

PM/GEOTEKNIK

KATRINEHOLMS KOMMUN

KERSTINBODA, KATRINEHOLM

ÖVERSIKTLIG GEOTEKNISK UTREDNING FÖR PLANERADE
LOKALGATOR

INLEDANDE PROJEKTERINGSUNDERLAG

INNOVATION
BY EXPERIENCE





Handläggare
Martin Jansson

E-post
martin.jansson@afconsult.com

Adress
ÅF-Infrastructure AB
Hospitalsgatan 30
602 27 Norrköping

Granskare
Axel Lehmann

Beställare
Katrineholms kommun

Datum
2019-01-31

Uppdragsnummer
761158

ÅF-Infrastructure AB
Telefon vxl. 010-505 00 00
Huvudkontor i Stockholm
www.afconsult.com
Organisationsnummer 556185-2103
VAT SE556185210301



Innehållsförteckning

1 Bakgrund	3
2 Uppdrag	3
3 Underlag för PM	3
4 Utförda undersökningar	3
5 Planerade konstruktioner	4
6 Geotekniska förhållanden.....	4
6.1 Jordlager	4
6.2 Grundvatten	4
7 Sättningar.....	4
7.1 Sättningsberäkningar	5
7.2 Sättningsförlopp	6
8 Stabilitet.....	6
9 Grundläggning av lokalgator.....	7
9.1 Byggmetoder på torv	7
9.2 Rekommenderad byggmetod.....	8
10 Rekommendationer för det fortsatta arbetet	8
11 Övrigt.....	9



1 Bakgrund

Katrineholms kommun avser omvandla ett skogsområde i Kerstinboda i Katrineholm till industrimark. I samband med denna omvandling avser kommunen bygga lokalgator inom området.

Aktuellt område ligger strax nordost om korsningen mellan Högmossenvägen och Ljungvägen i den västra delen av Katrineholm. Se figur 1.



Figur 1. Ungefärligt läge för aktuellt område markeras med röda linjer. Norr är uppåt i bilden.

2 Uppdrag

ÅF-Infrastructure AB har på uppdrag av Katrineholms kommun utfört en översiktlig geoteknisk utredning för planerade lokalgator vid Kerstinboda. Syftet med utredningen har varit att ta fram övergripande rekommendationer för grundläggning av planerade lokalgator.

Denna handling är ett inledande projekteringsunderlag och behandlar endast rekommendationer och anvisningar för den inledande projekteringen av planerade lokalgator.

3 Underlag för PM

Underlag utgörs av:

- [1] *Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik, Kerstinboda, Katrineholm, Översiktlig geoteknisk undersökning för planerade lokalgator.* Handling upprättad av ÅF-Infrastructure AB, uppdragsnummer 761158, daterad 2019-01-31.

4 Utförda undersökningar

Inom detta uppdrag utförda undersökningar redovisas i separat handling, Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik, underlag [1]. Denna handling benämns i nedanstående text som MUR/Geo.



5 Planerade konstruktioner

Detaljerade uppgifter om planerade lokalgator, såsom höjdsättning, saknas i detta skede.

6 Geotekniska förhållanden

6.1 Jordlager

Den naturligt lagrade jorden i området består övergripande av ca 1,5 – 5 m torv följt av ca 3 – 10,5 m lera ovan minst ca 0 – 11 m silt. Silten följs bedömt av friktionsjord på berg. I den södra delen av området, inom fastigheten Upplaget 2, förekommer ca 1,5 m fyllningsmaterial ovan den naturligt lagrade jorden. Fyllningsmaterialet består bedömt av grus och sand.

Torvmäktigheten i området är överlag ca 3,5 – 5 m förutom i den södra delen av området, vid undersökningspunkt 18A10, där torvmäktigheten är ca 1,5 m.

Leran i området är lokalt siltig. Mäktigheten lera är som minst i den södra delen av området, vid undersökningspunkt 18A10, och som störst i den östra delen av området vid undersökningspunkt 18A05.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet har undersökts vid en punkt i området, punkt 18A03. Vid denna punkt ökar skjuvhållfastheten relativt linjärt med djupet från ca 6,5 kPa vid djup 5,5 m till ca 11,5 kPa vid djup 10,5 m. Skjuvhållfastheten klassas utifrån dessa värden som extremt låg till mycket låg.

Leran vid punkt 18A03 är låg- till mellansensitiv med sensitivitetvärden som varierar mellan 7 – 18.

Jorden i området har en total mäktighet om minst ca 6 – 22,5 m.

6.2 Grundvatten

Utförda observationer av grundvattnets trycknivå i området visar på en trycknivåyta som, under slutet av december 2018 och början av januari 2019, ligger på ca +42,4 – +43,6. Detta motsvarar en trycknivåyta som ligger ca 0,5 – 0,7 m under nuvarande markyta i området.

7 Sättningar

Lerans deformationsegenskaper har undersökts i punkt 18A03. CRS-försök har genomförts på tre lerkolvprover från punkten.

Inga analyser av deformationsegenskaper för torven i området har genomförts. Torvens deformationsegenskaper har istället grovt uppskattats ur figur 19 – 21 i SGI Information 6 med hjälp av en antagen vattenkvot som i medeltal uppgår till 1000 %. Följande värden har då erhållits:

$$\sigma'_L - \sigma'_C = 13 \text{ kPa}, M_L = 55 \text{ kPa}, M' = 7,2.$$



7.1 Sättningsberäkningar

Sättningsberäkningar för punkt 18A03 har utförts för två olika jordlagerprofiler; profil A och profil B enligt nedan:

- Jordlagerprofil överensstämmande med den som redovisas för undersökningspunkt 18A03 på ritning G-10.2-002 tillhörande MUR/Geo. Torven i profilen har antagits vara normalkonsoliderad.
- Jordlagerprofil där torven har ersatts med fyllningsmaterial upp till nuvarande marknivåer. I övrigt överensstämmer jordlagerprofilen med den som redovisas för undersökningspunkt 18A03 enligt ovan. Fyllningsmaterialet vid ersättningen av torven har antagits bestå av friktionsjord med en skrymdensitet om $2,0 \text{ t/m}^3$ samt en effektiv densitet om $1,2 \text{ t/m}^3$.

För båda jordlagerprofilerna har sättningsberäkningar utförts för fem olika belastningsfall. Belastningsfallen representerar en teoretisk höjning av markytan inom samt invid gatuområdet med +0,0 m, +0,5 m, +1,0 m, +1,5 m samt +2,0 m. Belastningsfallen har valts i syfte att belysa torvens och lerans sättningsbenägenhet. Fyllningsmaterialet vid markytehöjningarna har antagits bestå av friktionsjord med en skrymdensitet om $2,0 \text{ t/m}^3$.

Vid beräkningarna har endast primära konsolideringssättningar beaktats. Sekundära konsolideringssättningar, så kallade krypsättningar, har ej beaktats.

Resultaten från sättningsberäkningarna redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Resultat från sättningsberäkningar för undersökningspunkt 18A03. De primära konsolideringssättningarnas totala ungefärliga storlek för respektive scenario redovisas i kursiv stil. För jordlagerprofil A sker även en separat redovisning av ungefärlig storlek på konsolideringssättningarna i leran (L) respektive torven (T). Förkortningar: J.p. = jordlagerprofil, gv = grundvatten, u my = under markytan

J.p.	Läge gv-tryckyta		Belastningsfall				
	Djup [m u my]	Nivå	+0,0 m	+0,5 m	+1,0 m	+1,5 m	+2,0 m
A	0,6	+43,6	<i>2 cm</i>	<i>96 cm</i>	<i>178 cm</i>	<i>226 cm</i>	<i>264 cm</i>
			<i>L 2 cm</i>	<i>L 9 cm</i>	<i>L 21 cm</i>	<i>L 34 cm</i>	<i>L 50 cm</i>
			<i>T 0 cm</i>	<i>T 87 cm</i>	<i>T 157 cm</i>	<i>T 192 cm</i>	<i>T 214 cm</i>
B	0,6	+43,6	<i>72 cm</i>	<i>93 cm</i>	<i>111 cm</i>	<i>126 cm</i>	<i>137 cm</i>

Resultaten som redovisas för jordlagerprofil A i tabellen visar att marken vid 18A03 är under pågående sättning redan vid nuvarande marknivå och att även små tillkommande laster kommer medföra ökade konsolideringssättningar. Storleken på de kvarvarande konsolideringssättningarna uppgår till ca 2 cm.

Konsolideringssättningarnas storlek är proportionell mot torvens och lerans mäktighet. Grovt kan man säga att ju större torv- och lermäktigheten är desto större blir de totala sättningarna oavsett vilken nivå markytan höjs till. Framförallt är det torvmäktigheten som avgör hur stora sättningarna blir, något som tydligt framgår av resultatredovisningen för jordlagerprofil A i tabell 1. Inom aktuellt område kan de totala sättningarna förväntas bli som störst i de centrala och östra delarna vid/invid undersökningspunkt 18A02 – 18A06.



7.2 Sättningsförlopp

Generellt utvecklingsförlopp för de primära konsolideringssättningarna vid 18A03 redovisas i tabell 2 och 3 i form av medelkonsolideringsgraden U .

Medelkonsolideringsgraden anger, i procent, hur stor del av den totala sättningen som har hunnit utvecklas vid en viss tidpunkt i sättningsförloppet.

För leran har medelkonsolideringsgraden utvärderats med ett beräknat medelvärde på konsolideringskoefficienten $c_{v, \min}$ på ca $5,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ för undersökningspunkt 18A03. Dubbelsidig dränering har antagits för leran.

För torven har medelkonsolideringsgraden uppskattats med hjälp av diagram och ekvation i figur 31 i SGI Information 6. Uppskattningen har utförts för en antagen vattenkvot som i medeltal uppgår till 1000 %. Enkelsidig dränering har antagits för torven.

Tabell 2. Generellt utvecklingsförlopp för primära konsolideringssättningar i leran vid undersökningspunkt 18A03. Medelkonsolideringsgraden U redovisas i kursiv stil. Förkortningar: J.p. = jordlagerprofil

J.p.	Tid [år efter pålastning]								
	1	3	5	10	20	30	50	75	100
A, B	9 %	16 %	21 %	30 %	42 %	51 %	65 %	77 %	85 %

Tabell 3. Generellt utvecklingsförlopp för primära konsolideringssättningar i torven vid undersökningspunkt 18A03. Medelkonsolideringsgraden U redovisas i kursiv stil. Förkortningar: J.p. = jordlagerprofil

J.p.	Tid [dygn efter pålastning]	Belastningsfall				
		+0,0 m	+0,5 m	+1,0 m	+1,5 m	+2,0 m
A	10	---	46 %	44 %	43 %	43 %
	50	---	64 %	58 %	55 %	53 %
	100	---	78 %	70 %	66 %	64 %
	150	---	87 %	79 %	75 %	72 %
	200	---	92 %	85 %	81 %	78 %
	300	---	97 %	93 %	89 %	87 %
	400	---	99 %	96 %	94 %	92 %
	600	---	~100 %	99 %	98 %	97 %
	900	---	---	~100 %	~100 %	99 %

8 Stabilitet

Stabiliteten i området är tillfredsställande under rådande förhållanden. På grund av torvens mäktighet, samt de normalt relativt låga värdena på hållfasthetsparametrarna för torv, så kan dock stabilitetsproblem komma att uppstå vid belastning av marken i området och/eller vid schaktning i området. Exempelvis schakt för VA-ledningar m.fl. kommer bedömt behöva utföras inom temporär stödkonstruktion för att motverka stabilitetsproblem och lokala skred vid/invid schakten. Vid schaktning för VA-ledningar m.fl. kommer man även bedömt behöva sänka grundvattentrycknivån vid/invid schakten (genom pumpning) i syfte att förbättra stabilitetsförhållandena.



9 Grundläggning av lokalgator

9.1 Byggmetoder på torv

Oavsett höjdsättning så kommer byggmetoden för lokalgatorna behöva anpassas till torvens mäktighet samt de sättnings- och stabilitetsproblem som torven kan ge upphov till. De metoder som vanligen används vid byggande på torv är:

- *Urgrävning och återfyllning.* Torven grävs bort och schakten återfylls med kontrollerat fyllningsmaterial upp till önskade nivåer.
- *Undanpressning.* Marken belastas till dess att brott uppstår i torven. Torven pressas undan åt sidorna och det belastande fyllningsmaterialet sjunker ner och ersätter torven (helt eller delvis) i jordlagerprofilen.
- *Förbelastning.* Sättningar i torven tas ut i förtid genom stegvis pålastning av fyllningsmaterial. Det sista laststeget ska utgöra en överlast, det vill säga resultera i att den totala belastningen på marken blir större, med viss marginal, än vad den kommer vara för den färdiga konstruktionen.
- *Lastanpassning.* Belastningen på marken reduceras genom användning av lättviktsmaterial i konstruktionen. Reducerad belastning medför även reducerad storlek på konsolideringssättningarna inom läget för konstruktionen.
- *Djupstabilisering.* Marken förstärks genom masstabilisering eller installation av KC-pelare (kalkcementpelare). Bindemedel blandas in i jorden varpå jordens hållfasthet ökar och dess deformationsegenskaper förbättras. Detta resulterar i en reduktion av storleken på konsolideringssättningarna inom läget för konstruktionen. Metoden bör kombineras med en överlast för att ta ut sättningar i förtid.
- *Armering.* Marken och konstruktionen förstärks genom utläggning av geotextil och geonät. Geonätet har till uppgift att jämna ut belastningen och sprida lasten från konstruktionen över en större yta. Geotextilen har till uppgift att hålla ihop konstruktionen och motverka lokala markgenombrott. Tillsammans kan geotextil och geonät reducera risken för eventuella differenssättningar.

Urgrävning och återfyllning kan troligen uteslutas som alternativ inom aktuellt område eftersom torvmäktigheten är så pass stor. För att urgrävning och återfyllning ska vara en tekniskt lämplig och ekonomiskt försvarbar metod så får torvmäktigheten vanligen inte vara större än ca 2,5 m. I det här området kommer man dessutom inte undan utveckling av långtidssättningar genom att gräva bort torven eftersom denna följs av sättningsbenägen lera (jordlagerprofilen skulle vid urgrävning och återfyllning överensstämma med jordlagerprofil B enligt avsnitt 7.1).

Undanpressning kan vara ett alternativ inom aktuellt område. Metoden är dock resurskrävande både i fråga om mängden fyllningsmaterial som behövs samt tidsåtgång. Metoden är dessutom svår att prognosticera avseende förlopp samt slutresultat (ibland är det svårt att veta om all torv har pressats undan eller inte).

Förbelastning kan också vara ett alternativ för aktuellt område. Metoden är tekniskt relativt enkel och beprövad. Dock är metoden resurskrävande avseende tidsåtgång samt mängden fyllningsmaterial som krävs.

Lastanpassning med lättviktsmaterial är av ekonomiska och miljömässiga skäl troligen inte ett rimligt alternativ för aktuellt område. Lättviktsmaterialet inklusive transporter är dyrt och miljöbelastande jämfört med lokalt producerat fyllningsmaterial av friktionsjord.



Djupstabilisering är normalt en robust metod för förstärkning av jord med låg bärighet och är ur den aspekten ett möjligt alternativ för aktuellt område. Metoden tar en hel del tid i anspråk men vanligtvis mindre än vad förbelastning gör (vilket är den närmast jämförbara metoden). Att utföra en djupstabilisering är dock relativt kostsamt.

Förstärkning av marken och konstruktionen genom armering (enligt ovan) bör endast utföras som ett komplement till andra byggmetoder.

9.2 Rekommenderad byggmetod

I nuläget rekommenderas planerade lokalgator att anläggas med förbelastning med stegvis pålastning och överlast. Eftersom torven följs av sättningsbenägen lera så kan det vara lämpligt att kombinera förbelastningen med installation av vertikaldräner. Vertikaldränerna påskyndar konsolideringen av leran genom avledning av porvatten.

Marken och gatukonstruktionen rekommenderas även att förstärkas genom armering med geonät och geotextil.

Oavsett byggmetod så rekommenderas lokalgatorna få en profil som hamnar så nära nuvarande marknivåer som möjligt alternativt under nuvarande marknivåer.

Det bör noteras att även om gatorna anläggs enligt rekommendationerna ovan så kommer det troligen att uppstå sättnings- och bärighetsrelaterade skador på gatorna under lång tid efter gatornas färdigställande.

10 Rekommendationer för det fortsatta arbetet

En förnyad geoteknisk bedömning av lämpliga byggmetoder för lokalgatorna ska utföras när förslag till höjdsättning av gatorna har tagits fram. Samtidigt kan det även vara lämpligt att utföra en kostnadsjämförelse mellan den ovan rekommenderade metoden förbelastning (kombinerad med vertikaldräner och armering) och metoden djupstabilisering. Djupstabilisering bedöms i nuläget som det primära alternativet till förbelastning.

De kompletterande geotekniska undersökningar som kommer bli aktuella att utföra för lokalgatorna i senare projekteringskede bedöms i nuläget minst omfatta:

- Ca 3 – 4 st. skruvprovtagningar i torv med efterföljande bestämning av torvens förmultningsgrad och vattenkvot på laboratorium
- 1 st. kolvprovtagning i lera á minst 3 st. nivåer. Ostörd rutinanalys samt CRS-försök ska utföras på proverna på laboratorium.

Behovet av förtätande undersökningspunkter längs med lokalgatorna bedöms som litet.

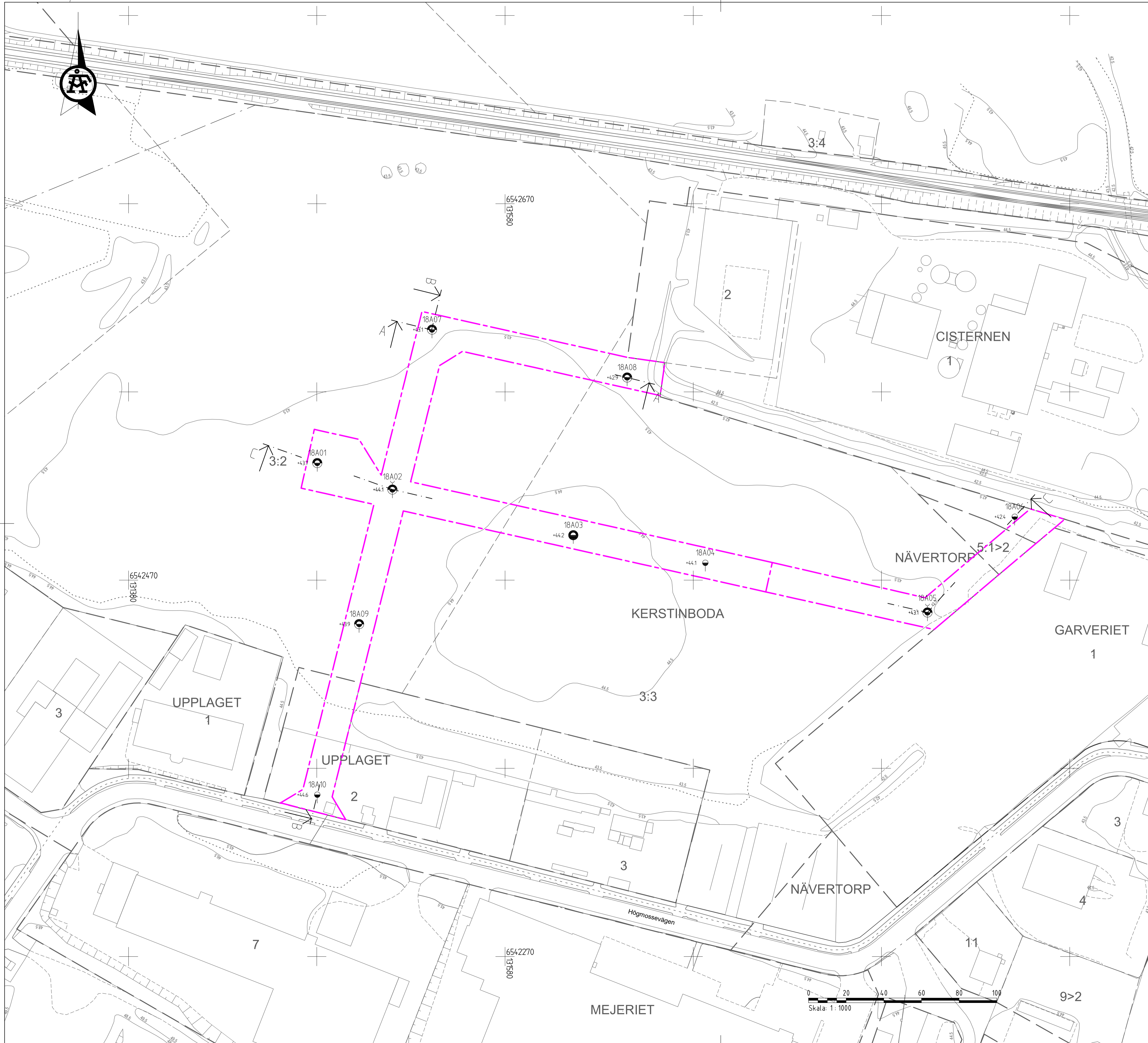
Mätning av grundvattentrycknivån i området rekommenderas utföras under längre tid än vad som nu genomförts. Mätningar rekommenderas särskilt att utföras under perioder på året då trycknivån kan förväntas ligga högt (höst/vinter/vår). Minst en mätning per månad rekommenderas.



11 Övrigt

Jordlagerförhållandena inom de tänkta industritomterna i området är med stor sannolikhet ungefär desamma som förhållandena inom lokalgatuområdena. Områdets lämplighet för exploatering i stort bör därför nogt övervägas innan vidare steg tas i plan- och exploateringsprocessen. Det finns en stor risk att omvandlingen av området kommer bli ekonomiskt, materiellt och tekniskt krävande.

Den typ av industriverksamhet som just nu ses som minst olämplig att etablera i området är sådan som inte kräver hårdgjorda ytor eller tunga och/eller sättningskänsliga byggnader/anläggningar.



KOORDINATSYSTEM
 PLANSYSTEM: SWREF 99 16 30
 HÖJDSYSTEM: RH 2000

FÖRKLARINGAR
 REDOVISNING ÄR UTFÖRD MED GEOTEKNISKA SYMBOLER
 OCH BETECKNINGAR ENLIGT SGF/BGS BETECKNINGSSYSTEM
 2001:2 MED KOMPLETERING 2016-11-01.
 BETECKNINGSSYSTEMET KAN HÄMTAS PÅ WWW.SGF.NET

HÄNVISNINGAR
 TILLHÖRANDE SEKTIONS-RITNINGAR:
 G-10.2-001, SEKTION A-A, B-B
 G-10.2-002, SEKTION C-C

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

KERSTINBODA, KATRINEHOLM



UPPERAC NR 761158	RITAD/KONSTR AV L. HAGBERG
DATUM 2019-01-31	HANDLÄGGARE M. JANSSON
ANSVARIG M. JANSSON	

ÖVERSIKTLIG GEOTEKNISK UNDERSÖKNING PLANERADE LOKALGATOR	PLAN
SKALA A1 1:1000	NUMMER G-10.1-001



PLO: 2019-01-30 0803 W:\761158 - GEOTEKNIK - KERSTINBODA - 761158-03-PROJEKTERING\CAD\B\K\G\B\B\G\B\B\G\10-1-001.DWG HAGBERG LUDVIG

KOORDINATSYSTEM
HÖJDSYSTEM: RH 2000

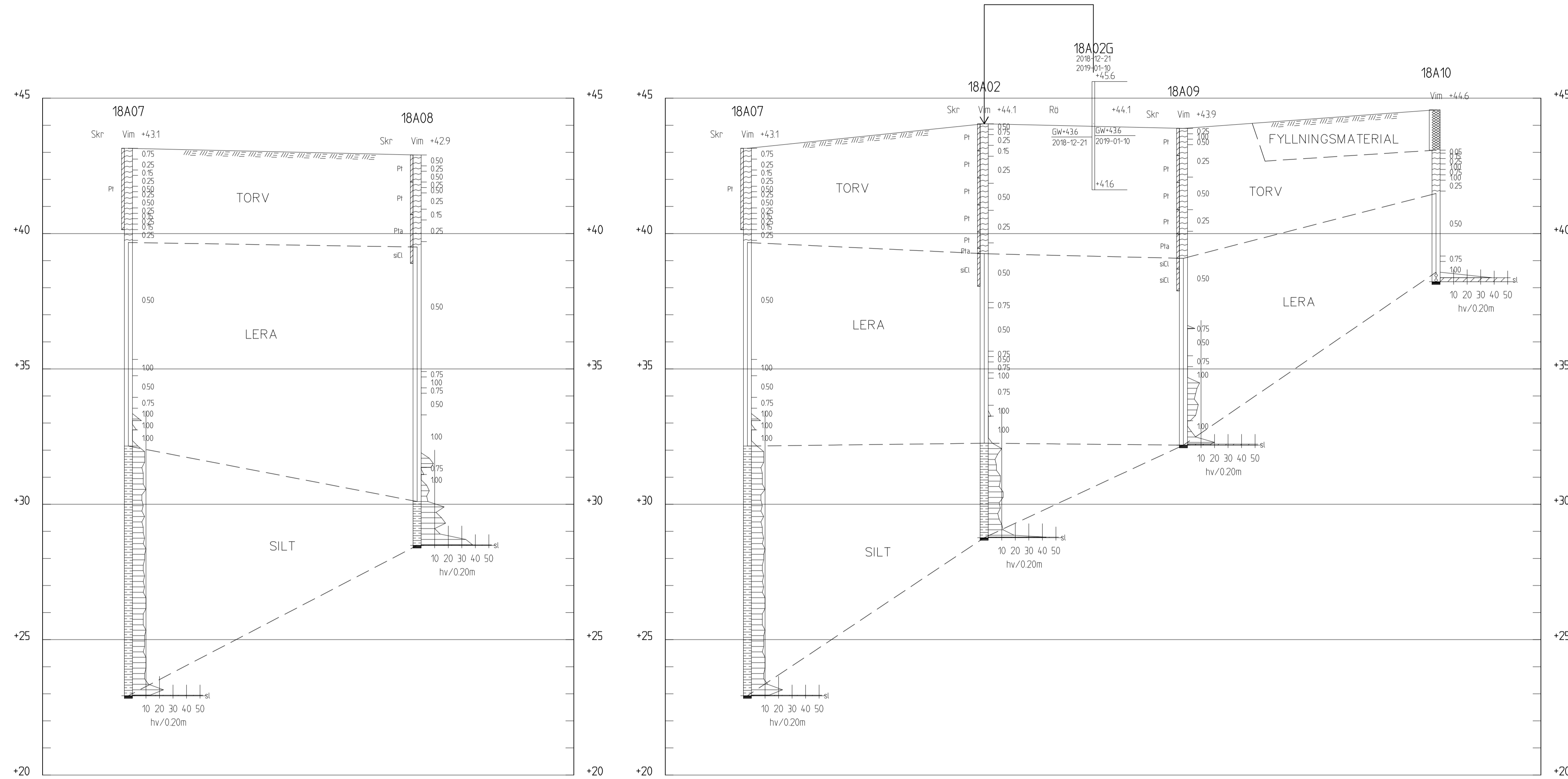
FÖRKLARINGAR

REDOVISNING ÄR UTFÖRD MED GEOTEKNISKA SYMBOLER
OCH BETECKNINGAR ENLIGT SGF/BGS BETECKNINGSSYSTEM
2001:2 MED KOMPLETTERING 2016-11-01.
BETECKNINGSSYSTEMET KAN HÄMTAS PÅ WWW.SGF.NET

----- TOLKAD JORDLAGERGRÄNS

HÄNVISNINGAR

TILLHÖRANDE PLANRITNING:
G-10.1-001



SEKTION A-A
H 1:100 L 1:1000

SEKTION B-B
H 1:100 L 1:1000

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

KERSTINBODA, KATRINEHOLM



UPPDRAG NR 761158	RITAD/KONSTR AV L. HAGBERG	ÖVERSIKTLIG GEOTEKNISK UNDERSÖKNING PLANERADE LOKALGATOR
DATUM 2019-01-31	HANDLAGGARE M. JANSSON	
ANSVARIG M. JANSSON	SKALA A1	NUMMER G-10.2-001

KOORDINATSYSTEM
HÖJDSYSTEM: RH 2000

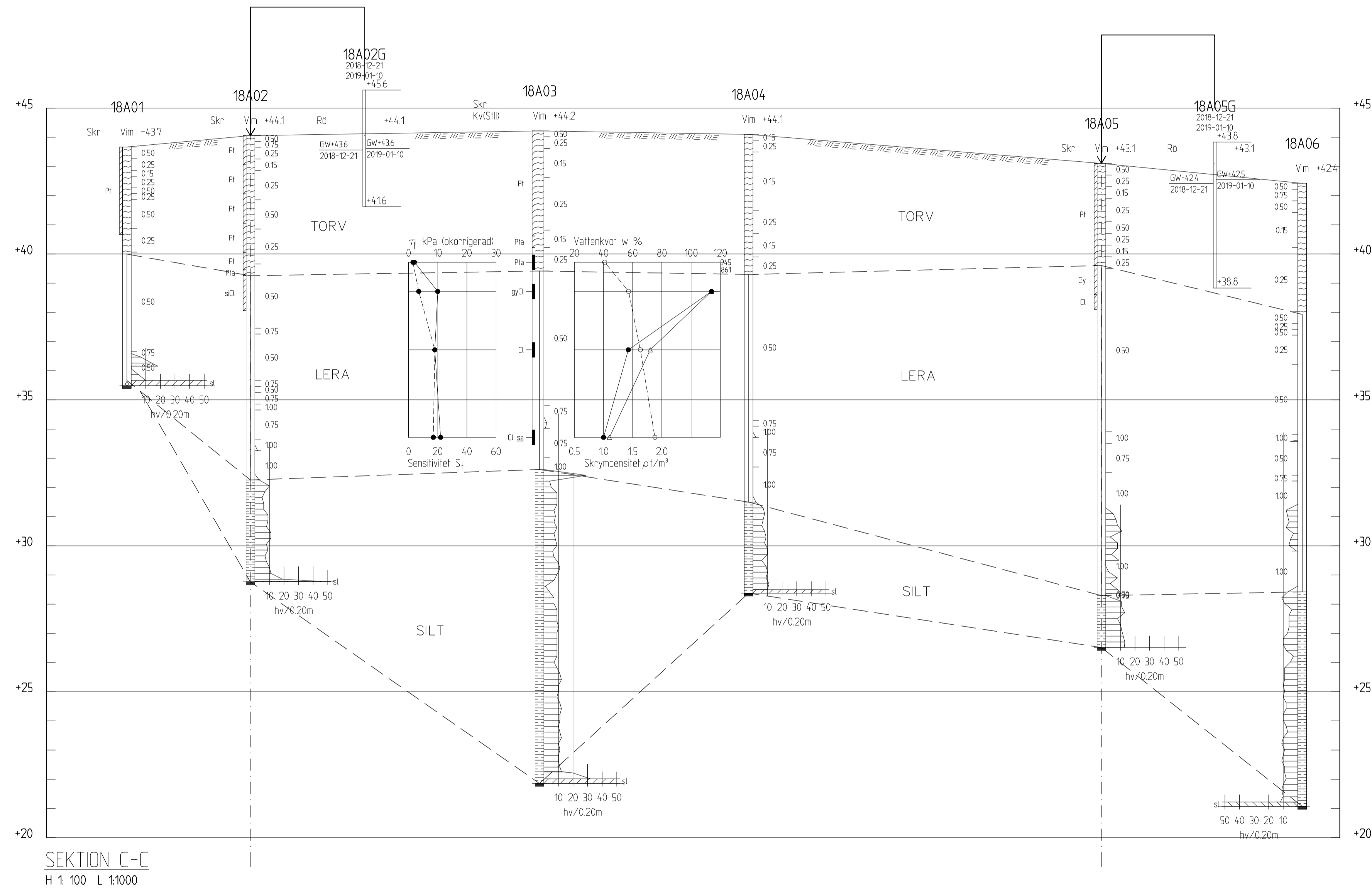
FÖRKLARINGAR

REDOVISNING ÄR UTFÖRD MED GEOTEKNISKA SYMBOLER
OCH BETECKNINGAR ENLIGT SGF/BGS BETECKNINGSSYSTEM
2001:2 MED KOMPLETTERING 2016-11-01.
BETECKNINGSSYSTEMET KAN HÄMTAS PÅ WWW.SGF.NET

----- TOLKAD JORDLAGERGRÄNS

HÄNVISNINGAR

TILLHÖRANDE PLANRITNING:
G-10.1-001



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

KERSTINBODA, KATRINEHOLM



UPPDRAG NR 761158	RITAD/KONSTR AV L. HAGBERG	ÖVERSIKTLIG GEOTEKNISK UNDERSÖKNING PLANERADE LOKALGATOR
DATUM 2019-01-31	HANDLAGGARE M. JANSSON	
ANSVARIG M. JANSSON	SKALA A1	NUMMER G-10.2-002