

STENARSRÖD - HÅLLERÖD (18000V)

18000VRA01, SGI – DELEGATIONEN FÖR GÖTA ÄLV
MARKTEKNISK UNDERSÖKNINGSRAPPORT, GEOTEKNIK
(MUR/GEO)

2024-05-31



STENARSRÖD - HÅLLERÖD (18000V)

18000VRA01, SGI – Delegationen för Göta älv

Markteknisk undersökningsrapport, Geoteknik (MUR/Geo)

Uppdragsnamn	SGI Stabilitetsutredning Stenarsröd - Hålleröd, Göta älv
Plats	Stenarsröd - Hålleröd, Lilla Edets kommun, Göta älvs västra sida (18000V)
Uppdragsnummer	10358704
SGI:s uppdragsnummer	10326
SGI:s diarienummer	6.2-2207-0748
Dokumentets littera	18000VRA01
Författare	Naomi Licudi
Datum	2024-05-31
Ändringsdatum	
Uppdragledare	Malin Sundsten
Granskad/godkänd av	Malin Sundsten/Ola Skepp

KUND

Statens geotekniska institut

KONSULT

WSP

Box 13033
412 50 Göteborg
Besök: Ullevigatan 19
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

ÄNDRINGSFÖRTECKNING

Version: [A, ÅÅÅÅ-MM-DD]

Ändringen avser:

Förord från SGI

Risken för skred längs Göta älv är stor och ökar i och med klimatförändringarna. Regeringen har gett Statens geotekniska institut (SGI) uppdraget att arbeta för att minska risken för ras och skred. Arbetet görs tillsammans med Delegation för Göta älv där representanter från berörda kommuner, myndigheter och organisationer ingår. Delegationen har ett sekretariat på SGI som bistår i administrativa och tekniska frågor.

År 2009–2011 gjordes en översiktlig utredning av skredrisken längs Göta älv. Denna utredning, kallad Göta älvutredningen, pekar ut områden i behov av vidare utredning och utgör ett stöd till bland annat kommuner vid prioritering av områden att arbeta vidare med. Utifrån den översiktliga utredningen går SGI vidare och utför detaljerade och fördjupade stabilitetsutredningar i utvalda områden med hög- eller medelhög skredrisk.

Stabilitetsutredningarna görs av geotekniska konsulter under ledning av SGI. I uppdragen ingår bland annat att presentera en bedömning av skjuvhållfastheten och att ge förslag på lämpliga stabilitetshöjande åtgärder. Utredningsresultaten ligger till grund för SGI:s fortsatta arbete med analys och beräkning av sannolikhet för skred samt för planering av eventuella stabilitetshöjande åtgärder. Allt i syfte att på sikt minska risken för skred i Göta älvdalen.

Statens geotekniska institut, Sekretariatet för Göta älv

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 ALLMÄNT	6
1.1 UPPDRAG	6
1.2 UNDERLAG FÖR UNDERSÖKNING OCH REDOVISNING	6
1.3 STYRANDE DOKUMENT	7
2 ARKIVMATERIAL	8
3 ÖVERSIKT BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN	9
3.1 OMRÅDESBESKRIVNING	9
3.2 TOPOGRAFI, YTBESKAFFENHET OCH MARKANVÄNDNING	10
3.3 BEFINTLIGA LEDNINGAR OCH KONSTRUKTIONER	10
4 MARKTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR	12
4.1 POSITIONERING	12
4.2 GEOTEKNIK	12
4.2.1 Geotekniska fältundersökningar	12
4.2.2 Geotekniska laboratorieundersökningar	14
4.3 HYDROGEOLOGI	14
4.3.1 Grundvattenrör	14
4.3.2 Installation för porttrycksmätning	14
4.3.3 Porttrycksmätningar	15
5 HÄRLEDDA VÄRDEN	16
5.1 HÅLLFASTHETSEGENSKAPER	16
5.2 DEFORMATIONSEGENSKAPER	16
5.3 GRUNDPARAMETRAR	16
5.4 HYDROGEOLOGISKA EGENSKAPER	16
6 VÄRDERING AV UNDERSÖKNING	17
6.1 FÄLTUNDERSÖKNINGAR	17
6.2 LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR	17
6.3 PORTRYCKSMÄTNINGAR	18
7 REDOVISNING	18

BILAGOR

Beteckning	Titel	Sidor antal
Bilaga 1	Försöksrapport Fält	148
Bilaga 2	Fältrapport Geofysik	14
Bilaga 3	Laboratorierapport	297
Bilaga 4	Portrycksdiagram	10
Bilaga 5	Utvärderade CPT-sonderingar (Conrad)	189
Bilaga 6	Härledda värden	54

RITNINGAR

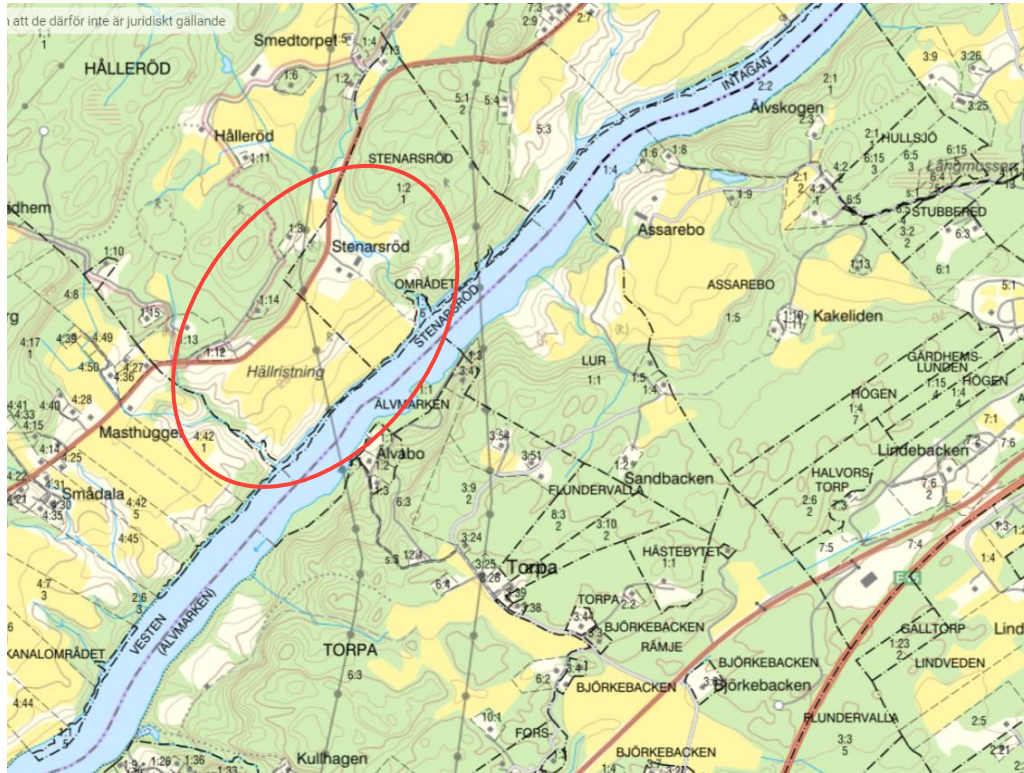
Ritningsnummer	Typ	Skala	Format
G-10-1-001- G-10-1-002	Planritningar	1:1000	A1
G-10-2-001- G-10-2-014	Sektionsritningar	1:200	A1
G-10-6-001- G-10-6-008	Borrpunkt 23WS01- 23WS29	1:100	A1

1 ALLMÄNT

1.1 UPPDRAG

WSP har på uppdrag av SGI, Statens geotekniska institut, utfört geotekniska undersökningar inom ramen för en fördjupad stabilitetsutredning för delområdet Stenarsröd-Hålleröd (18000V) på Göta Älvs västra sida, i Lilla Edets kommun, se Figur 1-1.

Syftet med undersökningarna är att utöka och fördjupa det geotekniska underlaget för bestämning av de geotekniska förutsättningarna som underlag för en fördjupad stabilitetsutredning.



Figur 1-1: Översiktskarta med aktuellt undersökningsområde markerat. (Källa: Lantmäteriet, öppen data).

1.2 UNDERLAG FÖR UNDERSÖKNING OCH REDOVISNING

Som underlag för planering av den geotekniska undersökningen har nedanstående underlagsmaterial nyttjats. Aktuellt koordinatsystem är SWEREF 99 TM och höjdsystem RH 2000.

- SGU:s jordartskarta (www.sgu.se).
- Batymetri från sjömätning Göta Älv 2018 (Clinton). TIF/XYZ, 1 m grid, SWEREF 99 TM, RH 2000.
- Batymetri från sjömätning Göta Älv 2020 (IMM). TIF/XYZ, 1 m grid, SWEREF 99 TM, RH 2000.
- Fastighetskartor från SGI, mottaget 2023-06-27.
- Höjddata från Lantmäteriet, 2022-08-31.
- GIS-material från SGI, mottaget 2023-06-27.
 - Längdmätning Göta älv

- Områdesgränser för utredningsområdet
- Differensanalys av Göta älvs bottennivå från SGI, 2009–2020.
- Ytgeologisk tolkning av Göta älvs botten från SGI, 2020.

1.3 STYRANDE DOKUMENT

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga. För standarder se Tabell 1-1, Tabell 1-2, Tabell 1-3, Tabell 1-4 och Tabell 1-5.

Tabell 1-1. Planering och redovisning

Skede	Standard eller annat styrande dokument
Fältplanering	SS-EN 1997-2 och SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok
Fältutförande	SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok och SS-EN-ISO 22475-1
Beteckningssystem	SGF/BGS beteckningssystem version 2001:2 och SGF kompletterat beteckningsblad 2016-11-01, SS-EN 14688-1 med tillägg SS-EN ISO 14688- 1/A1:2013

Tabell 1-2. Fältundersökningar – sondering, in-situ och provtagningar

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Spetstrycksondering (CPT)	SS-EN ISO 22476-1:2012, SGI Information 15; CPT-Sondering och SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok
Trycksondering Mekanisk (TrM)	SGF Metodblad TrM (090127) och SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok
Tung slagsondering (Slb)	SGF Metodblad SlbT (061001) och SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok
Vingförsök (Vb)	SGF Rapport 2:93; Rekommenderad standard för vingförsök i fält och SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok
Skruvprovtagning (Skr)	SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok
Kolvprovtagning (Kv St II)	SGF Rapport 1:2009; Metodbeskrivning för prov- tagning med standardprovtagare och SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok
Jord-bergsondering (Jb)	SGF Rapport 4:2012; Metodbeskrivning för jord- Bergsondering och SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok
GW-observationer i bh, Hydrogeologiska metoder	SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok, SGI Information 11 Mätning av grundvattennivå och portryck

Tabell 1-3. Laboratorieundersökningar

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Jordartsbeskrivning	SS-EN/ISO 14688-1 och SS-EN/ISO 14688-2
Skrymdensitet	SS 02 71 14, utgåva 2
Naturlig vattenkvot	SS 02 71 16, utgåva 3
Konflytgräns	SS 02 71 20, utgåva 2
Konförsök (skjuvhållfasthet)	SS 02 71 25, utgåva 1 (avvikelse: lägsta konintrycket för 100 g konen är 7 mm enligt SGF:s laboratorkommittés rekommendationer)
CRS-försök	SS 02 71 26, utgåva 1
Triaxialförsök	SIS-CEN ISO/TS 17892-9:2005
Direkt skjuvförsök	SS 02 71 27, utgåva 1

Tabell 1-4. Hydrogeologiska undersökningar

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Installation för grundvattenmätning	SS-EN-ISO 22475-1, SS-EN 1997-2 och SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok
Funktionskontroll av grundvattenrör/porttrycksmätare	SS-EN-ISO 22475-1, SS-EN 1997-2 och SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok
Avläsning av grundvattennivå/porttryck	SS-EN-ISO 22475-1, SS-EN 1997-2 och SGF Rapport 1:2013; Geoteknisk fälthandbok

Tabell 1-5. Styrdokument

Dokument	Standard eller annat styrande dokument
Tekniskt arbete	DGA00XST01 Riktlinjer för tekniskt arbete, version 7.0 (dnr: 6.2-2301-0121)
Dokumentering	DGA00XST02 Riktlinjer för dokumenthantering, version 6.0 (dnr: 6.2-2301-0122)

2 ARKIVMATERIAL

Inom och i nära anslutning till aktuellt område har geotekniska undersökningar och utredningar utförts tidigare. Läget på tidigare utförda undersökningspunkter redovisas tillsammans med undersökningar utförda i samband med denna utredning på planritningar G-10-1-001 och G-10-1-002. För fullständig redovisning av undersökningarna hänvisas till nedanstående utredningar/handlingar.

- Göta älvutredningen, GÄU: Delområde 11, Delsträckorna Intagan-Ström samt Intagan-Lilla Edet (delområdena 5 och 7 på land). Försöksrapport/Fält 11RA004, SGI, 2010-12-10 (uppdragsnr 14098, Dnr 6-1001-0040). Borrhåls-ID U11XXX.
- Nordvästra Göta älv, Översiktlig stabilitetsutredning, Delrapport, SGI, 2010-12-22 (uppdragsnr 10109). Borrhåls-ID NV000XX.
- Göta älvutredningen, GÄU: Delområde 5, Intagan – Ström, Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik, SGI, daterad 2011-08-31 (uppdragsnr 14085). Borrhåls-ID U05XXX.

- Göta älvtutredningen, GÄU: Delområde 5, Intagan – Ström, Tekniskt PM Geoteknik, Stabilitetsberäkningar, SGI, daterad 2012-12-20 (uppdragsnr 14085).
- Fördjupad stabilitetsutredning, Smådala, Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik, WSP, daterad 2020-03-13 (uppdragsnr 10289153). Borrhåls ID 19WS51 – 19WS82.
- Fördjupad stabilitetsutredning, Smådala, PM Geoteknik, WSP, daterad 2020-03-13 (uppdragsnr 10289153).
- Fördjupad stabilitetsutredning, Intagan Lilla Edet, Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik, WSP, daterad 2020-05-11(uppdragsnr 19040304). Borrhåls ID 19WS01 – 19WS19.
- Fördjupad stabilitetsutredning, Intagan Lilla Edet. Geoteknisk PM, WSP, daterad 2020-05-12 (uppdragsnr 19040304)

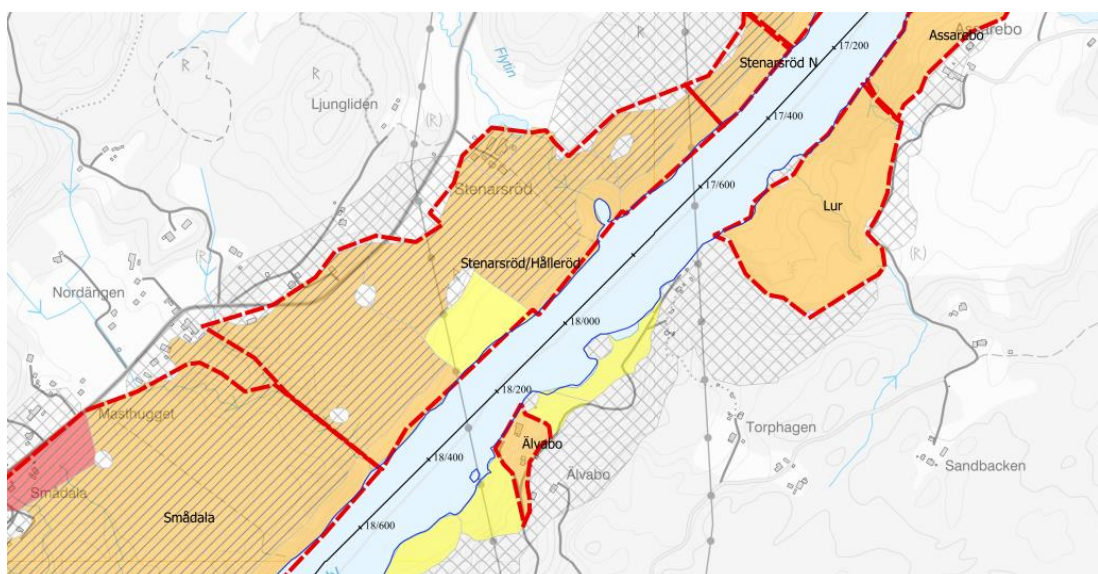
3 ÖVERSIKT BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN

3.1 OMRÅDESBESKRIVNING

Utredningsområdet Stenarsröd - Hålleröd är beläget ca 9 km sydväst om Trollhättan och ligger längs Göta älvs västra sida, se Figur 3-1.

Utredningsområdet sträcker sig ca 1000 m längs Göta älvs västra sida. Området ligger i Lilla Edets kommun. Området är ca 130 m brett i den norra delen och ca 400 m brett i söder. I nordöst gränsar området till Stenarsröd N, och norr om detta område ligger Intagan. I väster avgränsas området av Edsvägen och i sydväst ligger område Smådala. Göta älv löper längs områdets östra kant. Inom området finns två raviner, en i söder som gränsar mot Smådala och en bäckravin i norr, strax nordost om befintlig gård. Gården utgörs av ett bostadshus och komplementbyggnader. Längs älvstranden och sidoravinerna växer buskar och träd.

Stränderna längs Göta älv är strandskyddade 100 m från strandlinjen. Hela utredningsområdet är ett riksintresse för naturvård och friluftsliv. I Stenarsröd finns fornlämning i form av hållristningar på en centralt belägen berghäll. I direkt anslutning till gården finns det en fyndplats och även gården är en möjlig fornlämning.



Figur 3-1: Översiktskarta med undersökningsområdet markerat med röd streckad linje. Rödmarkerade områden indikerar hög skredrisk, orange medel och gul låg enligt tidigare utförd Göta älvtutredning.

3.2 TOPOGRAFI, YTBESKAFFENHET OCH MARKANVÄNDNING

Området Stenarsröd-Hålleröd utgörs främst av åkermark med inslag av buskar och träd längs raviner samt vid älven. Det finns två sidoraviner, som meandrar sig genom området och mynnar ut i Göta älv. Mindre partier med berg-i-dagen förekommer inom området.

Edsvägen, i den norra delen av området, ligger på nivån ca +35 i väster och ca +40 i öster. Göta älvs och sidoravinernas strandkant ligger generellt på nivån ca +10-+12.

I den södra delen sluttar marken brant ner mot bäcken i sidoravinen, med en lutning på ca 1:3 och i några delar uppemot 1:2.

Mot älven har marken en lutning på ca 1:10, men brantare partier förekommer nära den södra ravinen. Slänterna närmast älven har generellt en lutning på ca 1:2.

Norr om gården och den norra sidoravinen finns det ett område som är bevuxet av träd och buskar. Slänterna mot älven har där en lutning på ca 1:3.

Medelvattennivån (MW) i Göta älv ligger på ca +7,2. I den västra delen av området finns en undervattenshylla som ligger på nivån ca +5. Göta älvs botten ligger som djupast på nivån -5 till -10 på ett avstånd av ca 50-80 m från strandkanten. Lutningen på undervattenslänten längs med området är mycket brant, framförallt i den östra delen där lutningen lokalt är ca 1:1 eller ännu brantare.

Det finns tecken på att det har skett ett flertal jordskred i området, både mot älven och mot den södra ravinen, se Figur 3-2.



Figur 3-2: Tidigare skred inom aktuellt område syns i form av en utbredd svacka i terrängen. Den trädkantade södra sidoravinen syns till vänster i bilden. Fotoriktning mot sydväst (datum 2023-08-23).

3.3 BEFINTLIGA LEDNINGAR OCH KONSTRUKTIONER

Det finns en luftburen ledningen som står på stolpar och korsar området. Det finns två avvecklade teleledningar i marken som går genom åkern.

Längs Göta älvs strandlinje finns ett erosionsskydd i form av en sprängstensvall, se Figur 3-3. Utöver erosionsskyddet har ingen information om utförda förstärkningsåtgärder inom området framkommit.

Gården i norr omfattar ett flertal byggnader, med okänd grundläggning. I söder finns en enklare carport för flera fordon och en asfalterad parkeringsyta nära vägen.

Fackverksstolparna som bär upp luftledningen som korsar området står på det centralt belägna bergspartiet, se Figur 3-4.



Figur 3-3: Sprängstensvall längs Göta älvs strandlinje. Foto taget 2023-04-27, i samband med SGI:s besiktningsresa med båt.



Figur 3-4: Fackverksstolparna för luftledningen som korsar området står på berg. Göta älv skymtar i bakgrunden. Foto taget 2023-08-24, fotoriktning mot nordost.

4 MARKTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

4.1 POSITIONERING

Framtagning av borrhprogram och koordinater av undersökningspunkter har utförts digitalt av WSP (Naomi Licudi) efter kartmaterial. Inmätning gjordes i samband med fältundersökning (utförd punkt) och utfördes av WSP:s fältpersonal. Inmätning motsvarar mätningsklass A.

Punkternas positioner redovisas i Försöksrapport Fält, se Bilaga 1. Redovisningen är utförd i koordinatsystemet SWEREF 99 TM och höjdsystemet RH 2000.

4.2 GEOTEKNIK

4.2.1 Geotekniska fältundersökningar

Geotekniska fältundersökningar har utförts mellan 2023-09-12 och 2023-11-09 av fältpersonal från WSP. Borrhbandvagnar har använts för sondering och provtagning.

Fältundersökningarna har utförts enligt metodstandarder enligt kapitel 1.3. Fältprotokoll inklusive kalibreringsprotokoll finns redovisade i Försöksrapport Fält, Bilaga 1.

Geofysiska fältundersökningar utfördes av Impakt Geofysik mellan 2023-10-12 och 2023-10-16. Undersökningen redovisas i Fältrapport geofysik, Bilaga 2.

Kartering av berg i den norra ravinen utfördes av Emil Øbro och Walter Gabrijelcic 2024-03-01.

Utförda sonderingar, in situ-försök och provtagningar

Undersökningen är utförd i 31 stycken punkter, omfattning och typ av metoder redovisas i Tabell 4-1 nedan.

Tabell 4-1. Utförda geotekniska fältundersökningar

Sondering/Provtagning	Antal	Typ/Anmärkning
Trycksondering (Tr)	31	
Spetstrycksondering (CPTu-R)	25	Med resistivitetsmätare
Skruprovtagning (Skr)	30	Antal nivåer: 99
Vingförsök	14	Antal nivåer: 68
Kolvprovtagning	16	Antal nivåer: 123
Slagsondering (Slb)	2	
Jordbergsondering (Jb2)	1	
Geofysik – resistivitet	400 m	
Geofysik - refraktionsseismik	205 m	

Utförda geotekniska fältundersökningar redovisas i Försöksrapport Fält, Bilaga 1 och utförda geofysiska undersökningar redovisas i Fältrapport Geofysik, Bilaga 2.

Kalibrering och certifiering

Kalibreringsprotokoll finns redovisade i Försöksrapport Fält, Bilaga 1.

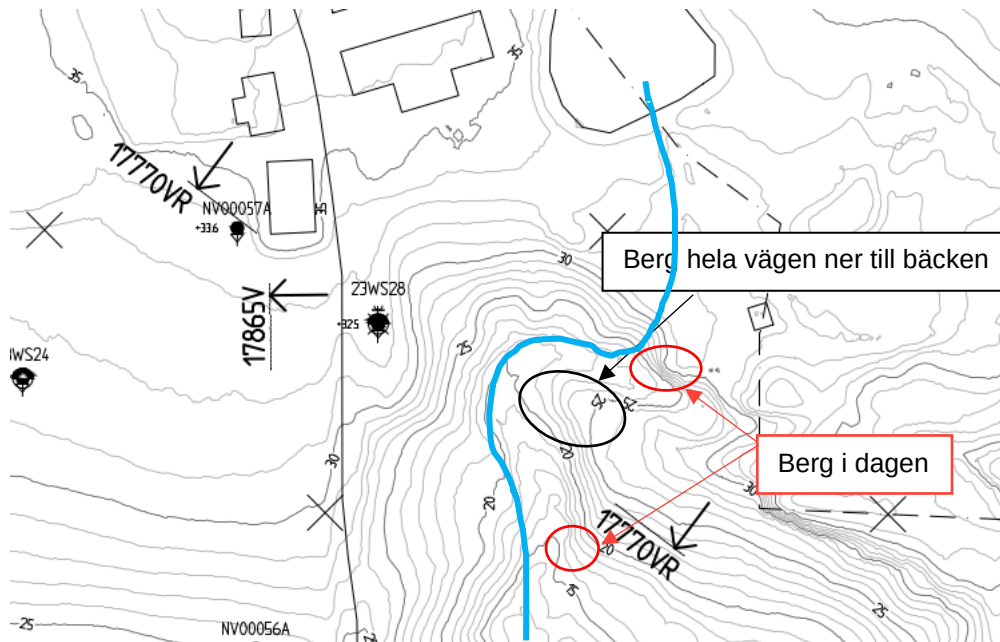
Provhantering

Störda prover har tagits upp med skruprovtagare och jordartsklassificering utfördes okulärt direkt i fält vid upptagningen.

Ostörda prover från kolvprovtagning har direkt efter upptagning placerats/förvarats i låda avsedd för kolvprovttuber. Lådan med provttuber transporterades efter fältdagens slut med bil till laboratoriet.

4.2.2 Kartering av berg i den norra ravinen

På grund av oländig terräng i den norra ravinen och brist på information gällande jorddjup i botten av ravinen, har en kartering av berg utförts i detta område. Berg i dagen finns i området, se Figur 4-1. Det finns rikligt med ytliga block i nära anslutning och i bäcken, se Figur 4-2.



Figur 4-1: Kartering av berg i den norra ravinen.



Figur 4-2: Bäcken vid den norra ravinen

4.2.3 Geotekniska laboratorieundersökningar

WSP Geolab i Göteborg har under perioden 2023-09-19 till 2024-01-23 utfört geotekniska laboratorieundersökningar för rubricerat projekt.

Laboratorieundersökningarna utfördes av Karina Stjärne, Alma Zerem Hrvat, Abdirahman Hassan och Gustav Ländström.

Resultat från utförda laboratorieundersökningar redovisas i Laboratorierapport Bilaga 3.

Utförda undersökningar

Laboratorieundersökningarnas omfattning är sammanställd i Tabell 4-2.

Tabell 4-2. Sammanställning av utförda laboratorieundersökningar

Undersökningsmetod	Antal	Typ/Anmärkning
Rutinförsök	123	
CRS-försök	75	
Direkta skjuvförsök, odränerade	57	
Triaxialförsök, aktiva, odränerade	11	
Triaxialförsök, aktiva, dränerade	3	Under utförande

Provförvaring

Jordproverna har efter mottagande förvarats i kylrum. Proverna sparas i 6 månader efter utförd rutinundersökning.

4.3 HYDROGEOLOGI

4.3.1 Grundvattenrör

Fem grundvattenrör har installerats i det undre magasinet inom området, se Tabell 4-3. Protokoll redovisas i Försöksrapport Fält, Bilaga 1.

4.3.2 Installation för porttrycksmätning

I samband med de geotekniska fältundersökningarna installerades 21 st BAT porttrycksmätare fördelat på 9 porttrycksstationer samt en Geotech elektrisk PVT-mätare med minne i 8 av dessa stationer. Dessa installationer nyttjades i uppdraget för mätning och uppföljning av porttryck inom området, se Tabell 4-3. Lufttrycksdata från en loggande lufttrycksmätare vid slussarna i Lilla Edet har använts för korrigering av uppmätt porttryck. Information om installerade porttrycksspetsar redovisas i Försöksrapport Fält, Bilaga 1.

Tabell 4-3. Utförda hydrogeologiska undersökningar, metod och antal undersökningspunkter

Metod	Antal punkter/djup
Grundvattenrör	Totalt 5 (5 nivåer) 23WS06: 11,2 m djup 23WS25: 15,8 m djup 23WS27: 15,55 m djup 23WS28: 11 m djup 23WS29: 17,4 m djup
Portrycksstation. BAT-mätare (galvade rör)	Totalt 9 (22 nivåer); 23WS04: 5 m djup. 23WS06: 4, 8 och 8,5 m djup 23WS07: 5 m djup 23WS14: 5, 10 och 15 m djup 23WS19: 5, 10 och 15 m djup 23WS25: 5, 10 och 13 m djup 23WS27: 5, 10 och 15 m djup 23WS28: 4 och 8 m djup 23WS29: 5, 10 och 15 m djup
Elektrisk PVT-mätare (obehandlade entumrör)	Totalt 8 (8 nivåer) 23WS04: 5 m djup 23WS06: 8 m djup 23WS14: 10 m djup 23WS19: 15 m djup 23WS25: 5 m djup 23WS27: 5 m djup 23WS28: 3 m djup 23WS29: 10 m djup

4.3.3 Portrycksmätningar

De elektriska portrycksmätarna programmerades till att logga portrycket två gånger per dygn.

Mellan 2023-09-26 och 2024-01-12 inhämtades portryckdata från portrycksstationerna. Även data från lufttrycksmätaren hämtades och uppmätt portryck från de elektriska PVT-mätarna korrigerades mot aktuellt lufttryck. I Bilaga 4 redovisas diagram för portrycksdata under aktuell period.

Inom området har tidigare portrycksmätningar utförts, vilka också har nyttjats inom aktuellt uppdrag.

5 HÄRLEDDA VÄRDEN

Utvärdering av härledda värden har baserats på tidigare och nu utförda undersökningar. Sonderingar och laboratorieundersökningar har sammanställts mot nivå och djup.

Sammanställningen av de härledda värdena finns i Bilaga 6, och i legenden framgår aktuell komposition av redovisade borrhöjningar.

5.1 HÅLLFASTHETSEGENSKAPER

Härledda värden för hållfasthetsegenskaper avseende odränerad skjuvhållfasthet har utvärderats från rutinförsök på ostörda kolvprover, CPTu-R-sonderingar, vingsonderingar, direkta skjuvförsök och triaxialförsök (Bilaga 6). Odränerad skjuvhållfasthet från vingsonderingar har korrigerats med hänsyn till konflytgräns och OCR. Odränerad skjuvhållfasthet från konförsök har korrigerats med hänsyn till konflytgräns. Utvärderingar av CPT-sonderingar har utförts med hjälp av programvaran Conrad version 3.10 och redovisas i Bilaga 5.

5.2 DEFORMATIONSEGENSKAPER

Deformationsegenskaperna har utvärderats ifrån CRS-försök på representativa prover och redovisas i Bilaga 3, Kompressionsförsök CRS. Deformationsegenskaper såsom deformationsmoduler (M_o , M_L , och M') samt förkonsolideringstryck har utvärderats och redovisats för respektive nivå i Bilaga 6.

Förkonsolideringstryck från CRS-försök har använts vid beräkning av spänningar som underlag för avancerade försök i form av direkt skjuvförsök och triaxialförsök.

5.3 GRUNDPARAMETRAR

En sammanställning av härledda värden för grundparametrar (tunghet, konflytgräns, vattenkvot och sensitivitet) redovisas i Bilaga 6.

5.4 HYDROGEOLOGISKA EGENSKAPER

De hydrogeologiska mätningarna av grundvatten och portryck finns sammanställda i Bilaga 1 (mätprotokoll) respektive Bilaga 4 (portrycksdiagram), samt på ritningar.

6 VÄRDERING AV UNDERSÖKNING

All provtagning och sondering har utförts enligt SGF:s fälthandbok för geotekniska undersökningar. Metoderna bedöms som välprovade och säkra. Generellt gäller att undersökningsresultaten uppfyller kraven enligt SGF:s fälthandbok.

Nu utförda undersökningar visar generellt på god överensstämmelse med tidigare utförda undersökningar inom området.

6.1 FÄLTUNDERSÖKNINGAR

De översta 3-4 nivåerna av ostörda prover (från kolvprovtagning) i bh 23WS06 och 23WS07 innehöll en eller flera tomma tuber, troligen på grund av skikt och körtlar av silt. Även den djupaste nivån (17 m djup) i bh 23WS29 hade en tom tub. Provet i bh 23WS11 är enligt laboratoriet stört på 12 m djup.

Vingförsök på en nivå i borrhål 23WS12, 23WS18 och 23WS19 har misslyckats. Ett nytt vingförsök har körts bara 0,3 m ifrån de misslyckade försöken i borrhål 23WS12 och 23WS18. Enligt standard ska det vara minst 0,5 m mellan nivåer för vingförsök. Detta bedöms dock inte ha påverkat resultatet.

6.2 LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

Rutinförsök bör utföras inom ca 1 vecka från upptagning av proverna, vilket gjordes för alla ostörda prover utom tre, som utfördes efter 2 veckor (bh 23W04, 23WS27 och 23WS29), vilket dock inte bedöms ha påverkat provkvaliteten.

Provkvalitet av CRS-försök har kontrollerats enligt kapitel 5.1 och Figur 4a i SGI Information 3, se Bilaga 3, Kompressionsförsök CRS. Dessa visar att proverna överlag klassificeras vara av någorlunda eller god kvalitet.

CRS-försöket på prov från 5 m djup i borrhål 23WS15 stannade efter 11 min och startades inte om förrän efter 19 timmar. Ett nytt försök utfördes på samma djup för att verifiera resultatet.

Några CRS-kurvor (effektivspänning-kompression) är väldigt flacka och svårutvärderade, vilket ger viss osäkerhet i värdet på förkonsolideringstryck, σ'_c . Anledningen bedöms vara stort siltinnehåll. Det syns också i dessa försök att portrycket i princip ökar från start, istället för den karakteristiska ökningen då förkonsolideringstrycket överskrids. Berörda borrhål och djup är generellt den eller de översta nivåerna (2-4 m djup) i bh 23WS02, -06, -07, -11, -15, -25, -27, -28 och -29. Vid jämförelse av förkonsolideringstryck sticker värdet på 6 m djup i bh 23WS07 ut (ligger på ca 400 kPa och övriga närliggande värden är ca 150-250 kPa), vilket inte bedöms vara representativt för leran.

På grund av stort antal ostörda jordprover samt för att hinna mäta och utvärdera representativt portryck för att kunna utvärdera och köra försöken vid rätt spänningar har några direkta skjuvförsök och aktiva triaxialförsök utförts efter relativt långa lagringstider (se Laboratorierapport, Bilaga 3). Långa lagringstider kan eventuellt påverka lerans egenskaper, men beror även på temperatur, luftfuktighet och provernas förslutning vid lagring. Direkta skjuvförsök och aktiva odränerade triaxialförsök utfördes generellt ca 2 månader efter upptagning av proverna. Resultaten från dessa prover avviker dock inte från det samlade undersökningsunderlaget utan bedöms vara tillförlitliga, vilket tyder på goda lagringsförhållanden och hantering på laboratoriet.

På djup 6 m i bh 23WS07 utfördes två direkta skjuvförsök, då det första försöket bedömdes vara konsoliderat till för hög spänning (80 % av ett för högt utvärderat förkonsolideringstryck från CRS-försök enligt ovan). Det andra försöket kördes istället från in situ-spänning, vilket bedömdes ge ett mer representativt värde på odränerad skjuvhållfasthet.

I några direkta skjuvförsök erhöles, pga stort siltinnehåll i leran, mycket sega brott, dvs ingen tydliga brottspänning, t ex på de översta nivåerna i bh 23WS01, 23WS11 och 23WS25. Skjuvhållfastheten i dessa försök har enligt standard utvärderats vid en viss grad av deformation.

6.3 PORTRYCKSMÄTNINGAR

Mätarna av typen BAT respektive elektrisk PVT installerade på samma djup stämmer väl överens i samtliga portrycksstationer.

Utförda portrycksmätningar visar generellt på stabila portrycksnivåer under mätperioden. I några mätare har uppmätta värden vid det första mättillfället efter installation inte bedömts vara representativa (t ex på 4 m djup i 23WS06, samtliga djup i 23WS25 och på 13 m djup i 23WS29), men därefter har stabila portryck observerats.

Mätningarna i portryckstation 23WS07 uppvisar dock avvikande värden. I mätaren på 5 m djup under markytan uppmättes inledningsvis en orimligt hög trycknivå (ca 10 m ovan befintlig markyta), vilken därefter successivt har sjunkit vid varje mättillfälle. Uppmätta värden bedöms inte vara rimliga och eventuellt har något hänt vid installationen som gör att mätaren inte anses tillförlitlig.

Portrycksmätaren på 10 m djup i station 23WS27 uppvisar avvikande värden och bedöms inte vara tillförlitlig. I mätarna på 5 m respektive 13 m djup i samma station har rimliga portryck observerats.

7 REDOVISNING

Resultat från utförda fält- och laboratorieundersökningar redovisas på geotekniska plan-, sektion- och borrhjulsritningar.

Ritningar bifogas denna rapport enligt innehållsförteckningen.

Betydelsen av använda beteckningar framgår av SGF/BGS beteckningssystem, version 2001:2 med SGF kompletterat beteckningsblad 2016. Dessa kan hittas på länken <http://www.sgf.net/> under fliken Kunskapsbank.

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

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

