

Älvmarken, Göta älv

Fördjupad stabilitetsutredning

Dokumenttyp:

Markteknisk undersökningsrapport, Geoteknik

Dokumentnummer:

18900ORA01

Diarienummer/Uppdragsnummer SGI:

6.2-2308-0993/10390



Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av

Kund

Uppdrag

Uppdragsnummer Sweco

Uppdragsledare

Författare

Datum

Granskad av (datum)

Dokumentreferens

Statens geotekniska institut

Älvmarken

30065902

AnnLouise Elliot

Daniel Björn / Henrik Falch

2024-12-12

BD

\\segotfs003\projekt\22321\30065902_älvmark
en\000\19_leverans\leverans efter
mottagningskontroll sgi 2025-03-
18\18900ora01.docx

Innehållsförteckning

1	Uppdrag och syfte	5
2	Underlag för undersökning	5
3	Styrande dokument	6
4	Befintliga förhållanden	7
4.1	Topografi, ytbeskaffenhet och markanvändning	7
4.2	Vattenstånd och batymetri	7
4.3	Befintliga konstruktioner	8
5	Positionering	8
6	Geotekniska fältundersökningar	8
6.1	Utförda fältundersökningar	8
6.2	Kalibrering och certifiering	8
6.3	Provhantering	9
6.4	Övrigt	9
7	Geotekniska laboratorieundersökningar	9
7.1	Utförda undersökningar	9
7.2	Kalibrering och certifiering	9
8	Hydrogeologiska undersökningar	10
8.1	Utförda undersökningar	10
8.1.1	Mätningar	10
9	Härledda värden	10
9.1	Underlag för framtagande av härledda värden	10
9.2	Hållfasthetsegenskaper	10
9.3	Deformationsegenskaper	10
9.4	Hydrogeologiska egenskaper	10
9.5	Övriga egenskaper	10
10	Värdering av undersökning	11

Bilagor:

<i>Beteckning</i>		<i>Datum</i>	<i>Rev. datum</i>	<i>Sidor</i>
Bilaga 1	Härledda värden	2024-12-12		57
Bilaga 2	Utvärderade CPT-sonderingar	2024-12-12		159
Bilaga 3	Vingförsök	2024-12-12		253
Bilaga 4	Portrycksmätningar	2024-12-12		10
Bilaga 5	Försöksrapport Lab	2024-04-22-		297
Bilaga 6	Sammanställning av provkvalitet	2024-12-12		1
Bilaga 7	Spänningsdiagram	2024-12-12		1
Bilaga 8	Datum för upptagning av prover och laboratorieförsök	2024-12-12		6
Bilaga 9	Kalibreringsprotokoll	2024-12-12		22

Ritningar:

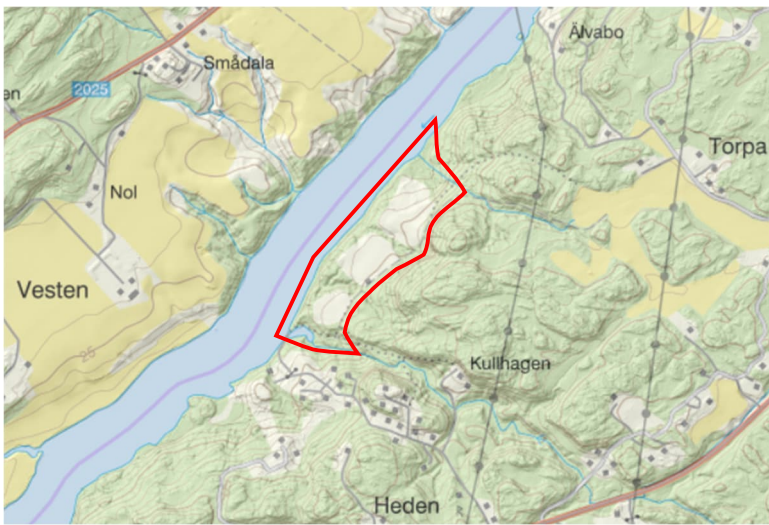
<i>Beteckning</i>	<i>Typ</i>	<i>Skala</i>	<i>Format</i>	<i>Datum</i>	<i>Rev. datum</i>
G-10-1-001	Plan	1:1250	A1	2024-12-12	
G-10-2-001	Sektion (18/780O)	H 1:200 L 1:400	A1	2024-12-12	
G-10-2-002	Sektion (18/890O)	H 1:200 L 1:400	A1	2024-12-12	
G-10-2-003	Sektion (18/980O)	H 1:200 L 1:400	A1	2024-12-12	
G-10-2-004	Sektion (19/150O exkl portryck)	H 1:200 L 1:400	A1	2024-12-12	
G-10-2-005	Sektion (19/150O portryck)	H 1:200 L 1:400	A1	2024-12-12	
G-10-2-006	Sektion (19/060OR, 19/260OR)	H 1:200 L 1:400	A1	2024-12-12	
G-10-2-007	Sektion (19/340O, 19/410OR)	H 1:200 L 1:400	A1	2024-12-12	
G-10-2-008	Fristående undersökningspunkter	1:100	A1	2024-12-12	

1 Uppdrag och syfte

På uppdrag av Statens geotekniska institut (SGI) har Sweco Sverige AB utfört fördjupad stabilitetsutredning i området Älvmarken i Trollhättans kommun, se Figur 1. Området, som ligger ca 6 km söder om Trollhättan tätort längs Göta älvs östra strand, utgjorde en del av delområde 7 i Göta älvutredningen.

Uppdraget omfattar fält- och laboratorieundersökningar, stabilitetsberäkningar för befintliga förhållanden och eventuella förstärkningsåtgärder samt kartering av kvicklereutbredning.

Föreliggande handling redovisar endast undersökningsresultat från geotekniska fält- och laboratorieundersökningar.



Figur 1: Kartbild med utredningsområdet ungefärligt inringat i rött, Lantmäteriets karttjänst (2024).

2 Underlag för undersökning

Följande underlag har tillhandahållits av SGI:

- Göta älvutredningen (GÄU) Delområde 7 Intagan – Lilla Edet, Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik, Daterad 2011-05-16. Diarienummer: 6-1001-0029. Dokumentnummer: 07RA005.
- Göta älvutredningen (GÄU) Delområde 7 Intagan – Lilla Edet, Teknisk PM Geoteknik, Stabilitetsberäkningar. Daterad 2011-05-16. Diarienummer: 6-1001-0029. Dokumentnummer: 07PM001.
- Göta älvutredningen GÄU Delområde 11, Delsträckan Intagan - Ström. Försöksrapport/Fält, Daterad 2010-12-10, Diarienummer: 6-1001-0040. Dokumentnummer: 11RA004
- SGI – Delegationen för Göta älv, Geoteknisk undersökningar i Göta älv – Norra Lilla Edet, Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik. Daterad 2020-03-13. Diarienummer: 6.2-1906-0453. Dokumentnummer: GA001XRA01.
- Befintliga undersökningsdata i digitalt format från Göta älvutredningen, delområde 7.
- Bottentopografi från batymetrisk data, sjömätning Göta Älv år 2020 med 1 meters grid i tif-format.

- Höjddata från Lantmäteriets WCS-tjänst år 2022 med 1 meters grid i tif-format.
- Väglinje avseende längdmätning för Göta älv i dwg-format.

3 Styrande dokument

Utredningen har utförts i enlighet med följande riktlinjer:

- Sekretariatet för Göta älv 2022, DGA00XST01 - Riktlinjer för tekniskt arbete, Version 6.0 – Avser stabilitetsutredningar längs Göta älv, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2022-04-29.
- Sekretariatet för Göta älv 2022, DGA00XST02 Riktlinjer för dokumenthantering, Version 5.0 – Avser stabilitetsutredningar längs Göta älv, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2022-04-29.

Undersökningarna har utförts enligt standarder redovisade i Tabell 1-4 nedan.

Tabell 1: Planering och redovisning

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Fältplanering	SS-EN 1997–2.
Fältutförande	Geoteknisk fälthandbok SGF Rapport 1:2013 samt SS-EN-ISO 22475–1:2006, SS-EN-1997-1 och SS-EN 1997–2.
Beteckningssystem	SGF/BGS beteckningssystem Version 2001:2 med kompletterande beteckningsblad 2016.

Tabell 2: Fältundersökningar

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Vingförsök (Vb)	SGF Rapport 2:93.
Spetstrycksondering (CPTU-R)	SS-EN ISO 22476–1:2012 med tillägg SS-EN ISO 22476–1:2012/AC:2013 och SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok.
Trycksondering (Tr)	SGF Metodblad 2009-01-27 och SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok.
Störd provtagning med skruvborr (Skr)	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok
Ostörd jordprovtagning, kolvprovtagning (Kv StII)	SS-EN ISO 22475–1:2006 och SGF Rapport 1:2009. Provtagningskategori A.

Tabell 3: Laboratorieundersökningar

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Okulär jordartsklassning	SS-EN ISO 14688–1:2018 och 14688–2:2018.
Jordartsförkortning	Beteckningsblad IEG 2011-05-08 (Bilaga C, IEG Rapport 13:2010).
Lab-undersökningar	Uppgifter om standard eller andra styrande dokument ges i Bilaga 5, Försöksrapport lab.

Tabell 4: Hydrogeologiska undersökningar

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Por-och grundvattentryck	SS-EN 1997–2 kap 3.6 och SS-EN ISO 22475–1:2006 kap 9. Allmänna krav SGI Information 11.
Portrycksmätning (Pp)	SS-EN-ISO 22475–1:2006.

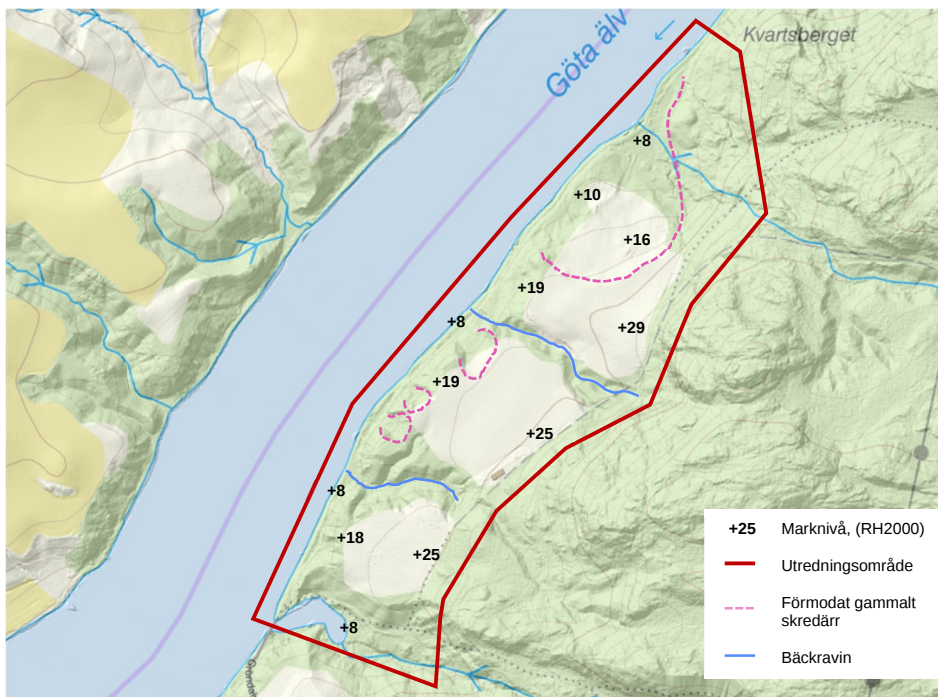
4 Befintliga förhållanden

4.1 Topografi, ytbeskaffenhet och markanvändning

Aktuellt område är beläget i Trollhättans kommun, ca 6 km sydväst om Trollhättan tätort. Området ligger på östra sidan av Göta älv, mellan km 18/700 och km 19/500 enligt längdmätningen från Göta älvutredningen. Området avgränsas av Göta älv i nordväst och väst, samt av höjder med berg i dagen i öst och sydöst, se Figur 2.

Området utgörs mestadels av ängar och skog. Fyra bäckraviner finns i området, där tre genomkorsar området och en utgör områdets södra gräns. Skogsmarken ligger främst i anslutning till dessa raviner.

Marknivåerna inom området varierar generellt mellan ca +8 vid älvstranden och ca +29 (RH2000) nedanför partierna med berg i dagen vid områdets östra och sydöstra gräns. Från partierna med berg i dagen sluttar terrängen inledningsvis flackt mot älven med en lutning av omkring 1:15. Omkring 20–30 meter från strandlinjen är marknivån ca +19 och därifrån ökar lutningen till 1:1–1:3 ner till strandlinjen. I norr finns ett större förmodat gammalt skredärr. Marken lutar i östra delen av skredärret ca 1:7 varefter marken lutar 1:20 fram till ca 10 meter från strandlinjen där marklutningen blir brantare, ca 1:6 ner till älvstranden. Slänterna ner mot raviner i området sluttar generellt ca 1:2. Se Figur 2 för illustration av markförhållandena inom området.



Figur 2: Kartbild med illustrationer visande markförhållandena inom området, Lantmäteriets karttjänst (2024).

4.2 Vattenstånd och batymetri

Vattenståndet i Göta älv i höjd med området regleras av slussarna i Lilla Edet där dämningshöjden i älven norr om slussarna har nivån +7,6 (HHW) och

sänkningshöjden +6,6 (LLW). Medelvattennivån (MW) i Göta älv är i området +7,5.

Älvbotten lutar från strandlinjen med ca 1:8 ner till nivån ca +4, ca 20–25 meter från stranden. Därifrån lutar älvbotten brantare, ca 1:2,5, ner till älvens djupaste delar där nivån är ca -6.

4.3 Befintliga konstruktioner

Inom området finns inga befintliga byggnader eller anläggningar.

Längs hela Göta älvs strandlinje finns i området ett befintligt erosionsskydd. Erosionsskyddets kvalitet och utbredning är ej närmare undersökt inom ramen för denna utredning.

5 Positionering

Utsättning/Inmätning av undersökningspunkterna har utförts av Sweco med GPS av typ nätverks-RTK. Utsättning/Inmätning av undersökningspunkterna har gjorts i mätningssklass A enligt SGF Geoteknisk Fälthandbok 1:2013.

Koordinatsystem i plan: SWEREF 99 TM

Höjdsystem: RH2000

6 Geotekniska fältundersökningar

Sweco har under perioden november 2023 till februari 2024, utfört sonderingar och provtagningar för rubricerat objekt.

Ansvarig fältingenjör har för fältundersökningarna varit Michael Karlsson. Biträdande fältpersonal har varit Joakim Larsson, Jan Stomberg, Magnus Lindwall och Niklas Johansson. All fältpersonal är från Sweco Sverige AB.

6.1 Utförda fältundersökningar

Aktuella fältförsök och provtagningar omfattar:

- | | |
|--------------------------------|------------------------|
| • Spetstrycksondering (CPTU-R) | 21 punkter |
| • Trycksondering (Tr) | 2 punkter |
| • Vingförsök (Vb) | 14 punkter, 140 nivåer |
| • Ostörd provtagning (Kv StII) | 11 punkter, 112 nivåer |
| • Störd provtagning (Skr) | 19 punkter |

Sonderingar och provtagningar är utförda med geotekniska borrhandsvagnar Geotech 605M, och Geotech 604. Störd jordprovtagning inom ytjord har utförts med skruvborr $\varnothing$ 60 mm. Ostörd jordprovtagning har utförts med standardkolvborr $\varnothing$ 50 mm (StII).

Utförda fältundersökningar redovisas på ritningar och bilagor tillhörande denna rapport.

6.2 Kalibrering och certifiering

Dokumentation på utförd kalibrering för använda vinginstrument och CPT-spetsar redovisas i Bilaga 9, daterad 2023-11-08.

6.3 Provhantering

Upptagna störda jordprover har bedömts okulärt i fält direkt vid provtagningen enligt SS-EN-ISO 14688–1. Provtagningsprotokoll har upprättats av fältingenjör för varje provtagningspunkt. Utvalda prover har skickats till geotekniskt laboratorium för klassificering.

Prover kategori B (Skr) har förvarats frostskyddat i dubbla plastpåsar. Prover kategori A (Kv) har förvarats frostskyddat i kvalitetssäkrade kolvprovtagningslådor. Prover har transporterats med bil till SGI:s laboratorium i Linköping.

6.4 Övrigt

Utförda undersökningspunkter är benämnda 23SWxx, där 23 står för årtal, SW för Sweco och xx är en löpande numrering som startar på 01. Undersökningspunkterna är inlagda i en databas (GeoSuite).

7 Geotekniska laboratorieundersökningar

Laboratorieundersökningar har utförts under perioden november 2023 till april 2024 på SGI:s laboratorium i Linköping.

Laboratoriearbete har utförts under ledning av Martin Holmén och Rikard Kalén, ansvariga labtekniker på SGI:s laboratorium i Linköping. Biträdande labtekniker redovisas med signatur på protokoll, i tabeller och på diagram, se Bilaga 5.

För en sammanställning av utförandedatum för samtliga analyser på ostörda prover se Bilaga 8.

7.1 Utförda undersökningar

Följande analyser har utförts på ostörda jordprover:

- | | |
|------------------------------------|---------|
| • Rutinundersökning | 112 st. |
| • Fallkon | 112 st. |
| • CRS-försök | 53 st. |
| • Odränerat direkt skjuvförsök | 33 st. |
| • Odränerade aktiva triaxialförsök | 15 st. |

Följande analyser har utförts på störda jordprover:

- | | |
|---------------------|--------|
| • Rutinundersökning | 37 st. |
|---------------------|--------|

Utförda analyser redovisas i Bilaga 5, Försöksrapport/Lab daterad 2023-04-22.

Kontroll avseende kvaliteten på upptagna prover har utförts utifrån utförda crs-försök. En sammanställning av denna redovisas i Bilaga 6.

Provförvaring

Efter mottagande förvaras proverna i kylrum. Prover sparas vanligtvis i sex månader efter utförd undersökning.

7.2 Kalibrering och certifiering

Information om dokumentation på utförd kalibrering ges i Bilaga 5, Försöksrapport/Lab, daterad 2023-04-22.

8 Hydrogeologiska undersökningar

8.1 Utförda undersökningar

Aktuella hydrogeologiska undersökningar omfattar:

- Installation av 16 porttryckspetsar (bat-spets)
- Installation av 4 självloggande porttryckspetsar (pvt-mätare)

8.1.1 Mätningar

Porttryckspetsarna av typen BAT har avlästs fyra gånger under perioden februari-oktober 2024. Porttryckspetsarna av typen PVT har registrerat porttrycket var 4:e timme under perioden december 2023 till oktober 2024.

Porttryckspetsarna är kvarsittande varför mätning kan fortgå.

9 Härledda värden

9.1 Underlag för framtagande av härledda värden

Härledda värden för lerans densitet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet har sammanställts från utförda geotekniska undersökningar i laboratorium.

Härledda värden för lerans skjuvhållfasthet har uppmätts i laboratorium med konförsök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök och i fält med vingförsök.

Skjuvhållfastheten från konförsök och vingförsök har korrigerats med hänsyn till konflytgränsen och OCR enligt avsnitt 5.4.1 i SGI Information 3.

Skjuvhållfastheten har även utvärderats från utförda CPT-R-sonderingar med programvaran Conrad version 3.1 enligt SGI information 15. Utvärderingen med Conrad redovisas i sin helhet i Bilaga 2.

9.2 Hållfasthetsegenskaper

Härledda värden för lerans hållfasthetsegenskaper redovisas i Bilaga 1.

9.3 Deformationsegenskaper

Lerans förkonsolideringstryck enligt utförda CRS-försök redovisas tillsammans med effektivspänning i spänningsdiagram i Bilaga 7.

9.4 Hydrogeologiska egenskaper

Uppmätta porttryck redovisas i Bilaga 4.

9.5 Övriga egenskaper

En sammanställning av tunghet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet redovisas i Bilaga 1.

10 Värdering av undersökning

Avvikelser har registrerats vid utförande av rutinundersökningar av kolv-prover i punkt 23SW06 (10 meter), 23SW11 (5 meter), 23SW12 (2, 3, 6, 8, 10, 12, 21 och 24 meter), 23SW15 (6 meter), 23SW18 (4 och 8 meter) och 23SW21 (2 meter), där stor spridning på konintrycken observerades vid fallkonsförsöken, se Bilaga 5.

CRS-försöken gav osäkra värden på förkonsolideringstryck vid djup 8, 16, 21 och 27 meter för punkt 23SW11, djup 21 och 27 meter för punkt 23SW12, djup 16 meter för punkt 23SW15 samt vid djup 3 meter för punkt 23SW21, på grund av att stora deformationer observerades före uppnått förkonsolideringstryck. Därtill kunde inte fullständig utvärdering utföras för djup 10 meter för punkt 23SW06, djup 5 meter för punkt 23SW16, se Bilaga 5. Samtliga utförda CRS-försök, med undantag av djup 21 och 27 meter i punkt 23SW12 samt djup 16 meter i punkt 23SW15, har fått någorlunda eller god kvalitet med avseende på volymändring och vattenkvot (enligt SGI Information 3), se Bilaga 6.

Direkta skjuvförsök har genomgående överensstämt väl med utförda konförsök och vingförsök. Vid stora djup fås överlag något lägre skjuvhållfasthet vid konförsök jämfört med vingförsök och direkta skjuvförsök, vilket bedöms vara inom ramen för kända avvikelser som uppstår i störningskänslig lera (SGI, Vägledning 8).

Vid utförande av ett av triaxialförsöken uppstod ett fel, punkt 23SW12 (4 meter), där triaxialförsökets avlastning blev försenat och försöket fick som följd en avvikande och stor axialtöjning under ett utdraget tidsförlopp.

Inledningsvis var kvalitetsmålet för utförda CPT-sonderingar satt till klass 0 (med klass 0 kalibrering). Till följd av fast lera som bedömdes erfordra högre matarkraft bestämdes det innan fältarbeten påbörjades att kvalitetsmålet för CPT-sondering i stället skulle sättas till klass 1.

Vid utförandet av CPT-sondering i punkt 23SW17-23SW20 uppstod av oklar anledning fel i registreringen av resistivitet.

Av BAT-spetsarna mättes portrycket vid installation endast vid nivå 5 och 9 meter i punkt 23SW18 samt nivå 9 och 20 meter i punkt 23SW20. Värden från avläsning 2024-05-17 på nivå 17 meter i punkt 23SW18 var kraftigt avvikande och har därför borttagits. Vid denna avläsning rapporterades även skräp i röret.

Nivå 5 meter i punkt 23SW18 är ur funktion och inga värden efter avläsning 2024-02-21 har kunnat inhämtas.

Av de självloggande pvt-spetsarna konstaterades att djup 5 meter i punkt 23SW06 var ur funktion när data skulle inhämtas 2024-10-02, varav data för denna punkt endast finns fram till 2024-05-17.

Data för lufttryck mättes med en självloggande pvt-spets som fästes i ett träd i anslutning till punkt 23SW06. Data fram till 20 januari 2024 för lufttrycket hade stor spridning med stora förändringar på kort tid. Sammanställning av portrycksprofilerna har därför utgått ifrån min- och max-värden med start 21 jan för pvt-spetsarna.

Sammantaget bedöms underlaget som bra med liten spridning.