



STATENS
GEOTEKNISKA
INSTITUT

DGA00XST01 Tekniska anvisningar

Version 8.0 - Avser stabilitetsutredningar längs Göta älv

Sekretariatet för Göta älv

Uppdragsgivare

2026-01-30

Diariernr: 4.2.1-2512-1754

Uppdragsnr: 10123

Totalt antal sidor 50

Hänvisa till detta dokument på följande sätt:

Sekretariatet för Göta älv 2023, DGA00XST01 Tekniska anvisningar, Version 8.0 - Avser stabilitetsutredningar längs Göta älv, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2026-01-30.

Revideringsinformation

I version 8 av DGA00XST01 Tekniska anvisningar har en del mindre justeringar utförts, men även en del större omarbetningar avseende:

- Kapitel 4: Uppdatering av standarder
- Kapitel 4.4: Kompletterande information om avancerade laboratorieundersökningar.
- Kapitel 4.8: Förtydligande avseende primär – och sekundär skredutbredning
- Kapitel 5: Utökad information avseende kompletterande utredningar
- Bilagenumereringen har ändrats eftersom tre tidigare bilagor blivit en, en bilaga utgått samt två nya bilagor tillkommit:
 - o Bilaga 1: Nytt utvärderingsark, ersätter tre tidigare bilagor
 - o Bilaga 5: Ny bilaga om hydrogeologiska undersökningar
 - o Bilaga 6: Ny bilaga om GIS

Innehållsförteckning

1. Inledning	5
2. Syfte och mål	5
3. Avgränsningar och hänvisningar	5
4. Stabilitetsutredning	6
4.1 Programvaror	6
4.2 Förberedelser och planering	6
4.3 Fältundersökningar	8
4.4 Laboratorieundersökningar	12
4.5 Geometri, laster och vattennivåer	17
4.6 Jordmodell	19
4.7 Beräkningar	25
4.8 Skredutbredning	29
4.9 Resultatanalys	30
4.10 Dokumentation och leverans	31
5. Kompletterande utredningar	40
5.1 Projekteringsförutsättningar geoteknik	40
5.2 Procentuell förbättring	43
5.3 Brottsannolikhet	44

Bilagor

1. Utvärderingsark geotekniska parametrar, inkl manual (Excel och PDF)
2. Utvärdering kvicklera CPT och TR (Excel och PDF)
3. Datum för upptagning och analys av prover (Excel)
4. Förlaga för redovisning av provkvalitet (Excel)
5. Instruktion för installation, hantering och redovisning av porttrycks- och grundvattenmätningar (PDF och Excel)
6. Instruktion och mallar för GIS-leverans

1. Inledning

Till följd av resultaten från Göta älvutredningen (SGI, 2012), gav regeringen SGI uppdraget att inrätta Delegationen för Göta älv. Delegationens uppgift är att samordna arbetet med att minska sannolikheten för skred utmed Göta älv som en del i Sveriges klimatanpassningsarbete. Delegationen har till sitt stöd ett sekretariat på SGI. Sekretariatet administrerar bidragsansökningar för stabilitetshöjande åtgärder samt bedriver utredningsarbete för att öka kunskapen om stabilitetsförhållandena längs älven.

Läs mer om Delegationen för Göta älv på SGI:s hemsida, <https://www.sgi.se/sv/gotaalv/>.

2. Syfte och mål

Syftet med dessa tekniska anvisningar är att beskriva de tekniska riktlinjer som gäller vid stabilitetsutredningar samt vid utredning av stabilitetshöjande åtgärder som helt eller delvis finansieras av Delegationen för Göta älv.

Målet med stabilitetsutredningarna är att klargöra om stabiliteten för befintliga förhållanden är tillfredsställande eller inte. Utredningarna används också som underlag för nya beräkningar av sannolikheten för skred som ytterligare ett underlag för bedömning av krav på åtgärdsnivå.

Målet med utredning av stabilitetshöjande åtgärder är att planera och utföra förstärkningsåtgärder alternativt införa kontroll, bevakning samt restriktioner där sannolikheten för skred är oacceptabelt hög.

3. Avgränsningar och hänvisningar

De tekniska anvisningarna beskriver riktlinjer för utredningsarbetet. Former och krav avseende respektive uppdrags styrning inklusive administration, möten, kvalitetsgranskning m.m. beskrivs i respektive uppdragsavtal med tillhörande avtalshandlingar såsom förfrågningsunderlag och anbud.

Kapitel 4 innehåller riktlinjer för detaljerade och fördjupade stabilitetsutredningar.

Kapitel 5 innehåller riktlinjer för kompletterande utredningar som kan vara aktuella efter att en fördjupad stabilitetsutredning har färdigställts.

Som bilagor till de tekniska anvisningarna finns excelverktyg för sammanställning och utvärdering av jordparametrar, empiri, redovisning av provkvalitet samt för portrycks- och grundvattenmätningar.

För hantering och litterering av geotekniska data och dokument som utredningarna resulterar i, se DGA00XST02 - Anvisningar dokumenthantering (SGI, 2023).

4. Stabilitetsutredning

Anvisningarna i detta kapitel (kapitel 4) avser detaljerade och fördjupade stabilitetsutredningar. Anvisningarna är komplement och förtydliganden till SGI Vägledning 8 *Utredning av släntstabilitet* (SGI, 2023).

4.1 Programvaror

Följande programvaror erfordras för genomförande och dokumentation av stabilitetsutredningar:

- Minst ett program för stabilitetsberäkning enligt nedan:
 - o Geostudio SLOPE/W version 2018 eller senare
 - o GeoSuite Stabilitet version 4 eller senare
 - o Annan programvara med en rigorös beräkningsmetod, t.ex. Morgenstern-Price som beräkningsalternativ efter godkännande av beställare
- GeoSuite Arkiv och Presentation
- CONRAD 3.10
- CAD-program som hanterar .dwg 2013 eller senare
- Officepaketet version 2013 eller senare
- GIS-program som hanterar .shp t.ex. ArcGis eller QGIS

4.2 Förberedelser och planering

4.2.1 Inventering av befintligt underlag

Fält- och laboratorieundersökningar ska planeras med hjälp av relevant befintligt underlag för området så som geologiska och topografiska kartor, satellitfoton, platsbesök och tidigare utförda undersökningar.

Arkivinventering ska utföras av tidigare utförda utredningar, undersökningar, grundläggning av konstruktioner med mera. Relevant arkivmaterial ska utvärderas, sammanställas och inarbetas i utredningen. Inventeringsarbetet ska dokumenteras i en Markteknisk undersökningsrapport, MUR Geoteknik.

4.2.2 Förekomst av kvicklera

En första bedömning av förekomst av kvicklera görs utifrån kartmaterial av topografiska, geologiska och hydrologiska förhållanden samt resultat från tidigare geotekniska undersökningar. För metodik och arbetsgång hänvisas till *Metodik för kartläggning av kvicklera* (SGI, 2018).

<https://www.sgi.se/tjanster-och-verktyg/vagledningar/kartlaggning-av-kvicklera>.

4.2.3 Undersökningsprogram

Utifrån sammanställningen och utvärderingen av befintliga utredningar ska konsulten ge förslag på ett geotekniskt undersökningsprogram med metoder och omfattning som motsvarar aktuell utredningsnivå.

Undersökningsprogrammet ska minst innehålla:

- Uppdragsinformation inklusive namn på ansvarig geotekniker, fältgeotekniker och mättingenjör
- Borrplan med namngivna borrhål
- Lista med sonderings- och provtagningsmetoder för samtliga punkter
- Riskinventeringslista
- Information om befintliga ledningar, kablar och andra undermarksanläggningar
- Erforderliga tillstånd

4.2.4 Arbetsmiljö, arbetarskydd och säkerhet

Konsulten ansvarar för arbetsmiljö, arbetarskydd och säkerhet i enlighet med kontrakt och eget verksamhetssystem. Arbete där miljöfarligt ämne förekommer ska följa SGF Rapport 2:2013 Fälthandbok Föreordade områden (SGF, 2013).

En riskanalys ska upprättas för undersökningsprogrammet. Riskanalysen ska täcka in fältgeotekniskt arbete samt alla relaterade aktiviteter i fält. Riskerna ska sammanställas i en lista, tillsammans med vidtagna förebyggande åtgärder samt instruktion vid olycka, och levereras med undersökningsprogrammet.

4.2.5 Tillstånd och information

Konsulten ansvarar för att införskaffa erforderliga tillstånd, och för att inhämta och tillhandahålla nödvändig information, vilket bland annat kan inkludera:

- Ledningsanvisning av ledningsägare, för arbete i närhet av ledningar.
- Tillstånd för arbete i naturskyddsområden från kommun och/eller länsstyrelsen.
- Tillstånd för inom kulturhistorisk område från länsstyrelsen.
- Tillstånd för arbete på älven från Sjöfartsverket och Vattenfall.
- Tillstånd för arbete inom väg- eller spårområde från Trafikverket.
- Trafikanordningsplan för arbete på eller i närheten av väg.
- Löpande kontakter med fastighetsägare/arendator kring markarbeten

4.3 Fältundersökningar

4.3.1 Styrande dokument

Fältundersökningar ska planeras och utföras enligt gällande standard i första hand och "Fälthandboken" (SGF rapport 1:2013) i andra hand, se Tabell 4-1. Speciella metoder ska utföras i samråd med SGI, t.ex. förborrning med vattenspolning.

Tabell 4-1 Styrande dokument som gäller vid tidpunkten för framtagande av aktuella anvisningar avseende fältundersökningens planering, utförande, dokumentation samt för kalibrering och kontroll av utrustning

Beskrivning	Styrande dokument
Förberedelser, planering, dokumentation	SGI Vägledning 8 (SGI, 2023) samt IEG rapport 4:2008 (IEG, 2008)
Geoteknisk fältutrustning, kontroll och kalibrering	Bandvagnens kraftgivare SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013) för övriga metoder se respektive standard samt SGF:s metodbeskrivningar
Utsättning, avvägning, inmätning	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
CPTU	SS-EN ISO 22476-1:2023 (SIS, 2023)
CPTU-R	SS-EN ISO 22476-1:2023 (SIS, 2023) tillsammans med SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013) avseende resistivitetsmätningen
Vingprovning	SS-EN ISO 22476-9:2020 med tillägget att väntetiden bör vara 3 min.
Viktsondering, maskinell	SS-EN ISO 22476-10:2017
Trycksondering	Trycksondering med registrering av totalt neddrivningsmotstånd, SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
Jordbergsondering	SGF Rapport 4:2012 Metodbeskrivning för Jb-sondering (SGF, 2012)
Kolvprovtagning	SS-EN ISO 22475-1:2021 tillsammans med SGF Rapport 1:2009 Metodbeskrivning för provtagning med standardkolvprovtagare (SGF, 2009)
Skruvprovtagare	SS-EN ISO 22475-1:2021 tillsammans SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
Hydrogeologiska undersökningar	SS-EN ISO 18674-4:2020 Mätning av porvattentryck, portrycksmätare och SS-EN ISO 22282-1:2012, SGI Information 11 Mätning av grundvattennivå och portryck (Vägverket - VBg; SGI, 1990), Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
Inklinometermätning	SS-EN ISO 18674-3:2017 tillsammans med SGF Rapport 2:2006 Metodbeskrivning för installation av inklinometer (SGF, 2006)
Miljötekniska undersökningar	SGF Rapport 2:2013 Fälthandbok Förorenade områden (SGF, 2013)

4.3.2 Metoder och omfattning

Placering av undersökningspunkter

Den omfattning som beskrivs i detta kapitel gäller då inga tidigare fältundersökningar finns att tillgå. I de fall befintligt geotekniskt underlag kan nyttjas ska omfattningen anpassas därefter.

Generellt bör det utföras undersökningar i minst en sektion per geotekniskt område med förväntat likartade förhållanden med avseende på lerlagrens mäktighet och tekniska egenskaper inklusive OCR, samt topografi.

Vid en **detaljerad utredning** bör 2–3 undersökningspunkter utföras per sektion, beroende på dess längd.

Vid en **fördjupad utredning** bör 3–6 undersökningspunkter utföras per sektion, beroende på dess längd.

Undersökningspunkterna placeras lämpligen i närhet av släntfot, släntkrön och på sådant avstånd från släntkrön att området som kan tänkas påverkas av bedömd skredutbredning omfattas.

Vid förekomst av slänter mot biflöden och raviner ska stabiliteten i dessa undersökas. Minst en undersökningssektion bör finnas per biflöde eller ravin.

Sondering och provtagning ska utföras för att fastställa jordlagerföljd och jordparametrar ned till relevant djup, d.v.s. minst fem meter större än det djup där de potentiellt farligaste glidyterna kan tänkas gå.

Utbredning av skikt eller lager av friktionsjord ska bestämmas. Mäktigheten av förekommande underlagrande friktionsjord ska bestämmas där det är relevant. Friktionsjordslagrens permeabilitet ska uppskattas genom avklingningstest, se instruktioner för CPTU-sondering i avsnitt 4.3.3.

4.3.3 Sonderingar

CPTU-sondering

CPTU med registrering av totalt neddrivningsmotstånd ska utföras i syfte att kartlägga kvicklereområden. CPTU test category A ska alltid eftersträvas. För CPT-sonderingar utförda innan 2023 kan även användningsklass 0 och 1 accepteras. I samråd med Beställaren utförs eventuellt även CPTU-R för tolkning av kvicklereförekomst utifrån resistivitetsmätning.

Vid mäktiga sand- och siltlager krävs eventuellt förborring med pryl eller foderrör för att undvika störning av CPTU-sonderingen.

För att lokalisera övergången mellan sand/silt och lera samt erhålla egenskaper för sand/silt utförs en CPTU-sondering minst genom hela sand-/siltlagret.

Sonderingen utförs till för metoden regelrätt stopp, dock maximalt till 45 meter djup om inte annat avtalats.

I friktionsjord som underlagrar leran, alternativt i mäktigare skikt av friktionsjord i lerlager, ska porttrycket registreras genom kortvarig porttrycksavklingning.

Jordbergsondering

Där sonderingsstopp mot misstänkt berg sker kan Jb-totalsondering vara aktuellt.

4.3.4 Provtagningar

Störd provtagning

Om förborrning krävs, inför sondering eller ostörd provtagning, kan skruvprovtagning utföras som förborrningsmetod. Minst ett prov per meter ska tas på förborrat material, och tätare vid förekomst av synliga jordlagergränser.

Fältbenämning ska göras på samtliga störda jordprover. Utvalda störda jordprover skickas till geotekniskt laboratorium för rutinförsök.

Ostörd provtagning

Ostörd provtagning bör utföras på minst sex nivåer per undersökningspunkt, och fördelas mot djupet med mindre avstånd mellan provtagningsnivåerna i anslutning till de potentiellt farligaste glidyterna.

Nivåer med ostörd provtagning ska sammanfalla med nivåer för vingprovning.

Samtliga ostörda jordprover skickas till geotekniskt laboratorium.

Vid **detaljerad utredning** bör kolvprovtagning utföras i minst en punkt per område med förväntat likartade förhållanden med avseende på lerlagrens mäktighet och tekniska egenskaper inklusive OCR, samt topografi.

Vid **fördjupad utredning** bör kolvprovtagning utföras i minst två punkter per sektion.

4.3.5 In-situ-undersökningar

Vingprovning

Vid **detaljerad utredning** bör vingprovning utföras i minst en punkt per område med förväntat likartade förhållanden med avseende på lermäktighet och topografi.

Vid **fördjupad utredning** bör vingprovning utföras i minst två punkter per provning ska om möjligt utföras till minst fem meter djupare än där de potentiellt farligaste glidyterna kan tänkas gå.

Vingprovning som utförs i en punkt där ostörd provtagning har utförts ska utföras på samma nivåer som den.

4.3.6 Grundvatten- och portrycksmätningar

Antal punkter för mätning av grund- och porvattentryck inom ett utredningsområde beror på grund- och porvattentrycksituationens påverkan på stabiliteten.

I de fall där dränerat brott är dimensionerande samt där lerans effektivspänning ska användas vid utförande av direkta skjuvförsök eller triaxialförsök eller för bestämning av OCR (t.ex. korrektion av vingsondering) och empiriska odränerade skjuvhållfasthetsvärden behöver portrycket fastställas med extra stor noggrannhet.

Instruktion för hantering och redovisning av portrycks- och grundvattenmätningar, redovisas i Bilaga 5.

Grundvattenrör

Om mäktigare lager av friktionsmaterial förekommer, både över och under tätare jordlager, ska grundvattenrör installeras i båda dessa lager. Grundvattenrör ska installeras i minst två provtagningspunkter per sektion, i släntkrön och i bakkant av sektionen. I de fall det är möjligt att utföra från land installeras även grundvattenrör i släntfot.

Porttrycksstationer

Inom undersökningsområdet ska det i anslutning till minst två av provtagningspunkterna i närhet av släntkrön installeras porttrycksstationer. En porttrycksstation ska bestå av minst tre porttrycksmätare i leran samt ett grundvattenrör i friktionsjorden under lerlagret. I de fall lermäktigheten är mycket stor installeras inget grundvattenrör. Installationsdjup bestäms efter utvärdering av CPTU-sondering.

Mätperiod och mätfrekvens

För grundvattennivåer och porttryck eftersträvas långa mätperioder. Spetsar och rör ska installeras tidigt i uppdraget.

Vid avläsning av momentana värden ska det utföras varannan vecka.

Grundvattenrör och porttrycksspetsar ska kunna förse med instrument för automatisk loggning. Loggning ska ställs in på 4 gånger per dygn.

Kvalitetssäkring vid installation

Se Bilaga 5.

Avetablering av porttrycksmätare och grundvattenrör

Vid avslutat uppdrag kan det bli aktuellt att avetablera porttrycksmätare och grundvattenrör. Antingen dras rören upp eller så kapas de på valt djup från markytan. Om och hur rören ska avetableras bestäms i samråd med Beställaren.

4.3.7 Utsättning, avvägning och inmätning

Undersökningspunkterna ska sättas ut, mätas in och avvägas i koordinatsystem SWEREF 99TM och höjdsystem RH2000. Inmätning förutsätts ske med GPS med RTK.

Inmätning och avvägning ska minst uppfylla mätklass B enligt SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk Fälthandbok (SGF, 2013), vilket innebär mätfel mindre än 1,0 meter i plan och 0,1 meter i höjd.

Utsättning och inmätning av undersökningspunkter ska utföras innan fältundersökningar påbörjas. Undersökningspunkter ska markeras med stakkäpp som märks med punktens ID. På hårdgjorda ytor ska undersökningspunkt markeras med kryss och punkt-ID med sprayfärg.

Utöver undersökningspunkterna kan det bli aktuellt att även avväga beräkningssektionerna.

I de fall som stabiliteten utreds även för vattenförande sidoraviner kan det bli aktuellt med manuell lodning eller ekolodning. Underlag för beslut om lodning ska omfatta stabilitetskontroll som inkluderar känslighetsanalys av hur bottentopografin påverkar säkerhetsfaktorn för sidoravinen.

4.3.8 Hantering av jordprover

Vid provtagningen ska rådande väderleksförhållanden, datum och tid dokumenteras. Transporten till laboratorium ska dokumenteras avseende väderlek, transportsätt, emballering samt datum och tid.

I samband med provtagningen ska sådan försiktighet och hantering gälla som ger bästa möjliga provkroppar för laboratorieundersökning. Proverna ska skyddas från ovarsam hantering, stötar, kyla och hög värme. För lerprover med potentiellt högsensitiv lera- och siltprover kan detta innebära transport på vibrationsdämpande underlag i personbil.

Om nödvändigt, för att uppfylla ovanstående krav, ska konsulten tillhandahålla förvaringsställe i närheten av undersökningsområdet. Proverna ska transporteras till laboratorium senast i slutet av arbetsdagen om särskilt förvaringsställe ej tillhandahålls.

4.4 Laboratorieundersökningar

4.4.1 Styrande dokument

Laboratoriearbeten ska planeras och utföras enligt gällande standarder, metodbeskrivningar eller praxis om inte annat anges, se Tabell 4-2. För planering gäller SGF Notat 3:2007 "Laboratorieprovning för geotekniska utredningar. En vägledning".

Tabell 4-2 Styrande dokument för geotekniska laboratorieundersökningar. Vid nyare standarder, för vilka aktuellt laboratorium ej hunnit implementera, accepteras föregående standard. Avvikelser gentemot referensdokument ska dokumenteras och meddelas Beställaren för godkännande innan arbetet påbörjas.

Metod	Utförs enligt referens
Planering	SGF Notat 3:2007 "Laboratorieprovning för geotekniska utredningar. En vägledning" (SGF, 2007).
Jordartsbenämning	SS-ISO 14688–1,-2:2018
Skrymdensitet	SS EN ISO 17892–2:2014
Vattenkvot	SS EN ISO 17892–1:2014
Siktanalys	SS-EN ISO 17892-4:2016 (SS 027123 Utgåva 2),
Sedimentationsanalys	SS-EN ISO 17892-4:2016, (Vågkroppsmetoden (SGI Kvalitetssystem Lab. dok. 8),
Organisk halt	TOC (SGF, 2020) eller glödningsförlust <i>Bestäms i samråd med Beställaren</i>
Konflytgräns	SS-EN ISO 17892-12:2018 (SS 027120 Utgåva 2)
Fallkonförsök, ostörd skjuvhållfasthet	SS-EN ISO 17892-6:2017), (SS 027125 Utgåva 1), (
Fallkonförsök, omrörd skjuvhållfasthet	SS-EN ISO 17892-6:2017, (SS 027125 Utgåva 1)
CRS-försök	SS 027126 Utgåva 1, SGF Rapport 1:2017 (SGF, 2017)
Direkta skjuvförsök	SS 027127 Utgåva 1, SGF Notat 2:2004, SGF Rapport 1:2017 (SGF, 2017)
Stegvisa ödometerförsök	SS-EN ISO 17892-5: 2017, (SS 027129 Utgåva 1)
Triaxialförsök	SS EN ISO 17892–9:2018, SGF rapport 2:2012, SGF Rapport 1:2017 (SGF, 2017). Val av K_0 vid horisontell markyta enligt SBUF-rapport (Tornborg 2024). För K_0 i anslutning till slänter kan t.ex. Rankka (1994) och Sellin (2023) studeras.

4.4.2 Planering och tider

Val av provtagningsnivåer ska göras utifrån fältbenämningar och sonderingar.

Det är viktigt att laboratorieförsöken utförs på färsk jordprover av god kvalitet. Laboratorieförsöken ska därför planeras in i anslutning till tidpunkten för provtagning i fält. Det är önskvärt att rutinförsöken påbörjas inom en vecka från provtagningen, då sensitiviteten förändras fort (SGI, 2012). Liggtiden bör inte överstiga en månad innan kvalificerade undersökningar som CRS-försök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök utförs. Vid särskilt kritiska stabilitetssektioner kan det vara motiverat att ställa hårdare krav. Det kräver dock förhandskännedom om vilka stabilitetssektioner som kan vara kritiska, informationen har man möjligtvis god kännedom om från t.ex. en detaljerad stabilitetsutredning. Det är av stor vikt att förbereda fält- och labundersökningar så att de anpassas till aktuella förhållanden. All provtagning bör inte utföras på en gång utan planera för provtagning vid mer än ett tillfälle både för analysarbetet och för att laboratoriet(-erna) skall "hinna med". Detta gäller särskilt vid utförande av konsoliderade laboratorieförsök.

En konstant provningstemperatur bör eftersträvas under kvalificerade laboratorieförsök.

För provkroppar på vilka CRS-försök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök utförs ska skrymdensiteten bestämmas i samband med försöket. Resultaten ska sedan jämföras med de från rutinundersökningen för bedömning om proverna för de kvalificerade laboratorieförsöken är representativa.

För planering, utvärdering och redovisning av kvalificerade laboratorieförsök finns god vägledning att följa i SGF Rapport 1:2017 (SGF, 2017).

Datum för upptagning av prover och för utförande av laboratorieförsök ska redovisas i tabellformat enligt mall i Bilaga 3 och biläggas MUR.

4.4.3 Förvaring

Efter transport till laboratorium ska jordproverna förvaras i hylsor med tättslutande lock i ett klimatkontrollerat utrymme med en temperatur på mellan +7 och +4°C. Proverna ska förvaras så att den naturliga relativa fukthalten i jordprovet bevaras.

Proverna ska sparas i minst 6 månader efter provtagningstillfället.

4.4.4 Utrustning

Det laboratorium som utför geotekniska undersökningar ska kunna visa dokumentation av spårbara kontroller och kalibrering av utrustning som används. Exempel på utrustning är vågar, fallkoner, torkugnar och elektronisk utrustning för datainsamling.

4.4.5 Metoder och omfattning

Utifrån sammanställning och utvärdering av inventerade laboratorieanalyser ska konsulten ge förslag på ett laboratorieförsöksprogram så att utredningen totalt motsvarar aktuell utredningsnivå.

4.4.6 Rutinförsök

Störda prover

Rutinundersökning ska utföras på utvalda störda jordprover.

Ostörda prover

Rutinundersökning ska utföras på samtliga ostörda jordprover.

Vid förekomst av siltig lera ska sedimentationsanalys övervägas.

4.4.7 Ödometerförsök, CRS

CRS-försök ska utföras på utvalda ostörda jordprover, normalt på minst fyra nivåer per provtagningspunkt. Vid uppmätt förkonsolideringstryck större än 100 kPa bör korrigering utföras av handläggande geotekniker enligt Trafikverket 2022:005 (Sällfors, 2022).

4.4.8 För bestämning av provkvalitet ska deformationen utvärderas vid vertikal effektiv in-situspänning. Direkta skjuvförsök

Odränerade direkta skjuvförsök ska utföras på utvalda ostörda jordprover, normalt på minst fyra nivåer per provtagningspunkt, i angränsning till den direkta skjuvzonen för relevanta glidytor.

Det är viktigt att ta fram relevanta in-situspänningar för utförande av skjuvförsöket. Hänsyn ska tas till avlastningseffekter på grund av erosion, vilket framförallt påverkar spänningsförhållandena för prover intill släntrön, i slänt och släntfot samt för prover tagna i älven. Avlastningseffekter kan till exempel tas fram med hjälp av Boussinesq.

Upplastning görs under dränerade förhållanden till ca 85 % av provets förkonsolideringstryck i ett par laststeg. Provet avlastas därefter, under dränerade förhållanden, till rådande vertikal effektivspänning in situ och får anpassa sig till detta spänningstillstånd. Vertikal deformation skall registreras och redovisas mot tid för samtliga konsoliderings- och avlastningssteg. Detta avgörs genom att deformationshastigheten avklingar. Provet skjuvas därefter under odränerade eller dränerade förhållanden (låst eller styrd provhöjd). Hastigheten bör i detta fall sättas till ca 0,0001 rad/min. Vid uppmätt odränerad skjuvhållfasthet större än 25 kPa bör korrigering utföras av handläggande geotekniker enligt Trafikverket 2022:005 (Sällfors, 2022).

Den odränerade skjuvhållfastheten, c_u^{DS} , utvärderas som den största uppnådda skjuvspänningen under försöket. Skjuvningen är begränsad till 0,15 radianers vinkeländring.

4.4.9 Triaxialförsök (fördjupad utredning)

Vid kritiska glidytor där lerans anisotropi kan vara avgörande för stabilitetsförhållandena kan det bli aktuellt att utföra triaxialförsök. Inledande beräkningar med empiriskt framräknad anisotropifunktion ska utgöra beslutsunderlag för om triaxialförsök skall utföras.

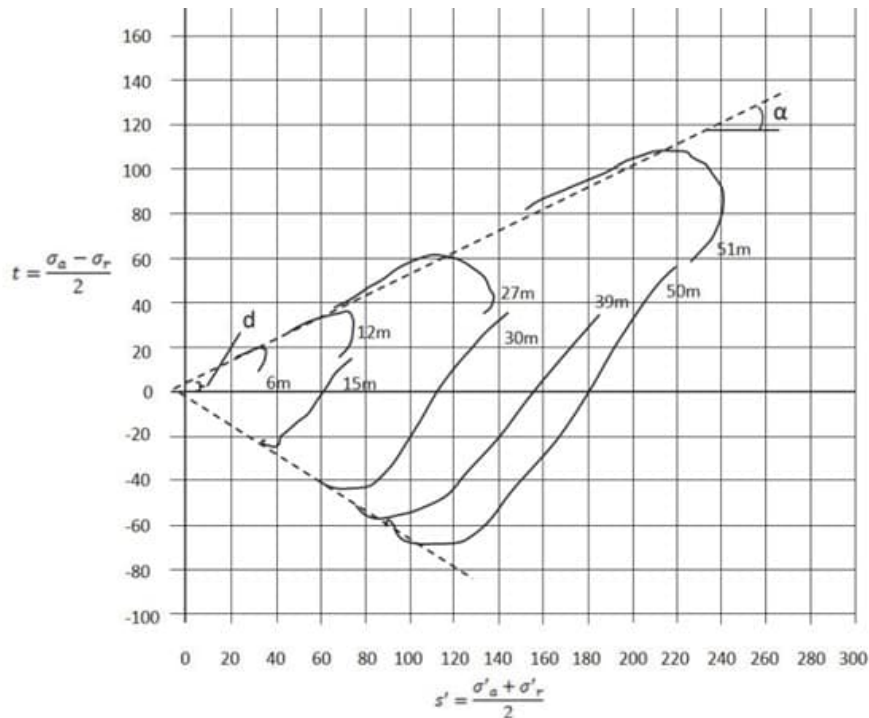
Triaxialförsök bör utföras på minst tre nivåer per undersökningspunkt för att erhålla en trendlinje för verifiering av den antagna anisotropifunktionen, se även SGI Vägledning 8 kap 4 och 5 samt tillämpningsbilaga 1 och 2 (SGI, 2023).

På samma sätt som för DSS så är det viktigt att ta fram relevanta in-situ-spänningsnivåer och hänsyn ska tas till slänters inverkan på spänningsförhållandena.

Innan konsolidering av provet görs ska provet vattenmättas, vilket lämpligtvis sker genom att med bibehållen effektivspänning applicera ett mottryck (backpressure). Storleksordningen på detta beror på provet plus apparatens gemensamma vattenmättnadsgrad. På SGI:s laboratorium används 300 kPa som standardvärde. Laboratoriet bör på begäran kunna visa att provet varit vattenmättat vid inledning av provning, antingen genom utfört B-värdetest eller uppritning av volymändring efter påförande av mottryck.

Upplastning görs under dränerade förhållanden normalt med effektivt vertikalltryck till 80 % av provets vertikala förkonsolideringstryck och ett effektivt horisontaltryck som beräknas med hjälp av uppskattat värde på K_0^{NC} , enligt rekommendationer i Tornborg 2024. Denna konsolideringsfas följs genom registrering av utpressad vattenmängd samt vertikal deformation mot tiden. Efter ca 1 timma avlastas provet under dränerade förhållanden till rådande spänningar in situ (beakta K_0) och provet får anpassa sig till detta spänningstillstånd. Provet skjuvas antingen under dränerade eller odränerade förhållanden. I aktiva försök görs detta normalt genom att vertikallasten ökas genom att provet deformeras vertikalt med en konstant deformationshastighet. Denna hastighet sätts så att 0,6 %/tim vid odränerat försök och 0,06%/tim vid dränerat försök. Passiva försök kan utföras på två alternativa sätt. Det vanligaste är att vertikallasten minskas genom en deformationsstyrd avlastning samtidigt som horisontaltrycket hålls konstant. Alternativt ökas horisontallasten genom att celltrycket ökas successivt med en konstant spänningsökning samtidigt som vertikallasten hålls konstant.

Resultaten från ett triaxialförsök redovisas för samtliga försökstyper i två diagram, ett där u och skjuvspänningen τ , $((\sigma_a - \sigma_r)/2)$ ritas som funktion av vertikaltöjningen ϵ_a samt ett diagram som s' - t . Det rekommenderas även att samtliga triaxialförsök sammanställs i ett och samma s' - t diagram, se exempel i Figur 4.1 från SGF Rapport 2:2012. Datan från konsolideringsfasen bör redovisas med axiell och volumetrisk töjning plottat mot tid för att både valda spänningar och provkvalitet ska kunna utvärderas. Data från provningen i form av rådatafiler i .csv eller excelformat skall levereras.



Figur 4.1 Exempel där samtliga triaxialförsök sammanställs i ett och samma s' - t diagram, från SGF Rapport 2:2012.

4.4.10 Kvalitetskontroll av avancerade laboratorieundersökningar

Generellt gäller att erhållna resultat skall värderas i skenet av den förväntansbild som man bör ha tagit fram innan försöken utförs.

I konsolideringsfasen av laboratieförsök (t.ex. konsoliderade triaxialförsök) bör volymkompressionen av provet övervakas då denna kan ge en indikation på om en alltför stor medeleffektivspänning påförs provet.

I konsolideringsfasen för såväl direkta skjuvförsök som triaxialförsök ska storleken på den vertikala kompressionen kontrolleras, den ger en indikation på provkvaliteten.

Vid utvärderingen av såväl direkta skjuvförsök som triaxialförsök ska storleken på den vertikala kompressionen vid peak-värdet kontrolleras eftersom den också ger en indikation på provkvaliteten.

Vid utvärdering triaxialförsök ska effektivspänningsvägens form studeras eftersom den indikerar huruvida enbart c' och ϕ' styr den maximalt mobiliserbara skjuvspänningen eller huruvida även σ'_c styr. Är responsen den förväntade...?

4.5 Geometri, laster och vattennivåer

4.5.1 Geometri

Där inmätning eller lodning är utförd ska resultaten från denna nyttjas för att beskriva och modellera slänt- och bottengeometrin. Där inmätning saknas kan geometrin hämtas från Lantmäteriets NH-data samt från älvens batymetri. Den senaste slutredovisade sjömätningen i Göta älv utfördes av SGI 2021 (SGI). Ny sjömätning utfördes under 2025 och kommer under 2026 bli tillgänglig för utredningarna.

4.5.2 Laster

Vid stabilitetsanalys ska hänsyn tas till laster i omgivning som ex. byggnader och väg/järnväg. Modellering av sådana laster ska ta hänsyn till grundläggning med avseende på lastspridning och lastbärande lager. Laster modelleras enligt TRVINFRA-00230 (Trafikverket, 2022). För hus tillämpas 10 kPa/våning om ej djupgrundläggning t.ex. pålning eller kompensationsgrundläggning t.ex. källare är utförd.

I de fall undersökningsområdet ligger inom detaljplanlagt område som tillåter en viss förändring av marknivå eller annat lasttillskott så ska stabiliteten kontrolleras för bestämmelserna i detaljplanen. Eventuella åtgärdsförslag ska beakta förutsättningarna i gällande detaljplan.

4.5.3 Vattennivåer

Vattennivåerna i älven styrs av vattendomen från Västerbygdens vattendomstol 1937, de mindre ändringar i denna som Västerbygdens vattendomstol fastställde 1955 samt de som Mark- och miljödomstolen i Vänersborgs tingsrätt fastställde 2015.

Dimensionerande vattenstånd i höjdsystem RH2000 framgår av Tabell 4-3. De i tabellen angivna vattenstånden baseras på data tillhandahållen av Vattenfall Vattenkraft AB och som kontrollerats och sammanställts av SMHI (Gyllenram, 2020).

Tabell 4-3 Dimensionerande vattenstånd i Göta älv, i höjdsystem RH2000 (Gyllenram, 2020).

Referenspunkt	Ca längdmätning	Vattenstånd		
		MW*	LLW**	HHW**
Vargön ÖVY	-	44,2	42,9	45,4
Vargön NVY	0/000	39,6	39,0	40,0
Trollhättan Hojum kraftverk ÖVY	11/200	39,5	39,1	39,7
Trollhättan Hojum kraftverk NVY	11/200	7,6	6,5	8,5
Trollhättan Olidan kraftverk NVY	11/800	7,5	6,6	8,1
Lilla Edet Sluss 6 ÖVY	31/600	7,2	6,6	7,5
Lilla Edet Sluss 6 NVY	31/600	0,9	-0,1	2,2
Torshamnen	-	0,0	-1,1	1,5

*MW = medelvärde av dygnsmedelvärden

**LLW/HHW 6 h

I stabilitetsberäkningarna ska lägsta lågvatten nyttjas eftersom slänterna ska dimensioneras för de sänkningshöjder som tillåts enligt Vänerns vattendom.

Nivå vid Torshamnen gäller hela vägen nedströms Frihamnen. Mellan Lilla Edets sluss och Frihamnen ska nivåerna interpoleras.

Vid stabilitetskontroll mot biflöde där uppgifter om vattennivåer saknas ska biflödet antas vara torrlagt i beräkningsanalysen. I de fall observationer tyder på att biflödet aldrig är

torrlagt och en vattenfylld fåra bedöms ha betydande inverkan på säkerhetsfaktorn kan mätning av vattennivån bli aktuellt.

4.6 Jordmodell

I de jordmodeller som behöver upprättas för stabilitetsberäkningar är valet av lerans skjuvhållfasthet oftast mest avgörande för resultatet (säkerhetsfaktorn).

För att kunna göra ett välgrundat val av skjuvhållfasthet behöver ett flertal olika egenskaper hos leran studeras, både enskilt och sammanvägt. Lerans spänningstillstånd, såväl nuvarande som historiskt, har visat sig ha mycket stor betydelse för en leras egenskaper samt för hur utvärdering och val av skjuvhållfasthet bör utföras.

4.6.1 Indelning efter jordlagerföljd

En preliminär indelning av utredningsområdet i lermark respektive fastmark kan göras redan under inventeringsarbetet utifrån topografi, jordartskarta samt platsbesök.

Efter sonderingar och störd provtagning kan lermarken delas upp i mindre områden utifrån lermäktighet, tjocklek hos torrskorpa samt förekommande ytlager av friktionsjord och skikt förekomst.

4.6.2 Sammanställning och värdering av parametrar

För respektive undersökningspunkt

Uppmätt skjuvhållfasthet vid fallkonförsök och vingprovning ska korrigeras med hänsyn till konflytgräns. Resultat från vingprovning ska även korrigeras med hänsyn till överkonsolideringsgrad. För undersökningspunkter där porttrycksmätning eller ostörd provtagning saknas hämtas värden från närliggande undersökningspunkt.

För respektive undersökningspunkt där odränerad skjuvhållfasthet uppmätts genom minst en av metoderna vingprovning, fallkonförsök eller CPT-sondering ska uppmätta parametrar läggas in i bifogad excelmall, Bilaga 1 *Utvärderingsark för geotekniska parametrar*.

För undersökningspunkter där även kvalificerade laboratorieundersökningar som CRS-försök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök utförs kompletteras respektive excelfil dels med undersökningsresultaten, dels med empiri för direkt, aktiv och passiv skjuvning enligt avsnitt 4.5.1 i SGI Information 3 *Skjuvhållfasthet – utvärdering i kohesionsjord* (SGI, Chalmers tekniska högskola, 2007) samt SGF Rapport 1:2017 *Metodik för bestämning av skjuvhållfasthet i lera* (SGF, 2017).

För respektive undersökningspunkt ska en värdering av härledda värden göras, dels mellan resultat från olika metoder, dels mot empiriska samband. Ingångsdata till empirin så som porttryck, effektivspänningar och överkonsolideringsgrader skall redovisas. Inverkan av icke-plan markyta skall medräknas i bestämningen av effektivspänningar och OCR.

Uppenbart felaktiga värden rensas bort och avvikelser dokumenteras i MUR Geoteknik.

För respektive område

För respektive område med liknande jordlagerföljd och mäktighet sammanställs resultat, både mot djup och nivå, för åtminstone följande egenskaper:

- densitet
- naturlig vattenkvot
- konflytgräns
- sensitivitet
- odränerad skjuvhållfasthet från samtliga undersökningar samt empiri
- förkonsolideringstryck
- överkonsolideringsgrad, OCR, inklusive vilken vertikal totalspännings-, portrycks- och vertikal effektivspänningsprofil samt vertikal förkonsolideringstrycksprofil utvärdering av detta grundar sig på

För sammanställning av grundparametrar respektive skjuvhållfasthet ska bifogad excelmall, Bilaga 1, användas i första hand.

Genom jämförelser mellan sammanställningarna kan beslut tas huruvida val av odränerad skjuvhållfasthet bör göras relativt djup under markytan eller relativt nivå över havet. Eventuellt leder jämförelsen till att tidigare vald indelning av lerområden behöver justeras.

Conrad

Det i CONRAD framtagna värdet på överkonsolideringsgrad ska kontrolleras mot resultat från rutinundersökning av ostörda prover samt odometerförsök typ CRS. Vid stor skillnad ska i stället resultat från CRS-försök användas för utvärdering av den odränerade skjuvhållfastheten enligt beräkningsmetod i SGI Information 15, kapitel 8.

4.6.3 Val av odränerad skjuvhållfasthet

Skjuvhållfasthet på land

Vid val av skjuvhållfasthet ska resultat från kvalificerade laboratorieundersökningar väga tungt. Ett bra stöd och tips på metodik och arbetsgång finns i *Bestämningar av den odränerade skjuvhållfastheten med specialiserade metoder i praktiska tillämpningar. Delrapport 4 – Rekommendationer för val av odränerad skjuvhållfasthet* (Trafikverket, 2017).

I det slutgiltiga underlaget för val av odränerad skjuvhållfasthet i ett lerområde behövs sammanställning av samtliga härledda värden och särredovisning av respektive metod för jämförelse mot valda värden. Valda värden ska även jämföras mot sammanställning med enbart kvalificerade laboratorieundersökningar samt empiri. Det är viktigt att rätt σ'_v och OCR nyttjas (beakta "2D" och "3D" geometrier) vid bestämning av empirin.

Följande sammanställningar krävs som underlag och motiv för vald skjuvhållfasthet:

- Enbart CPT-sonderingar
- Enbart Vingprovning
- Enbart fallkonförsök
- Enbart skjuvförsök och triaxialförsök ihop med empiri

- Alla resultat exkl CPT
- Alla resultat
- Alla resultat inkl empiri

I alla sammanställningar ska vald skjuvhållfasthet redovisas.

Hänsyn ska tas till förändring av skjuvhållfastheten på grund av framtida spänningsförändring, t ex vid dimensionering av avlastningsschakt.

Anisotropi

Innan triaxialförsök utförs ska stabilitetsberäkningar utföras med empiriskt antagen anisotropieffekt för att visa på möjlig ökning av säkerhetsfaktor. Observera att de empiriska sambanden för odränerad skjuvhållfasthetsanisotropi gäller endast för normalt till svagt överkonsoliderade leror (dvs $OCR \leq 1,5$). Vid överkonsoliderade slänter, med $OCR > 1,5$, bör värdena användas med försiktighet.

Anisotropi som verifierats ska nyttjas enligt SGI Vägledning 8 (SGI, 2023). Det innebär att resultaten från triaxialförsök ska jämföras med empiriska värden och normalt ska sedan det lägsta av de två alternativen användas i beräkningarna. För de beräkningssektioner där anisotropieffekter nyttjas ska även beräkningar utan anisotropi redovisas.

Odränerad skjuvhållfasthet i strandnära områden och under Göta älv

Om undersökningspunkter i älven saknas ska följande metodik användas:

Det grundläggande antagandet är att dagens markyta vid, eller i närheten av, släntkrönet motsvarar avsättningsplanet för lerområdet och att själva älvfåran därefter har bildats genom erosion. Orsaken till minskad odränerad skjuvhållfasthet under älvbotten antas främst bero på en förändrad spänningsnivå till följd av den avlastning som skett i älvfåran.

I beräkningarna ansätts älvlerans hållfasthet omedelbart under älvbotten till 3 kPa och ökar linjärt mot det värde som motsvarar den hållfasthet som råder på land, se Figur 4.2. Inverkan från avlastningen av älvfåran är antagen till det djup under älvbotten som motsvaras av vattendjupet (utifrån medelvattennivån) i respektive tvärsnitt.

P:\Avdelningar\Sekretariatet för Göta älv\Kvalitet_Processer_Mallar\Styrdokument uppdrag\01
Tekniskt arbete\DGA00XST01 Tekniska anvisningar version 8 260130.docx 22 (50)

nuvarande markyta, utan den låg högre. Nuvarande situation på land är alltså redan en avlastning relativt tidigare spänningshistoria vilket medför överkonsolidering.

I någon mening handlar det om att bedöma belastningshistorien. Även i detta sammanhang kan man bedöma hur den vertikala totalspänningen varierar m.h.a. Boussinesq p.g.a. den varierande topografin. Till detta behövs en skattning av hur OCR och de horisontella spänningarna varierar p.g.a. topografin (jfr tidigare tips angående hur man kan bedöma "KO"). Därefter kan man bedöma förväntad variation av c_u och jämföra den med uppmätt c_u och dela in området i (minst) tre hållfasthetszoner.

Slutligen behövs en anpassning m.h.t. de möjligheter som finns i den mjukvara som man har att tillgå.

4.6.4 Val av dränerad skjuvhållfasthet i lera

Lerans dränerade skjuvhållfasthet kan initialt bedömas empiriskt enligt:

$$\varphi' = 30^\circ$$

$$c' = 0,1 \times c_u$$

eller

$$c' = 0,03 \times \sigma'_c$$

Där resultat från odränerade aktiva triaxialförsök finns ska även utvärdering av dränerad skjuvhållfasthet utföras enligt SGF Rapport 2:2012.

I de fall inledande beräkningar visar att kritiska glidytor till en betydande del går i partier där den dränerade skjuvhållfastheten är dimensionerande, bör olika (realistiska) val på c' och φ' testas för att se påverkan på stabiliteten. Därefter bör lerans dränerade parametrar bestämmas genom dränerade triaxialförsök i en kompletterande utredning, se vidare i kapitel 5.1.

4.6.5 Val av dränerad skjuvhållfasthet i friktionsjord

Friktionsvinkeln för friktionsjordar kan utvärderas från neddrivningsmotståndet vid hejar- och CPTU-sondering. Se tillämpningsbilaga 2 siltjordar i SGI Vägledning 8 (SGI, 2023).

Det avdrag på tre grader från utvärderad friktionsvinkel för silt, som rekommenderas i exempelvis *SGI Information 3* ska inte användas vid stabilitetsberäkningar av naturliga slänter i siltjordar (SGI, 2023).

4.6.6 Grundvatten- och portrycksförhållanden

Grund- och porvattentryck

Kvalitetsanalys av uppmätta grundvatten och portrycksnivåer ska göras. Vid användning av elektriska portrycksmätare som registrerar absoluttryck ska generellt god samstämmighet råda mellan absoluttryck och lufttryck. Kontroll kan göras enligt Bilaga 5. Ej tillförlitliga värden ska rensas bort och ej användas vid val av grundvatten och portrycksnivåer.

Uppmätta **maxvärden** för grundvatten- och portryck är utgångspunkt för modellering av portrycksförhållandena i leran.

Hänsyn behöver också tas till:

- Förekommande skikt av friktionsjord i lerlagret samt om skiktet står i kontakt med älven.
- Eventuella bräddnivåer för friktionsjord under leran som kan påverka trycknivån.
- Torrskorpans mäktighet.
- Rådande vattenstånd i älven och dess påverkan.

För uppsprucken torrskorpa ska effekten av vattenfyllda sprickor studeras, med antagandet om vatten från halva sprickdjupet.

Vald portrycksfördelning ska redovisas i sektion för respektive beräkningssektion. Se Bilaga 5.

Prognostisering

I de fall inledande beräkningar visar att dränerade hållfasthetsegenskaper är avgörande för den kritiska glidyten i en sektion ska prognostisering av maximala porvattentrycksnivåer utifrån referensrör från SGU tas fram med återkomsttid 100 år. (Svensson & Sällfors, 1985)

Förändring vid avlastningsschakt

Vid åtgärdsberäkningar ska hänsyn tas till att portrycksfördelningen även på lång sikt kan förändras ganska mycket vid avlastning. Vid avlastningsschakt under befintlig grundvattenytas trycknivå sänks grundvattenytan till den nya markytan och portrycksgradienten ökar något och möter tidigare vald portrycksmodell på visst djup. Djupet är bland annat beroende av avlastningens storlek.

4.7 Beräkningar

Utifrån beräknade sektioner ska bedömning av stabilitetsförhållanden inom hela utredningsområdet kunna göras. Såväl förväntad utbredning av primär- och sekundärskred som möjliga och omfattning av eventuella åtgärder ska klargöras.

4.7.1 Beräkningsmetod

Totalsäkerhetsmetoden ska användas vid samtliga beräkningar som avser befintliga förhållanden och kontrollberäkningar av möjliga stabilitetsåtgärder. En rigorös metod ska användas vid beräkningarna, t.ex. Morgenstern-Price metod.

Partialkoefficientmetoden kan vara aktuell i vissa fall.

Stabiliteten ska beräknas i såväl odränerad som kombinerad analys.

4.7.2 Krav på säkerhetsfaktorer

Krav på erforderliga säkerhetsfaktorer ska väljas enligt kapitel 5 i SGI Vägledning 8 (SGI, 2023). Bedömningen av gynnsamma och ogynnsamma förhållanden ska sammanställas och utgöra underlag för motivering vid val av erforderliga säkerhetsfaktorer.

Vid beräkning av åtgärd med partialkoefficientmetoden gäller vid både detaljerad och fördjupad utredning skrivningar enligt SGI Vägledning 8, kapitel 5.4 (SGI, 2023).

4.7.3 Känslighetsanalys

Känslighetsanalys ska utföras för kontroll av hur förändring av en enskild parameter påverkar beräknad säkerhetsfaktor, alltså en analys av jordmodellens känslighet med avseende på en osäker parameter.

Det är vid känslighetsanalys ointressant hur stor förändring av respektive parameter som väljs eftersom kontrollen enbart är till för att påvisa om det är värt att undersöka en parameter mer i detalj eller om hänsyn till en osäkerhet behöver tas vid en eventuell dimensionering. Urval av beräkningssektioner och val av parametrar för känslighetsanalys görs i samråd med Beställaren.

De parametrar som vanligtvis är aktuella för känslighetsanalys vid stabilitetsanalys utmed Göta älv presenteras nedan ihop med förslag på förändring av parametern.

Uppfyllnad

För områden utan detaljplan, beroende på markanvändning, utförs känslighetsanalys för markjusteringar avseende utbredd last på 10 kPa/m där en sådan är ogynnsam.

Portrycksökning

För valda beräkningssektioner ska en känslighetsanalys utföras avseende förhöjda portryck om 10 kPa genom hela lerlagret.

Erosion

Känsligheten för erosion av slänter och botten under farleden ska studeras genom att de ursprungliga nivåerna generellt sänks med 1 och 2 meter (två fall) och genom en anpassning till befintliga nivåer. De olika typsektionerna utgörs av slänter med eller utan undervattenshylla och med eller utan erosionsskydd i vattenbrynet. Typsektionerna och

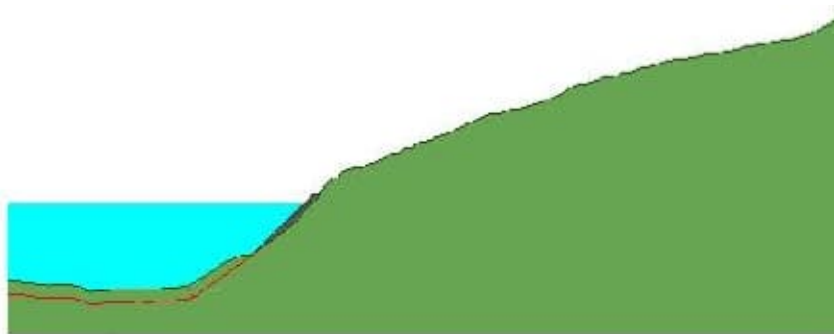
de geometriska förändringarna som ska studeras framgår av Tabell 4-4 och av Figur 4.4 till Figur 4.9.

De geometriska förändringarna är schematiska och anpassning till förhållanden i aktuell sektion kan bli nödvändig. Befintliga erosionsskydd antas utgöra ett skydd mot erosion i vattenbrynet. Ingen erosion ovan vattenlinjen antas uppstå i dessa fall.

Tabell 4-4 Indelning i typsektioner och geometriska förändringar på grund av erosion av dessa (jämför även Figur 4.4 till Figur 4.9).

Typsektion	Geometriska förändringar av erosion
A1 – Slänt utan undervattenshylla, med erosionsskydd i vattenbrynet	Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Ingen erosion vid underkant erosionsskydd. Slänt eroderas från underkant erosionsskydd med triangulär fördelning mot djupet ned till farledens botten (efter erosion). Ingen förändring av geometrin för slänt vid eller ovanför erosionsskyddet.
A2 – Slänt utan undervattenshylla och utan erosionsskydd i vattenbrynet	Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Slänt eroderas horisontellt med 1 och 2 m vid vattenbrynet med anpassning till farledens botten (efter erosion). Slänt ovanför vattenytan ges lutningen 32 grader och med vidare anslutning till befintlig släntlutning.
B1 – Slänt med undervattenshylla och erosionsskydd i vattenbrynet	Två alternativ föreslås (B1-1 respektive B1-2). För vissa sektioner beräknas endast den ena och för vissa kan båda alternativen bli aktuella. Typsektion B1-1 Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Slänt mellan undervattenshylla och botten i farleden eroderas vertikalt med 1 och 2 m. Undervattenshyllan eroderas med triangulär fördelning från land mot hyllans släntrön (efter erosion). Ingen erosion vid erosionsskydd. Ingen förändring av geometrin för slänt ovanför erosionsskyddet. Typsektion B1-2 Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Ingen erosion vid undervattenshyllans släntrön. Triangulär fördelning mot djupet ned till farledens botten (efter erosion). Ingen förändring av geometrin på undervattenshylla eller för slänter över vattenytan

B2 – Slänt med undervattenshylla, utan erosionsskydd i vattenbrynet	Två alternativ föreslås (B2-1 respektive B2-2). För vissa sektioner beräknas endast den ena och för vissa kan båda alternativen bli aktuella. Typsektion B2-1 Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Slänt mellan undervattenshylla och botten i farleden samt undervattenshyllan eroderas vertikalt 1 och 2 m. Slänt vid vattenbrynet eroderas horisontellt med 1 och 2 m med vidare anpassning till släntfot. Slänt ovan vattenbrynet ges lutningen 32 grader och med vidare anpassning till befintlig släntlutning. Typsektion B2-2 Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Ingen erosion vid undervattenshyllans släntrön. Triangulär fördelning mot djupet ned till farledens botten (efter erosion). Ingen förändring av geometrin på och ovan undervattenshyllan eller för slänter över vattenytan.
--	--

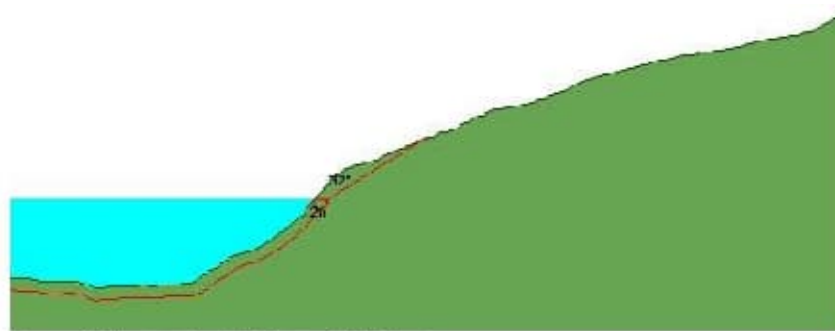


Exempel från sträckan rollhättan-Lila Edel



Exempel från sträckan Lila Edel-Bohus

Figur 4.4 Geometriska förändringar för typsektion A1 (slänt utan undervattenshylla med erosionsskydd).



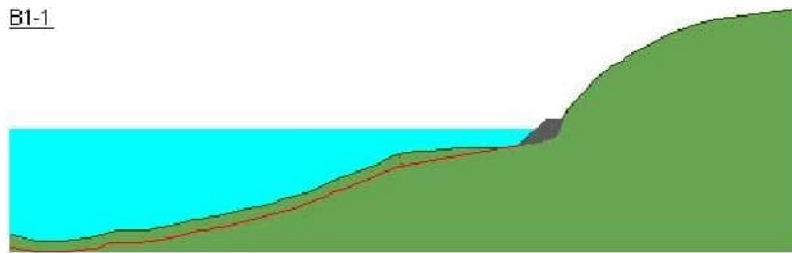
Exempel från sträckan Trollhättan-Lilla Edet



Exempel från sträckan Lilla Edet-Fetters

Figur 4.5 Geometriska förändringar för typsektion A2 (slänt utan undervattenshylla och utan erosionsskydd).

B1-1



Exempel från sträckan Trollhättan - Lilla Edet



Exempel från sträckan Bohus-Marieholm

Figur 4.6 Geometriska förändringar för typsektion B1 (slänt med undervattenshylla och med erosionsskydd), alternativ B1-1.

B1-2



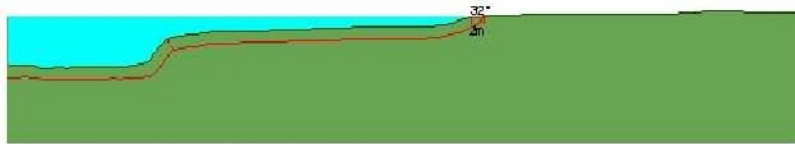
Exempel från sträckan Bohus-Marieholm

Figur 4.7 Geometriska förändringar för typsektion B1 (slänt med undervattenshylla och med erosionsskydd) alternativ B1-2.

B2-1



Exempel från sträckan Trollhättan - Lilla Edet



Exempel från sträckan Bohus-Marieholm

Figur 4.8 Geometriska förändringar av typsektion B2 (slänt med undervattenshylla utan erosionsskydd) alternativ B2-1.

B2-2



Exempel från sträckan Bohus-Marieholm

Figur 4.9 Geometriska förändringar för typsektion B1 (slänt med undervattenshylla och med erosionsskydd) alternativ B2-2.

4.8 Skredutbredning

I områden med förutsättningar för kvicklera ska CPTu-R-sonderingar utföras inklusive registrering av totalt nedrivningsmotstånd enligt GÄU Delrapport 32 (SGI, 2012). Förekomst av kvicklera ska verifieras med bestämning av sensitiviteten på upptagna ostörda prover.

Värden på sensitivitet och omrörd skjuvhållfasthet från rutinundersökningar ska sammanställas med resistivitet och utvärderad mantelfriktion från sonderingar, med hjälp av Bilaga 2, Utvärdering kvicklera CPTu och Tr. Denna sammanställning görs för att kartlägga områden med kvicklera ($St > 50$, omrörd skjuvhållfasthet $< 0,4$ kPa).

I de fall SGÄ:s krav på säkerhetsfaktor uppfylls så redovisas inte primär och sekundär skredutbredning.

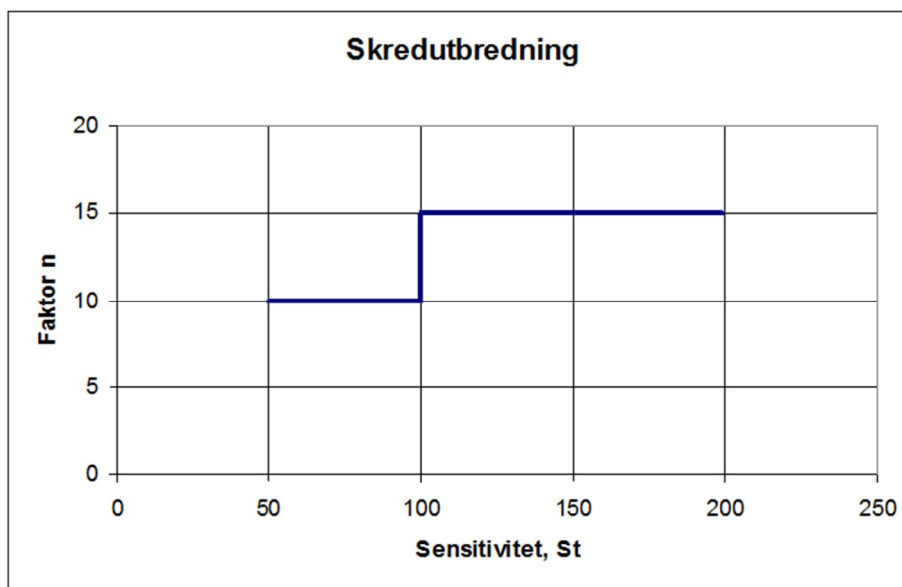
Om säkerhetsfaktorn vid fördjupad utredning enligt totalsäkerhetsmetoden understiger uppställda krav ska område för primärskred redovisas. Om säkerhetsfaktorn för den initiala glidyten understiger 1,3 vid odränerad analys eller 1,2 vid kombinerad analys och glidyten berör en jordvolym med kvicklera ($St > 50$, omrörd skjuvhållfasthet $< 0,4$ kPa) ska även en sekundär skredutbredning redovisas.

Bedömd skredutbredning för primärskred och sekundärskred ska redovisas i plan i PM Geoteknik och som GIS-skikt (se Bilaga 6). Den markerade ytan ska omfatta hela glidytan, även ut i älven.

Sekundär skredutbredning bedöms sträcka sig till en punkt där markytan skär en linje med lutningen 1:n (1:10 eller 1:15 från släntfot, se Figur 4.10).

Bakåtgripande skred i områden med extrem kvicklera, där sensitiviteten generellt är högre än 200, ska förutsättas kunna sträcka sig till fastmark förutsatt att utbredningen av extrem kvicklera inte kan avgränsas.

I de fall området med kvicklera kan avgränsas till ett mindre område än bedömd sekundär skredutbredning enligt Figur 4.10, begränsas sekundärskredsområdet till området med kvicklera.



Figur 4.10 Diagram över samband mellan sensitivitet och faktorn n för bedömning av skredutbredning (SGI, 2012), (SGI, 2023)

4.9 Resultatanalys

När beräkningsresultat sammanställts och redovisats enligt tidigare avsnitt, är det viktigt att analysera resultaten för att bedöma områdets stabilitetsförhållanden för befintliga förhållanden inklusive hänsyn till ett förändrat klimat. Förutom beräkningsresultaten bör man ta hänsyn till:

- iakttagelser som dokumenterats vid platsbesöket
- bedömd osäkerhet i ingående parametrar och utförda fält- och laboratoriemetoder
- typ av markanvändning
- bedömda gynnsamma och ogynnsamma faktorer

Ytterligare information kan hämtas i kapitel 5 i SGI Vägledning 8 (SGI, 2023)

4.10 Dokumentation och leverans

Dokumentation av uppdragsresultat ska följa DGA00XST02 - Anvisningar för dokumenthantering (SGI, 2023), med avseende på namnkonvention, filformat och mappstruktur.

I leveranskontrollen undersöks att samtliga filer levererats och att de är i rätt fil-format.

4.10.1 Granskningshandling

Granskningshandling ska omfatta:

- MUR inklusive bilagor (pdf)
- PM inklusive bilagor (pdf)
- Signerad och daterad egenkontroll
- Handlingsförteckning över allt som kommer att ingå i slutleveransen med redovisning av namn, innehåll och format

4.10.2 Slutleverans

Slutleveransen ska omfatta:

- MUR inklusive bilagor (pdf)
- PM inklusive bilagor (pdf)
- Signerad och daterad egenkontroll
- Handlingsförteckning (pdf) med redovisning av namn, innehåll, format och datum
- Originalformat på samtliga filer (exempelvis Word, Excel, AutoCAD, Slope/W, Conrad)
- Komplette GeoSuite-databas
- GIS-underlag

I leveranskontrollen undersöks att samtliga filer levererats och att de är i rätt fil-format.

4.10.3 Geosuite-databas

Efter godkänd slutleverans ska uppdragets Geosuite-databas laddas upp på Branschens Geotekniska Arkiv (BGA). Databasen ska då endast innehålla nya kvalitetskontrollerade undersökningspunkter, samt utvalda kvalitetskontrollerade relevanta arkivpunkter som inte har digitaliserats tidigare. På <http://bga.swedgeo.se/bga/> finns en manual för uppladdning.

4.10.4 GIS-underlag

GIS-data som efterfrågas ska levereras i SHP (sex shapefiler) och projektion ska vara SWEREF99TM. I Bilaga 6 finns sex stycken mallfiler som innehåller de attribut som ska ingå i GIS-leveransen.

Höjdsystem ska vara RH2000. Filkodning ska vara UTF-8. För stabilitetsutredningar levereras material med geometri och attribut enligt Tabell 4-5.

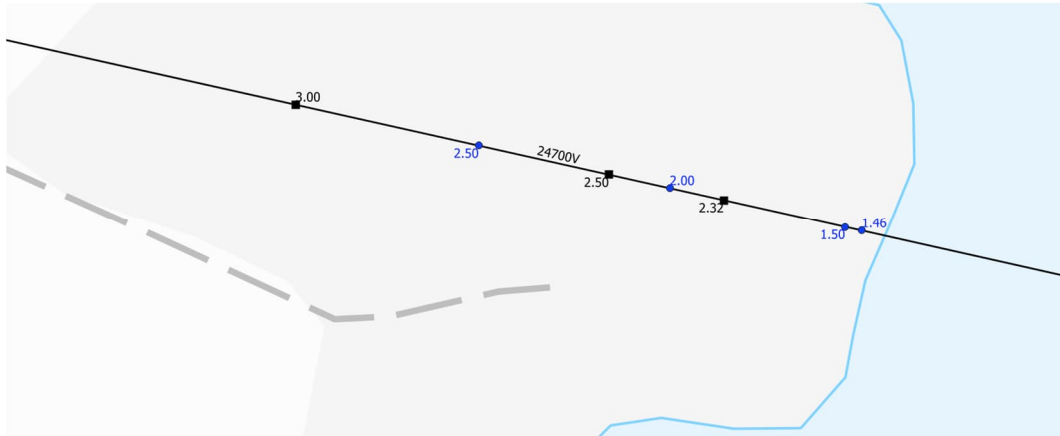
Tabell 4-5 Förteckning över GIS-lager, geometri och attribut som ska levereras i stabilitetsutredningar.

Lager	Geometri	Attribut	Format	Exempel																				
"Undersökningsområde" (Undersökningsområde)	Polygon**	"namn" (namn på delområde) "utrniva" (utredningsnivå för område)	String String	<table><tr><th>namn</th><th>utrniva</th></tr><tr><td>Ballsered</td><td>Fördjupad</td></tr></table>	namn	utrniva	Ballsered	Fördjupad																
namn	utrniva																							
Ballsered	Fördjupad																							
"Sektioner" (Beräkningssektioner*)	Linje	"namn" (namn på sektion)	String	<table><tr><th>namn</th></tr><tr><td>77/010V</td></tr></table>	namn	77/010V																		
namn																								
77/010V																								
"Beräkningsresultat" (säkerhetsfaktorer*)	Punkt	"sektion" (namn på sektion) "typ" (typ av analys) "fodr" (odränerad säkerhetsfaktor)*** "fkomb" (kombinerad säkerhetsfaktor)*** "anm" (Anmärkning)	String String Numerisk Numerisk String	<table><tr><th>sektion</th><th>typ</th><th>fodr</th><th>fkomb</th><th>anm</th></tr><tr><td>22/850OR</td><td>k</td><td>NULL</td><td>1,630</td><td>NULL</td></tr><tr><td>22/850OR</td><td>o</td><td>2,000</td><td>NULL</td><td>NULL</td></tr><tr><td>22/850OR</td><td>o</td><td>2,500</td><td>NULL</td><td>NULL</td></tr></table>	sektion	typ	fodr	fkomb	anm	22/850OR	k	NULL	1,630	NULL	22/850OR	o	2,000	NULL	NULL	22/850OR	o	2,500	NULL	NULL
sektion	typ	fodr	fkomb	anm																				
22/850OR	k	NULL	1,630	NULL																				
22/850OR	o	2,000	NULL	NULL																				
22/850OR	o	2,500	NULL	NULL																				
"Åtgärdsförslag" (Utbredning av föreslagen åtgärd)	Polygon**	"objnr" (Längdmätning älven) "namn" (delområde) "atgardsfor" (typ av åtgärd) "volym" (volym i m³) "djup" (djup i meter)	String String String Numerisk Numerisk	<table><tr><th>objnr</th><th>namn</th><th>atgardsfor</th><th>ca_volym</th><th>ca_djup</th></tr><tr><td>87900O</td><td>Klippan</td><td>Tryckbank</td><td>190</td><td>0,8</td></tr><tr><td>55200V</td><td>Sörgården</td><td>Erosionsskydd</td><td>2270</td><td>NULL</td></tr></table>	objnr	namn	atgardsfor	ca_volym	ca_djup	87900O	Klippan	Tryckbank	190	0,8	55200V	Sörgården	Erosionsskydd	2270	NULL					
objnr	namn	atgardsfor	ca_volym	ca_djup																				
87900O	Klippan	Tryckbank	190	0,8																				
55200V	Sörgården	Erosionsskydd	2270	NULL																				
"Kvicklera" (Bedömd utbredning av kvicklera i plan)	Polygon**	"objnr" (Längdmätning älven) "namn" (delområde) "sensvt" (Sensitivitet min-max)	String String String	<table><tr><th>objnr</th><th>namn</th><th>sensvt</th></tr><tr><td>23300O</td><td>Ballsered</td><td>40-240</td></tr></table>	objnr	namn	sensvt	23300O	Ballsered	40-240														
objnr	namn	sensvt																						
23300O	Ballsered	40-240																						
"Skredutbredning" (Bedömd skredutbredning)	Polygon**	"objnr" (Längdmätning älven) "namn" (delområde) "typ" (typ av skred)	String String String	<table><tr><th>objnr</th><th>namn</th><th>typ</th></tr><tr><td>31500O</td><td>Vattenverket</td><td>Sekundärscred</td></tr><tr><td>31500O</td><td>Vattenverket</td><td>Primärscred</td></tr></table>	objnr	namn	typ	31500O	Vattenverket	Sekundärscred	31500O	Vattenverket	Primärscred											
objnr	namn	typ																						
31500O	Vattenverket	Sekundärscred																						
31500O	Vattenverket	Primärscred																						

*) Se exempel i Figur 4.11 .

**) Polygoner ska vara icke överlappande polygoner.

***) Bakre skärningspunkt för beräknade säkerhetsfaktorer redovisas enligt Figur 4.11, dels för intervall dels för lägst beräknad säkerhetsfaktor. Blå punkt och siffra för kombinerad analys, svart kvadrat och siffra för odränerad analys.



Figur 4.11 Beräkningssektion inklusive markering av glidytornas bakre skärningspunkt för beräknade säkerhetsfaktorer, dels för intervall, dels för lägst beräknad säkerhetsfaktor. Blå punkt och siffra avser kombinerad analys, svart kvadrat och siffra avser odränerad analys.

4.10.5 Språk

Alla rapporter som produceras på beställning av SGI blir offentliga handlingar.

Myndigheter har ett uttalat ansvar att använda ett så enkelt språk som möjligt. Även i tekniska rapporter ska därför förkortningar förklaras, figur- och tabellbeskrivningar ska vara utförliga och uttömmande så att innehållet kan förstås utifrån beskrivningstexten.

Det är viktigt att vara konsekvent i användningen av tekniska termer. För underlätta detta rekommenderar SGI följande formuleringar relaterade till geotekniska stabilitetsutredningar:

- Använd orden, **utredning** eller **uppdrag** där lämpligt (ej projekt)
- Totalsäkerhets**metoden**, partialkoefficient**metoden**
- Odränerad **analys**, kombinerad **analys**
- Använd begreppet **skredutbredning**, samt **primär** respektive **sekundär skredutbredning** (ej exempelvis skredzon eller skredområde)
- Spetstryckssondering kan förkortas CPTU respektive CPTU-R då resistivitmätning utförts.

För god läsbarhet bör stycken inte vara för långa, styckeindela efter principen ”ny tanke = nytt stycke”.

Håll ihop stycken med funktionen *Stycke – Håll ihop med nästa* i Word för att undvika enstaka rader text först eller sist på en sida. Även kapitelrubriker, inledande text till punktlistor, tabeller och figurer ska hållas ihop med nästa stycke.

4.10.6 MUR Geoteknik

MUR Geoteknik ska upprättas enligt IEG Rapport 4:2008, rev 1 (IEG, 2008). Extra fokus ska vara på:

- Kalibreringsdokumentation för bl.a. CPTU samt R-modul
- Grundparametrar mot nivå och djup
- Förkonsolideringstryck mot nivå och djup

- Porttrycks- och vertikala effektivspänningsprofiler samt OCR mot nivå och djup (då detta ligger till grund för OCR-korrektion vid utvärdering av odränerad skjuvhållfasthet från ving- och CPT-sonderingar)
- Skjuvhållfasthet sammanställning mot nivå och djup
- Conradutvärderingar inklusive kvalitetskontroll
- Deformationsegenskaper
- Porttrycksmätningar mätserier diagram, grundvattenrör om sådana finns, se Bilaga 5
- Vingprovning rådata
- Bilaga med sammanställning av datum för upptagning av ostörda prover och försök
- Okulärbesiktning och kartering erosionsskydd
- Kartering av berg i dagen
- Provkvalitet diagram, om CRS-försök har utförts, och kommentarer till resultat om sådana finns/behövs
- Ev. foton och observationer från platsbesök om sådana finns, datum och fotoriktning ska framgå

Underrapporter (Fältrapport, Laboratorierapport, Försöksrapport/Fält, Försöksrapport/Lab) är valfria, det viktiga är att all relevant information finns med på ett tydligt sätt samt det framgår i MUR Geoteknik i vilken bilaga eller underrapport den kan hittas.

Relevant information från utförd arkivsökning ska arbetas in, men tydligt särskiljas, i MUR. För benämning av tidigare utförda undersökningspunkter, se DGA00XST02 - *Anvisningar dokumenthantering* (SGI, 2023). För äldre undersökningar som inte finns tillgängliga digitalt (som Geosuitedata) ska det bifogas en bilaga till MUR med inskannade ritningar över undersökningarnas läge i plan samt borrhålsprofiler med sonderingsmotstånd.

Foton ska innehålla koordinatposition och fotoriktning i metadata.

Om erosionsskydd förekommer ska dessa mätas in, fotodokumenteras och beskrivas med avseende på fraktion, skick mm.

I fält och laboratorium uppmätta parametrar sammanställs i MUR med hjälp av Bilaga 1. Värderna som bedöms felaktiga ska kommenteras och rensas bort så att de inte redovisas i sammanställningen i MUR.

Den från ödometerförsöken utvärderade deformationen vid förkonsolideringsspänningen ska sammanställas borrhålsvis enligt Figur 4a i SGI Information 3 (SGI, Chalmers tekniska högskola, 2007). Redovisning sker som bilaga till MUR och resultatet ska kommenteras under kapitel "värdering av undersökning" med en teori om förklaringar till avvikande provkvalitet. Observera att metoden är framtagen för normalkonsoliderad lera och vid överkonsoliderad lera behöver hänsyn tas till överkonsolideringsgraden.

Resultat från kvalificerade laboratorieresultat CRS-försök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök ska dels levereras uppritade i protokoll i pdf-format, dels levereras som värden i excel-format så att försöken kan ritas upp i senare skeden. Följande parametrar ska levereras i excel-format:

- CRS-försök: tid (s), spänning (kPa), töjning (%), portryck (kPa), tangent-modul (MPa), permeabilitet (m/s), konsolideringskoefficient (m^2/s)
- Direkt skjuvförsök: tid (s), skjuvspänning (kPa), skjuvdeformation (rad)
- Triaxialförsök: tid (s), effektiv axial spänning (kPa), axial töjning (%), effektiv radiell spänning (kPa), skjuvspänning (kPa), medelspänning/effektiv axial spänning (-), portryck (kPa). Samt även tid sedan skjuvningsfasens början för respektive datasteg. T.ex. för att kunna plotta och kontrollera den vertikala deformationshastigheten.

4.10.7 PM Geoteknik

Följande ska ingå i PM Geoteknik:

- Förord från SGI
- Valda grundparametrar samt motivering till valen
- Förkonsolideringstryck mot nivå och djup
- Portrycks- och vertikala effektivspänningsprofiler samt OCR mot nivå och djup (då detta ligger till grund för OCR-korrektion vid utvärdering av odränerad skjuvhållfasthet från ving- och CPT-sonderingar)
- Sammanställning skjuvhållfasthet inklusive vald skjuvhållfasthet
- Valda parametrar för totalsäkerhetsmetoden
- Vald portrycksprofil, se Bilaga 5
- Stabilitetsberäkningar för befintliga förhållande i samtliga sektioner:
 - o Odränerad analys, inkl. skjuvhållfasthetsfördelning
 - o Kombinerad analys, inkl. portrycksfördelning
 - o Känslighetsanalyser
 - o Eventuella åtgärdsförslag
- Avgränsningar som gjorts eller inte gjorts avseende stabiliteten i området
- Spänningsanalys med valt förkonsolideringstryck
- Utvärdering av kvicklera samtliga metoder per borrhål (enligt SGI-mall)
- Bedömd utbredning av kvicklera i plan
- Plan som visar primär respektive eventuell sekundär skredutbredning
- Bedömning av ogynnsamma och gynnsamma faktorer och valda erforderlig/a säkerhetsfaktor/er
- Åtgärdsförslag om stabiliteten ej är tillfredställande för aktuell utredningsnivå
- Eventuellt förslag på vidare utredning

En godtagbar kvalitet på PM förutsätter att beskrivningen av utredningens genomförande, ställningstaganden, beräkningar, sammanfattning och slutsatser är väl underbyggd samt utförligt och tydligt beskriven.

I PM ska endast de värden som beaktas för val av parametrar redovisas. Samtliga parameterval ska motiveras, antingen direkt i PM Geoteknik, eller som en separat bilaga.

Det ska framgå vilket delområde som representeras av respektive beräkningssektion. Det ska tydligt motiveras varför en beräkningssektion är placerad i det aktuella läget.

Erhållna kritiska och andra relevanta glidytor, exempelvis för undervattensslänter, ska redovisas som figurer i PM Geoteknik. Om glidyterna för den odränerade och den kombinerade analysen ser olika ut för samma beräkningssektion ska figurer på båda beräkningarna inkluderas i resultatkapitlet.

Vald tillväxt av porvattentryck mot djupet genom lerlagret ska motiveras och redovisas grafiskt mot uppmätta grund- och porvattentryck samt relativt vattenstånd i Göta älv.

Bedömd utbredning av kvicklera ska redovisas i plan i PM Geoteknik, samt i beräkningssektioner.

Eventuella anisotropi-funktioner som nyttjas ska beskrivas i PM Geoteknik, tillsammans med de laboratorieresultat som stödjer vald funktion. Om mer än en anisotropi-funktion nyttjas för de olika beräkningssektionerna ska aktuell funktion redovisas tillsammans med övriga indata för respektive beräkningssektion.

Ett resonemang om gynnsamma och ogynnsamma förhållanden, enligt kapitel 5 och Tabell 5.2 i SGI Vägledning 8 (SGI, 2023), ska redovisas i PM Geoteknik. Beroende av utredningsområdet storlek och homogenitet ska detta göras för hela området eller för varje delområde.

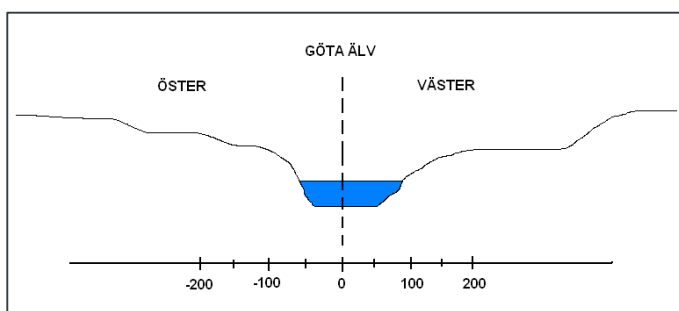
4.10.8 Ritningar

Skalor, format, namnsättning m.m. ska följa PM Dokumenthantering DGA00XST02 - PM dokumenthantering (SGI, 2023).

Nya och relevanta tidigare utförda undersökningspunkter inom relevant område ska redovisas enligt SGF/BGS Beteckningssystem version 2001:2 (SGF; Byggnadsgeologiska Sällskapet, 2001).

Erosionsskydd i inmått sektion redovisas med avseende på läge och utbredning samt fraktion. Älven redovisas med raster. Strandlinjer markeras med heldragen linje. Sektioner ska redovisas i älvens flödesriktning, det vill säga med väster mot höger på ritningen, se Figur 4.12. Samma princip gäller för biflöden.

Sidomått ska redovisas på sektioner och utgå från projektets längdmätning i älven med 0 på längdmätningsslinjen och positiva värden mot höger (väster), som i Figur 4.12. Koordinat- och höjdsystem ska anges. Längdmätning tillhandhålls av SGI och är densamma som användes inom GÄU.



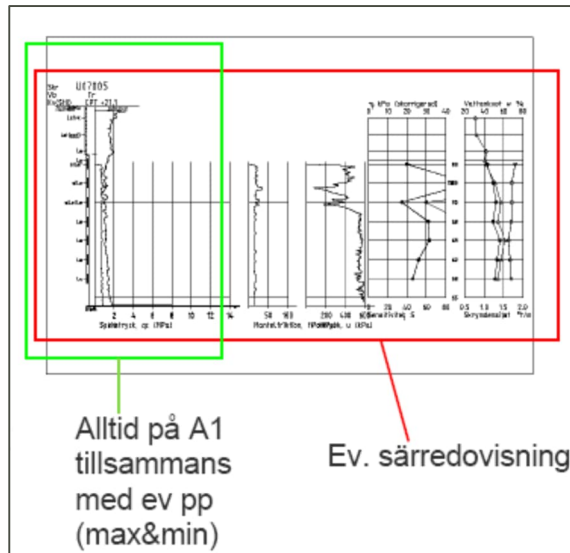
Figur 4.12 Riktning vid redovisning i sektion, med hänsyn till Göta älvs flödesriktning.

Samtliga geotekniska undersökningar i en undersökningssektion ska om möjligt redovisas i samma ritning. Vid korta sektioner och vid omfattande undersökningar kan det dock bli trångt och svåröverskådligt vid sektionsredovisningen. I dessa fall bör hänvisningspilar undvikas och särredovisning tillämpas.

Laboratorieresultat i diagram från kolvprovtagningar samt mantelfriktion och porttryck från CPTU-sonderingar kan utelämnas och redovisas separat om det blir för trångt. Den

separata redovisningen ska innehålla komplett borrhål med samtliga utförda sonderingar och provtagningar.

Provtagningsnivåer och jordartsbenämningar från kolvprovtagning respektive spetstryck från CPTU-sondering ska dock alltid framgå av sektionsritningarna, se exempel i Figur 4.13.



Figur 4.13 Exempel på CPTU-sondering, där mantelfriktion och porttryck kan särredovisas. Spetstryck redovisas alltid i sektionsriktning.

4.10.9 Beräkningar

Samtliga beräkningar ska redovisas i sin helhet i en eller flera bilagor i PM Geoteknik. Tabell 4-6 anger obligatoriska komponenter i den grafiska redovisningen av stabilitetsberäkningarna och kan användas som checklista.

I beräkningarna ska det tydligt framgå vilka trycknivåer som använts och dess variation med djupet. Detta redovisas med ekvipotentiallinjer för trycken där steget mellan varje isobar uppgår till 10 kPa. Isobarerna ska täcka hela beräkningssektionen.

Tabell 4-6 Obligatoriska komponenter för grafisk redovisning av stabilitetsberäkningar

Komponent, delkomponent	Förklaring
Jordlager	
Lagerindelning	Namngivna jordlager.
Kvicklera	Vid förekomst av kvicklera i beräkningssektion ska bedömd utbredning redovisas i beräkningen, exempelvis genom en skrafferad polygon.
Nyttjade borrhål, läge och beteckning	Om lämpligt med hänsyn till skala och läsbarhet kan geosektion i dxf-format ligga som bakgrund, annars ska borrhålen ritas in.
Vald jordmodell	För samtliga jordlager.
Materialparametrar	För samtliga jordlager.

Komponent, delkomponent	Förklaring
Anisotropi	Om anisotropi nyttjas ska det och aktuell funktion framgå samt hur den modelleras
Laster	
Placering och utbredning	Text som beskriver vad lasten avser.
Värde i kPa eller kN	Enhet ska anges.
Portryck	
Vald portrycksmodell	Vid antagande om icke hydrostatisk portrycksprofil ska använd profil framgå separat. Detta redovisas med ekvipotentiallinjer för trycken där steget mellan varje isobar uppgår till 10 kPa.
Grundvattenytans läge	
Nivå yttre vattenstånd (Göta älv)	Nivå anges i höjdsystem RH2000. Det ska anges vad vattennivån motsvarar för antagande.
Glidytor och säkerhetsfaktorer	Endast relevanta glidytor ska redovisas. Om en mycket liten glidyta inkluderas ska dess relevans kommenteras i text.
Farligaste glidyta, älvslänt	Säkerhetsfaktor anges med två decimaler.
Farligaste glidyta, undervattenslänt	Säkerhetsfaktor anges med två decimaler.
Säkerhetsfaktorernas variation - "Safety map" - variation längs x-axel	Säkerhetsfaktorernas variation längs slänten och bortom denna ska anges. Variationerna ska delas in i följande intervall: 1,1–1,3; 1,3–1,5; 1,5–2,0; 2,0–2,5 (kombinerad analys). För odränerad analys redovisas även intervallet 2,5–3,0.
Risk för bakåt- eller framåtgripande skred	Om relevanta glidytor (de inom redovisade intervall) skär genom områden med kvicklera ska den bortre skärningspunkten ritas ut. Intervall för säkerhetsfaktorn för glidytor som skär kvicklereområdet ska framgå.
Stämpel- /dokumentidentifiering	
Vald beräkningsmodell	Ex. Morgenstern-Price.
Objektnamn	
Beräkningssektion	Enligt väglinje Göta älv.
Utförd metod	Totalsäkerhetsmetoden eller partialkoefficientmetoden
Utförd analys	Odränerad eller kombinerad analys.
Datum	Format ÅÅÅÅ-MM-DD.

Komponent, delkomponent	Förklaring
Filnamn	Enligt DGA00XST02 - Anvisningar för dokumenthantering (SGI, 2023).
Skapad av	
Företag och ansvarig	
Övrigt	
Axlar; längdskala x och nivå y	Titel och enhet samt höjdsystem.
Skalstock	
Skala och format	Skala och pappersformat i modellen.
Resultatgrafer	Vid genomgång och granskning av stabilitetsberäkningar är det ofta av kvalitetsskäl väsentligt att studera vissa parametrars förändring längs glidytan. Följande parametrar ska redovisas i grafer tillsammans med stabilitetsberäkningarna:
Portryck	Graf där y-axeln utgörs av parameterns värde i angiven enhet och x-axeln motsvarar glidytans längd i meter.
Skjuvkraft	Se ovan.
Normalkraft	Se ovan.
Kohesion	Graf där y-axeln utgörs av parameterns värde i angiven enhet och x-axeln motsvarar glidytans längd i meter. Alternativt kan glidytan redovisas uppdelad i de odränerade respektive dränerade delarna.
Friktionsvinkel	Se ovan.

5. Kompletterande utredningar

Utifrån resultaten i en fördjupad utredning kan kompletterande utredningar behöva göras. De kompletterande utredningarna är exempelvis:

- projekteringsförutsättningar geoteknik,
- sannolikhetsberäkningar,
- procentuell förbättring.

I följande avsnitt beskrivs anvisningar för respektive typ av kompletterande utredning.

5.1 Projekteringsförutsättningar geoteknik

5.1.1 Omfattning

Inom ramen för en fördjupad stabilitetsutredning, där beräknad säkerhetsfaktor inte uppfyller kraven, ska åtminstone en genomförbar åtgärd kunna kontrolleras och beskrivas. Vanligtvis räcker dock inte underlaget i den fördjupade utredningen till att i detalj fastställa åtgärdens utbredning, kostnad samt omgivningspåverkan. Det är också vanligt att det är först efter val av åtgärd som det är möjligt att bedöma kompletterande utredningsbehov för att utreda och bestämma geotekniska projekteringsförutsättningar.

Vid kompletterande utredning för dimensionering av åtgärd och framtagande av projekteringsförutsättningar ska kompletterande undersökningar, beräkningar och bedömningar utföras i sådan omfattning att följande fastställs:

- Val av åtgärd
- Åtgärdens utbredning
- Omgivningspåverkan i såväl permanent- som byggskedet
- Mängder och kostnadskalkyl
- Underlag för klimatpåverkanskalkyl (SGI, 2022)
- Underlag för kontrollprogram

5.1.2 Genomförande, förutsättningar och krav

Kompletterande undersökningar

De undersökningar som utredningen behöver kompletteras med utförs enligt styrande dokument angivna i tabeller under avsnitt 4.3.2 respektive 4.4.1.

Utvärdering av parametrar

Upprättade sammanställningar av jordparametrar och portryck i den fördjupade utredningen kompletteras med nya undersökningsresultat och rensas från resultat från undersökningspunkter som inte är relevanta och ligger utanför området som berörs av åtgärden.

Beräkningar för permanentsskedet

Stabilitetsberäkningar för dimensionering av förstärkningsåtgärden utförs med totalsäkerhetsmetoden i både odränerad och kombinerad analys.

Åtgärder ska om möjligt uppfylla $F_c \geq 1,4$ och $F_{komb} \geq 1,3$ i permanentsskedet. Om omfattningen av åtgärden blir så pass stor att det inte är samhällsekonomiskt försvarbart kan eventuellt lägre säkerhetsfaktorer accepteras, se avsnitt 5.2 och 5.3.

Permanent förstärkningsåtgärd ska dimensioneras för en teknisk livslängd på 80 år, avseende klimat år 2100, om inte Beställaren anger annat. Nedströms Lilla Edet behöver hänsyn även tas till förändrade vattenstånd i ett framtida klimat vid dimensionering av erosionsskydd, lättfyllning m.m.

Om utförd känslighetsanalys visar att stabiliteten påverkas av erosion ska förstärkningsåtgärden dimensioneras för prognosticerad erosion för 2100. Erosionen kan bedömas utifrån att extrapolera differensen mellan resultat från batymetri utförd år 2018 och 2009 respektive år 2020 och 2009. Om det är möjligt att lägga ut erosionsskydd som del av åtgärden för det påverkade området (inklusive undervattenslätten) behöver ingen hänsyn tas till erosion.

Om känslighetsanalys utförd i den fördjupade utredningen visar att jordmodellen påverkas av porttryckshöjning ska prognostisering av maximala porvattentrycksnivåer utifrån referensrör från SGU tas fram med återkomsttid 100 år.

Beräkningar för byggskedet

Beräkningar utförs i sådan omfattning att det framgår vilken säkerhetsfaktor som råder under samtliga arbetsmoment i byggskedet. I beräkningar för byggskedet behöver inte hänsyn till framtida klimat tas. Beräkningsresultaten ska ligga till grund för beslut om erforderliga kontroller under byggskedet samt utgöra underlag för beslut om lämplig arbetsgång.

Om beräknad säkerhet för befintliga förhållanden underskrider kraven för permanentsskedet, får stabiliteten inte försämrats under byggskedet.

Kontrollprogram

Behovet av uppföljning och kontroll avseende geotekniska risker kan behövas för såväl permanent- som byggskedet. Vid utredning av kontrollprogram för permanentsskedet kan följande vara aktuellt att beakta:

- Sättningar hos gator, ledningar och byggnader
- Permanent grundvattenpåverkan
- Ändrade avrinningsförhållanden på grund av åtgärden som leder till erosion eller på annat sätt påverkar området eller eventuellt närliggande områden.

Vid utredning av kontrollprogram för byggskedet kan följande vara aktuellt att beakta:

- Sättningar hos gator, ledningar och byggnader
- Temporär grundvattenpåverkan
- Risk för yterrosion av öppna schaktslänter

- Markrörelser på grund av skred, massundanträngning och porttrycksökning
- Nedsatt skjuvhållfasthet i leran på grund av installation av inblandningspelare, pålar m.m.
- Andra pågående arbeten i närområdet som kan påverka stabiliteten negativt

Dels ska utredning visa vilka parametrar och förutsättningar som behöver kontrolleras dels ska lämpliga metoder, mätintervall samt larm- och gränsvärden föreslås.

Mängder och kostnadskalkyl

Förutom detaljerade beräkningar av mängder för schakt- och fyllnadsarbeten, inblandningspelare eller annan förstärkningsåtgärd ska erforderliga bygg- och transportvägar samt åtgärder för mellanlagring av massor och andra kostnadsposter förknippade med byggskedet mängdas och beskrivas.

5.1.3 Dokumentation och leverans

MUR Geoteknik

En separat MUR Geoteknik upprättas för området som kan beröras av förstärkningsåtgärden. Rapporten ska utföras enligt IEG Rapport 4:2008, rev 1 (IEG, 2008) .

Projekterings-PM Geoteknik

I projekterings-PM beskrivs det geotekniska utredningsarbetet inklusive ställningstaganden och bedömningar som lett fram till slutligt val av åtgärd samt utformning av den.

Minst följande punkter ska ingå:

- Beskrivning av, och motiv för, vald jordmodell utifrån sammanställningar.
- Beskrivning av antagna laster samt prognosticerad erosion och porttryck.
- Beskrivning av beräkningsanalysen inklusive resultaten.
- Motiv för vald åtgärd.
- Om erosionsskydd behövs ska detta beskrivas i åtgärdsförslaget.
- Redovisning av åtgärdens utbredning och omfattning.
- Mängder och kostnadsuppskattning.
- Förslag på arbetsordning vid genomförande.
- Förslag på kontrollprogram för genomförande.
- Förslag på vilka projekteringsförutsättningar avseende geoteknik som bör gälla vid projekteringen.

5.2 Procentuell förbättring

5.2.1 Omfattning

Ibland innebär åtgärden som krävs för att uppfylla $F_c \geq 1,4$ och $F_{komb} \geq 1,3$ orimligt stora ingrepp i naturvärden och/eller i befintlig markanvändning alternativt en betydligt större kostnad än vad som går att motivera samhällsekonomiskt. Då kan dimensionering av åtgärd genom beaktande av procentuell förbättring av säkerhetsfaktor enligt kapitel 5.3.2.4 i SGI Vägledning 8 (SGI, 2023), överbägas.

5.2.2 Genomförande förutsättningar och krav

Beräkningar

Stabilitetsberäkningar för dimensionering av förstärkningsåtgärden utförs med totalsäkerhetsmetoden i både odränerad och kombinerad analys.

Åtgärder ska uppfylla F_c enligt Figur 5.8 respektive F_{komb} enligt 5.9 i SGI Vägledning 8 (SGI, 2023) vad gäller totalstabilitet. Ny slänt i bakkant av avlastningsschakt respektive ny slänt i front av tryckbank ska dock alltid uppfylla $F_c \geq 1,4$ och $F_{komb} \geq 1,3$ i permanentskedet.

Permanent förstärkningsåtgärd ska dimensioneras för teknisk livslängd på 80 år, avseende klimat år 2100.

Om utförd känslighetsanalys visar att stabiliteten påverkas av erosion ska förstärkningsåtgärden dimensioneras för erosion fram till år 2100. Erosionen kan bedömas utifrån att extrapolera differensen mellan resultat från batymetri utförd år 2018 och 2009 respektive år 2020 och 2009. Som stöd kan även SGI:s erosionsprognoser studeras. Underlagen kan erhållas från SGI.

Om det är möjligt att lägga ut erosionsskydd som del av åtgärden för det påverkade området (inklusive undervattenslätten) behöver ingen hänsyn tas till erosion i dimensioneringen.

Om känslighetsanalys utförd i den fördjupade utredningen visar att jordmodellen påverkas av portryckshöjning ska prognostisering av maximala porvattentrycksnivåer utifrån referensrör från SGU tas fram med återkomsttid 100 år.

5.2.3 Dokumentation och leverans

I Projekterings-PM beskrivs det geotekniska utredningsarbetet inklusive ställningstaganden och bedömningar som lett fram till slutligt val av åtgärd med hänsyn till procentuell förbättring av säkerhetsfaktorn, samt utformning av åtgärden.

Redovisning görs i Projekterings-PM enligt 5.1.3.

5.3 Brottssannolikhet

5.3.1 Generell beskrivning

Stabilitetsberäkningar utförs enligt totalsäkerhetsmetoden dels med åtgärder som uppfyller kraven för befintlig bebyggelse och anläggning, enligt tidigare avsnitt i föreliggande anvisningar, dels med åtgärder enligt procentuell förbättring enligt avsnitt 5.2. Utifrån dessa stabilitetsberäkningar utförs därefter beräkningar av brottssannolikhet och sannolikhetsklass före och efter åtgärd enligt följande styrdokument:

- Metodik för sannolikhetsberäkningar avseende detaljerad/fördjupad geoteknisk utredningsnivå inom ramen för Delegationen för Göta älv, v 2.0 daterad 2023-04-21. SGI diariennr 6.2-1808-0485. (Lindvall & Jönsson, 2023)
- SGI Vägledning 8, Utredning av släntstabilitet, Linköping, 2023. (SGI, 2023)

Sannolikhetsberäkningarna utförs med punktskattningsmetoden (PEM) enligt SGI:s Metodik (2021) och arbetsgången är i princip enligt nedan:

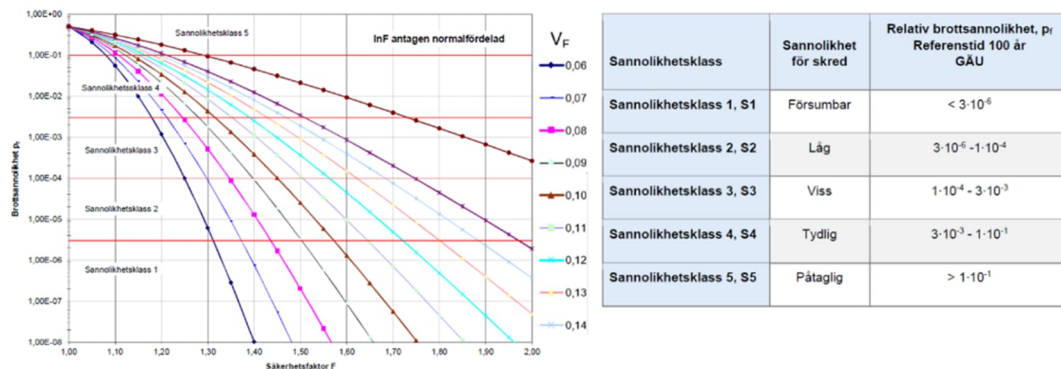
1. Val av representativa sektioner där beräknad säkerhetsfaktor är för låg jämfört med ställda krav.
2. Val av styrande analys för respektive sektion.
3. Analys av stokastiska parametrar för respektive sektion och analys inkl. utvärdering av variationskoefficienter och val av variansreduktion för den odränerade skjuvhållfastheten.
4. Stabilitetsberäkningar med punktskattningsmetoden (PEM-beräkning).
5. Beräkning av brottssannolikheten (inkl. modellosäkerhet).
6. Utvärdering av sannolikhetsklass.

Inledningsvis utförs steg 1-6 enligt ovan för befintliga stabilitetsförhållanden och vid behov utförs beräkningarna i steg 4-6 därefter för respektive åtgärdsförslag.

Sannolikhetsklassen utvärderas från diagram och tabell i Figur 5.1. Sannolikhetsklass för befintliga förhållanden bedöms tillsammans med konsekvens och samhällsnytta, men bör generellt minst uppgå till sannolikhetsklass S3. Stabilitetskraven för nybyggnation innebär generellt att sannolikhetsklass S2 eller lägre ska uppnås.

Efter stabilitetsförbättrande åtgärd för en befintlig slänt bör brottssannolikheten för skred vara avsevärt mycket lägre än för befintliga förhållanden, och sannolikhetsklassen lägre. Vid mycket låga befintliga säkerhetsfaktorer innebär dock ett krav på en specifik sannolikhetsklass efter åtgärd att mycket omfattande stabilitetsförbättrande åtgärder kan komma att erfordras, vilket av andra skäl (t ex samhällsekonomiskt och miljömässigt) inte alltid är försvarbart.

Alternativet är att basera åtgärdsförslaget på beräknad brottssannolikhet och en bedömning av hur många gånger stabiliteten behöver förbättras, dvs sänkning av brottssannolikheten, istället för att uppnå en specifik sannolikhetsklass.



Figur 5.1 Samband mellan säkerhetsfaktor (medelvärde) och brottsannolikhet med hänsyn till variationskoefficienten på säkerhetsfaktorn (t.v) samt beskrivning av indelningen av de olika sannolikhetsklasserna (t.h) (Lindvall & Jönsson, 2023)

SGI tillhandahåller följande underlag:

- Metodik på sannolikhetsberäkningar v2.0, (Lindvall & Jönsson, 2023)
- Kalkylark i Excel för utvärdering av brottsannolikheten med hjälp av punktskattningsmetoden (PEM)
- Diagram i Excel för utvärdering av sannolikhetsklass
- PM Redovisning av sannolikhetsberäkningar, exempel

5.3.2 Dokumentation och leverans

I PM Sannolikhetsberäkningar beskrivs det geotekniska utredningsarbetet inklusive ställningstaganden och bedömningar samt analys av åtgärdsbehov.

SGI tillhandahåller en PM som kan användas som förlaga.

Förslagsvis används följande rubriker:

1. Uppdrag
2. Metod
3. Områdesbeskrivning - förutsättningar
 - 3.1 Geografi och markanvändning
 - 3.2 Topografi
 - 3.3 Stabilitetsförhållanden
4. Val av sektioner och styrande analys
5. Materialparametrar
6. Beräkningar
 - 6.1 Sammanställning av sannolikhetsberäkningar
7. Analys av åtgärdsbehov
8. Sammanfattning

Till **PM Sannolikhetsberäkningar** ska följande levereras i bilagor:

- Odränerad skjuvhållfasthet, valda värden och spridningsmått
- Tunghet, valda värden och spridningsmått
- Indata till PEM-beräkning (xls, pdf)
- Stabilitetsberäkningar för befintliga förhållanden samt efter åtgärd, med medelvärde för samtliga parametrar (Slope, pdf)
- PEM-beräkningar för befintliga förhållanden och efter åtgärd, resultat (xls, pdf)
- Eventuellt resultat från Bayesiansk statistik

Referenser

- Alén, C., Bengtsson, P.-E., Berggren, B., Johansson, L., & Johansson, Å. (2000). *Skredriskanalys i Göta älvdalen - Metodbeskrivning*. Linköping: Statens geotekniska institut. SGI Rapport 58.
- Baecher, G., & Christian, J. (2003). *Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Falemo, S. (2012). *Parametrarnas betydelse för brottsannolikheten i Göta älvdalen*. Linköping.: Statensgeotekniska institut, Varia 639.
- Gyllenram, W. (2020). *Kontroll av framtagna vattenstånd Göta älv*. Norrköping: SMHI.
- Harr, M. (1987). *Reliability Based Design in Civil Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- IEG. (2008). *Rapport 4:2008 Tillämpningsdokument Dokumenthantering*. Stockholm: Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik.
- IEG. (2008). *Rapport 6:2008, Rev 1 Tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och bankar*. Stockholm: IEG.
- IEG. (2008). *Tillämpningsdokument, EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och bankar*. Stockholm: Implementeringskommissionen för Europastandarder inom Geoteknik, Rapport 6:2008, Rev 1.
- IEG. (2010). *IEG Rapport 10:2010 EN 1997-2, Dimensionering av geokonstruktioner - Del 2: marktekniska undersökningar*. Stockholm: Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik.
- IEG. (2010). *Rapport 4:2010 Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befinlig bebyggelse och anläggningar*. Stockholm: IEG.
- Lindvall, R., & Jönsson, Å. (2023). *Metodik för sannolikhetsberäkningar, avseende detaljerad/fördjupad geoteknisk utredningsnivå inom ramen för Delegationen för Göta älv, v2.0.* . Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGF. (2006). *Rapport 2:2006 Metodbeskrivning för installation av inklinmeterrör*. Stockholm: Svenska Geotekniska Föreningen.
- SGF. (2007). *SGF Notat*. Hämtat från www.sgf.net:
<http://www.sgf.net/web/page.aspx?refid=2677>
- SGF. (2009). *Rapport 1:2009, Metodbeskrivning för provtagning med standardkolvprovtagare. - Ostörd provtagning i finkorning jord*. Stockholm: Svenska Geotekniska Föreningen.

- SGF. (2012). *SGF Rapport 4:2012 Metodbeskrivning för Jb-sondering*. Svenska geotekniska föreningen.
- SGF. (2013). *Rapport 1:2013, Geoteknisk fälthandbok*. Göteborg: Svenska Geotekniska Föreningen.
- SGF. (2013). *Rapport 2:2013 Fälthandbok för orendade områden*. Göteborg: Svenska Geotekniska Föreningen.
- SGF. (2017). *SGF Rapport 1:2017 Metodik för bestämning av skjuvhållfasthet i lera*. Linköping: Svenska Geotekniska Föreningen.
- SGF. (2020). *Rapport 2:2020 - Osäkerheter vid bestämning av organisk halt i jord*. Linköping: Svenska geotekniska föreningen.
- SGF; Byggnadsgeologiska Sällskapet. (2001). *Beteckningssystem för geotekniska utredningar, version 2001:2*. Svenska Geotekniska Föreningen; Byggnadsgeologiska Sällskapet.
- SGI. (2012). *GÄU Delrapport 32 Hantering av kvicklereförekomst vid stabilitetsbedömning för Göta älv - Riktlinjer*. Göteborg: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2012). *Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat. Slutrapport del 2 - Kartläggning*. Göteborg: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2012). *Varia 637 Sampling in sensitive clay*. Linköping: SGI.
- SGI. (2012). *Varia 638 Modifiering av metoder använda inom Göta älvutredningen*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2015). *Skredrisker i ett förändrat klimat – Norsälven. Del 2: Metod för kartläggning*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2017). *Skredrisker i ett förändrat klimat – Sävveån. Del 2: Metodik för kartläggning*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2018). *SGI Publikation 46 Metodik för kartläggning av kvicklera*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2022). *Klimatpåverkansberäkningar för stabilitetshöjande åtgärder, Version 1.0, Krav på resultatredovisning av åtgärder längs Göta älv*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2022). *Skredrisker i ett förändrat klimat - Ångermanälven. Del 2: Metodik och analys*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2023). *DGA00XST02 Anvisningar dokumenthantering. DGA00XST02 Anvisningar dokumenthantering*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2023). *Skredriskkartering i lerjord, Beskrivning av metodik och vägledning för genomförande. SGI Vägledning 6*. Linköping: Statens geotekniska institut.

- SGI. (2023). *Utredning av släntstabilitet, Utgåva 1, SGI Vägledning 8*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI, Chalmers tekniska högskola. (2007). *Information 3 Skjuvhållfasthet - utvärdering i kohesionsjord*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SIS. (2023). *S-EN ISO 22476-1:2023, Geoteknisk undersökning och provning - Fältprovning - Del 1: Spetstrycksondering med elektrisk spets, CPT och CPTU (ISO 22476-1:2012)*. Swedish Standard Institute.
- Sjöfartsverket. (den 11 04 2019). *sjofartsverket.se/*. Hämtat från <http://www.sjofartsverket.se/sv/Sjofart/Lotsning/Lotsomraden/Vanerns-sjotrafikomrade/Broar--slussar/>
- Svensson, C., & Sällfors, G. (1985). *Beräkning av dimensionerande grundvattentryck*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola Geohydrologiska forskningsgruppen.
- Sällfors, G. (1990). *Punktskattningsmetoden. En statistisk metod användbar på geotekniska problem*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 89.
- Trafikverket. (2017). *Bestämningar av odränerad skjuvhållfasthet med specialiserade metoder i praktiska tillämpningar Delrapport 4*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (2022). *TRVINFRA-00230 Krav Geokonstruktion, Dimensionering och utformning*. Borlänge: Trafikverket.
- Vägverket - VBg; SGI. (1990). *Info 11 Mätning av grundvattennivå och portryck*. Linköping: Statens geotekniska institut.



**STATENS
GEOTEKNISKA
INSTITUT**

Statens geotekniska institut

581 93 Linköping

www.sgi.se

E post: sgi@sgi.se

Växel: 013-20 18 00