

SYSTEMHANDLING

Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg –
Skandiahamnen

Projekterings PM Hydrogeologi

Projektnummer: 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 för interngranskning: 2015-05-04
	Revidering kapitel:		

Trafikverket	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi		
	Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001		
	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:		

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 1 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Innehållsförteckning

1	Objekt	4
2	Syfte och begränsningar.....	4
2.1	Syfte.....	4
2.2	Omfattning – översiktligt.....	4
2.3	Begränsningar.....	4
3	Underlag för Projekterings PM	4
3.1	Underlag	4
3.2	Pågående mätningar.....	4
4	Styrande dokument.....	5
5	Planerad konstruktion	6
6	Markförhållanden.....	7
7	Sammanställning av härledda egenskaper	8
7.1	Konceptuell modell.....	8
7.1.1	Generellt längs bansträckningen	8
7.1.2	Eriksberg – Väst Nordviksgatan	10
7.1.3	Väst Nordviksgatan – Celsiusgatan	10
7.1.4	Celsiusgatan – Bratteråsgatan	11
7.1.5	Bratteråsberget	12
7.1.6	Bratteråsberget – Krokängsberget.....	14
7.1.7	Krokängsberget.....	15
7.1.8	Väster Krokängsberget/Pölsebo, Pölsebo.....	15
7.1.9	Pölsebo – Skandiahallen.....	16
7.2	Hydrauliska egenskaper	17
7.2.1	Övre grundvattenmagasin.....	17
7.2.2	Lerlager	18
7.2.3	Undre grundvattenmagasin	18
7.2.4	Berg	21
7.3	Grundvattennivåer	21
7.3.1	Generellt.....	21
7.3.2	Prognos av grundvattennivåer i jord	23
7.3.3	Prognos av grundvattennivåer i berg.....	27
7.4	Grundvattenkemi	30

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 2 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

7.4.1	Jord	30
7.4.2	Berg	31
7.5	Grundvattenmagasin	31
7.5.1	Eriksberg – Bratteråsberget	31
7.5.2	Bratteråsberget	32
7.5.3	Bratteråsberget – Krokängsberget	32
7.5.4	Krokängsberget	33
7.5.5	Pölsebo	33
7.5.6	Pölsebo - Skandiahallen	34
7.6	Grundvattenströmning	34
7.7	Grundvattenbildning och grundvattenbalans	35
8	Beräkningar	37
8.1	Beskrivning av konstruktion	37
8.1.1	Betongtunnel och betongtråg	37
8.1.2	Bergtunnel	38
8.1.3	Väst Nordviksgatan	39
8.1.4	Väst Nordviksgatan - Celsiusgatan	40
8.1.5	Celsiusgatan – Bratteråsgatan	41
8.1.6	Bratteråsberget	42
8.1.7	Bratteråsberget till Krokängsberget	43
8.1.8	Krokängsberget	44
8.1.9	Väster Krokängsberget/Pölsebo, Pölsebo	45
8.1.10	Pölsebo-Skandia hamnen	46
8.2	Gjorda antaganden	46
8.2.1	Nordviksgatan	46
8.2.2	Bratteråsberget öst	47
8.2.3	Bratteråsberget	47
8.2.4	Säterigatan (Bratteråsberget till Krokängsberget)	47
8.2.5	Krokängsberget	48
8.2.6	Pölsebo	48
8.3	Beräkningar	49
8.3.1	Principiella beräkningsfall för schakt i jord	49
8.3.2	Beräkningsfall för schakt i jord som ej beaktas	52

 TRAFIKVERKET	Projekttnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 3 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

8.3.3	Generella beräkningsförutsättningar.....	52
8.3.4	Väst Nordviksgatan till Celsiusgatan	53
8.3.5	Bratteråsberget öst	54
8.3.6	Bratteråsberget	58
8.3.7	Säterigatan (Bratteråsberget till Krokängsberget)	59
8.3.8	Krokängsberget.....	64
8.3.9	Pölsebo	65
8.4	Underlag till kontrollprogram.....	71
9	Kontroller under byggskedet	72
10	Underhållplanering och uppföljning efter färdigställande	72
11	Referenser	72

 TRAFIKVERKET	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 4 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - 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 hydrogeologiska undersökningar. Utredningen har utförts inom genomförandefasen för Järnvägsplan och Systemhandling.

2 Syfte och begränsningar

2.1 Syfte

Detta projekterings-PM syftar till att vara ett underlag för tidplan och kostnadsberäkning samt underlag för Systemhandling, MKB, tillståndsansökan för vattenverksamhet samt fortsatt projektering och byggande. Projekterings-PM redovisar beräkningsförutsättningar och ge förutsättningar för val av åtgärder.

2.2 Omfattning – översiktligt

Rapporten sammanfattar väsentliga förutsättningar från MUR – Hydrogeologi (2014), beskriver planerad konstruktion översiktligt samt väsentliga antaganden för beräkningar samt resultaten av de beräkningsfall som ansetts väsentliga som underlag för Systemhandlingen.

2.3 Begränsningar

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

3 Underlag för Projekterings PM

3.1 Underlag

Undersökningar som utförts inom ramen för detta uppdrag redovisas i MUR – Hydrogeologi, 2014 (Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi, 108793-18-081-001). Några mindre kompletterande utredningar har utförts för att belysa några viktiga frågeställningar. Dessa utredningar utgör underlag till denna Projekterings PM och omfattar:

PM – Hydrogeologi, 2015a. (PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel, 108793-18-080-004.)

PM – Hydrogeologi, 2015b. (PM Hydrogeologi - Pump/infiltrationsbrunnar, 108793-18-080-005.)

Övrigt underlag redovisas under kapitel 11.

3.2 Pågående mätningar

Grundvattennivåmätningar pågår preliminärt fram till 2015-06-30 men kan komma att förlängas. De grundvattennivåmätningar som ligger till grund för

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 5 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

denna PM redovisas i MUR – Hydrogeologi, 2014 men ytterligare mätningar redovisas i;

PM Grundvattennivåmätning 2014108793-18-080-003

och styrs av kontrollprogram;

PM Kontrollprogram- Grundvattennivåer, 108793-18-080-002.

4 Styrande dokument

- Hantering av vatten ska uppfylla och följa Trafikverkets tekniska krav och råd för geokonstruktioner (TK Geo 11, 2011:047 om inte uppdateringar föreligger).
- 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 Eurokode 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 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 2013:10 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 2013:10 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 & 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).

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 6 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

- 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 Planerad konstruktion

Hamnbanan är planerad att byggas om från nuvarande enkelspår till dubbelspår mellan Eriksbergsmotet, Pölsebangård och vidare till Skandiahammen. Konstruktionstyper längs järnvägssträckningen framgår av Tabell 5-1

Tabell 5-1. Konstruktionstyper längs den nya järnvägssträckningen mellan Eriksberg och Skandiahammen.

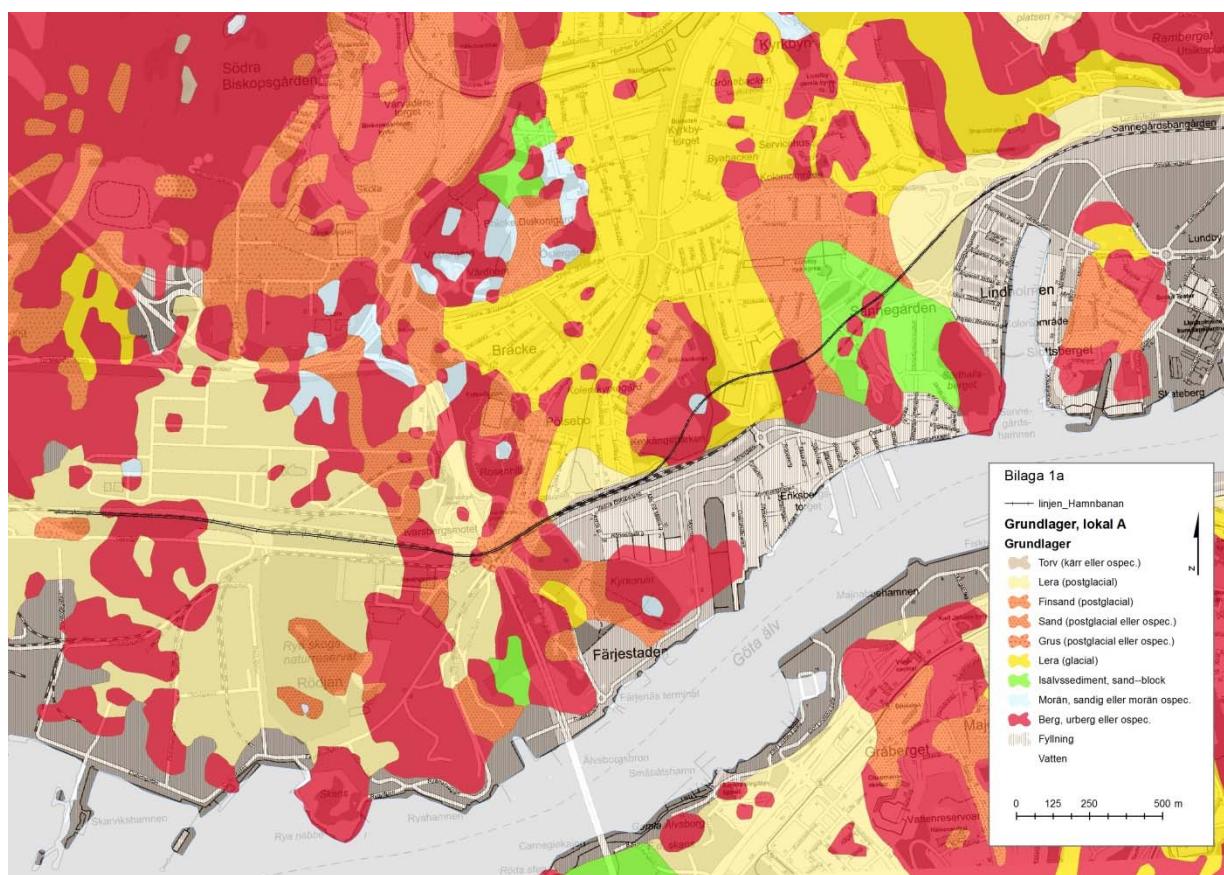
Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Från km	Till km	Längd [m]
Eriksberg	Spår på mark	4+100	4+280	180
Väst Nordviksgatan	Stödkonstruktioner /Tråg	4+280	4+400	120
Väst Nordviksgatan – Celsius gatan	Betongtunnel i bergschakt	4+400	4+550	150
Celsiusgatan till Bratteråsberget	Betongtunnel	4+550	4+720	170
Bratteråsberget	Bergtunnel	4+720	4+810	90
Bratteråsberget till Krokängsberget	Betongtunnel	4+810	5+080	270
Krokängsberget	Bergtunnel	5+080	5+290	210
Väster om Krokängsberget/Pölsebo	Betongtunnel	5+290	5+510	220
Pölsebo	Tråg	5+510	5+790	280
Pölsebo bangård-Ryaverket	Spår på mark	5+790	6+300	510

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen	Sidnr: 7 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Från km	Till km	Längd [m]
Ryaverket-Skandiahamnen	Spår på mark	6+300	7+010	710
Skandiahamnen	Spår på mark med bergskärning	7+010	7+210	200
Skandiahamnen	Spår på mark	7+210	7+500	290

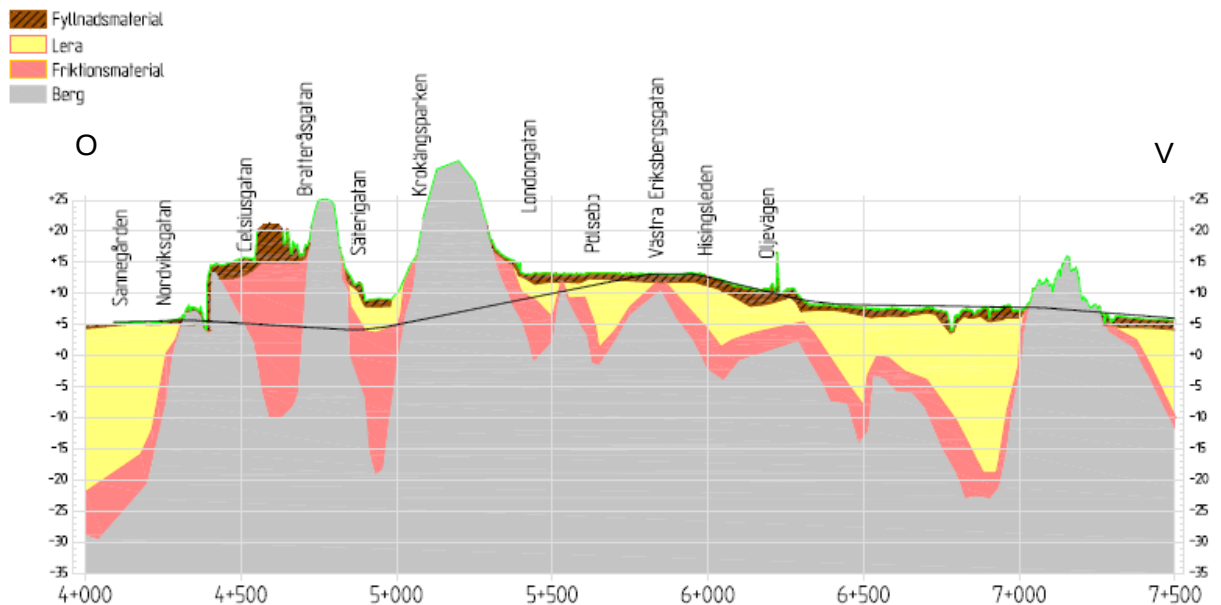
6 Markförhållanden

Översiktliga geologiska förhållanden framgår av Figur 6-1 och Figur 6-2. Geologiska förhållanden beskrivs i detalj i MUR – Hydrogeologi (2014), MUR – Bergteknik (2014) och MUR – Geoteknik (2014) och hydrogeologiska förhållanden sammanfattas i kapitel 7.



Figur 6-1. Jordlager och bergblottningar längs den nya järnvägssträckningen mellan Eriksberg och Skandiahamnen.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 8 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 6-2. Geologisk översikt över förhållanden längs bansträckningen (svart linje).

7 Sammanställning av härledda egenskaper

7.1 Konceptuell modell

7.1.1 Generellt längs bansträckningen

7.1.1.1 Geologi

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

7.1.1.2 Grundvattenmagasin

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

I fyllnadsmaterialet över leran finns ett öppet grundvattenmagasin.

Undantaget från denna generalisering 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 bergsområdena. Dessa områden är viktiga för grundvattenbildningen väster om Krokängsparken

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 9 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Leran under Göta älv underlagras av friktionsjord. Det undre grundvattenmagasinet bedöms stå i kontakt med detta friktionslager.

Längs hela korridoren förekommer i berggrunden grundvatten i öppna spricksystem, som även står i hydraulisk kontakt med grundvattenmagasinet i jordlagren. De bergtekniska undersökningarna har inte visat på några betydande sprickzoner längs planerad bansträckning (MUR –Bergteknik, 2014).

7.1.1.3 Grundvattennivåer

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 reglerar 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 om grundvatteninläckaget minskar.

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 avrinningsområdet övre del och blir mindre i avrinningsområdet nedre delar, vilket stämmer väl när SBKs data analyseras. Skillnaden 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 skillnader är ca 2-3 m i närheten av planerad bansträckning. Grundvattenytan bedöms ligga i huvudsak 1–8 meter under markytan i jord och 2-11 meter i berg (medianvärden, varierar beroende på område. Grundvattennivån kan ligga djupare periodvis i vissa områden).

7.1.1.4 Grundvattenbildning

8 ytavrinningsområden berör den planerade bansträckningen. I några fall nära bansträckningen återfinns grundvattendelare inte i samma lägen som ytvattendelare 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. Det kan noteras att grundvattenbildningen i centrala Göteborg är generellt liten.

7.1.1.5 Grundvattenkemi

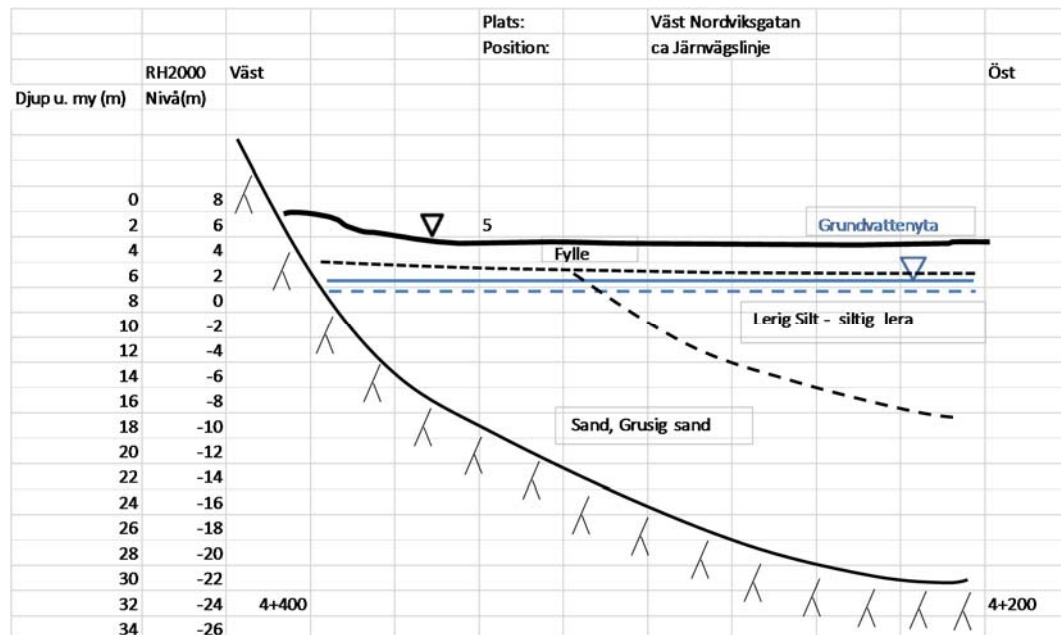
Vattenprov i jord har tagits för kemisk-fysikalisk analys i samband med tre provpumpningar; i Pölsebo (väst om Krokängsberget), Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget) samt öst om Bratteråsberget.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 10 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

Halterna för några analyserade komponenter vid slutet av pumpningarna redovisas i 7.4. Se ,MUR - Hydrogeologi (108793-18-081-001) för mer detaljer.

7.1.2 Eriksberg – Väst Nordviksgatan

En konceptuell modell visas i Figur 7-1 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.

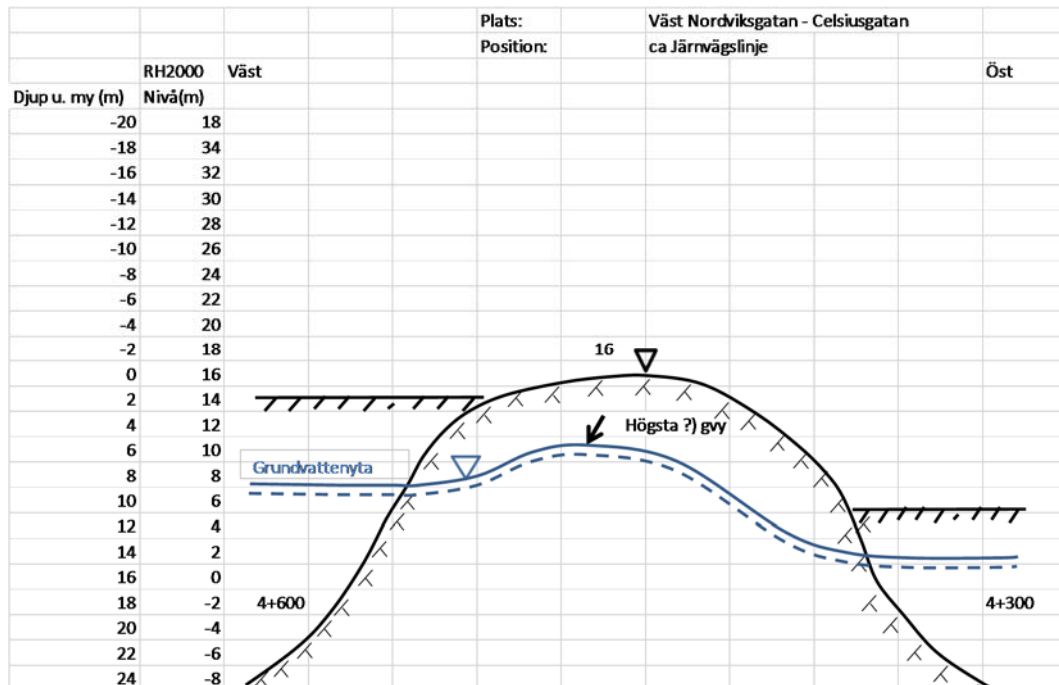


Figur 7-1. Konceptuell modell över lagerföljd. Nordviksgatan.

7.1.3 Väst Nordviksgatan – Celsiusgatan

Bergsområdet 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 nivå +5 m medan grundvattennivån vid bansträckning är ca +1.5 m, se Figur 7-2.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 11 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000 Rev. datum: -/-



Figur 7-2. Konceptuell modell över lagerföljd vid Nordviksgatan – Celsiusgatan.

7.1.4 Celsiusgatan – Bratteråsgatan

En konceptuell modell visas i Figur 7-3 som speglar förhållanden vid planerad bansträckning mellan Bratteråsgatan och Celsiusgatan. 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 siltskikt 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. Tunna skikt med förhöjd genomsläpplighet kan finnas i lera.

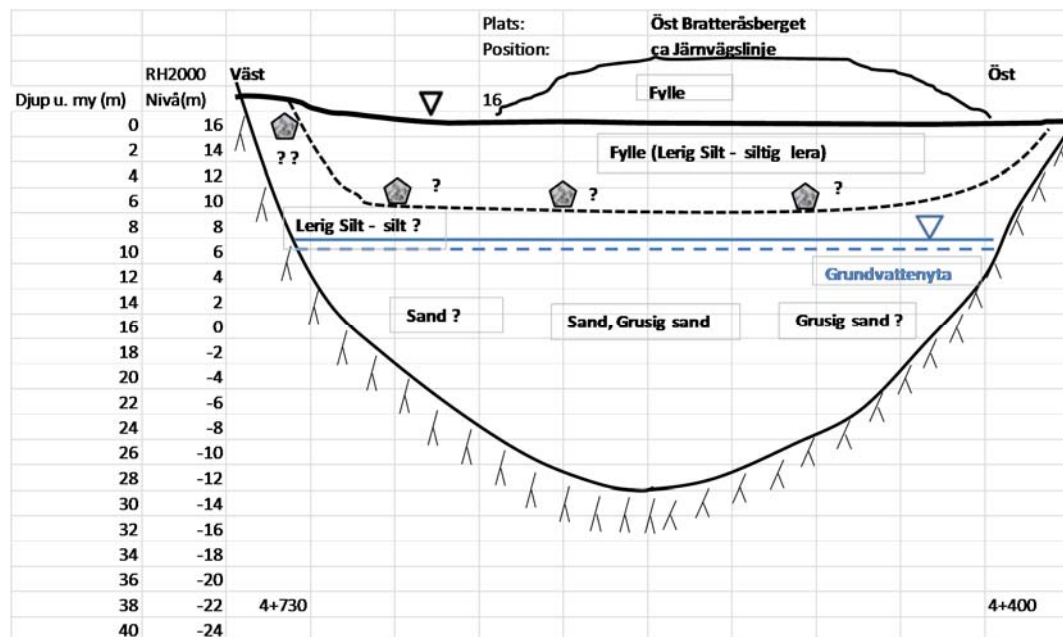
Området har varit grustäkt och fyllet är av okänt ursprung och sammansättning. Djupet till gammal grustagsbotten varierar men tolkningen är att det kan vara approximativt på +9 m men denna nivå är osäker. Tolkningen från borrhningen om fyll/silt/siltig lera härrör förmodligen från vad som återfyllts 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).

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/grus lagren.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 12 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

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 isälvssediment 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 7-3. Konceptuell modell över lagerföljd. Bratteråsgatan till Celsiusgatan.

7.1.5 Bratteråsberget

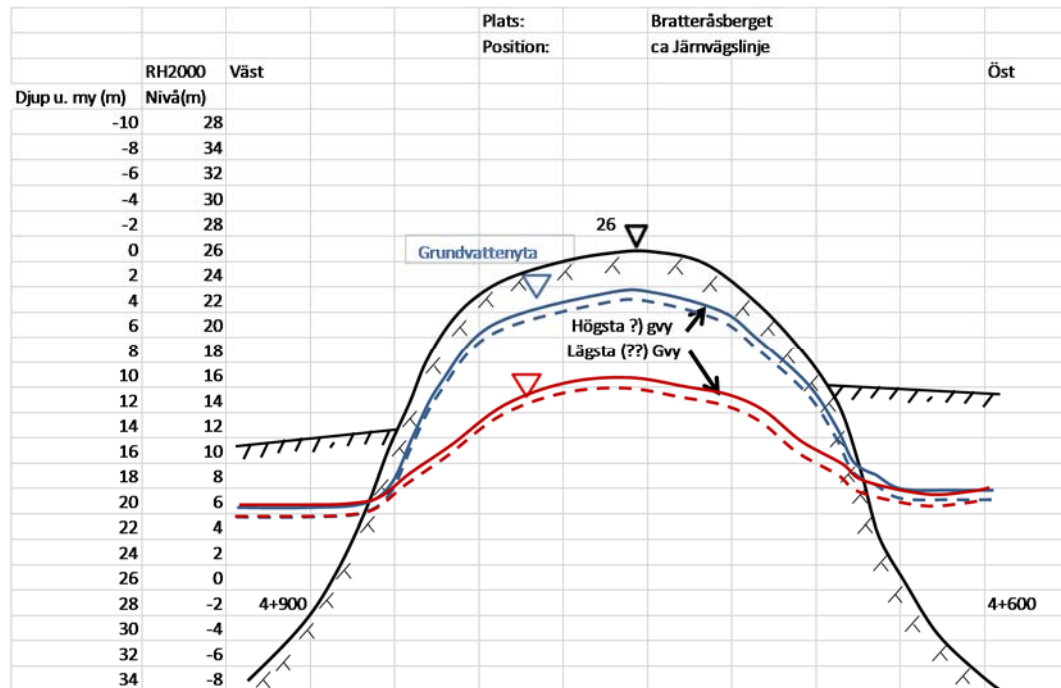
En konceptuell modell visas i Figur 7-4 och Figur 7-5 som speglar förhållanden vid planerad bansträckning genom Bratteråsberget.

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 jordtäkta 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 bergsområde uppströms jordlagren. En tid efter ett ihållande regn finns sannolikt bara kapillärt bundet vatten. Dessa förhållanden illustreras i Figur 7-5.

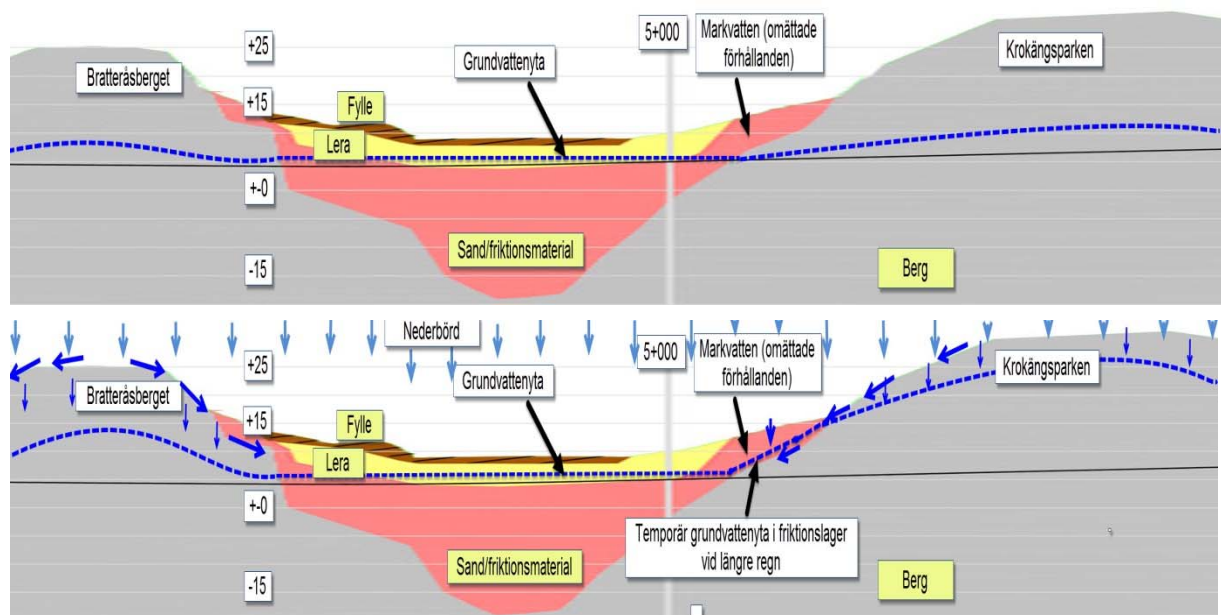
Grundvattennivåförändringar kan eventuellt påverka skyddsvärda träd i Krokängsberget och Bratteråsberget. Trädens anpassningsförmåga till höjda

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 13 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

grundvattennivåer är betydligt sämre jämfört med sjunkande grundvattennivåer. I MUR – Hydrogeologi (2014) redovisas fler detaljer, bland annat visas en principbild över kapilärtryckskurvorna i en lerig jord och en sandig jord med en grundvattenyta nära markytan och en grundvattenyta långt från markytan samt en diskussion hur det påverkar förhållandena i marken.



Figur 7-4. Konceptuell modell över Bratteråsberget.



Figur 7-5. Konceptuell modell över Krokängsberget och Bratteråsberget.

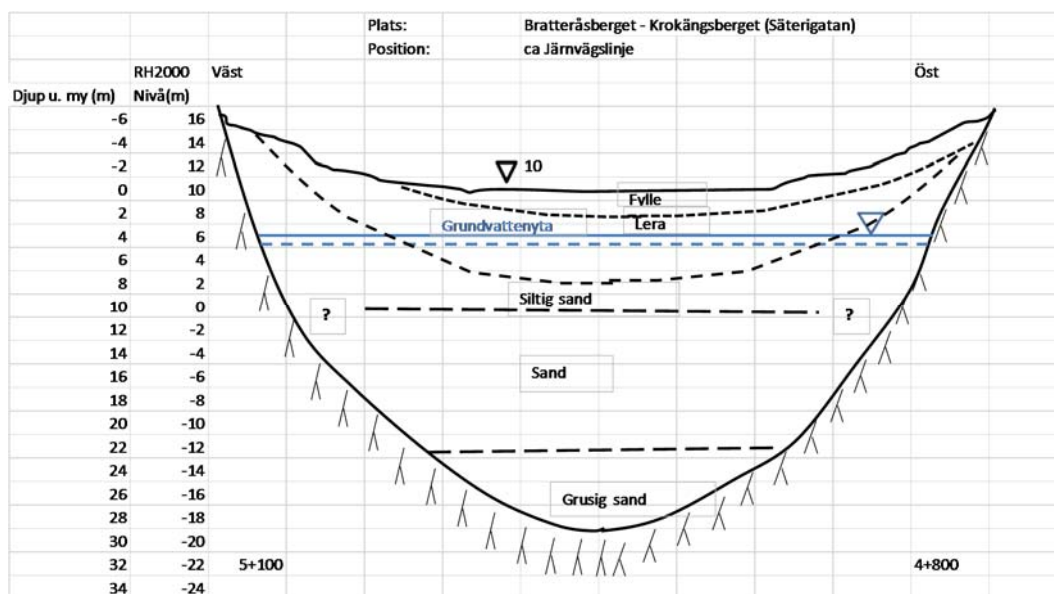
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 14 (73)
		Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

7.1.6 Bratteråsberget – Krokängsberget

En konceptuell modell visas i Figur 7-6 som speglar översiktliga förhållanden vid planerad 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 varierar under leran. Tunna skikt med förhöjd genomsläpplighet kan finnas i lera.

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.



Figur 7-6. Konceptuell hydrogeologisk modell över området mellan Bratteråsberget i öster och Krokängsparken i väster.

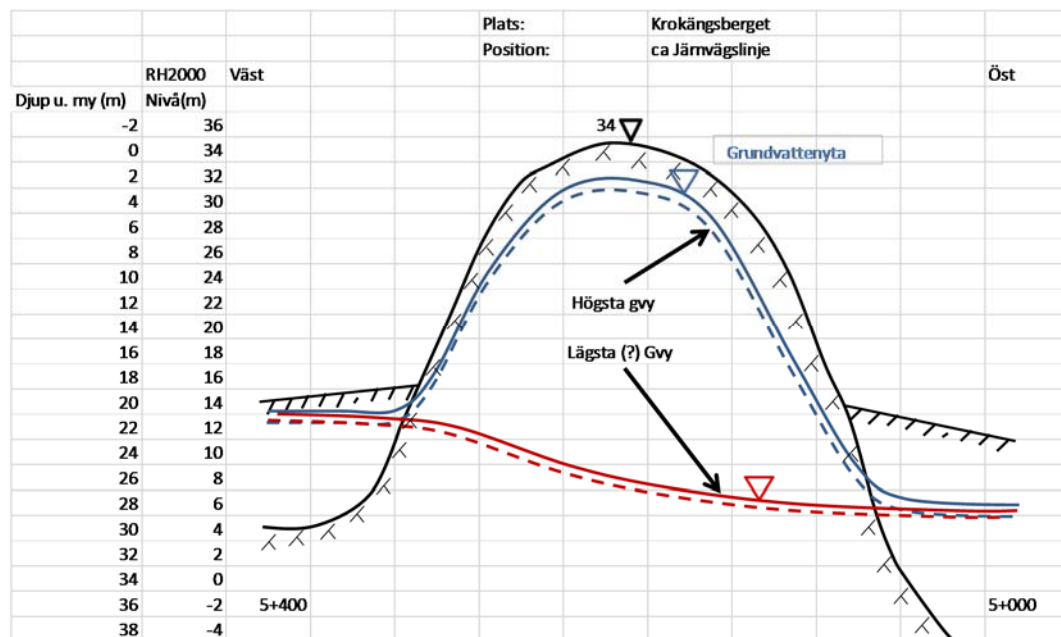
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 15 (73)
		Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

7.1.7 Krokängsberget

En konceptuell modell visas i Figur 7-5 som speglar översiktligt förhållanden vid planerad bansträckning 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.

Grundvattennivån i de jordfyllda svackorna har sannolikt långa perioder utan någon grundvattenyta, 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 bergsområde uppströms jordlagren. En tid efter ett ihållande regn finns sannolikt bara kapillärt bundet vatten. Dessa förhållanden illustreras i Figur 7-5 och Figur 7-7.



Figur 7-7. Konceptuell hydrogeologisk modell över Krokängsberget.

7.1.8 Väster Krokängsberget/Pölsebo, Pölsebo

En konceptuell modell visas i Figur 7-8 som speglar förhållanden vid 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 (från 3 m ner till 4 - 7 m). Under leran kommer siltig sand som i de djupaste delarna övergår till en grövre sand med gruslinslag (från 4-7 ner till 6-16 m) på berg. Lerlagret tunnare ut mot Krokängsberget och

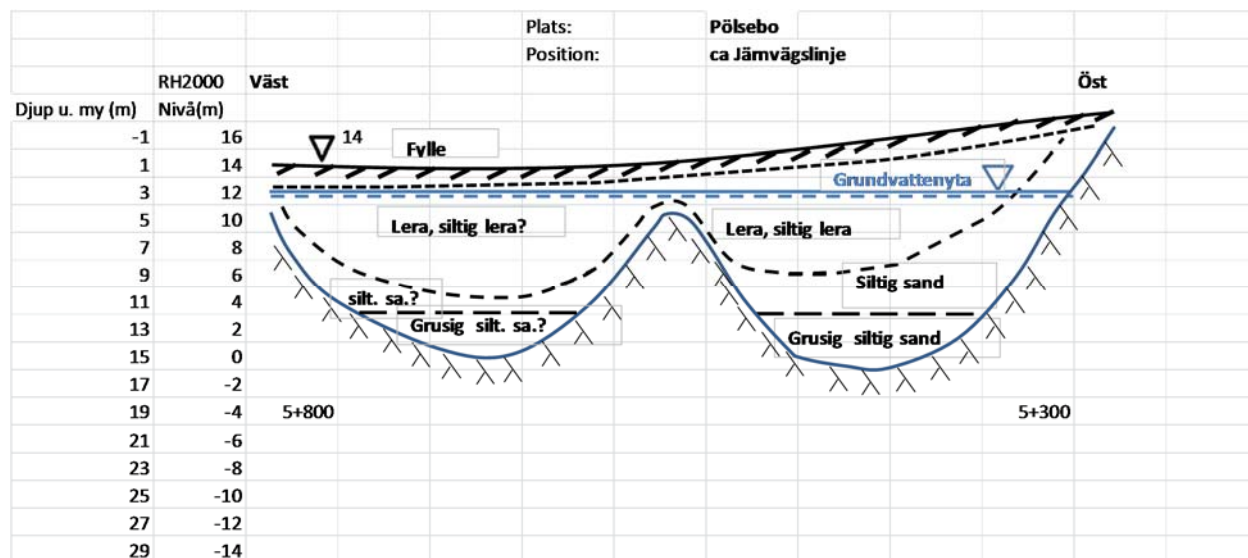
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen	Sidnr: 16 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

bedöms försvinna nära Krokängsberget. Uttunning av lerlagret bedöms ske även i västra delen och vid bergklacken i centrala delen. Friktionsmaterialet under leran bedöms finnas på bergytan över hela dalgången. Tunna skikt med förhöjd genomsläpplighet kan finnas i leran.

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 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 Krokängsberget men det kan inte uteslutas att jordlagren norr och väster om bassängen också bidrar till någon del. Grundvattenvariationerna är dock större och snabbare i den östra delen jämfört med den västra varför bedömningen är att det är främst Krokängsberget 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.

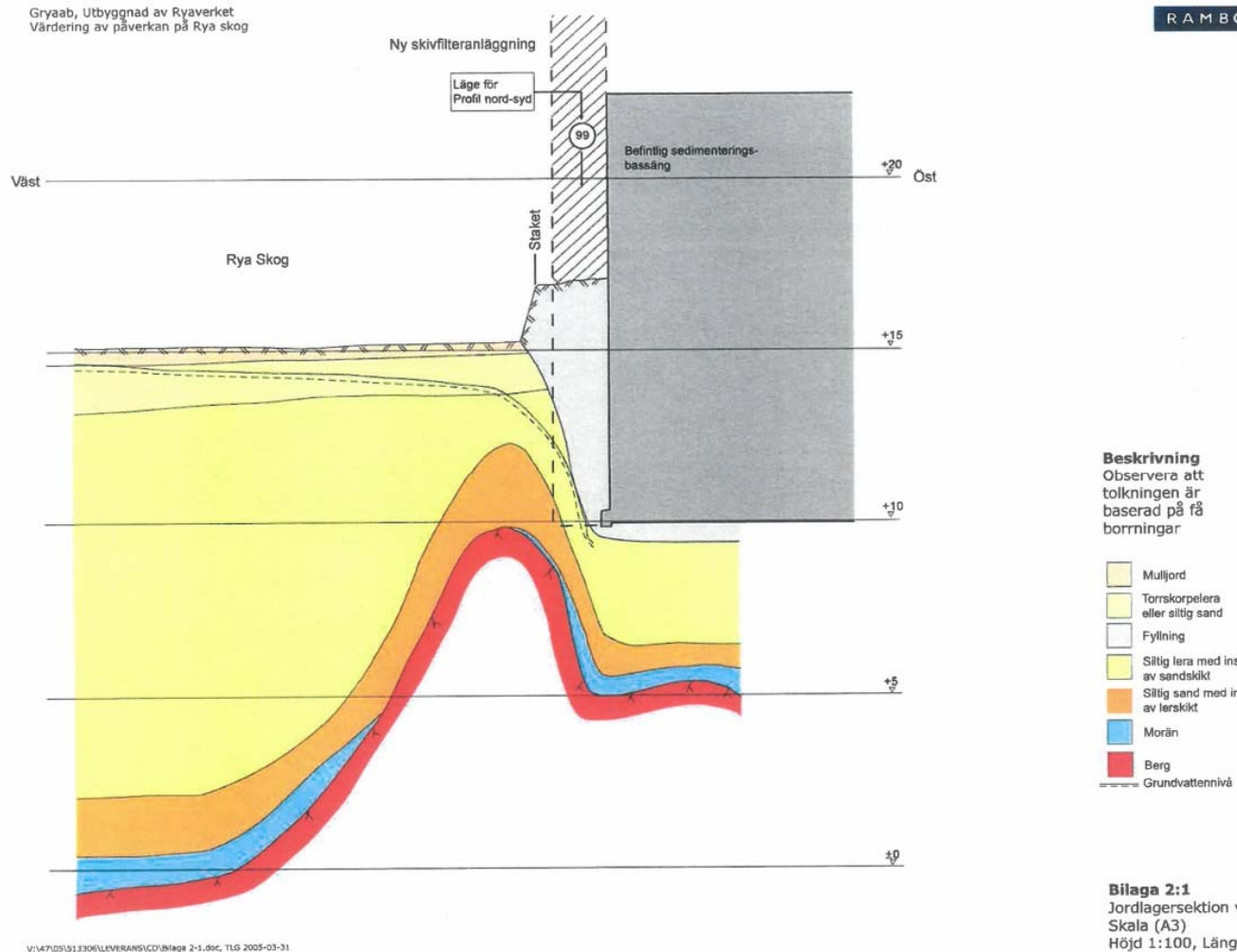


Figur 7-8. Konceptuell hydrogeologisk modell över området väster om Krokängsparken vid Pölsebo.

7.1.9 Pölsebo – Skandiahamnen

Inga borrhningar är utförda inom ramen för projektet men en utredning för Ryaverken (Ramböll, 2005b) ger sannolikt en indikation på förhållanden råder i de lertäckta områdena, se Figur 7-9. Lagerföljden kan beskrivas som: Mulljord eller fylla nära markytan, som underlagras av torrskorpelera och därefter av siltiglera med inslag av sandskikt. Närmast berg finns tunnare lager med sand och/eller morän.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 17 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 7-9. Konceptuell modell över lagerföljd. Ryaverken. (Ramböll, 2005b).

7.2 Hydrauliska egenskaper

Källa till uppgifter är MUR – Hydrogeologi (2014) om inget annat anges.

7.2.1 Övre grundvattenmagasin

Endast ett fåtal undersökningar har gjorts och dessa ligger i Krokängsberget och Bratteråsberget, se Tabell 7-1. Ett övre grundvattenmagasin återfinns vanligen i jordlagrens översta 1-2 m som är påverkade av ytnära processer (såsom tex rottrådar och maskgångar) som påverkar porositet och vattengenomsläpplighet. I områden med fyllnadsmassor kan variationen av hydrauliska egenskaper vara mycket stor beroende på vad fyllnadsmassorna består av. Knutsson och Morfeldt (2002) anger att den halvmeter i morän kan den hydrauliska konduktiviteten variera från ca 10^{-6} till 10^{-3} m/s och ett "typiskt" värde för fyllning anges till 10^{-4} m/s i Gustafson (1212) ("typiskt" i så motto att det kan vara mycket högre än underliggande lerlager.)

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 18 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 7-1. Översikt över ungefärliga hydrauliska konduktiviteter (K) från stickproven.

Parameter	Övre magasinet	
	Bratterås-berget	Krokängs-parken
Lägsta K-värde (m/s)	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$7,3 \cdot 10^{-12}$
25% percentilen av K-värde (m/s)	$7,8 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$
Median K-värde (m/s)	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-7}$
75% percentilen av K-värde (m/s)	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$9,8 \cdot 10^{-7}$
Högsta K-värde (m/s)	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
Antal prover	4	4

7.2.2 Lerlager

Lerans hydrauliska egenskaper har inte specifikt undersökts som del av de hydrogeologiska undersökningarna men i Carlsson och Gustafson (1997) anges att den hydrauliska konduktiviteten normalt varierar från ca 10^{-12} till 10^{-9} m/s. Vid en pumptest (vid Säterigatan mellan Krokängsberget och Bratteråsberget) kunde dock den vertikala hydrauliska konduktiviteten (K_v) skattas till $1,3 \cdot 10^{-8}$ m/s men värdet får anses osäkert. Inbäddat i lerlagren finns silt, speciellt frekvent i Pölsebo varför anisotropi kan förväntas i lerlagren. Sannolikt kan K_h/K_v vara i storleks ordning upp till 10 (K_h : horisontell hydraulisk konduktivitet).

7.2.3 Undre grundvattenmagasin

Beräkning av hydraulisk konduktivitet utifrån siktanalyser har gjorts för områdena Nordviksgatan, Öst om Bratteråsberget, Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget) samt Pölsebo, se Tabell 7-2.

Områdena Nordviksgatan, Öst om Bratteråsberget, Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget) består jordlagren till stor del av sand ibland med inslag av grus medan Pölsebo består jordlagren mer av siltig sand.

I Carlsson och Gustafson (1997) anges att den hydrauliska konduktiviteten normalt varierar från ca 10^{-6} till 10^{-3} m/s för sand och för silt varierar den i normalt varierar från ca 10^{-9} till 10^{-5} m/s.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 19 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 7-2. Översikt över ungefärliga hydrauliska konduktiviteter (K) från stickproven.

Undre magasinet				
Parameter	Nordviks- gatan	Bratteråsberget Öst	Säterigatan	Pölsebo
Lägsta K-värde (m/s)	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$
25% percentilen av K- värde (m/s)	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$5,7 \cdot 10^{-5}$
Median K-värde (m/s)	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$
75% percentilen av K- värde (m/s)	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$6,6 \cdot 10^{-5}$
Högsta K-värde (m/s)	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$9,4 \cdot 10^{-5}$
Antal prover	7	20	28	12

Provpumpningar har utförts i områdena Nordviksgatan, Öst om Bratteråsberget, Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget) samt Pölsebo, se Tabell 7-3 till Tabell 7-5. Sannolikt kan viss anisotropi förväntas, speciellt i Pölsebo, men inga resultat från undersökningarna kan visa på hur stor den är. Sannolikt kan K_h/K_v vara i storleksordning upp till 10.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 20 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 7-3. Tolkade resultat från interferenstest utförd vid Pölsebo för undre grundvattenmagasin. (Grundvattenmagasinets mäktighet för test, vid brunn (Ht), Transmissivitet (T), Magasinskoefficient (S), Skinfaktor(Sw): Hm. 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 Bratteråsbe rget	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 förändrade ränder
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 förändrade ränder
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 pumpbrunns 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 pumpbrunns mot väster, norr och österut.

Tabell 7-4. Tolkade resultat från interferenstest utförd i akvifer öster om Bratteråsberget och bergpartiet vid Celsiusgatan för grundvattenmagasinet. (Grundvattenmagasinets mäktighet för test, vid brunn (Ht), Vattenavgivningstal (Sy), Grundvattenmagasinets mäktighet är tolkad utifrån borrprotokoll och begränsas av bergöveryta till tätande lager (lera eller siltig lera) eller grundvattenyta.

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 – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 21 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 7-5. 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 borrhållsprotokoll och begränsas av bergöverty till tätande lager (lera eller siltig lera) eller grundvattenyta.

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

Den uppskattade vertikala hydrauliska konduktiviteten för Säterigata representerar lerlagret ovan den undre akviferen och får betraktas som osäker. Tentativt kan den vertikala hydrauliska konduktiviteten sannolik vara upp till 10 gånger lägre än den horisontella för friktionsjordarna Öst Bratteråsberget, Säterigatan och Pölsebo.

7.2.4 Berg

Tester har utförts i mer eller mindre vertikala hammarborrhål (test skala ca 25 m) och i mer eller mindre horisontella kärnborrhål (test skala 3m och ca 100m) i Bratteråsberget och Krokängsberget.

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.

Testerna i kärnborrhålen, helhållsmätningar (skala 100m) visar på en geometrisk hydraulisk konduktivitet; $K_g =$ ca $1.0 \cdot 10^{-7}$ m/s med ett 95% konfidensintervall på ca $5.4 \cdot 10^{-8}$ till $2.8 \cdot 10^{-7}$ m/s.

För inläckage beräkningar till tunnel bör stor testskala användas och då kan resultaten från kärnborrhålen anses mer representativa då borrhållarna i stort sett ligger i planerad tunnelsträckning. Resultaten från hammarborrhålen ger lägre K vilket kan tyda på att vertikala spricksystem kan förväntas vara mer konduktiva än horisontella.

Testerna i kärnborrhålen, med 3 m test sektion visar på en geometrisk hydraulisk konduktivitet; $K_g = 7.5 \cdot 10^{-9}$ m/s med ett 95% konfidensintervall på ca $2.6 \cdot 10^{-9}$ till $2.2 \cdot 10^{-8}$ m/s.

Testerna i olika skalor visar att beräknade medelvärden är beroende av vald testskala, vilket är förväntat.

Tidigare utredningar av berget vid Skarvikshamnen har uppskattat den hydrauliska konduktiviteten till $9 \cdot 10^{-8}$ m/s.

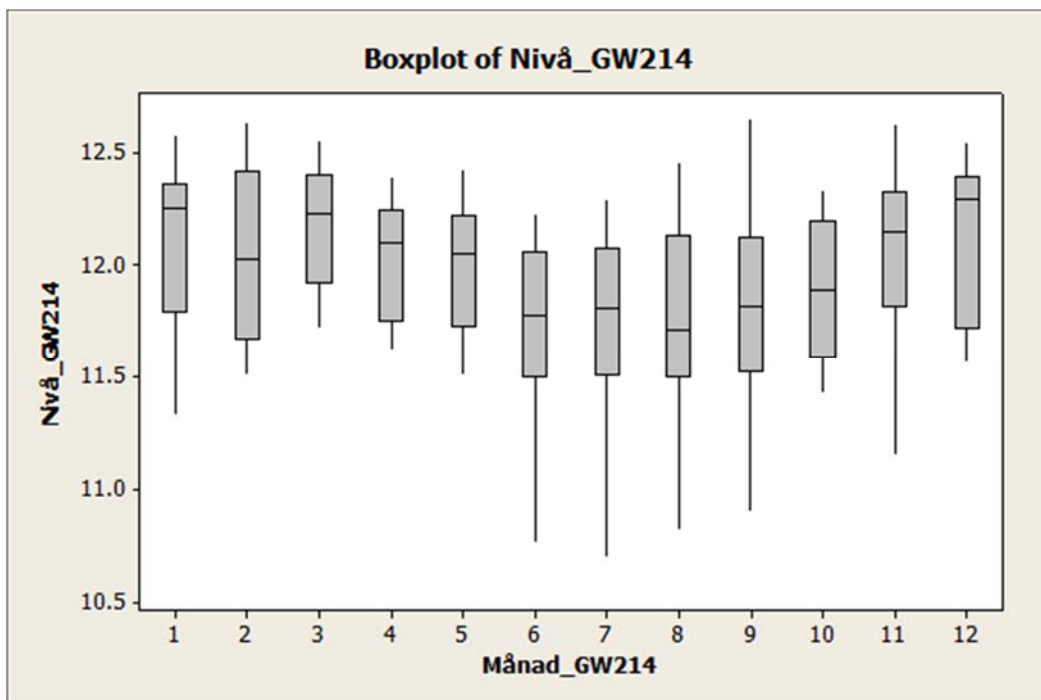
7.3 Grundvattennivåer

7.3.1 Generellt

Grundvattennivån varierar över året och vanligtvis erhålls de lägsta nivåerna under sommaren och de högsta under hösten och vintern, vilket exemplifieras av SBK mätningar i observationsrör GW214 som ligger i Pölsebo, se Figur 7-10. Nära

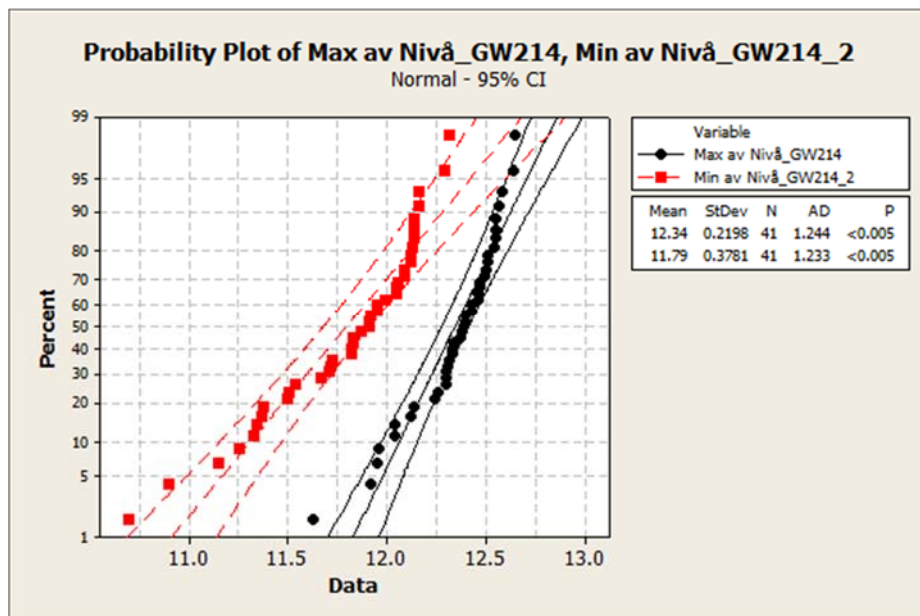
 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 22 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

grundvattendelare är grundvattennivåvariationen är som störst och minskar sedan nedströms i avrinningsområdet. Förväntade max- och minvärden på grundvattennivåer ligger till grund för dimensionering som beror av grundvattentryck. Fördelningsfunktion för mätta årliga max och min grundvattennivå exemplifieras av SBKs mätningar i observationsröret GW214, se Figur 7-11. I figuren kan ses att en dräneringsnivå nås, vilket i detta fall stämmer väl med markytan i området.



Figur 7-10. 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: $1.5 \cdot (Q3-Q2)$, Whisker från Q1: $1.5 \cdot (Q2-Q1)$,). Möjlig variation är vanligen större än uppmätt variation.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 23 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 7-11. GW214. Fördelningsfunktion av mätta årliga max och min grundvattennivå.

7.3.2 Prognos av grundvattennivåer i jord

7.3.2.1 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 återkomstintervall av T år redovisas i Svensson och Sällfors (1988). Metodik och beräkningar redovisas i MUR – Hydrogeologi (2014).

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 områden 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 MUR – Hydrogeologi (2014).

Beräkningstid 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 MUR – Hydrogeologi (2014) för detaljer. Resultaten redovisas i Tabell 7-6.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 24 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 7-6. 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), se text. Prognos över markyta inom parantes. Felet i prognos bedöms vara ca ± 0.3 m, se bilaga 9, MUR – Hydrogeologi (2014). Obs att medel för grundvattennivå, $h_P(p\text{-medel})$, är extra osäker på grund av kort period av mätningar. Värde inom parantes anger att nivån ligger över marknivå. **Ej hänsyn tagit till klimatförändringar.**

Prognosrör				Prognos			
Plats	Bh-ID	Nivå markyta	$h_P(p\text{-medel})$	Ref rör:	T	$h_P(T\text{-min})$	$h_P(T\text{-max})$
		(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 grundvattennivå 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 grundvattentryck vid markyta, dvs i stort sett kan artesiska förhållanden bli rådande. Vid Pölsebo:s västra del bedöms att grundvattennivå i undre magasin 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

 TRAFIKVERKET	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 25 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

GW4514, se bilaga 9. Data för GW225 borrhål redovisas i bilaga 9, MUR – Hydrogeologi (2014). Beräkningsperiod är bara ett par månader för dessa borrhål och prognoserna får betraktas som osäkra.

Vid Nordviksgatan bedöms att grundvattennivå kan nå ca +2.5m 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 +8.1 m i banläget med ett återkomstintervall av 100 år, men prognosen får betraktas som extra osäker med hänsyn till ett begränsat dataunderlag.

7.3.2.2 Jord - Prognos. 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 bör lufttemperaturen stiga 4-6 °C och nederbörden ökar med 10-30% där största ökningen är under vinterhalvåret. Vattenföringens variation under året förändra mot högre flöden under höst-vinter och lägre vårflod. 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 storleksordning som prognostiserades i kapitel 7.3.2.1, eller till och med högre, eftersom det antas att största ökningen av nederbörden är under vinterhalvåret.

7.3.2.3 Jord- Prognos. Havsnivåförändringar på grund av klimatförändringar

Med antagandet om en global havsnivåhöjning på ca +1 m, är prognosen att medelvattenytan höjs med 65-80 cm längs Västra Götalands Läns kuststräcka 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 medelhavsytan för 2100.

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

Övriga delar, 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

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 26 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

yllning se bilaga 1. Fyllningen torde dock inte kunna vara någon hydraulisk barriär.

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 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 100 m från kusten. Om det antas att grundvattenmagasinet är slutet med rimliga skattningar på magasincoeffcienten (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 förmoda att Nordviksgatan och Öst Bratteråsberget bör i huvudsak kunna betraktas som öppna magasin som har en direkt koppling till kusten. 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 kusten och att det står i förbindelse med det slutna magasinet vid mellan Krokängspareken och Bratteråsberget.

Prognostiserad max nivå i kapitel 7.3.2.1 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 men i Tabell 7-7 har inget sådant hänsynstagande gjorts till kortvariga extrema havsvattenstånd annat än som en kommentar till tabell.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 27 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 7-7. 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, MUR – Hydrogeologi (2014). 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	$h_P(p\text{-medel})$	Ref rör:	T	$h_P(T\text{-min})$	$h_P(T\text{-max})$
		(m)	(m)		(år)	(m)	(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 sluten akvifer antas, vilket kan ge upp till ytterligare ca 1 m höjning.

7.3.3 Prognos av grundvattennivåer i berg

Grundvattennivån i berg som utgör höjdpunkter i landskapet har vanligen en stor naturlig variation.

7.3.3.1 Berg - Prognos. Nuvarande förhållanden

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

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 28 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 7-8. Prognosrör berg. Data för beräkningsperiod.

Prognosrör

		Beräkningsperiod		2012-05-03	2014-02-25	
Plats	Bh-ID	Nivå markyta	h _p (p-min)	h _p (p-medel)	h _p (p-max)	r _p
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
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 MUR – Hydrogeologi (2014).

7.3.3.2 Grundvattennivå – Generell områdesvis prognos.

Längs planerad bansträckning gäller prognosvärden för min, medel och högsta grundvattennivå enligt Tabell 7-9. Min nivå baseras på återkomstintervall T=100 år **utan** den förväntade medelhöjningen baserat på klimatförändringar. Medel nivå baseras 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 7-9 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 fotbollsplan där även schakter planeras att utföras.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 29 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 7-9. Prognos över grundvattennivåer.

Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Från km	Till km	Längd	Ej Inkl klimatförändr. T: 100 år	Ej Inkl klimatförändr. T: 100 år	Inkl klimatförändr. T: 100 år	Bedömd nivåvariation utifrån observationer
					Gvy-nivå-min	Gvy-nivå-med	Gvy-nivå-max	
		m	m	m	m	m	m	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 slutna akvifer antas, vilket kan ge upp till ytterligare ca 1 m höjning.

Nordviksgatan-Celsiusgatan

Grundvattennivåer har observerats i ett bergborrhål, 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 MUR – Hydrogeologi (2014).

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 grundvattennivå 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 MUR – Hydrogeologi (2014)). Markytan är som högst på ca +25 m och grundvattennivån kan eventuellt periodvis vara nära markytan.

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 30 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - 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 MUR – Hydrogeologi (2014).

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.

7.3.3.3 Berg - Prognos. Havsnivåförändringar på grund av klimatiförändringar

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.

7.4 Grundvattenkemi

7.4.1 Jord

Vattenprov i jord har tagits för kemisk-fysikalisk analys i samband med tre provpumpningar; i Pölsebo (väst om Krokängsberget), Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget) samt öst om Bratteråsberget. Vattenprover togs vid tre tillfällen under en pumpning; vid start, efter några dagar och vid pumpstart. 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 föroreningar. Vattenanalyserna exemplifieras nedan för sex analysresultat, pH, hårdhet, alkalinitet, järnhalt, kloridhalt och sulfathalt. Detaljer redovisas i MUR – Hydrogeologi (2014).

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 hårhetsgrader (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.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 31 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

- 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.

7.4.2 Berg

Vattenprov i berg 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 borrar genom att låta borrhålet flöda under provtagning. Kärnborrhålen borrar i Krokängsberget har inte kunnat provtas då de varit torra vid de tillfällen borrhålen undersökts.

Vattenanalyserna exemplifieras nedan för sex analysresultat, pH, hårdhet, alkalinitet, järnhalt, kloridhalt och sulfathalt. Detaljer redovisas i MUR – Hydrogeologi (2014).

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.
- 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.

7.5 Grundvattenmagasin

Bansträckningen påverkas av 8 olika ytavrinningsområden (se bilaga 1 B1-004 i MUR – Hydrogeologi (2014)). Grundvattenmagasinens karaktär varierar mycket längs bansträckningen och bilaga 1 B1-005 i MUR – Hydrogeologi (2014) med jordarter, och ytavrinningsområden indikerar de olika grundvattenmagasinen som finns längs bansträckningen som diskuteras mer nedan.

7.5.1 Eriksberg – Bratteråsberget

Jordakviferen bedöms vara ett öppet grundvattenmagasin väster om Nordviksgatan och slutet grundvattenmagasin öster om Nordviksgatan. Bergsområdet mellan Celsiusgatan och Nordviksgatan begränsar akviferen mot nordväst. Sannolikt fortsätter bergryggen under Statoilbensinmackan och något österut under Nordviksgatan men det är inte bekräftat med borrhningar och inga tidigare undersökningar har förnärvarande hittas som kan bekräfta hypotesen.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 32 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Grundvattennivåerna strax nordost om Statoilmacken, i GW225 indikerar dock relativt höga grundvattennivåer (ca +5 m) relativt grundvattennivåerna nära bansträckning (ca +1.5 m) varför det är 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 och fyllnadsmaterial. Området har varit grustäkt och fyllet är av okänt ursprung och sammansättning.

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 akvifer mäktigheten åt väster 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 i MUR – Hydrogeologi (2014), är jorddjupet norr om Bratteråsberget tämligen djupt men provpumpningarna utförda mellan Bratteråsberget och Celsiusgatan samt mellan Krokängsberget och Bratteråsberget, se bilaga 7, indikerar att den hydrauliska kommunikationen finns mellan områdena men är begränsad.

7.5.2 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 i berg låg. Grundvattenmagasinet i berget får betraktas som begränsat.

7.5.3 Bratteråsberget – Krokängsberget

Mellan Bratteråsberget och Krokängsberget finns mäktiga lager av friktionsjord som överlagras av finare sediment; silt och lera. Tunna skikt med förhöjd genomsläpplighet kan finnas i 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 bergsområdena i öster; Bratteråsberget och väster; Krokängsberget. Dvs det finns goda förutsättningar att nederbörd som avrinner från bergsområdena bidrar till grundvattenbildningen i dalen.

Troligen fortsätter en bergrygg norr om Bratteråsberget som begränsar akvifer mäktigheten åt öster men fortfarande finns en hydraulisk kommunikation med området norr om dalgången mellan Bratteråsberget och Krokängsberget, se bilaga 7 i MUR – Hydrogeologi (2014). Enligt SGUs tolkningar av jorddjup, se bilaga 1 B1-002 i MUR – Hydrogeologi (2014), är jorddjupet norr om Bratteråsberget tämligen djupt men provpumpningarna utförda mellan Bratteråsberget och Celsiusgatan samt mellan Krokängsberget och

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 33 (73)	
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Bratteråsberget, se bilaga 7 i MUR – Hydrogeologi (2014), indikerar att den hydrauliska kommunikationen finns mellan områdena men är begränsad.

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

7.5.4 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 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 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 berg låg. Grundvattenmagasinet i berget får betraktas som begränsat.

7.5.5 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. Tunna skikt med förhöjd genomsläpplighet kan finnas i lera. 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 men i västliga delen återfinns sand i markytan enligt SGUs kartering och det bedöms att det slutna grundvattenmagasinet övergår till att bli öppet i västra delen. Grundvattenmagasinet fortsätter sannolikt långt mot norr, se bilaga 1 B1-005 i MUR – Hydrogeologi (2014). 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 badläge, trots bergrygg.

Enligt bilaga 1 B1-005 i MUR – Hydrogeologi (2014) 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 i MUR – Hydrogeologi (2014). Grundvattennivåerna i Pölsebo är betydligt högre än öster om Krokängsparken och orsaken är troligen att det finns

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 34 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

en bergrygg som går söderut från Krokängsparken mot bergpartiet söder om Pölsebo som begränsar dräneringen från området.

Grundvattenmagasinen som nära bansträckningen begränsas av berg i öster av Krokängsberget och väster av bergsområdena 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 bergsområdena i väster och i öster finns stora områden med friktionsjord i markytan. Dvs det finns goda förutsättningar att nederbörd som avrinner från bergsområdena bidrar till grundvattenbildningen i grundvattenmagasinen.

7.5.6 Pölsebo - Skandiahamnen

Två avrinningsområden berör denna del av bansträckningen, se bilaga 1 B1-005 i MUR – Hydrogeologi (2014). 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. Tunna skikt med förhöjd genomsläpplighet kan sannolikt finnas i lera. Ett öppet, ytligt grundvattenmagasin finns i torrskorpelera och periodvis uppstår sumpområden på några ställen (tex 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 bergsområden och till viss del i ett sandigt område, se bilaga 1 B1-005 i MUR – Hydrogeologi (2014).

7.6 Grundvattenströmning

Grundvattenströmningen i området sker storskaligt från höjdområden i norr, i riktning ner mot friktionsjorden som underlagras lera under Göta älv. Två huvudavrinningsområden har identifierats, ett på varsin sida om Älvsborgsbron, se bilaga 1 figur B1-005 i MUR – Hydrogeologi (2014). 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 går 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 7-10 redovisas representativa värden på hydraulisk konduktivitet (K) baserat på utförda pumptester.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen	Sidnr: 35 (73)	
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 7-10. 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	8.3E-04	20	4.2E-05	Pumptest
Pölsebo-öst	4.6E-05	6	7.7E-06	Pumptest
Pölsebo-väst			1e-5	Antaget K
Pölsebo - öst	3.7E-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 7-11 redovisar storleksordningen på grundvattenflöde som under nuvarande förhållanden flödar i de fyra angivna områdena. 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 7-11. Det bedöms att det sistnämnda flödet bör vara en överskattning av aktuellt flöde i Pölsebo –öst.

Tabell 7-11. Beräknat storleksordning på naturlig grundvattenflöde i jordlagren.

ID-område	K m/s	A m ²	i m/m	Q m ³ /s	Q L/s
Öst Bratteråsberget	5.6E-05	2200	0.003	3.7E-04	0.4
Säterigatan : Bratteråsberget- Krokängsparaken	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

7.7 Grundvattenbildning och grundvattenbalans

Grundvattenbildningen har skattats utifrån två metoder; dels ”Schablonmetoden” , se Tabell 7-12, baserad på ytor av olika marktyper och antagande om grundvattenbildning på dessa ytor och dels kloridbalansmetoden. Båda är osäkra metoder. Beräkningar av grundvattenbildning enligt schablonmetoden redovisas

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 36 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

i Tabell 7-13 för avrinningsområden enligt Bilaga 1 B1-006 i MUR – Hydrogeologi (2014).

Tabell 7-12. Grundvattenbildning i typområden enligt schablonmetod (PM F 04-034, Västlänken).

Typ område	ID-Typ	Grundvattenbildning	
		Min mm/år	Max mm/år
Berg/hällemark	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 jämställts med lera i beräkningarna för skattning av grundvattenbildningen i undre magasinet.

Grundvattenbildningen 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. Grundvattenbildning baserat på kloridmetoden blir ca 90-120 mm/år i genomsnitt. Grundvattenbildningen kan uppskattas vara i genomsnitt vara ca 50-120 mm/år enligt dessa två metoder. Tillämpas detta på alla avrinningsområden fås avrinningarna enligt Tabell 7-14. MUR – Hydrogeologi (2014) redovisar en mer detaljerad beskrivning av grundvattenbildningsförhållanden i olika områden längs planerad bansträckning.

Tabell 7-13. Grundvattenbildning skatt med schablonmetoden (Ytor med vatten och torv ej medtagna).

ID-Avrinnings-omr.	Total yta m ²	ID-Typ 1 Andel	ID-Typ 2 Andel	ID-Typ 3 Andel	ID-Typ 4 Andel	Grundvatten- bildning		Grundvatten- bildning totalt	
						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	21

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 37 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 7-14. 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	Grundvattenbildning		Grundvattenbildning 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	15	35

8 Beräkningar

8.1 Beskrivning av konstruktion

I detta kapitel beskrivs de generella beräkningsförutsättningarna som ligger till grund för beräkningarna i de efterföljande kapitlen.

8.1.1 Betongtunnel och betongtråg

Konstruktionen beskrivs i Teknisk handling byggnadsverk (2014). Nedan anges dimensioner som används för de hydrogeologiska beräkningarna som kan avvika något från vad som redovisas i Teknisk handling byggnadsverk (2014) men är tillräckligt noggranna för genomförda beräkningar. I vissa avseenden kan det avvika från detaljer i Teknisk handling byggnadsverk (2014), tex lokal bredd av schakt grop för att bevara skyddsvärda träd.

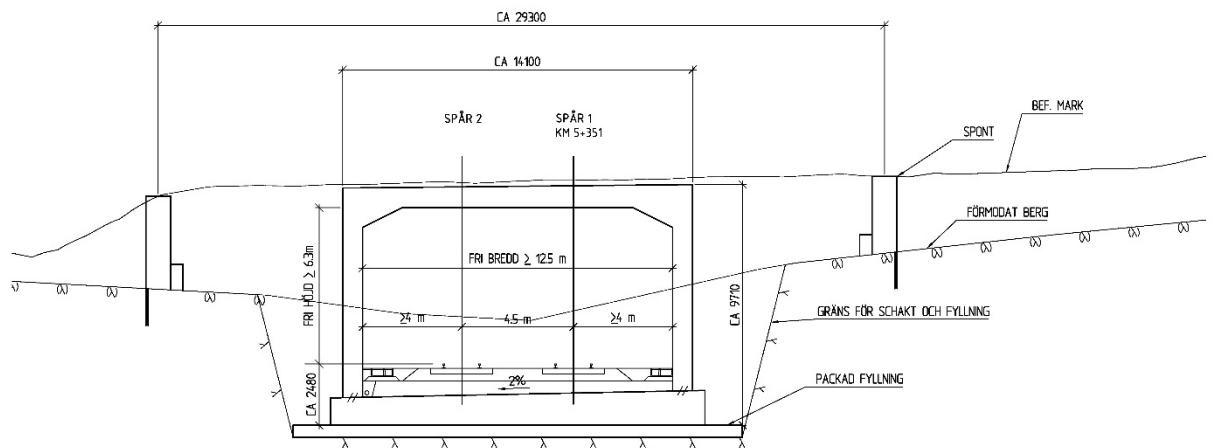
Föreslagen betongtunnelsektion framgår av Figur 8-1. Betongtunnelns bredd förväntas bli ca 14 m (15 m platta) och höjden ca 9.6 m (under kant betong platta till över kant takdel). Betongtunnel under kant ligger 2.3 m under rök (räls över kant) med en packad fyllning under tunnel på ca 0.5 m.

Spont antas kunna sättas minst ca 1 m utanför betongtunnel när den avslutas i jord. Här antas att bredd av schakt är ca 20m. Samma bredd erfordras för betongtråg. Spont mot berg kräver en något bredare schakt, preliminär i storleksordning 30m.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 38 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

För att kunna bygga betongtunnel så är ett alternativ att göra en tätaka av betong mellan spont som dragförankras med pålar (Preliminärt Säterigatan, mellan Krokängsberget och Bratteråsberget, och Pölsebo) eller dragstag (preliminärt Öst Bratteråsberget).

Betongpålar antas få diameter på ca 270 mm med cc längs tunnel på ca 2.5-3 m. Dragpålar antas få diameter på ca 50 mm med cc längs tunnel på ca 3 m.

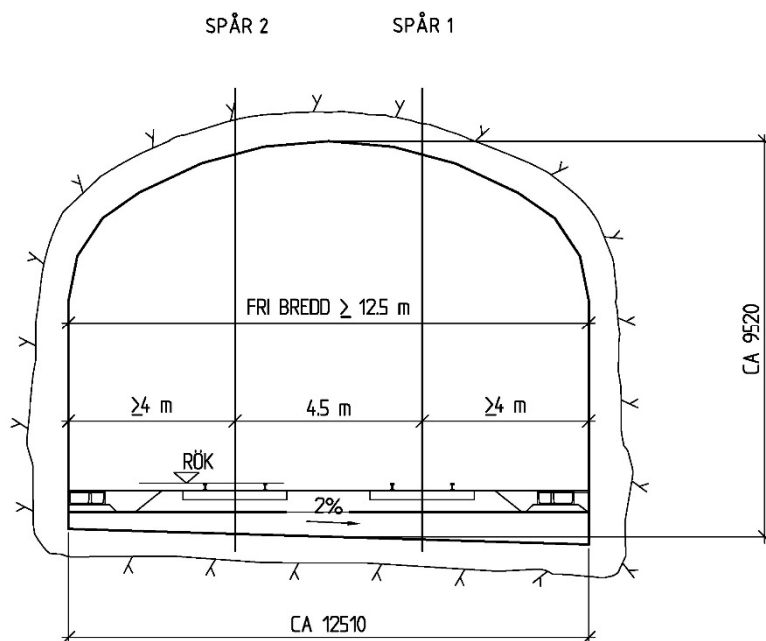


Figur 8-1. Föreslagen betongtunnel sektion.

8.1.2 Bergtunnel

Föreslagen bergtunnelsektion framgår av Figur 8-2. Bredd förväntas bli ca 12.5 m och höjd ca 9.5 m (9.33 m i figur). Tunnel sula skall ligga minst 1.1 m under rök.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 39 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-



Figur 8-2. Föreslagen bergtunnelsektion.

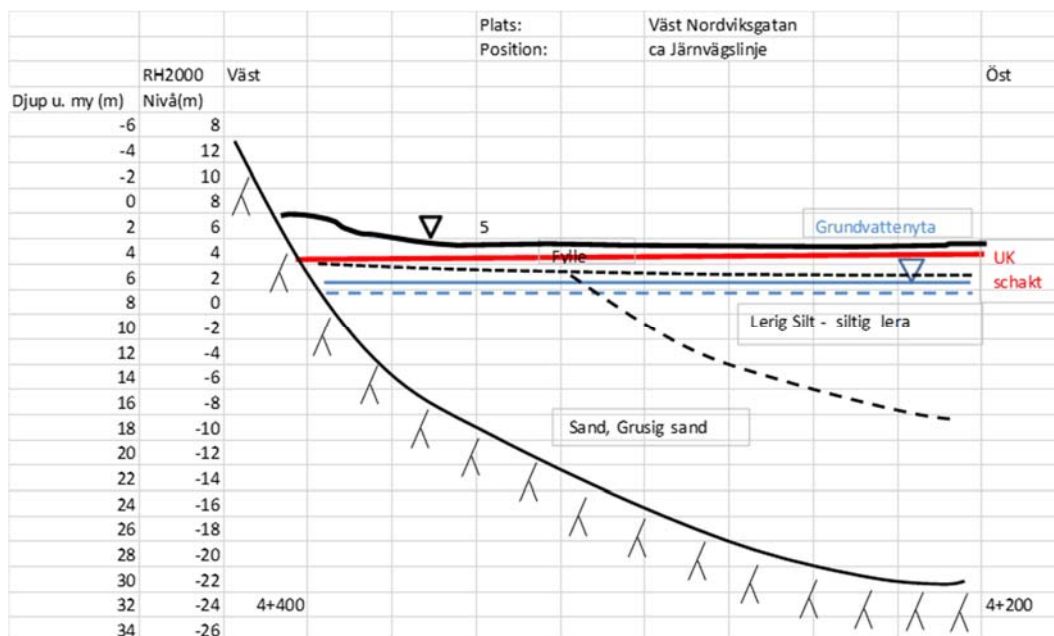
8.1.3 Väst Nordviksgatan

Sträckan omfattas av 4 delar enligt Tabell 5-1, se Tabell 8-1, och illustreras i Figur 8-3.

Tabell 8-1. Konstruktions typ och rök för avsnitt.

Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Från km	Till km	Längd [m]
Eriksberg	Spår på mark	4+100	4+280	180
Väst Nordviksgatan	Stödkonstruktioner /Tråg	4+280	4+400	120

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 40 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-3. Konceptuell modell över lagerföljd vid Nordviksgatan.

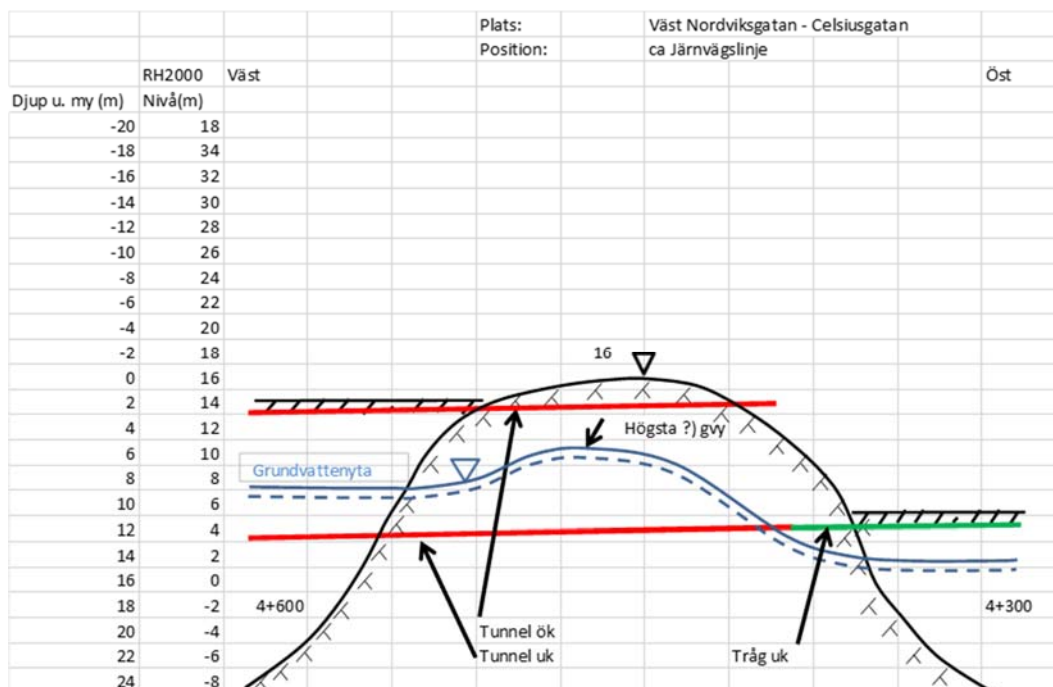
8.1.4 Väst Nordviksgatan - Celsiusgatan

Sträckan omfattas av 4 delar enligt Tabell 5-1, se Tabell 8-3, och illustreras i Figur 8-5.

Tabell 8-2. Konstruktions typ och rök för avsnitt. '

Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Från km	Till km	Längd [m]
Väst Nordviksgatan – Celsius gatan	Betongtunnel i bergschakt	4+400	4+550	150

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 41 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-



Figur 8-4. 8.1.4 Konceptuell modell över lagerföljd vid Nordviksgatan – Celsiusgatan.

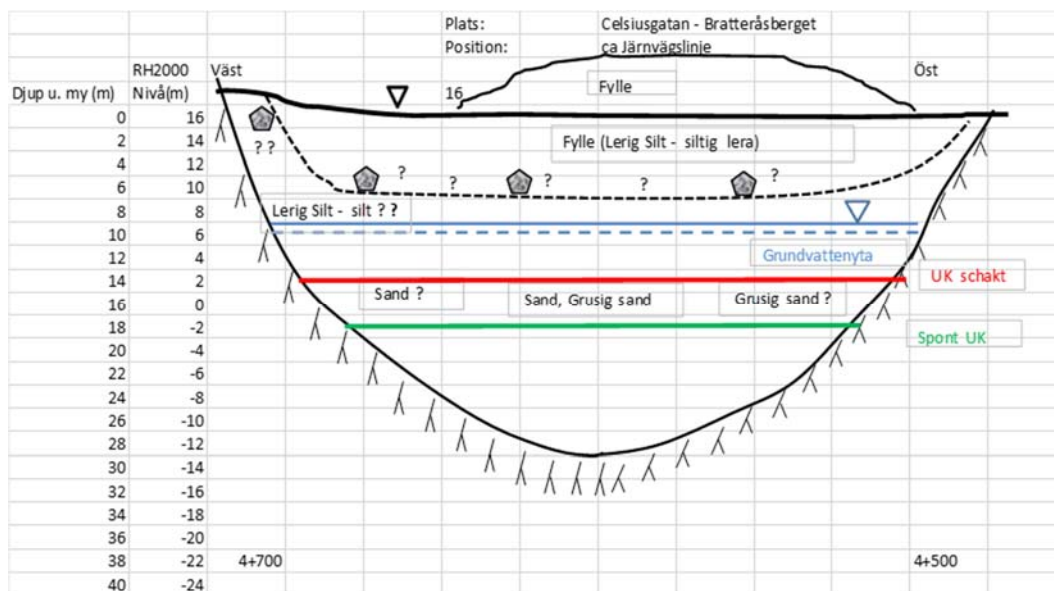
8.1.5 Celsiusgatan – Bratteråsgatan

Sträckan omfattas av 4 delar enligt Tabell 5-1, se Tabell 8-3, och illustreras i Figur 8-5.

Tabell 8-3. Konstruktions typ och rök för avsnitt.

Geografiskt läge	Konstruktions typ	Från km	Till km	Längd [m]
Celsiusgatan till Bratteråsberget	Betongtunnel	4+550	4+720	170

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 42 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-5. Konceptuell hydrogeologisk modell över lagerföljd i området öster om Bratteråsberget mellan Bratteråsgatan och Celsiusgatan. Figuren visar även bedömda spont- och schaktdjup vid anläggandet av tunneln.

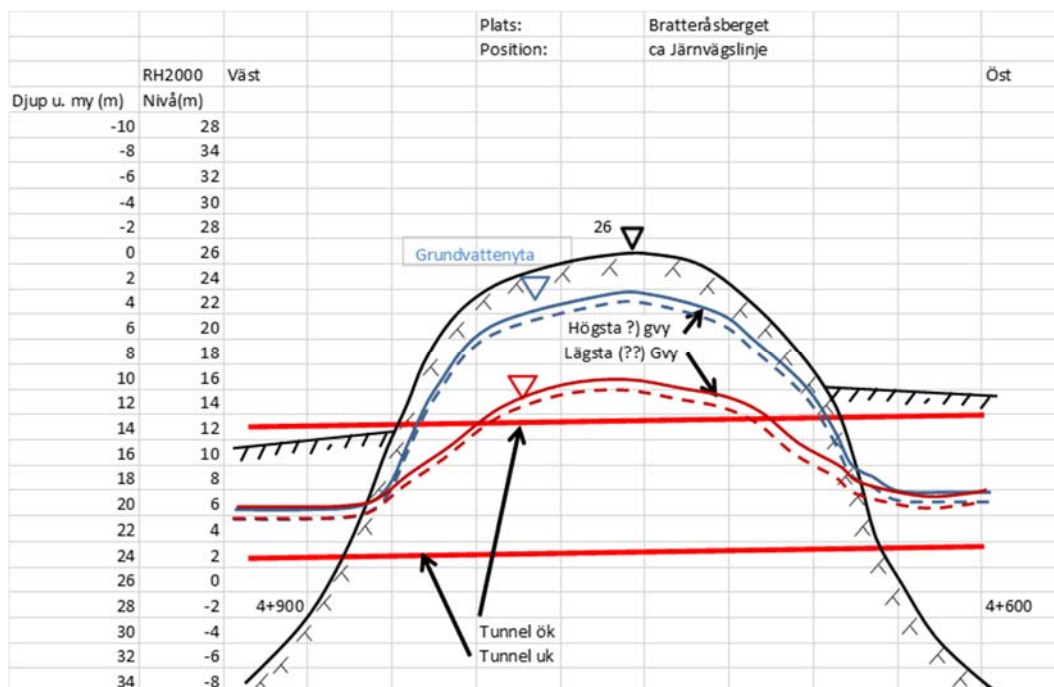
8.1.6 Bratteråsberget

Sträckan omfattas av 4 delar enligt Tabell 5-1, se Tabell 8-4 och illustreras i Figur 8-6. Bergnivå över tunnel är maximalt ca +25 m.

Tabell 8-4. Konstruktions typ och rök för avsnitt.

Geografiskt läge	Konstruktions typ	Från km	Till km	Längd [m]
Bratteråsberget	Bergtunnel	4+720	4+810	90

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 43 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-6. Konceptuell hydrogeologisk modell över Bratteråsberget.

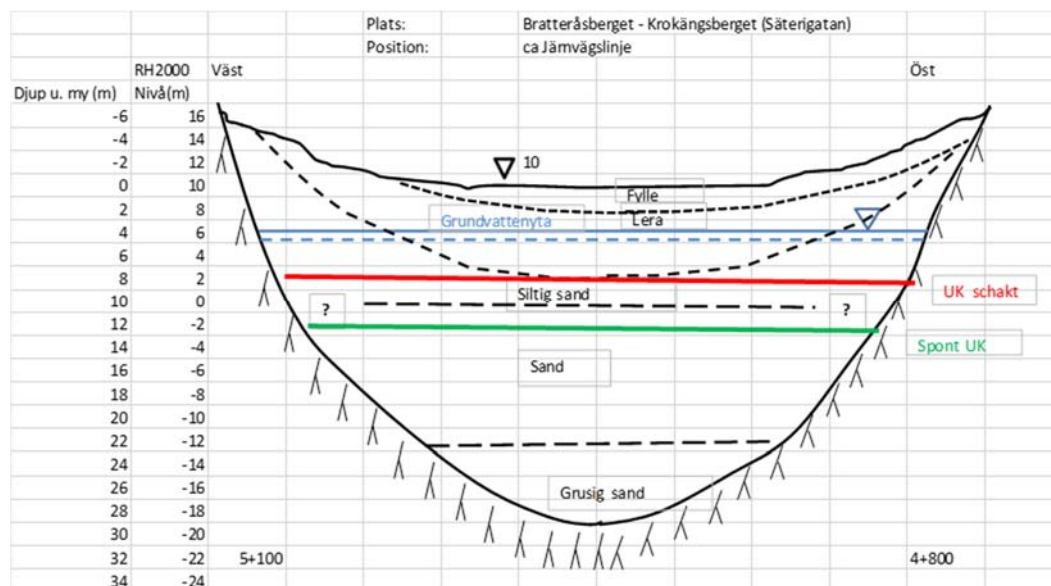
8.1.7 Bratteråsberget till Korkängsberget

Sträckan omfattas av 4 delar enligt Tabell 5-1, se Tabell 8-5, och illustreras i Figur 8-7:

Tabell 8-5. Konstruktions typ och rök för avsnitt.

Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Från km	Till km	Längd [m]
Bratteråsberget till Krokängsberget	Betongtunnel	4+810	5+080	270

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 44 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-7. Konceptuell hydrogeologisk modell över området mellan Bratteråsberget i öster och Krokängsparken i väster. Figuren visar även bedömda spont- och schaktdjup vid anläggandet av tunneln.

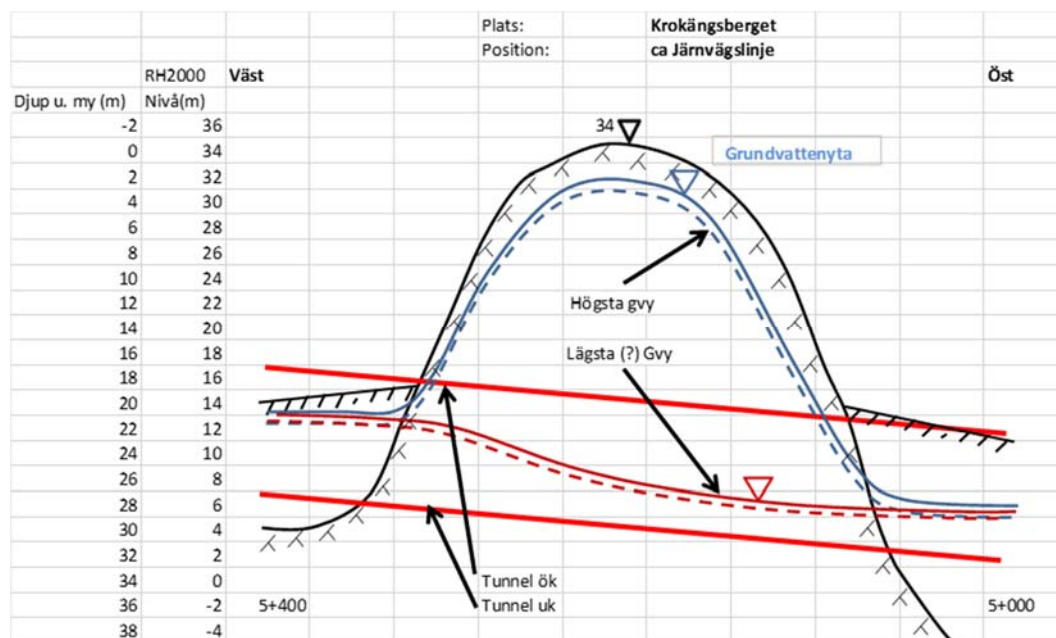
8.1.8 Krokängsberget

Sträckan omfattas av 4 delar enligt Tabell 5-1, se Tabell 8-6, och illustreras i Figur 8-8. Bergnivå över tunnel är maximalt ca +30 m (Högsta bergnivå ca +34 m strax norr om bansträckning).

Tabell 8-6. Konstruktions typ och rök för avsnitt.

Geografiskt läge	Konstruktions typ	Från km	Till km	Längd [m]
Krokängsberget	Bergtunnel	5+080	5+290	210

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 45 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-8. Konceptuell hydrogeologisk modell över Krokängsberget.

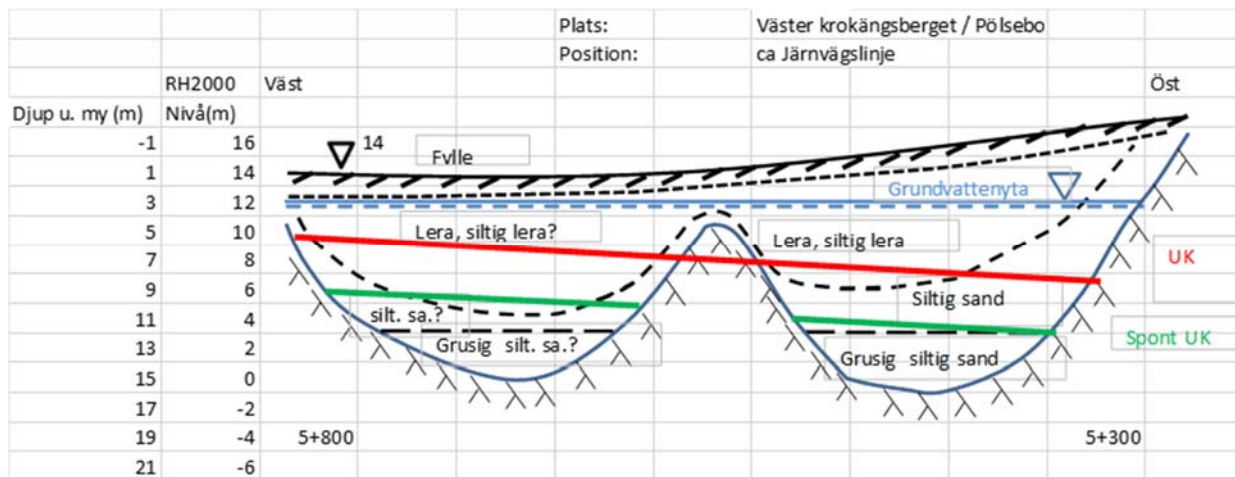
8.1.9 Väster Krokängsberget/Pölsebo, Pölsebo

Sträckan omfattas av 4 delar enligt Tabell 5-1, se Tabell 8-7, och illustreras i Figur 8-9:

Tabell 8-7. Konstruktions typ och rök för avsnitt.

Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Från km	Till km	Längd [m]
Väster om Krokängsberget/Pölsebo	Betongtunnel	5+290	5+510	220
Pölsebo	Tråg	5+510	5+790	280

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen	Sidnr: 46 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000 Rev. datum: -/-



Figur 8-9. Konceptuell hydrogeologisk modell över området väster om Krokängsparken vid Pölsebo. Figuren visar även bedömda spont- och schaktdjup vid anläggandet av tunneln/tråg.

8.1.10 Pölsebo-Skandia hamnen

Tabell 8-8. Konstruktions typ och rök för avsnitt.

Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Från km	Till km	Längd [m]
Pölsebo bangård-Ryaverket	Spår på mark	5+790	6+300	510
Ryaverket-Skandiahamnen	Spår på mark	6+300	7+010	710
Skandiahamnen	Spår på mark med bergskärning	7+010	7+210	200
Skandiahamnen	Spår på mark	7+210	7+500	290

8.2 Gjorda antaganden

8.2.1 Nordviksgatan

8.2.1.1 Byggskede

- Medelgrundvattennivån antas vara ca +1.4 m och prognostiserad max nivå +2.5 m.
- Nuvarande hydraulisk gradient: inga data finns som möjliggör beräkning.
- Den horisontella hydrauliska konduktiviteten (K) för jordakvifer: Median K, max $K_{50\%}$ samt max $K_{90\%}$ (max $K_{YY\%}$: sannolikhet YY% att $K_{YY\%}$ underskrids) baserat på siktanalys: $K_{\text{median}} = 4.6 \cdot 10^{-4}$ m/s. $K_{\text{max}} = 1.3 \cdot 10^{-3}$ m/s, ca $K_{90\%} = 4 \cdot 10^{-3}$ m/s. Valt karakteristiskt värde $K_k = 4 \cdot 10^{-3}$ m/s.
- Nivå underkant betongtråg: ca +3.8 m.

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 47 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

8.2.1.2 Driftskede

Med hänsyn till förväntade grundvattennivåer bedöms att inga speciella hydrogeologiska åtgärder är nödvändiga. Prognostiserad max nivå +3.5 m.

8.2.2 Bratteråsberget öst

Område mellan Bratteråsberget och Celsiusgatan.

8.2.2.1 Byggskede

- Medel grundvattennivån antas vara ca +6.6 m och prognostiserad max nivå +7.8 m.
- Nuvarande hydraulisk gradient: ca 0.004 - 0.005.
- Den horisontella hydrauliska konduktiviteten (K) för jordakvifer: Pumpstest; $T = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, $K_h = T/H_t = 5.6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$. Median K, max $K_{50\%}$ samt max $K_{90\%}$ (max $K_{YY\%}$: sannolikhet YY% att $K_{YY\%}$ underskrids) baserat på siktanalys: $K_{\text{median}} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, $K_{\text{max}} = 4.2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, ca $K_{90\%} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Valt karakteristiskt värde $K_k = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.
- Nivå underkant betongtunnel: ca +2.5 m. Schakt antas bli ca 1.5 m djupare än nivå underkant betongtunnel för att ge plats för tätkaka och permeabilitetslager.

8.2.2.2 Driftskede

För att förhindra dämning har en passiv lösning valts varför ingen beräkning är nödvändig för driftskede. Prognostiserad max nivå +8.8 m.

8.2.3 Bratteråsberget

8.2.3.1 Byggskede

- Grundvattennivån antas vara vid markyta, ca +25 m (sannolikt ligger den lägre periodvis samt lägre i början och slutet av tunnel)
- Bergets hydrauliska konduktivitet i 100 skala: $K_{100} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ med ett 95% konfidensintervall på ca $5.4 \cdot 10^{-8}$ till $2.8 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$. Valt karakteristiskt värde $K_k = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$.
- Oinjekterad tunnel. Nivå underkant tunnel: ca +1 m.

8.2.3.2 Driftskede

Samma förhållanden antas som för byggskede för att belysa tänkbart maxflöde.

8.2.4 Säterigatan (Bratteråsberget till Korkängsberget)

8.2.4.1 Byggskede

- Medel grundvattennivån antas vara ca +5.5 m och prognostiserad max nivå +6.8 m. Grundvattennivån sjunker mot söder och söder om planerad fotbollsplan där schakt planeras för ledningar antas medel grundvattennivån vara ca +4.9 m och prognostiserad max nivå +6.2 m.
- Nuvarande hydraulisk gradient: ca 0.004 - 0.005.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 48 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

- Den horisontella hydrauliska konduktiviteten för jordakvifer: Pumptest; $T = 8.3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, $K_h = T/H_t = 4.2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$. Median K, max $K_{50\%}$ samt max $K_{90\%}$ (max $K_{YY\%}$: sannolikhet YY% att $K_{YY\%}$ underskrider) baserat på siktanalys: $K_{\text{median}} = 1.3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, $K_{\text{max}} = 3.3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, ca $K_{90\%} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Valt karakteristiskt värde $K_k = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.
- Nivå underkant betongtunnel: ca +1.7 till +2.5 m. Schakt antas bli ca 1.5 m djupare än nivå underkant betongtunnel för att ge plats för tätkaka och permeabilitetslager.

8.2.4.2 Driftskede

För att förhindra dämning har en passiv lösning valts varför ingen beräkning är nödvändig för driftskede. Prognostiserad max nivå +7.8 m. Grundvattennivån sjunker mot söder och söder om planerad fotbollsplan där schakt planeras för ledningar är prognostiserad max nivå +7.2 m.

8.2.5 Krokängsberget

8.2.5.1 Byggskede

- Grundvattennivån antas vara vid markyta, ca +30 m (sannolikt ligger den lägre periodvis samt lägre i början och slutet av tunnel)
- Berget hydrauliska konduktivitet i 100 skala: $K_{100} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ med ett 95% konfidensintervall på ca $5.4 \cdot 10^{-8}$ till $2.8 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$. Valt karakteristiskt värde $K_k = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$.
- Oinjekterad tunnel. Nivå underkant tunnel: ca +2 m (som lägst).

8.2.5.2 Driftskede

Samma förhållanden antas som för byggskede för att belysa tänkbart maxflöde.

8.2.6 Pölsebo

8.2.6.1 Byggskede

- Medel grundvattennivån antas vara i östra respektive västra delen ca +11.5 och +12 m och prognostiserad max nivå ca +13.9 och +13.6 m (motsvarande markytan).
- Nuvarande hydraulisk gradient: ca 0.004 (östra del), ca 0.002-0.003 (västra del).
- Den horisontella hydrauliska konduktiviteten för jordakvifer: Pumptest; $T = 4.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $K_h = T/H_t = 8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. Median K, max $K_{50\%}$ samt max $K_{90\%}$ (max $K_{YY\%}$: sannolikhet YY% att $K_{YY\%}$ underskrider) baserat på siktanalys: $K_{\text{median}} = 0.59 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, $K_{\text{max}} = 0.94 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, ca $K_{90\%} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. Valt karakteristiskt värde $K_k = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.
- Nivå underkant betongtunnel/tråg: Östra del ca +6.5 till +7.5 m, västra del ca +7.5 till +10 m. Schakt antas bli ca 1.5 m djupare än nivå underkant betongtunnel/tråg för att ge plats för tätkaka och permeabilitetslager.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 49 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000 Rev. datum: -/-

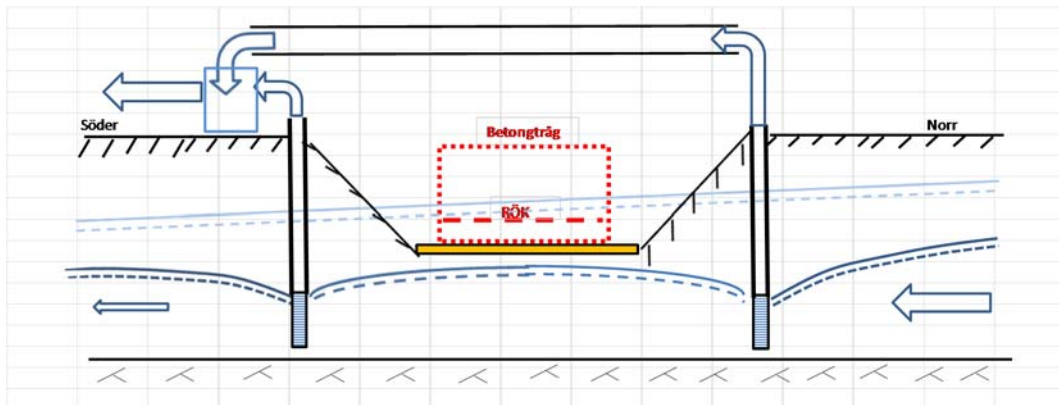
8.2.6.2 Driftskede

För att förhindra dämning har en passiv lösning valts varför ingen beräkning är nödvändig för driftskede. Prognostiserad max nivå i östra respektive västra delen ca +13.9 och +13.6 m. Bergtrösklar antas hålla uppe grundvattennivån i Pölsebo, varför en havsnivåhöjning inte bör påverka nivåerna där.

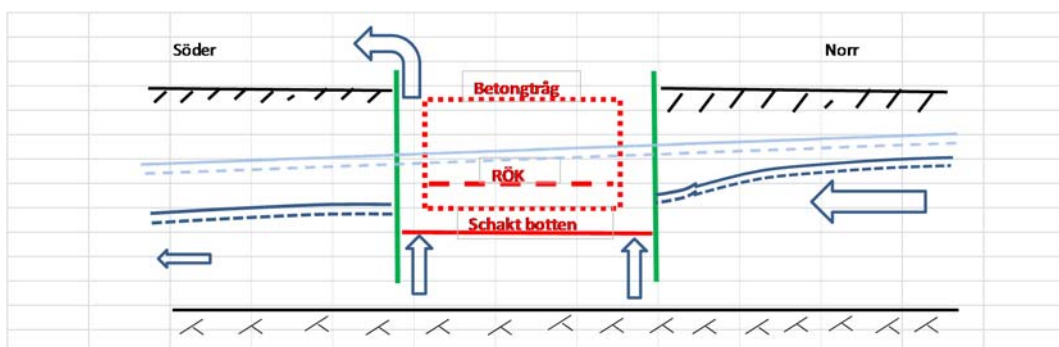
8.3 Beräkningar

8.3.1 Principiella beräkningsfall för schakt i jord

Principiella beräkningsfall för schakt i jord redovisas i Figur 8-10 till Figur 8-14.

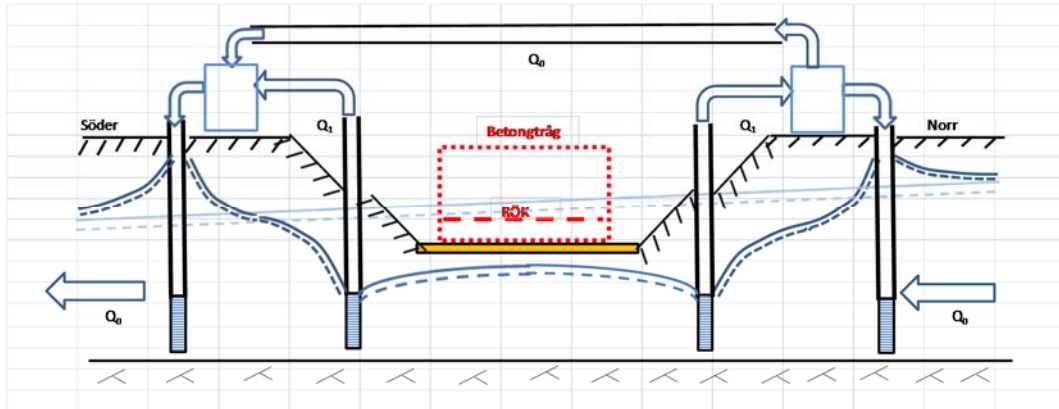


Figur 8-10. Schematisk figur av en jordschakt som torrläggs med pumpning. Ostörd grundvattennivå ljusblå och grundvattennivå under bygghäls i mörk blå. Ostörd grundvattennivå (ljusblå) och grundvattennivå under bygghäls (mörk blå). Tunnel grundläggs på ett dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen, för att undvika dämning under driftskedet (orange).

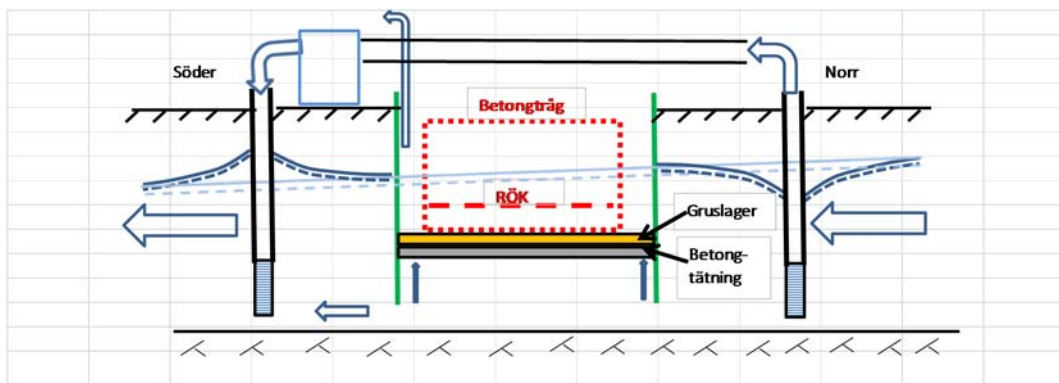


Figur 8-11. Schematisk figur av en jordschakt med spont som torrläggs med pumpning inom schakt. Ostörd grundvattennivå (ljusblå) och grundvattennivå under bygghäls (mörk blå).

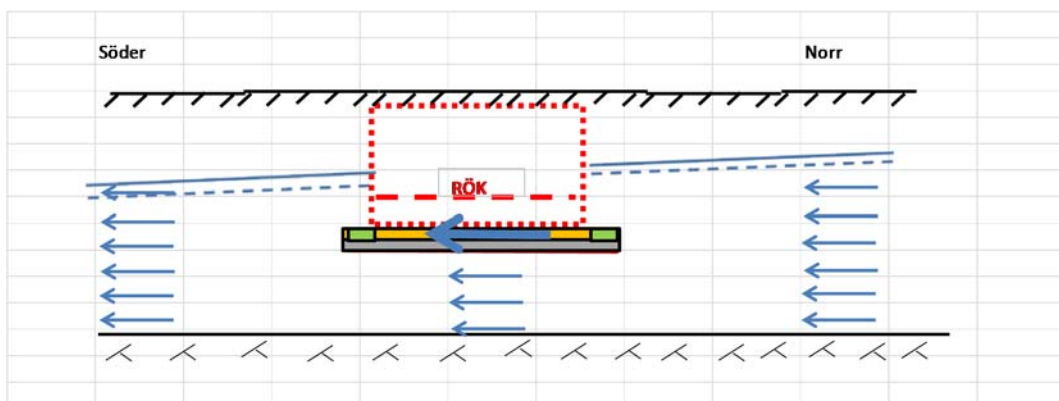
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 50 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-12. Schematisk figur av en jordschakt i etapper samt pump-och infiltrationsbrunnar för att bibehålla ostörd grundvattennivå. Ostörd grundvattennivå (ljusblå) och grundvattennivå under byggfas (mörk blå). Tunnel grundläggs på ett dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen, för att undvika dämning under driftskedet (orange).



Figur 8-13. Schematisk figur av jordschakt inom spont med tätkaka (grå), samt pumpbrunnar och infiltrationsbrunnar för att bibehålla ostörd grundvattennivå. Ostörd grundvattennivå (ljusblå) och grundvattennivå under byggfas (mörk blå). Tunnel grundläggs på ett dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen, för att undvika dämning under driftskedet (orange).



Figur 8-14. Schematisk figur tunnel under drift skede. Under tunnel läggs ett dräneringslager med högre permeabilitet än omgivningen, för att uppnå krav för driftskede (orange), med övergång med ett materialavskiljande lager mot naturlig mark (grön) och med underliggande tätkaka (grå).

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 51 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Generellt skall schaktutformning med stödkonstruktioner, tätningar och pumpningar/infiltration anpassas på lämpligt sätt så avvikelserna från naturlig grundvattennivå ("naturlig grundvattennivå": grundvattennivå före byggskede) under byggskede inte medför negativ påverkan på omgivningen och att dränering under betongtråg utförs på så sätt att grundvattennivåerna under driftskede, på kort och lång sikt, inte avviker från de naturliga grundvattennivåerna. I text nedan beskrivs förutsättningarna för några alternativ och speciellt en utformning av schakt mm som beskrivs i mer detalj då det är ett alternativ som beräknas kunna möta kraven.

Med begränsningar i hur stor grundvatten-avsänkning/höjning får vara med hänsyn till möjliga negativa konsekvenser för miljön blir det väsentligt att också beräkna påverkansområde som grund för att kontrollera att inte grundvatten-avsänkning/höjning överskrider tillåtna värden under byggskede men även under driftskede. Med en ansatt maximal avsänkning, orsakad av t.ex. inläckage till en tunnel, kan ett påverkansområde (R_p) beräknas. För motsvarande inläckage kan också överslagsmässigt ett influensområde (R_0) beräknas med hänsyn till antagen grundvattenbildning, där antagandet är att ingen avsänkning erhålls vid influensområdets yttre gräns. I beräkningarna nedan har $R_p=0.3$ m ansatts, vilket är en avsänkning som vanligen anses som rimlig för att beräkna ett påverkansområde.

Några förutsättningar beskrivs översiktligt nedan.

Genom att avsänka grundvattennivå med pumpbrunnar och avbörda pumpat vatten till recipient kan schakt utföras utan grundvatteninläckage till schakt, se Figur 8-10. Det ger ett stort påverkansområde.

Är utrymmet begränsat kan spont vara nödvändigt för att skapa schakt för att begränsa mark som tas i anspråk. Inläckande flöde till schakt pumpas ut genom att anlägga pumpgröpar och eventuella andra installationer för att styra vattnet till pumpgröpar, se Figur 8-11. Det ger ett stort påverkansområde men det kan bli något mindre än vid öppen schakt utan spont beroende på spontutförande.

För att begränsa påverkansområdet kan därför inläckaget till schakt minskas genom anlägga pump- och infiltrationsbrunnar som dels medger avsänkt område för schakt och dels för att bibehålla grundvattennivåer uppströms och nedströms schakt, se Figur 8-12. Stora pump- och infiltrationsflöden är nödvändiga vilket kräver många brunnar både av hydrauliska skäl och för att säkerställa att säkerhet för schakten uppnås.

För att begränsa påverkansområdet kan inläckaget till schakt minskas genom att en tätkaka av betong gjuts under vattnet mellan spontväggarna där utgrävning utförts under vatten till aktuell schaktbottennivå. Sponten begränsar vattenförande sektion och ger en dämning men vars effekter kan minimeras genom att pumpa uppströms spont och infiltrera nedströms spont, se Figur 8-13. Mindre mängd vatten kan sannolikt läcka in i schakt som måste pumpas ut. Detta är huvudalternativet som beskrivs.

Betongtunnel kommer att minska den grundvattenförande sektionen i driftskedet och skall samma grundvattennivåer som fanns innan bygget av betongtunnel bibehållas så måste permeabiliteten av jordlagren under betongtunnel ökas. Genom att utföra en grundläggningsbädd för betongtunneln som har en grövre

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 52 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

kornstorlek än det naturliga friktionsmaterialet kan samma genomsläpplighet som det ursprungliga tillståndet bibehållas, se Figur 8-14. Det dränerande lagret kan utföras ovan eller under tätkakan men krav på utförande blir större om det utförs under tätkakan för att det inte skall påverkas negativt av underifrån inträngande befintligt sandigt och siltigt material. På sidorna av det dränerande lagret måste ett filter byggas upp så att inte det befintligt sandigt-siltigt material tränger in, vilket illustreras i Figur 8-14. Fyllningsmaterialets hydrauliska konduktivitet (K) väljs så högt att samma flödeskapacitet erhålls för den kvarvarande vattenförande sektionen, som för hela nuvarande vattenförande sektion innan betongtråget byggs.

Genom att anpassa övergången från det dränerande lagret till omgivande mark med materialavskiljande lager med lämplig kornstorlek kan man förhindra att sand och silt från omgivningen tränger in i permeabilitetsskiktet. Utformningen av det dränerande lagret och det materialskiljande lagret redovisas i mer detalj i PM – Hydrogeologi, 2015a. (PM Hydrogeologi -Dränering under tunnel, 108793-18-080-004.)

Permeabilitetslagret måste skyddas från igenslamning under byggskedet med tex geotextil.

8.3.2 Beräkningsfall för schakt i jord som ej beaktas

Dimensionering av brunnar etc. för byggskedet utförs ej i denna PM utan det görs i ett senare skede när projekteringslösningar tas fram. Vissa generella förutsättningar diskuteras dock i PM – Hydrogeologi, 2015b. (PM – Hydrogeologi Pump/infiltrationsbrunnar, 108793-18-080-005.). Främst diskuteras markbehov norr om Säterigatan för brunnar och eventuella problem med att anlägga brunnar, under några tänkbara förutsättningar. Om spont och tätkaka nyttjas för schakt så är bedömningen att det finns i huvudsak goda möjligheter att lokalisera brunnar för åtgärder under byggskede inom områden med tidsbegränsad nyttjanderätt enligt Järnvägsplan. Om spont men inte tätkaka nyttjas, krävs en mer komplicerad lösning, med bland annat fler brunnar, som både kräver mer markutnyttjande och kan eventuellt också vara ogenomförbar på grund av oacceptabla risker. Vid Pölsebo är friktionsmaterialet så finkornigt att det kan vara lämpligare med wellpoints än brunnar. Valet görs när projekteringslösningar tas fram.

Det kan finnas lokala problem med att få ned spont på grund av tex block, vilket kan kräva temporära lokala lösningar under byggskede med pump- och infiltrationsbrunnar för att kunna utföra åtgärder som leder till att spont kan sättas till erforderligt djup. I denna PM genomförs inga beräkningar relaterat till detta men problemställningen vad avser vissa generella problem diskuteras i PM – Hydrogeologi, 2015b. (PM – Hydrogeologi Pump/infiltrationsbrunnar, 108793-18-080-005.). Bedömningen är att det sannolikt är goda förutsättningar att bygga brunnar förutom strax väster om Bratteråsberget.

8.3.3 Generella beräkningsförutsättningar

Spontdjup har antagits utifrån prognostiserad max nivå på grundvattenytan och med konservativ antagande om strömningsfält. Säkerhetsfaktor ($F=1/\text{hydraulisk gradient}$) redovisas enligt den referenslitteratur som nyttjats och syftar bara till att ge läsaren en indikation på marginaler i beräkningen. Syftet är att indikera

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 53 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

tänkbar dämningseffekt och en mer noggrann beräkning bör göras inför byggskedet för att bestämma lämpligt spont djup med lämplig metodik för att beräkna enligt krav på säkerhet. Beräkningarna av spontdjup och maxflöde in till schakt utan tätka baseras på valt karakteristisk hydraulisk konduktivitet, vilket är valt utifrån att det skall vara låg sannolikhet att den hydrauliska konduktiviteten överskrids.

Beräkning av inflöde till schakt **utan tätka** baseras på valt karakteristisk hydraulisk konduktivitet, vilket är valt utifrån att det skall vara låg sannolikhet att den hydrauliska konduktiviteten överskrids.

Med ett väl fungerande system av pump- och infiltrationsbrunnar blir påverkan på grundvattennivåer begränsad. Påverkansområde beror av antal brunnar och hur pumparna styrs, tex genom att pumpning startas vid en max nivå och stängs av vid en minimi nivå. Uppstår det avbrott i pumpningen/och infiltrationen kan påverkansområdet bli större än vid normal drift om avbrottet blir längre än driftuppehållen under normal drift.

En skattning av ett maximalt påverkansområde kan utföras med antagandet att en avsänkning görs som ligger ca 1 m under planerad schaktbotten, se Figur 8-10. Enligt ovan anses detta inte vara ett möjligt alternativ på grund av bedömda konsekvenser men det ger en skattning av ett maximalt påverkansområde som ger ett underlag till att bedöma vad som bör vara ett rimligt påverkansområde som underlag för ett kontrollprogram. Beräkningarna baseras på hydraulisk konduktivitet från provpumpningarna.

8.3.4 Väst Nordviksgatan till Celsiusgatan

8.3.4.1 Byggskede

Grundvattennivåerna vid Nordviksgatan ligger ca 5-6 m lägre än nivåerna i friktionsjorden strax öster om Bratteråsberget. Det innebär att bergschakt kan verka dränerande. Tätning runt betongtråg mot berg samt ridåinjektering av berg minskar effekterna av denna dräneringsväg. Tätning längs en begränsad sträcka nära Celsiusgatan bedöms kunna vara effektiv för att förhindra oönskad dränering. Föreslagen tätnings utformning och placering redovisas i kapitel 4, Teknisk handling byggnadsverk (108793-21-010-001).

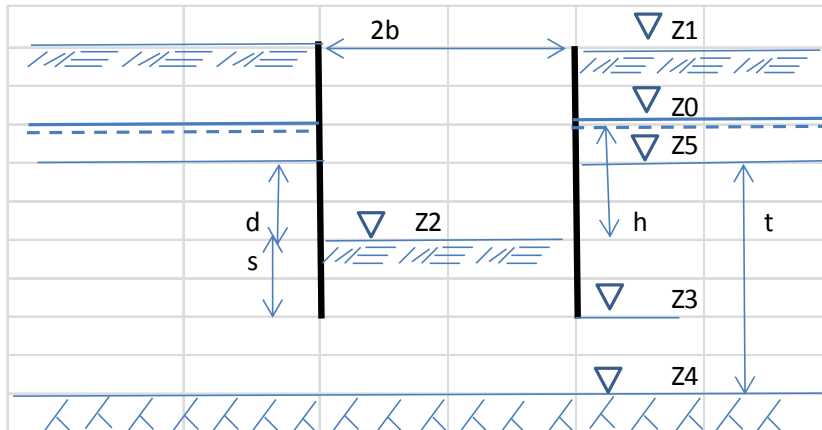
8.3.4.2 Driftskede

Inga beräkningar krävs för driftskede då det förutsätts att den ”passiva lösningen” med tätning under och på sidan av betongkonstruktion samt ridåinjektering av berg förhindrar att grundvattennivån väst Celsiusgatan påverkas. Kontrollprogram krävs dock för att verifiera att funktionen är som förväntad och att inga aktiva åtgärder, i form av tex infiltrationsbrunnar, är nödvändiga.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 54 (73)
		Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

8.3.5 Bratteråsberget öst

8.3.5.1 Byggskede



Figur 8-15. Schematisk figur av en jordschakt med spont med lera på en akvifer med tjocklek t (sluten akvifer). Beräkning av spontdjup.

Spontdjup

Spontdjup för att förhindra s.k. bottenuppluckring (piping) kan översiktligt belysas, enligt Harr (1990) givet stort magasinsdjup, med hänsyn till förväntad grundvattennivå över schaktbotten och spontdjup under schaktbotten, se Figur 8-15. Med antagande om att grundvattennivån motsvarar prognostiserad max nivå krävs att spontdjupet är ca 3-4 m under schaktbotten för att förhindra bottenuppluckring med en säkerhetsfaktor av F ca 1.3-1.8. I ett byggskede måste spontdjup detaljstuderas.

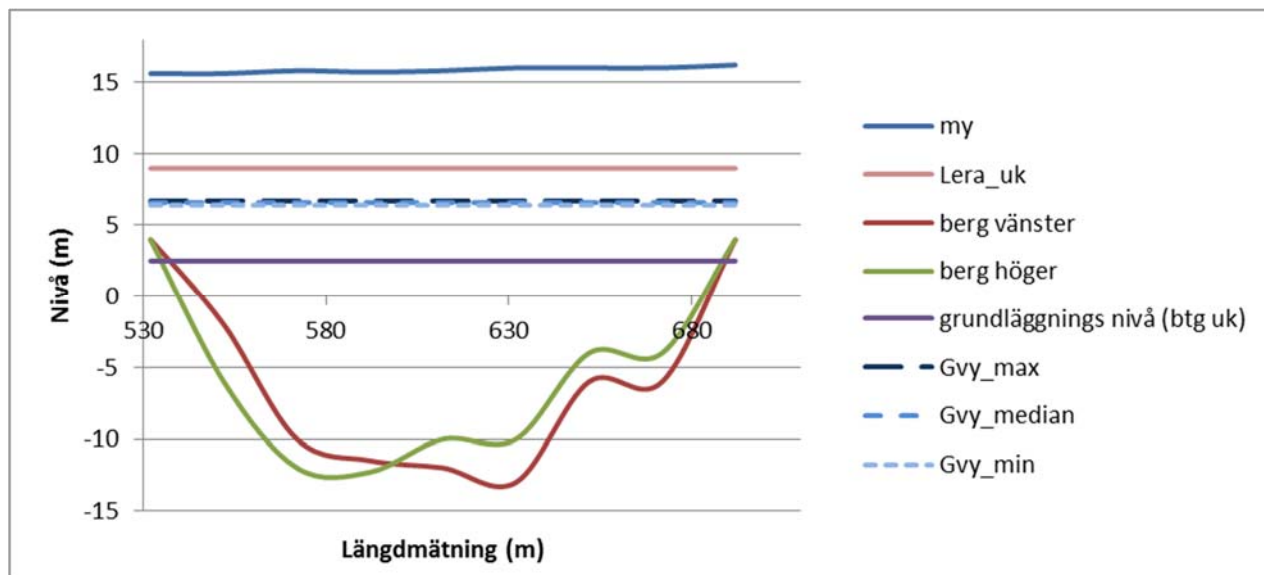
Schaktutformning

Om schakt utförs med öppen botten (utan tätkaka) mellan spont kan inläckande flöde beräknas approximativt, tex enligt görs enligt Harr (1990). Betongtunnelns längd i avsnittet är ca 170 m. Inläckageflöden blir initialt i storleksordning $q=9 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ och totalt ca $Q=1600 \text{ L/s}$, vilket ger betydande avsänkningar i omgivningarna. Alternativet med tätkaka mellan spont begränsar omgivningspåverkan.

Filter under betongtunnel

Med betongtunnel kommer den vattenförande grundvattenflödessektionen under driftskede att minska till ca 60% av den ursprungliga, se Figur 8-16. För att förhindra en dämmande effekt norr om hamnbanan utförs ett skikt med högre permeabilitet. Om fyllningen på tätkaka mellan betongtunnel och tätkaka görs ca 0.5 m under hela betongtunneln, skall fyllningsmaterial väljs så att den hydrauliska konduktiviteten är minst ca 13 ggr större än medelhydrauliska konduktiviteten för det ursprungliga materialet för att uppnå samma flödeskapacitet som förhållanden utan tunnel. Utformningen av det dränerande lagret beskrivs i kapitel 8.3.1.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 55 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-16. Schematisk beskrivning av förhållanden i ett vertikalsnitt längs bansträckning. (Obs att fyllning + tätkaka ligger ca 1.5 m lägre än btg uk (under kant), vilket ger schaktbotten). Celsiusgatan till Batteråsberget. (Grundvattenyta max, median och min baseras på uppmätta värden från närliggande borrhål och syftar till att bara illustrera grundvattennivå variationen. Prognos av max och min grundvattennivå redovisas i kapitel 7.3.)

Pumpning och infiltration under byggskede

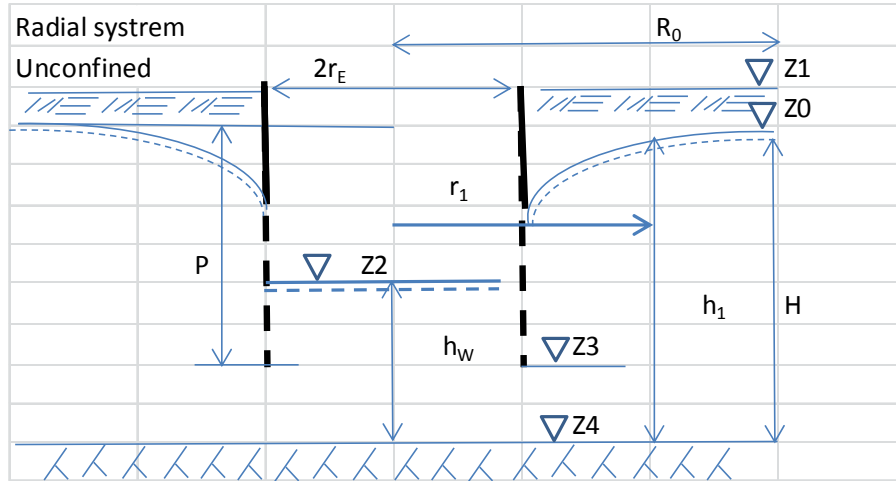
Under byggskedet, med spont ca 4 m under schaktbotten, kommer den vattenförande grundvattenflödessektionen att minska till ca 35% av den ursprungliga. Naturliga flödet har beräknats till ca 0.4 L/s och större delen av detta flöde måste omhändertas för att inte orsaka dämning. Under byggskede installeras ett antal pumpbrunnar norr om schakt för att bibehålla nuvarande grundvattennivåer. Infiltrationsbrunnar byggs söder om schakt för återinfiltration av grundvattnet.

Design och åtgärder omfattas och utförs för att minska risk av igensättning av infiltrationsbrunnar på grund av finmaterial och på grund av kemisk utfällning. Risk för igensättning av infiltrationsbrunnar finns framförallt med hänsyn till alkalinitet och järnhalt.

Påverkansområde

Figur 8-17 illustrerar beräkningsfall.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 56 (73)
		Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-17. Schematisk figur av en jordschakt med spont i en akvifer med tjocklek H (öppen akvifer). Beräkning av påverkansområde

Flödet till schakt kommer att vara mer eller mindre radiellt från norr och mer eller mindre linjärt från söder på grund av att akviferen begränsas av Bratteråsberget i väster och av uppstickande berg väster om Celsiusgatan, se Figur 6-1 eller Figur 8-18.

Vid beräkning av inflödet till schakt nyttjas data från provpumpningen då dessa data ger medelvärde över ett större område (karaktéristiskt värde på K som angetts tidigare baserat på siktanalyser kan sannolikt förekomma lokalt men K bedömt från provpumpning är mer representativt för beräkningar i större skala).

Följande antas:

- $T=1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, $H=18.6 \text{ m}$ (baserat på medianvärde på mätta grundvattennivåer), vilket ger ca $K=5.4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ med en antagen osäkerhet på K : $K_{\min}=K/3$, $K_{\max}=K \cdot 3$.
- Öppet grundvattenmagasin.
- Radiellt flöde.
- Median grundvattennivå $=z_0=+6.6 \text{ m}$, nivå utanför spont med torr schakt ca $z_2=+1 \text{ m}$. Approximativ nivå under kant akvifer $z_4=-12 \text{ m}$.
- Grundvattenbildning $W_0=50-120 \text{ mm}/\text{år}$.
- Påverkansområde R_p bedömd utifrån en avsänkning på $s=0.3 \text{ m}$. (R_0 anger område som krävs för att balansera grundvattenbildning).

Inläckaget är skattat utifrån en modell; en radiell öppen akvifer vars influensområde beräknas utifrån en flödesbalans mot grundvattenbildningen.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 57 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31 Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

Områdets karaktär medför att grundvattenbildningen sannolikt ligger närmare det övre intervallet som antagits ovan. Vid avsänkning till ca 1.5 m under betongtunnel (avsänkning ca 6 m från median grundvattennivå) förväntas flödet bli $Q_{tot}=4-30$ L/s medan begränsas avsänkningen till ca 1 m utanför spont förväntas flödet bli $Q_{tot}=1-7$ L/s bedöms påverkansområdet R_p bli ca 300 m, se Tabell 8-10.

Antas att grundvattennivån vara som den högst prognostiserade så ökar inflödet något.

Tabell 8-9. Öst Bratterås. Inflöde, influensområde (R_0) och påverkans område (R_p). Max avsänkning utanför spont ca 6 m. (q_{TOT})= Q_{TOT} /tunnellängd)

Hamnbanan, Öst Bratteråsberget, Rad., U, $W_0=50$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	1.79E-05	127.57	3.61E-03	852	700	50
Median K	5.38E-05	327.17	9.27E-03	1365	1100	50
Max K	1.61E-04	854.64	2.42E-02	2205	1700	50

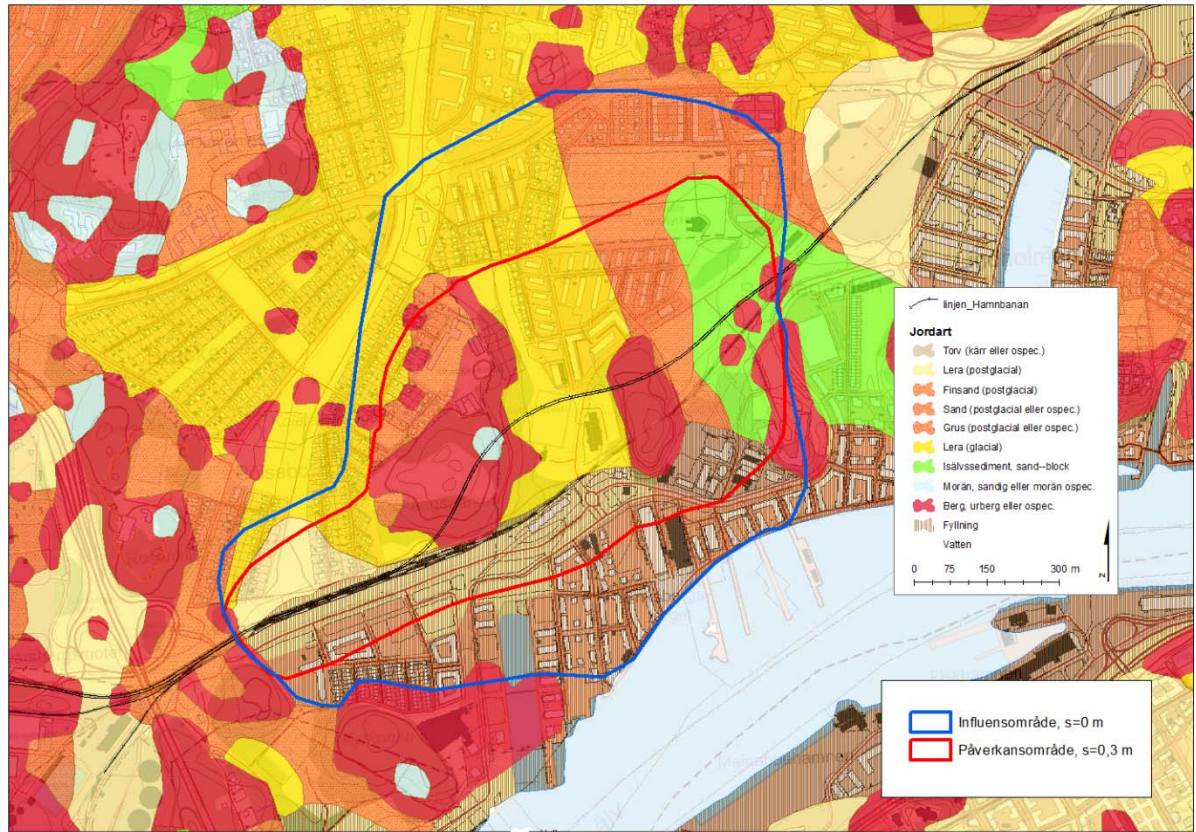
Hamnbanan, Öst Bratteråsberget, Rad., U, $W_0=120$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	1.79E-05	146.87	4.16E-03	591	500	120
Median K	5.38E-05	370.08	1.05E-02	937	800	120
Max K	1.61E-04	953.02	2.70E-02	1503	1200	120

Tabell 8-10. Öst Bratterås. Inflöde, influensområde (R_0) och påverkans område (R_p). Max avsänkning utanför spont 1 m. (q_{TOT})= Q_{TOT} /tunnellängd)

Hamnbanan, Öst Bratteråsberget, Rad., U, $W_0=50$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	1.79E-05	34.11	9.66E-04	442	230	50
Median K	5.38E-05	84.52	2.39E-03	694	320	50
Max K	1.61E-04	214.73	6.08E-03	1106	440	50

Hamnbanan, Öst Bratteråsberget, Rad., U, $W_0=120$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	1.79E-05	40.60	1.15E-03	312	180	120
Median K	5.38E-05	98.21	2.78E-03	484	250	120
Max K	1.61E-04	244.70	6.93E-03	762	340	120

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 58 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-18. Påverkansområde för tunnel och tråg som helhet. Öst Bratteråsberget i östradel.

8.3.5.2 Driftskede

Inga beräkningar krävs för driftskede då det förutsätts att den "passiva lösningen" med ett filter under betongkonstruktion förhindrar dämningseffekter. Kontrollprogram krävs dock för att verifiera att funktionen är som förväntad och att inga aktiva åtgärder i form av tex pumpbrunnar är nödvändigt.

8.3.6 Bratteråsberget

8.3.6.1 Byggskede

Inflöde till en tunnel kan tex beräknas enligt Gustafson (2012). Inflödet till en hypotetiskt oinjekterad tunnel kan som jämförelse beräknas bli ca maximalt ca $1.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s}) = \text{ca } 90 \text{ L}/(100 \text{ m} \cdot \text{min})$ vid kraftiga regnperioder med grundvattenyta nära markytan). Sannolikt är medelflödet betydligt lägre, möjligen i storleksordning $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s}) = \text{ca } 60 \text{ L}/(100 \text{ m} \cdot \text{min})$. Med bergtunnellängd av ca 90 m erhålls ett skattat totalinläckage av ca 1-2 L/s med oinjekterad tunnel, givet att detta finns tillgängligt. Underlagsdata är dock osäkra. Injekteras tunnel så att en zon på 5 m utanför tunnel får $K_{inj} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ minskas inflödet till ca $0.3 \text{ L}/(100 \text{ m} \cdot \text{s})$ vid antagen grundvattenyta när markyta. Sannolikt blir inflödet i medeltal mindre på grund av grundvattennivån ligger lägre periodvis.

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 59 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Grundvattentrycket kan förmodligen vara mycket lågt på delar av tunnelsträckan och borrhningar under tunneldrivning kan ge torra hål, men som vid kraftigare regnfall kan ge flöden. Skall en tät tunnel byggas måste vattenförlustmätningar göras för att bedöma om injekteringsbehov föreligger, det är inte tillräckligt med enbart flödesmätningar från borrhål som underlag. Gjorda vattenförlustmätningar visa tydligt att konduktiva bergpartier finns längs tunnelsträckan.

Vid bergtunnelpåslag kommer viss dränering att ske från de tunna jordlagren på berg och från berget till bergschakt. Denna dränering bör begränsas så att det ytliga vattnet avleds åt sidorna vid bergtunnelpåslagen och tillåts infiltrera. Det bedöms att det minskar risken för att känsliga träd nära tunnelpåslag och schakt får för lite vatten på grund av dräneringen.

Järnhalt, totalhårdhet och alkalinitet är låg och risk för utfällningar bedöms vara låg för vatten som läcker in. Sulfathalt ligger på ca 9-16 mg/L. Det skall dock observeras att proven är från korttidspumpningar och skall därför betraktas som osäkra.

Påverkansområde

Teoretiskt når påverkansområdet ut till där bergplinten når sandlagren med flödet för injekterad tunnel och nederbörd på 40 mm/år. Indikationerna är dock att grundvattennivåerna är starkt påverkade av andra anläggningar varför medelflödet sannolikt kommer att vara lägre än ovan angivet och eventuell påverkan blir begränsad. En oinjekterad tunnel kommer emellertid att åtminstone tidvis få inflöde från tak och väggar och ett konstant inflöde via lägre del av väggar och golv. Det sistnämnda kan med all sannolikhet påverka jordakviferen varför injektering av sula och väggar är väsentligt för att förhindra väsentlig påverkan på jordakviferen. Injekteringen är viktigast i tunneldelar som ansluter till betongtunnel.

8.3.6.2 Driftskede

Inga beräkningar krävs för driftskede.

8.3.7 Säterigatan (Bratteråsberget till Krokängsberget)

8.3.7.1 Byggskede

Spontdjup

Spontdjup för att förhindra s.k. bottenuppluckring (piping) kan översiktligt belysas enligt Harr (1990), givet stort magasin djup, med hänsyn till förväntad grundvattennivå över schaktbotten och spontdjup under schaktbotten, se Figur 8-15. Med antagande om att grundvattennivån motsvarar prognostiserad max nivå krävs att spontdjupet är ca 3-4 m under schaktbotten för att förhindra bottenuppluckring med en säkerhetsfaktor av F ca 1.4-1.8. I ett byggskede måste spontdjup detaljstuderas inom geoteknik.

Schaktutformning

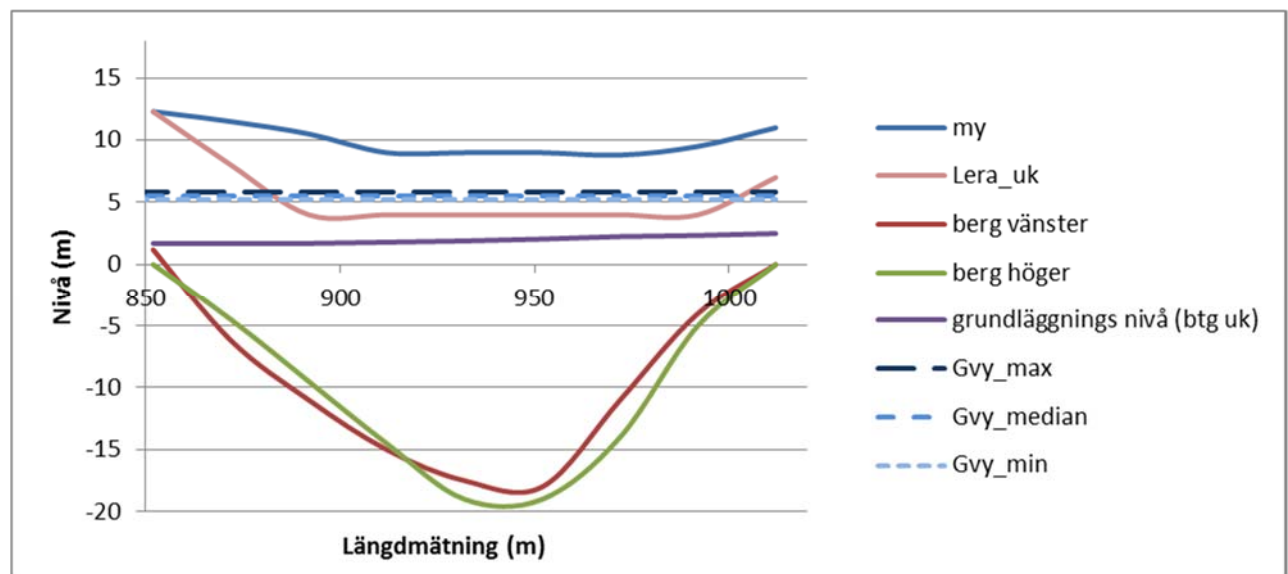
Om schakt utförs med öppen botten (utan tätkaka) mellan spont kan inläckande flöde beräknas approximativt, tex enligt görs enligt Harr (1990).

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 60 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Betongtunnelns längd i avsnittet är ca 270m. Inläckage flöden blir initialt i storleksordning $q=10\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ och totalt ca $Q=2600\text{ L/s}$, vilket ger betydande avsänkningar i omgivningarna. Alternativet med tätka mellan spont begränsar omgivningspåverkan.

Filter under betongtunnel

Med betongtunnel kommer den vattenförande grundvattenflödessektionen under driftskede att minska till ca 65% av den ursprungliga. För att förhindra en dämmande effekt utförs ett skikt med högre permeabilitet. Om fyllningen på tätka mellan betongtunnel och tätka görs ca 0.5 m tjocklek skall fyllningsmaterial väljs så att den hydrauliska konduktiviteten är minst ca 10 ggr större än medelhydrauliska konduktiviteten för det ursprungliga materialet för att uppnå samma flödeskapacitet som förhållanden utan tunnel. Utformningen av det dränerande lagret beskrivs i kapitel 8.3.1.



Figur 8-19. Schematisk beskrivning av förhållanden i ett vertikalsnitt längs bansträckning. (Obs att fyllning + tätka ligger ca 1.5 m lägre än btg uk (under kant), vilket ger schaktbotten). Bratteråsberget till Krokängsberget. (Grundvattenyta max, median och min baseras på uppmätta värden från närliggande borrhål och syftar till att bara illustrera grundvattennivå variationen. Prognos av max och min grundvattennivå redovisas i kapitel 7.3.)

Pumpning och infiltration under byggskede

Under byggskedet med spont ca 4 m under schaktbotten kommer den vattenförande grundvattenflödessektionen att minska till ca 40% av den ursprungliga. Naturliga flödet har beräknats till ca 0.4 L/s och större delen av detta flöde måste omhändertas för att inte orsaka dämning. Under byggskede installeras ett antal pumpbrunnar norr om schakt för att bibehålla nuvarande grundvattennivåer. Infiltrationsbrunnar byggs söder om schakt för

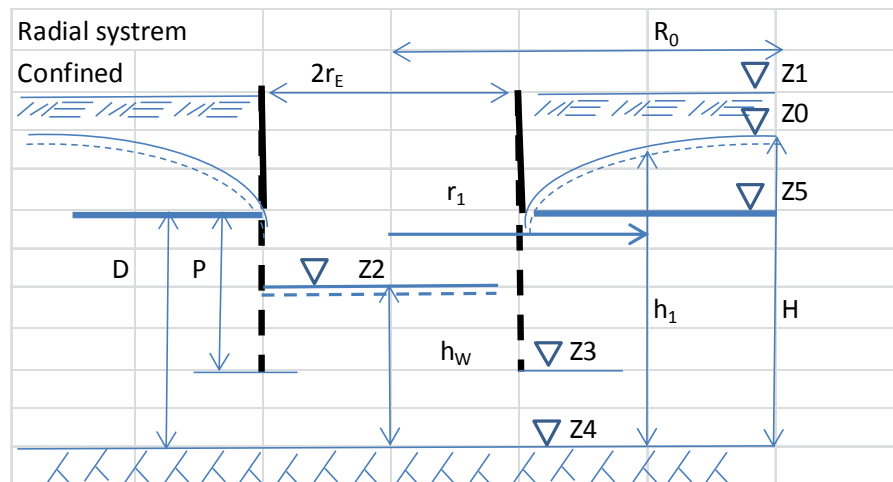
	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 61 (73)
		Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

återinfiltration av grundvattnet. Design och åtgärder omfattas och utförs för att minska risk av igensättning av infiltrationsbrunnar på grund av finmaterial och på grund av kemisk utfällning.

Risk för igensättning av infiltrationsbrunnar finns framförallt med hänsyn till alkalinitet och järnhalt.

Påverkansområde

Figur 8-20 illustrerar beräkningsfall.



Figur 8-20. Schematisk figur av en jordschakt med spont med lera på en akvifer med tjocklek D (sluten akvifer). Beräkning av påverkansområde.

Flödet till schakt kommer att vara mer eller mindre radiellt från norr och mer eller mindre linjärt från söder på grund av att akviferen begränsas av bergsområde vid Krokängsberget i väster och av Bratteråsberget i öster, se Figur 8-21. Troligen är dock flödet från norr mer linjärt närmast tunnel.

Vid beräkning av inflödet till schakt nyttjas data från provpumpningen då dessa data ger medelvärde över ett större område (karaktéristiskt värde på K som angetts tidigare baserat på siktanalyser kan sannolikt förekomma lokalt men K bedömt från provpumpning är mer representativt för beräkningar i större skala).

Följande antas:

- $T=0.83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, $D=22 \text{ m}$ (baserat på akvifermäktighet), vilket ger ca $K=3.8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ med en antagen osäkerhet på K: $K_{\min}=K/3$, $K_{\max}=K \cdot 3$.
- Slutet grundvattenmagasin.
- Radiellt flöde
- Median grundvattennivå $=z_0=+5.5 \text{ m}$, nivå utanför spont med torr schakt ca $z_2=+0 \text{ m}$. Approximativ nivå under kant akvifer $z_4=-18 \text{ m}$.
- Grundvattenbildning $W_0=50-120 \text{ mm}/\text{år}$.
- Påverkansområde R_p bedömd utifrån en avsänkning på $s=0.3 \text{ m}$.

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 62 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Inläckaget är skattat utifrån en modell; en radiell sluten akvifer vars influensområde beräknas utifrån en flödesbalans mot grundvattenbildningen.

Vid avsänkning till ca 1.5 m under betongtunnel (avsänkning ca 6m från median grundvattennivå) förväntas flödet bli $Q_{tot}=3-25$ L/s medan begränsas avsänkningen till ca 1 m utanför spont förväntas flödet bli $Q_{tot}=1-6$ L/s bedöms påverkansområdet R_p bli ca 200-300 m, se Tabell 8-12.

Nyttjas en linjärmodell vars influensområde beräknas utifrån en flödesbalans mot grundvattenbildningen erhålls något större påverkansområde men inflödet blir något mindre. De hydrogeologiska förhållanden som är kända indikerar att flödesregimen sannolikt ligger mellan ett radiellt system och ett linjärt.

Antas att grundvattennivån vara som den högst prognostiserade så ökar inflödet något.

Tabell 8-11. Säterigatan, mellan Krokängsberget och Bratteråsberget. Inflöde, influensområde (R_0) och påverkans område (R_p). Max avsänkning utanför spont ca 6 m. (q_{TOT})= Q_{TOT} /tunnellängd)

Hamnbanan, Säterigatan, Rad., C, $W_0=50$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	1.26E-05	71.89	3.23E-03	807	700	50
Median K	3.77E-05	185.84	8.36E-03	1296	1100	50
Max K	1.13E-04	488.70	2.20E-02	2102	1700	50

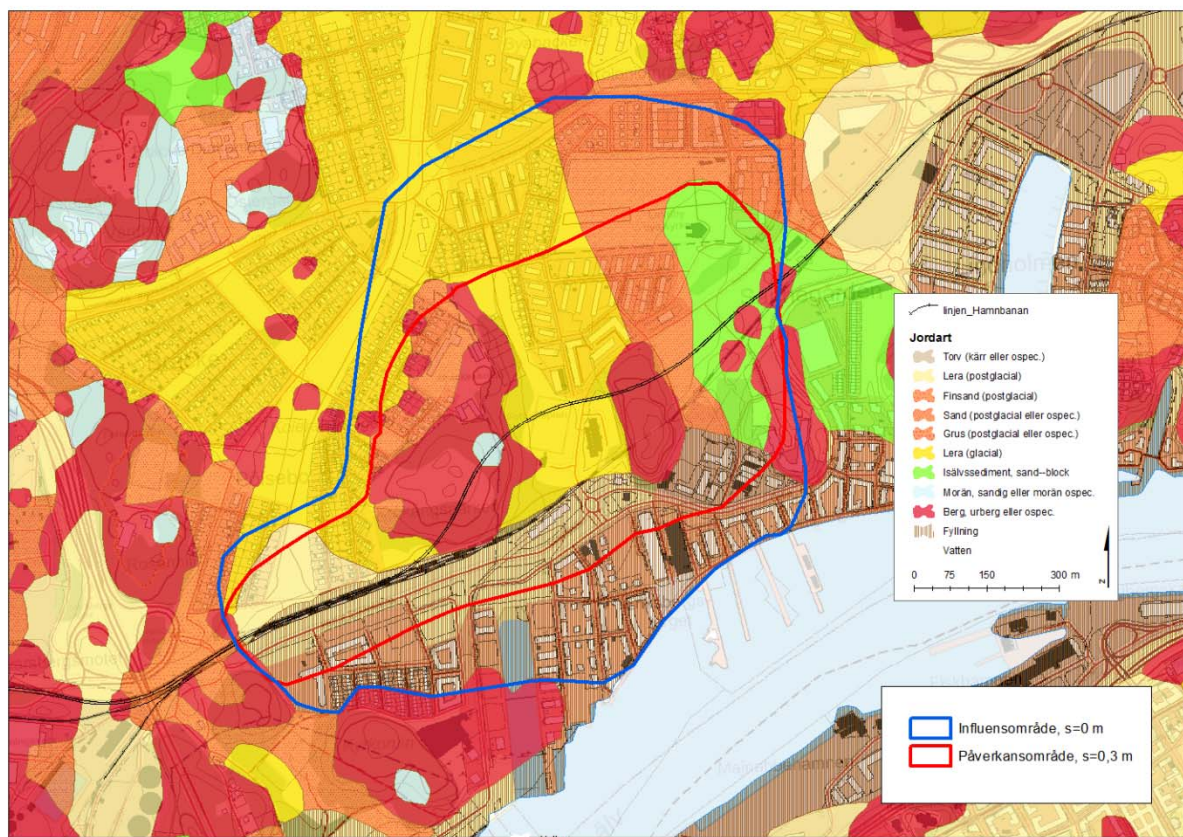
Hamnbanan, Säterigatan, Rad., C, $W_0=120$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	1.26E-05	82.16	3.70E-03	558	180	120
Median K	3.77E-05	208.91	9.40E-03	888	250	120
Max K	1.13E-04	542.13	2.44E-02	1429	340	120

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen	Sidnr: 63 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-

Tabell 8-12. Säterigatan, mellan Krokängsberget och Bratteråsberget. Inflöde, influensområde (R_0) och påverkans område (R_p). Max avsänkning utanför spont 1 m. (q_{TOT})= Q_{TOT} /tunnellängd)

Hamnbanan, Säterigatan, Rad., C, $W_0 = 50$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	1.26E-05	17.21	7.74E-04	397	200	50
Median K	3.77E-05	42.94	1.93E-03	624	280	50
Max K	1.13E-04	109.78	4.94E-03	997	390	50

Hamnbanan, Säterigatan, Rad., C, $W_0 = 120$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	1.26E-05	20.36	9.16E-04	280	160	120
Median K	3.77E-05	49.61	2.23E-03	434	220	120
Max K	1.13E-04	124.48	5.60E-03	686	300	120



Figur 8-21. Påverkansområde för tunnel och tråg som helhet. Säterigatan mellan Bratteråsberget och Krokängsberget i figurens mitt.

 TRAFIKVERKET	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 64 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

8.3.7.2 Driftskede

Inga beräkningar krävs för driftskede då det förutsätts att den ”passiva lösningen” med ett filter under betongkonstruktion förhindrar dämningseffekter. Kontrollprogram krävs dock för att verifiera att funktionen är som förväntad och att inga aktiva åtgärder i form av tex pumpbrunnar är nödvändigt.

8.3.8 Krokängsberget

8.3.8.1 Byggskede

Inflöde till en tunnel kan tex beräknas enligt Gustafson (2012). Inflödet till en hypotetiskt oinjekterad tunnel kan som jämförelse beräknas bli ca maximalt ca $1.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s}) = \text{ca } 100 \text{ L}/(100 \text{ m} \cdot \text{min})$ vid kraftiga regnperioder med grundvattenyta nära markytan). Sannolikt är medelflödet betydligt lägre, möjligen i storleksordning $0.8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s}) = \text{ca } 50 \text{ L}/(100 \text{ m} \cdot \text{min})$. Med bergtunnellängd av ca 210 m erhålls ett skattat totalinläckage av ca 2-4 L/s med oinjekterad tunnel, givet att detta finns tillgängligt. Underlagsdata är dock osäkra. Injekteras tunnel så att en zon på 5 m utanför tunnel får $K_{inj} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ minskas inflödet till ca $0.3 \text{ L}/(100 \text{ m} \cdot \text{s})$ vid antagen grundvattenyta när markyta. Sannolikt blir inflödet i medeltal mindre på grund av grundvattennivån ligger lägre periodvis.

Totalhårdhet och alkalinitet är låg och risk för utfällningar bedöms vara låg för dessa komponenter men järnhalten är förhållandevis stor och indikerar risk för utfällningar för vatten som läcker in. Sulfathalt ligger på ca 15 mg/L. Det skall dock observeras att provet är från korttidspumpning och skall därför betraktas som osäkert.

Grundvattentrycket kan förmodligen vara mycket lågt på delar av tunnelsträckan och borrhningar under tunneldrivning kan ge torra hål men som vid kraftigare regnfall kan ge flöden. Skall en tät tunnel byggas måste vattenförlustmätningar göras för att bedöma om injekteringsbehov föreligger, det går inte att bara lita flödesmätningar. Gjorda vattenförlustmätningar visa tydligt att konduktiva bergpartier finns längs tunnelsträckan.

Vid bergtunnelpåslag kommer viss dränering att ske från de tunna jordlagren på berg och från berget till bergschakt. Denna dränering bör begränsas så att det ytliga vattnet avleds åt sidorna vid bergtunnelpåslagen och tillåts infiltrera. Det bedöms att det minskar risken för att känsliga träd nära tunnelpåslag och schakt får för lite vatten på grund av dräneringen.

Påverkansområde

Teoretiskt når påverkansområdet ut till där bergplinten når sandlagren med flödet för injekterad tunnel och nederbörd på 40 mm/år. Indikationerna är dock att grundvattennivåerna är starkt påverkade av andra anläggningar varför medelflödet sannolikt kommer att vara lägre än ovan angivet och eventuell påverkan blir begränsad. En oinjekterad tunnel kommer emellertid att åtminstone tidvis få inflöde från tak och väggar och ett konstant inflöde via lägre del av väggar och golv. Det sistnämnda kan med all sannolikhet påverka jordakviferen varför injektering av sula och väggar är väsentligt för att förhindra väsentlig påverkan på jordakviferen. Injekteringen är viktigast i tunneldelar som ansluter till betongtunnel.

 TRAFIKVERKET	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 65 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

8.3.8.2 Driftskede

Inga beräkningar krävs för driftskede.

8.3.9 Pölsebo

8.3.9.1 Byggskede

Spontdjup

Spontdjup för att förhindra s.k. bottenuppluckring (piping) kan översiktligt belysas enligt Harr (1990), givet stort magasinisdjup, med hänsyn till förväntad grundvattennivå över schaktbotten och spontdjup under schaktbotten, se Figur 8-15. Med antagande om att grundvattennivån motsvarar prognostiserad max nivå krävs att spontdjupet är ca 3-4 m under schaktbotten för betongtunnel med en säkerhetsfaktor av F ca 1.1-1.8 och 3-4 m för tråg att förhindra bottenuppluckring med en säkerhetsfaktor av F ca 1.4-1.9. I ett byggskede måste spontdjup detaljstuderas inom geoteknik.

Schaktutformning

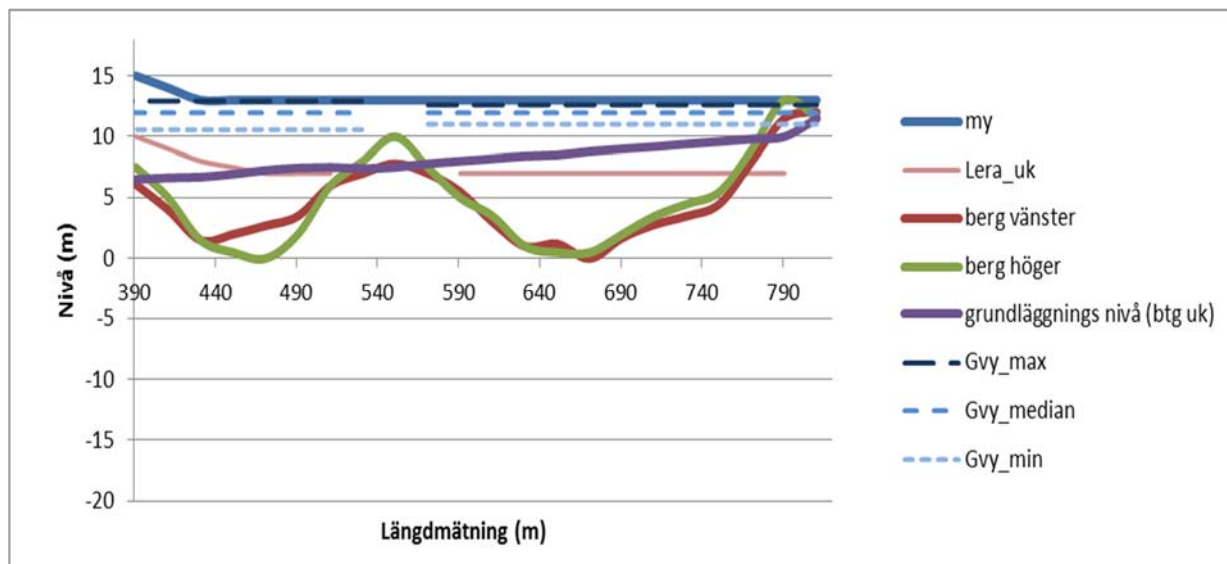
Om schakt utförs med öppen botten (utan tätkaka) mellan spont kan inläckande flöde beräknas approximativt, tex enligt göras enligt Harr (1990). Betongtunnelns längd i avsnittet är ca 220 m och tråg ca 280 m. Inläckageflöden vid betongtunnel blir i storleksordning $q=4 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ och totalt ca $Q=800 \text{ L/s}$ men tillflödet kommer från ett begränsat område varför flödet skulle minska med tiden. Inläckageflöden vid betongtråg blir i storleksordning $q=3 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ och totalt ca $Q=800 \text{ L/s}$. Flödena beräknas ge betydande avsänkningar i omgivningarna. Alternativet med tätkaka mellan spont begränsar omgivningspåverkan.

Filter under betongtunnel och tråg

Med betongtunnel i den östra delen kommer den vattenförande grundvattenflödessektionen under driftskede att minska till ca 45% av den ursprungliga. För att förhindra en dämmande effekt utförs ett skikt med högre permeabilitet. Om fyllningen på tätkaka mellan betongtunnel och tätkaka görs ca 0.5 m tjocklek skall fyllningsmaterial väljs så att den hydrauliska konduktiviteten är minst ca 10 ggr större än medelhydrauliska konduktiviteten för det ursprungliga materialet för att uppnå samma flödeskapacitet som förhållanden utan tunnel.

Betongtråget i den västra delen medför att den vattenförande grundvattenflödessektionen kommer att minska till ca 85 % (beroende av utformning med pålning) av den ursprungliga. För att förhindra en dämmande effekt utförs ett skikt med högre permeabilitet. Utformningen av det dränerande lagret beskrivs i kapitel 8.3.1.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 66 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-



Figur 8-22. Schematisk beskrivning av förhållanden i ett vertikalsnitt längs bansträckning. (Obs att fyllning + tätkaka ligger ca 1.5 m lägre än btg uk (under kant), vilket ger schaktbotten). Pölsebo. (Grundvattenyta max, median och min baseras på uppmätta värden från närliggande borrhål och syftar till att bara illustrera grundvattennivå variationen. Prognos av max och min grundvattennivå redovisas i kapitel 7.3.)

Pumpning och infiltration under byggskede

Underkonstruktion med spont ca 4 m under schaktbotten i den östra delen med betongtunnel kommer den vattenförande grundvattenflödessektionen att minska till ca 0-10 % (beroende på utförande) av den ursprungliga. Naturliga flödet har beräknats till ca 0.01 L/s. Under byggskede installeras pumpbrunnar norr om schakt för att bibehålla nuvarande grundvattennivåer. Infiltrationsbrunnar byggs söder om schakt för återinfiltration av grundvattnet. Design och åtgärder omfattas och skall utföras för att minska risk av igensättning av infiltrationsbrunnar på grund av finmaterial från pumpbrunn och på grund av kemisk utfällning.

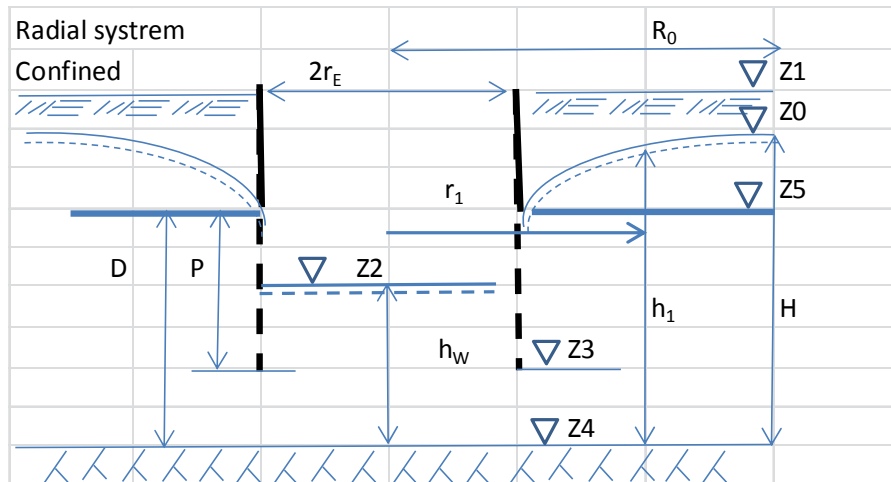
Underbyggskedet med spont ca 4 m under schaktbotten i den västra delen med tråg kommer den vattenförande grundvattenflödessektionen att minska till ca 20% (beroende på utförande av spont och pålning) av den ursprungliga. Naturliga flödet har beräknats till ca 0.02 L/s delar av detta flöde måste omhändertas för att inte orsaka dämning. Under byggskede installeras pumpbrunnar norr om schakt för att bibehålla nuvarande grundvattennivåer. Infiltrationsbrunnar byggs söder om schakt för återinfiltration av grundvattnet. Åtgärder utförs för att minska risk för igensättning av infiltrationsbrunnar på grund av finmaterial och på grund av kemisk utfällning.

Risk för igensättning av infiltrationsbrunnar finns framförallt med hänsyn till järnhalt.

Påverkansområde

Figur 8-23 illustrerar beräkningsfall.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 67 (73)
		Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-23. Schematisk figur av en jordschakt med spont med lera på en akvifer med tjocklek D (sluten akvifer). Beräkning av påverkansområde.

Flödet till schakt kommer att vara mer eller mindre linjärt från norr och från söder på grund av att akviferen begränsas av bergsområde vid Ivarsbergsmotet i väster och av bergsområde vid Krokängsberget i öster, se Figur 8-24. Troligen är dock flödet från norr mer linjärt närmast tunnel.

Vid beräkning av inflödet till schakt nyttjas data från propumpningen då dessa data ger medelvärde över ett större område (karaktäristiskt värde på K som angetts tidigare baserat på siktanalyser kan sannolikt förekomma lokalt men K bedömt från propumpning är mer representativt för beräkningar i större skala).

Följande antas för Östra Pölsebo:

- $T=4.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $D=7 \text{ m}$ (baserat på akvifermäktighet), vilket ger ca $K=6.6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ med en antagen osäkerhet på K: $K_{\min} = K/3$, $K_{\max} = K \cdot 3$.
- Slutet grundvattenmagasin.
- Radiellt flöde
- Median grundvattennivå $=z_0=+12 \text{ m}$, nivå utanför spont med torr schakt ca $z_2=+5 \text{ m}$. Approximativ nivå under kant akvifer $z_4=+-0 \text{ m}$.
- Grundvattenbildning $W_0=50-120 \text{ mm/år}$.
- Påverkansområde R_p bedömd utifrån en avsänkning på $s=0.3 \text{ m}$.

Följande antas för Östra Pölsebo:

- $T=4.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $D=7 \text{ m}$ (baserat på akvifermäktighet), vilket ger ca $K=6.6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ med en antagen osäkerhet på K: $K_{\min} = K/3$, $K_{\max} = K \cdot 3$.
- Slutet grundvattenmagasin.
- Radiellt flöde
- Median grundvattennivå $=z_0=+12 \text{ m}$, nivå utanför spont med torr schakt ca $z_2=+6.5 \text{ m}$. Approximativ nivå uk akvifer $z_4=+-0 \text{ m}$.

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 68 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

- Grundvattenbildning $W_0=50-120$ mm/år.
- Påverkansområde R_p bedömd utifrån en avsänkning på $s=0.3$ m.

Inläckaget är skattat utifrån en modell; en radiell sluten akvifer vars influensområde beräknas utifrån en flödesbalans mot grundvattenbildningen.

Östra Pölsebo:

Vid avsänkning till ca 1.5 under betongtunnel (avsänkning ca 6 m från median grundvattennivå) förväntas flödet bli $Q_{tot}=0.3-3$ L/s medan begränsas avsänkningen till ca 1 m utanför spont förväntas flödet bli $Q_{tot}=0.1-0.5$ L/s bedöms påverkansområdet R_p bli ca 70-300 m, se

Tabell 8-14. Praktiska influensområdet blir sannolikt mindre mot norr om de konceptuella modellen är korrekt.

Nyttjas en linjärmodell vars influensområde beräknas utifrån en flödesbalans mot grundvattenbildningen erhålls något större påverkansområde men inflödet blir något mindre. De hydrogeologiska förhållanden som är kända indikerar att flödesregimen sannolikt ligger närmare ett radiellt system och att det begränsas norrut varför men troligen inte söderut, vilket medför att flödet kan bli mindre men att avsänkningsskänsligheten blir större mot norr.

Västra Pölsebo:

Vid avsänkning till ca 1.5 under betongtunnel (avsänkning ca 6 m från median grundvattennivå) förväntas flödet bli $Q_{tot}=0.3-2$ L/s medan begränsas avsänkningen till ca 1 m utanför spont förväntas flödet bli $Q_{tot}=0.1-0.5$ L/s bedöms påverkansområdet R_p bli ca 80-170m, se Tabell 8-16.

Nyttjas en linjärmodell vars influensområde beräknas utifrån en flödesbalans mot grundvattenbildningen erhålls något större påverkansområde men inflödet blir något mindre. De hydrogeologiska förhållanden som är kända indikerar att flödesregimen sannolikt ligger närmare ett radiellt system och det finns näraliggande områden där sannolikt grundvattenbildningen är större än 120 mm/år varför förhållandena kan medföra att påverkansområdet kan bli mindre men flödet större.

Antas att grundvattennivån vara som den högst prognostiserade så ökar inflödet något.

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 69 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 8-13. Östra Pölsebo. Inflöde, influensområde (R_0) och påverkans område (R_p). Max avsänkning utanför spont ca 6 m. (q_{TOT})= Q_{TOT} /tunnellängd)

Hamnbanan, Pölsebo-Ö, Rad., C, $W_0 = 50$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	2.19E-06	9.34	3.43E-04	265	240	50
Median K	6.57E-06	22.89	8.39E-04	412	370	50
Max K	1.97E-05	57.68	2.11E-03	653	600	50

Hamnbanan, Pölsebo-Ö, Rad., C, $W_0 = 120$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	2.19E-06	11.26	4.13E-04	189	180	120
Median K	6.57E-06	26.83	9.84E-04	289	270	120
Max K	1.97E-05	66.14	2.43E-03	452	400	120

Tabell 8-14. Östra Pölsebo. Inflöde, influensområde (R_0) och påverkans område (R_p). Max avsänkning utanför spont 1 m. (q_{TOT})= Q_{TOT} /tunnellängd)

Hamnbanan, Pölsebo-Ö, Rad., C, $W_0 = 50$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	2.19E-06	2.10	7.69E-05	130	90	50
Median K	6.57E-06	4.80	1.76E-04	191	120	50
Max K	1.97E-05	11.44	4.19E-04	293	160	50

Hamnbanan, Pölsebo-Ö, Rad., C, $W_0 = 120$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	2.19E-06	2.69	9.88E-05	98	70	120
Median K	6.57E-06	5.93	2.17E-04	140	90	120
Max K	1.97E-05	13.69	5.02E-04	208	120	120

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 70 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

Tabell 8-15. Västra Pölsebo. Inflöde, influensområde (R_0) och påverkans område (R_p). Max avsänkning utanför spont ca 6 m. (q_{TOT})= Q_{TOT} /tunnellängd)

Hamnbanan, Pölsebo-V, Rad., C, $W_0 = 50$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	2.19E-06	6.39	2.98E-04	248	230	50
Median K	6.57E-06	15.42	7.20E-04	382	340	50
Max K	1.97E-05	38.40	1.79E-03	601	520	50

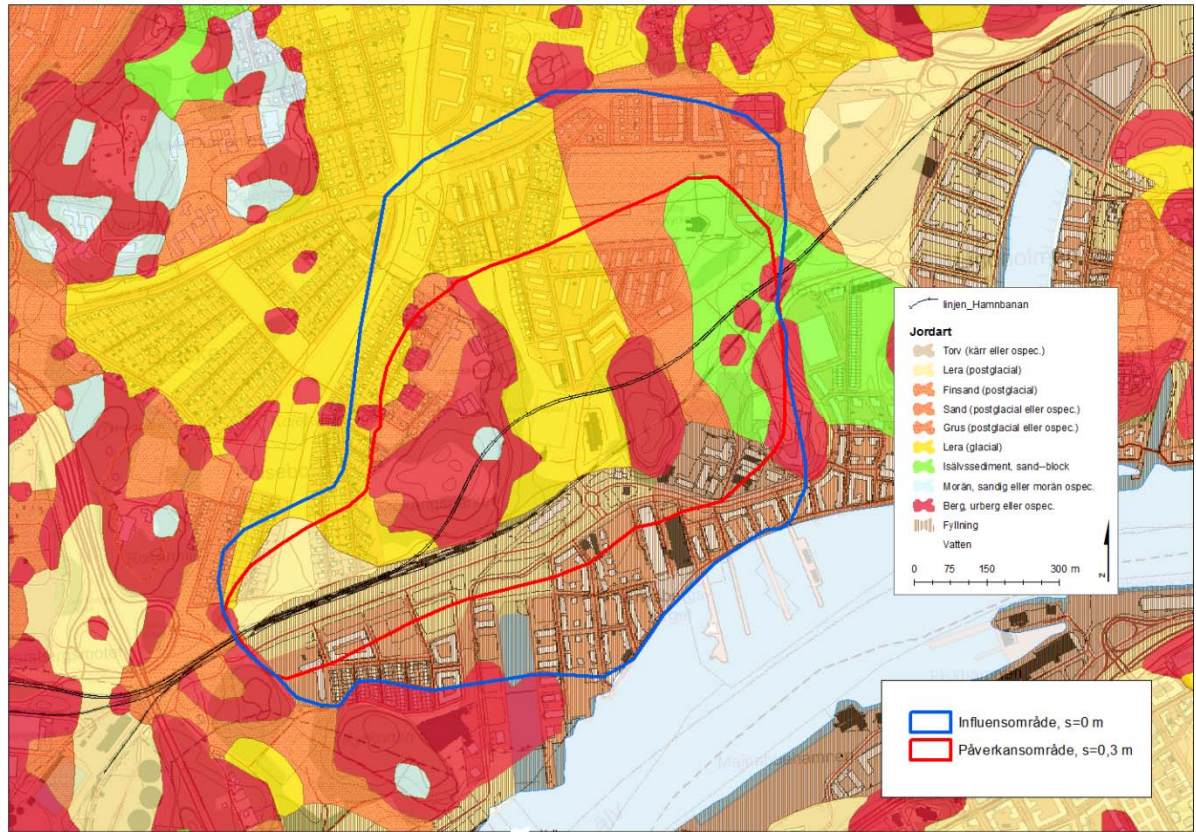
Hamnbanan, Pölsebo-V, Rad., C, $W_0 = 120$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	2.19E-06	7.81	3.65E-04	180	170	120
Median K	6.57E-06	18.29	8.53E-04	270	240	120
Max K	1.97E-05	44.44	2.07E-03	419	370	120

Tabell 8-16. Västra Pölsebo. Inflöde, influensområde (R_0) och påverkans område (R_p). Max avsänkning utanför spont 1 m. (q_{TOT})= Q_{TOT} /tunnellängd)

Hamnbanan, Pölsebo-V, Rad., C, $W_0 = 50$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	2.19E-06	1.77	8.24E-05	135	100	50
Median K	6.57E-06	3.99	1.86E-04	198	120	50
Max K	1.97E-05	9.44	4.41E-04	300	170	50

Hamnbanan, Pölsebo-V, Rad., C, $W_0 = 120$ mm/år, $sp=0.3$						
	K	q_{tot}	Q_{tot}	R_0	R_p	W_0
	(m/s)	(L/(100m·min))	(m ³ /s)	(m)	(m)	(mm/år)
Min K	2.19E-06	2.29	1.07E-04	103	80	120
Median K	6.57E-06	4.98	2.32E-04	146	100	120
Max K	1.97E-05	11.38	5.31E-04	215	130	120

	Projektnamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahamnen	Sidnr: 71 (73)
	Projekterings PM Hydrogeologi	Projektnummer: 108 793
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31
		Uppdragsnr: 2343005000
		Rev. datum: -/-



Figur 8-24. Påverkansområde för tunnel och tråg som helhet. Pölsebo i figurens västra del.

Dränering

Vid höga grundvattennivåer föreligger en risk att grundvatten kan flöda in i tråg och ner i tunnel. Genom att utforma dränering på lämpligt sätt vid trågmyrning kan det förhindras att grundvatten tränger in i tråg.

8.3.9.2 Driftskede

Inga beräkningar krävs för driftskede då det förutsätts att den ”passiva lösningen” med ett filter under betongkonstruktion förhindrar dämningseffekter. Kontrollprogram krävs dock för att verifiera att funktionen är som förväntad och att inga aktiva åtgärder i form av tex pumpbrunnar är nödvändigt.

8.4 Underlag till kontrollprogram

Underlag till kontrollprogram är detta PM (108793-18-080-001), MUR – Hydrogeologi(108793-18-081-001) samt pågående grundvattennivåmätningar som utgör kompletterande underlag av grundvattennivåer till förväntade grundvattennivåer och deras variabilitet.

Kontroll av påverkan på omgivningen åstadkoms huvudsakligen genom ett verksam kontrollprogram. Kontrollåtgärderna omfattar dels att internt övervaka vad anläggningen orsakar, men också att kontrollera andra externa pågående

	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 72 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

aktiviteter och anläggningar som kan påverka nivåerna i området. Kontrollprogram för grundvatten ska innehålla anvisningar om områdesmät punkter, mätvariabler (parametrar), precision, metod/standard, mätfrekvenser, normalvärden, för-, bygg- och driftsskede och referensvärden.

9 Kontroller under byggskedet

Kontrollmätning som utförs av Entreprenören under byggskedet och rapporterar till den som utsetts av att företräda byggherren, på det sätt som framgår av kontrollprogram.

Grundvattennivåer mäts enligt kontrollprogram för att bedöma om pump- och infiltrationsflöden bör justeras för att bibehålla de ursprungliga grundvattennivåerna inom de gränser som kontrollprogram anger. Entreprenör ska rapportera mätningar, tolka mätningarna och ge förslag på åtgärder så att inte larmnivåer överskrider enligt vad som anges av kontrollprogram, till den som företräder byggherren.

Pumpbrunnar och infiltrationsbrunnar kontrolleras regelbundet för att bedöma igensättning och behov av rensning eller ersättning med nya brunnar.

10 Underhållplanering och uppföljning efter färdigställande

Grundvattennivåer mäts enligt kontrollprogram för att bedöma om den passiva lösningen för att förhindra dämning fungerar eller måste åtgärdas med ett aktivt system. Kontroll bedöms kunna göras under en begränsad period på några år för att verifiera utförda lösningar. Kontrollperiod föreslås i kontrollprogram.

11 Referenser

Bond & Harris, 2008. Decoding Eurocode 7, Taylor and Francis.

Carlsson L och Gustafson G, 1997. Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik, Publ. C62, Chalmers Tekniska Högskola, Geologiska institutionen

Gustafson G, 2012. Hydrogeology for rock engineers, BeFo

Harr E M, 1990. Groundwater and seepage, Dover Publications

Knutsson G och Morfeldt C-O, 2002. Grundvatten. Teori & tillämpning, AB Svenskt Byggtjänst.

MUR – Hydrogeologi, 2014. Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi, 108793-18-081-001.

MUR – Bergteknik, 2014. Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Bergteknik, 108793-19-081-001.

MUR – Geoteknik, 2014. Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Geoteknik 108793-08-081-001.

 TRAFIKVERKET	Projektamn/ Teknikområde: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahallen Projekterings PM Hydrogeologi	Sidnr: 73 (73)	
		Projektnummer: 108 793	
		Dokumentnummer projekt: 108793-18-080-001	
Produkt: Systemhandling	Dokumentbeteckning: Projekterings PM - Hydrogeologi	Datum: 2015-05-31	
		Uppdragsnr: 2343005000	Rev. datum: -/-

PM – Hydrogeologi, 2015a. PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel, 108793-18-080-004.

PM – Hydrogeologi, 2015b. PM Hydrogeologi - Pump/infiltrationsbrunnar, 108793-18-080-005.

Svensson C, Sällfors G, 1985. Beräkning av dimensionerande grundvattentryck, 1. Göteborgsregionen, Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 78.

Teknisk handling byggnadsverk, 2014. 108793-21-010-001.