



SGI, Statens geotekniska institut

19140, Nerängen, detaljerad stabilitetsutredning, 23600V

PM Geoteknik

Diariennr SGI: 6.2-1910-0743

PM Geoteknik

Uppdrag
Nerängen detaljerad stabilitetsutredning
Uppdragsnummer
776882
GNR
19220
Beställare
SGI, Statens geotekniska institut
Beställarens referens
Per Bolin

Datum
14/02/2020
Revidering

Uppdragsledare:
Mikael Isaksson
Telefon:
010 - 505 48 60
Mail:
Mikael.isaksson@afry.com

Upprättad av:
Mikael Isaksson
Maria Margenberg
Jacob Rådberg

Granskad av:
Axel Josefson

PM Geoteknik

Förord från SGI

Regeringen har gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att minska sannolikheten för skred i Göta älv dalen och för att underlätta det arbetet har en delegation inrättats, Delegationen för Göta älv. Delegationen består av representanter från Vänersborgs, Trollhättans, Lilla Edets, Ales, Kungälv och Göteborgs kommuner, Länsstyrelsen Västra Götaland, Länsstyrelsen Värmland, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Sjöfartsverket, Trafikverket, Vattenfall Vattenkraft AB och SGI.

I arbetet med Delegationen för Göta älv utför SGI detaljerade och fördjupade stabilitetsutredningar för att klargöra stabilitetsförhållandena inom de områden som utpekats med hög- eller medelhög skredrisk inom Göta älvutredningen 2009–2012. Dessa utredningar ligger sedan till grund för beräkning av sannolikheten för skred och projektering av stabilitetshöjande åtgärder.

Stabilitetsutredningarna utförs av geotekniska konsulter på uppdrag av SGI. Då resultaten från dessa utredningar utgör underlag till fortsatt analysarbete, har SGI varit delaktiga i framtagandet av fält- och laboratorieundersökningar, val av hållfasthet, beräkningar samt redovisning av resultat. Konsulten har fått uppdraget att i möjligaste utsträckning ta fram en trolig skjuvhållfasthet inför beräkningarna. Dessa utredningar redovisar därmed inte slutgiltiga bedömningar av stabilitetsförhållandena, sannolikheten för skred eller vilka åtgärder som bör utföras för aktuellt område.

Sekretariatet till Delegation för Göta älv

PM Geoteknik

Innehållsförteckning

Förord från SGI	2
1 Objekt	6
2 Syfte	6
3 Styrande dokument	6
4 Underlag för utredningen	7
4.1 Arkivmaterial.....	7
4.2 Utförda undersökningar	7
5 Befintliga förhållanden – Översikt	7
5.1 Befintliga byggnader och anläggningar	8
5.2 Topografiska förhållanden	8
5.3 Ytbeskaffenhet	9
5.4 Geotekniska förhållanden	9
5.5 Hydrogeologiska förhållanden	16
6 Val av beräkningssektioner	17
6.1 Allmänt	17
7 Stabilitetsberäkningar	18
7.1 Allmänt	18
7.1.1 Materialparametrar	18
7.1.2 Portryck och yttre vattenstånd	19
7.1.3 Erosion	19
7.2 Erforderlig säkerhetsfaktor	19
7.3 Sektion V22/950 (beräknad inom tidigare utredning)	20
7.3.1 Topografiska förhållanden.....	21
7.3.2 Geotekniska förhållanden	21
7.3.3 Geohydrologiska förhållanden	21
7.3.4 Valda materialparametrar, portrycks- och grundvattennivåer, yttre vattenstånd och laster.....	22
7.3.5 Resultat	22
7.3.6 Anmärkningar.....	23
7.4 Sektion V23/210.....	23
7.4.1 Topografiska förhållanden.....	24
7.4.2 Geotekniska förhållanden	24
7.4.3 Resultat	25
7.4.4 Anmärkningar.....	26

PM Geoteknik

7.5	Sektion V23/500.....	27
7.5.1	Topografiska förhållanden.....	27
7.5.2	Geotekniska förhållanden	27
7.5.3	Resultat	28
7.5.4	Anmärkningar.....	29
7.6	Sektion V23/600.....	30
7.6.1	Topografiska förhållanden.....	30
7.6.2	Geotekniska förhållanden	31
7.6.3	Resultat	31
7.6.4	Anmärkningar.....	32
7.7	Sektion V23/820.....	33
7.7.1	Topografiska förhållanden.....	33
7.7.2	Geotekniska förhållanden	33
7.7.3	Geohydrologiska förhållanden	33
7.7.4	Känslighetsanalys.....	34
7.7.5	Resultat	34
7.7.6	Anmärkningar.....	36
7.8	Sektion V23/820R.....	36
7.8.1	Topografiska förhållanden.....	37
7.8.2	Geotekniska förhållanden	37
7.8.3	Geohydrologiska förhållanden	37
7.8.4	Resultat	38
7.8.5	Anmärkningar.....	39
7.9	Sammanställning över beräknade säkerhetsfaktorer.....	39
8	Bedömning av skredutbredning i högsensitiv lera	40
9	Slutsats och rekommendation	42

Bilagor

Bilaga 1.....	Utvärdering av skjuvhållfasthet
Bilaga 2.....	Vald portrycksfördelning
Bilaga 3.....	Stabilitetsberäkningar
Bilaga 4.....	Utvärdering kvicklera CPT-R

PM Geoteknik

Sammanfattning och slutsatser

På uppdrag av SGI, Statens geotekniska institut, har AFRY (ÅF Infrastructure AB) utfört en geoteknisk stabilitetsutredning inom området Nerängen, Lilla Edets Kommun. Området är beläget ca 8 kilometer norr om Lilla Edet och omfattar en sträcka på ca 1 km på älvens västra sida.

Uppdraget omfattar en detaljerad stabilitetsutredning för området som helhet. Inom uppdraget har stabilitetsberäkningar utförts i fem sektioner. Både stabiliteten mot Göta älv samt mot en ravin har undersökts.

Undersökningsområdet består av flacka ytor bestående av betes- och åkermark samt branta slänter ner mot Göta älv och mot den ravin som löper in från älven.

Generellt utgörs det undersökta området av lerlager med stor mäktighet. I den östra delen av området har kvicklera påträffats. I övrigt är leran högsensitiv men inte kvick.

Utförda stabilitetsberäkningar visar att erforderlig säkerhetsfaktor ej uppnås i stora delar av det aktuella området.

De mest kritiska slänterna, med säkerhetsfaktorer mellan ca 1,1-1,2, återfinns i de västra och de mest östliga delarna av utredningsområdet där det förekommer branta slänter och stora nivåskillnader mot både Göta älv och ravinen. I de centrala delarna av området ligger beräknad säkerhetsfaktor något högre, mellan ca 1,3-1,5.

Känslighetsanalyser med förhöjt portryck visar att relativt stora portrycksökningar krävs för att ge någon större negativ påverkan på säkerhetsfaktorn. Känslighetsanalys avseende erosion visar att erosionen på grund av "undervattenshyllan" endast ger marginell påverkan på de kritiska glidytorerna och påverkar framförallt glidytor i undervattenslänten.

I områdena som inte uppfyller erforderlig säkerhetsfaktor rekommenderas en fördjupad stabilitetsutredning. Ett rekommenderat första steg är att arbeta in de direkta skjuvförsök som har utförts inom detta uppdrag men ej inarbetats i denna utredning. Generellt bedöms även triaxialförsök kunna vara lämpligt att komplettera med vid en fördjupad utredning.

PM Geoteknik

1 Objekt

På uppdrag av SGI, Statens geotekniska institut, har AFRY (ÅF Infrastructure AB) utfört en geoteknisk stabilitetsutredning inom delområdet Nerängen, Lilla Edets kommun. Området är beläget ca 8 kilometer norr om Lilla Edet och omfattar en sträcka på ca 1 km på älvens västra sida.

Uppdraget omfattar en detaljerad stabilitetsutredning med stabilitetsberäkningar för rådande förhållanden. Inom uppdraget har stabilitetsberäkningar utförts i fem sektioner. Både stabiliteten ner mot älven samt stabiliteten för en ravin har undersökts. I Figur 1-1 redovisas undersökt område översiktligt på satellitkarta.



Figur 1-1 Översikt över undersökt område. (Omarbetad från google.maps.se).

2 Syfte

Föreliggande detaljerade utredning har utförts med syfte att genom stabilitetsberäkningar i utvalda sektioner utreda stabilitetsförhållandena för området som helhet. Detta PM syftar till att redovisa förutsättningar och gjorda antaganden för utredningen samt redovisa resultaten av utförda beräkningar.

3 Styrande dokument

Styrande dokument som ligger till grund för denna utredning är:

PM Geoteknik

- Delegationen för Göta älv 2019, *DGA00XST01 Riktlinjer för tekniskt arbete, Avser stabilitetsutredningar längs Göta älv*, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2019-11-05.
- Delegationen för Göta älv 2019, *DGA00XST02 Riktlinjer för dokumenthantering, Avser stabilitetsutredningar längs Göta älv*, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2019-11-05.
- IEG Rapport 4:2010 Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, SGF.
- SGI varia 638. *Modifiering av metodiker använda inom Göta älvutredningen*. Linköping 2012.

4 Underlag för utredningen

För slänternas geometri har terrängmodell för markyta och batymetri tillhandahållits av SGI. Inmätningar med GPS av sektioner och borrhål har utförts av AFRY.

4.1 Arkivmaterial

I utredningen har tidigare undersökningar och utredningar använts som underlag samt relevanta undersökningar har inarbetats i utredningen.

Följande utredningar har använts i utredningen:

- Göta älvutredningen, GÄU, delområde 5, Intagan – Ström. 2012-12-20.
- *Göta älvutredningen, GÄU*. Delområde 11. Sjögeoteknik.
- *Nordvästra Göta älv, översiktlig stabilitetsutredning*, diarienummer: 5.51-1012-0942. Undersökningspunkter från det uppdraget benämns i denna utredning med prefixet NV.
- Geotekniska undersökningar i Göta älv, norra Lilla Edet. Sweco, 2019, uppdragsnr. 19091. Diarienummer 6.2-1908-0453. Underlag tillhandahållet i form av arbetsmaterial. Dessa är benämnda med prefix 19SWxx i ritningar och sammanställningar.

4.2 Utförda undersökningar

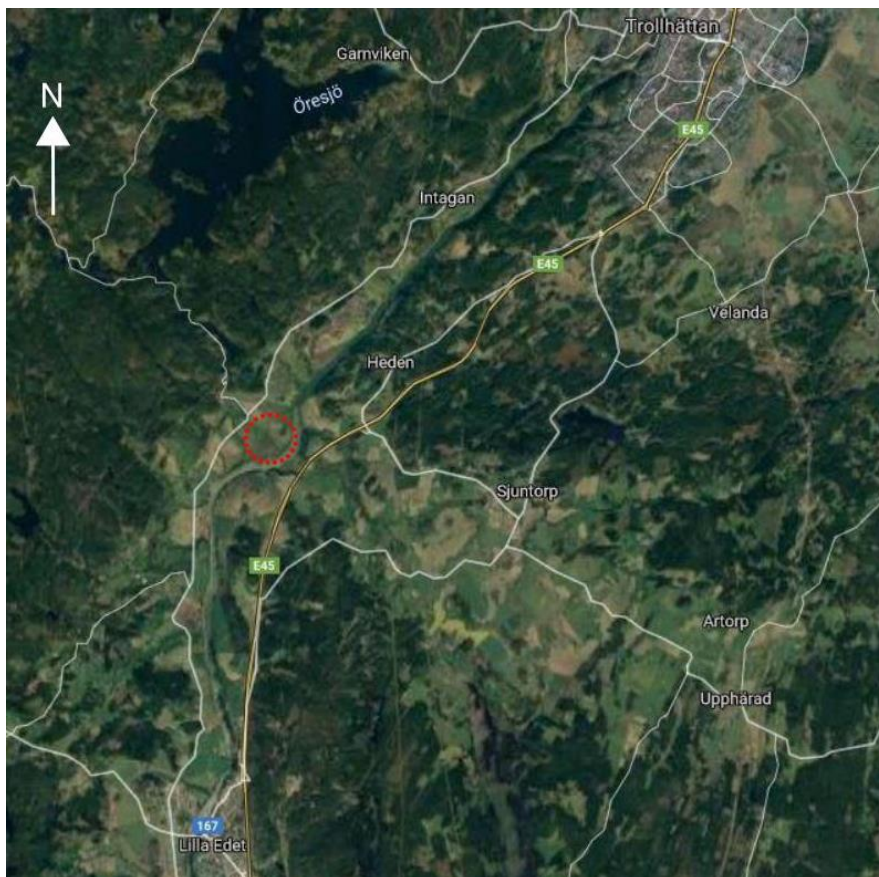
Fält- och laboratorieundersökningar redovisas i Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik (MUR/Geo), Nerängen detaljerad stabilitetsutredning, utförd av AFRY, daterad 2020-02-14.

5 Befintliga förhållanden – Översikt

Det aktuella utredningsområdet är beläget på västra sidan av Göta älv, ca 8 kilometer norr om Lilla Edet och ca 10 km sydväst om Trollhättan, direkt söder om byn Utby i Lilla Edets

PM Geoteknik

kommun. Se Figur 5-1. Utredningsområdet utgörs i huvudsak av åker- och betesmarker och sträcker sig ca 1 km längs älven.



Figur 5-1 Översiktsfoto. Ungefärligt läge på undersökt område är markerat med röd streckad linje. (Omarbetad från google.se/maps).

5.1 Befintliga byggnader och anläggningar

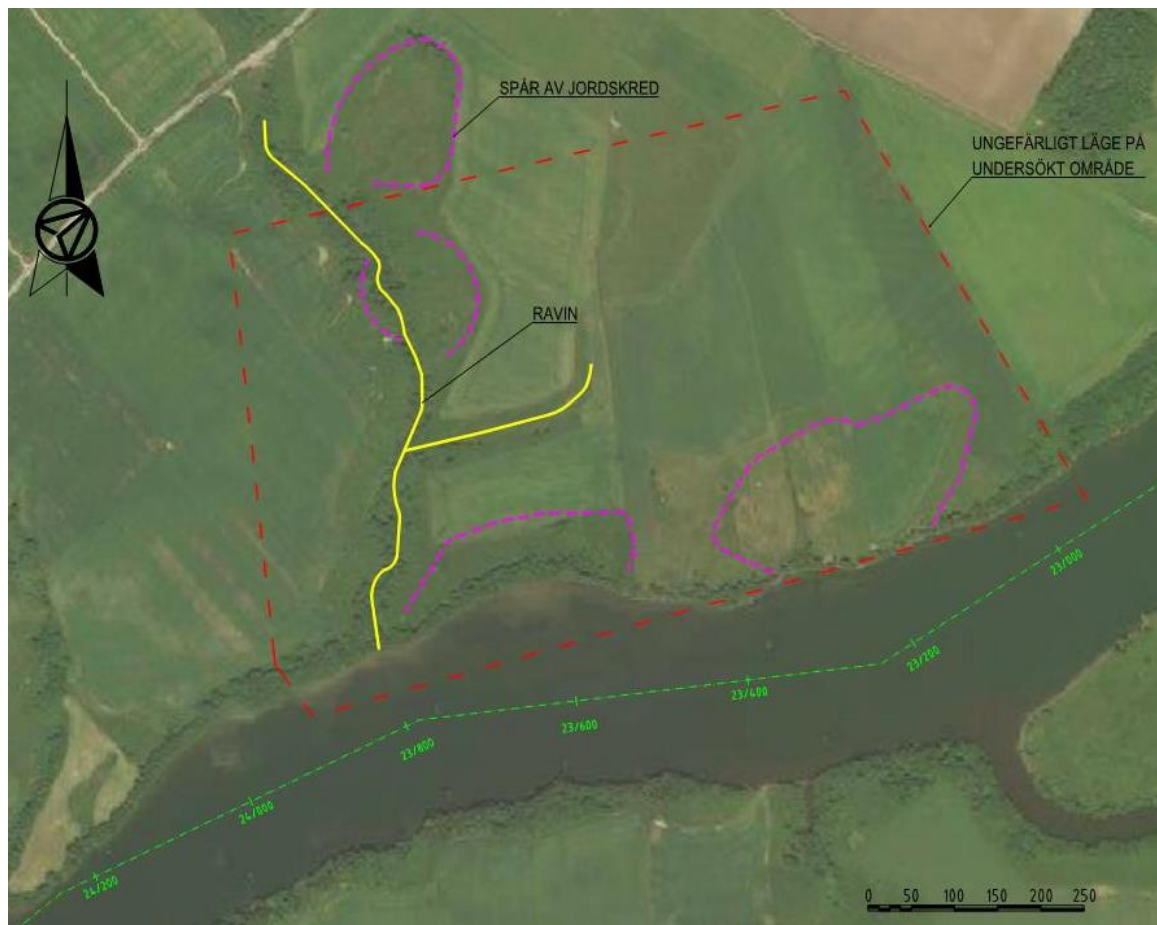
Det finns inga befintliga byggnader, anläggningar eller ledningar inom det aktuella utredningsområdet.

5.2 Topografiska förhållanden

Undersökningsområdet består dels av flackare ytor bestående av betes- eller åkermark samt branta slänter ner mot älven i sydsydost och ner mot den ravin som löper in från Göta älv. En mindre avgrening går från ravinens östra sida in mot mitten av undersökningsområdet.

Inom och i anslutning till det undersökta området finns flera sänkor och slänter troligtvis skapade av gamla skred, se Figur 5-2. Ingen kännedom finns om när tidigare skred har skett.

PM Geoteknik



Figur 5-2 Skredärr inom området, markerade med rosa markering. Ravinen och dess avgrening markerad med gult. Utredningsområdets ungefärliga läge är markerat med röd streckad linje. (Omarbetad från <http://gis.swedgeo.se/skred/>).

Nivån på inmätta undersökningspunkter varierar från ca +24 i de nordligaste punkterna, ner till ca + 6,7 närmast älven.

5.3 Ytbeskaffenhet

Det undersökta området består till största delen av betes-, ängs- och åkermark.

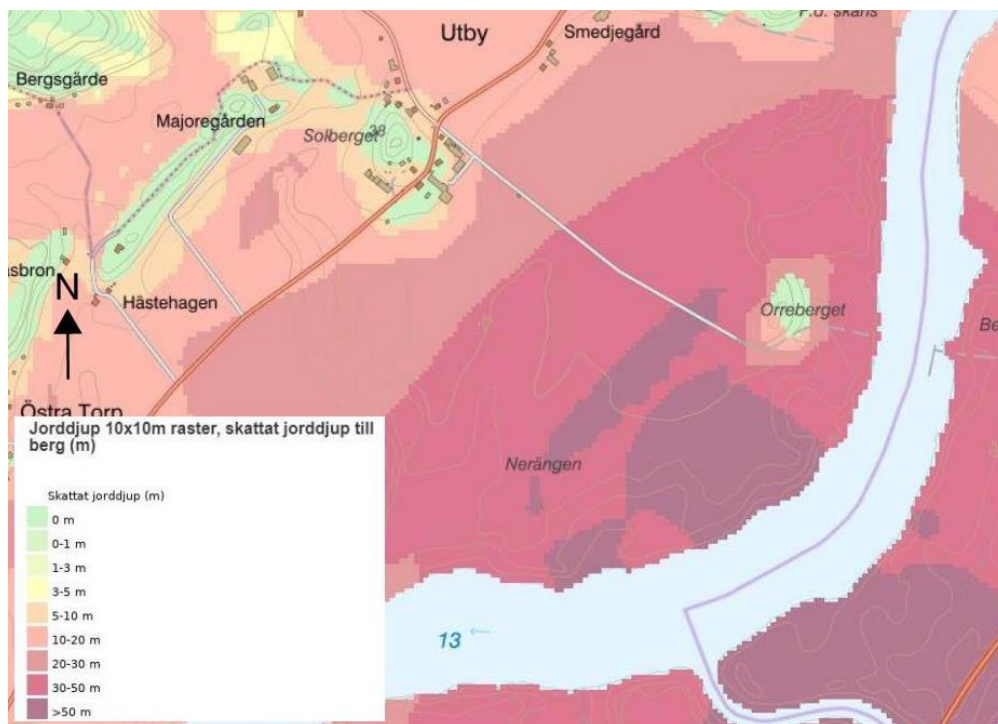
Erosionsskydd av krossmaterial återfinns längs med i stort sett hela områdets strandlinje. Erosionsskyddets kvalitet varierar längs den undersökta sträckan. Bilder på erosionsskyddet från platsbesök redovisas i Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik (MUR/Geo), Nerängen detaljerad stabilitetsutredning, daterad 2020-02-14.

5.4 Geotekniska förhållanden

Generellt utgörs det undersökta området av lerlager med stor mäktighet. Sonderingarna har avbrutits då sonderingsdjupen överskridit 35 m. Längst österut i området har äldre

PM Geoteknik

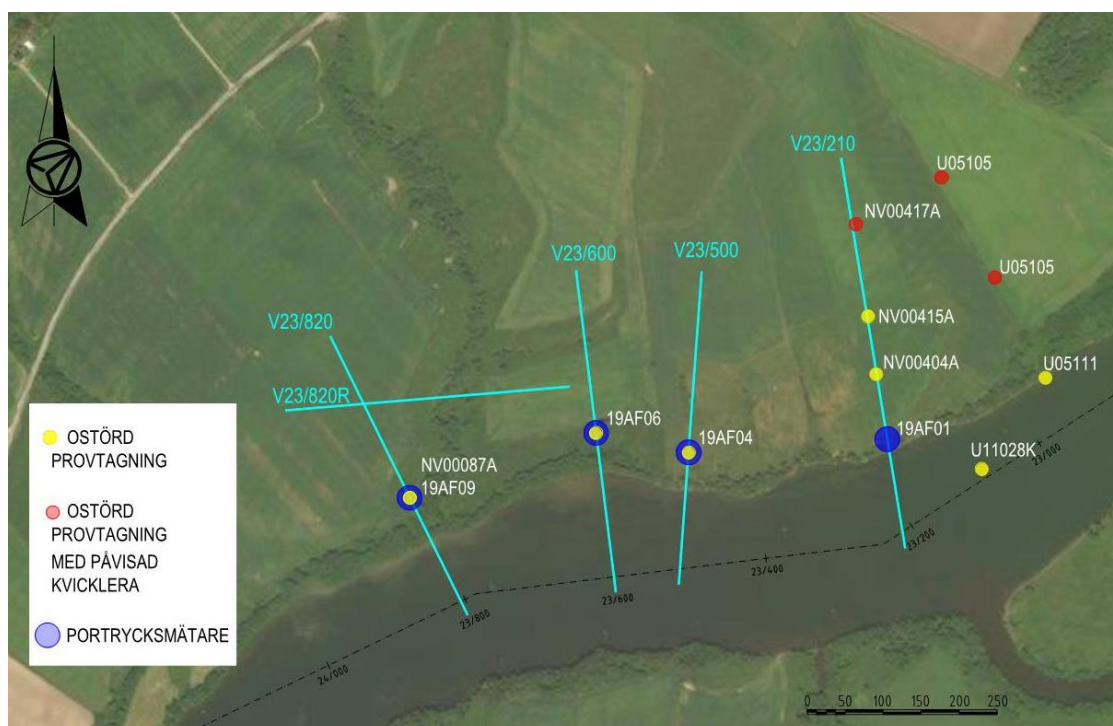
undersökningar stoppat på djup mellan ca 20-35 m i friktionsjorden under leran. Nordöst om undersökningsområdet finns en "ö" av fastmark, se jorddjupskarta från SGU Figur 5-3.



Figur 5-3 Skattat jorddjup enligt SGUs jorddjupskarta. (Hämtad från <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jorddjup.html>)

Jordlagerföljden i området utgörs generellt av ett tunt lager mulljord över ett lager 1 m till 3 m mäktig silt. Silten vilar på ett mäktigt lager av siltig lera. I nordöstra delen av området, närmast Göta älv, återfinns skikt av friktionsjord i den siltiga leran på djup över ca 23 m.

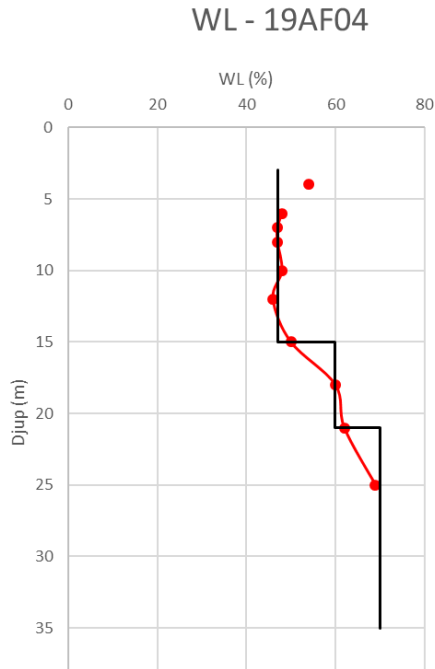
PM Geoteknik



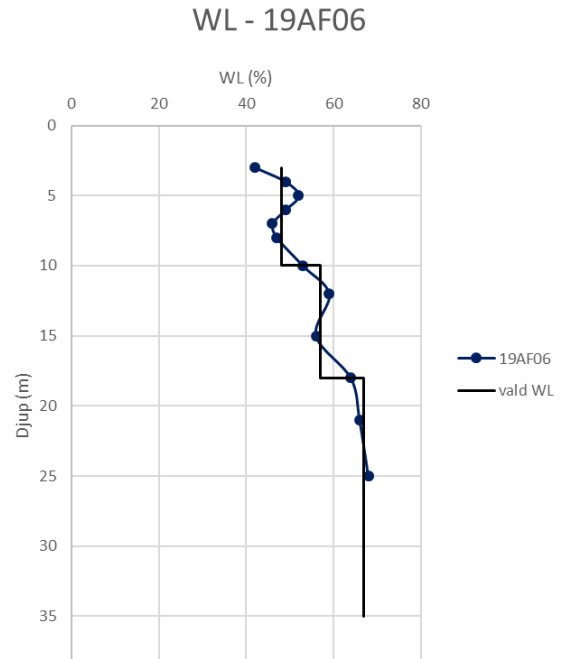
Figur 5-4 Planfigur med läge på beräkningssektioner, ostörd provtagning, ostörd provtagning med påvisad kvicklera och portrycksmätare.

Uppmätt naturlig vattenkvot för den siltiga leran varierar mellan ca 38 % och 84%, generellt med en viss ökning mot djupet. Konflytgräns för korrigering har generellt valts utifrån värden uppmätta i närmaste ostörda provtagning i respektive sektion. Figur 5-4 visar läge på beräknade sektioner och punkter med ostörd provtagning. Utvärderad vald konflytgräns i respektive punkt där ostörd provtagning skett redovisas i Figur 5-5, Figur 5-6 och Figur 5-7.

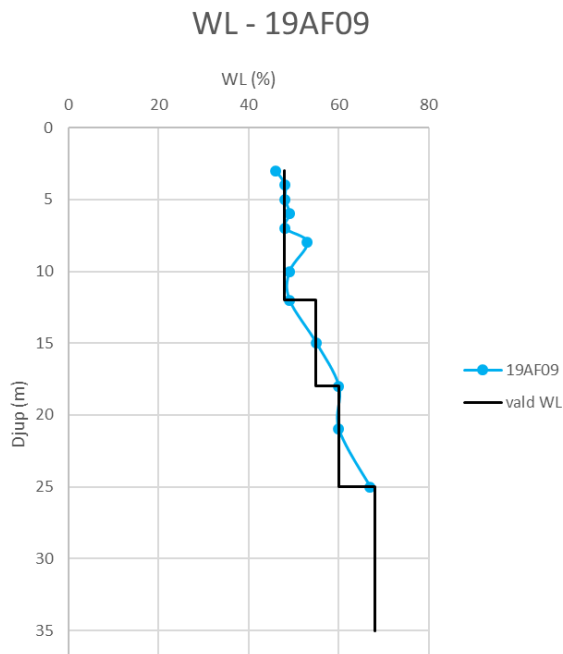
PM Geoteknik



Figur 5-5 Konflytgräns för 19AF04.



Figur 5-6 Konflytgräns för 19AF06.

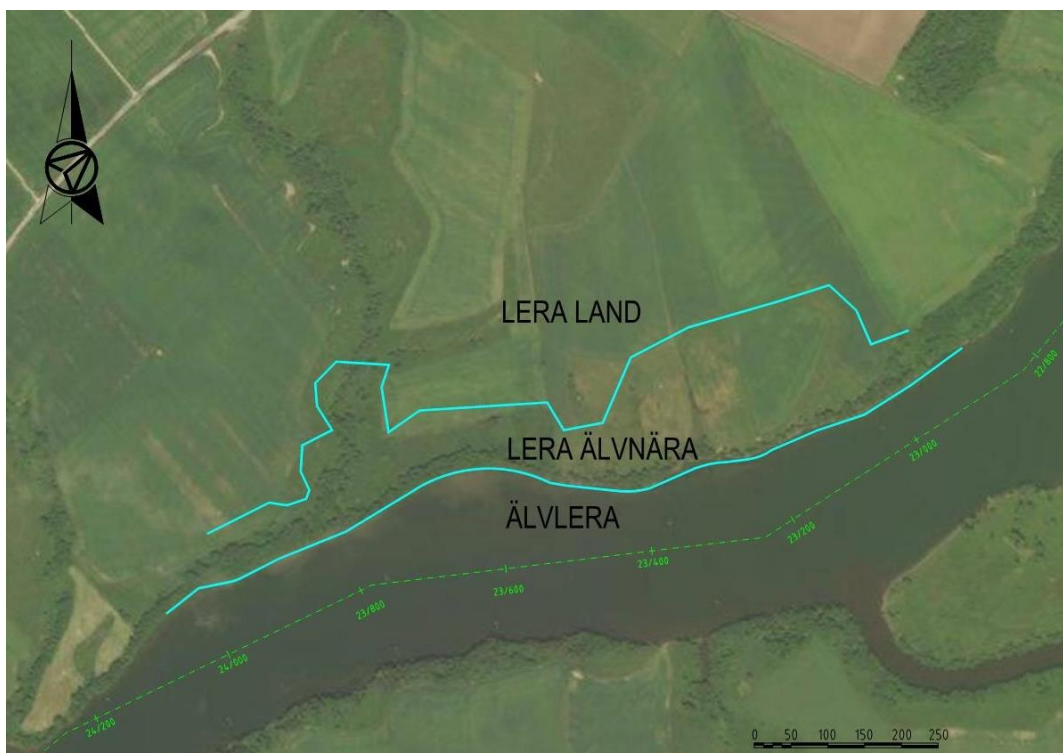


Figur 5-7 Konflytgräns för 19AF09.

PM Geoteknik

Lerans densitet varierar mellan ca 1,60 och 1,75 t/m³ enligt laboratorieundersökningar från ostörda prover utförda på land. Enligt värden från tidigare utförd provtagning i älven ligger tungheten generellt något lägre.

Den korrigerade skjuvhållfastheten i leran har utvärderats till mellan ca 20-22 kPa ner till nivå +15. Under nivå +15 ökar hållfastheten med mellan ca 1,2-1,5 kPa/m mot djupet. Vid nivårelaterad jämförelse mellan uppmätta skjuvhållfastheter tenderar värden från punkter utförda på lägre nivåer visa på något högre värden i den övre delen av jordprofilen, men med en något lägre ökning mot djupet. Vid utvärdering av odränerad skjuvhållfasthet har därför en indelning av utredningsområdet utförts enligt Figur 5-8.

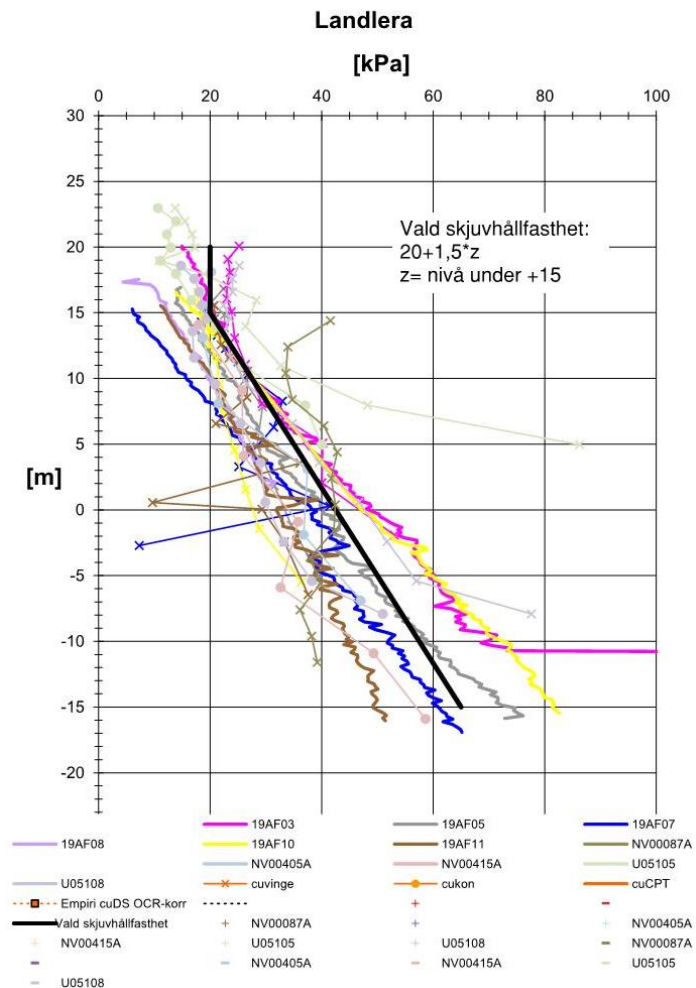


Figur 5-8 Planfigur med indelning av områden för utvärdering av skjuvhållfastheter.

Skjuvhållfasthetsfördelningen för respektive område på land ses i Figur 5-9 och Figur 5-10. Den utvärderade odränerade skjuvhållfastheten har bedömts vara nivårelaterad för båda områdena och har utvärderats från vingförsök, konförsök samt CPT-sondering. Vingförsök och konförsök tenderar att avvika på större djup medan CPT-sonderingen visar en fortsatt konstant ökande hållfasthet mot djupet. Vid bestämning av hållfasthetsökningen mot djupet har erfarenhetsmässigt störst vikt lagts vid den trend som kan ses i hållfasthetsvärden från CPT-sonderingarna på större djup. Se Bilaga 1.

PM Geoteknik

Skjuvhållfasthet - odränerad analys, med nivå. Alla metoder.

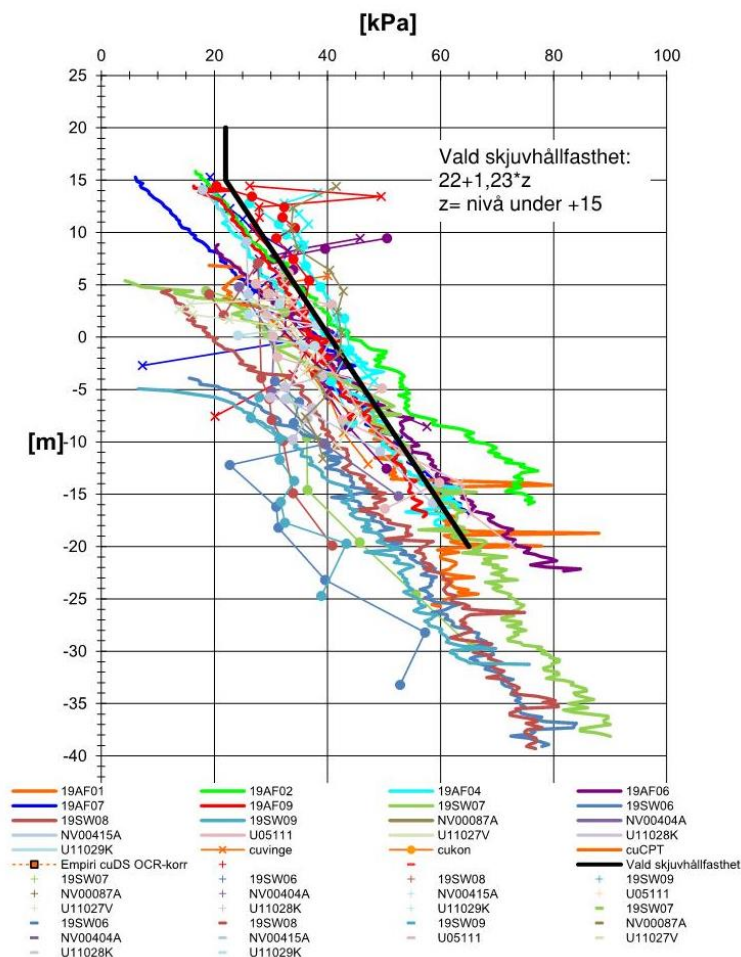


Figur 5-9 Vald skjuvhållfasthet för lera "landlera".

PM Geoteknik

Skjuvhållfasthet - odränerad analys, med nivå. Alla metoder.

Älvnära lera.



Figur 5-10 Vald skjuvhållfasthet för lera "älvnära".

Skjuvhållfasthet för lera vid älvbotten, vidare benämnt "älvlera", har valts utifrån utvärderingsmetodik beskriven i SGI:s riktlinjer för tekniskt arbete. Metodiken bygger på utvärdering av hållfastheten hos lera under älven utifrån vattendjup och värden från undersökningsresultat från landpunkter. Metoden baseras på empiriska samband och kunskap om områdets geologiska historia.

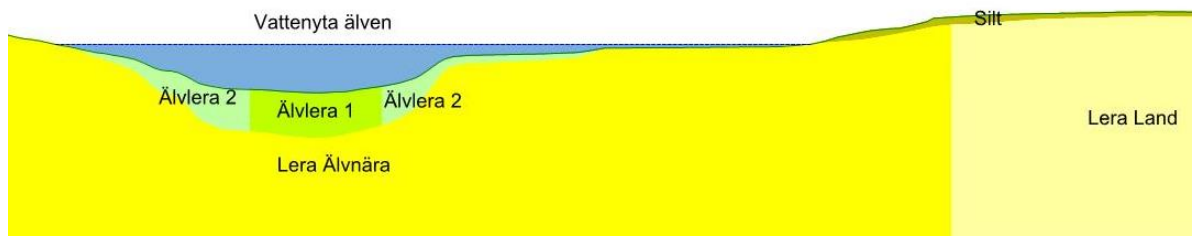
För jordlager under älven ansätts en skjuvhållfasthet på 3kPa omedelbart vid älvbotten som sedan ökar linjärt mot den hållfasthet som råder på land. Hållfastheten under älvbotten förutsätts uppnått samma värde som leralera på det djup under älvbotten som motsvarar vattendjupet vid medelvattenstånd.

PM Geoteknik

I övergångszonen, från vattenbrynet ner till älvbotten, modelleras leran med samma materialparametrar som jorden under älvbotten men med en djuprelaterad materialmodell med utgångspunkt från älvbottens överyta.

Vald skjuvhållfasthet för älvleran har sedan jämförts med närliggande borrhningar som utförts i älven för att bekräfta att modellen inte skiljer allt för mycket från uppmätta värden.

Lerans dränerade hållfasthetsegenskaper har vid stabilitetsberäkningarna enligt empiri antagits till $\Phi' = 30^\circ$ och $c' = 0,1 * C_u$.



Figur 5-11 Typsektion med benämning av jordlager vid stabilitetsberäkningar.

Enligt utförda CRS-försök är leran generellt överkonsoliderad till normalkonsoliderad med en överkonsolideringsgrad (OCR) mellan ca 1,2 - 3,7. Leran från borrhningar med en lägre belägen markyta är mer överkonsoliderad och överkonsolideringsgraden avtar generellt med ökat djup från markytan. Vid korrigering av skjuvhållfasthetsvärden avseende överkonsolideringsgrad har värden från den närmaste belägna kolvprotagningen använts.

Sensitiviteten varierar mellan ca 20 och 500 i östra delen av området och bedöms kvick i delar av sektion V23/210 och V22/950, se Figur 5-4. I västra delen av området är sensitiviteten generellt lägre med ett högsta uppmätt värde på 57. Dock har ingen förekomst av kvicklera har påvisats i denna del av området då den omrörda skjuvhållfastheten uppmätts till högre än 0,4 kPa. Utvärdering av kvicklera har även utförts med Excel-verktyg tillhandahålllet av SGI. Tolkning har skett utifrån matningskraft för CPT-sondering och trycksondering samt uppmätt resistivitet från CPT-R och sensitivitet i labb. Utvärderingarna visar förutsättningar för högsensitiv eller kvick lera i stora delar av utredningsområdet, se Bilaga 4.

5.5 Hydrogeologiska förhållanden

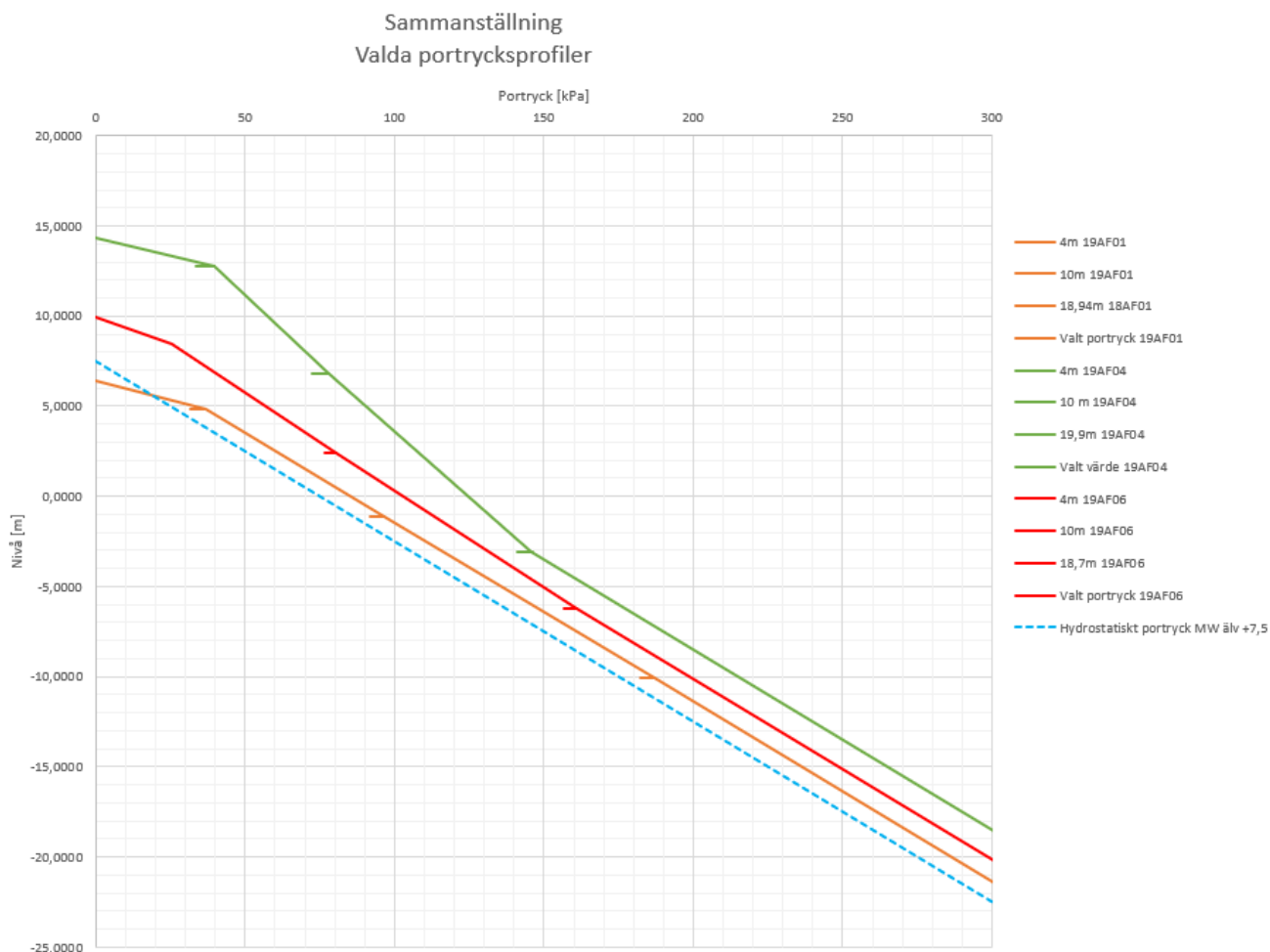
Portrycket i leran är uppmätt i 3 portrycksstationer med 3 portrycksspetsar i vardera station på djup omkring 4 m, 10 m och 19 m. Läge på portrycksstationerna kan ses i Figur 5-4. Avläsning av portrycksstationerna har skett med automatisk avläsning ca 3 gånger per dygn. För området väster om ravinen har uppmätta värden från äldre undersökningar använts i beräkningarna och de redovisas i avsnitt 7.7.3.

Generellt visar nu utförda portrycksmätningar en hydrostatisk ökning mot djupet från en nivå som motsvarar ca +7,5, dvs nivån för medelvattenstånd i Göta älv. Stationer med mätning på nivåer ovanför ca +7,5 visar att ökningen mot djupet är något mindre än hydrostatisk ovanför denna nivå. Vid beräkningar har en portrycksprofil motsvarande de

PM Geoteknik

högsta uppmätta värdena under mätperioden december - januari 2019 använts. Under lägsta uppmätta nivå i respektive portrycksstation har generellt en hydrostatisk ökning mot djupet antagits, se Figur 5-12 samt Bilaga 2.

Bedömning av grundvattenytans nivå har skett utifrån skruvprovtagningar och utförda portrycksmätningar.



Figur 5-12 Valda portrycksprofiler. Grafen visar även högsta och lägsta uppmätta värden för respektive station på varje nivå.

6 Val av beräkningssektioner

6.1 Allmänt

Inom ramen för uppdraget har 5 sektioner undersökts och beräknats för att utreda områdets stabilitet i helhet. Läget på undersökta sektioner har utifrån geometri, platsbesök och tidigare utförda undersökningar valts i samråd med SGI. Sektionernas läge har även valts för att vara representativa för ett större område i anslutning till sektionen med

PM Geoteknik

avseende på geometri, se Figur 6-1. Namn på utredda sektioner är bestämda utifrån läge vid längdmätning längs Göta älv.



Figur 6-1 Översiktsbild över utredningsområdet. Varje beräkningssektion representerar ett större område, här markerat med svart linje och skuggning.

7 Stabilitetsberäkningar

7.1 Allmänt

Beräkningar är utförda med Geostudio 2020 Slope/W version 10.2.0. Beräkningarna är utförda enligt anvisningarna i gällande styrande dokumentet enligt avsnitt 3. Beräkningsmetod Morgenstern-Price med cirkulärcylindriska glidytor har använts. Odränerad och kombinerad analys har utförts i alla sektioner.

Känslighetsanalys gällande portryck har utförts i sektion V23/500 och V23/820. Känslighetsanalys med avseende på erosion har utförts i V23/500.

7.1.1 Materialparametrar

Vid stabilitetsberäkningarna har de olika skjuvhållfasthetsvalen modellerats enligt typsektion i Figur 5-11. Jordegenskaper använda i beräkningarna framgår i Tabell 7-1.

PM Geoteknik

Tabell 7-1 Jordegenskaper använda i beräkningarna

Material	Tunghet kN/m ³	Odränerad skjuvhållfasthet kPa	Friktionsvinkel grader
Silt	17 - 17,5	-	$\phi' = 30^\circ$
Lera Land	17	$c_u = 20 \text{ kPa} + 1,5 \cdot z$ (z från nivå +15)	$\phi' = 30^\circ$
Lera Älvnära	17	$c_u = 22 \text{ kPa} + 1,23 \cdot z$ (z från nivå +15)	$\phi' = 30^\circ$
Älvlera 1	17	Älverans hållfasthet utvärderas enligt metod beskriven ovan	$\phi' = 30^\circ$
Älvlera 2	17	Älverans hållfasthet utvärderas enligt metod beskriven ovan	$\phi' = 30^\circ$

7.1.2 Portryck och yttre vattenstånd

Valda portrycksprofiler ses i Figur 5-12. För området väster om ravinen har uppmätta värden från äldre undersökningar använts i beräkningarna och redovisas i avsnitt 7.7.3.

Vid beräkningar har nivån för Göta älv valts till en nivå på +6,6 i enlighet med styrdokument tillhandahållet av SGI. Detta motsvarar en lägsta sänkningshöjd uppströms Lilla Edet. En medelvattenyta har antagits till nivå +7,5. Medelvattenytan har endast använts till utvärdering av skjuvhållfastheten av älvleran.

7.1.3 Erosion

Erosionsskydd av krossmaterial återfinns längs med i stort sett hela områdets strandlinje. Erosionsskyddets utbredning under vattenytan är inte undersökt. Erosionsskyddets kvalitet varierar längs den undersökta sträckan.

Erosionsskydd har inte förutsatts förekomma i stabilitetsberäkningarna.

Känslighetsanalys har utförts med avseende på erosion i utvald sektion (V23/500) på sträckan. Se delkapitel nedan.

7.2 Erforderlig säkerhetsfaktor

Stabilitetsutredningen har utförts med totalsäkerhetsmetoden enligt IEG:s Rapport 4:2010 "Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar" där erforderlig säkerhetsfaktor gäller för detaljerad stabilitetsutredning där markanvändningen avser "annan mark". Enligt ovanstående gäller därmed rekommendation enligt Tabell 7-2 på säkerhetsfaktorn mot brott utifrån rådande förutsättningar.

PM Geoteknik

Tabell 7-2. "Annan mark", rekommenderade säkerhetsfaktorer.

	Annan mark
F_c	1,6-1,4
F_{komb}	1,4-1,3

Val av erforderlig säkerhetsfaktor ska baseras på ett antal olika gynnsamma och ogynnsamma faktorer som beror på undersökningens omfattning och osäkerheten i beräkningsantaganden.

Inom det aktuella området utgörs marken generellt av lös till halvfast lera som är mellan till högsensitiv med förekomst av kvicklera i den östra delen av området. Det geotekniska underlaget är relativt omfattande för området. Sektioner på land är inmätta men batymetrien i Göta älv är något osäker och föränderlig. Erosionsaktiviteten är relativt liten på de sträckor där erosionsskyddet är fullgott. Konsekvenserna av ett skred är måttliga då ingen bebyggelse förekommer i området. Dock skulle ett skred i området kunna ge omfattande konsekvenser i älven och exempelvis ge fördämning av farleden eller negativ påverkan på råvattenintag som följd. Med utgångspunkt från de förutsättningar (både yttre och geotekniska) som råder inom det aktuella området rekommenderas en säkerhetsnivå i övre delen av intervallen i ovanstående tabell. Följande värden har valts för hela delområdet Nerängen:

- **F_c=1,55**
- **F_{komb}=1,35**

I en sektion, vilken uppfyller krav på erforderlig säkerhetsfaktor, har även en kontrollberäkning utförts med partialkoefficientmetoden. Vid beräkning med partialkoefficientmetoden reduceras hållfasthetsparametrarna och en säkerhetsfaktor på 1,0 ska uppnås.

7.3 Sektion V22/950 (beräknad inom tidigare utredning)

Sektionen har inte beräknats inom nu utförd utredning. Nedan beskrivna parameterval och urval av beräkningsresultat är hämtade från tidigare utredning, *Göta älvutredningen, GÄU, Delområde 5, Intagan – Ström*, 05PM001 daterad 2012-12-20. Sektionen bedöms vara representativ för Nerängens östra gräns fram till ca V23/140 enligt Figur 7-1 nedan.

PM Geoteknik



Figur 7-1. Översiktsbild område V22/950.

7.3.1 Topografiska förhållanden

Sektionen sträcker sig ungefär 340 m inåt land från strandkanten. Markytan vid sektionen sluttar generellt från norr ner mot söder. I norr ligger markytan på ca +26 och sluttar svagt ner i ca 270 m till ungefär +19. Därefter blir markytan brantare ner till älven med en lutning på ungefär 1:5.

Bottengeometrin i älven sett från strandkanten börjar med en slänt som har en lutning på ca 1:5 i omkring 50 m. Botten planar därefter ut på ca -4.

7.3.2 Geotekniska förhållanden

På land bedöms jordlagerföljden bestå av 1,5 till 2,5 m siltig torrskorpelera överlagrandes en lera med inslag av växtdelar till ungefär 5 m djup. Leran på större avstånd från älven bedöms som gyttjig och får på djupet inslag av silt.

7.3.3 Geohydrologiska förhållanden

Portrycksmätningar har tidigare utförts i tre stationer med fyra porstryckspetsar i varje station. Portrycksmätningar visar generellt ett hydrostatiskt eller lägre än hydrostatiskt portryck med en grundvattenyta som varierar mellan 0,6 och 0,8 m under markytan.

PM Geoteknik

7.3.4 Valda materialparametrar, yttre vattenstånd, portrycks- och grundvattennivåer

7.3.4.1 Allmänt

För utvärdering av skjuvhållfasthet har sektionen delats in i tre områden land, strandnära område och under älven. En tunghet och konflytgräns har utvärderats för hela sektionen.

7.3.4.2 Skjuvhållfasthet

Tabell 7-3 visar en sammanställning av odränerad och dränerad skjuvhållfasthet som använts i beräkningarna för sektion V22/950.

Tabell 7-3. Sammanställning skjuvhållfasthet använda i beräkning för sektion V22/950.

Material	Odränerad skjuvhållfasthet	Dränerad skjuvhållfasthet
Silt	-	$\phi' = 30^\circ$
Lera Land	$c_u = 20 \text{ kPa} + 2,04 * z$ (z från nivå +15)	$\phi' = 30^\circ, c' = 0,1 * c_u$
Lera strandnära	$c_u = 25 \text{ kPa} + 1,67 * z$ (z från nivå +5)	$\phi' = 30^\circ, c' = 0,1 * c_u$
Älvlera 1	$c_u = 3 \text{ kPa} + 11 * z$ (z=djup 0-2 m)	$\phi' = 30^\circ, c' = 0,1 * c_u$
Älvlera 2	$c_u = 25 \text{ kPa} + 1,67 * z$ (z=djup >2m)	$\phi' = 30^\circ, c' = 0,1 * c_u$

7.3.4.3 Portryck

Två känslighetsanalyser med avseende på portryck har utförts i sektionen. En analys med höjning av portrycket med 15 kPa i botten av profilen och linjär interpolering mellan botten och nolltrycksnivån. I den andra känslighetsanalysen har nolltrycksnivån höjts till markytan medan trycket i botten är oförändrat.

7.3.4.4 Övrigt

Beräkningar har utförts med en antagen lägsta sänkningshöjd i älven på +6,0 vilket är lägre än nivån som använts i beräkningar utförda inom nu utförd utredning.

7.3.5 Resultat

Resultatet från tidigare utförda beräkningar ses i Tabell 7-4 nedan.

PM Geoteknik

Tabell 7-4 Resultat från tidigare utredning: Göta älvutredningen, GÄU. Delområde 5, Intagan – Ström, 2012-12-20.

	Odränerad	Kombinerad
Kritisk glidyta	1,25	1,25
Känslighetsanalys, förhöjt portryck 15kPa	-	1,25
Känslighetsanalys, markytan	-	1,25
Krav detaljerad utredning*	1,55	1,35

*Säkerhetsfaktorer valda inom nu utförd utredning

7.3.6 Anmärkningar

Leran bedöms kvick från 15 m till 30 m djup i hela sektionen förutom i punkt U5105 där kvicklera förekommer mellan 3 m till 22 m djup.

Beräkningsresultaten i sektionen visar att säkerhetsfaktorn är låg i både dränerad och odränerad analys. Känslighetsanalysen med förhöjda portryck visar låg påverkan i både övre och nedre delen av profilen. Sektionen anses därav inte vara känslig för höjning av portryck. Den kritiska glidytan går ner i älvfåran, därav bedöms glidytan kunna påverkas av erosion och ändringar av vattennivån i älven.

Förändringar av geometrin genom exempelvis erosion eller muddring i älven kan ha påverkat släntens geometri och därmed försämrat stabiliteten ytterligare. Utifrån tillhandahållet GIS-underlag bedöms dock inga större förändringar av geometrin ha skett.

Vidare rekommendationer beskrivs i kapitel 0.

7.4 Sektion V23/210

Sektionen sträcker sig i nord-sydlig riktning med utgångspunkt från Göta älvs längdmätning vid 23/210. Sektionen bedöms representativ för området mellan längdmätning ca V23/140 till V23/320 enligt Figur 7-2 nedan.

PM Geoteknik



Figur 7-2. Översiktspild område V23/210, skuggad yta är område för vilket beräkningssektionen bedöms representativ.

Tre undersökningspunkter (19AF01, 19AF02 och 19AF03) har utförts i sektionen, alla på land. Markytan utgörs av åker- och betesmark med enstaka träd närmast vattnet.

Området bedöms tidigare ha drabbats av ett skred med en utbredning av ca 200 á 300 m gånger 150 m nord-sydlig riktning. Se Figur 5-2.

7.4.1 Topografiska förhållanden

Sektionen sträcker sig ca 230 m inåt land från strandkant (vid MW). Markytan sluttar generellt från norr till söder med en marknivå i norra delarna av sektionen på ca + 24 och i söder omkring + 9. Slänten på land har ett krön omkring 170 m från strandkant och har en lutning på ca 1:8.

Älven är djupast i farleden med en bottenivå på ca - 5. Ungefär 50 m från strandkanten grundar botten upp markant och bildar en hylla som sträcker sig in till land, hyllans bottenivå ökar från ca + 4 till ca +6 närmast stranden.

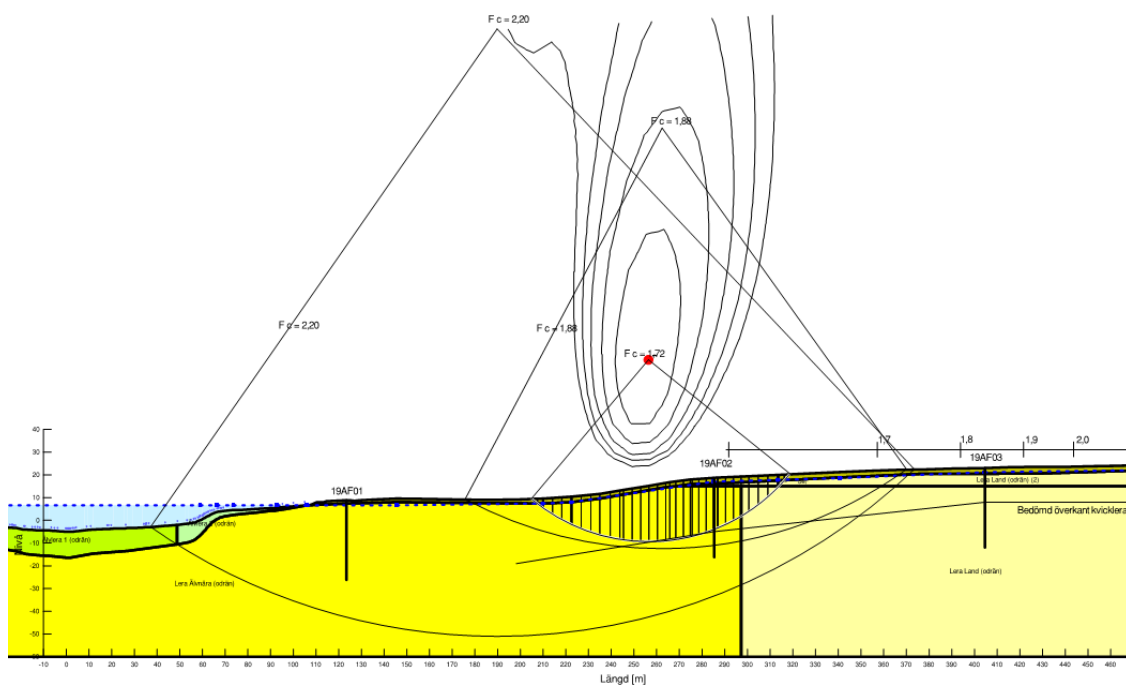
7.4.2 Geotekniska förhållanden

I utförda provtagningspunkter utgörs jorden generellt överst av ett ca 0,3 m tjockt lager mulljord på ca 1,8 till 3 m siltig torrskorpa med förekommande sandskikt alternativt lerig silt med motsvarande mäktighet. Därunder följer siltig lera ned till minst 35 m djup. Den siltiga leran har ställvis inslag av skalrester. I undersökningspunkt 19AF01 bedöms det utifrån CPT-sondering finnas ett siltskikt på 23 m djup. Sonderingar har avbrutits vid 35 m djup.

PM Geoteknik

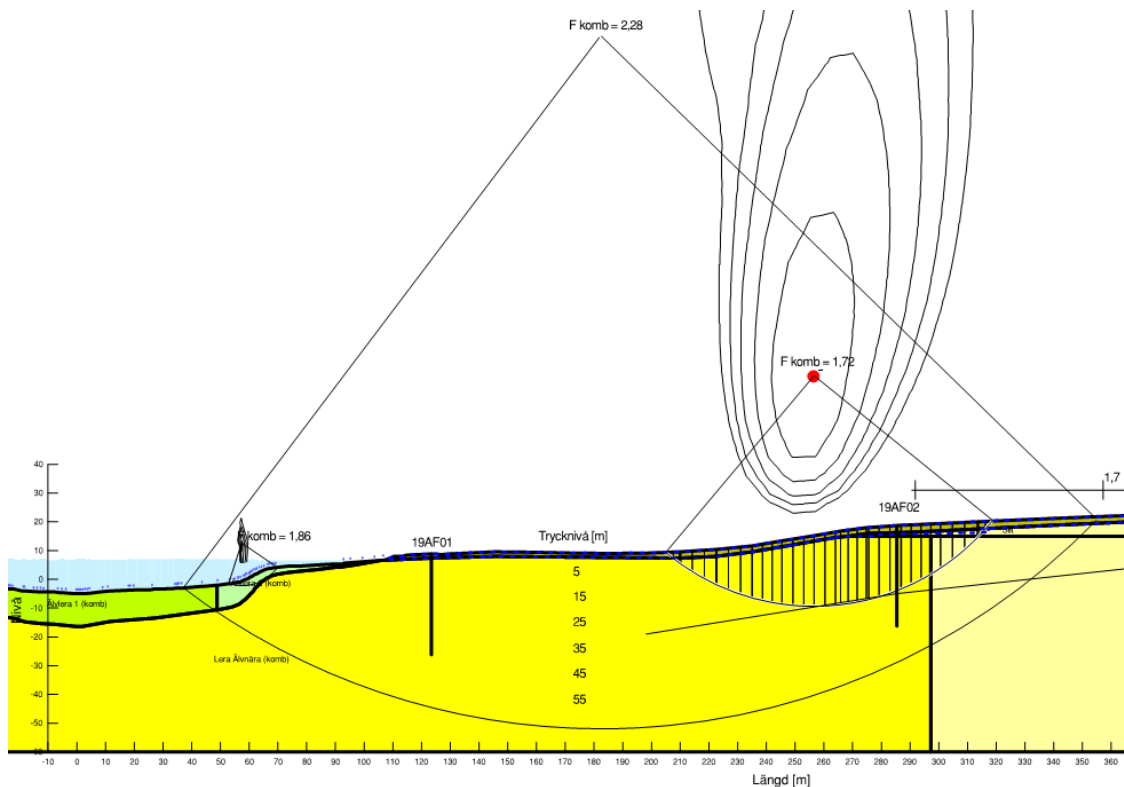
7.4.3 Resultat

Tabell 7-5 visar beräknade säkerhetsfaktorer för odränerad och kombinerad analys samt ställda krav enligt denna detaljerade utredning. Figur 7-3 visar resultatet av odränerad analys och Figur 7-4 visar resultatet av kombinerad analys. Beräkningssektionerna i sin helhet presenteras i Bilaga 3:1 – 3:13.



Figur 7-3 Resultat för V23/210, odränerad analys.

PM Geoteknik



Figur 7-4 Resultat för sektion V23/210, kombinerad analys.

Tabell 7-5. Beräknade säkerhetsfaktorer för sektion V23/210.

	Odränerad	Kombinerad
Kritisk glidyta	1,72	1,72
Krav detaljerad utredning	1,55	1,35

Beräkningar med partialkoefficienter ger säkerhetsfaktorer på $F_{\text{komb,EN}}=1,15$ och $F_{C,EN}=1,15$.

7.4.4 Anmärkningar

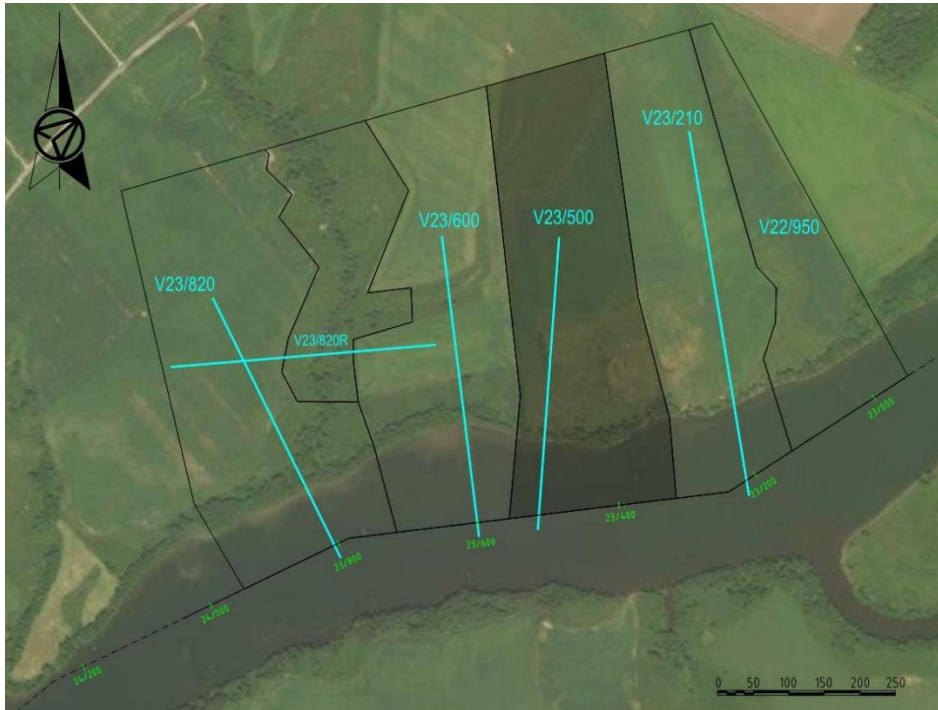
Utförda beräkningar visar på en säkerhet mot stabilitetsbrott som uppfyller gällande krav på erforderlig säkerhetsfaktor.

Utifrån känslighetsanalys med erosion i sektion V23/500 bedöms erosionen, på grund av "undervattenshyllan", endast ge marginell påverkan på de kritiska glidytor och påverkar framförallt glidytor i undervattenslätten.

PM Geoteknik

7.5 Sektion V23/500

Sektionen sträcker sig i nord-sydlig riktning med utgångspunkt från Göta älvs längdmätning vid 23/500. Sektionen bedöms representativ för området mellan ca 23/320 till 23/555 enligt Figur 7-5 nedan.



Figur 7-5. Översiktsbild område V23/500, skuggad yta är område för vilket beräkningssektionen bedöms representativ.

Två undersökningspunkter (19AF04 och 19AF05) har utförts i sektionen, båda på land. Markytan i området utgörs av åker- och betesmark med trädråd närmast vattnet.

7.5.1 Topografiska förhållanden

Sektionen sträcker sig ca 215 m inåt land från strandkant (vid MW). Markytan sluttar svagt från norr till söder med en marknivå på ca +20 till ca +17.

Älven är djupast i farleden med en bottennivå på ca - 7,5. Omkring 70 m från strandkant grundar botten upp markant och bildar en hylla som sträcker sig in till land, hyllans bottennivå ligger på ca + 5. De närmaste 20 m mot strandkanten har ett vattendjup på ca 0 - 0,5 m, dvs en bottennivå omkring +7,0 till +7,5.

7.5.2 Geotekniska förhållanden

I utförda provtagningspunkter utgörs jorden generellt överst av ett ca 0,2 till 0,4 m tjockt lager mulljord på ca 1,9 till 2,7 m siltig torrskorpa / lerig torrskorpesilt alternativt lerig silt med förekommande silt och sandskikt. Därunder följer siltig lera ned till minst 35 m djup. Den siltiga lera har ställvis inslag av skalrester och det bedöms utifrån kolvprovtagning i

PM Geoteknik

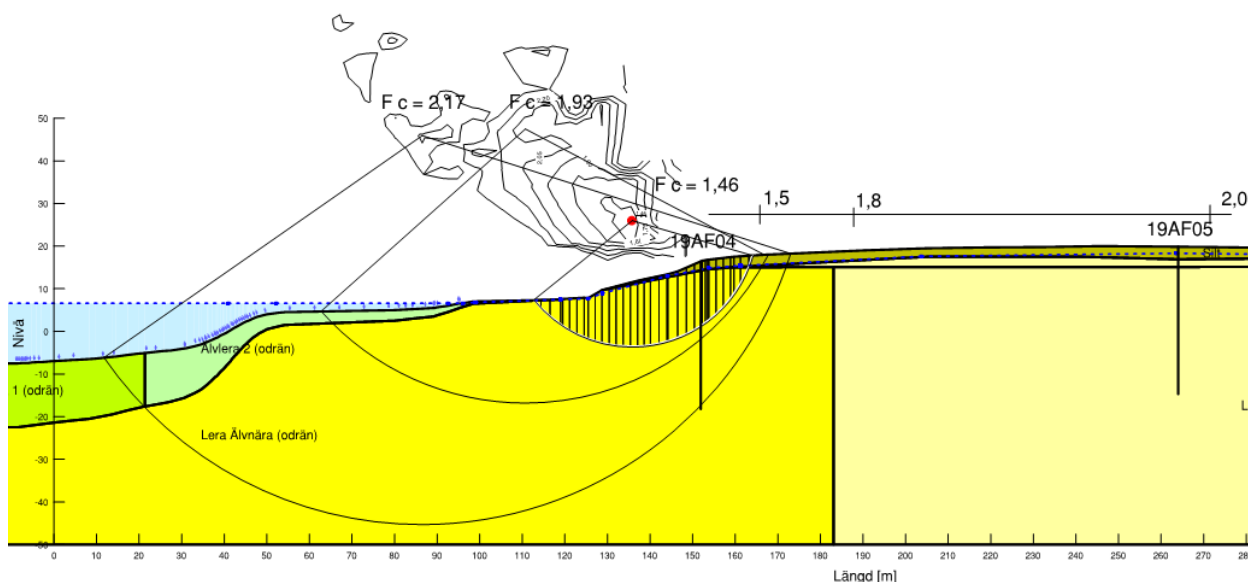
undersökningspunkt 19AF04 och CPT-sondering i undersökningspunkt 19AF05 finnas ett tunt siltskikt på ca 10 m djup. Sonderingarna har avbrutits där djupet överstigit 36 m.

7.5.2.1 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys med hydrostatiskt portryck från markytan har utförts i sektionen. Detta ger en relativt stor höjning av portrycket i profilen jämfört med uppmätta värden.

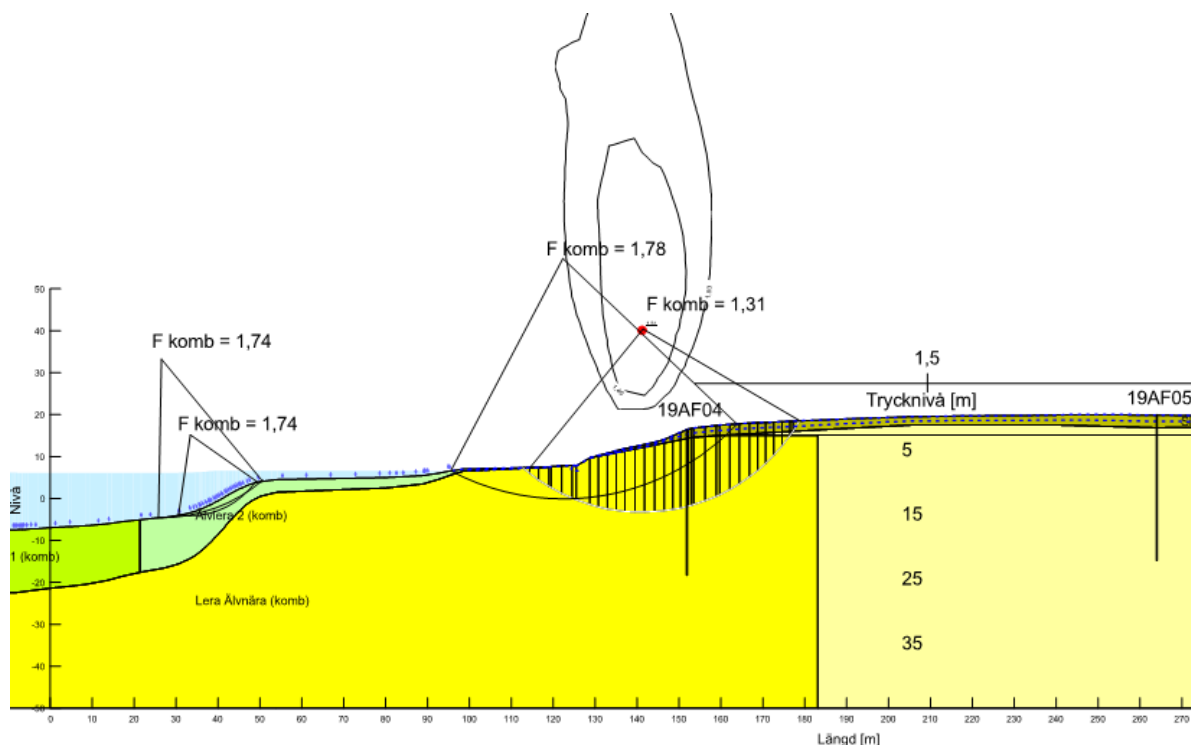
7.5.3 Resultat

Tabell 7-6 visar beräknade säkerhetsfaktorer för odränerad och kombinerad analys samt ställda krav enligt denna detaljerade utredningen. Figur 7-6 visar resultatet för odränerad analys och Figur 7-7 för kombinerad analys. Nedan redovisas även resultat från känslighetsanalys med förhöjt portryck samt med erosion 1 och 2 m. Beräkningssektionerna i sin helhet presenteras i Bilaga 3:14 – 3:23.



Figur 7-6 Resultat för sektion V23/500, odränerad analys.

PM Geoteknik



Figur 7-7 Resultat för sektion V23/500, kombinerad analys.

Tabell 7-6 Beräknade säkerhetsfaktorer för sektion V23/500.

	Odränerad	Kombinerad
Kritisk glidyta	1,46	1,31
Känslighetsanalys, förhöjt portryck	-	1,22
Känslighetsanalys, erosion 1 m	-	1,31
Känslighetsanalys, erosion 2 m	-	1,31
Krav detaljerad utredning	1,55	1,35

7.5.4 Anmärkningar

Beräkningsresultaten visar en säkerhetsfaktor för både kombinerad analys och odränerad analys som är lägre än de uppsatta kraven för detaljerad stabilitetsutredning. Mindre glidytor i undervattenslätten i älven uppfyller dock krav på erforderlig säkerhetsfaktor.

PM Geoteknik

Utförd känslighetsanalys med förhöjt portryck visar att en relativt stor ökning av portrycken krävs för att påverka säkerhetsfaktorn nämnvärt. Mindre ökning, upp till ca 10-20 kPa, får enligt beräkningar endast en marginell påverkan på säkerhetsfaktorn.

Utifrån känslighetsanalys med erosion i aktuell sektion bedöms erosionen, på grund av "undervattenshyllan", endast ge marginell påverkan på de kritiska glidytor och påverkar framförallt glidytor i undervattenslätten.

Vidare rekommendationer presenteras i Kapitel 0.

7.6 Sektion V23/600

Sektionen sträcker sig i nord-sydlig riktning med utgångspunkt från Göta älvs längdmätning vid 23/600. Sektionen bedöms representativ för området mellan ca 23/555 till 23/715 enligt Figur 7-8 nedan.



Figur 7-8 Översiktsbild område V23/600, skuggad yta är område för vilket beräkningssektionen bedöms representativ.

Tre undersökningspunkter (19AF06, 19AF07 och 19AF08) har utförts i sektionen, alla på land. Markytan utgörs av åker- och betesmark med en trädridå närmast vattnet.

7.6.1 Topografiska förhållanden

Sektionen sträcker sig ca 230 m inåt land från strandkant (vid MW). Markytan sluttar generellt från norr till söder med en marknivå i norra delarna av sektionen på ca + 20 och i söder omkring + 12. Brantaste slänten (krön omkring 70 m från strandkant) har en lutning på ca 1:5.

PM Geoteknik

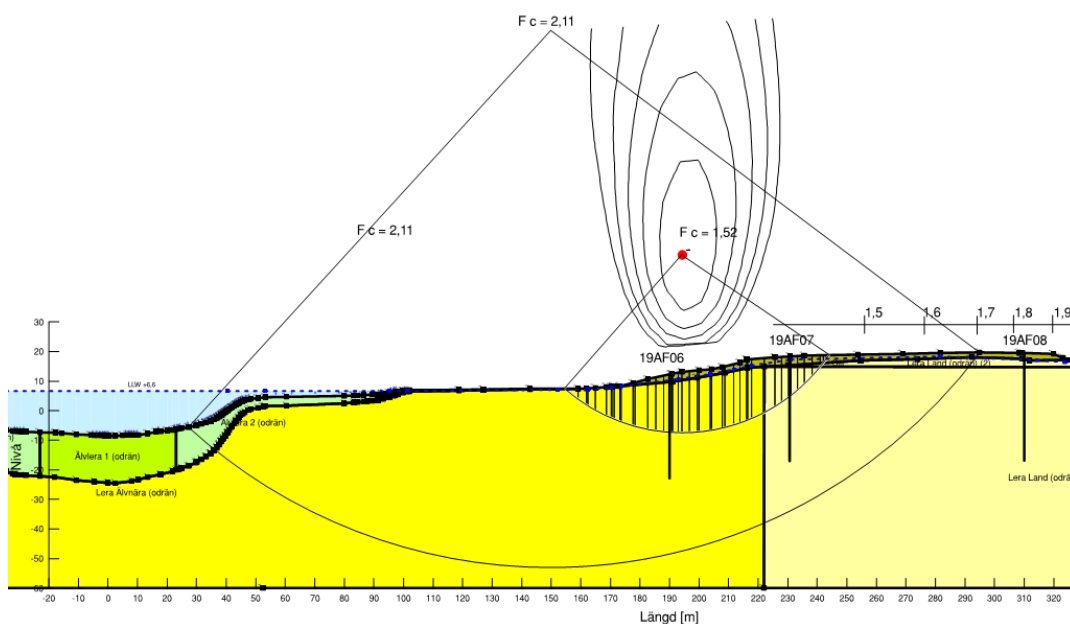
Älven är djupast i farleden med en bottennivå på ca – 8,5. Omkring 100 m från strandkant grundar botten upp markant och bildar en hylla med en bottennivå på ca + 4 till + 5. De närmaste ca 50 m in till strandkant grundar älven upp ytterligare, där ligger bottennivån på ca +6,5 till + 7,5, dvs nära vattenytan.

7.6.2 Geotekniska förhållanden

I utförda provtagningspunkter utgörs jorden generellt överst av ett ca 0,3 m tjockt lager mulljord på ca 1,8 till 2,8 m sandig silt med förekommande sandskikt alternativt lerig silt med sandskikt och motsvarande mäktighet. Därunder följer siltig lera ned till minst 35 m djup. Den siltiga leran har ställvis inslag av skalrester. Utifrån CPT-sondering bedöms det i punkt 19AF07 kunna finnas ett tunt siltskikt på 14,5 m djup. Sonderingar har avbrutits där djupet överstigit 35 m.

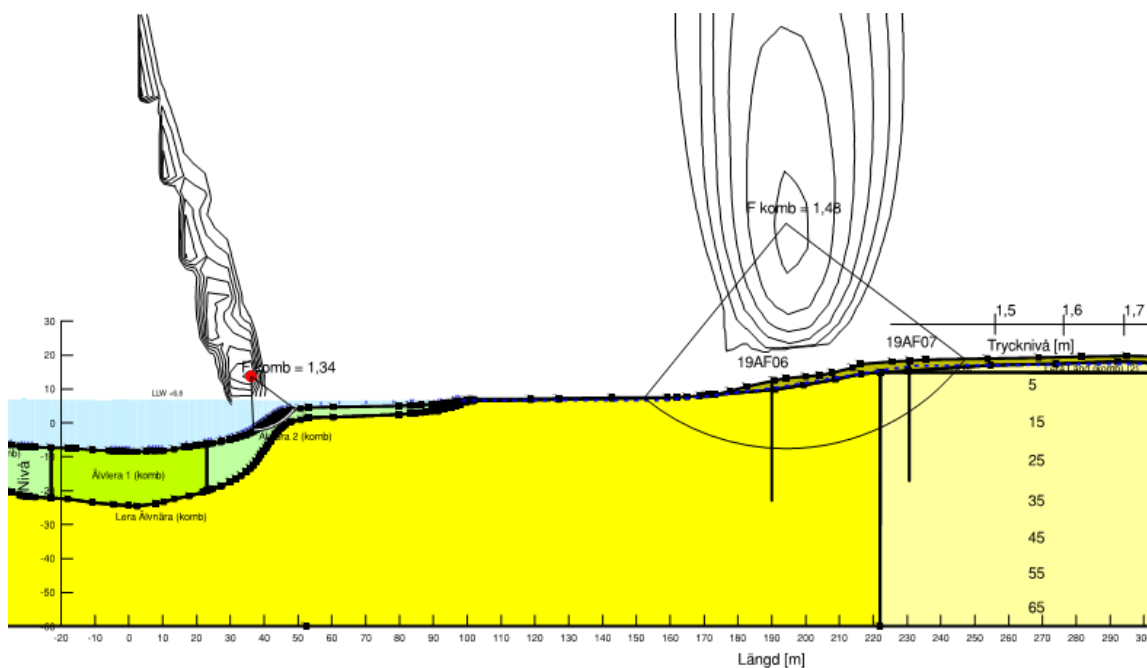
7.6.3 Resultat

Tabell 7-7 visar beräknade säkerhetsfaktorer för odränerad och kombinerad analys samt ställda krav enligt denna detaljerade utredningen. Figur 7-9 och Figur 7-10 visar resultaten för odränerad och kombinerad analys. Beräkningssektionerna i sin helhet presenteras i Bilaga 3:24 – 3:30.



Figur 7-9 Resultat för sektion V23/600, odränerad analys.

PM Geoteknik



Figur 7-10 Resultat för sektion V23/600, kombinerad analys.

Tabell 7-7 Beräknade säkerhetsfaktorer för sektion V23/600.

	Odränerad	Kombinerad
Kritisk glidyta	1,52	1,48
Krav detaljerad utredning	1,55	1,35

7.6.4 Anmärkningar

Utförda beräkningar visar på en säkerhet mot stabilitetsbrott som inte uppfyller gällande krav på erforderlig säkerhetsfaktor för odränerad analys. Beräkningar i kombinerad analys uppfyller dock krav på erforderlig säkerhetsfaktor.

Ingen känslighetsanalys med förhöjt portryck redovisas för sektionen. En kontrollberäkning med en ökning av grundvattenytan till i nivå med markytan och hydrostatisk ökning mot djupet har dock utförts och visar att denna ökning inte påverkar säkerhetsfaktorn nämnvärt.

Utifrån känslighetsanalys med erosion i sektion V23/500 bedöms erosionen, på grund "undervattenshyllan", endast ge marginell påverkan på de kritiska glidytor och påverkar framförallt glidytor i undervattenslätten.

PM Geoteknik

7.7 Sektion V23/820

Sektionens sträcker sig i nord-sydlig riktning med utgångspunkt från Göta älvs längdmätning vid 23/820. Sektionen bedöms representativ för området mellan ca 23/715 till Nerängens västra gräns, enligt Figur 7-11 nedan.



Figur 7-11 Översigtsbild område V23/820, skuggad yta är område för vilket beräkningssektionen bedöms representativ.

Två undersökningpunkter (19AF09 och 19AF10) har utförts i sektionen, båda på land. Markytan utgörs av åker- och betesmark med en trädridå närmast vattnet.

7.7.1 Topografiska förhållanden

Inom sektionen varierar marknivån från ca +21 i norr till ca + 17,4 vid släntkrönet mot älven. Därefter följer en brant slänt med en lutning på ca 1:3, ner till släntfot vid älven med en nivå på ca + 7.

I älven återfinns en ca 75 m lång grund undervattenshylla innan det djupnar i älvens farled.

7.7.2 Geotekniska förhållanden

Generellt bedöms jordprofilen i undersökta punkter bestå av ett lager silt med en mäktighet på ca 2 – 2,5 m som övergår i lera med en mäktighet på över 30 m.

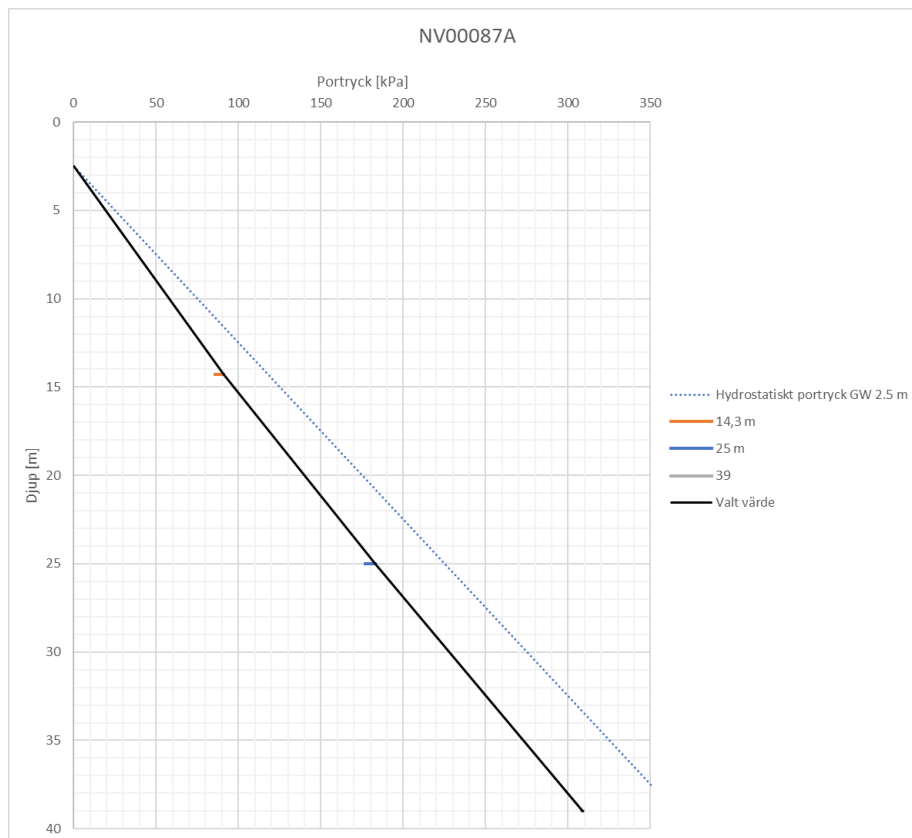
7.7.3 Geohydrologiska förhållanden

I den aktuella sektionen har inga nya portrycksstationer installerats. Vald portrycksprofil har tagits fram utifrån äldre portrycksstation med spetsar på 14,3 , 25, och 39 m djup, Tidigare avläsningar har skett mellan 2007-12-20 och 2010-10-20. Äldre

PM Geoteknik

portrycksmätningar visar ett portryck med en minde tryckökning än hydrostatiskt mot djupet.

Grundvattenytan har ansatts 2,5 m under markytan och mot djupet har högsta uppmätta värden ansatts. Figur 7-12 visar vald portrycksfördelning.



Figur 7-12 Valt portryck för sektion V23/820 och V23/820R.

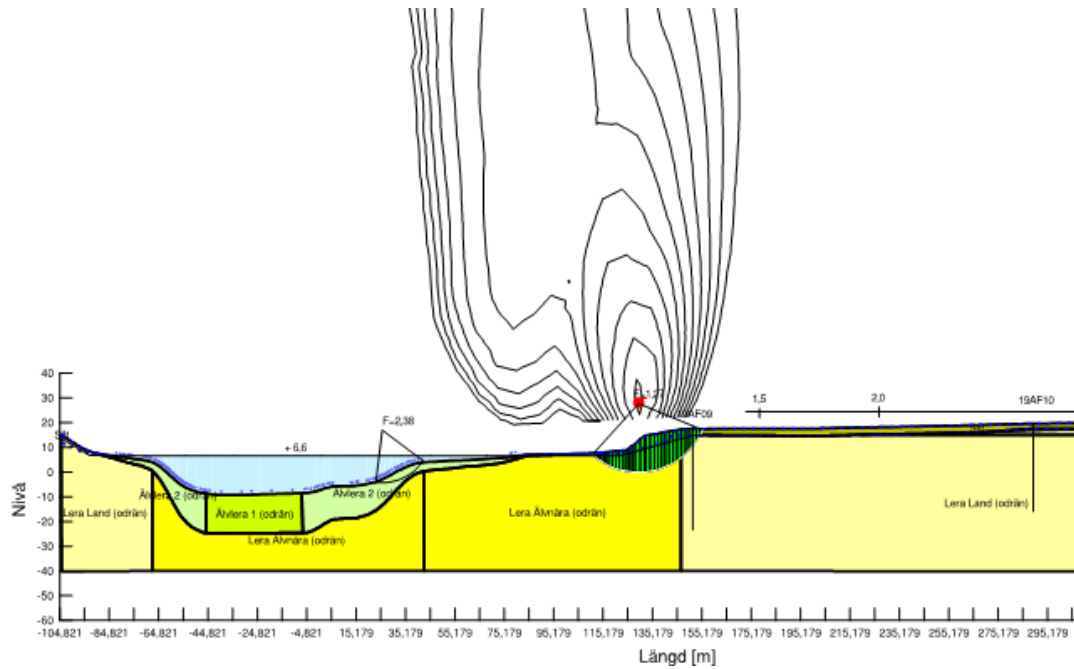
7.7.4 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys med hydrostatiskt portryck från markytan har utförts i sektionen. Detta ger en relativt stor höjning av portrycket i profilen jämfört med uppmätta värden, ca 45 kPa på 25 m djup.

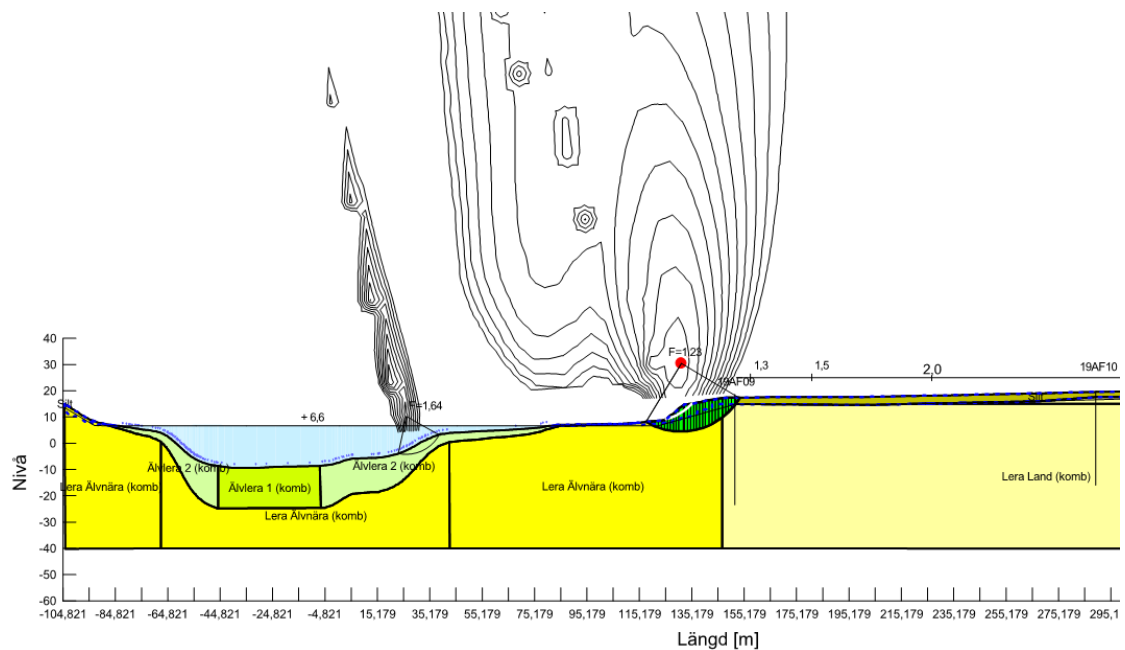
7.7.5 Resultat

Säkerhetsfaktorer för odränerad och kombinerad analys redovisas i Tabell 7-8. För kombinerad analys redovisas även resultat från känslighetsanalys med förhöjt portryck. I Figur 7-13 och Figur 7-14 redovisas resultaten för odränerad och kombinerad analys. Beräkningssektionerna i sin helhet presenteras i Bilaga 3:31 – 3:38.

PM Geoteknik



Figur 7-13 Resultatet för sektion V23/820, odränerad analys.



Figur 7-14 Resultatet för sektion V23/820, kombinerad analys.

PM Geoteknik

Tabell 7-8 Sammanställning över beräknade säkerhetsfaktorer sektion V23/820.

	Odränerad	Kombinerad
<i>Kritisk glidyta</i>	1,27	1,23
<i>Förhöjt portryck</i>	-	1,11
<i>Krav detaljerad utredning</i>	1,55	1,35

7.7.6 Anmärkningar

Utförda beräkningar visar på en säkerhet mot stabilitetsbrott som inte uppfyller gällande krav på erforderlig säkerhetsfaktor. Mindre glidytor i undervattenslätten i älven uppfyller dock krav på erforderlig säkerhetsfaktor.

Utförd känslighetsanalys med förhöjt portryck visar att en relativt stor ökning av portrycken krävs för att påverka säkerhetsfaktorn nämnvärt. Mindre ökning, upp till ca 10-20 kPa, får enligt beräkningar endast en marginell påverkan på säkerhetsfaktorn.

Utifrån känslighetsanalys med erosion i sektion V23/500 bedöms erosionen, på grund "undervattenshyllan", endast ge marginell påverkan på de kritiska glidytorerna och påverkar framförallt glidytor i undervattenslätten.

Vidare rekommendationer presenteras i Kapitel 0.

7.8 Sektion V23/820R

Beräkningssektionen består av en ravin som stäcker sig från områdets nordvästra del ner mot Göta älv. Sektionen sträcker sig i öst-västlig riktning med mitten rakt norr om V23/820. Sektionen bedöms representativ för område enligt Figur 7-15 nedan.

PM Geoteknik



Figur 7-15 Översiktspild område V23/820R, skuggad yta är område för vilket beräkningssektionen bedöms representativ.

En mindre, grundare, "avstickande" ravin sträcker sig inåt området mitt från ravinens östra sida. Inga byggnader finns på den undersökta sektionen och marken har främst nyttjats som åker och betesmark.

Då ravinens västra sida bedöms ha störst lutning och därav lägst stabilitet har endast den västra sidan av ravinen undersökts.

7.8.1 Topografiska förhållanden

Den undersökta sektionen har en utbredning på ca 400 m. Nivå på västra sidan ravinens startar på en nivå på +20 och sluttar sedan svag ner mot ett slänkrön på en nivå av ca +18,5. Därefter följer en brant slänt med en lutning på ca 1:3, ner till ravinens botten på ca + 7. Från ravinens botten följer en likvärdig slänt upp på ravinens östra sida.

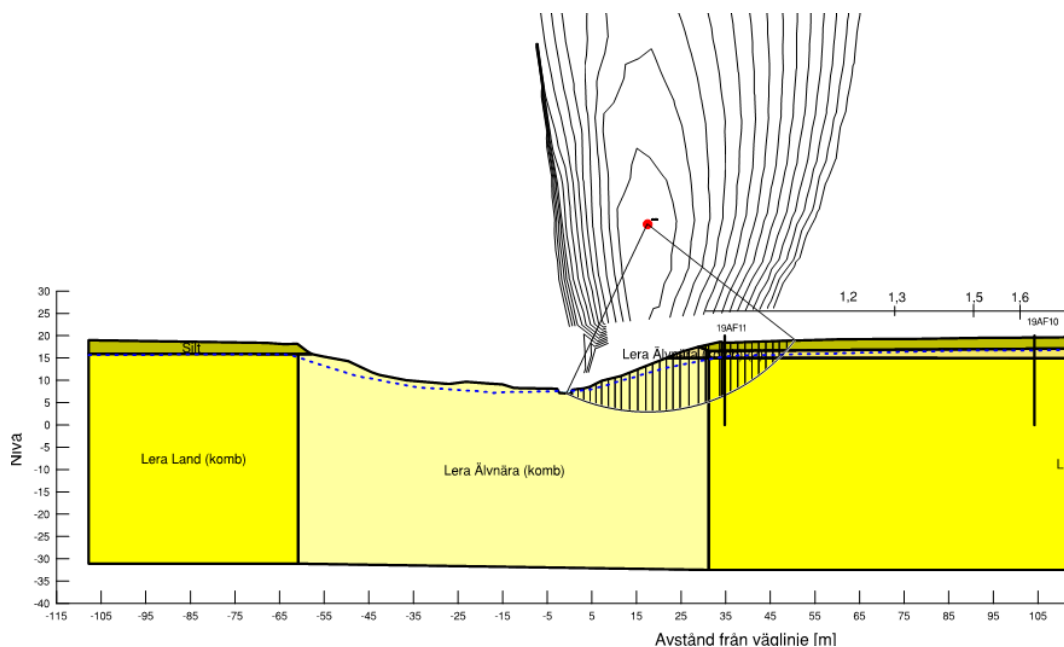
7.8.2 Geotekniska förhållanden

Generellt bedöms jordprofilen i undersökta punkter bestå av ett lager silt med en mäktighet på ca 2 – 2,5 m som övergår i lera med en mäktighet på över 30 m.

7.8.3 Geohydrologiska förhållanden

I den aktuella sektionen har inga nya portrycksstationer installerats. Vald portrycksprofil har tagits fram utifrån äldre portrycksstation med spetsar på 14,3 , 25, och 39 m djup, avläsningar har skett mellan 2007-12-20 och 2010-10-20. Generellt visar

PM Geoteknik



Figur 7-17 Resultat för sektion V23/820R, kombinerad analys.

Tabell 7-9 Sammanställning över beräknade säkerhetsfaktorer sektion V23/820R

	Odränerad	Kombinerad
Kritisk glidyta	1,15	1,11
Krav detaljerad utredning	1,55	1,35

7.8.5 Anmärkningar

Utförda beräkningar visar på en säkerhet mot stabilitetsbrott som inte uppfyller gällande krav på erforderlig säkerhetsfaktor.

Inga känslighetsanalyser har utförts i denna sektion. Känslighetsanalys utförd i närliggande sektion V23/820 bedöms vara representativt för även V23/820R.

Vidare rekommendationer presenteras i Kapitel 0.

7.9 Sammanställning över beräknade säkerhetsfaktorer

I Tabell 7-10 framgår beräknade säkerhetsfaktorer för utredda sektioner under rådande förhållanden. Sektion V22/950, V23/500, V23/600, V23/820 och V23/820R uppnår ej erforderlig säkerhetsfaktor för detaljerad utredning. I Tabell 7-11 redovisas säkerhetsfaktorer för de sektioner där känslighetsanalys har utförts.

PM Geoteknik

Tabell 7-10 Beräknade säkerhetsfaktorer mot brott för respektive sektion under rådande förhållanden.

Sektion	Odränerad	Kombinerad	Bilaga
V22/950*	1,25	1,25	*
V23/210	1,72	1,72	3:1 – 3:13
V23/500	1,46	1,31	3:14 – 3:23
V23/600	1,52	1,48	3:24 – 3:30
V23/820	1,27	1,23	3:31 – 3:38
V23/820R	1,15	1,11	3:39 – 3:45
Krav detaljerad utredning	1,55	1,35	

*Ej beräknad inom aktuell utredning

Tabell 7-11 Säkerhetsfaktorer mot brott för sektioner där känslighetsanalyser utförts.

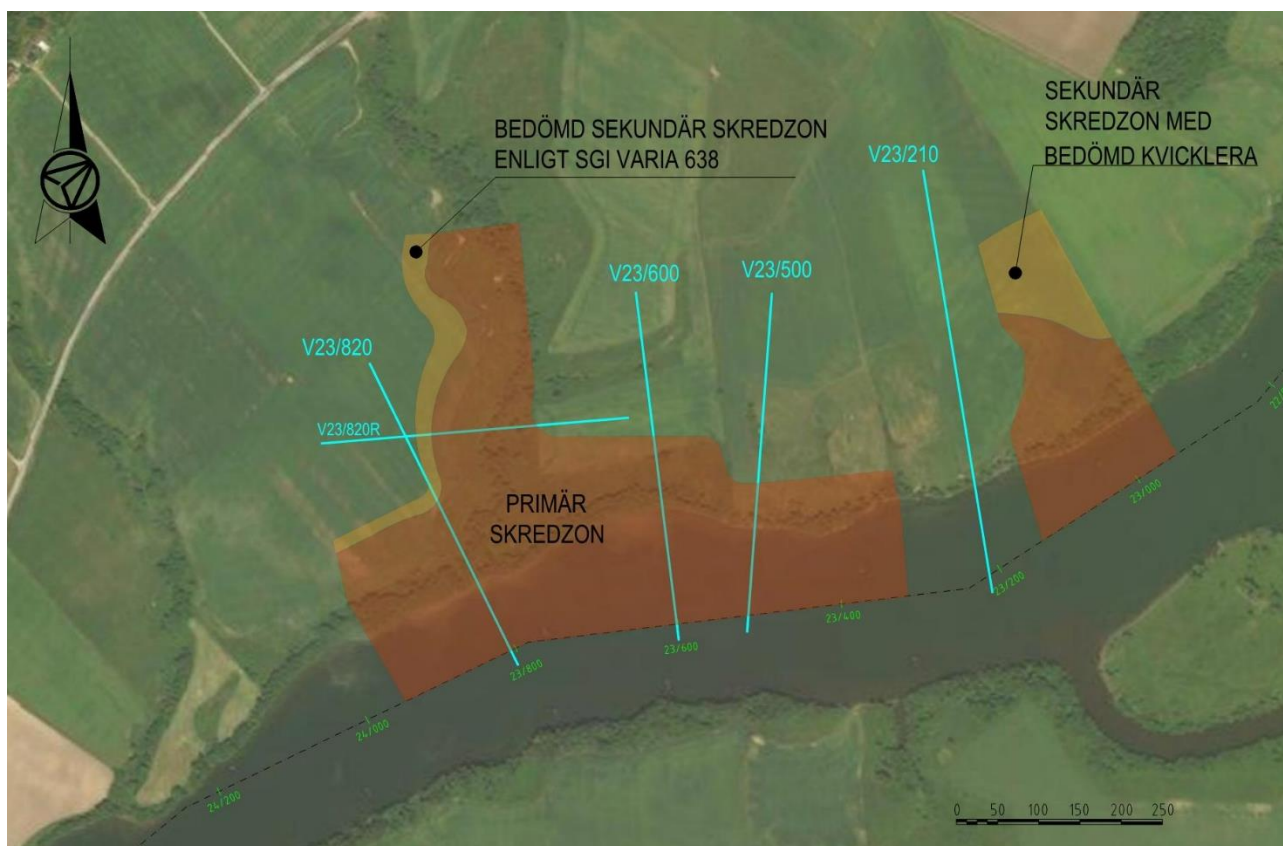
Sektion	Odränerad	Kombinerad
V23/500, förhöjt portryck	-	1,22
V23/500, erosion 1 m	-	1,31
V23/500, erosion 2 m	-	1,31
V23/820, förhöjt portryck	-	1,11
Krav detaljerad utredning	1,55	1,35

8 Bedömning av skredutbredning i högsensitiv lera

I Figur 8-1 redovisas bedömd skredutbredning i plan. Primära skredzoner redovisas för kritiska glidytor som inte uppfyller gällande krav på erforderlig säkerhetsfaktor. För områden där säkerhetsfaktorn underskrider $F_c < 1,3$ eller $F_k < 1,2$ redovisas även en bedömning av sekundärskredutbredning i enlighet med SGI Varia 638.

Sekundärskredsområdet har bedömts utifrån slänthöjder och sensitivitet.

PM Geoteknik



Figur 8-1 Bedömd utbredning av primärskredzon samt sekundärskredzon enligt SGI varia 638.

PM Geoteknik

9 Slutsats och rekommendation

Utförda stabilitetsberäkningar visar att erforderlig säkerhetsfaktor ej uppnås i stora delar av det aktuella området, se Figur 9-1.



Figur 9-1 Planskiss med skrafferat där erforderlig säkerhetsfaktor inte uppfylls.

De mest kritiska slänterna, med säkerhetsfaktorer mellan ca 1,1-1,2, återfinns i de västra och de mest östliga delarna av utredningsområdet där det förekommer branta slanter och stora nivåskillnader mot både Göta älv och ravinen. I de centrala delarna av området ligger beräknad säkerhetsfaktor något högre, mellan ca 1,3-1,5.

I områdena som inte uppfyller erforderlig säkerhetsfaktor rekommenderas en fördjupad stabilitetsutredning. Ett rekommenderat första steg är att arbeta in de direkta skjuvförsök som har utförts inom detta uppdrag men ej inarbetats i denna utredning. Generellt bedöms även triaxialförsök kunna vara lämpligt att komplettera med vid en fördjupad utredning.

För de områden med beräknad säkerhet i det lägre intervallet krävs sannolikt någon typ av åtgärd för att uppnå erforderliga krav. Stabilitetshöjande avlastningsschakter bedöms kunna vara en lämplig åtgärd för att höja säkerhetsfaktorn inom stora delar av området. Beslut om typ av åtgärd samt projektering av dessa åtgärder rekommenderas att föregås av en fördjupad stabilitetsutredning.