



Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik MUR/Geo

Stabilitetsutredning Sörgården Kungälv Fördjupad stabilitetsutredning

Uppdragsnr: 22153

Bohusgeo AB 2024-07-03

Beställare

Kund: SGI
Kontaktperson: Axel Grahnström
Diarienummer: 6.2-2206-0598
Uppdragsnummer: 10322

Bohusgeo AB

Uppdragsnummer: 22153
Uppdragsledare: Daniel Lindberg
Handläggare: Emil Johansson
Granskning: Mats Falck

Bastionsgatan 26
451 50 Uddevalla
Org.nr. 556601-5243
Tel. vxl. 0522-946 50
bohusgeo.se

Innehållsförteckning

1.	Uppdrag och syfte	2
2.	Underlag för undersökningen	2
3.	Undersökningsperiod	2
4.	Styrande dokument	2
5.	Arkivmaterial	2
6.	Geotekniska fältundersökningar	3
6.1.	Allmänt	3
6.2.	Omfattning	3
6.3.	Kvalitetsinformation och observationer	4
6.4.	Sondering och in situ-metoder	4
6.5.	Grundvattenobservationer	5
6.6.	Provtagning	5
6.7.	Geodesi	5
7.	Geotekniska laboratorieundersökningar	6
7.1.	Allmänt	6
7.2.	Omfattning	6
7.3.	Kvalitetsinformation och observationer	6
7.4.	Provförvaring	7
8.	Härledda värden	7
8.1.	Vattenkvot, konflytgräns, tunghet och sensitivitet	7
8.2.	Odränerad skjuvhållfasthet	7
8.3.	Dränerad skjuvhållfasthet	7
8.4.	Konsolideringsförhållanden	8
9.	Värdering av undersökningen	8
9.1.	Generellt	8
9.2.	Härledda värdens spridning och relevans	9

Bilagor

Bilaga 1:1-1:2	Koordinatförteckning och utförda metoder
Bilaga 2:1-2:4	Utförda punkter, metoder, filnamn
Bilaga 3:1-3:11	Störd provtagning, fältprotokoll
Bilaga 4:1-4:32	Kalibreringsprotokoll, fält
Bilaga 5:1-5:161	Utvärderade CPT-sonderingar
Bilaga 6:1-6:31	Utvärderade vingskivor
Bilaga 7:1-7:25	Portrycks- och grundvattenmätningar
Bilaga 8:1-8:18	Rutinundersökning, lab
Bilaga 9:1-9:41	Ödometerförsök, CRS
Bilaga 10:1-10:16	Direkta skjuvförsök
Bilaga 11:1-11:32	Triaxialförsök
Bilaga 12:1-12:4	Lista med datum för upptagning av prover och för utförande av laboratieförsök
Bilaga 13:1-13:4	Jordlagerparametrar mot djup
Bilaga 14:1-14:4	Jordlagerparametrar mot nivå
Bilaga 15:1-15:9	Hållfasthetssammanställningar
Bilaga 16:1-16:7	Konsolideringsdiagram
Bilaga 17:1-17:11	Sammanställning CRS-försök
Bilaga 18:1-18:20	Tidigare utförda undersökningar

Ritningar

G-10-1-001	Plan	2024-07-03
G-10-2-001 till 015,-0K5	Sektioner	2024-07-03

1. Uppdrag och syfte

Bohusgeo AB har på uppdrag av SGI utfört en geoteknisk undersökning längs delar av Solbergsån i Sörgården, Kungälv kommun.

Uppdragets syfte är att klarlägga stabilitetsförhållandena längs delar av Solbergsån och att vid behov föreslå stabilitetsförbättrande åtgärder.

Denna rapport ersätter helt tidigare redovisad Markteknisk undersökningsrapport (MUR/Geo) daterad 2023-09-15.

2. Underlag för undersökningen

Underlag som använts för planering av undersökningarna utgörs av:

- Grundkarta
- Inmätning av markytan
- SGU:s jordartskarta
- Tidigare undersökningar

3. Undersökningsperiod

Fält- och laboratoriearbetet har utförts under perioden februari - april 2023. Kompletterande undersökningar har utförts under perioden februari – mars 2024.

Portrycksmätningar har utförts under perioden februari 2023 - juni 2024 och är pågående.

4. Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga. Generella standarder och styrande dokument framgår av Tabell 1 nedan. Styrande dokument för utförda undersökningar framgår under kapitel 6 och 7 nedan.

Tabell 1. Generella standarder och styrande dokument.

Metod	Styrande dokument
Planering och redovisning	SS-EN 1997-2, IEG Rapport 4:2008, Rev 1
Beteckningssystem	SGF/BGS Beteckningssystem 2001:2, SGF beteckningsblad 2016-11-01

5. Arkivmaterial

Tidigare utförda undersökningar som bedömts vara relevanta har inarbetats på ritningar och redovisas i Tabell 2 nedan samt i Bilaga 18.

Tabell 2. Tidigare utförda undersökningar.

Prefix	Företag	Uppdrag	Uppdragsnr.	Datum
04FB	Flygfältsbyrån	Geoteknisk undersökning för ett område i Solberg, Kungälv kommun	160090	2004-06-23
02FB	Flygfältsbyrån	Geoteknisk undersökning för ett område i Solberg, Kungälv kommun	1650985-16/04-RAP-002	2002-11-18

6. Geotekniska fältundersökningar

6.1. Allmänt

Fältarbetet har utförts med bandvagn Geotech 604D.

Ansvarig fältgeotekniker: Jan Axelsson (JA), Joakim Axelsson (JOA).

Ansvarig mättekniker: Joakim Axelsson (JOA).

6.2. Omfattning

De undersökta punkterna, tillhörande metoder och koordinater redovisas i Bilaga 1.

De undersökta punkterna med tillhörande filnamn redovisas i Bilaga 2.

En sammanställning av antalet utförda undersökningar fördelat på respektive metod redovisas tillsammans med gällande standarder/metodbeskrivningar i Tabell 3 nedan.

Tabell 3. Antal utförda fältundersökningar fördelat på metod.

Metod	Antal	Styrande dokument
Sondering		
CPT	50	SS-EN ISO 22476-1:2012/cor 1:2013 SGF Rapport 1:2013 och 1:93
In situ-metoder		
Vb	13	SGF Rapport 1:2013 SS-EN ISO 22476-9:2020
Grundvattenobservationer		
Öppna system (Rf)	3	SS-EN ISO 22475-1:2006
Slutna system (Pp)	16	SS-EN ISO 18674-4:2020
Provtagning		
Kategori A (Kv StII)	6	SS-EN ISO 22475-1:2006
Kategori B (Skr)	24	SS-EN ISO 22475-1:2006
Geodesi		
GNSS/GPS & totalstation	Ett flertal	HMK-Ge:D och HMK-Ge:GPS SGF Rapport 1:2013

6.3. Kvalitetsinformation och observationer

Kontroll och kalibrering av utrustning sker i enlighet med Bohusgeos kvalitetssystem, som är certifierat enligt ISO 9001. I Tabell 4 nedan redovisas gällande kalibreringsprotokoll för använd fältutrustning. Kalibreringsprotokollen redovisas i sin helhet i Bilaga 4.

Tabell 4. Gällande kalibreringsprotokoll för använd fältutrustning.

Utrustning	Nr	Kalibrering utförd av
Bandvagn	14488	Geotech
CPT-sond	4260	Geotech
CPT-sond	4263	Geotech
CPT-sond	5232	Geotech
Vinginstrument	253	Geotech

I Tabell 5 nedan anges kvalitetsinformation, avvikelser från styrande dokument och händelser som kan ha påverkat undersökningens resultat.

Tabell 5. Kvalitetsinformation och observationer, fält.

Punkt	Djup (m)	Metod	Information
23B003	5	Pp	Plötslig ökning av uppmätt portrycksnivå (2023-05-10). Funktionstest visar på gasbildning i BAT-spets (2023-06-03).
23B003	5	Pp	Ytterligare, relativt snabb ökning av uppmätt portrycksnivå (2023-10-29). Uppmätta portrycksnivåer ligger på relativt hög nivå efter den ökningen.
23B003	11	Pp	Plötslig ökning av uppmätt portrycksnivå (2024-05-19).

6.4. Sondering och in situ-metoder

6.4.1. Allmänt

Samtliga sonderingar redovisas i plan och sektion på ritningar enligt förteckning ovan.

6.4.2. CPT-sondering med portrycksregistrering, CPTu

Sondering har utförts med Geotech Nova-sond och stänger med Ø36 mm. Sondering i respektive punkt har utförts både utan förborrning till 6.0 m djup (spaltfilter och olja har använts), samt med förborrning (porfilter och glycerin har använts). Då förborrning har utförts genom fast ytlager har sonden tillåtits temperaturstabiliseras i 15 min i förborrat hål.

Uppmätta parametrar korrigeras med hänsyn till kalibreringsfaktorer, se Bilaga 4, samt för förskjutningar vid nollmätning utförd före och efter sonderingen. Spetstryck och mantelfriktion korrigeras med dynamiskt portryck och areafaktorer till totaltryck.

Utförda CPT-sonderingar utvärderas i programvaran Conrad 3.1.1 och redovisas i Bilaga 5.

6.4.3. CPT-sondering portrycks- och resistivitetsregistrering, CPTu-r

Sondering har utförts med Geotech Nova-sond och stänger med Ø36 mm. Som filtermättnadsvätska har glycerin använts. Förborrning har utförts genom fast ytlager och sonden har tillåtits temperaturstabiliseras i 15 min i förborrat hål.

Uppmätta parametrar korrigeras med hänsyn till kalibreringsfaktorer, se Bilaga 4, samt för förskjutningar vid nollmätning utförd före och efter sonderingen. Spetsstryck och mantelfriktion korrigeras med dynamiskt portryck och areafaktorer till totaltryck. Resistivitetsmätning har utförts med Geotech Nova resistivitetsadapter.

Utförda CPT-sonderingar utvärderas i programvaran Conrad 3.1.1 och redovisas i Bilaga 5.

6.4.4. Vingförsök, VB

Vingförsök har utförts med vinginstrument av typ Geotech, stänger med Ø22 mm och registrering på vingskiva. Värdena korrigeras med hänsyn till kalibreringsfaktorer, se Bilaga 4.

Utvärderade vingskivor redovisas i Bilaga 6.

6.5. Grundvattenobservationer

6.5.1. Allmänt

Mätvärden har omräknats till trycknivå. Resultat redovisas på ritningar och i sammanställning och diagram i Bilaga 7.

6.5.2. Öppna system, Rf

Observationsrör utgörs av galvade Ø1" stålrör och filterspets (filterstrumpa). Funktionskontroll utförs genom påfyllnad av vatten till överkant rör och med avläsning av vattenytan efter 15 min. Avläsning har utförts med logger, Profound IS-sensor, var fjärde timma. Det uppmätta portrycket korrigeras för uppmätt lufttryck vid samma tillfälle.

6.5.3. Slutna system, Pp

Observationsrör utgörs av portrycksspets BAT MkIII, galvade Ø1" stålrör och galvat stållock med låsskruv. Avläsning har utförts med logger, Profound IS-sensor, var fjärde timma. Det uppmätta portrycket korrigeras för uppmätt lufttryck vid samma tillfälle.

6.6. Provtagning

6.6.1. Allmänt

Proverna har transporterats till Bohusgeos laboratorium i Uddevalla med fältpersonalens fordon.

6.6.2. Kategori A (ostörda prover)

Provtagning har utförts med kolvprovtagare Kv STII Ø50 mm.

6.6.3. Kategori B (störda/omrörda prover)

Provtagning har utförts med skruvprovtagare Ø80 mm. Störda prover har lagts i provtagningspåse av typ Geoskandia.

6.7. Geodesi

Inmätning i plan och höjd har utförts i samtliga undersökningspunkter samt i utvalda sektioner. Inmätning utförs med GNSS/GPS Trimble R10 (Nätverks RTK) samt totalstation Trimble 620 Robotic.

Mätningen bedöms uppfylla noggrannhetskraven för mätningssklass A enligt geoteknisk fälthandbok (SGF Rapport 1:2013), vilka är ±0,3 m i plan och ±0,05 m i höjd.

Inmätning redovisas i koordinatsystem SWEREF 99 TM och i höjdsystem RH2000.

7. Geotekniska laboratorieundersökningar

7.1. Allmänt

Undersökningarna har utförts på Bohusgeos geotekniska laboratorium samt Mittas laboratorium.

Ansvarig laboratorietekniker (Bohusgeo AB): Inga Strid, Alexander Strid

Ansvarig laboratorietekniker (Mitta AB): Helena Seger, Filip Webbjörn

Laboratorieprotokoll redovisas i Bilaga 8 - Bilaga 11.

Datum för upptagning av prover och för utförande av laboratorieförsök redovisas i Bilaga 12.

7.2. Omfattning

Utförda undersökningar redovisas tillsammans med styrande dokument i Tabell 6 nedan.

Tabell 6. Antal utförda laboratorieundersökningar

Metod	Antal	Styrande dokument	Not.
Jordartsbestämning	100	SS-EN ISO 14688-1:2017 SS-EN ISO 14688-2:2017 SGF R1:2016 SGF/BGS beteckningssystem 2001:2	Översättning mellan EN & SGF upprättad av IEG/SGF används.
Vattenkvot	167	SS-EN ISO 17892-1:2014	
Konflytgräns	65	SS-EN ISO 17892-12:2018 SGF Notat 1:2018	
Skrymdensitet	165	SS EN ISO 17892-2:2014	
Fallkonförsök, stört och ostört prov	55	SS EN ISO 17892-6:2017 SGF Notat 2:2018	
CRS-försök	41	SS 027126	
Direkta skjuvförsök	16	SS 027127 SGF notat 2:2004	
Triaxialförsök	14	SS-EN ISO 17892-9:2018	

7.3. Kvalitetsinformation och observationer

Kontroll och kalibrering av utrustning sker med rutiner enligt Bohusgeos kvalitetssystem som är certifierat enligt ISO 9001. Kalibreringsprotokoll finns dokumenterade på laboratoriet i enlighet med kvalitetssystemet.

I Tabell 7 nedan anges kvalitetsinformation, avvikelser från styrande dokument samt händelser som kan ha påverkat undersökningens resultat.

Tabell 7. Kvalitetsinformation och observationer, laboratorium.

Punkt	Djup (m)	Metod	Information
23B003	4	Triax	Dränerat försök går ej till brott, försöket har avbrutits vid en töjning på 15 % enl. standard.
23B003	6	CRS	Hög inledande portrycksrespons.
23B003	6	Triax	Dränerat försök går ej till brott, försöket har avbrutits vid en töjning på 15 % enl. standard.
23B011	7	CRS	Hög inledande portrycksrespons, trubbig kurva vid brott.
23B013	7	CRS	Hög inledande portrycksrespons.
23B013	8	CRS	Hög inledande portrycksrespons.
23B018	3	CRS	Flack kurva.
23B018	6	CRS	Bitvis ojämn deformationskurva, enstaka skal i provet.
23B024	5	CRS	Flack kurva, svårdefinierat brott.
24B001	10	CRS	Hög inledande portrycksrespons.

7.4. Provförvaring

Proverna förvaras i klimatrum som håller ca 7 °C och kasseras normalt efter 6 månader.

8. Härledda värden

8.1. Vattenkvot, konflytgräns, tunghet och sensitivitet

Sammanställningar av bestämd vattenkvot, konflytgräns, tunghet och sensitivitet redovisas mot djup och nivå i Bilaga 13 resp. Bilaga 14.

8.2. Odränerad skjuvhållfasthet

Härledda värden för odränerad skjuvhållfasthet utvärderade från vingförsök, CPT-sonderingar, konförsök, direkta skjuvförsök, triaxialförsök samt empiriska samband från CRS-försök redovisas i Bilaga 15.

Utvärderad skjuvhållfasthet har korrigerats för konflytgräns och överkonsolideringsgrad (OCR) från närliggande provtagningar.

8.3. Dränerad skjuvhållfasthet

Friktionsvinklar har utvärderats från utförda CPT-sonderingar enligt SGI Information 3. En sammanställning av erhållna värden redovisas i Bilaga 15. Dränerade parametrar utvärderade från triaxialförsök redovisas i Bilaga 15.

8.4. Konsolideringsförhållanden

Konsolideringsförhållanden redovisas i diagram sammanställda i Bilaga 16. Diagrammen redovisar rådande total- och effektivspänningar, förkonsolideringstryck samt modul i de undersökningspunkter där kolvprovtagning utförts. Även empirisk utvärdering av förkonsolideringstryck från CPT-sonderingar och vingförsök redovisas i diagrammen.

En sammanställning av från CRS-försöken utvärderade parametrar redovisas i Bilaga 17.

9. Värdering av undersökningen

9.1. Generellt

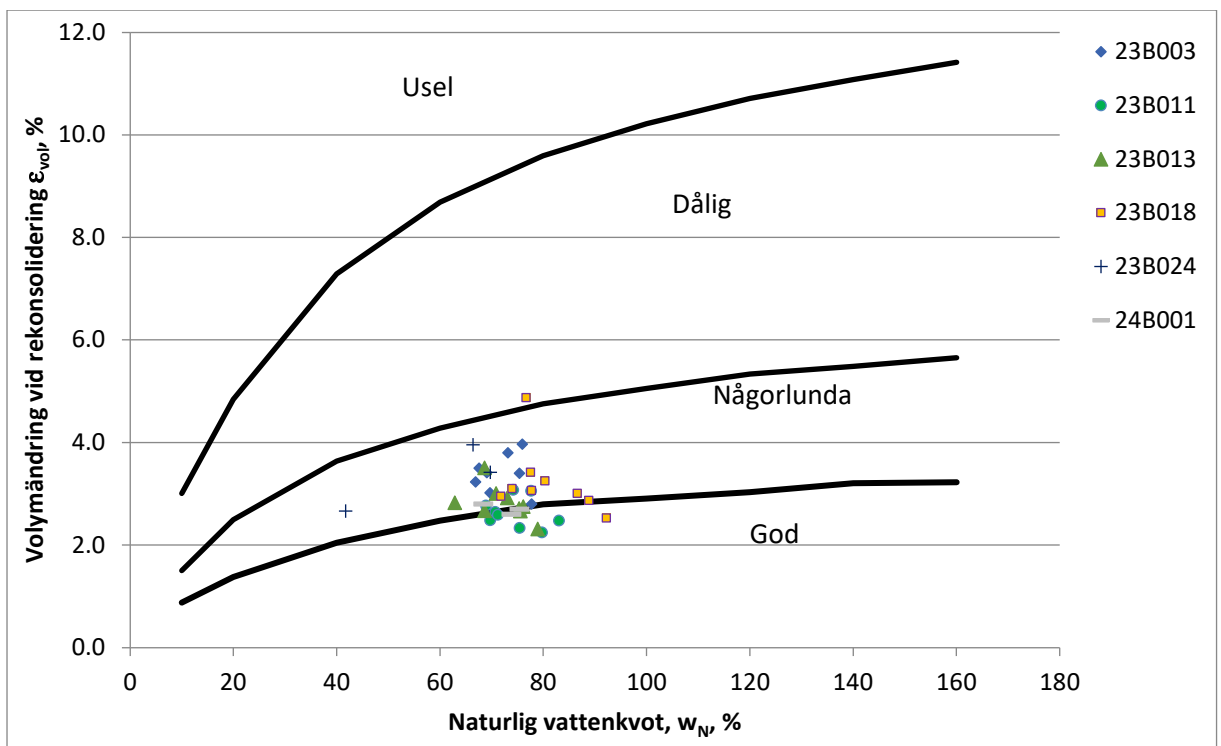
Undersökningarna har utförts i enlighet med gällande krav och rekommendationer. Observationer och avvikelser redovisas i Tabell 5 och Tabell 7 ovan. Värdering av dessa redovisas i Tabell 8 nedan.

Tabell 8. Värdering av avvikelser och observationer.

Punkt	Djup (m)	Metod	Datum	Information	Värdering
23B003	5	Pp	230810	Plötslig ökning av uppmätt portrycksnivå (2023-05-10) . Funktionstest visar på gasbildning i BAT-spets (2023-06-03).	Kontroll utförd i fält. Spetsen har tömts från gas och portrycksnivå har stabiliserats kring tidigare uppmätta nivåer. Värden mellan 2023-05-10 och 2023-06-03 ej korrekta, redovisas ej.
23B003	5	Pp	231029	Ytterligare, relativt snabb ökning av uppmätt portrycksnivå (2023-10-29). Uppmätta portrycksnivåer ligger på relativt hög nivå efter den ökningen.	Mätningar pågår. Kontroll i fält skall utföras av eventuell gasbildning i spets. Mätvärden ska tills vidare betraktas som osäkra, se markering i Bilaga 7.
23B003	11	Pp	240519	Plötslig ökning av uppmätt portrycksnivå (2024-05-19).	Mätningar pågår. Kontroll i fält skall utföras av eventuell gasbildning i spets. Mätvärden ska tills vidare betraktas som osäkra, se markering i Bilaga 7.
23B003	4	Triax	230426	Dränerat försök går ej till brott, försöket har avbrutits vid en töjning på 15 % enl. standard.	Dränerade parametrar utvärderas vid töjning 15 %. Att försöket ej gått till brott beaktas vid val av hållfasthetsparametrar.
23B003	6	CRS	230228	Hög inledande portrycksrespons.	Utvärderade parametrar bedöms vara tillförlitliga.
23B003	6	Triax	230426	Dränerat försök går ej till brott, försöket har avbrutits vid en töjning på 15 % enl. standard.	Dränerade parametrar utvärderas vid töjning 15 %. Att försöket ej gått till brott

					beaktas vid val av hållfasthetsparametrar.
23B011	7	CRS	230306	Hög inledande portrycksrespons, trubbig kurva vid brott.	Utvärderade parametrar bedöms vara tillförlitliga.
23B013	7	CRS	230307	Hög inledande portrycksrespons.	Utvärderade parametrar bedöms vara tillförlitliga.
23B013	8	CRS	230309	Hög inledande portrycksrespons.	Utvärderade parametrar bedöms vara tillförlitliga.
23B018	3	CRS	230314	Flack kurva.	Utvärderade parametrar bedöms vara tillförlitliga.
23B018	6	CRS	230315	Bitvis ojämn deformationskurva, enstaka skal i provet.	Utvärderade parametrar bedöms vara tillförlitliga.
23B024	5	CRS	230316	Flack kurva, svårdefinierat brott.	Utvärderade parametrar bedöms vara tillförlitliga.
24B001	10	CRS	240228	Hög inledande portrycksrespons.	Utvärderade parametrar bedöms vara tillförlitliga.

Utförda CRS-försök bedöms vara av dels någorlunda, dels god kvalitet, se Figur 1.



Figur 1. Kvalitetsklassificering av utförda CRS-försök.

9.2. Härledda värdens spridning och relevans

Utvärderade värden bedöms uppvisa normal spridning.