

KUND

GÖTEBORGS HAMN AB

ARENDALE, HAMNVERKSAMHET

PM GEOTEKNIK, DETALJPLAN



2025-08-15



ARENDALE, HAMNVERKSAMHET

PM Geoteknik, Detaljplan

Uppdragsnamn	Detaljplan för hamnverksamhet i Arendal
Uppdragsnummer	10340372
Författare	Ola Skepp, Stina Berg, Emma Möller och Johan Utas
Datum	2025-08-15
Ändringsdatum	
Granskad av	Urban Högsta

KUND

Göteborgs Hamn AB

KONSULT

WSP

Box 13033
412 50 Göteborg
Besök: Fabrikstorget 1
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	4
2	Uppdrag	4
3	Underlag	6
3.1	Kartor, ortofoto, mätdata mm	6
3.2	Koordinat- och höjdsystem	6
3.3	Geotekniska undersökningar	6
4	Områdesbeskrivning	7
4.1	Topografi och markförhållanden Idag	7
4.2	Planerade anläggningar	8
5	Befintliga anläggningar och konstruktioner	9
5.1	Befintliga kajer och dess uppbyggnad	9
6	Geotekniska förutsättningar	14
6.1	Jordlagerföljd	14
6.2	Geotekniska egenskaper i leran	17
6.3	Hydrogeologiska förhållanden	18
7	Bergtekniska förhållanden	19
8	Stabilitet	21
8.1	Allmänt	21
8.2	Beräkningsförutsättningar	21
8.3	Stabilitetsanalyser, befintliga förhållanden	22
8.4	Stabilitetsanalyser, ny anläggning	24
8.5	Förslag till förstärkningsåtgärder	24
9	Sammanfattning och rekommendation	25
9.1	Stabilitet	25
9.2	Erosion	26
9.3	Grundläggning och sättningar	26
9.4	Bergstabilitet och risk för blockutfall	26
10	Planbestämmelse	26

BILAGOR

BILAGA A

Geotekniska undersökningar (planritningar)

BILAGA B

Stabilitetsanalyser befintliga förhållanden

BILAGA C

Stabilitetsanalyser ny anläggning

1 INLEDNING

Göteborgs Hamn AB (GHAB) ser ett behov av att utöka området för hamnverksamhet i Arendal. Idag finns det funktioner i Innerhamnarna som bättre passar att vara lokaliserade i Ytterhamnarna. I Ytterhamnarna finns bland annat god elkapacitet och koppling till järnväg som saknas i Innerhamnarna. På sikt ska stadsutveckling ske i nuvarande hamnområden i Innerhamnarna. För att hamnverksamheten ska kunna lämna de inre delarna av staden är det viktigt att hamnen får växa i Ytterhamnarna. Åtgärder behöver därför göras i Arendal för att tillskapa tillräckliga ytor för hamnverksamheten.

GHAB har ett befintligt tillstånd för hamnverksamhet sedan år 2009 för delar av Arendalshamnen. Ny detaljplan avser huvudsakligen en ändring av användningsområdet för ett utökat område från industrimark till hamnverksamhet.

Inom en liten del av området, i anslutning till kpl 751 och 750, har en ändringsplan till befintlig detaljplan upprättats avseende ändrad högsta byggnadshöjd.

Parallellt med planprocessen pågår även ett miljötillståndsärende avseende om- och tillbyggnad av befintliga kajer samt ett projekteringskede avseende systemhandling och rambeskrivning för totalentreprenad för ny färjeterminal i Arendal.

2 UPPDRAG

På uppdrag av Göteborgs Hamn AB har WSP utfört en geoteknisk utredning som underlag för planerad renovering av kaj 751 och 752, nybyggnation av förlängning av kaj 750 samt detaljplaneändring i Arendalshamnen. Utredningen har utförts i skedet för förstudie och tillståndsansökan för objekten. En uppdatering av denna utredning har utförts år 2025 med inarbetning av geotekniska undersökningar som utförts under år 2024 i skedet för systemhandling/rambeskrivning för Arendal Färjeterminal.

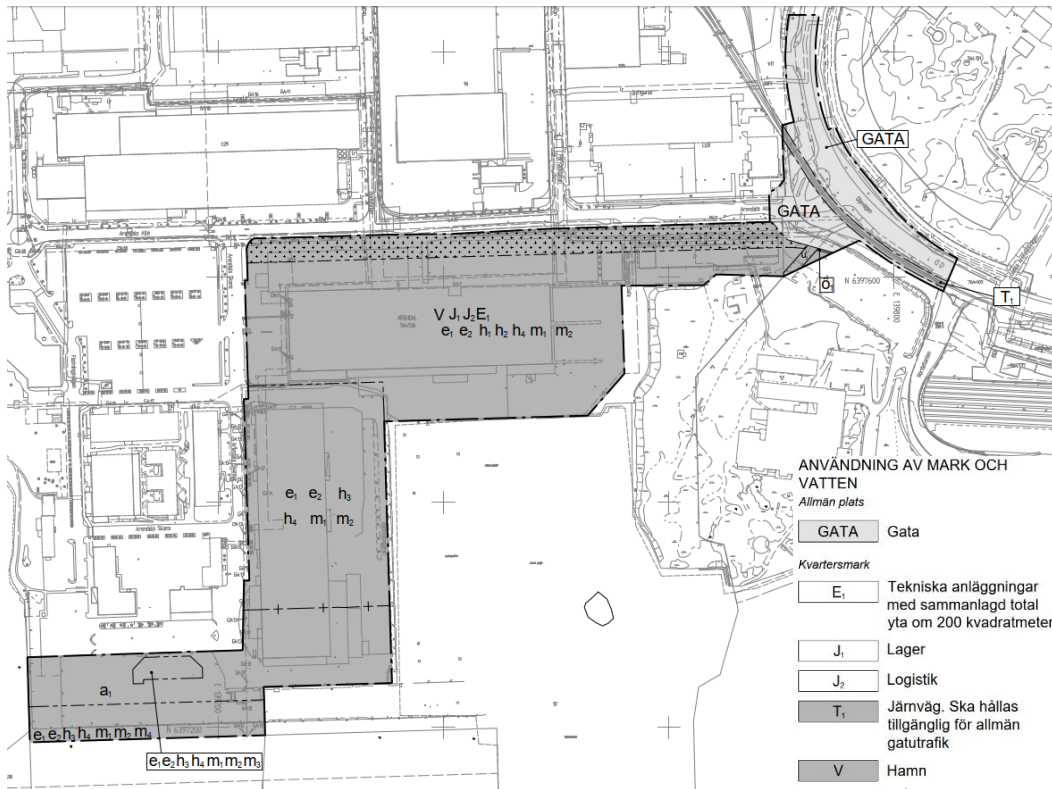
Arendalshamnen är belägen vid Göta älvs utlopps norra strand på Hisingen, se rödmarkering i Figur 1.



Figur 1. Rödmarkerat område visar läget för Arendalshamnen längs Göta älvs norra strand i västra delen av Göteborg.

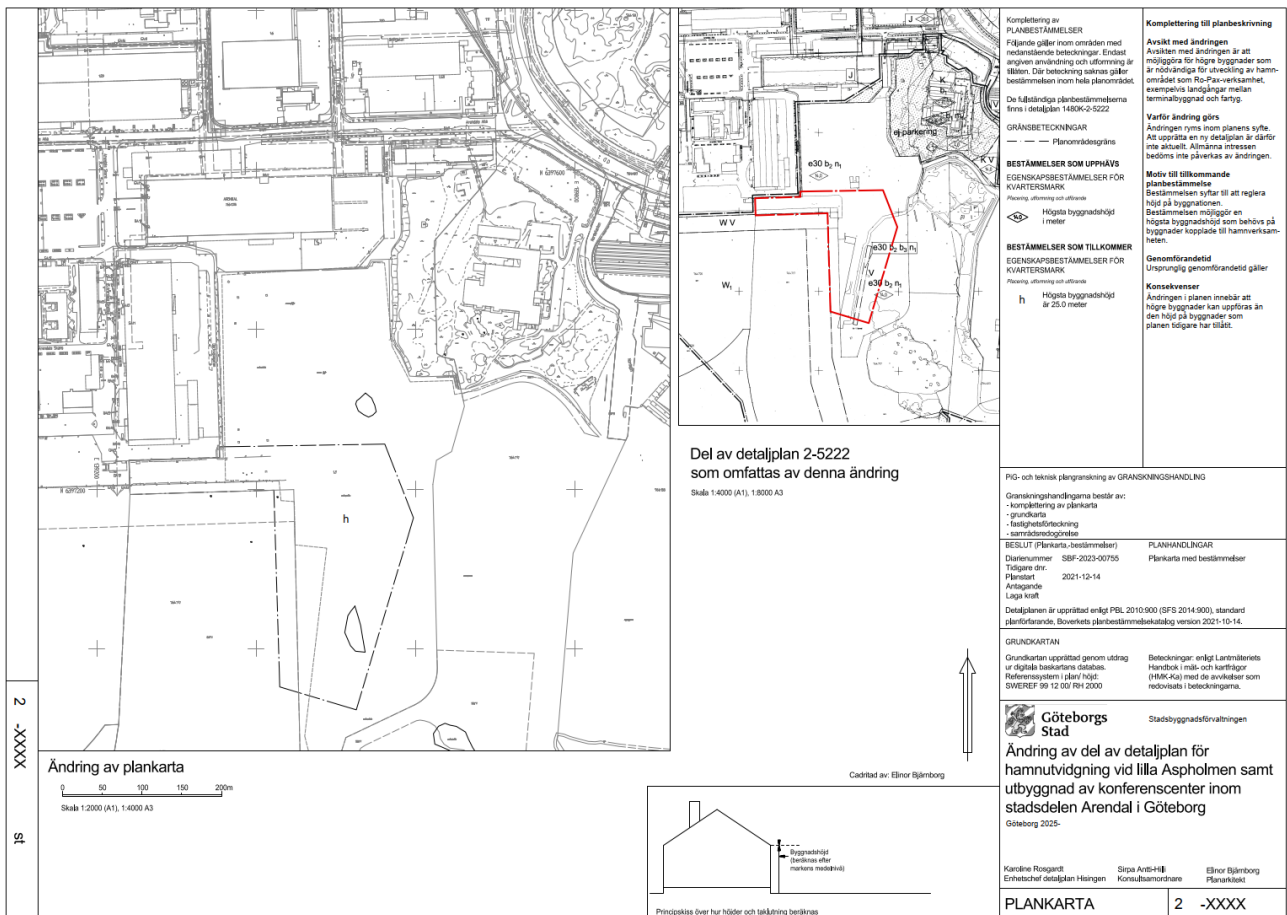
Syftet med detta PM är att utgöra geotekniskt underlag för ny detaljplan samt ändringsplan.

I Figur 2 visas utkast till det planerade detaljplaneområdet för hamnverksamhet och gata.



Figur 2. Plankarta. Mörkgrått område visar område för hamnverksamhet och ljusgrått visar område för gata.

I Figur 3 visas utkast till ändringsplan avseende ändrad/ökad högsta byggnadshöjd från 14 m till 25 m.



Figur 3. Utkast av ändringsplan för del av markområde i anslutning till kpl 751 och 750.

3 UNDERLAG

3.1 KARTOR, ORTOFOTO, MÄTDATA MM

Som underlag för denna geotekniska utredning har bland annat nedanstående underlagsmaterial nyttjats. Huvuddelen av underlagsmaterialet har erhållits från Göteborgs Hamn AB.

- Digital primärkarta med 0,5 m ekvidistans (AutoCad-format)
- Ortofoton över aktuellt område
- Batymetrisk mätning av bottenpografin i Göta älv (Clinton, år 2020)
- SGU jordartskarta (www.sgu.se)
- Relationsritningar av befintliga kajer och terminalområden
- Bergteknisk utredning, Detaljplan Arken (Bergab, 2012-02-22).

3.2 KOORDINAT- OCH HÖJDSYSTEM

Utredningen har utförts i koordinatsystem SWEREF 99 12 00 och höjdsystem RH 2000. Samtligt underlagsmaterial har erhållits eller transformerats till dessa system.

3.3 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

Inom och i anslutning till Arendalshamnen har en mängd geotekniska undersökningar utförts under årens lopp vilka finns att tillgå i Göteborgs Hamns geotekniska arkiv Kompassen. Kompletterande geotekniska undersökningar har, inom ramen för upprättande av Rambeskrivning för totalentreprenad för färjeterminalen i Arendal, utförts vid kajplats 750, 751, 752, på terminalområdet norr om kajplats 751. Samtliga utförda och tidigare kända undersökningspunkter presenteras på planritningar i Bilaga A.

4 OMRÅDESBESKRIVNING

4.1 TOPOGRAFI OCH MARKFÖRHÅLLANDEN IDAG

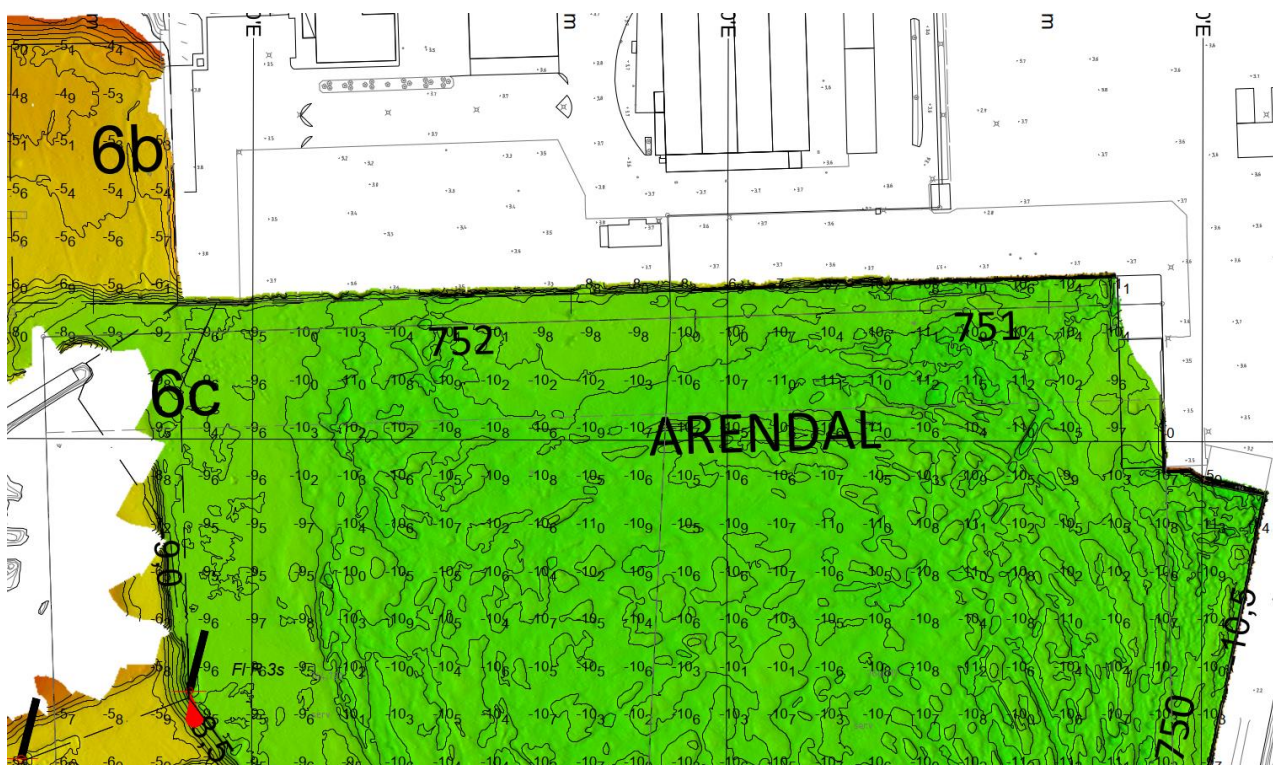
Arendalshamnen har idag en sammanlagd kajlängd på ca 700 m, se Figur 4 (planerad förlängning av kajplats 750 kommer medföra en utökad kajlängd på ca 115 m). Hamnverksamhet bedrivs på kajplats 750, 750A och 751 medan kajplats 752 främst nyttjas för kryssningsfartyg. Största delen av terminalområdet nyttjas för uppställning av trailers och bilar men ibland även containers.

Markytan i läget för kaj 750A, 751 och 752 är ca +3,7 och utgörs delvis av asfalterade ytor och delvis betongkajdäck. I området mellan kaj 750A och 750 sluttar markytan nedåt i riktning söderut och på kaj 750 är överytan på ca +3,0.

Inom hamnen finns det totalt tre kajplatser 750, 751 och 752, med varierande vattendjup, se Figur 5. Befintligt djup i hamnbassängen är 9,6 m och djupet i inseglingsrännan, som är kopplingen mellan farled och hamnbassäng, är 10,2 m.



Figur 4. Översikt över kajplats 750, 750A, 751 och 752 i Arendalshamnen samt planerat område för förlängning av KP750 (Satellitbild från Google Earth, 2023-01-09).



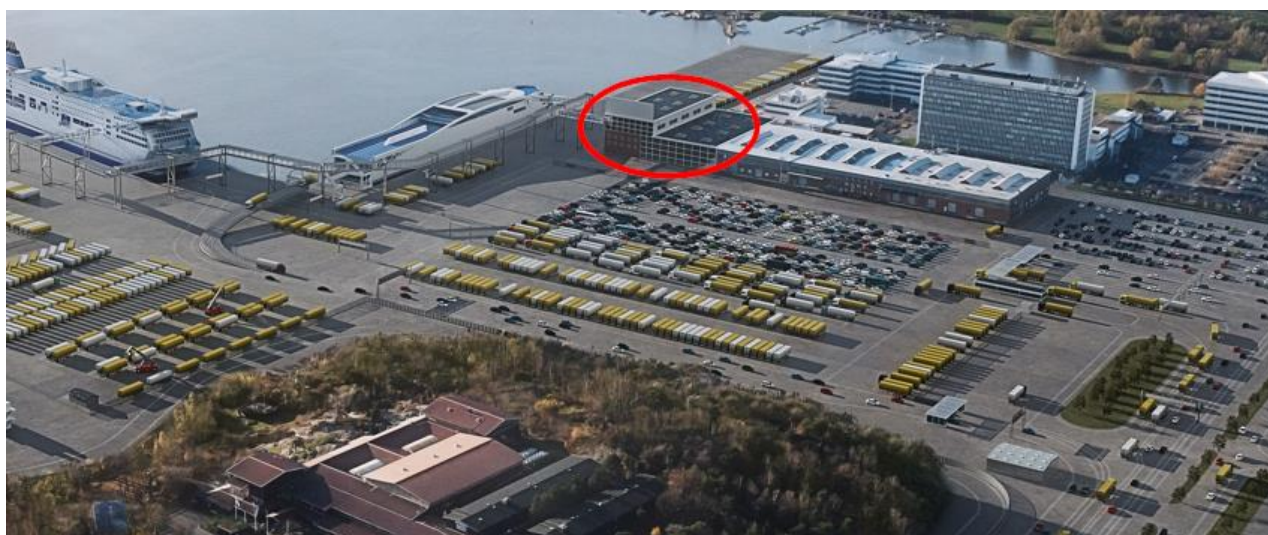
Figur 5. Sjöbottenmätning vid kajplats 750, 751 och 752 utförd 2020 (Göteborgs Hamn, år 2020).

4.2 PLANERADE ANLÄGGNINGAR

Nivåsättningen på marken inom den nya anläggningen kommer att vara densamma som idag. På terminalområdet norr om kajplats 751 kan det bli aktuellt att hantera rullande gods, containers, bilar och passagerare.

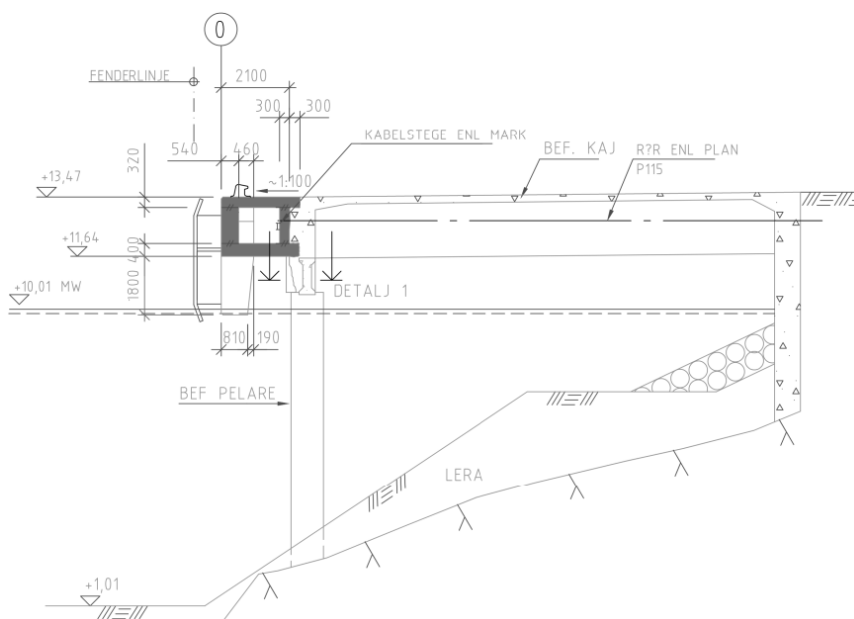
Terminalbyggnaden kommer att vara placerad i läget för befintlig byggnad för tidigare Volvomuseum. Södra delen av denna byggnad kommer troligen att byggas på med ytterligare ett våningsplan, se rödmarkering i Figur 6. Ett alternativt förslag som är under diskussion är att del av byggnaden rivs och ny terminalbyggnad uppförs. I övrigt kan det bli aktuellt med anläggning av mindre servicebyggnader för bland annat tullverksamhet, entrébyggnad och belysningsmaster i området.

Då det endast är mindre byggnader som är planerade att anläggas på terminalytan så bedöms det inte föreligga någon sättningsproblematik att utreda i detta skede. Eventuella större nya byggnader, t.ex. i det fall en ny terminalbyggnad uppförs, kommer behöva på grundläggas.



Figur 6. Visionsbild över planerad anläggning i Arendalshamnen (Göteborgs Hamn, 2023-06-09)

Grundläggningen av västra delen av kajplats 751, se området med beteckningen KP751-3 i Figur 11, utgörs främst av kraftiga pelare, se Figur 9. Dessa pelare är grundlagda på plintar på berg. Bergdjupet minskar i detta område jämfört med östra delen av KP751.

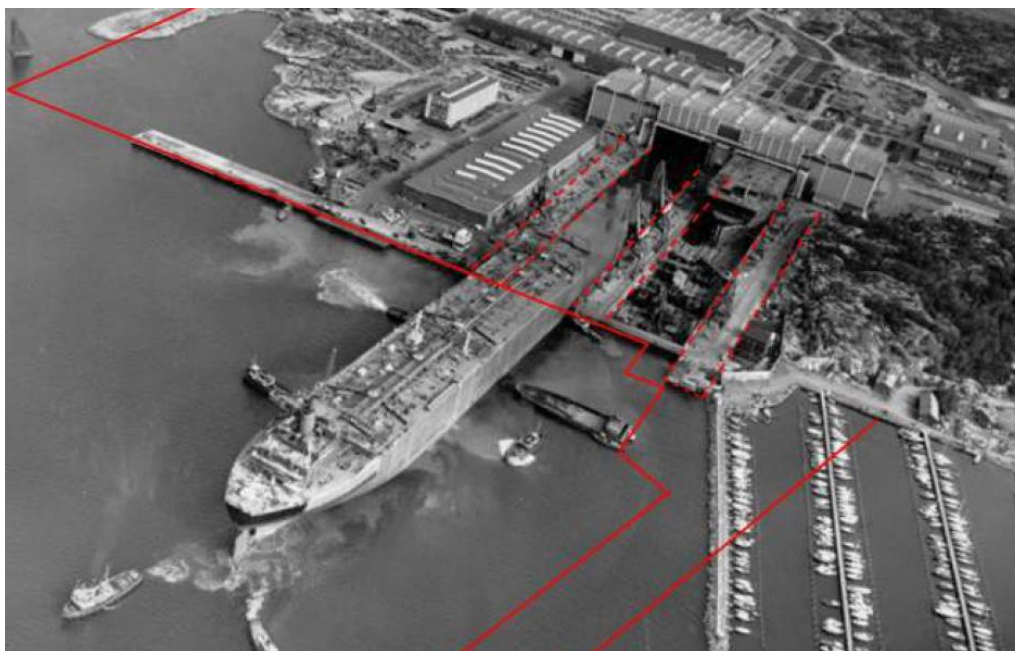


Figur 9. Sektionsritning över västra delen av kajplats 751 (Göteborgs Hamn AB, 2001-01-14).

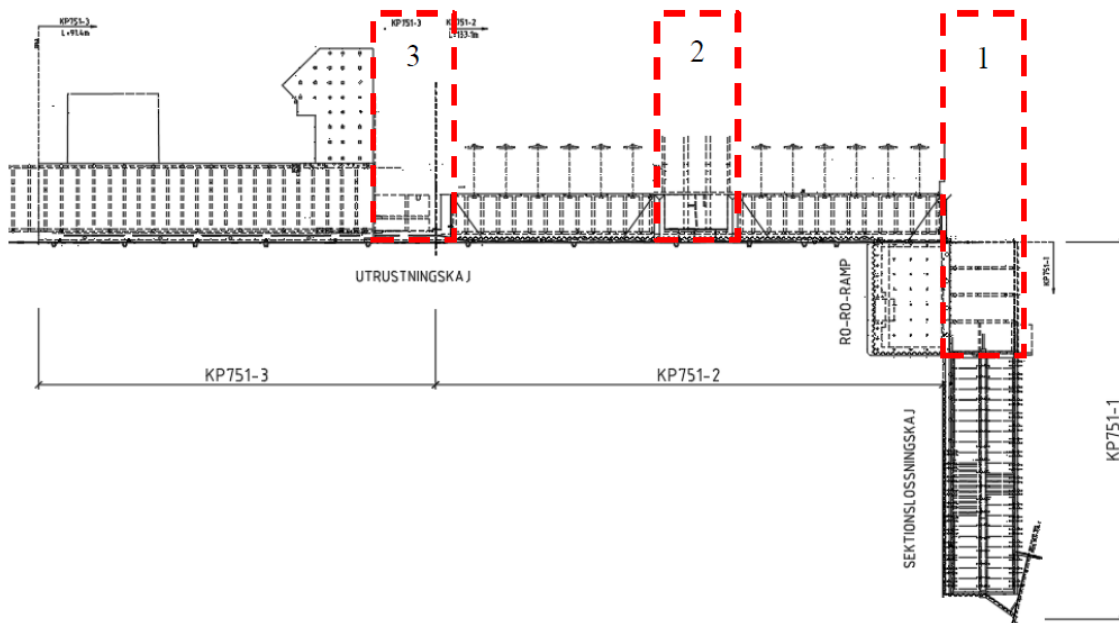
Det har tidigare funnits två torrdockor i läget för kajplats 751 som idag har blivit integrerade i kajkonstruktionen, se Figur 10. Det finns en hel del befintliga konstruktionsdetaljer och grundläggningar från dessa i marken.

Den östra väggen för den östra torrdockan (benämnd 1 i Figur 11), var uppbyggd av längsgående och tvärgående pålgrundlagda tvärbalkar. Mellanväggen för torrdockorna, (benämnd 2), består i mitten av två skivpelare med ej fastställd grundläggning. I framkant av denna konstruktion finns 3 pålar. Den västra väggen för västra torrdockan (benämnd 3), har skivpelare som ansluter till en pålad pålplatta.

I östra delen av kajplats 751 finns en Ro-Ro-ramp som byggdes år 2000, se Figur 11. Denna ramp är grundlagd med slagna betongpålar till berg. Utanför pålarna finns en spont med en erosionskyddande funktion.



Figur 10. Foto över det tidigare Arendalsvarvet som visar läget för de två tidigare torrdockorna. Den röda linjen visar ungefärligt läge på dagens kajlinje (bild hämtad från Tillståndsbedömning KP751, ELU, 2022-02-07).



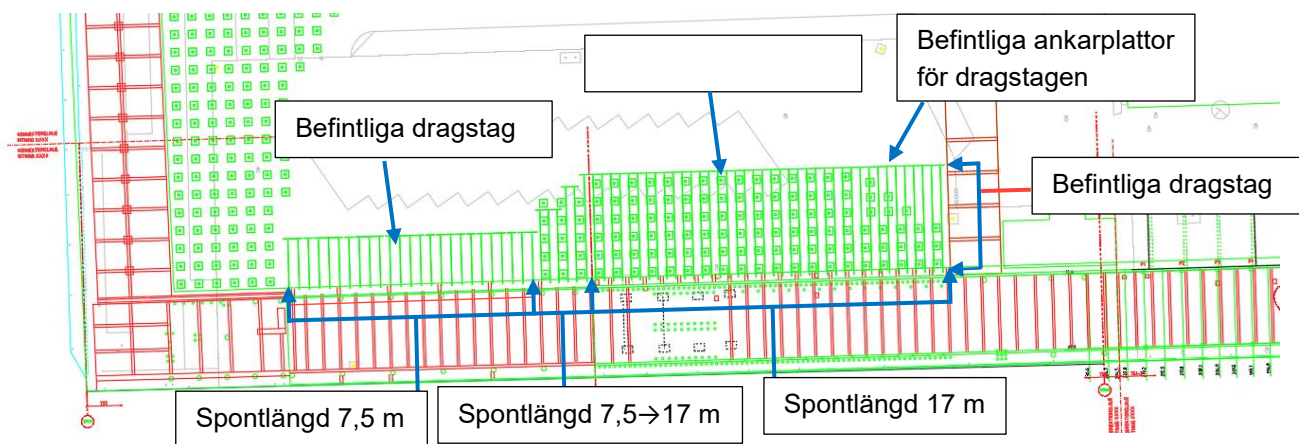
Figur 11. Planskiss över KP751 och lägena på de två tidigare torrdockorna och väggarna för torrdockorna är markerade i rött (bild hämtad från Tillståndsbedömning KP751, ELU, 2022-02-07).

5.1.2 Kajplats 752

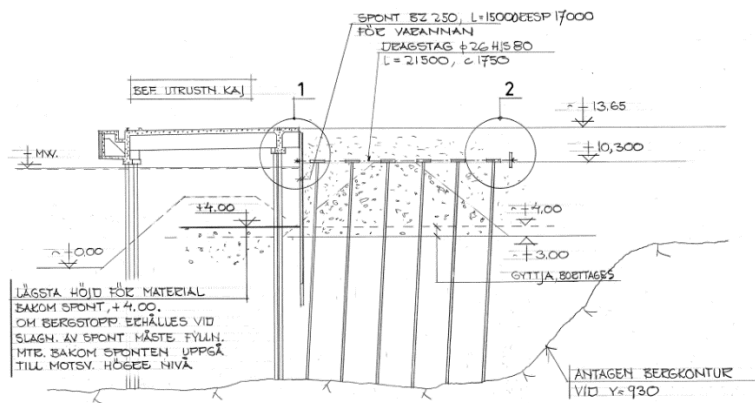
Kajplats 752 är belägen väster om kajplats 751. Även denna kaj är grundlagd på pålar och plintar till berg. Marken och utfyllnadsmassorna bakom kajdäcket är inom huvuddelen av kajplatsen bankpålad med stödpålar av betong till berg (Figur 12 och Figur 13).

Inom del av område där berget ligger ytligare (västra delen av kpl 752) är fyllnadsmassorna inte bankpålade, där finns dock en bakåtförankring av kajdäcket med hjälp av dragstag (Figur 14). I detta område med ytligare berg ligger delar av fyllningen direkt på berg.

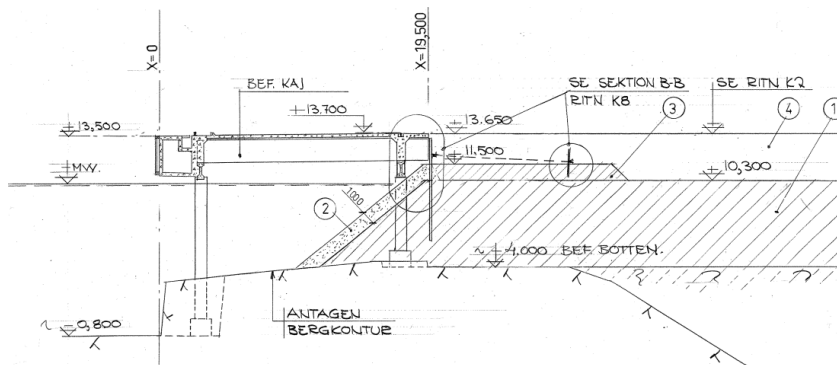
Bakom kajdäcket (på 19,5 m avstånd från kajlinjen) finns en spont. Spontlängden är ca 17 m inom det bankpålade området (östra delen) och ca 7,5 m i den bakåtförankrade delen (västra delen).



Figur 12. Planritning med tolkade kajkonstruktioner vid kajplats 752 baserat på arkivritningar.



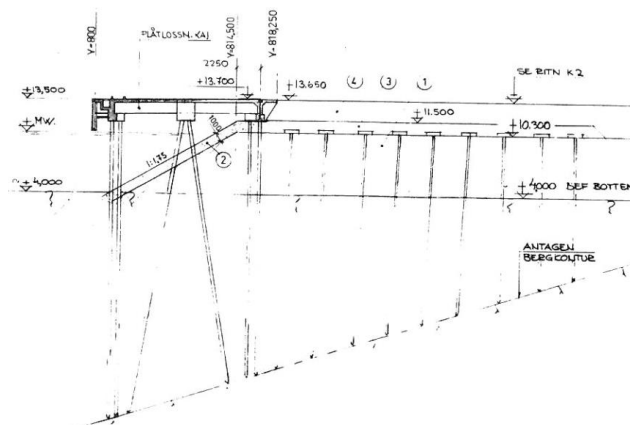
Figur 13. Sektionsritning över kajplats 752 i området med bankpålar och dragstag (VBK, 1974-04-25).



Figur 14. Sektionsritning över kajplats 752 i området med dragstag (Arbetsritning VBK, 1973-04-11).

5.1.3 Plåtlossningskajen (kaj mot väster)

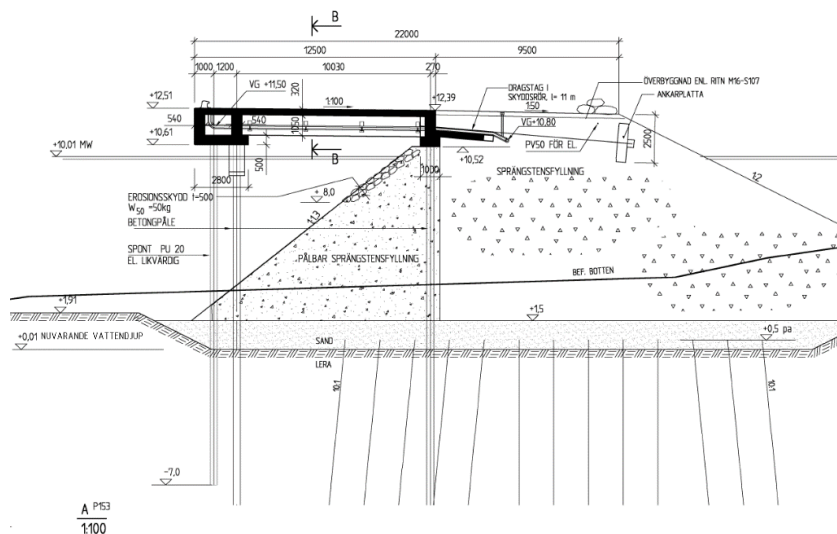
I den västra delen av plan- och terminalområdet fortsätter kajen vid kpl 752 runt hörnet och övergår till den fd "Plåtlossningskajen" som vetter mot väster. Vattendjupet är inom denna del endast ca 5 m. Kajen är grundlagd på pålar till berg och marken och utfyllnadsmassorna bakom kajdäcket är bankpålad med stödpålar av betong till berg (Figur 15).



Figur 15. Sektionsritning över västra kajen, fd "Plåtlossningskajen" (Arbetsritning VBK, 1973-04-11).

5.1.4 Kajplats 750 (markområde inom ändringsplan)

Denna kajplats byggdes år 2001. Under kajdäcket utgörs jordlagren av en sprängstensfyllning/vall placerad på ca 1,5 m lastfördelande sandlager. Sprängstensfyllningen är pålad med stödpålar till berg. Kajkonstruktionen är grundförstärkt med betongpålar ner till fast botten.



Figur 16. Sektionsritning över kajplats 750 (Scandiaconsult, 2001-09-14).

6 GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

6.1 JORDLAGERFÖLJD

Jordmäktigheter och djupet till berg varierar stort inom Arendalshamnen. Inom vissa delar av landområdet är det mycket grunt till berg. Berget förkommer som ytligast i den västra delen av kajplats 752 och norra delen av kajplats 750 där bergdjupen är mindre än 3 m. I nordöstra samt sydöstra delen gränsar det preliminära tillståndsområdet till berg i dagen områden. Som djupast har bergytan påträffats i mitten av kajplats 750 på djup upp emot ca 45 m under markytan.

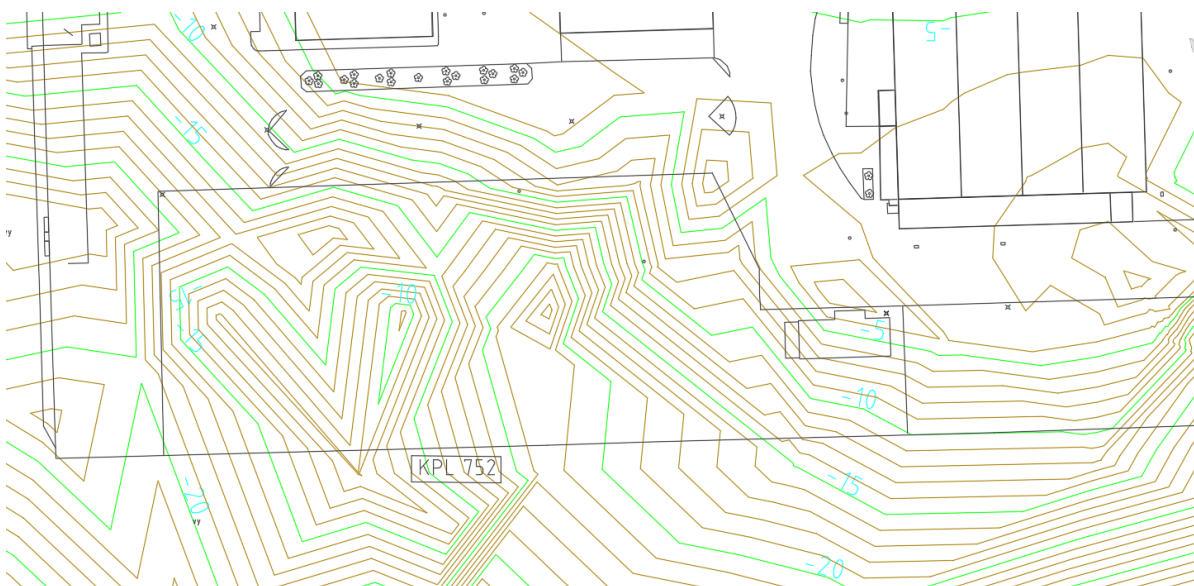
Hela hamnområdet utgörs av ett ytligt lager med **fyllnadsmassor**. De naturligt avlagrade jordlagren inom området utgörs därunder av **lera** på ett tunt lager med **friktionsjord** ovan **berg**.

6.1.1 Kajplats 751 och 752

Undersökningar vid kajplatserna 751-2 och 752 visar att den naturliga jordlagerföljden under den befintliga sjöbotten söder om kajkanten, samt från den tidigare sjöbotten under kajplatserna, består av sulfidfläckig lera med en mäktighet på cirka 0–20 meter, som ökar söderut från kajkanten. Under lerlagret finns ett 0–4 m mäktigt friktionsjordlager innan berget tar vid. Vid pålning av kajplats 751 uppmättes friktionsjorden till som mest 4 m. Längs den nord-sydliga kajlinjen på kajplats 751, 751-1, består den naturliga jordlagerföljden av ca 0–25 m lera med ökande mäktighet söderut.

Djupet till berg från vattenytan (MW) är ca 5–30 m, med ökande djup söderut från kajkanten. Under kajkonstruktionerna är det totala jorddjupet från markytan ca 7–20 m med minskande djup norrut. Nivån på markytan är ca +3 till +4 m. Lokalt under kajplats 752 är jorddjupet något större, ca 30 m enligt utförd Jordbergsondering. I västra delen av kajplats 752 har berget påträffats relativt ytligt, endast ca 5 m under markytan. Inom kajplats 751–1 är varierar jorddjupet från ytligt berg i den norra delen till uppemot ca 30 m i den södra delen.

Vid kajplatserna är den tidigare havsviken uppfylld med ca 10–13 m fyllnadsmaterial. Enligt okulär besiktning av utförd miljöteknisk provtagning i punkter vid kajplats 752 består fyllnadsmaterialet i huvudsak av sand och grusig sand.



Figur 17: Bergnivåer vid kajplats 752 baserat på utförda och tidigare utförda geotekniska undersökningar.

6.1.2 Terminalområdet (norr om KP751)

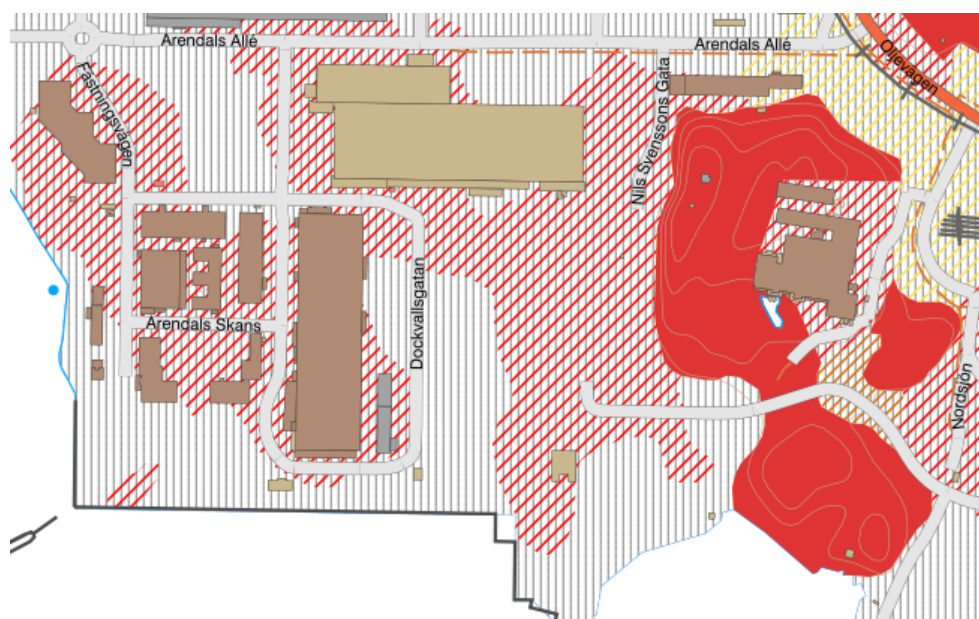
Jordbergsonderingar har utförts på terminalytan norr om kajplats 751. Jordlagerföljden består av fyllnadsmaterial som har fyllts upp i den tidigare havsviken och lagts ovan plansprängda före detta berg i dagenområden. I Figur 18 syns de tidigare berg i dagenområdena som rödskrafferade ytor. Fyllnadslagrets

mäktighet uppgår till ca 5–20 m med de största mäktigheterna i den tidigare havsviken som går under torrdockorna och området väster om den västra torrdockan.

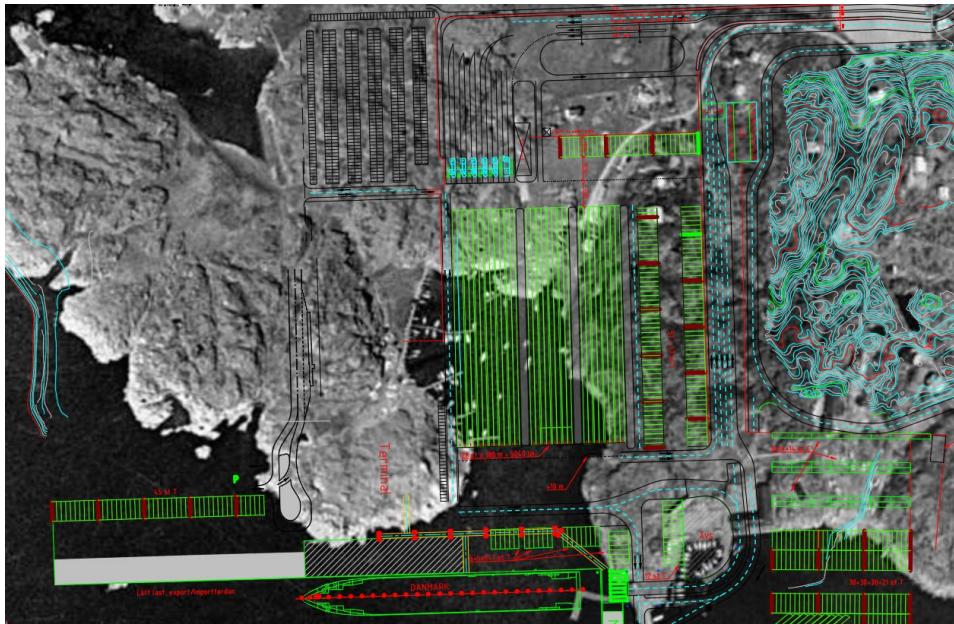
Under terminalytan i läget för den tidigare havsviken finns konstruktionen för de tidigare torrdockorna kvar, se Figur 19 och Figur 20. Under torrdockorna utgörs jorden av fyllning av stenkrossmaterial ner till berg. I öster gränsar terminalområdet till ett berg i dagen område, se rödfärgat område i Figur 18. I nordöstra delen av området, vid östra delen av Arendals Allé och Oljevägen, utgörs marken delvis av fyllning ovan lera (gulskrafferat område) och fyllning ovan berg enligt jordartskartan. Nordost om Oljevägen finns ett berg i dagen område.

Fyllnadsmaterialets sammansättning bedöms bestå av stenig grusig sand eller sandigt stenigt grus den översta metern. Bedömningen baseras på miljöteknisk provtagning på borrhax från jord-bergsonderingar.

Jorddjupet under terminalytan och är som störst i den tidigare havsviken där det uppgår till ca 20–25 m. I ytorna där fyllnadsmaterialet är utfört direkt på plansprängt berg är jorddjupet mindre, ca 5–10 m. Terminalytans marknivå är ca +3 till +4 m.



Figur 18. Jordartskartan visar att terminalområdet utgörs av fyllning (vitskrafferade områden) och fyllning ovan berg (rödskrafferade områden) (SGU, 2023-01-27).



Figur 19. Historiskt flygfoto från ca 1960 med trolig anläggning i tillståndsansökan (Eniro, bilddatum 2023-01-26).



Figur 20. Historiskt flygfoto från ca 1970 (Lantmäteriet, bilddatum 2023-01-31).

6.1.3 Kajplats 750 (markområde inom ändringsplan)

Utförda undersökningar vid kajplats 750 visar att den naturliga jordlagerföljden, från nuvarande/ursprunglig sjöbotten, består av 2–3 m gyttjig lera som övergår i en grå sulfidfläckig lera med varierande mäktighet. Leran vilar på 0–4 m friktionsjord innan berget tar vid. Den översta delen av sedimenten på botten i vattenområdet, motsvarande ca 20 cm, bedöms vara mycket lös, sättningskänslig och med låg bärighet.

Djupet till berg varierar generellt mellan ca 20–35 m från vattenytan (MW) i vattenområdet samt 5–45 m från markytan i landområdet längs kajen. I norra delen av kajplatsen visar sonderingar som grundast på ca 3 m till berg.

Kajplatsen är uppbyggd av ca 10–13 m fyllnadsmaterial av sprängsten som placerats på ett 1,5 m mäktigt lastfördelande fyllnadslager av sand på den tidigare sjöbotten. Terminalytan bakom kajen är uppbyggd genom att den tidigare havsviken fyllts upp med ca 5 m stabiliserade muddermassor ovan den tidigare sjöbotten. Däröver finns ett ca 2–3 m mäktigt lager av stenkrossmaterial. Nivån på terminalytan bakom kajplatsen är ca +3 till +4 m.

6.2 GEOTEKNISKA EGENSKAPER I LERAN

Leran egenskaper skiljer sig något över området för Arendalshamnen men bedöms generellt vara enligt avsnitt nedan.

Tunghet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet

Lerans tunghet (γ) varierar mellan ca 14–19 kN/m³. De lästa värdena är uppmätta i gyttnan som överlagrar leran, och de högre värdena har uppmätts i leran. Tungheten är högst där leran är siltig. Den naturliga vattenkvoten (w_N) varierar mellan ca 40-100 %.

Konflytgränsen (w_L) är ca 50-80%. Sensitivitetstalet (S_t) varierar generellt mellan ca 10 och 25 och leran är därmed att betrakta som mellansensitiv. Det har inte påträffats någon förekomst av högsensitiv lera eller kvicklera.

Odränerad skjuvhållfasthet

Den odränerade skjuvhållfastheten i leran, i läge för kajplats 750, har bestämts utifrån utförda fallkonförsök och direkta skjuvförsök på kolvprover samt från utvärderade CPT-sonderingar. Lerans skjuvhållfasthet har utvärderats till 20 kPa ner till nivån ca -9. Under nivån -9 ökar skjuvhållfastheten med ca 1,9 kPa per meter.

Vid kajplats 751 och 752 har lerans odränerade skjuvhållfasthet utvärderats till 15 kPa på nivån -3 med en tillväxt mot djupet på 1,5 kPa/m. Utvärderingen baseras på fallkonförsök och direkta skjuvförsök (från kolvprovprover från kajplats 752), samt utvärderade CPT-sonderingar.

Skjuvhållfastheten i leran inom vattenområdet har enligt tidigare undersökningar (odränerade skjuvförsök, vingförsök och fallkonförsök) bestämts till 16 kPa på djupet ca 3 m under bottennivån med en hållfasthetstillväxt mot djupet på ca 1,5 kPa/m. De översta ytliga ca 2-3 m av botten sedimenten är dock mycket lös i ytan (odränerad skjuvhållfasthet ca 5 kPa) med en hållfasthetstillväxt som på djupet ca 2,5 m når upp till ca 16 kPa.

Karakteristiska materialegenskaper

I nedanstående tabeller sammanställs utvärderade generella karakteristiska materialegenskaper för jordlagren vid kajplats 751 och 752 samt 750:

Tabell 1. Karakteristiska materialegenskaperna för jordlagren i vattenområdet vid kajplats 751 och 752.

Ca nivå [m]	Jordlager	Karakteristisk materialegenskap	
(+2,8)	Överbyggnad	Tunghet, γ_k	20 kN/m ³
–		Effektiv tunghet under GW, γ'_k	11 kN/m ³
(+1,8)		Friktionsvinkel, Φ'	35°
(+1,8)	Fyllnadsmaterial (Kpl 752)	Tunghet, γ_k	18 kN/m ³
–		Effektiv tunghet under GW, γ'_k	8 kN/m ³
(-6)		Friktionsvinkel, Φ'	35°
(+1,8)	Sprängstensfyllning (Kpl 751)	Tunghet, γ_k	18 kN/m ³
–		Effektiv tunghet under GW, γ'_k	11 kN/m ³
(-13)		Friktionsvinkel, Φ'	45°
(-3)	Lera 1	Tunghet, γ_k	16 kN/m ³
–		Effektiv tunghet under GW, γ'_k	6 kN/m ³
		Odränerad skjuvhållfasthet, c_{uk}	15+1,5·z kPa
(-9)	Lera 2 (Vattenområde)	Tunghet, γ_k	15,5 kN/m ³
–		Effektiv tunghet under GW, γ'_k	5,5 kN/m ³
(-12)		Odränerad skjuvhållfasthet, c_{uk}	5+5,5·z kPa
(-12)	Lera 3 (Vattenområde)	Tunghet, γ_k	16 kN/m ³
–		Effektiv tunghet under GW, γ'_k	6 kN/m ³
		Friktionsvinkel, Φ'	30°
		Odränerad skjuvhållfasthet, c_{uk}	16+1,5·z kPa

Tabell 2. Karakteristiska materialegenskaperna för jordlagren i vattenområdet vid kajplats 750.

Ca nivå [m]	Jordlager	Karakteristisk materialegenskap	
(+2,8) – (+1,8)	Överbyggnad	Tunghet, γ_k Effektiv tunghet under GW, γ'_k Friktionsvinkel, Φ'	20 kN/m ³ 11 kN/m ³ 35°
(+2,2) – (-15)	Sprängstensfyllning (Vall 1)	Tunghet, γ_k Effektiv tunghet under GW, γ'_k Friktionsvinkel, Φ'	18 kN/m ³ 11 kN/m ³ 45°
(+1,8) – (-5)	Stabiliserade muddermassor	Tunghet, γ_k Effektiv tunghet under GW, γ'_k Odränerad skjuvhållfasthet, c_{uk}	12,5 kN/m ³ 2,5 kN/m ³ 20–200 kPa
(-5) – (-10)	Lera 1	Tunghet, γ_k Effektiv tunghet under GW, γ'_k Odränerad skjuvhållfasthet, c_{uk}	15 kN/m ³ 5 kN/m ³ 20 kPa
(-10) – (-12,5)	Lera 2 (Vattenområde)	Tunghet, γ_k Effektiv tunghet under GW, γ'_k Odränerad skjuvhållfasthet, c_{uk}	15,5 kN/m ³ 5,5 kN/m ³ 5+5,5·z kPa
(-9) –	Lera 3	Tunghet, γ_k Effektiv tunghet under GW, γ'_k Odränerad skjuvhållfasthet, c_{uk}	16 kN/m ³ 6 kN/m ³ 20+1,7·z kPa

6.3 HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

6.3.1 Grundvatten och portryck

Grundvattenytan inom terminalområdet och de permeabla fyllnadsmassorna anses i de yttre delarna korrespondera med vattennivån i älven (motsvarar djupet ca 3-3,5 m under markytan, dvs. nivån ca +0) med viss fördröjning i respsonen på vattenståndsvariationer. Fördröjningen kan antas öka med avståndet från vattenområdet.

6.3.2 Vattenförhållanden i älven

Karaktäristiska vattenstånd i älven redovisas i nedanstående tabell (Tabell 3).

Tabell 3: Karakteristiska vattennivåer i Göteborg-Torshamnen (SMHI 2017-01-12, korrigerade till medelvattennivå 2022).

Vattenstånd	Vattennivå (RH2000)
HHW	+1,52
MHW	+1,06
MW	+0,02
MLW	-0,60
LLW	-1,09

7 BERGTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

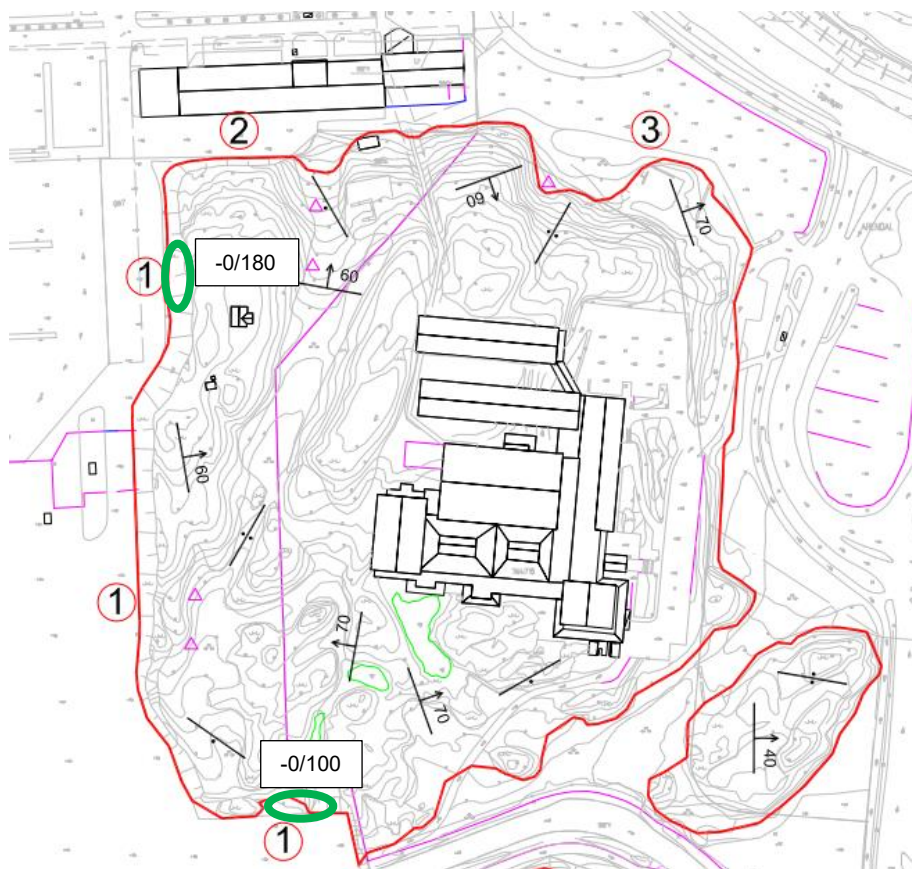
Bergspartiet i direkt anslutning öster om planområdet (dvs. kring Arken) har besiktigats och utretts i samband med detaljplanarbetet för Arken (Bergab, 2012-02-22, uppdragsnr UG12018). Nedanstående bergtekniska beskrivning är hämtad från Bergabs utredning.

Befintliga bergslänter förekommer i områdets nordöstra del. Det finns totalt cirka 350 meter bergskärning varav 250 meter är vänd åt väster och de resterande 100 meterna är vänd mot norr. Den maximala höjden är cirka 20 meter. Bergslänterna har en lutning på 70 grader vilket motsvarar en ungefärlig lutning på 3:1.

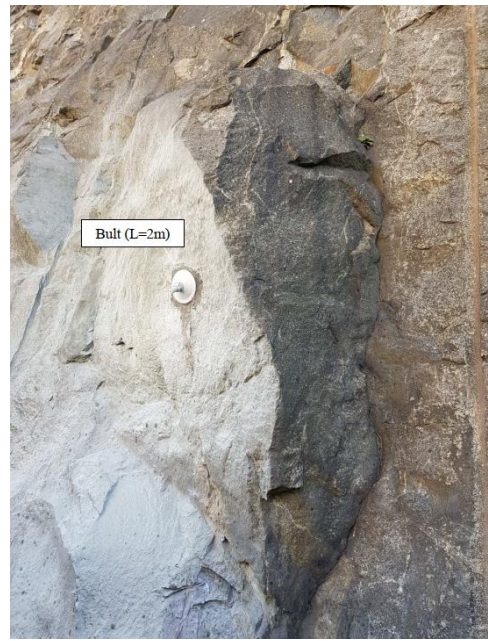
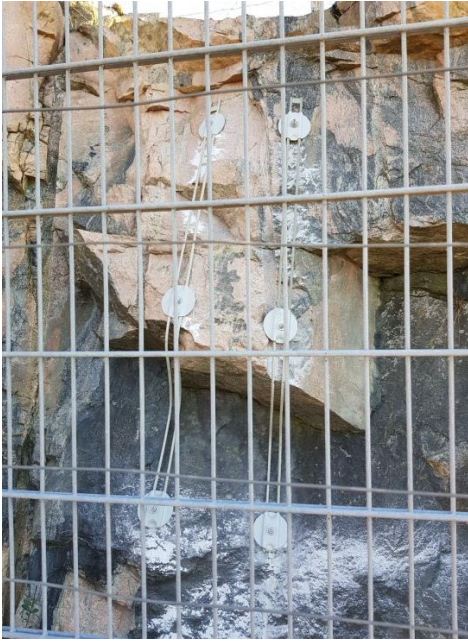
Berget utgörs i huvudsak av en mörk grandiorit som ställvis är starkt förskiffrad. Större partier med ljus granit förekommer främst i det sydvästra hörnet av bergspartiet på vilket Arken ligger. Det finns även inslag av en mörk, basisk bergart som förmodligen är en diabas. Denna diabas är den dominerande bergarten i bergets allra nordligaste delar. Tre tydliga sprickset har identifierats till följande ungefärliga riktningar: 345/47, 50/74 och 120/74. Tre mindre (< 50 cm) brantstående svaghetszoner med riklig mängd glimmer har identifierats i befintlig skärning. De har riktningen 125/85, 70/90 och 135/60.

Det har inte påträffats några lösa yttligt placerade block i de naturliga slänterna i närheten av bergsslänterna.

I samband med detaljplanen för Arken har bergsslänten förstärkts genom selektiv bultning samt delvis med en nätvåd. Vid besiktning som utfördes av Bergab 2018-04-06 identifierades två områden där åtgärder erfordrades, se grönmarkerade områden vid sektion -0/100 och 0/180 i Figur 21. Bultning av berget i dessa två områden utfördes med godkänd slutbesiktning 2018-10-16, se Figur 22. Göteborgs hamn har en underhållsplan för bergsslänterna för Arken-berget (bergsslänterna 1-3 i nedanstående figur) där besiktning utförs var sjätte år i vilken skrotning och bultning av berget utförs vid behov. Nästa inplanerade besiktning är planlagd till år 2025 enligt underhållsplanen.



Figur 21 Planritning från bergteknisk utredning (Bergab, 2012-02-22) med markerade slänter som ingår i underhållsplanen. Grönmarkerade områden visar sektion -0/100 respektive 0/180 där bultning utfördes 2018.



Figur 22. Bergbultning utförd 2018 i sektion -0/100 i foto t.v. och i sektion 0/180 i foto t.h.

8 STABILITET

8.1 ALLMÄNT

Stabilitetsanalyser för befintliga förhållandena har utförts med utgångspunkt från detaljerad utredningsnivå i representativa sektioner inom respektive kajplats enligt Figur 23. Detta som underlag/utgångspunkt för värdering av den förändring på stabilitetsförhållandena som planerad hamnverksamhet innebär/medför samt för att jämföra mot dagens förhållanden och vad kajerna ursprungligen dimensionerats för.



Figur 23: Beräkningssektioner för att representera stabilitetsförhållandena inom respektive kajplats.

Vattennivån i havet har valts till -0,6 (RH2000) för att motsvara medellågvatten (MLW) i havet vilket utgör en dimensionerande förutsättning för stabiliteten då lågt vattenstånd ger lägre mothållande effekt på kajläggningarna. Lägsta lågvatten (LLW) inträffar i dessa områden under mycket korta tidsperioder (max ett par timmar) så därav utgör MLW dimensionerande lastfall med avseende på risken för stabilitetsbrott på motsvarande sätt som vid Göteborgs Hamns övriga hamnanläggningar. Känslighetsanalys med lägsta lågvatten (LLW -1,1) har även utförts.

Stabiliteten har analyserats med partialsäkerhetsfaktorer på materialparametrarna. Dimensionerande värden för geotekniska parametrar redovisas i respektive stabilitetsanalys. För gällande säkerhetsklass (SK2) gäller stabilitetskravet $F_{EN} \geq 1$.

Kontroll av sektionernas stabilitet har utförts enligt Eurocode 7 (IEG rapport 6:2008). Stabilitetsanalyserna har utförts med kombinerad och odränerad analys med Slope/W från Geostudio 2021. Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgernstern-Price metod för cirkulärcylindriska och sammansatta glidytor.

8.2 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

Samtliga beräkningsförutsättningar avseende exempelvis jordmaterialens egenskaper (såväl naturligt avlagrade som fyllnads-/konstruktionsmassor), laster, vattenstånd etc. presenteras på stabilitetsanalyserna i Bilaga B och C.

Inom pålade ytor har pålarnas inverkan beaktats genom att pålarna förutsatts föra ner lasten till en nivå som ligger under teoretiska glidytor. Inom ytor där vallar och kajer är pålade till fast botten eller berg utgör lasten på pålarna därmed ingen pådrivande effekt med avseende på stabiliteten då verkningssättet hos pålarna medför att total last (vikten på pålade jordlager samt markbelastning) förväntas föras ned till fast botten. Sprängstensvallen är kohesionspålad men pålarna är av sådan längd och skick/kondition att de bär lasten från vallen. Vallen utgör därmed inte en pådrivande effekt på dimensionerande glidytor för stabiliteten.

Befintliga sponter i kajlinjerna har vid analyserna valts att försummas då de anses ha en begränsad inverkan på stabilitetsförhållandena för området.

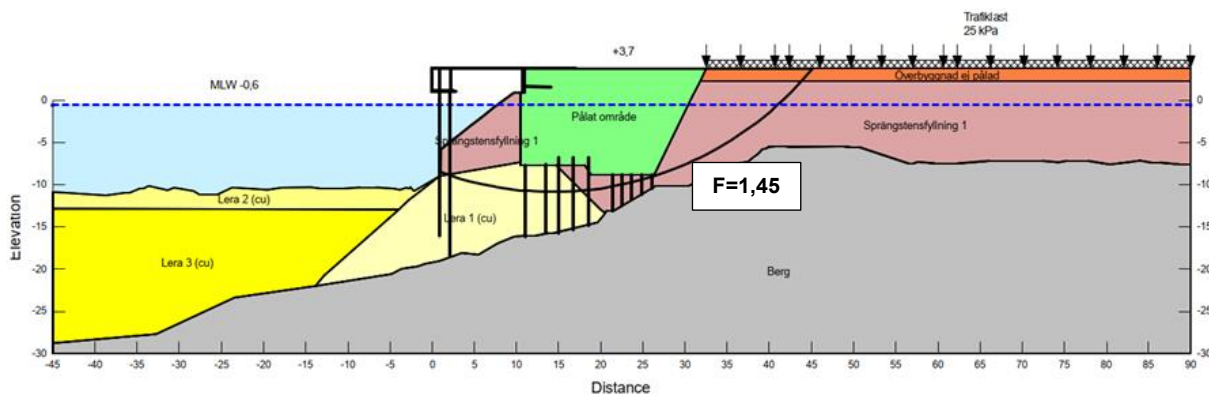
Den utbredda ytlasten för terminalområdet är 25 kPa för att motsvara trafiklast från arbetsfordon och uppställningsytor. Denna ansatta trafiklast motsvarar även ett lasttillskott av normal trafiklast på 15 kPa ovan ca 0,5 m framtida möjlig förändrad marknivå vilket inryms i detaljplanen.

8.3 STABILITETSANALYSER, BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN

8.3.1 Kpl 751

Grundläggningen av kajplats 751 utgörs av pålar eller plintar ner till berg samt bankpålad sprängstensfyllning.

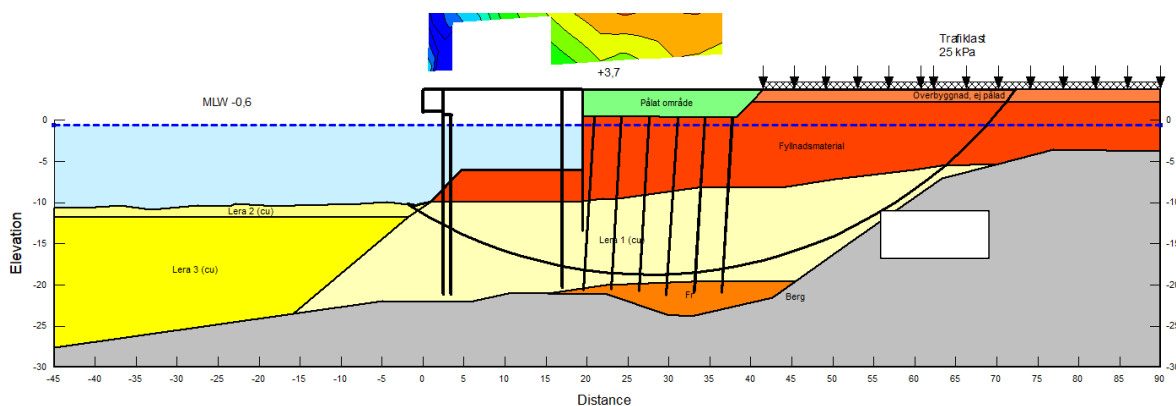
Utförda stabilitetsanalyser för kajen (sektion B) visar att lägsta säkerhetsfaktor mot ett odränerat brott är ca $F_{EN,c}=1,45$; se Figur 24.



Figur 24: Kajplats 751, odränerad stabilitetsanalys.

8.3.2 Kpl 752

Kajplats 752 är grundlagd på pålar och plintar till berg. Inom huvuddelen av kajplatsen är utfyllnadsmassorna bankpålade med stödpålar till berg. Utförd stabilitetsanalys visar att glidytorna med lägst säkerhet har en utbredning till ca 60 m bakom kajlinjen med säkerhetsfaktor ca $F_{EN,c}=0,83$ mot ett odränerat brott på, se Figur 25. Stabiliteten uppfyller inte rekommenderats säkerhetskrav $F_{EN}>1,0$ för nybyggnation vilket innebär att någon form av stabilitetsförbättrande åtgärd kommer att erfordras för planerat ändamål enligt detaljplanen.



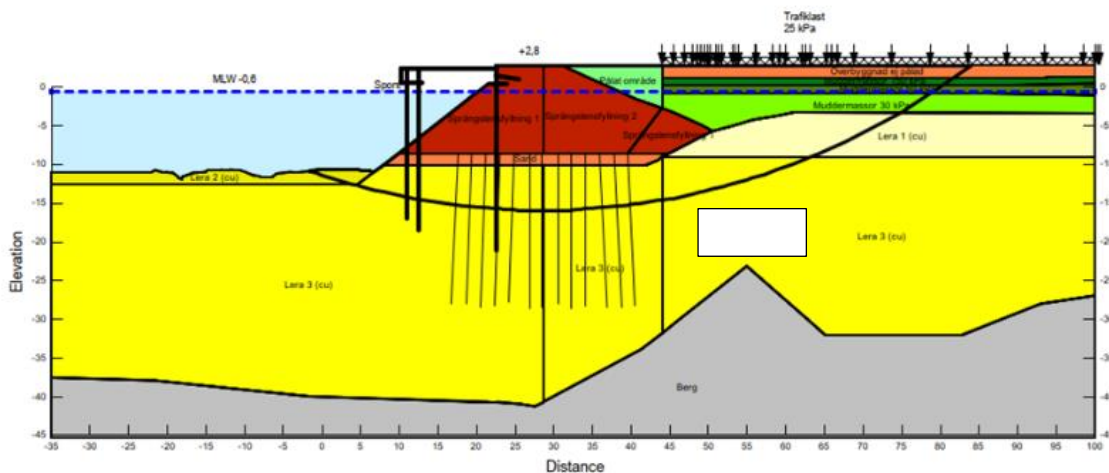
Figur 25: Kajplats 752, odränerad stabilitetsanalys.

8.3.3 Kpl 750 (markområde inom ändringsplan)

Mäktigheten på de stabiliserade muddermassorna varierar längs kajplats 750. Sprängstensvallen för kajplats 750 är grundlagd på kohesionspålar av trä samt spetsburna stålplålar för kajkonstruktionen.

Ändringsplanen möjliggör byggnader med högsta byggnadshöjd på 25 m istället för tidigare 14 m. Nya större byggnader kommer dock att pågrundläggas med spetsburna pålar varför förändrad högsta byggnadshöjd inte kommer att påverka stabilitetsförhållandena.

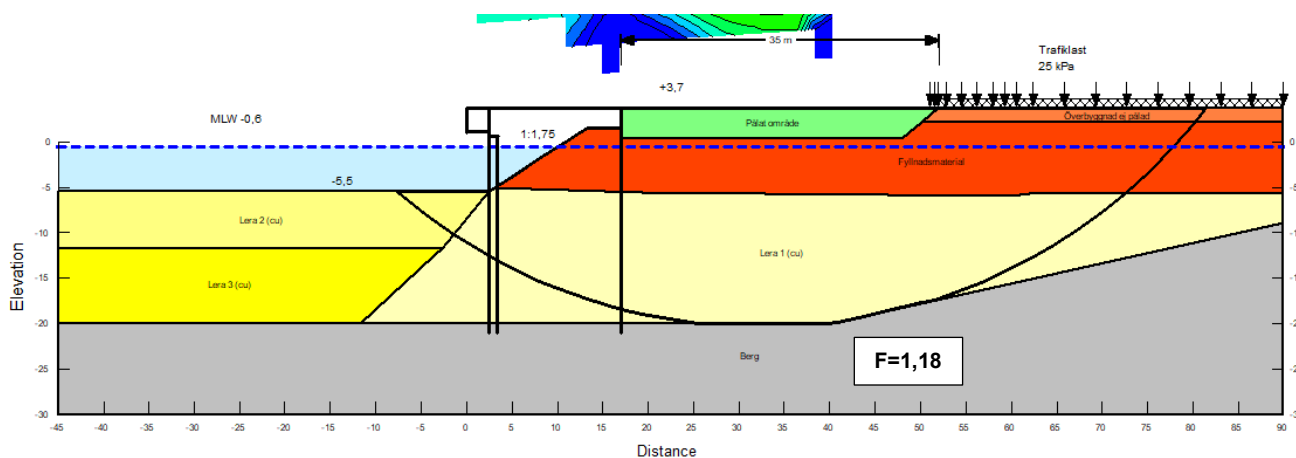
Utförda stabilitetsberäkningar för befintliga förhållanden visar att lägsta säkerhetsfaktor mot ett odränerat brott är ca $F_{EN,c}=1,23$, se Figur 26.



Figur 26: Kajplats 750, odränerad stabilitetsanalys.

8.3.4 Kaj mot väster (fd Plåtlossningskajen)

Kajen i planområdets västra del är grundlagd på pålar till berg. Utfyllnadsmassorna bankpålade med stödpålar till berg. Utförda analyser för kajen visar att lägsta säkerhetsfaktor mot ett odränerat brott är ca $F_{EN,c}=1,18$; se Figur 27. Stabiliteten för västra delen av planområdet, samt anslutande område direkt utanför planområdet, uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för planläggning. Det erfordras inga ytterligare åtgärder/förstärkningar inom denna del av området.



Figur 27: Kaj mot väster (fd Plåtlossningskajen), odränerad stabilitetsanalys.

8.3.5 Sammanfattning stabilitet, befintlig anläggning

I nedanstående tabell presenteras en sammanställning av stabilitetsförhållandena (lågsta säkerhetsfaktor mot brott med partialsäkerhet) för kajer i Arendalshamnen.

Beräkningarna visar att stabiliteten är erforderlig för alla kajer utom kajplats 752.

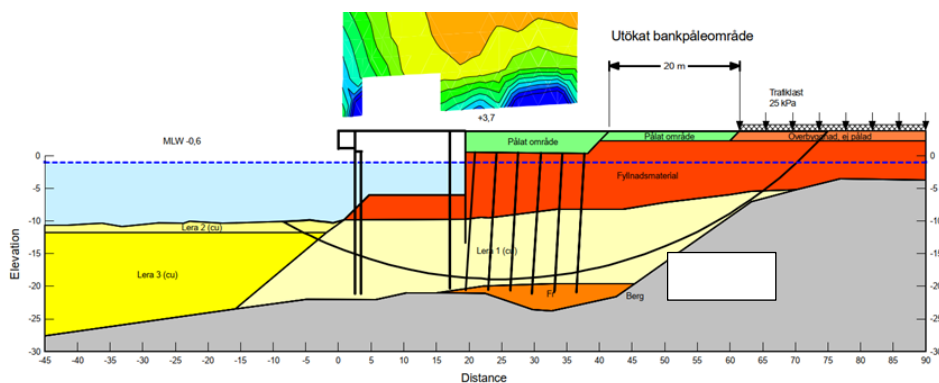
Tabell 4: Sammanställning av säkerhetsfaktorn mot brott för Arendalshamnens kajer.

	$F_{EN,c}$	$F_{EN,komb}$
Kajplats 751	1,45	1,68
Kajplats 752	0,83	0,97

	$F_{EN,c}$	$F_{EN,komb}$
Kajplats 750 (mark inom ändringsplan)	1,23	1,60
Kaj mot väster "plåtlossningskajen"	1,18	1,17

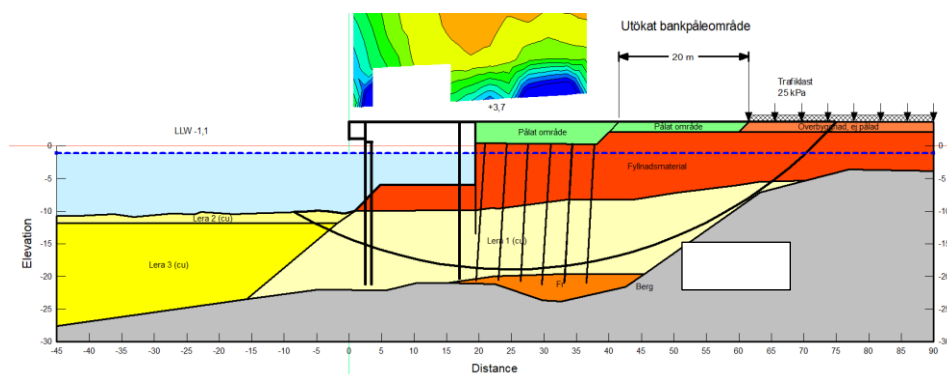
8.4 STABILITETSANALYSER, NY ANLÄGGNING

För planläggning och anläggande av planerad färjeterminal behöver stabiliteten inom kajplats 752 förbättras. En förbättring av stabiliteten ($F_{EN}>1$) kan förslagsvis utföras genom en avlastning av markområdet längs kajen genom en ca 20 m utökning av befintligt bankpålområdet, se Figur 28.



Figur 28: Kajplats 752, odränerad analys, ca 20 m utökning av bankpålområdets utbredning.

En känslighetsanalys har utförts med lägsta lågvatten (LLW -1,1). Utförda stabilitetsanalyser visar på att säkerhetsfaktorn mot brott i odränerad analys då blir $F_{EN,c}=1,03$, se Figur 29. Skillnaden i säkerhetsfaktor mellan beräkning med medellågvatten (MLW -0,6) och lägsta lågvatten (LLW -1,1) är endast 0,04. Känslighetsanalysen visar därmed att det dimensioneringsmässigt för dessa kajanläggningar är en mycket marginell skillnad (endast ca 3,5-4 %) i lägsta säkerhetsfaktor mot brott vid lägsta lågvatten (LLW) och medellågvatten (MLW).



Figur 29: Kajplats 752, odränerad analys, ca 20 m utökning av bankpålområdets utbredning. Känslighetsanalys LLW.

Inom området för ändringsplanen är stabilitetsförhållandena tillfredsställande. Framtida eventuell större bebyggelse kommer att behöva pågrundläggas för att undvika risk för sättningsskador/-problem. Ändrad högsta byggnadshöjd inom området påverkar därmed inte stabilitetsförhållandena.

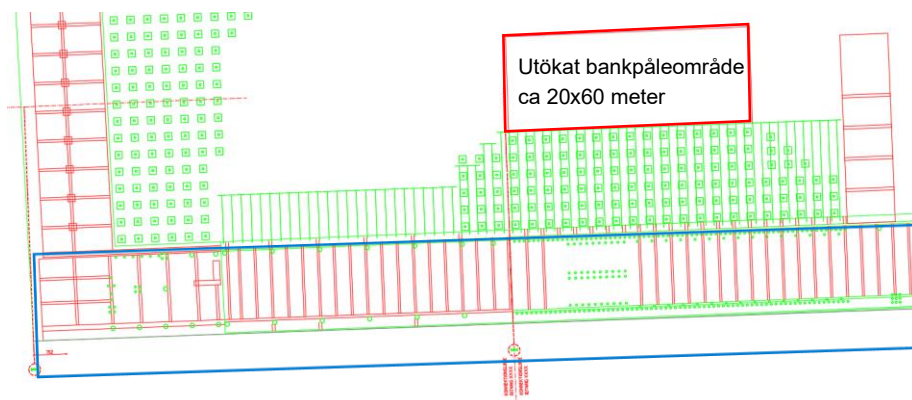
8.5 FÖRSLAG TILL FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDER

För att säkerställa erforderlig stabilitet för kajplats 752 rekommenderas en utökning av det bankpålade området enligt Figur 30. Utbredningen på området som erfordrar förstärkning med bankpålar bedöms i en första tidig prognos i detta skede till storleksordningen ca 20x60 m (dvs. ca 1200 m²).

Förstärkningsåtgärd i form av utökat bankpåleområde vid kajplats 752 förefaller vara den mest lämpliga åtgärden. Det är exempelvis svårt att utföra KC-pelarförstärkning i området då det kräver djup schakt genom fyllningen ner till leran för att kunna installera KC-pelare. Vid lättfyllning finns det risk upplyft på grund av att lättfyllningen hamnar under havsvattennivån.

Det saknas uppgifter om erosionsskydd för slänten vid kajplats 752. I stabilitetsberäkningarna är slänten därmed modellerad utan erosionsskydd. Då det inte finns någon skyddande spont i framkant av denna kaj, och endast kajpålarna utgör ett visst skydd mot kaj slänten, rekommenderas att ett erosionsskydd anläggs för den del av kajplats 752 som saknar detta, se blåmarkerad ruta i Figur 30. Detta för att försäkra sig om att släntens geometri och uppbyggnad bibehålls i framtiden vid förändrad fartygstrafik vid kajen och att stabilitetsförhållandena inte förändras över tid.

Då det även saknas även uppgifter om erosionsskydd för västra delen av kajplats 751, benämnd 751-3, rekommenderas att erosionsskydd anläggs för den delen som saknar detta.



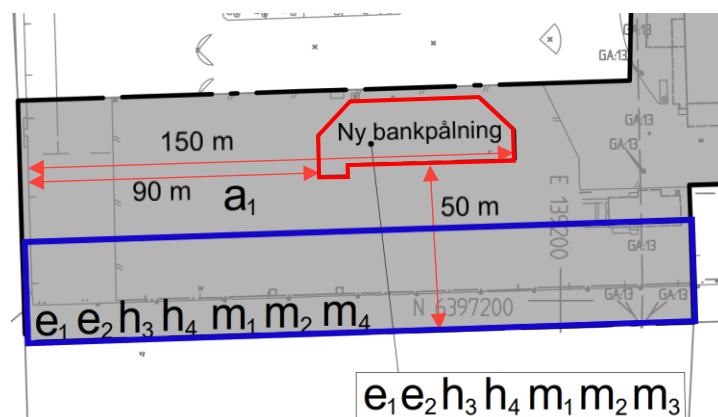
Figur 30. Förslag på förstärkningsåtgärd vid kajplats 752 med utökat bankpåleområde enligt rödmarkerad ruta. Blått område visar område där erosionsskydd erfordras.

9 SAMMANFATTNING OCH REKOMMENDATION

9.1 STABILITET

För att uppfylla rekommenderad säkerhetsnivå, med avseende på stabilitetsförhållandena, inom planläggningsområdet erfordras att kajplats 752 förstärks med ett utökat bankpåleområde enligt nedanstående figur (Figur 31). Bedömd storlek på området som behöver förstärkas är ca 1200 m² (enligt Figur 30). Denna stabilitetsförbättrande åtgärd behöver utredas vidare i nästa skede.

I övrigt är stabiliteten inom planområdet, samt i dess direkta närhet, tillfredsställande och uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå för planläggningen som även omfattar ökad byggnadshöjd och ökade laster. Stabilitetsförhållandena inom området för ändringsplanen är tillfredsställande.



Figur 31 Erforderlig stabilitetsförbättrande åtgärd (ny bankpålning) inom kajplats 752, samt rekommenderat nytt erosionsskydd som utformas för en placering inom blåmarkerat område.

9.2 EROSION

Det rekommenderas att ett erosionsskydd anläggs längs kajplats 752 samt västra delen av kajplats 751 (751-3), enligt Figur 31, då det enligt arkivunderlag i nuläget saknas.

Erosionsskyddet i sig har ingen stabiliserande eller mothållande verkan på området och påverkar ej heller säkerhetsfaktorn mot stabilitetsbrott. Däremot säkerställer ett erosionsskydd att *släntgeometrin* i framtiden kommer att bestå och inte påverkas/förändras av fartygstrafik, vilket innebär att säkerheten mot stabilitetsbrott därmed inte kommer att förändras över tid.

9.3 GRUNDLÄGGNING OCH SÄTTNINGAR

Marken inom planområdet utgörs delvis av sättningsbenägen lera. Alla nya byggnader och tyngre konstruktioner inom lermark i området kommer att behöva pågrundläggas för att undvika risk för sättningskador eller sättningsproblem.

Inom området förekommer gamla grundkonstruktioner och grundläggningar vilka kommer att behöva beaktas (tas hänsyn till) i samband med utformning och val av grundläggningsmetod för nya planerade anläggningar inom området.

9.4 BERGSTABILITET OCH RISK FÖR BLOCKUTFALL

Angränsande bergsslänter mot Arkenberget är förstärkta med selektiv bultning samt delvis med en nätvåd. Det finns ett pågående underhållsplan för bergslänterna i vilket skrotning och bultning av berget regelbundet utförs. Det anses därmed inte föreligga någon risk för blockutfall, till följd av frost- eller rotsprängning, i bergslänterna. Nästa inplanerade kontroll är planlagd till år 2025 enligt underhållsplanen.

Det finns inte någon förekomst av lösa ytliga block i de omgivande naturliga slänterna, ovanför bergslänterna, som utgöra risk för blocknedfall eller kan komma att påverka planområdet.

Bergslänterna från Arkenberget, samt bergslänten nordost om Oljevägen, är stabila och detaljplaneområdet är säkerställt mot att det inte föreligger någon risk för blockutfall/-nedfall i planområdet.

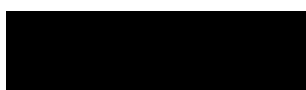
10 PLANBESTÄMMELSE

Med avseende på de rådande geotekniska förhållandena och förutsättningarna inom planområdet erfordras en planbestämmelse avseende behov av stabilitetsförbättrande åtgärder (utökad bankpålning) inom kpl 752 i markerat område i Figur 31.

För att säkerställa att släntgeometri och stabilitetsförhållandena är bestående inom planområdet, och inte förändras över tid, ska ett erosionsskydd anläggs längs kajplats 752 samt västra delen av kajplats 751 (751-3) enligt Figur 31.

WSP Sverige AB

Göteborg 2025-08-15



Stina Berg
Handläggare geoteknik



Ola Skepp
Uppdragsledare, teknikansvarig



Urban Högsta
Kvalitetsgranskning

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB
Box 13033
412 50 Göteborg
Besök: Fabrikstorget 1

T: +46 10-722 50 00
Org nr: 556057-4880
wsp.com



UPPDRAGSNAMN
Kajplats 751 – 752, Arendal

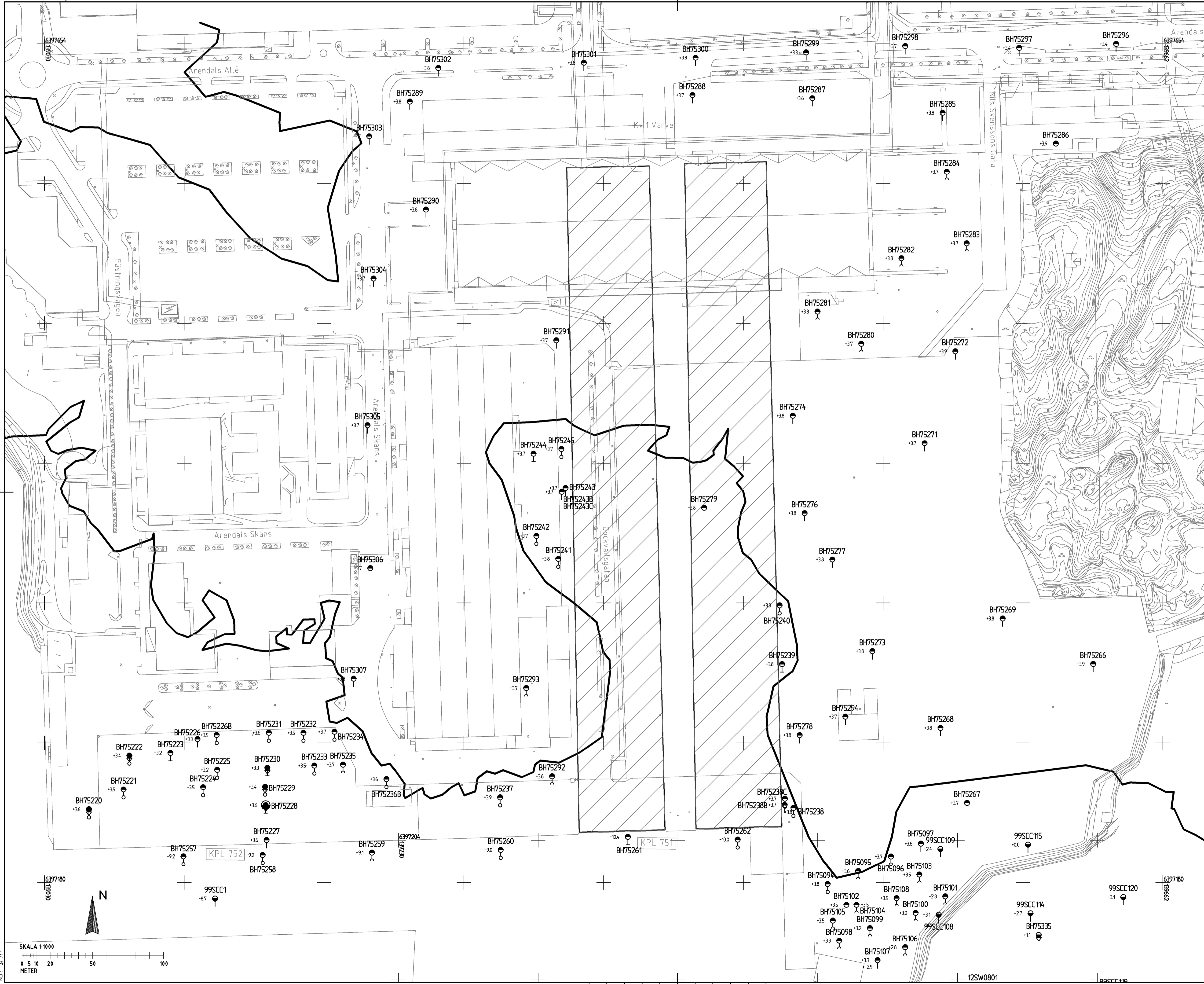
FÖRFATTARE
Johan Utas & Emma Möller

DATUM
2025-02-14

UPPDRAGSNUMMER
10340372

BILAGA A

Geotekniska undersökningar i plan



KOORDINATSYSTEM
 SYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00
 SYSTEM I HÖJD: RH 2000

TECKENFÖRKLARING
 BETECKNINGAR ENLIGT SVENSKA
 GEOTEKNISKA FÖRENINGENS
 BETECKNINGSBILD 2001:2 (SE:
 WWW.SGF.NET)

— TOLKAD BERGLINJE FRÅN
 HISTORISKT FLYGFOTO (ca 1960)

▨ TORRDOCKA

UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR
 BH75XXX SONDERINGAR BH75220 - BH75307
 UTFÖRDA AV WSP SVERIGE AB,
 APRIL - JUNI 2024

BH75XXX SONDERINGAR BH75308 - BH75336
 UTFÖRDA AV GEOKOMPANIET, 2021

BH75XXX SONDERINGAR BH75148 - BH75214
 UTFÖRDA AV NORCONSULT, 2019

BH75XXX SONDERINGAR BH75144 - BH75147
 UTFÖRDA AV ÄF, 2018

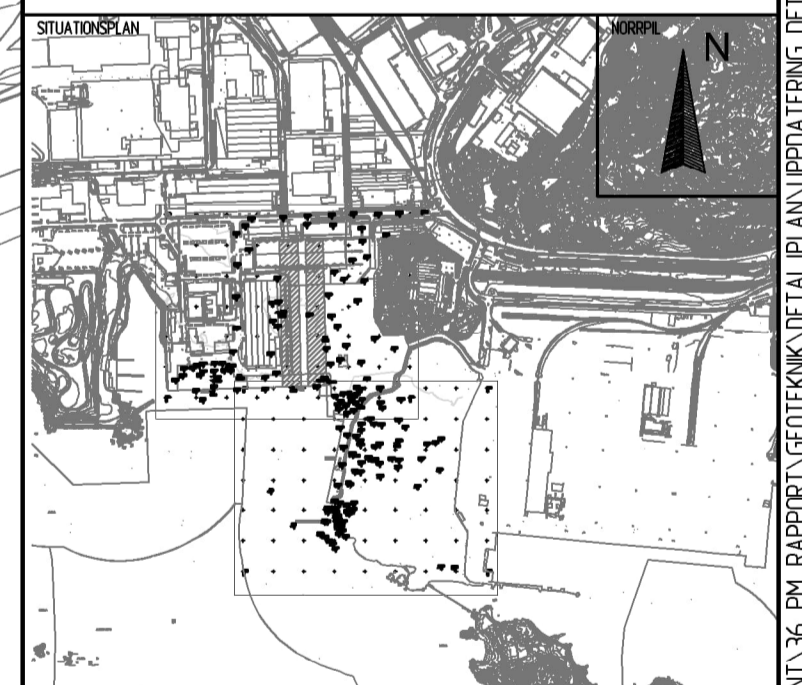
BH75XXX SONDERINGAR BH75109 - BH75143
 UTFÖRDA AV GOLDER ASSOCIATES
 AB, MARS 2017

BH75XXX SONDERINGAR BH75XXX FRÅN
 GHAB'S GEOARKIV

12SW08XX SONDERINGAR 12SW08XX UTFÖRDA
 AV SWECO, UNR. 2305294,
 2008-02-22

99CCXXX SONDERINGAR 99CCXXX UTFÖRDA
 AV SCANDIACONSULT, UNR.
 540275, 1999-04-30

SEKVIET	ANT	ÄNDERINGEN AVSER	REVIDERINGSDATUM	SKID



PROJEKTID	FÖRVALTNINGSOBJEKT	OBJEKT
BATHEN NUMMER	LAGERSTRUKTUR	KOORDINATSYSTEM
UPPGIFTS		99 12 00
ARENDALE (KPL 750-752)		

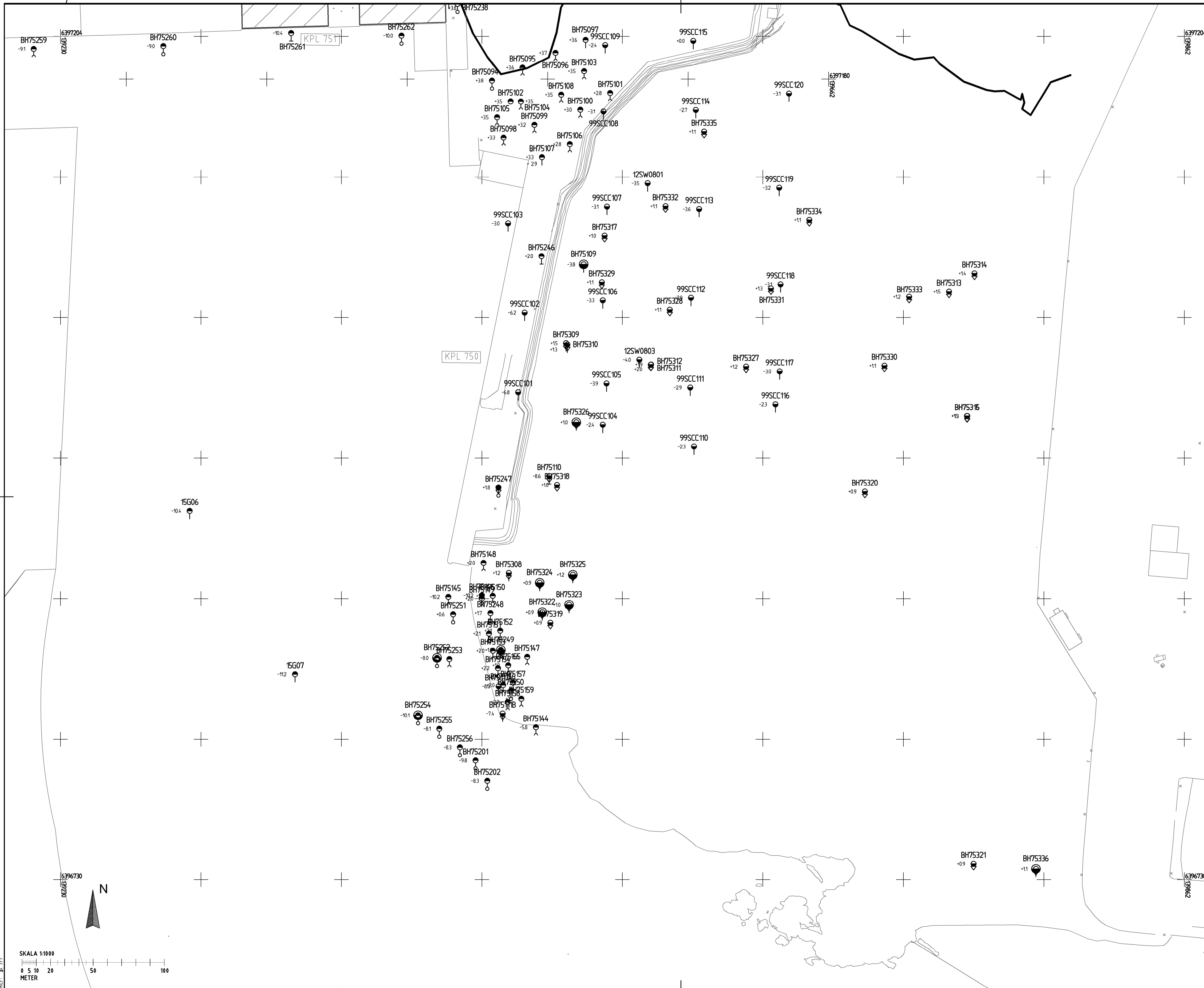


UPPGIFTSNUMMER	RTAD AV	HANDLAGGARE/KONSTRUKTÖR
10340372	EMÖLLER	JUTAS
DATUM	ANSVARIG/GODKÄND AV	TEKNIKER
2025-02-14	O.SKEPP	G
KPL 750-752 BILAGA A GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR PLAN		
SKALA A1 = 1:1000 A3 = 1:2000	RTIDNUMMER	BET
	KP75-G-1-001	

SKALA 1:1000
 0 5 10 20 50 100
 METER

LAGER: SB11

PLO: 2025-12-28 15:20 R:\334\31\0340372 - ARENDALE (KPL 750-752)\3-DOKUMENT\36-P\RAPPORT\GEOTEKNISKA\DETALJPLAN\BILAGA A - GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR I PLAN\PLAN.DWG MÖLLER, EMMA



KOORDINATSYSTEM
 SYSTEM I PLAN: SWEREF 99 12 00
 SYSTEM I HÖJD: RH 2000

TECKENFÖRKLARING
 BETECKNINGAR ENLIGT SVENSKA
 GEOTEKNISKA FÖRENINGENS
 BETECKNINGSBLAD 2001:2 (SE:
 WWW.SGF.NET)

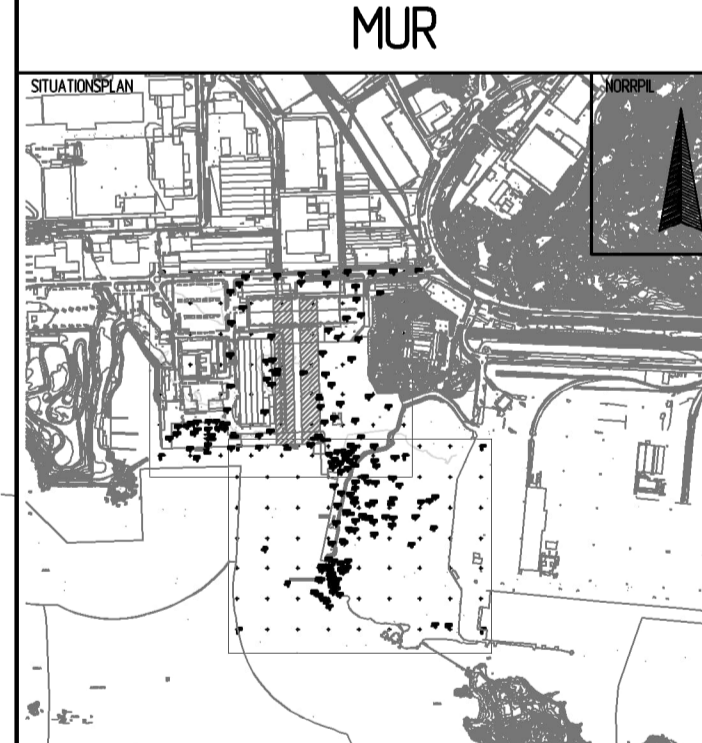
— TOLKAD BERGLINJE FRÅN
 HISTORISKT FLYGFOTO (ca 1960)

▨ TORRDOCKA

UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

- BH75XXX** SONDERINGAR BH75220 - BH75307
 UTFÖRDA AV WSP SVERIGE AB,
 APRIL-JUNI 2024
- BH75XXX** SONDERINGAR BH75308 - BH75336
 UTFÖRDA AV GEOKOMPANIET, 2021
- BH75XXX** SONDERINGAR BH75148 - BH75214
 UTFÖRDA AV NORCONSULT, 2019
- BH75XXX** SONDERINGAR BH75144 - BH75147
 UTFÖRDA AV ÄF, 2018
- BH75XXX** SONDERINGAR BH75109 - BH75143
 UTFÖRDA AV GOLDER ASSOCIATES
 AB, MARS 2017
- BH75XXX** SONDERINGAR BH75XXX FRÅN
 GHAB'S GEODARKIV
- 12SW08XX** SONDERINGAR 12SW08XX UTFÖRDA
 AV SWECO, UNR. 2305294,
 2008-02-22
- 99CCXXX** SONDERINGAR 99CCXXX UTFÖRDA
 AV SCANDIACONSULT, UNR.
 540275, 1999-04-30

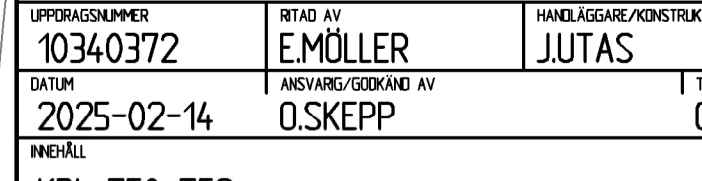
SEKTOR	ART	ANMÄRKNING AVSEER	REVIDERINGSDATUM	SKALA



PROJEKTID	FÖRVALTNINGSOMRÅDE	OBJEKT

BATHN. NUMMER	LÄGERSSTRUKTUR	KOORDINATSYSTEM
		99 12 00

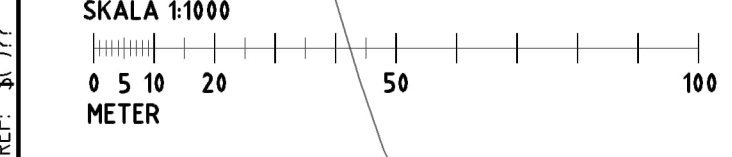
UPPGIFTS
ARENDA (KPL 750-752)



UPPGIFTSNUMMER	RTAD AV	HANDLAGARE/KONSTRUKTÖR
10340372	E.MÖLLER	JUTAS

DATUM	ANSVARIG/GODKÄND AV	TEDRICH
2025-02-14	O.SKEPP	G

INNEHÅLL	SKALA	RTADNUMMER	BET
KPL 750-752 BILAGA A GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR PLAN	A1 = 1:1000 A3 = 1:2000	KP75-G-1-002	



SKALA 1:1000
 0 5 10 20 50 100
 METER

LAGER: SB11

PLO: 2025-1-28 16:06 R:\394\3\034\0372 - ARENDA (KPL 750-752)\3_DOKUMENT\36_P\RAPPORT\GEOTEKNISKA\PLANUPPGIFTER\GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR\PLAN\PLAN.DWG MÖLLER, EMMA



UPPDRAGSNAMN
Kajplats 751 – 752, Arendal

FÖRFATTARE
Johan Utas & Emma Möller

DATUM
2025-02-14

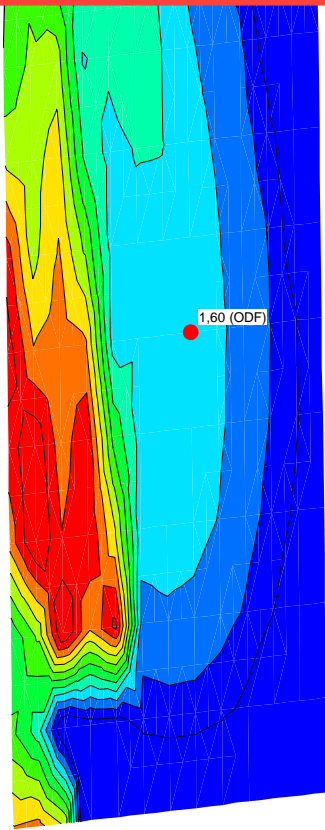
UPPDRAGSNUMMER
10340372

BILAGA B

Stabilitetsanalyser, Befintliga förhållanden

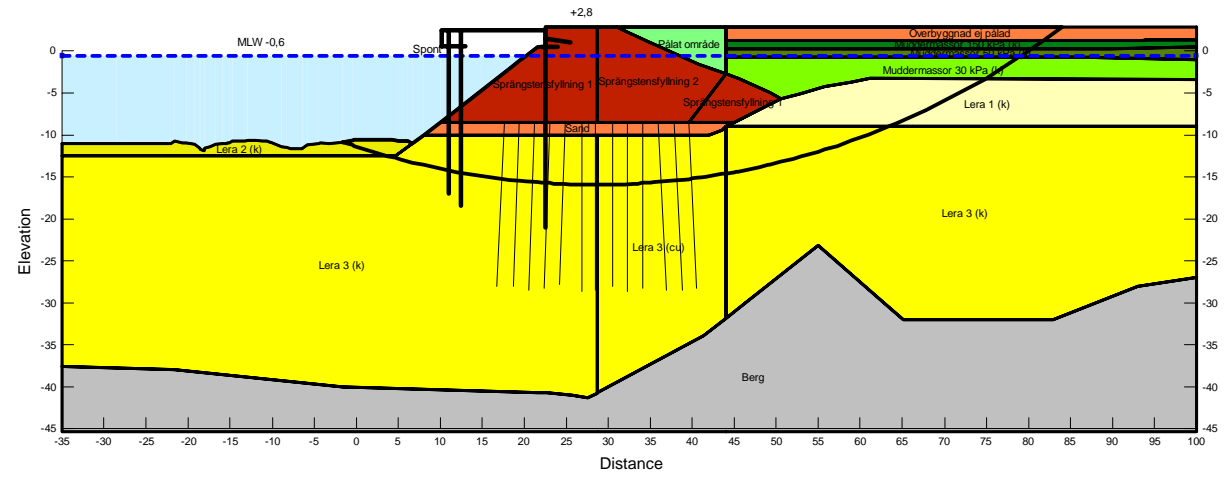


OBJEKT	Arendalshamnen
SKEDE	Detaljplan
SEKTION	Kajplats 750
ANALYS	Kombinerad analys
BESKRIVNING	Befintliga förhållanden
UPPDRAG	Arendal (Kpl 750-752)
UPPDRAGSNUMMER	10340372
BESTÄLLARE	Göteborgs Hamn AB
ANALYSDATA	Analystyp: Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0) Beräkningsmetod: Morgenstern-Price GW & portryck: Piezometric Surfaces Gldtyd: Grid and Radius, Right to Left Senast sparad: 2025-01-28
R691211036573 - Ramböckeringskalkylerarendal_Arendal0_BeskrivningGeoteknikStabilitet@pepPL750_Sektion 6_Pastallekthetsanalys	



BILAGA	
SKALA	1:900
Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)	
Lastfaktor	
Permanent last: 1	
Variabel last: 1,27	
Partialkoefficient	
Friktionsvinkel (f'): 1,3	
Kohesionsintercept (c'): 1,3	
Odränerad skjvuhållfasthet (cu): 1,5	

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Total Cohesion (kPa)	C-Datum (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Datum (kPa)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	Piezometric Surface
■	Berg	Bedrock (Impenetrable)																1
■	Lera 1 (k)	Combined, Ss(depth)	15				30	0	0					20	0	0,1		1
■	Lera 2 (k)	Combined, Ss(depth)	16				30	0	0					5	5,5	0,1	18	1
■	Lera 3 (cu)	Ss(datum)	16			20				1,9		0	-9					1
■	Lera 3 (k)	Combined, Ss(datum)	16			0	30			0	20		-9		1,9	0,1		1
■	Muddermassor 150 kPa (k)	Combined, Ss(depth)	12,5				30	0	0					150	0	0,1		1
■	Muddermassor 30 kPa (k)	Combined, Ss(depth)	12,5				30	0	0					30	0	0,1		1
■	Muddermassor 50 kPa (k)	Combined, Ss(depth)	12,5				30	0	0					50	0	0,1		1
■	Pålat område	Undrained (Phi=0)	1		70													1
■	Sand	Mhr-Coulomb	20	0			35	0										1
■	Sprängstensfyllning 1	Mhr-Coulomb	21	0			45	0									18	1
■	Sprängstensfyllning 2	Mhr-Coulomb	1	0			45	0										1
■	Överbyggnad på pålat	Mhr-Coulomb	21	0			35	0									20	1





OBJEKT

Arendalshamnen

SKEDE

Detaljplan

SEKTION

Kajplats 750

ANALYS

Odränerad analys

BESKRIVNING

Befintliga förhållanden

UPPDRAG

Arendal (Kpl 750-752)

UPPDRAGSNUMMER

10340372

BESTÄLLARE

Göteborgs Hamn AB

ANALYSDATA

Analystyp: Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)

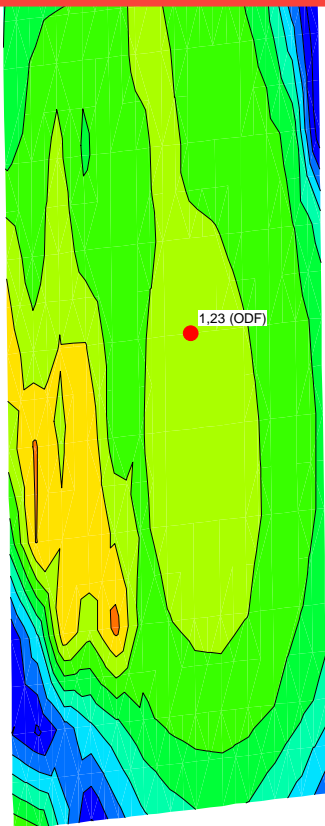
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price

GW & portryck: Piezometric Surfaces

Gridytor: Grid and Radius, Right to Left

Senast sparad: 2025-01-28

R691210365473 - Rambølls utvärdering av Arendal 0_Beställing/Göteborgs Hamn AB/Projekt/PL750_Sektion 6_Pastallekthetsanalys



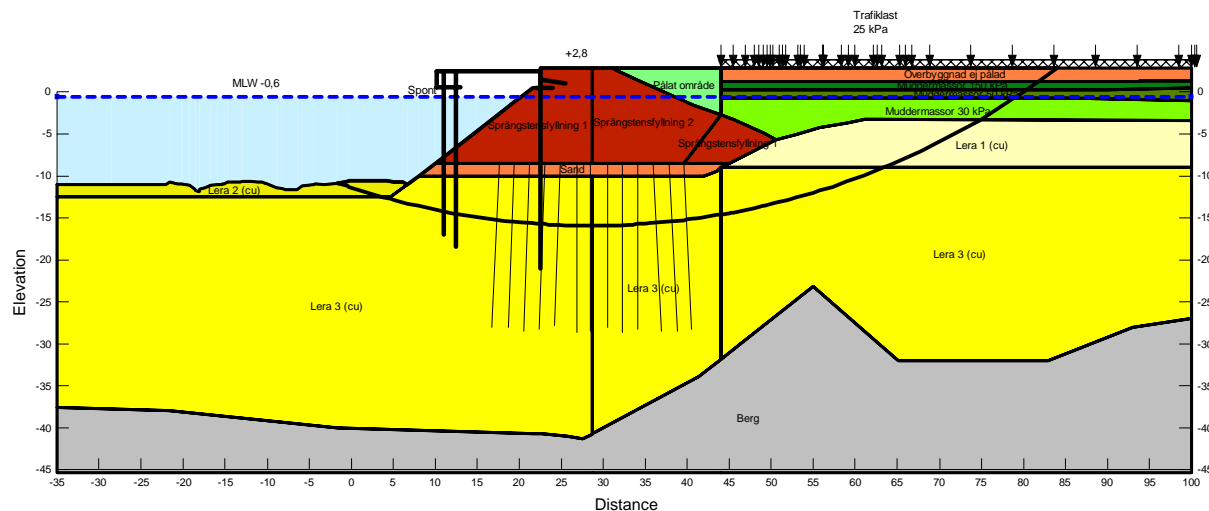
BILAGA

SKALA
1:900

Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)

Lastfaktor
 Permanent last: 1
 Variabel last: 1,27
 Partikoefficient
 Friktionsvinkel (f'): 1,3
 Kohesionsintercept (c'): 1,3
 Odränerad skjuvhållfasthet (cu): 1,5

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	C-Datum (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m³)/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Total Cohesion (kPa)	Piezometric Surface
Grey	Berg	Bedrock (Impenetrable)												1
Light Yellow	Lera 1 (cu)	Undrained (Phi=0)	15										20	1
Yellow	Lera 2 (cu)	S-f(depth)	15,5					5	5,5	0				1
Light Green	Lera 3 (cu)	S-f(datum)	16					20	1,9	0	-9			1
Dark Green	Muddermassor 150 kPa	Undrained (Phi=0)	12,5									150		1
Light Green	Muddermassor 30 kPa	Undrained (Phi=0)	12,5									30		1
Dark Green	Muddermassor 50 kPa	Undrained (Phi=0)	12,5									50		1
Light Green	Pålat område	Undrained (Phi=0)	1									70		1
Light Orange	Sand	Mhr-Coulomb	20	0	35	0								1
Dark Orange	Sprängstensfyllning 1	Mhr-Coulomb	21	0	45	0	18							1
Dark Orange	Sprängstensfyllning 2	Mhr-Coulomb	1	0	45	0								1
Light Orange	Överbyggnad på pålat	Mhr-Coulomb	21	0	35	0	20							1





OBJEKT
Arendalshamnen

SKEDE
Detaljplan

SEKTION
Kajplats 751

ANALYS
Kombinerad analys

BESKRIVNING
Befintliga förhållanden

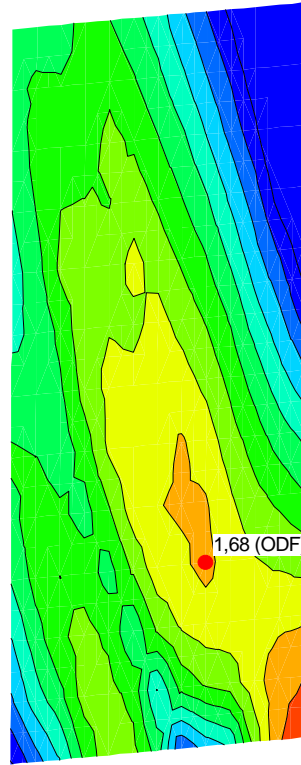
UPPDRAG
Arendal (Kpl 750-752)

UPPDRAGSNUMMER
10340372

BESTÄLLARE
Göteborgs Hamn AB

ANALYSDATA
Analystyp: Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
GW & portryck: Piezometric Surfaces
Gridtyor: Grid and Radius, Right to Left
Senast sparad: 2025-01-28

R691211036573 - Rambeskrivning till detaljplan för Arendal06_Beskrivning Götöcke till detaljplan 751_Sektion 4_Platstabilitetsanalys

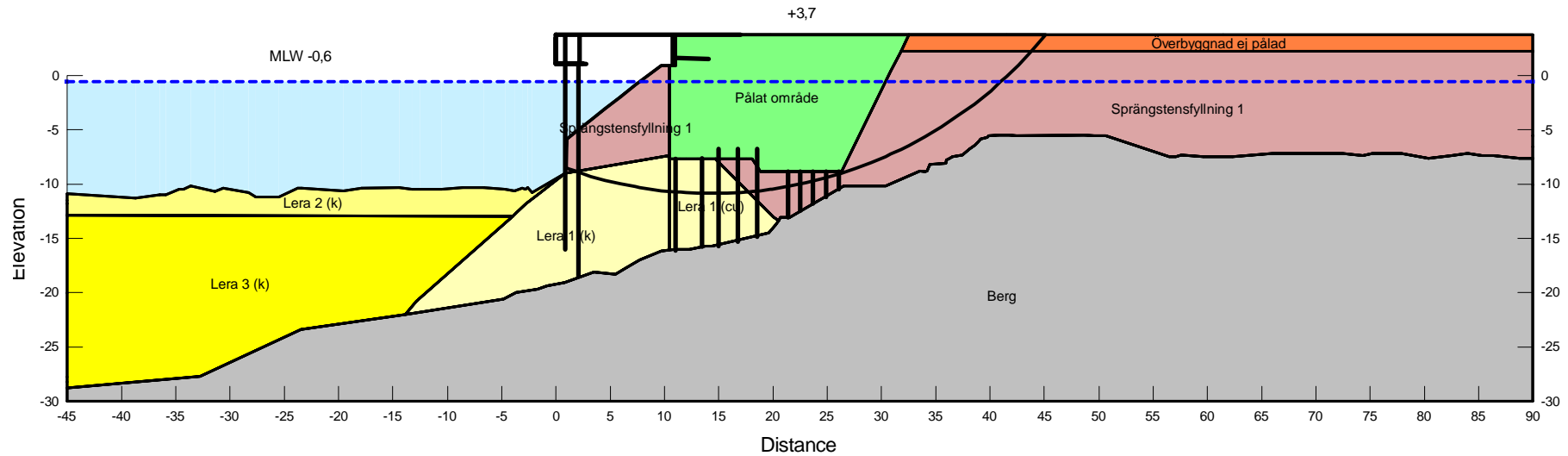


BILAGA

SKALA
1:600

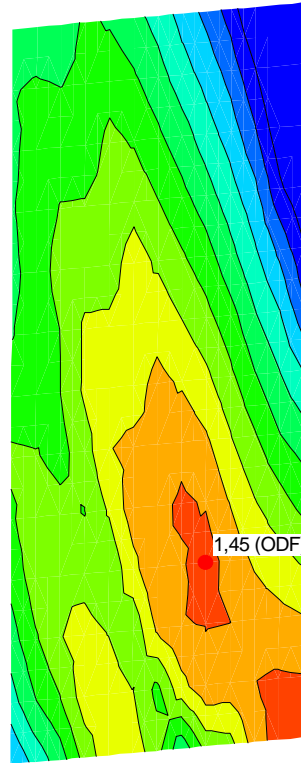
Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)
Lastfaktor
Permanent last: 1
Variabel last: 1,27
Partialkoefficient
Friktionsvinkel (f'): 1,3
Kohesionsintercept (c'): 1,3
Odränerad skjuvhållfasthet (cu): 1,5

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Total Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Constant Unit Weib Above Piezometric Surface (kN/m²)	C-Top of Layer (kPa)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	cu-Top of Layer (kPa)	cu-Datum (kPa)	cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation (m))	Piezometric Surface
■	Berg	Bedrock (Impenetrable)																1
■	Lera 1 (cu)	S=(datum)	16						15	1,5					0		-2,5	1
■	Lera 1 (k)	Combined, S=(datum)	16			30			0	0		15	1,5	0,1			-2,5	1
■	Lera 2 (k)	Combined, S=(depth)	15,5			30		0	0	5		5,5	5,5	0,1				1
■	Lera 3 (k)	Combined, S=(depth)	16			30		0	0	16		1,5	1,5	0,1				1
■	Pålat område	Undrained (Phi=0)	1		70													1
■	Sprängstensfyllning 1	Mohr-Coulomb	21	0		45	0	18										1
■	Överbyggnad ej pålad	Mohr-Coulomb	21	0		35	0	20										1



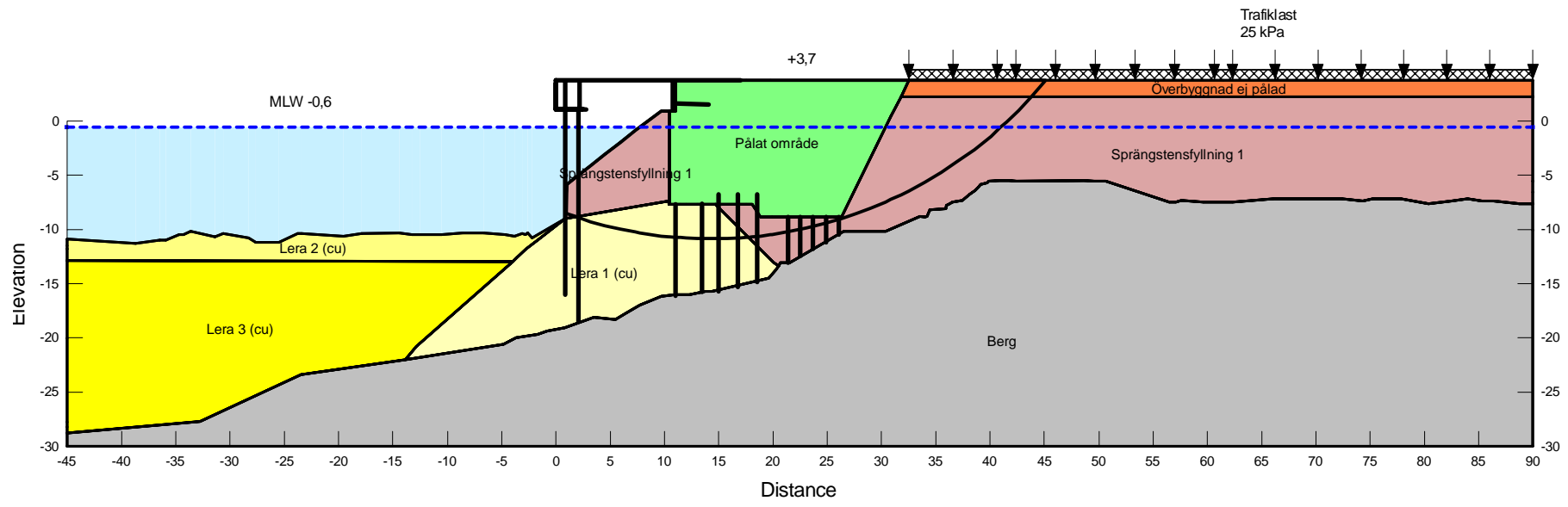


OBJEKT	Arendalshamnen
SKEDE	Detaljplan
SEKTION	Kajplats 751
ANALYS	Odränerad analys
BESKRIVNING	Befintliga förhållanden
UPPDRAG	Arendal (Kpl 750-752)
UPPDRAGSNUMMER	10340372
BESTÄLLARE	Göteborgs Hamm AB
ANALYSDATA	Analystyp: Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0) Beräkningsmetod: Morgenstern-Price GW & portryck: Piezometric Surfaces Gridtyr: Grid and Radius, Right to Left Senast sparad: 2024-11-11
<small>R6912/11085473 - Rambøllskrivning/Statistik/Projekt/Arendal06_Beskrivning/Göteborgs Hamm AB/Statistik/103403721_Sektion 4_Portalstabilitetsanalys</small>	



BILAGA	
SKALA	1:600
Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)	
Lastfaktor	
Permanent last: 1	
Variabel last: 1,27	
Partialkoefficient	
Friktionsvinkel (f'): 1,3	
Kohesionsintercept (c'): 1,3	
Odränerad skjuvhållfasthet (cu): 1,5	

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	Total Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m³)/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Piezometric Surface
■	Berg	Bedrock (Impenetrable)												1
■	Lera 1 (cu)	S=(datum)	16							15	1,5	0	-2,5	1
■	Lera 2 (cu)	S=(depth)	15,5						5		5,5	0		1
■	Lera 3 (cu)	S=(depth)	16						16		1,5	0		1
■	Pålat område	Undrained (Phi=0)	1				70							1
■	Sprängstensfyllning 1	Mohr-Coulomb	21	0	45	0	18							1
■	Överbyggnad ej pålad	Mohr-Coulomb	21	0	35	0	20							1





OBJEKT
Arendalshamnen

SKEDE
Detaljplan

SEKTION
Kajplats 752

ANALYS
Kombinerad analys

BESKRIVNING
Befintliga förhållanden

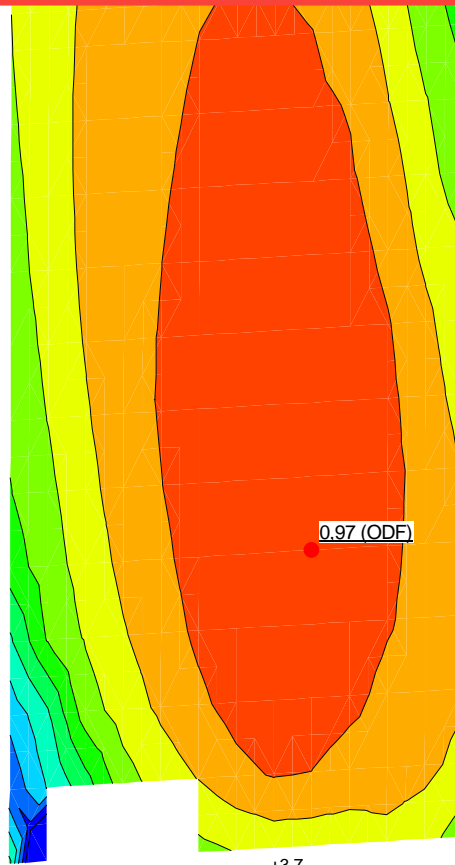
UPPDRAG
Arendal (Kpl 750-752)

UPPDRAGSNUMMER
10340372

BESTÄLLARE
Göteborgs Hamn AB

ANALYSDATA
Analystyp: Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
GW & portryck: Piezometric Surfaces
Gridtyr: Grid and Radius, Right to Left
Senast sparad: 2025-01-28

R6912110365473 - Ramböskrivning/totalreprograf/Arendal06_Beskrivning/GöteborgsHamn/10340372_Sektion 2_Pitalstabilitetsanalys

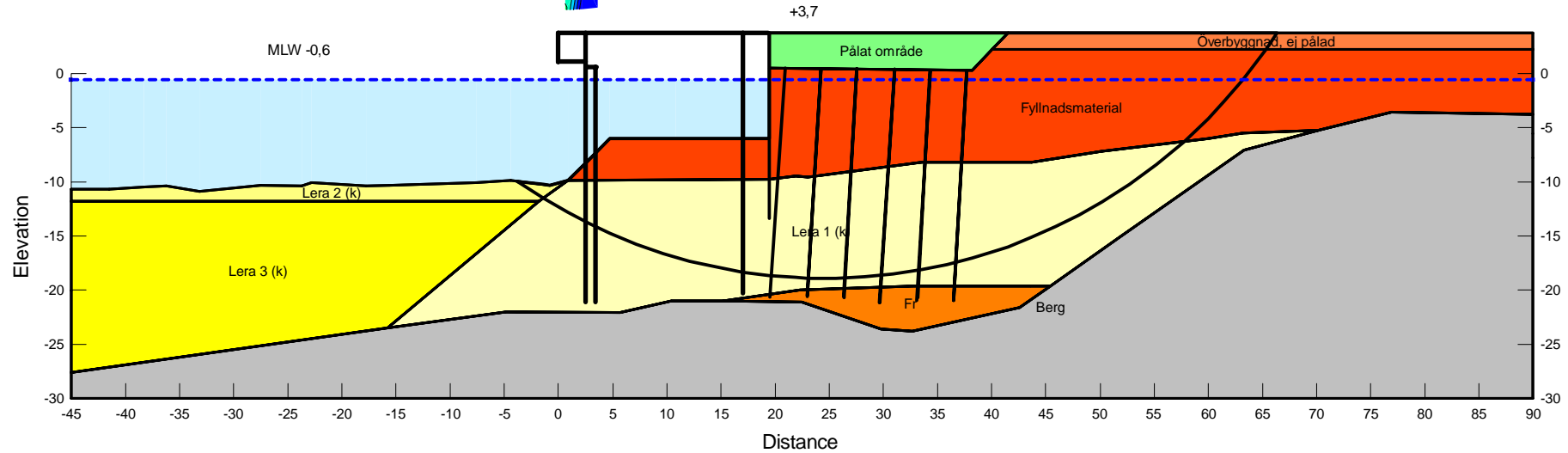


BILAGA

SKALA
1:600

Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)
Lastfaktor
Permanent last: 1
Variabel last: 1,27
Partialkoefficient
Friktionsvinkel (f): 1,3
Kohesionsintercept (c'): 1,3
Odränerad skjuvhållfasthet (cu): 1,5

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Total Cohesion (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ² /m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m ² /m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m ³)	Piezometric Surface
■	Berg	Bedrock (Impenetrable)															1
■	Fr	Mohr-Coulomb	20		0	35									0	18	1
■	Fyllnadsmaterial	Mohr-Coulomb	18		0	35									0	18	1
■	Lera 1 (k)	Combined, S=(datum)	16			30	0	0		15	1,5	0,1	-2,5				1
■	Lera 2 (k)	Combined, S=(depth)	15,5			30	0	0		5	5,5	0,1					1
■	Lera 3 (k)	Combined, S=(depth)	16			30	0	0		16	1,5	0,1					1
■	Pålst område	Undrained (Phi=0)	1	70													1
■	Överbyggnad, ej pålad	Mohr-Coulomb	21		0	35								0	20		1





OBJEKT
Arendalshamnen

SKEDE
Detaljplan

SEKTION
Kajplats 752

ANALYS
Odränerad analys

BESKRIVNING
Befintliga förhållanden

UPPDRAG
Arendal (Kpl 750-752)

UPPDRAGSNUMMER
10340372

BESTÄLLARE
Göteborgs Hamn AB

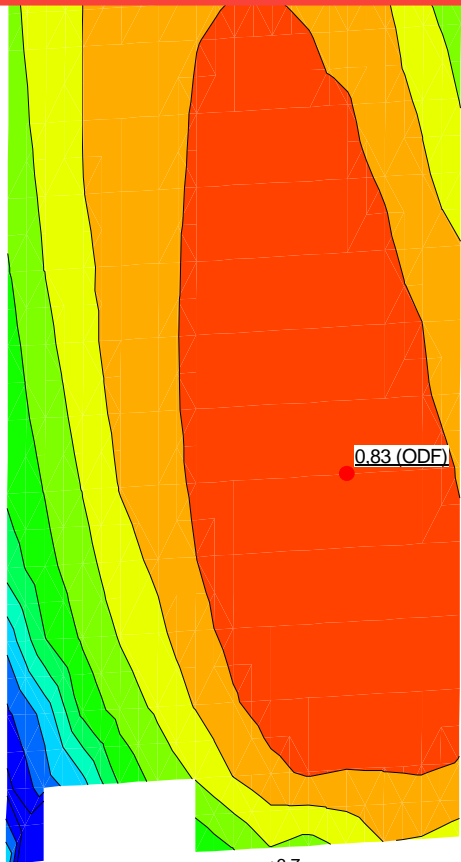
ANALYSDATA
Analystyp: Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
GW & portryck: Piezometric Surfaces
Glidtyr: Grid and Radius, Right to Left
Senast sparad: 2025-01-28

R691210085473 - Rambeskrivning till detaljplan för Arendal06_Beskrivning/GöteborgsHamn/Statistik/pep/PL752_Sektion 2_Paststabilitetsanalys

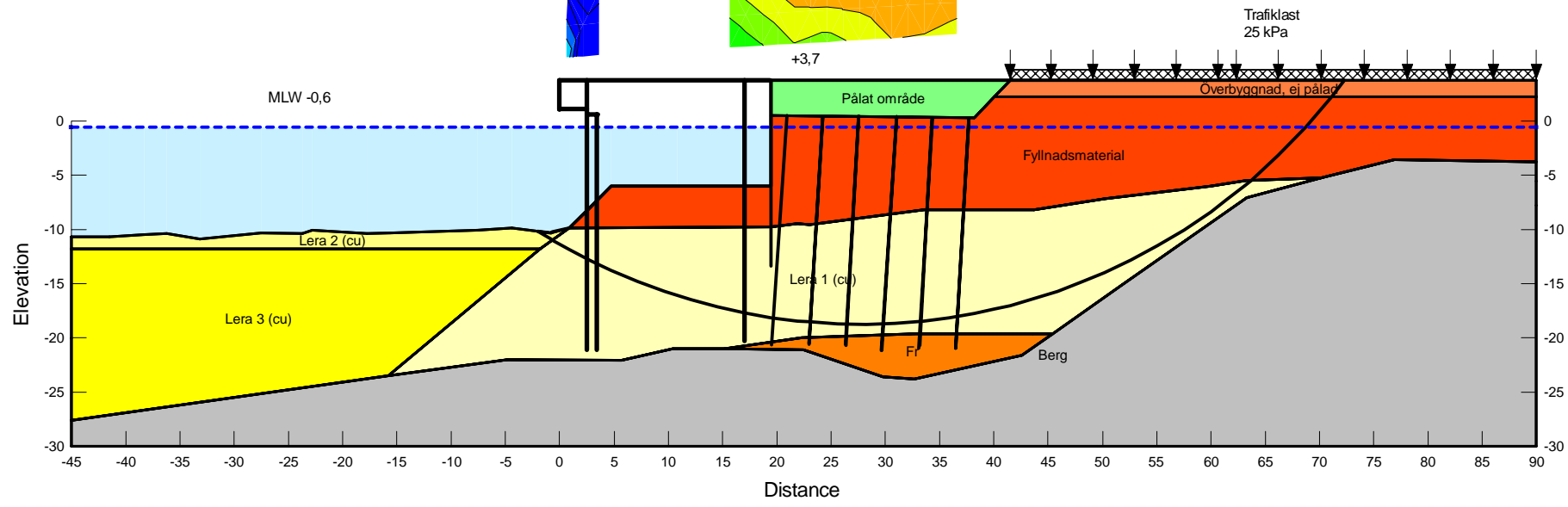
BILAGA

SKALA
1:600

Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)
Lastfaktor
Permanent last: 1
Variabel last: 1,27
Partialkoefficient
Friktionsvinkel (f'): 1,3
Kohesionsintercept (c'): 1,3
Odränerad skjuvhållfasthet (cu): 1,5



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Total Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ³)/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m ³)	Piezometric Surface
■	Berg	Bedrock (Impenetrable)												1
■	Fr	Mohr-Coulomb	20							0	35	0	18	1
■	Fyllnadsmaterial	Mohr-Coulomb	18							0	35	0	18	1
■	Lera 1 (cu)	S=(datum)	16		15	1,5	0	-2,5						1
■	Lera 2 (cu)	S=(depth)	15,5		5	5,5	0							1
■	Lera 3 (cu)	S=(depth)	16		16	1,5	0							1
■	Pålst område	Undrained (Phi=0)	1	70										1
■	Överbyggnad, ej pålad	Mohr-Coulomb	21							0	35	0	20	1





UPPDRAGSNAMN
Kajplats 751 – 752, Arendal

FÖRFATTARE
Johan Utas & Emma Möller

DATUM
2025-02-14

UPPDRAGSNUMMER
10340372

BILAGA C

Stabilitetsanalyser, Planerad anläggning



OBJEKT
Arendalshamnen

SKEDE
Detaljplan

SEKTION
Kajplats 752

ANALYS
Kombinerad analys

BESKRIVNING
Utökat bankpålområde, 20 m

UPPDRAG
Arendal (Kpl 750-752)

UPPDRAGSNUMMER
10340372

BESTÄLLARE
Göteborgs Hamm AB

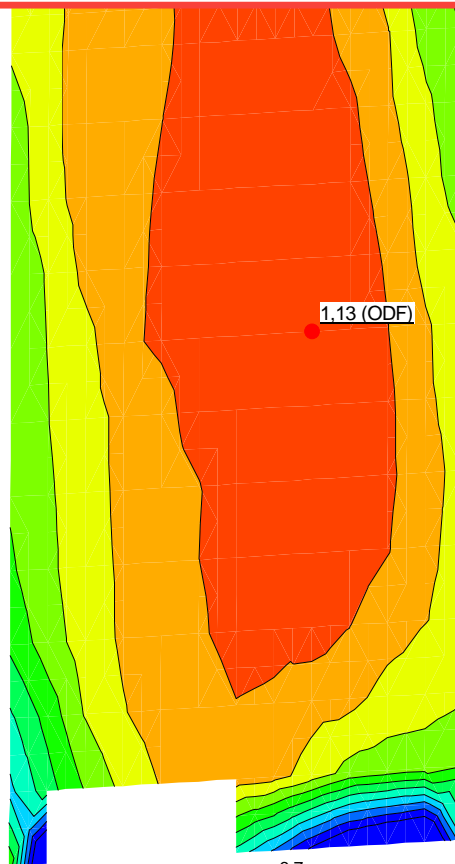
ANALYSDATA
Analysstyp: Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
GW & portryck: Piezometric Surfaces
Glidtyor: Grid and Radius, Right to Left
Senast sparad: 2025-01-28

R691211036573 - Rombeskrivning totalresponnd/ Arendal06_BeskrivningGöteborgs Hamm AB/ stabiliserad/ Kpl752_Sektion 2_Pitalstabilitetsanalys

BILAGA

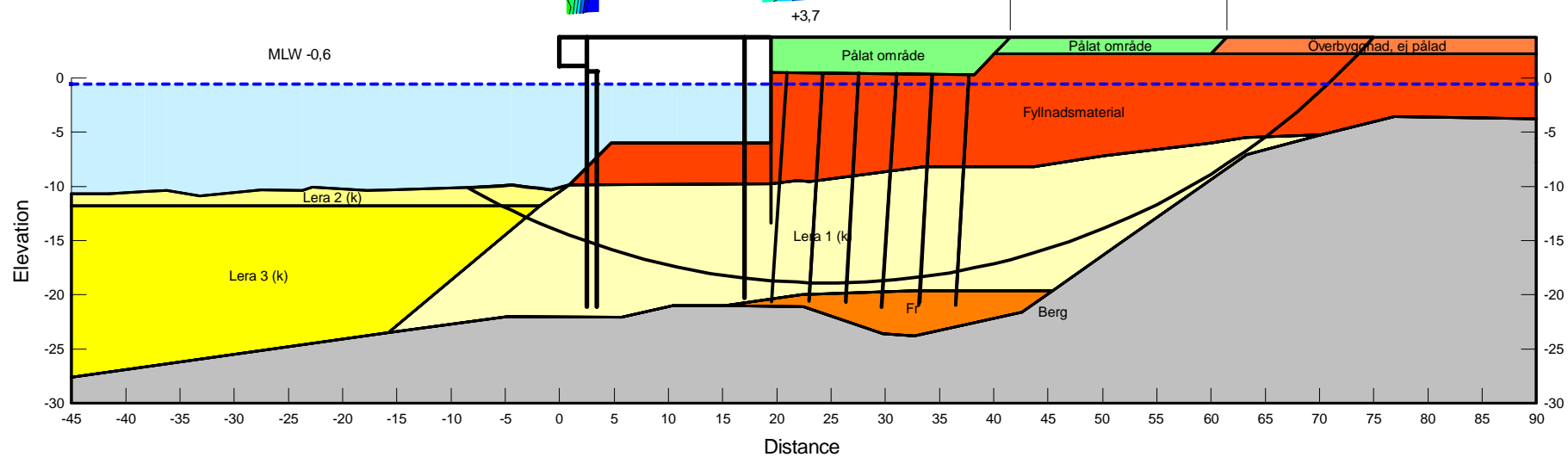
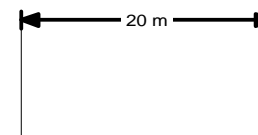
SKALA
1:600

Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)
Lastfaktor
Permanent last: 1
Variabel last: 1,27
Partialkoefficient
Friktionsvinkel (f): 1,3
Kohesionsintercept (c'): 1,3
Odränerad skjuvhållfasthet (cu): 1,5



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Total Cohesion (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ² /m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m ² /m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m ³)	Piezometric Surface
Grey	Berg	Bedrock (Incompressible)															1
Orange	Fr	Mohr-Coulomb	20		0	35									0	18	1
Red	Fyllnadsmaterial	Mohr-Coulomb	18		0	35									0	18	1
Light Yellow	Lera 1 (k)	Combined, S=(datum)	15,5			30	0	0		15		1,5	0,1	-2,5			1
Yellow	Lera 2 (k)	Combined, S=(depth)	16			30	0	0	5			5,5	0,1				1
Light Green	Lera 3 (k)	Combined, S=(depth)	16			30	0	0	16			1,5	0,1				1
Green	Pålst område	Undrained (Phi=0)	1	70													1
Dark Orange	Överbyggnad, ej pälad	Mohr-Coulomb	21		0	35								0	20		1

Utökat bankpålområde





OBJEKT
Arendalshamnen

SKEDE
Detaljplan

SEKTION
Kajplats 752

ANALYS
Odränerad analys

BESKRIVNING
Utökat bankpåleområde, 20 m

UPPDRAG
Arendal (Kpl 750-752)

UPPDRAGSNUMMER
10340372

BESTÄLLARE
Göteborgs Hamn AB

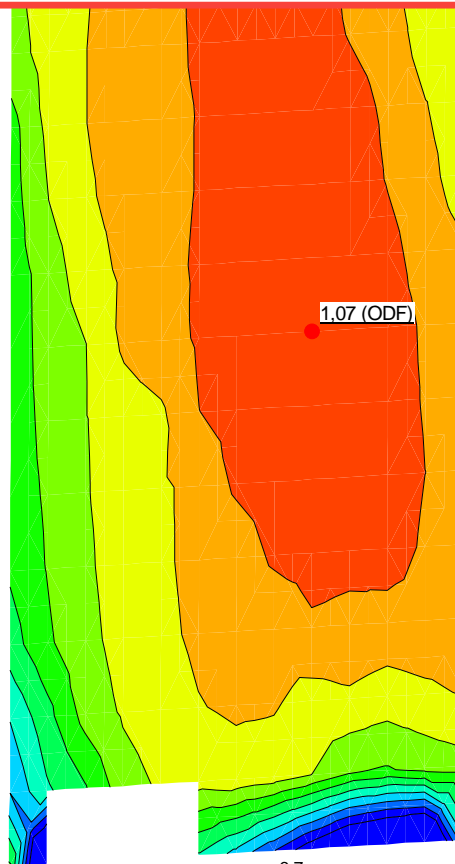
ANALYSDATA
Analystyp: Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price
GW & portryck: Piezometric Surfaces
Gridtyor: Grid and Radius, Right to Left
Senast sparad: 2025-01-28

R691210365473 - Rambeskrivning till detaljplan för Arendal_06_Beskrivning/GöteborgsHamnAB/10340372_Sektion 2_Piltalstabiliseringsanalys

BILAGA

SKALA
1:600

Eurocode 7 - DA3 (SK2, n=1,0)
Lastfaktor
Permanent last: 1
Variabel last: 1,27
Partialkoefficient
Friktionsvinkel (f'): 1,3
Kohesionsintercept (c'): 1,3
Odränerad skjuvhållfasthet (cu): 1,5



Color	Name	Stope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Total Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m³)/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Phi-B (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	Piezometric Surface
Grey	Berg	Bedrock (Impenetrable)												1
Orange	Fr	Mohr-Coulomb	20							0	35	0	18	1
Red	Fyllnadsmaterial	Mohr-Coulomb	18							0	35	0	18	1
Light Green	Lera 1 (cu)	S=(datum)	16		15	1,5	0	-2,5						1
Yellow	Lera 2 (cu)	S=(depth)	15,5		5	5,5	0							1
Light Yellow	Lera 3 (cu)	S=(depth)	16		1,5	1,5	0							1
Green	Pålat område	Undrained (Phi=0)	1	70										1
Dark Orange	Överbyggnad, ej pålad	Mohr-Coulomb	21							0	35	0	20	1

