

SYSTEMHANDLING

Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg –
Skandiahamnen

Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi


Diarienummer: 108 793

2015-05-31




Foto: Göteborgs Hamn

Sweco	Revidering/Revideringsdatum:	Skapad av: Ingvar Rhen	Uppdragsansvarig: Karl Holmström
	Uppdragsnummer: 2343005000	Internt granskad av: Magnus Liedholm, Javad Homayoun, AnnLouise Elliot, Peter Danielsson	Datum: 2014-12-14
	Revidering kapitel:	Revideringen avser:	
Trafikverket	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi		
	Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
	Granskad av: Terese Löfgren	Datum: 2015-01-29	Bandel: 603
	Fastställd av: Christer Claesson	Datum: 2015-05-31	Km: 4+100 – 7+500
	Dokumentnummer förvaltning:		


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 1 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31 Uppdragsnr: 2343005000 Rev. datum:

Innehållsförteckning


1	Objekt	5
2	Syfte och begränsningar.....	5
2.1	Syfte.....	5
2.2	Omfattning.....	5
2.3	Begränsningar, gränsdragningar mot andra dokument	6
3	Underlag för undersökningarna	6
4	Styrande dokument.....	6
5	Arkivmaterial.....	7
5.1	Tidigare utförda undersökningar.....	7
5.2	Jordlagerföljd och egenskaper	8
5.2.1	Eriksbergsmotet - Bratteråsberget.....	9
5.2.2	Bratteråsberget - Pölsebo bangård	10
5.2.3	Pölsebo bangård - Skarvik.....	11
5.3	Bergarter och egenskaper.....	11
5.4	Grundvattenmagasin.....	13
6	Befintliga förhållanden	14
6.1	Topografi.....	14
6.2	Ytbeskaffenhet	16
6.3	Befintliga större undermarksanläggningar	16
6.3.1	Infiltrationsanläggningar	17
6.3.2	Brunnar	17
7	Positionering	17
8	Hydrogeologiska undersökningar	18
8.1	Fältundersökningar	18
8.1.1	Borrningar	18
8.1.2	Hydrauliska tester	19
8.1.3	Grundvattennivåmätningar	19
8.1.4	Vattenprovtagning.....	20
8.2	Laboratorieundersökningar	20
8.2.1	Vatten.....	20
8.2.2	Jord	20
9	Härledda värden - hydrogeologiska egenskaper.....	21

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 2 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

9.1	Tolkad jordlagerföljd och bergförhållanden.....	21
9.1.1	Generellt längs bansträckningen	21
9.1.2	Eriksberg – Bratteråsberget	21
9.1.3	Bratteråsberget	22
9.1.4	Bratteråsberget – Krokängsparken.....	25
9.1.5	Krokängsparken	26
9.1.6	Pölsebo	29
9.1.7	Pölsebo – Skandiahammen.....	31
9.2	Hydrauliska egenskaper	31
9.2.1	Generellt längs bansträckningen	31
9.2.2	Eriksberg – Bratteråsberget	49
9.2.3	Bratteråsberget	51
9.2.4	Bratteråsberget – Krokängsparken.....	52
9.2.5	Krokängsparken	53
9.2.6	Pölsebo	55
9.2.7	Pölsebo - Skandiahammen.....	56
9.3	Grundvattennivåer	56
9.3.1	Generellt längs bansträckningen	56
9.3.2	Eriksberg – Bratteråsberget.....	65
9.3.3	Bratteråsberget	66
9.3.4	Bratteråsberget – Krokängsparken.....	67
9.3.5	Krokängsparken	68
9.3.6	Pölsebo	69
9.3.7	Pölsebo – Skandiahammen.....	70
9.4	Grundvattenkemi	72
9.4.1	Generellt längs bansträckningen	72
9.4.2	Eriksberg – Bratteråsberget.....	76
9.4.3	Bratteråsberget	76
9.4.4	Bratteråsberget – Krokängsparken.....	77
9.4.5	Krokängsberget.....	77
9.4.6	Pölsebo	77
9.4.7	Pölsebo - Skandiahammen.....	78
9.5	Grundvattenmagasin.....	78

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 3 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

9.5.1	Generellt längs bansträckningen	78
9.5.2	Eriksberg – Bratteråsberget	79
9.5.3	Bratteråsberget	79
9.5.4	Bratteråsberget – Krokängsberget.....	79
9.5.5	Krokängsberget.....	80
9.5.6	Pölsebo	80
9.5.7	Pölsebo - Skandiahammen.....	81
9.6	Grundvattenströmning.....	81
9.6.1	Generellt längs bansträckningen	81
9.6.2	Eriksberg – Bratteråsberget	82
9.6.3	Bratteråsberget	83
9.6.4	Bratteråsberget – Krokängsberget.....	83
9.6.5	Krokängsparken	83
9.6.6	Pölsebo	83
9.6.7	Pölsebo - Skandiahammen.....	83
9.7	Grundvattenbildning och grundvattenbalans	83
9.7.1	Nederbörd och nettonederbörd	83
9.7.2	Grundvattenbildning i jord och berg	84
9.7.3	Grundvattenbildning - generellt längs bansträckningen	88
9.7.4	Eriksberg – Bratteråsberget	89
9.7.5	Bratteråsberget	89
9.7.6	Bratteråsberget – Krokängsparken.....	89
9.7.7	Krokängsberget.....	89
9.7.8	Pölsebo	89
9.7.9	Pölsebo - Skandiahammen.....	90
9.8	Konceptuell modell.....	90
9.8.1	Generellt längs bansträckningen	90
9.8.2	Eriksberg – Väst Nordviksgatan	92
9.8.3	Väst Nordviksgatan – Celsiusgatan	92
9.8.4	Celsiusgatan – Bratteråsgatan	93
9.8.5	Bratteråsberget	94
9.8.6	Bratteråsberget – Krokängsparken.....	97
9.8.7	Krokängsberget.....	98

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 4 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

9.8.8	Väster Krokängsberget/Pölsebo, Pölsebo.....	99
9.8.9	Pölsebo – Skandiahammen.....	100
10	Referenser	102

Bilagor

Bilaga 1. Kartor

B1-001	Översiktskarta - Jordarter
B1-002	Översiktskarta - Jorddjup
B1-003	Översiktskarta - Bergarter
B1-004	Översiktskarta - Topografi, avrinningsområden
B1-005	Översiktskarta - Jordarter, avrinningsområden
B1-006	Översiktskarta - Jordarter, SBK gv-rör
B1-007	Plan – Grundvattenrör
B1-008	Plan – Grundvattenrör
B1-009	Plan – Grundvattenrör

Bilaga 2. Mätpunkter

Bilaga 3. Inventering av underlagsdata

Bilaga 4. Borrning - borrhållsprotokoll och siktanalyser


Bilaga 5. Vattenanalyser

Bilaga 6. Hydrotester – Enhålstester i hammarborrhål och ”2 rör

Bilaga 7. Hydrotester – Provpumpningar

Bilaga 8. Hydrotester – Enhålstester i kärnborrhål

Bilaga 9. Grundvattennivåmätningar

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 5 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

1 Objekt

Sweco har på uppdrag av Trafikverket, region Väst, sammanställt de hydrogeologiska förutsättningarna i anslutning till den tilltänkta linjen för Hamnbanan, delen Eriksberg-Skandiahammen i Göteborg. Detta har genomförts via insamling av existerande data, samt anpassade hydrogeologiska undersökningar. Utredningen har utförts inom genomförandefasen för Järnvägsplan och Systemhandling.

2 Syfte och begränsningar

2.1 Syfte

Hydrogeologiska undersökningar har gjorts för att ta fram de relevanta hydrogeologiska förutsättningarna som underlag för Systemhandling, Järnvägsplan, MKB samt tillståndsansökan.

Syftet med undersökningarna har varit att visa de hydrogeologiska förutsättningarna i området med en konceptuell modell inför ombyggnaden av Hamnbanan, Eriksberg-Pölsebo-Skandiahammen. Förändringar orsakade av den planerade anläggningen avseende hydrogeologiska förutsättningar ska visas samt åtgärder för att förebygga eventuella hydrogeologiska problem relaterade till den planerade anläggningen.


De värden som framtagits i denna rapport är inga s.k. karakteristiska (design-) värden enligt Eurocode 7, utan utgångspunkter till designvärden för projekterande tekniskdelar, eftersom designvärden hör ihop med projekteringslösningar (Bond and Harris, 2008).

2.2 Omfattning

Undersökningarna har genomförts med motivet att erhålla information om jordlagerföljden i respektive undersökningsområde, samt från observationsrör erhållit jordprover för översiktlig bestämning av jordlagrens hydrauliska konduktivitet. Undersökningarna av jordlagerföljder samt jordprover har genomförts utifrån hydrogeologiska frågeställningar och är ett komplement till den geotekniska undersökningen. Den geotekniska tolkningen levererad i MUR Geoteknik (2014) har tolkningsföreträde gällande jordlagrens utbredning och mäktighet.

Undersökningarna har huvudsakligen utförts i anslutning till påslag, dvs i områden för övergång mellan jord- och bergtunnel, samt i områden där de hydrogeologiska förhållandena skulle kunna orsaka problem i samband med byggskedet- eller driftskedet av Hamnbanan. Syftet med utförandet av grundvattenrören har även varit att, medge grundvattennivåmätningar i de installerade grundvattenrören, samt använda rören och brunnarna vid hydrauliska tester.

Undersökningarna har dessutom omfattat att funktionstesta borrhål (bedöma lämplighet för grundvattennivåobservationer) samt att skatta de lokala hydrogeologiska egenskaperna nära brunnsfilter i jordlager eller nära borrhål i berg. Några få längre pumpningar har genomförts för att uppskatta de

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 6 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

genomsnittliga egenskaperna på akvifererna i tre områden. Undersökningarna har huvudsakligen utförts i anslutning till spårkorridor för Hamnbanan.

2.3 Begränsningar, gränsdragningar mot andra dokument

En MUR (Markteknisk undersökningsrapport) för hydrogeologi är en beskrivning som omfattar både data, information och härledda värden och företeelser, presenterat som tabeller, figurer och sammanbundet med förklarande och beskrivande text.

Detta dokument, MUR-hydrogeologi, innehåller inga värderingar eller slutsatser. MUR redovisar förutsättningar och tolkningar av till dessa härledda egenskaper medan anläggningen och konsekvenser relaterat till anläggning redovisas i Systemhandlingen med underliggande rapporter. MUR innehåller ingen analys relaterad till planerad anläggning.

Konsekvenser av planerad anläggning redovisas i framtagna Miljökonsekvensbeskrivning och inte i detta dokument. Dock utgör detta dokument underlag till hydrogeologiskt material i miljökonsekvensbeskrivningen. Inga skadeförebyggande åtgärder presenteras av samma anledning.

Detta dokument utgör även underlag för framtagande av Teknik beskrivning till ansökan för vattenverksamhet samt kontrollprogram.

3 Underlag för undersökningarna


Underlag för undersökningarna har varit underlag från Järnvägsutredningen, preliminära resultat från de geotekniska undersökningarna av Sweco under maj 2013 samt tidigare utredning av Tyréns AB (2012). Utöver dessa har en inventering av tidigare producerat material genomförts med stöd av Stadsbyggnadskontoret. Detta redovisas nedan under kap 5 Arkivmaterial.

4 Styrande dokument

Undersökningarna har utförts enligt praxis från grundvattenundersökningar som beskrivs i Andersson m.fl (1984), Butler (1997) samt Gustafson (2012).

Följande styrande dokument har identifierats från Trafikverkets underlagsmaterial:

- Hantering av grundvatten ska uppfylla och följa Trafikverkets tekniska krav och råd för geokonstruktioner (TK Geo 11, 2011:047).
- TRVFS 2011:12 (om inte uppdateringar föreligger), Trafikverkets föreskrifter om ändring i Vägverkets föreskrifter (VVFS 2004:43) om tillämpningen av europeiska beräkningsstandarder.
- Eurocode. Markundersökningar vad avser grundvatten ska följa Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner, Del 1: Allmänna regler (SS-EN 1997-1:2005), Dimensionering av geokonstruktioner - Del 2: Marktekniska undersökningar samt därifrån EN ISO 22475 om grundvattenmätning, (om inte uppdateringar föreligger). I de fall en standard i serien SS-EN 1990 - SS-EN 1999 (exempelvis Eurocode) inte

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 7 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

behandlas i BFS 2011:10 tillämpas för denna standard samma regler som för övriga standarder (enligt TRVR Tunnel 11, A.1.2.3.2, 2011:088). Eurokoderna tillåter ett antal nationella val. Det är Boverket och Trafikverket som inom sina respektive ansvarsområden anger villkoren för Eurokodens användning i Sverige. Boverket publicerar sina nationella val i BFS 2008:8-EKS med ändringar. Trafikverket publicerar sina nationella val i VVFS 2004:43 med ändringar. På www.eurokoder.se finns gällande föreskrifter från Boverket och Trafikverket. Hantering av vatten vid markarbeten ska alltså följa, i den mån tillämpbar vad avser tillämpningen av Eurocode, Boverkets föreskrifter och allmänna råd BFS 2008:8 om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder, (om inte uppdateringar föreligger). Hantering av vatten ska också följa, i den mån tillämpbar vad avser tillämpningen av Eurocode, Vägverkets föreskrifter VVFS 2004:43, (om inte uppdateringar föreligger om tillämpningen av europeiska beräkningsstandarder).


- S.k. karakteristiska materialvärden anger värdet med en säkerhetsmarginal för dimensionering, och hur de principiellt ska ansättas, definieras av Eurocode [EN 1997-1, § 2.4.5.2(2)P], bl.a. permeabilitet och vattennivå. Karakteristiska värden eller hur dessa i detalj ska väljas, anges inte här. De väljs dock genom "...försiktig värdering..." liksom att ett karakteristiskt värde "...can only be selected during the design of the structure, not before...since determination of limit states is a design activity." (Bond and Harris, 2008).
- Identifikation och klassificering av jord ska i tillämpbara delar följa EN ISO 14688, om intet annat anges [EN1997-2, §2 utifrån TC182 och CEN TC 341] (om inte uppdateringar föreligger).
- Laboratorietester ska i tillämpliga delar följa EN ISO 17892, om inte annat anges [EN1997-2, §5 utifrån TC182 och CEN TC 341] (om inte uppdateringar föreligger).
- Geohydrologiska tester ska i tillämpliga delar följa EN ISO 22282, om inte annat anges [EN1997-2 utifrån TC182 och CEN TC 341] (om inte uppdateringar föreligger).
- Provtagning och grundvattenmätningar ska i tillämpliga delar följa EN ISO 22475, om inte annat anges [EN1997-2, §3 utifrån TC182 och CEN TC 341] (om inte uppdateringar föreligger).
- Övriga tester ska i tillämpliga delar följa EN ISO 22476, om inte annat anges [EN1997-2, §4 utifrån TC182 och CEN TC 341] (om inte uppdateringar föreligger).

Tillämplighetsgraden har anpassats till uppgiften och komplexiteten.

5 Arkivmaterial

5.1 Tidigare utförda undersökningar

Ett flertal tidigare undersökningar identifierades under den hydrogeologiska inventeringen i närheten eller i anslutning till Hamnbanans sträckning. Under

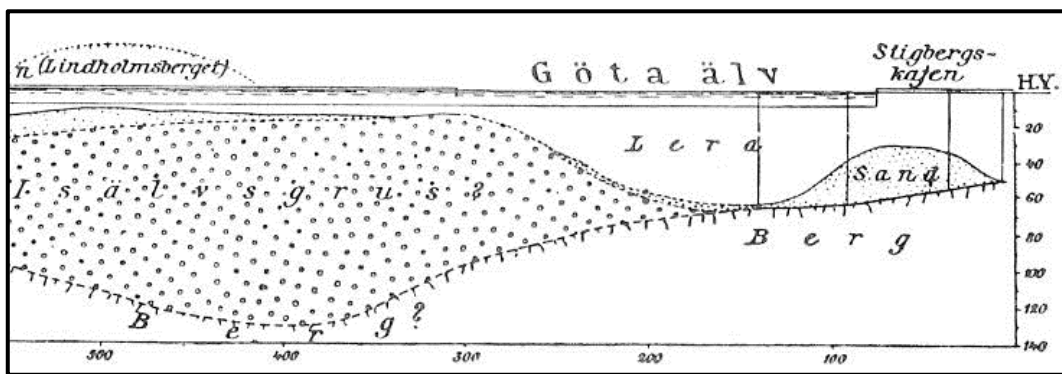
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 8 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

detta kapitel redovisas översiktligt informationen som identifierats. Ytterligare detaljer återfinns i bilaga 3.

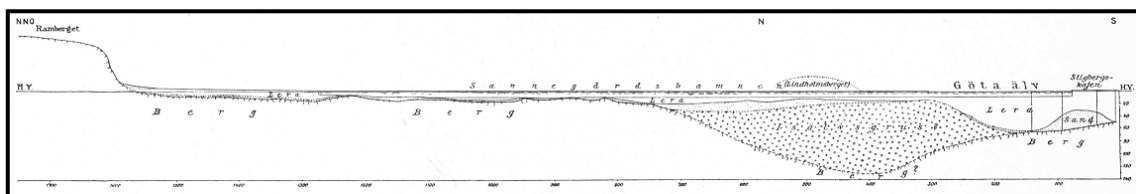
5.2 Jordlagerföljd och egenskaper

Generellt i Göta älvs dalgång har friktionsjorden ovan berg på sina ställen betydande mäktighet (>5 m) och överlagras av lera enligt SBK/COWI (2012). I området finns generellt ett öppet övre magasin i fyllnadsmaterialet ovan leran. En översikt över de ytliga jordlagren redovisas i bilaga 1 på figur B1-001 baserat på karta från SGU och figur B1-002 redovisar skattade jorddjup baserat på karta från SGU.

I SGU (1924) beskrivs Göteborgstraktens geologi och dess bildning, bland annat glaciala bildningar och isälvsbildningar och exempel finns som ligger nära planerad bansträckning. I SGU (1924) redovisas en profil i ca NNO-SSV riktning mellan Ramberget och Stigbergskajen, se Figur 5-1 och Figur 5-2, som kan illustrera förhållandena mellan Bratteråsberget och Nordviksgatan.




Figur 5-1. Detalj av Figur 2. Profil mellan Stigbergskajen mot Ramberget i NNO (SGU, 1924)



Figur 5-2. Profil mellan Stigbergskajen mot Ramberget i NNO (SGU, 1924)

I SGU (1924) beskrivs också typiska lagerförhållanden i de grovkorniga glacialavlagringarna och bildningsätt. Det framhålls att samtliga isälvsavlagringar bör betraktas som israndbildningar, förutom norr om Bräcke där det finns en rullstensartad bildning. Ett grustag ca 600 m söder om Carnegieska bruket (på södra älvstranden strax öster om Älvsborgsbron), som är en del av vad som benämns som Färjenässtråket, visar på en lagerföljd (från my);

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 9 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

- flygsand,
- strandgrus,
- isälvsand,
- morängrus med lager av isälvsand och leriga skikt,
- delvis sandig, delvis fet lera i ishavssand.

Vid Färjenäs omnämns att isälvsgruset är rikt på stora rundade block och även vid grustag vid Carnegieska bruken har man sett talrikt med block. Isälvsavlagringar påträffas även vid Lundby nya kyrka som fortsätter mot Lindholmsberget och som sannolikt, enligt SGU (1924), fortsätter under Göta älv, se Figur 5-2. SGU (1924) benämner detta som Lundbystråket. I SGU (1924) beskrivs att bildningen av israndbilningarna orsakats av en oscillatoriskt framryckande av iskanten som medfört en komplex lagerföljd med grovsand och grus med inslag av rundade stenar samt enstaka block, där de sistnämnda förekommer främst på ytan av isälvsavlagringarna.

Grundvattnet har en naturlig årsfluktuation i vertikalplanet om drygt en meter enligt Vägverket (1997) men längs Göta älv korrelerar grundvattenytan med älvens nivå (Räddningstjänsten, 2006). Vid medelvattennivå (MW) innebär detta att grundvattenytan ligger nära markytan i närheten av Göta älv.


5.2.1 Eriksbergsmotet - Bratteråsberget

Det mest östliga delområdet mellan Eriksbergsmotet och Bratteråsberget tillhör troligtvis ett 0,6 km² stort tillrinningsområde, där grundvattenströmningen sker från norr till söder (COWI, 2010). Ungefär vid Hamnbanans linje separeras flödet av bergspartiet söder om Säterigatan och strömningen sker därefter i sänkor öster och väster om Sörhallsberget samt väster om Bratteråsberget (COWI, 2011). I området finns både övre och undre magasin som åtskiljs av lerlager. Grundvattenytan ligger ca 4 m under mark (COWI, 2011).

Ett större område med sand- och grusavlagringar genomskärs av järnvägs-korridoren nordöst om Eriksberg, sydväst om Eriksbergsmotet enligt områdesbeskrivningen av COWI (2012). I de centrala delarna av avlagringen ligger denna direkt på berg, men i utkanterna förekommer lerskikt som mellanliggande "kilar". Enligt Järnvägsutredningen förekommer ett undre och ett övre grundvattenmagasin. Avlagringen består av sand och grus med inslag av morän (COWI, 2012). Markytan är idag flack men grus- och sandavlagringar har tidigare exploaterats ned till dåvarande grundvattenyta (VIAK, 1988), men endast delvis fyllts igen enligt Göteborgs Stad (1986).

För området med friktionsjord överlagrat av lera vid Bratteråsberget har SGU bedömt att god hydraulisk kontakt finns med friktionsjorden under älven. Kapaciteten för magasinet bedöms till 1-5 L/s (COWI, 2012). Grundvattenbildningen till magasinet bedöms ske i randområden mellan berg och lera, genom indirekt nederbörd (COWI, 2012).

Kring Västra Sannegårdshamnen finns stora friktionsjordsmäktigheter, men mäktigheterna avtar med stigande terräng enligt JU (2010). Grundvattenmagasinet bedöms också vara av betydande storlek (JU, 2010) men överlagras av lera (JU, 2011).

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 10 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

Vid Celsiusgatan har tidigare undersökningar identifierat arkeologiska fynd enligt Tyréns (okänt årtal).

Vid Jättestensområdet, norr om planerad bansträckning, har lermäktigheter på 20-30 m uppmätts enligt COWI (2011) och nere väster om Sörhallsberget 25-30 m. Vissa av borrhningarna vid Sörhallsberget visade mäktiga lager av sand och grus under leran. Ett borrhål visade 26 m lera och fyllning, på sand och grus till ett sammanlagt djup av 73 m enligt Göteborg Stad (1986).

Mellan Krokängsparken och Lundby kyrka har 20-25 m siktad mo och mjäla (Motsvaras av finsand till fin silt med de nya beteckningarna enligt SGFs laboratoriekommitté.) påträffats under 10 m lera enligt Järnvägsutredningen (COWI, 2011).

5.2.2 Bratteråsberget - Pölsebo bangård

Vid Pölsebo bangård består jordlagren av fyllning på 2-6 m lera, som vilar på 2-6 m friktionsjord enligt underlag för Norra älvstrandens förnyelse av Göteborg Stad (1986). Det maximala djupet till berg anges till 12 m.


Grundvattenytan uppe på platån, strax söder om Pölsebobangård, har uppmätts vid geotekniska utredningar till ca 4 m u my (+21, okänt höjdsystem)(SWECO VBB, 2006).

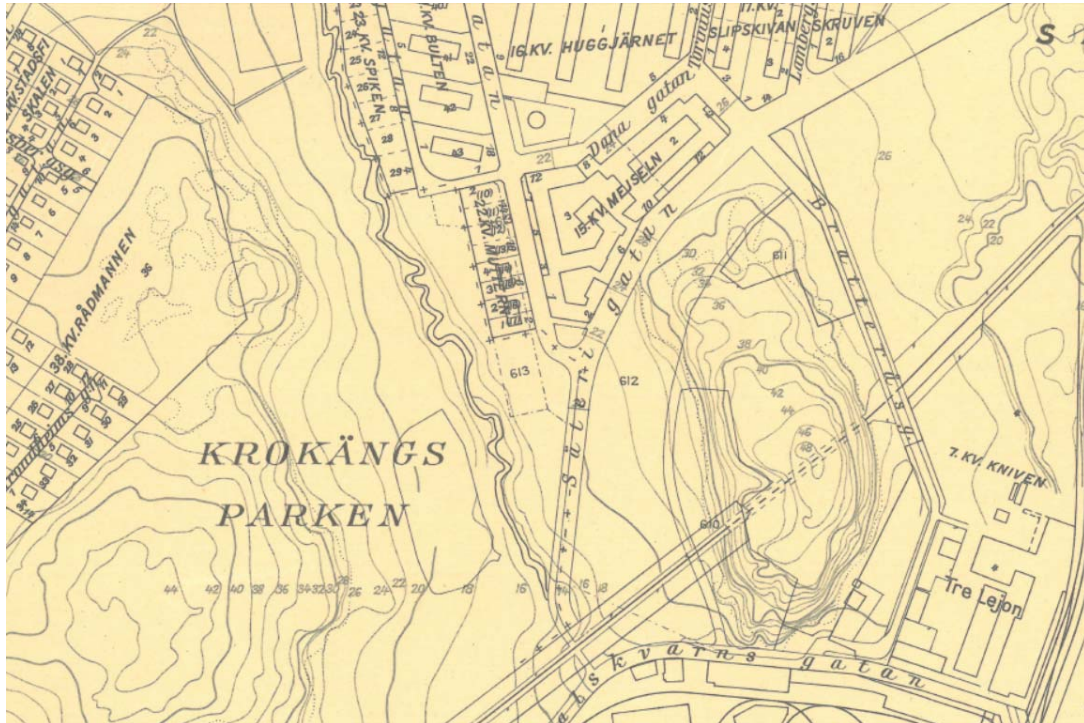
Väster om Krokängsparken, nära Oslogatan, är jordlagerföljden komplex, och utgörs av siktad kohesions, mellan- och friktionsjord med jorddjup 4.5- 9 m, enligt Göteborg Stad (2006). De naturliga jordlagren överlagras av ca 1,2 m fyllning bestående av mulljord, lera, silt, sand och grus som följs av ett lager torrskorpelera. Torrskorpeleran är 0,5-1,5 m mäktig. Under leran finns silt och sand, men lokalt förekommer även inslag av gyttja i skikt. Allt detta vilar på friktionslager på berg (Göteborg Stad, 2006).

Nordväst om Krokängsparken genomfördes undersökningar 2006 (Göteborg Stad, 2012). Ett grundvattenrör benämnt; GW203 är borrarat i närheten med spets på +18,82 (okänt höjdsystem) i den siltiga finsanden under leran i det undre magasinet.

Jorddjupen vid lågpartierna längst sträckan kan vara mäktiga inom området. Vid Krokängsparken uppgår jorddjupen till 15-30 m.

Öster om Krokängsparken finns en kulverterad bäck, se Figur 5-3. Kartan visar att nivån på bäcken var ca +4 till +6 m (RH2000) strax öster om Krokängsparken.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 11 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 5-3. Karta över området vid Krokängsparken innan bäcken öster om parken blev kulverterad.

5.2.3 Pölsebo bangård - Skarvik


Väster om Älvsborgsbron vid Rya skog beskrivs enligt Ramböll (2005) som mycket flackt med en svag lutning mot sydväst. Troligtvis är denna lutning ej naturlig utan området i nordost är uppfyllt för Ryaverket. Vid skogen beskrivs lerdjup med mäktigheter på mer än 20 m. Leran har bedömts som halvfast eller lös på sina ställen. Friktionsmaterialmäktigheterna varierar mellan 0 och 2 m.

Vid Rya skog finns två skilda grundvattenmagasin, åtskilda av ett lerlager (Ramböll, 2005a). Det undre magasinet finns i moränlager/ uppsprucken bergyta och bedöms inte stå i hydraulisk kontakt med det övre.

Grundvattennivån i Rya Skog har tidigare observerats i öppna borrhål. Vid en undersökning 1994 varierade grundvattenytan med 5 m (+8,6–13,7 m, okänt höjdsystem). Troligtvis dränerar Ryaverkets sedimentationsbassänger de punkter som låg närmast. Portrycket i området sjönk mot djupet i samma utredning. (Orsak till detta är sannolikt en dränerande tunnel i närheten.) Friktionsjorden bedömdes dränera leran. Troligtvis dränerar även Ryaverket grundvatten då det delvis är grundlagt på sprängsten. Grundvattennivåerna vid utbyggnaden av verket förväntade ligga på +12-13 m (okänt höjdsystem)(Ramböll, 2005b).

5.3 Bergarter och egenskaper

Berggrunden utgörs huvudsakligen av kristallin granit/gnejs (COWI 2012). Denna beskrivs närmare som Askimsgranit, grå ögongranit av Bergab (1985) och VIAK (1988). Berget beskrivs som ställvis mer eller mindre kraftigt förskiffrat och omvandlad till gnejsgranit. Förskiffringens strykning är främst nord-sydlig och

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 12 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

stupningen västlig ca 45-70 grader (Bergab, 1985). En översikt över berggrunden redovisas i bilaga 1 B1-003.

Grundvattnet i berget finns i öppna spricksystem längs korridoren (COWI, 2010). De vattenförande sprickorna/zonerna finns främst i riktningarna N-S, WNW-ESE, ENE – WSW och NW-SE men dominerande riktning är nord-sydlig. Sprickorna uppvisar medelbrant till brant västlig stupning. Där sönderkrossning/omvandlingen av berget ökar, minskar vattenföring på grund av lera i sprickorna (Bergab, 1985). Vattenförlustmätningar precis väster om Älvsborgsbron visar små vattenförluster ner till 107 m djup. Störst värde uppmättes på rtt ställe vid 110-113 m djup med värden på 1,93 resp 1,47 L/min m MPa (Bergab, 1985).

Längs Hamnbanans korridor finns flera prognosticerade sprickzoner enligt Järnvägsutredningen (2011) En känd sprickzon går längs Jättestensgatan (JU, 2010). Vid Skarvikshamnen där noggranna bergundersökningar genomförts anges sprickor i främst NV-SE riktning, men även NNW-SSE och N-S. Sprickorna lutar medelbrant till brant, och det är sällsynt med horisontella sprickor. Sprickfrekvens är i allmänhet omkring 3-4 sprickor per meter, men berget anses frisk och ovittrat i allmänhet (Rockstore Engineering, 2009).

Vid Skarvikshamnen beskrivs urberget som kristallint med solfjäderformade sprickdalssystem av Rockstore Engineering (2009). Berggrunden är där av god kvalitet och domineras av svagt förskiffrad gnejs, stupning är 50° – 80°, strykningen varierar men nordost-sydväst dominerar. Berget anges som ”Ryanabbsgnejs”, vilken är rödgrå med granitisk sammansättning och medelkornig med fast kornfogning. ”Inlagringar av tät, bandad grå sedimentgnejs förekommer liksom tunnare gångar av kvarts, pegmatit och aplit” (Bergab, 1985).


Öppna vattenförande sprickor förekommer i berget men sprickfrekvensen i berget är låg. Därmed är också andelen vattenförande sprickor låg. Bergets genomsläpplighet kan därmed också förväntas vara låg och bergmassan beskrivs som tät och sprickfattig (Rockstore Engineering, 2009) De sprickor som finns är i huvudsak utbildade parallellt med förskiffringen (Bergab, 1985).

Vid berggrummen i Skarvikshamnen har beräkningar av hydraulisk konduktivitet genomförts utifrån hydrotester, inläckage, vattenförlustmätningar (Rockstore Engineering AB, 2009). Underlagsrapporterna från anser att beräkningarna utifrån berggrummens inläckage är mest korrekta och har ansatt konduktiviteten 9×10^{-8} m/s som representativt värde för den omgivande bergmassan.

Bedömningar av bergets hydrauliska konduktivitet längs Hamnbanan har enbart kunnat hittas för Skarvikshamnen men bedöms relevant för hela Hamnbanans sträckning. Dessa värden är i överkant av bedömd hydraulisk konduktivitet i Västlänkens järnvägsutredning (ca 10^{-8} m/s) och antas kunna stämma även för berget vid Krokängsparken och Bratteråsberget.

Längs Jättestensgatan har en kraftigt vattenförande zon i nord-sydlig riktning påträffats norr om Hjalmar Brantingsgatan enligt Järnvägsutredningen (2010).

Berggrundens grundvattenmagasin bedöms stå i hydraulisk kontakt med jordmagasinen och det lägre trycket i berget leder till ett nedåtriktat grundvattenflöde från jord till berg i områden med dränerande tunnlar. Grundvattenytan i berg var under Järnvägsutredningen (2011) inte känd, utöver

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 13 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

att låga nivåer verkar dränerande på jordlager i dalgången ovan Lundbytunneln inom östra delområdet samt ovan nämnda sprickzon i Jättestensområdet.

Grundvattenytan i berget är känd i ett fåtal punkter och antas vanligen ligga i nivå med grundvattennivån i överliggande jordlager närmast berget, men i anslutning till vissa högre höjdparter kan den ligga högre enligt SGU. Vid Skarvikshammen ligger den naturliga grundvattenytan i berget ett fåtal meter under markytan. Innan bergrummen byggdes varierade nivån mellan +12 (lägre markavsnitten) och +16 (högre markavsnitten) (GH88) d.v.s. cirka 2-6 m över havsytan (Midroc, 2012).

I anslutning till otäta tunnlar och berganläggningar är grundvattennivåerna lokalt kraftigt avsänkta, även i friktionsjordlager (SGU, 2000).

Tre stycken hammarbörningar genomfördes våren 2012 inom projektet för Hamnbanan. Hålen borrades till 36 m, 25 m samt 20 m och sprickzoner påträffades vid punkten TY5b. Vid punkten TY3b påträffades en zon med omvandlad bergsmassa (Tyréns, 2012).

Detaljerade bergdjupskartor finns längs korridoren vid Eriksberg och söder om korridoren (Göteborg Stad, 1986).

5.4 Grundvattenmagasin


Grundvattenmagasinen i Göteborg utgörs främst av öppna sprickor i berg och vattenförande friktionsjordlager på berg enligt SGU. Generellt uppträder också ett övre grundvattenmagasin som utgörs av fyllnadsmaterial eller svallsediment eller mindre, naturliga jordfyllda svackor på berg. Grundvattenmagasin insprängda i lera/silt kan också förekomma.

Grundvattenströmningen i Hamnbanans område sker generellt söderut mot Göta älv (COWI, 2012).

Läckande ledningar och dränerande ledningsgravar har sannolikt stor betydelse för grundvattennivåer och grundvattentransport i det övre jordlagret. Hultén (1997) redovisar grundvattnets nivåvariation i de övre marklagren i Göteborg.

För nybildning av grundvatten antas att Västlänkens uppskattades värden kan användas även för Hamnbanan. Från Västlänkens järnvägsutredning togs typvärden för grundvattenbildning fram där; grundvattenbildning i jord antogs till 100 mm och grundvattenbildning i berg till 20-40 mm. Dessa är grova uppskattningar och det är en realitet att grundvattenbildningen i Göteborg varierar inom ett stort spann. Mängden vatten som tillförs grundvattnet beror på andelen hårdgjorda ytor inom olika områden, jordarter och dränerande anläggningar. En del av grundvattenbildningen kan också komma från läckage av (trycksatta) VA-system och aktiv infiltration till grundvattnet. Utöver detta förs en stor mängd vatten också bort via dagvattensystem och dränerande ledningsgravar.

Nybildning av grundvatten till berg beror också på grundvattentrycket i vissa fall, och en ökad nybildning kan ske som följd av en trycksänkning. I de fallen är det den totala nettonederbörden som begränsar tillgången på vatten fördelat på ytvattenavledning och grundvattenbildning.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 14 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Hur den urbana miljön i Göteborg påverkar nybildning av grundvatten kan beskrivas enligt följande (Hultén, 1997):

- Hus utgör impermeabla ytor med dränering.
- Fyllnadens överyta består av antingen asfalt (impermeabelt, gatsten (delvis permeabelt) eller grönyta (permeabelt).
- Den övre underliggande fyllnadsmaterialet kan antas vara 1 - 1,5 m med en permeabilitet motsvarande grusig sandig morän.
- Ca 1-1.5 m under markytan är fyllnadsmaterialet starkt påverkad av de underliggande kvartära avlagringarna.
- Dagvattnet från impermeabla ytor försvinner med avloppssystemet.
- Avloppsledningarna bidrar eller minskar grundvattenbildningen på grund av läckage.
- Ledningar samt sanden runt dem verkar normalt dränerande på omgivningen.


Detta gör att grundvattenbildningens angivna storlek är mycket osäker i urban miljö.

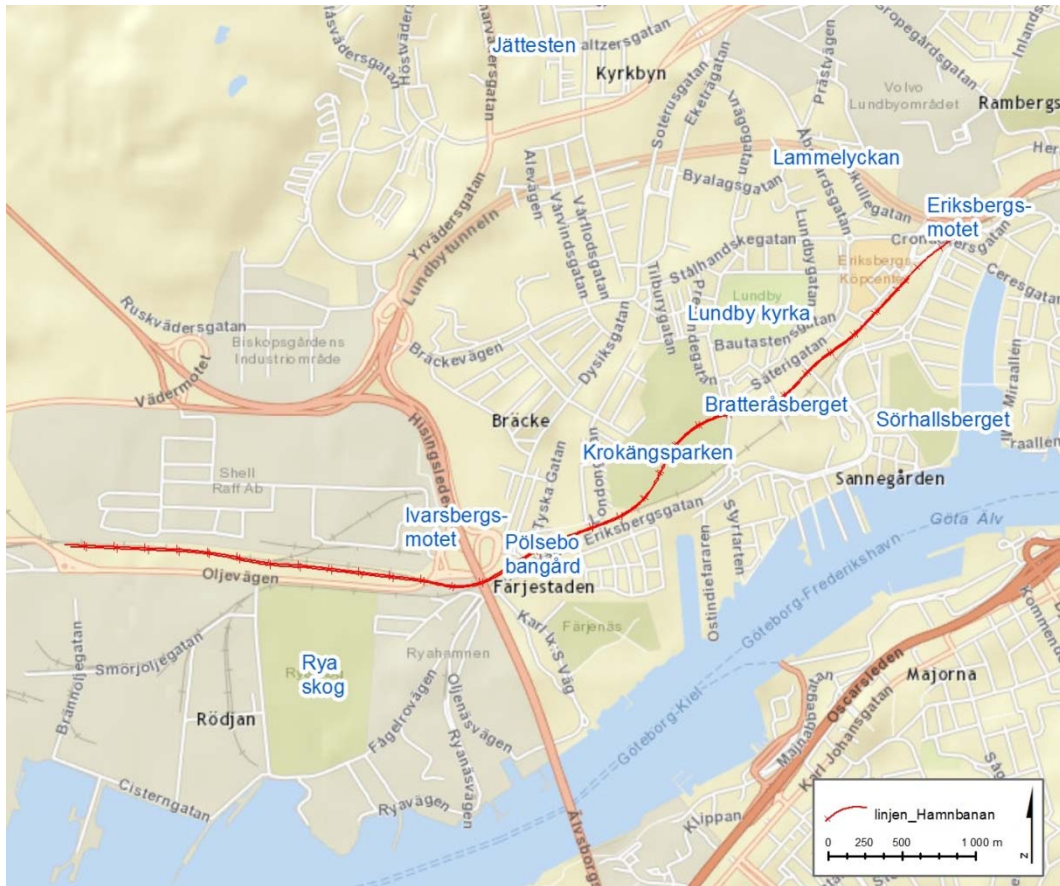
6 Befintliga förhållanden

6.1 Topografi


Undersökningsområdet, är relativt flackt med undantag för Älvsborgsbrons fäste/”Terrassen”, samt vid Krokängsberget och Bratteråsberget. Figur 6-1 visar en översikt över området och Figur 6-2 visar topografin för området.

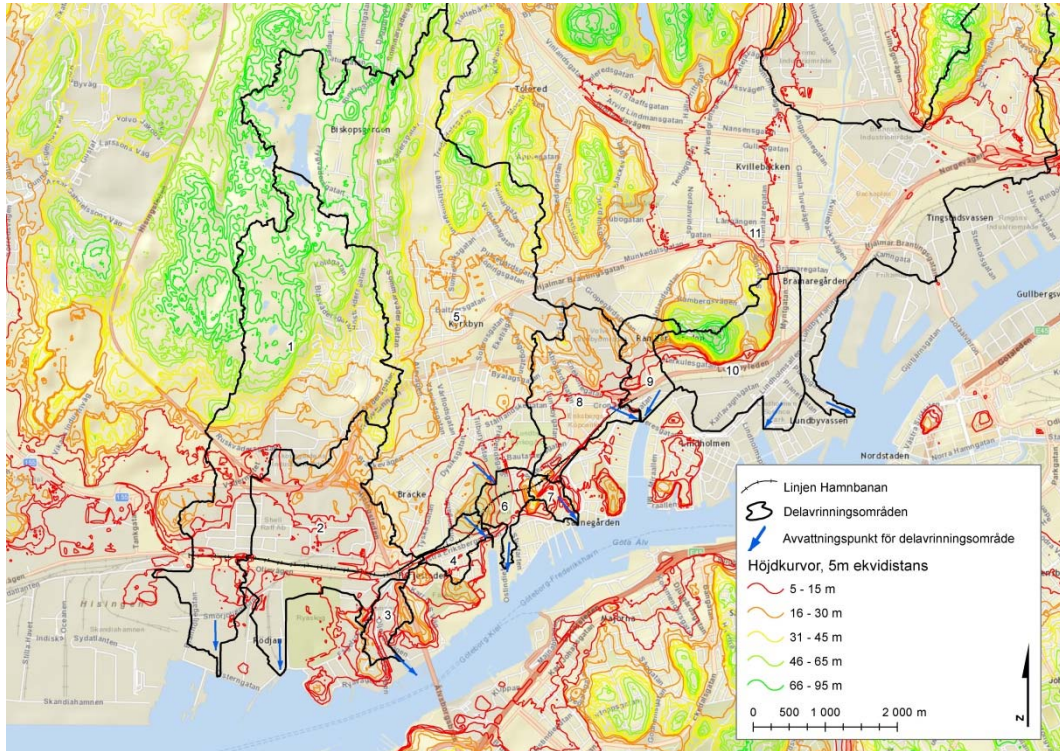
Söder om Hamnbanans sträckning finns även Sörhallsberget som ett markant höjdparti.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 15 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 6-1. Översikt över platser som omnämns rapporten.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 16 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 6-2. Topografi och ytavrinningsområden.

6.2 Ytbeskaffenhet

Området mellan Skarvikshamnen och Pölsebo bangård är flackt med undantag för höjdpartiet vid Älvsborgsbrons fäste. Området består främst av industrimark men även mindre skogspartier som Rya skog.

Söder om Pölsebo bangård ligger området känt som "terassen". Detta ligger uppe på det höjdparti som fortsätter österut från Älvsborgsbrons fästning nästan fram till Eriksbergshamnen. Området består av flerfamiljshus som producerats relativt nyligen.


Norr om Pölsebo bangård finns småhusbebyggelse och Krokängsparken. Krokängsparken (Krokängsberget) är en naturlig kulle i området, består av skog och används flitigt som rekreationsområde. Precis öster om Krokängsparken finns en fotbollsplan.

Längre österut finns Bratteråsberget som liksom Krokängsberget är ett naturligt höjdparti i det annars flacka landskapet. Både Krokängsberget och Brattåsberget består delvis av blottat berg eller tunt jordtäckte på berg (COWI, 2012).

Öster om Bratteråsberget finns en temporär deponi, och i övrigt utgör omgivande markanvändning av småhusbebyggelse, fastigheter i flera våningar med lägenheter eller fastigheter för näringsverksamhet samt bensinstation.

6.3 Befintliga större undermarksanläggningar

Inom intresseområdet finns befintliga undermarksanläggningar, vars exakta läge och funktion omfattas av sekretess.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 17 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Lundbytunnelns sträckning är parallellt med och norr om planerad Hamnbanan. Kontrollprogram med grundvattennivåmätning finns för Lundbytunneln och även rör i SBKs kontrollprogram påverkas av tunneln: GW225, GW 1737 och eventuellt GW 194(COWI, 2012). Tunneln påverkar vattenbalansen i både östra och västra delen av tunneln. Inläckaget mäts i kontrollprogram, i medeltal mellan 1997-2008 var inläckaget 25,1 L/min Vägverket (2009). En infiltrationsanläggning tillhör Lundbytunnelns drift.

Uppgifter förekommer i Järnvägsutredningen (COWI, 2010) om fler berggrum i höjdområdena längs planerad bansträckningen.

6.3.1 Infiltrationsanläggningar

Minst en infiltrationsanläggning finns inom ST1s område norr om planerad Hamnbanan vid Skandia hamnen. Infiltrationen sker från en damm som samlar upp regnvatten. Vattnet infiltreras ner från dammen via bergsprickor (Bergab, 1985).

En infiltrationsanläggning finns vid Jättesten och sköts av Poseidon (COWI, 2011). SBK-röret GW 1737 berörs åtminstone av denna (COWI, 2012). Anledningen till att anläggningen finns har i nuläget inte kunnat klargöras, men den antas tillhöra Lundbytunneln. En infiltrationsanläggning föreslogs i området för byggnationen av Lundbytunneln och tillstånd gavs att bygga en sådan vid behov (området bedömdes som ett av fyra känsliga längs tunneln). Anläggning skulle kunna vara byggt för Lundbytunneln men då den drivs av Poseidon finns det oklarheter gällande detta.


Lundbytunnelns enda bekräftade infiltrationsanläggning finns vid Lammelyckan, och berör tunnelns östra del och eventuellt också SBK-röret GW 225 (COWI, 2012). Det antas att denna infiltrationsanläggning är den som sköts av Poseidon som nämns ovan. Infiltrationen görs i en bergbrunn benämnd GW2026 (Vägverket 2009) Brunnen har en diameter på 6” och är placerad i en nedstigningsbrunn. Infiltrationsvattnet tas från VA-verkets ledningsnät och flödet regleras med nålventil. Uppföljning av anläggningen görs inom kontrollprogrammet för Lundbytunneln.

6.3.2 Brunnar

En brunnsinventering har genomförts genom registerutdrag från SGUs brunnsarkiv. Inom ett avstånd om 300 meter från linjen återfanns totalt 18 objekt från brunnsarkivet, samtliga dessa utgör energibrunnar (bergvärmeanläggningar). Angivna kapaciteter varierar mellan 0-0,55 L/s med borrhål mellan 120 – 200 m.

7 Positionering

Utsättning av borrhål för Sweco gjordes med hänsyn till preliminär hydrogeologisk förväntningsmodell och befintliga ledningar. Inmätning/avvägning i höjd och plan av överkant observationsrör/foderrör utfördes med differentiell GPS i system SWE REF 99 12 00, RH 2000. Mätningarna är noggrannare än mätningssklass A enligt SGF Fälthandbok 1:96. Inmätningar av Sweco borrhål våren 2013- våren 2014 samt sammanställning av

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 18 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

inmätningar av observationsrör av andra parter redovisas i bilaga 2 och en översikt av observationsrör redovisas i bilaga 1.

8 Hydrogeologiska undersökningar

8.1 Fältundersökningar

8.1.1 Borrningar

Borrningarna i jord och berg har i huvudsak utförts av Vara brunnsbörning AB men några grunda jordborrningar har utförts av Sweco Civil.


De inledande undersökningarna, i form av borrningar, utfördes mellan den 21-28 maj 2013. Totalt utfördes 11 stycken undersökningsborrningar, fördelat på tre olika områden, kallade Bratteråsberget Öst, Säterigatan och Pölsebo. Huvuddelen av borrningarna har utförts inom undersökningsområdet Säterigatan enligt önskemål från Trafikverket. Karta över undersökningsområdena framgår av bilaga 2. Borrningarna är dokumenterade i bilaga 4.

Kompletterande undersökningar, i form av borrningar, utfördes i huvudsak mellan den 04 december 2013 och 16 januari 2014 och mindre komplettering utfördes under februari till maj 2014. Totalt utfördes 9 stycken 2” undersökningsborrningar i jord, 4 grunda hål provtagna med skruvborrning och 8 borrningar i berg utfördes. Dessutom har grundvattenobservationsrör installerats; 3 st 1” rör och 4 st 2” Stahlräm filterrör (0.35 mm maskvidd) och av 2”-borrningarna nyttjas 7 av 9 som grundvattenobservationsrör. Borrhålen är fördelat på sex olika områden, kallade Nordviksgatan, Bratteråsberget Öst, Bratteråsberget, Säterigatan, Krokängsparken/Krokängsberget och Pölsebo. Huvuddelen av borrningarna har utförts inom undersökningsområdet Bratteråsberget Öst och Pölsebo enligt önskemål från Trafikverket. Karta över undersökningsområdena framgår av bilaga 2 och även ritningar bilaga 1 B1-001 till bilaga 1 B1-004. Borrningarna är dokumenterade i bilaga 4.

Inom ramen för bergundersökningar har tre kärnborrhål borrats se Figur 8-1. Borrningsresultat redovisas i MUR Bergteknik (2014) men tolkning av hydraulisk konduktivitet från vattenförluster görs i denna rapport.



Figur 8-1. Karta med läget för kärnborrhål i berg (gula linjer). Från vänster till höger: KBH 1 Krokäng, KBH 2 Krokäng och KBH 1 Bratterås.

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 19 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

8.1.2 Hydrauliska tester

Undersökningar, i form av slugtest, utfördes mellan den 21-31 maj 2013. Totalt har 18 stycken slugtester utförts, fördelat på fem olika områden, kallade Bratteråsberget Öst, Bratteråsberget, Säterigatan, Krokängsparken/Krokängsberget och Pölsebo. Huvuddelen av testerna har utförts inom undersökningsområdet Säterigatan. Tester omfattar borrhål som redovisas i Tyréns AB (2012) och i PM HG-002. Karta över undersökningsområdena framgår av bilaga 2. Hydrotesterna är dokumenterade i bilaga 6.

Undersökningar utfördes mellan den 10 december 2013 till 14 maj 2014. Totalt har 7 funktionstester utförts, 15 stycken slugtester utförts samt 8 återhämtningsmätningar, fördelat på sex olika områden, kallade Nordviksgatan, Bratteråsberget Öst, Bratteråsberget, Säterigatan, Krokängsparken/Krokängsberget och Pölsebo. Tester omfattar borrhål som redovisas i PM HG-005. Karta över undersökningsområdena framgår av bilaga 2. Hydrotesterna är dokumenterade i bilaga 6.

Tre provpumpningar har utförts mellan den 21 januari 2014 till 16 april 2014 i tre områden; Pölsebo (GW5006B), Säterigatan mellan Krokängsberget och Bratteråsberget (GW4517B) samt öster om Bratteråsberget (GW4511B). Provpumpningarnas varaktighet har varit enligt följande (Pumpning/återhämtning): Pölsebo; 10/5 dagar, Säterigatan mellan Krokängsberget och Bratteråsberget; 9/9 dagar, öster om Bratteråsberget; 14/8 dagar. Hydrotesterna är dokumenterade i bilaga 7.

Vattenförlustmätningar har utförts i 3 kärnborrhål inom ramen för bergundersökningar MUR Bergteknik (2014); två borrhål i Krokängsberget och ett i Bratteråsberget. Hydrotesterna som analyserats inom hydrogeologi, med 3 m testsektioner och helhålstest, är dokumenterade i bilaga 8.


8.1.3 Grundvattennivåmätningar

Göteborgs Stads Stadsbyggnadskontor tillhandahåller grundvattennivådata från ett stort antal grundvattentrör inom Göteborg, här kallat SBK-data. Ett urval av dessa (15 st), som ligger nära planerad sträckning av Hamnbanan eller ligger inom avrinningsområden som skär Hamnbanan har nyttjats vid analys av befintliga grundvattennivådata. Grundvattennivåerna har i allmänhet mätts ca 6 ggr/år och i några fall påbörjades mätningarna redan på 1970-talet.

Trafikverket utförde 2012 8 stycken borrhål i jord och 3 i berg längs vissa delar av Hamnbanan för att kunna påbörja grundvattennivåmätningar i god tid före Hamnbanans byggstart. Dessa grundvattennivåmätningar ligger närmare bansträckningen än de flesta av SBK-borrhålen. Grundvattennivåerna har mätts 1 ggr/dygn med datalogger.

Sweco borrade undersökningsborrhål för hydrogeologiska undersökningar under perioden maj 2013- januari 2014, se kapitel 8.1.1. Även i dessa borrhål har det gjorts grundvattennivåmätningar men dessa mätningar är få till antalet.

I bilaga 9 redovisas grundvattennivådata dels som nivåer plottade mot tid och i vissa fall redovisas också grundvattennivåerna plottade i normalfördelningsdiagram, där alla datapunkter nyttjas för

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 20 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

fördelningsfunktionen som visas med konfidensintervall i diagram och stickprovsstatistik i tabell. Grundvattenrör redovisa på bilagag1 B1-006 (SBK-rör) samt bilagag1 B1-007 till B1-009.

8.1.4 Vattenprovtagning

Vattenprov i jordmagasinet har tagits i samband med tre provpumpningar; Pölsebo (GW5006B), Säterigatan mellan Krokängsberget och Bratteråsberget (GW4517B) samt öster om Bratteråsberget (GW4511B) och representerar det undre grundvattenmagasinet förutom öster om Bratteråsberget där grundvattenmagasinet är öppet i huvudsak. Vattenprover togs vid tre tillfällen under en pumpning; vid pumpstart, några dagar efter pumpstart och strax före pumpstopp. Pumpningen öst om Bratteråsberget startades om varför det finns 5 prover från den platsen varav det första representerar första försöket att genomföra pumpningen och det sista provtagningstillfället så togs också prover för analyser av kolväten för att få eventuella indikationer på förorening.

Prov i bergmagasinet har tagits vid kortare pumpningar i hammarborrhål vid Bratteråsberget och Krokängsberget (GW4502H och GW5001H). Vattenprov har även tagits från det mer eller mindre horisontella kärnborrhålet KBH_1_Bratterås. Kärnborrhålen borrade i Krokängsberget har inte kunnat provtas då de varit torra vid de tillfällen borrhålen undersökts.

Vattenprover har tagits enligt rekommendationer från laboratorium och proven har lämnats för transport till laboratorium samma dag som prov tagits i fält.

8.2 Laboratorieundersökningar

8.2.1 Vatten

För analys av vattenproverna har utförts av ALcontrol Laboratories.


I bilaga 5 redovisas en översikt av den kemisk-fysikaliska analysen i diagramform samt analysprotokoll, förutom kolvätena som endast redovisa i de efterföljande protokollen.

8.2.2 Jord

Laboratorieundersökningar av jordprover har utförts av Sweco Geolab Stockholm och Ramböll Geolab i Göteborg.

Efter provtagning under borrning skickades ett urval av de erhållna jordproverna till ackrediterat laboratorium för sikt- och permeabilitetsanalys. Jordproverna har valts ut med syftet att ge en representativ bild av jordlagrens hydrauliska egenskaper i respektive undersökningsområde. Om laboratoriet bedömt att jordprovet har en hög halt av finkornigt jordartsmaterial, genomfördes också tvättsiktning för sedimentanalysen.

I bilaga 4 redovisas siktprotokoll och sedimentationsanalys samt sammanställningar av data och härledda värden baserat på insamlade data.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 21 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

9 Härledda värden - hydrogeologiska egenskaper

9.1 Tolkad jordlagerföljd och bergförhållanden

9.1.1 Generellt längs bansträckningen

Områdets berggrund utgörs av omväxlande högre liggande bergpartier med berg i dagen och låglänta dalgångar med mäktiga jordlager som huvudsakligen utgörs av lersediment med underlagrande friktionsjord. Ovan leran uppträder vanligen fyllnadsmaterial av varierande mäktighet (bilaga 3). Underlag i form av fältundersökningar till detta kapitel redovisas i bilaga 4, 8. En översikt över SGUs tolkning av jordlager vid markytan, jorddjup och berggrunden redovisas i bilaga 1 B1-001 och B1-003.

9.1.2 Eriksberg – Bratteråsberget

9.1.2.1 Jord

Två stycken 2” grundvattenrör utfördes inom området, GW4001 öster om Nordviksgatan och GW4002 har utförts väster om Nordviksgatan.

Överst i jordlagerföljden i undersökningspunkt GW4001 påträffades ca 3 m fyllnadsmaterial och lera. Under detta lager noterades ca 11 m siltig lera vilket underlagrades av ca 13 m sand. Sanden hade ställvis inslag av grus, vilket främst ökade med djupet. Förmodat berg påträffades vid ca 27 m under markytan. Ett bra grundvattenflöde med klarnande vatten noterades i hela mäktigheten med friktionsmaterial.

I undersökningspunkt GW4002 noterades ca 3 m fyllnadsmaterial och lera. Detta lager underlagrades direkt av ca 7 m grus och grusig sand. Block och sten kan inte uteslutas. Förmodat berg påträffades vid ca 10.3 m under markytan. Hela mäktigheten hade ett lågt grundvattenflöde.


GW4001:

- ca 0-3 m : Fyllnadsmaterial
- ca 3-14 m : Lera
- ca 14-27 m : Sand och grus
- ca 27 m : Berg/block(?)

GW4002:

- ca 0-3 m : Fyllnadsmaterial
- ca 3-7 m : Grus
- ca 7-10 m : Grusig sand och sandigt grus
- ca 10 m : Berg/block(?)

Strax öster om Bratteråsberget, i huvudsak mellan Bratteråsgatan och Celsiusgatan, sex stycken 2” grundvattenrör, GW4001, GW4002, GW4003, GW4510, GW4514, GW4515, och två stycken 2” Stahlräm, GW4512, GW4513, har

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 22 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

utförts inom undersökningsområdet, Det borrades också en brunn med förlorat filter, GW4511B. Främst borrningen av 2” grundvattenrören har gett information om lagerföljden i området.

I undersökningspunkterna GW4510, GW4514 och GW4515 noterades ca 2-4 m fyllnadsmaterial och under detta påträffades ca 3-9 m lerig silt och/eller siltig lera. Detta underlagrades av ett lager med ca 11-21 m sand/sandigt grus/grusig sand. Sanden var ställvis grov och hade vissa inslag av grus. En viss tendens fanns att materialet blev grövre på ökat djup. Block och sten kan inte uteslutas. Lerskikt förekommer sannolikt i jordlagerföljden, huvudsakligen mellan 11-14 meter där det gick trögare att borra.

En preliminär tolkning av jordlagerföljden utifrån utförda undersökningar är:

- ca 0-3(4) m : Fyllnadsmaterial
- ca 3(4)-7 (12) m : Lera, lerig silt
- ca 7 (12)-20 (33) m : Sand och grus
- ca 20-33 m : Berg/block(?)

Det som i fält under 2” borrningen som tolkats vara lera kan förmodligen vara en siltig lera eller lerig silt. Ursprungligt material har sannolikt varit san och grus men återfyllnadsmaterialet i den tidigare grusgropen har sannolikt varit lera men kan även varit annat (byggavfall).

9.1.2.2 Berg

Strax väster om Nordviksgatan går bansträckningen in i ett bergparti mellan Nordviksgatan och Celsiusgatan där inga nya hydrogeologiska undersökningar har utförts. 2012 borrade ett hammarborrhål HB1203, 20 m djupt, nära Celsiusgatan (Tyréns AB, 2012). Bergart bedömdes vara gnejs; granodioritisk/granitisk med 5-8 mm kalifältspatögon. Vid 19 m djup bedömdes att möjligen passerades en zon med omvandlad bergmassa. Vidare kunde inga påvisbara svaghetszoner eller större sprickor observerades vid borrningen.


9.1.3 Bratteråsberget

9.1.3.1 Jord

Tre korta grundvattenrör i PEH-plast med diametern 63 mm installerades i de ytliga jordlagren; GW4501P, GW4502P och GW4503P. Borrningarna gjordes i närheten av hammarborrhålen GW4501H, GW4502H och GW4503H.

I samtliga undersökningspunkter påträffades överst ca 0,1-0,4 m mulljord. Detta skikt underlagrades i GW4501P, GW4502P av skikt med torrskorpelera och sand ner till förmodat berg på ca 3 till 4 m under markytan. I GW4503P påträffades (västra sidan av Bratteråsberget) skikt med torrskorpelera, silt och sand ner till förmodat berg på ca 3,5 m under markytan

Det förekom inget grundvatten i undersökningspunkterna vid borrhållet.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 23 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

En preliminär tolkning av jordlagerföljden utifrån utförda undersökningar är:

- 0,2-0,4 m : Mulljord
- 0,2 (0,4) – 3 (4) m : Torrskorpelera, sand (Östra del)
- 0,2 (0,4) – 3,5 m : Torrskorpelera, sand, silt (Västra del)
- 3-4 m : Berg/block(?)

9.1.3.2 Berg

Ett hammarborrhål HB1202 borrades 2012 nära Bratteråsgatan ner till ca 25 m under markytan (Tyréns AB, 2012). Bergart bedömdes vara gnejs; granodioritisk/granitisk. På ca 24-25 m djup tolkades att borrhålet passerade en sprickzon.

Fyra stycken grundvattenborrhål i berg utfördes inom undersökningsområdet, GW4501H och GW4502H i östra del av Bratteråsberget, GW4503H och GW4504H i västra del av Bratteråsberget. Alla borrhål är 25 m djupa.

Figur 9-1 och Figur 9-2 sammanfattar borresultat.


I undersökningspunkt GW4501H påträffades berg på ca 2,2 m under markytan. Foderröret är 5 meter långt. Ett flertal sprickor påträffades mellan 7,75 – 8,25 m under markytan och 20,75 – 21 m under markytan. Lite vattenflöde påträffades mellan 2,75 – 3 m under markytan, mellan 9,25 – 9,5 m under markytan och mellan 10,25 – 10,5 m under markytan. Ett betydligt större flöde påträffade mellan 3 – 4 meter under markytan.

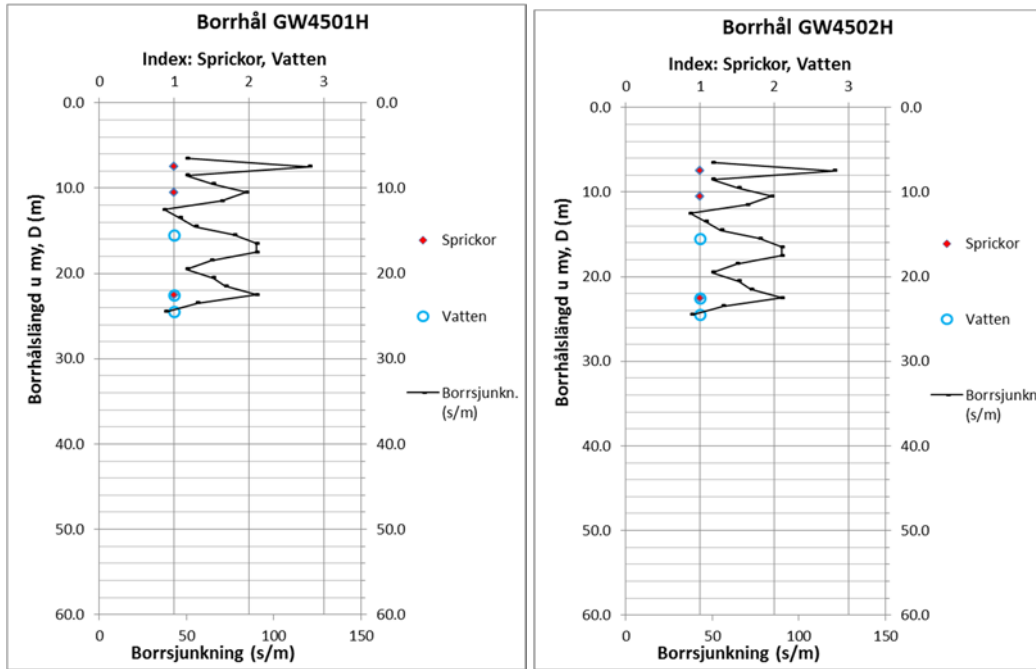
I undersökningspunkt GW4502H påträffades berg på ca 3,0 m under markytan. Foderröret är 6 m långt. Ett flertal sprickor påträffades mellan 7,75 – 8 m under markytan, 10,75 – 11 m under markytan och 22,75 – 23 m under markytan. Lite vattenflöde påträffades vid 15 – 15,25 m under markytan, vid en spricka 22,75 – 23 m under markytan och i botten vid 24,75 – 25 m under markytan. Vid botten mättes flödet till ca 9 L/min.

I undersökningspunkt GW4503H påträffades berg på ca 4,2 m under markytan. Foderröret är 6 m långt. Mindre sprickor påträffades mellan 4,25 – 4,5 m under markytan och 17,5 – 17,75 m under markytan. Dessa gav dock inget vatten.

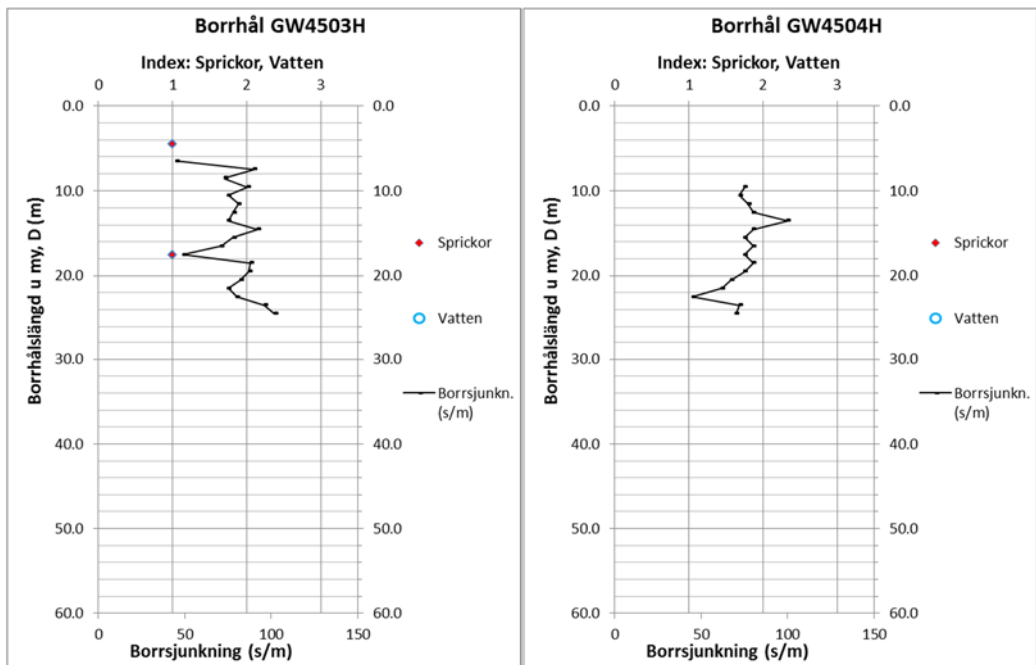
I undersökningspunkt GW4504H påträffades berg på ca 6,1 m under markytan. Foderröret är 9 m långt. Ingen spricka påträffades vid borrhålen.

Vattenförlustmätningar har utförts i 1 kärnborrhål, Bratteråsberget (KBH 1 Bratterås). Figur 9-3 sammanfattar borrhålsresultat. Resultaten visar att det finns vattenförande sprickor i det ytliga berget ca 15 m in i berget. Några mindre vattenförande sektioner återfinns också något längre in i borrhålet.


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 24 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

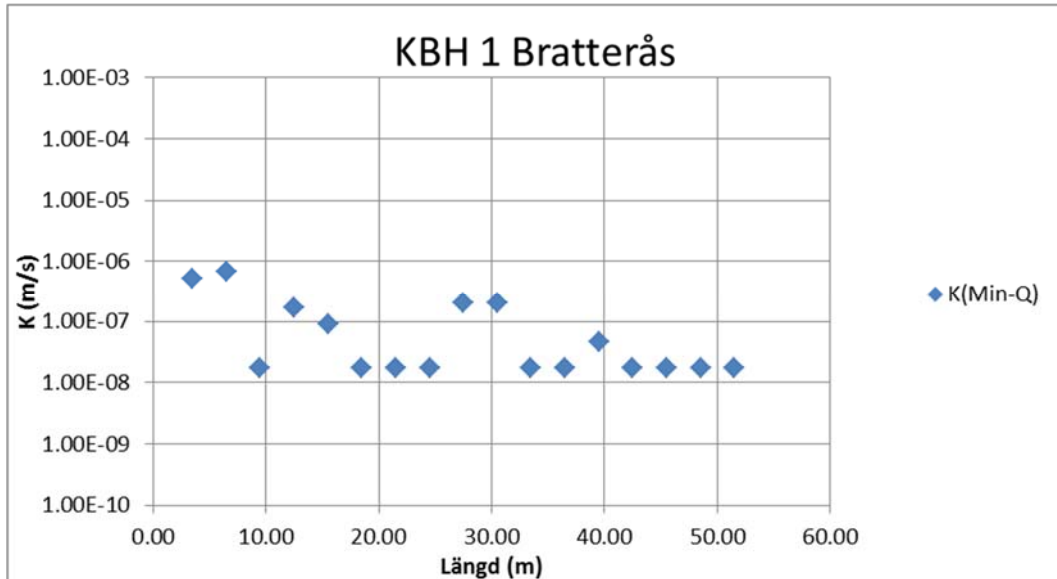


Figur 9-1. Borresultat GW4501H, GW4502H.



Figur 9-2. Borresultat GW4503H, GW4504H.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 25 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 9-3. K_{3m} från vattenförlustmätningar i 3-meters skala. Kärnbrorrhål KBH 1 Bratterås.

9.1.4 Bratteråsberget – Krokängsparken

9.1.4.1 Jord


Åtta 2" grundvattenrör utfördes inom undersökningsområdet, GW4504, GW4505, GW4506, GW4507, GW4508, GW4509, GW4516, GW5001 samt ett 1" grundvattenrör GW4535. Det borrades också en brunn med förlorat filter, GW4517B. Främst borrningen av 2" grundvattenrören har gett information om lagerföljden i området.

Inledningsvis utfördes grundvattenrör GW4506 med öppen spets och 8 mm hål på filterdelen. Inslaget av finsand i jordlagerföljden var dock stort med påföljden att sand flöt in i grundvattenröret. Övriga grundvattenrör utfördes därför med slutna spets och 6 mm hål på filterdelen.

Centralt i dalgången, mellan de två bergpåslagen, påträffades sand av förhållandevis stor mäktighet. I undersökningspunkterna; GW4506, GW4507 samt GW4508 påträffades ca 15 meter sand med ett varierande inslag av fint material.

Ställvis var friktionsjorden vattenförande, huvudsakligen i djupa undersökningspunkter närmast tolkat berg där inslag av grus observerades i jordlagerföljden (GW4007). Grundvattenytan påträffades förhållandevis långt ner under markytan vilket föranledde att vissa senare borrningar flyttades i riktning mot dalgången med syftet att säkerställa att filterdelen på grundvattenrören placerades under grundvattenytan. I det övre grundvattenmagasinet (1-2 m fyllnadsmaterial) påträffades ingen grundvattenyta.

I undersökningspunkten GW4516, norr om bansträckning, påträffades ca 3 m fyllnadsmaterial och under detta lager noterades ca 10 m lera eller siltig lera. Leran underlagrades av ca 19 m sandig silt/finsand, grusig sand ovan förmodat berg. Översta delen av sandlagret bestod främst av siltig sand och finsand, längre

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 26 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

ner blev materialet grövre och direkt ovan förmodat berg förekom inslag av grus. Block och sten kan inte utslutas. Borrning avslutas på 32 m djup.

Huvuddelen av borrhningarna har utförts vid undersökningsområdet Säterigatan. Borrhningarna har utförts till olika djup och täcker in en stor del av området varför underlaget för tolkning av jordlagerföljden bedöms vara tillförlitligt. Följande beskrivning av jordlagerföljden representerar de centrala delarna av dalgången:

- 0 - 2 m : Fyllnadsmaterial
- 2 - 8 m : Lera
- 8 – 18 m : Sa (siSa översta metrarna):
- 18-26 m : Sa (inslag av grus)
- ca 26 m : Berg/block(?)

På sidorna av dalgången (vid de tilltänkta påslagen) är jorddjupet mindre. Lermäktigheten avtar i dessa delar och friktionsjorden kan därför förväntas ha en mindre mäktighet. Sannolikt är det återfyllt med friktionsmaterial runt den kuperade bäcken och sedan någon form av fyllnadsmassor ovanpå, se Figur 5-3.

9.1.4.2 Berg

Ingen undersökning av underliggande berg har genomförts.

9.1.5 Krokängsparken

9.1.5.1 Jord

Fyra stycken korta grundvattenrör i PEH-plast med diametern 63 mm utfördes i jordlagren, GW5021P, GW5025P, GW5037P och GW5044P. Borrhningarna gjordes i närheten av hammarborrhålen GW5001H, GW5002H, GW5003H, GW5004H.

I samtliga undersökningspunkter påträffades ca 0,1 m mulljord. Detta skikt underlagrades direkt av sand ner till förmodat berg på ca 1,0 till 2,6 m under markytan.


Det förekom inget grundvatten i undersökningspunkterna vid borrhningarna.

En preliminär tolkning av jordlagerföljden utifrån utförda undersökningar är:

- ca 0,1 m : Mulljord
- ca 0,1 – 1 (2,6) m : Finkornig sand
- ca 1 (2,6) m : Berg/block(?)

9.1.5.2 Berg

2012 borrade ett hammarborrhål HB1201, 36m djupt, i centrala delen av Krokängsparken (Tyréns AB, 2012). Bergart bedömdes vara gnejs; granodioritisk/granitisk. Vidare bedömdes att inga påvisbara svaghetszoner eller större sprickor observerades vid borrhningen.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 27 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Fyra stycken grundvattenrör i berg utfördes inom undersökningsområdet, GW5001H, GW5002H, GW5003H, GW5004H. Alla rör är 25 m djupa. Figur 9-4 och Figur 9-5 sammanfattar borresultat.

I undersökningspunkt GW5001H påträffades berg på ca 2,7 m under markytan. Foderröret är 6 m långt. Under borrhningen påträffades mindre sprickor mellan 15,75 – 16 m under markytan, 17,5 – 17,75 meter under markytan och 18,5 – 18,75 m under markytan. En lite större spricka påträffade mellan 23,25 – 23,75 m under markytan som var något vattenförande.


I undersökningspunkt GW5002H påträffades berg på ca 1,3 m under markytan. Foderröret är 3 meter långt. Två mindre sprickor påträffades vid borrhningen: mellan 13,75 – 14 m under markytan och 15,25 – 15,5 m under markytan. Dessa gav dock inget vatten.

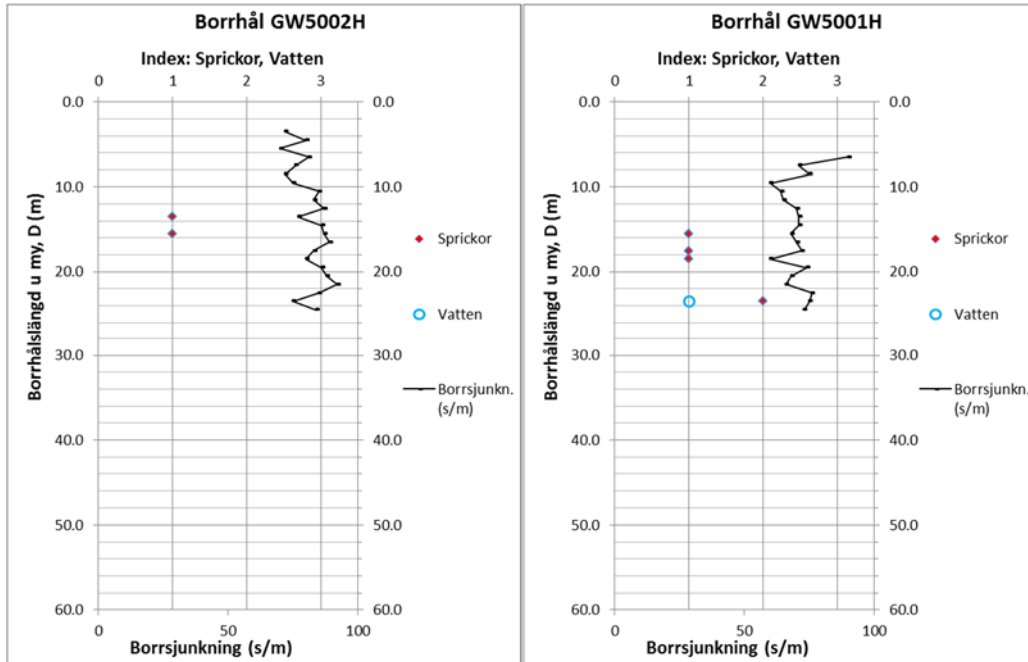
I undersökningspunkt GW5003H påträffades berg på ca 0,5 m under markytan. Foderröret är 3 m långt. Inga sprickor påträffades vid borrhningen.

I undersökningspunkt GW5004H påträffades berg på ca 0,4 m under markytan. Foderröret är 3 m långt. Inga sprickor påträffades vid borrhningen.

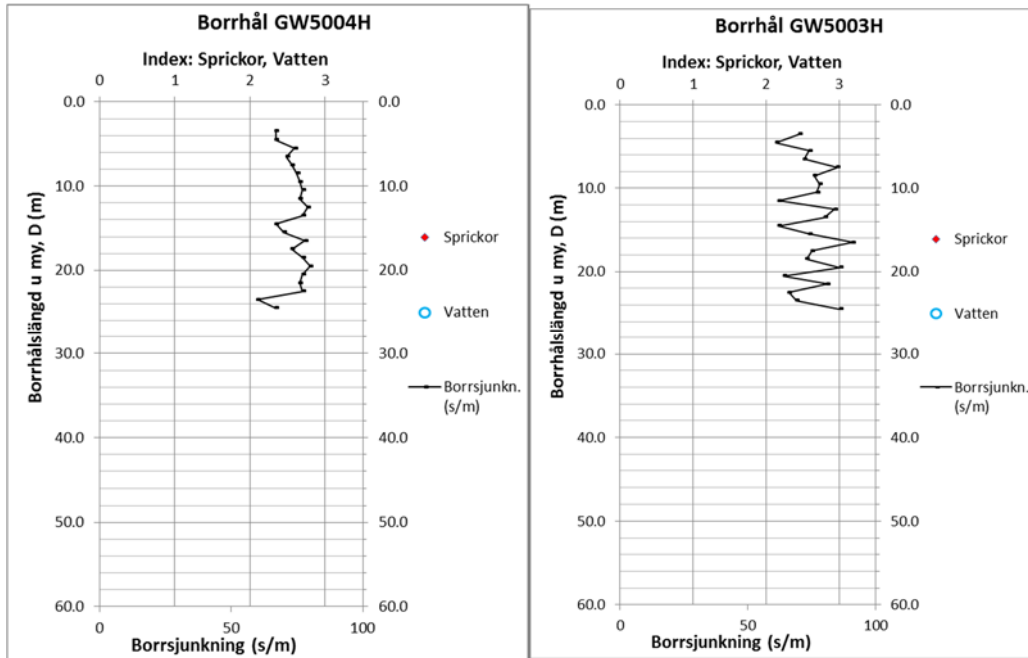
Vattenförlustmätningar har utförts i 2 kärnborrhål i Krokängsberget (KBH 1 Krokäng, KBH 2 Krokäng). Figur 9-6 sammanfattar borresultat.

Några av vattenförlustmätningarna vissa på höga vattenförluster. Borrarna har gett kommentarer ”Stor spricka” och ”Kommunikation i berget” för KBH 1 Krokäng i sektion 25-46 m, se bilaga 8. Med ”Stor spricka” menar man att vattenförlusten är stor. ”Kommunikation i berget” har man angett när mycket av vattnet kommer tillbaka in i borrhålet efter man släppt på vattentrycket. Det kan betyda att spricksystemet som testats företrädesvis går uppåt från borrhålet. Då alla testerna i sektion 25-46 m visar på höga Lugeonvärden, vilket kan betyda att borrhålet tvärrar en bredare vattenförande zon eller att borrhålet går parallellt en zon eller en koncentration av långa och interkonnekterade sprickor. Enligt Bergab är det senare, långa och interkonnekterade sprickor, som är mest sannolikt.


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 28 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

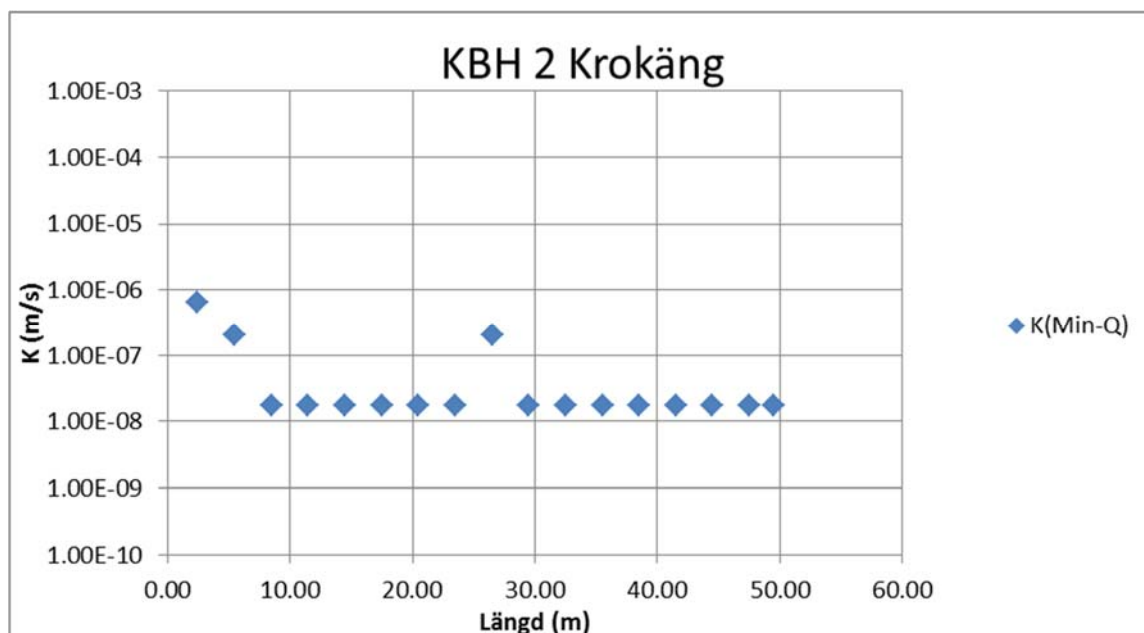
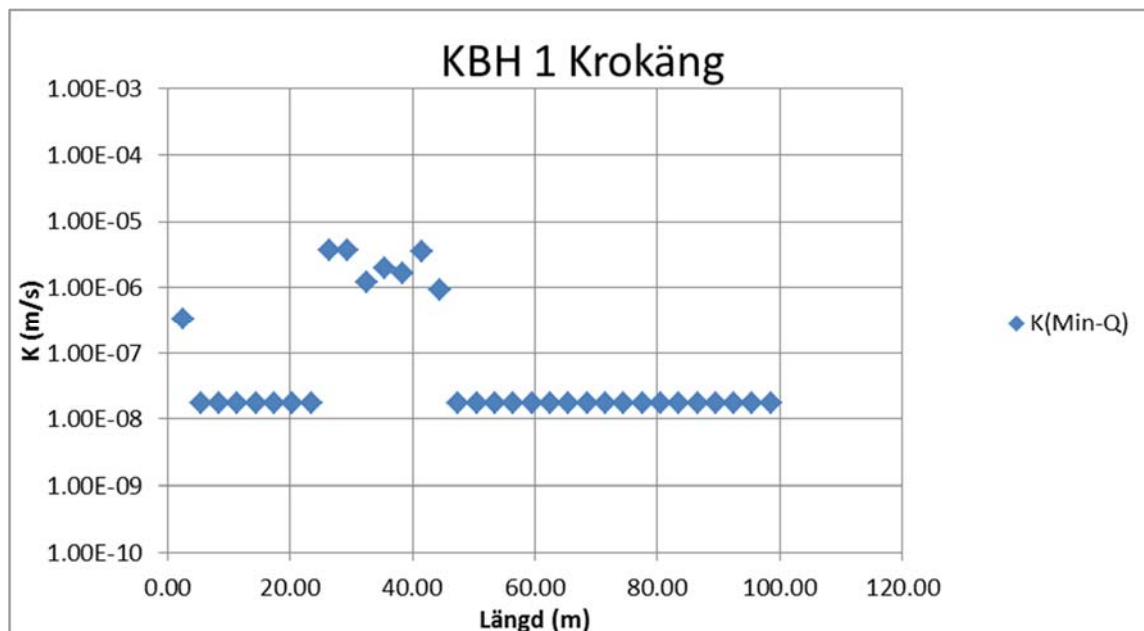


Figur 9-4. Borresultat GW5001H, GW5002H.



Figur 9-5. Borresultat GW5003H, GW5004H.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 29 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:




Figur 9-6. K_{3m} från vattenförlustmätningar i 3-meters skala. Kärnborrhål KBH 1 Krokäng, KBH 2 Krokäng.

9.1.6 Pölsebo

9.1.6.1 Jord

Tre 2" grundvattenrör GW5002, GW5005, GW5007, två 2" Stahlram, GW5003, GW5004, samt ett 1" grundvattenrör, GW5050, utfördes inom

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 30 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

undersökningsområdet. Det borrades också en brunn med förlorat filter, GW5006B. Främst borrningen av 2” grundvattenrören har gett information om lagerföljden i området.

Grundvattenröret GW5002 utfördes till ca 16 m under markytan där förmodat berg påträffades. Grundvattenröret installerades med öppen spets och 8 mm håll på filterdelen. Överst i jordlagerföljden observerades ca 1 m fyllnadsmaterial. Grundvatten påträffades inte i fyllnadsmaterialet av någon märkbar omfattning. Under fyllnadsmaterialet noterades ett lager av ca 5 m lera. Under leran påträffades ca 10 m friktionsmaterial, huvudsakligen sand med varierande kornstorlek. I övergången mellan lera och friktionsjord hade sanden ett betydande inslag av silt. Sanden blev dock grövre och siltinslaget minskade mot djupet

Undersökningen vid GW5003 visade på 4 m lera överst i jordlagerföljden. Under leran återfanns ett ca 2 m lager av sandig silt ner till berg. Förmodat berg påträffades 5,7 m under marken. Efter avslutad undersökning och jordprovtagning drogs grundvattenröret upp och ersattes av 2” Stahlräm (GW5004) ca 5 m väst om GW5003. Vid GW5004 påträffades förmodat berg vid ca 7,4 m.

Vid GW5005 utfördes undersökning samt jordprovtagning. Överst i jordlagerföljden påträffades fyllnadsmaterial och lera ner till 3 m. Under detta lager återfanns ca 3 m lera. Därefter följde friktionsjord med 2 m sandig silt och slutligen ca 5 m siltig sand. Under friktionsmaterialet återfanns förmodat berg totalt ca 13 m under markytan. Efter undersökningen installerades 2” Stahlräm på samma plats.

I undersökningspunkt GW5007 påträffades ca 7 m lera, siltig lera och lerig silt. Under detta påträffades ca 9 m sand. Sanden blev grövre med djupet och direkt ovan berg förekom inslag av grus. Direkt under sanden påträffades förmodat berg på ett totalt djup av ca 16,3 m under markytan. På detta djup installerades ett 2” grundvattenrör.


I friktionsmaterialet förekom ett mindre grundvattenflöde. Närmast berg ökade grundvattenflödet något, dock ej i betydande grad.

En preliminär tolkning av jordlagerföljden utifrån utförda undersökningar är:

- ca 0-3 m : Fyllnadsmaterial/lera
- ca 3-4 (7) m : Lera/ Siltig lera/lerig silt
- ca 4 (7)-6(16) m : Siltig sand/ mellan sand: (variationen på friktionsmaterialets mäktighet beror på djup till berg. Grusig sand på berg)
- ca 6 (16) m : Berg/block(?)

9.1.6.2 Berg

Ingen undersökning utförd.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 31 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

9.1.7 Pölsebo – Skandiahammen

9.1.7.1 Jord

Inga borrhningar har genomförts inom ramen för de hydrogeologiska undersökningarna då planerad bansträckning, som mer eller mindre går i nivå med befintlig markyta, inte ansetts påverkad av hydrogeologiska frågeställningar.

Tidigare utredningar ger dock underlag för en begränsad beskrivning av lagerföljden i området. Ramböll (2005b) beskriver lagerföljden vid Ryaverket, strax öster om Ryskog se Figur 6-1, som:

- **Lardlagermäktighet** (tolkat från figurer i Ramböll (2005b))
- 2-7m/ 0.5 m : Fylling /Mulljord (orörd mark)
- 0.5-1 m : Torrskorpelera
- 2-15 m: Siltig lera med inslag av sandskikt
- 0-2 m: Siltig sand med inslag av lerskikt
- 0-2 m : Morän
- Berg

Lagren med siltig sand med inslag av lerskikt och morän har tolkats kunna vara avbrutna (ej kontinuerliga).

Enligt SGUs jordartskarta (bilaga 1 B1-001) dominerar postglacial lera längs bansträckningen, förutom i den östligaste delen där finsand återfinns samt några korta partier där bansträckningen passerar berg.

9.1.7.2 Berg

Resultat finns från tidigare undersökningar i området som gjort i samband med utredande av bergrum i området. Vid Skarvikshammen beskrivs urberget som kristallint med solfjäderformade sprickdalssystem av Rockstore Engineering (2009). Berggrunden är där av god kvalitet och domineras av svagt förskiffrad gnejs. Förövrigt se kapitel 5.3.

9.2 Hydrauliska egenskaper


9.2.1 Generellt längs bansträckningen

9.2.1.1 Jord-siktanalys

Jordproverna är tagna i området Eriksbergsmotet till Pölsebo mellan 0,1 till 2,6 m under markytan i övre magasinet, och mellan 5 och 33 m under markytan i undre magasinet. Inga prov har tagits från sträckan Pölsebo – Skandiahammen.

Av alla 75 värden som framtagits på hydraulisk konduktivitet från jordprover härrör 67 stycken från det undre grundvattenmagasinet och 8 stycken från det övre magasinet. Lägsta-, högsta-, och medianvärdet för hydraulisk konduktivitet per undersökningsområde i detta stickprov framgår av Tabell 9-1 nedan. I populationen kan såväl högre som lägre värden existera.

De beräknade hydrauliska konduktiviteterna (K) redovisas i figurer i kapitel 9.1.2 till 9.1.7. De översiktliga siktanalysernas hydrauliska konduktiviteter uppvisar

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 32 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

inte något tydligt djupberoende. Den hydrauliska konduktiviteten är förhållandevis likartad på samtliga provtagningsnivåer för de jordprover som klassificerats som sand. Jordprover från det övre magasinet uppvisar i medeltal ett lägre K än i det undre magasinet. Jordprovet från en ytlig provtagningsnivå i borrhål GW5007 i det undre magasinet uppvisar också ett lågt K. Jordprovet härrör från övergången mellan lera och underliggande friktionsmaterial.


Tabell 9-1. Översikt över beräknade hydrauliska konduktiviteter (K) i stickproven.

Parameter	Undre magasinet				Övre magasinet	
	Nordviksgatan	Bratteråsberget Öst	Säterigatan	Pölsebo	Bratteråsberget	Krokängsparken
Lägsta K-värde (m/s)	1,2·10 ⁻⁵	1,3·10 ⁻⁵	1,3·10 ⁻⁹	1,1·10 ⁻⁰⁸	1,8·10 ⁻⁶	7,3·10 ⁻¹²
25% percentilen av K-värde (m/s)	3,3·10 ⁻⁴	7,9·10 ⁻⁵	7,9·10 ⁻⁵	5,7·10 ⁻⁵	7,8·10 ⁻⁵	1,5·10 ⁻⁷
Median K-värde (m/s)	4,6·10 ⁻⁴	1,5·10 ⁻⁴	1,3·10 ⁻⁴	5,9·10 ⁻⁵	1,4·10 ⁻⁴	4,3·10 ⁻⁷
75% percentilen av K-värde (m/s)	7,5·10 ⁻⁴	3,1·10 ⁻⁴	1,8·10 ⁻⁴	6,6·10 ⁻⁵	2,0·10 ⁻⁴	9,8·10 ⁻⁷
Högsta K-värde (m/s)	1,3·10 ⁻³	4,2·10 ⁻⁴	3,3·10 ⁻⁴	9,4·10 ⁻⁵	3,0·10 ⁻⁴	2,0·10 ⁻⁶
Antal prover	7	20	28	12	4	4

Typiskt anses ”mellansand” ha en hydraulisk konduktivitet av $1 \cdot 10^{-4}$ m/s, +/- en tiopotens (Avén S, 1984), dvs. jordartsangivelsen och den översiktliga hydrauliska konduktiviteten associerad med jordartstypen överensstämmer med varandra.


I Tabell 9-2 framgår den beräknade transmissiviteten per undersökningspunkt, samt medelvärde för transmissivitet per undersökningsområde (Median värden är i stort sett lika med medelvärdena).

I bilaga 4 redovisas mer detaljer från fältundersökningarna till exempel borrhprotokoll.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 33 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Tabell 9-2. Transmissivitet för tolkade jordlager. Undre (U) och övre magasin (Ö).

Plats	Punkt	Lager mäktighet- U (m)	Lager mäktighet- Ö (m)	Transmissivitet (m ² /s)	Transmissivitet (m ² /s)
Bratteråsberget Öst	GW4501	18		3.1E-03	
	GW4502	2.3		3.0E-05	
	GW4503	3		2.1E-04	
	GW4510	7		2.6E-03	
	GW4514	9		5.5E-04	
	GW4515	12.5		3.6E-03	
Bratteråsberget Öst Medel		8.6		1.7E-03	
Säterigatan	GW4504	6		3.2E-04	
	GW4505	2		4.4E-04	
	GW4506	16		1.8E-03	
	GW4507	15		2.3E-03	
	GW4508	16		2.0E-03	
	GW4509	6		8.3E-04	
	GW5001	4		2.9E-04	
	GW4516	17.3		3.3E-03	
	Säterigatan Medel		10.3		1.4E-03
Pölsebo	GW5002	7		4.1E-04	
	GW5003	0.7		4.6E-05	
	GW5005	7		3.5E-04	
	GW5007	12		6.6E-04	
Pölsebo Medel		6.7		3.7E-04	
Nordviksgatan	GW4001	11.3		5.5E-03	
	GW4002	3.3		9.4E-04	
Nordviksgatan Medel		7.3		3.2E-03	
Krokängsparken	GW5044P		1.2		2.3E-06
	GW5037P		0.9		1.8E-07
	GW5025P		0.3		2.2E-12
	GW5021P		1.5		9.8E-07
Krokängsparken Medel			1.0		8.8E-07
Bratteråsberget	GW4501P		4.1		4.2E-04
	GW4502P		3.4		4.4E-04
Bratteråsberget Medel			3.8		4.3E-04

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 34 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:


9.2.1.2 Jord-enhålstester

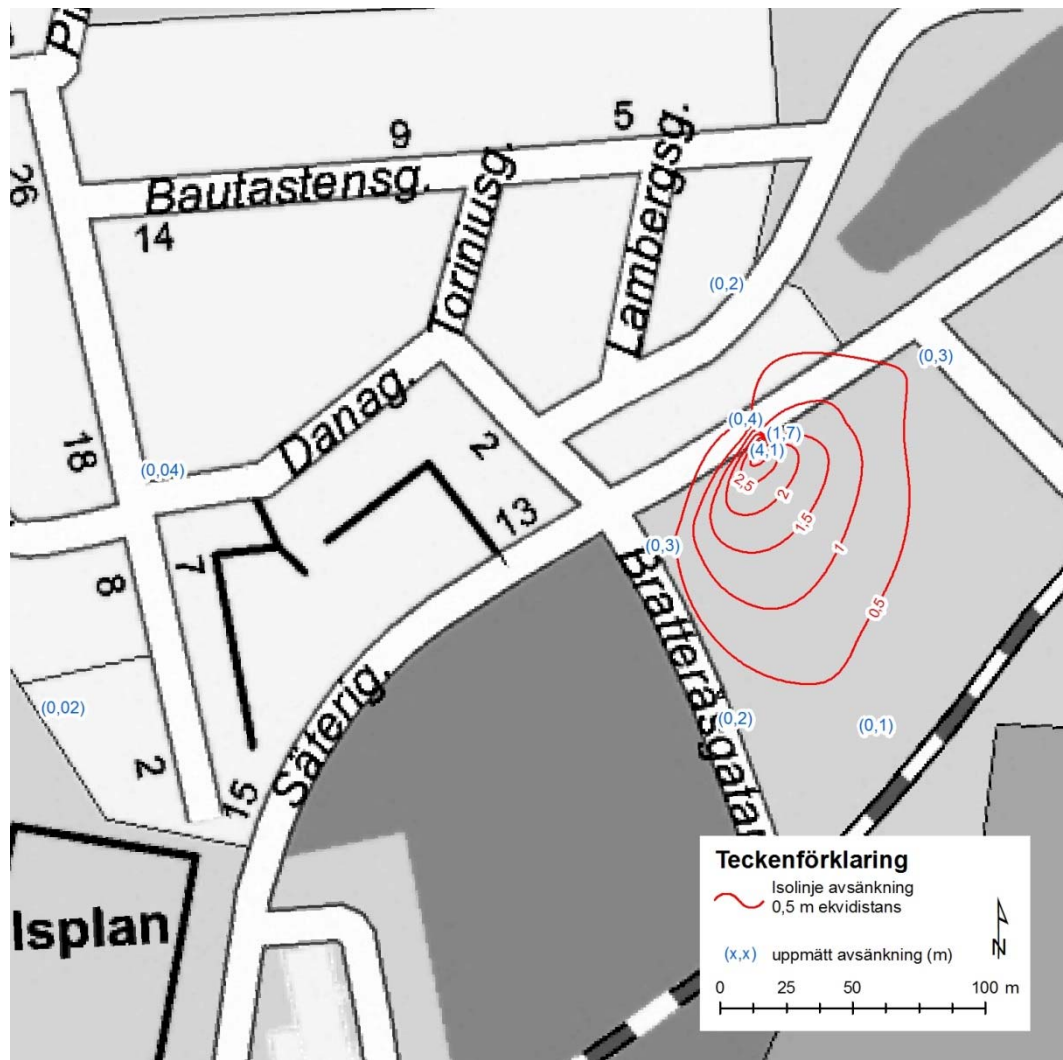
Slugttester har utförts i observationshål där prover för siktanalys tagits. I bilaga 6 jämförs tolkade hydrauliska konduktiviteter (K_{ht}) från slugttesterna med motsvarande beräknade K baserat på siktanalys (K_{sa}) för prov på filternivå för observationshål. Det visar relativt god överensstämmelse i genomsnitt; K_{ht}/K_{sa} ligger i allmänhet 0.1 till 10, vilket är förväntat då data baserat på siktanalys såväl som slugttest har osäkerheter men analysen indikerar att K baserat på siktanalys (K_{sa}) kan ge bra skattningar av karakteristisk värden baserat på statistisk analys.

9.2.1.3 Jord-Pumptester


Tre pumptester har utförts, se bilaga 8, och i Tabell 9-3 till Tabell 9-5 redovisas utvärderade parametrar. Resultaten i dessa tabeller ger de mest pålitliga skattningar att grundvattenmagasinens genomsnittliga horisontella genomsläpplighet för att beräkna naturliga grundvattenflöden och effekter av pumpningar. Som framgå av tabellerna motsvaras skattningarna av grundvattenmagasinen transmissivitet (T) från siktanalyserna tämligen väl vad som erhöles från provpumpningarna för Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget) och Öst Bratteråsberget. För Pölsebo är det en påtaglig skillnad vilket kan bero på att finmaterial tappats vid provtagning, vilket då ger en högre skattning av T från siktanalysen än vad som bör vara ett representativt värde. Transmissivitet skattad från pumptest i Pölsebo bedöms som det mest representativa värdet för undre akvifer vid beräkningar men att värdet skall anses mera osäkert i jämförelse med de två övriga platserna.

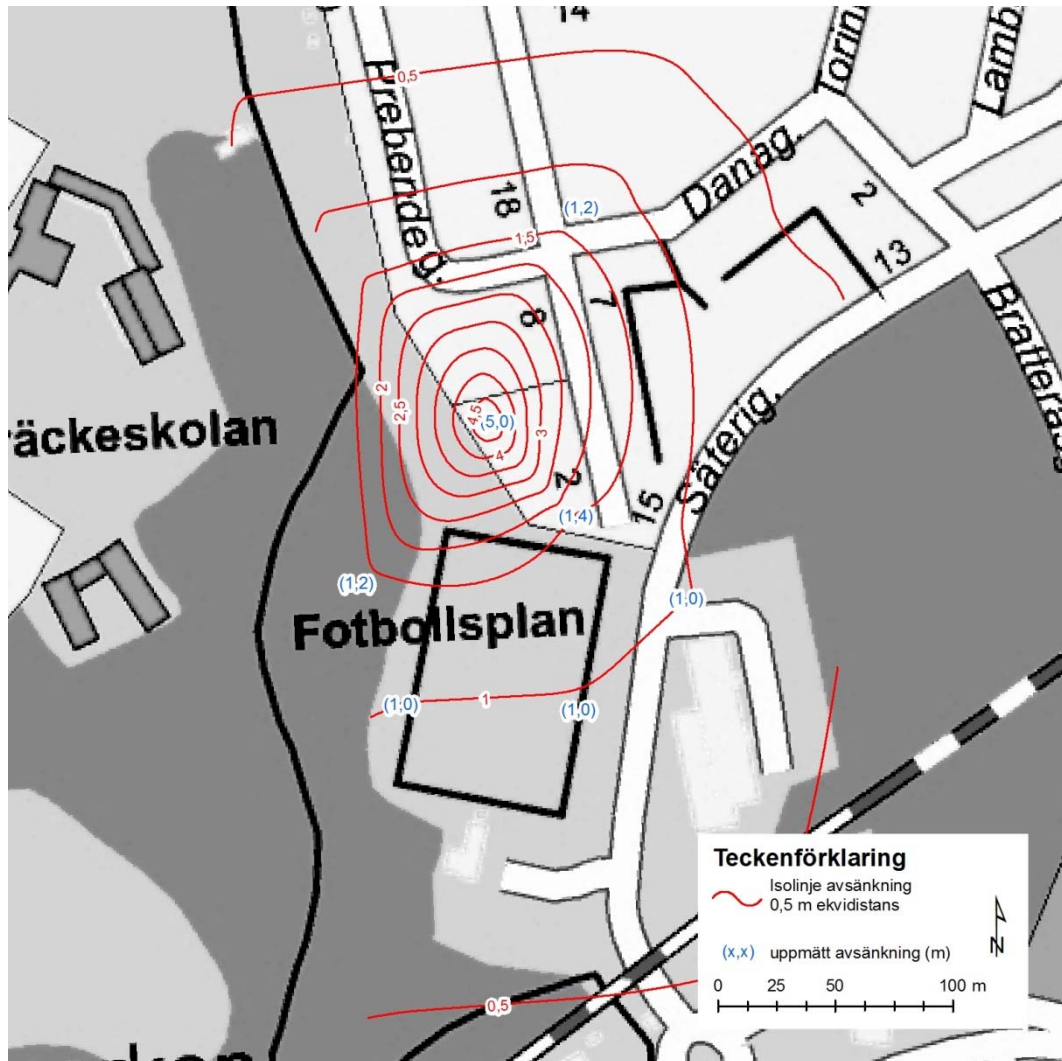
Den maximala avsänkningen som erhöles under pumpningarna illustreras i Figur 9-7 till Figur 9-9. Vid pumpningen i GW4517B vid Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget) erhöles responser Öster om Bratteråsberget och även när pumpning utfördes i GW4511B öster om Bratteråsberget erhöles responser vid Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget). Responserna är små men visar att det finns hydraulisk kontakt, se Figur 9-7 och Figur 9-8.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 35 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:




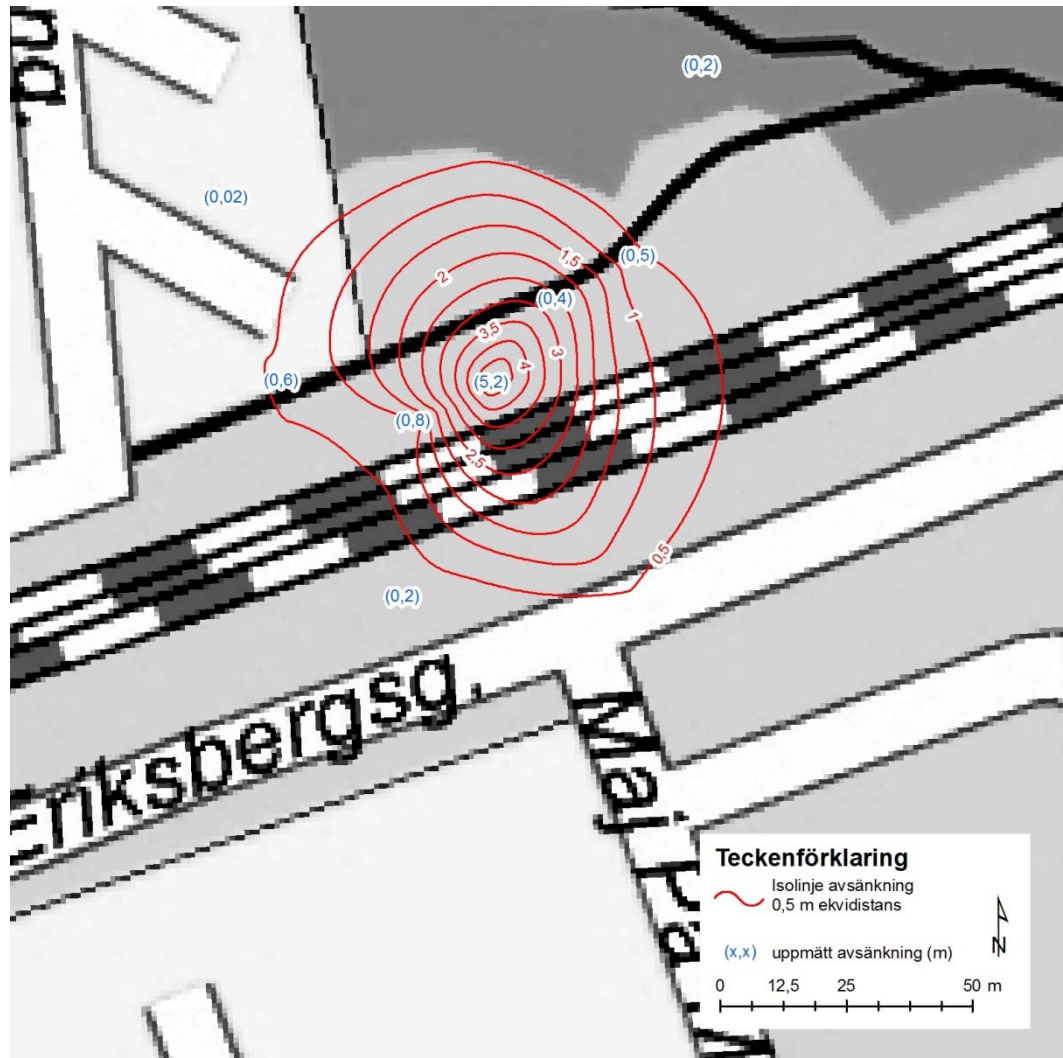
Figur 9-7. Maximal avsänkning under pumpstest. Öster om Bratteråsberget, pumpad brunn GW4511B. Pumpningens varaktighet var 14 dygn med medelkapaciteten 1.37 L/s.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 36 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:




Figur 9-8. Maximal avsänkning under pumptest. Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget), pumpad brunna GW4517B. Pumpningens varaktighet var 9 dygn med medelkapaciteten 2.15 L/s.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 37 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:



Figur 9-9. Maximal avsänkning under pumptest. Pölse bo, pumpad brunna GW5006B. Pumpningens varaktighet var 10 dygn med medelkapaciteten 0.11 L/s.


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 38 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Rev. datum:
		Uppdragsnr: 2343005000	

Tabell 9-3. Tolkade resultat från interferenstest utförd vid Pölsebo för undre grundvattenmagasin. (Grundvattenmagasinets mäktighet för test, vid brunn (Ht), Transmissivitet (T), Magasinskoefficient (S), Skinfaktor (Sw): Grundvattenmagasinets mäktighet är tolkad utifrån borrprotokoll och begränsas av bergöveryta till tätande lager (lera eller siltig lera) eller grundvattenyta.

Bh-ID	Plats	Teststart (datum)	Testtyp	Rök till ök filter (m)	Rök till uk filter (m)	Repr. Ht för test (m)	T (m ² /s)	S (-)	Skin- faktor (Sw) (-)	Kommentar till förutsättningar/tolkning
GW4511 B	Öst Bratterås- berget	2014- 03-25	Inter- ferens	25	29	18	0.001	0.0028	-0.76	T, S och Sy gäller för området kring brunn. Sannolikt påverkas avsänkingsförloppet för senare tider av ändrade randvillkor
GW4517 B	Säterigatan	2014- 03-05	Inter- ferens	20.5	24.5	20	8.3E-04	2.4E-04	-3	T och S gäller för området kring brunn. Sannolikt påverkas avsänkingsförloppet för senare tider av ändrade randvillkor
GW5006B	Pölsebo	2014- 01-21	Inter- ferens	9.4	11.4	6	4.6E-05	1.0E-03	(-0.1)	"Hög" skattning av S. T och S giltiga bara i närheten av pumpbrunn. T och S minskar sannolikt 20-50 m från pumpbrunn mot väster, norr och österut.
GW5006B	Pölsebo	2014- 01-22	Inter- ferens	9.4	11.4	6	4.6E-05	3.0E-04	(-0.3)	"Låg" skattning av S. T och S giltiga bara i närheten av pumpbrunn. T och S minskar sannolikt 20-50 m från pumpbrunn mot väster, norr och österut.

Tabell 9-4. Tolkade resultat från interferenstest utförd i akvifer öster om Bratteråsberget och bergpartiet vid Celsiusgatan för grundvattenmagasinet. (Grundvattenmagasinets mäktighet för test, vid brunn (Ht), Vattenavgivningstal (S_y). Grundvattenmagasinets mäktighet är tolkad utifrån borrprotokoll och begränsas av bergöveryta till tätande lager (lera eller siltig lera) eller grundvattenyta. (Se Tabell 9-3 för T och S.)

Bh-ID	Plats	Teststart (datum)	Test-typ	Rök till ök filter (m)	Rök till uk filter (m)	Repr. Ht för test (m)	Sy (1/m)
GW4511B	Öst Bratteråsberget	2014-03-25	Interferens	25	29	18	0.15

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 39 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Tabell 9-5. Tolkade resultat från interferenstest utförd i akvifer mellan Krokängsberget och Bratteråsberget för undre grundvattenmagasinet. (Grundvattenmagasinets mäktighet för test, vid brunn (Ht), Läckagefaktor (L), Akvitardens mäktighet (b'), vertikal hydraulisk konduktivitet (K'): Hm. Grundvattenmagasinets mäktighet är tolkad utifrån borrprotokoll och begränsas av bergövertyta till tätande lager (lera eller siltig lera) eller grundvattenyta.


Bh-ID	Plats	Teststart (datum)	Testtyp	Rök till ök filter (m)	Rök till uk filter (m)	Repr. Ht för test (m)	Läckae faktor L (m)	b' (m)	Vert K' (m/s)
GW4517B	Säterigatan	2014-03-05	Interferens	20.5	24.5	20	710	8	1.3E-08

9.2.1.4 Jord-Anisotropi

Borringarna och hydrauliska testerna utförda inom ramen för de hydrogeologiska undersökningarna kan inte visa på säkra effekter av hydraulisk anisotropi men sannolikt finns finkorniga skikt som ger en lägre vertikal hydraulisk konduktivitet. De geotekniska undersökningarna ger indikationer att det sannolikt finns skikt med varierad kornstorleksfördelning i de undre akvifererna.

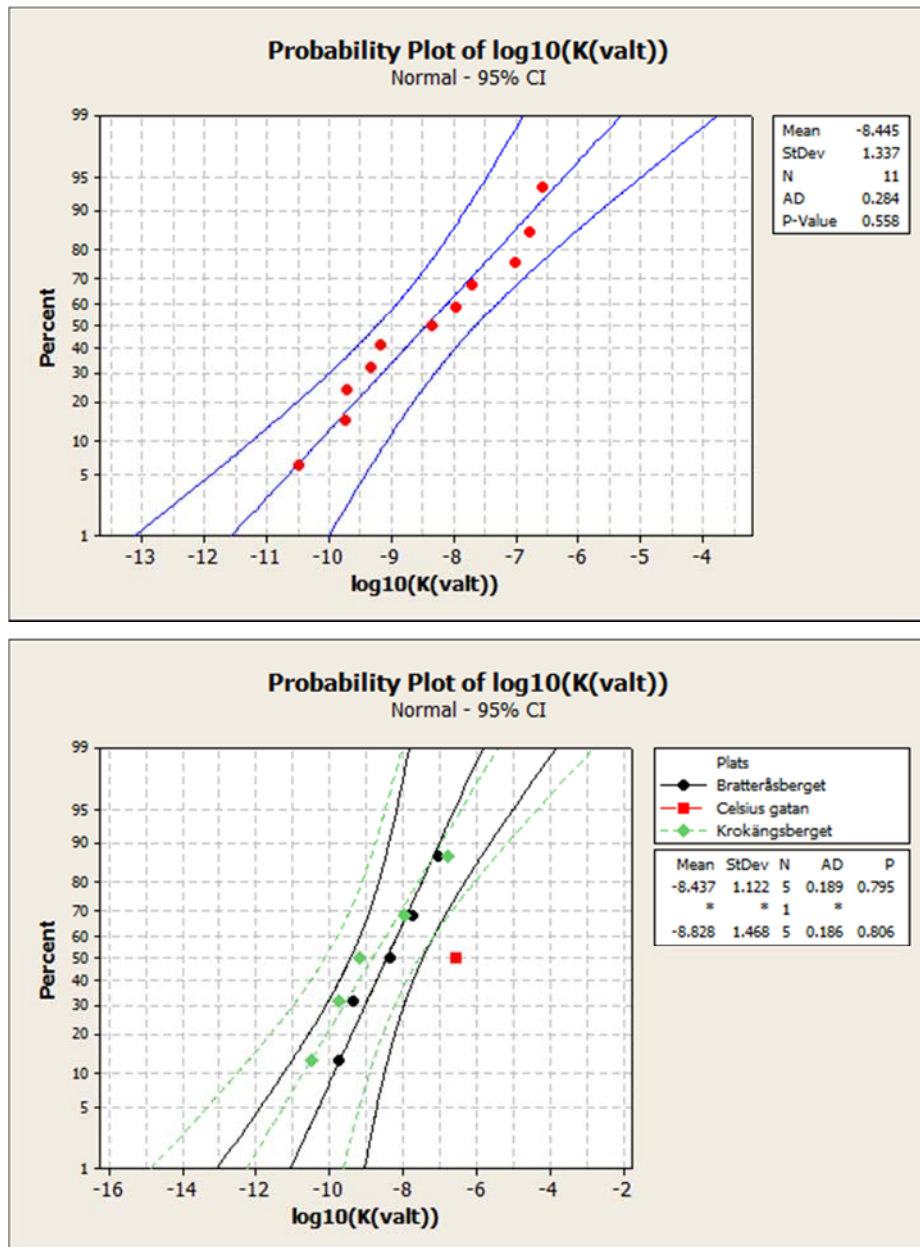
9.2.1.5 Berg

De hydrauliska testerna i de mer eller mindre *vertikala* hammarborrhålen GW4501H-redovisa i bilaga 6 och resultaten sammanfattas i Tabell 9-6 och i Figur 9-10 och Figur 9-11. Tre mer eller mindre *horisontella* kärnborrhål har borrats och vattenförlustmätningar har utförts som redovisas i bilaga 8 och sammanfattas i Figur 9-3 och Figur 9-6 samt Tabell 9-8 och Tabell 9-9.


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 40 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

9.2.1.6 Berg-Hammarborrhål

I detta kapitel redovisas hydrauliska enhålstester i berg utförda i hammarborrhål.



Figur 9-10. Normalfördelningsdiagram över LOG10 K från hydrotester i ca 25-meters skala. Respektive borrhålstests mätgräns (både vänster- och höger censurerade värden) för flöde har tagits hänsyn till. Överst: Alla mätvärden (N=11), alla platser. Underst: Fördelat på de platser där tester utförts.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 41 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Tabell 9-6. Hydrauliska tester i hammarborrhål.

ID	Testskala (m)	Q/s (m ² /s)	log ₁₀ (Q/s)	T(Q/s) ¹	T(Q/s) ²	T(utv)	T(valt) (m ² /s)	K(valt) (m/s)
GW4501H	25	8.7E-09	-8.1	1.2E-08	9.6E-09		1.2E-08	4.6E-10
GW4502H	25	2.5E-07	-6.6	5.1E-07	2.8E-07	4.8E-07 ³	4.8E-07	1.9E-08
GW4503H	25	3.8E-09	-8.4	4.5E-09	4.2E-09		4.5E-09	1.8E-10
GW4504H	25	6.3E-08	-7.2	1.1E-07	6.9E-08		1.1E-07	4.3E-09
GW5001H	25	1.3E-06	-5.9	3.3E-06	1.4E-06	4.2E-06 ³	4.2E-06	1.7E-07
GW5002H	25	3.9E-09	-8.4	4.7E-09	4.3E-09		4.7E-09	1.9E-10
GW5003H	25	1.2E-08	-7.9	1.7E-08	1.3E-08		1.7E-08	6.6E-10
GW5004H	25	8.4E-10	-9.1	8.2E-10	9.2E-10		8.2E-10	3.3E-11
HB1201	36					3.8E-07 ⁴	3.8E-07	1.1E-08
HB1202	16					1.5E-06 ⁴	1.5E-06	9.5E-08
HB1203	12					3.2E-06 ⁴	3.2E-06	2.7E-07
	Median=						1.1E-07	4.3E-09

¹: Baseras på Rhén m.fl.(1997).

²: Baseras på Carlsson och Gustafson (1997)


³: Baseras på återhämtningsmätning efter borrning

⁴: Baseras på slugtest

Hammarborrningarna visar att median värdet på hydraulisk konduktivitet (K) är ca $4.3 \cdot 10^{-9}$ m/s. Testerna i hammarborrhål (skala 25 m) visar på en geometrisk hydraulisk konduktivitet; $K_g = 3.6 \cdot 10^{-9}$ m/s med ett 95% konfidensintervall på ca $6 \cdot 10^{-10}$ till $2 \cdot 10^{-8}$ m/s.

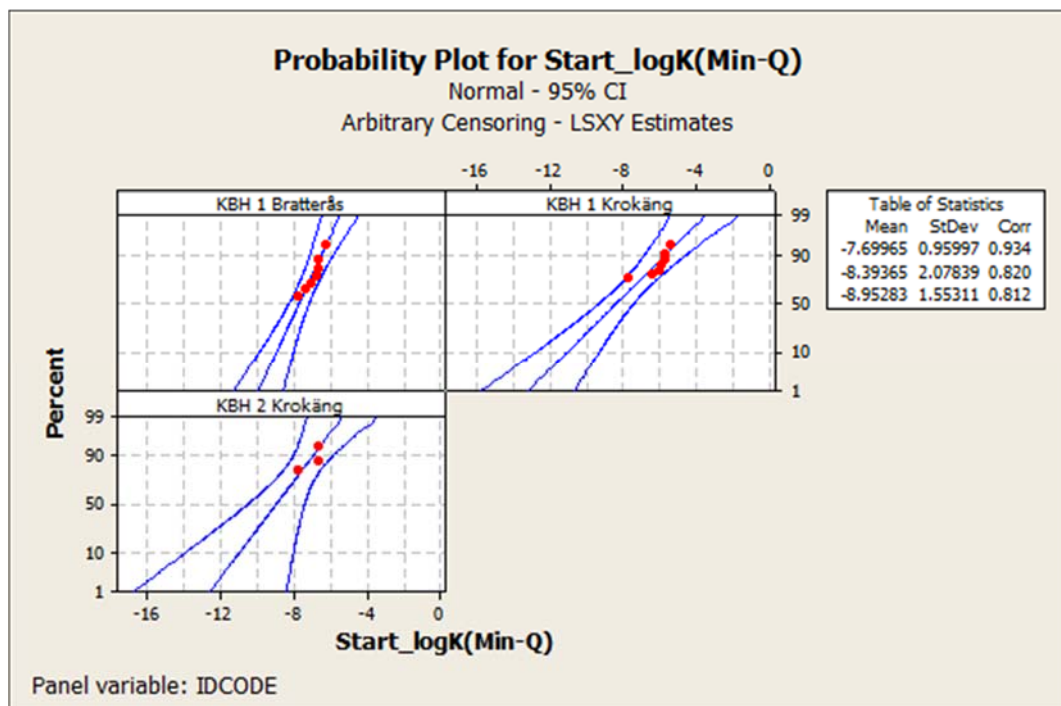
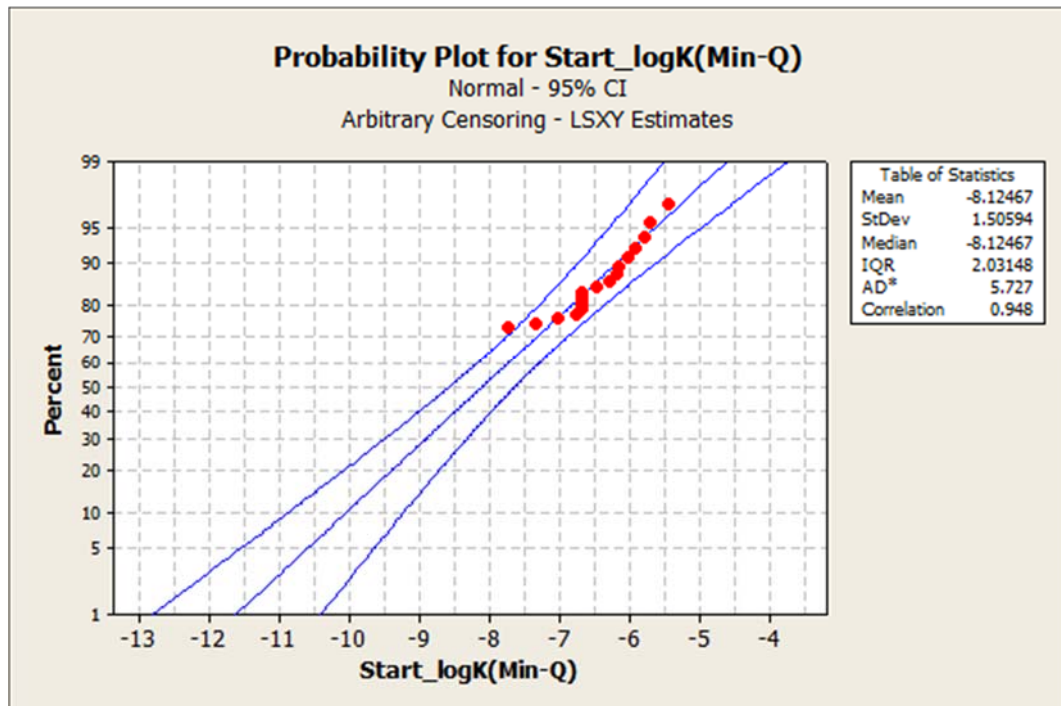
Tabell 9-7. Statistik på hydrauliska tester i hammarborrhål. Testskala ca 25 m.

ID	Antal N	log ₁₀ (K)	std(log ₁₀ (K))	K _g (m/s)	95% konfidens intervall			
					undre	övre	K _{0.95%}	K _{0.95%}
Hammarborrhål	11	-8.4	1.3	3.6E-09	-9.24	-7.7	5.8E-10	2.2E-08


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 42 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

9.2.1.7 Berg-Kärnbrå, 3 m test sektion

I detta kapitel redovisas hydrauliska enhålstester i berg utförda i kärnbrå.



Figur 9-11. Normalfördelningsdiagram över LOG₁₀ K_{3m} från vattenförlustmätningar i 3-meters skala. Respektive borrhålstests mätgräns (både vänster- och höger censurerade värden) för flöde har tagits hänsyn till. Överst: Alla mätvärden (N=67), alla platser. Underst: Fördelat på de platser med två eller fler ocensurerad mätpunkter.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 43 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:


Tabell 9-8. **Grundläggande statistik över mätningar i 3-meters skala för K enligt bilaga 8 (bearbetade data) per borrhål. Vattenförluster som angetts vara 0 eller att medelvattenförlusten vid använda trycknivåer <1 L har getts mätgränsvärde baserat på 1 L/5 minuter och $\delta p=0.5$ MPa (Minsta mätbara volym med god säkerhet vid vattenförlustmätningar har skattats till 1 L enligt uppgift från Bergab). Antal mätningar per område: N-tot, Mätvärde som kategoriserats som undre mätgräns: N-L-cens: -1, övre mätgräns: N-R-cens.**

IDCODE	Plats	Ök mätsek (m)	Uk mätsek. (m)	Sekt. längd (m)	N- tot	N-L- cens	N-R- cens	K_{min} (m/s)	$K_{50\%}$ (m/s)	K_{max} (m/s)
KBH 1 Bratterås	Bratteråsberget	2	53	3	17	10	0	1.8E-08	1.8E-08	6.7E-07
KBH 1 Krokäng	Krokängsparken	1	100	3	33	25	2	1.8E-08	1.8E-08	3.7E-06
KBH 2 Krokäng	Krokängsparken	1	50	3	17	14	0	1.8E-08	1.8E-08	6.3E-07

Tabell 9-9. **Sammanställd statistik över mätningar i 3-meters skala för LOG10 K enligt bilaga 8 (bearbetade data) per borrhål. Vattenförluster som angetts vara 0 eller att medelvattenförlusten vid använda trycknivåer <1 L har getts mätgränsvärde baserat på 1 L/5 minuter och $\delta p=0.5$ MPa (Minsta mätbara volym med god säkerhet vid vattenförlustmätningar har skattats till 1L enligt uppgift från Bergab). Antal mätningar: N-tot, Mätvärde som kategoriserats som undre mätgräns: N-L-cens: -1, övre mätgräns: N-R-cens. K_a =aritmetiskt medelvärde, K_g =geometriskt medelvärde baserat på medel LOG10 K.**

IDCODE	Plats	Ök mätsek (m)	Uk mätsek. (m)	Sekt. längd (m)	N- tot	N-L- cens	N-R- cens	Medel Log10(K)	Std Log10(K)	K_a (m/s)	K_g (m/s)
KBH 1 Bratterås	Bratteråsberget	2	53	3	17	10	0	-7.70	0.96	1.2E-07	2.0E-08
KBH 1 Krokäng	Krokängsparken	1	100	3	33	25	2	-8.39	2.08	5.2E-07	4.0E-09
KBH 2 Krokäng	Krokängsparken	1	50	3	17	14	0	-8.95	1.55	7.6E-08	1.1E-09
Alla tre KBH				3	67	49	2	-8.12	1.51	2.4E-07	7.5E-09

Figur 9-11 överst visar en trolig fördelningsfunktion av hydrauliska konduktiviteter hos populationen för ocensurerade värden. Sannolikhetsredovisad utvärdering av egenskaper är grund för val av karakteristiska värden i Eurocode 7. Varje skattning av hydraulisk konduktivitet är associerad med en sannolikhet. Exempelvis är sannolikheten i storleksordningen 2 % att en hydraulisk konduktivitet K_{3m} i en slumpvis vald 3-

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 44 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:


meters sträcka överstiger ca 10^{-5} m/s, i storleksordningen 8 % att den överstiger ca 10^{-6} m/s samt ca 50 % att den understiger/överstiger ca $8 \cdot 10^{-9}$ m/s. Ett 95 % -igt konfidensintervall för fördelningsfunktionen är också inlagt i figuren, vilket exempelvis anger att sannolikheten är ca 15-40 % att K_{3m} i en slumpvis vald 3-meters sträcka understiger 10^{-9} m/s (bästa uppskattning ca 28 %).

Tabell 9-8 visar att median- K_{3m} borrhålsvis inte är signifikant olika men maxvärdena skiljer sig åt. En osäkerhet i analysen är stickprovets representativitet då antalet data är relativt få för dessa tre borrhål.¹ KBH 1 Bratterås, KBH 1 Krokäng, KBH 2 Krokäng

Resultatet visar i huvudsak följande för 3-metersskalan:

- De hydrauliska konduktivitetererna är i stora drag logaritmiskt fördelade.
- Svårigheter har funnits vid registrering av vissa höga vattenflöden (KBH 1 Krokäng, test sektion 25-31 m (med kommentar ”stor spricka” i protokoll). Även testsektion 31-46 m har kommentar ”kommunikation i berget” i protokoll)). Detta leder till svårigheter med att registrera värdena för riktigt höga hydrauliska konduktiviteter. Test sektion 25-31 m har tolkats representera övre mätgräns, vilket kan ses i fördelningsdiagrammen på så sätt att ett max-värde nås.
- Högsta uppmätta (dock begränsad av mätteknik) hydrauliska konduktivitet var $K_{max}=3,7 \cdot 10^{-6}$ m/s. Bergets högsta hydrauliska konduktivitet är sannolikt högre.
- Lägsta uppmätta (dock begränsad av mätteknik och skattad minsta mätbara flöde) hydrauliska konduktivitet var $K_{min}=1,8 \cdot 10^{-8}$ m/s. Bergets lägsta hydrauliska konduktivitet är sannolikt lägre.
- Det geometriska medelvärdet K_g , med hänsyn tagen till censurering, varierar mellan $1 \cdot 10^{-9}$ m/s till $2 \cdot 10^{-8}$ m/s för olika borrhål och är ca $7,5 \cdot 10^{-9}$ m/s för alla tre borrhål.
- Log-standardavvikelsen $\sigma_{\log_{10}K}$, med hänsyn tagen till censurering, varierar mellan 0,96 till 1,55 för olika borrhål och är 1,5 för alla tre borrhål.
- Det aritmetiska medelvärdet K_a , med hänsyn tagen till värde angivet för censurering, varierar mellan $7,6 \cdot 10^{-8}$ m/s till $5,2 \cdot 10^{-7}$ m/s för olika borrhål och är ca $2,4 \cdot 10^{-7}$ m/s för alla tre borrhål.
- Baserat på alla borrhål, se Figur 9-11, föreligger exempelvis följande K_{3m} -värden och associerade sannolikheter:
 - Sannolikheten är ca 95 % att en hydraulisk konduktivitet i berget är $K_{3m} \geq 2 \cdot 10^{-11}$ m/s för en slumpmässigt vald 3-meters sträcka.
 - Sannolikheten är ca 50 % att en hydraulisk konduktivitet i berget är $K_{3m} \geq 8 \cdot 10^{-9}$ m/s för en slumpmässigt vald 3-meters sträcka.

¹ Analysen förutsätter ett statistiskt representativt stickprov.

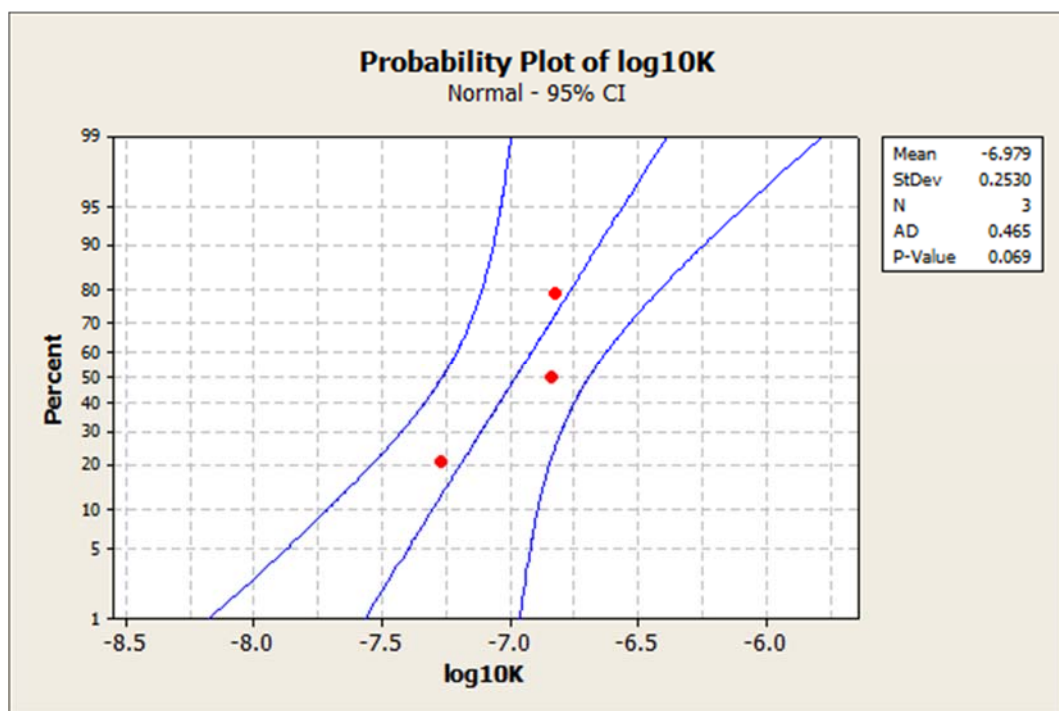
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 45 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

- Sannolikheten är ca 5 % att en hydraulisk konduktivitet i berget är $K_{3m} \geq 2 \cdot 10^{-6}$ m/s för en slumpmässigt vald 3-meters sträcka.
- Sammanfattningsvis; testerna i kärnborrhålen, med 3 m testsektion visar på en geometrisk hydraulisk konduktivitet; $K_g = 7.5 \cdot 10^{-9}$ m/s med ett 95 %-igt konfidensintervall på ca $2.6 \cdot 10^{-9}$ till $2.2 \cdot 10^{-8}$ m/s.


9.2.1.8 Berg-Kärnborrhål, helhålsmätning

Tester har också gjorts för hela borrhåls längden i respektive borrhål (borrhålsskala). Här ansätts en manschett relativt ytligt i borrhålet och vattentrycket ansätts mellan manschetten och borrhålsbotten. Mätlängden har beroende på borrhål varit mellan ca 51 m och 101 meter med medelvärde för testlängden på ca 70 meter, se Tabell 9-10. Här benämns dessa tester som översiktligt representerande 100-m skalan, $K_{\sim 100m}$, även om skalan är borrhålsindividuell. Huvudsakliga resultat för ca 100-m skalan är:

- Lägsta uppmätta värdet var $K_{\min} = 5.3 \cdot 10^{-8}$ m/s.
- Högsta uppmätta värdet var $K_{\max} = 1.5 \cdot 10^{-7}$ m/s.
- Medianvärdet var $K_{\text{median}} = 1.5 \cdot 10^{-7}$ m/s, $T_{\text{median}} = 7.7 \cdot 10^{-6}$ m²/s.
- Medelvärde var $K_a = 1.2 \cdot 10^{-7}$ m/s, $T_a = 8.5 \cdot 10^{-6}$ m²/s.
- Testerna i kärnborrhålen, helhålsmätningar (skala 100 m) visar på en geometrisk hydraulisk konduktivitet; $K_g =$ ca $1.0 \cdot 10^{-7}$ m/s med ett 95 %-igt konfidensintervall på ca $5.4 \cdot 10^{-8}$ till $2.8 \cdot 10^{-7}$ m/s.



Figur 9-12. Normalfördelningsdiagram över LOG10 K från vattenförlustmätningar i helhåls-skala ($K_{\sim 100m}$) enligt bilaga 8.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 46 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Tabell 9-10. **Grundläggande statistik över mätningar i helhåls-skala för K (K-100m) enligt bilaga 8 (bearbetade data) per borrhål.**


IDCODE	Plats	Ök mätsek. (m)	Uk mätsek. (m)	Sektions längd (m)	Medel Log10(K)	Std Log10(K)	K (m/s)	T (m ² /s)
KBH 1 Bratterås	Bratteråsberget	2	55.37	53.37			1.5E-07	7.7E-06
KBH 1 Krokäng	Krokängsparken	1	101.65	100.65			1.5E-07	1.5E-05
KBH 2 Krokäng	Krokängsparken	1	51.79	50.79			5.3E-08	2.7E-06
Alla tre KBH, aritmetr.				68			1.2·10 ⁻⁷	8.5·10 ⁻⁶
Alla tre KBH, geometr.				65	-6.98	0.25	1·10 ⁻⁷	

9.2.1.9 Berg-Kärnborrhål, jämförelse mellan 3-meters skalan och 100 meterskalan

Testning i olika skalor ger olika nominella K-värden. Manschettmätningar återspeglar olika mätvolymerna på grund av testning i olika mätskalor. Den effektiva hydrauliska konduktiviteten för en större skala ligger mellan det aritmetiska och det harmoniska medelvärdet, liksom mellan det aritmetiska och det geometriska medelvärdet (Gustafson, 2012). Beroende på användningsskala, ska representativa K-värden från tillhörande skalor användas.

Vid jämförelse mellan K-värden från olika skalor finns några generella konsekvenser av de olika inblandade testvolymerna. Ju större skala som studeras, desto bättre anpassning erhålls till lognormalfördelningen. Vidare brukar log-standardavvikelsen minska med ökad skala (brantare fördelning i normalfördelningsdiagram, mindre variation i större skala) samt inte minst viktigt, att medianvärdet och geometriska medelvärdet ökar med ökad mätskala. Det aritmetiska medelvärdet minskar däremot. Från mätvärden i små testskalor är det därför svårare att uppskatta den storskaligt effektiva hydrauliska konduktiviteten än från mätvärden från större testskalor. Små testskalor har dock fördelen att kunna urskilja lokalt var de intressanta hydrauliska konduktiviteter finns, vilket inte storskaliga tester av naturliga skäl förmår. Tester i små skalor ger framför allt underlag för injektering, medan tester i stora skalor i allmänhet ger underlag för att beräkna genomsnittliga flöden i stor skala.

I Figur 9-15 redovisas en jämförelse mellan utförda skalor. Resultatet stöds av förundersökningarna från Äspölaboratoriet (Rhen m.fl. 1997), se Tabell 9-12. Kvoten mellan geometriska medelvärdet för 3 m-skalan och 100 m-skalan var där ungefär $K_{g3m}/K_{g100m} \sim 0.06$. Här erhålls geometriska medelvärdet av alla $K_{g3m}/K_{g\sim 100m} \sim 0,07$.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 47 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Betydelsen av detta för vidare användning är att testskalans hydrauliska konduktiviteter måste transformeras till den skala varinom de ska användas, vilket exempelvis kan vara injekteringsprognoser (liten skala) eller flödesbestämningar (stor skala). Vanligen används medianvärdet eller geometriska medelvärdet som effektivt medelvärde för ett stickprov på bakomliggande population. Vilket värde som ska ansättas som karakteristiska dimensionerande värden, styrs bl.a. av nyttan av en viss säkerhetsmarginal i förhållande till den uppoffring som den valda säkerhetsnivån innebär.

Tabell 9-11. **Hydraulisk konduktivitet i 3 m och 100 m skala.**

IDCODE	100m Aritmetiskt medel K (K _a) (m/s)	100m Medel Log10(K)	100m Std Log10(K)	100m K _{-100m} (m/s)	3m Aritmetiskt medel K (K _a) (m/s)	3m Medel Log10(K)	3m Std Log10(K)	3m K _{g3m} (m/s)	K _{a3m} / K _{a100m}	K _{g3m} / K _{100m}	std _{3m} / std _{100m}
KBH 1 Bratterås	1.45E-07			1.45E-07	1.22E-07	-7.70	0.96	2.0E-08	0.84	0.14	
KBH 1 Krokäng	1.49E-07			1.49E-07	5.21E-07	-8.39	2.08	4.0E-09	3.51	0.03	
KBH 2 Krokäng	5.35E-08			5.35E-08	7.55E-08	-8.95	1.55	1.1E-09	1.41	0.02	
Alla bh K	1.2E-07	-6.98	0.25	1.0E-07	2.40E-07	-8.12	1.51	7.5E-09	2.07	0.07	6.0


Tabell 9-12. **Hydraulisk konduktivitet i 3 m och 100 m skala vid Äspölaboratoriet (Rhen m.fl., 1997)**

100m Aritmetiskt medel K (K _a) (m/s)	100m Medel Log10(K)	100m Std Log10(K)	100m K _{-100m} (m/s)	3m Aritmetiskt medel K (K _a) (m/s)	3m Medel Log10(K)	3m Std Log10(K)	3m K _{g3m} (m/s)	K _{a3m} / K _{a100m}	K _{g3m} / K _{100m}	std _{3m} / std _{100m}
1.0E-07	-7.8	0.6	1.6E-08	4.0E-07	-9	1.7	1.0E-09	4.0	0.06	2.83

9.2.1.10 Berg-Kärnborrhål, frekvens av konduktiva sprickor


Fördelningen av lågkonduktiva (vänstercensurerade) testsektioner kan också analyseras för att översiktligt ange hur frekvent utefter borrhningarna som dessa, relativt sett "torraste" 3-m sektioner, uppträder. Det är också möjligt att beräkna avståndet mellan 3 m sektioner som har en transmissivitet T som är större än en vald transmissivitet T₁, se bilaga 8 för detaljer. Avstånd mellan konduktiva strukturera skärningspunkter i borrhål kan inte göras med någon exakthet då metoden med 3-m sektioner för injektion har sina givna begränsningar.

På grund av begränsat dataunderlag är resultaten osäkra, vilket indikeras i figurerna med angivna konfidensintervall i bilaga 8, men storleksordningen på förväntade avstånd kan utläsas.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 48 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

- Avsnitt med tämligen täta sektioner ($T < T_{\text{mätgräns}} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$) förväntas vara ca 16 m (medianvärde) och inom 10 till 27 m med 95% konfidens.
- Transmissiviteter $> 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ kan förväntas tämligen regelbundet med avstånd 1-5 m.
- Transmissiviteter $> 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ kan förväntas tämligen regelbundet med avstånd ca 5-30 m.

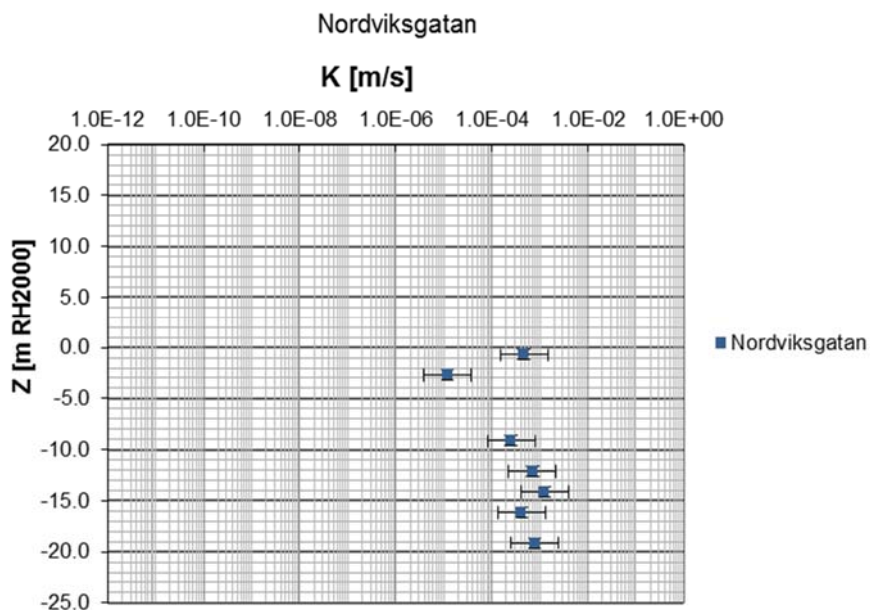
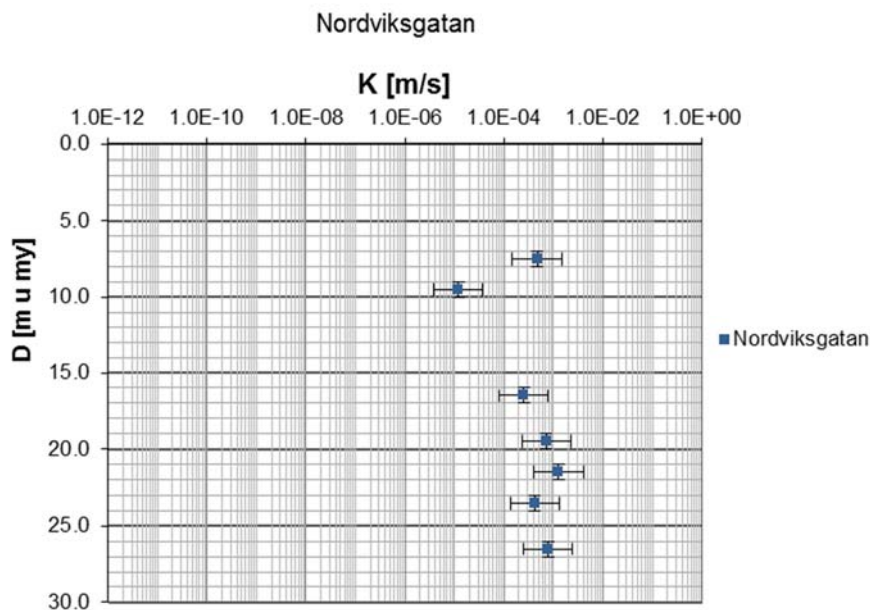
Det finns ett borrhåls avsnitt i BH1 Krokäng, 25-46 m, som uppvisar flera närliggande mätsektioner med relativt höga hydrauliska konduktiviteter. Det är oklart vad det beror på men kan eventuellt bero av någon mindre sprickzon som korsar borrhålet.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 49 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:


9.2.2 Eriksberg – Bratteråsberget

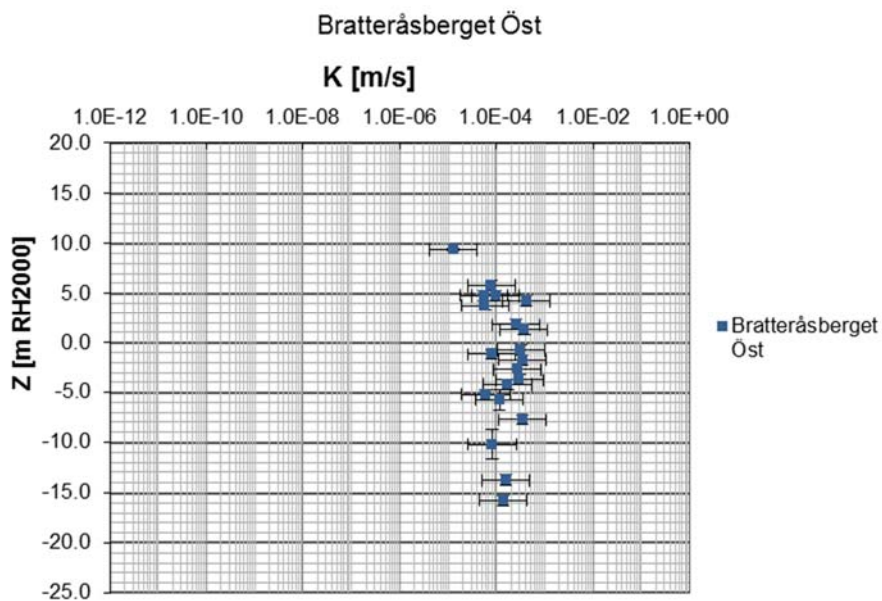
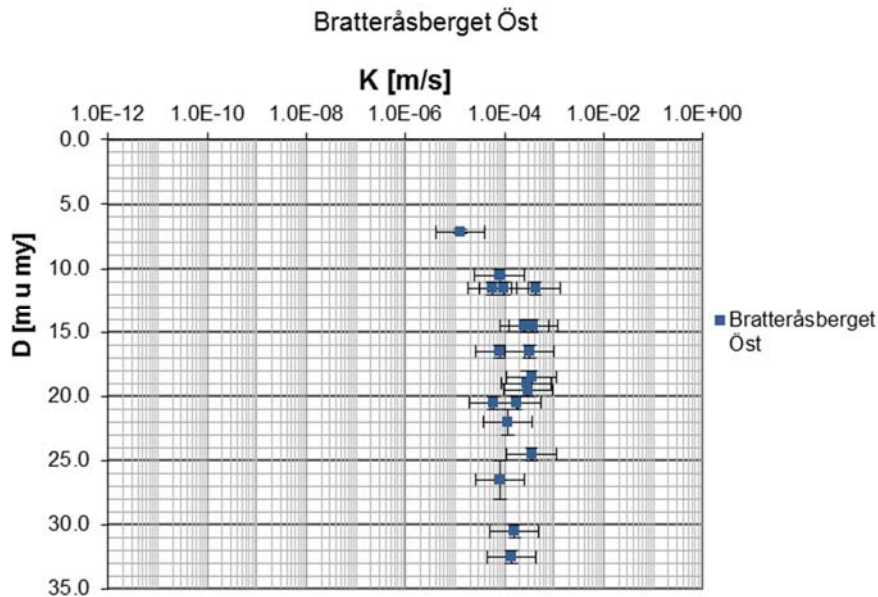
9.2.2.1 Jord

Provtagningen visar generellt att den hydrauliska konduktiviteten i jord är mellan 10^{-4} till 10^{-3} m/s, se Figur 9-13 till Figur 9-14.



Figur 9-13. Område: Nordviksgatan. (Punkt anger beräknat K och horisontell linje genom punkt anger 80 % konfidensintervall för beräknat K (Andersson m.fl.(1984)). Vertikal linje anger djupintervall för prov.)


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 50 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 9-14. Område: Bratteråsberget öst. (Punkt anger beräknat K och horisontell linje genom punkt anger 80 % konfidensintervall för beräknat K (Andersson m.fl.(1984)). Vertikal linje anger djupintervall för prov.)

9.2.2.2 Berg

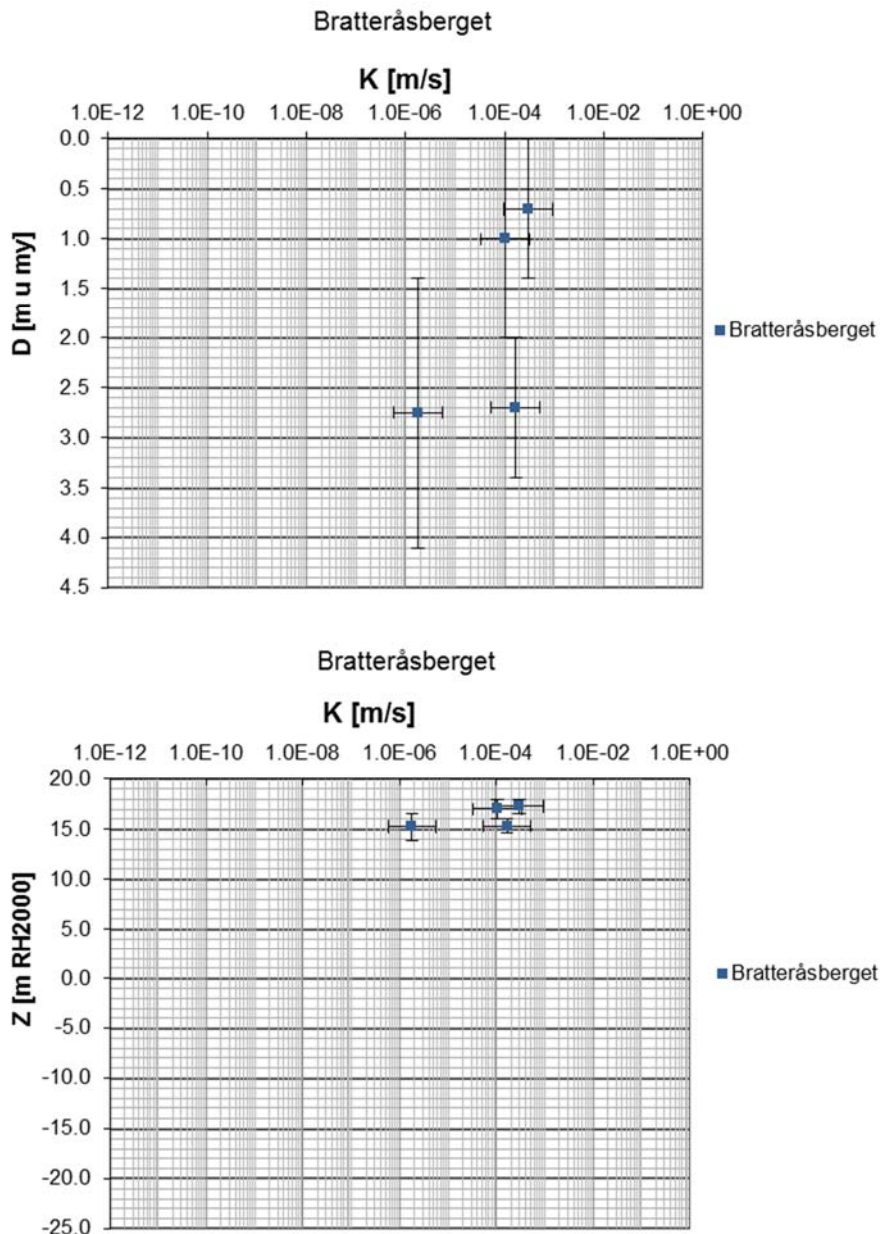
Endast ett hammarborrhål finns, HB1203, se kapitel 9.2.1.6.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 51 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

9.2.3 Bratteråsberget

9.2.3.1 Jord


Den begränsade provtagningen visar generellt att den hydrauliska konduktiviteten i jord är mellan 10^{-6} till ca 10^{-4} m/s, se Figur 9-15.



Figur 9-15. Område: Bratteråsberget. (Punkt anger beräknat K och horisontell linje genom punkt anger 80 % konfidensintervall för beräknat K (Andersson m.fl.(1984)). Vertikal linje anger djupintervall för prov.)

9.2.3.2 Berg

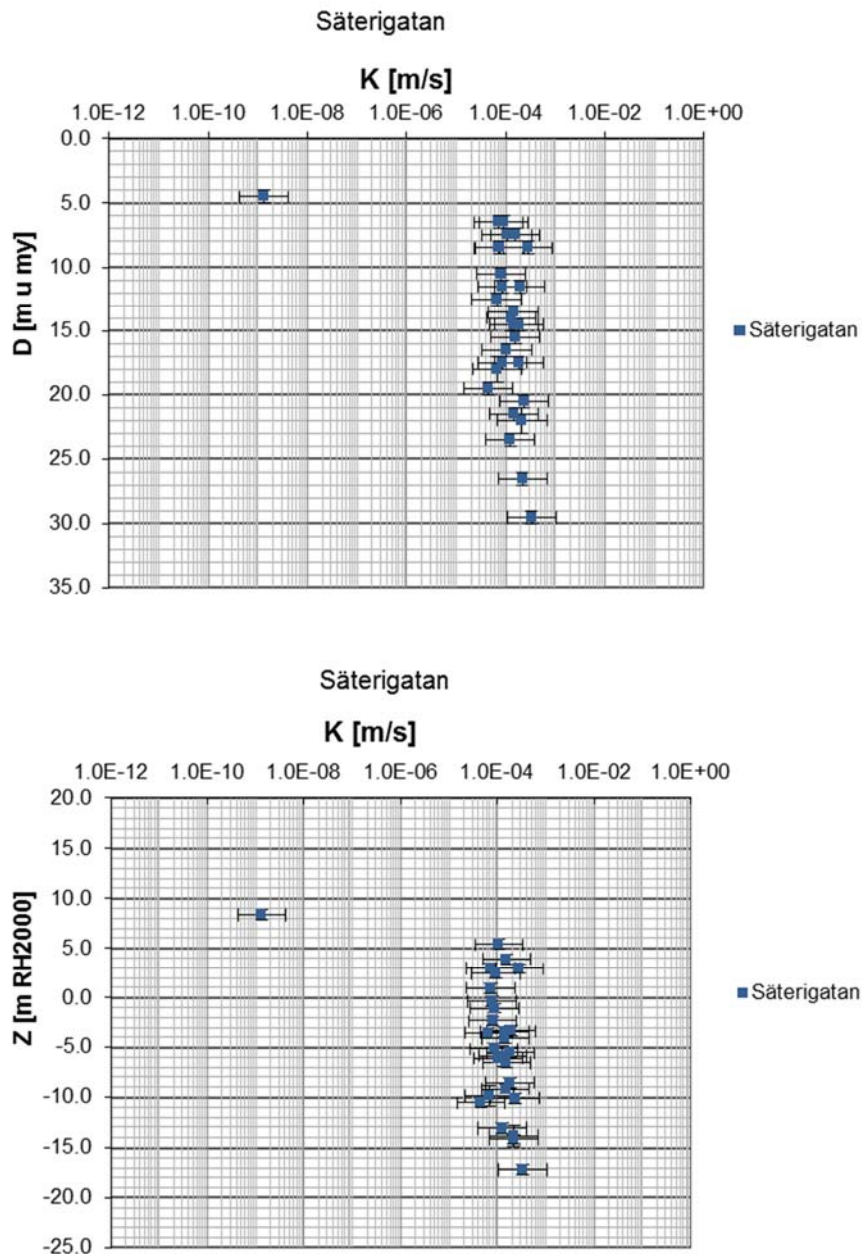
Endast 5 hammarborrhål finns samt ett kärnborrhål, se kapitel 9.2.1.5.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 52 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:


9.2.4 Bratteråsberget – Krokängsparken

9.2.4.1 Jord

Provtagningen visar generellt att den hydrauliska konduktiviteten i jord är ca 10^{-4} m/s, se Figur 9-16.



Figur 9-16. Område: Säterigatan. (Punkt anger beräknat K och horisontell linje genom punkt anger 80 % konfidensintervall för beräknat K (Andersson m.fl.(1984)). Vertikal linje anger djupintervall för prov.)

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 53 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:


9.2.4.2 Berg

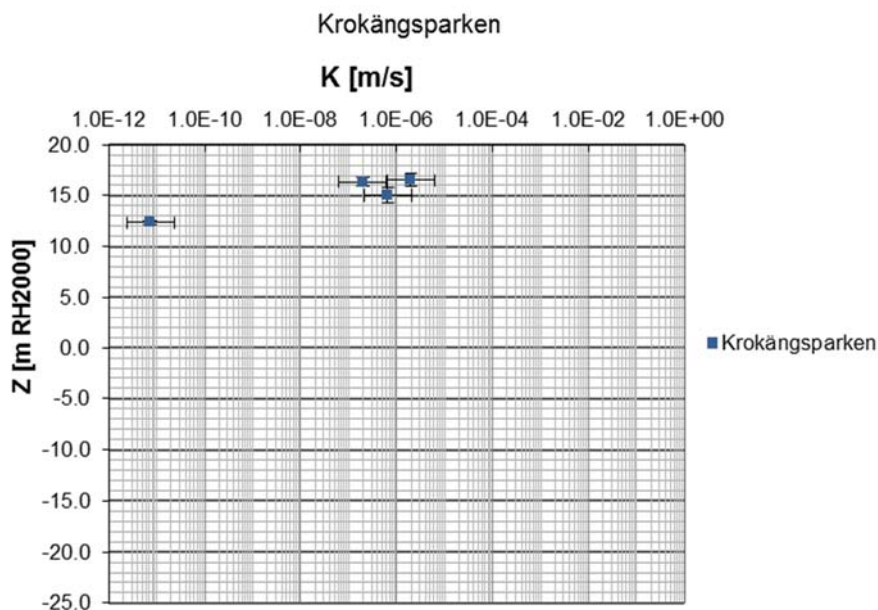
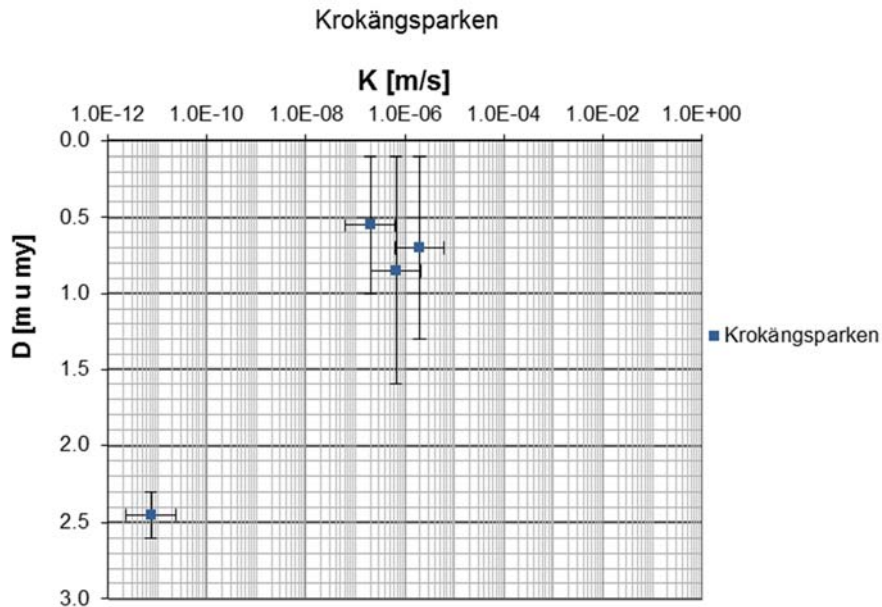
Inga undersökningar av berget i detta avsnitt.

9.2.5 Krokängsparken

9.2.5.1 Jord

Den begränsade provtagningen visar generellt att den hydrauliska konduktiviteten i jord är ca 10^{-6} m/s, se Figur 9-15.


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 54 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 9-17. Område: Krokängsparken. (Punkt anger beräknat K och horisontell linje genom punkt anger 80 % konfidensintervall för beräknat K (Andersson m.fl.(1984)). Vertikal linje anger djupintervall för prov.)

9.2.5.2 Berg

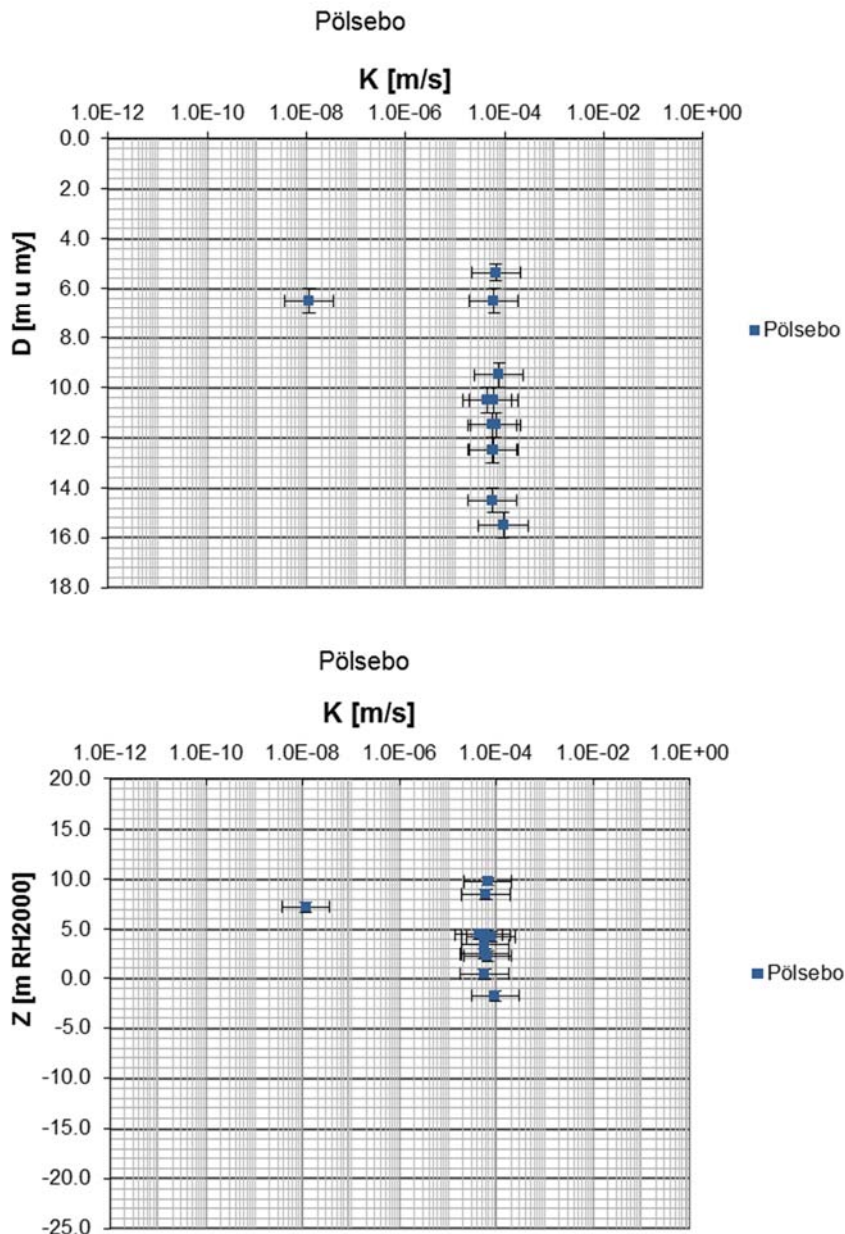
Endast 5 hammarborrhål finns samt ett kärnborrhål, se kapitel 9.2.1.5.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 55 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

9.2.6 Pölsebo

9.2.6.1 Jord


Provtagningen visar generellt att den hydrauliska konduktiviteten i jord är ca 10^{-5} till 10^{-4} m/s, se Figur 9-15.



Figur 9-18. Område: Pölsebo. (Punkt anger beräknat K och horisontell linje genom punkt anger 80 % konfidensintervall för beräknat K (Andersson m.fl.(1984)). Vertikal linje anger djupintervall för prov.)

9.2.6.2 Berg

Inga undersökningar av berget i detta avsnitt.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 56 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

9.2.7 Pölsebo - Skandiahammen

9.2.7.1 Jord

Inga undersökningar av jordlagren har utförts som gett kvantitativa uppgifter.

9.2.7.2 Berg

Inga undersökningar av berget har utförts i detta avsnitt. Den hydrauliska konduktiviteten för berget ansätts vid Skarvikshammen till 9×10^{-8} m/s (Midroc, 2012).

9.3 Grundvattennivåer

9.3.1 Generellt längs bansträckningen

9.3.1.1 Jord- översikt

Grundvattenytan bedöms ligga 1–8 meter under markytan i jord och 2-11 meter i berg (median värden, varierar beroende på område). Grundvattennivåerna i området påverkas, förutom av grundvattenbildning, grundvattensmagasins storlek och slutna/öppna förhållanden, av befintliga dränerade anläggningar och läckande ledningar och infiltrationsanläggningar.


Inom intresseområdet finns befintliga undermarksanläggningar, vars exakta läge och funktion omfattas av sekretess. Dessa anläggningar påverkar grundvattennivåerna. Även Lundbytunneln påverkar också vattenbalansen inom tillrinningsområdet. Ett antal infiltrationsanläggningar finns inom tillrinningsområdet som motverkar sänkta grundvattennivåer till följd av inläckage till undermarksanläggningarna. På lång sikt kan inläckaget minska till dessa berganläggningar; erfarenheter finns från andra anläggningar i Sverige som visar detta. Det kan då betyda att grundvattennivåerna på lång sikt också kan höjas.

Årsvariationen av grundvattennivån är relativt väl känd nära aktuellt område i de punkter som mäts av Stadsbyggnadskontoret (SBK) i Göteborgs Stad. Den allmänna bilden är att variationen är störst i ett avrinningsområdes övre del och blir mindre i ett avrinningsområdes nedre delar, vilket stämmer väl när SBKs data analyseras. Nivåvariationen mellan uppmätta högsta och lägsta grundvattennivåerna i enskilda rör är ca 4-5 m i övre delarna av avrinningsområdet som omfattar Pölsebo, Säterigatan och öst Bratteråsberget medan motsvarande nivåvariationen är ca 2-3 m i närheten av planerad bansträckning.

9.3.1.2 Jord- översikt över analyserade data

Ett urval av ett stort antal grundvattenrör inom Göteborg, här kallat SBK-data, som ligger nära planerad sträckning av Hamnbanan eller ligger inom avrinningsområden som skär Hamnbanan har nyttjats vid analys av befintliga grundvattennivådata. Data finns från början av 1970-talet för flera grundvattenobservations rör och för några sent 1970-tal eller mitten av 1980-talet.

Trafikverket utförde 2012 ett antal borrhål i jord och berg längs vissa delar av Hamnbanan för att kunna påbörja grundvattennivåmätningar i god tid före

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 57 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Hamnbanans byggstart. Dessa data ligger närmare bansträckningen än de flesta av SBK-borrhålen.

Sweco borrade undersökningsborrhål för hydrogeologiska undersökningar under perioden maj 2013- januari 2014. Även i dessa borrhål har det gjorts grundvattennivåmätningar men dessa mätningar är få till antalet som varit möjliga att nyttja i denna rapport.


Data redovisas dels som nivåer plottade mot tid och i vissa fall redovisas också grundvattennivåerna plottade i normalfördelningsdiagram, där alla datapunkter nyttjas för fördelningsfunktionen som visas med konfidensintervall i diagram och stickprovsstatistik i tabell. Den på detta sätt anpassade fördelningsfunktion är inte alltid relevant som prognosmodeller för höga eller låga grundvattennivåer, då data indikerar att det finns övre och eventuellt undre mätgränser kopplade till dräneringsnivåer eller dämningnivåer. I sådana fall är observerade dräneringsnivåer eller dämningnivåer viktiga underlag för prognoser av grundvattennivåer.

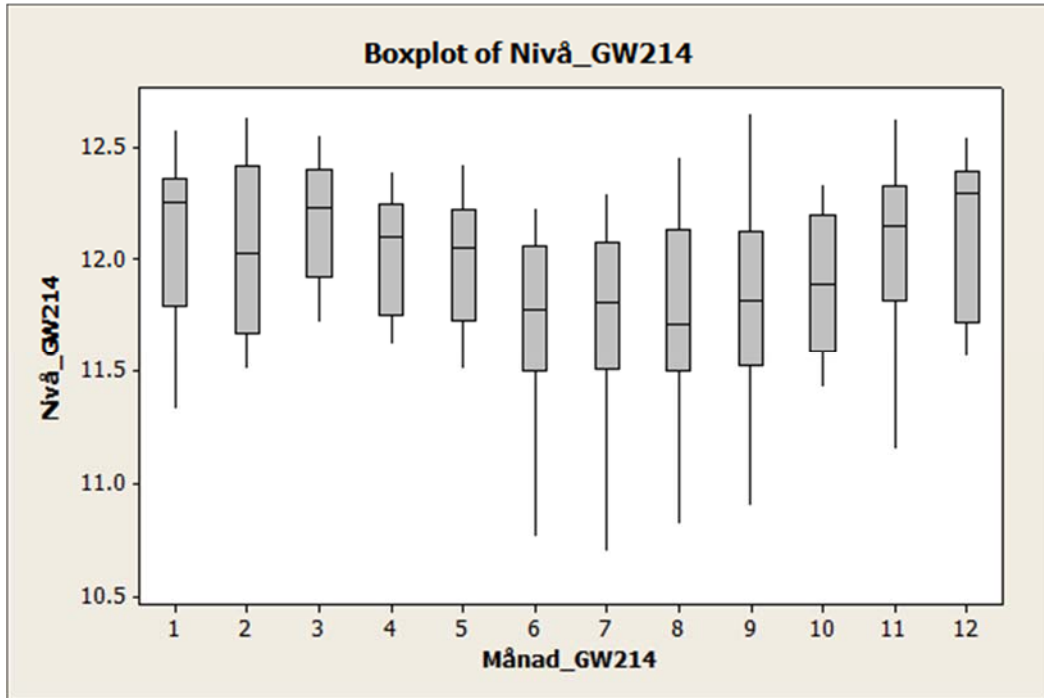
Grundvattenrör redovisa på ritningarna bilaga 1 B1-006 (SBK-rör) samt bilaga 1 B1-007 - bilaga 1 B1-009.

I detta kapitel 9.3 ges en kort redovisning av några karakteristika för grundvattennivåerna och en prognos av sannolika högsta grundvattennivåer. För övrigt hänvisa till bilaga 9.

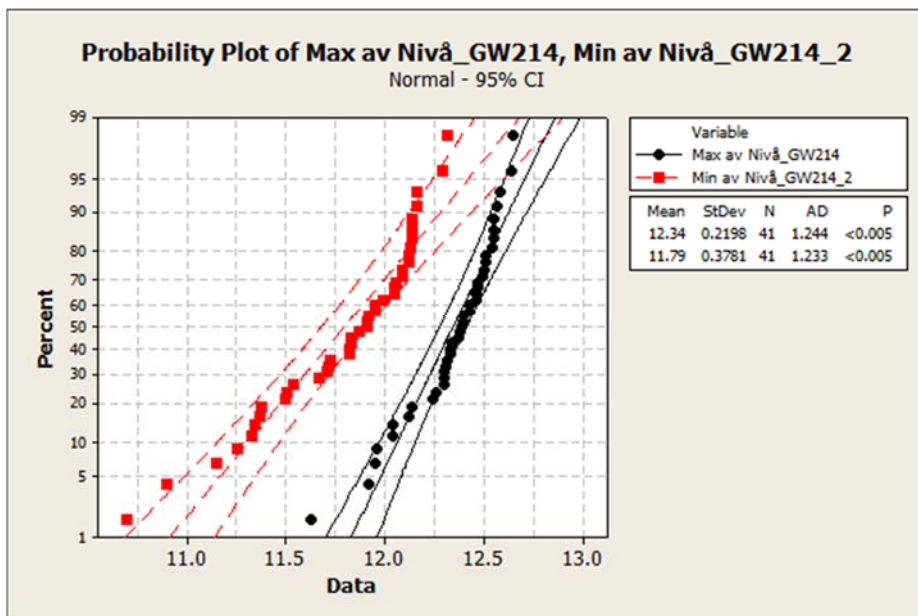
Det kan poängteras för tolkning och vidare analys att högsta eller lägsta uppmätta grundvattennivå inte är liktydigt med högsta eller lägsta förutsebara eller absolut högsta eller lägsta nivå, eftersom varje nivå är associerad med en sannolikhet att den uppkommer. Av detta skäl är det sannolikt att de högsta eller lägsta nivåerna som uppmätts, förr eller senare kommer att överskridas respektive underskridas. Varje ny sådan extremnivå som uppmätts, kommer förr eller senare också att underskridas/överskridas, men bli allt mer sällsynt.

Grundvattennivån varierar över året och vanligtvis erhålls de lägsta nivåerna under sommaren och de högsta under hösten och vintern, vilket exemplifieras av SBK observationsröret GW214 som ligger i Pölsebo, se Figur 9-19. Grundvattennivåvariationen är som störst nära grundvattendelare och minskar ju längre ner man kommer i avrinningsområdet. Förväntade max- och min-värden för grundvattennivåer ligger till grund för dimensionering som beror av grundvattentryck. Fördelningsfunktion för mätta årliga max och min grundvattennivå exemplifieras av SBK observationsröret GW214, se Figur 9-20. I figuren kan ses att en dräneringsnivå nås, vilket i detta fall stämmer väl med markytan i området.


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 58 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 9-19. GW214. Boxplot av mätta grundvattennivåer: Intervall för mätningar: ca 1 månad eller längre. Data plottade mot månad (Januari=1 etc. Box: Tredje kvartil(Q3)-median (Q2) -undre kvartil(Q1), Whisker från Q3: 1.5·(Q3-Q2), Whisker från Q1: 1.5·(Q2-Q1)).



Figur 9-20. GW214. Fördelningsfunktion av mätta årliga max och min grundvattennivå.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 59 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

9.3.1.3 Jord - Prognos. Nuvarande förhållanden

Prognos av grundvattennivåer kan göras för Pölseboområdet och Säterigatan mellan Krokängsberget och Bratteråsberget för observationsrören GW4001, GW4002, GW4501, GW4514, RO1202, RO1203, RO1204 och RO1205 (prognosrör) med data som är tillgängliga, som här kallas ”beräkningsperioden”. Valda prognosrör ligger nära planerad bansträckning. Metodiken för prognosen av högsta och lägsta grundvattennivå med återkomstinteval av T år redovisas i Svensson och Sällfors (1988). Metodik och beräkningar redovisas i bilaga 9.

SBKs rör GW201 kan antas fungera som referensrör då det är placerat i ett undre magasin i samma avrinningsområde som RO1202, RO1203, RO1204 och RO1205. För områdena Öst Bratteråsberget och Nordviksgatan finns data för bara ca 4 månader från prognoshål. Akviferen bedöms vara mer eller mindre öppen och ett lämpligt referensborrhål bör vara SBKs borrhål GW225. Prognosrör för Nordviksgatan är GW4011 och GW4002 och för Öst Bratteråsberget GW4501 och GW4514. Data för GW4001, GW4002, GW4501, GW4514, RO1202, RO1203, RO1204 och RO1205 redovisas i bilaga 9.

Beräkningstid (tidsperiod för data som är tillgängligt för prognosrör) för prognosrör är mycket kort för de flesta borrhål vilket gör prognosen i Svensson och Sällfors (1988) extra osäker varför beräkningarna modifierats något genom att nyttja variabiliteten hos referensrören för beräkning av grundvattennivån med återkomsttid av 100 år, se bilaga 9 för detaljer. Resultaten redovisas i Tabell 9-13.


Tabell 9-13. Prognos av max och min grundvattennivå för prognos borrhål ($h_P(T-max)$, $h_P(T-min)$), med återkomstintervall $T=100$ år. Prognos delvis enligt Svensson och Sällfors (1988), se text. Prognos över markyta inom parentes. Felet i prognos bedöms vara ca ± 0.3 m, se bilaga 9. Obs att medel för grundvattennivå, $h_P(p-medel)$, är extra osäker på grund av kort period av mätningar.

Värde inom parentes anger att nivån ligger över marknivå. **Ej hänsyn tagit till klimatförändringar.**

Prognosrör				Prognos			
Plats	Bh-ID	Nivå markyta	$h_P(p-medel)$	Ref rör:	T	$h_P(T-min)$	$h_P(T-max)$
		(m)	(m)		(år)	(m)	(m)
Nordviksgatan	GW4001	7.36	1.43	GW225_b	100	0.3	2.5
Nordviksgatan	GW4002	6.8	1.39	GW225_b	100	0.3	2.5
Öst Bratteråsberget	GW4501	16.28	6.84	GW225_b	100	5.7	8.1
Öst Bratteråsberget	GW4514	15.3	6.39	GW225_b	100	5.3	7.4
Säterigatan	RO1202	10.34	5.53	GW201	100	4.2	6.8
Säterigatan	RO1205	8.35	4.88	GW201	100	3.5	6.2
Pölsebo-öst	RO1203	15.15	11.49	GW201	100	9.6	13.9
Pölsebo-väst	RO1204	13.5	11.96	GW201	100	10.0	(13.6)

Vid Pölsebo närmast Krokängsparken bedöms att högsta grundvattennivån kan nå ca +13.9 m med ett återkomstintervall av 100 år, dvs nära nuvarande markyta.

För västra delen av Pölsebo (RO1204) ligger prognostiserat högsta grundvattennivå vid markyta, dvs i stort sett kan artesiska förhållanden bli

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 60 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31 Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

rådande. Vid Pölsebo:s västra del bedöms att grundvattennivån i undre magasin kan nå markytan, dvs ca +13.6 m med ett återkomstintervall av 100 år. Mätningar strax norr om banläget har visat att artesiska förhållanden kan råda i observationspunkt GW214 (ca 70 m norr om banläget) där markytan ligger på +12.6 m.

Vid Säterigatan mellan Krokängsberget och Bratteråsberget bedöms att högsta grundvattennivå kan nå ca +6.8 m strax norr om banläget med ett återkomstintervall av 100 år. Betraktas mätta nivåer i RO1201, 1202 samt 1205 förefaller de högsta grundvattennivåerna närma sig något maximalt värde asymptotiskt, vilket kan indikera att det finns någon form av dräneringsnivå som påverkar högsta grundvattennivå, se fördelningsdiagram för mätta observationer. Mätserierna är dock förhållandevis korta och bör inte ligga till grund för en skattning av en högsta grundvattennivå.

Det bör observeras att planerad betongtunnel verkar dämmande på ytvattenflöden vid Säterigatan mellan Krokängsberget och Bratteråsberget och höga vattennivåer på ytvatten uppströms tunnel kan påverka grundvattennivåerna under leran om infiltrationsmöjligheter finns genom återfyllnadsmaterial runt betongtunnel vid höga nivåer på ytvatten.

För områden Öst Bratteråsberget och Nordviksgatan finns data för bara några få månader från prognoshål. Akviferen bedöms vara mer eller mindre öppen och ett lämpligt referensborrhål bör vara SBKs borrhål GW225. Prognosrör för Nordviksgatan är GW4011 och GW4002 och för Öst Bratteråsberget GW4501 och GW4514, se bilaga 9. Data för GW225 borrhål redovisas i bilaga 9. Beräkningsperiod är bara ett par månader för dessa borrhål och prognoserna får betraktas som osäkra.

Vid Nordviksgatan bedöms att grundvattennivå kan nå ca +2.5 m med ett återkomstintervall av 100 år, men prognosen får betraktas som extra osäker med hänsyn till ett begränsat dataunderlag.


Strax öster om Bratteråsberget bedöms att grundvattennivå kan nå ca +7.4 till +8.1 m i banläget med ett återkomstintervall av 100 år, men prognosen får betraktas som extra osäker med hänsyn till ett begränsat dataunderlag.

9.3.1.4 Grundvattennivåförändringar på grund av klimatförändringar

SMHI har gjort en klimatanalys för Västra Götalands län (Persson m.fl., 2011). SGU har studerat hur grundvattennivåer och vattenförsörjning kan förändras vid ett förändrat klimat (Sundén m.fl., 2010).

För Västra Götalands län beräknas att fram till 2100 beräknas lufttemperaturen stiga 4-6 °C och nederbörden ökar med 10-30% där största ökningen är under vinterhalvåret. Vattenföringens variation under året beräknas förändras mot högre flöden under höst-vinter och lägre vårflood. Lågvattenperioden blir längre och med lägre flöden. Grundvattenförhållanden påverkas på motsvarande sätt.

Betraktas Göteborgsregion beräknas inte grundvattenbildningen förändras nämnvärt och kan tom bli något lägre än nuvarande grundvattenbildning både för markklass morän och markklass grov (+5% till -5%, sid 58 i Persson m.fl., (2011)). Det innebär att troligen kan medel nivån för grundvattenytan kan komma att sjunka. Prognostiserad max nivå kan inte uteslutas vara som den

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 61 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

storleksordning som prognostiserades i kapitel 9.3.1.3, eller till och med högre, eftersom det antas att största ökningen av nederbörden är under vinterhalvåret.

9.3.1.5 Grundvattennivåpåverkan av havsnivåförändringar kopplade till klimatförändringar

Med antagandet om en global havsnivåhöjning på ca +1 m, är prognosen att medelvattenytan höjs med 65-80 cm längs Västra Götalands Läns kuststracka enligt Persson m.fl.(2011). Det innebär att grundvattennivåerna nära kusten kommer att höjas i motsvarande grad, om inte grundvattennivån bestäms av en dämmande tröskel nära kusten.

Persson m.fl.(2011) beräknar också årshögsta vattenstånd med återkomsttid 100 och 200 år. För 2100 beräknas årshögsta vattenstånd med återkomsttid 100 respektive 200 år ligga mellan 2.24–2.61 respektive 2.29–2.75 m med 95% konfidens, dvs ca 2 m över beräknad medelhavsytta för 2100.

Grundvattennivåerna vid Pölsebo styrs sannolikt av relativt högt liggande trösklar och kommer sannolikt inte att påverkas av en havsnivåhöjning.


Övriga delar öster om Pölsebo; Säterigatan mellan Krokängsberget och Bratteråsberget, området strax öster om Bratteråsberget samt området vid Nordviksgatan kan sannolikt påverkas av en permanent havsnivåhöjning. Enligt SGU:s beräkning av jorddjup finns inga tydliga bergtrösklar nedströms mot Göta älv som skulle kunna vara dämmande naturliga trösklar. Enligt SGUs jordartkarta fortsätter också friktionsjordarna ner mot älven men i vissa områden nära Göta älv markeras fyllning se bilaga 1. Fyllningen torde dock inte kunna vara någon hydraulisk barriär.

Det är oklart om sträckan Pölsebo – Skandiahammen kommer att påverkas av en framtida havsnivåhöjning. Enligt SGU:s beräkning av jorddjup finns inga tydliga bergtrösklar nedströms mot Göta älv som skulle kunna vara dämmande naturliga trösklar väster om Ryaskog.

Årshögsta havsnivåer antas vara kortvariga (Några få dagar har antagits i överslagsberäkningarna som diskuteras nedan. Andréasson m.fl.(2013), kapitel 12 anger att varaktigheterna för mycket höga vattenstånd i allmänhet rör sig om timmar.) och bör inte kunna påverka grundvattennivåerna vid Säterigatan mellan Krokängsberget och Bratteråsberget, området strax öster om Bratteråsberget samt området vid Nordviksgatan i någon större grad på grund av att avståndet från dessa områden till Göta älv är ca 500 m och att varaktigheten i dessa höga havsnivåerna är kort. Hur grundvattennivåerna påverkas av kortvariga havsnivåhöjningar kan approximativt beräknas enligt tex Todd och Mays (2005).

Antas att grundvattenmagasinet är öppet och med transmissivitet (T) i storleksordning som uppmätts vid Säterigatan samt en låg skattning av vattenavgivningstalet (S_y) sker en maximal grundvattenhöjning på några dm på avståndet 100m från kusten. Om det antas att grundvattenmagasinet är slutet med rimliga skattningar på magasinkoefficienten (S) och att havet vid kusten är i full kontakt med de slutna akviferen så kan däremot en havsnivåförändring med varaktighet på några dagar ge grundvattenhöjningar på flera decimeter upp till någon meter 500 m från kustlinjen.

Enligt SGUs jordartkarta fortsätter också friktionsjordarna ner mot älven men i vissa områden nära Göta älv markeras fyllning se bilaga 1. Enligt kartan kan man

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 62 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

förmoda att Nordviksgatan och Öst Bratteråsberget bör i huvudsak kunna betraktas som öppna magasin som har en direkt koppling till älven. För området mellan Krokängsberget och Bratteråsberget vid bansträckningen är det ett slutet magasin och det är oklart hur marken ser ut under fyllningen söder därom. Viss dämpning av en havsnivåhöjning torde ske då förmodligen detta slutna magasin blir öppet mot öster, om det kan antas att friktionsmaterialet som finns öster om Bratteråsberget fortsätter mot älven och att det står i förbindelse med det slutna magasinet mellan Krokängsberget och Bratteråsberget.

Prognostiserad max grundvattennivå i kapitel 9.3.1.3 för Pölsebo bör vara oberoende av en framtida globala havsnivåhöjning enligt Persson m.fl.(2011) men ca +1 m bör läggas till för områden Säterigatan mellan Krokängsberget och Bratteråsberget, området strax öster om Bratteråsberget samt området vid Nordviksgatan. Viss osäkerhet råder om mer än +1 m borde läggas till för Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget) på grund av risken att framtida extrema havsvattenstånd, och i Tabell 9-14 har inget sådant hänsynstagande gjorts till kortvariga extrema havsvattenstånd annat än som en kommentar till tabell.


Tabell 9-14. Prognos av max och min grundvattennivå för prognos borrhål ($h_P(T\text{-max})$, $h_P(T\text{-min})$), med återkomstintervall $T=100$ år. Prognos delvis enligt Svensson och Sällfors (1988) och även med antagande om påverkan från en framtida havsnivåhöjning på ca +1m som beräknas påverka alla områdens grundvattennivå utom Pölsebo. Felet i prognos bedöms vara ca ± 0.3 m, se bilaga 9. Obs att medel för grundvattennivå, $h_P(p\text{-medel})$, är extra osäker på grund av kort period av mätningar. Värde inom parates anger att nivån ligger över marknivå. **Hänsyn tagit till klimatförändringar.**

Prognosrör	Prognos						
	Plats	Bh-ID	Nivå markyta (m)	$h_P(p\text{-medel})$ (m)	Ref rör:	T (år)	$h_P(T\text{-min})$ (m)
Nordviksgatan	GW4001	7.36	2.4	GW225_b	100	1.3	3.5
Nordviksgatan	GW4002	6.8	2.4	GW225_b	100	1.3	3.5
Öst Bratteråsberget	GW4501	16.28	7.8	GW225_b	100	6.7	9.1
Öst Bratteråsberget	GW4514	15.3	7.4	GW225_b	100	6.3	8.4
Säterigatan	RO1202	10.34	6.5	GW201	100	5.2	7.8 ¹
Säterigatan	RO1205	8.35	5.9	GW201	100	4.5	7.2 ¹
Pölsebo-öst	RO1203	15.15	11.5	GW201	100	9.6	13.9
Pölsebo-väst	RO1204	13.5	12.0	GW201	100	10.0	(13.6)

¹: Kortvariga extrema havsvattenstånd kan teoretiskt påverka grundvattennivån om slutna akvifer antas, vilket kan ge upp till ytterligare ca 1 m höjning.

9.3.1.6 Berg - Prognos. Nuvarande förhållanden

Mätningar i de få bergborrhål som finns längs sträckningen Pölsebo-Eriksberg har korta mätperioder ger dock indikationer om grundvattennivåerna, se Tabell 9-15. Motsvarande prognos av grundvattennivåer kan inte göras för berg som för jord, då inga lämpliga referensborrhål finns.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 63 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Tabell 9-15. Observationsborrhål i berg. Data för beräkningsperiod.


Prognosrör

Plats	Bh-ID	Nivå markyta (m)	Beräkningsperiod			r _p (m)
			2012-05-03	2014-02-25		
Nordviksgatan- Celsiusgatan	HB1203	14.8	6.8	7.2	8.7	1.8
Bratteråsberget	HB1202	20.6	5.5	9.3	12.2	6.7
Krokängsparken	HB1201	32.4	<13 ¹	26.4	31.2	1.8

¹: Manuella mätningar hösten 2014 visar att grundvattennivån åtminstone vid ett tillfälle nått +6.2 m. Mätningarna ej redovisade i bilaga 9.

9.3.1.7 Grundvattennivå – Generell områdesvis prognos.

Längs planerad bansträckning gäller prognosvärden för min, medel och högsta grundvattennivå enligt Tabell 9-16. Min nivå baseras på återkomstintervall T=100 år **utan** den förväntade medelhöjningen baserat på klimatförändringar. Medel nivå baseras på medelvärde på de mätningar som gjorts nära planerad bansträckning **utan** den förväntade medelhöjningen baserat på klimatförändringar. Hösta grundvattennivå baseras på återkomstintervall T=100 år **med** den förväntade medelhöjningen, där det tolkats att den har inverkan, baserat på klimatförändringar. Angivna nivåer baseras på medel av två observationer (Eriksberg, Väst Nordviksgatan samt Celsiusgatan-Bratteråsberget) eller observationsrör nära planerad bansträckning (Övriga platser). Undantaget i Tabell 9-16 från närheten till bansträckningen är ” Bratteråsberget till Krokängsparken: Södra del av fotbollplan-schakt +ledn” som baseras på observationspunkt RO1205 som ligger relativt nära södra del av planerad fotbollplan där även schakter planeras att utföras.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 64 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Tabell 9-16. Prognos över grundvattennivåer.

Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Från km	Till km	Längd	Ej Inkl	Ej Inkl	Inkl	Bedömd nivåvariation utifrån observationer
					klimatiförändr.	klimatiförändr.	klimatiförändr.	
		m	m	m	T: 100 år	T: 100 år	T: 100 år	m
Eriksberg	Spår på mark	4+100	4+280	175	0.3	1.4	3.5	
Väst Nordviksgatan	Stödkonstruktioner /Tråg	4+280	4+400	125	0.3	1.4	3.5	
Väst Nordviksgatan – Celsiusgatan	Betongtunnel i bergschakt	4+400	4+550	150				+7 till +10
Celsiusgatan till Bratteråsberget	Betongtunnel	4+550	4+720	170	5.5	6.6	8.8	
Bratteråsberget	Bergtunnel	4+720	4+810	90				+5 till +25
Bratteråsberget till Krokängsparken	Betongtunnel	4+810	5+080	270	4.2	5.5	7.8 ¹	
Bratteråsberget till Krokängsparken	Södra del av fotbollplan-schakt +ledn	4+810	5+080		3.5	4.9	7.2 ¹	
Krokängsberget	Berg	5+080	5+290	210				+6 till +31
Väster om Krokängsberget/Pölsebo	Betongtunnel	5+290	5+510	220	9.6	11.5	13.9	
Pölsebo	Tråg	5+510	5+790	280	10	12	13.6	

¹: Kortvariga extrema havsvattenstånd kan teoretiskt påverka grundvattennivån om sluten akvifer antas, vilket kan ge upp till ytterligare ca 1 m höjning.

Nordviksgatan-Celsiusgatan


Grundvattennivån har observerats i ett borrhål, HB1203 under ca 2 år. Nivåerna varierar då mellan ca +6.8 till ca +8.7 m. Den undre nivån styrs sannolikt av nivåer i jordakviferen.

Bratteråsberget

Grundvattennivåer har observerats i ett borrhål, HB1202 under ca 2 år och några få mätningar finns i GW4501H, GW4502H, GW4503H, GW4504H samt KBH 1 Bratterås. Grundvattennivåer redovisas i bilaga 9.

HB1202 visar på stora variationer i grundvattennivå; från ca +5.5 till ca +12 m. Grundvattennivåerna i GW4501H, GW4502H, GW4503H, GW4504H visar på nivåer från ca +5 till ca +12 m. Borrhålen ligger i kanten på berget och sannolikt kan grundvattennivån vara något högre mer centralt i berget.

Mätning i KBH 1 Bratterås indikerar på att grundvattennivån bara periodvis går något över +18 m men att hålet är torrt periodvis. Det vill säga att grundvattennivån är lägre än ca +18.2 m som är rör ök (redovisas ej i tidigare kapitel). Markytan är som högst på ca +25 m och grundvattennivån kan eventuellt periodvis vara nära markytan.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 65 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Krokängsberget

Grundvattennivåer har observerats i ett borrhål, HB1201 under ca 2 år och några få mätningar finns i GW5001H, GW5002H, GW5003H, GW5004H, KBH 1 Krokäng samt KBH 2 Krokäng. Grundvattennivåer redovisas i bilaga 9.

HB1201 visar på stora variationer i grundvattennivå; från mindre än +13 m till ca +31 m. Grundvattennivåerna i GW5001H, GW5002H, GW5003H, GW5004H ligger mellan ca +4 m till ca +11 m. GW-borrhålen ligger i kanten på berget och sannolikt kan grundvattennivåerna vara högre mer centralt i berget, vilket HB1201 visar.

Mätningar i KBH 1 Krokäng samt KBH 2 Krokäng under sommaren-hösten 2014 indikerar att hålen är torra, åtminstone periodvis (redovisas ej i tabeller i tidigare kapitel). Det vill säga att grundvattennivån är lägre än ca +5.5 m, vilket är rör ök.


9.3.1.8 Berg - Prognos. Havsnivåförändringar på grund av klimaförändringar

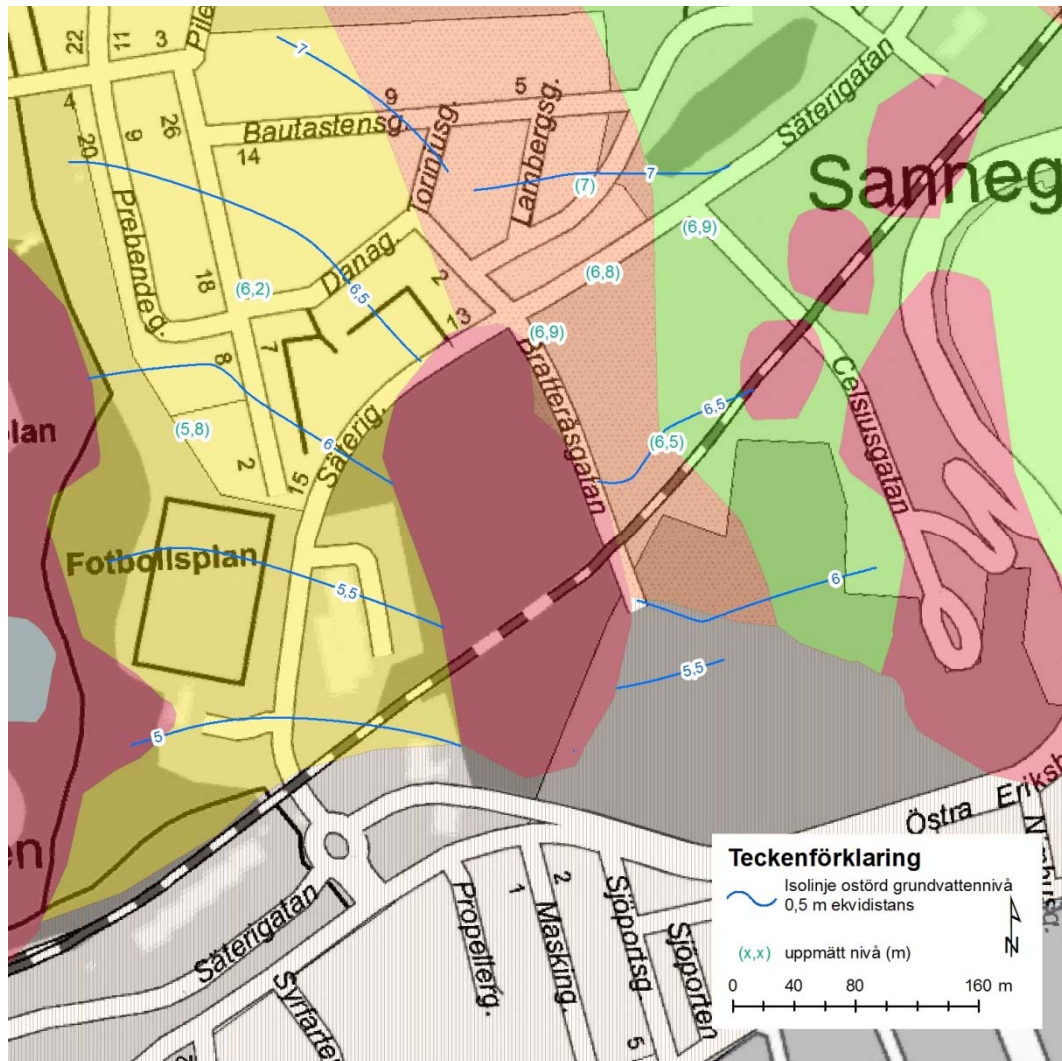
Grundvattennivåerna i berg kommer sannolikt påverkas av global havsnivåhöjning på ca +1 m men inte av årshögsta vattenstånd som har en beräknat kort varaktighet. Dock finns det en möjlighet att nivåerna inte förändras i vissa områden där grundvattennivåerna till viss del styrs av inläckage till berganläggningar.

9.3.2 Eriksberg – Bratteråsberget

9.3.2.1 Jord

Figur 9-21 illustrerar observerad grundvattennivå våren 2014. För övrigt se kapitel 9.3.1. Grundvattennivåobservationer söder om nuvarande järnväg saknas i området strax öster om Bratteråsberget (tentativa nivåer visas i Figur 9-21) och ca 100 m norr om Säterigatan är få. Det är mycket osäkert vilken grundvattennivå som bör gälla och vilka hydrauliska gradienter som styr grundvattenflödena i dessa områden.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 66 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 9-21. Bild av grundvattennivån våren 2014. Öster om Bratteråsberget. Grundvattennivåobservationer som är tillgängliga anges som tex (5.8).


9.3.2.2 Berg

Grundvattennivå har observerats i ett borrhål, HB1203 under ca 2 år. Nivåerna varierar då mellan ca +7 till ca +8.5 m. Den undre nivån styrs sannolikt av nivåer i jordakviferen, se bilaga 9.

9.3.3 Bratteråsberget

9.3.3.1 Jord

Ett fåtal observationspunkter i de tunna jordlagren finns; GW4501P, GW4502P, GW4503P. Mätningarna visar att periodvis kan ingen grundvattenyta observeras i grundvattenrören, som borrats till berg eller block. Endast i GW4503P har en

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 67 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

manuell mätning visat på mätbar grundvattennivå i observationsröret under hösten 2014 (redovisas ej i bilaga 9).

9.3.3.2 Berg

Grundvattennivåer har observerats i ett borrhål, HB1202 under ca 2 år och några få mätningar finns i GW4501H, GW4502H, GW4503H, GW4504H samt KBH 1 Bratterås. Grundvattennivåer redovisas i bilaga 9.

HB1202 visar på stora variationer i grundvattennivå; från ca +5.5 till ca +12 m. Grundvattennivåerna i GW4501H, GW4502H, GW4503H, GW4504H visar på nivåer från ca +5 till ca +12 m. Borrhålen ligger i kanten på berget och sannolikt kan grundvattennivåerna vara något högre mer centralt i berget.


Mätning i KBH 1 Bratterås indikerar på att grundvattennivån bara periodvis går något över +18 m men att hålet är torrt periodvis. Det vill säga att grundvattennivån är lägre än ca +18.2 m som är rör ök (redovisas ej i bilaga 9).

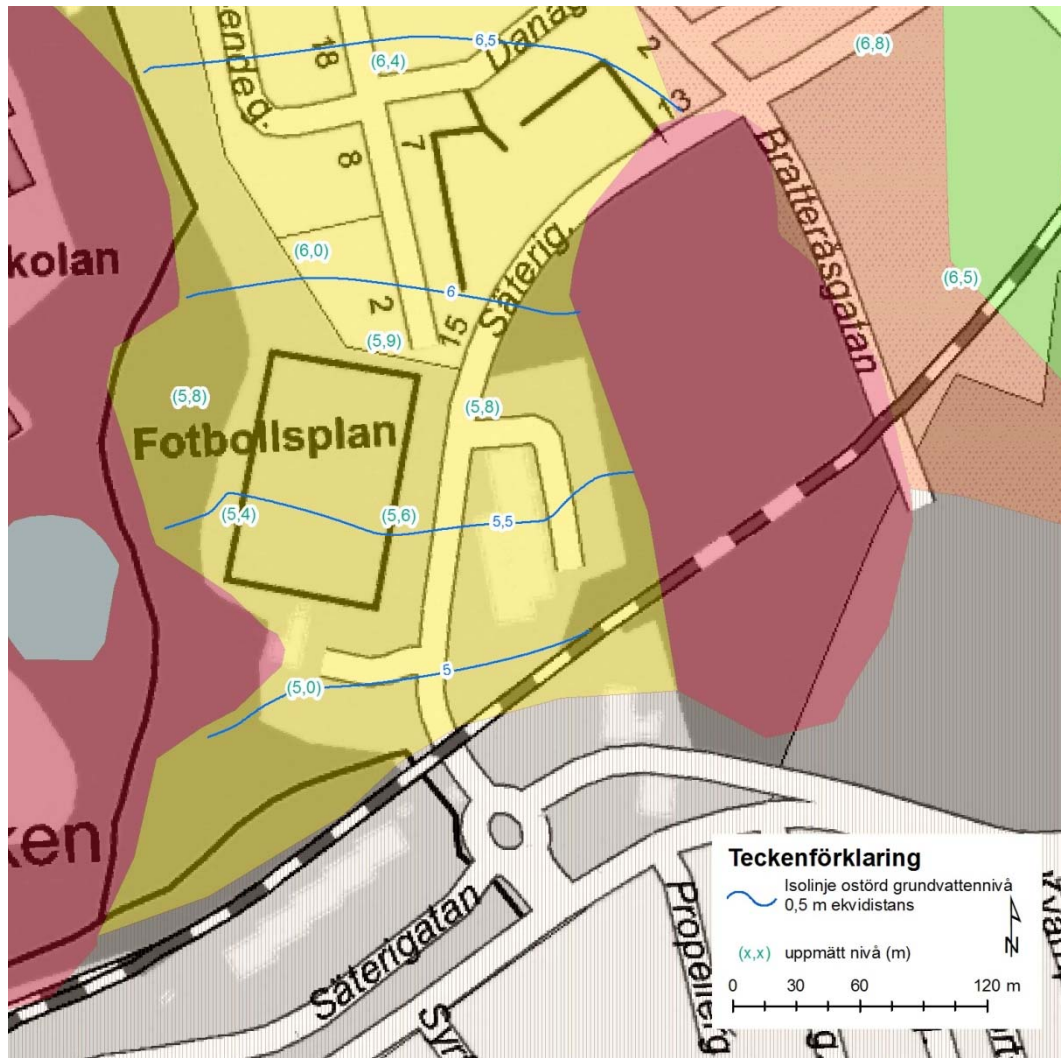
9.3.4 Bratteråsberget – Krokängsparken

9.3.4.1 Jord

Sannolikt är det återfyllt med friktionsmaterial runt den kuverterade bäcken och någon form av fyllnadsmassor ovanpå, se Figur 5-3. Bäckens ursprungsnivå bedöms ha varit ca +4 m nere vid nuvarande järnväg och ca +6 m vid Prebendegatan (norr om fastighet som inrymmer ett Dagis), det vill säga ungefär i samma nivå som de grundvattennivåer som uppmätts under perioden 2012-2014.

Figur 9-22 illustrerar observerad grundvattennivå våren 2014. För övrigt se kapitel 9.3.1. Grundvattennivåobservationer söder om nuvarande järnväg saknas och ca 100 m norr om fotbollsplan är de få och det är mycket osäkert vilken grundvattennivå som bör gälla och vilka hydrauliska gradienter som styr grundvattenflödena i dessa områden.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 68 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 9-22. Bild av grundvattennivån våren 2014. Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget). Grundvattennivåobservationer som är tillgängliga anges som text (5.8).

9.3.4.2 Berg

Observationer saknas.


9.3.5 Krokängsparken

9.3.5.1 Jord

Ett fåtal observationspunkter i de tunna jordlagren finns; GW5021P, GW5025P, GW5037P, GW5044P. Mätningarna visar att periodvis kan ingen grundvattenyta observeras i grundvattenrören, som borrarats till berg eller block.

9.3.5.2 Berg

Grundvattennivåer har observerats i ett borrhål, HB1201 under ca 2 år och några få mätningar finns i GW5001H, GW5002H, GW5003H, GW5004H, KBH 1 Krokäng samt KBH 2 Krokäng. Grundvattennivåer redovisas i bilaga 9.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 69 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:


HB1201 visar på stora variationer i grundvattennivå; från mindre än +13 m till ca +32 m. Grundvattennivåerna i GW5001H, GW5002H, GW5003H, GW5004H ligger mellan ca +4 m till ca +11 m. GW-borrhålen ligger i kanten på berget och sannolikt kan grundvattennivåerna vara högre mer centralt i berget, vilket HB1201 visar.

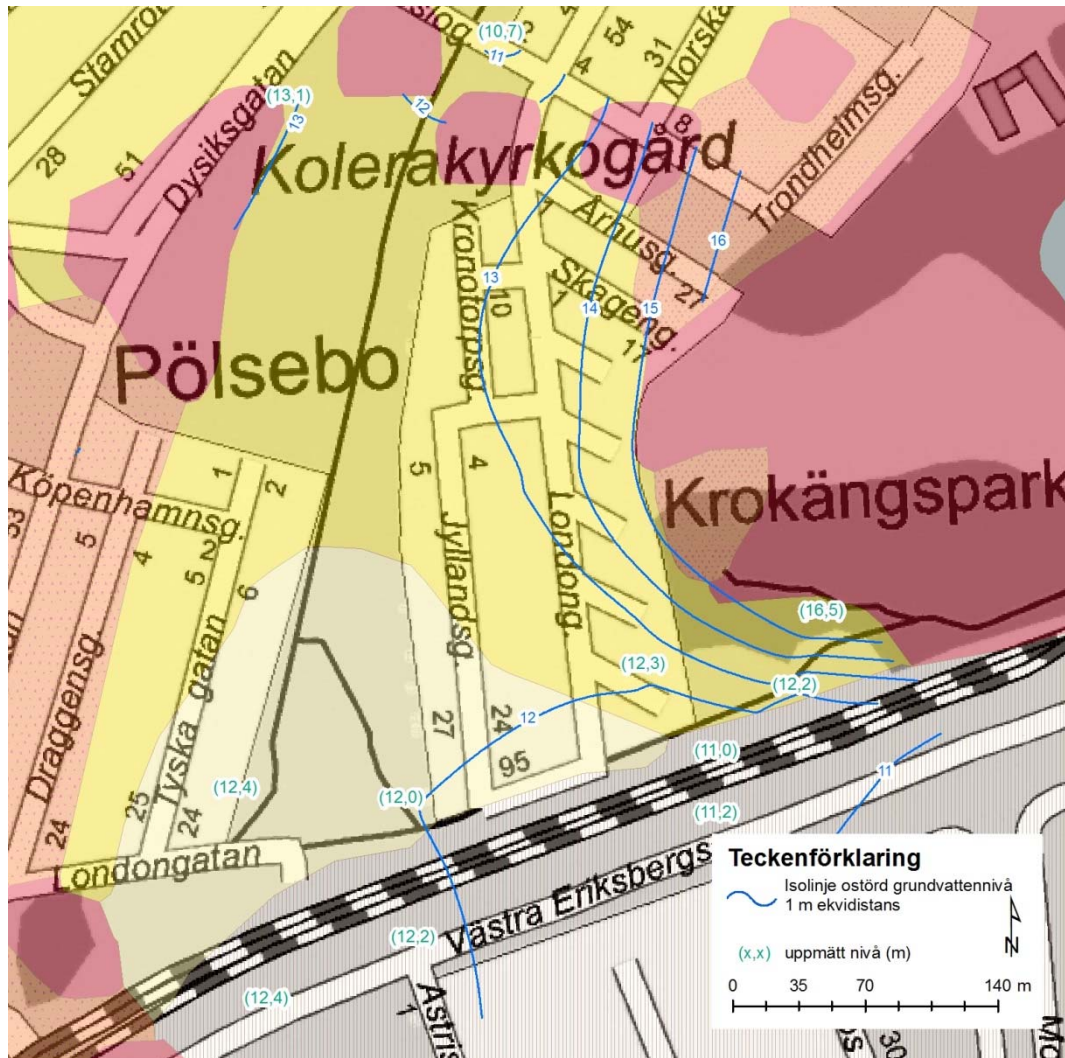
Mätningar i KBH 1 Krokäng samt KBH 2 Krokäng under sommaren-hösten 2014 indikerar att hålen är torra, åtminstone periodvis, det vill säga att grundvattennivån är lägre än ca +.5.5 m, vilket motsvarar rör överkant.

9.3.6 Pölsebo

9.3.6.1 Jord

Figur 9-23 illustrerar observerad grundvattennivå våren 2014. Grundvattennivåobservationer söder om nuvarande järnväg och ca 100 m norr och nordväst om nuvarande järnväg är få och det är mycket osäkert vilken grundvattennivå som bör gälla och vilka hydrauliska gradienter som styr grundvattenflödena i dessa områden. I figuren kan noteras den låga grundvattennivån +10.7 m som sannolikt är orsakad av inläckage till tunnel. För övrigt, se kapitel 9.3.1.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 70 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 9-23. Bild av grundvattennivån våren 2014. Pölse bo. Grundvattennivåobservationer som är tillgängliga anges som tex (12.0).

9.3.6.2 Berg


Observationer saknas.

9.3.7 Pölsebo – Skandiahamnen

9.3.7.1 Jord

Ett fåtal mätningar finns, dels i några korta grundvattenrör i det övre grundvattenmagasinet och dels i några befintliga grundvattenrör i både övre och undre grundvattenmagasinet nära Ryaverket.

Mätningarna visar att grundvattennivån i det övre grundvattenmagasinet finns bara någon meter under markytan och i några områden ligger grundvattenytan periodvis i markytan, tex i vissa delar av Ryaskog. Det finns två bäckar, varav en bäck är ett ledningsdike strax nordväst-väst om Ryaskog, i området som

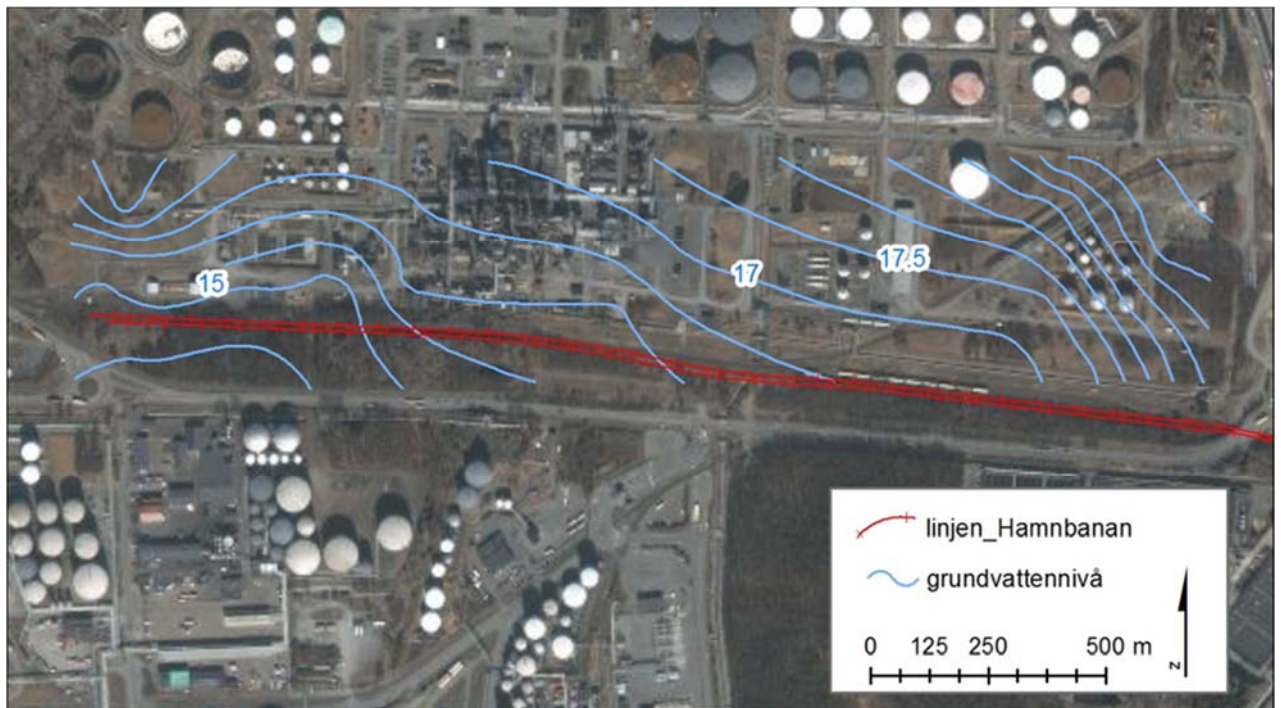
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 71 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

sannolikt fungerar som utströmningsområden för det övre grundvattenmagasinet.

Vid Ryaskogs området (söder om planerad Hamnbana, se Figur 9-24) finns några mätningar av grundvattennivåerna i det undre grundvattenmagasinet. Grundvattennivåerna är ca 1-2 m under markytan.

Vidare indikerar mätningarna att grundvattenströmning sker mot Ryaverken. Det är oklart om det pågår någon verksamhet i form av pumpning/infiltration vid Ryaverken som påverkar undre grundvattenmagasinet. (Mätningarna vid Rya skog är något osäkra då tät vegetation försvårat inmätning av rör.)


Under inventeringen erhöles en grundvattennivåkarta för september 2011 som beställts av ST1 som visar grundvattennivåer norr om Oljevägen, se Figur 9-24, se bilaga 3 för detaljer. Det är oklart om redovisade grundvattennivåer är mätningar i både jord och berg och sannolikt används Göteborgs tidigare höjdsystem (dvs visade nivåer ligger ca 10 m lägre enligt det höjdsystem som tillämpas i denna rapport)



Figur 9-24. Mätningar september 2011. ST1 ligger norr om Hamnbanan och Ryaskog ligger söder om Hamnbanan där legend är ritad. (Obs att höjdsystemet sannolikt motsvaras av Göteborgs tidigare höjdsystem, dvs ca 10 m över nuvarande system.)

9.3.7.2 Berg

Grundvattennivåer i berg har mätts i ett flertal borrhål som ingår i kontrollprogram för bergrum i området, se bilaga 3. Man har i tidigare utredningar angett att den naturliga grundvattenytan i berg ligger ett fåtal meter under markytan, det vill säga såsom ostörda/naturliga grundvattennivåer vanligtvis uppträder i Sverige.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 72 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Lokalt nära berggrummen för oljelagring är grundvattennivån avsänkt. Grundvattennivåerna nära berggrummen är också beroende av fyllnadsgrad av berggrummen. Grundvattennivåer finns redovisade för berggrum söder om Oljevägen och redovisas i två underlagsrapporter till den gjorda inventeringen, se bilaga 3. Det är oklart vilka förhållanden som råder norr om Oljevägen då mycket ringa uppgifter erhållits från de kontakter som tagits.

9.4 Grundvattenkemi

9.4.1 Generellt längs bansträckningen

9.4.1.1 Jord

Vattenprovtagningen i jord beskrivs i 8.1.4 och vattenanalyserna redovisas i bilaga 5 och i Figur 6-1 exemplifieras sex analysresultat, pH, hårdhet, alkalinitet, järnhalt, kloridhalt och sulfathalt.

Halterna för några analyserade komponenter vid slutet av pumpningarna indikerar följande:


- pH är vid slutet av pumpningen (mätt i lab) ca 6.7, 7.3 och 7.3 i Pölsebo, Säterigatan respektive öst Bratteråsberget
- Hårdhet mätt som tyska hårdhetsgrader (vilket motsvaras ca 10 mg/L av CaO (Kalk)) är vid slutet av pumpningen ca 13, 18 och 23 °dH i Pölsebo, Säterigatan respektive öst Bratteråsberget.
- Alkalinitet är vid slutet av pumpningen ca 210, 370 och 400 mg/L i Pölsebo, Säterigatan respektive öst Bratteråsberget.
- Järnhalt är vid slutet av pumpningen ca 3.2, 3.3 och 1.1 mg/L i Pölsebo, Säterigatan respektive öst Bratteråsberget.
- Kloridhalt är vid slutet av pumpningen ca 52, 49 och 68 mg/L i Pölsebo, Säterigatan respektive öst Bratteråsberget.
- Sulfathalt är vid slutet av pumpningen ca 62, 58 och 120 mg/L i Pölsebo, Säterigatan respektive öst Bratteråsberget.

9.4.1.2 Berg


Vattenprovtagningen i berg beskrivs i 8.1.4 och vattenanalyserna redovisas i bilaga 5 och i Figur 6-1 exemplifieras sex analysresultat, pH, hårdhet, alkalinitet, järnhalt, kloridhalt och sulfathalt.

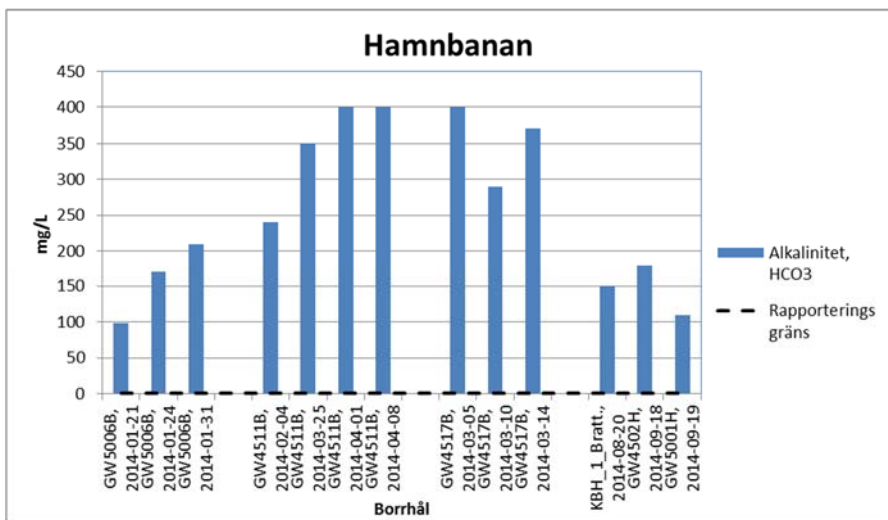
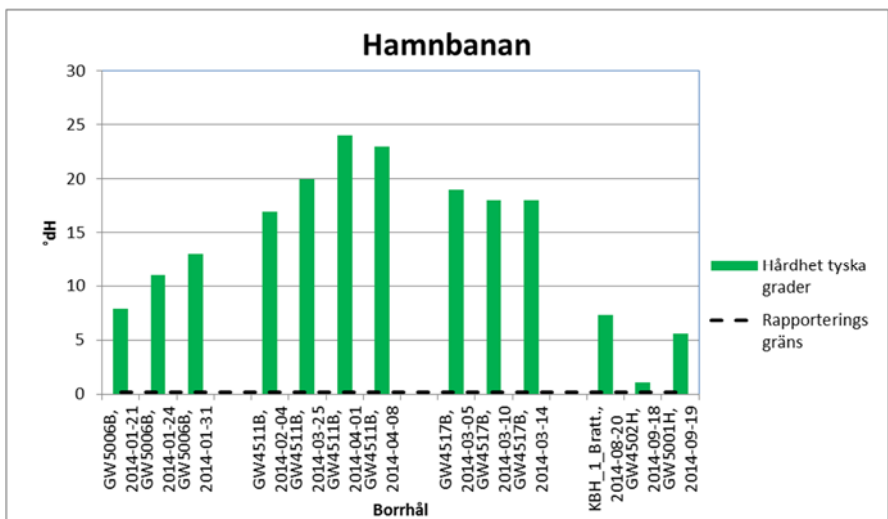
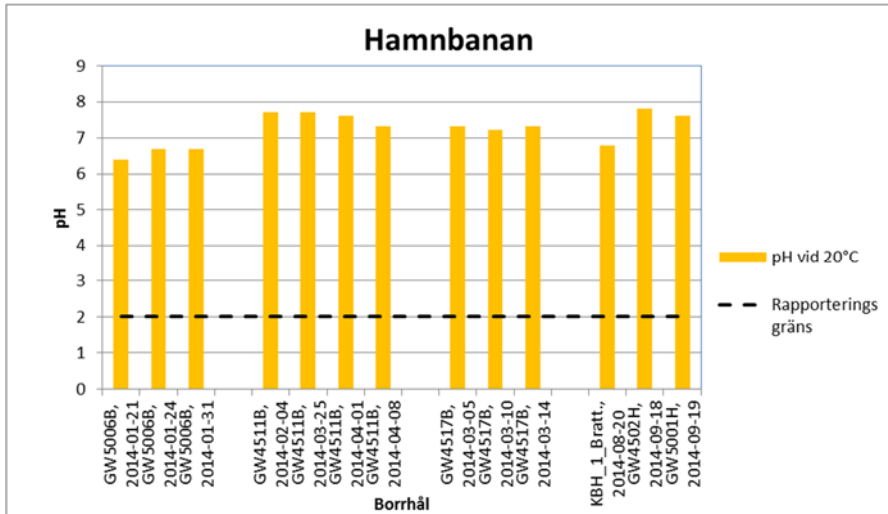
Halterna för några analyserade komponenter indikerar följande:

- pH är vid slutet av pumpningen (mätt i lab) ca 6.8-7.8 och 7.8 i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.
- Hårdhet mätt som tyska hårdhetsgrader (vilket motsvaras ca 10 mg/L av CaO (Kalk)) är vid slutet av pumpningen ca 1.1-7.3 och 5.6 °dH i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.
- Alkalinitet är vid slutet av pumpningen ca 150-180 och 110 mg/L i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 73 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

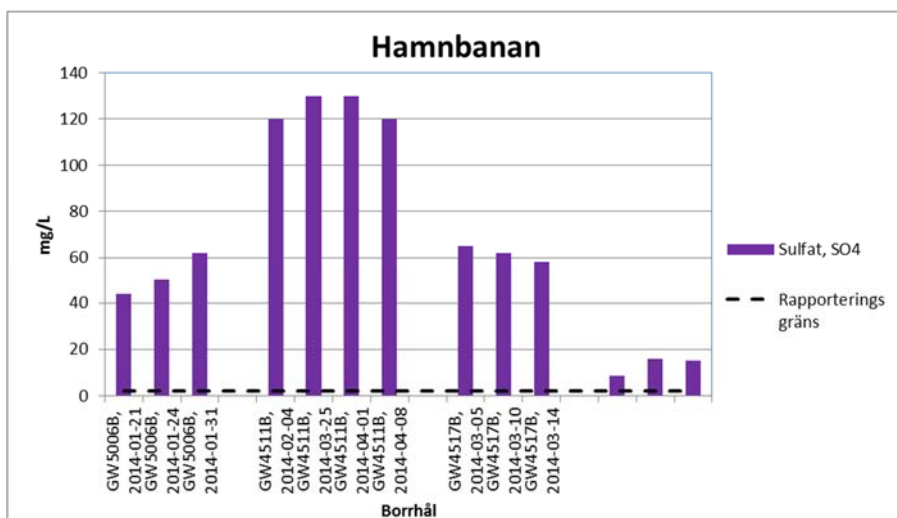
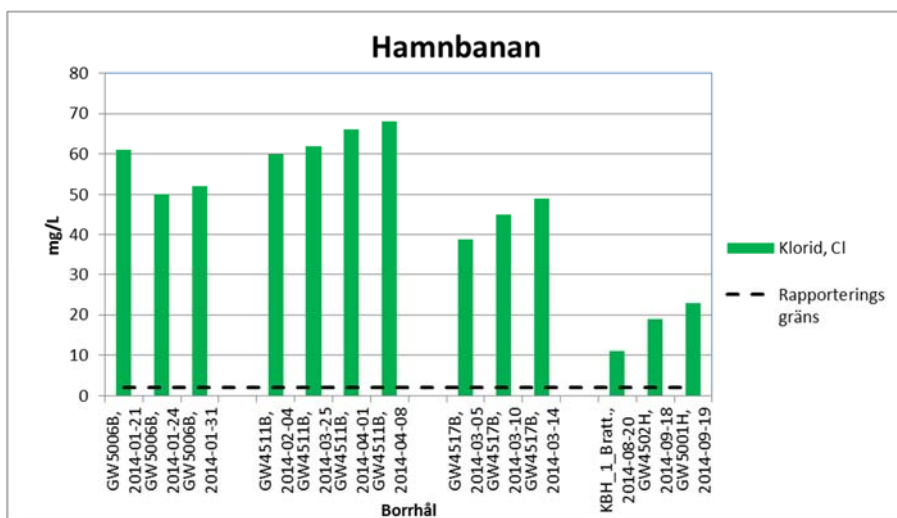
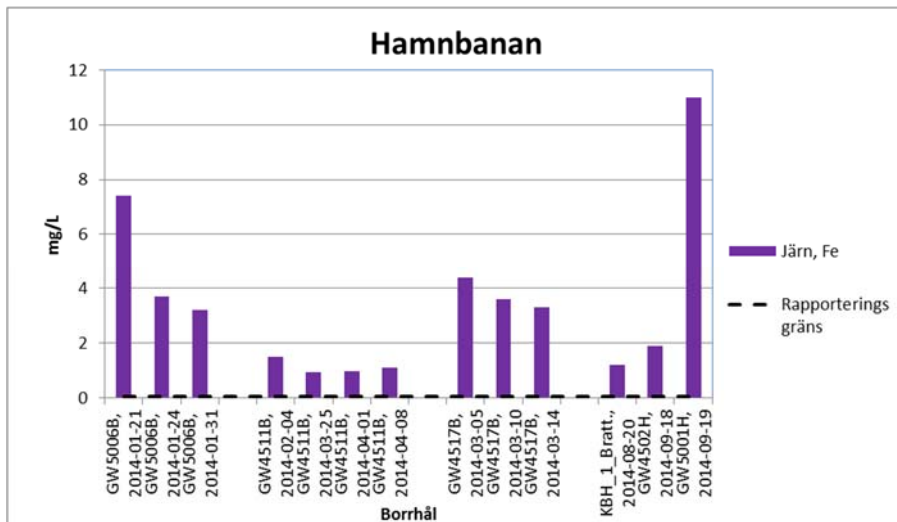
- Järnhalt är vid slutet av pumpningen ca 1.2-1.9 och 11 mg/L i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.
- Kloridhalt är vid slutet av pumpningen ca 11-19 och 23 mg/L i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.
- Sulfathalt är vid slutet av pumpningen ca 8.7-16 och 15 mg/L i Bratteråsberget respektive Krokängsberget.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 74 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:




Figur 9-25. Vattenanalyser. pH. Hårdhet (tyska hårdhetsgrader), alkalinitet.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 75 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 9-26. Vattenanalyser. Järn, kloridhalt och sulfathalt.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 76 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

9.4.2 Eriksberg – Bratteråsberget

9.4.2.1 Jord

I samband med pumpningen av GW4511B tog 5 vattenprover som i detalj redovisas i bilaga 5.

pH ligger på 7.3, vattnets totalhårdhet på 23 °dH är ett mycket hårt vatten (>21 °dH) samt alkalinitet på 400 mg/L. Enligt Cashman och Preene (2013) är risken liten för igensättning med hänsyn till pH och hårdhet men risk för igensättningsproblem finns med hänsyn till alkalinitet >300 mg/L.

Järnhalten är ca 1.1 mg/L och enligt Andersson m.fl. (1984) bör risk för igensättning av infiltrationsbrunnar med denna orsak vara mycket låg (< 3 mg/L men det påpekas i rapporten att igensättning av ledningssystem observerats även när halten varit så låg som 0.2 mg/L. Cashman och Preene (2013) anger att risk för igensättning föreligger med järnhalter > 2 mg/L.).

Kloridhalten 68 mg/L är något högre än vad som vanligen observeras i Svenska grundvatten (1-20 mg/L) (Knutsson och Morfeldt, 2002).

Sulfathalt ligger på 120 mg/L.

Vad avser provet i GW4511B av kolväten så överstiger ingen parameter i det analyserade provet miljöförvaltningens riktlinjer.

Övremagasinet har provtagits mht till kontroll av föroreningar, se Miljötekniska markundersökningar (2014).

9.4.2.2 Berg

Inga vattenprover är tagna.

9.4.3 Bratteråsberget

9.4.3.1 Berg


Vattenprov har tagits från två borrhål i berg, kärnborrhål KBH_1_Bratterås och hammarborrhål GW4502H.

pH ligger på 6.8-7.8, vattnets totalhårdhet på 1.1-7.3 är ett mycket mjukt till medelhårt vatten(0-9.8 °dH) samt alkalinitet på 150-180 mg/L. Enligt Cashman och Preene (2013) är risken liten för igensättning med hänsyn till pH och hårdhet och alkalinitet.

Järnhalten är ca 1.2-1.9 mg/L och enligt Andersson m.fl. (1984) bör risken för igensättning av infiltrationsbrunnar med denna orsak vara mycket låg (< 3 mg/L men det påpekas i rapporten att igensättning av ledningssystem observerats även när halten varit så låg som 0.2 mg/L. Cashman och Preene (2013) anger att risk för igensättning föreligger med järnhalter > 2 mg/L.).

Kloridhalten 11-19 mg/L är vad som vanligen observeras i Svenska grundvatten (1-20 mg/L) (Knutsson och Morfeldt, 2002).

Sulfathalt ligger på 15 mg/L.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 77 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

9.4.4 Bratteråsberget – Krokängsparken

9.4.4.1 Jord

I samband med pumpning av brunn GW4517B togs 3 vattenprover som i detalj redovisas i bilaga 5.

pH ligger på 7.3, vattnets totalhårdhet på 18 är ett hårt vatten (9.8-21 °dH) samt alkalinitet på 370 mg/L. Enligt Cashman och Preene (2013) är risken liten för igensättning med hänsyn till pH och hårdhet men risk för igensättningsproblem finns med hänsyn till alkalinitet >300 mg/L. Andra källor anger dock att problem kan uppstå redan för >200 mg/L.

Järnhalten är ca 3.3 mg/L och enligt Andersson m.fl. (1984) bör risken för igensättning av infiltrationsbrunnar vara liten (3-5 mg/L). Cashman och Preene (2013) anger dock att risk för igensättning föreligger med järnhalter > 2 mg/L.

Kloridhalten 49 mg/L är något högre än vad som vanligen observeras i Svenska grundvatten (1-20 mg/L) (Knutsson och Morfeldt, 2002).

Sulfathalt ligger på 58 mg/L.

9.4.4.2 Berg

Inga vattenprover tagna.

9.4.5 Krokängsberget

9.4.5.1 Berg

Vattenprov har tagits från ett hammarborrhål i berg; GW5001H.

pH ligger på 7.8, vattnets totalhårdhet på 5.6 är ett medelhårt vatten (4.9-9.8 °dH) samt alkalinitet på 110 mg/L. Enligt Cashman och Preene (2013) är risken liten för igensättning med hänsyn till pH och hårdhet och alkalinitet.

Järnhalten är ca 11 mg/L och enligt Andersson m.fl. (1984) bör risken för igensättning av infiltrationsbrunnar vara stor (8-14 mg/L). Pumpningens varaktighet var kort och jonbalansen för provet (summa katjoner/summa anjoner) var 1.6 vilket kan bero på hög turbiditet och analysmetoderna kan ge avvikelser i jonbalans om metallerna ligger i turbiditeten. Uppmätt järnhalt får betraktas som osäker.

Kloridhalten 23 mg/L är något högre än vad som vanligen observeras i Svenska grundvatten (1-20 mg/L) (Knutsson och Morfeldt, 2002).


Sulfathalt ligger på 15 mg/L.

9.4.6 Pölsebo

9.4.6.1 Jord

I samband med pumpning av brunn GW5006B tog 3 vattenprover som i detalj redovisas i bilaga 5.

pH ligger på 6.7, vattnets totalhårdhet på 13 är ett hårt vatten (9.8-21 °dH) samt alkalinitet på 210 mg/L. Enligt Cashman och Preene (2013) är risken liten för igensättning med hänsyn till dessa komponenter.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 78 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

Järnhalten är ca 3.2 mg/L efter en tids pumpning och enligt Andersson m.fl. (1984) bör risken för igensättning av infiltrationsbrunnar vara liten (3-5 mg/L). Cashman och Preene (2013) anger dock att risk för igensättning föreligger med järnhalter > 2 mg/L.

Kloridhalten 52 mg/L är något högre än vad som vanligen observeras i Svenska grundvatten (1-20 mg/L) (Knutsson och Morfeldt, 2002).

Sulfathalt ligger på 62 mg/L.

9.4.6.2 Berg

Inga vattenprover tagna.

9.4.7 Pölsebo - Skandiahammen

Inga grundvattenprov är tagna i jord eller berg. Övre magasinet provtagits med hänsyn till kontroll av föroreningar, se Miljötekniska markundersökningar (2014).

9.5 Grundvattenmagasin

9.5.1 Generellt längs bansträckningen

Det huvudsakliga grundvattenmagasinet i jord återfinns i morän och/eller sandlager och uppsprucken bergyta i större delen av projektområdet. Grundvattenmagasinet överlagras av relativt täta lerlager, framför allt i lågpartier mellan bergkullar och höjdområden. Detta magasin är att betrakta som slutet, dvs små uttag av vatten genererar snabba och vidsträckt tryckförändringar i magasinet.


I fyllnadsmaterialet över leran finns ett öppet grundvattenmagasin.

Undantaget från denna generalisering är området i ett övre och undre grundvattenmagasin finns främst öster om Bratteråsberget. Här finns ett större område med friktionsjord med sand och isälvssediment (sand till block). Det finns också ett antal öppna grundvattenmagasin längre västerut och då i anslutning till bergområden. Dessa områden är viktiga för grundvattenbildningen väster om Krokängsparken.

Leran under Göta älv underlagras av friktionsjord, se Figur 5-1. Det undre grundvattenmagasinet längs bansträckningen bedöms stå i kontakt med detta friktionsjordslager under leran.

Längs hela korridoren förekommer i berggrunden grundvatten i öppna spricksystem, som även står i hydraulisk kontakt med grundvattenmagasinet i jordlagren. Vid byggnationen av Lundbytunneln påträffades en kraftigt vattenförande sprickzon längs Jättstengatan. Inga indikationer om motsvarande sprickzon har hittats längs Hamnbanans sträckning trots flertalet borrhningar i tidigare utredningar.

Bansträckningen påverkas av 8 olika ytavrinningsområden (bilaga 1 B1-004). Grundvattenmagasinens karaktärer varierar mycket längs bansträckningen och bilaga 1 B1-005 med jordarter och ytavrinningsområden indikerar de olika grundvattenmagasinen som finns längs bansträckningen som diskuteras mer nedan.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 79 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

9.5.2 Eriksberg – Bratteråsberget

Jordakviferen bedöms vara ett öppet grundvattenmagasin väster om Nordviksgatan och slutet grundvattenmagasin öster om Nordviksgatan. Bergområdet mellan Celsiusgatan och Nordviksgatan begränsar akviferen mot nordväst. Sannolikt fortsätter bergryggen under Statoilfastigheten och något österut under Nordviksgatan men det är inte bekräftat med borrhningar och inga tidigare undersökningar har förnärvarande hittas som kan bekräfta hypotesen. Grundvattennivåerna strax nordost om Statoilfastigheten, i GW225, indikerar dock relativt höga grundvattennivåer (ca +5 m) relativt grundvattennivåerna nära bansträckning (ca +1.5 m) varför det finns någon naturlig dämning som skulle kunna vara en bergrygg.

Mellan Bratteråsberget och Celsiusgatan finns mäktiga lager av friktionsjord som överlagras av finare sediment silt/lerig silt. Fyllnadsmassor täcker stor del av området där det tidigare varit grustäkt. Grundvattenmagasinet kan betraktas som ett delvis öppet grundvattenmagasin som nära bansträckningen begränsas av berg i öster vid Celsiusgatan och väster av Bratteråsberget. Både mot norr och söder vidgar sig grundvattenmagasinet. Troligen fortsätter en bergrygg norr om Bratteråsberget som begränsar akvifermäktigheten men fortfarande finns en hydraulisk kommunikation med området norr om dalgången mellan Bratteråsberget och Krokängsberget, se bilaga 7. Enligt SGUs tolkningar av jorddjup, se bilaga 1 B1-002, är jorddjupet norr om Bratteråsberget tämligen stort men propumpningarna utförda mellan Bratteråsberget och Celsiusgatan samt mellan Krokängsberget och Bratteråsberget, se bilaga 7, indikerar att det finns hydrauliska kommunikationen mellan områdena, men den är begränsad.


9.5.3 Bratteråsberget

På Bratteråsberget ligger fläckvis ett tunt jordtäckte mellan ytor med blottat berg. Detta jordtäckte bilda små ytliga grundvattenmagasin som sannolikt långa perioder inte har någon mätbar grundvattenyta för att vattnet dräneras bort. Det relativt tunna jordtäcktet i randområden till Bratteråsberget står i kontakt med omgivande större grundvattenmagasin. Sannolikt fylls jordlagren på ganska snabbt vid regn för att sedan tämligen snabbt dräneras till omgivande grundvattenmagasin.

Sannolikt är grundvattenbildning låg i berget. Grundvattenmagasinet i berget får betraktas som begränsat.

9.5.4 Bratteråsberget – Krokängsberget

Mellan Bratteråsberget och Krokängsberget finns mäktiga lager av friktionsjord som överlagras av finare sediment; silt och lera. Grundvattenmagasinet kan betraktas som ett slutet grundvattenmagasin som nära bansträckningen begränsas av berg i öster av Bratteråsberget och väster av Krokängsberget. Tolkning är att friktionsjorden överlagras av lera centralt i dalen men att lerlagret mer eller mindre försvinner i anslutning mot Bratteråsberget och mot Krokängsberget. Dvs det finns goda förutsättningar att nederbörd som avrinner från bergområdena bidrar till grundvattenbildningen i dalen.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 80 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Hydraulisk kommunikation finns sannolikt mellan området öst om Bratteråsberget och området mellan Krokängsberget och Bratteråsberget, se kommentar i kapitel 9.5.2.

Torrskorpeleran och områden med fyllnadsmassor kan betraktas som ett grunt övre grundvattenmagasin.

9.5.5 Krokängsberget

Förhållandena i Krokängsberget liknar de på Bratteråsberget, det vill säga; på Krokängsberget ligger fläckvis ett tunt jordtäckte mellan ytor med blottat berg. Detta jordtäckte bildar små ytliga grundvattenmagasin som sannolikt långa perioder inte har någon mätbar grundvattenyta för att vattnet dräneras bort. Det relativt tunna jordtäcktet i randområden till Krokängsberget står i kontakt med omgivande större grundvattenmagasin. Sannolikt fylls jordlagren på ganska snabbt vid regn för att sedan tämligen snabbt dräneras till omgivande grundvattenmagasin.

Sannolikt är grundvattenbildning i berget låg. Grundvattenmagasinet i berget får betraktas som begränsat.


9.5.6 Pölsebo

Öster om Krokängsparken och fram till Ivarsbergsmotet finns lager av friktionsjord som överlagras av finare sediment silt och lera i större delen av området. Närmast Ivarsbergsmotet återfinns inte de finkorniga övre lagren med silt/lera. Tolkningen är att det finns ett mindre grundvattenmagasin närmast Krokängsparken som i väster begränsas av en bergrygg som troligen går norrut ungefär vid Jyllandsgatan och eventuellt fortsätter det ytliga bergläget mot Krokängsparken så att området kan betraktas som ett begränsat grundvattenmagasin vars grundvattenbildning i huvudsak är beroende av avrinning från Krokängsparken. Grundvattenmagasinet kan betraktas som slutet.

Väster om detta grundvattenmagasin, mellan Jyllandsgatan och Ivarsbergsmotet, finns ett betydligt större grundvattenmagasin som är ett slutet grundvattenmagasin i större delen. I västliga delen av detta magasin återfinns sand i markytan enligt SGUs kartering och det bedöms att det slutna grundvattenmagasinet övergår till att bli öppet i denna del.

Grundvattenmagasinet fortsätter sannolikt långt mot norr, se bilaga 1 B1-005. Båda grundvattenmagasinen bedöms fortsätta mot söder under befintligt banläge och där stå i förbindelse med varandra. Det kan inte uteslutas att viss hydraulisk kommunikation finns mellan magasinen norr om nuvarande banläge, trots en bergrygg.

Enligt bilaga 1 B1-005 finns en ytvattendelare markerad strax norr om nuvarande banläge och det medför att ytvatten dräneras mot norr. Det finns inget som tyder på att det finns en grundvattendelare i samma läge som denna ytvattendelare utan tolkningen är att samma grundvattenmagasin finns både norr och söder om nuvarande banläge i Pölsebo. Troligen avvattnas grundvattenmagasinen både mot sydväst och mot sydöst, se bilaga 1 B1-005. Grundvattennivåerna i Pölsebo är betydligt högre än öster om Krokängsparken och orsaken är troligen att det finns en bergrygg som går söderut från Krokängsparken mot bergpartiet söder om Pölsebo, som begränsar dräneringen från området.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 81 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Grundvattenmagasinen som nära bansträckningen begränsas av berg i öster av Krokängsberget och väster av bergområdena NNO och SO om Ivarbergsmotet. Tolkning är att friktionsjorden överlagras av lera centralt i dalen men att lerlagret mer eller mindre försvinner i anslutning mot bergområdena i väster och i öster. Dvs det finns goda förutsättningar att nederbörd som avrinner från bergområdena bidrar till grundvattenbildningen i grundvattenmagasinen via friktionsjord i anslutning till bergområdena.

9.5.7 Pölsebo - Skandiahammen

Två avrinningsområden berör denna del av bansträckningen, se bilaga 1 B1-005. Större delen av området nära bansträckning täcks av en postglacial lera och enligt tidigare undersökningar underlagras den av friktionsjord med mindre mäktighet som bildar ett undre slutet grundvattenmagasin. Ett öppet, ytligt grundvattenmagasin finns i torrskorpelera och periodvis uppstår sumpområden på några ställen (t.ex. Ryaskog).

Grundvattenbildningen till det undre grundvattenmagasinet i det östra avrinningsområdet sker sannolikt i de sandiga områdena i avrinningsområdets nordöstra del.


I det västra avrinningsområdet är det oklart om det finns något undre grundvattenmagasin men sannolikt finns det och grundvattenbildningen sker från omgivande bergområden och till viss del i ett sandigt område, se bilaga 1 B1-005.

9.6 Grundvattenströmning

9.6.1 Generellt längs bansträckningen

Grundvattenströmningen i området sker storskaligt från höjdområden i norr, i riktning ner mot Göta älv. Två huvudavrinningsområden har identifierats, ett på varsin sida om Älvsborgsbron, se bilaga 1 figur B1-005. Grundvattendelarna antas i stort sett sammanfalla med de ytvattendelare som har identifierats utifrån topografin och höga berglägen. Ytvattendelare för delavrinningsområden i dessa två huvudavrinningsområden har identifierats utifrån topografin. I några fall nära bansträckningen motsvaras dessa inte av grundvattendelare på grund av de geologiska förhållandena. Det medför att grundvattenflödet i huvudsak är från norr till söder i områden där planerad bansträckning går.

I några avsnitt längs bansträckningen där de hydrauliska egenskaperna och hydrauliska gradienterna är kända kan ett approximativt värde på grundvattenflödet beräknas. I Tabell 9-17 redovisas representativa värden på hydraulisk konduktivitet (K) baserat på utförda pumpstester.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 82 (104)		
		Diarienummer: 108 793		
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001		
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Tabell 9-17. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) för vattenförande sektion, baserat på pumptester.

ID-område	T m ² /s	h m	K m/s	Kommentar
Bratterås Öst	1.0E-03	18	5.6E-05	Pumptest
Säterigatan	8.30E-04	20	4.2E-05	Pumptest
Pölsebo-öst	4.60E-05	6	7.7E-06	Pumptest
Pölsebo-väst			1e-5	Antaget K
Pölsebo - öst	3.70E-04	6.7	5.5E-05	Baserat på siktanalys


Vid Bratterås öst kan grundvattenmagasinet betraktas som öppet och vattenförande sektion begränsas av grundvattenytan mellan Bratteråsberget och Krokängsberget (Säterigatan) och i Pölsebo begränsas vattenförande sektion av ler-silt lager nära markytan. I Tabell 9-18 redovisar storleksordningen på grundvattenflöde som under nuvarande förhållanden flödar i de fyra angivna områdena. Sammanställningen visar att grundvattenflödena är relativt små. Den hydrauliska konduktiviteten (K) för Pölsebo från provpumpningen betraktas som osäker och för jämförelse har grundvattenflödet baserat på beräknat K från siktanalys också angetts i Tabell 9-18. Det bedöms att det sistnämnda flödet bör vara en överskattning av aktuellt flöde i Pölsebo-öst.

Tabell 9-18. Beräknat naturligt grundvattenflöde i jordlagren.

ID-område	K m/s	A m ²	i m/m	Q m ³ /s	Q L/s
Bratterås Öst	5.6E-05	2200	0.003	3.7E-04	0.4
Säterigatan	4.2E-05	2500	0.004	4.2E-04	0.4
Pölsebo - öst	7.7E-06	600	0.002	9.2E-06	0.01
Pölsebo -väst	1.0E-05	800	0.002	1.6E-05	0.02
				Summa=	0.8
Pölsebo - öst	5.5E-05	600	0.002	6.6E-05	0.07

9.6.2 Eriksberg – Bratteråsberget

Figur 9-21 visar en planbild av grundvattennivåerna under våren 2014 och den visar att grundvattenflödet i stort sett är från NNV till SSÖ vid det planerade banläget strax öster om Bratteråsberget.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 83 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Vid Nordviksgatan finns för få grundvattennivåobservationspunkter för att kunna tolka grundvattenströmningsriktning men den är sannolikt mot söder eller sydöst.

9.6.3 Bratteråsberget

Några grundvattenobservationer visar på högre grundvattennivåer än i omgivande jordlager men några (på östra sidan av Bratteråsberget) visar ungefär samma nivåer som i omgivande jordlager.

9.6.4 Bratteråsberget – Krokängsberget

Figur 9-22 visar en planbild av grundvattennivåerna under våren 2014 och den visar att grundvattenflödet i stort sett är från norr till söder vid det planerade banläget.

9.6.5 Krokängsparken

Några grundvattenobservationer visar på högre grundvattennivåer än i omgivande jordlager men några (på östra sidan av Krokängsberget) visar ungefär samma nivåer som i omgivande jordlager.

9.6.6 Pölsebo

Figur 9-23 visar en planbild av grundvattennivåerna under våren 2014 och den visar att grundvattenflödet i stort sett är från norr till söder vid det planerade banläget. Söder om banläget är grundvattenflödesriktning osäker. Mätningarna tyder på att flödet i den östliga delen troligen går mot öster. I västra del kan möjligen grundvattennivåerna falla av mot syd-sydväst om påtaglig dränering sker via de sandfyllda dalsänkorna enligt SGUs karta, se bilaga 1 B1-005.

9.6.7 Pölsebo - Skandiahammen

Figur 9-24 visar en planbild av grundvattennivåerna under våren 2011, se bilaga 3 för detaljer. Grundvattenflödet i den östra delen är riktat mot sydväst men söder om planerad bansträckning är flödet sannolikt i huvudsak mot söder men lokala avvikelser förkommer sannolikt på grund av inläckage till tunnlar och bergrum.


9.7 Grundvattenbildning och grundvattenbalans

9.7.1 Nederbörd och nettonederbörd

SMHI anger att årsmedelnederbörd för Göteborgsområdet till 800-900 mm/år. Representativ nederbördsstation för området bedöms vara 7142 Göteborg A. Klimatdata mäts även av Miljöförvaltningen - Stadsmiljö, Göteborgs Stad och vissa data kan erhållas för station Femman i Nordstan och Risholmen på Hisingen.

Station 7142 redovisar en korrigerad nederbörd för referensperioden 1961-1990 $P_k=872$ mm/år. Årsavdunstningen för Göteborgsområdet skattas av SMHI till ca $E=400-500$ mm/år. En skattning av årsmedelavrinningen, eller nettonederbörd= $P-E$ blir då ca $900-450=450$ mm/år.

Nettonederbörd= $Q_s+Q_G=Y$ tvattenflödet+grundvattenflödet från ett område. Det vill säga, grundvattenbildningen är beroende av hur mycket av nettonederbörden

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 84 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

som avrinner som ytvattenflöde till vattendrag. I områden med låg vertikal hydraulisk konduktivitet, tex i lertäckta områden, kommer grundvattenbildningen vara betydligt mindre än 450 mm/år. I områden med kristallin berggrund och ringa jordtäckte med snabb ytavrinning kommer sannolikt grundvattenbildningen vara betydligt lägre än 450 mm/år. Den potentiella grundvattenbildningen i kristallin berggrund, med i Sverige vanligt förekommande hydrauliska egenskaper, kan dock vara god om förutsättningar är goda (tex ej snabb ytavrinning till omgivande områden) enligt Gustafson (2012).


9.7.2 Grundvattenbildning i jord och berg

Grundvattenbildningen i Göteborgsområdet har bedömts i projekt Västlänken. I Järnvägsutredningen för Västlänken antogs grundvattenbildningen i jord till 100 mm/år och i berg i berg till 20-40 mm/år (PM F 04-034, Västlänken). Enligt PM F 04-034, Västlänken antogs att grundvattenbildningen enligt schablonmetod kan sättas till värden enligt Tabell 9-19. Bilaga 1 B1-006 visar avrinningsområden och i Tabell 9-20 till Tabell 9-22 redovisas areor för olika typområden samt beräknad grundvattenbildning.

Tabell 9-19. Grundvattenbildning i typområden enligt schablonmetod (PM F 04-034, Västlänken).


Typ område	ID-Typ	Grundvattenbildning	
		Min mm/år	Max mm/år
Berg/hällmark	1	20	40
Morän	2	130	130
Frikionsmaterial	3	200	200
Lera, Fylle ¹	4	0	50

¹: Fylle anges inte i PM F 04-034, Västlänken men större delen av Fylle i området ligger sannolikt på lera varför ytor med fylle jämföras med lera i beräkningarna för skattning av grundvattenbildningen i undre magasinet.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 85 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Tabell 9-20. Beräknade ytor för grundvattenbildning enligt schablonmetoden.

Område:	1 m ²	2 m ²	3 m ²	4 m ²	5 m ²	6 m ²
Totalt	2521244	1230306	133210	122422	4366672	150001
Berg/hällmark	1564429	372098	56946	28806	1696418	42697
Morän	13645	59275	0	0	86644	3561
Friktionsmaterial,	558831	202271	24938	3022	641365	824
Lera	241540	590436	50747	15035	1838664	74999
Fylle	90610	6226	569	75559	39509	27919
Torv, vatten	52189	0	9	0	64072	0
Område:	1 Andel av tot	2 Andel av tot	3 Andel av tot	4 Andel av tot	5 Andel av tot	6 Andel av tot
Totalt	1	1	1	1	1	1
Berg/hällmark	0.62	0.30	0.43	0.24	0.39	0.28
Morän	0.01	0.05	0.00	0.00	0.02	0.02
Friktionsmaterial,	0.22	0.16	0.19	0.02	0.15	0.01
Lera	0.10	0.48	0.38	0.12	0.42	0.50
Fylle	0.04	0.01	0.00	0.62	0.01	0.19
Torv, vatten	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 86 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31 Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:

Tabell 9-21. Beräknade ytor för grundvattenbildning enligt schablonmetoden.

Område:	7 m ²	8 m ²	9 m ²	10 m ²	11 m ²
Totalt	68098	650213	211163	807143	8414206
Berg/hällmark	15993	185013	82059	183052	2422131
Morän	0	7919	0	3937	66875
Friktionsmaterial,	29632	132279	0	41637	583741
Lera	0	304597	80643	208623	4044511
Fylle	22473	20404	48461	369894	1252533
Torv, vatten	0	0	0	0	44416
Område:	7 Andel av tot	8 Andel av tot	9 Andel av tot	10 Andel av tot	11 Andel av tot
Totalt	1	1	1	1	1
Berg/hällmark	0.23	0.28	0.39	0.23	0.29
Morän	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Friktionsmaterial,	0.44	0.20	0.00	0.05	0.07
Lera	0.00	0.47	0.38	0.26	0.48
Fylle	0.33	0.03	0.23	0.46	0.15
Torv, vatten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Tabell 9-22. Grundvattenbildning skattat med schablonmetoden (Ytor med vatten och torv ej medtagna).

ID-Avrinningsomr.	Total yta m ²	ID-Typ				Grundvattenbildning		Grundvattenbildning totalt	
		1 Andel	2 Andel	3 Andel	4 Andel	Min mm/år	Max mm/år	Min L/s	Max L/s
1	2469055	0.63	0.01	0.23	0.13	59	78	4.6	6.1
2	1230306	0.30	0.05	0.16	0.48	45	75	1.8	2.9
3	133200	0.43	0.00	0.19	0.39	46	74	0.2	0.3
4	122422	0.24	0.00	0.02	0.74	10	51	0.0	0.2
5	4302600	0.39	0.02	0.15	0.44	40	70	5.5	9.6
6	150001	0.28	0.02	0.01	0.69	10	50	0.0	0.2
7	68098	0.23	0.00	0.44	0.33	92	113	0.2	0.2
8	650213	0.28	0.01	0.20	0.50	48	79	1.0	1.6
Summa:	9125895				Areaviktat medel:	46	73	13.3	21.2

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 87 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Grundvattenbildning enligt schablonmetoden ger att grundvattenbildningen i avrinningsområdena 1,2,4,5,6,7,8 som berör bansträckningen är ca 10 till 110 mm/år med ett areaviktat medel 46-73 mm/år.

Grundvattenbildningen kan också skattas utifrån kloridbalasmetoden som diskuteras utförligt i PM F 04-034, Västlänken. Grundvattenbildningen (W) uppskattas med nederbördensstorlek (N), kloridhalten i atmosfärsvatten (Cl_p) och i kloridhalt i grundvattnet (Cl_{gr}) med förutsättning av frånvaro av relict och antropogent klorid. Enligt PM F 04-034, Västlänken kan Cl_p skattas till 3-10 mg/L utifrån flera referenser. Vidare anger PM F 04-034, Västlänken att olika referenser uppskattar torrdepositionen till ca 12 mg/L eller att den kan sättas till 50% av våtdepositionen av klorid. Detta har lett till att ansätta $Cl_p < 15$ mg/L i Göteborgstrakten (PM F 04-034, Västlänken). Efter viss kalibrering mot en av SGUs referensstationer föreslås i PM F 04-034, Västlänken att grundvattenbildningen skattas enligt nedan, med Cl_{gr} givet som mg/L:


$$W \approx 6000 / Cl_{gr} \text{ (mm/år)}$$

Det ger att grundvattenbildning baserat på kloridmetoden blir ca 90-120 mm/år i genomsnitt, se Tabell 9-23, det vill säga något högre än schablonmetoden.

Grundvattenbildningen kan sammantaget antas vara i genomsnitt vara ca 50-120 mm/år enligt dessa två metoder. Tillämpas detta på alla avrinningsområden fås grundvattenavrinningarna enligt Tabell 9-24.

Tabell 9-23. Beräknad genomsnittlig grundvattenbildning enligt kloridmetoden.

ID-område	ID-obsbrunn	Gv-magasin	Cl_{gr} mg/L	W mm/år
Bratterås Öst	GW4511B	umag	68	88
Säterigatan	GW4517B	umag	49	122
Pölsebo	GW5006B	umag	52	115

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 88 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Tabell 9-24. Beräknad genomsnittlig grundvattenbildning enligt med antagande om en genomsnittlig grundvattenbildning 50-120 mm/år baserat på både schablonmetoden och kloridmetoden.


ID- Avrinning somr.	Total yta m ²	Grundvatten- bildning		Grundvatten- bildning totalt	
		Min mm/år	Max mm/år	Min L/s	Max L/s
1	2469055	50	120	3.9	9.4
2	1230306	50	120	2.0	4.7
3	133200	50	120	0.2	0.5
4	122422	50	120	0.2	0.5
5	4302600	50	120	6.8	16.4
6	150001	50	120	0.2	0.6
7	68098	50	120	0.1	0.3
8	650213	50	120	1.0	2.5
Summa:	9125895	50	120	14.5	34.7

9.7.3 Grundvattenbildning - generellt längs bansträckningen

Nybildning av grundvatten i området sker i randområdena mellan jord och berg, men beror till stort del på områdets karaktär (andelen hårdgjorda ytor, jordarter, anläggningar och dränerande/läckande ledningar i området). Inom intresseområdet finns befintliga undermarksanläggningar, vars exakta läge och funktion omfattas av sekretess. Dessa anläggningar har sedan länge påverkat dräneringen av området.

Grundvattenbildningen är sannolikt något större i området öster om Bratteråsberget med isälvssediment jämfört med övriga områden som berörs av Hamnbanan. Detta på grund av att det, enligt SGUs kartering, inte finns ett sammanhängande lerlager dokumenterat i detta område, se bilaga 1 figur B1-004 och B1-005. Det kan noteras att grundvattenbildningen i centrala Göteborg är generellt liten.

Enligt kapitel 9.6, Tabell 9-18 är summa grundvattenflöde Pölsebo+Säterigatan (Krokängs parken-Bratteråsberget)+Öst Bratterås ca 0.8 L/s, vilket kan jämföras med skattningarna av grundvattenbildning inom avrinningsområde 5 i Tabell 9-22 och Tabell 9-24 som anger grundvattenbildning på 6-10 L/s alternativt 7-16 L/s. Nominellt går vattenbalansen inte ihop utan andra flöden måste existera. Siffrorna indikerar att grundvattenbildningen kan vara överskattad men också att avrinningen från område 5 delvis kan ske via andra vägar än Pölsebo+Säterigatan (Krokängs parken-Bratteråsberget)+Öst Bratterås, tex av delar av flödet går genom område 8, och att dränering via dagvatten är betydande i området medför att den kvarvarande grundvattenbildningen är mindre än beräknat. Ansätts 10

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 89 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

mm/år erhålls 1.4 L/s för område 5. Det betyder att en realistisk skattning av grundvattenbildningen för avrinningsområde 5 bör vara lägre än vad som ges av schablonmetoden och kloridmetoden men närmare schablonmetoden. 40-70 mm/år anges för område 5 enligt schablonmetod men **ett intervall på 10-70 mm/år är sannolikt mer troligt intervall för den genomsnittliga grundvattenbildningen i område 5.**

9.7.4 Eriksberg – Bratteråsberget

Grundvattenbildningen sker inom avrinningsområde 7 och 8, se bilaga 1 figur B1-004 och B1-005. I avrinningsområdet 8:s västra del och stor del av område 7, som berör planerad tunnel och betongtråg, finns stora områden sand och isälvsediment och grundvattenbildning kan förväntas vara stor i denna del av avrinningsområdet. Bergområdet som bansträckningen går igenom kan förväntas ha en lägre grundvattenbildning än omgivande sediment.

Sannolikt motsvaras inte ytvattendelare av grundvattendelare i området. Troligen går grundvattendelaren mellan område 8 och 7 mer rakt norrut från bergpartiet mellan Celsiusgatan och Nordviksgatan än vad ytvattendelaren visar.

9.7.5 Bratteråsberget

Bratteråsberget består delvis av blottat berg eller tunt jordtäckte och en stor del av nederbörden avrinner sannolikt som ytavrinning och infiltrerar i randområdet till berget där sedimenttäckte blir kontinuerligt. Grundvattenbildning är sannolikt låg. Bratteråsberget ligger inom avrinningsområdena 6 och 7, se bilaga 1 figur B1-004 och B1-005.

9.7.6 Bratteråsberget – Krokängsparken


Grundvattenbildningen sker inom avrinningsområde 5 och 6, se bilaga 1 figur B1-004 och B1-005. Avrinningsområdet 6 är ett delområde som erhåller sitt flöde från det stora avrinningsområdet 5. Avrinningsområdet 6 och stora delar av 5, är täckta av glacial lera och inom dessa områden är grundvattenbildningen låg. Grundvattenbildning i avrinningsområde 5 sker i huvudsak i bergområdena och friktionsjord som ligger i anslutning till bergpartierna.

9.7.7 Krokängsberget

Krokängsberget består delvis av blottat berg eller tunt jordtäckte och en stor del av nederbörden avrinner sannolikt som ytavrinning och infiltrerar i randområdet till berget där sedimenttäckte blir kontinuerligt. Grundvattenbildning är totalt sett låg. I Sydöstra delen av Krokängsparken, nära det branta bergpartiet, kan ett litet våtmarksområde ibland iakttas, vilket tolkats vara ett utströmningsområde som aktiveras vid större mängder nederbörd. Krokängsparken ligger inom avrinningsområdena 4, 5 och 6, se bilaga 1 figur B1-004 och B1-005.

9.7.8 Pölsebo

Grundvattenbildningen sker inom avrinningsområde 4 men även 5, se bilaga 1 figur B1-004 och B1-005. Avrinningsområdena är egentligen ytavrinningsområden och ytavrinning sker norrut norr om nuvarande bansträckning vid Pölsebo och söderut söder om bansträckning. Med hänsyn till mätta grundvattennivåer, bedöms att det inte finns någon grundvattendelare mellan område 4 och 5. Avrinningsområdet 4 och stora delar av 5, är täckta av

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 90 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

glacial lera och inom dessa områden är grundvattenbildningen låg. Grundvattenbildning i avrinningsområde 5 sker i huvudsak i bergområdena och friktionsjord som ligger i anslutning till bergpartier. Relativt nära den planerad bansträckning ligger områden med sand som sannolikt har relativt stor grundvattenbildning.

9.7.9 Pölsebo - Skandiahammen

Grundvattenbildningen sker inom avrinningsområde 1 och 2, se bilaga 1 figur B1-004 och B1-005. Stora delar av område 2, är täckta av postglacial lera och inom dessa områden är grundvattenbildningen låg. Grundvattenbildning i avrinningsområde 2 sker i huvudsak i bergområdena och i friktionsjorden som ligger i anslutning till bergpartier i den norra och nordöstra delen av området. Avrinningsområdet 1 är stort och en stor del av grundvattenbildningen sker även här i bergområdena och friktionsjord som ligger i anslutning till bergpartier i den nordöstra delen av området. Tolkad ytvattendelare mellan område 1 och 2 motsvaras inte helt säkert av en grundvattendelare. Möjligen kan man se område 1 och 2 som ett grundvattenmagasin med hänsyn till att områden med friktionsjord i område 2:s norra del förefaller fortsätta in i område 1.

9.8 Konceptuell modell

Den konceptuella modellen i detta kapitel redovisar en härledd bild av de hydrogeologiska förutsättningarna som grund för projektering, MKB och nödvändiga tillstånd kopplade till grundvatten.

9.8.1 Generellt längs bansträckningen

9.8.1.1 Geologi


Områdets berggrund utgörs av omväxlande högre liggande bergpartier med berg i dagen och låglänta dalgångar med mäktiga jordlager som huvudsakligen utgörs av lersediment med underlagrande friktionsjord. Ovan leran uppträder vanligen fyllnadsmaterial av varierande mäktighet. I området mellan Krokängsparken och Eriksbergsmotet finns friktionsjord med stor mäktighet.

9.8.1.2 Grundvattenmagasin

Det huvudsakliga grundvattenmagasinet i jord återfinns i vattenförande lager i morän och/eller sandlager och uppsprucken bergyta över större delen av projektområdet. Grundvattenmagasinet överlagras av täta lerlager, framför allt i lågpartier mellan bergkullar och höjdområden. Detta magasin är att betrakta som slutet.

I fyllnadsmaterialet över leran finns ett öppet grundvattenmagasin. Det övre och undre magasinen är ställvis kopplade till varandra.

Undantaget från denna generalisering är området (i ett övre och undre grundvattenmagasin) öster om Bratteråsberget. Här finns ett större område med friktionsjord med sand och isälvsediment (sand till block). Det finns också ett antal öppna grundvattenmagasin längre västerut och då i anslutning till bergområdena. Dessa områden är viktiga för grundvattenbildningen väster om Krokängsparken

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 91 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Grundvattentillgången är relativt liten jämfört med vilken potentiella utgångskapaciteter som jorden medger.

Leran under Göta älv underlagras av friktionsjord, se Figur 5-1. Det undre grundvattenmagasinet längs bansträckningen bedöms stå i kontakt med detta friktionsjordslager under leran.

Längs hela korridoren förkommer i berggrunden grundvatten i öppna spricksystem, som även står i hydraulisk kontakt med grundvattenmagasinet i jordlagren. Vid byggnationen av Lundbytunneln påträffades en kraftigt vattenförande sprickzon längs Jättestengatan. Inga indikationer om motsvarande sprickzon har hittats längs Hamnbanans sträckning trots flertalet borrhningar i tidigare utredningar.

9.8.1.3 Grundvattennivåer

Grundvattennivåerna i området påverkas av befintliga dränerade anläggningar. Inom intresseområdet finns befintliga undermarksanläggningar, vars exakta läge och funktion omfattas av sekretess. Dessa anläggningar har sedan länge påverkat grundvattennivåerna. Även Lundbytunneln påverkar vattenbalansen inom tillrinningsområdet. Ett antal infiltrationsanläggningar finns inom området som motverkar sänkta grundvattennivåer till följd av undermarksanläggningarna. På lång sikt kan inläckaget minska till dessa berganläggningar; erfarenheter finns från andra anläggningar i Sverige som visar detta. Det kan då betyda att grundvattennivåerna på lång sikt också kan höjas.


Årsvariationen på grundvattennivån är relativt väl känd nära aktuellt område i några punkter som mäts av Stadsbyggnadskontoret (SBK) i Göteborg. Den allmänna bilden är att variationen är störst i avrinningsområdets övre del och blir mindre i avrinningsområdets nedre delar, vilket stämmer väl när SBKs data analyseras. Variationen mellan uppmätta högsta och lägsta grundvattennivåerna är ca 4-5 m i övre delarna av avrinningsområdet som omfattar Pölsebo, Säterigatan och öst Bratteråsberget medan motsvarande variation är ca 2-3 m i närheten av planerad bansträckning. Grundvattenytan bedöms ligga 1–8 meter under markytan i jord och 2-11 meter i berg (median värden, varierar beroende på område).

9.8.1.4 Grundvattenbildning

Åtta ytavrinningsområden berör den planerade bansträckningen. I några fall nära bansträckningen motsvaras dessa inte av grundvattendelare på grund av de geologiska förhållandena. Det medför att grundvattenflödet i huvudsak går från norr till söder i områden där planerad bansträckning går.

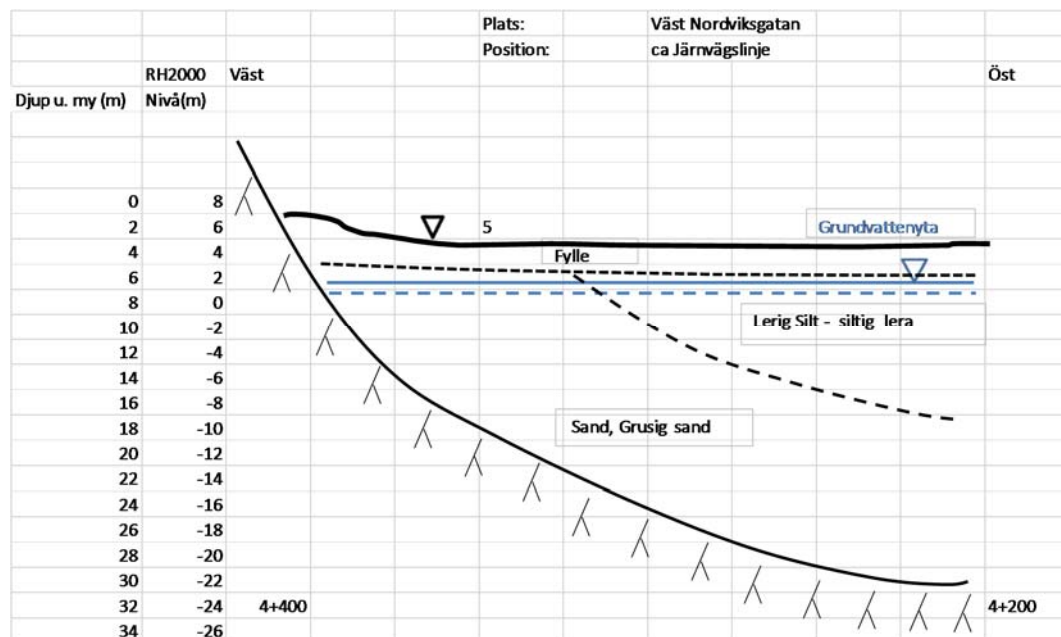
Nybildning av grundvatten i området sker i randområdena mellan jord och berg, men beror till stort del på områdets karaktär (andelen hårdgjorda ytor, jordarter, anläggningar och dränerande/läckande ledningar i området).

Grundvattenbildningen är sannolikt något större i Sannegårdsområdet jämfört med övriga områden som berörs av Hamnbanan. Detta på grund av att det, enligt SGUs kartering, inte finns ett ihållande lerlager dokumenterat i detta område. Grundvattenbildningen i Göteborg är generellt liten.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 92 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

9.8.2 Eriksberg – Väst Nordviksgatan


En konceptuell modell visas i Figur 9-27 som speglar översiktligt förhållanden vid planerad bansträckning nära Nordviksgatan. Väster om Nordviksgatan ligger fyllnadsmaterial närmast markytan (ca 0-3 m) som underlagras av sand och grus ned till berg. Djupet till berg ökar snabbt mot öster och öster om Nordviksgatan kommer ett lager med lera som blir mäktigare österut. Detta lerlager underlagras av sand och grus av betydande mäktighet på berg.

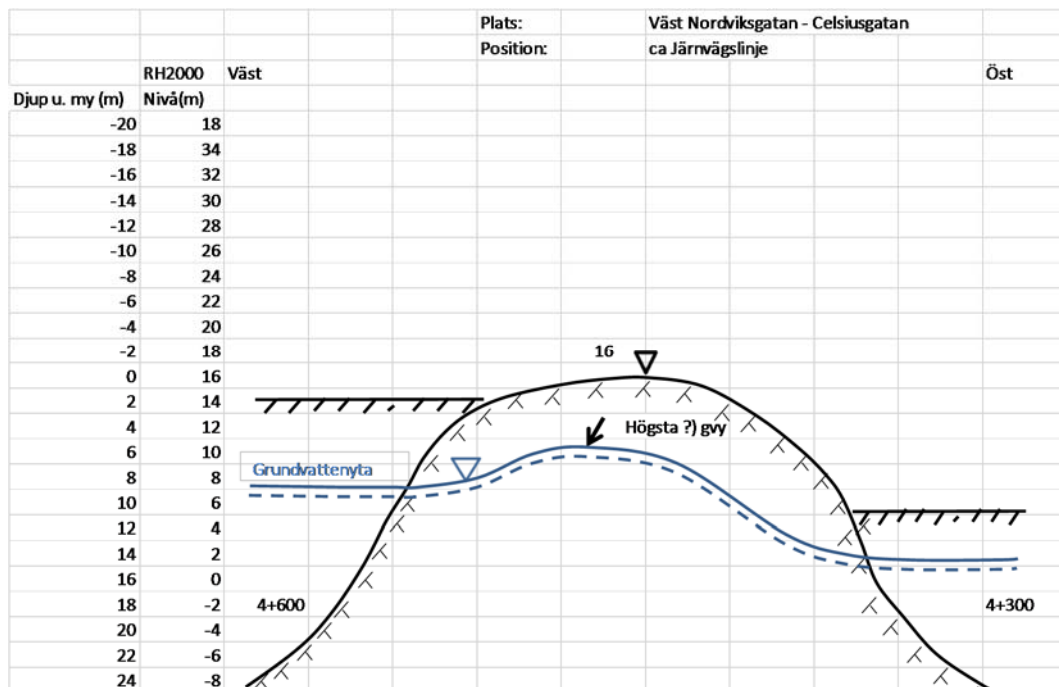


Figur 9-27. Konceptuell modell över lagerföljd. Bratteråsgatan till Celsiusgatan.

9.8.3 Väst Nordviksgatan – Celsiusgatan

Berg området mellan Celsiusgatan och Nordviksgatan bedöms fortsätta österut under Nordviksgatan och vara det som orsakar att grundvattennivåerna norr om området där Nordviksgatan korsar planerad bansträckning ligger på nivån +5 m medan grundvattennivån vid bansträckning är ca +1.5 m se Figur 9-28.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 93 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 9-28. Konceptuell modell över lagerföljd vid Nordviksgatan – Celsiusgatan.


9.8.4 Celsiusgatan – Bratteråsgatan

En konceptuell modell visas i Figur 9-29 som speglar förhållanden vid planerad bansträckning mellan Bratteråsgatan och Celsius gatan. Närmast markytan finns fyllnadsmaterial/lera (djup 0-ca 3 (4)m) enligt borrhingsdokumentation som underlagras av lerig silt/siltig lera som sannolikt kan beskrivas som silt skikt med lerskikt med varierad mäktighet (i central delen ca 3(4)-7(12) m). Under silt skiktet kommer sand med inslag av grus (8 (12)-20(33) m) på berg.

Området har varit grustäkt och fyllnadsmassor är av okänt ursprung och djupet till gammal grustagsbotten kan nog variera men tolkningen är att det kan vara approximativt på +9 m, men denna nivå är osäker. Tolkningen från borrhningen om fyllnadsmassor/silt/siltig lera härrör förmodligen från vad som återfyllts i grusgrop. (Grusgropens form och djup har inte framgått av inventerat underlag men det kan eventuellt finnas underlag.) Enligt SGUs jordartskarta bör grövre friktionsmaterial återfinnas i östra delen och mer sandigt i den västra. Borrhningarna är för få för att bekräfta denna bild.

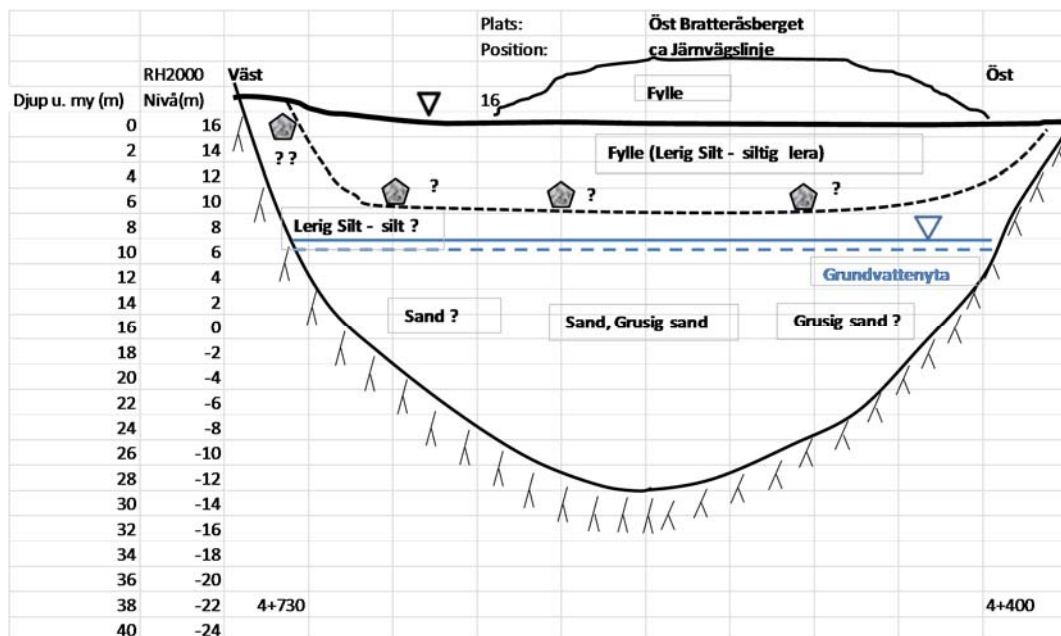
Det finns sannolikt block, enligt vad som kan utläsas ur SGU (1924), och att man återfinner block i kanten på grusgropen dit man lagt de block man fann när grusgropen nyttjades. Utanför gammal grusgrop kan man eventuellt finna block i övre delen av friktionslagren enligt SGU(1924).

Den hydrauliska konduktiviteten i jordlagren är i storleksordning 10^{-4} till 10^{-3} m/s. Grundvattenbildningen är sannolikt i storleksordningen 10-70 mm/år som för sträckan Bratteråsberget till Pölsebo (avrinningsområde 5) men kan eventuellt vara något högre på grund av goda infiltrationsmöjligheter.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 94 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Sannolikt är den vertikala hydrauliska konduktiviteten lägre än den horisontella i lagret med silt, men hydraulisk anisotropi kan sannolikt även förekomma i det underliggande sand-gruslagren.

Grundvattenmagasinet i jordlagren sträcker sig sannolikt långt norrut och söderut och grundvattenbildningen sker sannolikt främst i randområdena till avrinningsområde 5 och 8, se bilaga 1, B1-005 men de närliggande områdena med sand och isälvsediment är sannolikt mest betydande ur grundvattenbildningssynpunkt. Både norrut och söderut blir det undre grundvattenmagasinet sannolikt betydligt bredare än vid planerad bansträckning, se bilaga 1, B1-005.




Figur 9-29. Konceptuell modell över lagerföljd. Bratteråsberget till Celsiusgatan.

9.8.5 Bratteråsberget

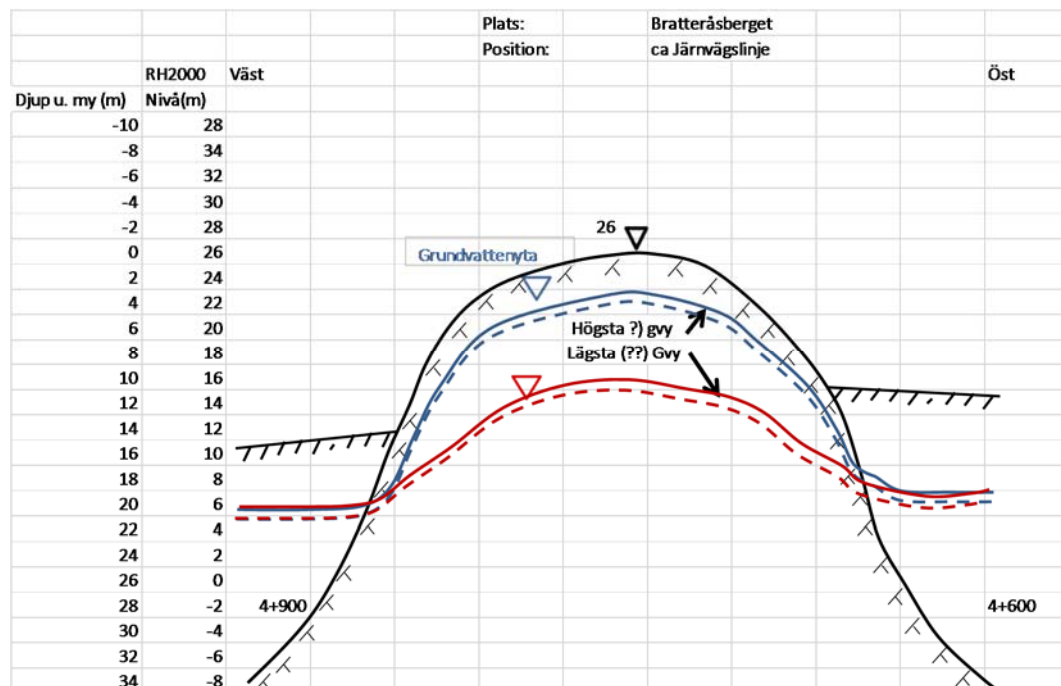
En konceptuell modell visas i Figur 9-30 och Figur 9-31 som i stora drag speglar de väsentliga hydrogeologiska förhållandena genom Bratteråsberget.

Under perioder utan nederbörd ligger grundvattennivån i berget lågt beroende av dränering via sprickor som kommunicerar med omgivande jordlager. Under perioder av mer ihållande regn sker dels en påfyllnad av vatten i de grunda jordfyllda svackorna och dels en direkt avrinning mot omgivande jordtäckta jordområden. Grundvattennivån i berget höjs under sådana perioder relativt snabbt men sjunker sedan undan efter att regnperioden upphört. I de jordfyllda svackorna finns sannolikt under långa perioder inget fritt grundvatten, utan vattnet är bara kapillärt bundet vatten. Samma förhållanden torde gälla de tunna jordlagren på bergets sidor ner mot de mer mäktiga jordlagren. Under mer ihållande regn genereras ett grundvattenflöde i dessa lager från direkt nederbörd och ytavrinning från bergområde uppströms jordlagren. En tid efter ett ihållande


	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 95 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

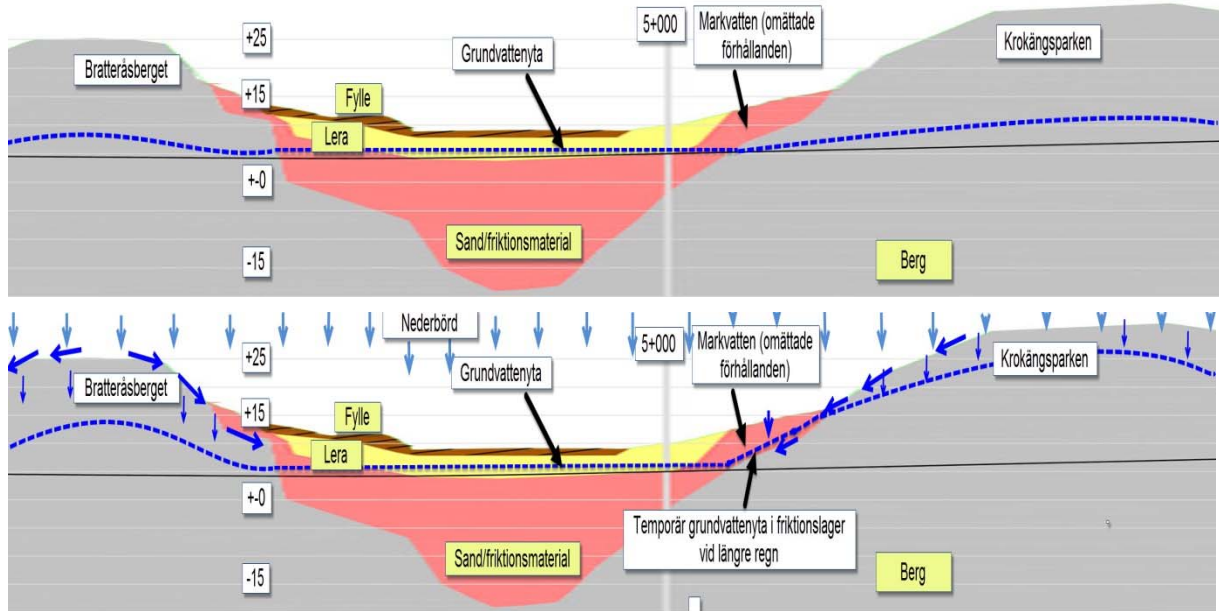
regn finns sannolikt bara kapillärt bundet vatten. Dessa förhållanden illustreras i Figur 9-31.

Grundvattennivåförändringar kan eventuellt påverka skyddsvärda träd i Krokängsparken och Bratteråsberget. Trädens anpassningsförmåga till höjda grundvattennivåer är betydligt sämre jämfört med sjunkande grundvattennivåer. I Figur 9-32 visas en principbild över kapillärtryckskurvorna i en lerig jord och en sandig jord med en grundvattenyta nära markytan och en grundvattenyta långt från markytan.

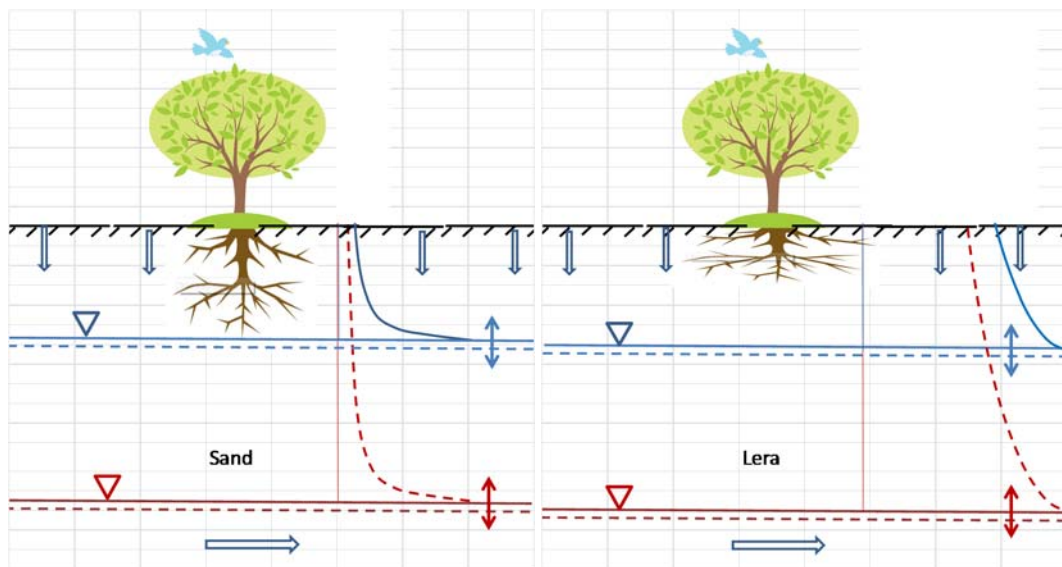


Figur 9-30. Konceptuell modell över Bratteråsberget.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 96 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:




Figur 9-31. Konceptuell modell över Krokängsparken och Bratteråsberget.



Figur 9-32. Konceptuell modell över kapillärtrycksförändringar vid ändrade grundvattennivåer i lerjord och sandjord för en djup liggande grundvattennivå och en grunt liggande grundvattennivå.

Figuren visar att en begränsad förändring av en djup liggande grundvattennivå påverkar kapillärtryckskurvan i mycken liten omfattning i både lerjordar och sandjordar medan en begränsad förändring av en ytligt liggande grundvattennivå påverkar kapillärtryckskurvan i begränsad omfattning i lerjordar medan påverkan i sandjordar kan vara stor. Figuren illustrerar också att nedträngningsdjupet av rötterna vanligen är djupare i sandiga jordar än leriga jordar på grund av att lerjorden begränsar nedträngning av syre.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 97 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

Den hydrauliska konduktiviteten i jordlagren är i storleksordning 10^{-6} till ca 10^{-4} m/s (begränsat dataunderlag). Den hydrauliska konduktiviteten för berg i 100m skalan är i storleksordning $1 \cdot 10^{-7}$ m/s (begränsat dataunderlag). Grundvattenbildningen är i sannolikt mindre än det som skattas för hela avrinningsområdet som inkluderar sträckan Bratteråsberget till Pölsebo (avrinningsområde 5) 10-70 mm/år.


9.8.6 Bratteråsberget – Krokängsparken

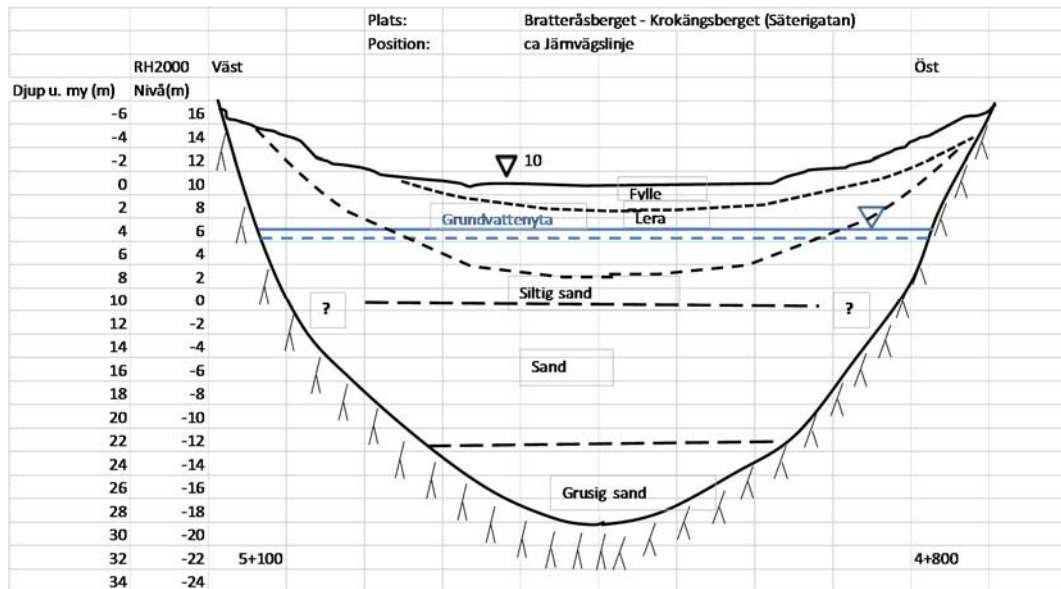
En konceptuell modell visas i Figur 9-33 som i stora drag speglar de väsentliga hydrogeologiska förhållandena längs bansträckning. Närmast markytan finns fyllnadsmaterial/lera (djup 0-ca 2 m) som underlagras av lera/siltig lera som sannolikt kan beskrivas som lera med siltskikt med varierad mäktighet (i central delen ca 2-8 m). Under leran kommer siltig sand (8-10 m) och sand (10-18 m) som i de djupaste delarna övergår till en sand grus/grusig sand (18-26 m) på berg. Lerlagret tunnare ut mot Krokängsberget och bedöms försvinna nära Krokängsberget. Uttunnning av lerlagret bedöms ske även i östra delen mot Bratteråsberget. Friktionsmaterialet under leran bedöms finnas på bergytan över hela dalgången men det är oklart hur skiktet med slitig sand är utsträckt i leran.

Den hydrauliska konduktiviteten i det undre grundvattenmagasinet är i storleksordning 10^{-4} m/s. Lerlagren över det undre grundvattenmagasinet har betydligt lägre hydraulisk konduktivitet, sannolikt i storleksordning 10^{-8} m/s eller lägre. Grundvattenbildningen är i storleksordningen 10-70 mm/år.

Sannolikt är den vertikala hydrauliska konduktiviteten lägre än den horisontella i lagret med lera, men hydraulisk anisotropi kan sannolikt även förekomma i det underliggande sand/grus lagren.

Grundvattenmagasinet i jordlagren sträcker sig sannolikt långt norrut och söderut och grundvattenbildningen sker sannolikt främst i randområdena till avrinningsområde 5, se bilaga 1, B1-005. Både norrut och söderut blir det undre grundvattenmagasinet sannolikt betydligt bredare än vid planerad bansträckning, se bilaga 1, B1-005.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 98 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:




Figur 9-33. Konceptuell hydrogeologisk modell över området mellan Bratteråsberget i öster och Krokängsparken i väster.

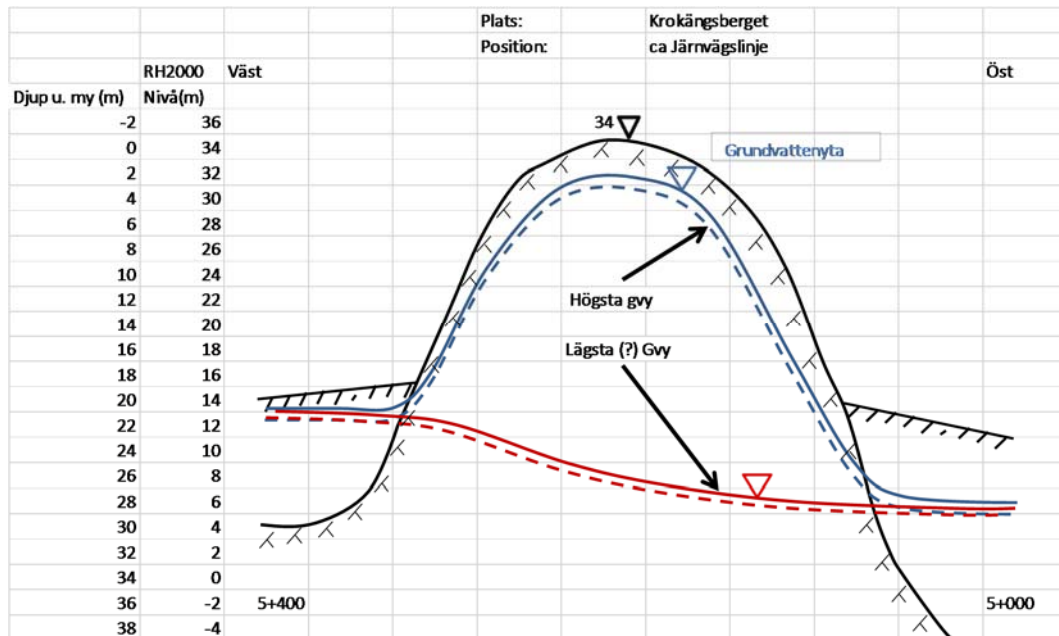
9.8.7 Krokängsberget

En konceptuell modell visas i Figur 9-34 och Figur 9-31 som i stora drag speglar de väsentliga hydrogeologiska förhållandena genom Krokängsparken.

Under perioder utan nederbörd ligger grundvattennivån i berget lågt beroende av dränering via sprickor som kommunicerar med omgivande jordlager. Under perioder av mer ihållande regn sker dels en påfyllnad av vatten i de grunda jordfyllda svackorna och dels en direkt avrinning mot omgivande jordtäckta jordområden. Grundvattennivån i berget höjs under sådana perioder relativt snabbt men sjunker sedan undan efter att regnperioden upphört. I de jordfyllda svackorna finns sannolikt under långa perioder inget fritt grundvatten, utan vattnet är bara kapillärt bundet vatten. Samma förhållanden torde gälla de tunna jordlagren på bergets sidor ner mot de mer mäktiga jordlagren. Under mer ihållande regn genereras ett grundvattenflöde i dessa lager från direkt nederbörd och ytavrinning från bergområde uppströms jordlagren. En tid efter ett ihållande regn finns sannolikt bara kapillärt bundet vatten. Dessa förhållanden illustreras i Figur 9-31.

Den hydrauliska konduktiviteten i jordlagren är i storleksordning 10^{-6} m/s (begränsat dataunderlag). Den hydrauliska konduktiviteten för berg i 100m skalan är i storleksordning $1 \cdot 10^{-7}$ m/s (begränsat dataunderlag). Grundvattenbildningen är i sannolikt mindre än det som skattas för hela avrinningsområdet som inkluderar sträckan Bratteråsberget till Pölsebo (avrinningsområde 5) 10-70 mm/år.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 99 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:



Figur 9-34. Konceptuell hydrogeologisk modell över Krokängsberget.


9.8.8 Väster Krokängsberget/Pölsebo, Pölsebo

En konceptuell modell visas i Figur 9-35 som i stora drag speglar de väsentliga hydrogeologiska förhållandena längs planerad bansträckning. Närmast markytan finns fyllnadsmaterial/lera (djup 0-ca 3 m) som underlagras av lera/siltig lera som sannolikt kan beskrivas som lera med siltskikt med varierad mäktighet (3-4(7) m). Under leran kommer siltig sand som i de djupaste delarna övergår till en grövre sand med grusinslag (4(7)-6 (16) m) på berg. Lerlagret tunnare ut mot Krokängsberget och bedöms försvinna nära Krokängsberget. Uttunnning av lerlagret bedöms ske även i västra delen och vid bergklacken i centrala delen. Friktionsmaterial under leran bedöms finnas på bergytan över hela dalgången.

Den hydrauliska konduktiviteten i det undre grundvattenmagasinet är i storleksordning 10^{-5} till 10^{-4} m/s. Ler-silt lagren över det undre grundvattenmagasinet har betydligt lägre hydraulisk konduktivitet, möjligen i storleksordning 10^{-8} m/s. Grundvattenbildningen är i storleksordningen 10-70 mm/år.

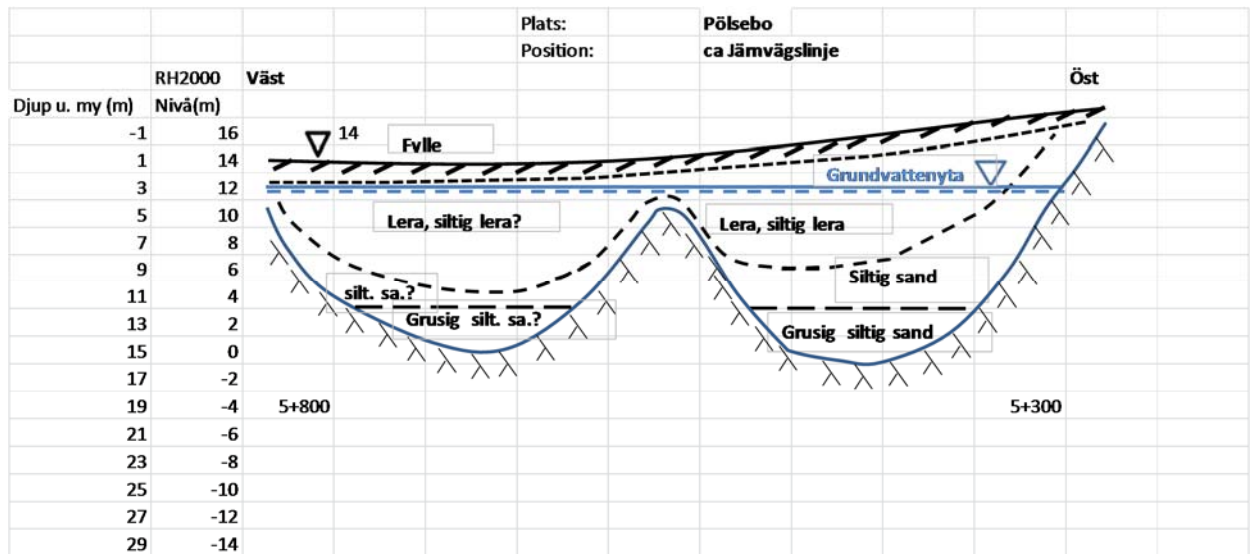
Sannolikt är den vertikala hydrauliska konduktiviteten lägre än den horisontella i lagret med lera, siltig lera men hydraulisk anisotropi kan sannolikt även förekomma i det underliggande sand/grus lagren.

Grundvattenmagasinet i jordlagren i den östra delen av området är sannolikt begränsad norrut då bergnivån ligger högre där (GW5004 och GW5003 ca 50 m norr om planerad bansträckning visar på djup till berg/block på 5-7 m, se bilaga 4.). Grundvattenbildningen sker sannolikt till stor del genom avrinning från Krokängsparken men det kan inte uteslutas att jordlagren norr och väster om bassängen också bidrar till någon del. Grundvattenfluktuationerna är dock större

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 100 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

och snabbare i den östra delen jämfört med den västra och bedömningen är att det är främst Krokängsparken som ger den största grundvattenbildningen.

Grundvattenmagasinet i jordlagren i den västra delen av området sträcker sig sannolikt långt norrut och grundvattenbildningen sker sannolikt främst i den västra delen med sand i markytan inom avrinningsområde 5, se bilaga 1, B1-005. Den östra delen har sannolikt till stor del grundvattenbildningen inom avrinningsområde 4.




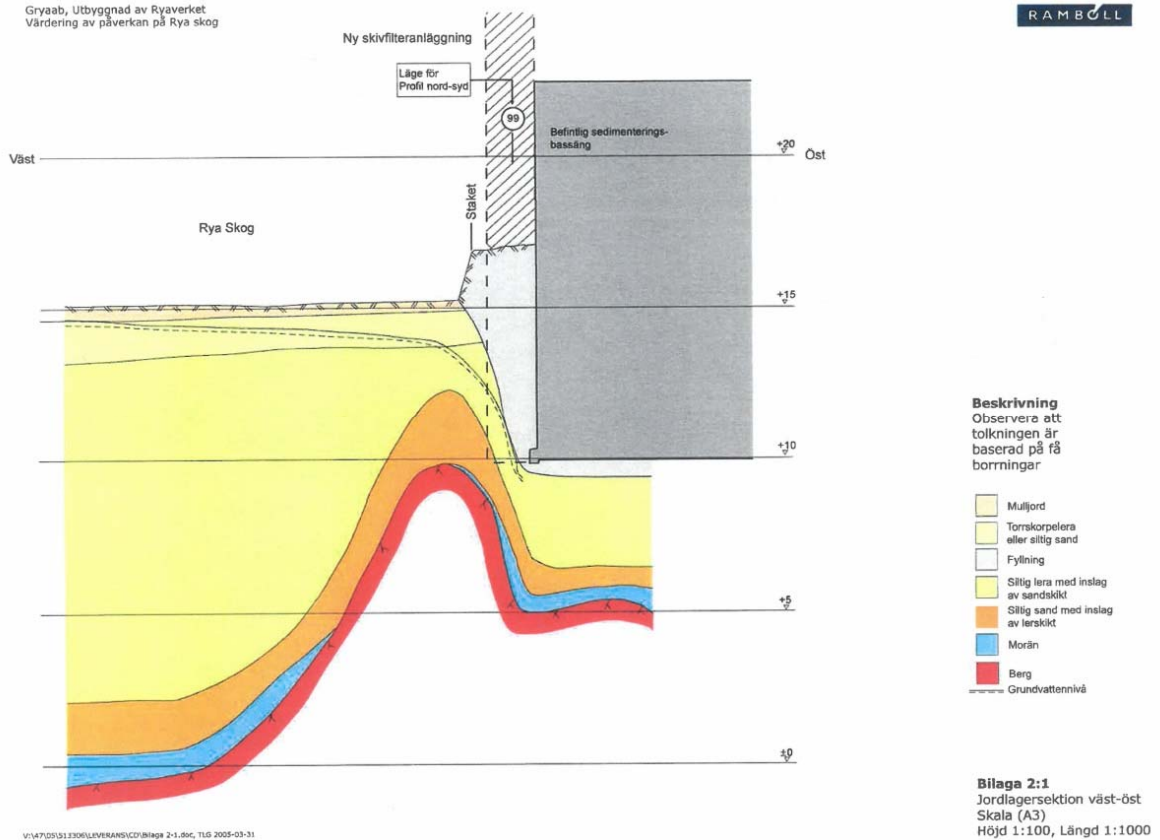
Figur 9-35. Konceptuell hydrogeologisk modell över området väster om Krokängsparken vid Pölsebo.

9.8.9 Pölsebo – Skandiahammen


Inga borrhningar är utförda inom ramen för projektet men en utredning för Ryaverken (Ramböll, 2005b) ger sannolikt en indikation på förhållanden råder i de lertäktade områdena, se Figur 9-36. Lagerföljden kan beskrivas som: Mulljord eller fyllnadsmassor nära markytan, som underlagras av torrskorpelera och därefter av siltiglera med inslag av sandskikt. Närmast berg finns tunnare lager med sand och/eller morän.

Den hydrauliska konduktiviteten i jordlagren har ej undersökts i denna utredning men tentativt kan sannolikt antas vara vanligen anges i läroböcker. Grundvattenbildningen bedöms vara i storleksordningen 10-70 mm/år.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 101 (104)
		Diarienummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum:




Figur 9-36. Förenklad modell över lagerföljd. Ryaverken. (Ramböll, 2005b).

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 102 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Miljötekniska markundersökningar, 2014. Järnvägsplan, Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, 108793-04-041-009.	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum:

10 Referenser

- Miljötekniska markundersökningar, 2014. Järnvägsplan, Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, 108793-04-041-009.
- MUR Geoteknik, 2014. Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, 108793-04-041-009.
- MUR Bergteknik, 2014. Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, 108793-19-081-001.
- Andersson A-C, Andersson O, Gustafson G, 1984. Brunnar. Undersökning – Dimensionering – Borrning – Drift. R42:1984, Statens Råd för Bygghforskning. Stockholm.
- Andréasson M, Björn H, Bergström S, Karlsson A, 2013. Västlänken. PM AKF 12 - 001 Översvämningssäkring och hydrologiskt dimensioneringsunderlag.
- Avén S, 1984. Handboken Bygg. Geoteknik. LiberFörlag, Stockholm.
- Bergab, 1985, 31335, Nytt LPG bergrum Shell.
- Bond and Harris, 2008. Decoding Eurocode 7, Taylor & Francis.
- Butler, J J, 1997. The Design, Performance, and Analysis of Slug Tests, Lewis Publishers.
- Cashman P M, Preene M, 2013. Groundwater lowering in construction. A practical guide to dewatering. Second edition. CRC Press, New York.
- Carlsson L och Gustafson G, 1997. Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik, Publ. C62, Chalmers Tekniska Högskola, Geologiska institutionen.
- COWI, 2011, Järnvägsutredning Hydrogeologiskt PM.
- COWI, 2010, Järnvägsutredning Underlagsrapport hydrogeologi.
- COWI, 2012, Avrinningsområde, SBK.
- Gustafson G, 2012. Hydrogeology for rock engineers, BeFo.
- Göteborgs stad, 1986, Norra älvstrandens förnyelse Planeringsunderlag rapport 1a, SBK.
- Göteborgs stad, 2006, Underlag för detaljplan, SBK.
- Hultén Anna-Maria, 1997, Grundvatten i urban miljö, Publ. A 85, CTH.
- Järnvägsutredningen Västlänken, Underlagsrapport Tekniskt PM Geohydrologi. PM F 04-034, Västlänken, Hydrogeologiska förutsättningar.
- Knutsson G och Morfeldt C-O, 2002. Grundvatten. Teori & tillämpning, AB Svenskt Byggtjänst.
- Midroc, 2012, 41337 och 41351, Grundvattenobservationer brunnar AH1-9 2012, Grundvattenobservationer brunnar BH3-BH7 2012.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 103 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: MUR Geoteknik, 2014. Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, 108793- 04-041-009.	Datum: 2015-05-31	Rev. datum:
		Uppdragsnr: 2343005000	

Persson G, Andréasson J, Eklund D, Hallberg K, Nerheim S, Sjökvist E, Werm L, Åström S, 2011. Klimatanalys för Västra Götalands län. Rapport Nr 2011-45, SMHI.

Ramböll, 2005a, Utbyggnad av Ryaverket kontrollprogram påverkan Rya skog, SBK.

Ramböll, 2005b, Utbyggnad av Ryaverket - värdering av påverkan Rya skog, SBK.

Rhén I (ed), Gustafson G, Stanfors R, Wikberg P, 1997. Äspö HRL – Geoscientific evaluation 1997/5. Models based on site characterization 1986–1995. SKB TR 97-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Rockstore Engineering AB, 2009, 39834, Hydrogeologisk utredning kring berggrum i Skarvikshamnen, 4100.

Räddningstjänsten/Sweco VBB, 2006, Fördjupad stabilitetsutredning, 2305193, SBK.

SGU, 1924. (Munthe H, Johansson H E, Sandgren R) Göteborgstraktens geologi. Göteborgs Litografiska Aktiebolag, Göteborg.

SGU, 2000, Grundvattentillgångar i Göteborgs kommun, Beskrivning och karta.

Sundén G, Maxe L, Dahné J, 2010. Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat. SGU-rapport 2010:12.

Svensson C, Sällfors G, 1988. Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. Övriga södra Sverige. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr87.

Svensson C, Sällfors G, 1985. Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. 1 Göteborgsregionen. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr78.

SWECO VBB, 2006, Geoteknisk undersökning för planerade bostäder, 2305195, SBK.


Todd D K, Mays L W, 2005. Groundwater Hydrology, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 636pp.

Tyréns AB, 2012. Hamnbanan Göteborg, delen dsp. Eriksberg – Pölsebobangården, Försöksrapport/Fält. Undersökningar utförda 2012-03-22 – 2012-05-14.

Tyrens, 41164, Kontrollprogram - grundvatten, B33PO11, TrV.

VIKA, 1988, Riskbedömning av förorening i mark och grundvatten, 5412-42-1522, SBK.

Vägverket, 1997, Anteckningar, villkor vattendom Lundbytunneln, Sweco.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi	Sidnr: 104 (104)	
		Diarienummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-081-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: MUR Geoteknik, 2014. Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, 108793- 04-041-009.	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: