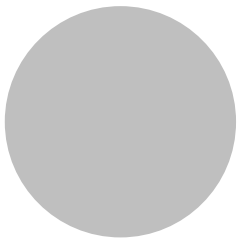
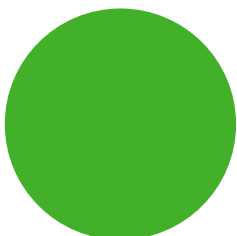
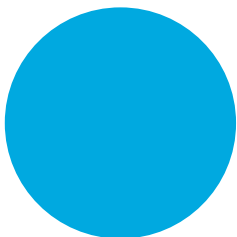
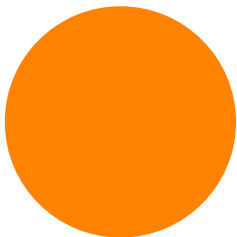


Bilaga Geoteknik och hydrogeologi



Lännaholms Bruk Hydrogeologisk utredning





Geoteknik och hydrogeologi

Uppdragsnamn
Lännaholms Bruk
Löt 1:18 m.fl
Uppsala kommun

Uppsala Kommun
Box 1023
751 40 Uppsala

Uppdragsgivare
Uppsala kommun

Vår handläggare
Malcolm Hargelius

Datum Rev. datum
2019-01-11

Innehåll

1	Uppdrag.....	2
2	Objektbeskrivning – översiktlig	2
3	Styrande dokument	2
4	Geoteknisk kategori	3
5	Befintliga förhållanden.....	3
5.1	Topografi	3
5.2	Ytbeskaffenhet.....	3
6	Positionering	3
7	Fältundersökningar	3
7.1	Utförda sonderingar.....	4
7.2	Hydrogeologiska undersökningar.....	4
7.3	Undersökningsperiod	4
7.4	Fälttekniker	4
8	Hydrogeologiska undersökningar	4
8.1	Grundvattenobservationer	4
8.2	Slug-test	5
9	Värdering av undersökning	5
10	Markförhållanden i geotekniska punkter.....	5
11	Hydrogeologi	5
11.1	Grundvattenobservationer	5
11.2	Slug-test	6
12	Slutsats.....	7
13	Appendix.....	8
13.1	Appendix A	8
13.2	Appendix B	9
13.3	Appendix C	9

1 Uppdrag

Bjerking AB har som del av huvudstudie för Lännaholms bruk utfört en hydrogeologisk undersökning som underlag för bland annat beräkning av förorenings spridning.

Som ett led i den miljötekniska undersökningen har slug-test utförts i fem separata grundvattenrör för att beräkna markens hydrauliska konduktivitet.

Den hydrogeologiska undersökningen utfördes på fastigheten Löt 1:18 m.fl som underlag för bland annat beräkning av förorenings spridning. Det undersökta området ligger i Lännaholm, Uppsala kommun, se Figur 1.



Figur 1 Ungefärligt undersökningsområde. Bild från Bjerking's kartportal 2019-01-10.

2 Objektbeskrivning – översiktlig

Som ett led i den markmiljötekniska undersökningen har slug-test, även kallat "rising head test", utförts i fem separata grundvattenrör. Den hydrogeologiska undersökningen utfördes under december månad 2018.

3 Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997 med tillhörande nationell bilaga enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (Eurokoder), BFS 2011:10 (EKS 8) samt ändringsförfattning BFS 2015:6 (EKS 10). Se Tabell 1 och Tabell 2 för gällande standarder eller andra styrande dokument.

Tabell 1 Standard eller annat styrande dokument för fältundersökningar.

Fältundersökning	Standard eller annat styrande dokument
<u>Europastandarder</u>	
Geoteknisk fälthandbok. Allmänna råd och metodbeskrivningar	SGF Rapport 1:2013
Geoteknisk undersökning och provning – Provtagning genom borrhings- och utgrävningsmetoder och grundvattenmätningar; Del 1: Tekniskt utförande	SS-EN-ISO 22475-1
<u>Övriga, ej Europastandarder</u>	
Jord-bergsondering	SGF Rapport 4:2012

Tabell 2 Standard eller annat styrande dokument för planering och redovisning.

Planering och redovisning	Standard eller annat styrande dokument
Beteckningssystem	SGF och BGS "Beteckningssystem för geotekniska utredningar" 2001:2
Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner; Del 2: Marktekniska undersökningar	SS-EN 1997-2
Geoteknisk fälthandbok. Allmänna råd och metodbeskrivningar	SGF Rapport 1:2013

4 Geoteknisk kategori

Undersökningarna har utförts i enlighet med Geoteknisk kategori 2.

5 Befintliga förhållanden

5.1 Topografi

Marknivån i de sonderade punkterna varierar mellan + 16,9 och + 25,1.

5.2 Ytbeskaffenhet

Marken i området utgörs av grus- och grönområden.

6 Positionering

Utsättning av sonderingspunkter har utförts av fälttekniker med GPS – instrument. Mätningarna är utförda i mätklass B enligt Geoteknisk Fälthandbok – SGF Rapport 1:2013.

Höjdsystem: RH 2000
Koordinatsystem: SWEREF 99 18 00

7 Fältundersökningar

Sondering och provtagning har utförts med borrhavn utrustad med fältdator för insamling av undersökningsdata i digitalt format.

7.1 Utförda sonderingar

- 5 stycken jordbergsondering för kontroll av jordlager samt bergets överyta.

7.2 Hydrogeologiska undersökningar

- 5 stycken öppna grundvattenrör har installerats i vattenförande jordlager för kontroll av grundvattnets trycknivå. Vattennivån i rören antas motsvara vattentrycket omkring filterspetsen.
- 5 tryckgivare så kallade Divers installerades i respektive grundvattenrör, samt en tryckgivare för att mäta lufttryck.

7.3 Undersökningsperiod

Geoteknisk sondering och provtagning utfördes under december månad 2018.

7.4 Fälttekniker

Fältarbetet utfördes under ledning av fältgeotekniker Magnus Björkbäck.

Hydrogeologiska undersökningen utfördes av Malcolm Hargelius.

8 Hydrogeologiska undersökningar

8.1 Grundvattenobservationer

Grundvattenobservationer har utförts i 5 nyinstallerade öppna grundvattenrör, benämnda GW18001, -05. Funktionskontroll är utförd. Information om grundvattenrören och mätresultat redovisas i Tabell 3 och Tabell 4.

Tabell 3 Avlästa grundvattenrör.

Grundvattenrör	Rörtopp	Rörlängd inkl. filter [m]	Spetsnivå	Marknivå
GW18001	+24,6	3,0	+21,6	+23,7
GW18002	+23,7	6,0	+17,7	+23,1
GW18003	+25,9	4,0	+21,9	+25,1
GW18004	+22,2	4,0	+18,2	+20,7
GW18005	+17,8	7,0	+10,8	+16,9

Tabell 4 Registrerade grundvattenobservationer.

Grundvattenrör	Marknivå	Datum	Nivå GVY	Anmärkning
GW18001	+23,7	2018-12-04	+21,9	
		2018-12-13	+21,8	
		2018-12-14	+21,8	
GW18002	+23,1	2018-12-13	+19,5	
		2018-12-14	+19,4	
GW18003	+25,1	2018-12-04	+23,0	
		2018-12-13	+22,8	
		2018-12-14	+22,9	

GW18004	+20,7	2018-12-04	+18,3
		2018-12-13	+19,3
		2018-12-14	+19,4
GW18005	+16,9	2018-12-04	+11,3
		2018-12-13	+11,6
		2018-12-14	+16,4

8.2 Slug-test

Slug-testen syftar till att bestämma markens hydrauliska konduktivitet och utförs genom att grundvattenytan hastigt höjs eller sänks. I detta fall tillsattes vatten i röret så att vattennivån höjdes samtidigt som avsänkningen till ursprungsnivå registreras med tryckgivare. Se Appendix för observationer av grundvattnets trycknivåer under utfört slug-test.

9 Värdering av undersökning

Den geotekniska undersökningen utfördes utan några större problem. För GW18002 gjordes Jb-sonderingen något grundare än vad grundvattenröret är installerat. Det gick att forcera röret ytterligare ner i sedimenten. Det samma gäller för GW18005.

Vid spolning av grundvattenrören inför funktionskontroll kom dem upp mycket ler- och siltinnehållande material.

Den hydrogeologiska undersökningen utfördes utan några större problem. Det observerades dock en mycket långsam återhämtning av grundvattnets trycknivåer efter både funktionskontrollen och utfört slugtest i framförallt GW18005. Även GW18004 uppvisade långsam återhämtning vid funktionskontroll.

10 Markförhållanden i geotekniska punkter

Jordlagerföljden består i allmänhet överst av ett lager **fyllning** överlagrandes **kohesionsjord** ovan **friktionsjord** vilandes på **berg**. Bergets överyta har påträffats mellan 2,2 m och 6,0 m under befintlig markyta. Djup till berg ökar generellt i östlig riktning.

Fyllningens mäktighet varierar i undersökta punkter mellan ca 0,2 m och ca 1,5 m. Innehållet utgörs av sand, grus och lera.

Ingen **kohesionsjord** har påträffats i undersökta punkter.

Moränens mäktighet varierar i undersökta punkter mellan ca 1,5 m och 5,0 m. Friktionsjorden benämns som medelfast till fast. Innehållet utgörs med stor sannolikhet mycket ler- och silt uppblandat med grövre fraktioner.

Berget har inte undersökts närmare, men bedöms homogent utifrån de jordbergsonderingar som utförts ner i berg.

11 Hydrogeologi

11.1 Grundvattenobservationer

Mot bakgrund av registrerade grundvattenobservationer, se Tabell 4, bedöms grundvattenytans trycknivå ligga på mellan 1,3 m och 5,3 m djup under markytan. Inget ytvatten har noterats i utförda provtagningshål.

I rör GW18005 är grundvattnets trycknivå lägre än de omgivande rör, ca. 5 m under markytan. Omgivande rör som undersökts har trycknivåerna uppmätta till mellan 2 – 4 m under markytan. Det höga värdet för röret 2018-12-14 beror med största sannolikhet av låg hydraulisk konduktivitet eller dålig funktion i röret.

11.2 Slug-test

Slug-testerna visar på långsamma återhämtningstider för de flesta av grundvattenrören. I GW18005 är det mycket liten återhämtning, se Appendix A, därför gick det inte att utvärdera den hydrauliska konduktiviteten för detta rör.

Markens hydrauliska konduktivitet beräknades genom Horslev slug-test (ekv. 1)

$$K = \frac{r_c^2}{2 * L_e * t_{37}} * \ln \frac{L_e}{r_w} \quad (\text{ekv. 1})$$

K = hydraulisk konduktivitet [m/s] L_e = filterlängd [m] t_{37} = tid då normaliserad nivå i grundvattenröret uppgår till 37% [s]

r_c^2 = innerradien för grundvattenrör [m] r_w = innerradien för filterspets [m]

I

Tabell 5 redovisas den hydrauliska konduktiviteten beräknad för respektive grundvattenrör. Parametrarna för respektive beräkning redovisas i Appendix B och den normaliserade nivån ho beroende av tiden redovisas i Appendix C.

Tabell 5 Jordens hydrauliska konduktivitet.

Grundvattenrör	K [m/d]	K [m/s]
GW18001	9,31E+00	1,07713E-04
GW18002	4,98E-02	5,76564E-07
GW18003	1,07E-01	1,24327E-06
GW18004	8,07E-02	9,34415E-07
GW18005	-	-

Resultaten från slug-testet visar generellt på lågkonduktiva jordar i området. Enligt SGI benämns moräner enligt Figur 2. Tabellvärdena överensstämmer med resultaten från de hydrogeologiska och geotekniska undersökningarna att jorden kan beskrivas som lågkonduktiv siltig morän.

Jordart	Permeabilitet m/s	Tätvärde
Moräner (månggraderad jord)		
Grusig morän	$10^{-5} - 10^{-7}$	5 – 7
Sandig morän	$10^{-6} - 10^{-8}$	6 – 8
Siltig morän	$10^{-7} - 10^{-9}$	7 – 9
Lerig morän	$10^{-8} - 10^{-10}$	8 – 10
Moränlera	$10^{-9} - 10^{-11}$	9 – 11
Sediment (ensgraderad jord)		
Fingrus	$10^{-1} - 10^{-3}$	1 – 3
Grovsand	$10^{-2} - 10^{-4}$	2 – 4
Mellansand	$10^{-3} - 10^{-5}$	3 – 5
Finsand	$10^{-4} - 10^{-6}$	4 – 6
Grovsilt	$10^{-5} - 10^{-7}$	5 – 7
Mellansilt-finsilt	$10^{-7} - 10^{-9}$	7 – 9
Lera	$< 10^{-9}$	> 9

Figur 2 Permeabilitet för jordarter (Information 1 – Jords egenskaper (2008), Statens geotekniska institut, Linköping)

Den beräknade hydrauliska konduktiviteten i GW18001 är högre än övriga. Detta kan bero av olika orsaker. En förklaring är att grundvattenröret som är satt direkt mot bergets och att det då låter vattnet rinna ur röret mycket fort längs bergöverytan.

Den beräknade hydrauliska konduktiviteten i GW18001 med ett K-värde på $1,4E-04$ är relativt hög, ungefär i paritet med finsand vilket är den tätaste av friktionsjordstyperna.

12 Slutsats

Resultaten från undersökningen visar på att marken har förhållandes vis låg hydraulisk konduktivitet. De rör som sticker ut från mängden är GW18001 med ett förhållandevis högt K-värde i jämförelse med omgivande rör, samt GW18005 där konduktiviteten ej kunnat utvärderats pga mycket låg hydraulisk konduktivitet. GW18001 med ett K-värde på $1,4 E-04$ är fortfarande ett relativt lågt värde och kan fortfarande klassas som ett lågkonduktivt material. En annan förklaring till det högre K-värdet skulle kunna vara att vid funktionskontrollen fylldes röret upp med vatten för att sedan spolats rent filtret med tryckluft. Detta är ett vanligt förfarande för att uppnå god hydraulisk kontakt mellan filtret och omgivande jord. Det som skulle kunna hänt i detta fall är att tryckluften spolat bort förmycket sediment runt filtret som att det då uppstått ett hålrum runt filtret. Detta skulle kunna resultera i att det tillsatta vattnet rinner ut i hålrummet vilket visar sig som hög hydraulisk konduktivitet.

Vad de låga värdena för GW18005 beror på kan dels vara att marken är mycket tät kring röret alternativt att röret har dålig funktion rent generellt, trots försök att spola ur röret.

Bjerking AB
 Geoteknik

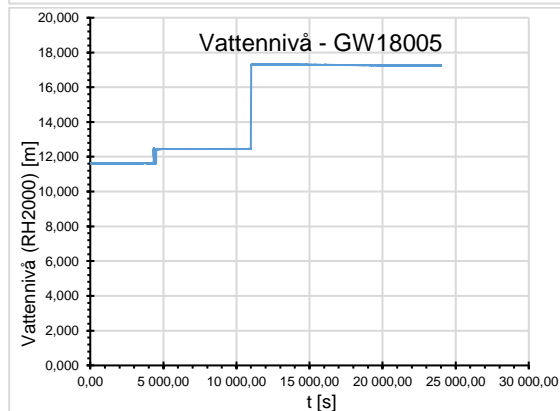
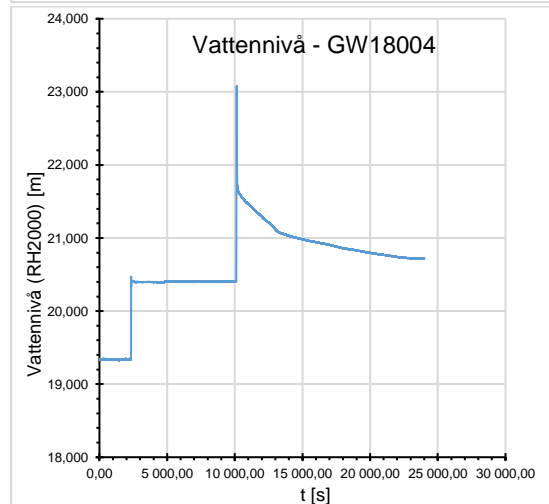
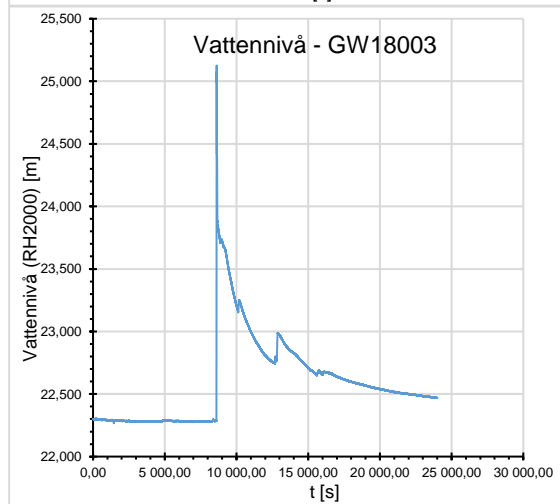
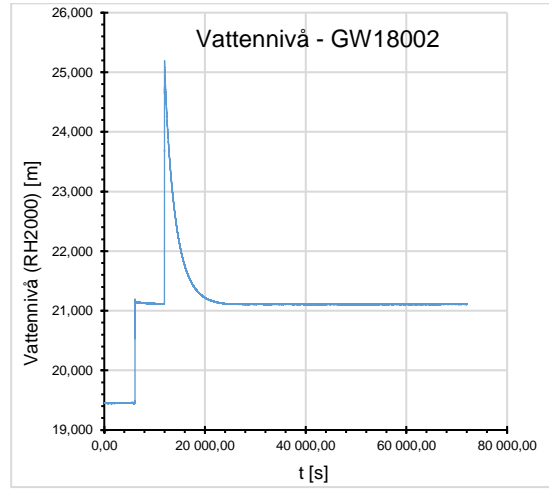
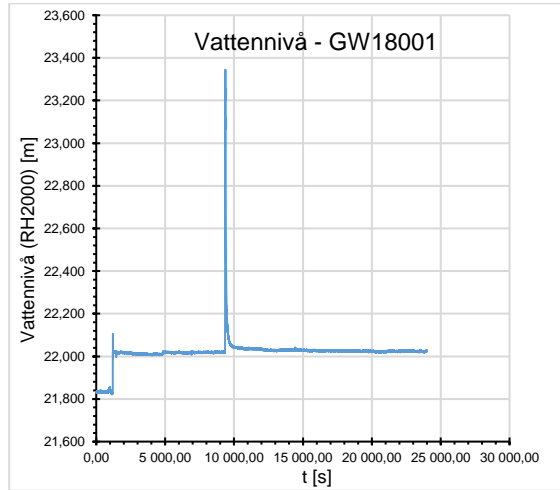
Granskad av

Malcolm Hargelius
 010-211 83 67
 malcolm.hargelius@bjerking.se

Ing-Marie Nyström
 010-211 81 57
 ing-marie.nystrom@bjerking.se

13 Appendix

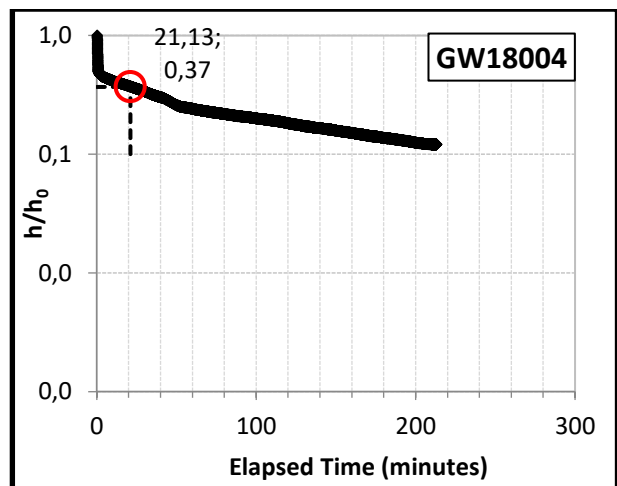
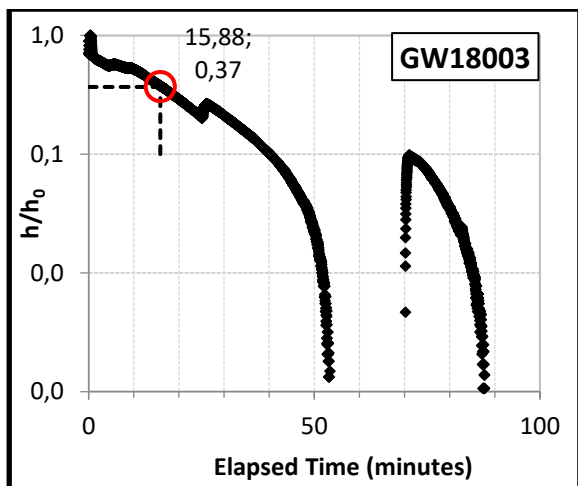
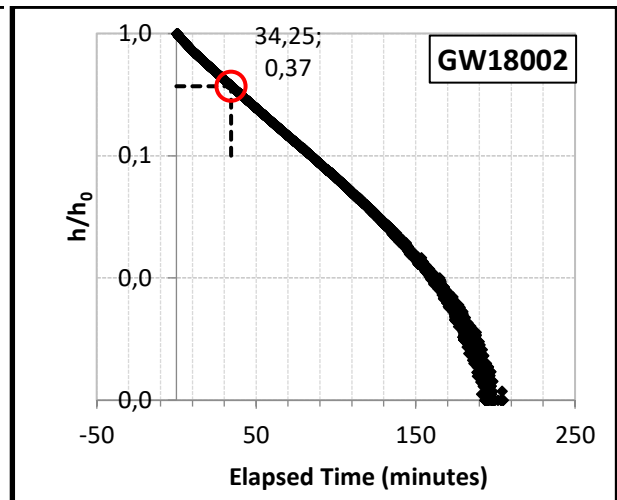
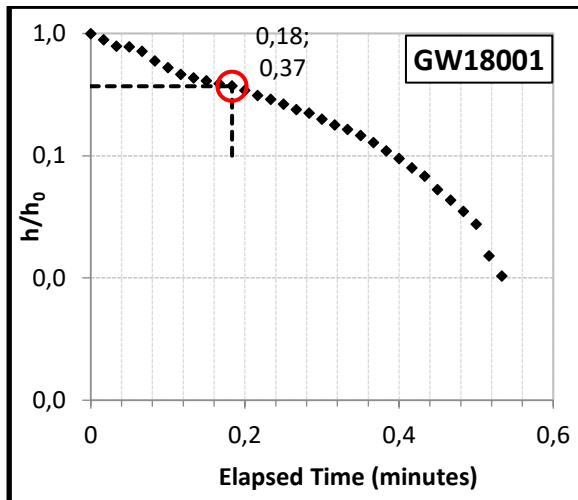
13.1 Appendix A



13.2 Appendix B

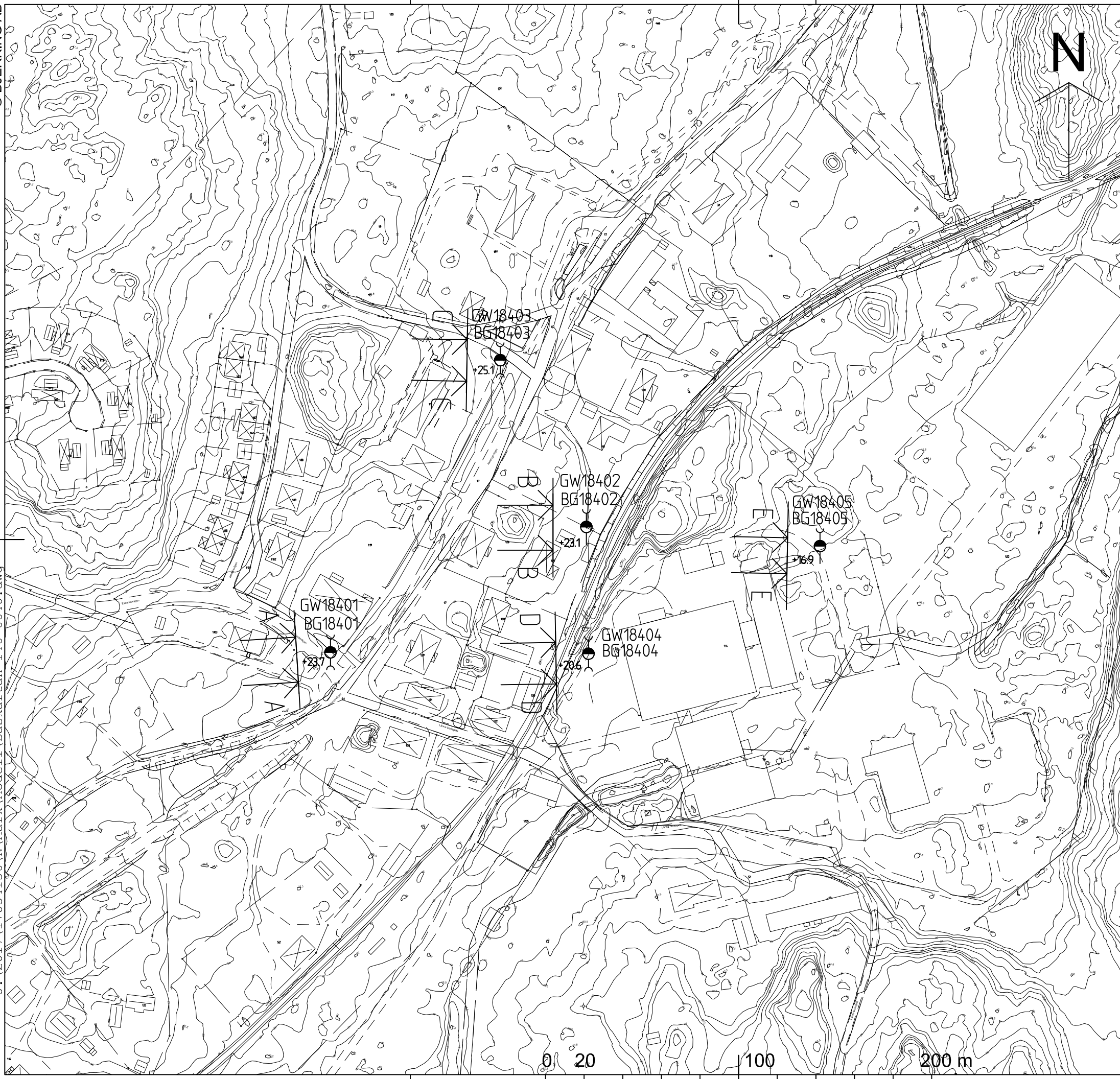
Grundvattenrör	r_c^2	L_e	r_w	t_{37} [min]	h_0 [m]
GW18001	0,0254	1,0	0,0254	0,18	0,23
GW18002	0,0254	1,0	0,0254	34,25	25,19
GW18003	0,0254	1,0	0,0254	15,88	25,13
GW18004	0,0254	1,0	0,0254	21,13	23,08

13.3 Appendix C



13.4 Appendix D

G-10.1-01 Plan Grundvattenrör



FÖRKLARINGAR

- KARTA** ——— DIGITAL GRUNDKARTA
- KOORDINAT-SYSTEM** ——— SWEREF 99 18 00
- HÖJDSYSTEM** ——— RH2000

BETECKNINGAR

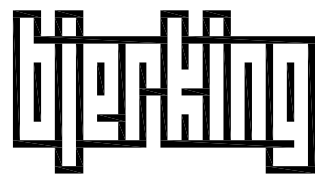
- ALLM. ——— ENLIGT SGF/BGS BETECKNINGSSYSTEM VERSION 2001:2 (www.sgf.net)
- ——— SONDERINGSPUNKT
 - Y ——— GRUNDVATTENRÖR
 - ——— SONDERING MINDRE ÄN 3 M I FÖRMODAT BERG
 - ——— SONDERING TILL FÖRMODAD FAST BOTTEN

RITNINGEN AVSER ENDAST
 GEOTEKNISK INFORMATION

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
-----	-----	-----------------	-------	------

ARBETSMATERIAL

**LÄNNAHOLM
 UPPSALA KOMMUN**



BJERKING AB
 Box 1351
 751 43 Uppsala
 Telefon: 010-211 80 00
 Telefax: 010-211 80 01
 www.bjerking.se

UPPDRAG NR 17U34136	RITAD/KONSTR AV MHA	HANDLÄGGARE MHA
DATUM 2019-01-18	ANSVARIG ING-MARIE NYSTRÖM	

**GEOTEKNISK UNDERSÖKNING
 GRUNDVATTENRÖR
 PLAN**

SKALA A1 - A3 1:2000	NUMMER G-10.1-01	BET -
----------------------------	----------------------------	----------