

Grundvattenbortledning M 3346-11

Bilaga 9.

Karta över sättningsrisk inom
bostadsområden med sättningskänslig
mark

E4 Förbifart Stockholm

**FSK02
Bergtunnlar**

**PM Planredovisade sättningar till följd av ev
gv-sänkningar i Förbifart Stockholm-projektet
2013-03-11**

BYGGHANDLING

0G140005 PM Planredovisade sättningar till följd av ev gv-sänkn
i FS-projektet_130311.docx

Objektnamn	E4 Förbifart Stockholm
Entreprenadnummer	FSK02
Entreprenadnamn	Bergtunnlar
Beskrivning 1	PM Planredovisade sättningar till följd av ev
Beskrivning 2	gv-sänkningar i Förbifart Stockholm-projektet
Beskrivning 3	2013-03-11
Beskrivning 4	
Information	Under bearbetning
Diarienummer	
Konstruktionsnummer	
Objektnummer	8448590
Projekteringssteg	BYGGHANDLING
Statusbenämning	
Företag	ÅF Infrastructure
Författare/Konstruktör	Stefan Aronsson
Externnummer	802301

Innehåll

1	Inledning	3
2	Resultat.....	3
3	Metodik.....	3
3.1	Val av delområden	3
3.2	Grundvattensänkning.....	4
3.3	Genomförda undersökningar.....	4
3.4	Jordlagermodell.....	4
3.5	Sättningsberäkning	5
4	Slutsatser	13

1 Inledning

Med anledning av pågående tillståndsprocess för grundvattenbortledning från E4 Förbifart Stockholm redovisar Trafikverket genom detta PM sättningsberäkningar till följd av eventuell grundvattensänkning vid anläggandet av arbets- och huvudtunnlarna i Förbifart Stockholm-projektet. Sättningsberäkningar redovisas som iso-linjer på en karta vid sju delområden där Trafikverket identifierat att det finns risk för skadlig marksättning.

ÅF/URS (Stefan Aronsson och Karin Linderholm) har tillsammans med COWI (Jonas Sundell), på uppdrag av Trafikverket, utfört en kompletterande geoteknisk fältundersökning längs huvudtunnelsträckan, genomfört inventering av äldre sonderingsdata i området samt genomfört kompletterande beräkningar med utgångspunkt från Systemhandlingen längs sträckan.

Anders Berzell, Sweco, har bidragit med hydrogeologiska indata och har varit Trafikverkets representant i hydro-frågorna.

2 Resultat

Resultatet av genomförda beräkningar redovisas i bilagor för respektive delområde. I bilagorna framgår lermäktigheten i meter som färgade fält, den bedömda grundvattensänkningen i meter samt beräknad sättning i centimeter. Samtliga punkter där ostörd provtagning har genomförts redovisas tillsammans med övriga sonderingar som har använts för att bygga upp lermodellen. Resultaten av beräkningarna visar slutsättning efter 30 år.

3 Metodik

Marksättningar har beräknats från prognos av grundvattensänkning i jord, mäktighet av sättningskänslig lera samt lerans kompressionsegenskaper. Vidare beskrivning av lerans kompressionsegenskaper framgår av Bilaga 1, Redovisning av kompletterande undersökningar.

3.1 Val av delområden

Marksättning till följd av grundvattensänkning med skadliga konsekvenser kan uppkomma i de fall att grundvattensänkning i jord uppkommer, sättningskänslig lera finns inom området för grundvattensänkningen samt att objekt som kan skadas av en marksättning finns i området. Delområden för vidare sättningsberäkningar har valts för de fall samtliga dessa kriterier har varit uppfyllda.

Område	Gv-magasin	Km-från	Km-till
Gillsätra	Sätra 5.2	Ca 10/950	Ca 11/400
Alsätra	Sätra 5.4 och 5.5	Ca 11/400	Ca 11/900
Hässelby gård	Hässelby 1.1 och 1.2	Ca 21/650	Ca 22/200
Lövstavägen	Hässelby 3	Ca 22/400	Ca 22/800
Vinsta	Hässelby 5.1 och 6	Ca 23/450	Ca 23/750
Kälvesta	Järva 1	Ca 23/850	Ca 24/400
Lunda	Järva 2, 3 och 9	Ca 24/750	Ca 25/650

Km-angivelserna är ungefärliga och avser huvudtunnelsträckningen.

3.2 Grundvattensänkning

Beräknade grundvattensänkningsbelopp i jord längs med sträckan har erhållits från Anders Berzell, SWEKO; 2013-02-18. Påverkan på grundvattenmagasinen i jord från bergtunnelanläggningarna har beräknats med hjälp av generaliserade grundvattenmodeller längs med sträckan och med stöd av vattenbalansberäkningar och baserat på uppgifter om berggrundens och jordlagrens egenskaper. Beräkningarna finns redovisade i detalj i det tekniska underlaget till den ansökan om tillstånd för grundvattenbortledning som inlämnats till mark- och miljödomstolen.

I beräkningsmodellen har ansatts att berggrunden har en viss generell vattengenomsläpplighet och att kontakt mellan jord och det vattenförande berget förekommer överallt. Detta överskattar kontakten något jämfört med verkliga förhållandet där kontakten mellan berg och jord är mycket begränsad inom vissa delar. Samtidigt har jordlagren befunnits vara relativt vattengenomsläppliga vilket jämnar ut påverkan inom de enskilda grundvattenmagasinen i jord vilket i sin tur gör att kontakten är rimligt ansatt.

Det kan noteras att prognosticerade grundvattensänkningar motsvarar en avsänkning av årsmedelnivån. Mellan årstiderna varierar grundvattennivån och grundvattentillgången även under opåverkade förhållanden och redovisad grundvattenavsänkning varierar därmed under året från noll upp till en något större avsänkning än vad som redovisas.

3.3 Genomförda undersökningar

Projektet har sedan tidigare genomfört och inventerat ett stort antal geotekniska undersökningar längs med sträckan (i Systemhandlingsskedet). Kompletterande geoteknisk sondering och inventering har genomförts i de delområden där effekten av en grundvattensänkning är betydande samt där information om jordlager och lerans kompressionsegenskaper saknas. Även i pågående projektering utförs kompletterande geotekniska undersökningar.

3.4 Jordlagermodell

Dalsänkornas geologi, där den sättningskänsliga leran förekommer, kan generaliseras till att den översta jorden består av fyllnadsjord eller annan friktionsjord/torrskorpelera, därunder ett lager lera, under detta ett lager friktionsjord och underst berg. En modell som beskriver över- och underkant lera har upprättats baserat på genomförda sonderingar i området. Som övre rand för vilken nivå leran inte kan överstiga har en i projektet tidigare upprättad marknivåmodell använts. En bergnivåmodell har upprättats som undre rand för vilken nivå lerans underkant inte kan understiga.

Bergnivåmodellen har byggts upp genom en interpolation som genomförs i flera beräkningssteg med följande data;

- sonderingar som går till berg,
- sonderingar som inte går till berg samt
- marknivå för ytnära berg enligt den byggnadsgeologiska kartan.

Först interpoleras sonderingar där bergnivån finns angiven. Sedan interpoleras sonderingar med angiven bergnivå tillsammans med djupaste nivå för sonderingar som inte når till berg. För var och en av de platser där interpolationen genomförs väljs den djupaste av dessa två första interpolationssteg.

Vidare interpolation tillsammans med marknivå för ytnära berg enligt den byggnadsgeologiska kartan skapar bergmodellen.

Modell för över- och underkant av sättning-skänslig lera, det vill säga ej torrskorpelera, har byggts upp genom interpolation från sonderingar där nivåer för lera finns angivna. Lerans mäktighet har angivits till noll meter i randområden för lera i den byggnadsgeologiska kartan, förutom i de fall där sättning-skänslig lera påträffats utanför lerområden från den byggnadsgeologiska kartan. För sonderingar som har drivits till berg där endast friktionsjord eller torrskorpelera har påträffats har lermäktigheten angetts till noll meter lera. Lerans underkant avgränsas av bergnivåmodellen och lerans överkant avgränsas av marknivåmodellen.

Inom vissa områden med lera kan även icke sättning-skänslig friktionsjord förekomma mellan lager med lera. Lermodellen räknar med att lerans mäktighet är från den översta till den understa nivån där lera påträffas i en sondering oavsett om friktionsjord förekommer i lagerföljden eller inte. Med avseende på detta överskattas lermäktigheten och därmed beräknad marksättning.

3.5 Sättningsberäkning

Sättningsberäkningar har genomförts i GeoSuite för 2 respektive 30 år tillsammans med 1, 2 respektive 5 m grundvattensänkning för de kolvprovtagningsspunkter som ingår i undersökningsområdet.

Sättningsberäkningar har utförts med beräkningsprogrammet GS-sättning som tillhandahålls av Novapoint. Beräkningarna avser endast sättning till följd av grundvattensänkning, där beräkning generellt har utförts för tänkt grundvattensänkning med 1 m, 2 m resp 5 m avsänkning. Krypsättningar har beaktats om effektivspänningar i jorden någon gång överstiger 0,8'c. Beräkningar har utförts för tidsperspektiven 2 år respektive 30 år.

I beräkningarna har grundvattenytan antagits från mätningar i närliggande grundvattenrör, alternativt om uppmätt grundvattennivå saknas har grundvattennivån antagits ligga i underkant torrskorpa.

Sättningsberäkningarna är baserade på resultaten från CRS-försök (kompressionsförsök) utförda på ostörda lerprov från kolvprovtagningsspunkter. Laboratoriearbetena har utförts av SWECO Geolab i Stockholm.

Vid beräkningar av krypsättning nyttjas kryppparametrar. Kryppparametrarna är empiriska värden bestämda med utgångspunkt från jordens vattenkvot. Vid tidsperspektivet två år ger kryppparametrar i beräkningen ingen nämnvärd skillnad men vid 30 års perspektiv har val av kryppparametrar stor betydelse och kan ge väsentliga resultatskillnader.

Observera även att de redovisade resultaten är beräknade sättningar med analyserade parametrar i enstaka punkter och nivåer och därmed endast visar storleksordningen av den sättning som kan förväntas med respektive antagna grundvattensänkning. Lokala variationer inom respektive område kan förekomma med avseende på lerans mäktighet och egenskaper.

Jordlagrens beteckningar

Let = torrskorpelera

Le = lera

Fy = fyllningsjord

Sa = Sand

Parametrar från CRS-försök

σ'_c = förkonsolideringstryck (kPa)

σ'_L = gränstryck (kPa)

M_o = kompressionsmodul under förkonsolideringstrycket

M_L = kompressionsmodul över förkonsolideringstrycket
 M' = kompressionsmodul för spänningar över gränstrycket
 k_i = initieil permeabilitet
 β_k = ändring av permeabilitet med kompression

Indata för GS Sättning utöver resultat från CRS-försök
 a_0 och a_1 = faktorer som beskriver övergången mellan M_0 och M_L
 b_0 och b_1 = faktorer som beskriver övergången mellan r_0 och r_1
 t_{ref} = referenstiden
 K_{init} = jordens in-situ permeabilitet
 r_0 = tidsmotståndstalet för spänningar upp till $b_0 \times$ förkonsolideringstrycket
 r_1 = tidsmotståndstalet för spänningar som överstiger $b_1 \times$ förkonsolideringstrycket

Gemensamma indata för sättningsberäkningar med GS Sättning

Den jordmodell som har använts i programmet heter *Chalmers with creep* respektive *Chalmers without creep*. Permeabilitetsmodellen kallas för *Log based strain*.

För fyllningsjord och torrskorpelera där ofta CRS-försök saknas har följande parametrar antagits:

	Fyllning	Torrskorpelera
Densitet	19 kN/m ³	17 kN/m ³
M_0	20000 kPa	20000 kPa
M_L	20000 kPa	20000 kPa
σ'_c	150 kPa	150 kPa
σ'_L	300 kPa	300 kPa
m	12	12
K_{init}	0,1	0,1
β_k	3,5	3,5
a_0	0,8	0,8
a_1	1,0	1,0

I de jordlager där krypning beaktas har följande värden antagits:

$t_{ref} = -0,00274$ år (-1 dag)
 $r_0 = OCR \cdot 1000$
 $r_1 = 75/w_L$
 $1,5$
 $b_0 = 0,8$
 $b_1 = 1,1$
 K_{init} = utvärderas ur CRS för aktuellt σ'_0 ($K_{init} \neq K_i$ från CRS).

Sammanställning av beräkningar

Nedan sammanfattas de övergripande förutsättningarna, jordlagerföljd, konsolideringsförhållanden och beräkningsresultat för respektive provtagningspunkt. Punkternas placering i plan framgår av planredovisning i Bilaga 1-8.

Provtagningspunkt 12A188

Marknivå (m)		Grundvattennivå (m)		Jordlager ovan leran (m)		Lermäktighet (m)	
+33,5		Antagen +31,0		2,5		6,7	
Lerans parametrar, utvärderade från CRS-försök							
Djup (m)	σ'_c	σ'_L	M_0	M_L	M'	k_i	β_k
3,0	67	96	5456	481	13,6	7,00E-10	3,4
6,0	57	107	3915	517	12,7	2,20E-10	3,8
8,0	106	130	7260	288	15,8	1,30E-10	2,8

I aktuell provtagningspunkt består jorden överst av ca 1,2 m fyllning på ca 1,3 m torrskorpelera ovan ca 6,7 m lera på en bedömd silt eller sandjord.

Utförda CRS-försök visar att leran är normalkonsoliderad på 3 m djup (OCR ca 1,3). På 6 m djup är leran underkonsoliderad med OCR omkring 0,9 för att mot djupet åter vara normalkonsoliderad. Grundvattenytan antas ligga 2,5 m under markytan.

Enligt utförda CRS-försök pågår primära konsolideringssättningar i leran för nu uppmätta grundvattennivåer. Krypsättningar uppstår från 3 m djup och neråt i jordprofilen redan vid 1 m grundvattensänkning.

Resultat från sättningsberäkningarna visas i nedanstående tabell.

12A188		
Grundvattensänkning (m)	Sättning efter 2 år (m)	Sättning efter 30 år (m)
1	0,067	0,242
2	0,160	0,358
5	0,510	0,722

Tabell 1. Sättningsresultat provtagningspunkt 12A188.

Provtagningspunkt 13A181

Marknivå (m)		Grundvattennivå (m)		Jordlager ovan leran (m)		Lermäktighet (m)	
+32,6		Antagen+31,2		1,4		9,4	
Lerans parametrar, utvärderade från CRS-försök							
Djup (m)	σ´ _c	σ´ _L	M ₀	M _L	M´	k _i	β _k
4,0	64	94	4651	315	16,0	3,2E-10	3,7
6,0	77	111	8226	377	16,7	3,4E-10	3,7
9.0	121	174	8288	478	15,8	3,9E-10	3,3

I aktuell provtagningspunkt består jorden överst av ca 1,4 m torrskorpelera ovan ca 9,4 m lera på en friktionsjord. Inga primära konsolideringssättningar pågår i leran för nu uppmätta grundvattennivåer.

Enligt rådande förkonsolideringstryck (CRS) och beräknade grundvattensänkningar uppstår krypsättningar i jordprofilen från ca 4 m djup och neråt vid 1 m grundvattensänkning och från ca 3,5 m djup vid 2 m och 5 m grundvattensänkning.

Utförda CRS-försök visar att leran är lätt överkonsoliderad till överkonsoliderad med OCR=1,4-1,7 med antagande om att grundvattenytan ligger 1,4 m under markytan.

Resultat från sättningsberäkningarna visas i nedanstående tabell.

13A181		
Grundvattensänkning (m)	Sättning efter 2 år (m)	Sättning efter 30 år (m)
1	0,021	0,059
2	0,041	0,107
5	0,362	0,552

Tabell 2. Sättningsresultat provtagningspunkt 13A181.

Provtagningspunkt 13A182

Marknivå (m)		Grundvattennivå (m)		Jordlager ovan leran (m)		Lermäktighet (m)	
+32,6		Antagen+31,4		1,2		7,0	
Lerans parametrar, utvärderade från CRS-försök							
Djup (m)	σ´ _c	σ´ _L	M ₀	M _L	M´	k _i	β _k
3,0	58	105	5800	443	14,2	1,3E-9	5,2
5,0	74	102	3578	328	15,7	4,9E-10	3,1
7,0	99	144	6952	359	15,5	1,7E-10	3,3

I aktuell provtagningspunkt består jorden överst av ca 1,2 m torrskorpelera ovan ca 7 m lera på en friktionsjord. Inga primära konsolideringssättningar pågår i leran för nu uppmätta grundvattennivåer.

Enligt rådande förkonsolideringstryck (CRS) uppstår inga krypsättningar i jordprofilen vid 1 m grundvattensänkning. Vid 2 m och 5 m grundvattensänkning uppstår däremot krypsättningar från ca 2,8 m djup och neråt i jordprofilen.

Utförda CRS-försök visar att leran är överkonsoliderad med OCR=1,7-1,8 med antagande om att grundvattenytan ligger 1,2 m under markytan.

Resultat från sättningsberäkningarna visas i nedanstående tabell.

13A182		
Grundvattensänkning (m)	Sättning efter 2 år (m)	Sättning efter 30 år (m)
1	0,009	0,013
2	0,041	0,059
5	0,273	0,428

Tabell 3. Sättningsresultat provtagningspunkt 13A182

Provtagningspunkt 12A190

Marknivå (m)		Grundvattennivå (m)		Jordlager ovan leran och gyttjan (m)		Lermäktighet (inklusive gyttja) (m)	
+16,7		Antagen +15,5		0,6		13,8	
Lerans parametrar, utvärderade från CRS-försök							
Djup (m)	σ'_c	σ'_L	M_0	M_L	M'	k_i	β_k
2,0	64	95	4324	251	16,0	4,5E-10	2
4,0	87	114	4183	444	17,4	8,7E-11	1,8
8,0	120	189	7792	189	19,2	3,1E-10	2,8
12,0	230	290	12778	794	18,2	3,1E-10	3,8
14,0	190	237	12179	875	18,2	1,6E-10	3,5

I aktuell provtagningspunkt består jorden överst av ca 0,6 m fyllning på ca 0,5 m torv och ca 0,3 m gyttja ovan ca 13 m lera på en friktionsjord. Inga primära konsolideringssättningar pågår i leran för nu uppmätta grundvattennivåer.

Enligt rådande förkonsolideringstryck (CRS) uppstår inga krypsättningar i jordprofilen vid 1 och 2 m grundvattensänkning. Vid 5 m grundvattensänkning uppstår däremot krypsättningar från ca 4,3 m djup och neråt i jordprofilen.

Utförda CRS-försök visar att leran är överkonsoliderad med OCR=1,7-2,7 med antagande om att grundvattenytan ligger 1,2 m under markytan.

Resultat från sättningsberäkningarna visas i nedanstående tabell.

12A190		
Grundvattensänkning (m)	Sättning efter 2 år (m)	Sättning efter 30 år (m)
1	0,009	0,019
2	0,019	0,037
5	0,138	0,235

Tabell 4. Sättningsresultat provtagningspunkt 12A190.

Provtagningspunkt 12A194

Marknivå (m)		Grundvattennivå (m)		Jordlager ovan leran (m)		Lermäktighet (m)	
+25,1		+22,7		2,4		5,0	
Lerans parametrar, utvärderade från CRS-försök							
Djup (m)	σ'_c	σ'_L	M_0	M_L	M'	k_i	β_k
4,0	68	106	4570	533	14,2	4,4E-10	3,5
6,0	101	161	6680	690	13,4	1,0E-10	1,5

I aktuell provtagningspunkt består jorden överst av ca 2,4 torrskorpelera ovan ca 5 m lera på en friktionsjord.

Utförda CRS-försök visar att leran är normalkonsoliderad till lätt överkonsoliderad med OCR=1,3-1,5 med antagande om att grundvattenytan ligger 2,4 m under markytan.

Krypsättningar uppstår från ca 3 m djup och neråt i jordprofilen redan vid 1 m grundvattensänkning.

Resultat från sättningsberäkningarna visas i nedanstående tabell.

12A194		
Grundvattensänkning (m)	Sättning efter 2 år (m)	Sättning efter 30 år (m)
1	0,03	0,05
2	0,074	0,115
5	0,167	0,227

Tabell 5. Sättningsresultat provtagningspunkt 12A194.

Provtagningspunkt 12A195

Marknivå (m)		Grundvattennivå (m)		Jordlager ovan leran (m)		Lermäktighet (m)	
+17,7		Antagen +16,1		1,6		10,4	
Lerans parametrar, utvärderade från CRS-försök							
Djup (m)	σ'_c	σ'_L	M_0	M_L	M'	k_i	β_k
2,0	53	79	2472	566	13,2	4,1E-10	2,2
4,0	61	88	3631	339	15,0	2,2E-10	3,1
8,0	124	178	4844	622	16,8	1,1E-10	2,4
10.0	143	180	7252	772	16.8	3.3E-10	3.9

I aktuell provtagningspunkt består jorden överst av ca 1,2 m fyllning på ca 0,4 m torrskorpelera ovan ca 10,4 m lera på en friktionsjord.

Utförda CRS-försök visar att leran är lätt överkonsoliderad till överkonsoliderad med OCR=1,3-1,7 med antagande om att grundvattenytan ligger 1,6 m under markytan.

Enligt rådande förkonsolideringstryck (CRS) uppstår krypsättningar i jordprofilen mellan djupen ca 2,5-5 m vid 1 m grundvattensänkning. Vid 2 m grundvattensänkning uppstår krypsättningar i jordprofilen mellan djupen ca 2,5-7 m. Vid 5 m grundvattensänkning uppstår krypsättningar i jordprofilen från ca 2,5 m djup och neråt i jordprofilen.

Resultat från sättningsberäkningarna visas i nedanstående tabell.

12A195		
Grundvattensänkning (m)	Sättning efter 2 år (m)	Sättning efter 30 år (m)
1	0,022	0,050
2	0,058	0,149
5	0,371	0,513

Tabell 6. Sättningsresultat provtagningspunkt 12A195.

Provtagningspunkt 12A196

Marknivå (m)		Grundvattennivå (m)		Jordlager ovan leran (m)		Lermäktighet (m)	
+19,4		Antagen+17,2		2,2		3,6	
Lerans parametrar, utvärderade från CRS-försök							
Djup (m)	σ'_c	σ'_L	M_0	M_L	M'	k_i	β_k
2,7	88	179	8209	1672	11,1	4,4E-10	1,6
5,0	102	152	6220	1609	18,6	1,2E-10	1,8

I aktuell provtagningspunkt består jorden överst av ca 0,6 m fyllning på ca 1,6 m torrskorpelera. Under torrskorpeleran består jorden av ca 3,6 m lera på friktionsjord. Inga primära konsoliderings-sättningar pågår i leran för nu uppmätta grundvattennivåer.

Enligt rådande förkonsolideringstryck (CRS) uppstår inga krypsättningar i jordprofilen vid 1 m grundvattensänkning. Vid 2 och 5 m grundvattensänkning uppstår däremot krypsättningar från ca 4,5 m djup och neråt i jordprofilen.

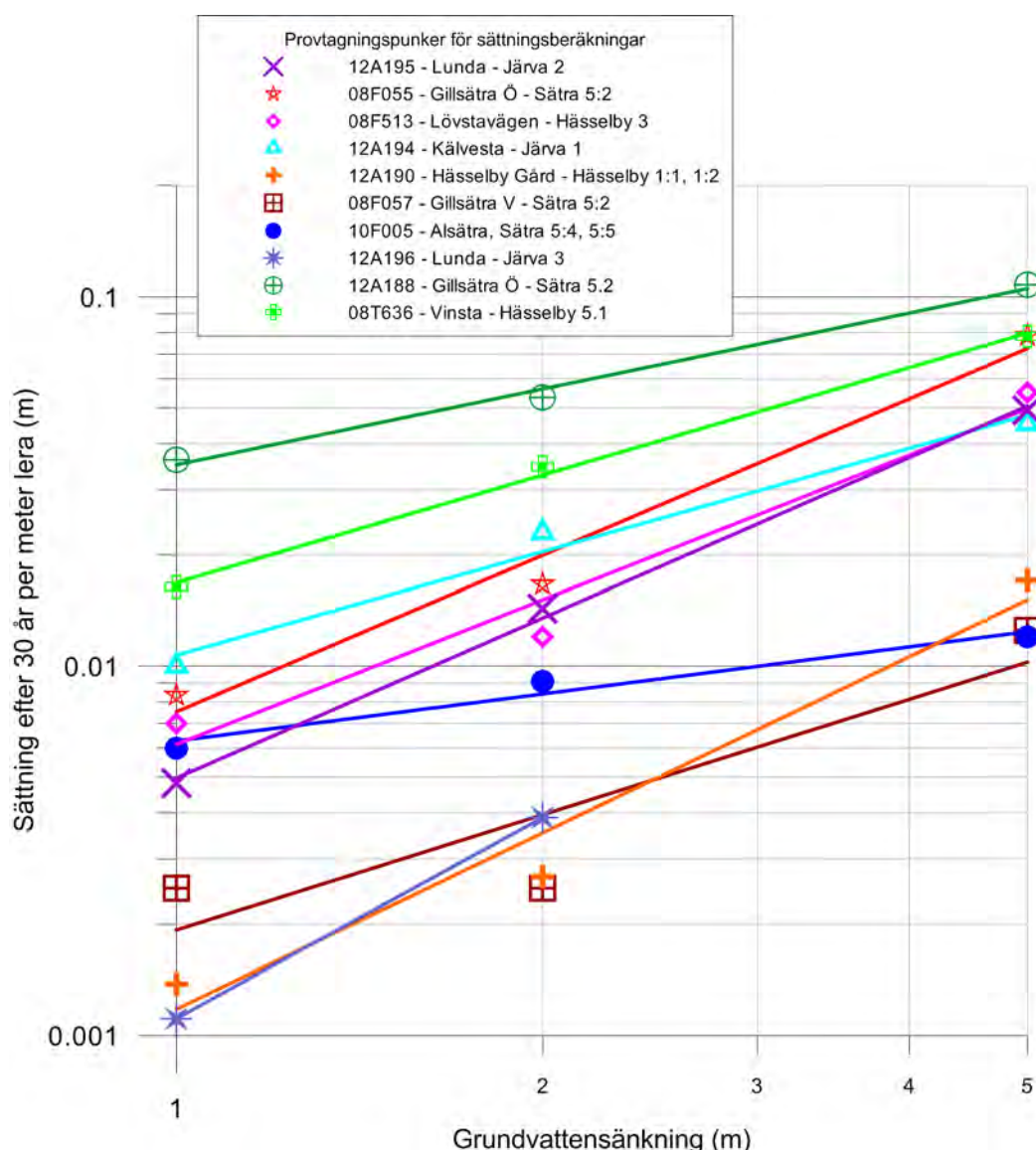
Utförda CRS-försök visar att leran är överkonsoliderad med OCR=1,6-2,1 med antagande om att grundvattenytan ligger 2,2 m under markytan.

Resultat från sättningsberäkningarna visas i nedanstående tabell.

12A196		
Grundvattensänkning (m)	Sättning efter 2 år (m)	Sättning efter 30 år (m)
1	0,004	0,004
2	0,012	0,014
5	-	-

Tabell 7. Sättningsresultat provtagningspunkt 12A196.

Från sättningsberäkningar där kolvprovtagning har genomförts har sambandet mellan grundvattensänkning och sättning efter 30 år i lerlager per meter lera tagits fram, se linjer i Figur 1. Genom detta samband erhålls ett medelvärde för marksättning per meter lera genom hela lerprofilen där undersökningen har genomförts. Sambandet mellan lermäktighet och sättning antas vara proportionellt, d v s 2 m lera ger dubbelt så stor sättning som 1 m lera vid samma grundvattensänkning. Detta samband har, tillsammans med modellen för grundvattensänkning och lerans över- och underkant, använts för att beräkna marksättning.



Figur 1 Samband mellan grundvattensänkning och sättning efter 30 år per meter lera för de provtagningspunkter som använts i beräkningarna. Beräkningarna baseras dels på kolvprovtagning som redovisas i *GeoB*, *Geotekniska beräkningar*, *Redovisning av beräkningsresultat*, 2011-09-11 och dels kolvprovtagning som är utförd 2012-2013.

Inom områden där leran kan betraktas som en sammanhängande enhet och där flera kolvprovtagningar har genomförts har det förekommit att beräknade sättningsbelopp väsentligt skiljer sig mellan olika provtagningspunkter. Skillnaderna mellan sambanden för de olika beräkningarna beror på att aktuellt lerlagars läge i jordprofilen påverkar förkonsolideringsspänningen. Om den aktuella spänningen överstiger förkonsolideringsspänningen blir resulterad sättning större jämfört om den inte skulle göra det. För dessa områden med flera provtagningspunkter har den undersökning som vid beräkning visar störst sättningsbelopp använts för hela området. Vilken sondering som har använts för beräkning i respektive delområde framgår av legenden i Figur 1.

Inom delområde Vinsta – Hässelby 6 visar beräkning för punkten o8T6o8 att sättningen understiger 1 cm oavsett grundvattensänkningens storlek. För punkten o8T6o9 visar sonderingsresultatet endast torrskorpelera varför beräkning inte kunnat genomföras.

Inom Gillsätra-området har flera kolvprovtagningar med sättningsberäkningar genomförts med skilda resultat. I den västra delen av området har en ledningstunnel tidigare dränerat området. Leran i detta område är mer överkonsoliderad jämfört med den östra delen av området. I den östra delen av området, vid provtagningspunkt 12A188, är leran underkonsoliderad (d v s d et pågår sättningar). Beräkningarna i den västra, centrala östra respektive östra delen baseras på provtagningspunkterna o8Fo57, o8Fo55 och 12A188. Beräkningar baserade på dessa provtagningspunkter visar störst sättning inom respektive område.

Vid genomgång av de kompletterande geotekniska undersökningarna inom ramen för detta uppdrag, har det visat sig att inom vissa områden i Lunda finns kolvprover som tyder på underkonsolidering d v s att det förekommer pågående sättningar i leran.

Orsakerna till dessa skillnader inom de avgränsade områdena och även på djupet beror på många faktorer, där de vanligaste är grundvattensänkning (genom ledningsgravar/kulvertar, större trädplanteringar, hårdgjorda ytor i form av P-ytor etc) och uppfyllnader av olika slag.

4 Slutsatser

Sättningarnas storlek och påverkansområdena beror på en rad olika faktorer såsom den lösa lerans mäktighet, eventuellt pågående sättningar i delområdena, belastningshistorik och storleken på den eventuella grundvattensänkningen. Genomförd sättningsberäkning ska tolkas som en indikativ beräkning då osäkerheter förekommer i samtliga ingående parametrar. Områdets belastningshistorik är inte känd och eventuella tidigare grundvattensänkningar eller belastningar, annat än de som är medtagna vid beräkningen för där enskild kolvprovtagning har genomförts, är inte beaktade. Marksättningen kan bli såväl större som mindre än vad som är beräknat.

Det är främst om en byggnad sätter sig snett, s.k. differenssättning, som skador kan uppkomma. De skadliga effekterna på undermarksanläggningar och byggnader är svåra att prognosticera och förutsäga, eftersom det beror till största delen på sättningskillnader inom den aktuella anläggningen och dess grundläggningssätt. T ex en byggnads grundläggning med platta på mark som i dess ena kant påverkas av en marksättning och i dess andra kant inte alls påverkas av marksättning kan skadas ifall skillnaden blir för stor. Sätter sig marken jämnt över ytan kan den skadliga effekten bli minimal. Är byggnaden på grundlagd kommer själva byggnaden stå still men servisledningar i mark kan komma att sätta sig så att skador uppkommer på den markförlagda ledningen.

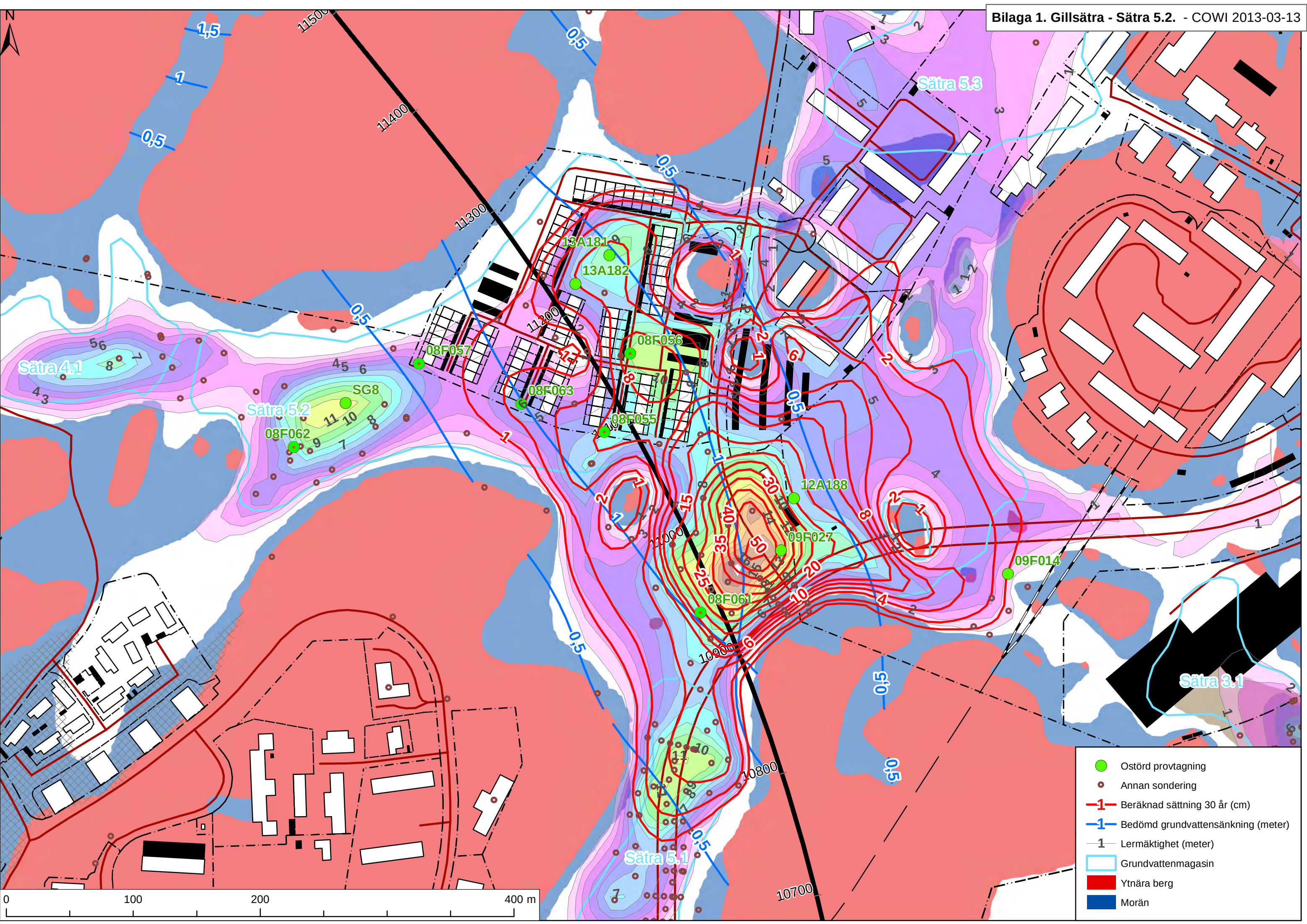
Beräkning av marksättning i detta PM baseras på den grundvattensänkning som förväntas förutsatt att vidare åtgärder, som kompletterande tätning eller infiltration, inte genomförs. Skadliga sättningar behöver inte uppkomma om åtgärder för att upprätthålla grundvattennivåer verkställs. T ex ska en infiltrationsanläggning byggas i Gillsätra för att minimera detta.

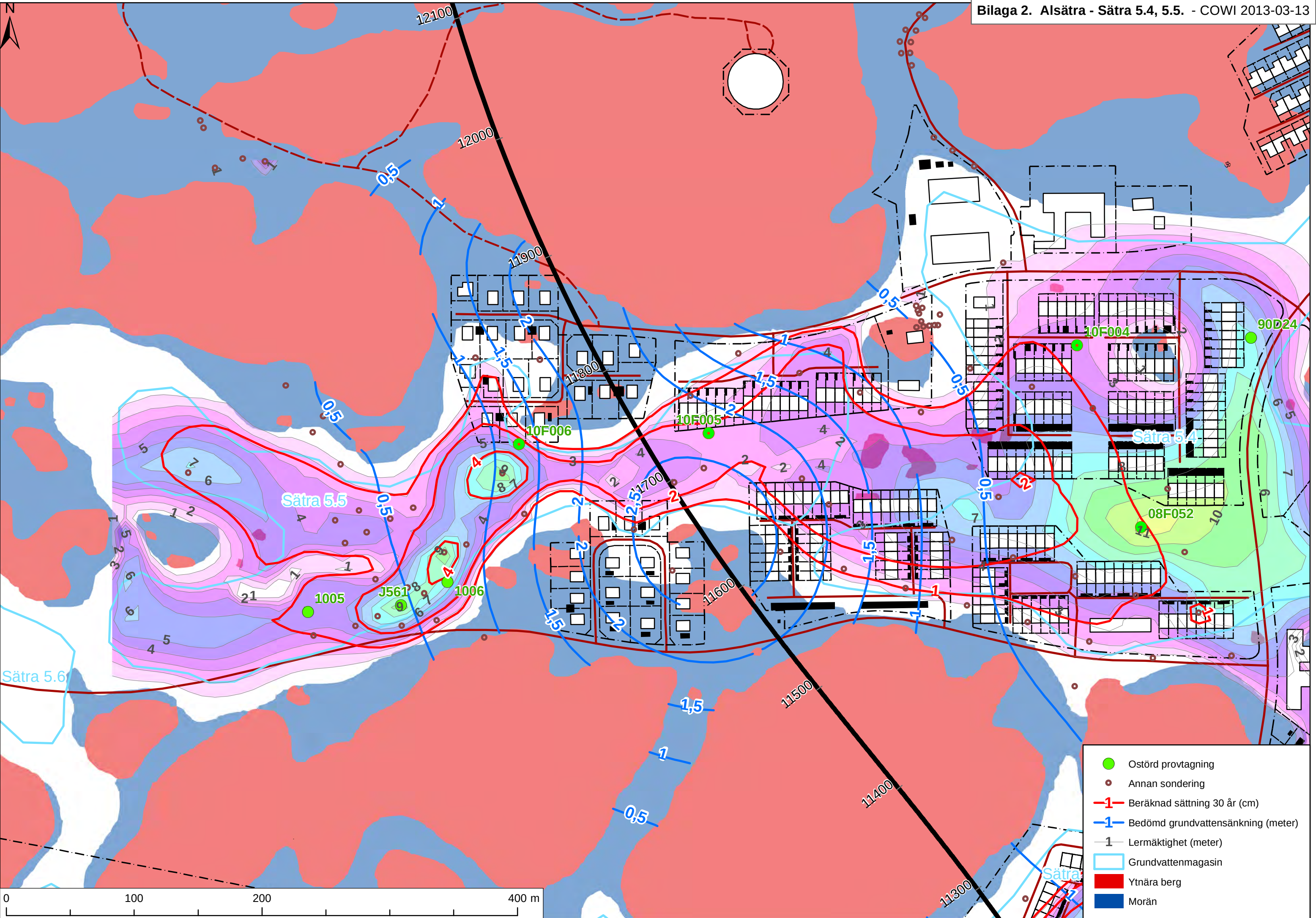
Denna PM ska ligga till grund för ett kontroll- och åtgärdsprogram inom de delområden som innefattas i denna PM. Grundvattenrör och porttrycksmätare ska installeras i tillräcklig omfattning för att täcka de delområden där skadliga sättningar kan uppkomma. Mätningar i dessa ska genomföras innan byggstart för att få en uppfattning om de naturliga variationerna av grundvattenytan längs en årscykel. Vidare ska en "nollavvägning" av markytan och känsliga byggnader utföras. Känsliga byggnader och undermarksanläggningar ska också besiktigas före anläggningsarbetenas igångsättande så att dess kondition dokumenteras. Regelbundna sättningsmätningar ska påbörjas i ett förskede innan byggstart.

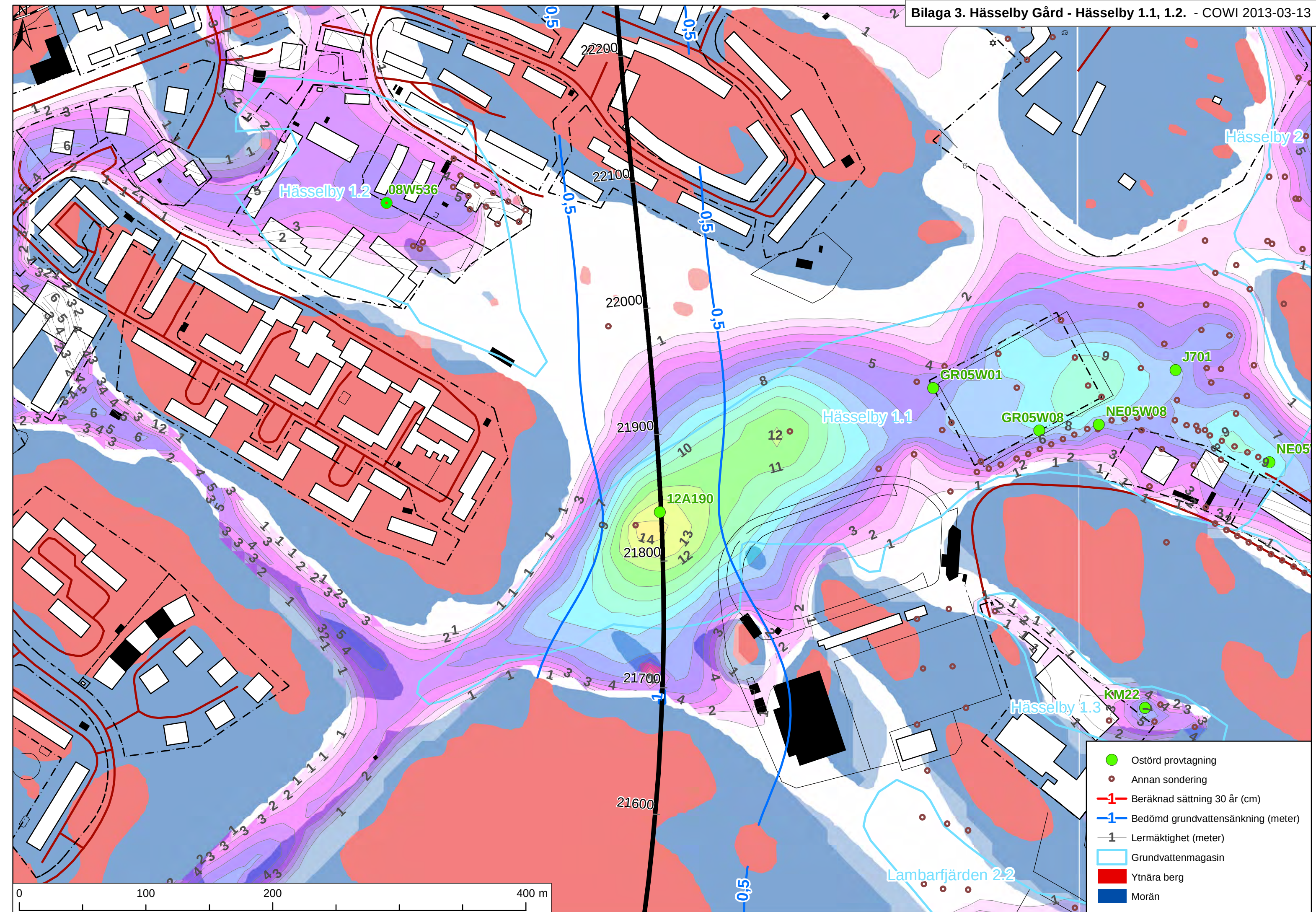
Till detta ska ett åtgärdsprogram upprättas, där olika larmnivåer föranleder olika typer av åtgärder såsom t ex utökad mätning, ökad tätning av vattenförande sprickor i tunnlarna, igångsättning av infiltrationsanläggningar för att upprätthålla grundvattennivåerna etc.

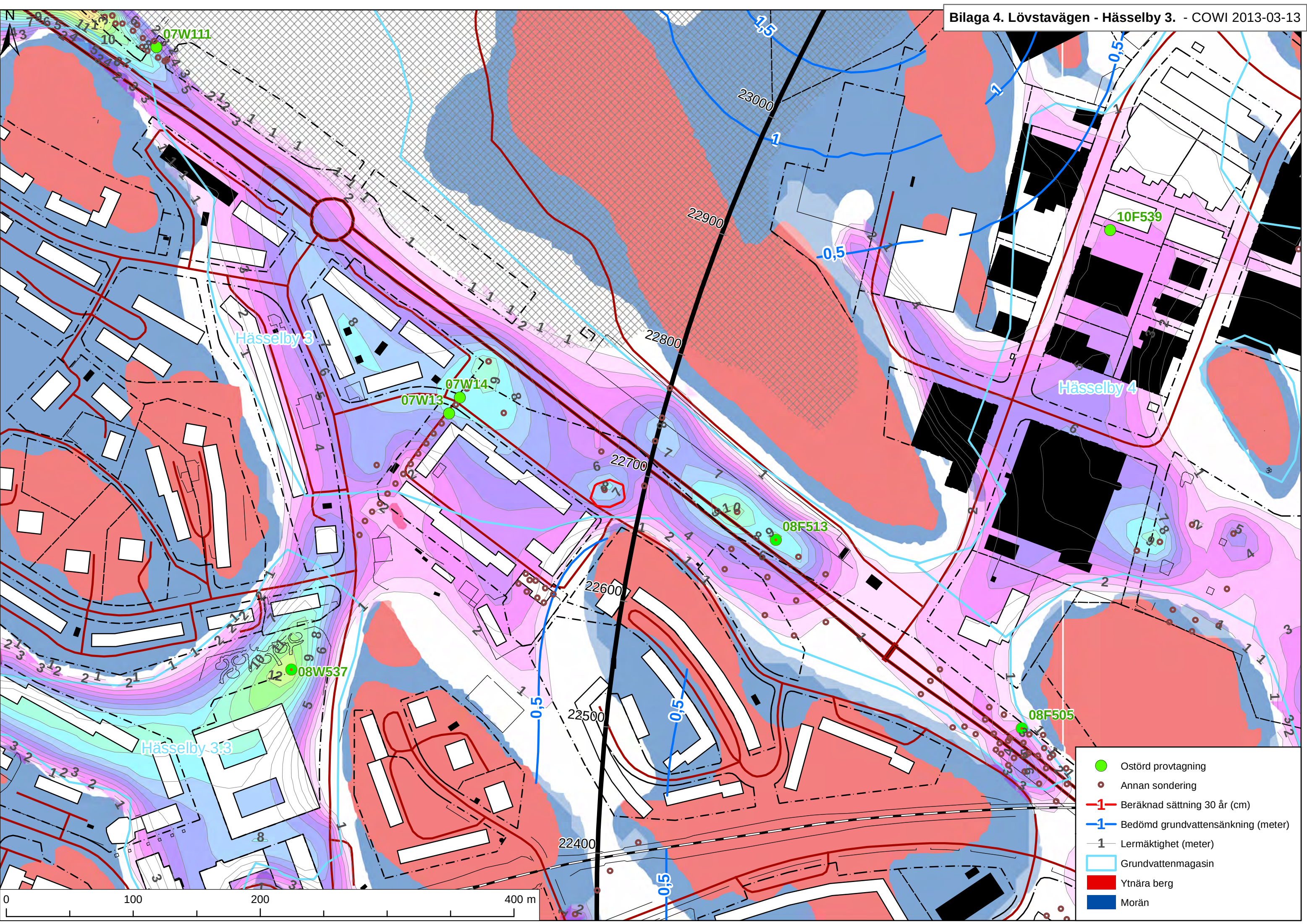
Bilagor:

1. Planredovisning, delområde 1 Gillsätra – Sätra 5.2
2. Planredovisning, delområde 2 Alsätra – Sätra 5.4 och 5.5
3. Planredovisning, delområde 3 Hässelby gård – Hässelby 1.1 och 1.2
4. Planredovisning, delområde 4 Lövestavägen – Hässelby 3
5. Planredovisning, delområde 5 Vinsta – Hässelby 5.1 och 6
6. Planredovisning, delområde 6 Kälvesta – Järva 1
7. Planredovisning, delområde 7 Lunda – Järva 2
8. Planredovisning, delområde 8 Lunda – Järva 3 och 9

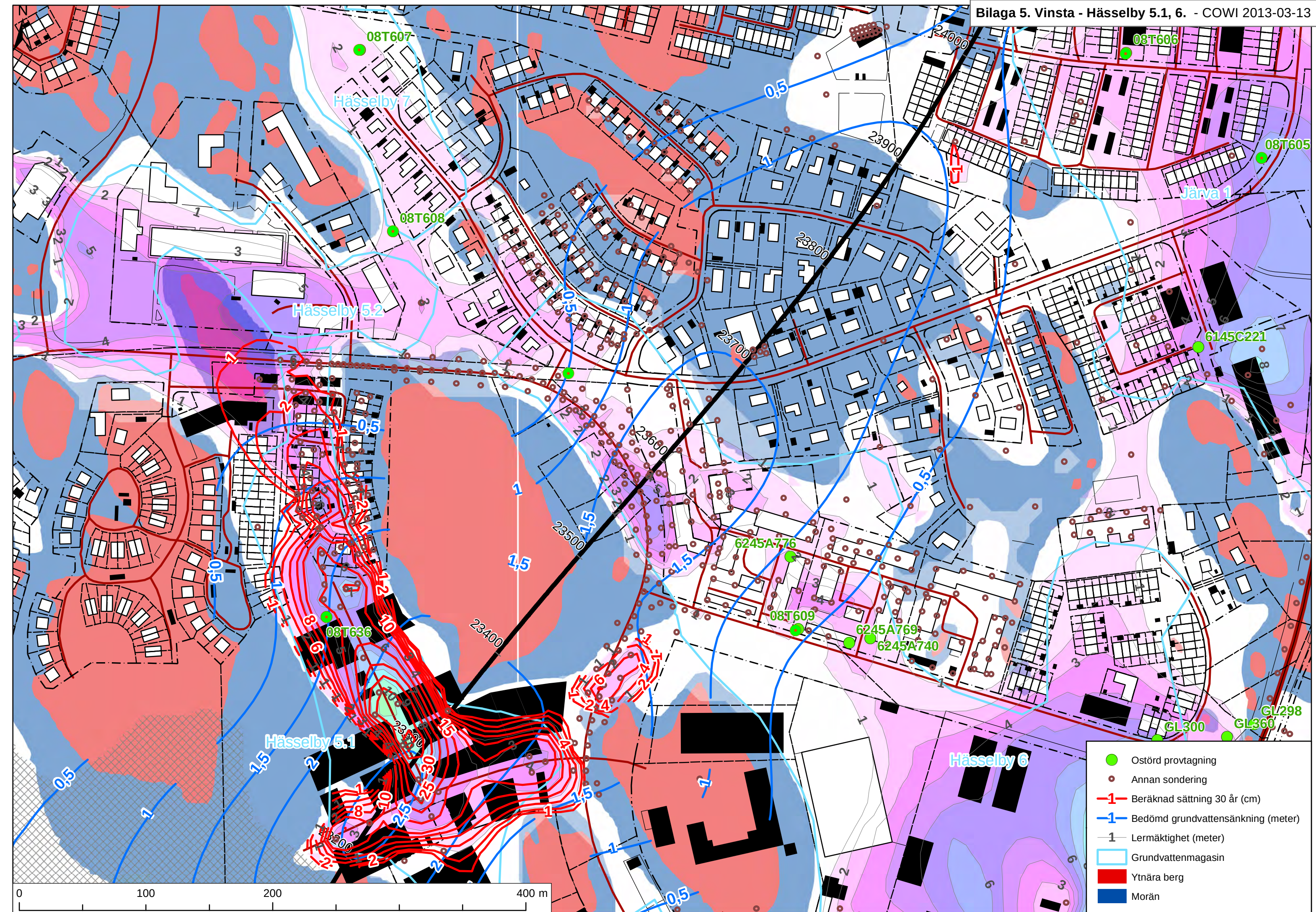




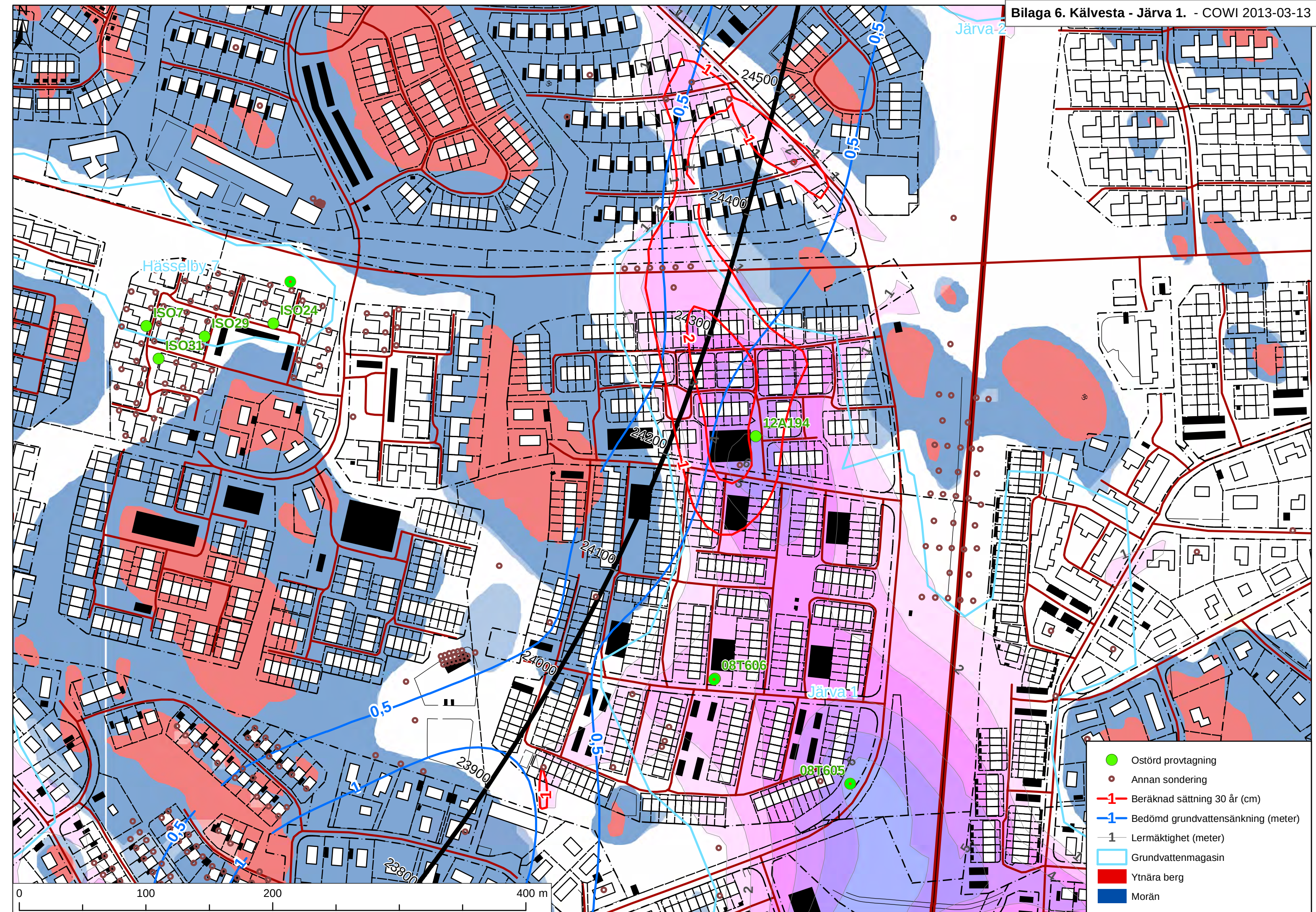


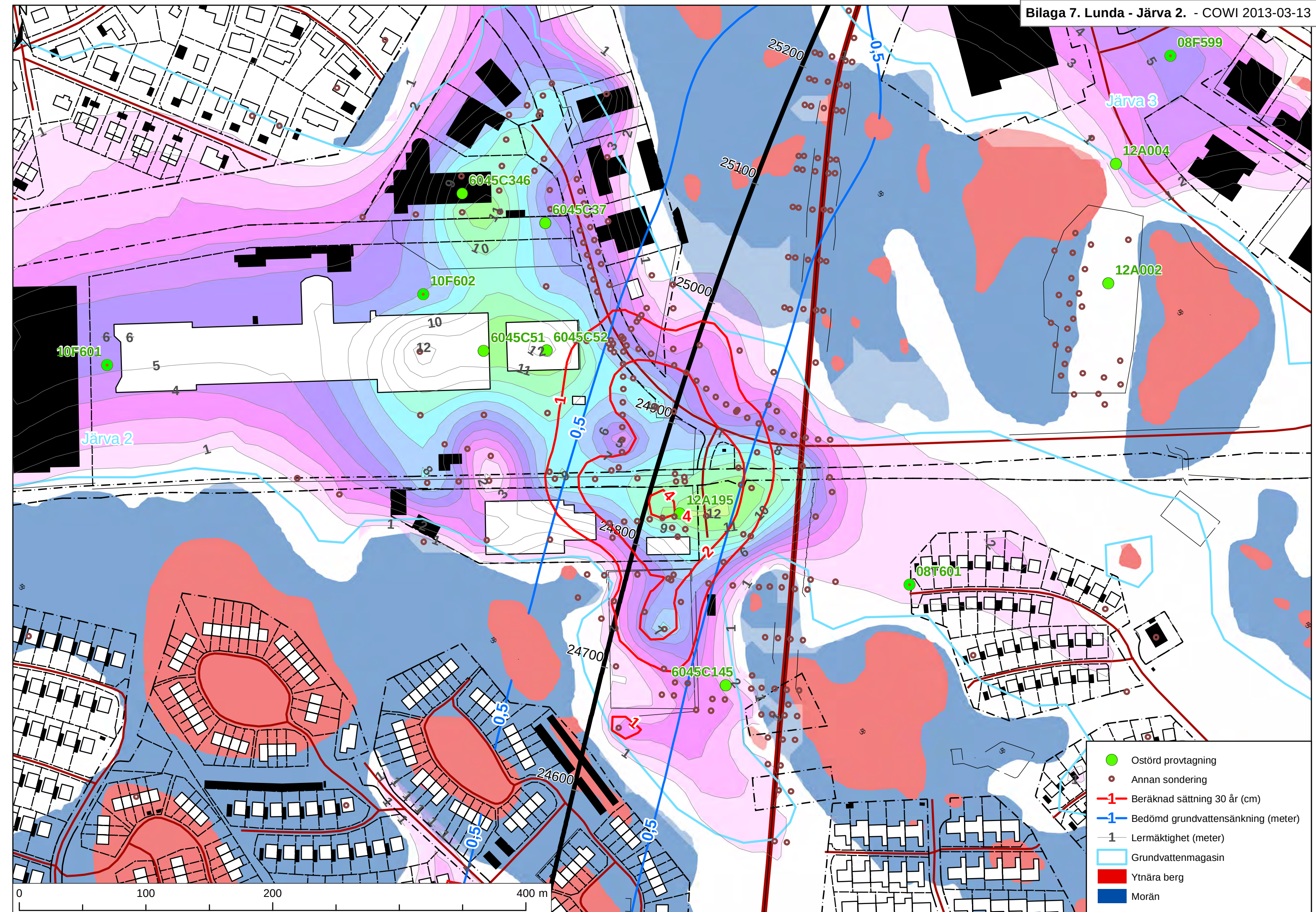


- Ostörd provtagning
- Annan sondering
- 1— Beräknad sättning 30 år (cm)
- 1— Bedömd grundvattensänkning (meter)
- 1— Lermäktighet (meter)
- Grundvattenmagasin
- Ytnära berg
- Morän



- Ostörd provtagning
- Annan sondering
- 1— Beräknad sättning 30 år (cm)
- 1— Bedömd grundvattensänkning (meter)
- 1— Lermäktighet (meter)
- Grundvattenmagasin
- Ytnära berg
- Morän





- Ostörd provtagning
- Annan sondering
- 1— Beräknad sättning 30 år (cm)
- 1— Bedömd grundvattensänkning (meter)
- 1— Lermäktighet (meter)
- Grundvattenmagasin
- Ytnära berg
- Morän

