
PM GEOTEKNIK

BESTÄLLARE: STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

30000VPM01
Fördjupad stabilitetsutredning Bondeström

UPPDRAGSNUMMER SWECO: 12706514

UPPDRAGSNUMMER SGI: 19065

DIARIENUMMER SGI: 4.2.12-1902-0142



DATUM: 2020-02-21

SWECO CIVIL AB
GÖTEBORG GEOTEKNIK

UPPDRAGSLEDARE: ANNLOUISE ELLIOT
HANDLÄGGARE: HENRIK FALCH

Sweco
Skånegatan 3
411 40 Göteborg

Telefon 031-627500
www.sweco.se

Sweco Civil AB
Org.nr 556507-0868
Styrelsens säte: Stockholm

En del av Sweco-koncernen

AnnLouise Elliot

Mobil +46 (0)70 317 50 12
Annlouise.elliott@sweco.se

Ändringsförteckning

VER.	DATUM	ÄNDRINGEN AVSER	GRANSKAD	GODKÄND

PM GEOTEKNIK
DATUM: 2020-02-21
UPPDRAGSLEDARE: ANNLOUISE ELLIOT
FÖRDJUPAD STABILITETSUTREDNING BONDESTRÖM

Innehållsförteckning

FÖRORD FRÅN SGI.....	1
1 SAMMANFATTNING	2
2 UPPDRAG	3
3 SYFTE	3
4 UNDERLAG.....	4
5 STYRANDE DOKUMENT	4
6 PROJEKTERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
7 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR.....	5
7.1 Nu utförda undersökningar.....	5
7.2 Tidigare utförda undersökningar.....	5
7.3 Pågående undersökningar	6
8 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN	6
8.1 Topografi.....	6
8.2 Geoteknisk översikt	8
8.2.1 Jordlager	8
8.2.2 Kvikklera.....	8
8.3 Hydrogeologiska förhållanden	9
9 STABILITETSANALYS.....	10
9.1 Allmänt.....	10
9.2 Beräkningsförutsättningar	10
9.2.1 Dimensionerande vattennivåer.....	10
9.2.2 Totalsäkerhetsmetoden	10
9.2.3 Partialsäkerhetsmetoden.....	12
9.2.4 Känslighetsanalys	12
9.3 Parameterval.....	13
9.3.1 Allmänna förutsättningar.....	13
9.3.2 Dränerad skjuvhållfasthet	13
9.3.3 Portrycksmodell	13
9.3.4 Odränerad skjuvhållfasthet.....	16
9.3.5 Anisotropi	20
9.4 Beräkningssektioner	20
9.4.1 Km 29/585V – i norra delområdet	21

9.4.2	Km 29/692V – norra delområdet	23
9.4.3	Km 29/917V – södra delområdet	25
9.4.4	Km 30/128V – södra delområdet	27
9.4.5	Km 30/183VR.....	29
9.4.6	Km 30/290V – södra delområdet	31
9.4.7	Km 30/539V – södra delområdet	33

10 SLUTSATS.....35

RITNING

G-10-1-002 Plan, Skala 1:2000, Utbredning kvicklera

BILAGOR

- Bilaga 1 Sammanställning jordparametrar**
- Bilaga 2 Vald skjuvhållfasthet**
- Bilaga 3 Vald portrycksprofil**
- Bilaga 4 Utvärdering av indikationer på kvicklera**
- Bilaga 5 Förutsättningar för partialsäkerhetsmetoden och val av
partialkoefficienter**
- Bilaga 6 Stabilitetsberäkningar – norra delområdet**
- Bilaga 7 Stabilitetsberäkningar – södra delområdet**

Förord från SGI

Regeringen har gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att minska sannolikheten för skred i Göta älvdalen 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

1 Sammanfattning

Bondeström är beläget på Göta älvs västra sida strax norr om Lilla Edets tätort. Området utgörs i huvudsak av svagt sluttande åkermark som faller mot Göta älv i öster. Jordlagren i området utgörs till största delen av lera med upp till 50 meters mäktighet. Utförda undersökningar visar på att det i området finns kvicklera. I anslutning till Göta älv finns centralt i området ett drygt 100 meter långt skredärr, som sträcker sig ca 150 meter från strandlinjen.

Fält- och laboratorierundersökningar har utförts för att ligga till grund för en fördjupad stabilitetsutredning. Stabilitetsberäkningar har enligt uppdraget i huvudsak utförts enligt totalsäkerhetsmetoden, men för befintliga förhållanden har även jämförande beräkningar enligt partialkoefficientmetoden utförts.

Totalsäkerhetsfaktorer som ska uppnås i uppdraget är för odränerad analys F_c^3 1,4 och för kombinerad analys F_{komb}^3 1,3.

Vid beräkningar med partialkoefficientmetoden ska krav för säkerhetsklass 3 uppnås (F_{EN}^3 1,1) för både odränerad och kombinerad analys i de områden där kvicklera finns. Där kvicklera inte förekommer ska lägsta krav för säkerhetsklass 2 uppnås (F_{EN}^3 1,0).

Enligt utförda undersökningar och utifrån fördjupad stabilitetsutredning kan för befintliga förhållanden hela utredningsområdet klassas som tillfredställande med avseende på släntstabilitet, se beräkningsresultat i Tabell 1. De anisotropa förhållandet i leran har utvärderats och använts vid stabilitetsberäkningarna.

Tabell 1. Beräknade säkerhetsfaktorer, totalsäkerhetsmetod med hänsyn taget till anisotropi.

Totalsäkerhetsanalys – fördjupad utredning		
Sektion	Odränerad analys	Kombinerad analys
29/585V	$F_c=1.58$	$F_{\text{komb}}=1.47$ ($F_{\text{komb,UV}}=1.65$)
29/692V	$F_c=1.49$	$F_{\text{komb}}=1.46$ ($F_{\text{komb,UV}}=1.46$)
29/917V	$F_c=1.50$	$F_{\text{komb}}=1.45$ ($F_{\text{komb,UV}}=1.35$)
30/128V	$F_c=1.62$	$F_{\text{komb}}=1.55$ ($F_{\text{komb,UV}}=1.69$)
30/183VR (Ravin)	$F_c=1.79$	$F_{\text{komb}}=1.32$
30/290V	$F_c=1.63$	$F_{\text{komb}}=1.54$ ($F_{\text{komb,UV}}=1.38$)
30/539V	$F_c=1.50$	$F_{\text{komb}}=1.36$ ($F_{\text{komb,UV}}=1.27$)

Beräkningsmässigt uppfylls inte kravet fullt ut för undervattensslänten i den södra delen, beräkningssektion 30/539, då säkerheten i den kombinerade analysen visar tre hundradelar under kravet. Med hänsyn till glidyntans utbredning så är bedömningen att ett eventuellt skred under vattnet i denna del inte skulle påverka säkerheten för glidyntor som når upp till markområdet bakom slänten i någon större omfattning. Trots den beräkningsmässigt något lägre säkerheten för undervattensslänten bedöms stabiliteten som tillfredställande då det inte påträffats någon kvicklera i denna del av området.

2 Uppdrag

Sweco har på uppdrag av Statens geotekniska institut, SGI, utfört fördjupad stabilitetsutredning för området Bondeström. Arbetet har utförts i nära samarbete med beställaren.

Det aktuella området är beläget på Göta älvs västra sida, drygt 1,5 km norr om Lilla Edets tätort. Utredningsområdet är knappt 1100 meter långt längs med älven (km 29/450 till 30/550 enligt längdmätning i älven) samt ca 400 meter brett där det sträcker sig halvvägs till Kungälvsvägen (väg 2025) i väster, se Figur 1.

Det aktuella området är ca 36 ha stort och består till största del av åkermark. Inom området finns det bebyggelse i form av en bondgård med tillhörande bostadshus.



Figur 1 Ungefärligt utredningsområde markerat med streckad röd linje, gammalt skredärr markerat med gul linje. Bild från <https://www.google.se/maps> (2019-11-21)

3 Syfte

Syftet med denna utredning är att utföra en fördjupad stabilitetsutredning enligt IEG 4:2010 och klargöra de geotekniska förutsättningarna i området.

Stabilitetsberäkningar utförs för befintliga förhållanden och förstärkningsåtgärder tas översiktlig fram där det eventuellt erfordras för att uppfylla kraven enligt IEG 4:2010.

4 Underlag

Följande underlag har använts:

- Nu och tidigare utförda geotekniska fält- och laboratorieundersökningar utförda på land och i älvområdet, se kap 7
- Inmätta sektioner i området
- Höjddata från Lantmäteriets WCS-tjänst, 2019-04-23
- Älvens bottenpografi utifrån batymetrisk sjömätning i Göta Älv (SGI, 2018)

5 Styrande dokument

Följande styrande dokument har legat till grund för detta uppdrag:

- Riktlinjer för tekniskt arbete (avser stabilitetsutredningar längs Göta älv) DGA00XST01, Version 2.0 daterad 2019-11-05
- Riktlinjer för dokumenthantering DGA00XST02, Version 2.0 daterad 2019-11-05
- Metodik för kartläggning av kvicklera (SGI 2018) samt enligt GÄU Delrapport 29 (SGI 2012)
- SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga, *"Dimensionering av geokonstruktioner"*, samt tillämpningsdokument
 - Rapport 2:2008, Rev 2 *"Grunder"*
 - Rapport 6:2008, Rev 1 *"Slänter och bankar"*
 - Omfattning av undersökningar enligt Rapport 4:2010 *"Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar"*
- TK Geo 13 TDOK 2013:0667 Version 2, Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner
- TR Geo 13 TDOK 2013:0668 Version 2, Trafikverkets tekniska råd för geokonstruktioner
- Excelmallar erhållna av SGI för sammanställning av lab. – och fältdata, val av skjuvhållfasthetsfördelning och utvärdering kvicklera CPTu och Tr.

6 Projekteringsförutsättningar

I styrdokument DGA00XST01 anges föreskrifter för utredningen och nedan redovisas några väsentliga för uppdraget:

- Koordinatsystem SWEREF 99 TM
- Höjdsystem RH 2000

Beräkningar ska i huvudsak utföras med totalsäkerhetsmetod, men jämförelser av resultat från beräkningar för befintliga förhållanden ska också utföras med partialsäkerhetsmetod.

För att ett beräkningsresultat med totalsäkerhetsmetod ska kunna klassas som tillfredställande enligt gällande styrdokument, DGA00XST01, ska de beräknade säkerhetsfaktorer minst nå upp till:

- För odränerade förhållanden F_c^3 1,4
- För kombinerade förhållanden F_{komb}^3 1,3

Dessa säkerhetsfaktorer är i den övre delen, enligt tabell 4.2 i IEG rapport 4:2010, vid en fördjupad utredning och tillståndsbedömning av en slänt med befintlig bebyggelse.

Beräkning som utförs med partialkoefficientmetod ska vid förekomst av kvicklera utföras i säkerhetsklass 3 (SK3) vilket innebär att säkerhetsfaktorn för både odränerad och kombinerad analys lägst ska uppgå till F_{EN}^3 1,1. För övriga delar där område med kvicklera inte påverkas av glidytor ska lägst F_{EN}^3 1,0 uppnås.

7 Utförda undersökningar

Geotekniska fält- och laboratorieundersökningar finns utförda inom och i anslutning till utredningsområdet, både på land och i älven.

7.1 Nu utförda undersökningar

Geotekniska fält- och laboratorieundersökningar har utförts under perioden juni till november år 2019. Undersökningar har utförts i syfte att uppnå underlag för fördjupad utredningsnivå enligt IEG 4:2010, i det aktuella området. Undersökningsresultat redovisas i Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik, 30000VRA01, Fördjupad stabilitetsutredning Bondeström, daterad 2020-02-21.

7.2 Tidigare utförda undersökningar

Tidigare utförda undersökningar i anslutning till det nu aktuella utredningsområdet:

- Göta älvutredningen, GÄU, Delområde 5, Intagan – Ström. Markteknisk undersökningsrapport/ Geoteknik (05RA004). Statens geotekniska institut 2011-08-31. Uppdragsnummer: 14085, Diarienummer: 6-1001-0027. Avser geotekniska fältarbeten på land utförda av Cowi under perioden januari till september 2010. Undersökningarna bedöms för aktuellt område vara utförda för detaljerad utredningsnivå.
- GÄU, Delområde 11, Delsträckorna Intagan - Ström samt Intagan - Lilla Edet (älven vid delområdena 5 och 7 på land). Försöksrapport/Fält (11RA004), undersökningar utförda 2010-08-26 till - 2010-12-10. Laboratorierapport (11LRA002) 2010-12-30. Uppdragsnummer: 14098, diarienummer: 6-1001-0040. Avser geotekniska fältarbeten i älven som utförts av Skanska under september 2010. Undersökningarna bedöms för aktuellt område vara utförda för översiktlig utredningsnivå

7.3 Pågående undersökningar

Under slutfasen av det nu föreliggande utredningsarbetet har även arbetsmaterial från pågående undersökningar i Göta älv delvis kunnat nyttjas. Undersökningarna utförs av Sweco på uppdrag av SGI i ett parallellt pågående uppdrag benämnt:

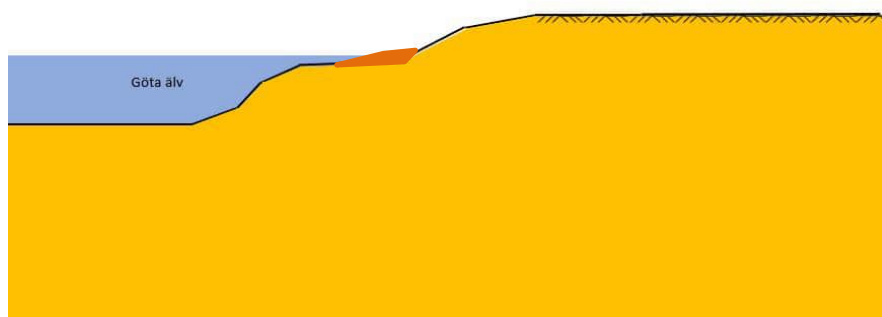
- Geotekniska undersökningar i Göta älv från flotte, Trollhättan – Lilla Edet. Uppdragsnummer: 19091, diarienummer 6.2-1906-0453. Undersökningsresultat, som utförts men inte är redovisade i detta uppdrag, har i tillämpliga delar inarbetats i föreliggande utredning.

8 Geotekniska förhållanden

8.1 Topografi

Området utgörs i huvudsak av åkermark som faller svagt från väster mot Göta älv i öster. I anslutning till Kungälvsvägen finns höjdparter med fastmark. Mitt i området finns ett större skredärr (se Figur 1), tidpunkt och andra detaljer kring skredet är inte kända.

Marknivån för den svagt sluttande åkermarken är i väster ca +16 och vid släntkrön i öster invid älven är nivån ca +12, vilket innebär en flackare marklutning än 1:70. Från det övre släntkrönet faller marken mot strandbrinken brantare till nivån ca +7 med i huvudsak lutning ca 1:3, det förekommer även lokalt brantare partier med lutning upp till ca 1:1,5. Från strandbrinken och ut i älven finns en svagt sluttande undervattenshylla som sträcker sig mellan 4-30 meter ut i älven. Därefter sluttar älvbotten brant mot djupfåran. Undervattensslänten är uppemot 15 meter hög och bedöms ha en lutning ca 1:1,5 men brantare lutning förekommer, ca 1:1,2. I Figur 2 visas en typsektion för slänten mot Göta älv i det aktuella området.



Figur 2 Typsektion för västra slänten mot Göta älv. Orange markering vid vattenbrynet är bedömd utbredning av erosionsskyddet på sträckan.

Längs med älven finns vid strandbrinken erosionsskydd med bedömningsvis god funktion, för den synliga delen, på land och några meter ut i Göta Älv. I Figur 2 illustreras ungefärligt läge för erosionsskyddet i området. Vid platsbesök under pågående uppdrag har det inte konstaterats några tecken på pågående erosion i anslutning till Göta älv, se Figur 3.



Figur 3 Erosionsskyddet vid vattenbrynet längs Göta älv, södra delen (till vänster i bild) och norra delen (till höger).

Inom området finns tre mindre nederoderade vattendrag som skapat ravin. Ravinerna lägst i norr samt den i mitten av området bedöms ha vattenflöden som är mycket begränsade och inga spår av pågående erosion finns. För ravinerna i söder finns vissa tecken på pågående erosion med lutande och nedfallna träd, se Figur 4. Vid alla tre ravinerna finns, vid utloppet mot Göta älv, tillsynes intakta erosionsskydd ovan vattenytan som korsar ravinerna och bromsar upp utloppsflödet.



Figur 4 Lutande och nedfallna träd, ravinerna i söder.

8.2 Geoteknisk översikt

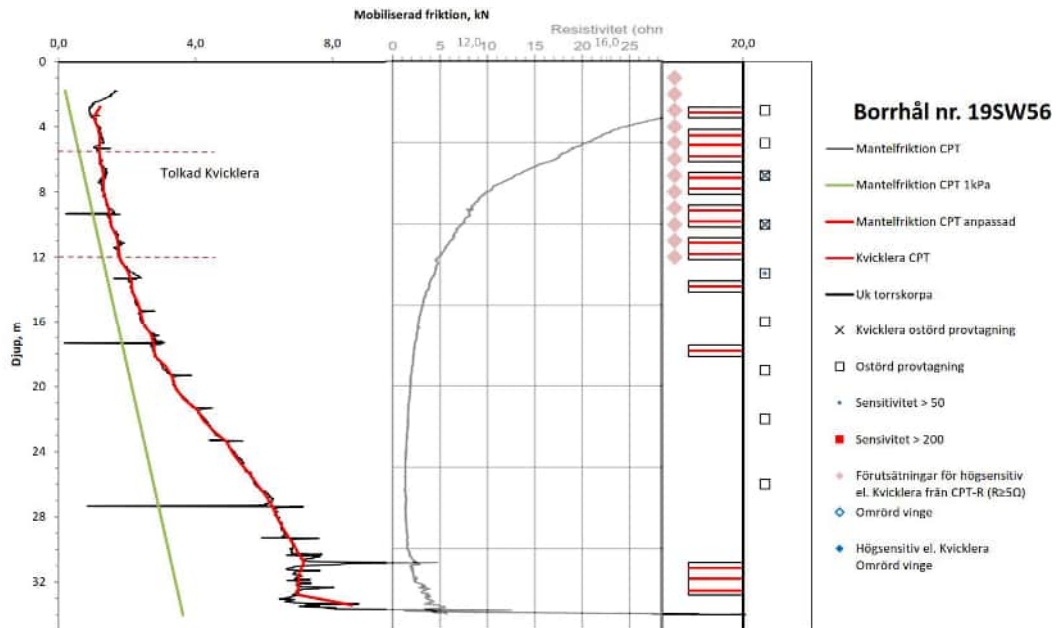
8.2.1 Jordlager

Generellt utgörs jordlagren i området av lera med minskade mäktigheter från norr till söder. Skillnader i jordmäktighet är som störst i områdets mittersta del, där ladugården och bostadshuset i den västra delen ligger inom ett fastmarksområde varifrån jordlagrens mäktighet ökar till ca 27 meter vid strandlinjen. I anslutning till älven, i områdets norra del, är jordlagrens mäktighet ca 50 meter och minskar sedan succesivt mot söder, och längst i söder är mäktigheten endast ca 10 meter. Överst utgörs jordlagren av torrskorpelera som underlagras av siltig lera, som mot djupet övergår till lera. Strax under torrskorpan har leran en skjuvhållfasthet kring 20 kPa, som ökar mot djupet. Leran är normal- till svagt överkonsoliderad inom landområdet. Leran under älven bedöms vara överkonsoliderad till följd av den avlastning som uppkommit genom nederodering av älvfåran. Leran på land och under älven underlagras av friktionsmaterial med en varierande mäktighet ovan berg (friktionsmaterialets mäktighet och bergets nivå har inte undersökts).

Undersökningsresultaten visar på relativt små skillnader för jordlagers grundparametrar och viss skillnad för hållfasthet inom området. En detaljerad indelning har gjorts där området har delats in i två delar utifrån analys av främst skjuvhållfasthet. Ett område i norr, mellan ca km 29/450 - 29/850, och ett i söder, mellan ca km 29/850 - 30/550. Området i söder har en något högre odränerad skjuvhållfasthet än området i norr.

8.2.2 Kvicklera

Förekomst av kvicklera och högsensitiv lera har sammantaget kartlagts utifrån ostörd provtagning, CPTu-sondering samt resistivitet uppmätt med CPTu-R-utrustning, se exempel i Figur 5 och Bilaga 4 för redovisning av resultat för respektive borrhål. Inom området har utifrån undersökningsresultaten bedömts att förutsättningar för högsensitiv lera och kvicklera finns i de delar av jordprofilen där resistiviteten är högre än 5 ohm/m. Det samlade underlaget visar att det inom utredningsområdet finns ett större område med tolkad högsensitiv lera alternativt kvicklera. Den högsensitiva leran återfinns i ett sammanhängande lager på ett djup som varierar mellan 4 till 12,5 meter med en mäktighet på 2 till 6,5 meter (se ritning G-10-1-002, gul linje). I ett parti kring skredärret, från ca 50 meter norr om till ca 180 meter söder om, finns ett område med tolkad kvicklera med högre sensitivitet ($S_i > 100$ samt $\tau_{fu} < 0.4$) som återfinns under skiktet med högsensitiv lera alternativt kvicklera (se ritning G-10-1-002, röd linje). Den tolkade kvicklerans utbredning redovisas i sektion i respektive stabilitetsberäkning (se Bilagorna 6 och 7). Resistivitetmätningar indikerar att kvicklera ytligt kan förekomma i hela området.



Figur 5 Utvärdering kvicklereförekomst, 19SW56.

8.3 Hydrogeologiska förhållanden

Området är beläget direkt norr om Lilla Edet där nivån för Göta älv regleras vid slussen. De dimensionerande vattenståndsnivåerna på sträckan är dämningshöjden +7,6 och sänkningshöjden +6,6. Medelvattenyta i älven är på nivån +7,5.

Vattennivåer i ravinerna har antagits ha samma nivå som i älven vilket motsvarar att de är torrlagda.

Uppmätta portrycksnivåer motsvarar en grundvattenyta belägen ca 1-2,5 meter under markytan och därunder i princip hydrostatiska förhållanden mot djupet. Det finns en antydning att det i förhållande till hydrostatiska förhållanden kan vara något avsakta portryck mot djupet. Uppmätta portryck har studerats tillsammans med nederbörd från SMHI:s station i Vänersborg (dygnsmedelvärden, mm), se kap 9.3.2 och Bilaga 7 i tillhörande MUR (Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik, 30000VRA01, Fördjupad stabilitetsutredning Bondeström).

9 Stabilitetsanalys

9.1 Allmänt

Stabilitetsanalyserna har i huvudsak utförts för befintliga förhållanden med beräkningar enligt totalsäkerhetsmetoden, i både odränerad och kombinerad analys. För jämförelse av resultat har även beräkningar utförts enligt partialkoefficientmetoden, med krav enligt Eurocode, för befintliga förhållanden.

Känslighetsanalyser har enbart utförts med totalsäkerhetsmetod.

Alla stabilitetsanalyser har utförts för cirkulär-cylindriska glidytor med programmet GeoStudio 2019 (Slope/W version 10.0.1.17733) med beräkningsmetod enligt Morgenstern-Price.

I beräkningarna har portryckt modellerats som hydrostatiskt från en angiven nivå ("Piezometric line").

9.2 Beräkningsförutsättningar

9.2.1 Dimensionerande vattennivåer

Beräkningar har utförts för den reglerade sänkningshöjden +6,6 i Göta älv. Vattennivån i den södra ravinen har vid utloppet antagits vara i nivå med älven, det vill säga +6,6.

9.2.2 Totalsäkerhetsmetoden

Vid beräkning med totalsäkerhetsmetod ska enligt IEG Rapport 4:2010 den erforderliga säkerhetsfaktorn väljas utifrån undersökningarnas omfattning och med hänsyn till osäkerheter som finns i beräkningsantaganden och förutsättningar. En lägre säkerhetsfaktor kan då väljas om relevanta förutsättningar inom ett område är gynnsamma. I Tabell 2 finns en sammanställning av gynnsamma och ogynnsamma förutsättningar för de aktuella slänterna som underlag för motivering av de angivna säkerhetsfaktorerna.

Tabell 2 Underlag för val av totalsäkerhetsfaktorer.

Förutsättning	Gynnsam	Ogynnsam
Fältundersökningens omfattning	Undersökningar inom området ger ett bra geotekniskt underlag, CPTu-sonderingar är utförda, insituprovtagning med vinge är utförd.	
Laboratorieundersökningens omfattning	Kompressionsförsök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök är utförda i relativ stor omfattning.	Färre hållfasthetsbestämningar i älven.
Släntens beständighet mot Göta älv	Inga tecken på rörelser har observerats. Erosionsskydd i vattenlinjen mot älven.	
Släntens beständighet södra ravinen		Viss erosion. Lutande och nedfallna träd.
Släntens geometri mot Göta älv	Flack slänt fram till övre släntrönn, geometrin är väl inmätt (bra höjddatabas, avvägningar och botten-scanning av älven). Känslighetsanalys avseende erosion är översiktligt utförd.	Brant undervattenslänt som inte är inspektionsbar.
Släntens geometri mot södra ravinen	Relativt flack slänt, geometrin är väl inmätt (bra höjddatabas och avvägningar).	Ingen avvägning av botten-nivå (sankmark, vattnet).
Grundvatten och portrycksförhållanden	God kännedom om portrycksfördelningen mot djupet. Begränsade förväntade tryckvariationer. Lägre än hydrostatisk portrycksfördelning mot djupet. Känslighetsanalys avseende grundvatten- och portrycksförhållanden är översiktligt utförd.	Långtidsobservationer saknas. Funktionen hos grundvattenrören något osäkra.
Ytvatten förhållanden	Karakteristiska vattenstånd är kända. Små vattenståndsvariationer.	Osäkra dräneringar och ev risk för vattenansamlingar. Osäkerheter kring förekomst av kulvertar och trummor.
Jordens egenskaper	Relativt homogen jord. Geotekniska förhållandena är väl kända och samma geologiska förutsättningar råder. Liten spridning i hållfasthetsegenskaper.	Kohesionsjord. Kvicklera i stora delar av området.
Tidigare förändringar i slänten	Utlagt erosionsskydd mot Göta älv. Reglering av älven.	Skredärr centralt i utredningsområdet.
Konsekvenser av ett skred	Ingen bebyggelse som påverkas.	Viss risk för dämning av älven. Stor risk för bakåtgripande skred.
Analys och beräkningsarbetets tillförlitlighet	Stort antal beräknade glidytor. Förhållandena på land har små variationer. Kritiska glidytor är stora, mindre glidytor god beräkningsmässig säkerhet. 2-dimensionell analys. Lågvatten valt i älven för mothållande last.	Last och portryck valda för normaltillstånd.
Verksamhet i området	Ingen nyexploatering.	Osäkerheter kring infiltration i området.

Sammanvägning av de gynnsamma respektive ogynnsamma förhållandena i Tabell 2 visar att utredningen har fördjupad utredningsnivå. Enligt gällande styrdokument, DGA00XST01, är säkerhetsfaktorerna som ska uppnås vid beräkningar med totalsäkerhetsmetod F_c^3 1,4 i odränerad analys och F_{komb}^3 1,3 i kombinerad analys. Detta motsvarar den övre gränsen i tabell 4.2 i IEG rapport 4:2010 för val av säkerhetsfaktor vid fördjupad utredning, vilket bedöms som rimligt för området.

9.2.3 Partialsäkerhetsmetoden

Då bedömningen av släntstabilitetsförhållandena har gjorts utifrån totalsäkerhetsmetoden har de jämförande beräkningarna enligt partialkoefficientmetoden valts att hänföras till Geoteknisk kategori 2. Områdets markförhållanden och hydrogeologiska förhållanden är inte komplicerade och det är inte känt att konstruktioner ska placeras i området. Kvikklara förekommer dock i stora delar av området varför arbetet skulle utföras enligt Geoteknisk kategori 3 om bedömningen skulle utföras utifrån partialkoefficientmetoden.

Val av Säkerhetsklass 2 (SK2) eller 3 (SK3) vid beräkning med partialkoefficienter enligt Eurocode, och krav på lägsta erforderliga säkerhetsfaktor, F_{EN} , beror på förekomst av kvicklara. SK3 ska gälla för glidytor som berör område med kvicklara. För glidytor som inte påverkar område med kvicklara kan beräkningar utföras för SK2.

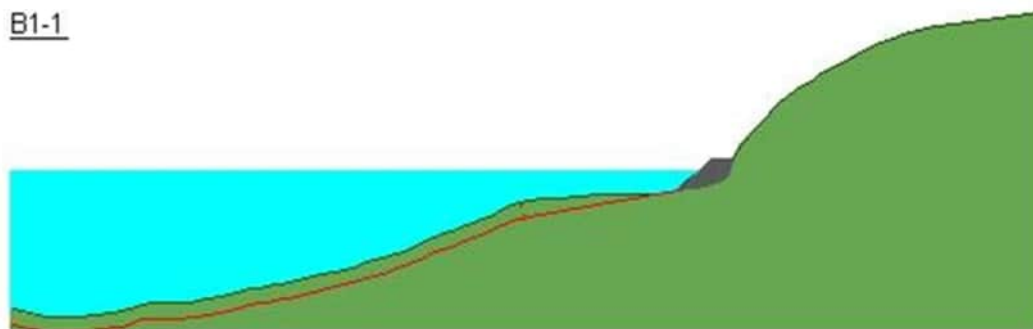
I beräkningarna har samma valda odränerade skjuvhållfasthet använts som för beräkningar med totalsäkerhetsmetoden, där valet av hållfasthet har fått större vikt av de direkta skjuvförsöken. Delfaktorn η_3 har för att ta hänsyn till detta därför satts till 1,0 istället för 1,1 (se IEG 6:2008, kap 3.4.2).

Förutsättningar för partialsäkerhetsmetoden och val av partialkoefficienter redovisas i sin helhet i Bilaga 5.

9.2.4 Känslighetsanalys

Känslighetsanalys har inom respektive delområde utförts i den mest kritiska sektionen avseende förhöjda portryck. Känslighetsanalys har även utförts för i sektion som är mest kritiskt för erosion och ökad markbelastning (stor kritisk glidyta). Känslighetsanalyserna avser:

- Ökad belastning på befintlig markyta med 10 kPa, vilket motsvarar en uppfyllnad om ca 0,5 meter. Vid beräkningar antas att denna last utgörs av en jämt utbredd last som enbart verkar på den pådrivande delen av glidytan.
- Ökat portryck med 10 kPa i hela profilen. Det innebär en höjning med en meter jämfört med ursprunglig beräkning, vilket motsvara en grundvattenyta som i stort sett ligger i markytan och med en hydrostatisk portrycksfördelning mot djupet.
- Antagen erosion i älvbotten med 2 meter enligt B1-1 (se DGA00XST01, Riktlinjer för tekniskt arbete), se Figur 6.
- Antagen erosion i älvbotten med 2 meter enligt B1-2 (se DGA00XST01, Riktlinjer för tekniskt arbete), (samma som ovan med erosion i älvfåran, men utan någon erosion av undervattenshyllan).



Figur 6 Erosion i älvbotten med 2 meter enligt B1-1 (från DGA00XST01, Riktlinjer för tekniskt arbete).

9.3 Parameterval

Utifrån erhållna undersökningsresultat inom utredningsområdet har val av parametrar sammanställts för två delområden, norra och södra, vilket redovisas i Bilaga 1 och Bilaga 2.

9.3.1 Allmänna förutsättningar

Följande förutsättningar gäller vid beräkningar inom hela utredningsområdet (både norra och södra):

- Torrskorpan har antagits vara uppsprucken och till hälften fylld med vatten.
- I torrskorpan har skjuvhållfastheten valts konservativt till 20 kPa och friktionsvinkeln till 30° (i beräkningarna har torrskorpan ingen hållfasthet, då den är uppsprucken enligt ovan).
- I friktionsjorden under leran har friktionsvinkeln konservativt antagits till 38°.
- I erosionsskyddet har friktionsvinkel konservativt antagits till 42° (baserat på TK Geo, med ett försiktigt valt värde).

9.3.2 Dränerad skjuvhållfasthet

Kohesionsjordens dränerande hållfasthetsparametrar har bedömts empiriskt och gäller för hela utredningsområdet enligt:

Inre friktionsvinkel: $\phi' = 30^\circ$

Kohesionsintercept: $c' = 0,1 \cdot c_u$

där c_u är valda värdet för odränerad skjuvhållfasthet.

9.3.3 Portrycksmodell

Generellt antas att det är de permeabla lagren i slänterna som styr de aktuella portrycksförhållandena i området. Med hänsyn till att leran är relativt homogen utan skikt bedöms vattentransporten genom lerlagret vara försumbar. Vattentransporten bedöms huvudsakligen ske i det övre och undre grundvattenmagasin som utgörs av uppsprucken torrskorpa i ytan respektive friktionsjord under leran.

Resultat från nu utförda grundvattennivå- och portrycksmätningar har legat till grund för en bedömning av portrycken i leran.

Variationerna är som störst i de ytligast installerade portrycksmätarna inom området vilket hör samman med dess närhet till den förmodat uppspruckna torrskorpan som kan leda ner regnvatten i jordprofilen. Eftersom området består av homogena lerlager utan några större, mer permeabla och därmed vattenförande skikt, tar det lång tid för nederbörd att ta sig nedåt i jordprofilen och eventuella effekter av denna avtar därmed med djupet.

Samband har kunnat ses mellan nederbördstillfällena (data från SMHI:s station i Vänersborg) och förändringar i uppmätta portryck. I de grundaste portryckspetsarna uppkommer en höjning relativt snabbt efter nederbörd medan det mot djupet är så väl en större fördröjning som mindre påverkan (amplitud).

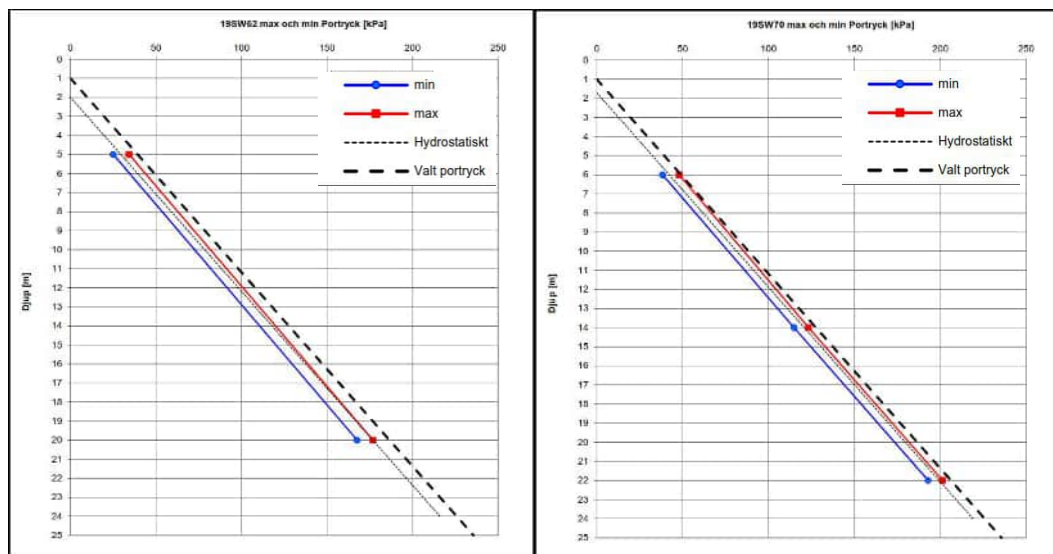
För nu utförda mätningar verkar det inte finnas någon större påverkan från varierande trycknivåer i det underliggande friktionsmaterialet som påverkar portrycken i leran.

De nu genomförda mätningarna är utförda under sommarhalvåret, då avdunstningen är som störst och växtperioden påverkar som mest. Sannolikt kan dock naturliga årstidsfluktuationer även ses för de djupare portryckspetsarna, vilket borde kunna verifieras efter en längre mätperiod. Utifrån detta har valda portrycksnivåer i stabilitetsberäkningarna antagits vara högre än de nu utförda mätningarna.

I Göta älvutredningen, delområde 5, anges att "*Högsta tänkbara grundvattennivå i det övre grundvattenmagasinet sammanfaller med markytan eller älvnära områden med översvämningsrisk av vattenytan i älven. På släntkrön, i branta slänter, såväl som i områden med mäktig eller högpermeabel torrskorpa finns det dock anledning att anta att den maximala nivån är lägre. Detta gäller speciellt i de fall ytliga glidytor kan väntas vara dimensionerande och den dränerade hållfastheten är dimensionerande i en stor del av glidytan.*" Dessa slutsatser antas gälla även efter nu utförda undersökningar.

9.3.3.1 *Vald portrycksmodell*

Vid stabilitetsberäkningarna har ett maxvärde, bedömt utifrån utförda mätningar, använts för hela utredningsområdet. Utifrån ovanstående har en hydrostatisk portrycksfördelning med nollnivån ca 1 meter under markytan antagits i beräkningarna, se Figur 7 samt Bilaga 3.



Figur 7 Vald portrycksprofil, samt max och min, för 19SW62 (till vänster) och 19SW70 (till höger), se Bilaga 3 för fullständig redovisning.

I området finns 2 grundvattenrör installerade samt 2 portryckstationer med 3 spetsar i respektive punkt. I dessa loggas portrycket var 6:e timme sedan installationen i juli 2019. Mätperioden för denna utredning sträcker sig fram till och med 30:e oktober 2019. I punkt 19SW70 belägen i anslutning till slänkrön och strax norr om skredärret, finns portrycksmätare på 6 meter, 14 meter samt 22 meter under markytan. På 26,6 meters djup finns även ett grundvattenrör installerat i undre magasinet. Mätresultatet för den grundaste mätaren visar på en nivå som varierar mellan 1,7 - 2,5 meter under markytan. I de två andra spetsarna är motsvarande nivå något lägre, ca 2,5 - 3 meter under markytan. Variationen under mätperioden, som är knappt 1 meter, följs åt i alla de tre spetsarna. Nivån i grundvattenröret (djup 26,6) visar på en högre nivå, ca 0,3 meter under markytan, och variationen under mätperioden i denna spets är mycket liten. Med hänsyn till att denna högre trycknivå inte ger något genomslag till den undre portryckspetsen är bedömningen att röret troligtvis har blivit igensatt av finmaterial. Att röret visar på en högre nivå beror sannolikt på att det vid första mätningen saknades ett lock och efter att det åtgärdats har inte nivån ändrats till följd av att filtret sannolikt är igensatt.

I punkt 19SW62, mellan den södra ravinen och skredärret, finns portrycksmätare på 5 meter, 14 meter och 20 meters djup samt ett grundvattenrör 25 meter under markytan. Mätresultat från 5 respektive 20 meters djup uppvisar båda en variation på ca 1 meter under mätperioden, med en halv meters högre trycknivå i den grundaste mätaren, vilket motsvarar en nivå 1,5-2,5 meter under markytan. Nivån i grundvattenröret (djup 25m), uppvisar under perioden mycket liten variation och motsvarar en nivå drygt 3,5 meter under markytan. Mätaren på 14 meters djup är trasig och inga mätvärden har erhållits.

Känslighetsanalys för förhöjda värden (höjning av grundvattenytan med 1 meter, till markytan) har beräknats i två sektioner, en i det norra delområdet (29692VKTK) och en i det södra delområdet (29917VKTK1).

9.3.4 Odränerad skjuvhållfasthet

Valda värden för lerans odränerade skjuvhållfasthet har bestämts utifrån ett stort antal härledda värden. Inom delområdena förekommer viss spridning, dock är tendensen inom delområdena likartade. Odränerad hållfasthet på land inom respektive del har tagits fram utifrån sammanställning av erhållna värden från vingborring, fallkonförsök, direkta skjuvförsök, aktiva och passiva triaxialförsök, CPTu-sondering samt empiri. Resultat från skjuvförsök, vingborring samt triaxialförsök har värderats högre medan utvärderade resultat från CPTu-sonderingar i huvudsak har gett stöd för erhållen trend för hållfasthetsökningen mot djupet.

Generellt är hållfastheten framtagen med fallkon lägre än övriga metoder, framförallt med en avtagande hållfasthet mot djupet, vilket är normalt för metoden. Den odränerade skjuvhållfastheten har bedömts vara nivårelaterad på land, vilket stöder teorin om att erosion utifrån en plan markyta har skapat slänten. Se Figur 9 och 10 samt Bilaga 2 för sammanställning av framtagna skjuvhållfastheter tillsammans med vald hållfasthet på land, för norra och södra delområdena.

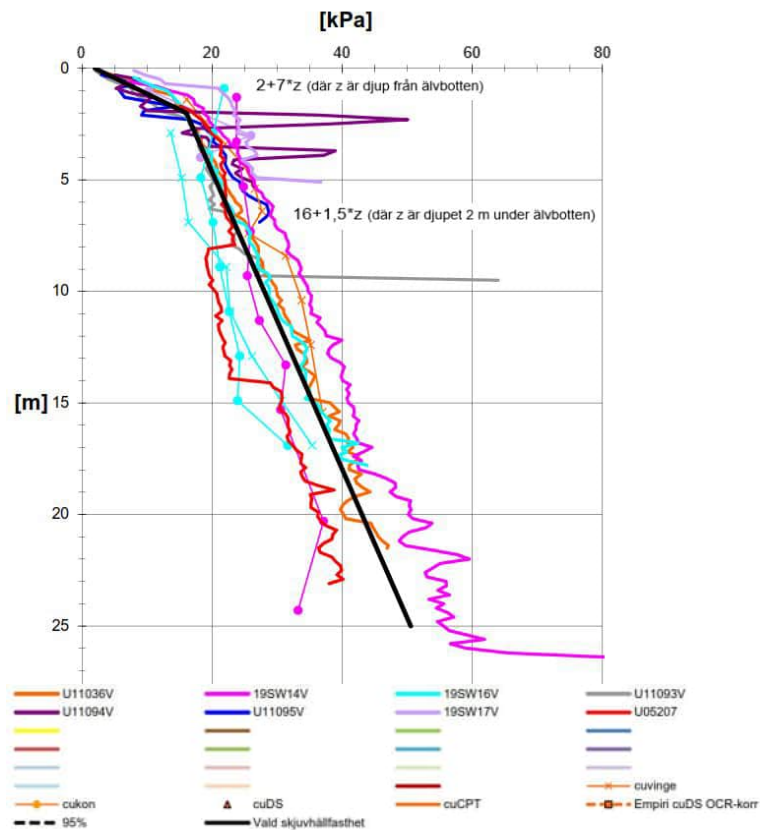
Vid val av odränerad hållfasthet i älven är underlaget inte lika omfattande. Förutom undersökningspunkter i älven har även närliggande punkter vid släntrön beaktats. I älven saknas dock underlag i form av skjuv- och triaxialförsök. Överst har antagits att jordlagren utgörs av ca 2 meter med mycket lösa sediment med så låg hållfasthet som 2 kPa. Därunder ökar hållfastheten mot djupet för att möta hållfastheten på land på större djup. Se Bilaga 2 för sammanställning av vald hållfasthet i älven samt i Figur 8.

9.3.4.1 Vald odränerad skjuvhållfasthet och tunghet älvleran

I älven är utförda punkter sammanställda för att gälla hela utredningsområdet. Tunghet- och skjuvhållfasthetsfördelning baserat på djup redovisas för älven i Tabell 3 och Figur 8 samt Bilagorna 1 och 2.

Tabell 3. Valda egenskaper för älvleran.

Djup	Tunghet (kN/m ³)	Skjuvhållfasthet (kPa)
0 till 2	15,2	$2+7*z$ (där z är djup från älvbotten)
2 till underkant älvlera	15,2	$16+1,5*z$ (där z är djupet 2 m under älvbotten)

Skjuvhållfasthet - odränerad analys, djupet. Alla metoder.

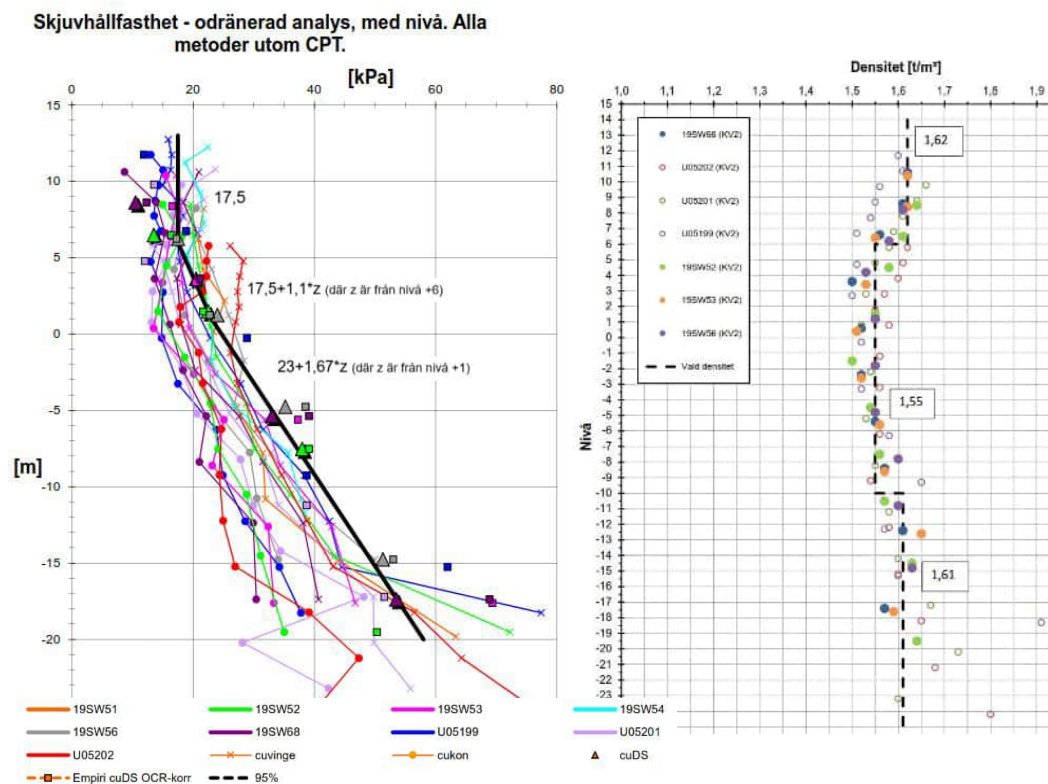
Figur 8 Sammanställning av odränerad skjuvhållfasthet i älven för hela utredningsområdet, se även Bilaga 2.

9.3.4.2 Vald odränerad skjuvhållfasthet och tunghet norra delområdet

För beräkningssektioner i det norra delområdet (29/585 och 29/692) har följande egenskaper använts på land. Tunghet- och skjuvhållfasthetsfördelning baserat på nivå redovisas i Tabell 4 och Figur 9 samt Bilagor 1 och 2.

Tabell 4. Valda egenskaper för norra delområdet.

Nivå	Tunghet (kN/m ³)	Skjuvhållfasthet (kPa)
Uk Let till +6	16,2	17,5
+6 till +1	15,5	$17,5+1,1*z$ (där z är från nivå +6)
+1 till -10	15,5	$23+1,67*z$ (där z är från nivå +1)
-10 till underkant lera	16,1	$23+1,67*z$ (där z är från nivå +1)



Figur 9 Sammanställning odränerad skjuvhållfasthet (se även Bilaga 2) och densitet (se även Bilaga 1), norra delområdet på land.

Det direkta skjuvförsöket i punkt 19SW68 på nivå +8,5 (lila triangel) bedöms visa på ett orimligt lågt värde till följd av växtnehåll på provnivån som fått större inverkan än förväntat.

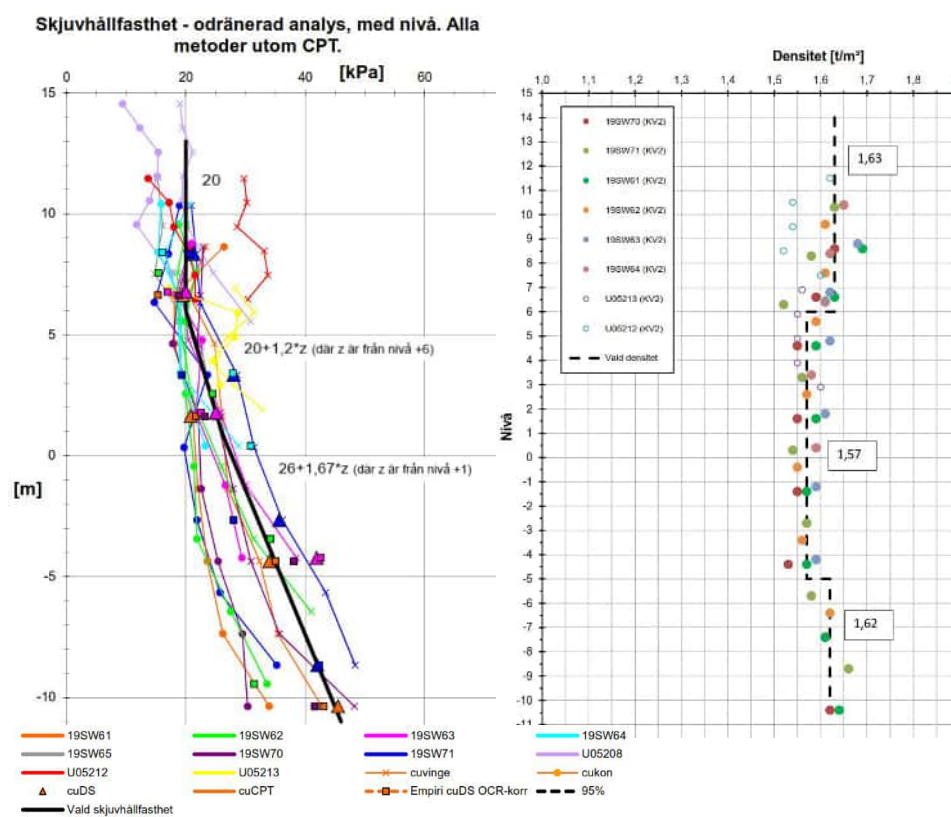
Vid val av direkt odränerad skjuvhållfasthet har störst vikt lagts vid de direkta skjuvförsöken men värdena har även tydligt förankrats med empiri för σ'_c från CRS. Ytligt visar σ'_c från triaxförsöken på högre värden än σ'_c från CRS på motsvarande nivå, se Figur 11 och Bilaga 2.

9.3.4.3 Vald odränerad skjuvhållfasthet och tunghet södra delområdet

För beräkningssektioner i det södra delområdet (29/917, 30/128, 30/183, 30/290 och 30/539) har följande egenskaper använts på land. Tunghet- och skjuvhållfasthetsfördelning baserat på nivå redovisas i Tabell 5 och samt Bilagor 1 och 2.

Tabell 5. Valda egenskaper för södra delområdet.

Nivå	Tunghet (kN/m ³)	Skjuvhållfasthet (kPa)
Uk Let till +6	16,3	20
+6 till +1	15,7	$20+1,2*z$ (där z är från nivå +6)
+1 till -5	15,7	$26+1,67*z$ (där z är från nivå +1)
-5 till underkant lera	16,2	$26+1,67*z$ (där z är från nivå +1)



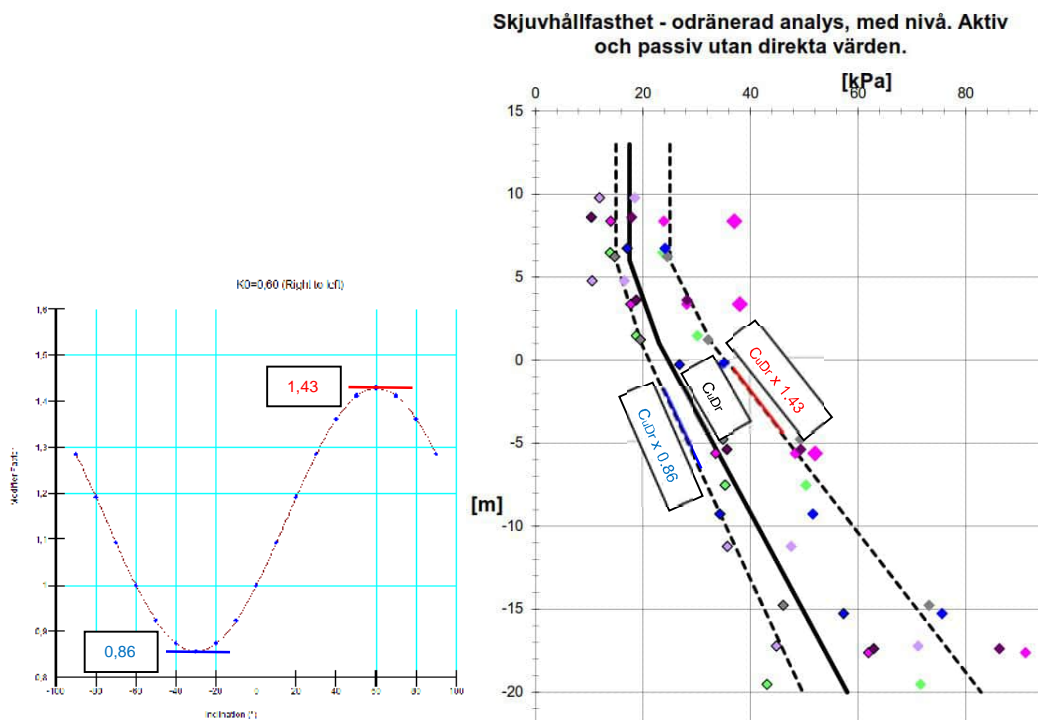
Figur 10 Sammanställning odränerad skjuvhållfasthet (se även Bilaga 2) och densitet (se även Bilaga 1), södra delområdet på land

Vid val av direkt odränerad skjuvhållfasthet har störst vikt lagts vid de direkta skjuvförsöken men värdena har även förankrats med empiri för σ'_c från CRS. Framför allt ytligt visar σ'_c från triaxförsök på högre värden än σ'_c från CRS, vilket dock inte har beaktats och det bedöms vara på säkra sidan.

9.3.5 Anisotropi

De anisotropa förhållandena har bestämts utifrån utförda triaxialförsök och empiri enligt SGI Information 3, se Figur 11 (höger). I utförda stabilitetsberäkningar har utvärderade anisotropa förhållande använts enligt Rapport 3:95 (Figur 24 samt Tabell 5:1 i rapporten) vilket mot djupet innebär en större hållfasthetstillväxt i aktivzonen jämfört med passivzonen, se Figur 11 och Bilaga 2.

Det aktiva och passiva förhållandet mellan vertikal- och horisontalspänningen, K_0 varierar något utifrån utförda triaxialförsök och har valts till 0,6 i det norra delområdet och 0,55 i det södra delområdet, se Bilaga 2. På passivsidan, i älvleran, har samma K_0 -värde använts som på land. Detta bedöms vara på säkra sidan utifrån belastningshistoriken, och ett betydligt högre K_0 -värde bör kunna användas. Inga triaxialförsök har i detta uppdrag utförts på älvleran för att styrka detta.



Figur 11 Bilderna visar anisotropifunktion $K_0=0,6$ (till vänster), underlag vald anisotropi-funktion, streckade linjer anpassade till aktiv respektive passiva värden (till höger). Stor romb C_u -aktiv från triax-försök, liten romb utan svart kantlinje C_u -aktiv från empiri, liten romb med svart kantlinje C_u -passiv från empiri. De streckade linjerna gäller för $K_0=0,6$ (höger) där värdet för den direkta skjuvhållfastheten (C_uDr) multipliceras med max- (1,43) och min-värden (0,86) enligt anisotropifunktionen (vänster) för respektive nivå.

9.4 Beräkningssektioner

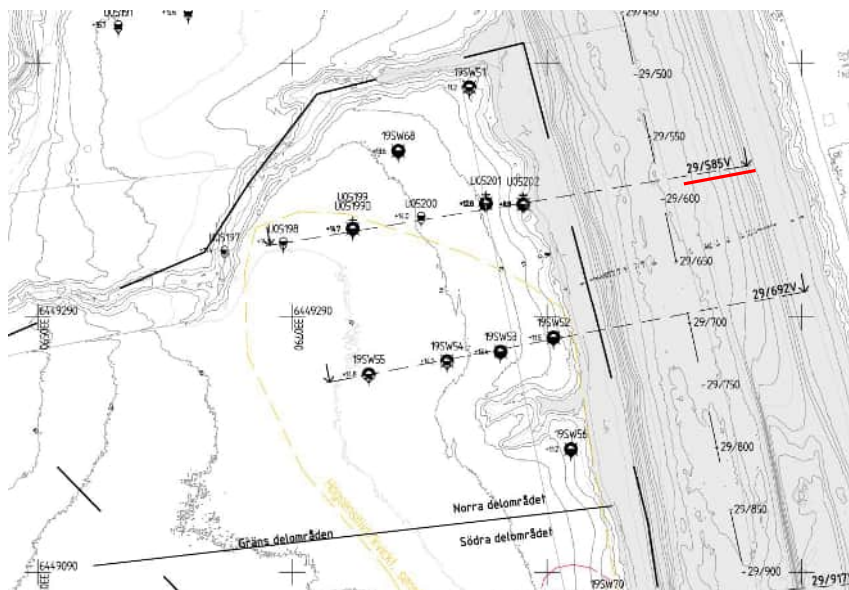
Beräkningar har utförts i sex sektioner på västra sidan av Göta älv (vid km: 29/585, 26/692, 29/917, 30/128, 30/290 och 30/539) och i en sektion över ravinen i söder (30/183). Resultat från det norra delområdet, två beräkningssektioner för slänten mot Göta älv, redovisas i Bilaga 6. Resultat från beräkningar för det södra delområdet, fyra sektioner mot Göta älv samt en sektion för slänterna mot den tvärgående ravinen i söder, redovisas i Bilaga 7. Valda beräkningssektioner ska representera hela utredningsområdet och har placerats där det är brantast för respektive delsträcka utmed älven.

Beräkningssektionernas läge samt gränsen mellan det norra och det södra delområdet redovisas på Ritning G-10-1-002.

Beräkning mot ravinen i norr har inte utförts då förutsättningarna är betydligt mer fördelaktig än för ravinen i söder som har beräknats. Nivåskillnaden är mindre och slänten är flackare. Det finns heller inget permanent vattenflöde i ravinen och okulärt finns inga tecken på erosionspåverkan.

9.4.1 Km 29/585V – i norra delområdet

Beräkningssektion 29/585V är belägen längst i norr, strax söder om den mindre ravinen som utgör norra gränsen för utredningsområdet, se Figur 12 och Ritning G-10-1-002.



Figur 12 Aktuell beräkningssektion 29/585V markerat med rött.

I beräkningssektionen har punkterna U05198-U05202 tidigare utförts på land i Göta älvutredningen. Punkt 19SW68 ligger strax norr om sektionen.

9.4.1.1 Befintliga förhållanden

Markytan i sektion 29/585V sluttar svagt ovan släntkrön och faller därefter brantare med en lutning på ca 1:5 mot Göta älvs strand, med en höjdskillnad på ca 5 meter. Vid strandkanten finns ett väl fungerande erosionsskydd. Älvens botten är från strandkanten relativt plan i ca 25 meter, den så kallade undervattenshyllan, därefter sluttar älvbotten brant ner mot älvfårans mitt. Vattendjupet i älven är som störst ca 15 meter.

Största lermäktigheten i sektionen är ca 50 meter vid släntkrön (punkt U05201). Ungefär 160 meter där bakom har lerdjupet avtagit till ca 33 meter (i punkt U05198). Under den organiska ytjorden finns en ca 1 meter mäktig torrskorpa och därunder finns siltig lera som mot djupet övergår till ren homogen lera.

Laboratorieundersökningar visar på att lerans densitet generellt varierar mellan 1,5-1,65 ton/m³. Vattenkvoten varierar mellan 60-90% och konflytgränsen mellan 55-88% i leran, med de högsta värdena mellan nivå +5 och -5.

Sensitiviteten varierar mellan 14 och 65 i sektionen. I sektionens västra del är sensitiviteten över 50 och leran bedöms där som kvick.

9.4.1.2 Beräkningsresultat

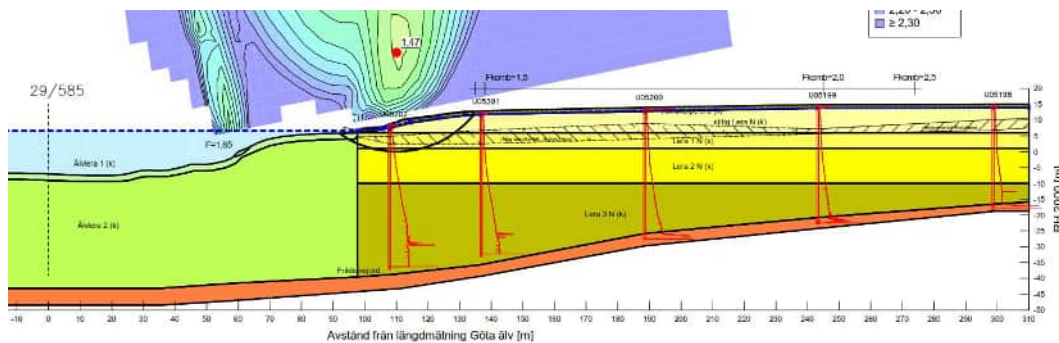
Utförda beräkningar för befintliga förhållanden visar att säkerhetsfaktorerna för både kombinerad och odränerad analys enligt totalsäkerhetsmetoden uppfyller erforderliga krav. För beräkningar enligt partialkoefficientmetoden är både den kombinerade och odränerade analysen något under erforderligt krav. Glidytor som inte uppfyller kraven enligt SK3 går dock inte igenom någon kvicklera då enbart kvicklera (har identifierats) i sektionens bakre del.

I Tabell 6 redovisas sammanställning av resultat från utförda beräkningar för sektion 29/585V, *fullständiga beräkningsresultat redovisas i Bilaga 6.*

Tabell 6 Sammanställning av beräkningsresultat för sektion 29/585V.

Sektion, Beräkningsfall	Odränerad analys	Kombinerad analys	Anmärkning
29585V			SK3, kvicklera i bakre delen av sektionen Skjuvhållfasthet enligt norra området (värden inom parentes avser undervattensslänten)
Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,6$ enl triax	29585VUTB 1,58	29585VKTB 1,47 (1,65)	$F_c > 1.4$, $F_{komb} > 1.3$
Partialkoefficientmetoden Anisotropi $K_0=0,6$ enl Triax	29585VUPB 1,06	29585VKPB 1,01 (1,31)	$F_{EN} > 1.1$ SK3 dim glidytor går ej i kvicklera, SK2 uppfylls

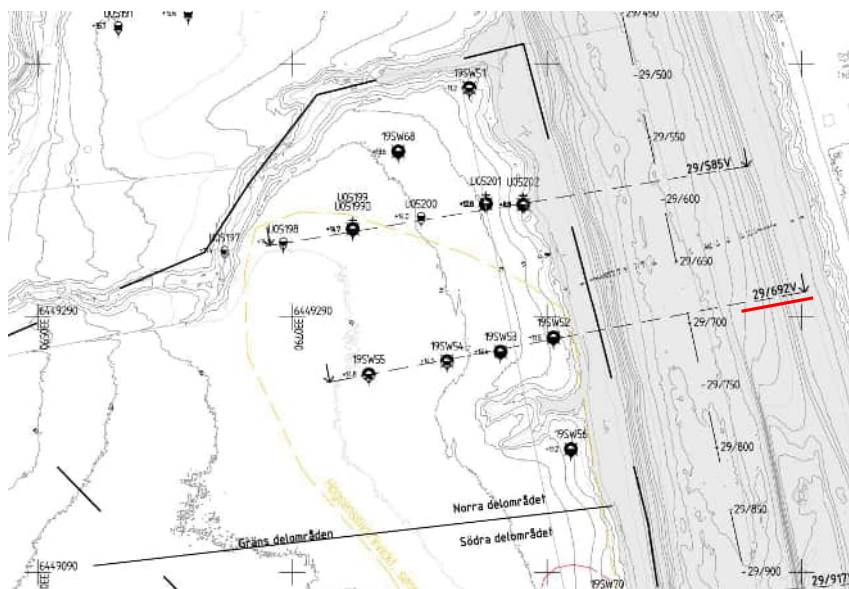
Sektionen uppfyller erforderligt krav då naturliga slänter beräknas enligt totalsäkerhetsmetoden. I Figur 13 redovisas glidytan med lägst beräknad säkerhet för kombinerad analys enligt totalsäkerhetsmetoden.



Figur 13 Beräkningsresultat sektion 29/585V, $F_{komb}=1,47$ för befintliga förhållanden, totalsäkerhetsmetod och kombinerad analys. Streckad skraffering visar ett skikt i leran med hög sensitivitet (ej kvicklera) och den heldragna skrafferingen i släntens bakre del visar bedömd kvicklera i jordprofilen.

9.4.2 Km 29/692V – norra delområdet

Beräkningssektion 29/692V är belägen strax norr om den mellersta ravinen inom utredningsområdet, se Figur 14 och Ritning G-10-1-002.



Figur 14 Aktuell beräkningssektion 29/692V markerat med rött.

I beräkningssektionen har punkterna 19SW52-19SW55 utförts på land.

9.4.2.1 Befintliga förhållanden

Markytan i sektion 29/692V är mycket svagt sluttande ovan släntkrön och faller därefter i ca 1:3 mot Göta älv, med en höjdskillnad på ca 3 meter. Vid strandkanten finns ett väl fungerande erosionsskydd som sträcker sig minst 5 meter ut i älven. Älvens botten är från strandkanten relativt plan i ca 15 meter, den så kallade undervattenshyllan. Därefter sluttar älvbotten brant ner mot älvfårans mitt. Vattendjupet i älven är som störst ca 15 meter.

Störst lermäktighet i sektionen är ca 41 meter vid släntkrön (punkt 19SW52). Ungefär 150 meter väster ut har lerdjupet minskat till ca 35 meter (i punkt 19SW55). Under den organiska ytjorden finns en ca 1,5 meter mäktig torrskorpa och där under finns en siltig lera som mot djupet övergår till lera med tunna siltskikt.

Laboratorieundersökningar visar på att lerans densitet generellt varierar mellan 1,5-1,65 ton/m³. Vattenkvoten varierar mellan 60-90% och konflytgränsen mellan 55-88% i leran, med de högsta värdena mellan nivå +5 och -5.

Sensitiviteten varierar mellan 19 och 68 i sektionen. I ett lager, på mellan ca 6 - 10 meters djup, är sensitiviteten över 50 och den omrörda skjuvhållfastheten under 0,4 kPa och leran bedöms där som kvick.

9.4.2.2 Beräkningsresultat

Utförda beräkningar i 29/692V visar att med totalsäkerhetsmetoden uppfylls erforderliga krav. Enligt partialkoefficientmetoden är säkerhetsfaktorerna för odränerad och kombinerad analys något under gränsen för krav enligt SK3.

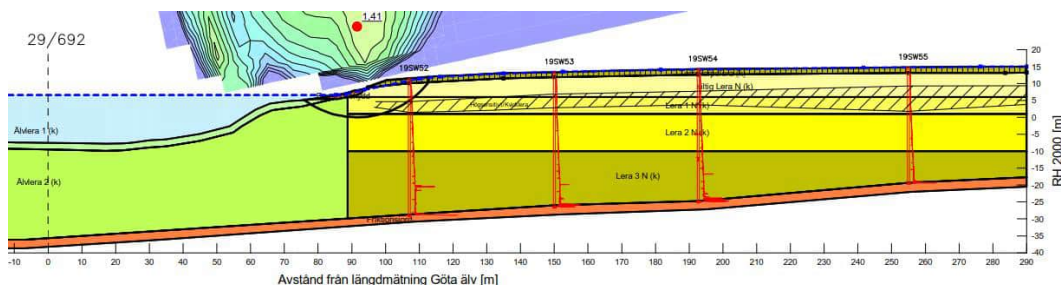
I sektionen har även en känslighetsanalys utförts med en höjning av grundvattenytans nivå med 1 meter, vilket innebär att grundvattenytan då ligger ungefär i markytan. I den odränerade analysen påverkas inte säkerheten medan i den kombinerade analysen sänks säkerheten med ca 4%, dock uppfylls fortfarande erforderliga krav på säkerhetsfaktor enligt totalsäkerhetsmetoden.

Se Tabell 7 för sammanställning av resultat från utförda beräkningar för sektion 29/692V, fullständiga beräkningsresultat redovisas i Bilaga 6.

Tabell 7. Sammanställning av beräkningsresultat för sektion 29/692V

Sektion, Beräkningsfall	Odränerad analys	Kombinerad analys	Anmärkning
29692V			SK3, kvicklera Skjuvhållfasthet enligt norra området (värden inom parentes avser undervattensslänten)
Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,6$ enl triax	29692VUTB 1,49	29692VKTB 1,46 (1,46)	$F_c > 1.4$, $F_{komb} > 1.3$
Partialkoefficientmetoden Anisotropi $K_0=0,6$ enl Triax	29692VUPB 0,99	29692VKPB 0,98 (1,15)	$F_{EN} > 1.1$ SK3
Känslighetsanalys: Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,6$ enl triax, Höjd gv-yta 1 m (i my)	29692VUTK 1,49	29692VKTK 1,41	$F_c > 1.4$, $F_{komb} > 1.3$

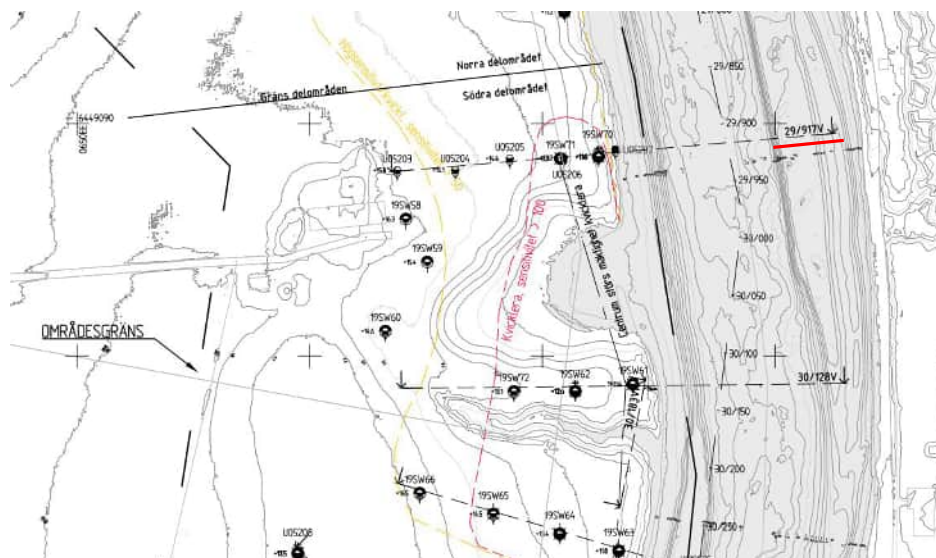
Sektionen uppfyller erforderligt krav då naturliga slänter beräknas enligt totalsäkerhetsmetoden. I Figur 15 redovisas beräkning av känslighetsanalys för kombinerad analys enligt totalsäkerhetsmetoden.



Figur 15 Beräkningsresultat sektion 29/692V, $F_{komb}=1,41$ för känslighetsanalys med höjning av grundvattenytan, totalsäkerhetsmetoden och kombinerad analys. Skraffering visar bedömd kvicklera, oklart avslut för kvickleran i öster men övriga undersökningar i älven visar på att älveran inte är kvick för motsvarande nivå.

9.4.3 Km 29/917V – södra delområdet

Beräkningssektion 29/917V är belägen precis norr om skredärret och ligger i det södra delområdet, se Figur 16 och Ritning G-10-1-002.



Figur 16 Aktuell beräkningssektion 29/917V markerat med rött.

I beräkningssektionen har punkterna 19SW70 och 19SW71 utförts på land, i sektionen är de tidigare utförda punkterna U05203-U05207 från Göta älvutredningen.

9.4.3.1 Befintliga förhållanden

Markytan i sektion 29/917V faller mycket svagt mot slänkrön och sluttar därefter brant ner mot Göta älv med en höjdskillnad på ca 3 meter. Vid strandkanten finns erosionsskydd med god funktion. Älvens botten är från strandkanten svagt sluttande i ca 15 meter, den så kallade undervattenshyllan. Därefter sluttar älvbotten brant ner mot älvfårans mitt. Vattendjupet i älven är som störst ca 15 meter.

Störst lermäktighet i sektionen är ca 27 meter vid slänkrön (punkt 19SW70). Lermäktigheten minskar sedan relativt snabbt åt väster mot fastmarksområdet i anslutning till befintlig bebyggelse. Längst i väster i sektionen, ca 180 meter från slänkrön i punkt U05203 har jorddjupet minskat till ca 5 meter. Under den organiska ytjorden finns en ca 1,5 meter mäktig torrskorpa och där under finns en siltig lera som mot djupet övergår till lera med tunna siltskikt.

Laboratorieundersökningar visar på att lerans densitet generellt varierar mellan 1,55-1,65 ton/m³. Vattenkvoten varierar kraftigt mellan 35-95% och konflytgränsen mellan 40-70% i leran.

Sensitiviteten varierar mellan 26 och 164 i sektionen. Kvikklera med mycket varierande mäktighet finns området, se Figur 17, där tolkningen av kvicklera markerats med skraffering.

9.4.3.2 Beräkningsresultat

Utförda beräkningar visar både för kombinerad och odränerad analys med totalsäkerhetsmetod att erforderligt krav uppfylls. Med partialkoefficientmetoden är

säkerhetsfaktorerna för odränerad och kombinerad analys något under gränsen för krav enligt SK3.

Fyra känslighetsanalyser har utförts i sektion 29/917V med totalsäkerhetsmetod. Känslighetsanalys 1 innebär en höjning av grundvattenytans nivå med 1 meter, vilket innebär att grundvattenytan i stort sett hamnar i markytan. Känslighetsanalysen har enbart utförts för kombinerad analys och beräkning visar att säkerheten sänks med ca 10%. Kraven på säkerhetsfaktor är ändå uppfyllt.

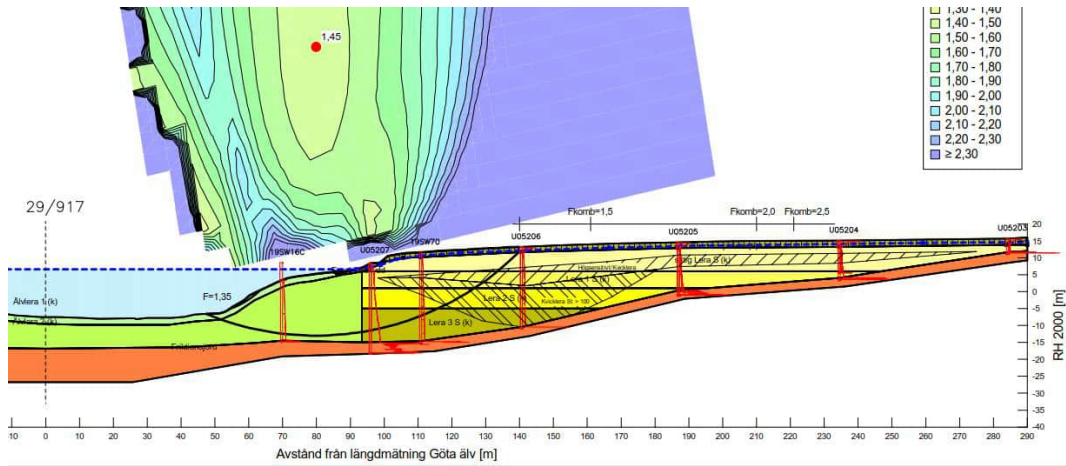
Känslighetsanalys 2 innebär en påförd last på 10 kPa (motsvarar en uppfyllnad med 0,5 meter på markytan) på den pådrivande sidan i beräkningssektionen. Övriga förhållanden är enligt tidigare beräkningar för befintliga förhållanden. Beräknade säkerhetsfaktorer visar att säkerheten i odränerad analys sänks med ca 7% och med ca 6% i kombinerad analys. Kraven på säkerhetsfaktor är ändå uppfyllt.

Känslighetsanalyser 3 och 4 har utförts för erosion av älvbotten med 2 m. Känslighetsanalys 3 enligt B1-1 sänks älvbotten, undervattensslätten samt delar av undervattenshyllan, se Figur 6. I känslighetsanalys 4 enligt B1-2 sänks älvbotten och undervattensslätten (se även DGA00XST01, Riktlinjer för tekniskt arbete). Beräknade säkerhetsfaktorer visar för båda fallen att säkerheten i odränerad analys sänks med ca 3% respektive med ca 4% i den kombinerade analysen. Kraven på säkerhetsfaktor är uppfyllda för båda beskrivna erosionsförutsättningar.

I Tabell 8 redovisas sammanställning av resultat från utförda beräkningar i sektion 29/917V, fullständiga beräkningsresultat redovisas i Bilaga 7.

Tabell 8. Sammanställning av beräkningsresultat för sektion 29/917V

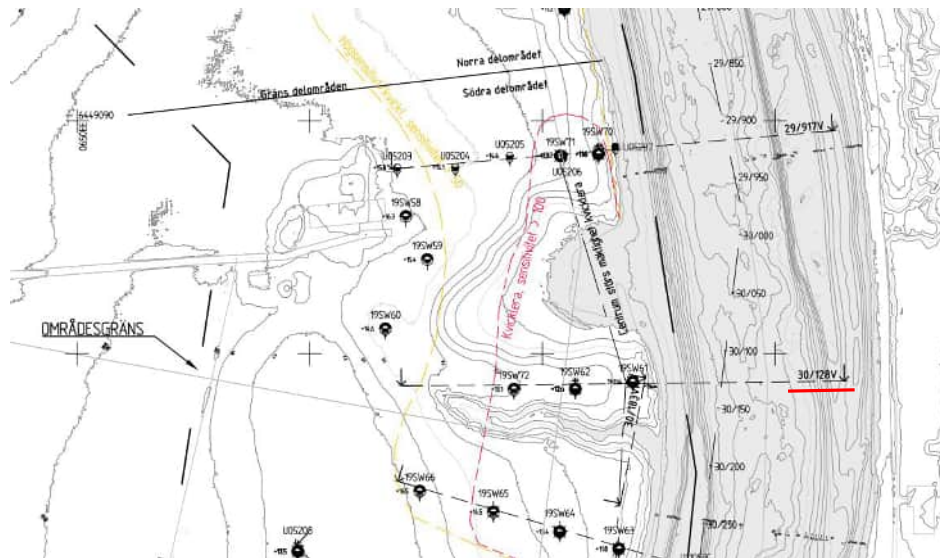
Sektion, Beräkningsfall	Odränerad analys	Kombinerad analys	Anmärkning
29917V			SK3, kvicklera Skjuvhållfasthet enligt södra området (värden inom parentes avser undervattensslätten)
Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl triax	29917VUTB 1,50	29917VKTB 1,45 (1,35)	$F_c > 1.4$, $F_{komb} > 1.3$
Partialkoefficientmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl Triax	29917VUPB 1,00	29917VKPB 0,98 (1,07)	$F_{EN} > 1.1$ SK3
Känslighetsanalys 1: Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl triax, Höjd gv-yta 1 m (i my)	29917VUTK1 -	29917VKTK1 1,31	
Känslighetsanalys 2: Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl triax, Last 10 kPa (uppfyllnad 0,5 m)	29917VUTK2 1,40	29917VKTK2 1,37	
Känslighetsanalys 3: Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl triax, Erosion 2 m, älvbotten (B1-1)	29917VUTK3 1,45	29917VKTK3 1,39	
Känslighetsanalys 4: Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl triax, Erosion 2 m, älvbotten (B1-2)	29917VUTK4 1,45	29917VKTK4 1,39	



Figur 17 Beräkningsresultat sektion 29/917V, Fkomb=1,45 för befintliga förhållanden, totalsäkerhetsmetoden och kombinerad analys. Skräffering visar tolkad kvickler där det övre smalare skiktet har sensitivitet något över 50 och det undre området sensitivitet över 100.

9.4.4 Km 30/128V – södra delområdet

Beräkningssektion 30/128V ligger på en landtunga mellan skredärret och ravinen i söder, se Figur 18 och Ritning G-10-1-002.



Figur 18 Aktuell beräkningssektion 30/128V markerat med rött.

I beräkningssektionen har punkterna 19SW60-19SW62 och 19SW72 utförts på land inom aktuellt uppdrag.

9.4.4.1 Befintliga förhållanden

Markytan i sektion 30/128V är mycket svagt sluttande ovan släntrön och faller därefter brant neder mot Göta älv med en höjdskillnad på ca 4 meter. Vid strandkanten finns ett väl fungerande erosionsskydd. Älvens botten är från strandkanten svagt lutande i ca 17 meter, den så kallade undervattenshyllan. Därefter sluttar älvbotten relativt brant ner mot älvfårans mitt. Vattendjupet i älven är som störst ca 15 meter.

Störst lermäktighet i sektionen är ca 25 meter vid slänkrön (punkt 19SW61). Ungefär 110 meter väster ut är lerdjupet ca 20 meter (i punkt 19SW72). Under den organiska ytjorden finns en ca 1 meter mäktig torrskorpa och där under finns en siltig lera som mot djupet övergår till lera med tunna siltskikt.

Laboratorieundersökningar visar på att lerans densitet generellt varierar mellan 1,55-1,7 ton/m³. Vattenkvoten och konflytgräns varierar båda mellan 35-85%.

Sensitiviteten varierar mellan 29 och 136 i sektionen. Kvikklara med mycket varierande mäktighet finns i området, se Figur 19, där tolkningen av kvicklara markerats med skraffering.

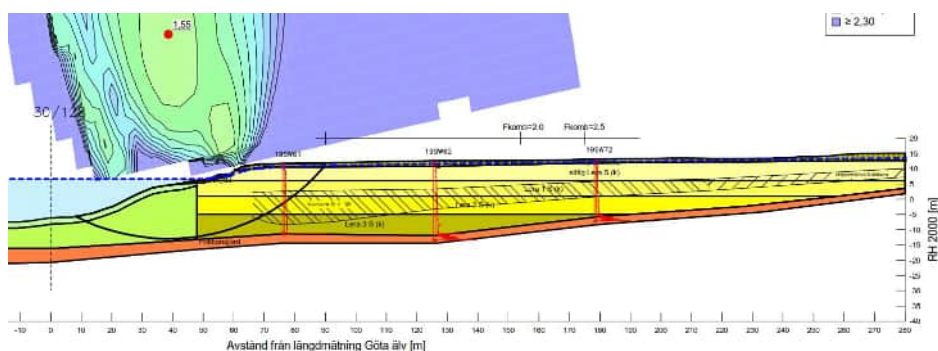
9.4.4.2 Beräkningsresultat

Utförda beräkningar i 30/128V visar att enligt totalsäkerhetsmetoden uppfylls erforderliga krav. Enligt partialkoefficientmetoden är säkerhetsfaktorerna för odränerad och kombinerad analys precis under gränsen för krav enligt SK3.

I Tabell 9 redovisas en sammanställning av resultat från utförda beräkningar för sektion 30/128V, fullständiga beräkningsresultat redovisas i Bilaga 7.

Tabell 9. Sammanställning av beräkningsresultat för sektion 30/128V

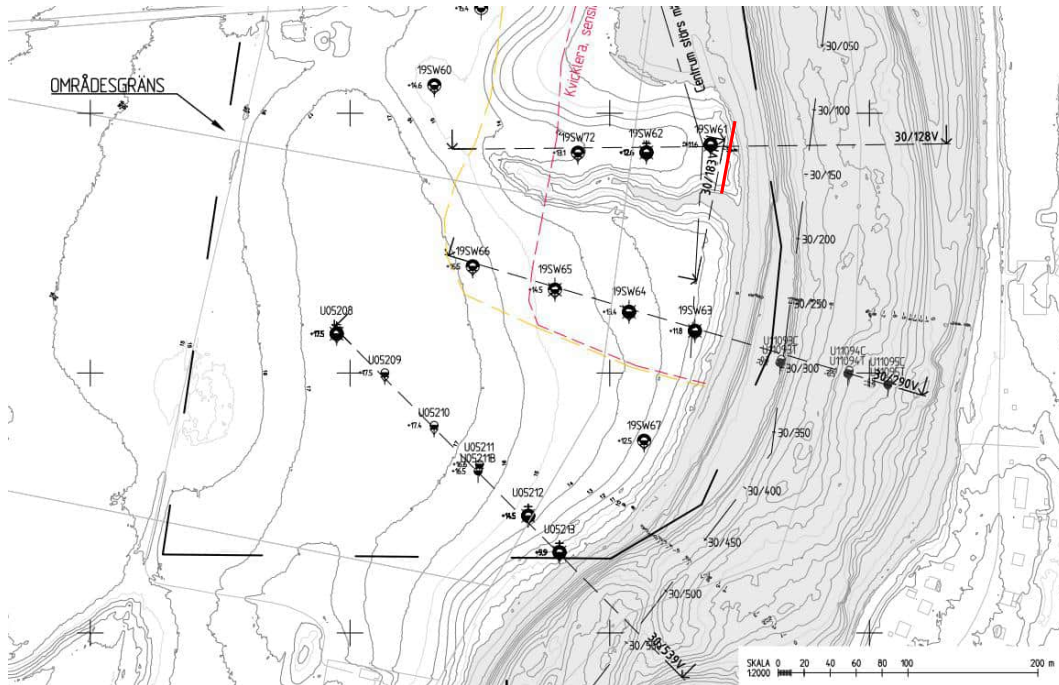
Sektion, Beräkningsfall	Odränerad analys	Kombinerad analys	Anmärkning
30128V			SK3, kvicklara Skjuvhållfasthet enligt södra området (värden inom parentes avser undervattensslätten)
Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl triax	30128VUTB 1,62	30128VKTB 1,55 (1,69)	$F_c > 1.4$, $F_{komb} > 1.3$
Partialkoefficientmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl Triax	30128VUPB 1,08	30128VKPB 1,05 (1,33)	$F_{EN} > 1.1$ SK3



Figur 19 Beräkningsresultat sektion 30/128V, $F_{komb}=1,55$ totalsäkerhetsmetoden och kombinerad analys. Skraffering visar tolkad kvicklara där det västra skiktet (till höger i bilden) har sensitivitet något över 50 och det huvudsakliga området till öster en sensitivitet över 100. Oklart avslut för kvickleran i öster men övriga undersökningar i älven visar på att älvleran inte är kvick för motsvarande nivå.

9.4.5 Km 30/183VR

Beräkningssektion 30/183VR är belägen vid den södra ravinen, och omfattar slänter i ravinen mot både norr och söder, se Figur 20 och Ritning G-10-1-002. Sektionen är den enda som beräknats som inte avser stabiliteten mot Göta älv.



Figur 20 Aktuell beräkningssektion 30/183VR markerat med rött.

I beräkningssektionen har punkterna 19SW61 och 19SW63 utförts inom aktuellt uppdrag.

9.4.5.1 Befintliga förhållanden

Markytan i sektion 30/183VR sluttar svagt ovan släntkrön och faller därefter ner med en lutning av ca 1:2 mot ravinbotten, med en höjdskillnad på ca 5 meter. I ravinen finns inget erosionskydd men erosionsaktiviteten bedöms som begränsad.

I sektionen är lermäktigheten relativt jämn, ca 22 meter ovan släntkrönet mot både norr och söder. Under den organiska ytjorden finns en ca 1 meter mäktig torrskorpa och där under finns en siltig lera som mot djupet övergår lera med tunna siltskikt.

Laboratorieundersökningar visar på att lerans densitet generellt varierar mellan 1,55-1,7 ton/m³. Vattenkvoten varierar mellan 40-75% och konflytgränsen mellan 40-65% i leran.

Sensitiviteten varierar mellan 21 och 216 och kvicklera finns från ca nivå +3 ner till ca nivå -9 ända till underliggande friktionsmaterial, se Figur 21 där tolkningen av kvickleran markerats med skraffering.

9.4.5.2 Beräkningsresultat

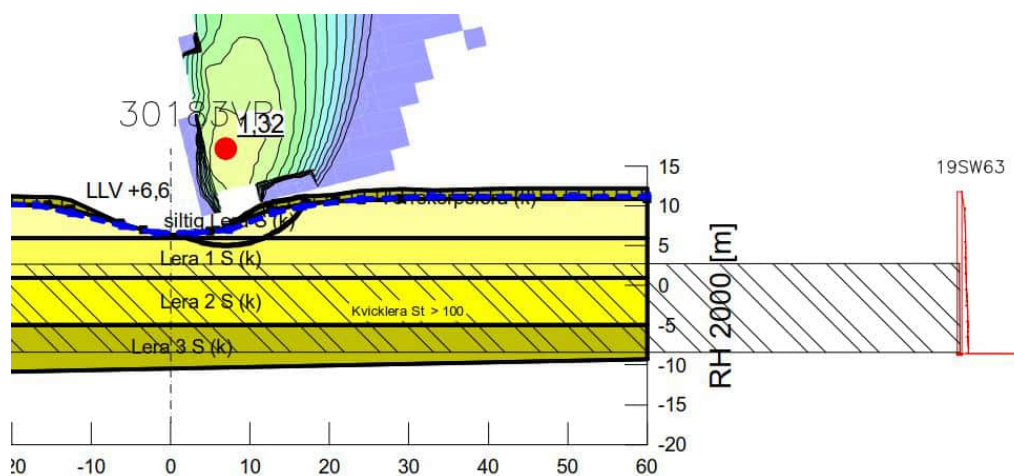
För både kombinerad och odränerad analys enligt totalsäkerhetsmetoden uppfylls erforderligt säkerhetskrav för ravinen, både från norr och söder. Utförda beräkningar visar att det enbart är för kombinerad analys enligt partialkoefficientmetoden som

säkerhetsfaktorn inte helt uppfyller erforderligt krav för befintliga förhållanden. Den mindre glidyta som inte uppfyller kraven enligt SK3 påverkas dock inte av kvickleran. I Tabell 10 redovisas en sammanställning av resultat från utförda beräkningar i sektion 30/128VR, fullständiga beräkningsresultat redovisas i Bilaga 7.

Tabell 10. Sammanställning av beräkningsresultat för sektion 30/128VR

Sektion, Beräkningsfall	Odränerad analys	Kombinerad analys	Anmärkning
30183VR			SK3, kvicklera Kritiska glidytor kombinerat går inte i kvicklera Skjuvhållfasthet enligt södra området
Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl triax, södra slänten	30183VRUTBS 1,79	30183VRKTBS 1,32	$F_c > 1.4$, $F_{komb} > 1.3$
Partialkoefficientmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl Triax, södra slänten	30183VRUPBS 1,19	30183VRKPBS 0,99	$F_{EN} > 1.1$ SK3
Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl triax, norra slänten	30183VRUTBN -	30183VRKTBN 1,34	$F_c > 1.4$, $F_{komb} > 1.3$

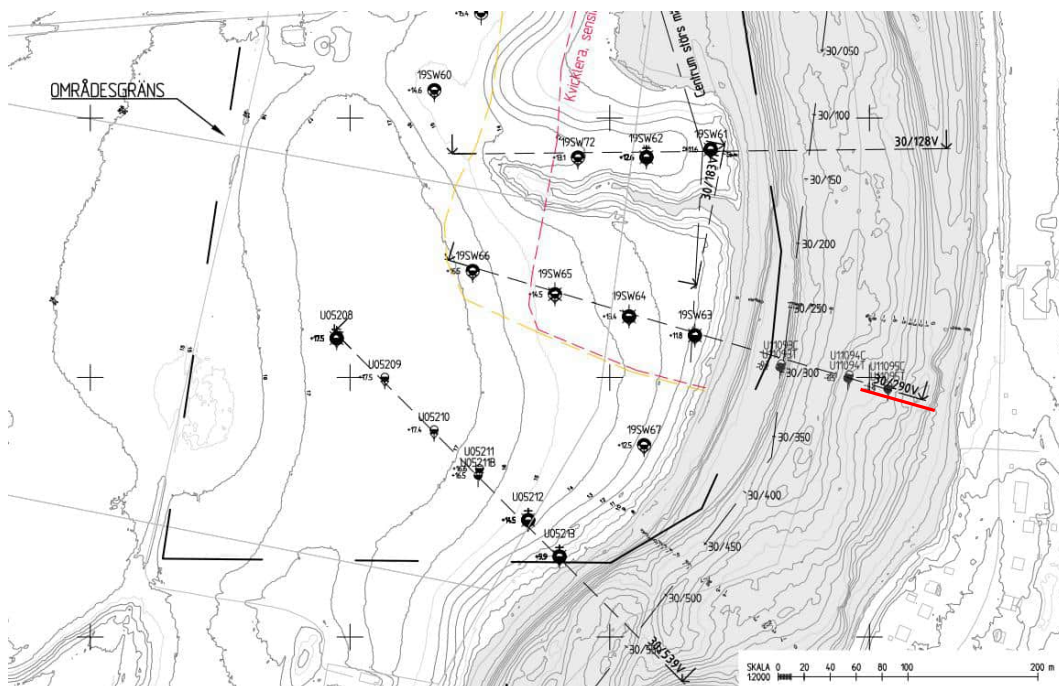
I Figur 21 redovisas för kombinerad analys i totalsäkerhetsmetoden glidytan med lägst beräknad säkerhet.



Figur 21 Beräkningsresultat sektion 30/183VR, $F_{komb}=1,32$ för befintliga förhållanden, totalsäkerhetsmetoden och kombinerad analys. Skraffering visar tolkad kvicklera, med en sensitivitet över 100.

9.4.6 Km 30/290V – södra delområdet

Beräkningssektion 30/290V är belägen söder om den södra ravinen, se Figur 22 och Ritning G-10-1-002



Figur 22 Aktuell beräkningssektion 30/290V markerat med rött.

I beräkningssektionen har punkterna 19SW63-19SW66 utförts på land, i sektionen är de tidigare utförda punkterna U11093-U11095 från Göta älvutredningen.

9.4.6.1 Befintliga förhållanden

Markytan i sektion 30/290V lutar svagt från strandkanten upp till slänkrönet med en nivåskillnad på ca 5 meter. Undervattensslänten som börjar vid strandlinjen lutar i ca 1:3 ner till undervattenshyllan som ligger på ca 7 meters djup i sektionen. Undervattenshyllan är plan i ca 25 meter och därefter sluttar älvbotten relativt brant ner mot älvfårans mitt. Vid strandkanten finns ett väl fungerande erosionskydd. Vattendjupet i älven är som störst ca 15 meter.

Störst lermäktighet som påträffats i sektionen är ca 22 meter vid slänkrön (punkt 19SW63). Ungefär 120 meter där bakom är lerdjupet ca 18 meter (i punkt 19SW65). Under den organiska ytjorden finns en ca 1 meter mäktig torrskorpa och där under följer en siltig lera.

Laboratorieundersökningar visar på att lerans densitet generellt varierar mellan 1,55-1,7 ton/m³. Vattenkvoten varierar mellan 40-75% och konflytgränsen mellan 40-65% i leran.

Sensitiviteten varierar mellan 14 och 216 i sektionen och kvicklera finns från ca 8,5 meters djup under markytan och ner till det underliggande friktionsmaterialet, se Figur 23, där utbredningen av tolkad kvicklera är markerad med skraffering.

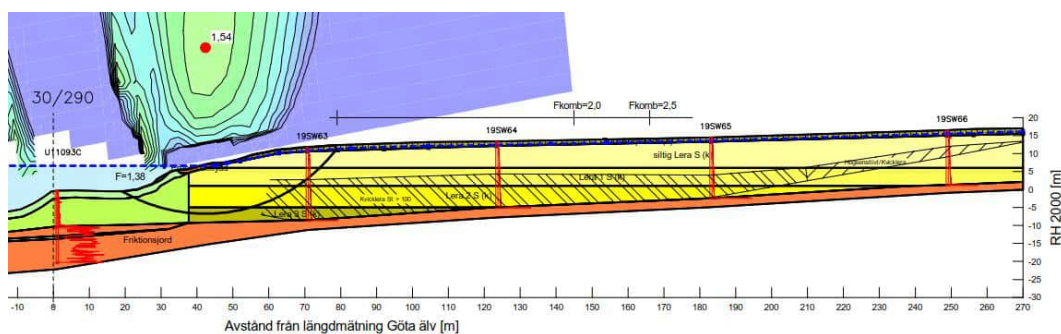
9.4.6.2 Beräkningsresultat

Utförda beräkningar i sektion 30/290V visar att enligt totalsäkerhetsmetoden uppfylls erforderliga krav. Enligt partialkoefficientmetoden är säkerhetsfaktorerna för odränerad och kombinerad analys precis under gränsen för krav enligt SK3.

I Tabell 11 redovisas en sammanställning av resultat från utförda beräkningar i sektion 30/290V, fullständig beräkningsresultat redovisas i Bilaga 7.

Tabell 11. Sammanställning av beräkningsresultat för sektion 30/290V

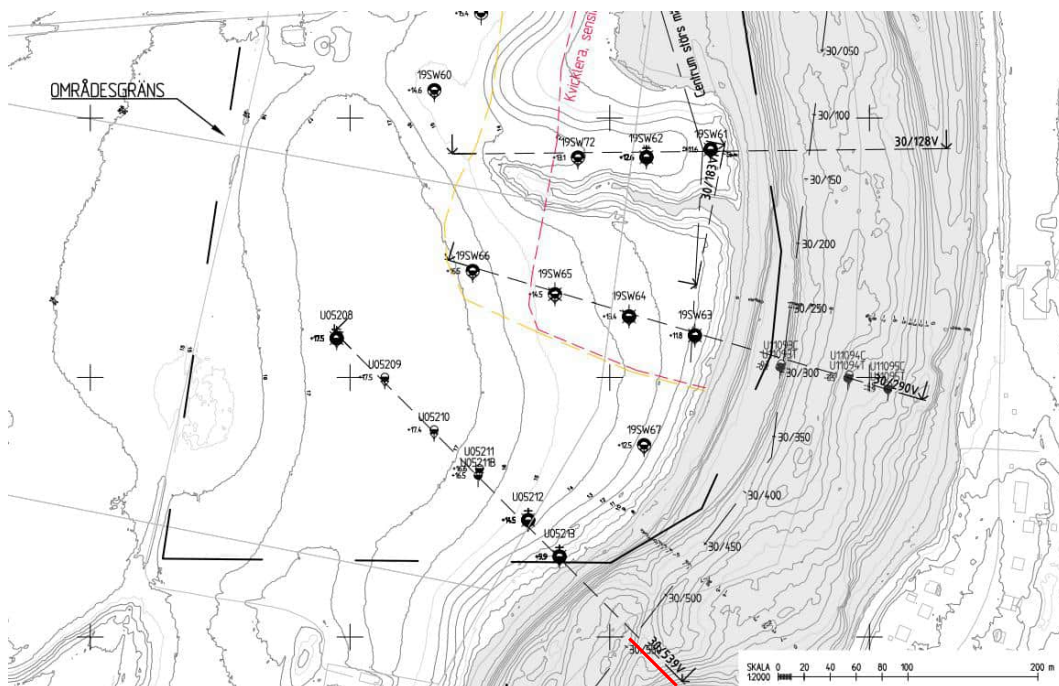
Sektion, Beräkningsfall	Odränerad analys	Kombinerad analys	Anmärkning
30290V			SK3, kvicklera Skjuvhållfasthet enligt södra området (värden inom parentes avser undervattensslänten)
Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl triax	30290VUTB 1,63	30290VKTB 1,54 (1,38)	$F_c > 1.4$, $F_{komb} > 1.3$
Partialkoefficientmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl Triax	30290VUPB 1,09	30290VKPB 1,06 (1,09)	$F_{EN} > 1.1$ SK3



Figur 23 Beräkningsresultat sektion 30/290V, $F_{komb}=1,55$ totalsäkerhetsanalys och kombinerade förhållanden. Skräffering visar tolkad kvicklera där det västra skiktet (till höger i bilden) har sensitivitet något över 50 och det huvudsakliga området till öster en sensitivitet över 100. Något osäkert var kvickleran slutar i den östra delen av slänten men angränsande undersökningar i älven visar på att älvleran inte är kvick för motsvarande nivåer.

9.4.7 Km 30/539V – södra delområdet

Beräkningssektion 30/539V är belägen vid utredningsområdets södra gräns, se Figur 24 och Ritning G-10-1-002



Figur 24 Aktuell beräkningssektion 30/539V markerat med rött.

I beräkningssektionen är de tidigare utförda punkterna U11093-U11095 från Göta älvutredningen.

9.4.7.1 Befintliga förhållanden

Markytan i sektion 30/539V faller svagt ovan släntkrön och sluttar därefter i ca 1:5 ner mot Göta älv. Vid strandkanten finns erosionsskydd med god funktion. Älvens botten är från strandkanten svagt sluttande i ca 4 meter, den så kallade undervattenshyllan som alltså här är betydlig kortare än i övriga delar av området. Därefter sluttar älvbotten brant ner mot älvfårans mitt. Vattendjupet i älven är som störst ca 16 meter.

Största lermäktigheten i sektionen är ca 10 meter i släntens mitt ner mot Göta älv (punkt U05213). Ungefär 90 meter åt nordväst är lerdjupet något mindre, ca 8 meter (i punkt U05211), varefter mäktigheten ökar till ca 15 meter (i punkt U05210). Under den organiska ytjorden finns en ca 1 meter mäktig torrskorpa och där under följer lera.

Laboratorieundersökningar visar på att lerans densitet generellt varierar mellan 1,55-1,7 ton/m³. Vattenkvoten varierar mellan 40-75% och konflytgränsen mellan 40-65% i leran.

Sensitiviteten varierar mellan 17 och 45 i sektionen.

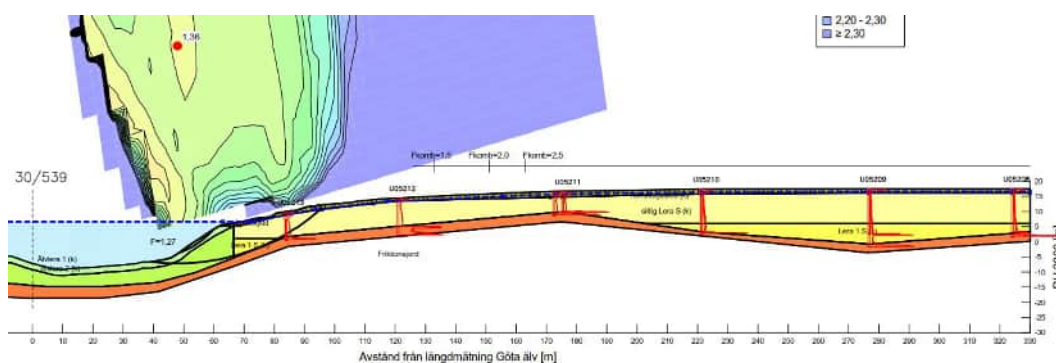
9.4.7.2 Beräkningsresultat

Utförda beräkningar i 30/539V visar att enligt totalsäkerhetsmetoden uppfylls erforderliga krav samt för odränerad analys enligt partialkoefficientmetoden. Undantaget är för undervattensslänten vid kombinerad analys enligt totalsäkerhetsmetoden där beräknad säkerhetsfaktor är precis under erforderliga krav. Enligt partialkoefficientmetoden är säkerhetsfaktorerna för kombinerad analys under gränsen för krav enligt SK3.

Se Tabell 12 för sammanställning av resultat från utförda beräkningar för sektion 30/539V, fullständig beräkningsresultat redovisas i Bilaga 7.

Tabell 12. Sammanställning av beräkningsresultat för sektion 30/539V

Sektion, Beräkningsfall	Odränerad analys	Kombinerad analys	Anmärkning
30539V			SK2, ej kvicklera Skjuvhållfasthet enligt södra området (värden inom parentes avser undervattensslänten)
Totalsäkerhetsmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl triax	30539VUTB 1,50	30539VKTB 1,36 (1,27)	$F_c > 1.4$, $F_{komb} > 1.3$
Partialkoefficientmetoden Anisotropi $K_0=0,55$ enl Triax	30539VUPB 1,00	30539VKPB 0,95 (1,00)	$F_{EN} > 1.0$ SK2



Figur 25 Beräkningsresultat sektion 30/539V, $F_{komb}=1,36$ totalsäkerhetsmetoden och kombinerad analys.

Glidytan i undervattensslänten har en mycket begränsad utbredning och bedöms ha en försumbar inverkan på de större glidyterna varför sektionen i sin helhet anses uppfylla erforderliga stabilitetskrav.

10 Slutsats

Utförda beräkningar med totalsäkerhetsmetoden visar att erhållna säkerhetsfaktorer för befintliga förhållanden uppfyller de i utredningen ställda kraven vid fördjupad utredningsnivå för slänten mot Göta älv, $F_c \geq 1,4$ och $F_{komb} \geq 1,3$. Även vid den södra ravinen uppfylls säkerhetskraven. Generellt så är säkerheten för undervattenslänten i den södra delen av området lägre än för större glidytor som sträcker sig upp på land.

Längst i söder är den beräknade säkerhetsfaktorn för undervattenslänten i sektion 30/539V $F_{komb} = 1,27$, vilket är strax under gällande krav. I ett pågående SGI-projekt har sedimentprovtagning utförts i älvbotten som i sektion 30/539V visar på att sedimenten i djupfåran ytligt består av sand och grus. Sammanvägt med topografin vid Göta älvs östra sida, där det finns berg i dagen, gör det sannolikt att ingen lera finns i älvbotten i denna sektion (30/539V). I utförda beräkningar har älvlera ansatts i botten av Göta älv vilket innebär att utförda beräkningar sannolikt utförts mer konservativt än för de förhållanden som är rådande på platsen.

Utförda känslighetsanalyser, både för en höjning av markytan med 0,5 meter (10 kPa) samt för en höjning av grundvattennivån med 1 meter, visar en påverkan i storleksordningen 6-10% på glidytor med lägst beräknad säkerhet. Känslighetsanalys avseende erosion i botten av älvfåran med 2 meter får mindre inverkan och ger endast en påverkan med i storleksordningen 4% (km 29/917V) för glidytor med lägst beräknad säkerhet.

De nu beräknade säkerhetsfaktorerna och de tidigare framtagna inom Göta älvutredningen har för de lägsta säkerhetsfaktorerna jämförts, se Tabell 13. I tabellen visas även den ökning av säkerhetsfaktorerna som har erhållits i alla de närbelägna sektionerna, efter den nu utförda utredningen. Säkerhetsfaktorerna har i huvudsak ökat mest i de delar där de ursprungligt beräknade säkerhetsfaktorerna var lägst, i en sektion är ökningen mer än 35%. I sektion 30/539V har ingen ökning erhållits, men där var den initiala säkerheten relativt sett var som högst sedan tidigare. Att ingen ökning av säkerheten erhållits i denna sektion beror på att jordmodellen utifrån nu utförda undersökningar har förändrats till något sämre förhållanden samtidigt som den odränerad skjuvhållfastheten har ökat jämfört med tidigare utredning. I jordmodellen har i denna utredning det tolkade lerdjupet vid Göta älv ökat i jämförelse med tidigare utförd utredning.

Orsaken till att beräknade säkerhetsfaktorer genomgående för övrigt är högre bedöms i huvudsak vara att det för den aktuella utredningen finns mer omfattande hållfasthetsbestämningar jämfört med i Göta älvutredningen. Det har inneburit att högre värden för skjuvhållfastheten har använts vid beräkningarna. I föreliggande utredning har även hänsyn tagits till de anisotropa egenskaperna i leran, vilket inte har utförts tidigare.

Tabell 13. Nu beräknade säkerhetsfaktorer jämfört med tidigare i GÄU

Sektion	Odränerad analys	Kombinerad analys	Ökning av säkerhetsfaktor efter nu utförd fördjupad utredning
GÄU: V29/570	$F_c=1,29$	$F_{komb}=1,27$	
29/585V norr	$F_c=1,58$	$F_{komb}=1,47$	odrän 22% - komb 15%
GÄU: V29/910	$F_c=1,08$	$F_{komb}=1,05$	
29/917V söder	$F_c=1,50$	$F_{komb}=1,45$	odrän 38% och komb 38%
GÄU: V30/530	$F_c=1,40$	$F_{komb}=1,37$	
30/539V söder	$F_c=1,50$	$F_{komb}=1,36$	odrän 7% - komb 0%

Beräkningsmässigt uppfylls inte kravet fullt ut för undervattensslänten i den södra delen, beräkningssektion 30/539, då säkerheten i den kombinerade analysen visar tre hundradelar under kravet. Med hänsyn till glidyntans utbredning så är bedömningen ändå att ett eventuellt skred som skulle uppkomma under vattnet i denna del inte påverkar säkerheten för glidytor som når upp till markområdet bakom slänten. Den något lägre säkerheten i undervattensslänten bedöms därför som tillfredställande då det inte finns någon kvicklera i denna del av området.

Inom aktuellt uppdrag bedöms därför hela området uppfylla de för uppdraget gällande stabilitetskraven för totalsäkerhetsmetoden utan att några stabilitetsförbättrande åtgärder erfordras.