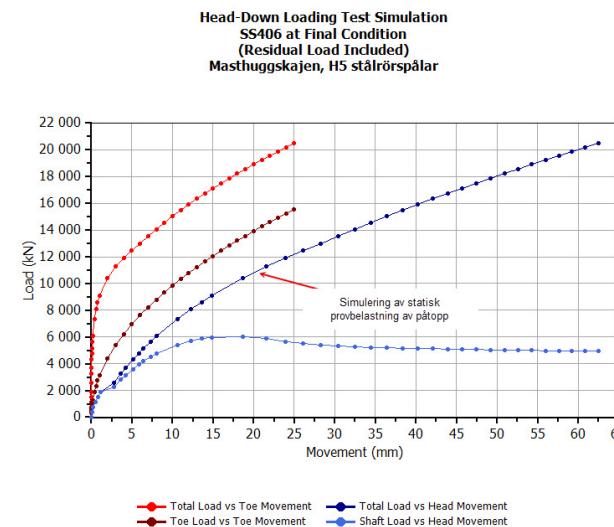
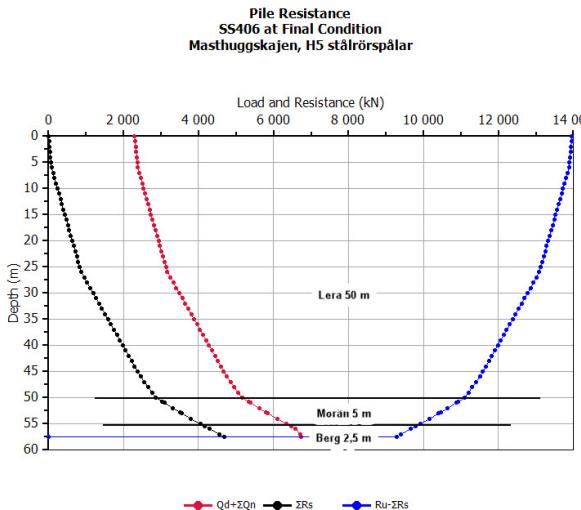
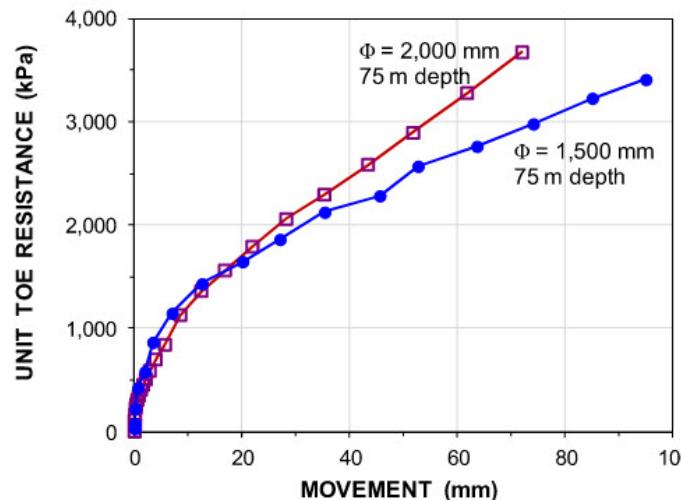
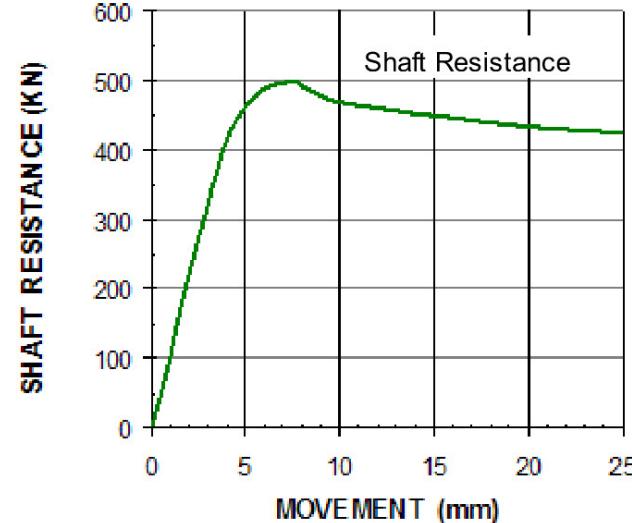


Mobilisering av geoteknisk bärformåga?

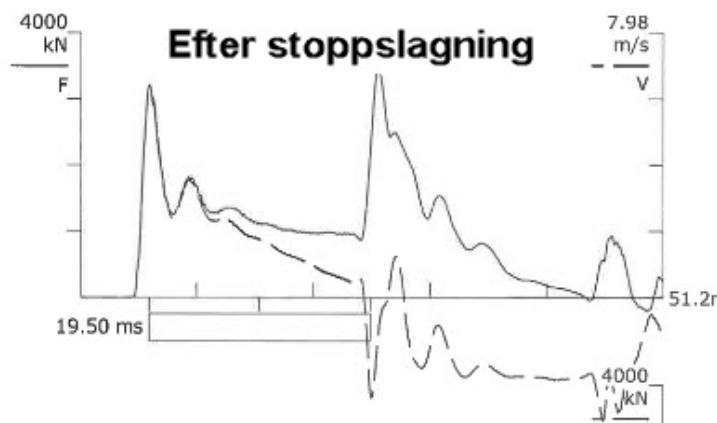
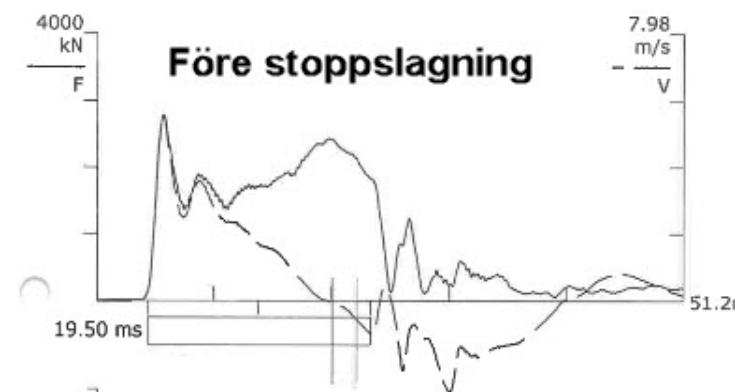


- Vikt 12 ton, h 3m
- L_p 50 – 76 m
- D 406*12,5 mm

Geoteknisk bärformåga



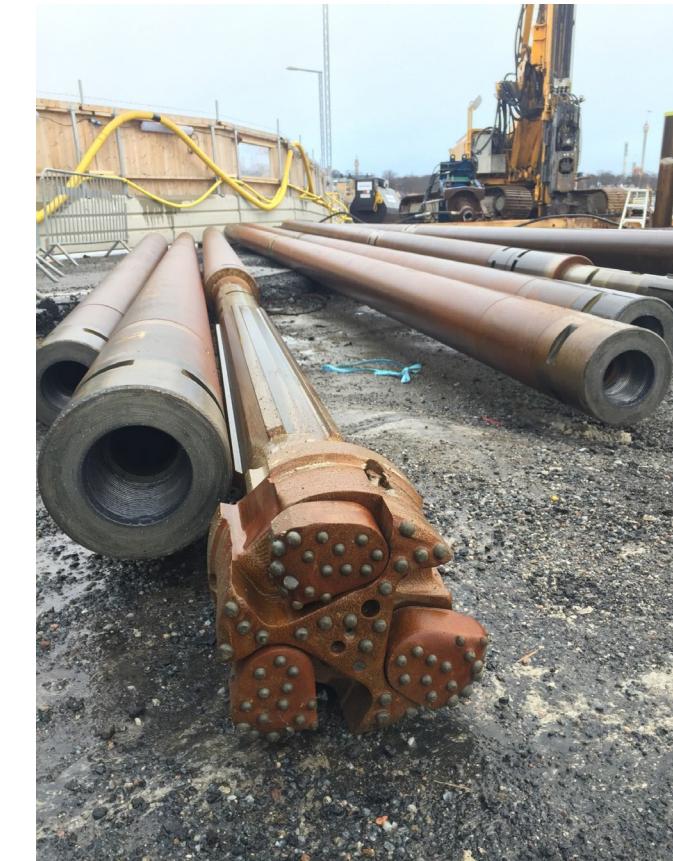
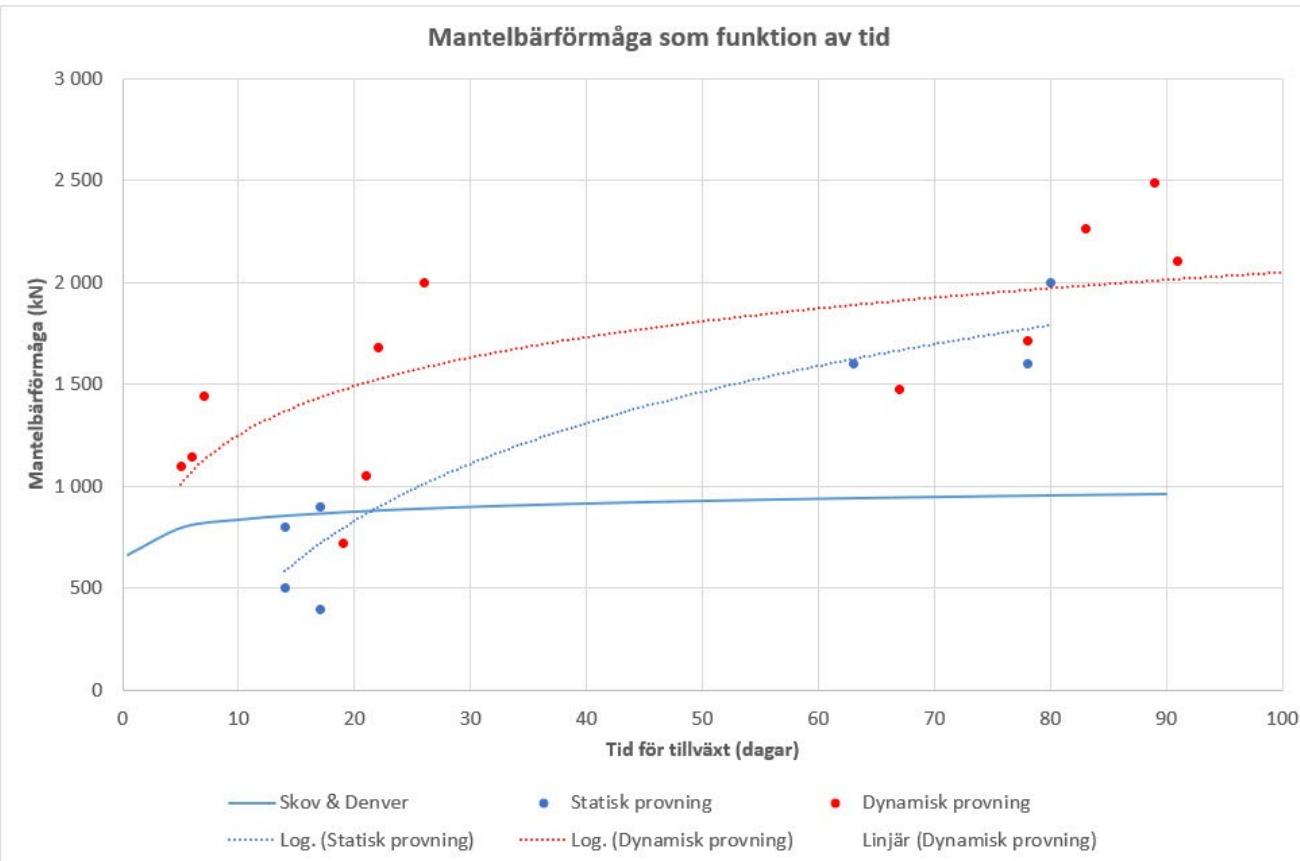
Borrade stålrör - Tillväxt bärformåga i sand/grus



Sjunkn (mm/slag)	Sjunkn (mm/10)	Emax (kNm)	Jc	Rmax case (kN)	Rult capwap (kN)	Rfrik capwap (kN)
20		>60	0,90	1990	1767	1003
30		>60	"	1124	1548	1092
27		>60	"	1654		
8	6	>60	"	2148		
		≤ 2	>60	4194		
			0,60	4987		
			0,35	4958		187

- Påle ej stoppslagen
 - 3 månaders tillväxt
 - 70% mantelbär-förmåga, 1 100 kN
- Efter stoppslagning
 - 5% mantelbärförmåga, 190 kN

Mantelbärförmåga vs tid



Några iakttagelser

Byte av teknisk lösning

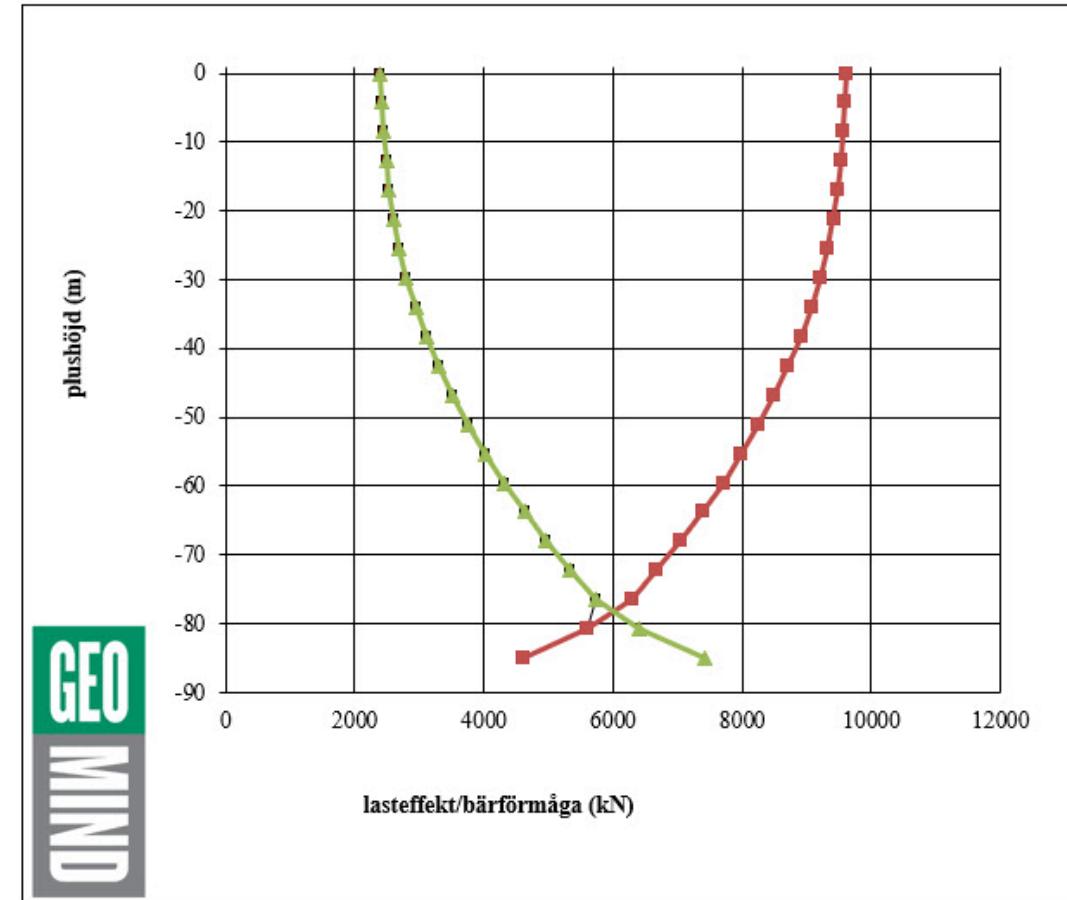
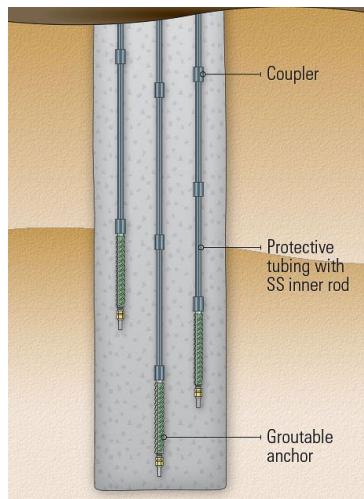
- H1: Slagna kohesionspålar av betong & borrade stålörspålar
- H2: Kohesionspålar & spetsburna stålspålar
- H3: Överlappande pålar
 - slagna kohesionspålar av betong från pråm
- H4: Överlappande pålar
 - borrade stålörspålar från uv-betong
- H5: Göteborgsmetoden
 - => borrade stålörspålar från uv-betong

Påhängslaster

- H1 & H2
 - Göta Älv – inga påhängslaster
 - Söder om kaj: 200 kN ner till 10m u. pap
- H3
 - Dim. laster inkluderar påhängslaster
- H4
 - upp till 5 000 kN
- H5
 - Göta Älv – inga påhängslaster
 - På land – Bitumen & papp

Hur ska vi räkna? Beter sig laran annorlunda i GBG

- Effekter av installation?
- Stora pålgrupper?
- Hur definieras en pålgrupp?
- Rörelse för att mobilisera R_m
- Kan Tell-tales hjälpa förståelsen?



PÅLDAG 24

pålgrundläggning

Så kan det bli!



Anian, det känns att
grunden är stabil