

Teknisk PM, Geoteknik

Bandel 634, Lärje uppställningsspår,
Göteborgs stad, Västra Götalands län

Järnvägsplan/Systemhandling

Projektnummer: 166006



Trafikverket

Postadress: Trafikverket, 405 33 Göteborg

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Teknisk PM, Geoteknik

Dokumentnummer: 166006-12-025-005

Författare: Gabriella Poplasen, Peter Jansson, Sweco

Dokumentdatum: 2022-01-21

Reviderat datum: 2022-06-10

Ärendenummer: TRV 2020/14952

Projektledare: Terese Löfgren, Trafikverket

Innehåll

1	INLEDNING.....	4
2	BESKRIVNING.....	4
3	GEOTEKNISK ÖVERSIKT.....	5
3.1	Topografi och områdesbeskrivning.....	5
3.2	Allmän geoteknisk översikt.....	5
3.3	Förutsättningar för upprättande av järnvägsplan	5
4	PLANERAD ANLÄGGNING OCH GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN.....	6
4.1	Uppställningsspår km 471+645 – 472+000	6
4.2	Anslutningsspår NVB och uppställningsspår km 472+000 – 472+330	18
4.3	Utdragsspår i söder km 472+330 – 472+850.....	19
4.4	Kontaktledningsfundament och teknikbyggnader	20
4.5	Serviceväg.....	20
4.6	Infartsväg och bro över spårväg.....	21
4.7	Tillfällig arbetsväg.....	22
4.8	Ledningar	22
	WWW.TRAFIKVERKET.SE	24

BILAGOR

Bilaga A: Stabilitetsberäkningar

1 Inledning

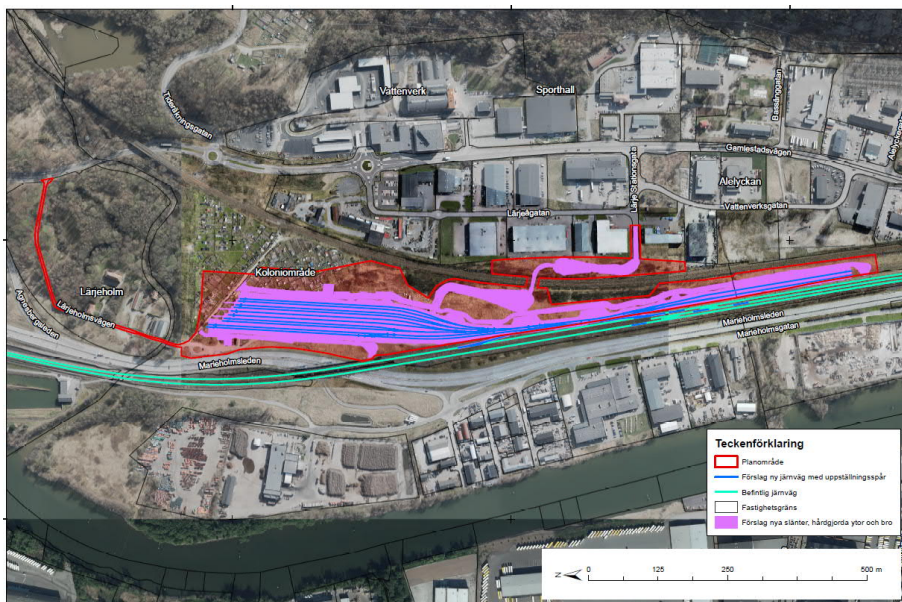
På uppdrag av Trafikverket har Sweco utfört geoteknisk utredning i samband med arbetet järnvägsplan och systemhandling för Lärje uppställningsspår i Göteborgs stad. Denna PM beskriver de geotekniska förutsättningarna i utredningsområdet.

2 Beskrivning

Utbyggnaden av Västlänken i Göteborg kommer att ge ett nytt järnvägssystem i Västsverige. När denna börjar trafikeras i slutet av 2026 förändras trafikeringsstrukturen samtidigt som det möjliggörs för fler fordon i systemet. Detta erfordrar sammantaget nya och väl fungerande anläggningar för uppställning och underhåll av tåg.

När persontåg ska börja gå i Västlänken år 2026 behövs fler platser där tågen kan ställas upp när de inte används. Trafikverket har identifierat Lärjeholm, längs med Norge-/Vänerbanan, som ett lämpligt område för anläggande av dessa uppställningsspår. Området är beläget cirka 6 km norr om Göteborg Centralstation. Ytan avgränsas i väster av Norge-/Vänerbanan, i öster av spårvägen och i norr av Lärjeån. Uppställningsbangården ska i norr rymma två ankomstspår och åtta uppställningsspår där varje spår ska kunna trafikeras av 250 meter långa tåg. I söder ska ytterligare två utdragsspår rymmas. Till uppställningsbangården ska utformning för infartsväg och servicevägar inom området tas fram.

En översiktsplan redovisas i Figur 2.1 som visar planområde ny planerad anläggning, befintliga anläggningar mm.



Figur 2.1 Översikt över planerad anläggning mm

3 Geoteknisk översikt

3.1 Topografi och områdesbeskrivning

Utredningsområdet är beläget mellan Norge-/Vänerbanan (NVB) och E45 i väster och spårvägen i öster. I norr begränsas området av Lärjeåns dalgång och i söder krymper området så endast en smal markremsa återstår mellan järnvägen och spårvägen.

Området som är relativt flackt med marknivåer som generellt varierar mellan cirka +0,5 och +1. I områdets norra del mot Lärjeån stiger nivåerna upp mot +4 och längst i söder finns en gammal deponi där marknivån lokalt uppgår till ungefär +3,5.

I norr utgörs marken av odlingslotter och i söder av driftsväg och gräs/ängsytor. Ett mindre våtmarksområde finns i området. Ungefärlig utbredning av våtmarksområdet framgår av Figur 4.1.

3.2 Allmän geoteknisk översikt

Området är beläget på östra sidan av Göta älvs dalgång vilken karakteriseras av stora jorddjup i närheten av Göta älv, och berg i dagen åt öster.

Jordarterna inom planområdet utgörs till största del av lera till stora djup. Jorddjupen till fast botten har uppmätts variera mellan cirka 20 meter och över 55 meter, med ökande mäktigheter mot söder. Leran är huvudsakligen sulfidhaltig. Över stora delar av området innehåller leran de översta cirka 8 till 12 meterna gyttja, sand, silt, skalrester och växtdelar. Under 12 meters djup finns ställvis mindre inslag av sand, gyttja och skalrester. Ett jordlager av sand och silt finns inlagrat i leran i anslutning till Lärjeån och går i en kil söderut där den spetsas ut och försvinner. Detta jordlager har en mäktighet på upp till 9 meter, men huvudsakligen kring 5 till 6 meter. Sandlagret har huvudsakligen påträffats på cirka 5 till 7 meters djup under markytan.

3.3 Förutsättningar för upprättande av järnvägsplan

Beskrivningen av de geotekniska förhållandena har i föreliggande rapport delats upp i ett antal delområden. Indelningen följer anläggningens olika funktioner. I norr finns uppställningsspåren, mitt i utredningsområdet är anslutningen till Norge-Vänerbanan och i söder utdragsspåren. Runt uppställningsspåren ska en serviceväg anläggas och för att ta sig in i området behövs en infartsväg som föreslås gå på bro över spårvägen i öster.

I samband med upprättandet av denna järnvägsplan och systemhandling har geotekniska fält- och laboratorieundersökningar utförts. Dessa undersökningar ligger till grund för denna Teknisk PM Geoteknik, och finns sammanställda i 166006-12-025-003 Markteknisk undersökningsrapport (MUR) Geoteknik.

Den geotekniska undersökningen syftar till att klarlägga de geotekniska förutsättningarna och ta reda på jordens egenskaper, så som jordlagerföljd och djup till fast botten, samt klargöra grundläggningsförhållanden längs spåren. Undersökningarna utgör även underlag för att identifiera eventuella områden med låg säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott, och sträckor där stora sättningar kan förväntas.

För projektet gäller TK Geo 13, version 2.0.

4 Planerad anläggning och Geotekniska förhållanden

4.1 Uppställningsspår km 471+645 – 472+000

Uppställningsytan består av åtta uppställningsspår och två ankomstspår som ligger parallellt med varandra. Överkant räls planeras till nivån +4,0.

4.1.1 Befintliga förhållanden

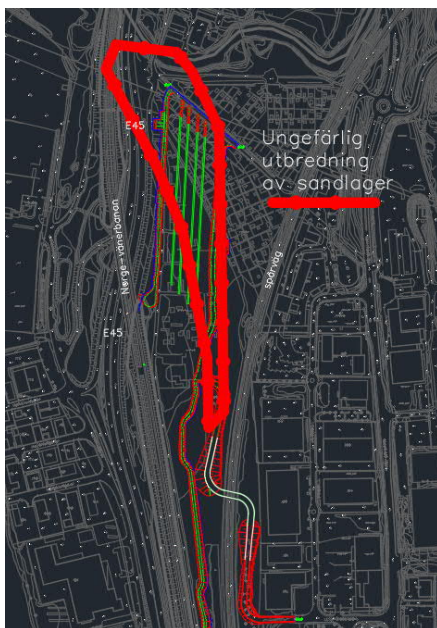
Uppställningsytan ligger huvudsakligen över ett område som idag utgörs av kolonilotter och mindre byggnader. Befintliga marknivåer varierar generellt mellan +0,5 till +2. Längst i norr förekommer marknivåer på cirka +4. Centralt i området finns ett våtmarksområde, där områdets lägsta marknivåer uppmätts.

Slänterna mot väg E45, som går i skärning utmed aktuellt område, är av stabilitetsskäl utflackade med avlastningsschakter vilket utfördes i samband med byggnation av E45.

Geotekniska förhållanden

Utförda sonderingar har huvudsakligen stoppat på fast botten på djup mellan cirka 20 och 40 meter. Sonderingarna bedöms i huvudsak ha stoppat i det undre friktionsjordlagret.

De översta jordlagren har bedömts utgöras av huvudsakligen gyttjig finsandig siltig Lera med inslag av skalrester och växtdelar. Därefter följer en sulfidhaltig lera ned till ett undre friktionsjordlager. Diagonalt genom området, riktning nordväst till sydost, finns ett sandlager inlagrat i leran. Detta sandlager har en mäktighet på upp till 9 meter, men huvudsak kring 5 till 6 meter. Sandlagrets överkant är beläget på cirka 5 till 7 meters djup under markytan. Sandlagret bedöms stå i hydraulisk kontakt med Lärjeån i norr. Sandlagret är som mäktigast i norr och minskar åt söder. Sandlagret ungefärliga utbredning framgår i Figur 4.1.



Figur 4.1 Ungefärlig utbredning av sandlager

Vattenkvot och konflytgränsen har uppmätts till cirka 30-50 % i de övre cirka 10 meter av leran. Därunder varierar vattenkvoten och konflytgränsen mellan cirka 60-80 %. Ställvis i våtmarksområdet har högre vattenkvoter uppmätts i organisk jord, upp mot 250 %. Skjuvhållfastheten har uppmätts variera mellan 15–40 kPa (korrigerade värden). Leran är i allmänhet normal till svagt överkonsoliderad och sättningar bedöms pågå i leran under sandlagret. Under leran finns ett lager av friktionsjord som överlagrar berget. Detta undre friktionsjordlager bedöms tillhöra Linnarhultsmagasinet som är en grundvattentäkt.

4.1.2 Grundvatten och portryck

I norra delen av uppställningsytan där sandlagret är mäktigt har detta en dränerande effekt i de övre jordlagren. Grundvattenytan för övre magasinet befinner sig strax under markytan. Portrycket ner mot sandlagret ökar med en ökning som är lägre än hydrostatisk. Vattentrycket i sandlagret har uppmätts korrelera med uppmätt vattenyta i Lärjeån. Leran under sandlagret har från cirka 10 meters djup och neråt ett portryck som ökar med mer än hydrostatiskt vilket innebär att grundvattentrycket i undre friktionsjorden utgörs av ett övertryck som i lågt belägna delar medför artesiskt tryck.

4.1.3 Sättningsförhållanden

Jorden i området är sättningskänslig och ökad belastning på marken i området kommer därför att ge upphov till betydande sättningar. Kravet för totalsättningar styrs av TK Geo-13 v2 och vilken största tillåtna hastighet (sth) som gäller. I huvudsak gäller sth 40 för anläggningen men även sth 80 och sth 65 gäller för enstaka spår. Enligt TKGeo 13 v2 är den tillåtna totalsättningen för $sth < 40 \leq 80$ km/h 30 cm på 40 år, samt att en maximal sättningsskillnad i längd- och tvärlängd på 1 % gäller. För oförstärkta förhållanden visar utförda beräkningar på en totalsättning mellan ungefär 0,4 till 0,6 meter efter 40 år.

4.1.4 Stabilitetsförhållande och utförda stabilitetsberäkningar

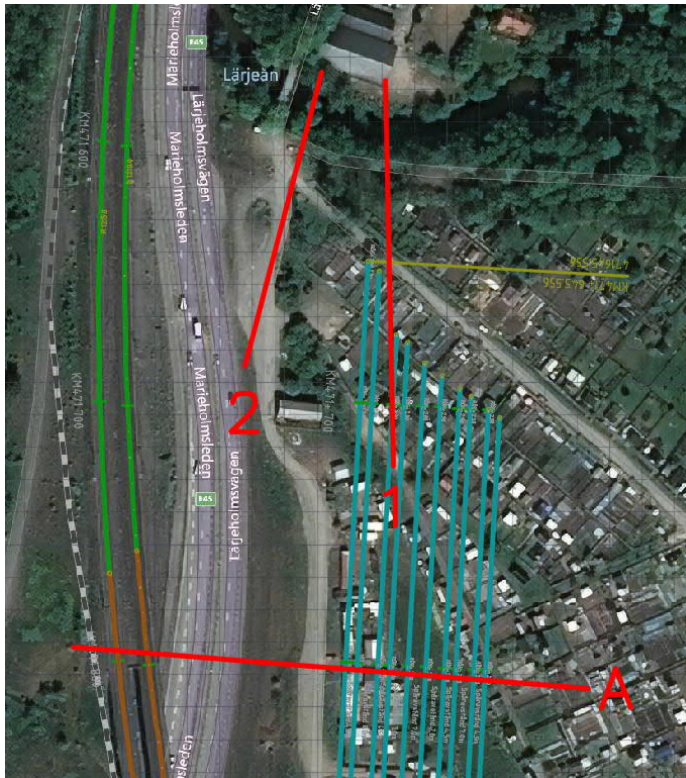
4.1.4.1 Allmänt

En oförstärkt bank i föreslaget läge kommer innebära en undermålig släntstabilitet mot väg E45 och därför kommer förstärkningsåtgärder erfordras. För dagens geometri finns avlastningsytor som utfördes i samband med byggnation av E45. Mot Lärjeån i norr medför en utbyggnad att släntstabiliteten för den planerade järnvägsanläggningen är tillfredställande vilket innebär att förstärkningsåtgärder avseende stabilitet mot Lärjeån ej erfordras. Däremot är släntstabiliteten lokalt invid ån undermålig men beräkningar visar att detta inte påverkar uppställningsytan eller den omgärdande servicevägen.

4.1.4.2 Beräkningsförutsättningar

Stabilitetsförhållanden har kontrollerats i två sektioner för befintliga förhållanden och permanent skede (sektion 1 och sektion A), se Figur 4.2. För systemhandling har dessutom en sektion beräknats för en tillfällig byggväg i anslutning till Lärjeån (sektion 2). Resultat från sektion 2 redovisas i Projekterings-PM Geo ingående i systemhandling och ej i föreliggande PM.

Beräknade sektioners läge har valts utifrån mest kritiska med avseende på geometri och belastningar med mera.



Figur 4.2 Lägen för beräknade stabilitetssektioner

Stabilitetsanalyserna har utförts både som kombinerade och odränerade analyser med programvara Geostudio 2019 R2 Slope/W version 10.1.0.18696. Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgenstern-Pricemetoden för cirkulär cylindriska glidytor. Beräkningssektioner redovisas i beskrivningstext nedan för respektive sektion samt i Bilaga A.

Följande har antagits i utförda beräkningar:

- Geoteknisk kategori (GK2)
- Säkerhetsklass för järnvägsanläggning (SK3)
- Säkerhetsklass för serviceväg och anslutningsväg (SK2)
- Dimensioneringsätt DA3

Erforderlig säkerhetsfaktor för säkerhetsklass 3 (SK 3) är $F_{EN} > 1,1$ för nybyggnation och för säkerhetsklass 2 (SK2) $F_{EN} > 1,0$.

Beräkningarna är utförda enligt partialkoefficientmetoden beskriven i IEG:s rapporter 2:2008 och 6:2008. Vid beräkning av dimensionerande värden (X_d) från valda värden (X_{valt}) ska följande samband användas:

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} \cdot \eta \cdot X_{valt}$$

Värden på partialkoefficienter för material γ_M har valts enligt tabell 3.2 i IEG:s rapport 6:2008. Omräkningsdelfaktorer (η_{1-8}) för lerans odränerade skjuvhållfasthet har valts till 1,0, i enlighet med kriterier i IEG:s rapport 6:2008.

Uppställningsspår ska enligt TKGeo 13 v2 alltid belastas med trafiklast utan dynamiskt tillskott. För Norge-Vänerbanan gäller STAX25 och STVM8 vilket ger en trafiklast på 32 kPa vid dimensionering. Denna last kan för uppställningsspåren reduceras med en faktor 0,83 med avseende på hastigheten 0 km/h, vilket ger en karakteristisk last på 26,6 kPa. Dimensionerande värde för trafiklasten blir för partialkoefficientmetoden 33,8 kPa. För serviceväg är den dimensionerande trafiklasten 19,05 kPa.

För uppställningsytan har trafiklast även tillämpats vid beräkningar i kombinerad analys eftersom tågen bedöms kunna stå uppställda en längre tid.

För anslutningsvägen har inga specifika stabilitetsberäkningar utförts i systemhandlingsskedet. För att säkerställa bankens stabilitet- och sättningssituation föreslås förstärkningsåtgärder för anslutningsvägens bankar upp mot bron över spårvägen utgöras av KC-pelare som övergår till bankpålning på västra sidan och på östra sidan bankpålning som övergår i lättfyllning. Dimensionering utförs i projekteringskedet.

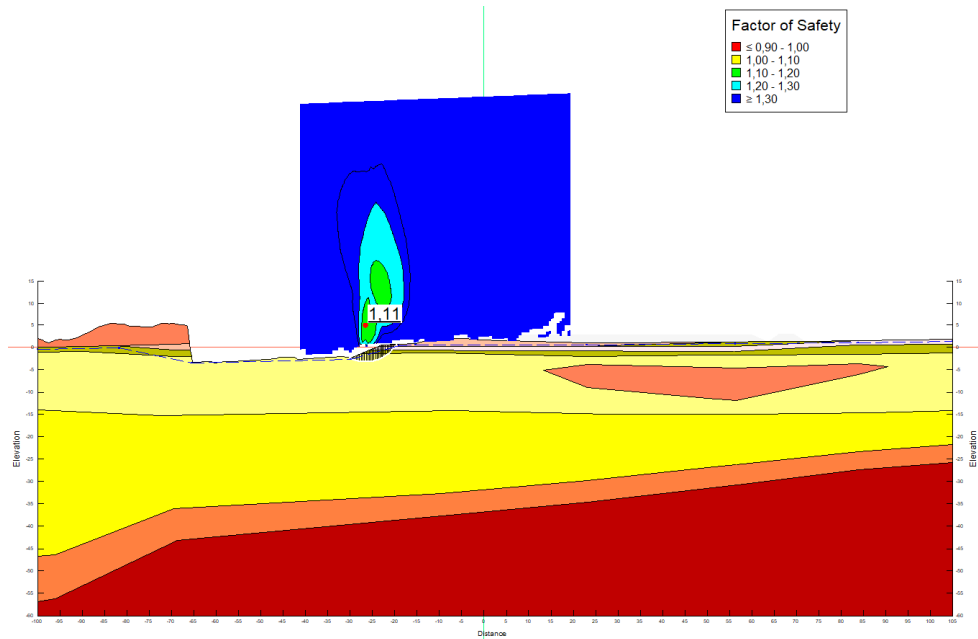
4.1.4.3 Resultat för stabilitetsberäkningar

Sektion A (mot väg E45)

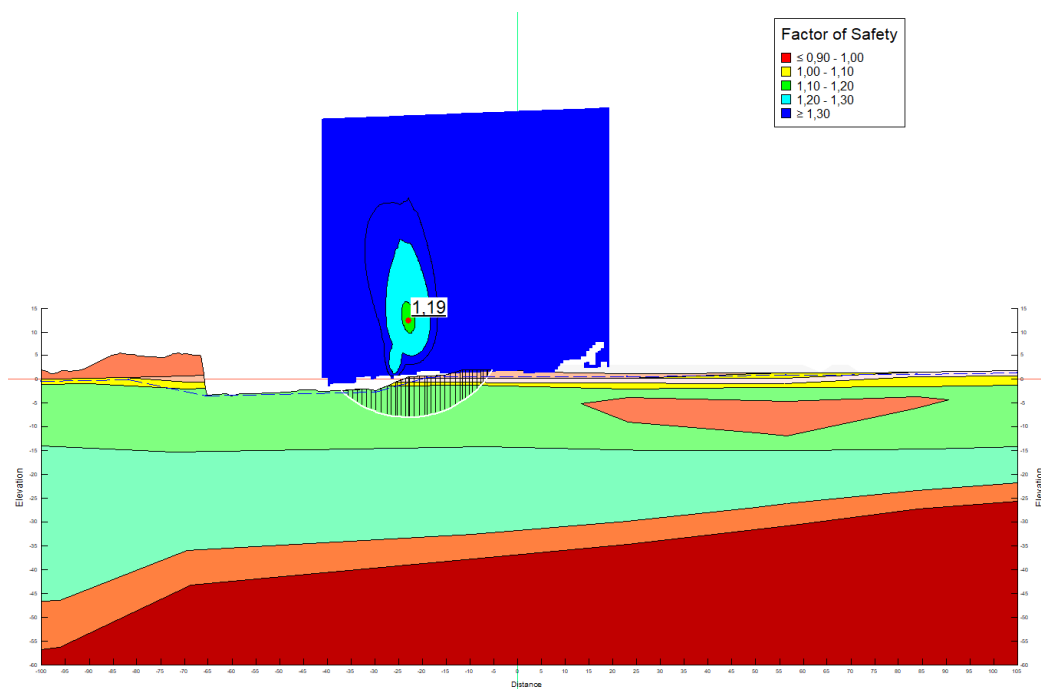
Jordprofil har valts utifrån utförda undersökningspunkter. Vald skjuvhållfasthet är 18 kPa ner till nivå 0 och därunder en ökning med 0,75 kPa/m och lerans densitet varierar mellan 1,6 till 1,8 t/m³. Vald portrycksfördelning är hydrostatiskt ökande från nivå 0 och ner till 10 meters djup och därunder en ökning med 11kPa/m.

Beräkningar har utförts för befintliga förhållanden samt med planerad anläggning oförstärkt och förstärkt.

Utförd stabilitetsanalys för befintliga förhållanden ger en lägsta säkerhetsfaktor $F=1,11$ vid kombinerad analys, se Figur 4.3. Vid odränerad analys fås en lägsta säkerhetsfaktor $F=1,19$ vid odränerad analys, se Figur 4.4. Därav är kombinerad analys dimensionerande för befintliga förhållanden.



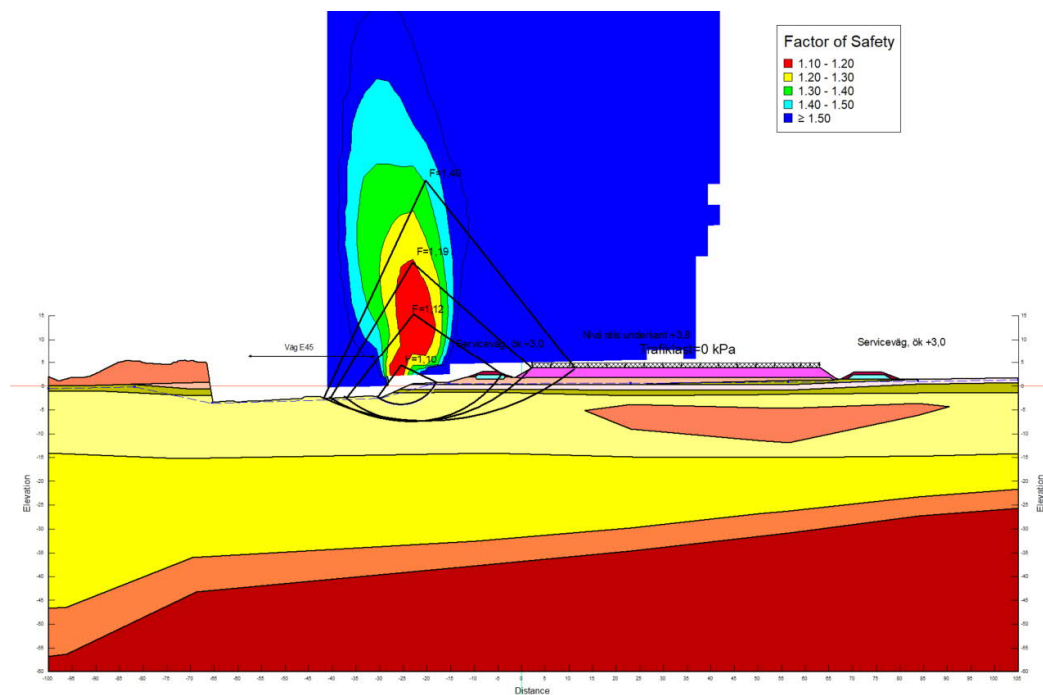
Figur 4.3 Kombinerad analys för befintliga förhållanden för sektion A mot E45



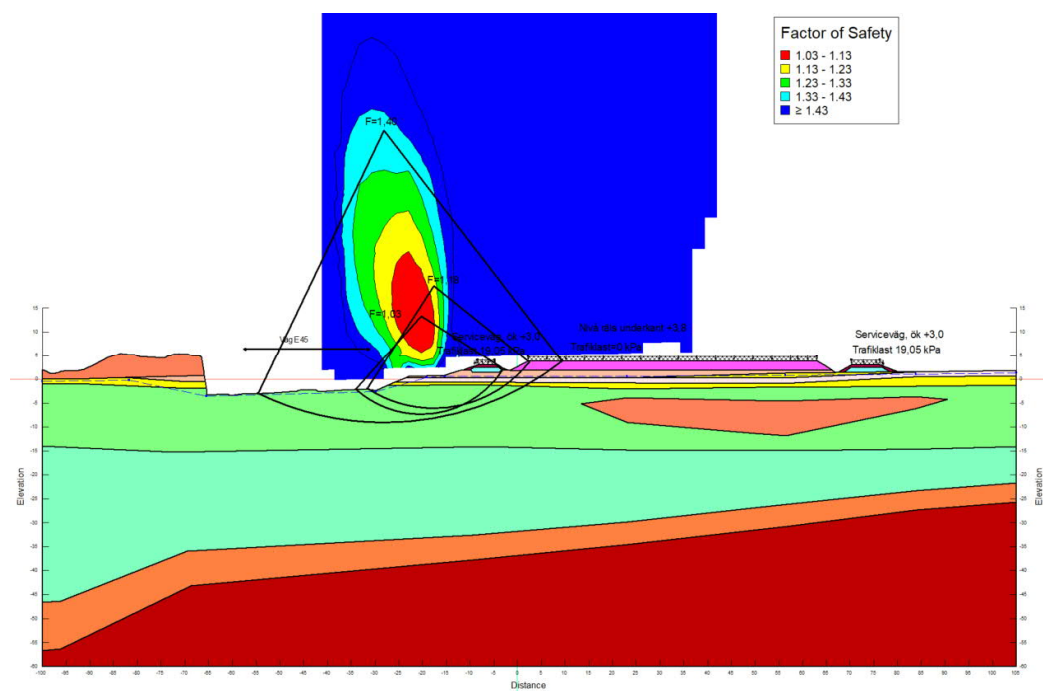
Figur 4.4 Odränerad analys för befintliga förhållanden för sektion A mot E45

Färdig anläggning innebär ökad belastning i form av bank och trafiklast från uppställda tåg. Utan förstärkningsåtgärd uppnås inte erforderlig säkerhetsfaktor i sektion A. Den föreslagna förstärkningsåtgärden utgörs av stödpålad bankpålning för järnvägsanläggning och 20 meter djupa KC-pelare i kombination med en meter lättklinker för servicevägen. I utförda stabilitetsberäkningar för permanent skede har lättklinker i banken tillgodoräknats men inte föreslagna KC-pelare vilket skulle kräva särskild utredning om dessa kan komma att utgöras av Multicem-pelare. Detta innebär att beräkningarna är på säkra sidan.

Beräknad säkerhetsfaktor är över 1,1 för glidytor som omfattar uppställningsytan och över 1,0 för glidytor som berör servicevägen i både kombinerad och odränerad analys. Därmed uppfylls erforderliga stabilitetskrav för sektion A. Se Figur 4.5 och Figur 4.6.



Figur 4.5 Kombinerad analys för permanent skede i sektion A med bankpålning



Figur 4.6 Odränerad analys för permanent skede i sektion A med bankpålning

Sektion 1 (mot Lärjeån)

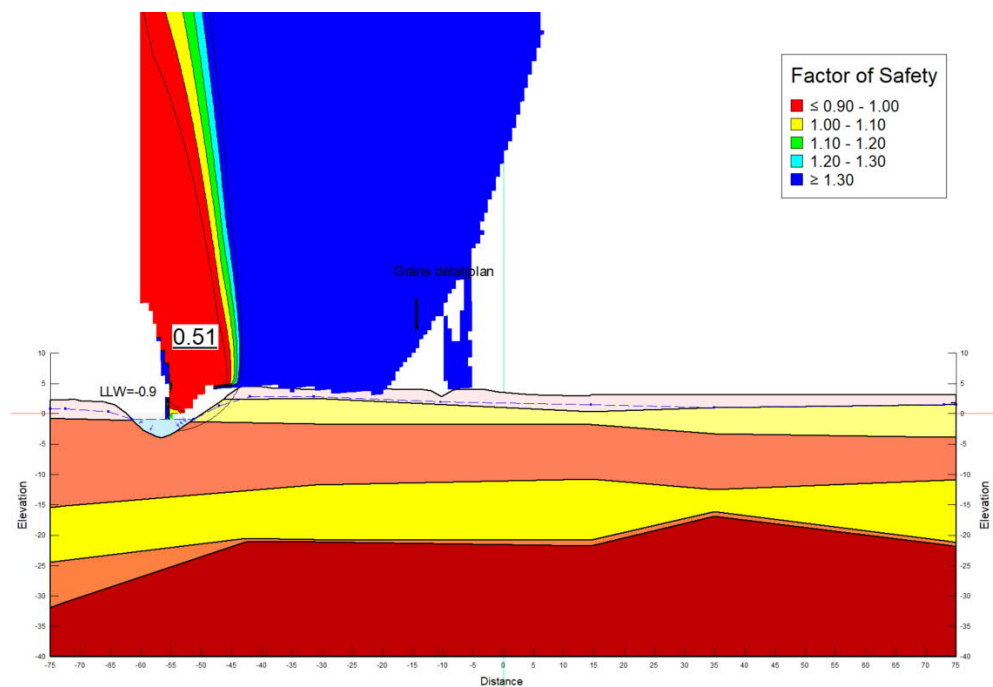
Som vattenstånd i Lärjeån har lägsta lågvattennivå (LLW) -0,9 använts i beräkningarna.

Jordprofil har valts utifrån utförda undersökningspunkter. I sektion 1 finns ett inbäddat sandlager med lera både ovan och under. Vald odränerad skjuvhållfasthet för leran över sandlagret är 15 kPa på nivån 0 och därunder en ökning med 1,25 kPa/m. För leran under sandlagret är den odränerade skjuvhållfastheten 32 kPa från nivån -10 och därunder en ökning med 0,55 kPa/m. Lerans densitet varierar mellan 1,65 till 1,85 t/m³ och sandens densitet är satt till 1,92 t/m³. Vald portrycksfördelning är ökande med 7,3 kPa/m från nivån +1,25 och ner till sandlagret, hydrostatisk ökning genom sandlagret och därunder en ökning med 11 kPa/m.

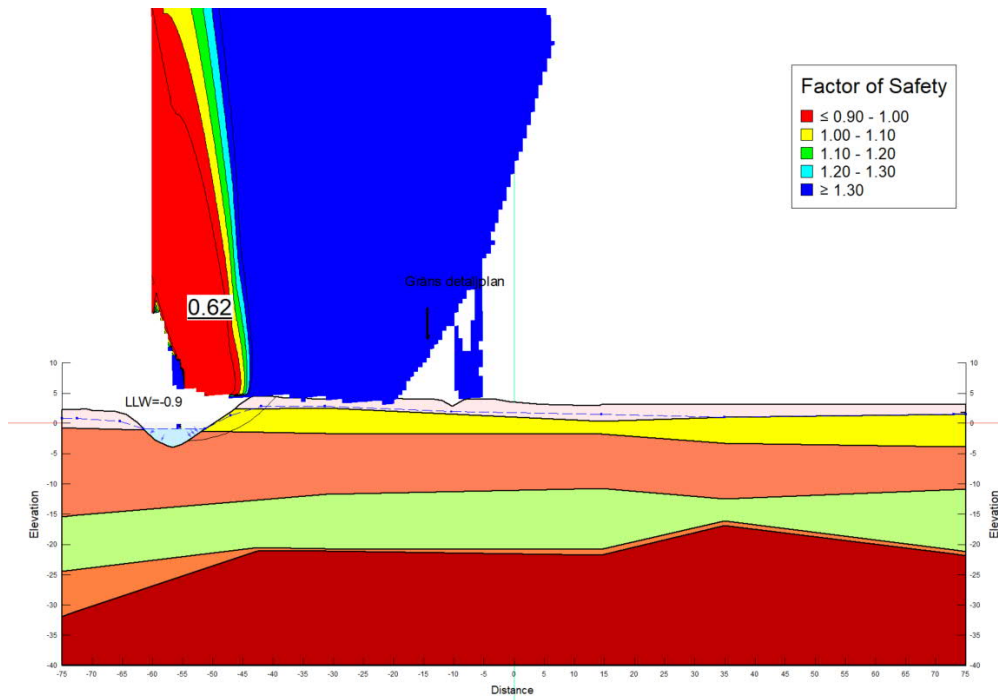
Beräkningar vars glidytor når upp till den nya uppställningsytan visar betryggande säkerhetsfaktorer både med kombinerad och odränerad analys, se Figur 4.9 Figur 4.10. Inga förstärkningsåtgärder erfordras av stabilitetsskäl i denna del av uppställningsytan för permanent anläggning.

Däremot är stabiliteten lokalt väldigt låg invid slänterna ner mot Lärjeån, se Figur 4.7 och Figur 4.8.

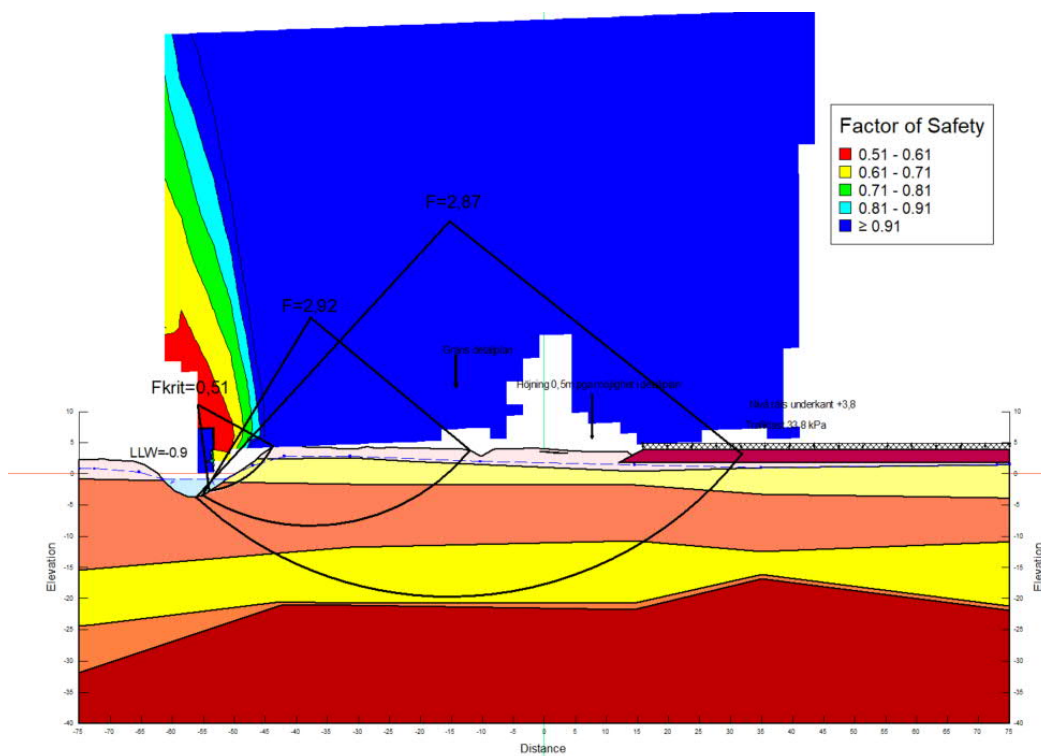
En särskild utredning avseende risk för bakåtgripande skred har utförts och denna utredning visar att bakåtgripande skred från Lärjeån inte når uppställningsytan. Utredningen avseende risk för bakåtgripande skred redovisas i kapitel Fel! Hittar inte referensälla.



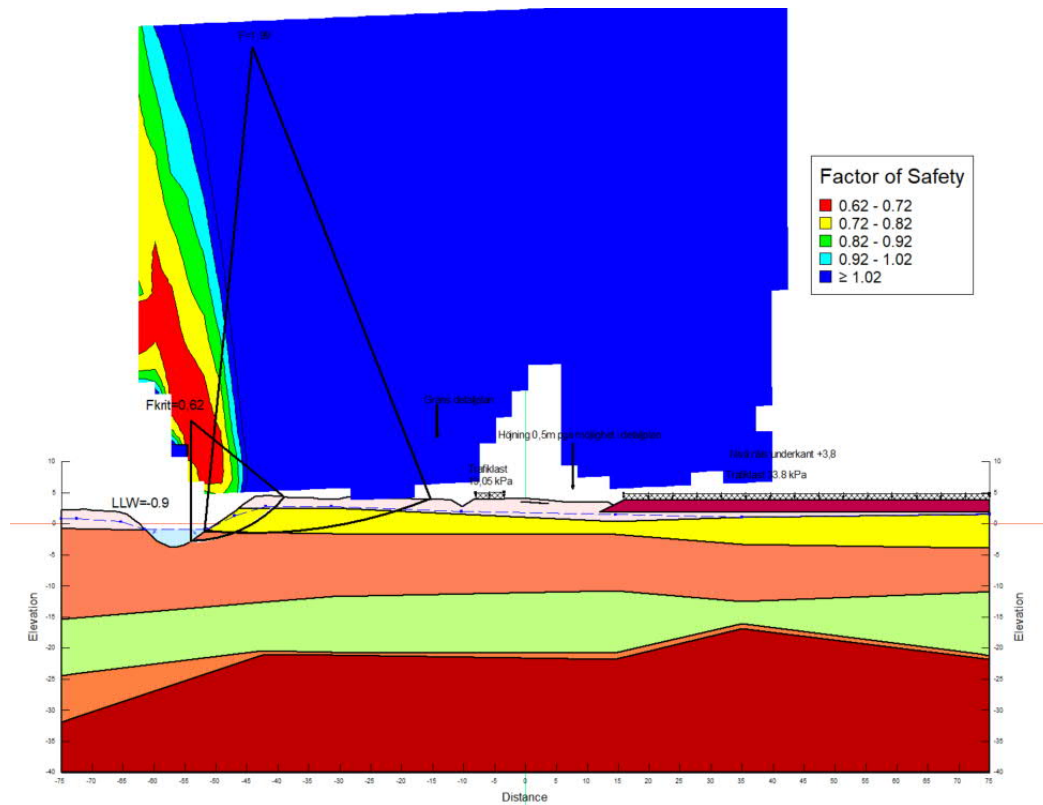
Figur 4.7 Kombinerad analys för befintliga förhållanden i Sektion 1 för glidytor lokalt invid Lärjeån.



Figur 4.8 Odränerad analys för befintliga förhållanden i Sektion 1 för glidytor lokalt invid Lärjeån.



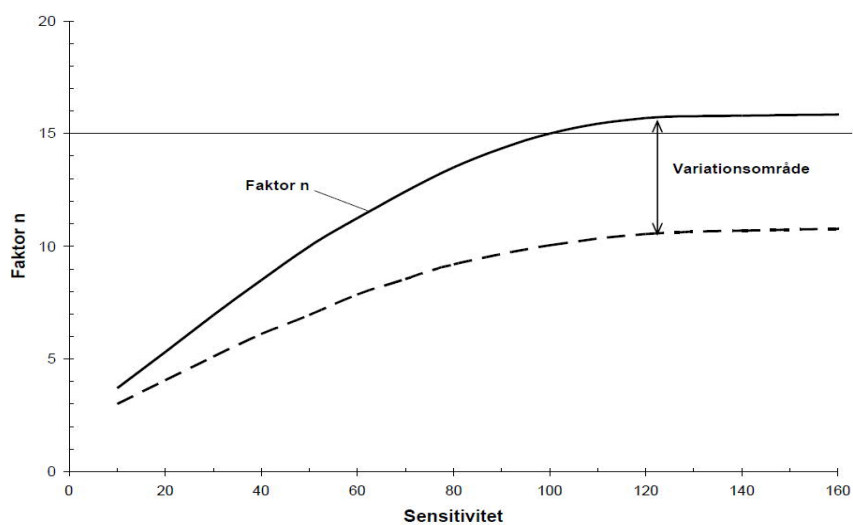
Figur 4.9 Kombinerad analys för Sektion 1 i permanent utbyggt skede. Beräknad säkerhetsfaktor är $F=2,87$ eller högre för glidytor som når planerad anläggning.



Figur 4.10 Odränerad analys för Sektion 1 i permanent utbyggt skede. Beräknad säkerhetsfaktor är $F=1,99$ eller högre för glidytor som når planerad anläggning

4.1.4.4 Risk för bakåtgripande skred

För att bedöma risken för bakåtgripande skred har metodik presenterad i "Hantering av kvickleraförekomst vid stabilitetsbedömning för Göta älv" (SGI Göta älvutredningen-delrapport 32, 2011) använts. Förenklat bygger metoden på att utsträckningen av möjliga bakåtgripande skred beräknas med en faktor n gånger slänthöjden. Faktorn n är beroende av och ökar med sensitiviteten hos leran, se Figur 4.11.



Figur 4.11 Graf för att bestämma lutningen n för hur långt bak bakåtgripande skred kan förväntas nå, SGI Göta Älvutredningen-delrapport 32.

Bedömningen av risken för bakåtgripande skred för det nu aktuella området baseras på tidigare utförda beräkningar gjorda av Sweco i samband med Göta älvtredningen-delområde 10 (totalsäkerhetsanalys), projektering av Banaväg-i-väst (totalsäkerhetsanalys) samt stabilitetsberäkningar i innevarande uppdrag (partialkoefficientsanalys).

Sektioner mot Göta älv:

- Två sektioner från Göta älvtredningen har studerats: 77585E ($F_c=1,2$, $F_{komb}=1,15$) och 77170E ($F_c=2,3$ och $F_{komb}=2,2$). (Dessa är samma beräkningar som i Stabilitetskartering Göteborgs stad men de benämns då N006-K1 och N006-K14). Sensitiviteten är uppmätt till <25 förutom på en nivå (30m djup) där $St=55$.

Det område som bedöms kunna beröras av bakåtgripande skred enligt metoden ovan sträcker sig ca 65 meter från Göta älvs strandkant för respektive sektion (för värsta fallet med $St=55$). Mellan område med risk för bakåtgripande skred och nytt område för uppställningsspår finns väg E45 (delvis i skärning) och Norge-Vänerbanan (på bank) som med sina grundläggningar mm också begränsar skredutbredningen.

Eventuellt utbildande av glidytor mot Göta älv bedöms inte påverka stabiliteten för det nu projekterade området.

- De sektioner som är räknade i Banaväg-i väst i ungefär öst-västlig riktning fokuserar på stabiliteten för väg/järnväg och sträcker sig inte så långt att de når Göta älv. Utbredning av bakåtgripande skred har därför ej bedömts baserat på dessa.

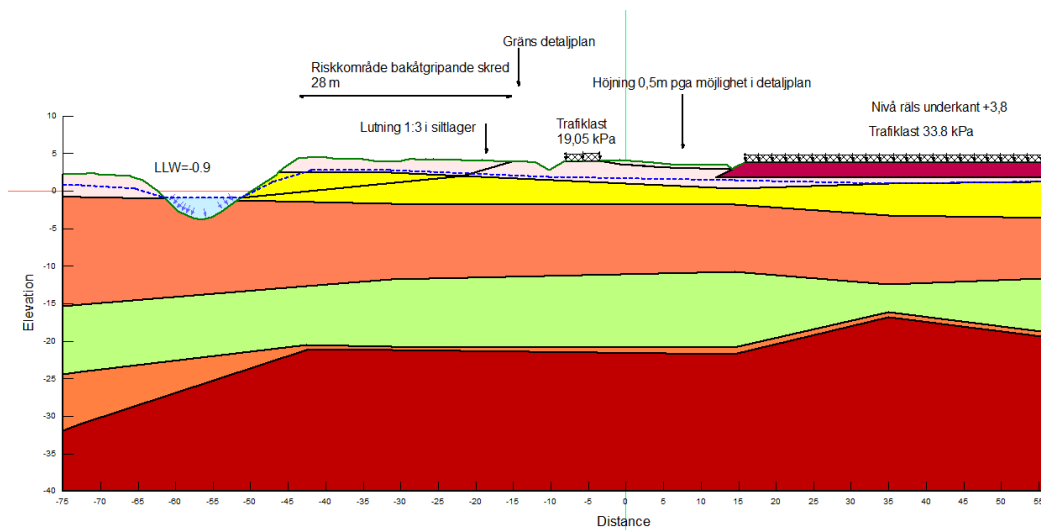
Sektioner mot Lärjeån:

- Tre sektioner mot Lärjeån finns från Banaväg-i-Väst: Lärjeån 1, 2 och 3 (längdmätning 471+500 enligt det projektet). Alla tre sektioner är belägna väster om Väg 45/ Norge-Vänerbanan, alltså ej inom nuvarande utredningsområde.
- Sektion Lärjeån 2-söder ($F_{drän}=1,48$) och sektion Lärjeån 3-väster ($F_{drän}=1,87$) är de som möjligen kan anses relevanta för innevarande uppdrag. Sensitiviteten är uppmätt till cirka 20-30, förutom på en nivå (30m djup) där $St=58$. På grund av de sandskikt som finns och nivån på kolv med hög sensitivitet bedöms den ej vara relevant för beräkning av bakåtgripande skred.

Det område som bedöms kunna beröras av bakåtgripande skred enligt föreslagen metod vid $St=30$ bedöms sträcka sig ca 35 meter från Lärjeåns strandkant om man utgår från åbotten och bortser från att lager av siSa/Sa kan ha andra förutsättningar gällande bakåtgripande skred.

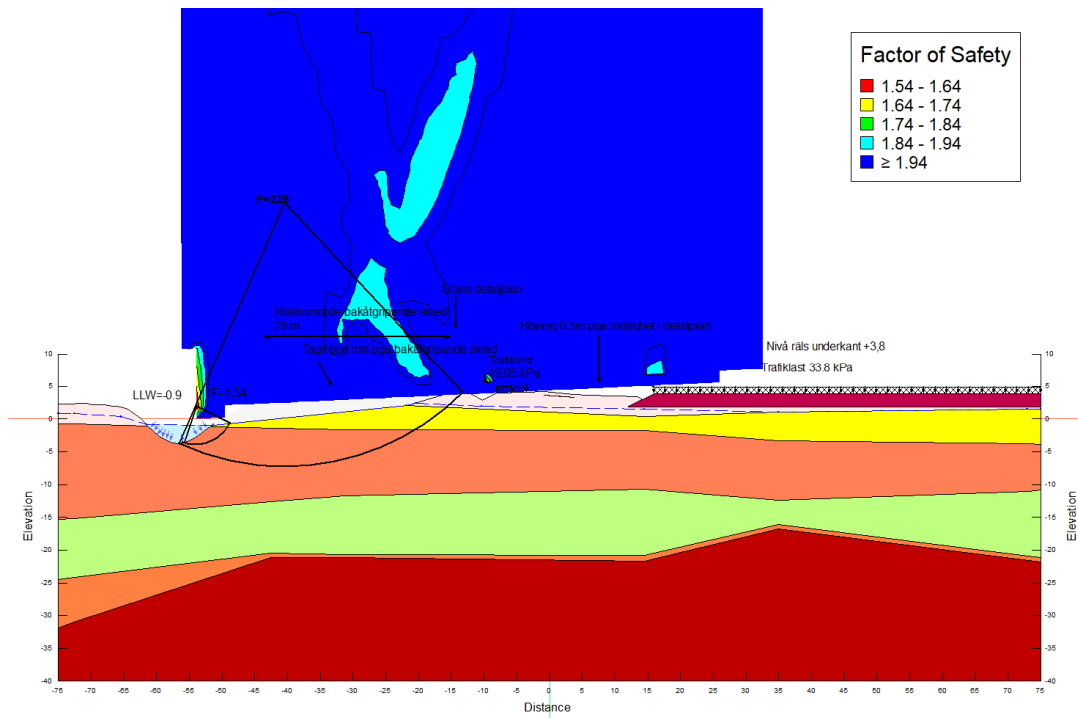
- Inom ramen för innevarande uppdrag har två sektioner mot Lärjeån beräknats: Sektion 1 och Sektion 2. Nu utförda undersökningar visar sensitivitet upp till cirka 41-43 i det övre lerlagret. Området som bedöms kunna beröras av

bakåtgripande skred vid sektion 1 når ungefär 28 m bakom slänkrön om metoden för bedömning av bakåtgripande skred utgår från underkant av lerlagret samt att lutningen i silt/ sand justeras till 1:3, se Figur 4.12. Denna anpassning av SGIs metod har tagits fram tillsammans med Trafikverket. Läget för sektion 1 sammanfaller med punkten där detaljplanen kommer som närmast Lärjeån, gränsen för detaljplaneområdet går här precis söder om begränsningslinjen för bakåtgripande skred. Beräknad stabilitet för permanentsskede sektion 1 visar ca $F_{EN}=2,6$ för glidyta som når detaljplaneområdet.



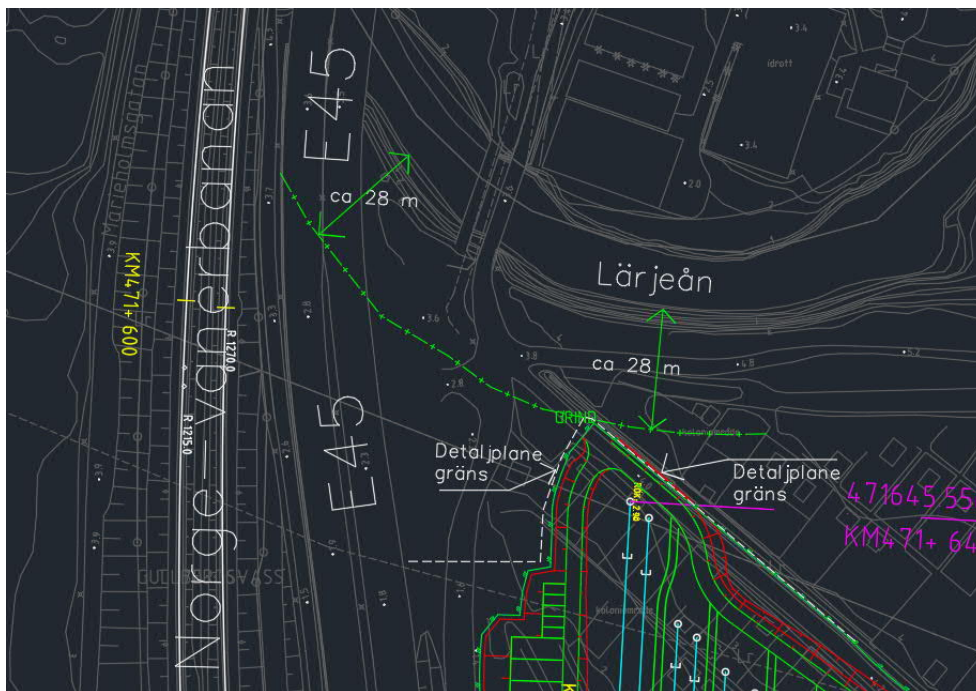
Figur 4.12 Illustration av område med risk för bakåtgripande skred med utgångspunkt från Lärjeån

Beräkning har även utförts för en situation där all jord ovan begränsningslinje för bakåtgripande skred har tagits bort. Stabiliteten blir då ca $F_{EN}=2,26$ för en glidyta som slår upp i bakkant av detta område, se Figur 4.13.



Figur 4.13 Odränerad analys för situation efter bakåtgripande skred i sektion 1.

I Figur 4.14 illustreras ungefärlig utbredning av hur långt bakåtgripande skred bedöms nå. Den gröna linjen visar ett område som sträcker sig 28 meter bakom släntkrön och visar att uppställningsytan och servicevägen ej omfattas.



Figur 4.14 Bedömd omfattning av bakåtgripande skred i anslutning till Lärjeån

4.1.5 Geotekniska förstärkningsåtgärder

För att uppfylla erforderliga krav gällande sättningar och stabilitet erfordras geotekniska förstärkningsåtgärder. Med avseende på stabilitet mot E45 visar utförda beräkningar att erforderliga krav uppfylls om förstärkning utförs med stödpålad bankpålning för järnvägsbanken och en meter lättklinker i servicevägen. Med avseende på stabilitet mot Lärjeån erfordras inga geotekniska förstärkningsåtgärder.

För att uppnå gällande totalsättningskrav erfordras geotekniska förstärkningsåtgärder. För aktuell anläggningsdel föreslås att förstärkningsåtgärderna utgörs av stödpålad bankpålning för uppställningsytan från norr ner till km 472+000 för uppställningsytan. Söder därom görs en avtrappning av pållängder som därefter ansluter KC-pelarförstärkning. För servicevägen inom aktuell del föreslås KC-pelare i kombination med lättklinker. KC-pelarna föreslås utföras i kvadratisk mönster med c/c-avstånd 1,5 meter och lättklinkern med en tjocklek på 1 meter. KC-pelarna utförs ner till sandlagret där detta förekommer och för övrigt till 20 meters djup.

4.2 Anslutningsspår NVB och uppställningsspår km 472+000 – 472+330

Uppställningsbangården består av åtta uppställningsspår och två ankomstspår som ligger parallellt med varandra. Överkant räls är på nivå cirka +4,5 vid anslutningsväxlar till Norge-Vänerbanan och nivåerna är sedan lägre åt både norr och söder.

4.2.1 Befintliga förhållanden

Marken utgörs av huvudsakligen av ängsmark. Marknivåerna varierar generellt mellan +1 och +1,5. Parallellt utmed järnvägen (Norge-Vänerbanan) löper en grusad serviceväg.

Järnvägsbanken för NVB väster om området är förstärkt med en rad olika metoder. Närmast söder om järnvägsbron, mellan km 471+950 till 472+100, är banken förstärkt med bankpålning. Söder om bankpålningen tar KC-pelare vid. Lättklinker finns ovan KC-pelare som en övergångszon mot bankpålningen mellan km 472+100 till 472+120. Där ledningar korsar järnvägsbanken är det ställvis uppehåll med KC-pelare och vid vissa av dessa uppehåll förekommer 0,5 meter lättklinkerfyllning.

4.2.2 Geotekniska förhållanden

Utförda sonderingar har huvudsakligen stoppat på fast botten på djup mellan cirka 40 och 50 meter. Sonderingarna bedöms stoppat på det undre friktionsjordlagret.

De ytligaste jordlagren har bedömts utgöras av huvudsakligen gyttjig finsandig lerig Silt och gyttjig sandig siltig Lera. Därefter följer en gyttjig siltig Lera ner till cirka 15 meters djup i den norra delen och en gyttjig finsandig lerig Silt ner till cirka 10 meters djup i den södra delen. Under leran bedöms ett lager av friktionsjord överlagra berget.

Vattenkvot och konflytgräns har uppmätts till cirka 40-80 % i de övre cirka 12 meter av leran. Därunder varierar vattenkvoten och konflytgränsen mellan cirka 50-80 %. Skjuvhållfastheten har uppmätts variera mellan cirka 15–45 kPa (korrigerade värden).

Leran är i allmänhet normal till svagt överkonsoliderad och pågående krypsättningar bedöms pågå i hela jordprofilen.

4.2.3 Grundvatten och portryck

Grundvattenytan befinner sig ungefär en meter under markytan och portrycket i leran ökar därunder med en ökning strax över hydrostatisk.

Sättnings- och stabilitetsförhållanden

Jorden i området är sättningskänslig och ökad belastning på marken i området kommer ge upphov till ökade sättningar. Kravet för totalsättningar är maximalt 0,3 meter efter 40 år, se ovan. För oförstärkta förhållanden visar utförda beräkningar på en totalsättning på ca 0,7 meter efter 40 år. Således erfordras förstärkningsåtgärder med avseende på sättningar.

Inga stabilitetsproblem föreligger för föreslagen anläggning med förstärkningsåtgärder enligt stycket ovan inom delområdet.

4.2.4 Geotekniska förstärkningsåtgärder

För att uppfylla erforderliga krav gällande sättningar erfordras geotekniska förstärkningsåtgärder. För att uppnå gällande totalsättningskrav föreslås förstärkning med KC-pelare i kombination med lättklinker. KC-pelarna föreslås utföras i kvadratisk mönster med c/c-avstånd 1,5 meter och lättklinkern med en tjocklek på 2 meter. KC-pelarna utförs till 20 meters djup. För att erhålla en jämn sättningsutveckling mellan befintlig Norge-/Vänerbana och de nya spåren måste de geotekniska förstärkningsåtgärderna anpassas. Föreslagen lösning har anpassats så att prognosticerade sättningar för ny och befintlig del harmonierar med varandra.

4.3 Utdragsspår i söder km 472+330 – 472+850

Utdragsspåren i söder består av två spår som ligger parallellt med varandra utmed Norge-Vänerbanan. Överkant räls ligger på nivå +2,9.

4.3.1 Befintliga förhållanden

Marknivån är ungefär +1 mellan km 472+330 och 472+650 därefter är marken uppfylld med marknivåer på ungefär +3. Närmast befintlig järnväg, Norge-vänerbanan, löper en grusad serviceväg.

Järnvägsbanken för Norge -vänerbanan är förstärkt med KC-pelare. Där ledningar korsar järnvägsbanken är det ställvis uppehåll med KC-pelare och vid vissa av dessa uppehåll förekommer 0,5 meter lättklinkerfyllning.

4.3.2 Geotekniska förhållanden

Utförda sonderingar har huvudsakligen stoppat på fast botten på djup mellan cirka 40-50 meter. Sonderingarna bedöms stoppat på det undre friktionsjordlagret.

De ytligaste jordlagren har bedömts utgöras av huvudsakligen fyllnadsmaterial bestående av en blandning av grus, sand och lera. Därefter följer en sandig siltig Lera ner till cirka 10 meters djup mellan km 472+600 till 472+840 och en gyttjig siltig Lera ner till cirka 5 meters djup mellan km 472+840 till 473+000. Därefter följer en sulfidhaltig siltig Lera med inslag av skal ned till ett undre friktionsjordlager. Under leran finns ett lager av friktionsjord som överlagrar berget.

Vattenkvot och konflytgränsen har uppmätts till cirka 35-85 % i de övre ca 10 meter av leran. Därunder varierar vattenkvoten och konflytgränsen mellan cirka 50-80 %. Skjuvhållfastheten har uppmätts variera mellan cirka 12 och 50 kPa (korrigerade värden). Leran är i allmänhet normal till svagt överkonsoliderad och krypsättningar bedöms pågå i delar av jordprofilen.

4.3.3 Grundvatten och portryck

Grundvattenytan befinner sig ungefär 1 meter under markytan och portrycket i leran ökar med hydrostatisk ökning ner till cirka 10 meters djup och därunder något över hydrostatisk ökning.

4.3.4 Sättnings- och stabilitetsförhållanden

Jorden i området är sättningskänslig och ökad belastning på marken i området kommer ge upphov till ökade sättningar. Kravet för totalsättning är maximalt 0,3 meter efter 40 år, se ovan. För oförstärkta förhållanden visar utförda beräkningar på en totalsättning mellan på ungefär 0,5 meter efter 40 år.

Inga stabilitetsproblem föreligger för föreslagen anläggning inom delområdet.

4.3.5 Geotekniska förstärkningsåtgärder

För att uppfylla erforderliga krav gällande sättningar erfordras geotekniska förstärkningsåtgärder. Förstärkningsåtgärderna föreslås utföras med KC-pelare i kombination med lättklinker. KC-pelarna föreslås utföras i kvadriskt mönster med c/c-avstånd 1,5 meter och lättklinkern med en tjocklek på 2 meter. KC-pelarna utförs till 20 meters djup. Eventuellt kan detaljprojektering medge minskad omfattning av förstärkningsåtgärder i den allra sydligaste delen där en befintlig uppfyllnad konsoliderat jorden i något högre grad.

4.4 Kontaktledningsfundament och teknikbyggnader

Kontaktledningsfundament och teknikbyggnader kommer anläggas på den förstärkta ytan och kommer således ha samma förstärkning som dess närliggande delar. Vid kontaktledningsfundament kan detta innebära att lättklinkern lokalt får läggas på en lägre nivå för att möjliggöra erforderlig grundläggningsbädd med krossmaterial.

Det ska observeras att nya kontaktledningsfundament kommer att placeras både väster och öster om befintlig Norge-/Vänerbanan vilket innebär att kompletterande grundförstärkning för dessa kan bli aktuellt.

4.5 Serviceväg

Servicevägen omgärdar uppställningsytan längs hela området utom mellan utdragsspåren i söder och befintlig järnväg där utrymme saknas. Servicevägen anläggs på nivå +2,4. Servicevägen kommer ej hårdgöras utan kommer vara grusad.

4.5.1 Befintliga förhållanden, Geotekniska förhållanden, Grundvatten och portryck

Servicevägen går över mark med förhållanden enligt de tre ovanstående kapitlen "Uppställningsspår km 471+645 - 472+000", "Anslutningsspår NVB och

uppställningsspår km 472+000 - 472+330" samt "Utdragsspår i söder km 472+330 - 472+850". Förutsättningar för servicevägen gäller enligt respektive delområde.

4.5.2 Stabilitets- och sättningsförhållanden och Geotekniska förstärkningsåtgärder

Då marken är sättningsbenägen och nivån för servicevägen på +3,0 medför ytterligare belastning på jorden förutsätts att markförstärkning av vägen kommer att behövas. Inga specifika sättningsberäkningar har utförts för servicevägen utan beräkningar för uppställningsytan har utnyttjats för bedömning av erforderliga förstärkningsåtgärder. Servicevägen föreslås utföras med KC-pelarförstärkning i kvadratisk mönster med c/c-avstånd 1,5 meter. KC-pelarna utförs ner till sandlagret där detta förekommer och för övrigt till 20 meters djup. KC-pelarna kombineras med 1 meter lättklinker. För servicevägens norra delar från cirka km 471+700 och norrut erfordras ingen förstärkning av servicevägen. Eventuellt kan detaljprojektering även medge minskad omfattning av förstärkningsåtgärder i den allra sydligaste delen där en befintlig uppfyllnad konsoliderat jorden i något högre grad.

Utförda beräkningar visar att tillfredsställande stabilitet bibehålls både i norr mot Lärjeån och i väster mot väg E45.

4.6 Infartsväg och bro över spårväg

Infartsväg in till området kommer att anläggas från öster med en trespannsbro över spårvägen. Infartsvägen kommer beläggas och få hårdgjord yta.

4.6.1 Befintliga förhållanden, Geotekniska förhållanden, Grundvatten och portryck

Infartsvägen och bron över spårvägen går över mark med förhållanden enligt ovanstående kapitel 4.2 "Anslutningsspår NVB och uppställningsspår km 472+000 – 472+330" samt kapitel 4.3 "Utdragsspår i söder km 472+330 – 472+850". Förutsättningar för infartsvägen och bron gäller enligt respektive delområde.

4.6.2 Stabilitets- och sättningsförhållanden, Geotekniska förstärkningsåtgärder

För infartsvägens del på västra sidan av spårvägen gäller samma förhållanden som för servicevägen vilket innebär en färdig vägnivå på +2,4. Därav föreslås att grundförstärkning utförs på samma sätt, det vill säga 20 meter djupa KC-pelare i kvadratisk mönster med c/c-avstånd 1,5 meter. Där banken upp mot bron stiger föreslås bankpålning på en sträcka av ungefär 20 meter närmast bron landfäste på väster respektive öster sida. Bankpålningen föreslås utgöras av kohesionspål där pållängden succesivt avtar från 40 meter närmast bron till 20 meter. På östra sidan föreslås att bankpålningen följs av en lättklinkerförstärkning vars tjocklek succesivt minskar. Sista delen av infartsvägen på den östra sidan av spårvägen utförs oförstärkt eftersom den ska ansluta till oförstärkt lokalgata.

Brodelarna föreslås grundläggas med stödpålar och vid övergång mellan kohesionspålad bankpålning och stödpålad brodel utförs länkplattor.

4.7 Tillfällig arbetsväg

En möjlig tillfällig arbetsväg från E45 in till områdets norra del har studerats. Studerad arbetsväg är belägen i cirka km 471+600 och ansluter befintlig väg norr om planerad uppställningsyta ungefär i höjd med den befintliga bron över Lärjeån.

4.7.1 Befintliga förhållanden, Geotekniska förhållanden, Grundvatten och portryck

Förhållandena för studerad byggväg beskrivs i kapitel 4.1 "Uppställningsspår km 471+645 – 472+000".

4.7.2 Stabilitets- och sättningsförhållanden, Geotekniska förstärkningsåtgärder

Stabiliteten mot Lärjeån har kontrollerats för den tillfälliga arbetsvägen. Med förutsättningar att arbetsvägen anläggs i nivå med befintliga vägar, det vill säga ungefär på nivå +2,4 vid anslutningen till E45 och ungefär + 4 vid anslutning till befintlig väg i höjd med bron över Lärjeån visar utförda beräkningar att tillfredsställande stabilitet bibehålls mot Lärjeån.

4.8 Ledningar

På sträckan korsar järnvägen befintliga undermarksanläggningar, vars exakta lägen och funktion omfattas av sekretess. Dessa berörs av utbyggnaden både direkt och indirekt. Några av dem kräver ombyggnad, innan eller i samband med övrigt förstärkningsarbete. Grundläggning och hantering av dessa beskrivs i PM Samordning ledningar, Sekretess, 166006-52-025-004.

Version	Datum	Ändring	Godkänt av
A	2022-06-10	Enligt Systemhandling REV-PM 001	Monica Clemert



Trafikverket, 405 33 Göteborg. Besöksadress: Kruthusgatan 17.

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

www.trafikverket.se

Stabilitetsberäkningar



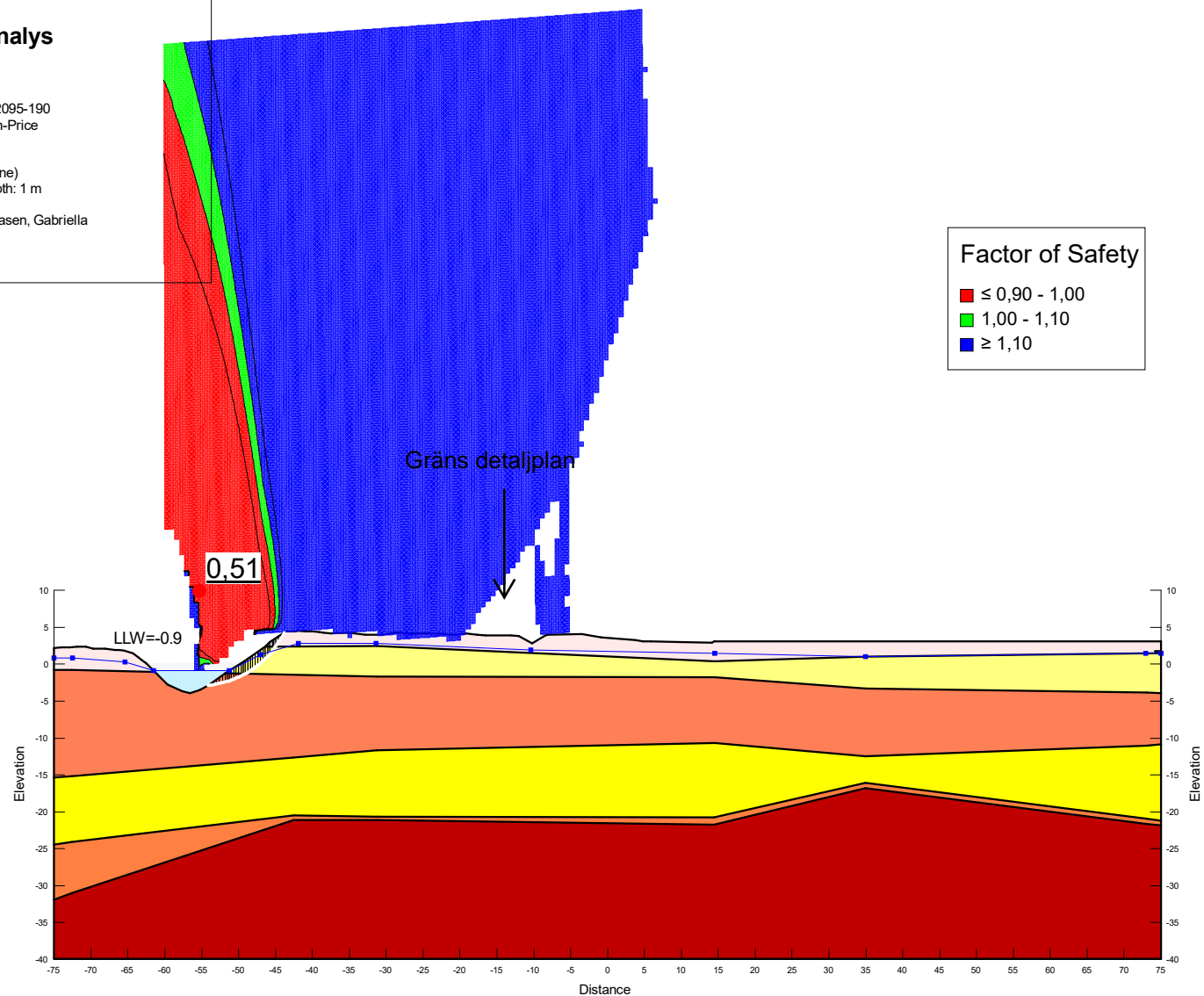
Lärje uppställningsspår

Stabilitet mot Lärjeån Befintliga förhållanden Sektion 1

Kombinerad analys

Beställare: Trafikverket
 Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Gldtyor: Grid and Radius
 Portryck: Piezometric Line
 Tension Crack Option: (none)
 Minimum Slip Surface Depth: 1 m
 Datum: 2021-03-26
 Fil senast ändrad av: Poplasen, Gabriella

Skala: 1:900 A4



Factor of Safety

- $\le 0,90 - 1,00$
- $1,00 - 1,10$
- $\ge 1,10$

- Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1
- Name: Fr
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25,67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Le (komb)
 Model: Combined, S=f(depth)
 Unit Weight: 16 kN/m³
 Phi: 23,95 °
 C-Top of Layer: 1,08 kPa
 C-Rate of Change: 0,14 (kN/m²)/m
 Cu-Top of Layer: 9,33 kPa
 Cu-Rate of Change: 1,2 (kN/m²)/m
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (komb)
 Model: Combined, S=f(depth)
 Unit Weight: 16,5 kN/m³
 Phi: 23,95 °
 C-Top of Layer: 2,46 kPa
 C-Rate of Change: 0,07 (kN/m²)/m
 Cu-Top of Layer: 21,33 kPa
 Cu-Rate of Change: 0,6 (kN/m²)/m
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Sa
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25,67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Si (df)
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 23,95 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1



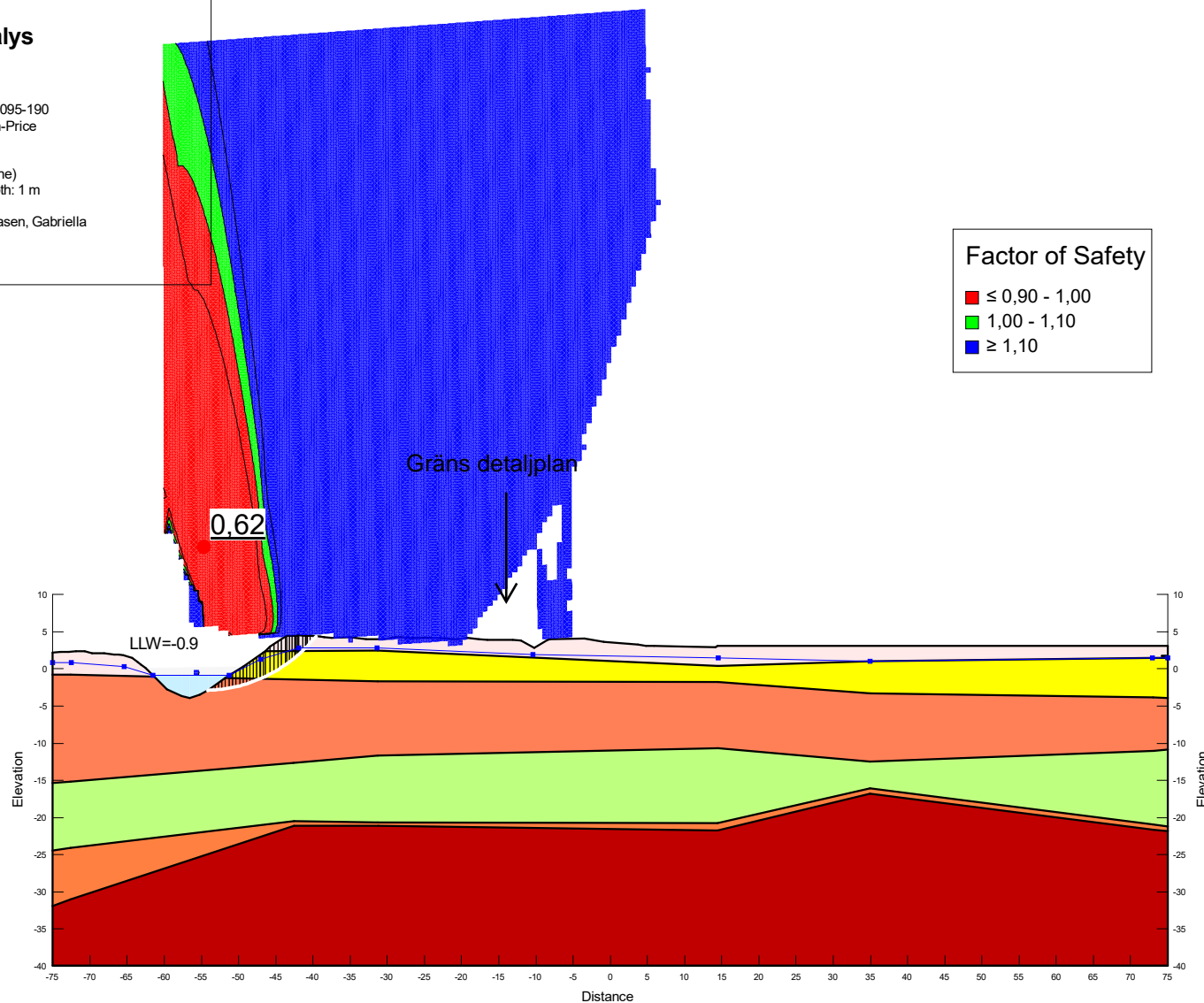
Lärje uppställningsspår

Stabilitet mot Lärjeån
Befintliga förhållanden
Sektion 1

Odränerad analys

Beställare: Trafikverket
Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtyr: Grid and Radius
Portryck: Piezometric Line
Tension Crack Option: (none)
Minimum Slip Surface Depth: 1 m
Datum: 2021-03-26
Fil senast ändrad av: Poplasen, Gabriella

Skala: 1:900 A4



Factor of Safety

- ≤ 0,90 - 1,00
- 1,00 - 1,10
- ≥ 1,10

- Name: Berg
Model: Bedrock (Impenetrable)
Piezometric Line: 1
- Name: Fr
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25,67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Le (od)
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Top of Layer: 9,33 kPa
C-Rate of Change: 1,2 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (od)
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
C-Top of Layer: 21,33 kPa
C-Rate of Change: 0,6 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Sa
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25,67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 17 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 23,95 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

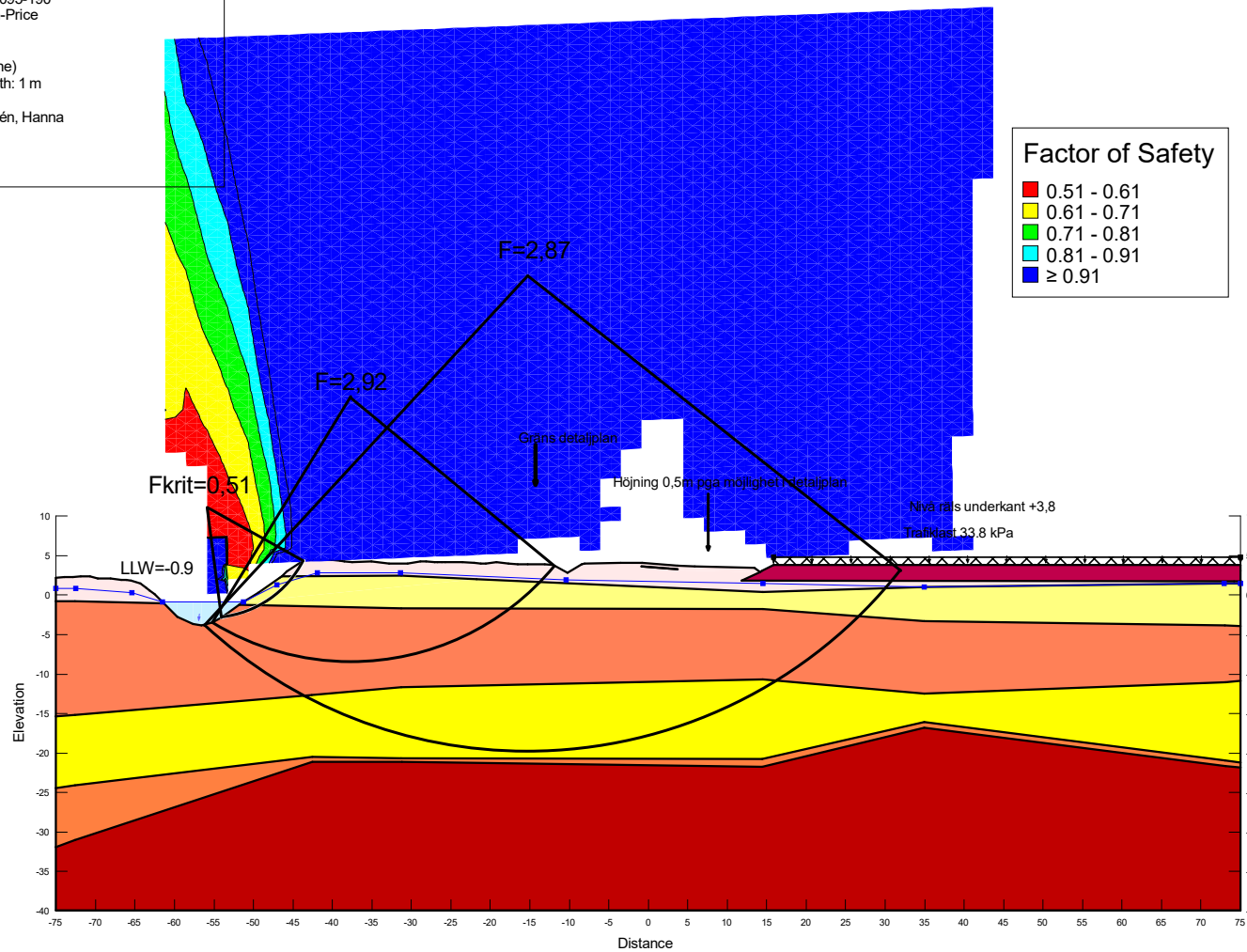
Lärje uppställningsspår

Stabilitet mot Lärjeån Permanentskede Sektion 1

Kombinerad analys

Beställare: Trafikverket
 Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Gldtyor: Grid and Radius
 Portryck: Piezometric Line
 Tension Crack Option: (none)
 Minimum Slip Surface Depth: 1 m
 Datum: 2022-05-02
 Fil senast ändrad av: Blomén, Hanna

Skala: 1:900 A4



- Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1
- Name: Fr
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25.67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Järnvägsbank
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 37.6 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Le (komb)
 Model: Combined, S=f(depth)
 Unit Weight: 16 kN/m³
 Phi: 23.95 °
 C-Top of Layer: 1.08 kPa
 C-Rate of Change: 0.14 (kN/m²)/m
 Cu-Top of Layer: 9.33 kPa
 Cu-Rate of Change: 1.2 (kN/m²)/m
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (komb)
 Model: Combined, S=f(depth)
 Unit Weight: 16.5 kN/m³
 Phi: 23.95 °
 C-Top of Layer: 2.46 kPa
 C-Rate of Change: 0.07 (kN/m²)/m
 Cu-Top of Layer: 21.33 kPa
 Cu-Rate of Change: 0.6 (kN/m²)/m
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Sa
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25.67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 23.95 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1

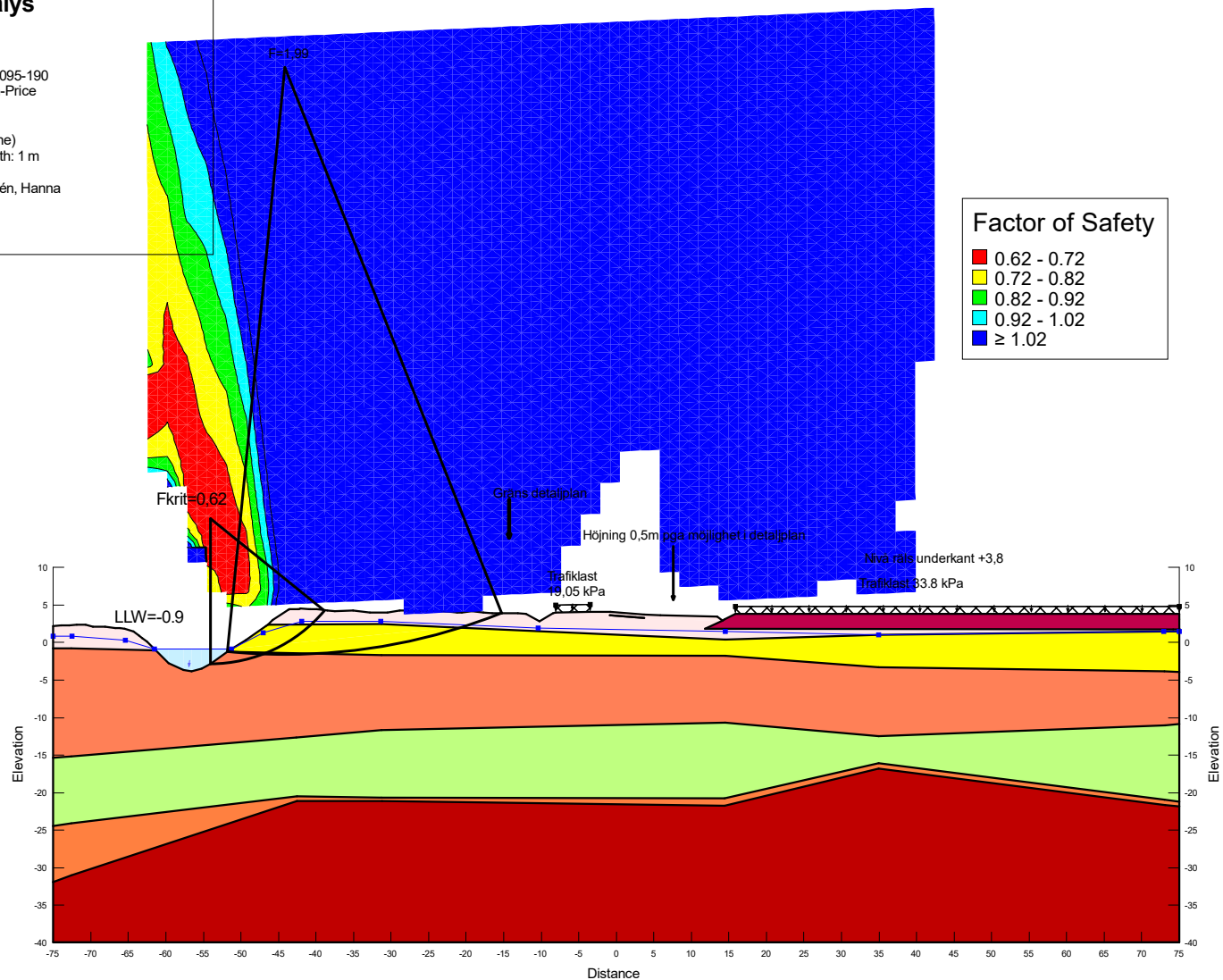
Lärje uppställningsspår

Stabilitet mot Lärjeån Permanentskede Sektion 1

Odränerad analys

Beställare: Trafikverket
 Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Gridtyor: Grid and Radius
 Portryck: Piezometric Line
 Tension Crack Option: (none)
 Minimum Slip Surface Depth: 1 m
 Datum: 2022-05-02
 Fil senast ändrad av: Blomén, Hanna

Skala: 1:900 A4



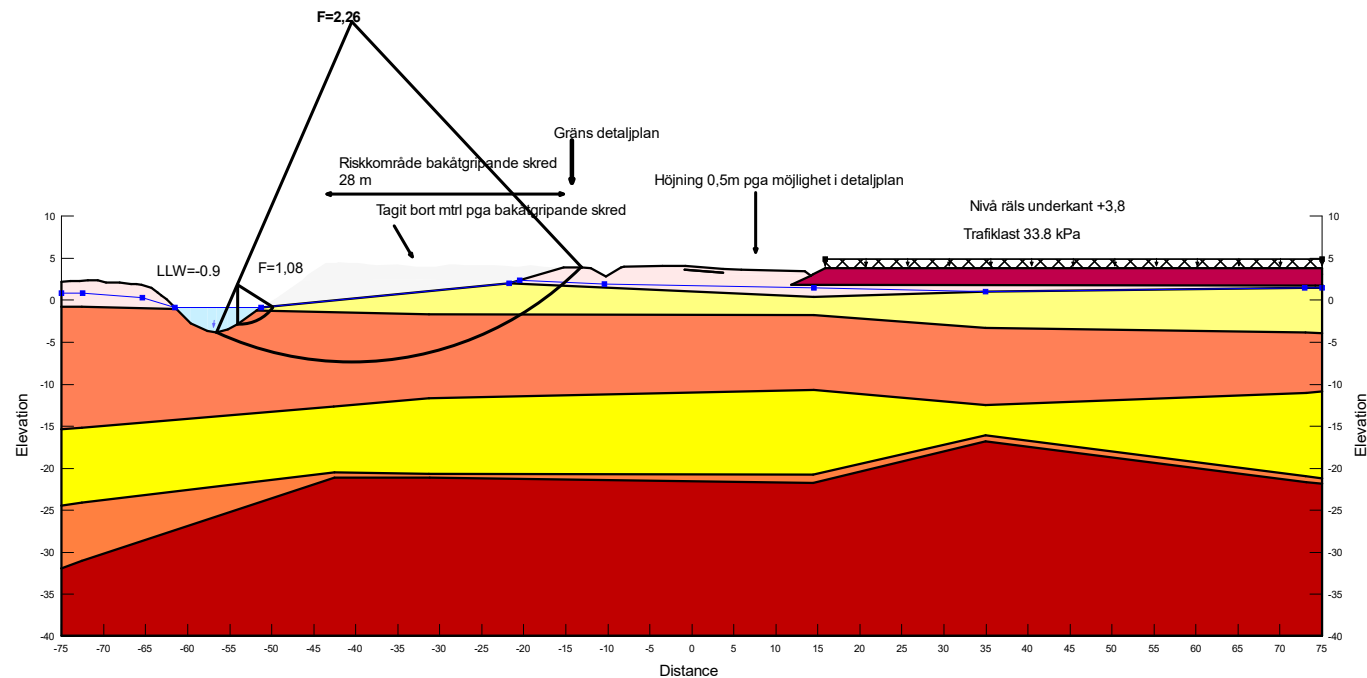
Lärje uppställningsspår

Stabilitet mot Lärjeån Bakåtgripande skred Sektion 1

Kombinerad analys

Beställare: Trafikverket
 Uppdragsnr: Sweco: 30012095-190
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Glidytor: Grid and Radius
 Portryck: Piezometric Line
 Tension Crack Option: (none)
 Minimum Slip Surface Depth: 1 m
 Datum: 2022-04-22
 Fil senast ändrad av: Blomén, Hanna

Skala: 1:900 A4



- Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1
- Name: Fr
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25,67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Järnvägsbank
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 37,6 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Le (komb)
 Model: Combined, S=f(depth)
 Unit Weight: 16 kN/m³
 Phi: 23,95 °
 C-Top of Layer: 1.08 kPa
 C-Rate of Change: 0.14 (kN/m²)/m
 Cu-Top of Layer: 9.33 kPa
 Cu-Rate of Change: 1.2 (kN/m²)/m
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (komb)
 Model: Combined, S=f(depth)
 Unit Weight: 16.5 kN/m³
 Phi: 23,95 °
 C-Top of Layer: 2.46 kPa
 C-Rate of Change: 0.07 (kN/m²)/m
 Cu-Top of Layer: 21.33 kPa
 Cu-Rate of Change: 0.6 (kN/m²)/m
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Sa
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25,67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 23,95 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1

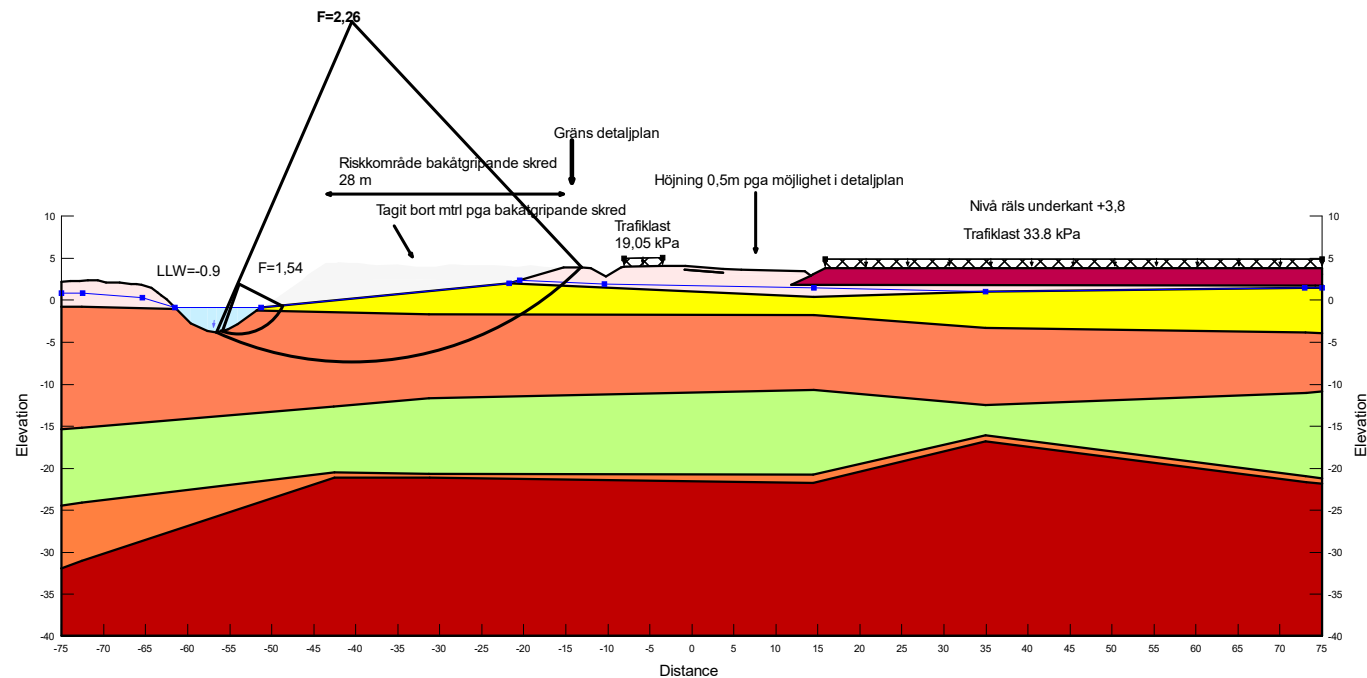
Lärje uppställningsspår

Stabilitet mot Lärjeån Bakåtgripande skred Sektion 1

Odränerad analys

Beställare: Trafikverket
 Uppdragsnr: Sweco: 30012095-190
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Glidytor: Grid and Radius
 Portryck: Piezometric Line
 Tension Crack Option: (none)
 Minimum Slip Surface Depth: 1 m
 Datum: 2022-04-22
 Fil senast ändrad av: Blomén, Hanna

Skala: 1:900 A4



- Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1
- Name: Fr
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25,67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Järnvägsbank
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 37,6 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Le (od)
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 16 kN/m³
 C-Top of Layer: 9,33 kPa
 C-Rate of Change: 1,2 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (od)
 Model: S=f(depth)
 Unit Weight: 16,5 kN/m³
 C-Top of Layer: 21,33 kPa
 C-Rate of Change: 0,6 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Sa
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25,67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 23,95 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1



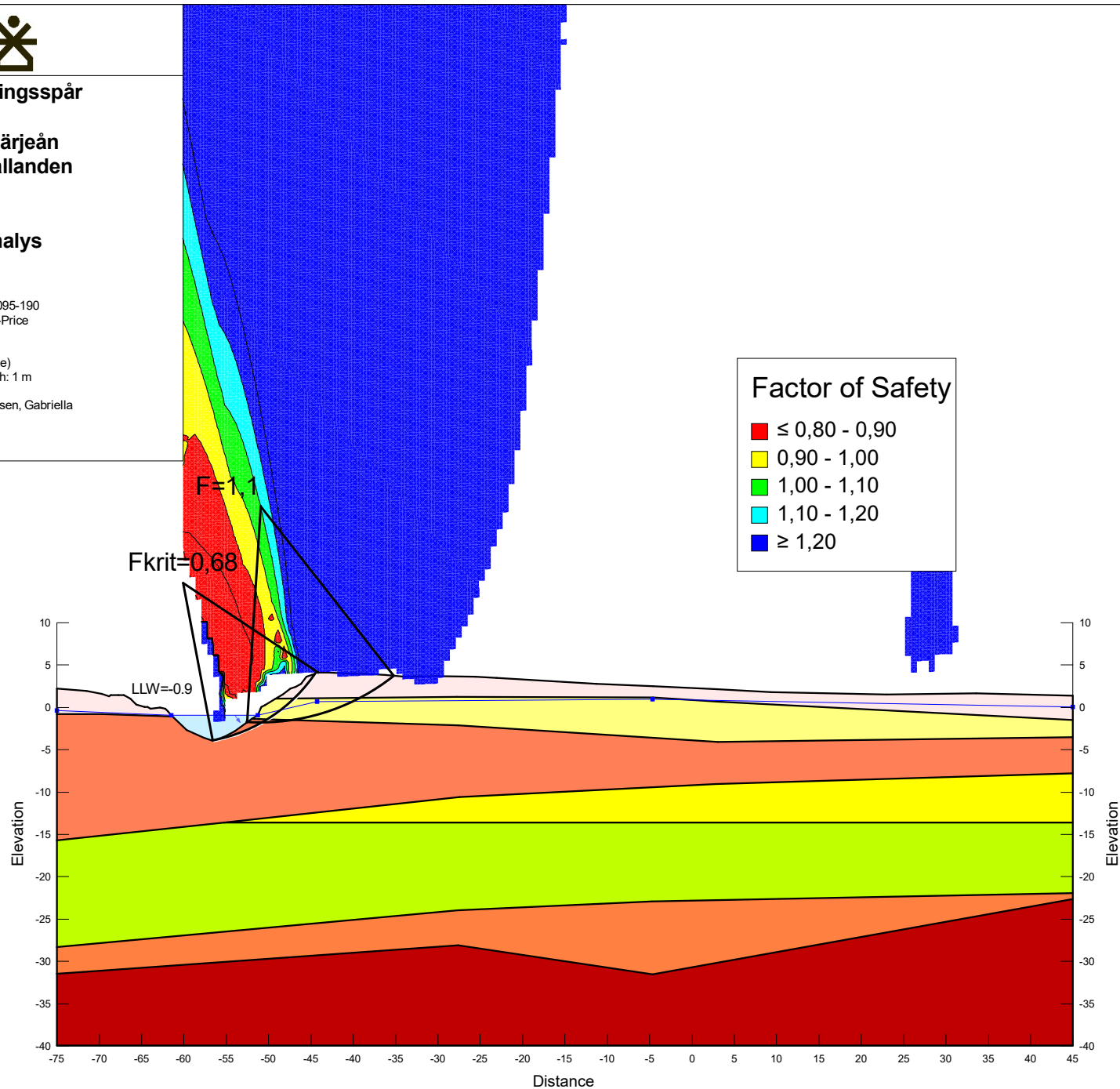
Lärje uppställningsspår

Stabilitet mot Lärjeån Befintliga förhållanden Sektion 2

Kombinerad analys

Beställare: Trafikverket
 Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Gldtyor: Grid and Radius
 Portryck: Piezometric Line
 Tension Crack Option: (none)
 Minimum Slip Surface Depth: 1 m
 Datum: 2021-07-15
 Fil senast ändrad av: Poplasen, Gabriella

Skala: 1:700 A4





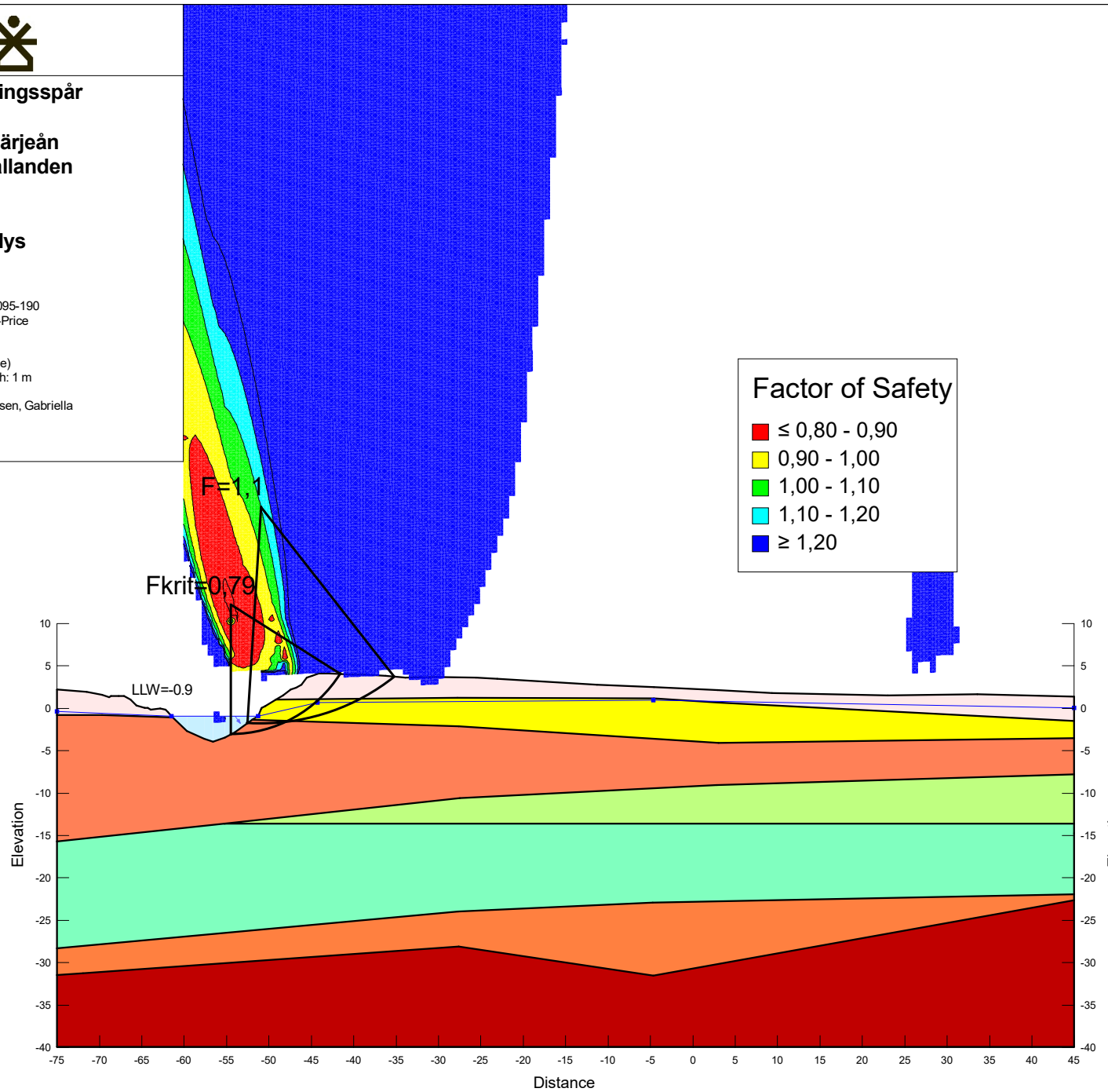
Lärje uppställningsspår

Stabilitet mot Lärjeån
Befintliga förhållanden
Sektion 2

Odränerad analys

Beställare: Trafikverket
Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtyr: Grid and Radius
Portryck: Piezometric Line
Tension Crack Option: (none)
Minimum Slip Surface Depth: 1 m
Datum: 2021-06-30
Fil senast ändrad av: Poplasen, Gabriella

Skala: 1:700 A4



- Name: Berg
Model: Bedrock (Impenetrable)
Piezometric Line: 1
- Name: Fr
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25,67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Le (od)
Model: S=(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Top of Layer: 16,67 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (od)
Model: S=(depth)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
C-Top of Layer: 16,67 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Le 3 (od)
Model: S=(depth)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
C-Top of Layer: 16,67 kPa
C-Rate of Change: 0,8 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Sa
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25,67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 17 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 23,95 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1



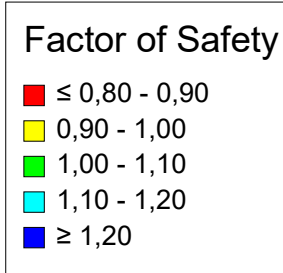
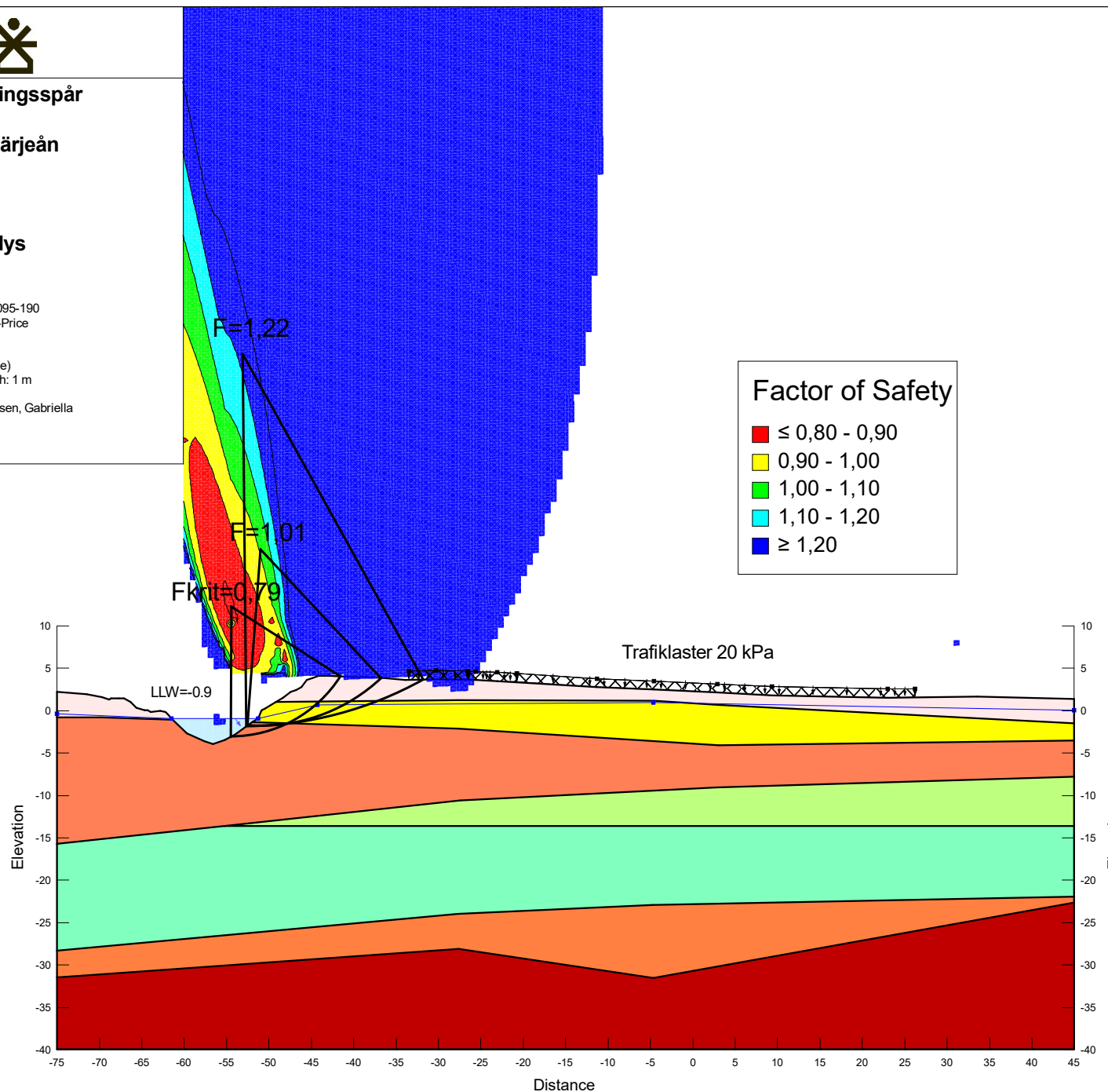
Lärje uppställningsspår

Stabilitet mot Lärjeån
Byggskede
Sektion 2

Odränerad analys

Beställare: Trafikverket
Uppdragsnr: Sweco: 30012095-190
Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtyor: Grid and Radius
Portryck: Piezometric Line
Tension Crack Option: (none)
Minimum Slip Surface Depth: 1 m
Datum: 2021-03-26
Fil senast ändrad av: Poplasen, Gabriella

Skala: 1:700 A4



- Name: Berg
Model: Bedrock (Impenetrable)
Piezometric Line: 1
- Name: Fr
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25,67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Le (od)
Model: S=(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Top of Layer: 16,67 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (od)
Model: S=(depth)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
C-Top of Layer: 16,67 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Le 3 (od)
Model: S=(depth)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
C-Top of Layer: 16,67 kPa
C-Rate of Change: 0,8 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Sa
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25,67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 17 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 23,95 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1



Uppställningsspår Lärje

Stabilitet mot E45
Befintliga förhållanden
Sektion A

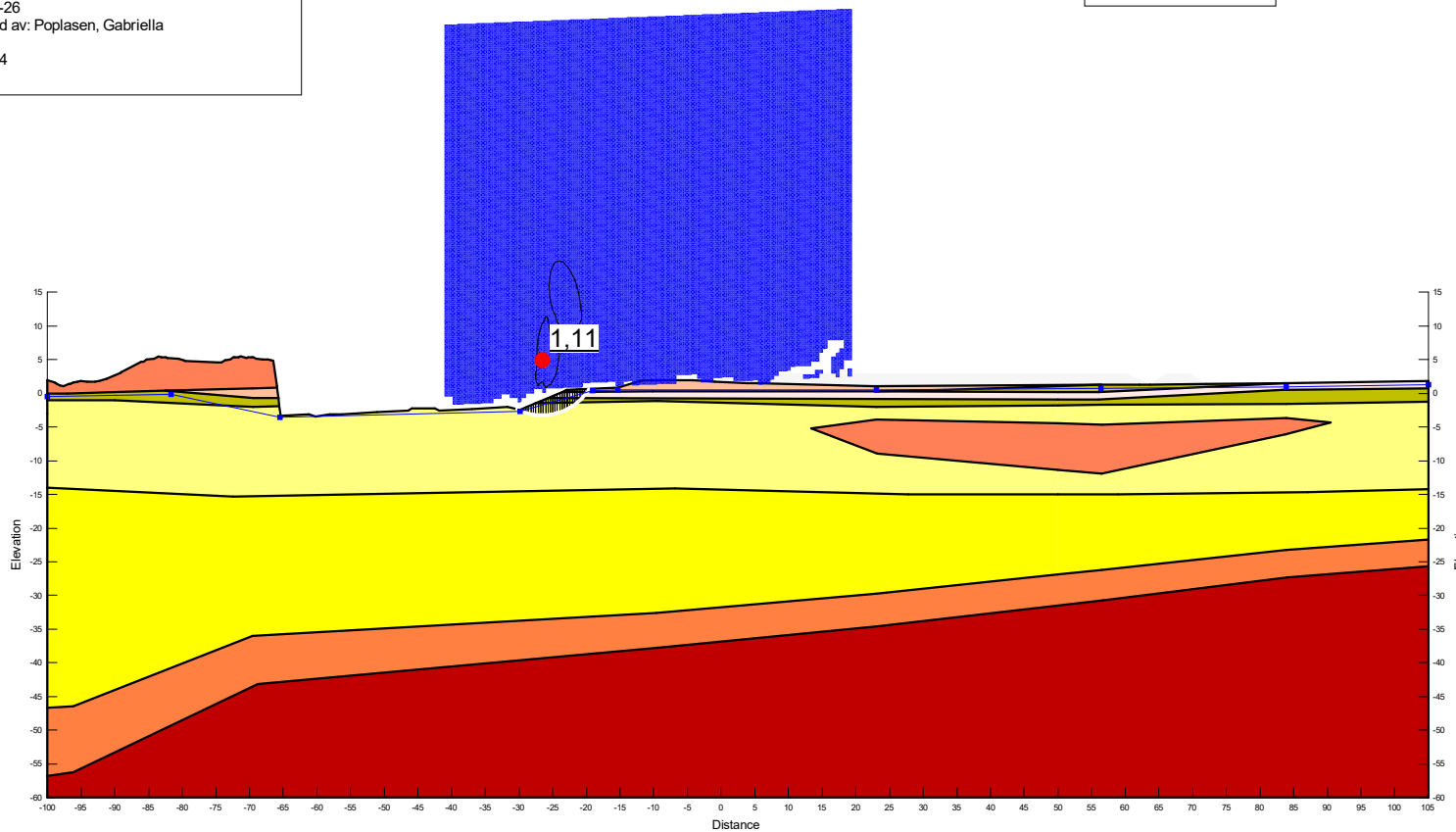
Kombinerad analys

Beställare: Trafikverket
Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtyr: Grid and Radius
Portryck: Piezometric Line
Tension Crack Option: (none)
Minimum Slip Surface Depth: 1 m
Datum: 2021-03-26
Fil senast ändrad av: Poplasen, Gabriella

Skala: 1:1 100 A4

Factor of Safety

- ≤ 0,90 - 1,00
- 1,00 - 1,10
- ≥ 1,10



- Name: Berg
Model: Bedrock (Impenetrable)
Piezometric Line: 1
- Name: Fr
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25,67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Le (komb)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 23,95 °
C-Top of Layer: 1 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
Cu-Top of Layer: 8,67 kPa
Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
C/Cu Ratio: 0
Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (komb)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
Phi: 23,95 °
C-Top of Layer: 1 kPa
C-Rate of Change: 0,12 (kN/m²/m)
Cu-Top of Layer: 8,67 kPa
Cu-Rate of Change: 1,03 (kN/m²/m)
C/Cu Ratio: 0
Piezometric Line: 1
- Name: Le 3 (komb)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
Phi: 23,95 °
C-Top of Layer: 2,54 kPa
C-Rate of Change: 0,03 (kN/m²/m)
Cu-Top of Layer: 22 kPa
Cu-Rate of Change: 0,29 (kN/m²/m)
C/Cu Ratio: 0
Piezometric Line: 1
- Name: Let (komb)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 23,95 °
C-Top of Layer: 2,31 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
Cu-Top of Layer: 19 kPa
Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
C/Cu Ratio: 0
Piezometric Line: 1
- Name: Sa
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25,67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 17 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 23,95 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1



Uppställningsspår Lärje

Stabilitet mot E45
Befintliga förhållanden
Sektion A

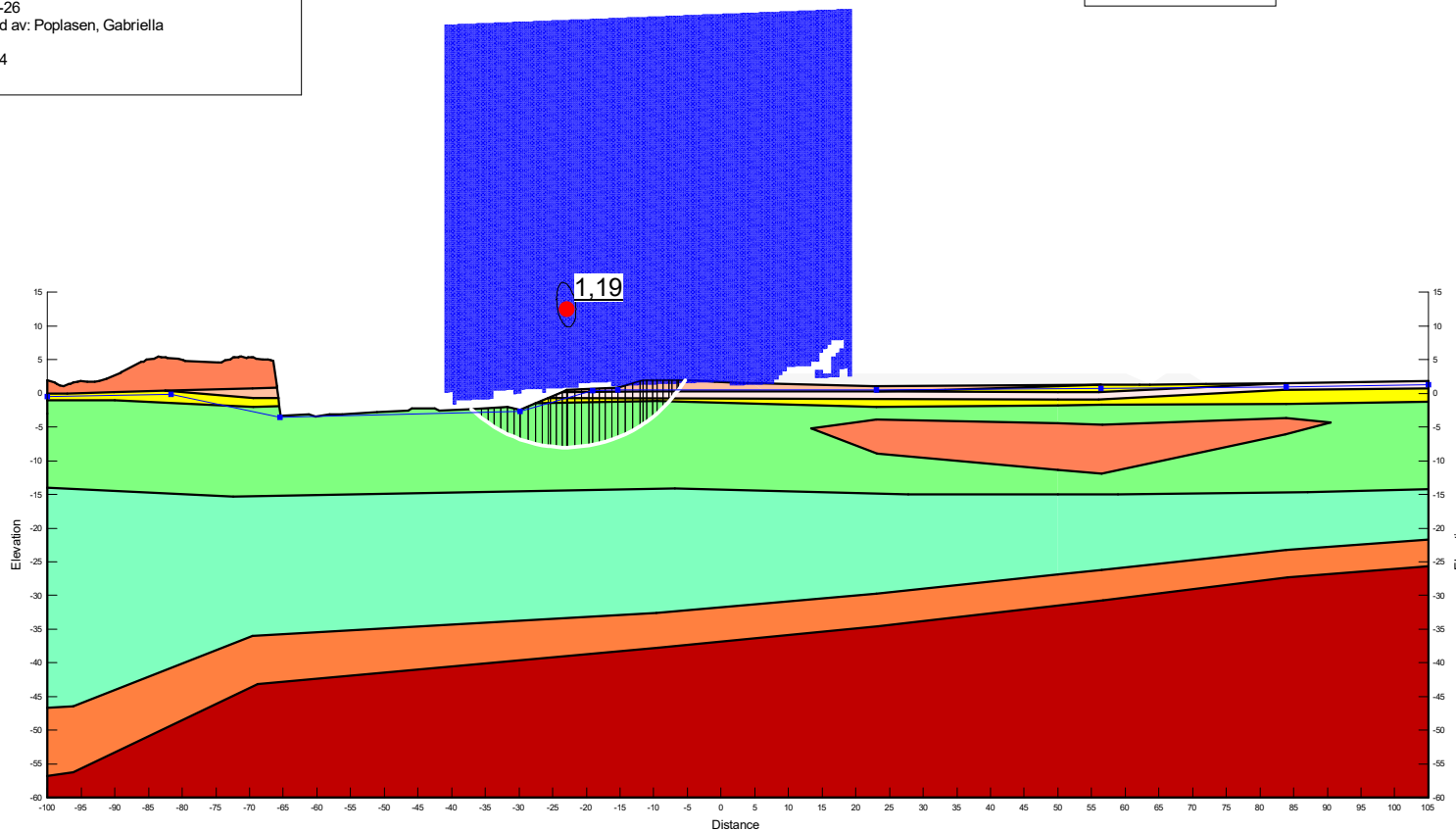
Odränerad analys

Beställare: Trafikverket
Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidtyr: Grid and Radius
Portryck: Piezometric Line
Tension Crack Option: (none)
Minimum Slip Surface Depth: 1 m
Datum: 2021-03-26
Fil senast ändrad av: Poplasen, Gabriella

Skala: 1:1 100 A4

Factor of Safety

- ≤ 0,90 - 1,00
- 1,00 - 1,10
- ≥ 1,10



- Name: Berg
Model: Bedrock (Impenetrable)
Piezometric Line: 1
- Name: Fr
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25,67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Le (od)
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
C-Top of Layer: 8,67 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (od)
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
C-Top of Layer: 8,67 kPa
C-Rate of Change: 1,03 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Le 3 (od)
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16,5 kN/m³
C-Top of Layer: 22 kPa
C-Rate of Change: 0,29 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Piezometric Line: 1
- Name: Let (komb)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 23,95 °
C-Top of Layer: 2,31 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
Cu-Top of Layer: 19 kPa
Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
C/Cu Ratio: 0
Piezometric Line: 1
- Name: Sa
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25,67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 17 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 23,95 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

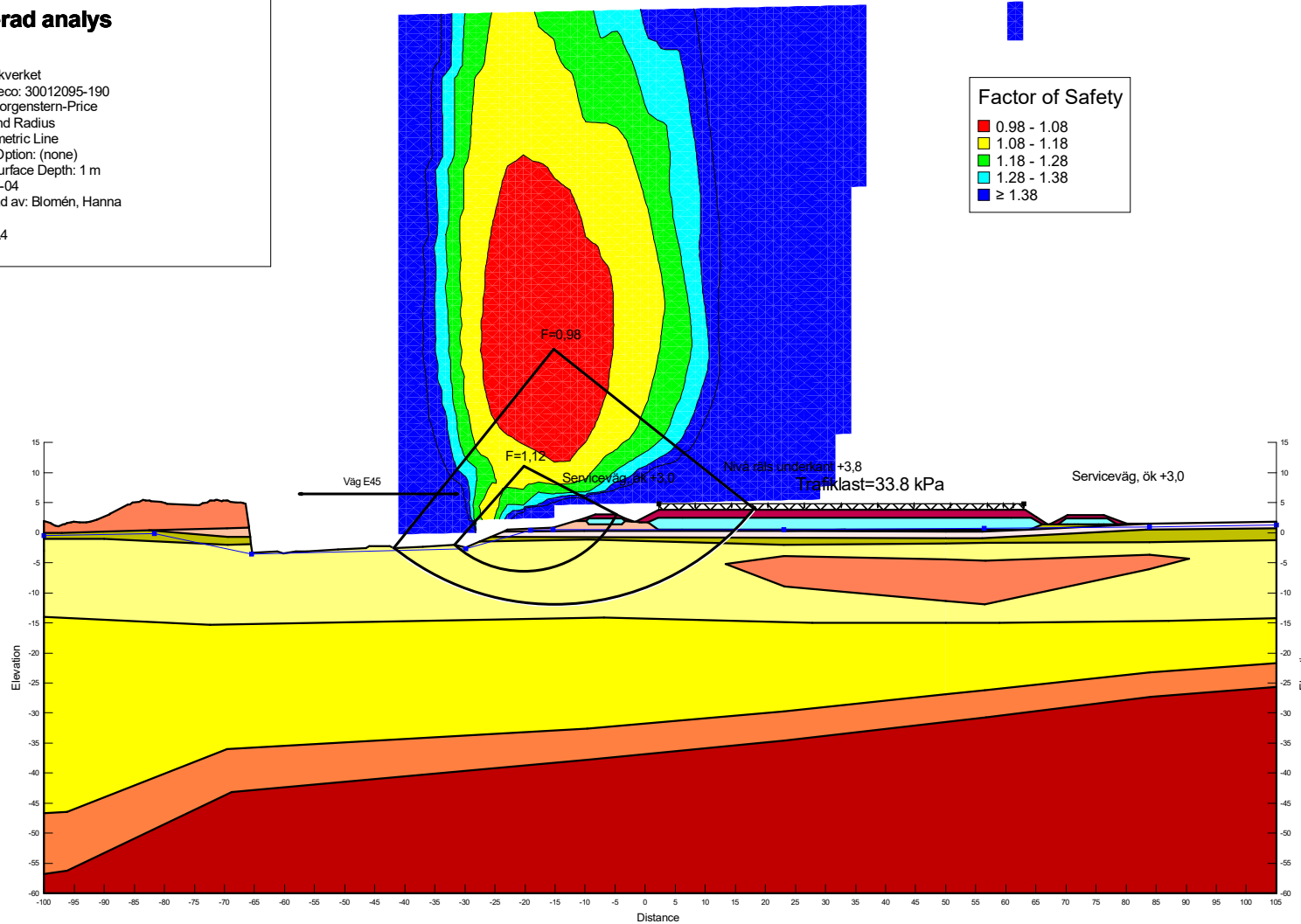
Uppställningsspår Lärje

Stabilitet mot E45 Permanent skede Sektion A

Kombinerad analys

Beställare: Trafikverket
 Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Gridtyr: Grid and Radius
 Portryck: Piezometric Line
 Tension Crack Option: (none)
 Minimum Slip Surface Depth: 1 m
 Datum: 2022-05-04
 Fil senast ändrad av: Blomén, Hanna

Skala: 1:1 100 A4



- Name: Berg
Model: Bedrock (Impenetrable)
Piezometric Line: 1
- Name: Fr
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Järnvägsbank
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 37.6 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Le (komb)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 23.95 °
C-Top of Layer: 1 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
Cu-Top of Layer: 8.67 kPa
Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
C/Cu Ratio: 0
Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (komb)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
C-Top of Layer: 1 kPa
C-Rate of Change: 0.12 (kN/m²/m)
Cu-Top of Layer: 8.67 kPa
Cu-Rate of Change: 1.03 (kN/m²/m)
C/Cu Ratio: 0
Piezometric Line: 1
- Name: Le 3 (komb)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
C-Top of Layer: 2.54 kPa
C-Rate of Change: 0.03 (kN/m²/m)
Cu-Top of Layer: 22 kPa
Cu-Rate of Change: 0.29 (kN/m²/m)
C/Cu Ratio: 0
Piezometric Line: 1
- Name: Le 4 (komb)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 17 kN/m³
Phi: 23.95 °
C-Top of Layer: 2.31 kPa
C-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
Cu-Top of Layer: 19 kPa
Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
C/Cu Ratio: 0
Piezometric Line: 1
- Name: Lättklinker
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 11 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.31 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 4.5 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Sa
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.67 °
Phi-B: 0 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 17 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 23.95 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

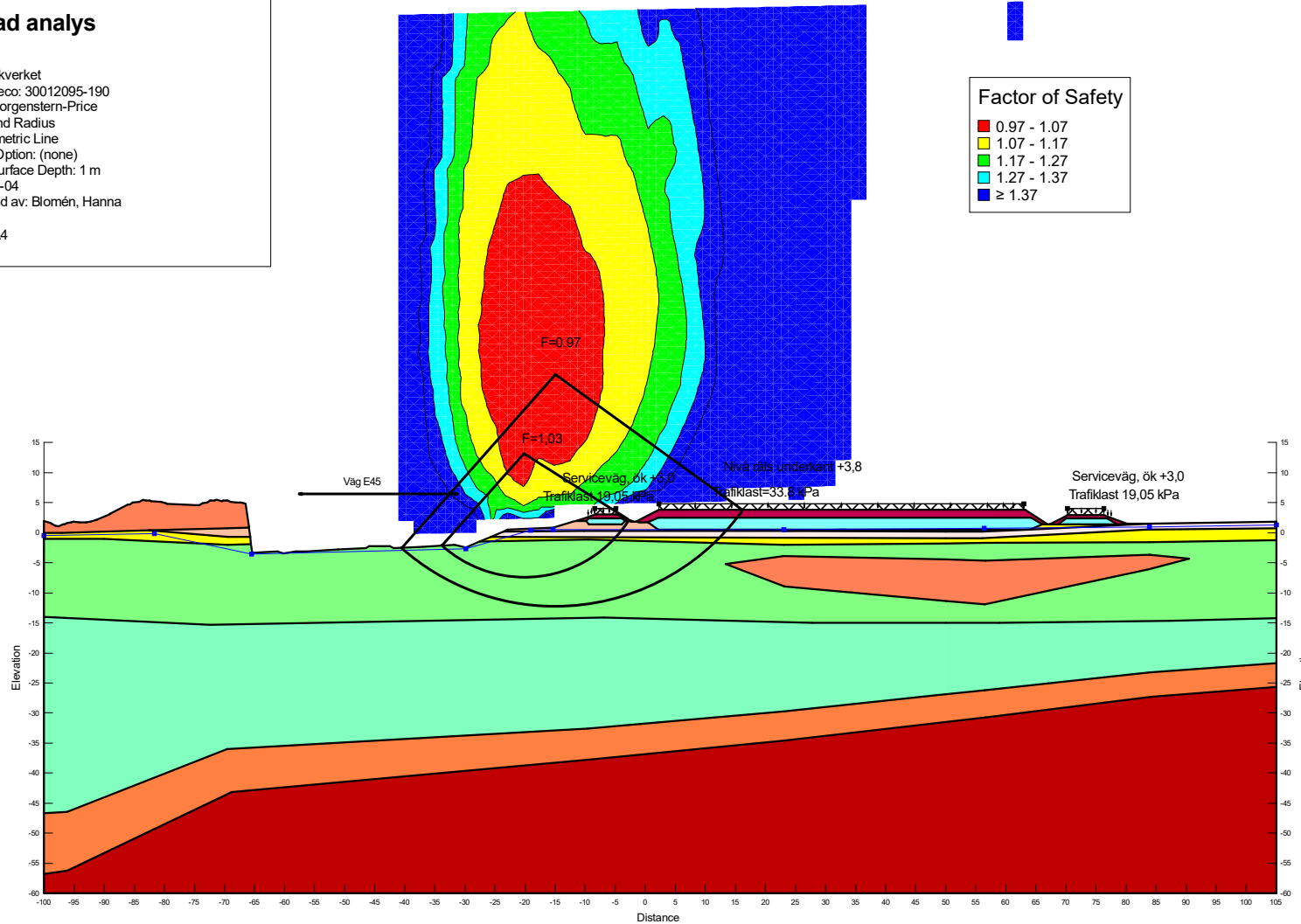
Uppställningsspår Lärje

Stabilitet mot E45 Permanent skede Sektion A

Odränerad analys

Beställare: Trafikverket
 Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Gliดยtor: Grid and Radius
 Portryck: Piezometric Line
 Tension Crack Option: (none)
 Minimum Slip Surface Depth: 1 m
 Datum: 2022-05-04
 Fil senast ändrad av: Blomén, Hanna

Skala: 1:1 100 A4



- Name: Berg
 Model: Bedrock (Impenetrable)
 Piezometric Line: 1
- Name: Fr
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25.67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Järnvägsbank
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 37.6 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Le (od)
 Model: S=(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 C-Top of Layer: 8.67 kPa
 C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (od)
 Model: S=(depth)
 Unit Weight: 16.5 kN/m³
 C-Top of Layer: 8.67 kPa
 C-Rate of Change: 1.03 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Le 3 (od)
 Model: S=(depth)
 Unit Weight: 16.5 kN/m³
 C-Top of Layer: 22 kPa
 C-Rate of Change: 0.29 (kN/m²)/m
 C-Maximum: 0 kPa
 Piezometric Line: 1
- Name: Let (komb)
 Model: Combined, S=(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Phi: 23.95 °
 C-Top of Layer: 2.31 kPa
 C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
 Cu-Top of Layer: 19 kPa
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Lättklinker
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 11 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 28.31 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 4.5 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Sa
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25.67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 23.95 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1

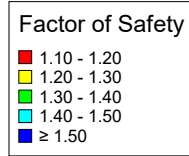
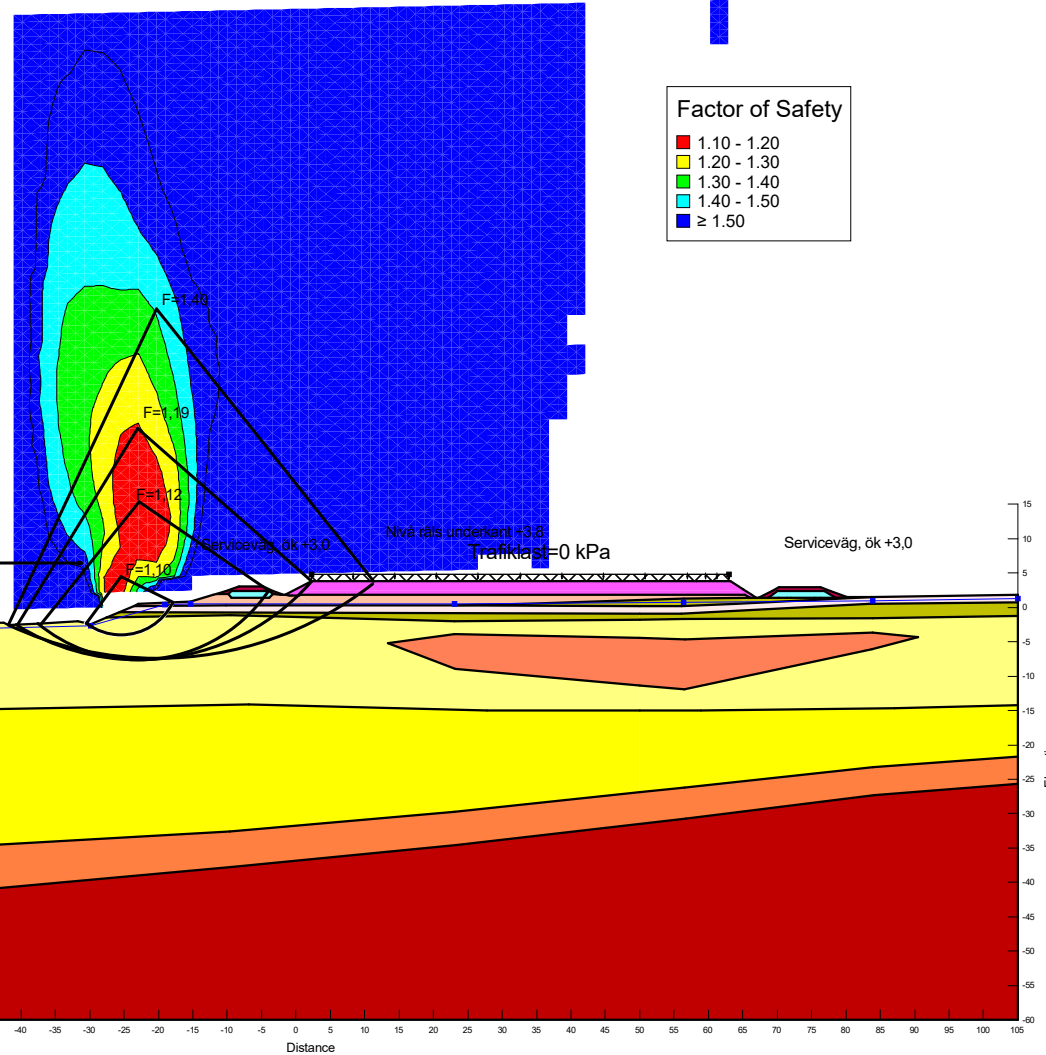
Uppställningsspår Lärje

Stabilitet mot E45 Permanent skede, Bankpåning Sektion A

Kombinerad analys

Beställare: Trafikverket
 Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Gridtyor: Grid and Radius
 Portryck: Piezometric Line
 Tension Crack Option: (none)
 Minimum Slip Surface Depth: 1 m
 Datum: 2022-05-05
 Fil senast ändrad av: Blomén, Hanna

Skala: 1:1 100 A4



- Name: Fr
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25.67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Ingen last pga bankpåning
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 0.001 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 0 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 0.01 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Järnvägsbank
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 37.6 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Le (komb)
 Model: Combined, S=(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Phi: 23.95 °
 C-Top of Layer: 1 kPa
 C-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
 Cu-Top of Layer: 8.67 kPa
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Le 2 (komb)
 Model: Combined, S=(depth)
 Unit Weight: 16.5 kN/m³
 Phi: 23.95 °
 C-Top of Layer: 1 kPa
 C-Rate of Change: 0.12 (kN/m²/m)
 Cu-Top of Layer: 8.67 kPa
 Cu-Rate of Change: 1.03 (kN/m²/m)
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Le 3 (komb)
 Model: Combined, S=(depth)
 Unit Weight: 16.5 kN/m³
 Phi: 23.95 °
 C-Top of Layer: 2.54 kPa
 C-Rate of Change: 0.03 (kN/m²/m)
 Cu-Top of Layer: 22 kPa
 Cu-Rate of Change: 0.29 (kN/m²/m)
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Let (komb)
 Model: Combined, S=(depth)
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Phi: 23.95 °
 C-Top of Layer: 2.31 kPa
 C-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
 Cu-Top of Layer: 19 kPa
 Cu-Rate of Change: 0 (kN/m²/m)
 C/Cu Ratio: 0
 Piezometric Line: 1
- Name: Lättklinker
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 11 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 28.31 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 4.5 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Sa
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 25.67 °
 Phi-B: 0 °
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
 Piezometric Line: 1
- Name: Si (dr)
 Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 17 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Phi: 23.95 °
 Phi-B: 0 °
 Piezometric Line: 1

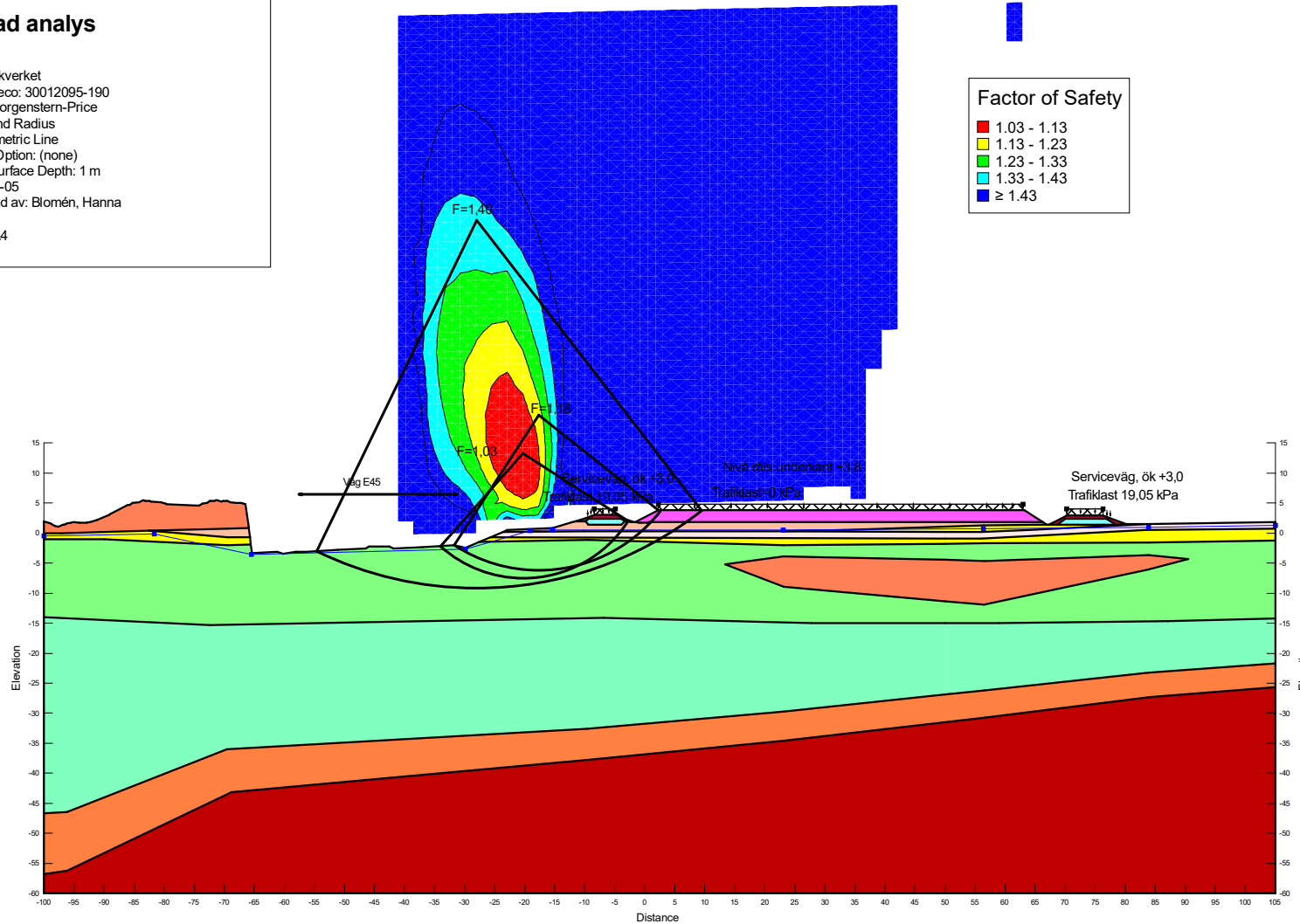
Uppställningsspår Lärje

Stabilitet mot E45 Permanent skede, Bankpåning Sektion A

Odränerad analys

Beställare: Trafikverket
 Uppdragsnr Sweco: 30012095-190
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Gliedyr: Grid and Radius
 Portryck: Piezometric Line
 Tension Crack Option: (none)
 Minimum Slip Surface Depth: 1 m
 Datum: 2022-05-05
 Fil senast ändrad av: Blomén, Hanna

Skala: 1:1 100 A4



- Berg:** Model: Bedrock (Impenetrable), Piezometric Line: 1
- Fr:** Model: Mohr-Coulomb, Unit Weight: 19 kN/m³, Cohesion: 0 kPa, Phi: 25.67°, Phi-B: 0°, Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³, Piezometric Line: 1
- Ingen last pga bankpåning:** Model: Mohr-Coulomb, Unit Weight: 0.001 kN/m³, Cohesion: 0 kPa, Phi: 0°, Phi-B: 0°, Constant Unit Wt. Above Water Table: 0.01 kN/m³, Piezometric Line: 1
- Järnvägsbank:** Model: Mohr-Coulomb, Unit Weight: 21 kN/m³, Cohesion: 0 kPa, Phi: 37.6°, Phi-B: 0°, Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³, Piezometric Line: 1