

MARKTEKNISK UNDERSÖKNINGSRAPPORT (MUR)/GEOTEKNIK  
**DETALJPLAN LOCKETORP, SKÖVDE**



SLUTRAPPORT

**UPPDRAG** 318683, Detaljplan Locketorp, Skövde  
Titel på rapport: Markteknisk undersökningsrapport (MUR) / Geoteknik  
Status: Slutrapport  
Datum: 2022-02-18

**MEDVERKANDE**

Beställare: Skövde Kommun  
Kontaktperson: Linda Kjerfve  
  
Konsult: Tyréns Sverige AB  
Uppdragsansvarig: Hilda Dahlin Joklint  
Handläggare: Anna Lindblom  
Kvalitetsgranskare: Jonas Karlsson

**REVIDERINGAR**

Revideringsdatum  
Version:  
Initialer:

En Markteknisk undersökningsrapport (MUR) är en faktabaserad handling som i detta fallet redovisar omfattning och resultat av utförda geotekniska, miljötekniska, hydrogeologiska och geofysiska undersökningar.

I föreliggande handling är samtliga nivåer angivna i höjdsystem RH 2000 om inget annat anges.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>OBJEKT .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ÄNDAMÅL OCH SYFTE .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>UNDERLAG .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>STYRANDE DOKUMENT .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>GEOTEKNISK KATEGORI .....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN .....</b>	<b>8</b>
	6.1 TOPOGRAFI OCH YTBEKÄFFENHET .....	8
	6.2 BEFINTLIGA KONSTRUKTIONER .....	9
<b>7</b>	<b>POSITIONERING .....</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>GEOTEKNISKA FÄLTUNDERSÖKNINGAR .....</b>	<b>10</b>
	8.1 UTFÖRDA SONDERINGAR .....	10
	8.2 UTFÖRDA PROVTAGNINGAR .....	10
	8.3 UNDERSÖKNINGSPERIOD .....	10
	8.4 FÄLTINGENJÖRER .....	10
	8.5 KALIBRERING OCH CERTIFIERING .....	10
	8.6 PROVHANTERING .....	11
<b>9</b>	<b>GEOTEKNISKA LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR .....</b>	<b>11</b>
	9.1 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR .....	11
	9.2 UNDERSÖKNINGSPERIOD .....	11
	9.3 LABORATORIEINGENJÖRER .....	11
	9.4 KALIBRERING OCH CERTIFIERING .....	11
	9.5 PROVFÖRVARING .....	11
<b>10</b>	<b>MILJÖTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR .....</b>	<b>12</b>
	10.1 UTFÖRDA FÄLTUNDERSÖKNINGAR .....	12
	10.2 UTFÖRDA LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR .....	12
	10.3 FÄLTINGENJÖRER .....	12
	10.4 UNDERSÖKNINGSPERIOD .....	12
<b>11</b>	<b>GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGAR .....</b>	<b>12</b>
	11.1 UTFÖRDA FÄLTUNDERSÖKNINGAR .....	12
	11.2 UNDERSÖKNINGSPERIOD .....	13

11.3	FÄLTINGENJÖRER .....	13
11.4	UTRUSTNING.....	13
12	<b>HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR.....</b>	<b>13</b>
12.1	UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR .....	13
12.1.1	GRUNDEVATTENNIVÅMÄTNING .....	13
12.2	UNDERSÖKNINGSPERIOD.....	13
12.3	FÄLTINGENJÖRER .....	13
13	<b>HÄRLEDDA VÄRDEN .....</b>	<b>13</b>
13.1	JORDARTSBESKRIVNING.....	13
13.2	HÅLLFASTHETS- OCH DEFORMATIONSEGENSKAPER.....	14
13.3	HYDROGEOLOGISKA EGENSKAPER .....	14
14	<b>VÄRDERING AV UNDERSÖKNING.....</b>	<b>15</b>
14.1	GENERELLT .....	15
14.2	HÄRLEDDA VÄRDENS SPRIDNING OCH RELEVANS.....	16
14.3	VÄRDERING AV GEOFYSSISK UNDERSÖKNING.....	16
15	<b>ÖVRIGT.....</b>	<b>16</b>

**Bilagor**

<i>Beteckning</i>	<i>Datum</i>	<i>Rev. datum</i>
Bilaga 1 - Härledda värden, hållfasthetsegenskaper	2021-12-14	
Bilaga 2 - Utvärdering CPT	2021-12-14	
Bilaga 3 - Fältdagbok och fältprotokoll	2021-12-14	
Bilaga 4 - Laboratorieprotokoll, störda och ostörda prover	2021-12-14	
Bilaga 5 - Kalibreringsprotokoll	2021-12-14	

**Ritningar**

<i>Beteckning</i>	<i>Typ, skala</i>	<i>Datum</i>	<i>Rev. datum</i>
	<b>Plan</b>		
G-11-1-01	Plan Södra delen, 1:3000	2021-11-25	
G-11-1-02	Plan Norra delen, 1:3000	2021-11-25	
G-11-1-03	Plan Översikt, 1:5000	2021-11-25	
	<b>Tvärsektion</b>		
G-11-2-01	Sektion A-A, 1:100 (H), 1:2500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-02	Sektion B-B, 1:100 (H), 1:2500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-03	Sektion C-C, 1:100 (H), 1:1500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-04	Sektion D-D, 1:100 (H), 1:2500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-05	Sektion E-E, 1:100 (H), 1:1500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-06	Sektion F-F, 1:100 (H), 1:2500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-07	Sektion G-G, H-H, 1:100 (H), 1:1500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-08	Sektion I-I, J-J, 1:100 (H), 1:1500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-09	Sektion K-K, L-L, 1:100 (H), 1:1500 (L)	2021-12-14	
	<b>Längdprofil, geoteknik</b>		
G-11-2-10	Profil 1, del 1, 1:100 (H), 1:2500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-11	Profil 1, del 2, 1:100 (H), 1:2500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-12	Profil 2, del 1, 1:100 (H), 1:2500 (L)	2021-12-14	
G-11-2-13	Profil 2, del 2, 1:100 (H), 1:2500 (L)	2021-12-14	
	<b>Separata undersökningspunkter</b>		
G-11-2-14	Separata undersökningspunkter jord-bergsondering, 21TY065, 21TY066, 1:100	2021-12-14	
G-11-2-15	Separata undersökningspunkter jord-bergsondering, 21TY067, 21TY068, 1:100	2021-12-14	

G-11-2-16	Separata undersökningspunkter jord-bergsondering, 21TY069, 21TY070, 21TY071, 1:100	2021-12-14
G-11-2-17	Separata undersökningspunkter jord-bergsondering, 21TY072, 21TY073, 21TY074, 1:100	2021-12-14
G-11-2-18	Separata undersökningspunkter jord-bergsondering, 21TY075, 21TY076, 1:100	2021-12-14
G-11-2-19	Separata undersökningspunkter jord-bergsondering, 21TY077, 21TY078, 21TY079, 1:100	2021-12-14
G-11-2-20	Separata undersökningspunkter jord-bergsondering, 21TY080, 21TY082, 1:100	2021-12-14
	<b>Längdprofil, geofysik</b>	
GF-10-2-01	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS1, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-02	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS2, del 1 av 3, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-03	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS2, del 2 av 3, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-04	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS2, del 3 av 3, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-05	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS3, del 1 av 3, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-06	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS3, del 2 av 3, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-07	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS3, del 3 av 3, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-08	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS4, del 1 av 3, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-09	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS4, del 2 av 3, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-10	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS4, del 3 av 3, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-11	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS5, del 1 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-12	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS5, del 2 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-13	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS5, del 3 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-14	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS5, del 4 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-15	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS5, del 5 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-16	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS5, del 6 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-17	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS6, del 1 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-18	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS6, del 2 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-19	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS6, del 3 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-20	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS6, del 4 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-21	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS6, del 5 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-22	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje NS6, del 6 av 6, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-23	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje VO1, del 1 av 2, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14
GF-10-2-24	Samgranskningsmodell, Geofysik (DCIP) resistivitet, Linje VO1, del 2 av 2, 1:100 (H), 1:400 (L)	2021-12-14

#### Tillhörande dokument/Hänvisningar

##### **Beteckning**

PM Geoteknik för Detaljplan  
Rapport Miljöteknisk markundersökning

##### **Datum**

2022-02-18  
2022-02-18

##### **Rev. datum**

## 1 OBJEKT

Tyréns Sverige AB har på uppdrag av Skövde kommun utfört en geoteknisk och miljöteknisk undersökning, för Detaljplan Locketorp, i Skövde. I samband med fältundersökningen har även geofysiska fältundersökningar utförts, i form av markresistivitet (DCIP).

Detaljplanområdet utgörs av ett område inom och kring nuvarande Skövde flygplats. Undersökningsområdet är beläget ca en mil nordöst om Skövde centrum och är markerat i Figur 1.



Figur 1 Lokalisering av undersökningsområdet markerat i rött, bifogat ortofoto över området i övre vänstra hörnet. Bild hämtad från Eniro.se.

Planarkitekt Linda Kjerfve har varit kontaktperson för uppdraget på Skövde kommun.

På Tyréns Sverige AB har Hilda Dahlin Joklint varit uppdragsansvarig samt teknikansvarig geoteknik och Anna Lindblom har varit geoteknisk handläggare. Intern granskning har utförts av Jonas Karlsson.

För de miljötekniska fältundersökningarna har Cecilia Mellander varit teknikansvarig miljöteknik och Mandana Farvardini har varit miljöteknisk handläggare. Geofysiska fältundersökningar har utförts av Daniel Karlsson och Erik Kangas. Teknikansvarig geofysik har varit Jonas Siikanen.

## 2 ÄNDAMÅL OCH SYFTE

Utförda undersökningar har syftat till att klargöra geotekniska och miljötekniska förutsättningar inom planområdet. Detaljplanen syftar till att möjliggöra industriverksamhet inom området och utförda undersökningar ska därför utgöra en grund inför fortsatt planering och projektering.

Vid tillfället för de geotekniska och miljötekniska fältundersökningarna var byggnaders placering eller omfattning inte kända.

### 3 UNDERLAG

Följande underlag har studerats inför upprättande av föreliggande rapport:

- [1] Jordarts-, berggrunds- och jorddjupskarta över området med tillhörande beskrivning från SGU.
- [2] Geoteknisk undersökning Skövde flygplats, upprättad av Scandiakonsult Väst AB, 1988-01-28.
- [3] Geoteknisk undersökning Skövde flygplats gokartbana, upprättad av Bygg-och Geokonsult AB, 2002-04-29.
- [4] Kartunderlag över klubbområdet för segelflyg i östra delen av Skövde flygplats, upprättat av Bygg-och Geokonsult AB, 1988-12-09.
- [5] Resultat PM Etapp 1, upprättad av Sweco Environment AB, 2019-04-11
- [6] Skövde flygplats undersökning av PFAS, upprättad av Sweco Environment AB, 2019-11-26.
- [7] Underlag gällande befintliga ledningar och servitut inom området, erhållet av berörda ledningsägare.

Vid framtagande av undersökningsprogram och val av undersökningsmetoder inför nu utförd undersökning har [1] studerats i vilket det framgår att undersökningsområdets ytliga jordlager förväntas utgöras av huvudsakligen isälvsediment av sand, ställvis förekommer även glacial lera. Jorddjupet uppskattas enligt [1] till 10-20 m i de södra samt centrala delarna av området och 5-10 m i de norra delarna.

Underlag [2], [3] och [4] redovisar en jordlagerföljd som från ytan utgörs av sand ovan siltig torrskorpelera följt av lera, silt och friktionsjord innan berg. Geotekniska provtagningar från [2] har arbetats in i Bilaga 1 till föreliggande handling.

Underlag [5] och [6] har studerats i samband med planering av de miljötekniska fältundersökningarna.

### 4 STYRANDE DOKUMENT

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997-1:2005 med tillhörande nationell bilaga. I tabellerna nedan redovisas styrande dokument för undersökningen.

**Tabell 1. Planering och redovisning.**

<i>Undersökningsmetod</i>	<i>Standard eller annat styrande dokument</i>
Fältplanering	SS-EN 1997-2:2007
Fältutförande	SGF Rapport 1:2013 samt SS-EN-ISO 22475-1
Beteckningssystem	SGF/BGS beteckningssystem 2001:2 samt av SGF kompletterat beteckningsblad, 2016-11-01
Fältutförande Geofysik	SGF Metodblad – Automatiserad Resistivitetsmätning 2008-01-01

**Tabell 2. Fältundersökningar.**

<i>Undersökningsmetod</i>	<i>Standard eller annat styrande dokument</i>
CPT, CPTu/ Spetstrycksondering	SS-EN ISO 22476-1:2012/SGF Rapport 1:2013

Mekanisk spetstrycksondering	SS-EN ISO 22476-12:2009
<b>Ej Europastandarder</b>	
Jb-3-sondering	SGF Rapport 4:2012/SGF Rapport 1:2013
Slagsondering	SGF Rapport 1:2013
<b>Provtagningar</b>	
Kategori A och B	SS-EN ISO 22475-1:2006/SGF Rapport 1:2013
Miljöprovtagning	SGF Rapport 2:2013

**Tabell 3. Laboratorieundersökningar.**

<i>Metod</i>	<i>Standard eller annat styrande dokument</i>
Klassificering	SS-EN ISO 14688-1
Materialtyp	AMA Anläggning 17
Tjälfarlighet	AMA Anläggning 17
Vattenkvot	SS-EN ISO 17892-1:2014
Skrymdensitet	SS-EN ISO 17892-2:2014
Ödometer	SS-EN ISO 17892-5:2017
Fallkon	SS-EN ISO 17892-6:2017

**Tabell 4. Hydrogeologiska undersökningar.**

<i>Metod</i>	<i>Standard eller annat styrande dokument</i>
Öppna system	SS-EN ISO 22475-1:2006
Fria vattenytor i borrhål	SGF Rapport 1:2013

## 5 GEOTEKNISK KATEGORI

Utförda undersökningar är utförda i enlighet med Geoteknisk kategori 2 för konstruktion/grundläggning.

## 6 BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN

### 6.1 TOPOGRAFI OCH YTBEKÄFFENHET

Undersökningsområdet är relativt plant med en svag lutning i nordlig riktning. Inmätta nivåer vid utförda undersökningspunkter varierar mellan +100,8 i söder och +87,3 i norr. Området sträcker ut sig över ca 2,7 km från norr till söder och ca 1,8 km i väst-östlig riktning där detaljplaneområdet är som bredast, motsvarande en yta om ca 2,8 km<sup>2</sup>. Undersökningsområdet är markerat med rött i Figur 2.





*Figur 2 Undersökningsområdet markerat i rött. Flygfoto från Eniro.*

Området inom befintligt flygplatsområde består främst av gräs och ljunghäcke. Ljunghäcket är präglad av håligheter fyllda med ytvatten.

Centralt i området ligger en asfalterad landningsbana som sträcker ut sig i nord-sydlig riktning. Väster om landningsbanan, i den centrala delen av området, finns hårdgjorda ytor i anslutning till befintliga byggnader liksom tillfartsvägar till landningsbanan. Runt den södra delen av flygplatsområdet löper en väg, som delvis är asfalterad, till två byggnader i den östra delen av flygplatsområdet.

I sydvästra delen av undersökningsområdet samt på västra och östra sidan om flygplatsområdet finns naturmark med skog, huvudsakligen utgjord av tall. Söder om infarten till flygplatsen samt väster om de centralt belägna byggnaderna har skogen avverkat. Det var också avverkat i den sydvästra delen av flygplatsområdet.

Öster om området rinner Rallebäcken och Alebäcksbäcken ihop med Klämmabäcken norr om undersökningsområdet. I sydvästra delen av undersökningsområdet samt utmed den västra sidan finns vattendrag i form av bäckar som rinner ihop med Klämmabäcken i norr. Anlagda diken finns på vardera sida om landningsbanan och förekommer ställvis inom flygplatsområdet.

Det finns en större infart till området vid flygplatsen samt en mindre vid motorbanan.

## **6.2 BEFINTLIGA KONSTRUKTIONER**

Inom området finns vid tidpunkten för undersökningarna flera byggnader kopplade till flygplatsverksamheten, belägna väster om landningsbanan centralt inom området. I östra delen av undersökningsområdet finns ytterligare två byggnader i vilka Skövde Flygklubb har sina

lokaler. I den södra delen av området ligger Skövde Motorstadion där en motorbana samt Gokartbana finns med tillhörande byggnader.

Vid tidpunkten för utförda undersökningar fanns, inom och/eller i anslutning till undersökningsområdet, markförlagda ledningar för belysning, fiber, och VA. Utöver de fanns även rättigheter och servitut för ledningar inom området.

## 7 POSITIONERING

Utsättning och inmätning av geotekniska undersökningspunkter har utförts av Lars Börjesson, Skövde Kommun samt Alexander Fäldt, Tyréns Sverige AB i mätklass A enligt SGF Rapport 1:2013.

Utsättning av geofysiska mätlinjer har utförts av Lars Börjesson, Skövde Kommun och tillhörande jord-bergsonderingar har satts ut av Alexander Fäldt, Tyréns Sverige AB. Inmätning har utförts av Erik Kangas, Tyréns Sverige AB i mätklass B enligt SGF Rapport 1:2013.

- Koordinatsystem: SWEREF 99 13 30.
- Höjdsystem: RH 2000.

## 8 GEOTEKNISKA FÄLTUNDERSÖKNINGAR

### 8.1 UTFÖRDA SONDERINGAR

Aktuella sonderingar omfattar:

- CPT-sondering (CPT) i 7 st undersökningspunkter.
- Trycksondering (Tr) i 39 st undersökningspunkter.
- Slagsondering (Slb) i 20 st undersökningspunkter.
- Jord-bergsondering (Jb-3) i 17 st undersökningspunkter.

Utförda sonderingar redovisas i plan och sektion, se ritningsförteckning.

### 8.2 UTFÖRDA PROVTAGNINGAR

Aktuella provtagningar omfattar:

- Störd provtagning med skruvborr (Skr) i 28 st geotekniska undersökningspunkter.
- Ostörd provtagning med kolvprovtagare (St II) i 2 st undersökningspunkter.

Utförda provtagningar redovisas i plan och sektion, se ritningsförteckning.

### 8.3 UNDERSÖKNINGSPERIOD

Undersökningarna har utförts under oktober och november 2021.

### 8.4 FÄLTINGENJÖRER

Fältarbetet har utförts av Flemming Hansen och Alexander Fäldt, fältingenjörer på Tyréns Sverige AB.

### 8.5 KALIBRERING OCH CERTIFIERING

Utförda undersökningar har utförts med borrhandsvagn av modell Geotech 604 10480 samt Geotech 505 15504, kalibreringscertifikat för borrhandsvagnar och CPT är bifogade i Bilaga 5.

**Tabell 5. Utrustning och kalibrering.**

<i>Utrustning</i>	<i>Datum</i>	<i>Kalibrerad av</i>
Borrbandvagn 604 10480	2021-01-26	Ove Karlsson, Geotech AB
Borrbandvagn 505 15504	2021-09-09	Richard Trygg, Geotech AB
CPT 4231	2021-01-13	Alexander Dahlin, Geotech AB
CPT 5460	2021-09-09	Alexander Dahlin, Geotech AB

## 8.6 PROVHANTERING

De geotekniska jordproverna har hanterats i enlighet med SGF Rapport 1:2013. Störda prover har förvarats och transporterats i märkta plastpåsar.

# 9 GEOTEKNISKA LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

## 9.1 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

Aktuella laboratorieundersökningar omfattar:

- Jordartsbenämning av 12 st prover.
- Bestämning avseende materialtyp och tjälfarlighetsklass av 10 st prover.
- Bestämning av vattenkvot av 12 st prover.
- Rutinundersökning avseende störda prover (jordartsbenämning, vattenkvot, konflytgräns) av 4 st prover.
- Rutinundersökning avseende ostörda prover (okulär jordartsbenämning, konflytgräns, vattenkvot, skrymdensitet, odränerad skjuvhållfasthet, sensitivitet) av 8 st prover.
- CRS-försök av 6 st prover.

Utförda laboratorieundersökningar redovisas i Bilaga 4 samt i ritningar, se ritningsförteckning ovan.

## 9.2 UNDERSÖKNINGSPERIOD

Laboratorieundersökningar har utförts under vecka 43 samt vecka 44 2021.

## 9.3 LABORATORIEINGENJÖRER

Laboratorieundersökningar avseende jordartsbenämning, bestämning av materialtyp och tjälfarlighetsklass, vattenkvot samt konflytgräns för störda jordprover har utförts av Alma Zerem Hrvat, laboratorieingenjör på WSP Sverige AB i Göteborg.

Rutinundersökning avseende ostörda prover, motsvarande jordartsbenämning, bestämning av vattenkvot, konflytgräns, sensitivitet, densitet och konförsök, samt CRS-försök har utförts av Meraf Berhe och Helena Seger laboratorieingenjörer på Mitta AB i Kungsbacka.

## 9.4 KALIBRERING OCH CERTIFIERING

Information angående kalibrering och certifiering ges vid förfrågan.

## 9.5 PROVFÖRVARING

Jordproverna har efter mottagande förvarats svalt.

## 10 MILJÖTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

I samband med den geotekniska fältundersökningen utfördes även miljötekniska markundersökningar i fält och därefter på miljötekniskt laboratorium. Resultatet av dessa undersökningar redovisas i sin helhet i Rapport "Miljöteknisk markundersökning" tillhörande detta uppdrag.

Undersökningspunkternas lägen redovisas i plan och delvis också i sektion, se ritningsförteckning ovan. Nedan redovisas omfattningen av den miljötekniska fältundersökningen.

### 10.1 UTFÖRDA FÄLTUNDERSÖKNINGAR

Aktuella miljötekniska fältundersökningar omfattar:

- Miljöprovtagning av jord i 36 skruvprovtagningspunkter.
- Miljöprovtagning av grundvatten i 17 st installerade grundvattenrör.
- Miljöprovtagning av ytvatten i 14 st punkter.
- Miljöprovtagning av sediment i 10 st punkter.

### 10.2 UTFÖRDA LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

Upptagna miljöprover har analyserats på Eurofins ett miljötekniskt laboratorium i Göteborg, avseende BTEX, alifater, aromater, PAH och PFAS. Upptagna vattenprover har också analyserats avseende glykol, screening och fys/kem. För fullständig lista, se Rapport "Miljöteknisk markundersökning".

### 10.3 FÄLTINGENJÖRER

Det miljötekniska fältarbetet har utförts av fältingenjörer Flemming Hansen och Alexander Fäldt, samt av miljöhandläggare Cecilia Mellander och Mandana Farvardini, Tyréns Sverige AB.

### 10.4 UNDERSÖKNINGSPERIOD

Fält- och laboratorieundersökningarna har utförts under oktober och november månad år 2021.

## 11 GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGAR

I samband med den geotekniska fältundersökningen utfördes även en geofysisk undersökning, s.k. resistivitmätning (DCIP), i syfte att bland annat klarlägga de geotekniska förhållandena (djup till berg) över ett större område. Resultatet av dessa mätningar redovisas i ritningar enligt ritningsförteckning ovan.

### 11.1 UTFÖRDA FÄLTUNDERSÖKNINGAR

Aktuella geofysiska fältundersökningar omfattar mätning av markresistivitet i sammanlagt 6 nord-sydliga linjer samt en ost-västlig linje. Aktuella mätlinjer redovisas i Tabell 6.

**Tabell 6** Utförda geofysiska mätlinjer

ID Mätlinje	Riktning	Längd (m)	Elektrodstånd (m)	Elektrodkonfiguration	Metod
NS1	SYDNORDLIG	300	5	GradientXL	RES*
NS2	SYDNORDLIG	600	2	GradientXL	RES/IP
NS3	SYDNORDLIG	600	5	GradientXL	RES*
NS4	SYDNORDLIG	700	5	GradientXL	RES*
NS5	SYDNORDLIG	1300	5	GradientXL	RES*

NS6	SYDNORDLIG	1200	5	GradientXL	RES*
VO1	VÄSTOSTLIG	500	5	GradientXL	RES*

\*Mätningarna är utförda med pulstider och samplingsfrekvens så att IP-data är möjlig att extrahera.

### 11.2 UNDERSÖKNINGSPERIOD

Den geofysiska fältundersökningen utfördes under november månad år 2021.

### 11.3 FÄLTINGENJÖRER

Det geofysiska fältarbetet har utförts av Daniel Karlsson och Erik Kangas, fältgeofysiker på Tyréns Sverige AB.

### 11.4 UTRUSTNING

Utförda undersökningar har utförts med DCIP av modell Terrameter LS från Guideline Geo AB. Använda kabelsystem är med 2 meter och 5 meter elektrodseparation.

## 12 HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR

### 12.1 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

Aktuella hydrogeologiska undersökningar omfattar:

- Installation av grundvattenrör (Rf) i 7 st geotekniska undersökningspunkter (benämnda 21TYXXXG). Installerade grundvattenrör utgörs av 3 st 1-tum stålrör med 0,5 m filterlängd och 4 st 2-tum stålrör med 1 m filterlängd.
- Installation av grundvattenrör (Rf) i 17 st miljötekniska markundersökningspunkter (benämnda 21TYXXXR). De miljötekniska grundvattenrören utgörs av PEH-rör (Ø=63 mm) med 0,5 m filterlängd.
- Hydrauliska tester i form av slugtester i 4 grundvattenrör av stål (2-tum).

Utförda hydrogeologiska undersökningar redovisas i plan och sektion, se ritningsförteckning ovan.

#### 12.1.1 GRUNDVATTENNIVÅMÄTNING

De geotekniska grundvattenrören (21TYXXXG) har lodats vid 1-3 tillfällen. De miljötekniska grundvattenrören har lodats vid 2-3 tillfällen. Fri vattenyta i skruvborrhål har observerats i 21 undersökningspunkter.

### 12.2 UNDERSÖKNINGSPERIOD

Hydrogeologiska undersökningar har utförts under oktober och november månad 2021.

### 12.3 FÄLTINGENJÖRER

Installation av grundvattenrör har utförts av Flemming Hansen och Alexander Fäldt, Tyréns Sverige AB. Lodning av grundvattennivåer efter installationstillfället har utförts av Alexander Fäldt, Cecilia Mellander, Anna Lindblom och Mandana Farvardini, Tyréns Sverige AB.

## 13 HÄRLEDDA VÄRDEN

### 13.1 JORDARTSBESKRIVNING

För fullständig redovisning av påträffade jordarter, materialtyp och tjälfarlighetsklass, se Bilaga 4 och ritningar i sektion och profil, enligt förteckning ovan.

### 13.2 HÅLLFASTHETS- OCH DEFORMATIONSEGENSKAPER

Härledda värden för hållfasthetsegenskaper (odränerad skjuvhållfasthet  $c_u$  och inre friktionsvinkel  $\phi'$ ) samt deformationsegenskaper (moduler) ( $E$ -modul) från utförda CPT-sonderingar och CRS-försök redovisas i Bilaga 1, 2 och 4.

Utvärdering av CPT- resultat har utförts med datorprogrammet Conrad version 3.1.1 (SGI, 2006) med stöd av SS-EN 1997-1 (Eurokod 7) och SGI Information 15.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet har korrigerats med hänsyn till uppmätt konflytgräns.

### 13.3 HYDROGEOLOGISKA EGENSKAPER

Vid utförda skruvprovtagningar har en fri vattenyta noterats i 21 borrhål på djup som varierar mellan 0,1 och 1,3 m u my, se ritningar i sektion och profil enligt ovan.

I installerade grundvattenrör har grundvattennivån mätts vid 1-3 tillfällen efter installationstillfället, med noteringar om grundvatten på nivåer som anges i Tabell 7.

**Tabell 7. Uppmätta grundvattennivåer i installerade grundvattenrör, siffrorna redovisar plushöjder (nivå).**

			<b>Uppmätta grundvattennivåer</b>								
			2021								
<b>Undersök- nings- punkt</b>	<b>Mark- nivå</b>	<b>Spets- nivå</b>	08/10	12/10	13/10	4/11	5/11	9/11	10/11	16/11	17/11
21TY001R	87,33	83,39	86,65	-	86,50	-	-	-	-	-	-
21TY004G	89,33	83,89	-	-	-	-	-	-	87,49	-	87,43
21TY007R	92,72	91,1	92,58	-	92,25	-	-	-	-	-	-
21TY010R	95,41	93,92	94,42	-	94,36	-	-	-	-	-	-
21TY014G	96,68	84,83	-	-	-	-	-	-	96,25	-	96,09
21TY017R	98,11	95,43	96,47	-	96,44	-	-	-	-	-	-
21TY020R	100,15	98,18	98,89	-	99,65	-	-	-	-	-	-
21TY023R	100,80	97,29	-	100,49	100,39	-	-	100,5	-	-	-
21TY025R	99,70	95,72	-	99,17	96,59	-	-	-	-	-	-
21TY026R	99,02	97,58	-	98,68	98,63	-	-	-	-	-	-
21TY028R	97,87	94,32	97,77	97,66	-	-	-	-	-	-	-
21TY030R	97,47	95,95	-	97,45	97,47	-	-	-	-	-	-
21TY037R	99,84	96,78	-	99,38	99,31	-	-	99,52	-	-	-
21TY043G	99,70	89,65	-	-	-	-	-	96,64	-	-	-
21TY046R	97,16	95,69	96,27	96,18	-	-	-	-	-	-	-
21TY047R	97,72	95,62	96,22	96,18	-	-	-	-	-	-	-
21TY048R	98,09	96,66	-	97,71	97,66	-	-	97,82	-	-	-
21TY050R	97,77	94,77	-	-	-	95,87	-	-	95,91	-	-
21TY063R	97,67	94,98	-	-	-	96,74	96,89	-	-	-	-
21TY074G	95,38	87,37	-	-	-	-	-	-	-	94,98	94,99
21TY079G	92,07	79,37	-	-	-	-	-	-	-	91,53	90,53
21TY080G	96,24	82,14	-	-	-	-	-	-	-	95,90	95,69
21TY082G	97,94	81,99	-	-	-	-	-	97,56	-	97,51	97,51

## 14 VÄRDERING AV UNDERSÖKNING

### 14.1 GENERELLT

Den geotekniska och miljötekniska fältundersökningen påbörjades i oktober 2021 med avsikt att översiktligt undersöka planområdet avseende jordlagerföljd och eventuella markföroreningar. Utifrån resultatet från dessa fält- och miljötekniska laboratorieundersökningar har undersökningsprogrammet kompletterats efterhand.

I samband med beslut om att utföra geofysiska resistivitetsmätningar tillkom jord-bergsonderingar i syfte att kalibreras mot geofysiklinjerna. Vid samma tillfälle installerades också grundvattenrör, med spetsar i nivå med överkant berg.

De hydrauliska testerna i form av slugtester utfördes under vecka 45, 2021 i samband med den miljötekniska provtagningen av grundvatten. Syftet var att undersöka underliggande friktionsmaterials hydrauliska konduktivitet, genom att en momentan tryckstörning (höjning av grundvattennivån) skapades i de installerade 2-tumsrören av stål. Återhämtning av grundvattennivån mättes därefter med hjälp av en tryckgivare, s. k. diver, med ett 3-sekundersintervall under ett dygn. Det visade sig att grundvattenytan inte fullt hade återhämtat sig efter den miljötekniska provtagningen, så resultatet från utförda slugtester redovisas därför inte i denna handling.

#### **14.2 HÄRLEDDA VÄRDENS SPRIDNING OCH RELEVANS**

Någon riktad undersökning med avseende på blockförekomst har inte utförts inom undersökningsområdet. I utförda jord-bergsonderingar redovisas i sonderingsstapeln om block har påträffats, se ritningar enligt ritningsförteckning ovan.

#### **14.3 VÄRDERING AV GEOFYSISK UNDERSÖKNING**

Geofysiska mätningar redovisar markens fysikaliska egenskaper och i detta uppdrag har en geoelektrisk metod (DCIP) använts där mätdata utgörs av förändringar i de elektriska egenskaperna i marken. De elektriska egenskaperna påverkas mer eller mindre av omgivande material och så kallade 3D-effekter finns alltid närvarande. Tolkningen skall därför beaktas som översiktlig.

Tolkade lager och objekt blir närmare sanningen om det är möjligt att jämföra med geoteknisk information, t.ex. sondering eller provgrop. I denna undersökning har resistivitetsmodellen korrelerats mot ett antal geotekniska sonderingar och miljögeotekniska provtagningar. Resistivitetsmodellens noggrannhet ökar om ytterligare geoteknisk eller miljögeoteknisk information tillkommer.

Använd mätteknik och modellering av mätdata baseras på laterala förändringar i marken vilket medför att små lokala vertikala förändringar kan ibland överskuggas av omgivande material.

Generellt bedöms mätdata vara av god kvalitet.

Tolkningarna kan komma att ändras om ytterligare geoteknisk eller miljögeoteknisk information tillkommer.

## **15 ÖVRIGT**

För förklaring till de geotekniska beteckningarna som redovisas i bifogade handlingar och ritningar, se SGF:s (Svenska Geotekniska Förening) hemsida: [www.sgf.net](http://www.sgf.net).