

# MARKTEKNISK UNDERSÖKNINGSRAPPORT, GEOTEKNIK (MUR/GEO)

## Ängshagen

Ängshagen, Kristina 4:14, Sala kommun

Projektnamn:

Uppdragsnummer: 21522

Handlingsnummer:

Upprättat av: Josefin Löfgren

Kontaktuppgifter:

Datum: 2022-03-29

Version: Version 3.0

Titel  
Ängshagen

Uppdragsnummer  
21522



Projektnamn  
Projektnamn

Datum  
2022-03-29

## Revisionshistorik

Version	Datum	Beskrivning	Utförd av
0.1	2022-03-29	Upprättad	Josefin Löfgren
0.2	2022-03-29	Interngranskning	Lars O Johansson
1.0	2022-03-29	Upprättad och översänd till beställare	Lars O Johansson
2.0	2023-07-10	Revidering	Josefin Löfgren
3.0	2025-02-11	Revidering, fler grundvattenmätningar	Josefin Löfgren

## Innehållsförteckning

1	Objekt .....	1
2	Syfte .....	4
3	Underlag för undersökningen.....	4
4	Styrande dokument .....	4
5	Geoteknisk kategori.....	4
6	Arkivmaterial .....	4
7	Befintliga förhållanden .....	4
7.1	Topografi .....	4
7.2	Ytbeskaffenhet .....	4
7.3	Befintliga konstruktioner .....	5
8	Positionering.....	5
9	Geotekniska fältundersökningar .....	5
9.1	Utförda fältförsök.....	5
9.2	Utförda provtagningar .....	5
9.3	Undersökningsperiod .....	6
9.4	Fältingenjör .....	6
9.5	Kalibrering och certifiering.....	6
10	Geotekniska laboratorieundersökningar.....	6
10.1	Utförda undersökningar.....	7
10.2	Undersökningsperiod .....	8
10.3	Laboratorieingenjör .....	8
10.4	Kalibrering och certifiering.....	8
10.5	Provförvaring.....	8
11	Hydrogeologiska undersökningar .....	8
12	Miljötekniska fältundersökningar.....	9
13	Härledda värden .....	9
13.1	Skjuvhållfasthet.....	10
13.2	Sättningsegenskaper .....	10

13.3	Hydrogeologiska förhållanden .....	10
14	Värdering av undersökningen .....	11
14.1	Generellt .....	11
14.2	Härledda värdens spridning och relevans .....	11
15	Övrigt .....	11

## Bilagor

1. Laboratorieprotokoll, störda prover
2. Laboratorieprotokoll, ostörda prover
3. Laboratorieprotokoll, CRS
4. Tidigare undersökning, Bjerking
5. Tidigare undersökning, Markera Mark Stockholm AB, Trafikverket
6. Resultat provgrovsgrävning

## Ritningar

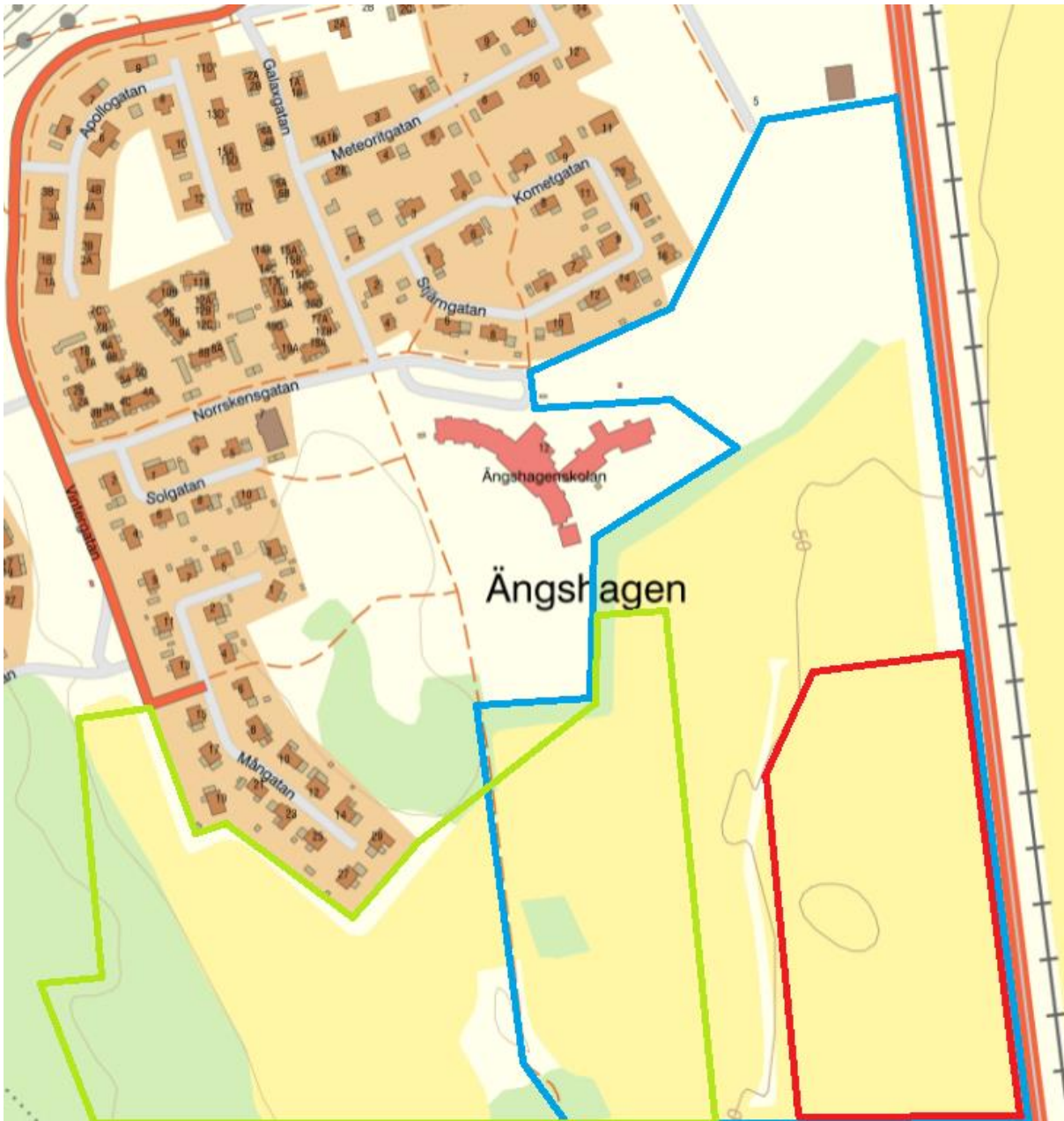
G-10.1-001	Plan	Skala 1:1500 (A1)
G-10.2-001	Enstaka borrhpunkter	Skala 1:100 (A1)
G-10.2-002	Enstaka borrhpunkter	Skala 1:100 (A1)
G-10.2-003	Enstaka borrhpunkter	Skala 1:100 (A1)

## 1 Objekt

På uppdrag av Sala kommun har Loxia utfört en geoteknisk undersökning för detaljplan, Ängshagen, Kristina 4:14, Sala. 2023 genomförde Loxia en kompletterande undersökning. En översikt av undersökningsområdets placering i förhållande till Sala kan ses i figur 1. En ungefärlig utbredning av undersökningsområdet kan ses i figur 2.



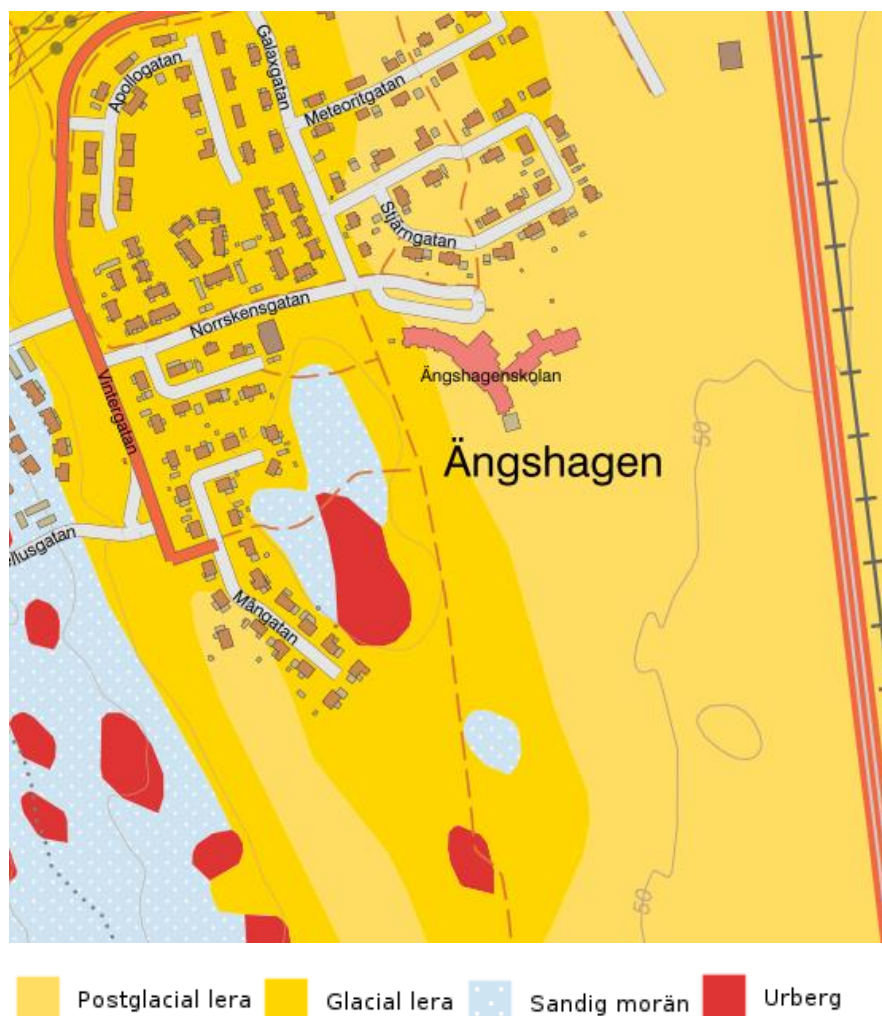
Figur 1: Översiktskarta för undersökningsområdet i förhållande till Sala. Ungefärligt läge av undersökningsområdet är markerat med en blå pil. Källa: Lantmäteriet 2022-02-22.



Figur 2: Undersökningsområdets ungefärliga utbredning, markerad med blå ruta. Röd ruta markerar ungefärligt läge där det ej genomförts någon undersökning på grund av annan markägare. Området inramat med grön linje är det ungefärliga läget av den kompletterande undersökningen som genomfördes 2023. Källa: Lantmäteriet 2022-03-22.

Enligt SGU:s (Sveriges geologiska undersökning) jordartskarta för området är det till största del postglacial lera med glacial lera längst den västra kanten, se figur 3. Förmodligen är det även glacial lera under den postglaciala leran i huvuddelen av området. Vid två platser i det sydvästra hörnet påvisas morän och berg i dagen enligt jordartskartan.

Vid den kompletterande undersökningen 2023 har området utvidgats mot väst. För majoriteten av det utvidgade området visar jordartskartan på glacial lera samt ett stråk av postglacial lera. Mot den västra kanten av det nya undersökningsområdet är det sandig morän samt urberg vid några platser, se figur 3.



Figur 3: Utdrag ur SGU:s jordartskarta. Den blekgula färgen som dominerar områdets östra del är post-glacial lera medan den klargula färgen i väster betecknar glacial lera. Ljusblått område med vita prickar är sandig morän och rött är urberg. Hämtad: 2023-06-26. © Sveriges geologiska undersökning.

## 2 Syfte

Denna Marktekniska Undersökningsrapport Geoteknik (MUR/Geo) utgör en sammanställning av resultat från utförda geotekniska undersökningar med syfte att utgöra underlag för detaljplan.

## 3 Underlag för undersökningen

- SGU:s jordartskarta för identifiering av jordartsförhållanden.
- Grundkarta, tillhandahållen av Sala kommun, daterad 2019-10-28.

## 4 Styrande dokument

- SS-EN 1997-2
- Geoteknisk fälthandbok – SGF Rapport 1:2013
- SGF/BGS beteckningssystem 2001:2 samt komplettering från 2013

Styrande dokument för fältmetoder respektive laboratoriemetoder redovisas i kapitel 9 och 10.

## 5 Geoteknisk kategori

Geoteknisk kategori bestäms vid detaljprojekteringen.

## 6 Arkivmaterial

- Projekterings-PM Geoteknik, Väg 70, gång- och cykelväg Kumla kyrkby-Sala, Trafikverket, Markera Mark Stockholm AB, 2021-02-19
- Översiktligt PM Geoteknik, Kristina 4:4, 4:11 samt 4:14 Sala kommun, Bjerking, 2010-02-11
- PM Miljöteknisk markundersökning, Kristina 4:4, 4:11 och 4:14, Sala kommun, Bjerking, 2010-02-11.

Tidigare geotekniska undersökningar som berör området redovisas som ritningar i bilaga 4 respektive 5.

## 7 Befintliga förhållanden

### 7.1 Topografi

Marknivån i undersökningspunkterna varierar mellan +48,9 i öst till +55,5 i väst. Med den nya undersökningen inkluderad varierar marknivån mellan +48,9 i öst till +59,5 vid det sydvästra hörnet av det utökade undersökningsområdet.

### 7.2 Ytbeskaffenhet

Ytbeskaffenheten är åker/ängsmark i största delen av området. I det sydvästra hörnet för det utökade undersökningsområdet är det skogsmark.

### 7.3 Befintliga konstruktioner

Strax utanför områdets nordvästra hörn är det en skola, Ängshagenskolan samt ett bostadsområde som även sträcker sig ner utanför områdets västra sida, samt norr om det utökade undersökningsområdet, se figur 2. Norrskensgatan går norr om Ängshagenskolan och till höger om området går väg 56. Norr och öster om det utökade undersökningsområdet finns villabebyggelse vid Mångatan.

## 8 Positionering

Plansystemet inom området är SWEREF 99 16 30 och höjdsystem RH 2000.

Undersökningspunkterna är inmätta av fältgeotekniker med GPS med noggrannhet enligt Mätningssklass B.

## 9 Geotekniska fältundersökningar

Styrande dokument för fältundersökningarna för respektive metod är följande:

- Jord-bergsondering (Jb): SGF Rapport 4:2012 och SGF Rapport 1:2013
- Trycksondering (Tr): SGF Rapport 1:2013
- Slagsondering (Slb): SGF Rapport 1:2013
- Viktsondering (Vim): ISO 22476-10:2017 OCH SGF Rapport 1:2013
- Skruvprovtagning (Skr): ISO 22475-1:2021 och SGF Rapport 1:2013
- Kolvprovtagning: ISO 22475-1:2021 och SGF Rapport 1:2013
- Provgropsgrävning (Pg): SGF Rapport 1:2013

### 9.1 Utförda fältförsök

Vid undersökningen har följande undersökningsmetoder använts:

- Jord-bergsondering (Jb2) i 1 punkt
- Trycksondering (Tr) i 20 punkter
- Slagsondering (Slb) i 10 punkter
- Viktsondering (Vim) i 5 punkter

Vid den kompletterande undersökningen har följande undersökningsmetoder använts:

- Trycksondering (Tr) i 12 punkter
- Slagsondering (Slb) i 5 punkter

Resultat av undersökningen redovisas i ritningarna G-10.2-001 till G-10.2-003.

### 9.2 Utförda provtagningar

Vid undersökningen har följande provtagning genomförts:

- Skruvprovtagning i 9 punkter
- Kolvprovtagning i 3 punkter

Vid den kompletterande undersökningen har följande provtagning genomförts:

- Skruvprovtagning i 6 punkter
- Kolvprovtagning i 2 punkter
- Provgropsgrävning i 4 punkter

Provhantering av störda- respektive ostörda geotekniska prover har utförts enligt SGF Rapport 1:2013 Fälthandbok Geoteknik.

### 9.3 Undersökningsperiod

Geoteknisk fältundersökning har utförts under februari 2022. Den kompletterande undersökningen genomfördes under juni 2023.

### 9.4 Fältingenjör

Fältarbetet har 2022 utförts av Gaia Survey AB under ledning av fältgeotekniker Alejandro Ortiz och Diego Velez med fältpersonal Allan Jamal. Den kompletterande undersökningen 2023 har utförts av Loxia Geotest med ansvarig fälttekniker Oscar Marklund, med övrig fältpersonal Tobias Johansson. Provgropsgrävning har utförts av entreprenör anlitad av beställaren under ledning av Lars Johansson, Loxia Mälardalen.

### 9.5 Kalibrering och certifiering

Tabell 1: Kalibrerad utrustning.

Utrustning	Senast kalibrerad	Undersökningsår
Geotech 604	2021-05-04	2022
Geotech 504-18	2021-11-12	2022
Geotech 604	2023-05-10	2023
Geotech 505	2022-02-24	2023

## 10 Geotekniska laboratorieundersökningar

Styrande dokument för laboratorieundersökningarna är följande:

- Jordartsbenämning: IEG Rapport 13:2010, SS-EN ISO 14688-1:2017 och ISO 14688-2:2017
- Materialtyp och tjälfarlighetsklass: AMA Anläggning 20
- Vattenkvot: SS-EN ISO 17892-1:2014 med tillägg ISO 17892-1:2014/Amd 1:2022
- Konflytgräns: f.d. SS 027120
- Skrymdensitet: ISO 17892:2-2014
- CRS: SS 027126
- Fallkonsförsök: ISO 17892-6:2017

## 10.1 Utförda undersökningar

Upptagna jordprov har analyserats på geotekniskt laboratorium. Analysen har omfattat benämning inklusive bestämning av materialtyp och tjälfarlighetsklass. På vissa lerprover har även vattenkvot respektive konflytgräns bestämts. För de ostörda proverna har även skrymdensitet, skjuvhållfasthet samt sensitivitet tagits fram, där sensitiviteten räknats fram genom skjuvhållfastheten dividerat med den omrörda skjuvhållfastheten. Det har även gjorts 8 CRS-försök. Se tabell 2 nedan för antal genomförda analyser.

Analyserna som omfattas i den kompletterande undersökningen 2023 är benämning inklusive bestämning av materialtyp och tjälfarlighetsklass. På vissa lerprover har även vattenkvot respektive konflytgräns bestämts. För de ostörda proverna har även skrymdensitet, skjuvhållfasthet samt sensitivitet tagits fram, där sensitiviteten räknats fram genom skjuvhållfastheten dividerat med den omrörda skjuvhållfastheten. Det har även gjorts 6 CRS-försök. Se tabell 3 nedan för antal genomförda analyser.

Tabell 2: Antal genomförda analyser.

	<b>Antal</b>
<b>Jordartsbenämning</b>	45
<b>Materialtyp/tjälfarlighetsklass</b>	45
<b>Vattenkvot</b>	19
<b>Konflytgräns</b>	19
<b>Skrymdensitet</b>	13
<b>CRS</b>	8
<b>Fallkon</b>	13
<b>Sensitivitet</b>	13

Tabell 3: Antal genomförda analyser vid den kompletterande undersökningen.

	<b>Antal</b>
<b>Jordartsbenämning</b>	30
<b>Materialtyp/tjälfarlighetsklass</b>	30
<b>Vattenkvot</b>	21
<b>Konflytgräns</b>	21
<b>Skrymdensitet</b>	10
<b>CRS</b>	6
<b>Fallkon</b>	10
<b>Sensitivitet</b>	10

Laboratorieresultat redovisas i bilaga 1, 2 och 3.

## 10.2 Undersökningsperiod

Undersökningen har utförts i mars 2022. Den kompletterande undersökningen har utförts i juni 2023.

## 10.3 Laboratorieingenjör

Undersökning har utförts av Per C, Magnus O och Joakim B på Loxias geotekniska laboratorium i Stockholm.

## 10.4 Kalibrering och certifiering

Laboratoriet följer de rutiner som anges i kap. 10.

## 10.5 Provförvaring

Provhantering av störda- respektive ostörda geotekniska prover har utförts enligt SGF Rapport 1:2013 Fälthandbok Geoteknik. Proverna sparas i 3 månader efter att fältundersökningen avslutats. Ostörda prover förvaras svalt.

## 11 Hydrogeologiska undersökningar

Det har installerats tre grundvattenrör, 22L01GW, 22L11GW och 22L20GW vid undersökningen som genomfördes 2022. Vid den kompletterande undersökningen 2023 installerades ytterligare 2 grundvattenrör, 23L06GV och 23L10GV. Mätningar i de rör som installerats 2022 har genomförts under februari 2022, maj 2023 samt januari och februari 2025. För de två rör som installerades 2023 har det genomförts mätningar i juni och juli 2023, enligt tabell 4. Vid mätningarna 2025 noterades det att rör 23L06GV var borta och att rör 23L10GV var påkört och därmed blivit snett. De styrande dokument och standarder som följts för installation av grundvattenrör är SS EN ISO 22475-1:2006.

Tabell 4: Grundvattenavläsningar i grundvattenrör 22L01GW, 22L11GW, 22L20GW, 23L06GV och 23L10GV.

ID	Avläsning	
	Datum	Djup / Nivå
22L01GW	2022-02-14	2,8 m.u.my / +48,2
	2023-05-31	2,55 m.u.my / +48,4
	2025-01-22	1,7 m.u.my / +49,3
	2025-02-02	1,57 m.u.my / +49,4
22L11GW	2022-02-14	3,3 m.u.my / +48,2
	2023-05-31	2,85 m.u.my / +48,6
	2025-01-22	2,04 m.u.my / +49,4
	2025-02-02	1,93 m.u.my / +49,5
22L20GW	2022-02-14	2,3 m.u.my / +47,8
	2023-05-31	0,87 m.u.my / +49,3
	2025-01-22	0,26 m.u.my / +49,9
	2025-02-02	0,26 m.u.my / +49,9
	2023-06-09	1,48 m.u.my / +52,0

23L06GV	2023-07-04	1,8 m.u.my / +51,7
23L10GV	2023-06-09	0,5 m.u.my / +51,8
	2023-07-04	1,13 m.u.my / +51,1
	2025-01-22	1,03* m.u.my / +51,2*

\*Röret är påkört och blivit snett, därmed har mätningen ett osäkert värde.

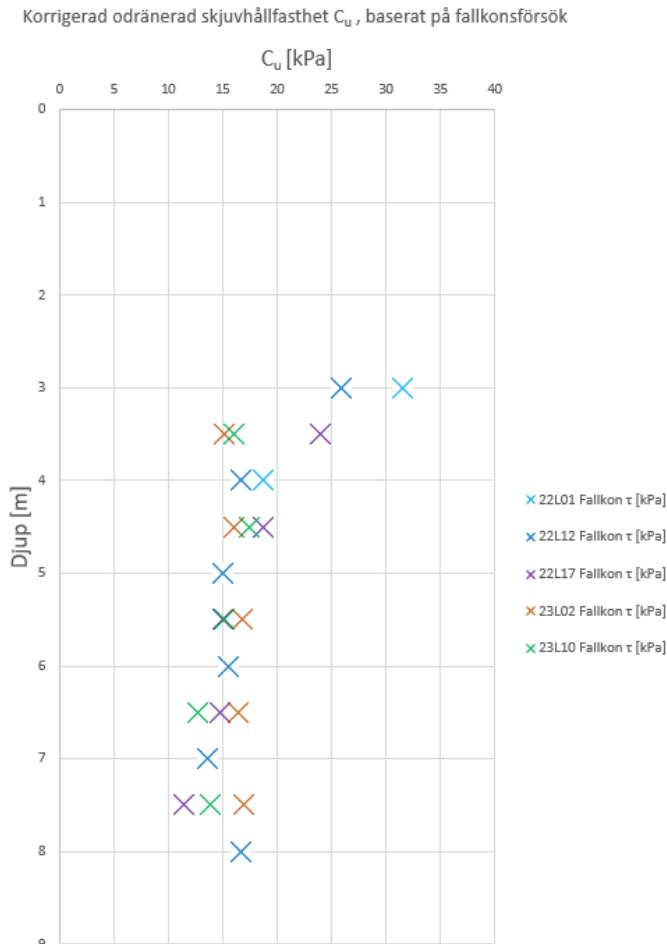
## 12 Miljötekniska fältundersökningar

Det har tidigare genomförts en miljöteknisk undersökning för en del av området, se kap. 6. I samband med den kompletterande geotekniska undersökningen 2023 genomfördes en miljöundersökning under ledning av Sweco i punkterna 23M01 – 23M07. Planläget på dessa punkter redovisas på ritning G-10.1-001. Resultatet av den miljötekniska markundersökningen redovisas av Sweco i särskild handling.

## 13 Härledda värden

Styrande dokument och standarder för framtagning av odränerad skjuvhållfasthet med hjälp av fallkonsförsök är SGI Information 3.

## 13.1 Skjuvhållfasthet



Figur 4: Odränerad skjuvhållfasthet från fallkonsförsök, korrigerat mot konflytgränsen.

## 13.2 Sättningsegenskaper

Se bilaga 3 med CRS-försök.

## 13.3 Hydrogeologiska förhållanden

Enligt SGU (Sveriges geologiska undersökning) har grundvattennivån i små magasin under februari 2022 varit under det normala/normalt i området. För slutet på maj 2023 har det varit under det normala, detsamma för början och mitten på juni 2023. För början på juli 2023 har grundvattennivån i små magasin varit mycket under det normala i området. Under slutet av januari var grundvattennivån över normal och på gränsen mot normal i området för små magasin. Under början

på februari var grundvattennivån i små magasin över normal och på gränsen mot mycket över normal i området.

För grundvattenavläsning i installerade grundvattenrör, se tabell 4 ovan. För permeabilitet som tagits fram vid CRS-försök, se bilaga 3.

## 14 Värdering av undersökningen

### 14.1 Generellt

Skruvprovtagningen i undersökningspunkt 22L08 har blivit flyttad till 22L11. I laboratorieprotokollet, bilaga 1, redovisas den dock felaktigt som 22L08.

Grundvattenrör 22L20GW har flyttats cirka 20 m mot punkt 22L12, se ritning G-10.1-001.

Vissa sonderingspunkter där både tryck- samt slagsondering utförts har slagsonderingen tagits bort i redovisningen för de djup som trycksondering genomförts.

Det har i fält noterats att grundvattenavläsningen som genomfördes 2023-06-09 i 23L06GV skedde innan funktionskontrollen.

### 14.2 Härledda värdens spridning och relevans

Den odränerade skjuvhållfastheten har relativt liten spridning mellan de olika punkterna.

## 15 Övrigt

Uppritningen av undersökningsresultatet har utförts med det AutoCAD-baserade programmet GeoSuite Presentation.