

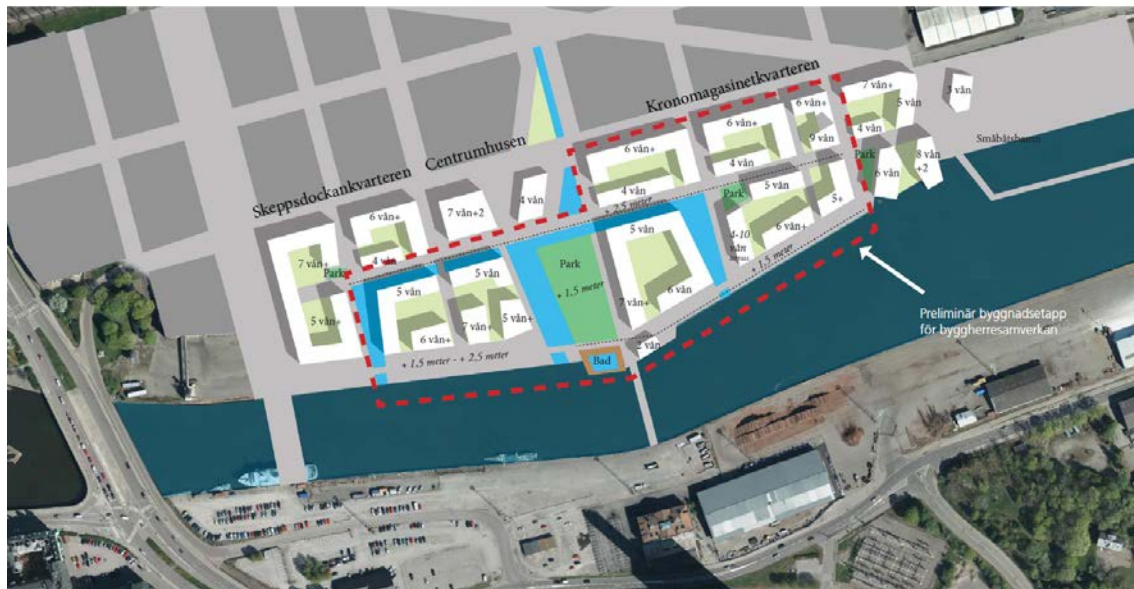
GEOTEKNISK PM ANGÅENDE KAJ OCH STABILITET

NORRKÖPINGS KOMMUN

Inre hamnen

UPPDRAGSNUMMER 1181097000

ÖVERSIKTLIG FÖRSTUDIE



ÖVERSIKTLIG FÖRSTUDIE

2016-04-19

SWECO CIVIL AB
STOCKHOLM GEOTEKNIK

LASSE ENGVALL

2 (18)

GEOTEKNISK PM ANGÄENDE KAJ OCH STABILITET
2016-04-19
ÖVERSIKTLIG FÖRSTUDIE
INRE HAMNEN

Sammanfattning

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	1
2	Underlag	1
3	Planerad bebyggelse	1
4	Geotekniska förhållanden	1
4.1	Topografi	2
4.2	Jordlager	2
5	Kaj mot Motala Ström	3
5.1	Befintlig kaj	3
5.2	Möjlig lösning på ny kaj med horisontell bakåtförankring	4
5.3	Ny pålad betongkaj	7
5.4	Bergförankrad spontkaj	8
6	Stabilitet	8
7	Anläggningskostnad	13
7.1	Spont med horisontell förankring	13
7.2	KC-pelarförstärkning vid kaj	13
8	Diskussion av resultat	14
9	Bilagor	14
9.1	Bilaga 1 Jämförelse pålad betongkaj och glespålad spontkaj	14
9.2	Bilaga 2 Stabilitetsberäkningar	14

1 Bakgrund

Utbyggnaden av Inre Hamnen i Norrköping kommer att kräva att en ny kaj mot Motala Ström byggs.

Vidare kommer viss uppfyllnad av marken att erfordras för att parera den framtida höjning av vattenståndet i Östersjön som SMHI:s prognoser innehåller.

I detta PM redovisas en överslagsmässig förstudie av hur kajen skulle kunna utföras. Redovisningen innehåller också överslagsmässiga stabilitetsberäkningar för områdets totalstabilitet.

2 Underlag

- Strukturplan för utbyggnaden av Inre Hamnen daterad 2016-02-01
- Geoteknisk utredning daterad 2015-09-18 (Sweco uppdrag nr 2111993)

3 Planerad bebyggelse

Den planerade utbyggnaden redovisas i figur 1 nedan.



Figur 1 Layout för planerad bebyggelse

4 Geotekniska förhållanden

De geotekniska förhållandena inom området redovisas i den geotekniska utredningen, men nedan ges en sammanfattande geoteknisk beskrivning.

4.1 Topografi

Området utgörs av relativt horisontell utfylld mark och avgränsas i södra delen av en kajkonstruktion mot Motala ström. Markytan ligger i allmänhet på nivåer mellan +1,0 och +1,5 i höjdsystem RH2000.

Vattendjupet i Motala Ström ökar något mot öster – från bottennivån ca -6,0 vid områdets västra gräns till nivån ca -7,5 vid områdets östra gräns.

4.2 Jordlager

Jorden i området består av överst fyllningsmassor som har en mäktighet varierande mellan ca 1 och 4 m.

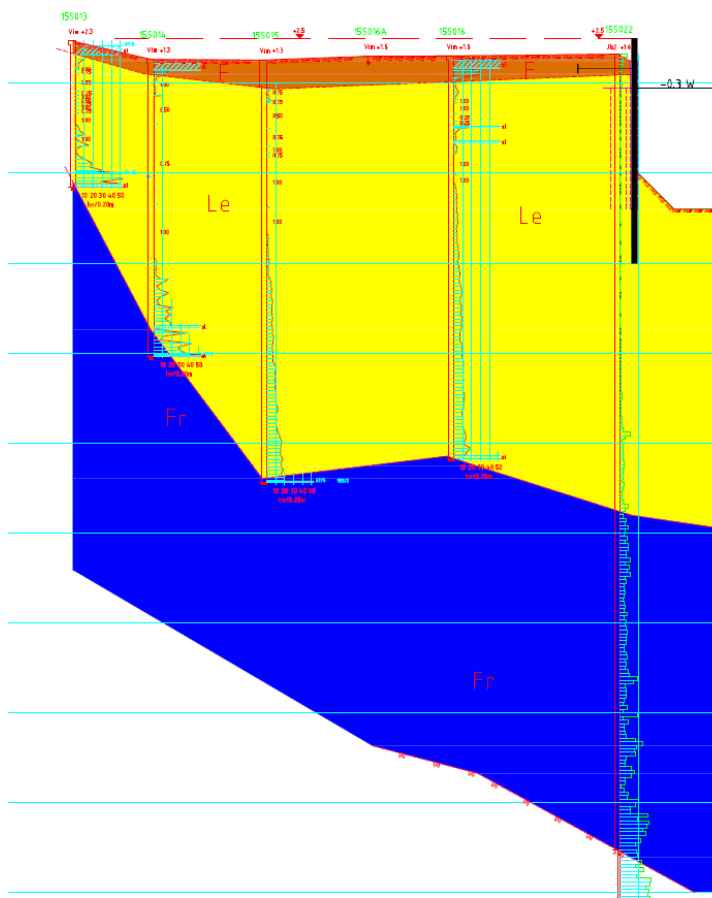
Under fyllningen finns naturligt lagrad jord som består av lera och silt på friktionsjord ovan berg.

Den befintliga fyllningen är heterogen och bedöms främst bestå av sand, silt och grus men innehåller ställvis även aska, tegel, lera och mull.

Leran förekommer i mäktigheter varierande mellan ca 8 och ca 28 m. Leran övergår mot djupet successivt till siltig lera och lerig silt. Gränsen mellan lera och silt är utifrån sonderingar svår att utröna.

Friktionsmaterialet under leran har i allmänhet 5-15 m:s mäktighet. Djupet till berg varierar mellan 15 och 40 m.

En typisk sektion genom området framgår av Figur 2 nedan

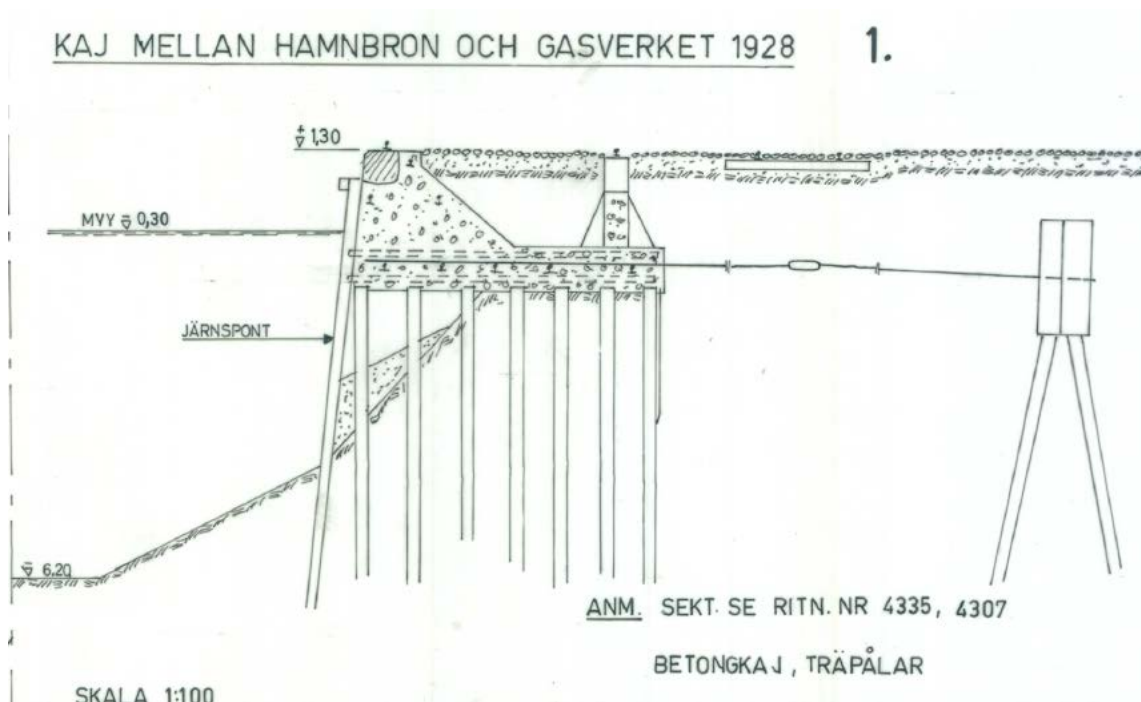


Figur 3 En typisk tvärsnitt genom området. Brunt=fyllning, Gult=lera, Blått =friktionsjord

5 Kaj mot Motala Ström

5.1 Befintlig kaj

Den befintliga kajen mot strömmen är utförd med en järnspont som är nedslagen ett par meter under botten och med en grundförstärkning bakom sponten. Grundförstärkningen har gjorts med träpålar och en sammanbindande bädd av krossmaterial på pålarna. Vidare finns dragstag och en ankarbalk som förankrats med snedpålar av trä. Konstruktionen framgår av Figur 2 nedan.



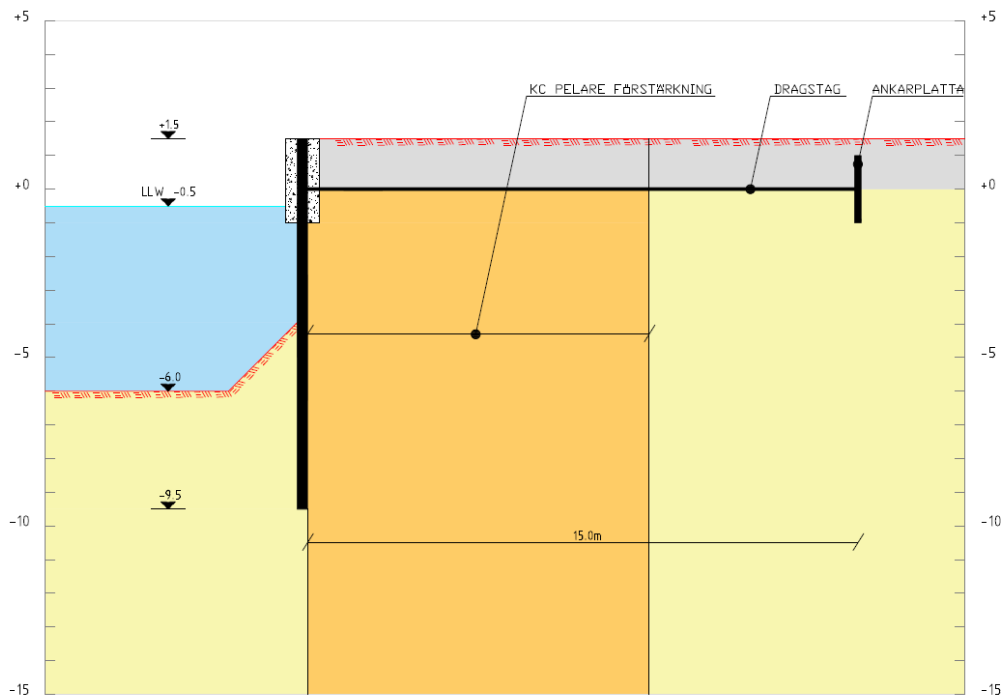
Figur 2. Principiellt utförande av befintlig kaj

Kajen är i dåligt skick och skall ersättas med ny kaj.

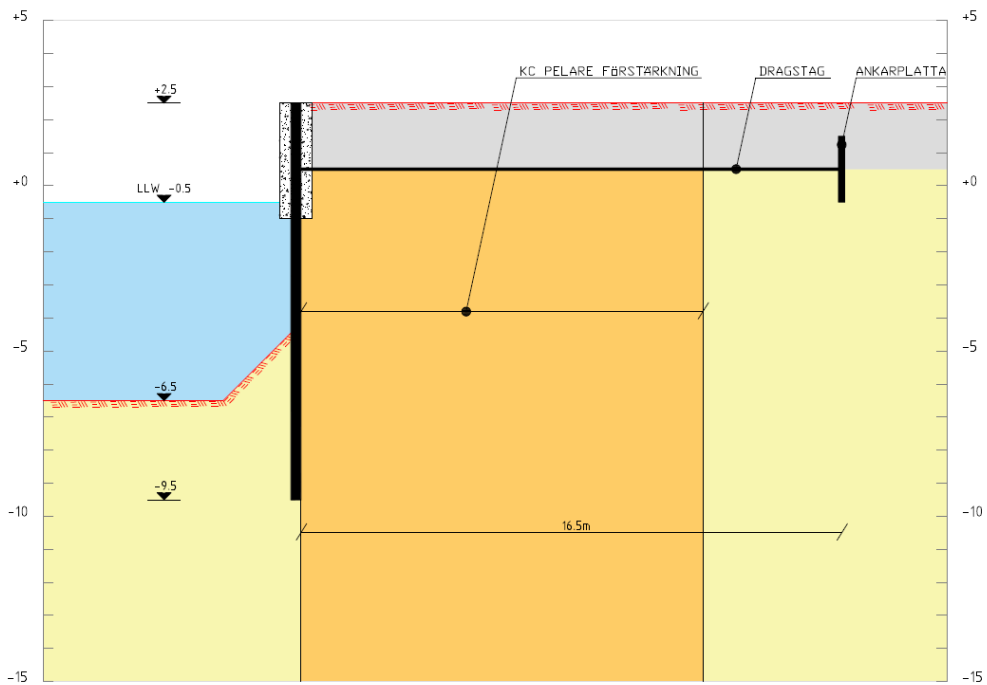
5.2 Möjlig lösning på ny kaj med horisontell bakåtförankring

Den nya kajen föreslås i denna studie även den utföras som en spontkaj vilken nedslås några meter under botten och förankras med dragstag till ankarplattor bakom sponten.

För att reducera jordtrycket mot sponten föreslås att grundförstärkning utförs med kalk-cement-pelare (KC-pelare) bakom sponten. Det principiella utförande vid marknivån +1,5 och +2,5 framgår av Figur 3 respektive och Figur 4 nedan.



Figur 3 Möjlig ny kajkonstruktion vid blivande marknivå +1,5 och bottenivå -6



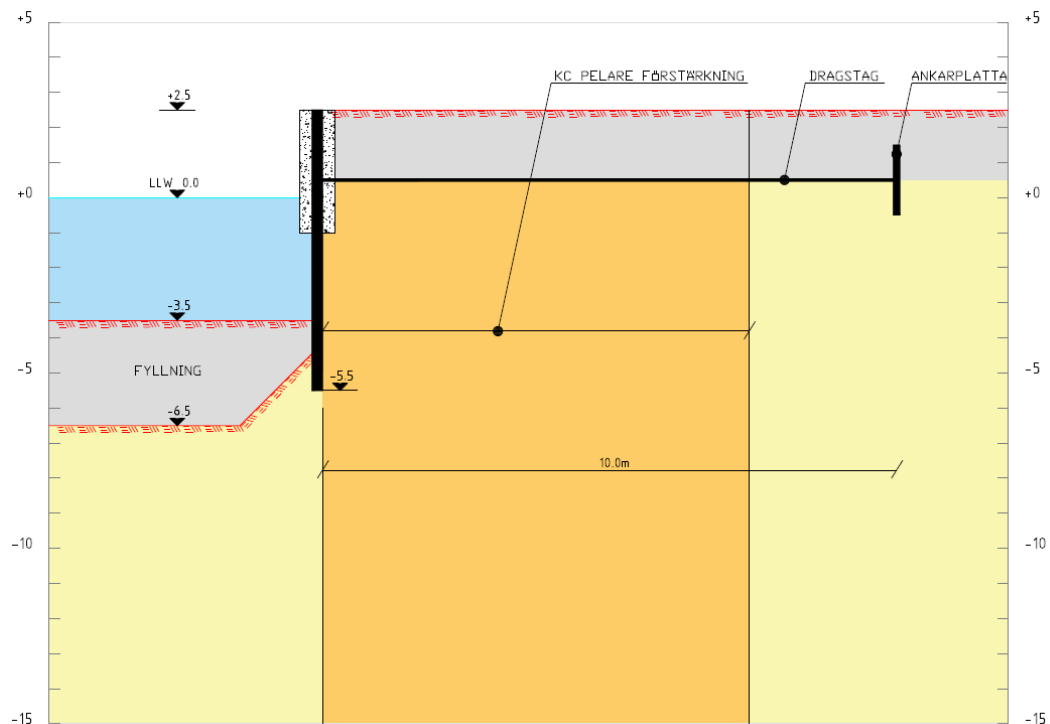
Figur 4 Möjlig ny kajkonstruktion vid blivande marknivå +2,5 och bottenivå -6

Problemet med den här studerade kajlösningen är utrymme för de bakåtförankrade stagen med en erforderlig längd på ankarstagen på ca 16 m, vilket innebär att ankarplattorna hamnar inne på ytor som i Strukturplanen avses utgöra kvartersmark.

För att undvika ankarstag kan man utföra en pålad betongkaj eller en spont som bakåtförankras med snedstag ner till berg. Dessa alternativ redovisas i Bilaga 1.

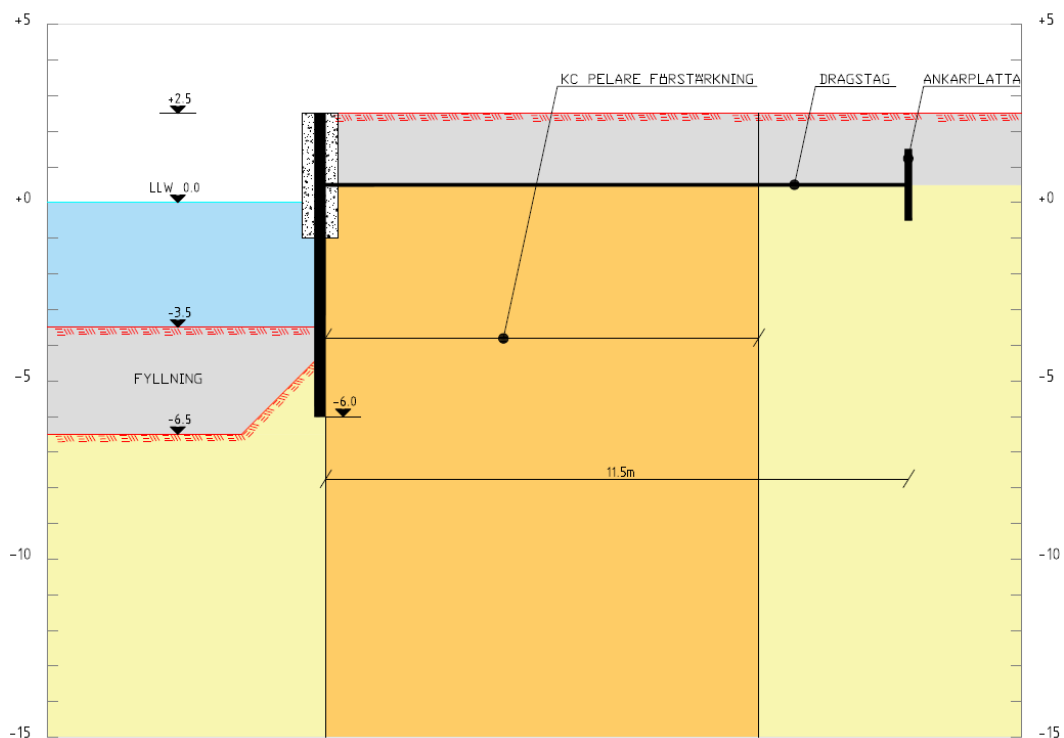
Ett annat alternativt sätt att undvika långa horisontala dragstag är att göra en uppfyllnad i Motala ström utanför kajen. Om man exempelvis fyller upp till nivån -3,5 i strömmen ut till ca 30 m utanför kajen kan erforderligt nedslagningsdjup för sponten reduceras till nivån ca -5,5 och ankarstagets längd kan begränsas till ca 10 m, vilket bedöms vara tillräckligt kort för att ge möjlighet för den planerade bebyggelsen. Angivna mått gäller vid marknivån +1,5. Även med detta alternativ erfordras en KC-pelarförstärkning bakom sponten.

Kajens utformning i studerad lösning redovisas i nedanstående Figur 5 och Figur 6.



Figur 5 Möjlig ny kajkonstruktion vid blivande marknivå +1,5 och botten på -3,5

Om marken fylls upp till nivån +2,5 blir erforderligt nedslagningsdjup för sponten ca -6,0 och erforderlig staglängd ca 11,5 m. Sponten i detta alternativ redovisas i nedanstående figur 6



Figur 6 Möjlig ny kajkonstruktion vid blivande marknivå +2,5 och botten på -3,5

Sammanställning av spontalternativ med horisontell bakåtförankring

Markyta	Botten	Uk spont	Staglängd m	Anmärkning
+1,5	-6,0	-9,5	15	KC-pelar-förstärkning
+2,5	-6,0	-10	16,5	KC-pelar-förstärkning
+1,5	-3,5	-5,5	10	KC-pelar-förstärkning
+2,5	-3,5	-6,0	11,5	KC-pelar-förstärkning

5.3 Ny pålad betongkaj

Redovisas i Bilaga 1

Utförandet kräver att kajområdet har tillfredsställande totalstabilitet.

5.4 Bergförankrad spontkaj

Redovisas i Bilaga 1

Utförandet kräver att kajområdet har tillfredsställande totalstabilitet..

6 Stabilitet

Totalstabiliteten i området har beräknats för de olika alternativ till spontkaj inklusive KC-pelarförstärkning bakom spanten som studerats ovan.

Vid samtliga beräkningar har tillgodoräknats den KC-pelarförstärkning som utförs vid kajen bakom spanten för att reducera jordtrycket mot spanten. Denna förstärkning utförs minst ner till 13 m:s djup, men kan för att förbättra totalstabiliteten utföras ned till 20 m:s djup.

I beräkningarna tillgodoräknas även KC-pelarförstärkning som görs för gatumark för att reducera sättningar.

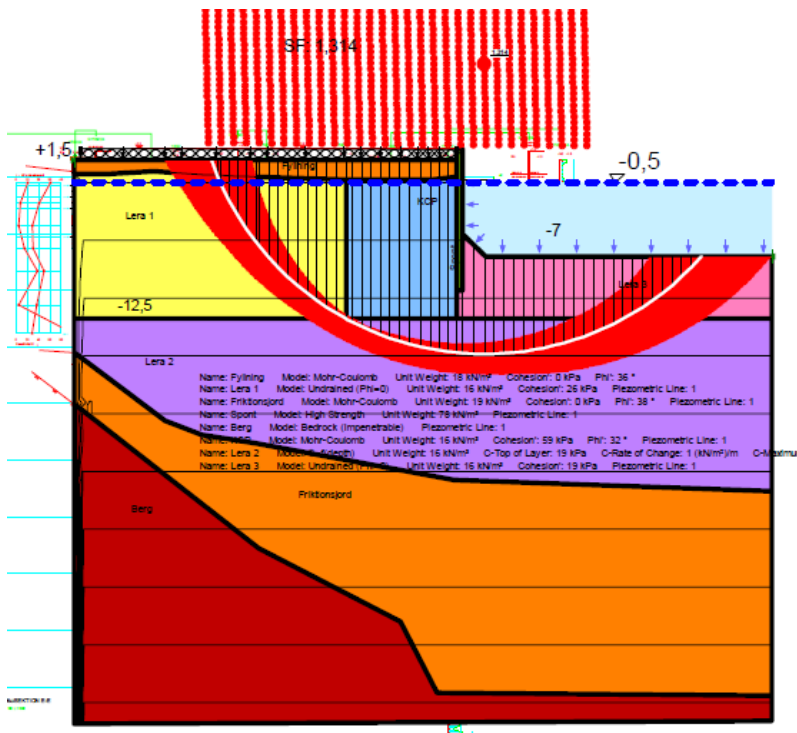
Nedan redovisas beräkningar gjorda med dels varierande marknivå dels varierande bottennivå.

Även omfattning av KC-pelarförstärkningen har varierats i beräkningarna.

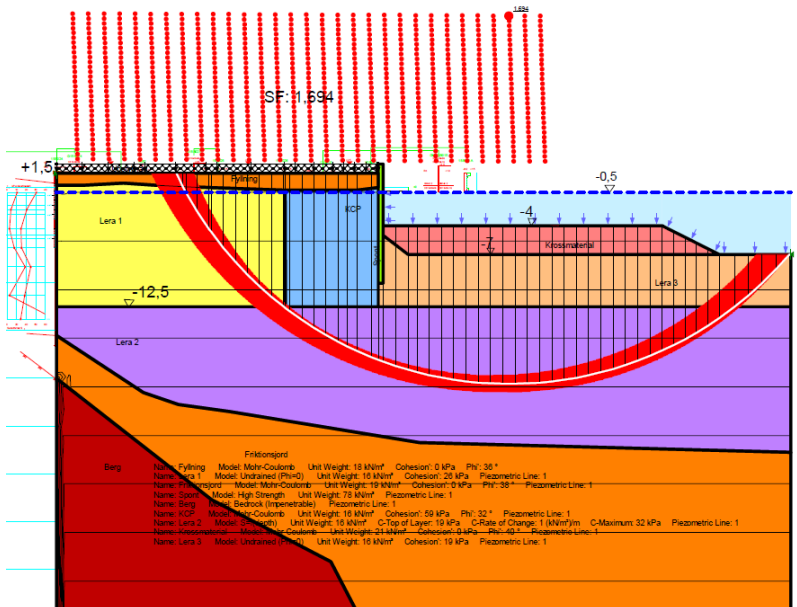
För att stabiliteten skall anses tillfredsställande bör totalsäkerhetsfaktorn vara minst $F_c=1,5$.

Nedan redovisas kritiska glidytor för några alternativ.

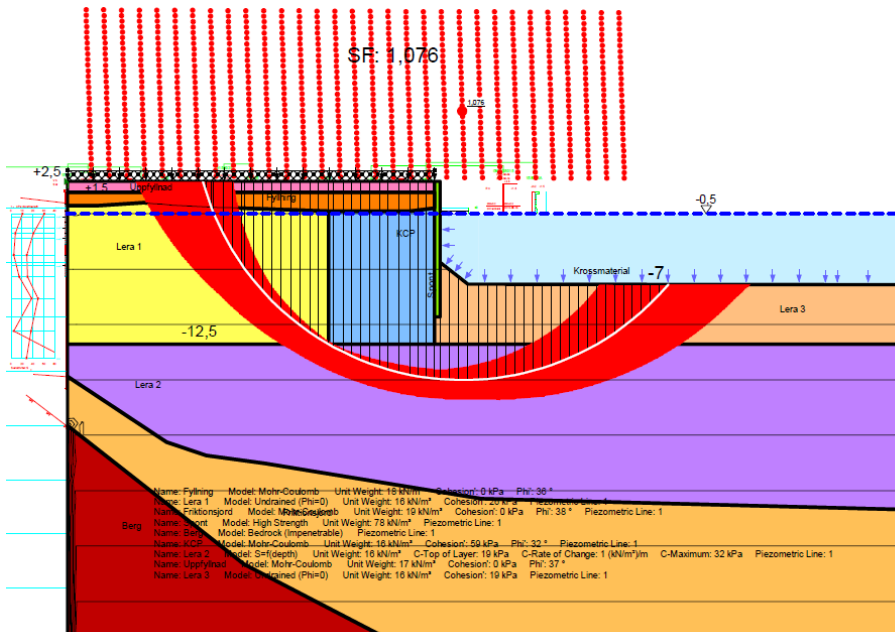
I Bilaga 2 redovisas alla utförda stabilitetsberäkningar.



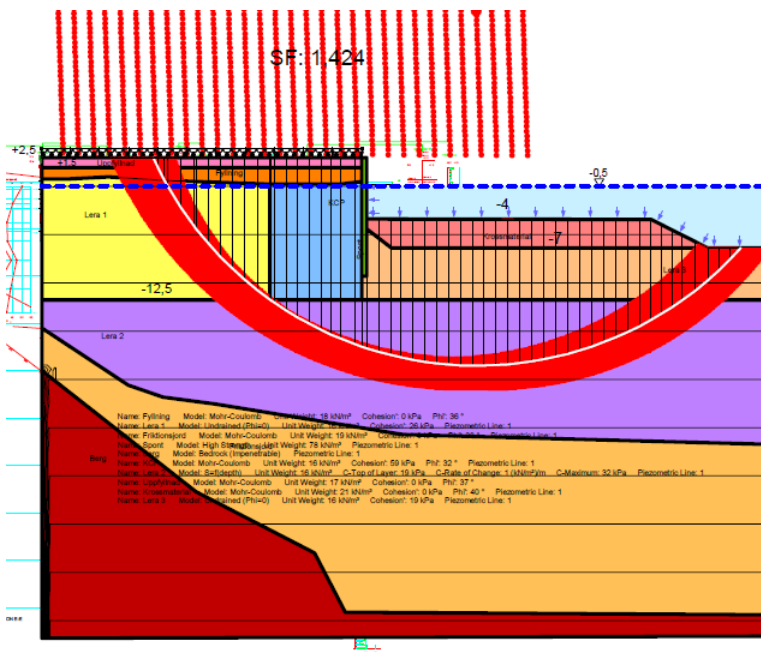
Figur 7 Kritiska glidytor vid marknivå +1,5,, botten -7 och KC-pelarförstärkning vid kaj och i gatumark ner till 13 m:s djup. Totalsäkerhetsfaktor $F_c=1,31$.



Figur 8 Kritiska glidytor vid marknivå +1,5, botten -4 och KC-pelarförstärkning ner till 13 m:s djup vid kaj och i gatumark. Totalsäkerhetsfaktor $F_c= 1,69$.



Figur 9 Kritiska glidytor vid marknivå, +2,5, botten -7 och KC-pelarförstärkning ner till 13 m:s djup vid kaj och i gatumark. Totalsäkerhetsfaktor $F_c = 1,08$.

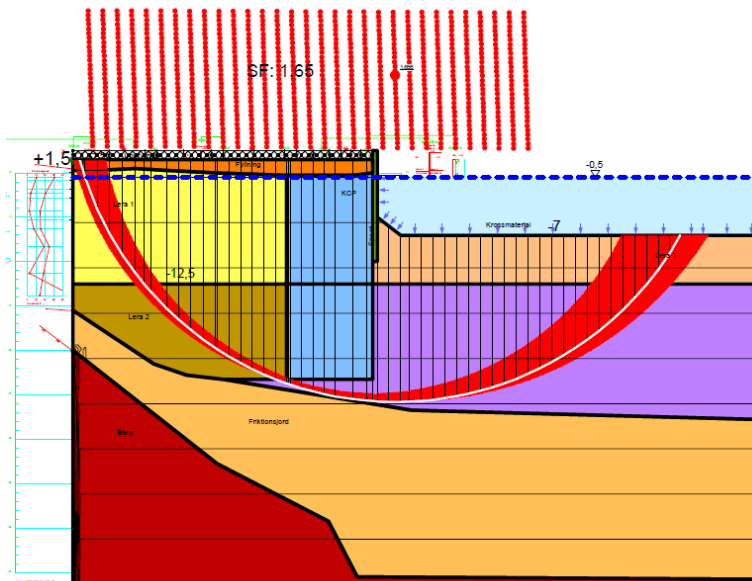


Figur 10 Kritiska glidytor vid marknivå, +2,5, botten -4 och KC-pelarförstärkning ner till 13 m:s djup vid kaj och i gatumark. Totalsäkerhetsfaktor $F_c = 1,42$.

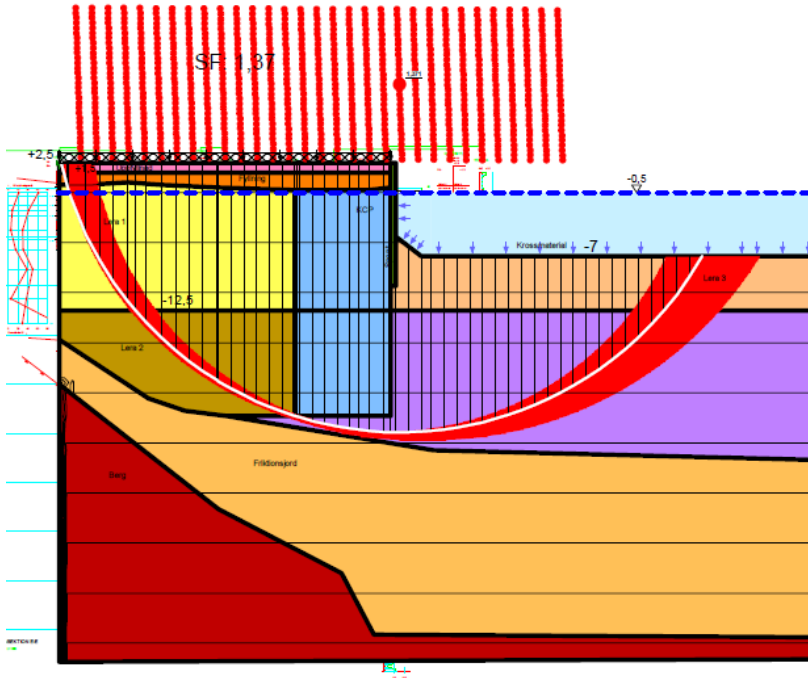
10 (14)

GEOTEKNISK PM ANGÄENDE KAJ OCH STABILITET
2016-04-19
ÖVERSIKTLIG FÖRSTUDIE

INRE HAMNEN



Figur 11 Kritiska glidytor vid marknivå +1,5,, botten -7 och KC-pelarförstärkning vid kaj och i gatumark ner till 23 m:s djup. Totalsäkerhetsfaktor $F_c=1,65$.



Figur 12 Kritiska glidytor vid marknivå +2,5, botten -7 och KC-pelarförstärkning ner till 23 m:s djup vid kaj och i gatumark. Totalsäkerhetsfaktor $F_c= 1,37$

I nedanstående tabell redovisas resultat av samtliga utförda stabilitetsberäkningar

Markyta	Sjöbotten	KC-pelare Kaj djup	KC-pelare Gatumark djup	Totalsäker- hetsfaktor F _c	Bilaga
+1,5	-7	13 m	0	1,18	A
+1,5	-7	13 m	13 m	1,31	B
+1,5	-7	20 m	0	1,38	C
+1,5	-7	20 m	13 m	1,47	D
+1,5	-4	13 m	0	1,64	E
+1,5	-4	13 m	13 m	1,69	F
+1,5	-4	20 m	0	1,73	G
+1,5	-4	20 m	13 m	1,78	H
+2,5	-7	13 m	0	0,93	J
+2,5	-7	13 m	13 m	1,08	K
+2,5	-7	20 m	0	1,14	L
+2,5	-7	20 m	13 m	1,20	M
+2,5	-4	13 m	0	1,34	N
+2,5	-4	13 m	13 m	1,42	O
+2,5	-4	20 m	0	1,42	P
+2,5	-4	20 m	13 m	1,49	Q
+1,5	-7	23 m	23 m	1,65	R
+2,5	-7	23 m	23 m	1,37	S

För att stabiliteten skall anses tillfredsställande erfordras en totalsäkerhetsfaktor $F_c = 1,5$.

Av tabellen framgår att vid uppfyllnad till +2,5 har tillfredsställande stabilitet ej kunnat uppnås ens med den relativt omfattande KC-pelarförstärkning som medtagits i beräkningarna.

En uppfyllnad med ca 3 m i Motala Ström skulle ha en stor gynnsam effekt på stabiliteten.

Om uppfyllnad i strömmen ej kan ske erfordras andra eller utökade förstärkningsåtgärder.

7 Anläggningskostnad

Nedan redovisas en överlagsmässig kostnadskalkyl för ovan angivna spontförslag.

Antagna á-priser i beräkningen bygger dels på uppgifter från ett pågående kajprojekt dels på uppgifter erhållna per telefon från ett företag som gör KC-pelarförstärkningar.

7.1 Spont med horisontell förankring

Alternativ	Spont	Ankarstag	Ankarplattor	Krönbalk	Summa
	Kr/m	Kr/m	Kr/m	Kr/m	Kr/m
My+1,5 Botten -6	21000	9400	2800	31500	64700
My+2,5 Botten -6	25000	10300	2800	42000	80100
My+1,5 Botten -3,5	14000	6200	2800	31500	54500
My+2,5 + Botten -3,5	15000	7200	2800	42000	67000

7.2 KC-pelarförstärkning vid kaj

I läget för KC-pelare vid kajen finns befintliga kajkonstruktioner som kommer måste avlägsnas innan KC-pelarininstallationen kan göras. Detta förberedande arbete har ej medtagits i kostnadsberäkningen nedan.

Förstärkning antas göra med KC-pelare $\Phi 600$ mm, vilka sätts i skivor med c/c 0,5 m i skivorna och med c/c 1,05 m mellan skivorna.

Då erhålls en procentuell täckning på 50%

Förstärkningen görs på en bredd av 10 m tvärs kajen.

Antagna á-priser för KC-pelare

Pris per pelare 90 kr/st

Pris per meter 66 kr/m

Kostnad per meter kaj

KC-pelare ner till 13 m:s djup 18100 kr/m kaj

KC-pelare ner till 20 m:s djup 26700 kr/m kaj

8 Diskussion av resultat

På grund av den förväntade höjningen av vattenståndet i Östersjön skulle marken i området behöva höjas till nivån ca +2,5.

Stabilitetsberäkningarna visar att om hela området höjs till nivån +2,5 är det svårt att åstadkomma en tillfredsställande otalstabilitet även med en relativt omfattande KC-pelarförstärkning.

För att lösa detta problem finns flera tänkbara alternativ såsom:

- Att inte höja marken inom kvartersmark
- Att använda lättfyllning
- Att utöka KC-pelarförstärkningen (framför allt mot djupet) utöver det som är med i beräkningarna
- Att fylla upp inom delar av Motala Ström

Beräkningarna baseras på en geoteknisk undersökning som innehåller relativt många skjuvhållfasthetsbestämningar på leran. Dock finns ett fåtal skjuvhållfasthetsbestämningar på stort djup i leran. Vid beräkningarna har antagits en viss ökning av hållfastheten mot djupet, men det vore önskvärt att göra fler bestämningar på stort djup eftersom de kritiska glidytorerna går ner till stort djup.

9 Bilagor

9.1 Bilaga 1 Jämförelse pålad betongkaj och glespålad spontkaj

9.2 Bilaga 2 Stabilitetsberäkningar

Sweco Civil AB
Stockholm Geoteknik

Lars Engvall
Geotekniker